令和元年 5 月

CPC 講演会等年次報告
（平成 30 年度）

・「港湾の施設の技術上の基準」北海道地区講習会
（平成 30 年 6 月 6 日）

・CPC 総会講演会 （平成 30 年 6 月 12 日）

・第6回 CPC 講演会 （平成 30 年 9 月 13 日）

・平成 30 年度 CPC 技術講習会(留萌会場)（平成 30 年 9 月 26 日）

・ザ・シンポジウムみなとin 石狩 （平成 30 年 12 月 20 日）

一般社団法人 寒地港湾技術研究センター

目　次

1. 平成 30 年度講演会等概要 …… 1

2. 「港湾の施設の技術上の基準」北海道地区講習会
2.1 開会挨拶 …… 5
2.2 「港湾の施設の技術上の基準」の改訂概要 …… 6
2.3 総論・改良設計・部分係数法・参考技術資料 …… 16
2.4 維持管理・施工・材料・構造 …… 31
2.5 耐震設計・基礎・地盤改良 …… 40
2.6 海象・耐波設計・耐津波設計 …… 60
2.7 性能照査事例 …… 79
2.8 航路・荷役 …… 84
2.9 環境 …… 92
付録Ａ 「港湾の施設の技術上の基準」北海道地区講習会開催案内 …… 100
付録Ｂ 「港湾の施設の技術上の基準」北海道地区講習会写真 …… 101

3. CPC 総会講演会
3.1 講演「北極海航路の現状と展望」 …… 105
付録Ｃ CPC 総会講演会 開催案内 …… 123
付録Ｄ CPC 総会講演会 写真 …… 124

4. 第６回 CPC 講演会
4.1 主催者挨拶 …… 125
4.2 基調講演「北海道産品の海外展開について」 …… 126
4.3 成果報告
(1)「海外物流基盤の構築」 …… 141
(2)「輸出促進に向けての現状分析―LCL 貨物に着目して―」 …… 149
(3)「漁獲物の品質向上に資する岸壁屋根のコスト縮減化の視点」 …… 155
付録Ｅ 第６回 CPC 講演会 開催案内 …… 163
付録Ｆ 第６回 CPC 講演会 写真 …… 164

5. 平成 30 年度 CPC 技術講習会(留萌会場)
5.1 主催者挨拶 …… 165
5.2 基調講演「海外物流基盤の構築」 …… 166
5.3 成果報告
(1)「輸出促進に向けての現状分析―LCL 貨物に着目して―」 …… 167
(2)「漁獲物の品質向上に資する岸壁屋根のコスト縮減化の視点」 …… 167
※上記 4.3(1),(2),(3)と内容が同じことから略
付録Ｇ 平成 30 年度 CPC 技術講習会(留萌会場) 開催案内 …… 168
付録Ｈ 平成 30 年度 CPC 技術講習会(留萌会場) 写真 …… 169

6. ザ・シンポジウムみなと in 石狩
6.1 主催者挨拶 …… 171

6.2　開催地代表挨拶 …… 172
6.3　記念対談「移住して感じた北海道の魅力」 …… 173
6.4　基調講演「次世代のエネルギー供給における石狩湾新港の役割」 …… 175
6.5　パネルディスカッション「石狩湾新港が担う、北海道のエネルギー供給」 …… 180
付録Ⅰ　ザ・シンポジウムみなと in 石狩 開催案内 …… 187
付録Ｊ　ザ・シンポジウムみなと in 石狩 写真 …… 189

1. 平成 30 年度講演会等概要

名　称	プ　ロ　グ　ラ　ム	日時、場所	開　催　状　況
「港湾の施設の技術上の基準」北海道地区講習会	・開会挨拶 CPC 理事長 川合紀章 ・「港湾の施設の技術上の基準」の改訂概要 国土交通省港湾局　技術企画課　技術監理室　川俣満課長補佐 ・総論・改良設計・部分係数法・参考技術資料 国土交通省　国土技術政策総合研究所　港湾研究部　宮田正史港湾施設研究室長 ・維持管理・施工・材料・構造 国土交通省　国土技術政策総合研究所　港湾研究部　丹生清輝港湾新技術研究官 ・耐震設計・基礎・地盤改良 (国研)海上・港湾・航空技術研究所　港湾空港技術研究所 野津厚地震防災研究領域長 ・海象・耐波設計・耐津波設計 (国研)海上・港湾・航空技術研究所　港湾空港技術研究所 海洋研究領域　鈴木高二朗耐波研究グループ長 ・性能照査事例 北日本港湾コンサルタント(株)　第２技術部　加地隆之部長 ・航路・荷役 国土交通省　国土交通政策研究所　山形創一研究調整官(前国土交通省　国土技術政策総合研究所　港湾研究部　港湾計画研究室長) ・環境 国土交通省　国土技術政策総合研究所　沿岸海洋・防災研究部 岡田知也海洋環境・危機管理研究室長	平成 30 年 6 月 6 日 TKP 札幌駅カンファレンスセンター	参加者数：207 人
CPC 総会講演会	・「北極海航路の現状と展望」 北海道大学北極域研究センター 教授　大塚夏彦 氏	平成 30 年 6 月 12 日 京王プラザホテル札幌	参加者数：162 人
第５回 CPC 講演会	・主催者挨拶 CPC 部長 北原 繁志 ・基調講演「北海道産品の海外展開について」NPO 法人マリンネットワーク理事長、中央大学研究開発機構准教授(客員)、苫小牧漁業協同組合みなとアドバイザー 片石温美 氏 ・成果報告 (1) 海外物流基盤の構築 (一社)北海道国際流通機構代表理事 鳥取義之 氏	平成 30 年 9 月 13 日 TKP 札幌駅カンファレンスセンター	参加者数：50 人

	(2) 輸出促進に向けての現状分析―LCL 貨物に着目して― 北海道開発局港湾計画課、CPC 次長 田中 淳 (3) 漁獲物の品質向上に資する岸壁屋根のコスト縮減化の視点 北海道開発局港湾建設課、CPC 次長 吉田 徹		
平成 30 年度 CPC 技術講習会(留萌会場)	・主催者挨拶 CPC 部長 北原 繁志 ・基調講演「海外物流基盤の構築」 (一社)北海道国際流通機構代表理事 鳥取義之 氏 ・成果報告 (1) 輸出促進に向けての現状分析―LCL 貨物に着目して― 北海道開発局港湾計画課、CPC 次長 田中 淳 (2) 漁獲物の品質向上に資する岸壁屋根のコスト縮減化の視点 北海道開発局港湾建設課、CPC 次長 吉田 徹	平成 30 年 9 月 26 日 留萌市中央公民館	参加者数：43 名
ザ・シンポジウムみなと in 石狩	・主催者挨拶 笹島 隆彦(ザ・シンポジウムみなと実行委員会委員長) ・開催地代表挨拶 石狩市長 田岡 克介 氏 ・記念対談「移住して感じた北海道の魅力」 千堂あきほ氏 × 野宮範子氏 ・基調講演「次世代のエネルギー供給における石狩湾新港の役割」北海道大学工学研究院エネルギー環境システム部門・特任教授 近久 武美 氏 ・パネルディスカッション 「石狩湾新港が担う、北海道のエネルギー供給」 コーディネーター フリーアナウンサー 野宮 範子 氏 パネリスト 石狩市長 田岡 克介 氏 パネリスト 北海道大学工学研究院 エネルギー環境システム部門・特任教授 近久 武美 氏 パネリスト 北海道電力株式会社 経営企画室 担当部長 電源計画グループリーダー 木元 伸一 氏 パネリスト (株)グリーンパワーインベストメント 専務執行役員 幸村 展人 氏 パネリスト 女優・タレント 千堂あきほ 氏	平成 30 年 12 月 20 日 留萌市中央公民館 講堂	参加者数：250 人

2.「港湾の施設の技術上の基準」北海道地区講習会

2.1 開会挨拶

川合 紀章 ((一社)寒地港湾技術研究センター理事長)

みなさん，おはようございます．寒地港湾技術研究センターの川合と申します．講習会の開催に先立ちまして，主催者を代表して一言ご挨拶を申し上げたいと思います．本日はみなさま何かとご多用の中，このように多くの方にこの講習会にご参加いただきましてありがとうございました．心からお礼を申し上げます．

さて，みなさんすでにご承知だと思いますけども「港湾の施設の技術上の基準」，これが今年の 4 月に 11 年ぶりの大きな改訂が行われたところでございます．前回の改訂の平成 19 年の時は，国土交通省港湾局の後援の元に日本港湾協会さんの方で，全国で札幌も入れて 4 か所で改訂に当たっての講習会が開催されたところでございます．今回の改訂に当たりましては，日本港湾協会さんの方で行った講習会は東京で 2 回のみということになりました．北海道からも東京の講習会にご参加された方がいらっしゃると思いますけども，なかなか北海道から多くの方が講習会に出席するということはならなかったところでございます．そこで，私ども寒地港湾技術研究センターと北海道ポートエンジニアリング協会と共催・主催いたしまして，それから国土交通省北海道開発局の後援をいただきまして，今回北海道地区講習会の開催というふうになったわけでございます．

少し宣伝も兼ねてお話させていただきますと，私ども寒地港湾技術研究センターでは港湾法に定める技術基準に基づく確認審査機関，技術基準の確認審査機関として登録されてございます．これは北海道で民間の方々が港湾の施設の建設・改良する場合は，その設計が技術基準に適合しているかどうかを審査する，そういう業務を実施してございます．従いまして私どもにとって「港湾の施設の技術上の基準」というのは，まさにその考え方とかその内容を熟知しておく必要がございます．それから共催いただいております北海道ポートエンジニアリング協会さんというのは，北海道の港湾関係のコンサルタントさんの集まりでございまして，もちろん業務として港湾の設計をするということで，「港湾の施設の技術上の基準」というのはなくてはならないものだということでございます．そこで私ども，今回は広く北海道の港湾技術者のみなさまも含めて，新しい技術基準の変更について理解する場としてこの講習会を設けた次第でございます．このように多くの方々にご参加いただきまして，深く感謝申し上げる次第でございます．

本日の講習会では大変お忙しい中，国土交通省港湾局技術企画課技術管理室から川俣課長補佐においでいただいていることを始めとしまして，国土交通省国土技術総合研究所さま，それから国土交通省国土交通政策研究所さま，国立研究開発法人港湾空港技術研究所さまなどから，それぞれの分野の第一人者の方々に講習をお願いしているところでございます．みなさん大変お忙しい中，快く今回の講習をお引き受けいただいたところでございます．心から厚くお礼を申し上げます．また先ほど司会の方からもご案内申し上げましたけども，本日みなさまに配布させていただいておりますテキスト，これは公益社団法人日本港湾協会さんの方から提供いただいたところでございます．深く感謝申し上げる次第でございます．

本日ご参加のみなさまにとって，この講習会が，改訂された技術基準，これをより深く理解する場になれば幸いというふうに考える次第でございます．以上，甚だ簡単ではございますけれども，講習会開催に当たってのご挨拶をさせていただきます．本日はありがとうございます．また，本日はどうぞよろしくお願いいたします．

2.2 「港湾の施設の技術上の基準」の改訂概要

国土交通省港湾局 技術企画課 技術監理室 課長補佐
川俣 満 氏

ただいまご紹介いただきました国土交通省 港湾局の川俣と申します．どうぞよろしくお願いいたします．私，6年ほど前に北海道開発局の港湾空港部に勤務させていただいたことがありまして，当時ご指導いただいた先輩方，また今回，基準改訂で色々お世話になった先生方の前でこういう説明をするのは甚だ恐縮ではございますけれども，30 分強，基準改訂の概要と，主に法律の面の改訂内容をご説明したいと思います．

まず今回の基準改訂の概要でございますけれども，川合理事長のご挨拶にもありました通り，前回平成 19 年ですね，性能規定化であるとか信頼性設計法の導入，あるいはISO との整合を図るという観点で大規模な改正を行いまして，それ以来，約 11 年ぶりの改正になります．

平成 19 年に改訂を行って以降，それぞれの実証に応じてここにあるように部分改訂を色々と行ってきたところです．例えばコンテナクレーンの逸走事故が起きた時にはそれに対応して逸走防止に関する事項を規定しておりますし，平成 25 年には東日本大震災の被害を受けまして，粘り強い港湾構造物，主に防波堤ですけども，それに関する技術基準の一部改訂，それから笹子トンネル崩落事故が起きた際には，それを踏まえて維持管理の観点から点検基準の強化等の改訂を行ってきたところです．これらの改訂の経緯等踏まえまして，平成 30 年の改訂ではここにある5 つのポイントで改訂を行っております．

1 点目が生産性向上の推進ということで，国土交通省の石井大臣を筆頭に色々取り組んでおりますけども，今後，建設現場における労働力不足が発生することが見込まれておりますので，それに対応するための調査・設計・施工・維持管理の建設生産プロセスの効率化に向けて考慮すべき事項等を追加しています．

2 点目は既存ストックの有効活用の促進ということで，みなさんご承知の通りなかなかゼロから新しい岸壁を作るような工事はこれから先ないと思いますので，今あるストックをいかに有効に使っていくかと．主に改良設計等の視点でどういうことを考えていけばいいかということを今回の基準の改訂の中で盛り込んでいます．

3 点目が防災・減災対策の強化ということで，切迫する南海トラフであるとか，首都直下等の巨大地震に対して対応していくために，東日本大震災であるとか熊本地震の教訓を踏まえまして，それに必要な改訂を行っています．

4 点目が国際競争力の強化ということで，コンテナ船であるとか，またクルーズ船の大型化等が進んでおりますので，それを円滑に効率的に受け入れるための港湾機能の強化に向けた基準の改訂を行っております．

5 点目が環境への配慮ということで，環境に関する新たな知見を踏まえた基準の改訂を行いまして，海域環境の保全・再生・創出を図っていきたいと，そういう内容になっています(図-2.2.1)．

今ご説明した 5 点について，それぞれ概略を説明いたします．この資料は今年の 2 月 2 日に国土交通省の方でプレスした内容をそのまま載せていますので，すでにご案内の部分もあるかと思いますけども念のためもう一度ご説明いたします．

まず生産性向上の推進に向けた規定の拡充ということで，先ほどご説明したように，労働力不足に対応するために調査・設計・施工・維持管理の建設生産プロセスの効率化に向けて考慮すべき事項を明確化するということで，設計における施工及び維持への配慮事項に ICT の活用や規格化，プレキャストなどを想定していますけども，標準化された部材の活用等による生産性の向上にも配慮することが望ましいという文言を追加しまして，設計に当たってこういうことを考えていただければというふうに考えています．また一連の建設生産プロセスにおける ICT の活用であるとか，3 次元データ等の共有に関する規定も追加しておりますので，これで i-construction の推進にお役に立てればと思っています．

2 点目は荷重抵抗係数アプローチによる部分係数法の導入ということで，平成 19 年の改訂の際に設計方法，標準的な照査手法を大幅に改訂しまして，部分係数法というものを導入しておりますけども，従来の部分係数法ですが左下にあるように個々の設計パラメータに個々の部分係数を乗じるということでかなり数字が多くて，設計に当たって数字を追っていくような作業になっているというようなご指摘も踏まえまして，今回荷重抵抗アプローチということで，作用の項と抵抗の項それぞれに 1 つだけ係数を設

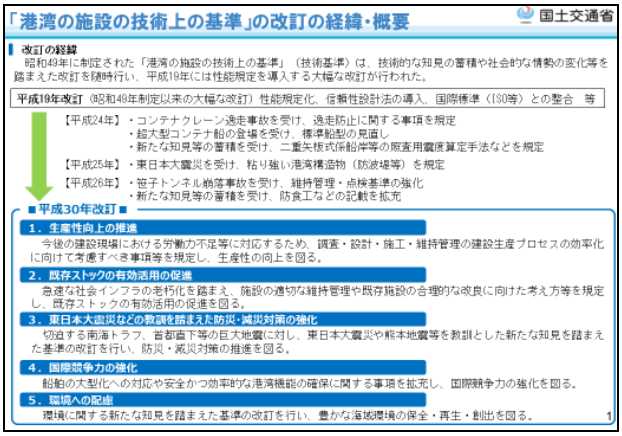


図-2.2.1

定しまして，数字を追うのではなくて少し物理的な現象等もイメージしていただきながら設計をしていただけるような形にしております．もちろん係数が少なくなりますので，設計の簡素化であるとか作業の軽減といった面で生産性の向上にも期待しているということになっております(図-2.2.2)．

3点目が既存ストックの有効活用の促進等に向けた規定の拡充ということで，ここに大きく分けて2点ございまして，まずは施設の適切な維持管理や施工の安全確保に係る記載の拡充ということで，設計段階において施工や維持管理への配慮，そういう事項に関する記載を拡充しております．例えばここにあるように維持管理を容易にする点検歩廊の設置を設計時から考慮すると，そういったことを考えております．2点目が右側にある既存施設の改良設計に係る考え方の明確化ということで，これまで改良設計に当たってどういう
流れで設計の検討をしていけばいいのかというのが基準上明確でなかったこともありますので，今回の改訂の中でできるだけやりやすいような形，全体手順であるとか基本事項などの考え方を書きまして，既存ストックの有効活用の一助になればということを考えております(図-2.2.3)．

3点目が防災・減災対策の強化に係る規定の拡充となります．主に東日本大震災であるとか熊本地震の教訓を踏まえた改訂内容になっています．防災・減災対策の1点目は耐津波設計・粘り強い構造の高度化ということで，これまで平成23年の東日本大震災が起きまして，先ほどご説明した平成25年の基準の部分改正を実施して，その際に耐津波設計のガイドラインであるとか色々な書き物を港湾局でも出しておりますけども，そういった内容を今回の改訂のタイミングで同解説の中に反映していったというイメージになります．ですので基本的にこのタイミングで，この改訂の中で粘り強い構造に関する考え方が大幅に変わったということはありませんが、ここにあるように腹付工であるとか洗掘防止工の効果の確認手法，いわゆる照査方法について少しこれまでの研究成果を踏まえて書き足した部分もございます．防災・減災対策の2点目が右上の石油 LPG・LNG 荷役機械における緊急離脱に係る措置ということで，東日本大震災の際に係留していた石油ですとか LPG を取り扱うタンカーが津波が迫り来る中で円滑に離岸できずに津波の被害を受けて，港の中を漂って色々な被害をもたらしたということがございまして，それを踏まえまして，緊急離脱を可能とする措置ということを今回の基準改訂の中で新たに追加しています．具体的にはここにあるローディングアーム等の先端に緊急離脱を可能にする緊急離脱装置というものを設置していただくか，又は津波が発生した時の運用体制を明確にしていただくと．そういったことを考えています．防災・減災対策の3点目が設計条件の見直しということで，これまでの技術的な知見の蓄積を踏まえましてうねり性波浪を新たに規定するとか，あるいは重力式岸壁における地震動に関する照査用震度式の運用の一部見直し等を行っています．防災・減災対策の 4 点目が熊本地震における被災を踏まえた対応ということで，熊本地震においてはフェリー埠頭の可動橋が少し被害を受けたということで，これを踏まえた基準の改訂を行っています(図-2.2.4)．

次は国際競争力の強化及び基準の国際化に係る規定の拡充でございます．　1点目が船舶の大型化への対応ということで，これまでも船舶の大型化の状況を適時踏まえまして標準船型の更新を随時行ってまいりました．今回はコンテナ船とクルーズ船が従来に比べて大型化してきているということで，その諸元を更新しています．またクルーズ船が 10 年前に比べてかなりの数が全国的に寄港していますので，クルーズに対応する港湾施設というものを検討する際に，どういうことを考えればいいのかということ，あるいは全国的にどういうふうに対処しているかということを把握していただきやすくするために専門埠頭編と

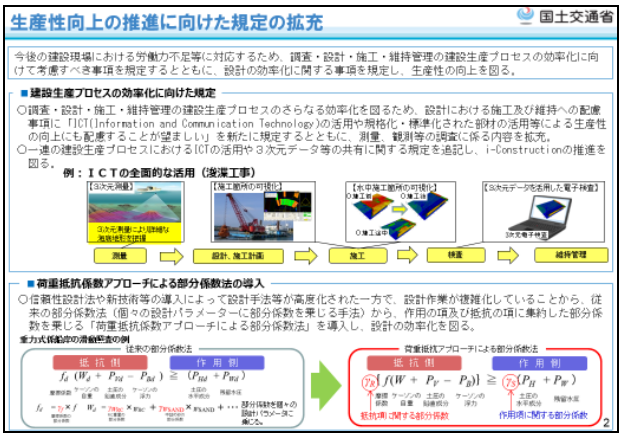


図-2.2.2

図-2.2.3

いう中でクルーズ埠頭という括りを新たに設けています．2点目が荷役作業の高度化及び安全確保ということで，まずは遠隔操作化された移動式荷役機械というものを港湾の技術基準の対象施設に追加しています．何のことかというと，ここにあるようにRTG（ゴムタイヤ式トランスファークレーン）を自動化あるいは遠隔操作化した時に求める安全上の基準を港湾法の体系の中に追加したということになります．日本では今，名古屋の飛島埠頭だけで実用化されている技術ですけども，世界的にはどこの荷役でもやっている技術ですし，将来的には日本でも導入される可能性があるのかなということで，今回このタイミングで追加しています．また，繋離船作業の安全確保に向けた配慮が必要であることを明文化するということで，繋離船作業，いわゆる綱取りの方たちの作業ですけども，ここにあるように例えば防舷材に綱が引っ掛かるとそれを外す作業であるとか，それに集中するあまり船に接近する危険性であるとか，切れたロープが人に当たる危険性であるとかそういうところの認知が遅れるということで，ここにバーが下に降りていますけども，こういう引っ掛かりを防止するような対策を是非設計の際に考えていただきたいということで規定を追加しています．

次が参考なんですけども，基準の国際化ということで，日本の企業さんが海外に出て行く際に日本の基準をそのまま説明できると海外においても，日本の企業の競争力が高まるのではないかというふうに考えておりまして，海外で日本の基準が使いやすくなるように，海外で多く見られる施設，傾斜提等に関する内容も拡充しております(図-2.2.5)．

それから環境への配慮に係る規定の拡充の内容になります．環境については技術上の基準の中で今まで配慮事項ということで，環境にも配慮して施設の設計から施工を行ってくださいということになっていました．今回はその配慮事項という扱いは変更していませんけれども，配慮する時に，具体的には生物共生型の施設等を作る際に求める基準を明文化したということになります．左側の環境の保全に資する構造物に係る規定の新設というのがその内容になりまして，生物共生型の施設を作る際に，施設本来の機能を損なわずに港湾の環境を保全できるように所要の要求性能，性能規定を定めたということになります．また環境に関する技術，色々と港湾空港技術研究所さんを始めみなさまに研究していただきまして，その研究成果を踏まえて自然再生技術に関する規定の拡充であるとかその他ブルーカーボンに関する記載等を拡充しています．また一番最後にリサイクル材料の環境利用に関する記載を拡充とありますけども，技術基準改訂に合わせまして，今年4月に港湾局でもリサイクルガイドラインというものを改訂しているところです(図-2.2.6)．

以上が改訂の内容になりまして，ここから先はおさらいと言いますか念のためですけども，まず港湾の技術基準の体系，もうすでにご案内しておりますけども，港湾法の第五十六条の二の二というところで，水域施設等の政令を定める港湾の施設については，他の法令がある場合にはその規定によるほか技術基準対象施設に必要とされる性能に関して省令で定める技術上の基準に適合するように建

図-2.2.5

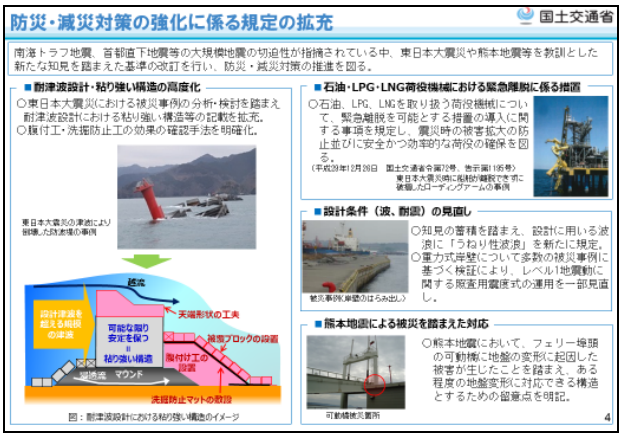


図-2.2.4

図-2.2.6

設・改良又は維持しなければならないということになっています．ですので他の法令がある場合にはその法令を遵守していただいた上でその上乗せとして港湾の技術基準があるという形になっています．体系はここにあるように，ピラミッド型の中身になっていまして法令の技術基準の世界で，目的それから要求性能，性能規定を明文化しまして，その具体的な性能照査手法いわゆる設計方法を同解説の中で書いていると．この間を繋ぐ内容として，港湾局長の通達というものを出しておりまして，参考として港湾管理者さん等に送付しているという体系になっています(図-2.2.7)．

性能規定化されたことに伴いまして，技術基準の適合性確認制度というものも平成 19 年から始めていまして，技術基準対象施設のうち公共の安全その他の公益上影響が著しい施設ということで定められたものについては適合性確認をお願いしています．これは先ほど川合理事長のお話にもありましたけども，北海道では寒地港湾技術研究センターさんが登録確認機関として認定されておりまして，そこにご相談いただくと確認が取れるというスキームになっております．このスキームは今回の改訂でも全く変更はございません(図-2.2.8)．これがご参考の体系図です

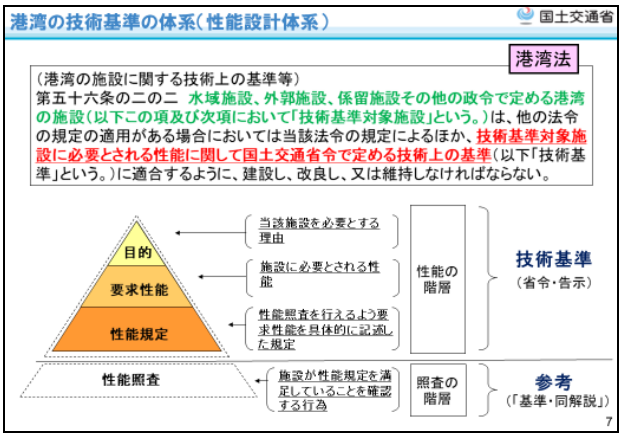


図-2.2.7

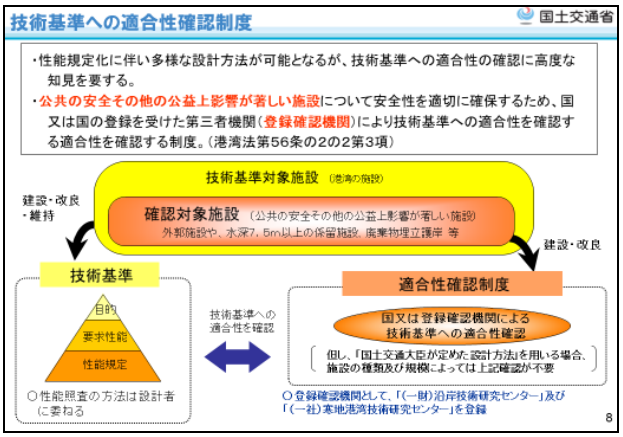


図-2.2.8

（図-2.2.9）．先ほどの適合性確認制度ですけども国土交通大臣が定めた設計方法を用いる場合は確認が不要というただし書きがございまして，その設計手法というのがこの左下にある港湾法第五十六条の二の二第三項ただし書きの設計方法というものがございまして，これに則っていただくと適合性確認を受けなくていいという，一応そういうルールになっています．ただ実際には非常に原始的な式しか書いていませんので，基本的には適合性確認を実施していただくことになるのかなというふうに思っております．この設計方法の部分は基本的には今回は変更していません．

今回の基準改訂の経緯でございますけども，平成 26 年から港湾局では「技術基準のあり方検討委員会」というものを立ち上げまして，港湾管理者さんであるとかコンサルタントのみなさまに色々意見を伺いながら検討を進めてまいりました．平成 28 年 8 月に『改訂方針』というものを公表しまして，そこからいわゆる具体化の作業を進めて昨年の 9 月に政令の改正，同年 12 月には関係する省令・告示の改正の公布を行っております．

ここまでは先ほどご説明した基準の規定概要の中身なんですけども，そのあと追加で色々とやっていまして，平成30年3月には告示の一部を改正する告示ということで，これは何をやっているかというと，洋上風力の風車に作られる係留施設に関する基準というものを追加しています．後ほどご説明いたします．また同年 3 月 31 日には維持に関して必要な事項を定める告示というものも改正しておりまして，これは民有護岸の点検に関する頻度を改正する中身になっています．これもまたご説明いたします．そして今年の 4 月 1 日に改正後の政令，省令，告示を施行しております(図-2.2.10)．施行に当たっては経過措置というのを設けておりまして，施行の際に現に設置されている施設，要は既存の施設が新しい基準に適用しなくてもいいですよと．そういう経過措置があります．ですので先ほどご

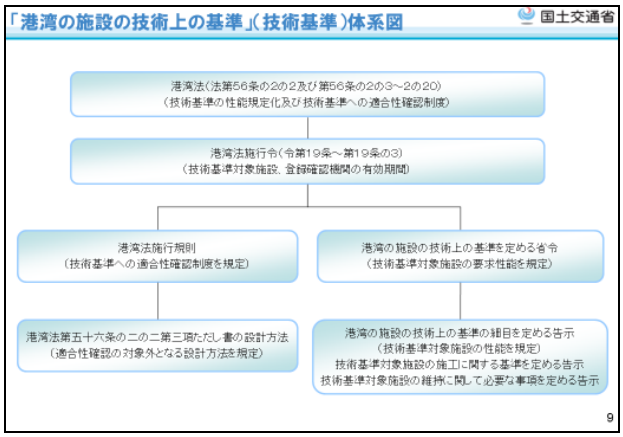


図-2.2.9

説明したような移動式荷役機械であるとか，あるいは緊急離脱装置を付けてくださいという話をしたと思いますけども，それについては既存のものに関しては適用されないということで，今後新しく設計するものあるいは改良と言って大幅に仕様変更するような場合には今回の基準に適合していただくと，そういう体系になっています．ここはご参考です．改訂方針として平成 28 年 8 月に公表した際にこういう区分で整理したというものになります(図-2.2.11)．

ここから先は少し細かいんですけども，基準の関係の法令の各事項についてご説明したいと思います．なかなか法令の条文までご確認していただく機会もないかと思いますけども，少しお付き合いいただければと思います．

港湾法施行令の改正，平成 29 年 9 月 27 日に公布して，関連する省令・告示を同年 12 月 26 日に公布しています．改正した内容は 7 点ありまして，1 点目が先ほどもご説明したように遠隔操作化された移動式荷役機械の技術基準の制定．2 点目が環境の保全に資する構造に係る技術基準の制定．3 点目が LPG 荷役機械，LNG 荷役機械に係る技術基準の制定です．4 点目が適合性確認制度の手数料の見直し．5 点目がただし書の設計方法の記載用語を一部直しております．さらに平成 30 年 3 月 26 日に再生可能エネルギー発電設備の下部工に係る技術基準の制定ということで，洋上風力の風車の部分に関する基準の制定です．7 点目が民有護岸・岸壁・桟橋の定期的点検に関する規定の制定ということになります(図-2.2.12)．

1 点目の遠隔操作化された移動式荷役機械の基準の制定というところでございますけども，移動式荷役機械，この右上にあるようなコンテナターミナルにある RTG のようなものを想定しておりますけども，これが自動的又は遠隔操作により荷役を行うことができるものについては技術基準対象施設に追加して，安全かつ効率的な港湾機能を確保するための所要の要求性能，性能規定及び危険防止に関する対策を定めるということになっています．具体的には港湾法施行令，政令でこの第十九条の八というところで，移動式施設（移動式荷役機械にあっては，自動的に，又は遠隔操作によりに荷役を行うことができるものに限る)．というものを追加して，この条文によって移動式荷役機械が港湾の技術基準の対象に追加されたということになります．移動式荷役機械に対して求める技術上の基準の中身が基準省令と告示が落ちておりまして，細かい中身は 10 ページの告示に書いてあります(図-2.2.13)．

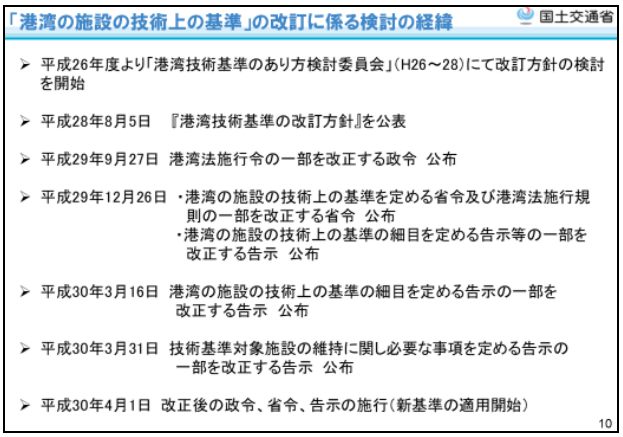


図-2.2.10

図-2.2.11

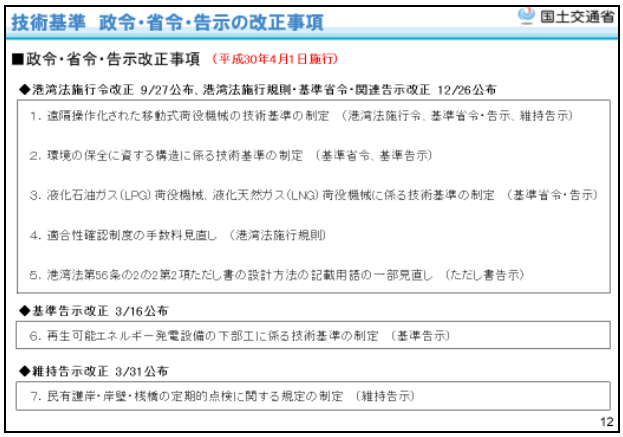


図-2.2.12

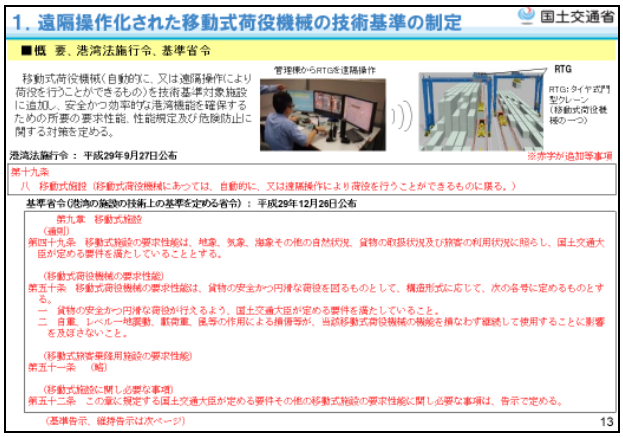


図-2.2.13

特徴的なのは第八十三条の六で，移動式荷役機械を利用する荷さばき地にあっては，貨物の安全かつ円滑な荷さばきが行えるよう，必要に応じて，衝突防止のための適切な措置が講じられていること．ということで，自動で荷役機械を動かすことになりますので，その安全確保のために衝突しないような措置を取ってくださいということになります．さらに維持告示の中で，危険防止に関する対策という条が第五条にございまして，ここは従来ガントリークレーンの逸走防止の措置に関する規定を書いていたところでございますけれども，そこにガントリークレーンの逸走防止と同じようなスキームで赤文字でありますように，移動式荷役機械を使用する施設については，当該施設における衝突防止に必要な措置及び当該措置の実施について責任を有する者の明確化ということで，どのように衝突防止を行うのかということを考えていただくようなスキームになっています(**図-2.2.14**)．これが遠隔操作化される移動式荷役機械の例です．RTG であるとか，名古屋の場合はこの AGV という自動の貨物自動車がございますし，海外ではこのストラドルキャリヤーというものが自動化されているような話もありまして，こういったものが対象になり得るのかなというふうに考えております(**図-2.2.15**)．今回の技術基準対象施設の追加によって，港湾の施設いわゆる技術基準の対象の施設の中にこの赤文字の移動式施設というものが追加されまして，ここにあるようなものが技術基準の対象になっているということになります(**図-2.2.16**)．

それから 2 点目が環境の保全に資する構造に係る技術基準の制定ということで，環境の保全に資する施設に必要な要求性能，性能規定を定めるということになります．例えば防波堤であれば，防波堤の機能を阻害しないように浚渫土砂を活用した盛土等が行われていると思いますけども，こういったものを実施する際に技術基準に適合するように行ってくださいという中身になります．具体な条文はここにあるように実質的には何も書いてありませんで，当該防波堤の本来の機能を損なわず港湾の環境を保全できるよう，国土交通大臣が定める要件を満たしてくださいということと，告示にいってもですね，環境の保全，当該施設の本来の機能を損なわず，当該施設が置かれる自然状況等に応じて，港湾の環境を保全できるよう，所要の諸元を有すること．という記載になっています．これを具体的にどのように照査していくかということについては，午後の部の国土技術政策総合研究所の岡田室長から詳しい話が

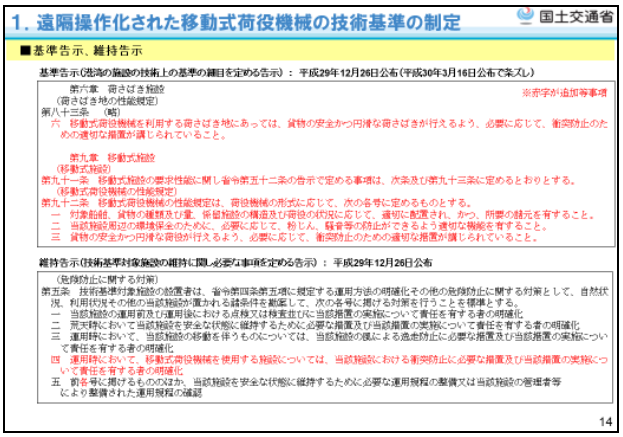


図-2.2.14

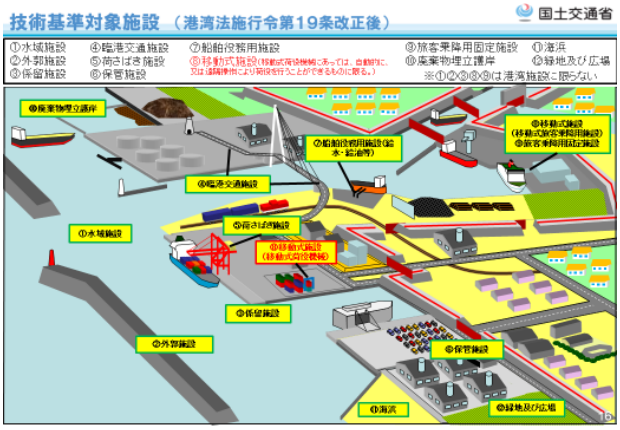


図-2.2.16

図-2.2.15

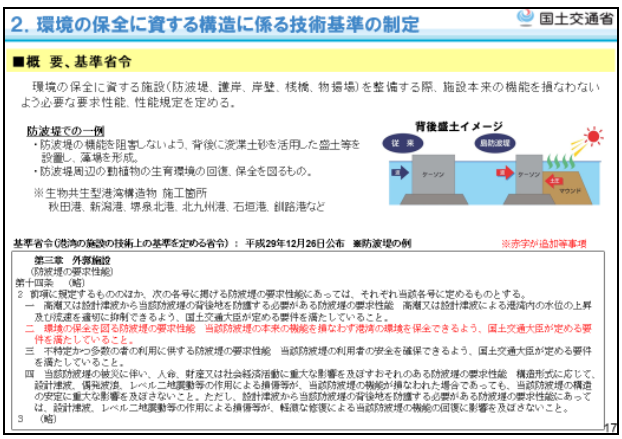


図-2.2.17

あると思いますのでこれは割愛します(図-2.2.17，図-2.2.18)．

それから 3 点目ですけども，LPG と LNG 荷役機械に係る技術基準の制定ということで，港湾の技術上の基準では従来，石油荷役機械というものだけが個別に切り出して明文化した基準があったんですけども，そこに LPG と LNG いわゆる危険物を取り扱う荷役機械について，個別に要求性能等を定めています．その中で今回追加したのが東日本大震災で船舶が円滑に離岸できなかったため荷役機械が壊れたり，人の被害が出たということで，緊急離脱を可能にする措置に関する事項というものを追加しています．これは※印にありますけども，海上保安庁においても平成 26 年の時点で大型タンカー及び大型タンカーバースの安全防災対策基準という行政指導の指針が出ておりまして，ここにおいても大型タンカーバースに緊急離脱装置を設備することとしておりまして，そこと同じような中身が追加されたというイメージになります．ただしあくまでも我々が求めているのは緊急離脱を可能とする措置ということですので，その答えは，緊急切り離し装置を必ず設置しなければいけないというわけではないということはご理解いただければと思います．具体にはこのような条文になっていまして，基準告示の中で一番下の部分です，緊急時における船舶の係留施設からの移動に支障とならないための適切な措置が講じられていること．ということを荷役機械の性能規定の中で定めているところです(図-2.2.19，図-2.2.20)．

それから 4 点目の適合性確認制度の手数料見直しということですけども，先ほどご紹介したように登録確認機関がございます．登録確認機関がある場合は国土交通大臣が実施することはないんですけども，登録確認機関がなくなった場合，あるいは何らかの理由で登録確認を実施できない場合には，国土交通大臣が行えることになっていまして，その際の手数料を改訂したということになります．具体な金額等は省略しておりますけども，省略している理由は，今，寒地港湾技術研究センターさんもいらっしゃいますし，東京の方では沿岸技術研究センターも適合性確認を実施していますので，特に適用する場面がないかなということになります．改訂の考え方としてはご承知のとおり昨今，業務者単価が上がっておりまして，そういった観点を踏まえまして 11 年ぶりに改正したということになります．

それから 5 点目がただし書の設計方法の名称及び記載用語の適正化ということで，記載用語の適正化というのは

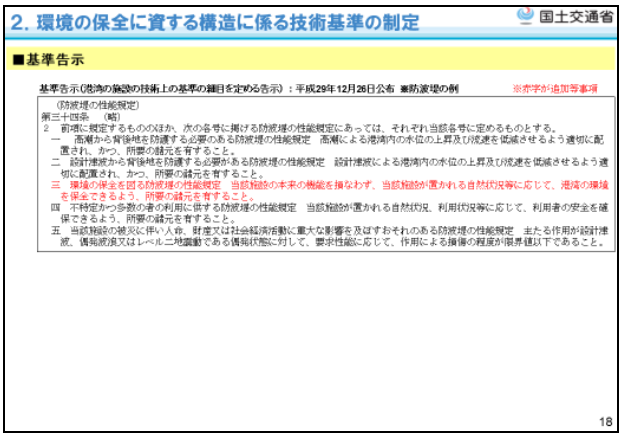


図-2.2.18

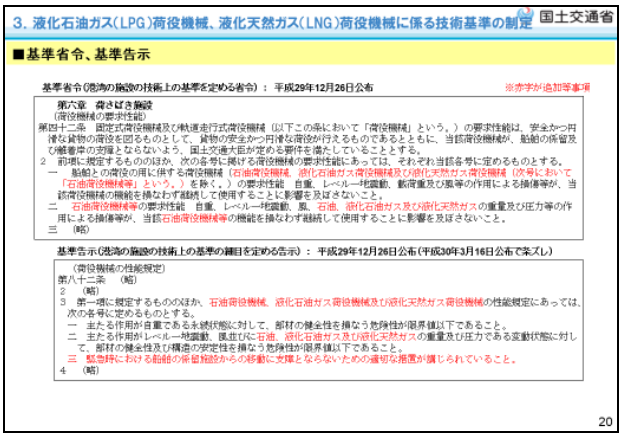


図-2.2.20

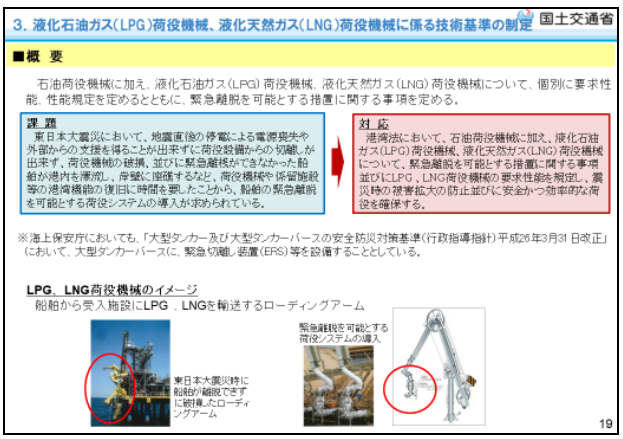


図-2.2.19

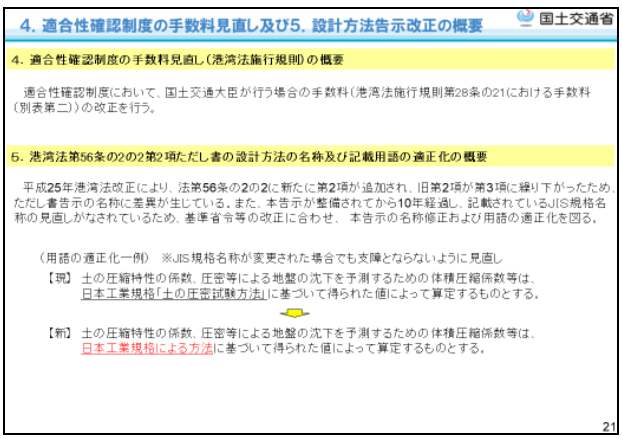


図-2.2.21

何かと言うと，この下にあるように従来のただし書の告示の中で圧密の部分である日本工業規格の土の圧密試験方法に基いて得られた値によって算定するものとするという記載がございましたけども，実はこの JIS の規格の名前が変わりまして，今，土の圧密試験方法という名称ではないので，そういったものを適宜その度に改正するのは少ししんどいですし，ユーザーのみなさまにも中身が変わったのかということで誤解を与える可能性もあるということで，今回は JIS による方向であればいいですよという形の改正を行っているところです(図-2. 2. 21)．

それから 6 点目ですけれども，これは平成 30 年 3 月に公布して同年 4 月に施行した再生可能エネルギー発電設備の下部工に係る技術基準の制定という中身になります．洋上風力発電のことですけども，ご承知のように現在国内でも多数の実証試験機が設置されておりまして，北海道でも色々ご検討されているというのを伺っておりますけども，数年内には港湾区域において商用機の実際の運用が始まるというふうに見込んでおります．この洋上風力の設備においてもいわゆる船舶を活用した維持管理を行うための係留施設ということで，この風車を点検する，維持管理するために船が着いて，人が上がって施設を見る，確認するという行為があります．係留施設というのは当然，港湾技術基準の対象施設となりますので技術基準に適合する必要があるんですけども，風車の場合，従来の岸壁いわゆる係留施設と構造が大幅に違いますので，風車の下部工について独自の表示と言いますか風車に特化した告示を新しく作ったという中身になります．具体的には色々書いてあるんですけども，結局，このページにあるように風車の形態に応じて，重力式であるとか杭式あるいは浮体式のものがありますので，その形状に応じてそれぞれ具体の基準の中身が書いてあるということになります．この風車は当然，発電用設備ですので，電気事業法の方でも所要の規定がございまして，それに加えてこの係留施設の部分，ここでは下部工というひとつの区分になりますけども，これについて港湾の技術基準に適合していただくということになります(図-2. 2. 22，図-2. 2. 23)．

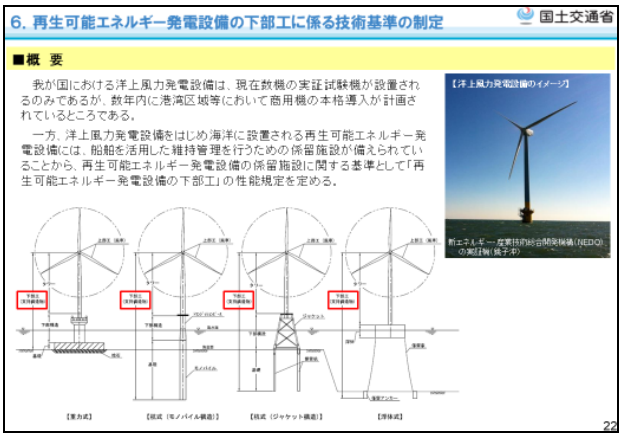


図-2. 2. 22

7 点目が民有護岸・岸壁・桟橋の定期的点検に関する規定の制定でございます．民有護岸に関する規定ですね，平成 25 年頃から港湾局でも，いわゆるコンビナート防災の強化という形で色々な規定を作ったり，税制の支援措置等を行ってきたところでございますけども，今回の改正の中で港湾法の緊急確保航路に隣接する港湾区域内の民有護岸のうち，地震時に耐震強化岸壁等に至る航路に影響を及ぼす恐れの高い施設については，施設の点検診断頻度を 2 年以内ごとにという形で規定しています．詳しくは国土交通省の担当部署があるのでそこの説明が必要なんですけども，考え方としては，地震時に耐震強化岸壁等に至る航路に影響を及ぼす恐れの高い施設という考え方のところで，点検結果であるとか施設の状況等踏まえて運用していくというふうに聞いています．ですので盲目的に民有護岸全部 2 年に 1 回というわけではなくて，点検結果を踏まえて適正な措置をしていただいた上でそれでもうまくいかないという場面では，2 年に 1 回という運用になるというふうに聞いています．詳しくは危機管理室が担当になって

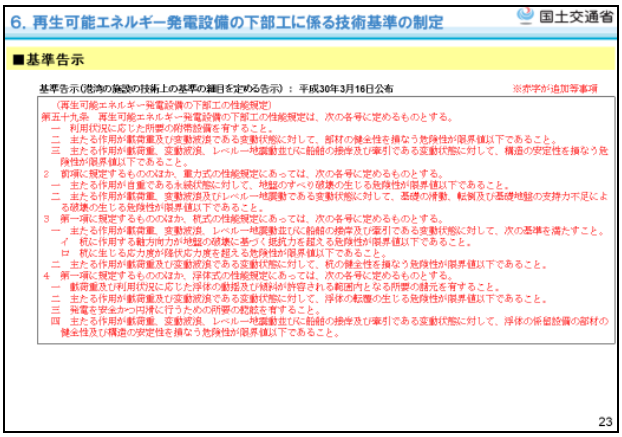


図-2. 2. 23

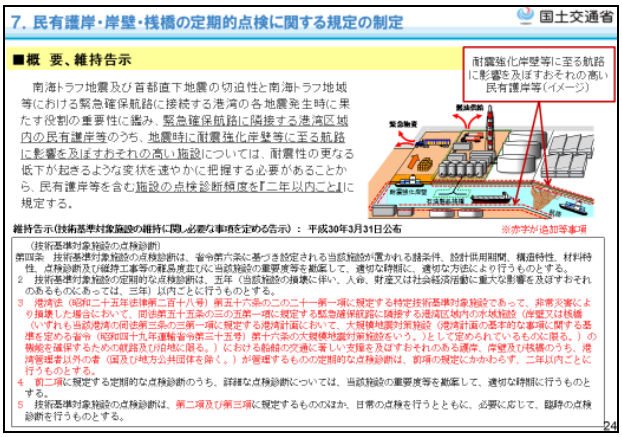


図-2. 2. 24

いますので，そこに問い合わせていただければと思います(図-2.2.24)．

それから先ほど少しご説明しましたけども，基準に関しては，解釈通達というものを出しています．解釈通達は何かと言いますと，基準の適正な運用が書かれていることを目的としていまして，現時点での実績，あるいは今の技術水準，また技術開発の動向を考慮して今の時点で妥当と考える考え方を示したものということで，港湾局長から港湾管理者さんの方へ参考として通知させていただいています．何が書いてあるかというと，例えば，解釈ですので告示の中で，航路の形態について「但し，航行の形態が特殊な場合にあっては，船舶の安全な航行に支障を及ぼさない幅までその幅員を縮小することができる」という告示の文言がございまして，この正しい考え方というのはどういう考え方かというものを港湾局長通達の中で書いています．この航行の形態が特殊な場合というのは曳船の利用であるとか待避水域の設置に配慮する必要がある場合，あるいは航路の延長が著しく短い場合，こういった場合を想定していますよということを港湾局長通達の中で書いています．また具体的な設計方法，いわゆるただし書告示の標準的な式の考え方であるとかあるいは照査項目とか限界値

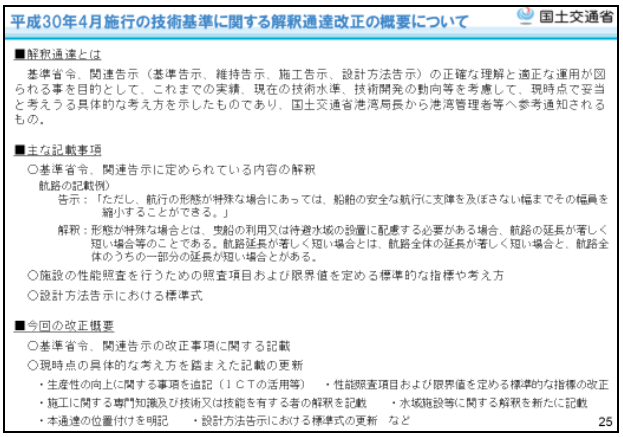


図-2.2.25

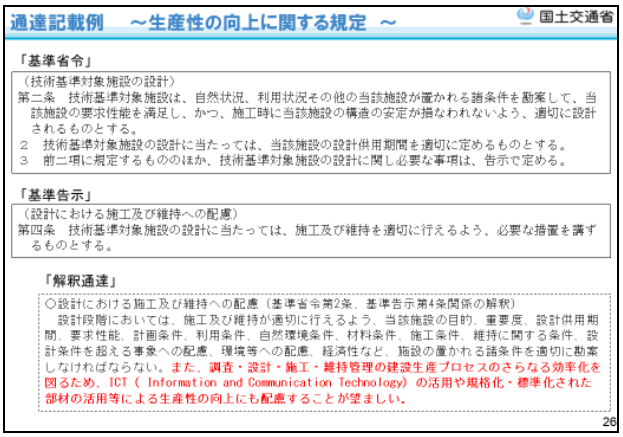


図-2.2.26

を定める標準的な指標や考え方というものも示しておりまして，性能規定化された中で，お困りの部分をフォローするような内容になっています．

今回の改正では基準の省令，告示の改正に関する内容を付け加えたということと，あるいは生産性向上に関する事項ということで ICT の活用という部分についても港湾局長通達の中で触れています(図-2.2.25)．通達の中で何が書いてあるかということで，生産性の向上に関する規定については，そもそも基準省令のところで技術基準対象施設の設計については，設計に関し必要な事項は告示で定めるとなっていまして，基準告示で施工及び維持を適切に行えるよう，必要な措置を講ずるものとするということをお願いしています．それについて解釈通達の中で，従来は必要の措置とは何ですかということになりますので，当該施設の目的から重要度，あるいは供用期間，自然条件，材料条件，施工条件等色々な条件を鑑みて行ってくださいということだけ書いてあったんですけども，それに加えて今回は調査・設計・施工・維持管理の建設生産プロセスのさらなる効率化を図るため，ICT の活用や規格化・標準化された部材の活用等による生産性の向上にも配慮することが望ましいということを港湾局長通達の中でお願いしているということになります(図-2.2.26)．

それから港湾局長通達の中にはこういった表がたくさん並んでおりまして，これは日本港湾協会が発行する同解説の中にもこういった表が出てきますけども，表の中で省令・告示，それに対する要求性能が書いてありまして，そして設計状態ですね，あるいはその時にどういうことを照査したらいいのかということ，また標準的な限界値の指標ということで，従来の通達では破壊確率のようなものを具体的に書いていました．ただ破壊確率というものを通達の中で書くと，設計の考え方を港湾局長が縛るような形になりますので，今回の改訂では通達における書き方を少し改めまして，限界値を定める標準的な指標ということで，照

図-2.2.27

査の項目，例えば地盤の円弧すべりを照査する時は，円弧すべりに関する作用耐力比というものを使うのが標準的ですかねということを指標の考え方だけを示したということになっています．(図-2.2.27)．

雑駁ではございますが，以上でございます．

ありがとうございました．

2.3　総論・改良設計・部分係数法・参考技術資料

国土交通省国土技術政策総合研究所 港湾研究部
港湾施設研究室長　宮田 正史　氏

国土技術政策総合研究所の宮田と申します. おはようございます.

私の方は国土技術政策総合研究所, 横須賀にある研究所でありまして, そこで今回の基準改訂に関しては, 基準の全体のまとめの作業を担当させてもらっております. まとめの作業というのは先ほど国土交通省から説明ありましたけども, 国土交通省の技術管理室がヘッドになりまして, 横須賀にある国土技術政策総合研究所が全体の取りまとめをしまして, 隣にお馴染みの港湾空港技術研究所がありまして, そちらの方の基礎的な研究を全部束ねて我々のところでラップアップをして世に出していくと, こんな仕事を私の方はさせていただいております.

今日はそんなに時間がない中, 色々詰め込んでしまったんですけれども, 「総論・改良設計・部分係数法」を中心にいくつかトピックをご紹介したいと思います.

今日お話する内容は一番最初に少しだけ基準改訂の大枠ということで, 図書構成が少し変わるというか大幅にページ数も増えますので, そのあたりを少しご説明いたします. それから主要の改訂項目については参考配布資料の方に 10 ページほどの国土交通省のプレス資料がありますので, こちらを後でご覧いただくことで代替させていただきたいと思っております. それから個別事項につきましては, 設計の基本理念ですとか, 改良設計, こういった少し理念的なことなんですが, あまり今まで基準に書いていなかった, 設計者に期待すること, 性能設計を進化させるためにどういう視点が必要なのか, こういったことを少し拡充しておりますので, 前半の①②のあたりを丁寧にご説明したいと思います. その後は③部分係数法の見直し, ここは平成 19 年の基準の時に信頼性設計法を取り入れまして, その方向は正しいわけですけども, 係数が非常に多くて使いづらいですとか, そういったご意見を受けまして, 今回は係数を敢えて心を鬼にして 2 つにまとめました. そんなことをお話したいと思います. 背景までお話すると少し時間がかかってしまいますので, アウトプット, どうなったかということ中心に部分係数法の見直しをお話したいと思います. それから防波堤関係では防波堤の後ろに石を盛って耐力を増すという腹付工というものが昔からありますけども, これについては今まで設計法がありましたけども, 40 年ぶりに少し変えましたので, このあたりのお話をしたいと思います. それから 5 番目, 東日本大震災で津波が発生した際に残念ながら防波堤がかなり被災を受けてしまったわけですが, その時に, 津波が発生した時に捨石マウンドの中を通る浸透流というものがやはりどうしても防波堤の支持力の耐力を下げてしまうと. これについてやはり現場から早く設計法をという要望がありましたので, 今回暫定なんですがその考え方を少しご紹介したいと思います. それから細かい話ですけど, ⑥係船柱の規格, 大型船に対応して係船柱の規格をいくらのものを使うですとかそういったことも少し拡充しておりますので, 設計者に必要な情報をコンパクトにまとめてみました. それから少し時間があれば基準改訂を経て個人的な雑感をお話できればと思っております(**図-2.3.1**).

まず, 右下にページ数がふってありますのでパワーポイント 2 ページ, それから右上は厚い肌色の本の方のどこのページに該当するということで今見ていただく必要はありませんけども, 後で見返す時にこの右上のページを見て肌色の冊子を見ていただければと思います.

まず左上が平成 19 年の基準で大方 1,450 ページぐらいございます. それが上・下 2 冊だったんですが, 今回は上・中・下と 3 分冊になる予定です. 上巻が右上になりますけども, 総論ですとか環境への配慮, 作用編, その中で先ほどの設計理念とか改良設計, この青い文字のあたりが少し拡充されております. それから右下が従来と同じように施設編ということで, 各施設の設計に関する色々な事項がまとめられているところでございます. 今回特に増えたのが, 左の基準・同解説の参考技術資料編というのが大きく増えました. 一番大きく増えたのは, この真ん中のところに作用及び材料強度条件編に関する参考技術資料というのがございます. この第 1 章があとでご説明しますけども, 過去設計基準の姉妹編として調査指針という黒い本がございました. そのエッセンス, 調査をする時にどういうデータを使ってどういうふうにまとめて, それを設計条件にどういうふうに活用していくのかという, そういう本がありましたけども, 昨今設計だけじゃなくてやはり調査設計・施工, こういった一体的にしっかり仕事をするというニー

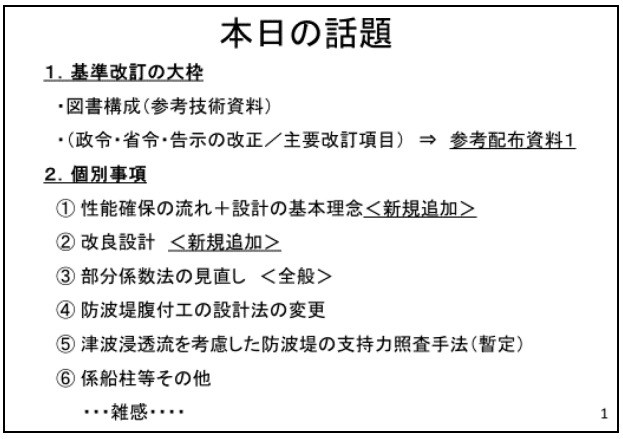


図-2.3.1

ズが高まってきて，その黒い本も陳腐化しておりましたので一気にここで統合したということになります．それからそのまま続いていきますと，第 2 章に大規模災害時の調査・試験というものがございます．内容については今日一切お話できませんけれども，東日本大震災の復旧の時に，何日目にどういう調査をすべきなのか，潮位観測はどういうものを暫定的にやって工事管理面をすぐに定めるですとか，色々当時バタバタしたことがあったので，そういったことの反省を踏まえて当時何を調査すべきだったかということを教訓として特にまとめておけば，それが消えないようになって，さらに，また次の震災が来ることを望んでいるわけではないんですけども，その時の備えになるんじゃなかろうかと，そういった視点でこの大規模災害時の調査・試験というのを入れております．それからあとは一番下の方で，例えば専門埠頭，これは平成 11 年の基準の時までは参考技術資料として色々あったんですが，平成 19 年の時に一度消えてしまいました．ただやはり例えばコンテナ埠頭を作りたいとか，クルーズ船埠頭を作りたい時，それぞれのバースのニーズに応じて留意事項をまとめておいた方が良いだろうという声が強くて，フェリーですとかマリーナですとかこういった施設についても平成 11 年のものから復活をさせて時点修正をした上で，復活しているという形になります．それからクルーズ編はやはり最近既存施設を使った大型船の受け入れが多いので，どういった留意点かというのを少しまとめてあります．こんな感じで結局，上・中・下の 3 冊で今 2,200 ページぐらいというふうになっておりますので，ページ数としては 1.5 倍くらい増えているという状況であります(図-2.3.2)．

先ほど出た 3 ページ目ですけども，この調査指針ですね，これが私もこの作業を始めるまでしっかり見たことはなかったんですが，昭和 46 年，昭和 62 年に改訂ということで，こういった調査のノウハウを集めた資料がございました．これに対して，新しい近年の調査，観測等の高度化に対応するためにこの内容を先ほどの下巻の方に濃縮して入れていった形になります(図-2.3.3)．

では 1 番目の話題として 4 ページ目をご説明したいと思います．性能設計の確保の流れ，設計の理念．技術基準の体系ですとか，性能確保するためにどういうことが必要なのか，それから設計の基本理念というのは一体何なのか，設計の段階で施工・維持，その風下側にどういう配慮をすべきか，こういった基本をここでは記載させていただいております(図-2.3.4)．

5 ページになりますけども，これはまず基準の 1 ページ目に最初に定義とかこの本の使い方を記載しております．「港湾の施設の技術上の基準」というのは省令とそれから技術と施工と維持の告示からなる集合体を言っていますというふうに書いてございます．それから一番下にいっていただいて，本書の利用者というものがございます．ここで何を書いてあるかというと，当たり前のことなんですけど，本書の利用者は，基準対象施設の建設，改良又は維持に関与する技術者を想定していますと．そういった技術者をこの本の中では「設計者」と呼称するというふうに敢えて記載をさせていただいております．今まで平成 19 年の基準の時にも設計者の判断で何かしなさい，設計者が責任

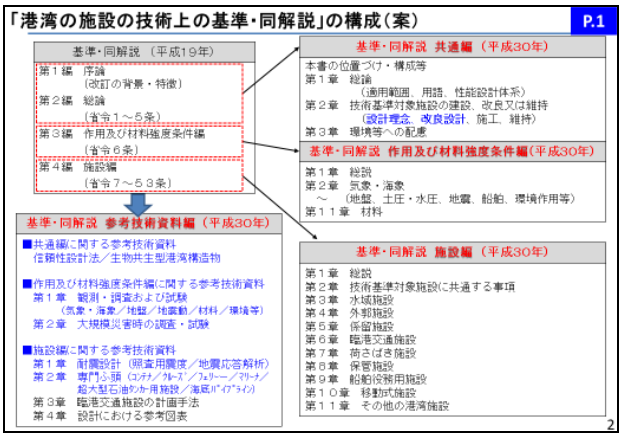


図-2.3.2

図-2.3.3

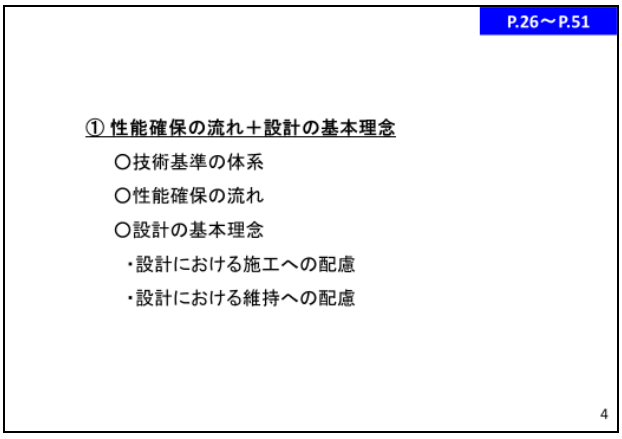
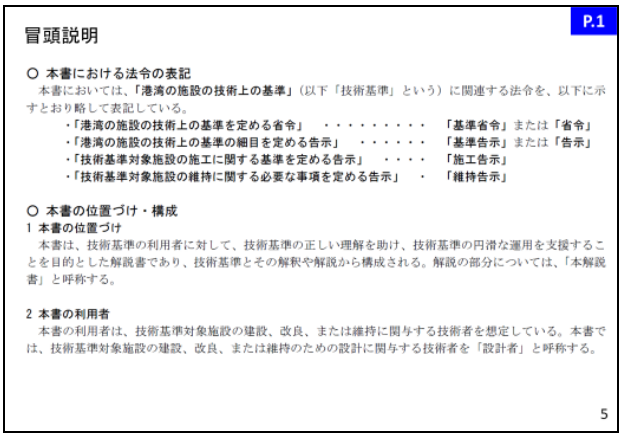


図-2.3.4

を持ってやりなさいということだったんですが，設計者というのは，コンサルタントの技術者を指しているのか，何を指しているのかなかなか難しいんですけども，実際はその発注者の技術者もいますし，コントラクターが施工中に設計する場合もありますし，色々な技術者がどうしても関与していると．ですから，誰か一人の設計者というわけではなくて，プロジェクトを責任を持ってやる技術者の総称という形で記載をさせていただいています(図-2.3.5)．

それから 6 ページに移っていただきまして，この基準の対象というのは，建設・改良又は維持ということになっておりますけれども，実際この建設・改良・維持という行為がどういう行為なのかというのはこの解説書には従来ほとんど記載されておりませんでした．先ほどの国土交通省のご説明通り，改良となるとその適合性の確認審査が必要ですので，今回やる事業が改良なのかそれとも維持なのかによって相当設計の位置づけが変わります．ですからこういったことをもう少しわかりやすく記載をした方が良いという判断の元，国土交通省とここは供用しながら具体的な建設・改良はそれぞれどういうことを言っているかということを一般論として記載をさせていただきました．改良の方は後でご説明いたしますけども，既存の施設に対して


P.1

冒頭説明

○ 本書における法令の表記

本書においては，「港湾の施設の技術上の基準」（以下「技術基準」という）に関連する法令を、以下に示すとおり略して表記している。

・「港湾の施設の技術上の基準を定める省令」 ・・・・・・・・・ 「基準省令」または「省令」
・「港湾の施設の技術上の基準の細目を定める告示」 ・・・・・・ 「基準告示」または「告示」
・「技術基準対象施設の施工に関する基準を定める告示」 ・・・・ 「施工告示」
・「技術基準対象施設の維持に関する必要な事項を定める告示」 ・ 「維持告示」

○ 本書の位置づけ・構成

1 本書の位置づけ

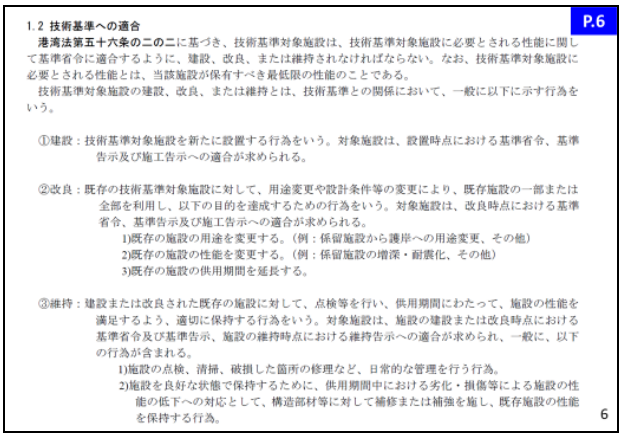
本書は、技術基準の利用者に対して、技術基準の正しい理解を助け、技術基準の円滑な運用を支援することを目的とした解説書であり、技術基準とその解釈や解説から構成される。解説の部分については、「本解説書」と呼称する。

2 本書の利用者

本書の利用者は、技術基準対象施設の建設、改良、または維持に関与する技術者を想定している。本書では、技術基準対象施設の建設、改良、または維持のための設計に関与する技術者を「設計者」と呼称する。

5

図-2.3.5


P.6

1.2 技術基準への適合

港湾法第五十六条の二の二に基づき、技術基準対象施設は、技術基準対象施設に必要とされる性能に関して基準省令に適合するように、建設、改良、または維持されなければならない。なお、技術基準対象施設に必要とされる性能とは、当該施設が保有すべき最低限の性能のことである。

技術基準対象施設の建設、改良、または維持とは、技術基準との関係において、一般に以下に示す行為をいう。

①建設：技術基準対象施設を新たに設置する行為をいう。対象施設は、設置時点における基準省令、基準告示及び施工告示への適合が求められる。

②改良：既存の技術基準対象施設に対して、用途変更や設計条件等の変更により、既存施設の一部または全部を利用し、以下の目的を達成するための行為をいう。対象施設は、改良時点における基準省令、基準告示及び施工告示への適合が求められる。
1)既存の施設の用途を変更する。（例：係留施設から護岸への用途変更、その他）
2)既存の施設の性能を変更する。（例：係留施設の増深・耐震化、その他）
3)既存の施設の供用期間を延長する。

③維持：建設または改良された既存の施設に対して、点検等を行い、供用期間にわたって、施設の性能を満足するよう、適切に保持する行為をいう。対象施設は、施設の建設または改良時点における基準省令及び基準告示、施設の維持時点における維持告示への適合が求められ、一般に、以下の行為が含まれる。
1)施設の点検、清掃、破損した箇所の修理など、日常的な管理を行う行為。
2)施設を良好な状態で保持するために、供用期間中における劣化・損傷等による施設の性能の低下への対応として、構造部材等に対して補修または補強を施し、既存施設の性能を保持する行為。

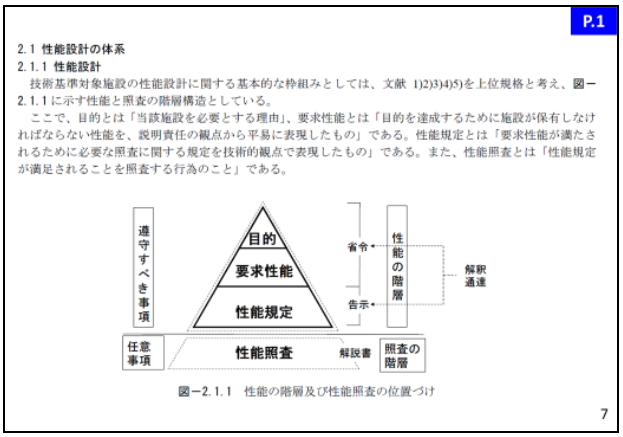
6

図-2.3.6

用途変更，使い方を変える，それから設計条件の変更，例えば地震の条件をもっと大きくする，こういったことによって既存の施設の一部又は全部そのままうまく利用して用途の変更をしたり，性能を変更したり，既存施設の供用期間を大幅に延長する，こんなようなことを想定しております．逆に言うと維持は，新しく作るか大規模に改良するか，それ以外のところが維持というふうな形になります(図-2.3.6)．

それから 7 ページにいっていただきまして，性能設計の体系ということでございます．実はここは平成 19 年の基準と一切変えてございません．性能設計というものの枠組みとしては，遵守すべき事項と任意事項が明確に分かれているという体系になっております．目的・要求性能・性能規定，ここまでについては省令があり，告示があり，それに対する解釈通達がくっついていると．基本的にはこの上の 3 つについては必ず守ってくださいということになります．それからその下の照査の方法ですとかそのしきい値については，ここはいわゆる設計者にある意味判断が任されているところになります．この青本の中にはその典型的な標準的な操作方法なり，しきい値が記載されているということになります．これについては前回の基準と考え方は一切変更しておりません(図-2.3.7)．

それから 8 ページ目にいっていただきまして，これが技術基準対象施設の建設，改良又は維持の全体の目次・構成になります．この黄色いところとピンクのところについては新しく追記がなされたところです．この左上の「1.1 性能確保の流れ」については事業全体として構造物をしっかり性能確保するためにはどういうことが必要かということを示しております．これは後で簡単にお話します．それからこの 2 章のところは，設計に特化してどういうことを考えなければならないか，理念的なこと，それからどういう配慮を後段階の人達に配慮しなければいけないかという原則，それから実際に設計をする時には色々条件を設定


P.1

2.1 性能設計の体系

2.1.1 性能設計

技術基準対象施設の性能設計に関する基本的な枠組みとしては、文献 1)2)3)4)5)を上位規格と考え、図－2.1.1 に示す性能と照査の階層構造としている。

ここで、目的とは「当該施設を必要とする理由」、要求性能とは「目的を達成するために施設が保有しなければならない性能を、説明責任の観点から平易に表現したもの」である。性能規定とは「要求性能が満たされるために必要な照査に関する規定を技術的観点で表現したもの」である。また、性能照査とは「性能規定が満足されることを照査する行為のこと」である。

図－2.1.1 性能の階層及び性能照査の位置づけ

7

図-2.3.7

したりという中で，最適化を求めなければなりませんけど，そういった項目・条件は何があるかということの明確化をしております．それからその後「2.4」ピンクのところですけども，改良設計に固有で注意しなければならないことは何なのかということが全体として記載されております(図-2.3.8)．

9ページになりますけども，これが性能確保の全体の流れということで，かなり理念的なことなんですが，新規の施設で計画・調査・設計・施工があります．その後まずしっかり情報の伝達をして，必要があれば前工程に戻って検討しながらその情報を維持の段階にしっかり伝達をして，その間に災害復旧があったり，もしかしたら用途廃止で施設を少なくするかもしれません．ただその後40年50年使った後，今度その既存施設をまた改良するための計画があり，改良するための調査があり，こういうループがありまして，また維持の段階に戻ると．こういったサイクルの中でやはりどうしても情報が欠落したり，関係者で連携がうまく取れないと，当然良い構造物の性能を確保していくことが難しくなるわけですから，こういったことを理念的にここでは書かせていただいております．昨今やはり事業は非常に予算が付いてすぐに作りなさいという，かなり事業が急いでやる場合がありますので，敢えてこういうことを書いて，原理・原則をしっかり満たすべきものは急いでいても伝達すべきということで，そういう気持ちで書かせていただいております(図-2.3.9)．

それから次が10ページ．この辺も理念的なんですけれども，設計というのはどういうためにやるかということで少し書かせていただいております．設計の目的というのは，色々ありますけども，「供用期間中にわたり要求性能を満足し続けるように総合的な観点で最も適切と考えられる構造断面や使用する部材・材料等を決定することにある」と．ですから長い時間軸の中で，その空間に最もふさわしいと考えられる構造物を描くための技術的な行為と．やはり少しでも性能設計ですので，今までの決められたルーチンではなくて，ちょっとでもその場で適切に改良して良いものになるようにということが基本的に性能設計の枠組みで求められているということを書かせていただいております．下の方にさらに青字で記載されているところは，最後，半年とか基準のまとめの時に追記になったものであります．これは例えば埋立浚渫協会さんですとか，いわゆる施工者側さんの方から設計の段階でもっと省力化ですとかICTの導入とか，風上でそういうことを考えてくれないといくら風下で色々やろうとしてもできないので，上流側で理念としてやはり書くべきだという非常に強いご意見をいただきまして，それで国土交通省とも相談をしまして，こういった設計の段階なんだけれども，今後の労働力不足等に対応して効率化を図る必要があると．このためにICTや規格化・標準化された部材の活用，それから自動化された施工方法，そういったことによって生産性の向上にも配慮することが望まれると．絶対ということではないんですが，やはりこういうことを考えていかないと，この基準が10年残りますので，10年後にはこの青い部分もかなり考えていかなければいけないというそういう時代に我々がいるという認識をしております(図-2.3.10)．

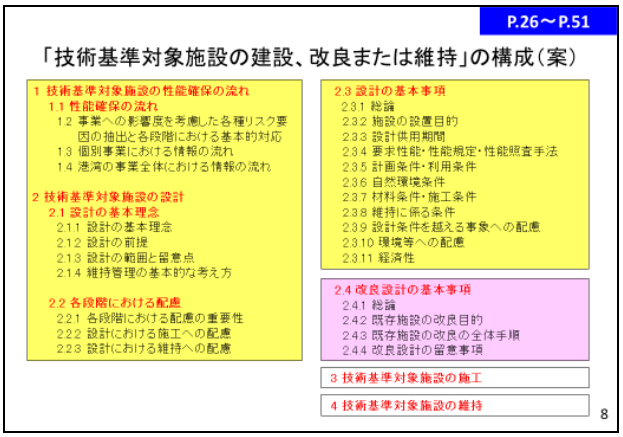


図-2.3.8

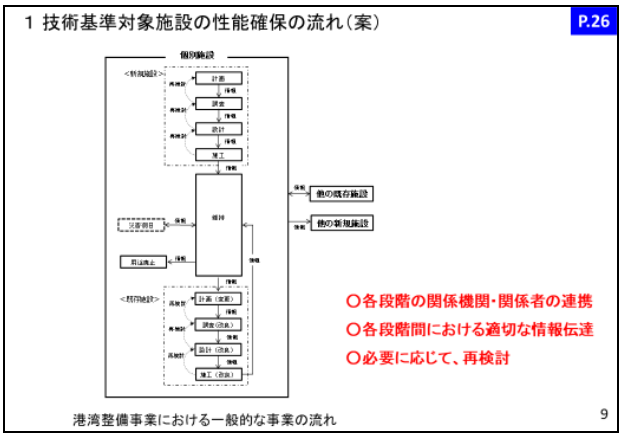


図-2.3.9

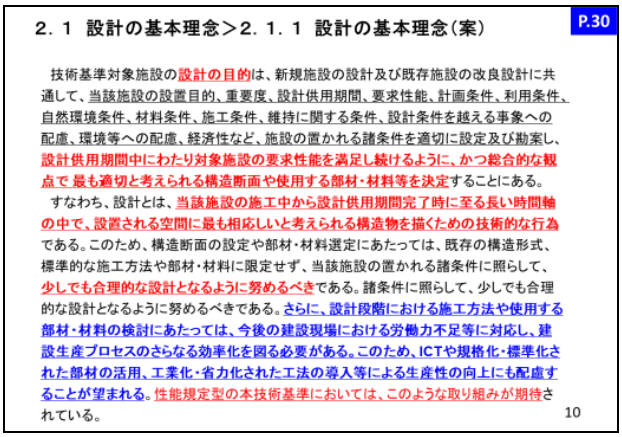
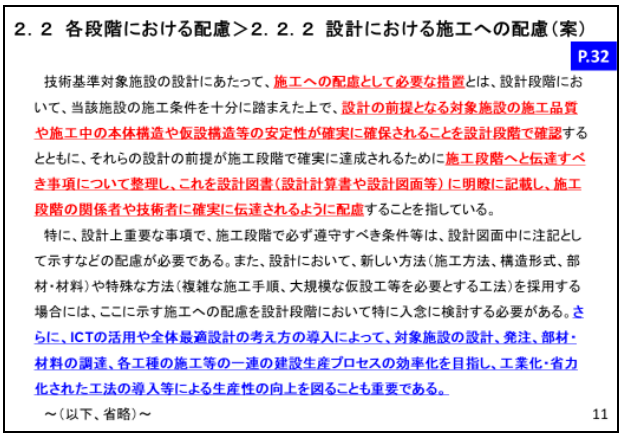


図-2.3.10

このあたりも理念的で恐縮ですが，11 ページ，設計における施工への配慮ということで，これも従来からやられていることではありますが，敢えて明文化をさせていただいているという状況です．ですから設計の前提となる品質や施工中の安定性が確実に確保されることを設計段階で確認すると．そして施工段階へと伝達すべき事項について整理をして，これを図書に明瞭に記載して，伝達用にしてくださいということを至極全うですけども敢えて記載させていただいております．それから下の方の青字のところは先ほどと同じ議論で，設計の時にはできるだけ施工のことを考え，施工も許されるならば，ICT の導入ですとか新しいプレキャストをうまく使うですとか，そういったことをがんばってくださいと．ただここもやろうとすればするほどまたコストも上がったりしますので，そこはどういう按配でいくかというのはこれからの課題ですけれども，研究所としてもこのあたりが具体としてどういう方針でこれをやったらいいんだろうかというのは少しこれから研究を進めていく分野というふうに認識をしております(図-2.3.11)．

それから 12 ページ目，維持管理，これも同じです．設計の段階でしっかり各部材に対して維持管理の 1,2,3 を決めて，予防保全なのか事後保全なのかを決めた上でそれが合理的に実現できるように設計をしてくださいということが記載されています．当然最初に決めたことで重要なことは維持管理の段階にやはり関係者に伝達しなければなりませんので，それを設計の段階でもし維持管理計画書の案を作るのであれば，そこにやはり明瞭に記載してくださいということが記載されております(図-2.3.12)．

ということで前半，今お話した部分はかなり理念的な部分ですけれども，やはり色々施工のトラブルですとか，何かちょんぼをするということを避けるために改めてこういうプロセスを見直してそういったことがないようにというふうに使っていただければと思います．


2．2 各段階における配慮＞2．2．2 設計における施工への配慮（案）

P.32

技術基準対象施設の設計にあたって、施工への配慮として必要な措置とは、設計段階において、当該施設の施工条件を十分に踏まえた上で、設計の前提となる対象施設の施工品質や施工中の本体構造や仮設構造等の安定性が確実に確保されることを設計段階で確認するとともに、それらの設計の前提が施工段階で確実に達成されるために施工段階へと伝達すべき事項について整理し、これを設計図書（設計計算書や設計図面等）に明瞭に記載し、施工段階の関係者や技術者に確実に伝達されるように配慮することを指している。

特に、設計上重要な事項で、施工段階で必ず遵守すべき条件等は、設計図面中に注記として示すなどの配慮が必要である。また、設計において、新しい方法（施工方法、構造形式、部材・材料）や特殊な方法（複雑な施工手順、大規模な仮設工等を必要とする工法）を採用する場合には、ここに示す施工への配慮を設計段階において特に入念に検討する必要がある。さらに、ICTの活用や全体最適設計の考え方の導入によって、対象施設の設計、発注、部材・材料の調達、各工種の施工等の一連の建設生産プロセスの効率化を目指し、工業化・省力化された工法の導入等による生産性の向上を図ることも重要である。

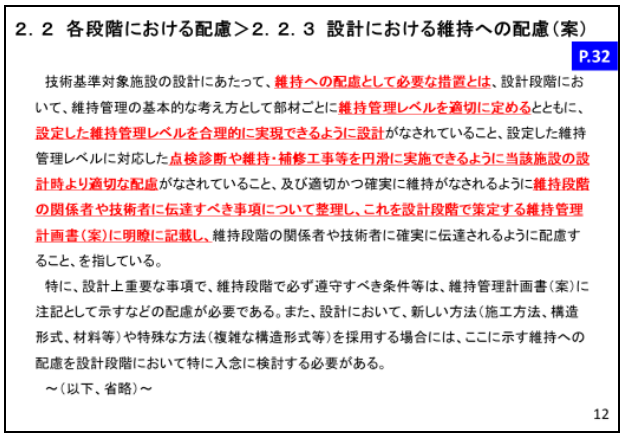
～（以下、省略）～

11

図-2.3.11

次，話題を移りまして改良設計の話題になります．やはり改良設計は新規施設と比べて非常に難しい案件が多いと思います．新規であれば何もないところにまっさらな状態で新しいものを作るわけですから，材料も新しいし，全部の条件が把握できた上で作るので，非常に楽というか，それでも大変ですけども，既存施設の場合は今ある施設をうまく生かそうとすると，そもそも今の施設がどういう状態なのかを把握した上で，それと新しい部材をくっつけて，ではその後 30 年なのか 50 年なのか，非常に複雑なことになるのはおわかりになると思います．やはりそういうことに対して各現場でプロセス，やり方が悩んでいるという声が非常にありましたので，今回は基準に基本的な考え方とか，それから手順はどうあるべきだとか，設計供用はどう考えるか，これも一般論ではあるんですけども，今まで一切こういう記載がなかったので，ここを 20 ページぐらい追記いたしました．全国の改良事例を集めた上で，色々調査した上で追記いたしました(図-2.3.13)．

14 ページ目を見ていただきまして，まず改良設計というのはどういうものなのかということなんですけども，文言で整理しますと，一番上のところになります．「既存施設に対して，用途変更や設計条件等の変更により，既存施


2．2 各段階における配慮＞2．2．3 設計における維持への配慮（案）

P.32

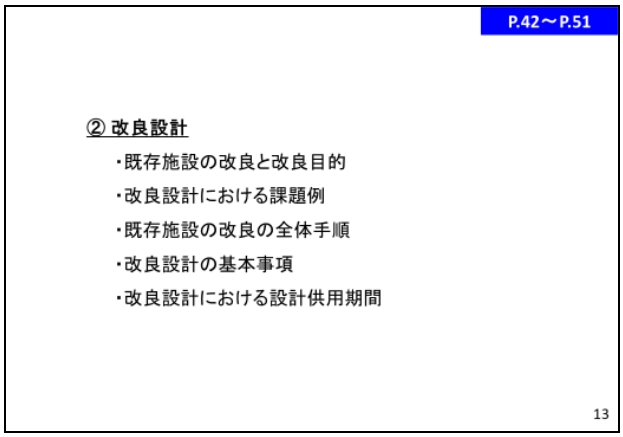
技術基準対象施設の設計にあたって、維持への配慮として必要な措置とは、設計段階において、維持管理の基本的な考え方として部材ごとに維持管理レベルを適切に定めるとともに、設定した維持管理レベルを合理的に実現できるように設計がなされていること、設定した維持管理レベルに対応した点検診断や維持・補修工事等を円滑に実施できるように当該施設の設計時より適切な配慮がなされていること、及び適切かつ確実に維持がなされるように維持段階の関係者や技術者に伝達すべき事項について整理し、これを設計段階で策定する維持管理計画書（案）に明瞭に記載し、維持段階の関係者や技術者に確実に伝達されるように配慮すること、を指している。

特に、設計上重要な事項で、維持段階で必ず遵守すべき条件等は、維持管理計画書（案）に注記として示すなどの配慮が必要である。また、設計において、新しい方法（施工方法、構造形式、材料等）や特殊な方法（複雑な構造形式等）を採用する場合には、ここに示す維持への配慮を設計段階において特に入念に検討する必要がある。

～（以下、省略）～

12

図-2.3.12


P.42～P.51

② 改良設計

・既存施設の改良と改良目的
・改良設計における課題例
・既存施設の改良の全体手順
・改良設計の基本事項
・改良設計における設計供用期間

13

図-2.3.13

設の一部又は全部を利用し，以下の目的を達成するための行為」と．全国の事例を集めてみますと，大体 3 つに集約化できることがわかりました．

1 つは用途の変更になります．これは非常にわかりやすいですね．例えば防波堤として使っているんですが，そこの後ろを埋立てて護岸にしてしまう．こういったことはそもそも防波堤だったものが護岸になるわけですから目的も変わりますので，当然要求性能も変わると．ですからそうすると，そこで設計をリスタートして 50 年持つインフラとして新たに命を吹き込む，そういう行為になると思います．そういったことはやはり改良という範疇に入ると思います．

それから，実際に一番多いのは，性能の変更になります．元々の設置目的や機能に変更はないんだけれども，要求性能を大体は上げる場合が多いんですが，または下げる場合．こういったものは要求を下げた上でまた 50 年間使い続けるということで，それも改良の範疇になると．例えばわかりやすいのは，対象船舶の変更，大型船を受け入れるために 2m 増深する．当然 2m 増深すると矢板であれば応力も変わりますし，防舷材であってもすべて変わりますし，こうすると再設計ということになります．当然耐震強化なんかもそういった類になります．こういったことが 2 つ目になります．

それから③，供用期間の延長というのは，維持との関係において非常にグレーゾーンではあるんですけど，基本的には設計供用期間を最初 50 年と設定して，それが終えてしまったら，その後設計供用期間をさらにまた 50 年インフラとしてしっかり使い続けたい場合については，そういった工事も改良の範疇に入るというふうにここでは整理をしております．その時には当然新しくまた設計供用期間を何年使うということをしっかり目標を定める必要があります．ただその時の工事の内容というのは，実はバリエーションが色々あって，ちょっと後でご説明しますけども，

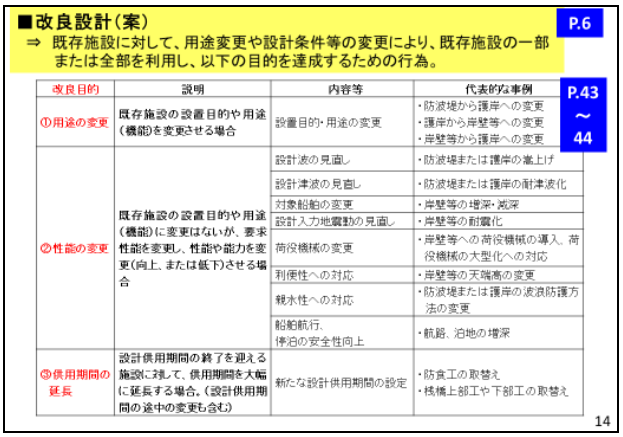


図-2.3.14

例えば 400m のバースで全面的に防食を取り替えて，それで 5 億円ぐらいかかると．そういったこともしっかり他のことも照査をして 50 年間使うのであれば，防食工の取り替えも立派な改良になると思います．一番わかりやすいのは例えば桟橋の上部工や下部工の取り替えということで，桟橋の上部工が劣化してしまって，上部工を外してまた上部工を打ち直す，そして 50 年使う．こういったことはまさにこの供用期間の延長になると思います．特に船舶の条件を変えないんだけども，上部工だけ取り替えると．そういったことが我々のイメージしている供用期間の延長であります(図-2.3.14)．

例えば，改良設計における課題例（矢板式岸壁）を見ていただくと，50 年前に作られた控え矢板式岸壁，これをまたさらに 50 年使いたいということを考えます．ただ実際それをやろうとしますと，矢板本体は肉厚の測定ですとかをすれば大丈夫かどうかというのはわかるかもしれませんけれども，例えばこのタイ材ですね，タイロッドなのかタイワイヤーなのか，いずれにしても 50 年経ったあとこれが健全であれば当然使い続けられますし，健全でなければ使い続けるのは危険になると，そういうこともありますし，それから 50 年経てば当然地震も何回か受けていますので，地震の時にもう 10cm ぐらい動いていて，その応力の履歴を足すのか足さないのか．ありとあらゆることがやはり難しいと思います．それからあとよくあるのが，左下に書いてありますけども，そもそも 50 年経ちますと設計方法も違って，ある意味安全率が変わっている場合もありますし，設計のやり方自身も変わっている場合もありますし，例えば根入れにとっても常時の根入れが当時は何 m でした．今の基準でやると例えばローの補正をしてまだ 2m 足りない．こういうことになってしまいます．ただ実際，常時で 50 年間使っていて全く大丈夫なのに今の基準で照査した故に常時でもだめだとなった時に，では果たして 2m 延ばすのかそれとも地盤改良をして前を止めるのか，

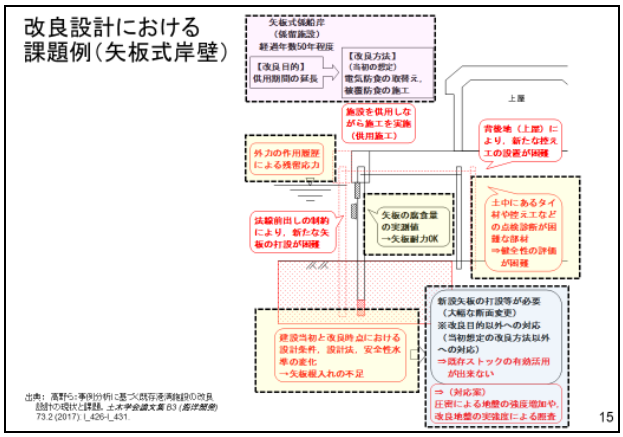


図-2.3.15

こういった判断が求められるのが改良設計の難しさになります(図-2.3.15).

解決策はないんですけども，16 ページをご覧いただきまして，そういった新規設計と異なって難しいことはたくさんあるということをまずみなさんに知っていただいて，それは発注者さんもコンサルさんも，みなさんがこういう認識の元にまず設計をした方がいいとですよということを最初にまとめております．このフローはどういうふうに見るかといいますと，既存施設の改良設計があり，その時に違うのは既存施設を 50 年間そこに設置しておりますので何らかの情報が必ずそこにあるわけですよね．ですから左の方は例えば既存施設や現況情報，劣化や損傷の状況，陽極を付けています．そして設計上は防食率 90%でやっています．でも実際はそこの水域環境では防食率 99%でもいいということがわかれば，それをうまく合理的に次の設計に反映することができます．ですからやはり 50 年間分のデータの蓄積なり，ノウハウが得られるわけですから，それを使ってあげてより良い合理的な設計にできるというそういう良い面があります．ただ一方でこの右側は難しい面で，点検診断が困難な部材，先ほどのタイロッドのようなもの，こういったものをどう評価するかというのは技術的には確立されていないので，ここは難しいところになります．そうするとやり方としてはもし使うのであれば，重要な部材に過去 50 年持っていた部材を使ってしまう場合には当然リスクがあるので，点検・維持管理計画の中で計測器を少し付けておくですとか，点検の密度を少し高くして変状に気がつくようにするですとか何かしらの対応が必要になってくると．そういったことの両者を考えて設計の断面を決める必要があります．というのを書かせていただいております．これも非常に理念的なんですが，たぶんどの改良案件でもこういうことを悩みつつ今やっているのが現状だと思いますので，こういったことをしっかり明文化したというのが今回の基準です(図-2.3.16).

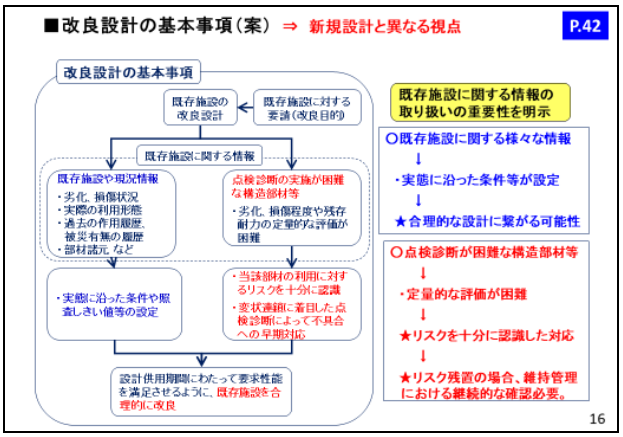


図-2.3.15

それから 17 ページ，改良の全体手順です．細かい説明図-2.3.16
はいたしませんけど，基準にもこれを載せていますけど，左側が新規施設のときの比較的スムーズにいくというような前提の検討のフローになっています．既存施設の方については，今ご説明したように，そもそも最初の計画時点でこれは用途の変更なのか何なのかという改良の目的を明確化した上で，当然その照査も単に土質調査だけではなくて，既存部材が使えるか使えないかという部材の条件の調査をしなければなりませんので，時間とお金がここで必ずかかると．さらに進んでみて設計をやってみるとどうしても成立しないという場合もありますし，最悪は施工の時に初めて掘ってみると中の部材がだめだったということになると，またどうしても元に戻らないといけないと．こういったことを最初に頭に入れて段取りを組むべきだという趣旨でこういったフローを付けさせていただきました(図-2.3.17，図-2.3.18).

最後 19 ページにいっていただきまして，供用期間のお話だけしたいと思います．まず新規施設の供用期間は供用開始から 50 年，100 年と設定される期間を持つように設計をいたします．それから補修の場合はここもちょっと明

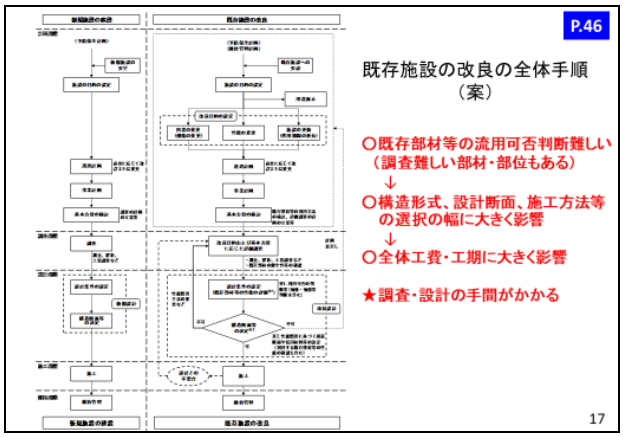


図-2.3.17

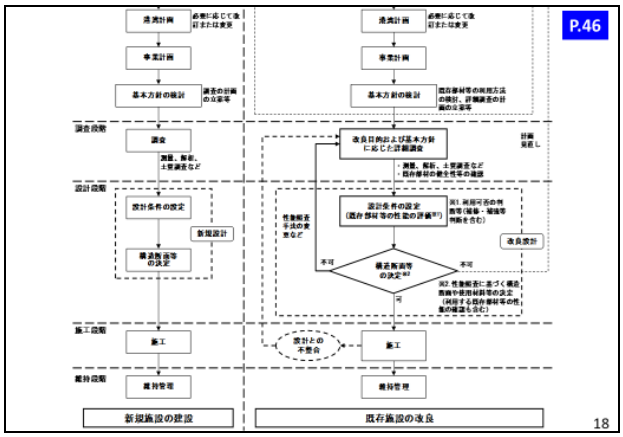


図-2.3.18

確ではないんですが，一般的には例えば最初に 50 年使うと決めた，でも途中 30 年間で非常にボロボロになってきてしまってあと 20 年間持たせたい，そういった場合には補修をして最後まで寿命を全うさせてあげるというのが基本的な補修の考え方です．一方改良は，我々の考えはどういうことかと言いますと，どこかで改良すると決めたら，やはり新規施設と同じぐらいの設計供用期間をもって再設計をして改良の工事にあたってほしいと．こういう感じになります．一番目のケースは 30 年目まで使ったんですが，ここで例えば船が大型化して増深したいとしたら，増深した状態で，ある程度の期間をしっかりインフラとしてもつように再設計をしてほしいという①のパターンです．それから②のパターンは，もう 50 年間そのまま使ったんだけれども，さらにその後延長して何らかの性能をアップさせて使いたいと．そうすると，トータル 100 年を目指すわけになるんですが，こんなようなところを改良と考えています．実際過去 10 年ぐらいの全国の改良案件の調査をしますと，①のパターンが 80%ぐらい．②のパターンが 20%．当然そのインフラをたくさん整備してからまだ 40 年，50 年ですので，寿命を全うしたやつが少ないというのもあるんですが，意外とこの①，途中で機能を変えて性能アップして改良していくというのが港湾の施設では多いというのが特徴になります(**図-2.3.19**)．

それから 20 ページ，ここが意外と重要になります．改良する時には基本的には改良時点の最新の技術基準への適合が求められます．技術基準というのは先ほどの省令・告示のことになりますけども，改良の時に技術基準で想定している標準的な性能照査手法というのは，これから言う平成 30 年の同解説の部分に書いてある，例えば部分係数法ですとか，そういう方法，具体的な性能照査方法については基本的に新規施設の設計を想定した，ある意味かなりのマージンを取った設計断面ができる設計法になっていると思います．それを一律に適用してしまうと過去の断面

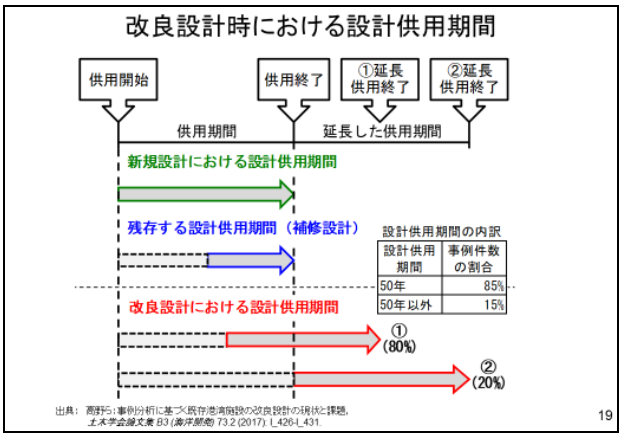


図-2.3.19

をうまく改良しようと思った時に，新しいものをすべて適用してしまうと先ほどのように，矢板の根入れのように過大な改良費が発生するなど，著しく合理性を欠く場合がどうしても出てきてしまうと．そういった場合には有識者や専門技術者などの判断の元，その他の性能照査手法，例えば先ほどの矢板でいけば，手計算ではなくてしっかり地盤バネモデルを入れた数値解析に頼ってもいいし，模型実験でもいいし，もしくは過去の実績や経験，50 年間現地で模型実験をしていたと思って，そういう判断をするなど色々方法があると思いますので，そういったところの一部を適用することもできるということを，かなり実務的な視点ですけども，そういったことに踏み込んで記載しております．20 ページの最後は，ではこの有識者や専門技術者というのはどういう方なのかということを 3 行ですけど書いてございます．ここで，専門技術者とは技術士などの国家資格や「公共工事に関する調査及び設計等の品質確保に資する技術者資格」として国土交通省にて登録されている民間資格所有者等のことをいう．ということで，ある程度のレベルの方にしっかり聞いて総合的な判断をしてくださいということを記載しております．改良設計については今お話したような基本的な枠組みですとかを明示しているだけであって，具体的に改良の設計の計算をどうするかということはまだ今回の基準では立ち入れていません．ですからまた今後 10 年色々改良の事例をしっかり集めて，また標準化できる部分については改良設計，断面の設計の標準化というのはやっていくべきだと思いますが，まずは今回これで改良の基本的な考え方の元にみなさんで設計をやっていただいて，どういう不具合があるかなどを確認しながらまた次に向かって行きたいと思っております(**図-2.3.20**)．

次，3 番目が部分係数法の見直しということで，ここについては，見直しの概要と照査フォーマットがどうなっているか，それから部分係数の事例，見直し一覧．背景につ

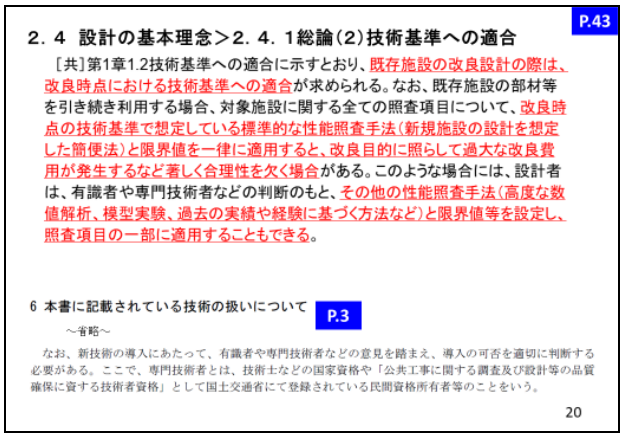


図-2.3.20

いては参考配布資料の 2 の方に細かい情報を入れておりますので，これは後でご覧いただければと思います(**図-2.3.21**)．

22 ページをご覧ください．荷重抵抗係数アプローチによる部分係数のイメージを示しております．まず下の方を見ていただいて，荷重抵抗係数アプローチに対応する言葉として，材料係数アプローチというものがございます．これは何かと言うと，信頼性設計の時のこの部分係数を，できるだけ設計の一番上流側にある設計パラメータにかけて破壊確率をコントロールしようというアイデアになります．平成 19 年の基準の時は，比較的できるだけ上流側のパラメータに直接部分係数をかけるというフォーマットでありました．ですから例えば，この摩擦係数であれば，摩擦係数の 0.6 に，0.6 とか 0.7 の数字をかけて摩擦係数があたかも 0.4 という状態を想定して設計をする．もしくはコンクリートの体積重量も幾ばくかの係数をかけて重くしたり軽くしたり，とにかくこの上流側で係数をかけるというタイプでありました．ただやはりこれは理論的には非常に正しいんですけれども，実際ケーソンが壊れた時に，摩擦係数が原因なのかどうなのかというのを解明するのが難しい問題で，ケーソンがこういう条件で作ったときに，

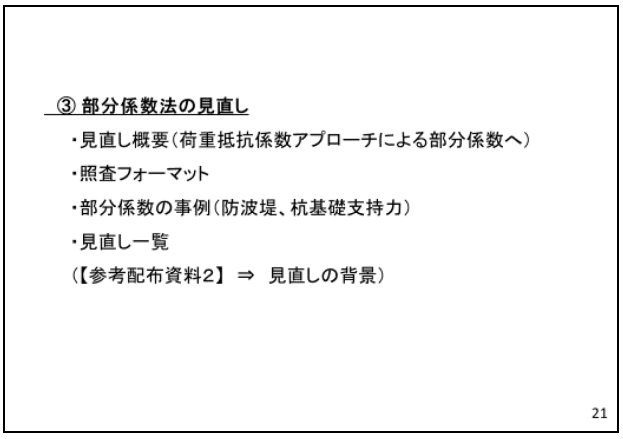


図-2.3.21

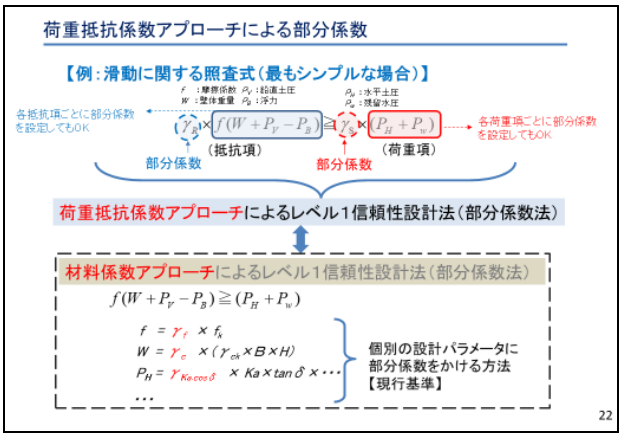


図-2.3.22

こういう波が来た時に，壊れたか壊れないかという情報は得られますけど，では原因はこの摩擦係数だ，この係数をアップすれば防波堤はすぐにでも，摩擦係数のバラつきを制限すればすぐにでもケーソンが良くなるのかというと，やはり土木構造物は全体を見ないとわかりませんので，あまり細かく現象がわからないのにメカニズムが解明されていないのに細かく分けるというのは，どうも得策ではないであろうかというのが，栗山研究所の今の段階での見解であります．今回は，こちらの方が理論的には正しいのはわかっているんですが，敢えてあまり難しくせずに抵抗であれば浮力ですとか自重項，それに摩擦係数をかけたこういった抵抗の項を全部まとめたもの，これがある意味バラついていると考えて，これに対して部分係数を 1 つかける．そして荷重側も，荷重のソースが色々ありますけども，全部足し合わせたものに部分係数を 1 つかけるという操作をいたしました．ですがいちおうすべての設計因子の確立的な変動は考慮した上，でトータルとして，この部分係数にその変動分を丸め込んであげていると．こんなようなことになります．見ていただくとわかる通り，γ_R と γ_S を割ると q(安全率)を概ね比較できる形になっていますので，設計上のミスもたぶん少なくなるんだろうと思います．直感的に間違えなくなることは確かだと思います(**図-2.3.22**)．

23 ページに今回のフォーマットを書いております．フォーマットは難しそうに見えますけども，特に難しくしているわけではなくて，単純に見ていただいて，S_d 作用側の設計用値いわゆる抵抗側の設計用値，これを割ったものが 1 を超えない．要するに作用が耐力に対して 1 を超えないというのが基本式になります．それから γ_i というのは構造物の重要度に応じて，重要な係数のような感じで取り扱っておりますけども，基本的には 1.0 でどの構造物も等しく重要というふうに今回はしております．このカッコ書きの中だけ見ますと，コンクリート標準示方書の部材のフ

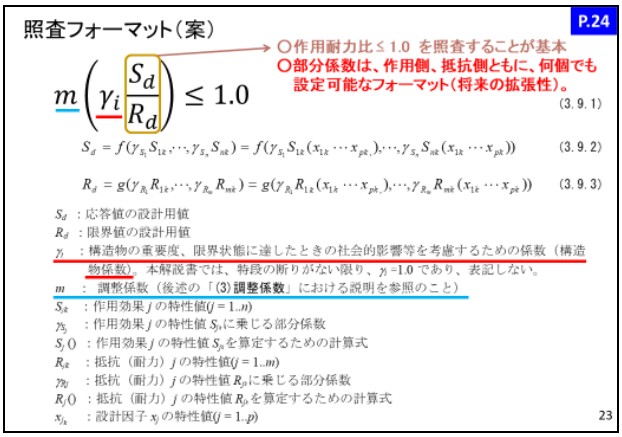


図-2.3.23

ォーマットは，土木学会系はすべてこのフォーマットに準じておりますので，そのフォーマットと同じように形式を合わせたということになります．この調整係数ｍというのはまた次にご説明いたします．もう一度繰り返しますと，右上の部分が部分係数が 2 個の場合の式の形になります．このS_kの特性値，先ほどの荷重を色々足し合わせたものに対して，最後にひとつγ_S，部分係数を付けて荷重側の設計用値を求めてあげます．それから抵抗側も色々抵抗のソースはあるんですが，すべて足し算をしたものに対して部分係数を最後に 1 つかけて抵抗側のR_dに設計用値を求めてこれを割り算してあげると(図-2.3.23)．

この 2 つの部分係数なんですが，いちおうこの部分係数がしっかり設定されているということは，その値としては統計的解析又は信頼性の高い手法により算出された値を言うということで，基本的にこの信頼性解析をしっかりやって定めたものを部分係数と呼んでおります．ただ実はそれ以外のケースもありまして，そういったものを拾い上げるのを調整係数として取り扱っています．何かと言いますと，調整係数は「過去の経験に基づく方法」によって規定される安全性の水準と同等の構造断面になるように調整するための係数．従来の安全率法や許容応力度法における許容安全率に対応する値になっています．平成 19 年の時には構造解析係数γ_aで処理されていたものに相当します．この場合は統計的解析によってしっかりキャリブレーションされた部分係数とは違うということで，敢えてこのｍというものを外に出しています．ですから今，安全率でやっているものも将来的にはしっかり解明をして，部分係数化に移行してください．ですが現段階でキャリブレーションされていないものもこの基準の中では十分許容しますと．こういうフォーマットにしております(図-2.3.24)．

具体的な説明があった方がわかりやすいと思いますので，25 ページ，これは重力式防波堤の変動波浪に関する提体の滑動照査．この$S_d \div R_d$というものがありますけど，

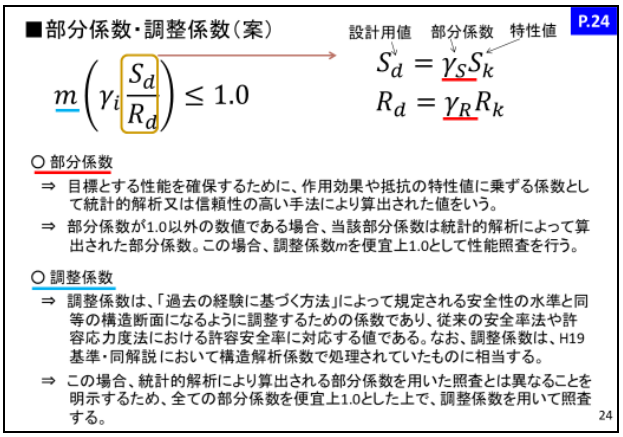


図-2.3.24

その中身としては先ほどの防波堤の抵抗と波力になります．結局この動力に対して，この一番下に抵抗に乗ずる部分係数が 0.8 ですので，抵抗の動力に対して 2 割引ぐらいの抵抗力をこの分母に持ってきていただいて，作用側は主に波力のバラつきで少し大きな値，10%増しの波力を持ってきていただいて，それを割っても 1 を下回ればいいと．この 2 つの係数をちょうど割りますと 1.3 ということで，これが安全率に相当する値になるということになります(図-2.3.25)．

これはキャリブレーションされた部分係数ですけども，そうではないものも平成 19 年度から残っていますけども，杭の鉛直方向の支持力は，いわゆる昔で言う支持力の安全率が 2.5 ですとか，地震時に 1.5 ですとか，色々決まりがありましたけど，これは基本的にすべて変えておりません．ですからこういった場合には部分係数のγ_Rとγ_Sは便宜的に 1 を入れてくださいということでこの（1.00）になっています．これは要するに使わないということです．そういった杭の支持力の問題の時には，旧の安全率ｍで照査をしても大丈夫ですと，こういったことが基準の表に記載されております(図-2.3.26)．

27 ページまでが，すべてではないんですが，平成 19 年

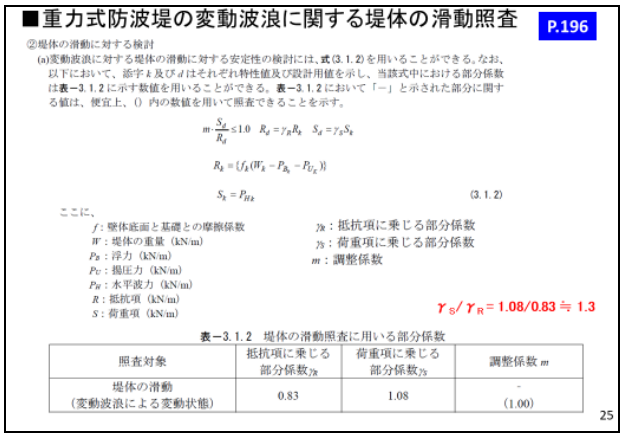


図-2.3.25

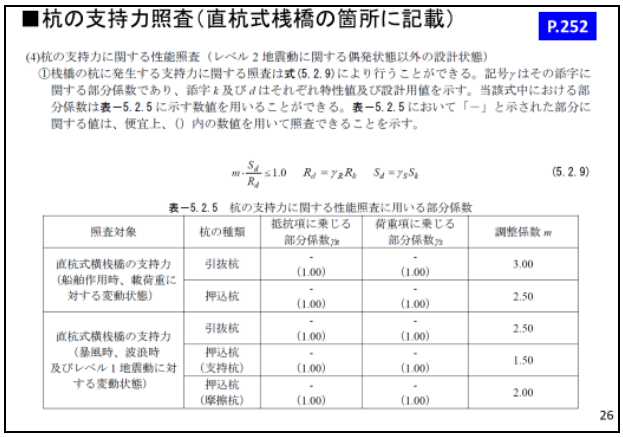


図-2.3.26

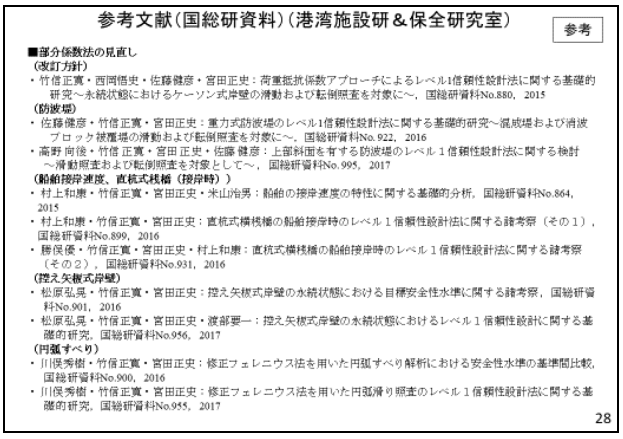
に導入した部分係数についてはすべて今回このフォーマットに書き換えております．ただ注意していただかなければいけないのが，例えば重力式の時に，この青いところが平成 11 年の時の許容の安全率，そして平成 19 年の時にどういう目標に対して部分係数を設定していたか，そしてピンクのところがそれに対して部分係数化されたんですが，安全率に換算するとこの 1.2 が平成 19 年の基準の時に 1.2 だったのかどうだったのか．例えば滑動で見ると，実は重力式の岸壁の永続状態でいくと 1.2 から概ね 2.0 に安全率が部分係数化に伴って上がってしまっています．今回平成 30 年の基準改訂については，色々議論した上で 2 というのは不要だと判断をしまして，平成 11 年の 1.2 で十分であろうということで，そこにキャリブレーションの再設定をして，部分係数化をしていると．ですからその時に γ_S と γ_R がこの値になって割ると 1.22 ということで，概ねそこに合わせているという形になっています．こういったことを矢板，桟橋，防波堤，円弧滑り，サンドコンパクション，CDM，上斜面提等やっておりまして，この関係が設計者にとっては一番重要だと思います．平成 11 年にどういう安全性を持っていて，平成 19 年でどう変わって，平成 30 年で一体どうなったかということを見ていただければ

■部分係数の見直し一覧　未掲載：上部斜面堤(国総研資料No.995)，SCP+CDM(資料準備中)

構造形式	照査モード	H11年基準 安全率	H19基準の目標安全性水準	H19基準の安全率相当値（↑↓はH11基準との比較）	H30基準の目標安全性水準	次期基準の部分係数（安全率相当値）	国総研資料
重力式岸壁（水深）	滑動	1.2		約2.0(↑)	H11基準の安全性水準	γ_R=1.06, γ_R=0.87（約1.22）	No.880
	転倒	1.2		約1.2(－)		γ_R=1.23, γ_R=0.99（約1.24）	
	支持力	1.2		（未検討）		調整係数m=1.2（1.2）	
矢板式岸壁（水深）	根入れ長	1.5（砂質土）	期待総費用最小化	約2.0(↑)	H11基準の安全性水準	【砂地盤】γ_R=1.09, γ_R=0.72（約1.51） 【粘性土】γ_R=1.09, γ_R=0.72（約1.44）	No.901 ↓ No.956
	矢板応力	1.7		約1.1(↓)	H19基準上限の実績例を参考とした目標安全性水準の再設定	γ_R=1.18 γ_R=0.94（約1.4）	
	タイ材応力	2.5		約1.7(↓)		γ_R=1.29, γ_R=1.01（約2.0）	
桟橋（直杭式）	操船時初応力	1.7(常時扱い) 1.1(異常時扱い)		約1.3 （常時扱い：↓） （異常時扱い：↑）	H19基準の安全性水準	水深12m未満: γ_R=1.34, γ_R=0.97（約1.38） 水深12m以上: γ_R=1.29, γ_R=1.01（約1.28）	No.899 ↓ No.931
防波堤（混成堤＆消波堤）	滑動	1.2	過去の安全性水準の平均	混成堤：約1.3(↑) 消波堤：約1.2(－)	H19基準の安全性水準	混成堤: γ_R=1.08, γ_R=0.83（約1.30） 消波堤: γ_R=0.90, γ_R=0.79（約1.14）	No.922
	転倒	1.2		混成堤：約1.2(－) 消波堤：約1.0(↓)		混成堤: γ_R=1.14, γ_R=0.95（約1.20） 消波堤: γ_R=0.98, γ_R=0.98（約1.0）	
	支持力	1.0		（未検討）	H11基準の安全性水準	調整係数m=1.0（1.0）	
円弧滑り		1.3	期待総費用最小化	1.0-1.3(↓)	実事例(H9以前も含む)等を参考とした目標安全性水準の再設定	【砂地盤】γ_R=1.01, γ_R=0.83（約1.21） 【粘性土】<粘性土の変動係数CVで場合分け> CV<0.1: γ_R=1.05, γ_R=0.86（約1.2） 0.1≦CV<0.15: γ_R=1.04 γ_R=0.85（約1.2） 0.15≦CV<0.25: γ_R=1.02 γ_R=0.80（約1.27） （その他条件） 調整係数m=1.3（1.3）	No.900 ↓ No.955

27

図-2.3.27


参考文献（国総研資料）（港湾施設研＆保全研究室）　参考

■部分係数法の見直し

（改訂方針）

- 竹信正寛・西岡悟史・佐藤健彦・宮田正史：荷重抵抗係数アプローチによるレベル1信頼性設計法に関する基礎的研究～永続状態におけるケーソン式岸壁の滑動および転倒照査を対象に～，国総研資料No.880，2015

（防波堤）

- 佐藤健彦・竹信正寛・宮田正史：重力式防波堤のレベル1信頼性設計法に関する基礎的研究～混成堤および消波ブロック被覆堤の滑動および転倒照査を対象に～，国総研資料No.922，2016
- 高野向後・竹信正寛・宮田正史・佐藤健彦：上部斜面を有する防波堤のレベル1信頼性設計法に関する検討～滑動照査および転倒照査を対象として～，国総研資料No.995，2017

（船舶接岸速度，直杭式桟橋（接岸時））

- 村上和康・竹信正寛・宮田正史・米山治男：船舶の接岸速度の特性に関する基礎的分析，国総研資料No.864，2015
- 村上和康・竹信正寛・宮田正史：直杭式横桟橋の船舶接岸時のレベル1信頼性設計法に関する諸考察（その1），国総研資料No.899，2016
- 藤侯優・竹信正寛・宮田正史・村上和康：直杭式横桟橋の船舶接岸時のレベル1信頼性設計法に関する諸考察（その2），国総研資料No.931，2016

（控え矢板式岸壁）

- 松原弘晃・竹信正寛・宮田正史：控え矢板式岸壁の永続状態における目標安全性水準に関する諸考察，国総研資料No.901，2016
- 松原弘晃・竹信正寛・宮田正史・渡部要一：控え矢板式岸壁の永続状態におけるレベル1信頼性設計に関する基礎的研究，国総研資料No.956，2017

（円弧すべり）

- 川俣秀樹・竹信正寛・宮田正史：修正フェレニウス法を用いた円弧すべり解析における安全性水準の基準間比較，国総研資料No.900，2016
- 川俣秀樹・竹信正寛・宮田正史：修正フェレニウス法を用いた円弧滑り照査のレベル1信頼性設計法に関する基礎的研究，国総研資料No.955，2017

28

図-2.3.28

間違いがないと思います．その辺りはすべて国土技術政策総合研究所資料の中に詳細にプロセスを記載しておりますのでご覧いただければと思います（図-2.3.27）．こういった 28 ページにあるような文献に色々まとめております（図-2.3.28）．

29 ページ，④の防波堤腹付工の設計法の変更ということでお話したいと思います（図-2.3.29）．30 ページ，左下の図ですけども，防波堤の背後にこういった盛土をして，ケーソンの滑動抵抗を大きくするという方法があります．この方法は角度 θ を色々変えていって，この直線滑りを仮定して変えていって，一番耐力が小さくなるところを設計上の腹付の耐力とするものです．ただ実際の壊れ方というのは，これは港湾空港技術研究所の実験結果なんですけども，ケーソンが滑動で動くようなモードの時にはどちらかというと薄い滑りが発生して，ケーソンが少し薄くて支持力破壊が卓越するようなものの時には少し深いモードになると．ですから腹付をした時にはこの 2 つの破壊が生じないように設計をすればいいだろうというのが基本的なアイデアです．さらに実際直線滑りではなくて，これは今まで使っていた基礎マウンドの支持力照査の簡易ビショップ法で，非常に実験と整合するという結果があり，簡易

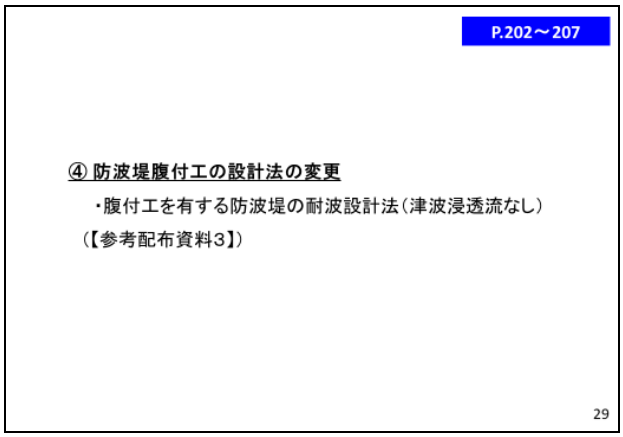


図-2.3.29

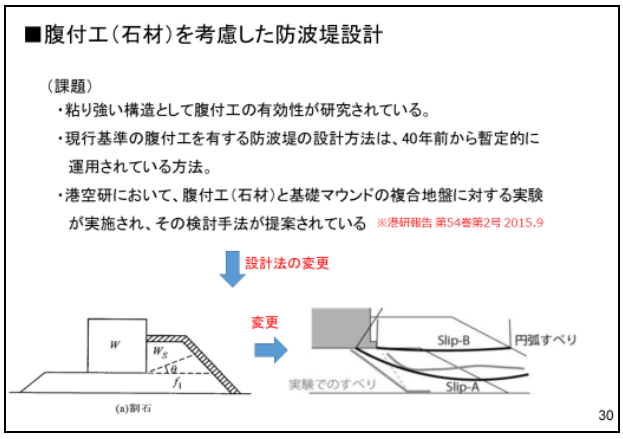


図-2.3.30

ビショップ法で基礎マウンドのパラメータも今まで通りのものを使って，この２つのモードをチェックして断面を決めるという方法に変わりました(図-2.3.30)．

当時ですね，当時といっても私もいたわけではないんですけども，腹付の高さと幅の規定というものが実はありました．文章の読み方によってどうとでも読めると言えば読めるんですが，ケーソンの高さの腹付の高さが 1/3 以上ないといけません．さらに腹付の天端の幅は腹付の高さと同じ幅がないといけない．要するにこの高さと幅のところが正方形じゃないといけない．もしくはそれより扁平じゃないといけないと．こういった規定がありました．ただ実際この腹付をたくさん付けていくと，この天端の幅がどんどん大きくなって水深が深いとさらに捨石がものすごい深いことになりますので，これはやはりおかしいのではないかというのがあって，この辺も変えております(図-2.3.31, 図-2.3.32)．

少し端折りまして，33 ページにいっていただきまして，では最後どうなったかといいますと，現象としては２つの破壊なんですが，やはりケーソンの時は滑動，転倒，支持力と分けて照査をしてあげないといけませんので，そういった対応で左側が現行法，右側が提案法ということになっております．現行法の方はこの直線滑りである摩擦係数を設定して計算するんですが，提案法の方ではこの提体から腹付の側面に水平力と壁面摩擦角を介して下方向に力が伝達すると．この条件でこの薄い滑りを計算して耐力を評価してくださいと．この時は簡易ビショップ法でいいですし，その時に標準的に使っている c=2t，φ＝35°というパラメータでやってくださいというのが１つです．転倒に関しては，従来もこの腹付工に期待してこの提体の幅を決めてしまうと，この提体自身がどんどん薄くなってしまうので，やはりそれはやりすぎだということで，従来腹付工の転倒について腹付は一切考慮しない．これは今回も準用いたしました．そこは変えておりません．あと支持力でいきますと，左下が支持力の照査のイメージなんですが，今までは腹付工があったとしても，あたかもここはないような形で無視して提体に働く，いわゆるこの三角形分布になる提盤の反力を求めて，そこから投下荷重 q に置き換えて幅を決めて簡易ビショップ法でやると．その時にこの鉛直方向の重量だけは見ますけど，特にここの腹付工と提体の力のやり取りは無視して計算をしていたのが今までです．右下はそうではなくて，今回やはり腹付工と提体の間で力のやり取りがあると．ですからこのやり取りがある分，提

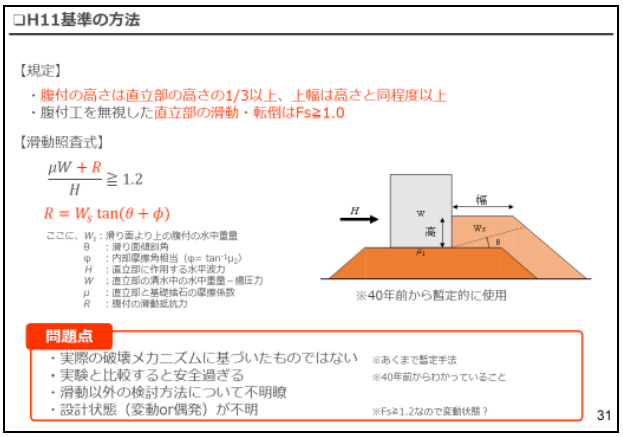


図-2.3.31

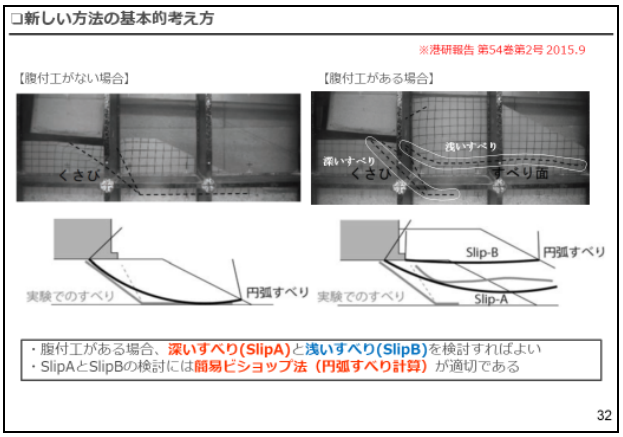


図-2.3.32

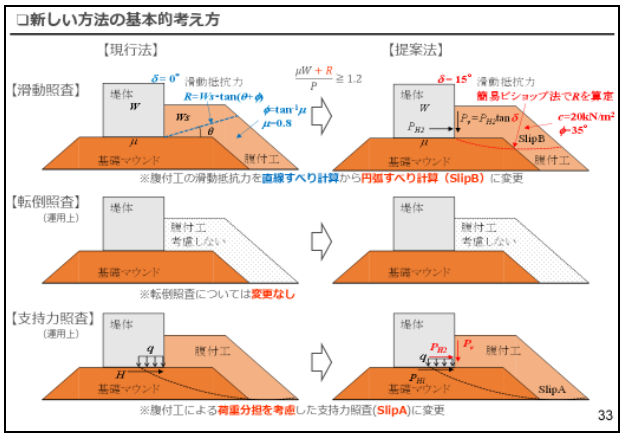


図-2.3.33

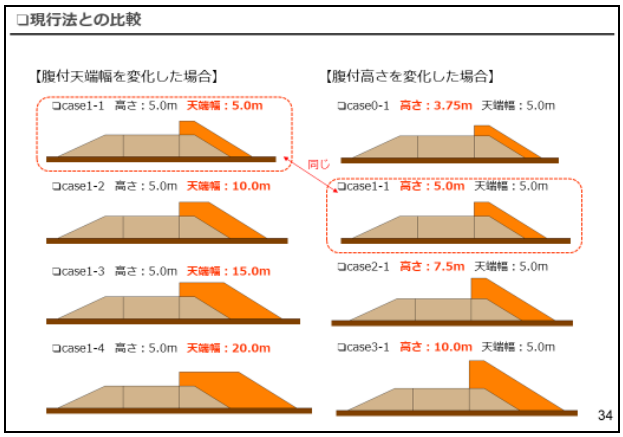


図-2.3.34

体が押された時に腹付工で少し分担してくれるので，当然この提体の下の支持力で持つ部分については少し緩和されると．トータルの荷重としては提体から腹付工基礎マウンドにかかる力は変わらないんですが，その分担が腹付でいくつかしてくれて基礎マウンドでもいくらかすると．この条件で簡易ビショップ法をすると．こういう形になります(**図-2.3.33**)．結果だけいきますと，色々感度解析をしますと，理由は色々あるんですけど，かなり耐力が今まで以上に多く見ることができます(**図-2.3.34**)．

35 ページにいっていただきまして，左の図面が，ある条件で腹付天端項をどんどん増やしていった場合になります．この点線が今までの方法，新しい方法になると水平耐力が条件にもよりますけど，2 倍ぐらいは見れることになります．それから同じように高さを変化していった場合についても，提案法の方が 1.5 倍ぐらい，場合によっては 2 倍ぐらいの耐力を見ることができるということになります．これは基礎マウンドの材料の乗数を見直したり，そういったこともありますので，設計法の変更と言っても純粋にそこだけではないんですが，このぐらいの影響があるということでご承知いただければと思います(**図-2.3.35**)．

37 ページです．先ほどお話したことをこの図面で言うと，a と b の関係，これについては b の幅がどんどん増えるような仕組みになっていましたけども，今回の基準では，a は少なくともケーソンの高さの 1/3 以上なければいけません．b のこの天端の幅も高さの 1/3 あればいいですと．ですからどんどん腹付工を大きくしていった時に，天端を増やさなくてもいいということにしました．実験を見ても，幅が狭くても十分耐力もありますし，設計計算上の妥当性を確認できたので，先ほどの天端幅の規定は削除しております(**図-2.3.36**，**図-2.3.37**)．まとめはここにある通りです(**図-2.3.38**)．

津波浸透流の結果だけお話したいと思います．39 ページ．防波堤に津波が越流するような状況の時に，実はこのマウンドの中を水が通ります．これを浸透流と呼んでおります．これを数値解析で行いますと，この右下の左のケーソンの前側から水が入ってきて，最後右上に水が出ていくという状況になります．支持力を落とす原因はやはりこのケーソンの右下のところの流れです．この赤い流れが斜めにいっているということは，そこで捨石に物体力というか力がかかってそれも水平方向に移動させようとする力と上方向に移動させようとする力が発生しますので，あたかもここの捨石にとっては浮力が増えたような感じで単位

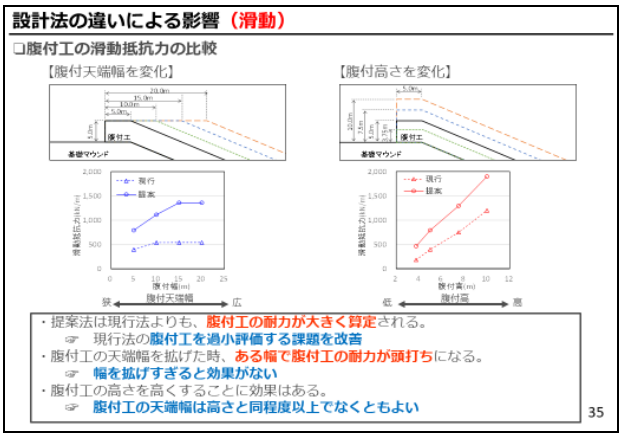


図-2.3.35

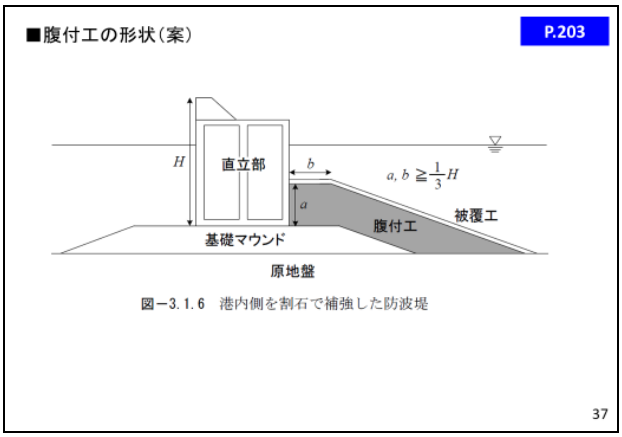


図-2.3.37

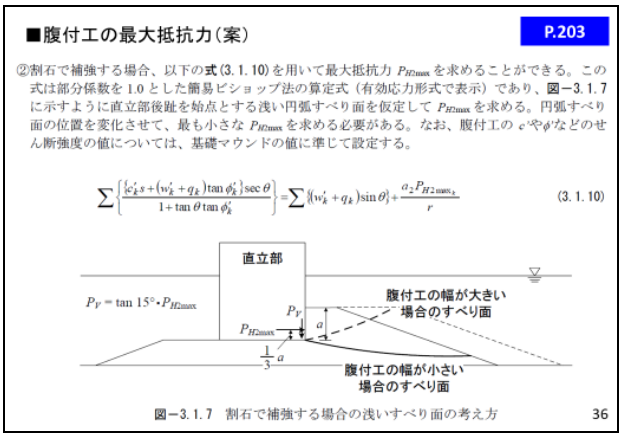


図-2.3.36

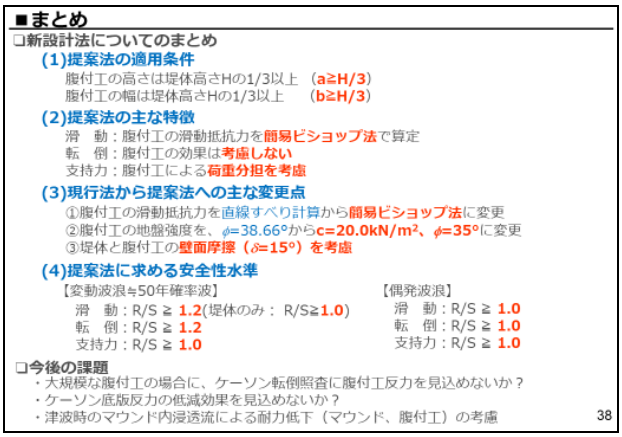


図-2.3.38

体積重量が小さくなる，水中で軽くなるようなイメージになりますので，当然動きやすくなりますし，マウンドの拘束圧が少なくなってしまうので，マウンドのせん断力も落ちてしまうと．それから水平方向にもなおかつ移動させようとする力が発生して，どうしても支持力が落ちてしまうということに，メカニズム的にはそうなるということになります(**図-2.3.39**)．

それで 41 ページ目で，結論だけで恐縮ですけども，色々実験と FEM 解析をすると，一般的な形状の防波堤でいきますと，大体，津波の前後の水位差が 10m ぐらい発生すると支持力が最大 2 割，実験からは 17%なんですけど，このぐらい低下してしまうと．10m の落差が防波堤の前後であると，支持力が 2 割ぐらい下がってしまうと．それを設計上考慮しようと思うと，最初に簡易ビショップ法でやる時に，特に水の流れを考慮しているわけではないんですが，最初に，右下ですけども，水位差 10m だったら安全率相当値で 1.2 の断面を設定しておけばこの 2 割分はほぼキャンセルできるということが別途確認してわかっておりますので，今回は水位差に応じて予め簡易ビショップ法の時の安全率を少し底上げしてあげると．これによって暫定的に浸透力の影響を考えた支持力の評価ができるということに今回しております(**図-2.3.40**，**図-2.3.41**)．

すみません，時間がなくなりましたので，この 6 番は割愛させていただきまして，1 分だけ最後雑感をお話させていただければと思います．

50 ページまで飛んでいただいて，私もこの基準改訂を今回担当させていただいて 5 年間ぐらいなんですけども，やはり基準の改訂は 10 年間かかるわけですけども，役割の再認識を私自身はいたしました．例えば今ある基準でも，基準に何か書いてあるから現場から研究所に質問が来たり，もしくは設計コンサルタントの方と発注者の方が色々議論をしたり，やはり何かものがあるので色々な人や組織，技術者を繋いでいる役割は当然あるんだなというふうにまず思いました．その後今度基準改訂をしようとしますと我々コードライターからしますと，基準に過去 50 年ぐらいずっと書いてあることを今度消そうすると一体消していいのかどうかというとどうしても，過去これが基準になぜ書かれていたのかと，そういうことを辿っていかないといけないので，時代を繋ぐというのは少し格好つけていますけど，やはり色々な先輩方に当時どうだったんですかとか，これが書いてありますけど，これは今必要ですかと，やはりそういうことをしていかないと技術がアップデー

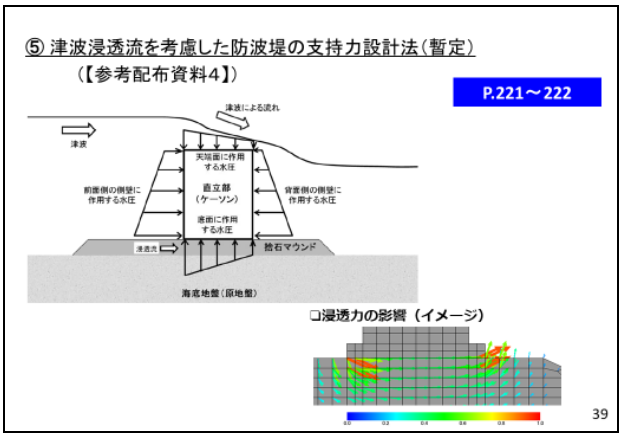


図-2.3.39

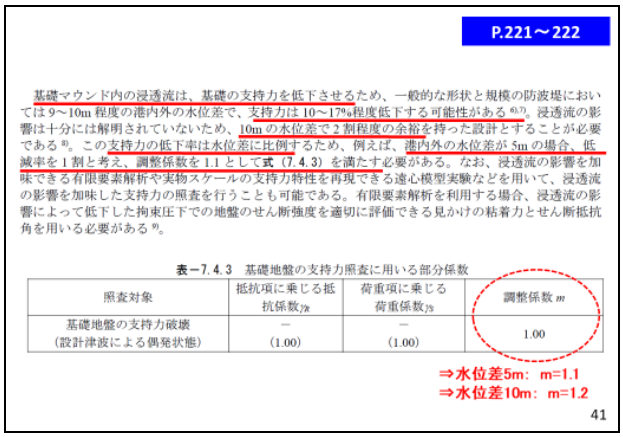


図-2.3.41

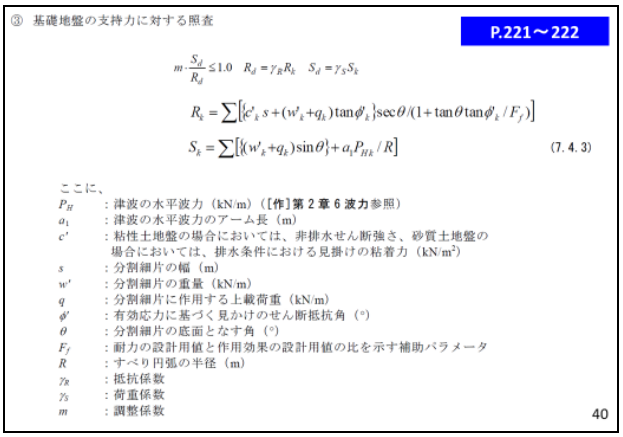


図-2.3.40

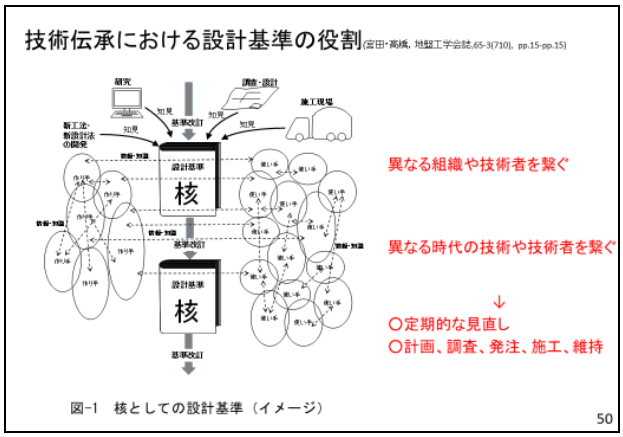


図-2.3.42

トできないと．そういう意味ではこういったことを定期的にやっていくことはやはり技術者の感覚を磨くというかブラッシュアップになると思います．ですからまた 10 年ぶりに基準が変わってしまってみなさんも色々ご苦労されるかと思いますけど，前向きに捉えていただいて，技術を棚卸しするですとか，先輩方に色々あーだこーだ聞いたりとか，そういったことにうまく使っていただければなと思います(図-2.3.42)．

最後雑駁になりましたけども，時間となりましたので，どうもありがとうございました．

2.4　維持管理・施工・材料・構造

国土交通省国土技術政策総合研究所 港湾研究部
港湾新技術研究官　丹生 清輝　氏

おはようございます．国土技術政策総合研究所 港湾新技術研究官をしております丹生と申します．

午前中最後の話ですけども，よろしくお願いします．まず断りなんですけど，日本港湾協会が今年の１月と２月の講習会で使った講習会テキストが手元にあれば開いてほしいんですけど，めくっていただいてすぐ裏側，講習会次第というものがあるかと思います．目次の裏です．この時の講習会次第で３ポツ目「維持管理・施工・材料」ということで，この時に説明をしたのが，私の前任の松本港湾新技術研究官なんですけど，今回の４月の人事異動で私が港湾新技術研究官になりましたので，今日は私の方から説明をさせていただきますのでご了承をお願いいたします．

では私から説明いたします．内容は２ページの通りになっておりまして，まず最初０として「港湾の施設の技術上の基準・同解説」の構成を説明いたします．

１が港湾対象施設の施工の話，２が維持の話，３が材料，４が部材の照査，５は構造物の部材ということと，あと一番最後に参考資料ではあるんですけど，i-Construction の取り組みということを少し説明させていただきたいと思っています(図-2.4.1)．

今日は主に１と２と参考資料の説明をするつもりです．よろしくお願いします．

まず「港湾の施設の技術上の基準・同解説」の構成です(図-2.4.2)．この４ページ目の図は先ほど宮田室長が説明されたものと同じです．ただ，右の方の，この第 11 章のところとか下線部で青文字にしているところがあるかと思います．ここは私の前任者の松本港湾新技術研究官が構造・材料・維持管理部会の主査をしておりましたけど，そこの部会のところで検討していたところでありますので，ここの部分のお話を今日はさせていただくということでございます(図-2.4.3)．

まず最初に１ということで，共通編の第２章３施工の部分です(図-2.4.4)．施工の部分につきまして，施工に伴う施工の告示というものの改正は今回ありませんでした．２つ目，ICT の活用の施工導入ということを記載しており

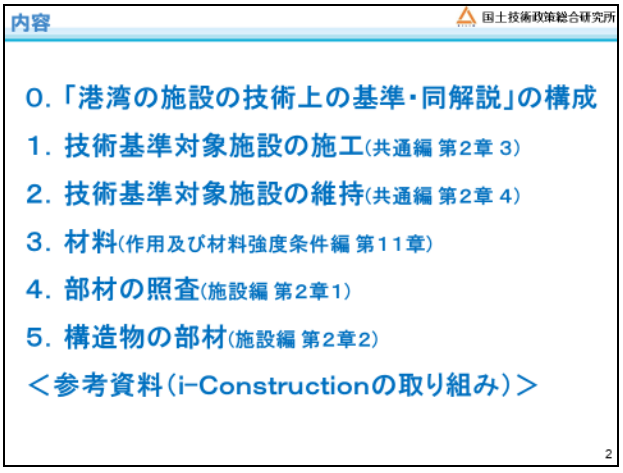


図-2.4.1

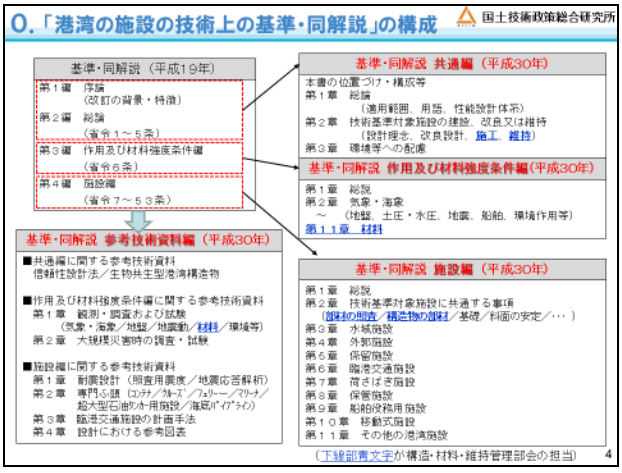


図-2.4.3

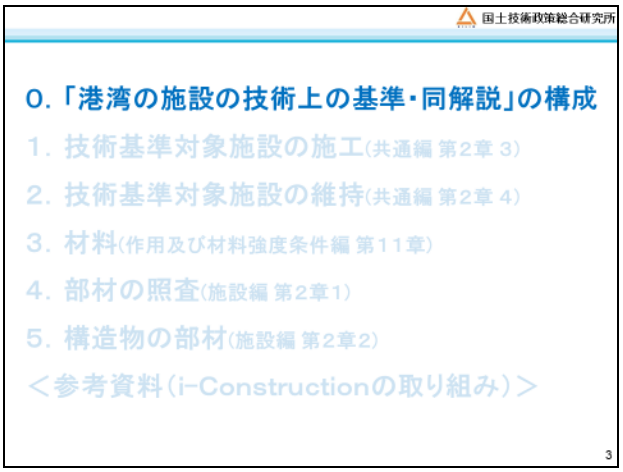


図-2.4.2

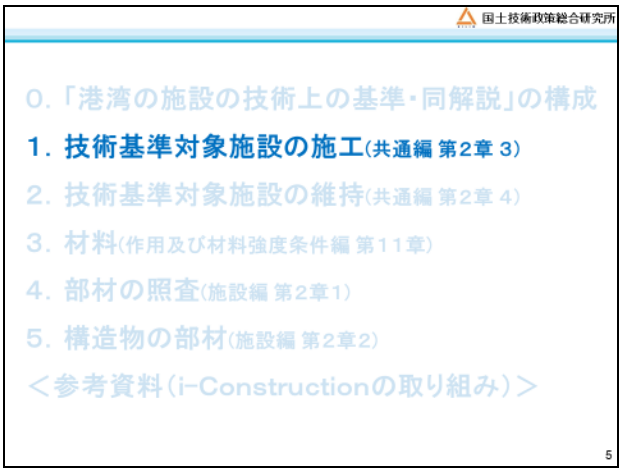


図-2.4.4

ます．また，三者会議等の活用ということを今回入れておりますので少しご紹介します．

まず ICT の活用の施工導入ということで，解釈の中でこの赤線部分が追加の記載になっておりまして，読み上げますと，「施工の効率化，省力化を目的として，ICT を活用した施工の導入等を検討することが望ましい．」ということで書いております．この ICT を活用した施工の導入については，最後の i-Construction の導入のところで説明をいたします．あと下の方に三者会議の解説として赤線の部分を読みますと，「なお，これらに際し，必要に応じて情報伝達及び情報共有を図るために，発注者，設計者及び施工者の三者による施工開始段階で実施される三者会議等を活用し，関係者間で設計思想の伝達及び情報共有することが必要である．」ということで，三者会議のことを今回解説の中で記載しているということでございます(**図-2.4.5**)．

工事に関する制約・リスクの表が元々の基準であったんですけど，今回工事をするときの制約・リスクを追加で色々記載しています．それがこの赤枠で囲った 1～9 まで

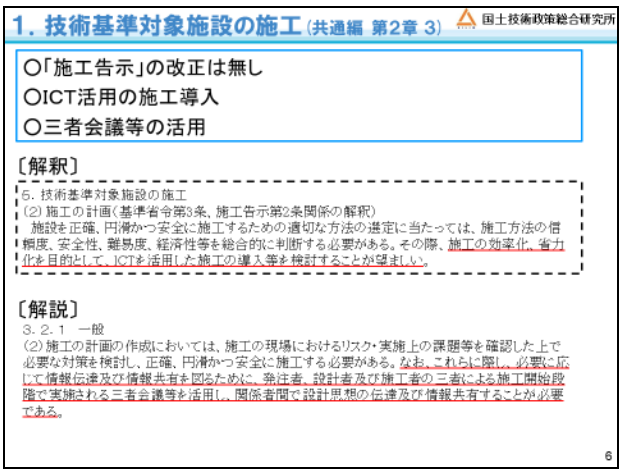


図-2.4.5

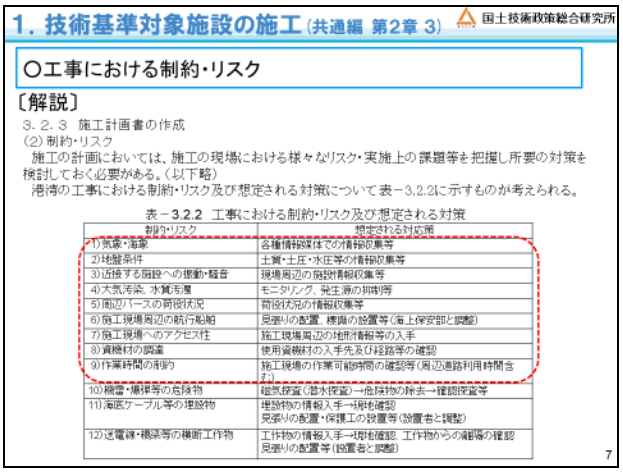


図-2.4.6

なんですけど，前までの基準では 10～12 まで，例えば機雷・爆弾等の危険物，海底ケーブル等の埋設物，送電線・橋梁等の横断工作物ということで，これはあまり発生するわけではないようなリスクを書いていたんですけど，やはりこの 1～9 はどの工事でも発生するような制約条件であったりリスクであったりするということなので，これに対してもしっかり右側にあるような想定される対応策も検討すべきだということを今回の基準の解説の中で明記をしているということでございます(**図-2.4.6**)．

次の 8 ページなんですけど，今話したことに関連するんですけど，港湾工事における大規模架設工等の安全性向上に向けた設計・施工ガイドラインや施工事例に基づく知見を反映し，安全性の確保に向けた配慮事項を記述しているということです．具体的には，読み上げますと，「特に施工時に複雑な施工手順や大規模な仮設工等が採り入れられる施工，一般的な規模・構造形式の施工であっても，施工時の安全性に関して課題があると考えられる場合には，港湾工事における大規模仮設工等の安全性向上に向けた設計・施工ガイドラインが参考になる．」ということで，去年の 3 月に国土交通省の港湾局で取りまとめられた「設計・施工ガイドライン」というものを今回引用しておりますので，建設会社の方も今日聞きにいらっしゃっていると思いますので，このガイドラインといったものをしっかり今一度把握していただきたいというふうに思っております(**図-2.4.7**)．

次に維持の話でございます(**図-2.4.8**)．10 ページになるんですけど，これは港湾空港技術研究所の担当の方からいただいた表なんですけど，平成 19 年以降，前回の技術基準が作成されて以降，この表にあるとおり港湾の施設の維持管理に関する法令とかガイドラインが整備・改正されてきたということです．平成 19 年 3 月，前の技術基準が改訂されたと同時に，維持に関する告示、維持告示が策定

図-2.4.7

されました．そのあと特に大きかったのは平成 24 年 12 月に笹子トンネルの崩落事故がありまして，維持管理の必要性が非常に認識されてきたということで，これを受けて平成 25 年 6 月に港湾法が改正されて，点検というものが義務化されるようになったと．それまでは維持管理計画だけ策定しなさいということだったんですけど，点検の義務化というところが平成25年6月に追加されたということと，それ以降様々なガイドラインが出されております(**図-2.4.9**)．それを踏まえて 11 ページなんですけど，平成 19 年以降，整備・改正されてきた港湾の施設の維持管理に関する法令・ガイドライン類を踏まえ，解説等を見直したということです．この解説の赤線に記載されているとおり色々なガイドラインを今回引用して明記しております(**図-2.4.10**)．

これについて少し紹介しますと，12 ページです．これが港湾の施設の維持管理に関するマニュアル類の位置づけということを図に表しました．見ていただきたいのは下の方なんですけど，ライフサイクルマネジメントの枠組みに基づいた維持管理ということで，この全体については沿岸技術研究センターから出されている「港湾の施設の維持管理技術マニュアル」が参考になるということです．あと維持サイクルを回していく上で，まず最初に維持管理計画を作っていくと．その段階では国土交通省港湾局が出している「港湾の施設の維持管理計画策定ガイドライン」，あと港湾空港総合技術センターさんが出している「港湾の施設の維持管理計画書作成の手引き」といったものが参考になると．あと維持管理計画を作ったあとに点検診断，そして評価を行っていくわけなんですけど，ここについては国土交通省港湾局から出されている「港湾の施設の点検診断ガイドライン」を見ていくと．最後評価をしたあとに対策を実際していくわけなんですが，これは沿岸技術研究センターから出されている，コンクリートであれば「港湾コンクリートの構造物補修マニュアル」，鋼構造物であれば，こちらは今回特に変更はなかったんですけど，「港湾鋼構造物の防食・補修マニュアル」が参考になるということでございます(**図-2.4.11**)．

次のページ，それぞれ今回 3 つのマニュアルが大きく改訂されております．細かく説明はしないですけど，今回は

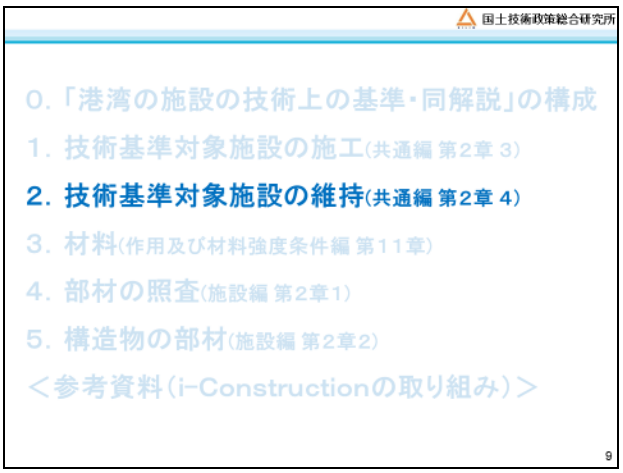


図-2.4.8

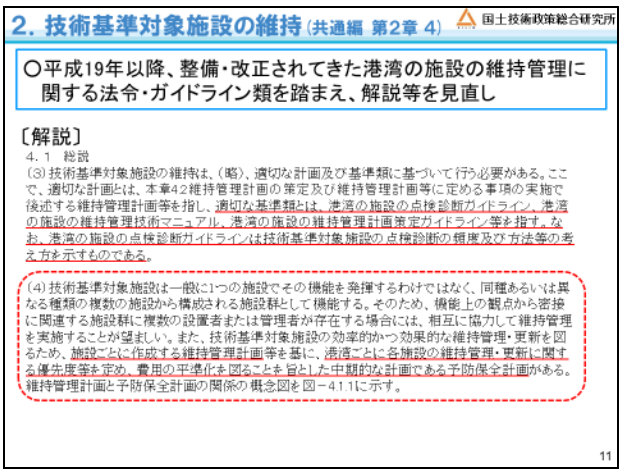


図-2.4.10

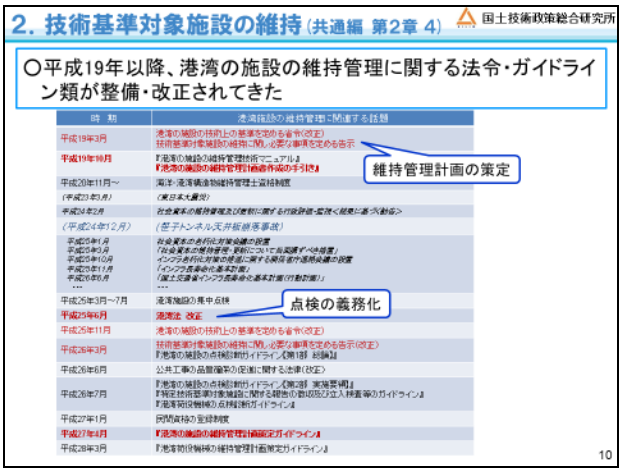


図-2.4.9

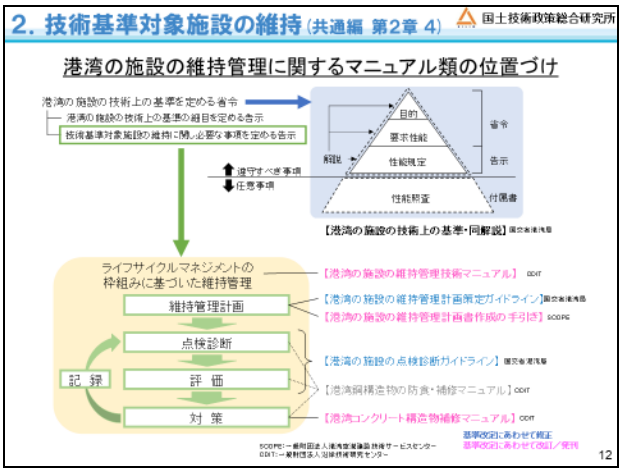


図-2.4.11

沿岸技術研究センターから出されている①「港湾の施設の維持管理技術マニュアル」が改訂されたということと，港湾空港総合技術センターさんから出されている②「港湾の施設の維持管理計画書作成の手引き」，要するに今回色々なベストプラクティスの事例が追加されたということです．それから今回新たに港湾のコンクリート構造物に特化した補修マニュアルを出しているということで，まもなくどのマニュアルも発刊されるだろうというふうに考えております(図-2.4.12)．

少し戻っていただきまして，先ほど飛ばしました 11 ページの下の方ですね．技術基準対象施設はということで，赤線で書いております，「施設ごとに作成する維持管理計画等を基に，港湾ごとに各施設の維持管理・更新に関する優先度等を定め，費用の平準化を図ることを旨とした中期的な計画である予防保全計画がある．」ということで書いております(図-2.4.10)．この概念を示したものが，ページが飛びまして 14 ページです．14 ページに維持管理計画と予防保全計画がどういった違いかというのが概念で示されております．維持管理計画というのは，各港湾の施設それぞれ，岸壁であったり防波堤であったり航路であったりというところの施設単位でのそれぞれの維持管理の計画を定めていて，個別の施設単位で作成するものであるというものです．これに対して予防保全計画というものは，港湾全体の中での予防保全の計画を作成するもので，これはそれぞれ個別の維持管理計画を立てても，港全体の中での利用状況が違ったり，施設の重要度が違ったりしますので，それを踏まえてどこを優先的にやっていくかと，どの施設を優先的に維持管理していくかということで，優先順位を策定して，できるだけ波が出ないように維持管理費用の平準化になるような計画を予防保全計画で立てていくということで，維持管理計画と予防保全計画があるということを承知していただければと思います(図-2.4.13)．

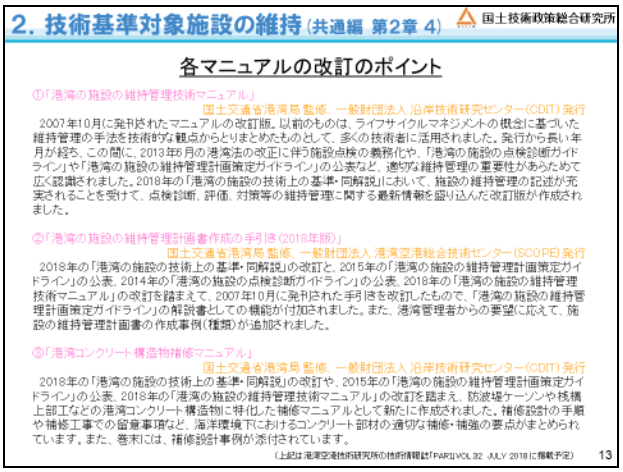


図-2.4.12

維持に関してあと 2 点ですね．15 ページです．ICT 等を活用したモニタリング手法の高精度化と効率化．それから，効率的な維持管理に不可欠な情報，データの適切な方法で記録・保存するということが解釈の中で書いております．まず 1 点目なんですけど，「④なお，点検診断の方法等の検討に当たっては，ICT 等を活用したモニタリング手法の高精度化，効率化についても検討することが望ましい．」2 点目，「⑤維持管理計画に記載される点検診断，総合評価，維持工事等の結果やその他施設の維持に必要な事項は，効率的な維持管理に必要不可欠であるため，設計及び施工等のデータとともに適切な方法で記録・保存し，供用期間中は保存する必要がある．」ということで，データの保存ということを謳っているということです(図-2.4.14)．

この最初の方の点検診断の色々な技術関係につきましては，港湾空港技術研究所が主に進めている技術開発の事例がありまして，それが 16 ページです．1 点目が省人化，省力化と信頼性向上のための技術ということで，色々なセンサのモニタリングの技術を開発したり，あと ICT を活用したデータ管理のシステムを現在開発中だというふうに

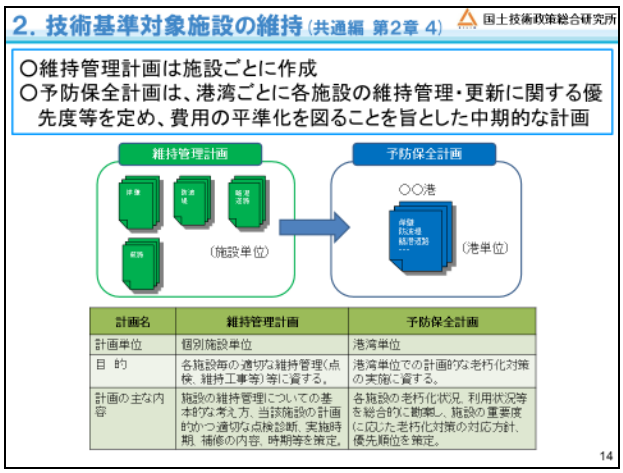


図-2.4.13

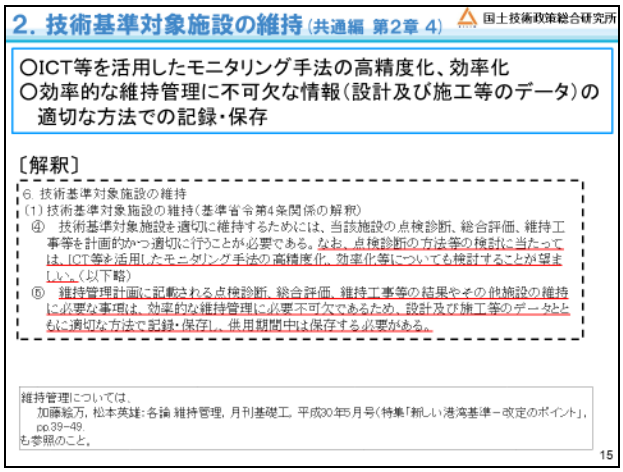


図-2.4.14

聞いております．２点目としては，海上部の目視調査に代替するような技術の開発を進めているということで，例えば桟橋の裏側，下側をロボットにより点検してそれを３次元データモデルで診断できるような技術開発を，現在港湾空港技術研究所が進めているということでございます．左側の方は主に予防保全的に維持管理に使っていくと．２番目の目視についてはどちらかというと事後保全的な維持管理に使っていくような技術開発だというふうに聞いております(図-2.4.15)．

次に材料ということです(図-2.4.16)．ここは若干飛ばし気味で紹介いたします．主に変更になった点を中心に紹介しますと，まず材料の中で鋼材のところです．ここでは橋梁用の高降伏点鋼板とハット形鋼矢板について新たに記載しております．新たに記載したところを赤線で書いております．後で参考にしていただければと思います．コンクリートにつきましても，コンクリート材料の内容を充実させておりまして，例えば補強材，表面の保護材，断面の修復材などを新たに記載しております．特に補強材の中では具体例としてエポキシ樹脂塗装鉄筋，ステンレス鉄筋，連続繊維補強材というのを例示しております(図-2.4.17，図-2.4.18)．特にエポキシにつきましては港湾空港技術研究所の方から写真をいただきまして，こういった適用例があるということで，ご承知かもしれませんけど，エポキシ樹脂で鉄筋を塗装するというところで，桟橋の上部工での施工例という写真です．これまでの結果，実際に行った写真が右側の那覇港での例ということなんですけど，スリットケーソンの中にエポキシ樹脂を入れていたと．この 23 年経過したところを撮ってみたところ，腐食もないしエポキシ部は健全だということでエポキシの有効性が確認されているということで，今回基準の中で新たに記載をしたということでございます(図-2.4.19)．

21 ページです．あと材料の中で新たに記載した主な点ということで，アスファルト材料，ポリマー改質アスファルトの品質規格，石材，木材，再生資源材料ということでそれぞれいくつか新たに記載をしておりますので，詳細説明は省きますがポイントとしてはここに書かれているとおりということでございます．そしてその他の材料としましても，鋼材以外の金属材料であったり，繊維補強材，プ

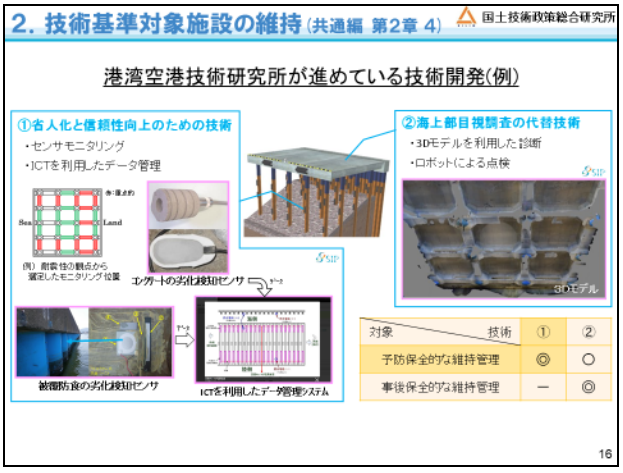


図-2.4.15

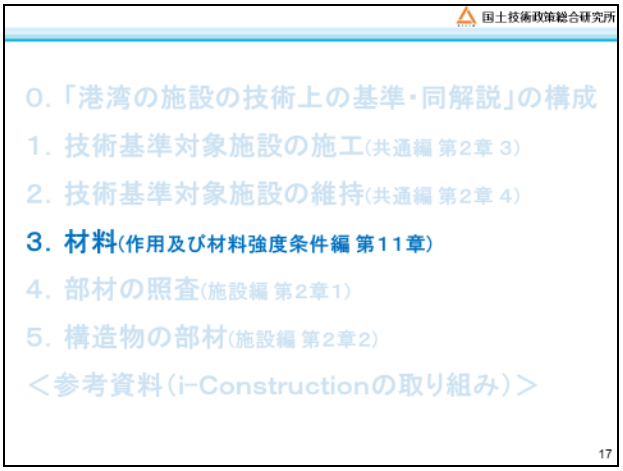


図-2.4.16

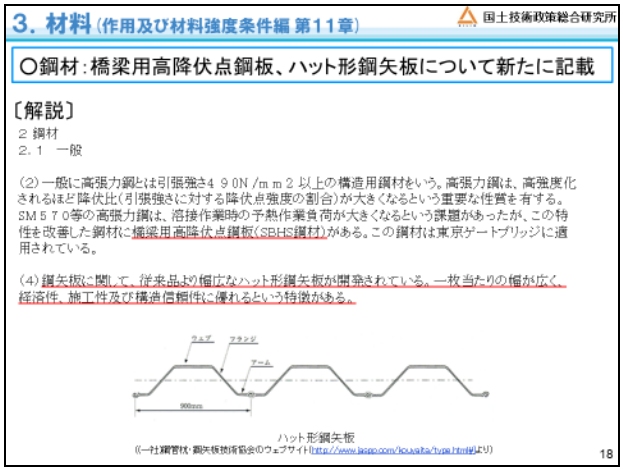


図-2.4.17

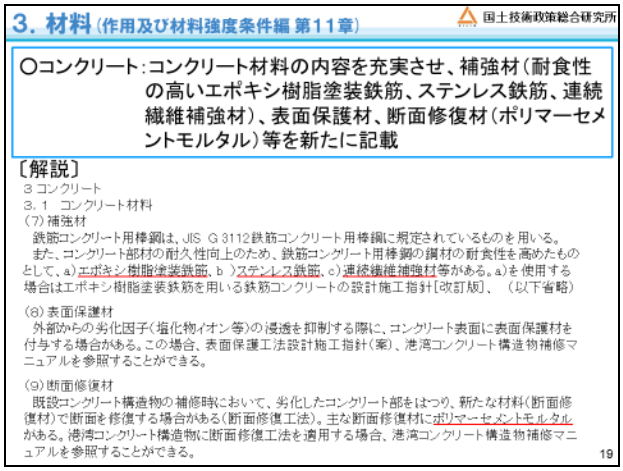


図-2.4.18

ラスチック及びゴム，注入材料ということで色々な技術を追加したり新たな表を追加しているということでございます(図-2.4.20，図-2.4.21)．

23 ページから部材の照査ということで，ここから施設編の第 2 章 1 ということでございます(図-2.4.22)．

部材の照査のところなんですけど，1 点目として旧基準・解説でのコンクリート部材に加えて，鋼部材，複合構造部材についても今回記載を追加しています．またコンクリート標準示方書，鋼・合成構造標準示方書，複合構造標準示方書との紐付けを今回強化しているということと，各部材とも，性能の経時変化に対する検討方法を明記しています．あと電気防食工法に関しましては，それまで作用編のところにあったものを今回部材の照査のところに移しまして，平均干潮面以下の防食率について記載を具体的に下の方にあるとおり追加しています．ここは一般的に 90%の防食率が使われるんですけども，実際には 90%を大きく上回っている事例が多々あるので，実際の対象環境での防食率の実態を踏まえて設定してもよいというふうな記載を今回新たに追加しているということでございます(図-2.4.23)．

それから構造物の部材ということで，これは施設編の第 2 章 2 ということです(図-2.4.24)．ここでは 1 点だけ，「既設構造物・部材を活用した改良設計への対応」ということで，現地調査に基づく変状把握と部材照査への反映，既存の部材を活用する場合の部材の照査方法について参考文

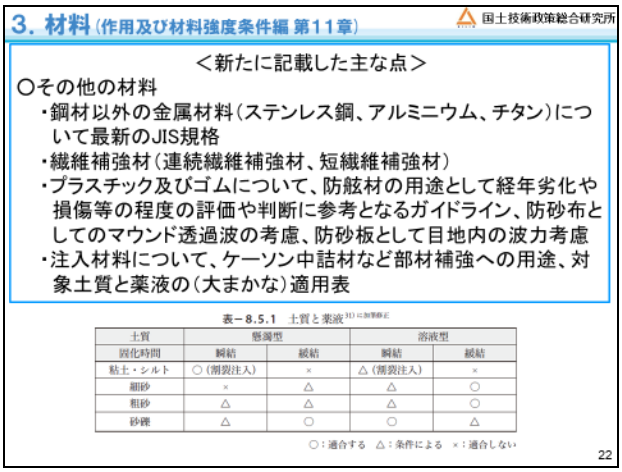


図-2.4.21

図-2.4.19

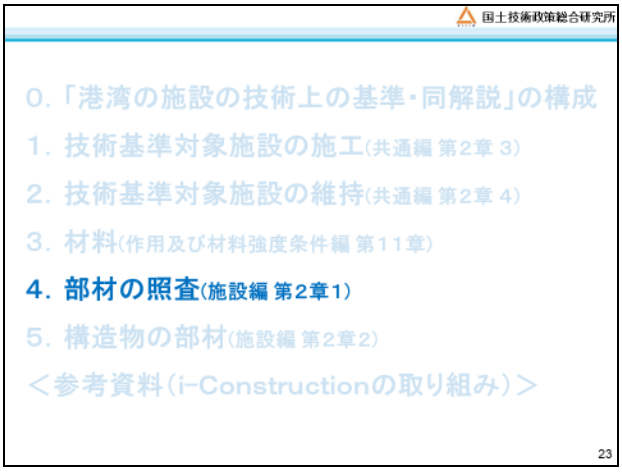


図-2.4.22

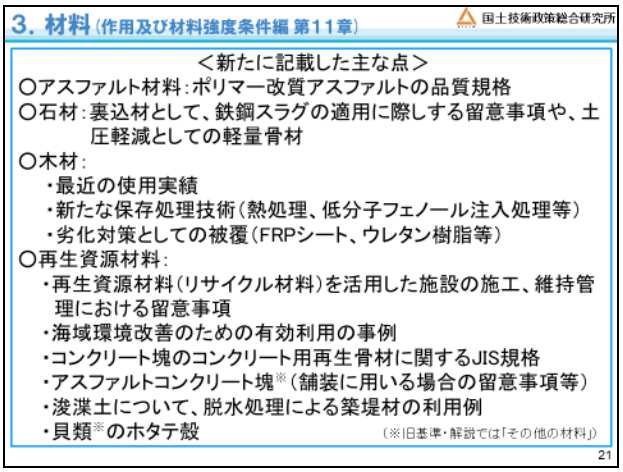


図-2.4.20

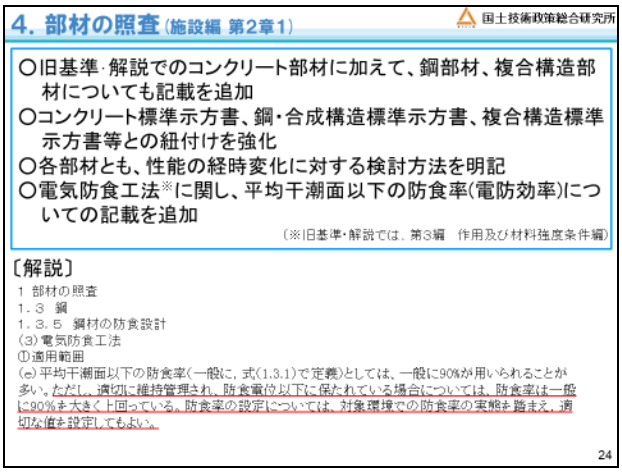


図-2.4.23

献を記載したということです．具体的な解説の中でこの赤線のとおり書いてありまして，読み上げますと，「②既存構造物あるいは部材を活用して新たな施設を設計するに当たっては，現地調査によりコンクリートや鋼材等の劣化や損傷等の変状を把握し，その状態を反映させて部材の照査を行うことが望ましい．」と．「③既存の部材を活用する場合の部材の照査の方法については，文献１及び文献２を参考にすることができる．」ということでこの左下にあるような参考文献を今回参考文献として新たに記載していて，最新の研究成果として今回追加したということでございます(図-2.4.25)．

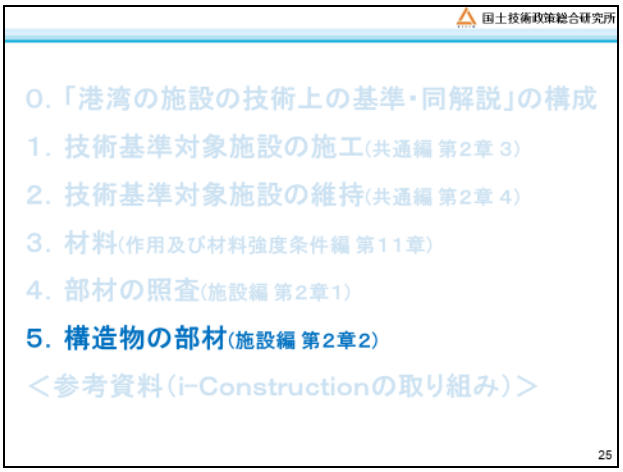


図-2.4.24

図-2.4.25

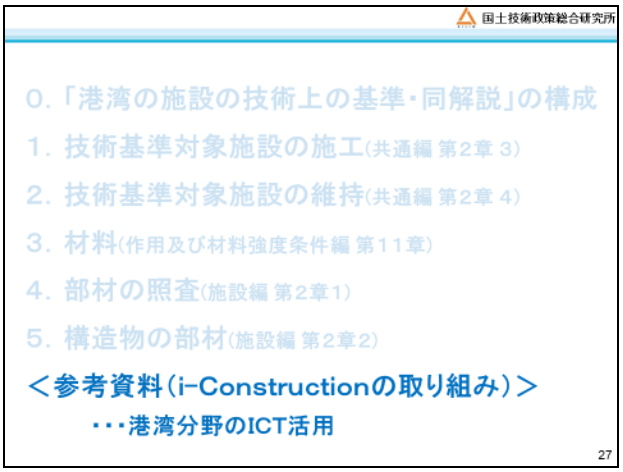


図-2.4.26

以上が私の担当するところの技術基準の変更部分なんですけど，最後の時間を使いまして，i-Construction の取り組みということで，特に港湾分野での ICT 活用を紹介いたします(図-2.4.26)．

これは 28 ページの i-Construction を進めるに当たっての課題と取り組み方針なんですけど，港湾工事はご承知のとおり陸上工事とは違って色々な特徴があると．当然海上や海中での工事が多いので，出来高の確認や作業の進捗の把握が非常に難しいと．そして波浪や潮流，風による影響が大きいということで作業日数も限定されますし，大型の船舶や機械を使用するということで，陸上工事と違って色々な特徴があるということで，それに対して i-Construction を，国土交通省全体で進めている建設の生産性向上ということをどういうふうに対応していくかということで，港湾としては ICT 導入に向けた基準類の整備であったり，環境の整備，また ICT の標準化であったりを検討する必要があるということで，右下にある「港湾における ICT 導入検討委員会」ということで東京工業大学の岩波先生を委員長としまして，ちょうど２年前の６月からこれまで５回にわたって ICT の導入をどういうふうに進めていくかという方針を検討してきているというものでございます(図-2.4.27)．

最新状況をご紹介します．29 ページです．昨年の 4 月からまず導入されたのは ICT の浚渫工ということで，ICT 浚渫工を行うに当たって ICT を全面的に導入するということを昨年度から進めております．特に昨年度進めてきたのは，この施工の部分以外のところです．施工する前の測

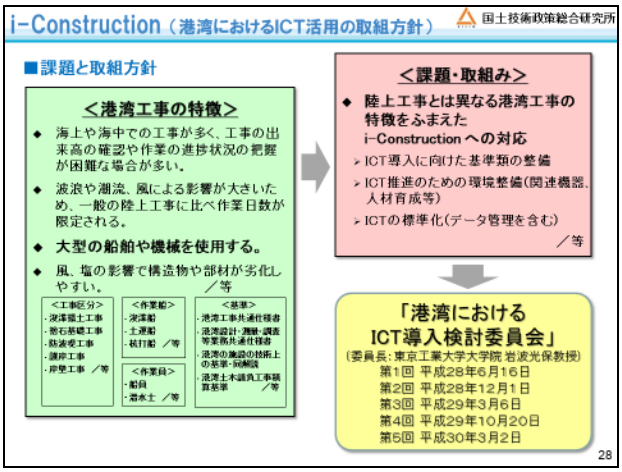


図-2.4.27

量であったり，施工計画を作るときにナローマルチビームを使って 3 次元でデータを取ると．そしてそれを使って発注図書を作っていくと．そしてあと施工を終えたあと，浚渫が終わったあとに，検査を行う時に検査を行うに当たっての 3 次元データ，ナローマルチビームを使って 3 次元データで一途に取っていくと．そのデータも使って通常別途やられていた海上保安庁に出す水路測量の結果もこの結果をそのまま使っていくということで，そのあとは維持管理まで使っていくんですけど，主に測量部分で完了検査も含めて 3 次元のナローマルチビームを使って今回やってきたということでございます．あとで説明しますけど，施工の部分は特に本年度からやっていこうということでございます(図-2.4.28)．

これが今年の 2 月末時点での最新状況ということで，この ICT 浚渫工はどどれだけ全国の直轄工事で成功されてきたかという事例でございます．昨年度の例なんですけど，北海道に当たってはこの下の方，19 番から 21 番までの 3 件の工事で ICT 浚渫工の事例，試行工事が行われたと．釧路で 2 件，石狩湾新港で 1 件の ICT 浚渫工が昨年度行われたということでございます．全国では 24 件の試行工事がされたと(図-2.4.29)．

31 ページが今年度からの ICT の活用拡大方針ということでポイントがまとめられています．まず，ICT 浚渫工の更なる推進ということで，これまでは測量部分だけ ICT 浚渫工をしていたんですけども，それ自体はこれからも運用していくと．それ以外に ICT 浚渫工として施工の部分でも ICT 化を進めていこうとモデル工事をやっていくという方針です．ICT 活用事業をさらに活用していこうということで，本年度からは全国的には基礎工部分であったり，ブロック据付工についてもモデル工事として実施した上で，年度末までには各種要領（案）を作成したいと思っております(図-2.4.30)．

あと CIM ということで，あとで説明しますけど，32 ページを開いていただきたいんですけど，右側の方に縦で書いてあるんですけど，全プロセスに 3 次元データを一貫して使用するということで，データをその場で使うわけではなくて，最初測量時点で出た測量の 3 次元データを使って，設計にも使うし，施工にも使う．そして維持管理にも使っ

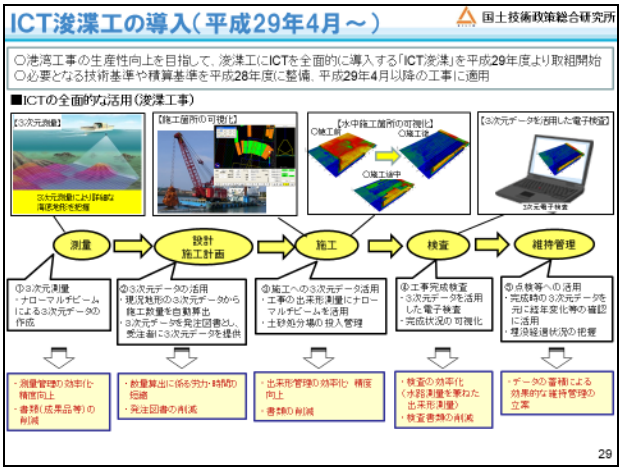


図-2.4.28

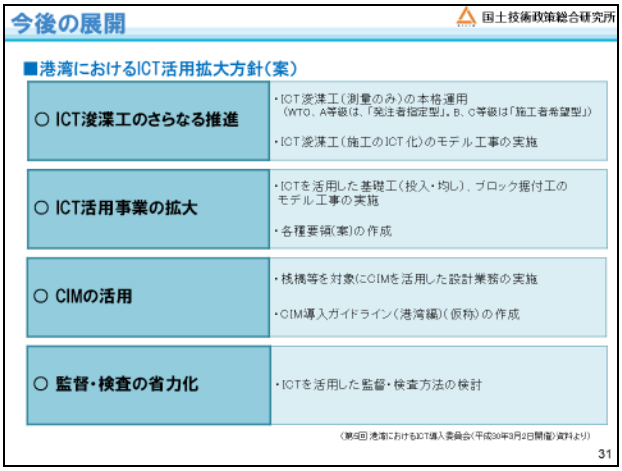


図-2.4.30

図-2.4.29

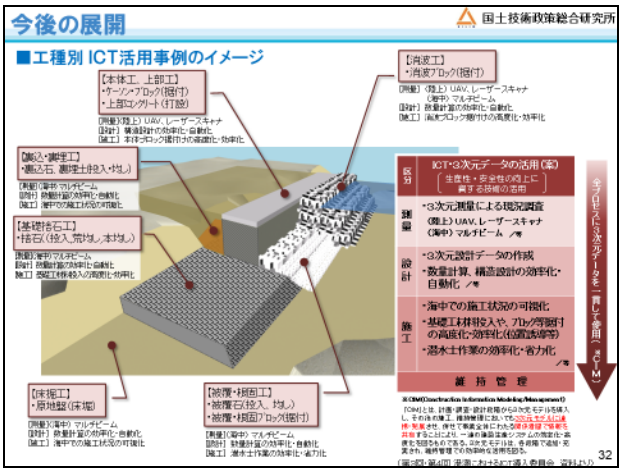


図-2.4.31

ていくということで，1つのデータをプロセスの中で回していくということで，ここに略称で書いていますけど，Construction Information Modeling/Management ということで，略称CIMということで国土交通省が進めていると．参考で言うと，建築の方では Building ということで BIM というのが汎用的に使われているんですけど，土木の部門では CIM ということを最近謳っているということでございます(図-2.4.31)．

前に戻りまして，そのCIMといったものが特に港湾の部門でも今回やっていこうということで，まずは桟橋を対象に CIM を活用した設計業務をやっていこうという方針です．あと4つ目です．監督・検査についても省力化できないかということで，ICT を使った監督・検査方法を今検討しているということで，こういった方針に基づいて国土交通省の委員会の下にワーキンググループを3つ作って，今現在，国土技術政策総合研究所，港湾空港技術研究所も入って検討を進めているということです(図-2.4.30)．

32 ページに戻りますけど，工種別に ICT 活用がどういう事例で使えるかということのイメージ図がこれです．これまでは浚渫工だけをやってきたわけですけど，本年度からのモデル工事としては，捨石工の基礎部分であったり，ブロックの据付工のところをモデル工事として全国的にやっていこうということでございます(図-2.4.31)．

33 ページ以降は，国土交通省の委員会でも提示された港湾に適用可能な ICT の一覧ということで，33 ページから 36 ページまで ICT を使った色々な技術の事例がありますので，今後の流れとしては港湾工事においても ICT を積極的に使っていく必要が出てくるということで，ICT を使って生産性を向上していくということで，こういう大きな流れは変わらないと思いますので，こちらにいらっしゃる色々な立場のみなさんも ICT を使った港湾プロセスの推進に積極的に関与していただきたいというふうに思っております(図-2.4.32, 図-2.4.33, 図-2.4.34, 図-2.4.35)．

私からの説明は以上でございます．ありがとうございました．

図-2.4.32

図-2.4.34

図-2.4.33

図-2.4.35

2.5　耐震設計・基礎・地盤改良

(国研)海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所
地震防災研究領域長　野津 厚　氏

ご紹介ありがとうございます.

それでは私の方から 1 時間お時間をいただいておりまして,「地盤・耐震関連の主な改訂内容」についてご説明させていただきます.

今日の話は全体としては,このような内容になっておりまして,まず 1 番としてはレベル 1 地震動に対する耐震設計に関連してどういうところが変わったのかということについて,重力式・矢板式それから桟橋,胸壁についてご説明させていただきます.それから 2 番目として,レベル 2 地震動に対する耐震設計で変わったところなんですけど,特に鋼管部材の取り扱い方法が変わりましたので,そこを中心に説明させていただきます.3 番目として,これは耐震照査ということとは少し違うんですけれども,熊本地震の時にフェリー埠頭可動橋に不具合が生じたということをきっかけとして,フェリー埠頭の可動橋の耐震設計上の留意点というのを新たに書き込んでおりますので,それについてご紹介します.4 番目としては,照査用地震動の評価に関することですけれども,照査用地震動の評価に関しては,骨組みのところは特に変わっていないです.細かいテクニックのところで常時微動の観測をする時の留意点であるとか,それから常時微動観測結果に基づいてサイト特性を評価するやり方で,従来新竹補正というのがあったんですけども,その新竹補正を少しリバイズしましたという話になります.それから最後,これはもう本当にスライド 1 枚だけどなんですけども,杭の載荷試験の結果がある時に,支持力の設計用値をどのように設定するかというところの話になります(**図-2.5.1**).

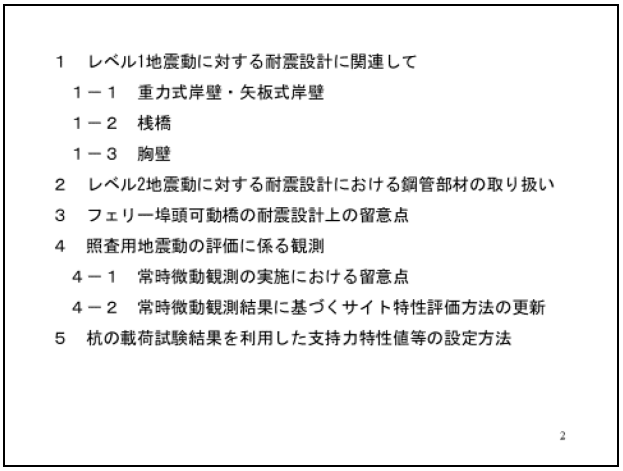


図-2.5.1

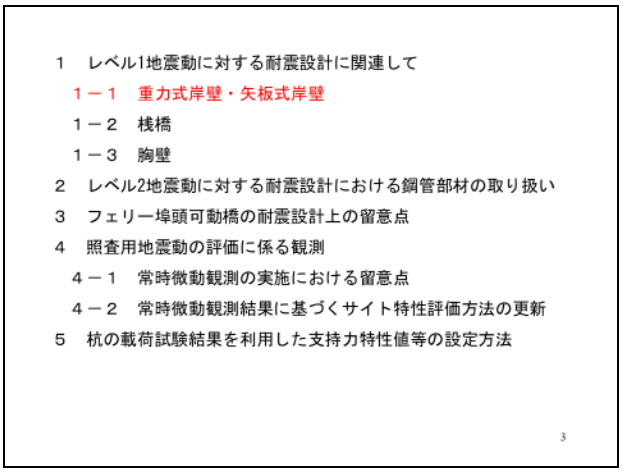


図-2.5.2

まずこちらのレベル 1 地震動に対する耐震設計ということで,まず重力式・矢板式のところの説明をさせていただきます(**図-2.5.2**).

今日の話はすべて,平成 19 年基準というのはこのひとつ前の基準ですけども,この平成 19 年基準の時にどういう課題が残されていたのかという話と,それからそれを踏まえて久里浜を中心としてどのような対応が取られて,現在新しい改訂版になっているのかということをできるだけセットでお話したいと思っております.

まず重力式・矢板式のところなんですけども,レベル 1 地震動に対する照査用震度の算定手順というのは,平成 19 年基準で新たに示されたものですけども,これについてまずは復習してみますと,まず工学的基盤でレベル 1 地震動が与えられているということを前提にいたしまして,そのレベル 1 地震動に対して,1 次元の地震応答解析を適用して地表面での加速度波形にそれを変換いたしまして,これに周波数領域でこういうフィルタをかけて,少し高周波成分を低減させるようなフィルタをかけまして,そのフィルタ後の加速度波形というものから最大値を読み取ります.この値のことをα_fというふうに言っております.そしてさらにこの上に地震波の継続時間の影響を考慮するための低減率(p)というのを掛け算しまして,そしてα_cという加速度の値を求めると.このα_cというものから岸壁に許容される変形量と組み合わせて,照査用震度の特性値を算定するという,そういう手順になっておりまして,そのフィルタというのは例えばこの壁高とかこういったものによって変わってくるんですけども,例えば壁高が 15m で背後地盤の初期固有周期が 1.07 秒で,壁体下の地盤の初期固有周期が 0.57 秒の場合は,このようなフィルタの形になるというものであります(**図-2.5.3**, **図-2.5.4**).

それから照査用震度の算定式というのは,重力式の場合はこういう式でありまして,このD_rというのは 10cm でありまして,D_aというのは許容変形量ですけども,標準的には 10cm とすると.そういうことになっています.です

から基本的にここは割り算すると 1 になると．ここのα_cというところに先ほどの継続時間の影響を考慮して低減させた最大加速度というのをここに持ってきまして，これで照査用震度の特性値が求められると，そういったものになっております(図-2.5.5)．

元々平成 19 年基準にこのようなフィルタを使う方法が提示されたそもそもの理由なんですけども，それはこのスライドに示されているとおりであります．地震波というのは，従来はその昔平成 19 年より前はということなんですけども，最大加速度というものに基本的に着目することが多かったわけです．しかしながら，これはもうよく知られていることなんですけど，同じ最大加速度，例えば 200gal なら 200gal という最大加速度であっても，低周波成分が卓越していて 200gal という場合と，高周波成分が卓越していて 200gal の場合では岸壁に対する影響の度合いというのがだいぶ違うということです．例えば周期 2 秒で 200gal というのはだいぶパワーがある地震波ですけども，例えば周期 0.2 秒で 200gal というと，たいした地震波ではないわけですね．ということで，これの影響を考えたいということです(図-2.5.6)．

場所によって地震波というのは相当違うということはみなさんもうよくご存知のとおりではありますけど，いわゆるサイト特性の影響によって，ある場所では低周波成分が卓越した地震波が生じやすいと．別の場所では高周波成分しか卓越しない，そういった地点ごとの個性が色々ありますので，そうしますと先ほどの話と組み合わせると，例えば低周波成分が卓越した地震動が生じるような場所では，大きめの震度で岸壁を設計して十分な耐震性を有するような岸壁にしたいと．一方で，サイトな特性によって高周波成分しか出ないような，そういう場所に岸壁を建設するような場合は，そこまで丈夫にしなくても岸壁は大丈夫ですから，少しでもコスト縮減するために，極端に大きな照査用震度にならないようにしたいと．そういう目的がそもそもあってこういうフィルタを考えて，これで設計するという考えが平成 19 年基準で示されたわけです．それはいいんですけども，ただ平成 19 年基準の何が問題だったかということなんですが，基本的にはこのフィルタの形というのは，多数の FLIP 解析を繰り返し繰り返し行って，

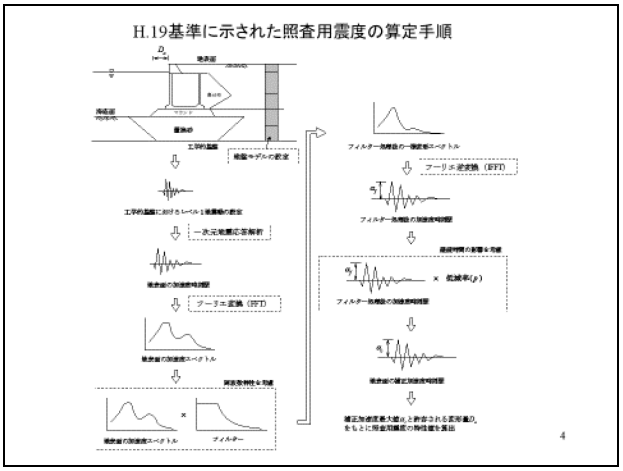


図-2.5.3

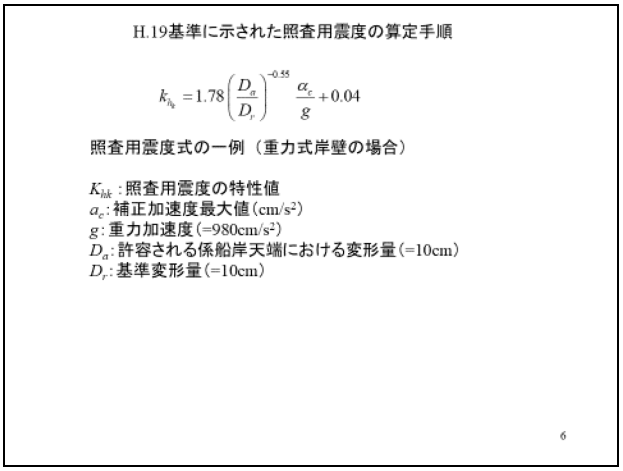


図-2.5.5

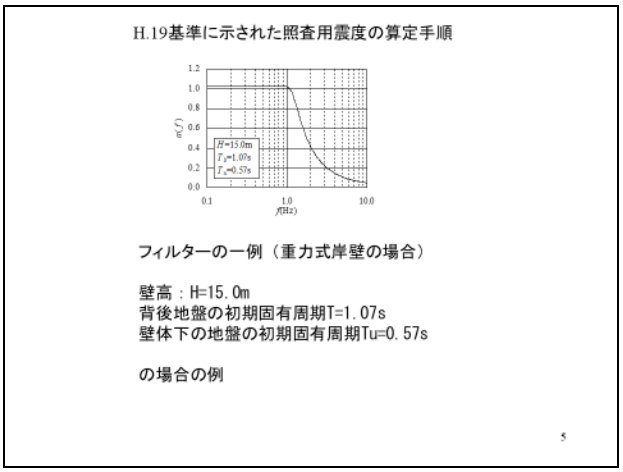


図-2.5.4

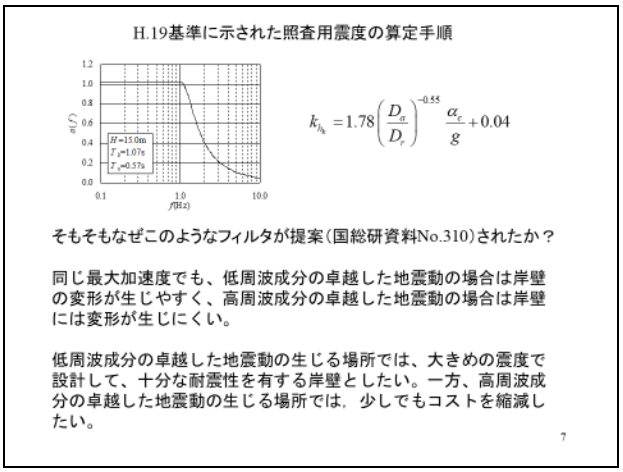


図-2.5.6

所要の10cmなら10cmという変形に収めるためには岸壁をこれくらいの震度で設計しておけばいいんだということを導き出したと．基本的には数値シミュレーションの結果に基づいて導き出されていたというところが，我々としては課題が残っているというふうに認識していたところで，実際の被災事例と照らしてどうなるかという検証が行われていなかったということであります．そこで，これまで過去の地震の被災事例がたくさん蓄積されておりますので，北海道南西沖地震とか釧路沖地震とかも含めてたくさんのデータがありますので，それを使ってこの式が本当にどれくらいのものなのかということを，国土技術政策総合研究所が中心になって検討したということであります．その結果について詳しくお知りになりたい方は，国土技術政策総合研究所資料の920番と979番をWebサイトで見られますのでご覧いただければと思います(図-2.5.7)．

今日は概要だけお話しますと，このように被災事例・無被災事例ということで，重力式は41施設です．それから控え直杭式矢板式は8施設，控え組杭式矢板式は7施設というものを対象にいたしまして検討いたしました(図-2.5.8)．

対象とした地震はここにありますように，1968年の十勝沖地震以降の地震を対象としております(図-2.5.9)．

検証の手順なんですけども，まず過去の地震の時に，ある施設が無被災であったり，あるいは被災したというデータがあります．その時に，その対象としている施設の工学的基盤でどういう地震波がその施設に作用したのかということをまず推定いたします．推定した地震波に対して先ほどの私が述べた手順，今の平成19年基準の照査用震度算定手順に従って，作用震度を算定するということをいたしました．その時に色々な数字を試しているんですけど，例えば変形量の許容値は基本的には10cmにすると．これが基本ケースであります．それに対して一方で，その施設の限界震度というのを算定いたしました．限界震度というのはその施設の持っている強さのようなものなんですけども，その施設に作用させる架空の水平力を次第に増やしていきまして，ある震度に達した時にいずれかの破壊モードでその施設が壊れます．例えば重力式の係船岸であれば，滑動か転倒かあるいは支持力の不足，そのいずれかのモードによって破壊が生じるわけですけれども，その破壊が生じるまで震度を増やしていって，破壊の最初に生じた時の震度，それを限界震度というふうに名付けているわけです．そういう意味で基本的には限界震度というのは，その施設が設計された時の震度に似た概念なんですけど，少しだけ違うのは，施設を設計する時にはそこの中に色々安全率が少しだけ入っていたりします．そういうものを，限界震度を算定する時は安全率をすべて取っ払ってすべて1にして，本当のギリギリのところを求めてということで，そこだけは少し違うというものであります．そうすると，いずれにしても設計上，例えばこの限界震度が0.2だとすると，その施設に設計上0.2の震度が加わるとその施設は壊れるはずだというのが求められるわけです．そこでその施設

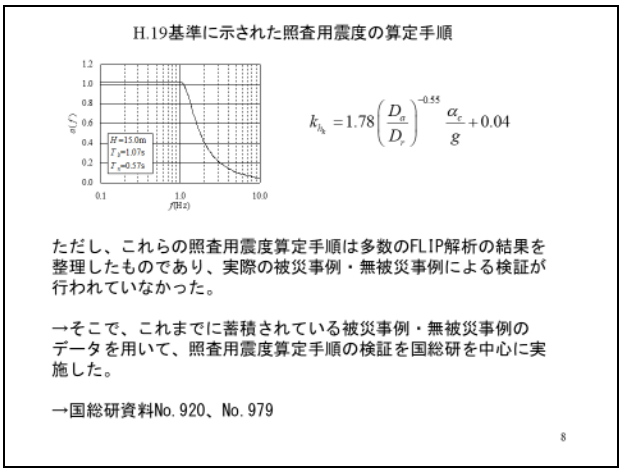


図-2.5.7

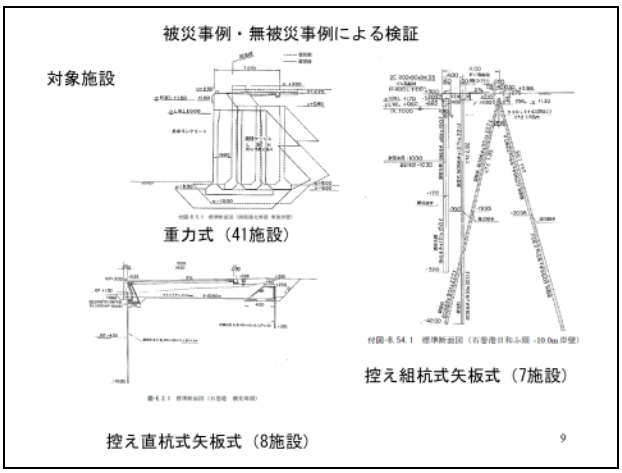


図-2.5.8

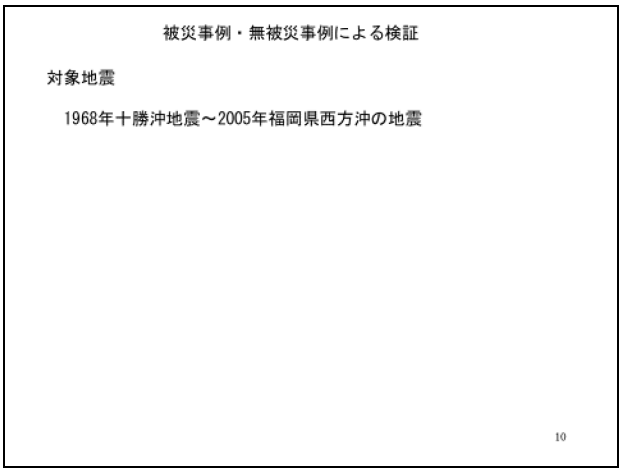


図-2.5.9

に作用した作用震度と限界震度を縦軸と横軸に取れば，その施設がこのグラフ上どこかにプロットされるわけなんですけども，もしも平成 19 年基準で示された設計法が完全に正しいのであれば，この作用震度が限界震度より大きい場合，つまりこのグラフの 1：1 の線より右下にくるようなプロットの施設であれば，その施設は壊れるはずなんです．一方で斜め 45° の線よりも左上にプロットされるような施設であれば，その施設は壊れないはずなんです(図-2.5.10)．

そして実際にその施設が壊れたか壊れていないのかということを見ることによって，この判断がどれくらい正しくできているかというのを見てみようというそういうものであります．その時に工学的基盤の地震動をどういうふうに推定したかというところなんですけれども，詳しくご説明する時間は今日はありませんので，詳しくは国土技術政策総合研究所資料 743 番に載っていますのでご覧いただければと思うんですけども，基本的には 1 個 1 個の施設が置かれている場所のサイト特性をきちんと考えて地震動を推定するということをやっております．従ってその対象施設が置かれている場所で基本的には常時微動観測は最低限やりまして，それを元に，その同じゾーンの中に強震計があったとしても，その強震計があるゾーンと施設が壊れたゾーンが地震動のサイト特性の観点から同じゾーンとは限りませんので，まずその判断をいたしまして，強震計と同じゾーンにあるというふうに判断される場合は，これはもう簡単で，その強震記録を単に工学的基盤まで引き戻してそれを使うということなんですけれども，もしも強震計と被災した施設が異なるゾーンに存在するという場合は，このサイト特性の違いを考慮してその強震記録を基本的には補正してあげて，それを使うということをやっております(図-2.5.11)．

例えばこれは同じゾーンと判定された例なんですけども，実際にあった鳥取県西部沖地震の時に被害を受けた境港の施設ですけれども，この黒い四角のところがその施設がある場所でありまして，それでこの時は強震記録は三角の印のところで得られております．この両方で微動観測をすると，その微動観測の結果というのは同じようなところにピークがきて，全体としてこの微動 H/V スペクトルの形

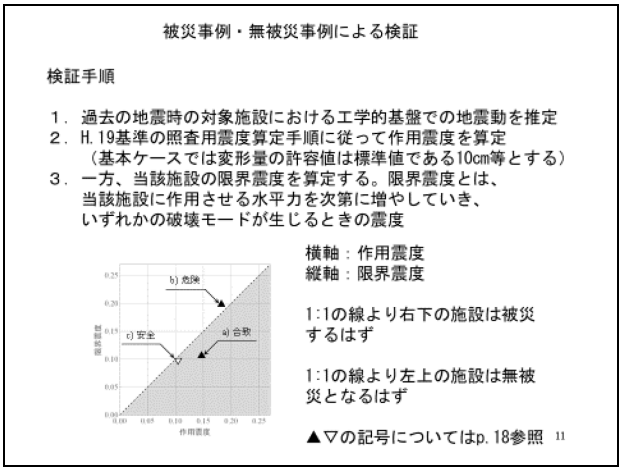


図-2.5.10

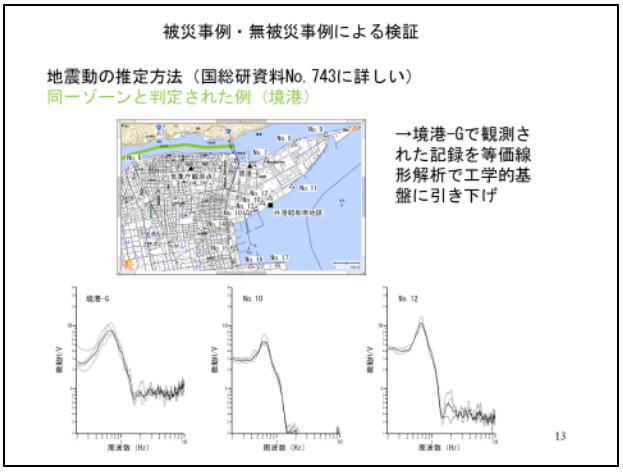


図-2.5.12

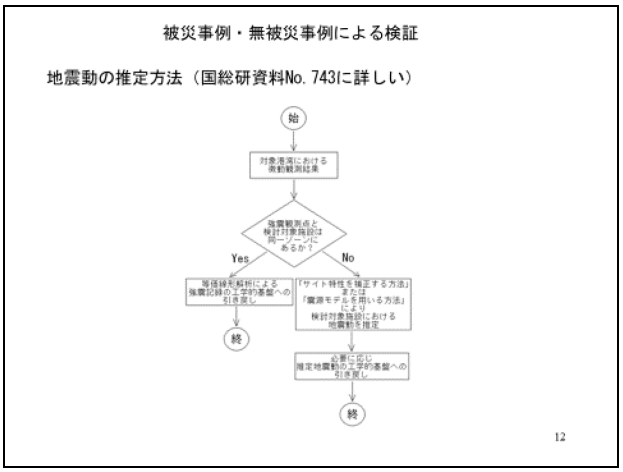


図-2.5.11

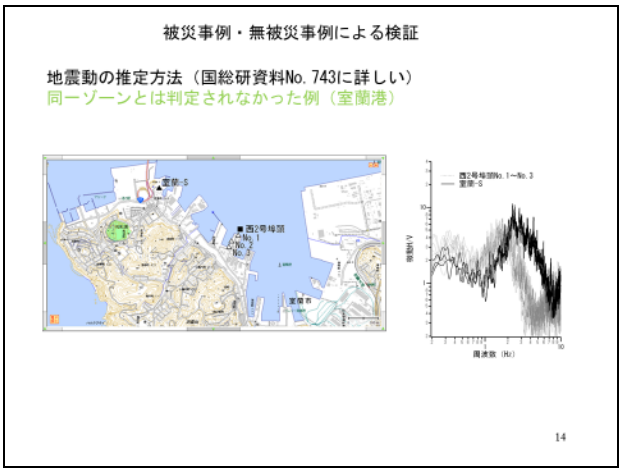


図-2.5.13

も似ていますので，これは同じゾーンだというふうに判断をして，その記録，境港-G の強震記録をそのまま使ったということであります(図-2.5.12)．

それに対して同じゾーンと判定されなかった例として，例えば室蘭港の例がありまして，室蘭港では十勝沖地震その他で被災事例・無被災事例がございますけれども，強震記録はここの室蘭-S というところで得られております．それに対して例えば無被災施設，被災施設がこの西 2 号埠頭というところに存在しますけれども，この両者で常時微動を計ってみるとこのようにピークの周波数がずれておりまして，従ってこの室蘭-S というところで観測された地震波はそのままではこの西 2 号埠頭に作用した地震動とみなすことはできないだろうと，この場合は判断しております(図-2.5.13)．

そしてどういうふうにやったかと申しますと，このように室蘭-S と西 2 号埠頭で微動の H/V スペクトルの卓越周波数が違いますので，いわゆる竹補正という設計の時にも使っている新竹補正というやり方を使いまして，この黒い実線の方が元々の強震計の位置でのサイト増幅特性で

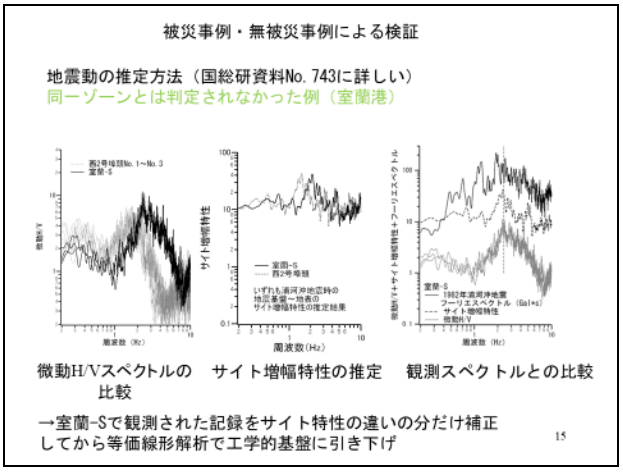


図-2.5.14

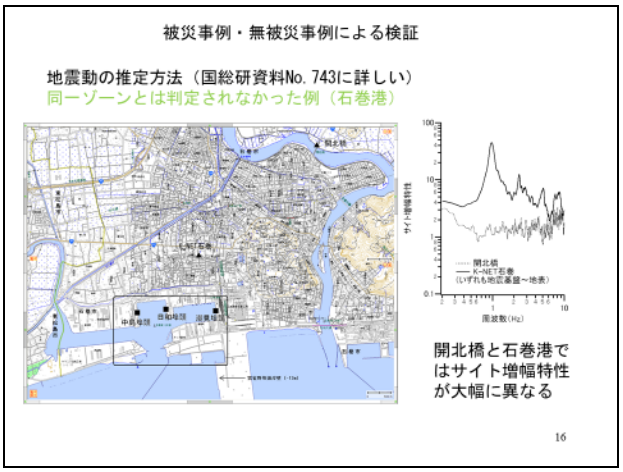


図-2.5.15

けれども，これをこの点線のように補正をいたしまして，ピーク周波数が西 2 号埠頭に合うように補正をいたしまして，この位置転換のサイト増幅特性の違いを考慮して，十勝沖地震の時に室蘭-S で観測された地震波を補正するということをして，西 2 号埠頭に作用した地震動を推定してあげるということをやりました．少し飛ばしながら行きますけれども，同じような手順で，色々な場所の地震動を推定していったということであります(図-2.5.14)．

それからこんなふうにやったところもあります．これは例えば石巻港の例なんですけれども，石巻港の被害を受けた施設と，それからこれは 1978 年の宮城県沖地震の例なんですけれども，強震記録が少し離れた場所でしか得られておりませんので，この開北橋というところで得られた記録しかありません．これだけ違うとサイト特性はかなり違いまして，このように全然違うわけですね．開北橋はほとんど岩盤サイトなので，増幅しないんですけれども，石巻港では 1Hz 前後のところにピークがくるということです(図-2.5.15)．ですからそれを考えてあげて，まず震源モデルを作って，開北橋で実際観測された記録をちゃんと再現できるようにチューニングしてあげます(図-2.5.16)．チューニングされた震源モデルを使って今度は石巻の港での地震動を，同じ震源モデルを使って計算します．そういう手順で震度を推定します．いずれにしても被災施設で地震動を推定して，その結果を使うとこの横軸に作用震度，縦軸に限界震度のどこかにその施設がプロットされます(図-2.5.17)．

その施設が先ほど申しましたように斜め 45° の線よりも右下であればその施設は壊れるはずで，左上だったら壊れないはずなんですけれども，実際に被災事例を参照してその施設がどうだったかということをプロットすると，これが重力式で水深 7.5m より深い場合のいわゆる検証結果，最終的な結果なんですけれども，まあまあ良い結果になっ

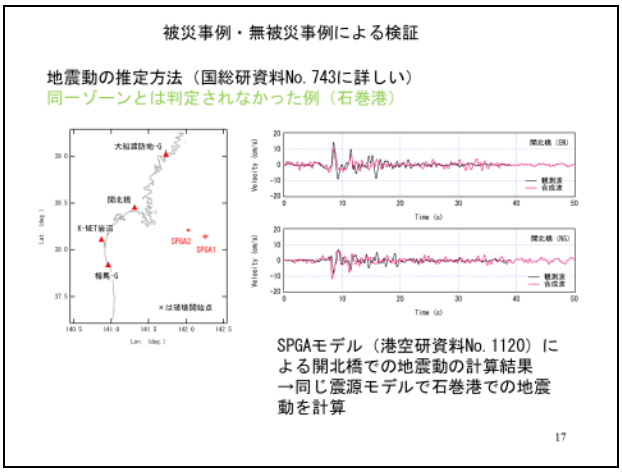


図-2.5.16

たということです．この黒い上向きの三角印というのは，その施設が壊れたということを意味していまして，下向きの白い三角はその施設が壊れなかったと．壊れた壊れなかったというのは変形量が 10cm を超えたか超えていないかで判断をこの場合はしているんですけども，大体狙いとおりで，この斜め 45° の線よりも右下には黒い記号が集まっていて，左上は白い記号が集まるという結果になっていますので，ということは平成 19 年基準の時に使っていたフィルタというのは，水深 7.5m 以上の重力式に対してはなかなか良かったということが言えます．ですのでこれは今回変えないという結論になっています(**図-2.5.18**)．

それで，これは昔の研究と比べてみると実はだいぶ進歩しているんだということを少しご紹介したかったんですけれども，これと類似の研究で非常に有名な研究として，我々の先輩がなされた 1975 年の港湾空港技術研究所報告第 14 号に野田・上部の式というのがあります(**図-2.5.19**)．これは同じように色々な施設の被災事例，あるいは無被災事例を集めてきまして，その施設に作用した加速度というのを，その頃ですので少しやり方が違うんですけれども，推定をしておりまして，それに対して縦軸というのは作用震度ということで，その施設が，これは非常に似た考え方なんですけれども，例えば今で言う限界震度が 0.2 であるような施設が壊れていれば上向きの矢印，壊れていなければ下向きの矢印というようなプロットの仕方をしているんですけれども，この頃は被災事例・無被災事例をこういうふうに白と黒でうまく切り分けるという線を引くということはなかなか難しかったので，野田さん，上部さんたちはそうではなくて，少なくともこれぐらいの震度で設計しておけば安全側だという線を引いたわけですね．ですから要するにこれより下に無被災事例が存在するんだけども，それは少し許容してあげて，これより上側に被災事例が来ないような線，少し高いところに線を引いたというのが上部さんたちの研究で，この頃よりもやはり平成 19 年の照査用震度式の方が被災事例と無被災事例をうまく切り分けることができているので，だいぶ進歩はしていると．40 年間全く進歩していないわけではないということであります(**図-2.5.20**)．

それで基本的にはこういうふうに結果が改善されてき

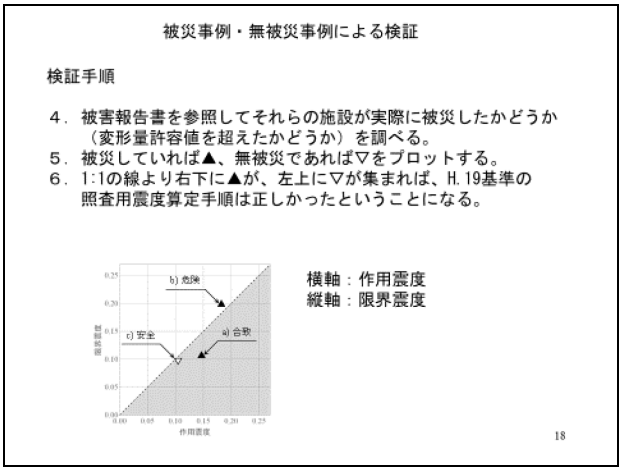


図-2.5.17

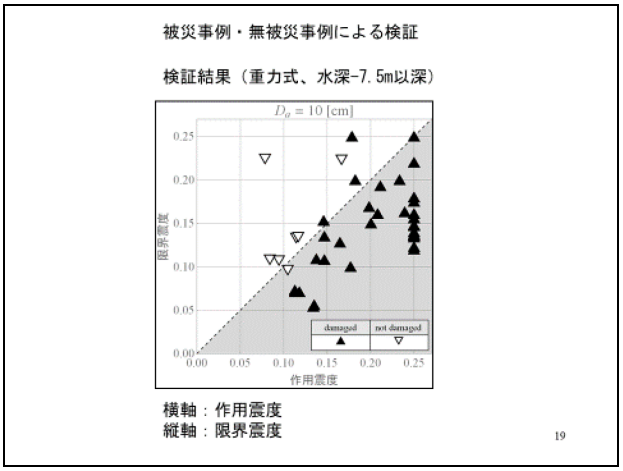


図-2.5.18

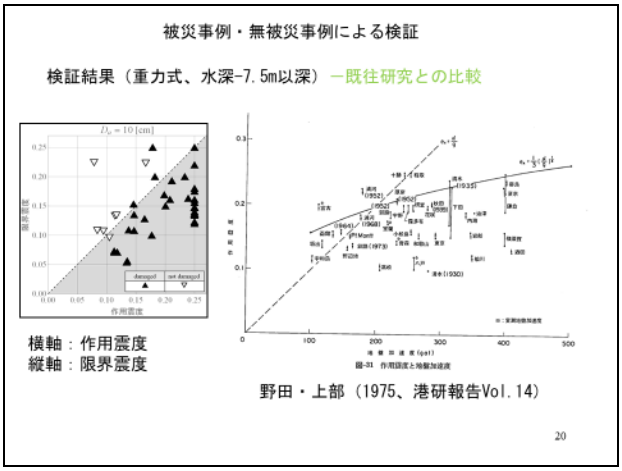


図-2.5.19

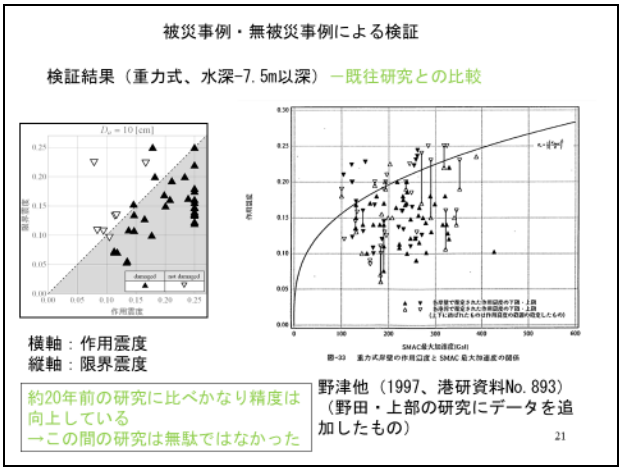


図-2.5.20

た理由というのは，フィルタを使っているということと，それから地震動の推定をサイト特性を考慮しているというところが主な原因だろうというふうに我々としては考えています．

それで 7.5m 以上の重力式についてはよかったんですけども，矢板式については今回の被災事例による検証ではデータ数が少なかったということで，あまり明確な結論を得ることができませんでした．どうしてそのデータ数が少なくなかったのかというその主な理由ですけども，液状化した施設というのはこの種の解析からどうしても対象外にしなければいけないということです．というのは，地盤で液状化が生じているような場合では，そもそも震度法で仮定しているような内部摩擦角とかそういうものに意味がなくなってしまいますので，そもそもその液状化した事例というのは解析対象にすることができないということが原因で，例えば日本海中部地震の時の秋田港の被災事例とかそういう矢板式岸壁の被災事例がだいぶ省かれてしまったということが主な原因になっております．

ここに直杭式と組杭式の結果をプロットしているんですけども，最初この結果を見た時に，本来壊れないはずの施設が壊れているんじゃないかというふうに我々も感じたんですが，よくよく過去の被害報告書を読み返してみるとこういう施設もやはり液状化施設である可能性が高いということで，この 2 つのプロットというのは意味がないというようなことを考えています．ということで矢板式についてはこの検証の結果，なかなか結果がイエスともノーとも言えないという結果でしたので，平成 19 年のものをそのまま踏襲して変えずに使うと．今回はそういうことになっております(**図-2.5.21**)．

それから変わったのがこれでありまして，同じ重力式でも水深 7.5m 未満のものについては，左側の平成 19 年の照査用震度式をそのまま適用してしまうと非常に思わしくない結果になるということがわかりまして，つまり本来壊れないはずの施設がたくさん壊れている，そういう結果になってしまうわけです．それで実は平成 19 年の基準が出たあとで，水産庁さんの方で別途色々検討なさっていて，漁港施設というのは水深が港湾施設より浅いものが多いんですけれども，その水産庁さんの方で別な新しい漁港施設を対象とした照査用震度式というのを作っておりまして，それを使ってみると水深 7.5m 未満の施設についてはだいぶ改善されるということがわかりました．左側よりも右側の方がだいぶ結果が良いということがわかりましたので，今回はこの式をありがたくいただいてくるということで，水深 7.5m 未満の重力式については水産庁さんの基準に載っている式を導入させていただいたということであります(**図-2.5.22**)．

今度は桟橋の方に移りたいと思いますけれども(**図-2.5.23**)，桟橋に関して，平成 19 年基準の課題というのを整理すると，通常桟橋のレベル 1 地震動に対する照査というのは，鋼材の応力であるとか，あるいは杭の支持力に対して実施いたしますけども，この他で直杭式桟橋の鋼材

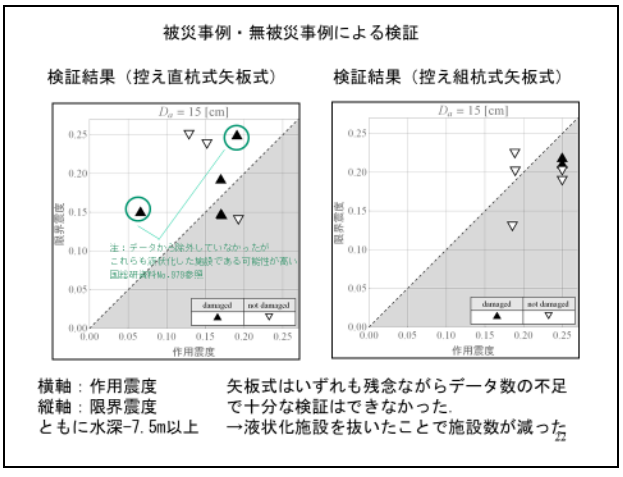


図-2.5.21

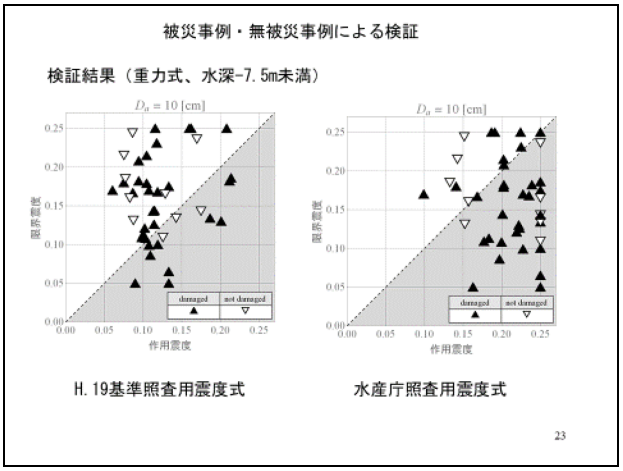


図-2.5.22

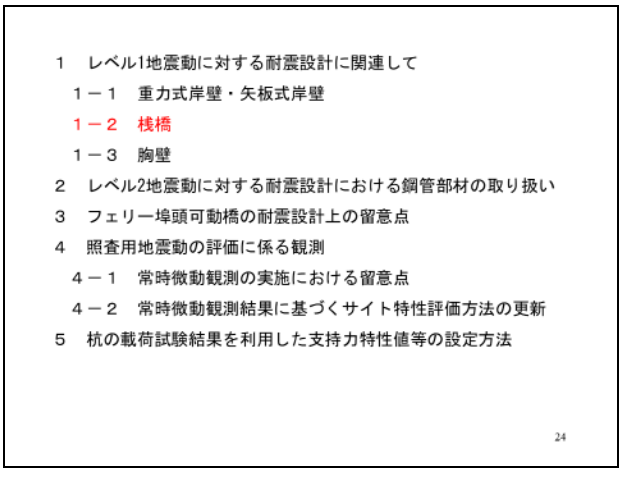


図-2.5.23

応力の照査を行う時に，平成 19 年の基準では桟橋のグレードに応じて異なる部分係数が設定されておりました．グレードというのは，耐震の中の特定，それから耐震の中の標準，それから通常ですね．そういった異なるグレードに対して異なる部分係数が設定されていたということなんですけども，我々としてはこういう課題があるというふうに考えておりまして，まずこのグレードの分類というのは直杭式桟橋だけについて提示されていて，別の種類の桟橋に対して存在していないというのが非常に不合理なものだというふうに考えておりました．それからこのレベル 1 地震動に対する設定なんですけれども，そもそもレベル 1 地震動に対しては要求する性能というのはグレードに関係なく使用性というのを要求しておりますので，要求性能は同じなのに 3 グレード毎に異なる部分係数が設定されているというのは根拠はないというふうに考えております(図-2.5.24)．

それから平成 19 年の課題のもう 1 つ，3 つ目なんですけども，実は桟橋の設計をする時にまず特性値を出して，それから設計用値を出すんですけれども，平成 19 年基準に書かれている文言を詳しく読み解いていって，それをグラフに表すとこういうふうになっているらしいということがわかりまして，今申しましたように，通常か特定かによってこの部分係数が異なるんですけれども，それぞれが頭打ちになって，一旦水平になったあとでこの横軸の特性値が 0.25 を超えるところでまた直線になっていくと．こういうふうなガタガタという線になっているということがわかるわけなんですけれども，こういう直線ではなくて，折れ線にしていることの意味というのは特に何もないわけですので，これ自体がやはり少し不自然だということを感じております．それでこういう課題を今回は解決しようということで，平成 30 年基準ではこういうふうに結果的になっております．まずレベル 1 地震動に対しては，すべて要求性能は使用性ということで同じですので，求める安全性の水準を 1 つにしようということで，その水準を調整係数 m というパラメータで決めようということで，結局曲がっているところのうまく真ん中を通るような直線を設定しまして，その係数を m として定めております．それと同時に特性値と設計用値の関係の不自然さも解消したということであります(図-2.5.25)．詳しくは本文の方に書いておりますのでご覧いただければと思います．

それからレベル 1 地震動の続きで胸壁なんですけれども(図-2.5.26)，胸壁に関して平成 19 年基準の課題は何だったかと言いますと，これはまさにサイト特性を考慮して港湾ごとに時刻歴波形でレベル 1 地震動が設定されているわけですけれども，そのレベル 1 地震動に対して胸壁の照査用震度はどのように設定すればいいかということが未整備であったということであります．それにつきましては，今回レベル 1 地震動に対する胸壁の照査用震度算定法を提示するということで対応しております．今回新たに提示されている照査用震度算定法というのは，基本的にはこれまでの桟橋に適用されていた照査用震度算定法に近い

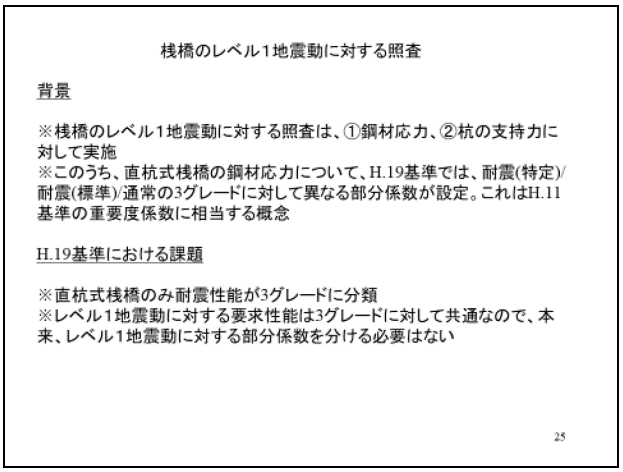


図-2.5.24

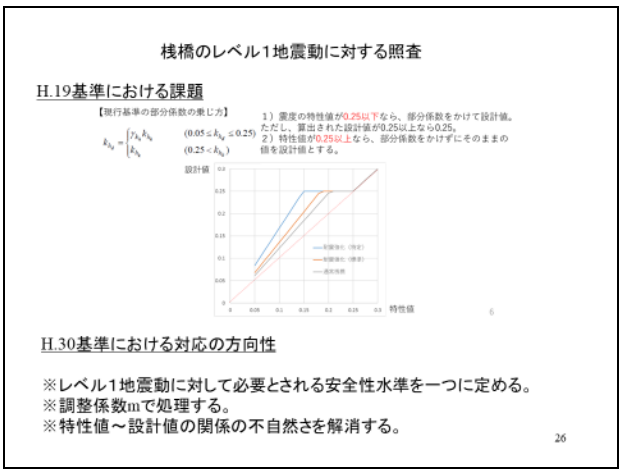


図-2.5.25

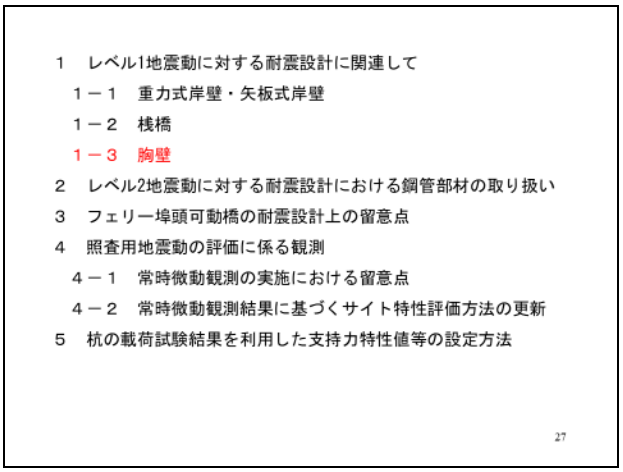


図-2.5.26

イメージのものになっております(図-2.5.27)．この部分は主に港湾空港技術研究所の小濱グループ長が中心となって提案されていて，最終的には港湾空港技術研究所報告という形で載っておりますので，詳しくお知りになりたい方はそちらの方をご覧いただければと思います．

概要だけ申しますと，まず性能照査用の断面を仮定しまして，土質条件を整理しまして，加速度応答スペクトルを算出いたします．そして工学的基盤で入力地震動が与えられていますので，それを１次元の地震応答解析を使って地表まで持っていきます．ここが桟橋の場合と少し違うとことでありまして，桟橋の場合は $1/\beta$ 深さまで地震波を上げてそこでの応答スペクトルを持ちますけども，胸壁の場合は地表での加速度を求めて，それから加速度応答スペクトルを算出するということであります．一方で胸壁の固有周期が必要になりますので，固有周期については静的なフレーム解析，これは桟橋と同じように静的にフレーム解析を元に固有周期を算出いたしまして，加速度応答スペクトルと固有周期から照査用震度を算定するという流れになっております(図-2.5.28)．

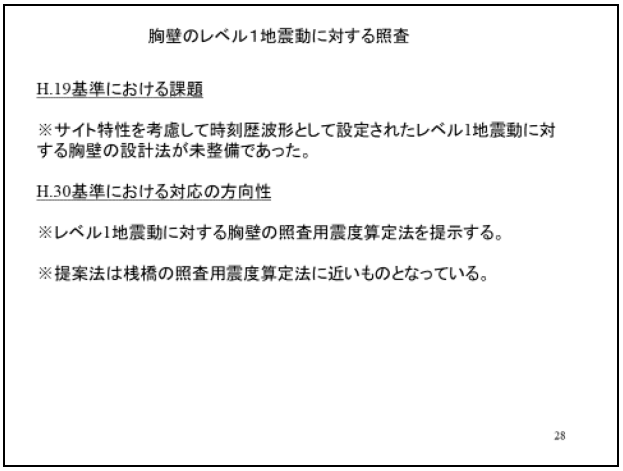


図-2.5.27

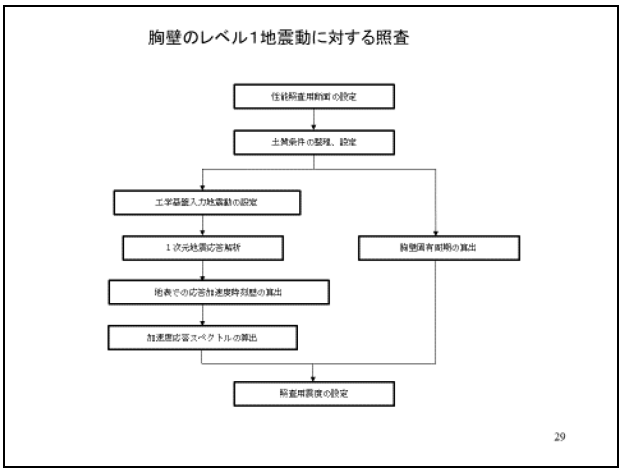


図-2.5.28

その固有周期を算定する時は，静的な骨組解析によって求めることができるわけですけど，その時に地盤バネを考慮するということで，その壁体部についてはフーチング部に相当する横梁要素，それから地上部の壁体に相当する縦梁要素というのを用いまして，壁体の重心位置に水平力を作用させまして，その水平力と変位の関係からバネ地要素を求める，そういうやり方になっています(図-2.5.29)．詳しくお知りになりたい方は港湾空港技術研究所報告がネットでも見られますので，これをご覧いただければと思います．

今度はレベル２地震動の話に移りますけども，レベル２地震動に対する耐震設計で今回一番変わったのは，鋼管部材の取り扱いのやり方が変わったということであります．この部分について詳しくご紹介します(図-2.5.30)．桟橋のレベル２地震動に対する照査というものについて復習いたしますと，過去の桟橋の大地震時の被災事例というものを見ますと，基本的には桟橋の被害というのはＡパターンかＢパターンで起きておりまして，このＡパターンというのは後ろの土留めが過大な地震力によって耐え

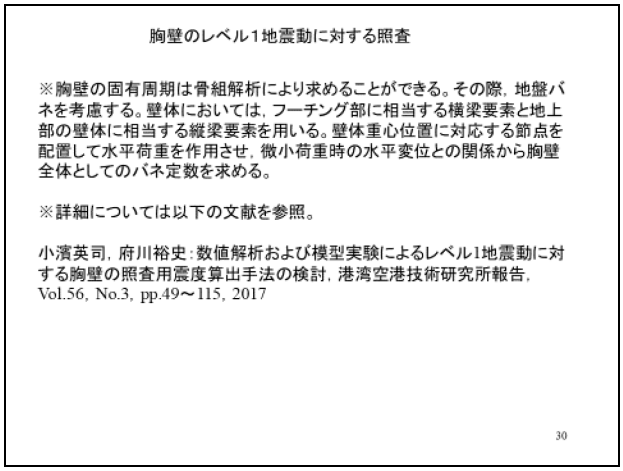


図-2.5.29

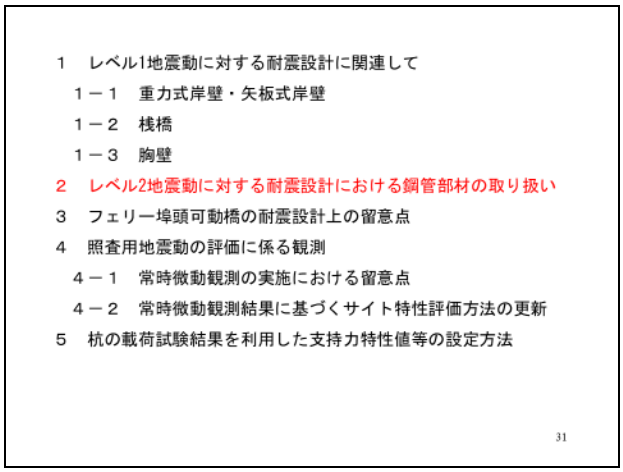


図-2.5.30

られずに前に出てきてしまって，それが土留めが渡版を介して桟橋上部工を押し出してしまうと．その結果杭が被災するというそういうパターンと，それからもう 1 つは土留めの渡版のところが仮に影響がなかったとしても，後ろの土留めと，それから土留めが動く時にはそれに伴って捨石の部分もやはり前に動いてしまいます．そうすると今度は，捨石が桟橋の杭を前に押すということで，それによって杭が被災をすると．そういう A か B のパターンですけれども，いずれにしても背後の土留めの動きと，それからそれに伴う捨石を含めた地盤の動きというものが桟橋の損傷に大きく影響していることが過去の被災事例から言えます．つまり桟橋の背後の土留めがなくて，桟橋が単体で揺れてその結果壊れた例というのは実はあまり過去の被災事例にはないということであります(**図-2.5.31**)．

一番有名なのはこの兵庫県南部地震の時の高浜桟橋でありまして，後ろの土留めが前に出てきて渡版を介して桟橋の上部工を押しまして，桟橋の上部工が 1.3m～1.7m も前に出てしまったと．それに伴って杭に損傷が生じたというそういう事例が一番有名な事例であります(**図-2.5.32**)．

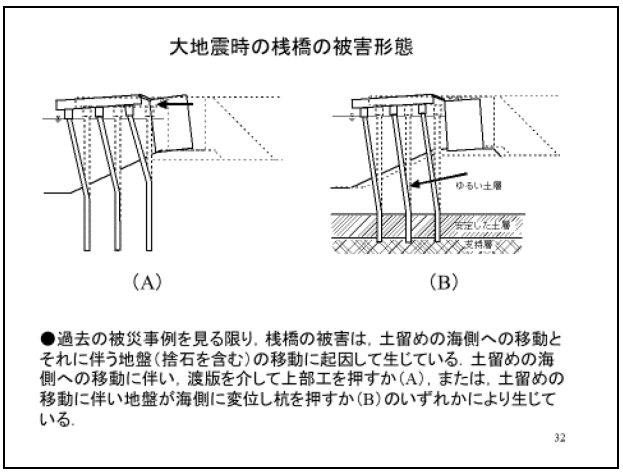


図-2.5.31

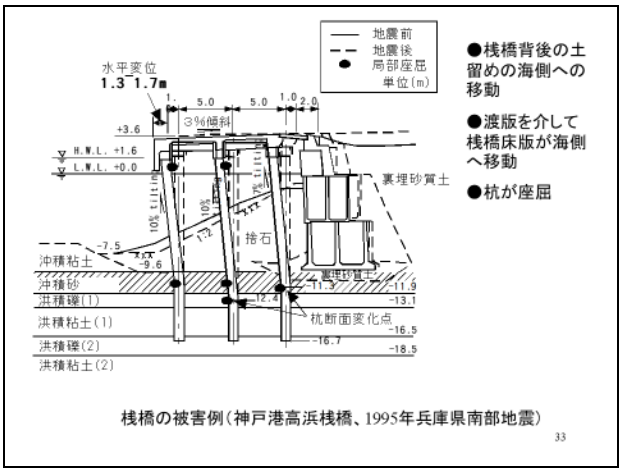


図-2.5.32

それから実は，同じような被害は繰り返し起きているわけでありまして，これは 2005 年の福岡県西方沖の地震による被害を受けた博多港の須崎埠頭の桟橋なんですけれども，ここは渡版でありまして，渡版の下に潜り込んで写しているという写真なんですけれども，これは左側が土留めになります．右側が桟橋の上部工なんですけども，この時も後ろの土留めが前に出てきまして，それで土留めが前に出てきた結果として，この渡版を介して桟橋上部工を押し出そうとした．つまり先ほどの高浜桟橋と同じような被害が生じかねない状況だったんですけれども，博多港の場合はたまたま土留めの上部工のコンクリートにあまり強度がなかったために，この土留めが桟橋を押そうとした瞬間に，こちらの土留め自身が壊れてしまって，結果的に桟橋の方にはあまり影響は及ばなかったというものであります．いずれにしても桟橋の被害に土留めが非常に関わってくるということが言えます(**図-2.5.33**)．

そういうことから桟橋のレベル 2 地震動に対する耐震設計での留意点というのは，結果的に構造物だけに着目しているのではだめだということです．地盤と構造物全体系の動きによって，最終的に桟橋が被災していますので，地盤と構造物全体系の動きをちゃんと見られるような照査方法を使う必要がどうしてもあるということで，そういう経緯から桟橋のレベル 2 地震動に対する耐震設計は基本的に FLIP を使っているということになるわけです(**図-2.5.34**)．

そこまでが平成 19 年の経緯でありまして，その中で平成 19 年基準にはどういう課題が残されていたのかというのが次のスライドからの話になります．

鋼管部材の扱い方にやはり問題が残されていたということであります．近年では経済設計の追及によりまして，径厚比，径厚比というのは杭の径を肉厚で割り算した数字です．その数字が非常に大きい，つまり肉厚が薄くて径が

図-2.5.33

大きいような鋼管杭が採用されるような機会が最近増えてきていたんですけれども，実はそれに対して十分に対応できていなかったということであります．従来，平成 19 年基準では FLIP で桟橋を対象にした解析を行う時に基本的にはこういう M-φ関係を使っておりましたけども，これは縦軸が曲げモーメントで横軸が曲率で M-φ関係なんですけども，ここは全塑性モーメントというところで頭打ちをすると．そこから先はフラットだという M-φ関係を仮定して，これまで解析を行ってきたわけであります．ただ実際には D/t，径厚比が大きな鋼管杭の場合には全塑性モーメントまで発揮できないということが指摘されておりまして，この D/t の数字によって挙動が異なるという，これは 1 つの概念なんですけれども，D/t が 100 というように大きい場合は全塑性モーメントまで達することなく耐力が低下してしまうという危険性があるということであります．これが課題の 1 であります(**図-2.5.35**)．

今度は課題の 2 でありますけども，一方で D/t があまり大きくない杭で，例えば D/t が 50 といったような杭の場合には，今までこの全塑性モーメントに対応するようなこの曲率までいきますと，従来の設計ではこの横軸でいきますと 1.0 というところに達するともうその杭は基本的には塑性ヒンジになってしまって，その部分に関してはアウトになると．そういう塑性ヒンジが杭に 2 ヶ所以上できるかどうかということで判定をしておりましたけれども，実は D/t があまり大きくないような鋼管部材につきましては，そこで終わりになるわけではなくて，そのあとかなり粘ることができるということがもう 1 つ指摘されております．これについては，せっかく粘ることができるのにその性能を十分に考慮せずに設計していたという逆にもったいないことをしていたということもございました．つまりこの縦軸の値に関しては場合によっては従来危険が多すぎる設計をしていたということと，横軸に関しては従来少し辛すぎた部分があるということであります(**図-2.5.36**)．

3 番目の課題として指摘されているのは，例えば軸力を作用する場合ですね．これが桟橋で，この桟橋が例えばΔという量だけ水平に動いた状態でさらに軸力が作用すると．こういう軸力が作用する例というのは，例えば，上にクレーンが乗っているとか諸々の場合がございますけれども，そういう場合には，実はこの軸力，圧縮側だったとした場合，部位とΔを掛け算してそれに 1/2 を掛けただけのモーメントがここで＋α で作用するということがございますけども，このモーメント，＋α で作用する付加曲げモーメントというものがこれまでの通常の梁要素では考慮されていませんので，その部分が少し危険側になっている恐れがあるという課題が指摘されたわけです(**図-2.5.37**)．

そういういくつかの課題を解決するために，これは主に港湾空港技術研究所の大矢という者がいるんですけども，大矢と鋼管杭・鋼矢板協会が共同で色々と研究をしまして，それでいちおう解決をみたので，新しい提案式が新基準に

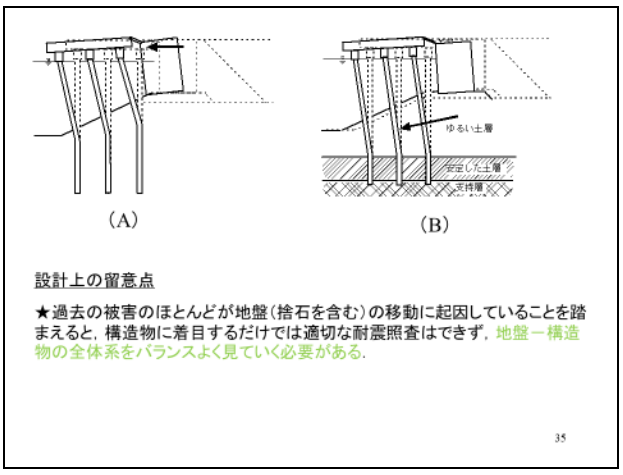


図-2.5.34

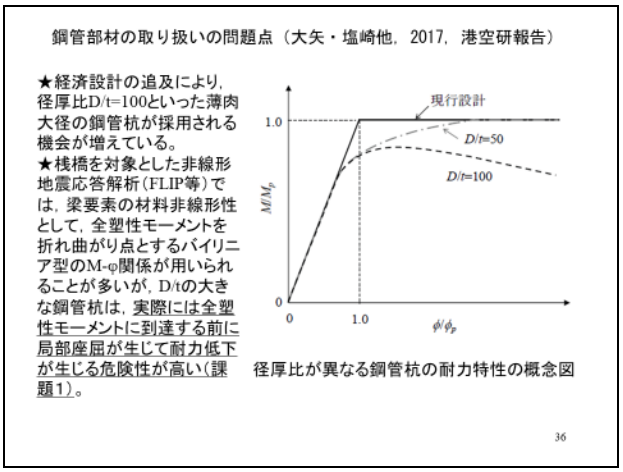


図-2.5.35

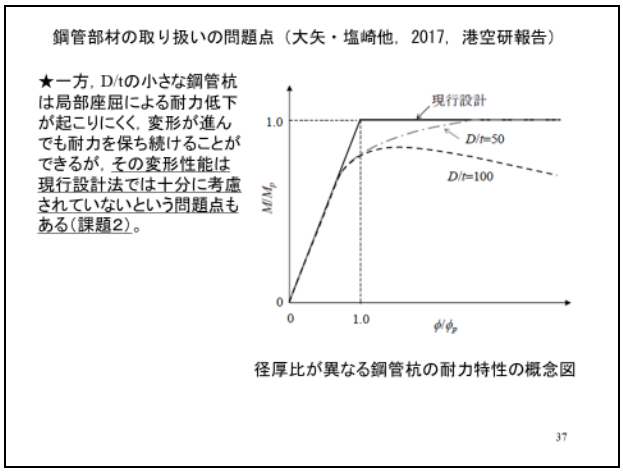


図-2.5.36

載っているということです．どういう研究をしたかということなんですが，詳しくは大矢が筆頭著者になっている港湾空港技術研究所報告をご覧いただきたいと思うんですけども，基本的にはシェル要素を使った３次元 FEM 解析を使って鋼管部材の耐化性能を把握したと．その際にまず解析の妥当性については実験で確認を行っていると．それで鋼管杭の耐化性能を把握した上で，それを普通の設計では梁要素を使いますので，普通の設計で使われている梁要素でうまく表現するためにどんなパラメータを設定したらいいのかということを検討したというものであります(図-2.5.38)．

このあたりは少し詳細に亘るので省略しながら説明しますけれども，鋼管部材の正負交番載荷試験というのが行われておりまして，交番載荷試験に伴って，これが実験で得られた M-φ関係です(図-2.5.39)．これをできるだけ再現するように３次元のシェル要素を工夫して，まず再現できるところまで持って行ったと．その再現できる３次元シェル要素を使って今度は色々な条件の元で桟橋の耐荷力を調べたということであります．例えば軸力比によって結果がだいぶ違うということがわかっておりまして，軸力比が大きい場合は少し注意をしなければいけないといった結果が得られております(図-2.5.40)．

３次元シェル要素の解析結果として得られた M-φ関係，これは横軸がφで縦軸が M になりますけども，それがこの黒線であるというふうにします．そうすると鋼管部材が黒

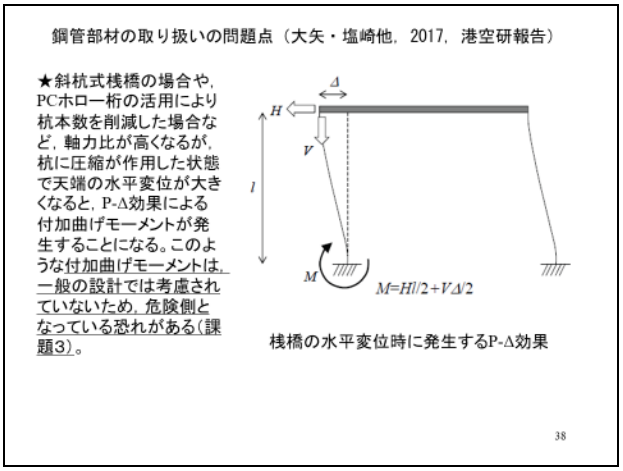


図-2.5.37

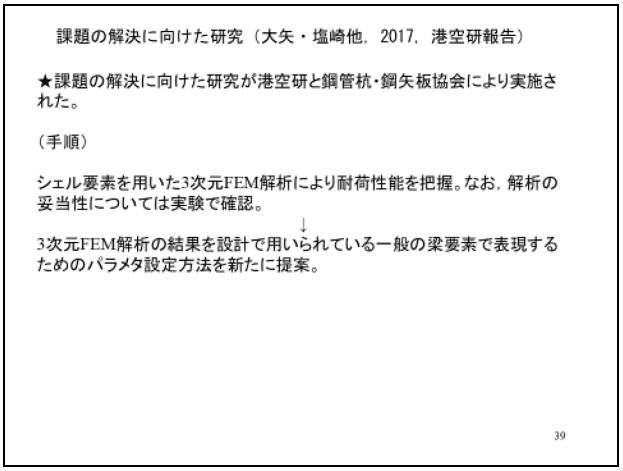


図-2.5.38

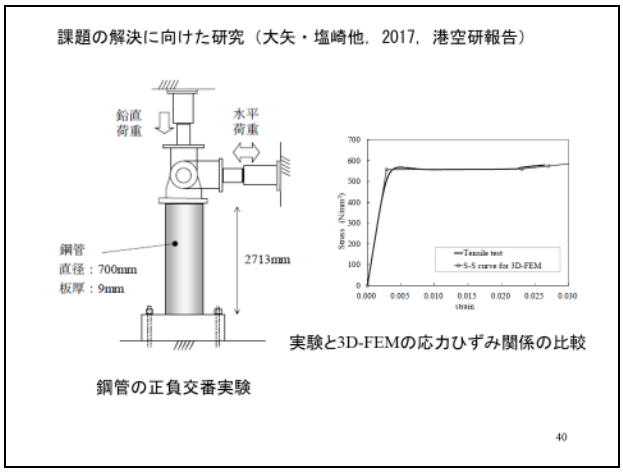


図-2.5.39

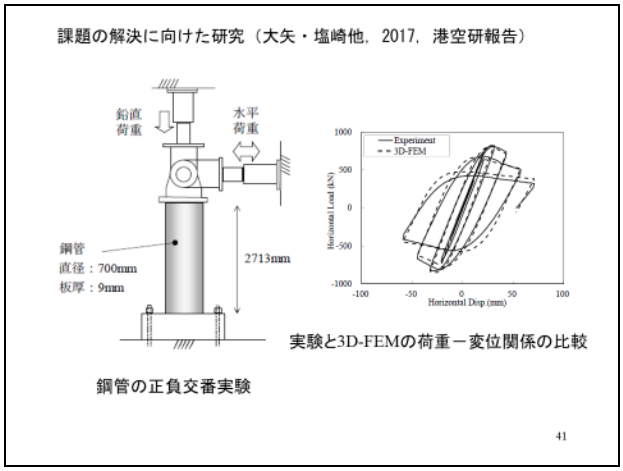


図-2.5.40

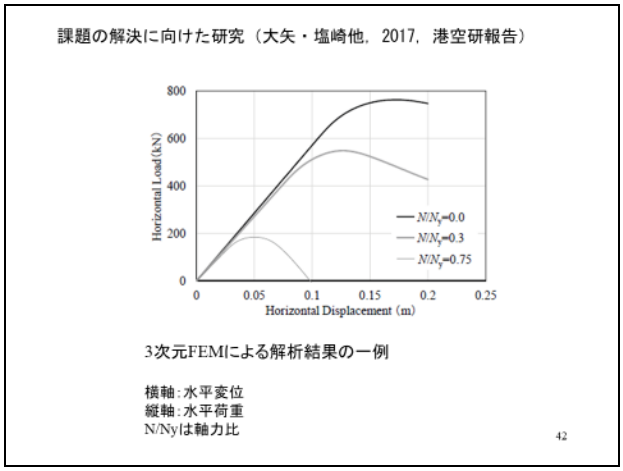


図-2.5.41

線のところまでの耐荷性能を発揮できるということなんですけれども，これは一般の梁部材で考慮する時には梁部材では先ほどのＰΔ効果による曲げモーメントというのは出てきませんので，ですから本来この黒い実線のところまでいけるんですけども，通常の梁部材で計算する時は少し遠慮して，この点線ぐらいのモーメントしか発揮できないというふうに考えておこうということであります(**図-2.5.41**)．

その点線の M-φ関係を今度はもう少し実際の設計で使えるように，便利なように，バイリニアモデルで近似してあげるということでちょうどこの点線が一番ピークに達するところ，この部分の曲率を限界曲率という名前を付けておりますけども，この限界曲率のところでちょうどうまく接するようにこういうふうなバイリニアモデルを設定いたしました．一旦こういうふうになりますと，もはやバイリニアモデルの頭打ちの数字は従来使われていた全塑性モーメントというものではございませんで，径厚比とかあるいは軸力比といったものによって色々変わりうる値になりますけども，もはや全塑性モーメントではないということです．それから横軸については，従来はこの角の部分に対応する曲率でもうアウトというふうにしていたわけですけども，新しい基準ではそこでアウトではなくて，ここまでいけるよと．限界曲率のところまでいけますと．そういうような考えになっていまして，限界曲率に達した箇所が上下 2 ヶ所あるかどうかといったような議論に変わってきているということです(**図-2.5.42**)．それで縦軸の M，最大モーメントというふうに呼んでおりまして，その最大モーメントがこの軸力に応じてどういうふうに変わるかというようなグラフが新しい基準の本の中にこういうものが出てきておりまして，小さくて見にくいんですけども，こういうパラメータの中に D/t というのが出てきておりまして，径厚比によって最大曲げモーメントが変化するようなそういうパラメータの設定方法になっております(**図-2.5.43**)．

同じように限界曲率ですね．横軸のどこまで許すかという限界曲率の方も，これは縦軸に限界曲率が取られていまして，横軸に軸力が取られておりまして，従来はこの点線のようだったんですけれども，今回の新しい基準ではこの黒い線のところまで許容するというような新しい提案がなされています．こちらの方もパラメータの中には先ほどの径厚比が入ってきていると．径厚比によって限界曲率が変わるというものになっております(**図-2.5.44**)．

以上，鋼管部材のところについてまとめますと，１つは従来の全塑性モーメントを使った評価では懸案となってしまっておりました耐荷性能の評価を改善したということ，それから径厚比とか軸力比に応じまして変形性能を適切に評価できるようになったということであります．その結果によって大径厚比，あるいは高軸力比といった一部のケースを除いては今回の方が変形性能をより大きく評価できるということになっております．全体としては，従来は肉厚を薄くして径の大きい杭が使われるといった傾向

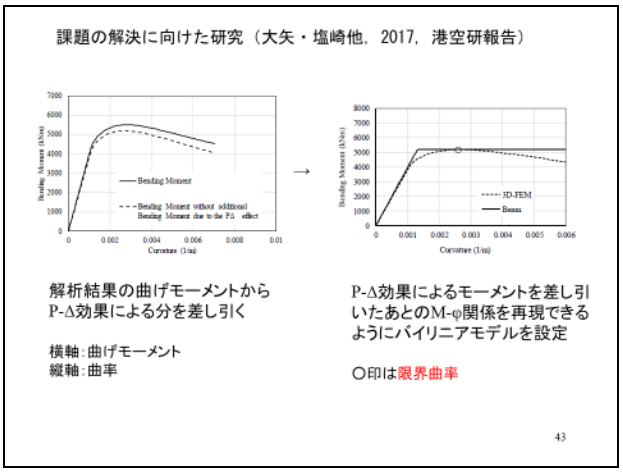


図-2.5.42

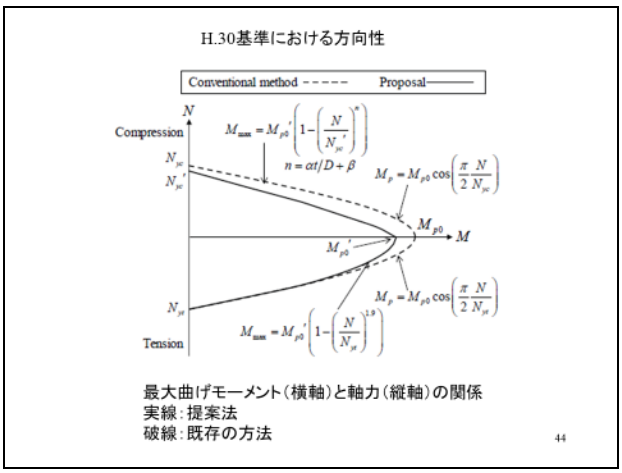


図-2.5.43

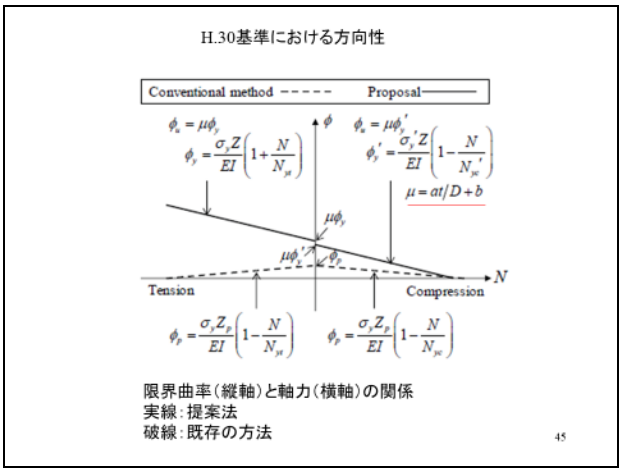


図-2.5.44

があったんでけれども，今回の新しい基準で照査する場合はそれよりも肉厚を厚くする，そういう選択をする方が結果的に設計上有利になるというような方向に向かっております．詳しくお知りになりたい方は港湾空港技術研究所報告をご覧いただければと思います(図-2.5.45)．

今度はまた別の話題に移りまして，フェリー埠頭可動橋の耐震設計上の留意点ということについてご紹介したいと思います．残り時間が少ないんですけども，残り時間を主にこの話題に費やしたいと思います．残っている話題の照査用地震動の話等はわりと枚数も少ないですので，ほんの触れるぐらいにしたいと思います(図-2.5.46)．

フェリー埠頭の可動橋は何がきっかけになっているかと言いますと，熊本地震で可動橋が被害を受けたというものであります．何が起きたかということなんですけども，これはフェリーに乗るために上下に動くことができるような桁を有している可動橋でありまして，この桁を上から油圧シリンダで吊るしてありまして，この油圧シリンダが伸び縮みすることによってこの桁が上下するという仕組みのものでありまして，フェリー埠頭にはよくあるタイプのものでありますけども，地震が起きた時に油圧シリンダがぶら下がっている門型の構造物，門構というふうに言うんですけど，この門構が矢印の方向に残留変位を生じてしまったということであります．この生じた残留変位というのはあまり大きなものではなくて，せいぜい8cmぐらいのものだったんですけども，それによって可動橋の上げ下ろしができなくなってしまったということであります(図-2.5.47)．

どうして上げ下ろしができなくなったかということなんですけど，実はこの赤い部分を可動橋の上に乗って上から見下ろした写真が次の写真なんですけれど，これが見下ろした写真であります．手前側が可動橋の上がったり下がったりする方の部分であります．奥の方が門構の部分です．しかしながらこの熊本地震の時に，門構の部分が基礎ごと矢印の方向に残留変位を起こしていまいまして，その結果何が起こったかというと，実はこの可動橋が上下する時に，このフックという飛び出しているものがこちら側のブラケット部の隙間を，元々はこの隙間を通るように設計されているんですけども，門構が左に動いてしまったためにフ

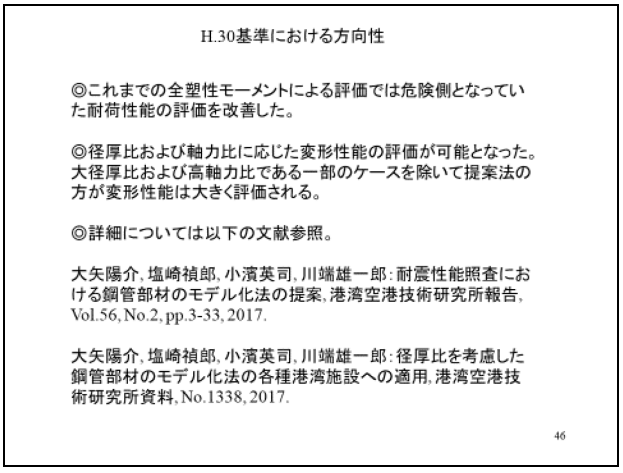


図-2.5.45

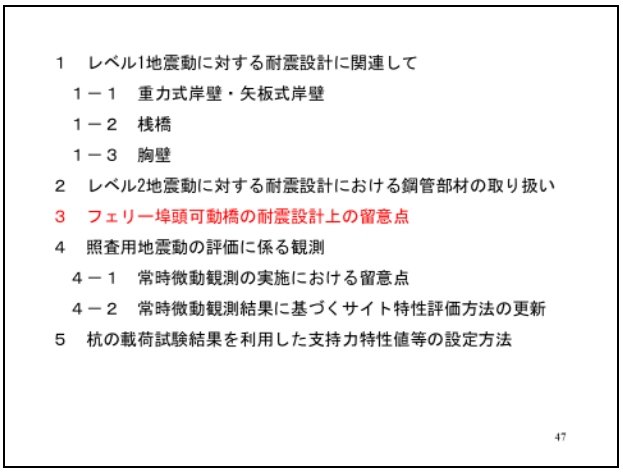


図-2.5.46

図-2.5.47

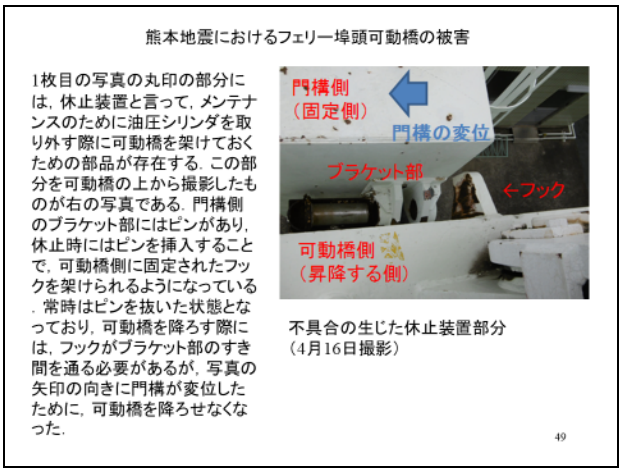


図-2.5.48

ックがここに当たるようになって下げることができなくなってしまったということであります．このフックが元々無ければ上下させることに何ら問題なかったんですけども，何のためにこのフックがあるかというと，実は可動橋を時々休ませる必要があると．休ませるというのは，例えば油圧シリンダのメンテナンスをする時に一時的に油圧シリンダを取り外さなければいけないと．そういう時にこの可動橋の桁を，この金属の棒をここに挿入してそこにフックを引っ掛けて可動橋をしばらく休ませておくと．可動橋の本来の機能というよりもどちらかというと枝葉的な機能のための部分なんですけど，ここで不具合が生じてしまったということです(**図-2.5.48**)．

元々どうして可動橋の門構が変容してしまったかというと，地盤の動きが関係しておりまして，平面で見るとこういうふうになっていまして，こちらに海岸線があってこちらにフェリーが着くんですけども(**図-2.5.49**)，断面を見ると海底面が，要するに船がいる側に向かって低くなっていると．傾斜があるということであります．こういう場所でかつ比較的軟弱な地盤ですので，こういう場所に強い地震動が作用しますとどうしてもこういう傾斜した地盤というのは低い方に残留変位を生じる傾向がありますので，その結果この矢印のベクトルの向きに，最初は地盤が変容してそれに伴って杭基礎もすべて矢印の方向に残留変位を起こしてしまったということであります(**図-2.5.50**)．

このように一見すると，構造物側に問題があって被害が生じたように見えてしまうんですけども，実はそれよりもむしろ地盤が関係していると．地盤の変形が不具合をもたらしているというところが港湾施設の被害の特徴ではないかというふうに考えております(**図-2.5.51**)．

こういったところの地震動というのはレベル 2 には至らない程度の地震動ではあったんですけども，やはりレベル 2 に至らないような地震動でも地盤が軟弱であればある程度の地盤の変形というのは避けられませんし，それに伴って施設の基礎が変形するということも避けられないということで，まず地盤の変位というものが生じる恐れがあるんだということを留意点として平成 30 年の基準には記載しております．ただレベル 2 に満たないような地震動，

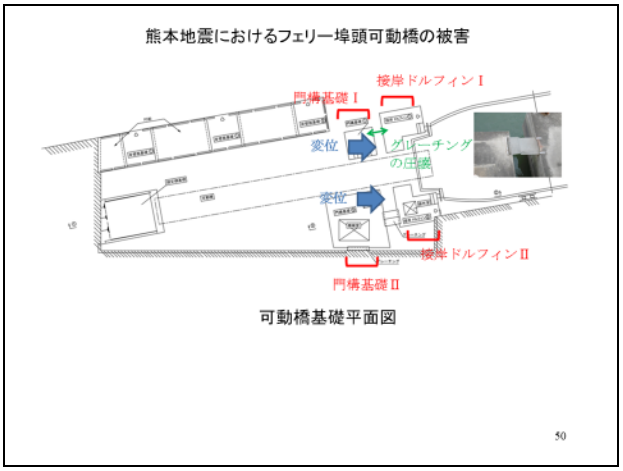


図-2.5.49

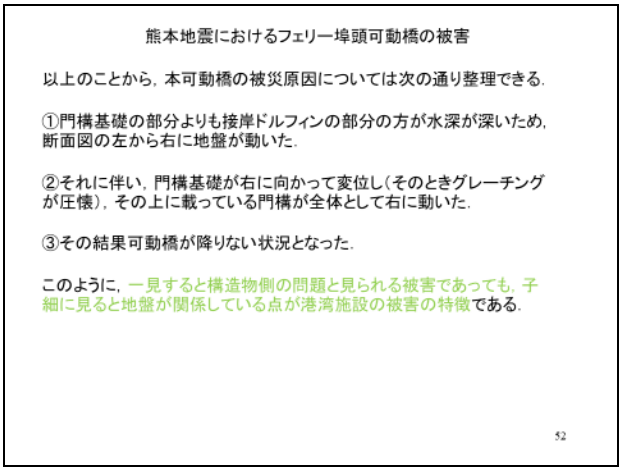


図-2.5.51

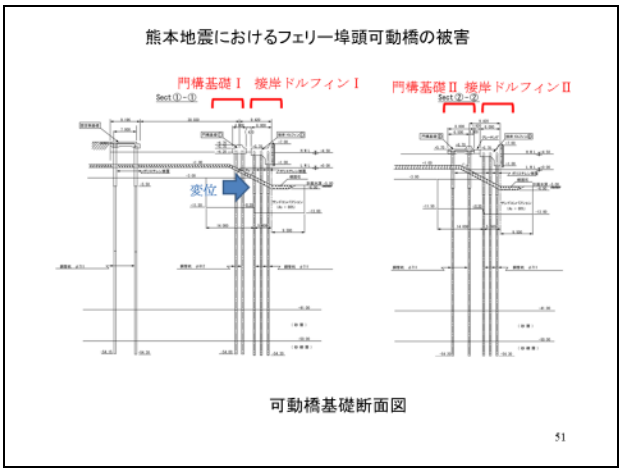


図-2.5.50

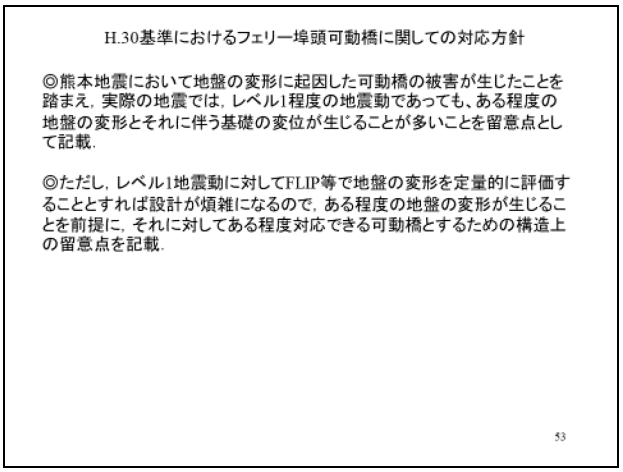


図-2.5.52

例えばレベル 1 地震動に対して，地盤の変形量を定量的に出そうとすると FLIP のようなプログラムを使わざるを得ないことになりますが，レベル 1 地震動に対して毎回 FLIP を回すのはやはりあまりにも手間がかかりすぎるということを考えまして，従って今回の平成 30 年基準の中では，地盤が何 cm 変形するかというのを定量的に評価するということではなくて，レベル 2 に対してはそれをやるんですけども，レベル 1 に対しては地盤が変形するということはある程度念頭に置いて，地盤が変形したとしてもそれに対応できるように可動橋側で構造上の工夫をしておきましょうというようなことが書かれております(図-2.5.52)．

具体的にどんな工夫が必要になるかということなんですけども，その前に技術基準の中の記載をするために全国的に可動橋の調査をさせていただきましたので，その結果として色々なことがわかってきております．

1 つは可動橋の基礎というのが基本的にはヒンジ部と門構部というのが必ずありますけれども，実に色々なタイプの基礎があるということがわかっておりまして，杭を使ったものとか重力式のものとか色々なものがあるんですけど，1 つ大きな特徴というのは，背後の土圧を門構部の直下で受けているというタイプ．左側のラインのタイプと，それとは別にヒンジ部の下あたりで背後からの土圧を受けているというタイプの断面と，大きく分けて 2 通りの断面があるということがわかりました．それで地震時に想定される変位の元としては，後ろから土圧を受けている部分が動きやすいということでありますので，例えばこちらの左側のラインのように門構部の直下で土圧を受けているような施設であればこの門構部の下が前に動きやすいですし，右側のラインのようにヒンジ部の直下で土圧を受けている構造物であればこのヒンジ部の直下が前に出やすいということであります．ですから左側のラインの場合にはどちらかというと門構部とヒンジ部が相対的に伸びるような残留変位が想定されますし，右側のラインであれば今度逆に門構部とヒンジ部が縮まってくるという変位が予想されます(図-2.5.53)．

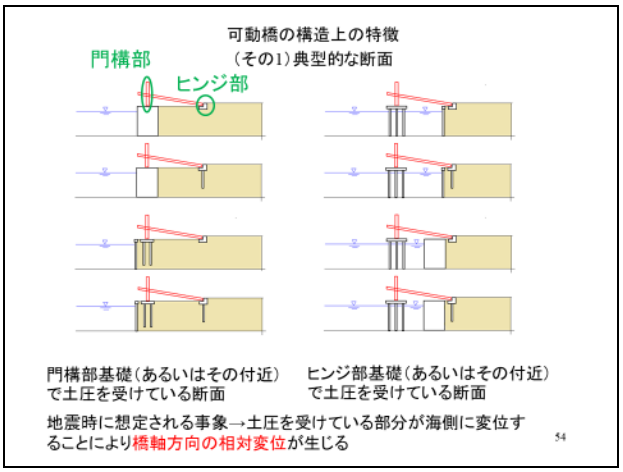


図-2.5.53

今は主に橋軸方向について見たわけですけども，今度は平面的に見ていきますと，こういった色々なパターンがありまして，フェリー埠頭でよく見られるパターンというのはやはりこの(a)(b)のように船の左側か又は右側のどちらかに護岸があるというものがあります．もちろん護岸がないという(c)のようなパターンもございますけども，そうしますと例えば左側に護岸があるような平面形状であれば，地震が起こりますとこの護岸が右の方に向かってせり出してくるということが懸念されます．実は今回の地震でまさに別府港の可動橋では側方の護岸が前に出てきているというような変状を示したと．護岸が出てくるとここにサイドローラーというのがありまして，このサイドローラーというのは先ほどの桁を左右から挟みこんでおりまして，この桁が頭が振れないようになっているものです．サイドローラーの隙間というのはほんの 1cm とかそれくらいの隙間しかない非常にキチキチなんですけど，しかし

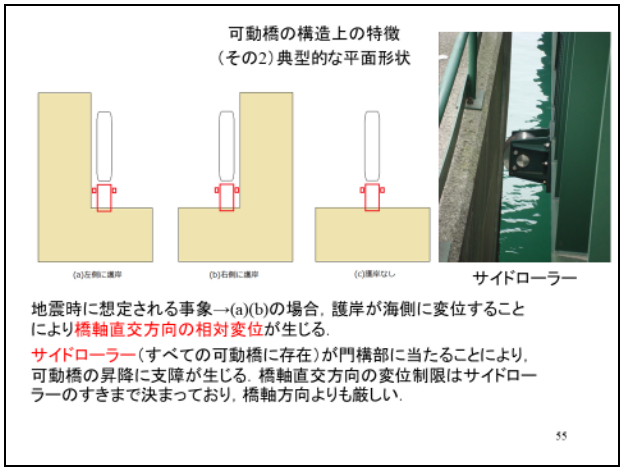


図-2.5.54

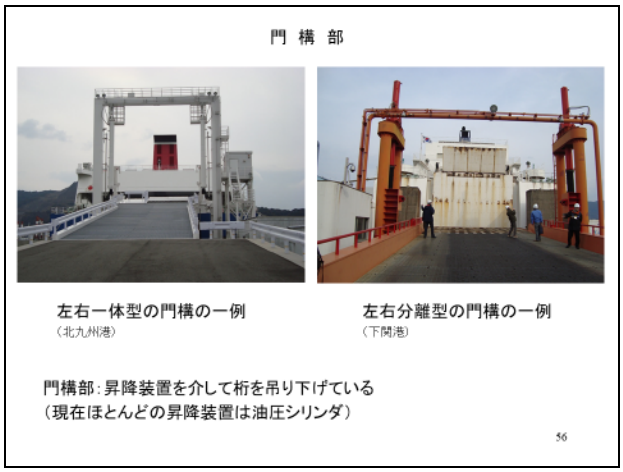


図-2.5.55

護岸が前に出てきますと，このサイドローラーのところが当たってしまってそこでつっかえるということが実際に起きております(図-2.5.54)．

フェリー埠頭の可動橋というのは，このように門構部から油圧シリンダをぶら下げているものがほとんどなんですけれども，その油圧シリンダのぶら下げ方，そうは言っても実は色々な形式がありまして，その形式の違いによっても構造物が地震の変位に対して柔軟に対応できるかどうかが色々どうも違っているようだということであります(図-2.5.55，図-2.5.56，図-2.5.57，図-2.5.58，図-2.5.59)．

今回平成 30 年基準の中でどういうふうな具体的な記載を採用したかということなんですけれども，2 つのことを大きくは書いております．1 つはこれまで述べてきましたように門構部とヒンジ部という 2 つの部分があって，その間に相対変位が起きてしまうということが不具合の原因になりやすいということであります．従って 1 つは，もし可能であれば，あまり大型の可動橋の場合は難しいとは思いますけれど，ヒンジ部と門構部が一体化された基礎の上に構築すると．あまり大きくない可動橋の場合は，実際そういう例もございますので可能は可能だということなんですが，そういうふうにしておくと地震の時の不具合というのはまず生じにくくなりますということを書かせていただいております．それからもう 1 つは対応策その 2 ということで，もしもヒンジ部と門構部を一体化させるということが仮に難しい場合は，この間にある程度の相対変位が生じたとしても，それに対応できるように構造上の工夫をしましょうということで，これについては橋軸方向の相対変位と橋軸直交方向の相対変位と 2 つの要因がありますので，それぞれについて分けて記載をしています(図-2.5.60)．

まず橋軸方向なんですけれども，例えばこちら手前がヒンジ部で奥が門構部であります(図-2.5.61)．このヒンジ部と門構部が仮にお互いに距離が縮んだりあるいは距離が離れたとした場合に何が起こるかということなんですけれども，可動橋をぶら下げている油圧シリンダ自体は多少の桁の前後には対応できるような自由度を有しておりますので，そこ自体はあまり問題がないかなと思います．

図-2.5.56

図-2.5.58

図-2.5.57

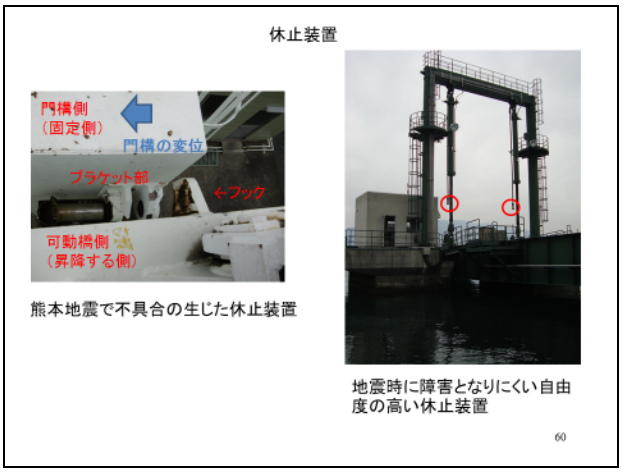


図-2.5.59

しかしながら，油圧シリンダの取り付け方法の違いによってだいぶ結果が変わりうるということです．これはその違いの例を示しているんですけれども，油圧シリンダがこの上の例のように非常に狭い空間，非常に狭いスペースの中に取り付けられているというものと，それから下の写真のように広々とした空間の中，広々としたスペースに油圧シリンダが取り付けられている，こういう違いがあります．この前者の場合は，この部分のクリアランスが非常に小さいですので，従って，例えばこれは門にぶら下がっていますが，門全体が左に動いたり右に動いたりしますと，この油圧シリンダが簡単にコンクリートにぶつかってしまって支障が生じるということです．ですから，油圧シリンダを取り付ける時にできるだけ周りが狭苦しいところではなくて，なるべく広々とした中に取り付けた方がいいですということが１つであります(**図-2.5.62**)．もう１つはまさに熊本地震で起こったことでありまして，休止装置が不具合の原因になることが多いと．こういうふうな装置でありますと，例えばほんのわずか数 cm 左右に残留変位が生じただけでも通らなくなってしまいます．しかし休止装置というのは必ずしもこういうタイプである必要はありません．日本全国見ていきますと，実際色々なタイプの休止装置がございます．例えば呉港にある可動橋の休止装置というのは，上からだらーんとぶら下がっているだけでありまして，それに可動橋の桁を吊り下げるというフレキシブルなタイプの休止装置でありますので，こういうものにしておくと問題は生じにくいということであります(**図-2.5.63**)．

時間がないのでやめようと思いますけど，もう１つ橋軸直交方向の動きですね．護岸が横方向に押し出してきた場合，それに対してどういうふうに対応するかという問題が最後に残るわけですけれども，これに対してはやはりもう可動橋のヒンジ部を工夫するしかないと．通常のヒンジ部というのは，上下だけの変位を許容するようなヒンジになっているんですけども，色々な可動橋を調査させていただく中で，ヒンジ部が２段になっていて，上下だけではなくて左右にも首を振れるような，この写真がそれなんですが，そういう工夫がされているようなセンターピン方式というヒンジ部もありますので，こういうものを採用していた

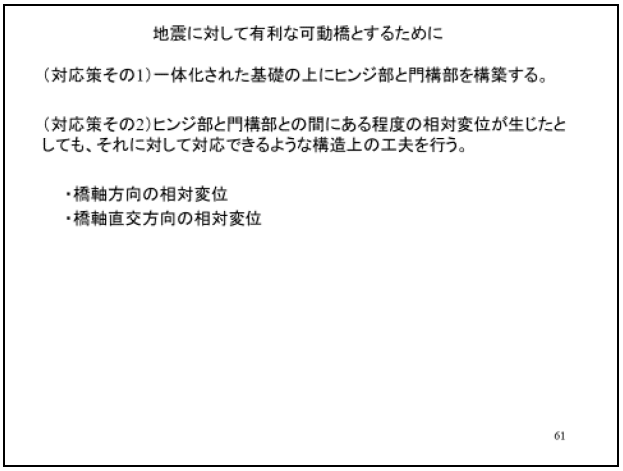


図-2.5.60

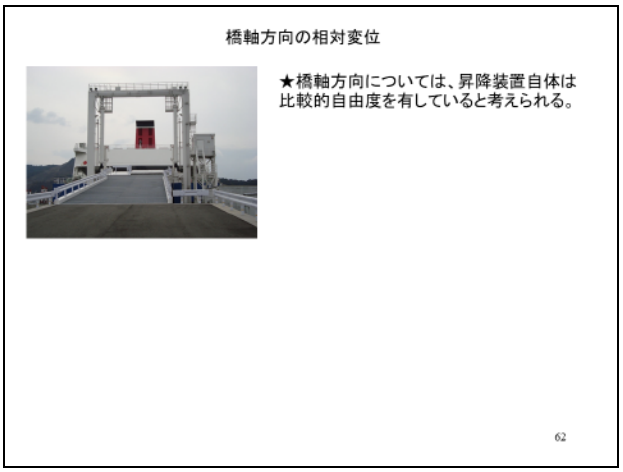


図-2.5.61

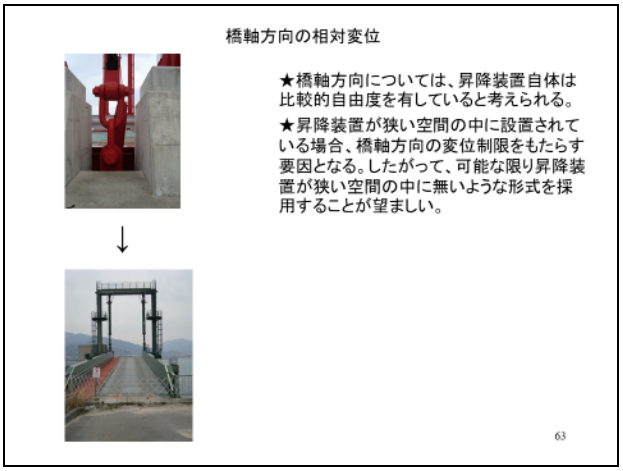


図-2.5.62

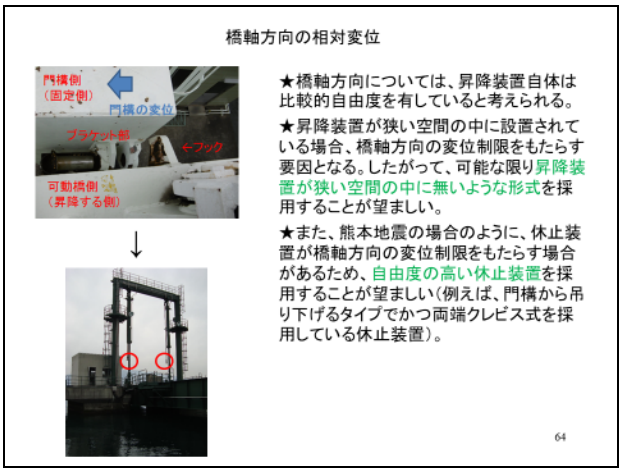


図-2.5.63

だけると側方の変位にも対応できるといったようなことを書かせていただいております(図-2.5.64，図-2.5.65，図-2.5.66)．

時間がないのでやめますが，常時微動観測の地震における留意点というのは一言だけ言いますと(図-2.5.67)，岸壁の近く，例えば30m離れたところ，こういうところで測

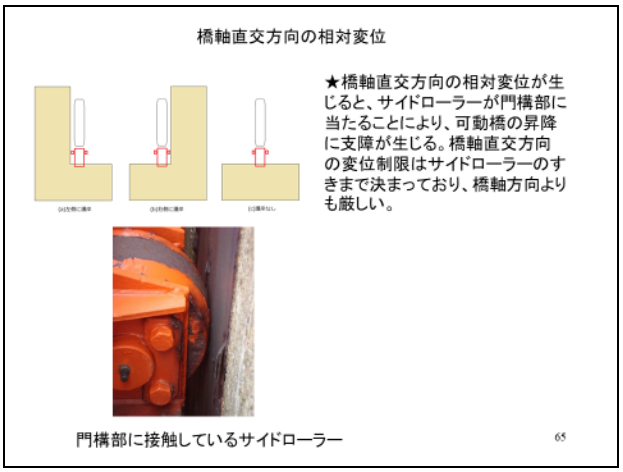


図-2.5.64

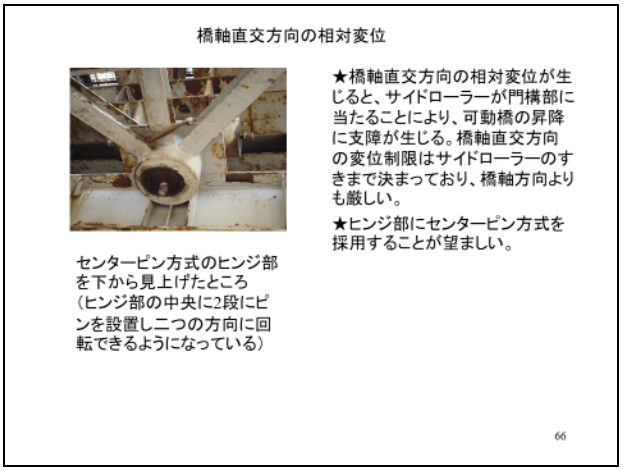


図-2.5.65

図-2.5.66

った時のデータの中に，通常これは常時微動観測をする時は水平2成分両方使うわけなんですけれども，法線平行成分と法線直交成分とはかなり違う場合があるということが何ヶ所かで指摘されています．常にそうなるわけでもないんですが，どうも法線直交成分の常時微動を使うと地盤の特性とはまったく関係ないピークが生じてしまう場合がありそうだということであります(図-2.5.68)．結局どうかということですが，従来のように水平2成分を使う解析だけではなくて，法線平行成分だけを使ったH/Vスペクトルも書いてくださいというのが新しい技術基準の中に入っています(図-2.5.69)．

それから新竹補正です．常時微動のデータを元にサイト増幅特性を補正しますという時に新竹補正という方法があって，古い方の竹はそのままなんですけど，新竹補正の方が少し極端な補正をし過ぎてしまうということで，それを少し改善したということであります(図-2.5.70，図-2.5.71)．

それから最後，杭の載荷試験です(図-2.5.72)．これは一言で言いますと，杭の支持力を求める時にN値から取る

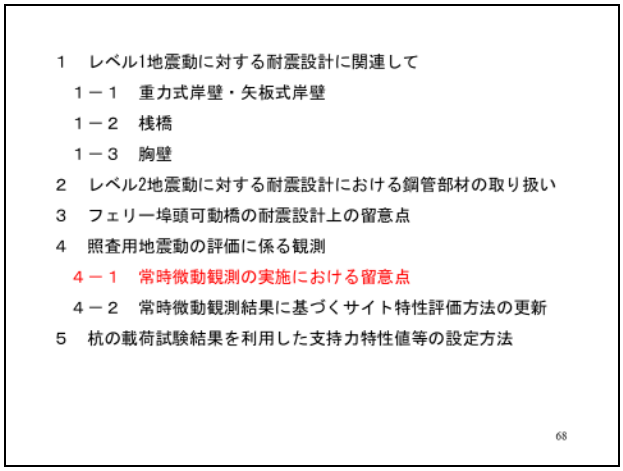


図-2.5.67

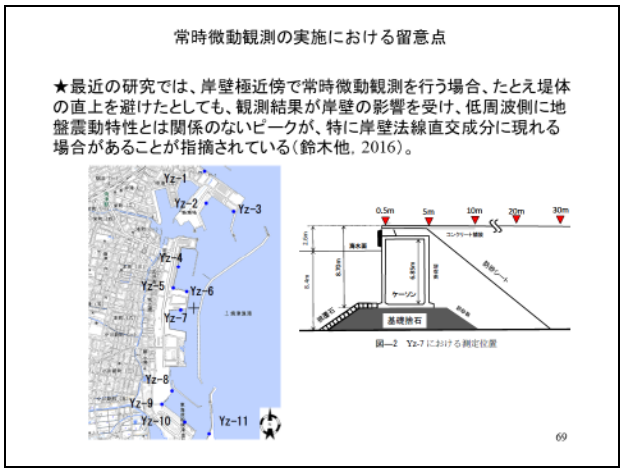
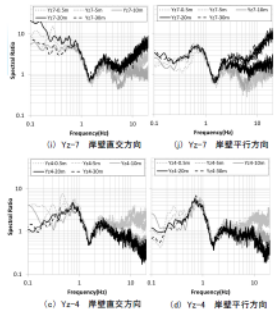


図-2.5.68

場合だけではなくて，きちんと載荷試験をやる場合もありますが，きちんと載荷試験をやった場合というのはその分信頼性が上がっているので，本来であれば少し安全率を低減させることができるわけですけれども，その場合にどういう考え方に基づいて安全率を低減させることができるかということが従来は何ら触れられていなかったと．今回は水谷グループ長の港湾空港技術研究所報告の中でそれが触れられているので，これを引用しているということになります(図-2.5.73)．

すみません，少しだけ延びてしまったかもしれませんけども，これで地盤・耐震関係の変更点の説明を終わらせていただきます．ありがとうございました．

常時微動観測の実施における留意点



鈴木他（2016）

★この研究の中では、岸壁前面と背後の標高差の3倍程度岸壁法線から離れ、かつ、岸壁法線平行成分に着目すれば、岸壁の影響を回避できることも指摘されている。そこで、岸壁の極近傍で観測を行う場合、岸壁前面と背後の標高差の3倍程度岸壁法線から離れ、かつ、後に述べる常時微動H/Vスペクトルの算出においては、通常用いられる水平2成分の自乗平均の平方根以外に、岸壁法線平行成分からもH/Vスペクトルの算出を行い、必要であれば岸壁法線平行成分から算出したH/Vスペクトルを用いて以降の検討を行うことを推奨することとしている。

70

図-2.5.69

1　レベル1地震動に対する耐震設計に関連して
1－1　重力式岸壁・矢板式岸壁
1－2　桟橋
1－3　胸壁
2　レベル2地震動に対する耐震設計における鋼管部材の取り扱い
3　フェリー埠頭可動橋の耐震設計上の留意点
4　照査用地震動の評価に係る観測
4－1　常時微動観測の実施における留意点
4－2　常時微動観測結果に基づくサイト特性評価方法の更新
5　杭の載荷試験結果を利用した支持力特性値等の設定方法

71

図-2.5.70

常時微動観測結果に基づきサイト増幅特性のピーク周波数とピーク値の双方を補正する方法（いわゆる新竹補正）の更新

H.19基準における課題

※常時微動観測結果に基づきサイト増幅特性のピーク周波数とピーク値の双方を補正する方法（いわゆる新竹補正）では，低周波側では補正元と補正先での微動H/Vスペクトルの比を用いるため，補正元で微動H/Vが小さく補正先で大きい場合に，それらの相乗効果で極端に大きいサイト増幅特性が得られる場合があった。

H.30基準における対応の方向性

※極端に大きいサイト増幅特性が得られることのないような修正法を新たに提示する。

72

図-2.5.71

1　レベル1地震動に対する耐震設計に関連して
1－1　重力式岸壁・矢板式岸壁
1－2　桟橋
1－3　胸壁
2　レベル2地震動に対する耐震設計における鋼管部材の取り扱い
3　フェリー埠頭可動橋の耐震設計上の留意点
4　照査用地震動の評価に係る観測
4－1　常時微動観測の実施における留意点
4－2　常時微動観測結果に基づくサイト特性評価方法の更新
5　杭の載荷試験結果を利用した支持力特性値等の設定方法

73

図-2.5.72

杭の載荷試験結果を利用した支持力特性値等の設定方法

H.19基準における課題

※杭の支持力の照査の際は、杭の軸方向押込み抵抗力の特性値を基に安全上の余裕を考慮して決定した設計用値を用いる。一般に、杭の載荷試験を実施した場合は、推定式を用いる場合に比べ軸方向押込み抵抗力の特性値の推定精度が高いことから、それを考慮して安全上の余裕の見方を変更できると考えられるが、その方法については未確立であった。

H.30基準における対応の方向性

※水谷崇亮：載荷試験を活用した杭の軸方向抵抗力の推定方法，港湾空港技術研究所報告，Vol.55，No.1，pp.3～23，2016.

74

図-2.5.73

2.6　海象・耐波設計・耐津波設計

(国研)海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所
海洋研究領域 耐波研究グループ長　鈴木 高二朗　氏

港湾空港技術研究所の鈴木と申します．今日は「気象・海象・津波の主な改訂内容」ということで，ご説明させていただこうと思います．

まず最初に，どちらかというと台風の時の波のようなものの改訂内容を話しまして，そのあとに東日本大震災のあと津波関連の内容がだいぶ増えておりますけれども，そこの部分の改訂内容を説明させていただこうと思います．

なかなか小さい図面を書いてしまったところもありますので，後ろの方は配られている資料をご覧になられて聞いていただければと思います．

まず最初文字だけになってしまいますけれども，局地気象モデルと波浪推算についてお話させていただきます．局地気象モデルというのは，気象庁から与えられる風とかそういったものよりもさらに細かく気象場を計算することができるモデルなんですけれども，そういったものを使って波浪推算をすることができるということがありまして，そういったものを少し今回の改訂で紹介しています．局地気象モデルとしてはこれまで MM5 というものが主に使われてきたんですけども，最近ワーフ（WRF）という新しいモデルなんかも出てきまして，こういったものを使うと，例えば東京湾ですとか伊勢湾といったような地形が非常に複雑な場所も気象場をしっかり解くことができるということで，そういったものを使って波浪推算ができるようになってきました．次に波浪推算モデルですけども，これまで WAM ですとか SWAN といったモデルがありまして，こういったものでだいぶ波の高さを精度良く推算できるということがわかってきていますけれども，最近では WW3 と書いておりますが，ウェーブウォッチ 3 という新しいモデルも開発されてきています．これはどちらかというと周期の再現性が高くなっているというモデルでして，これを説明していこうと思います(図-2.6.1)．

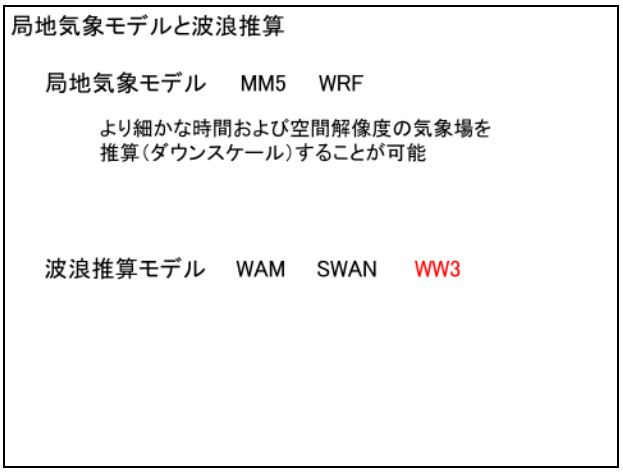


図-2.6.1

波浪推算のモデルを使う時は，例えば気象庁から出てくるような海上風を使って，あとは海底地形を入れてそれを波浪推算モデルに入れて計算してくるわけですけれども，先ほどお話しました局地気象モデルというものを入れますと，さらに細かく詳細な計算ができます．

この映像は波浪推算の計算をしているような状況になります．局地気象モデルとしましては，どういったものを入力データとして入れるかといいますと，気象庁からグリッドポイントバリュという水平 20km 格子のデータがありまして，通常はそういったデータをこの MM5 とか WRF というモデルに入れまして，それと地形データあるいは海面の水温データなどを入れますと，かなり細かく計算ができるというものです(図-2.6.2)．

この辺は少し飛ばしていきますけども，これは局地気象モデルによって計算された動画ですけれども，こういったものを使うと，例えば伊勢湾，先ほどもお話しましたけども瀬戸内海ですとか，そういったかなり地形が影響するよ

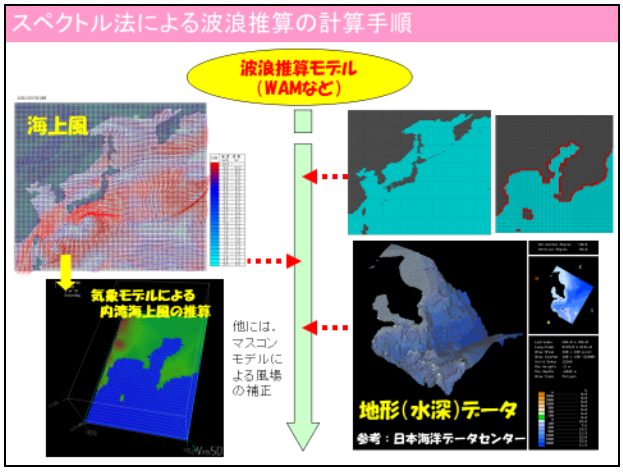


図-2.6.2

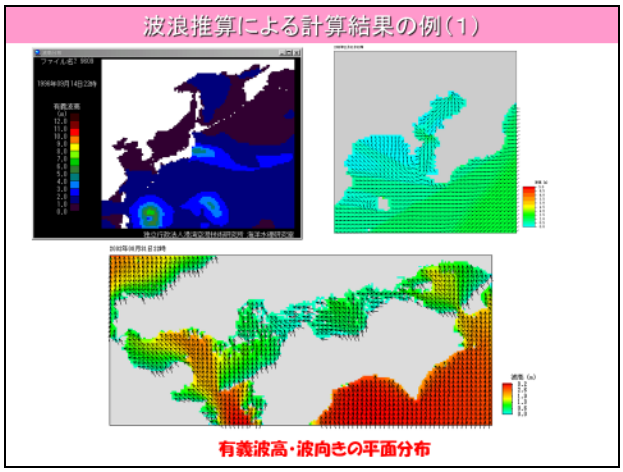


図-2.6.3

うな場所ですと風が変わってしまんですけども，それらを細かく計算することによりまして，波の高さを精度良く推算できるようになってきました(図-2.6.3，図-2.6.4，図-2.6.5，図-2.6.6)．

今回の改訂ではどういうふうな取り扱いをしているかといいますと，まず気象モデルですけども，これまでは台

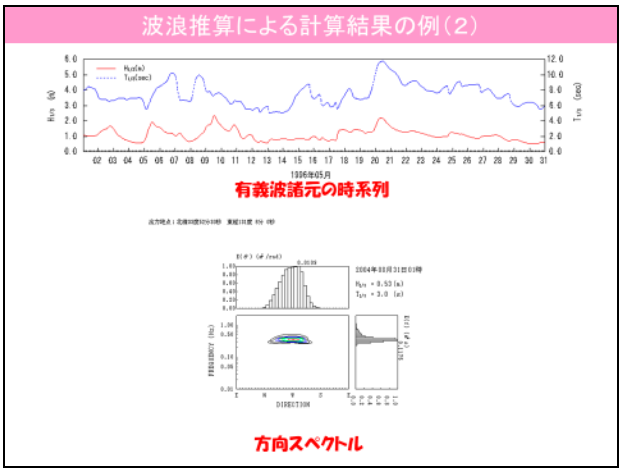


図-2.6.4

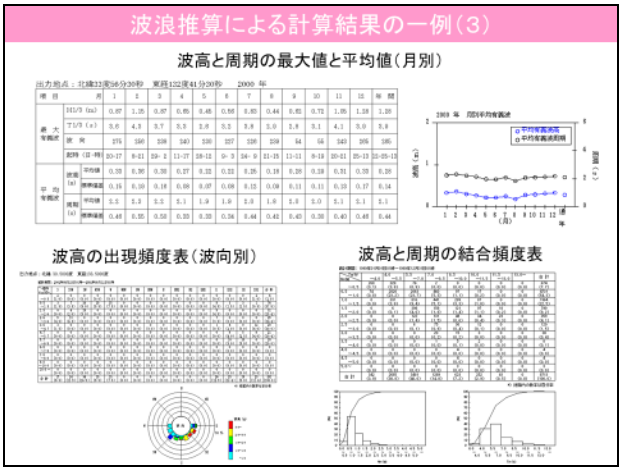


図-2.6.5

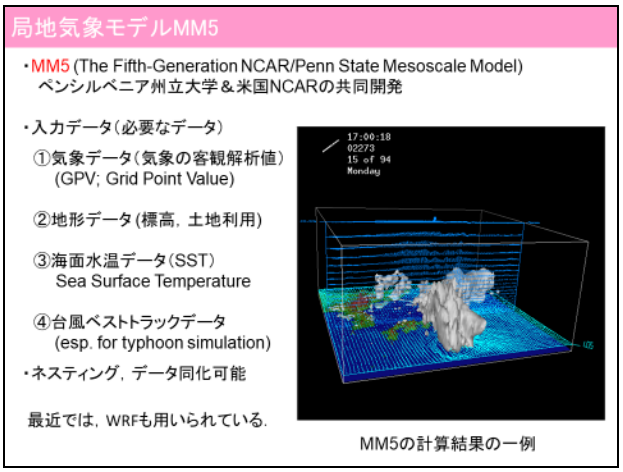


図-2.6.6

風モデルですとかあるいは天気図の気圧分布から気象波を推定しまして，波浪あるいは高潮を求めていたわけですけれども，今回は局地気象モデルを入れることによりまして，特に陸地の影響を受けるような場所では，推算精度が向上する場合もあるといったことが記述されています．

今回は特に事例として紹介する程度ということで，気象GPV ですとかあるいは局地気象モデルを用いるということを推奨しているわけではないということです．あくまで事例として紹介するというところであります(図-2.6.7，図-2.6-8)．

一方で波浪推算モデルの方は，今回の改訂で第三世代波浪推算モデル，先ほどお話しました WAM ですとか SWAN ですとかそういったものを第三世代波浪推算モデルと呼んでおりますけども，それを用いることを標準というふうに明記しています(図-2.6.9)．

次に高潮の話ですけれども，高潮に関しましては平成19 年基準より前からずっと当然ながら載っていますけれども，今回は津波に合わせまして偶発作用というものを考えられないかということを水面下で検討してきました．高

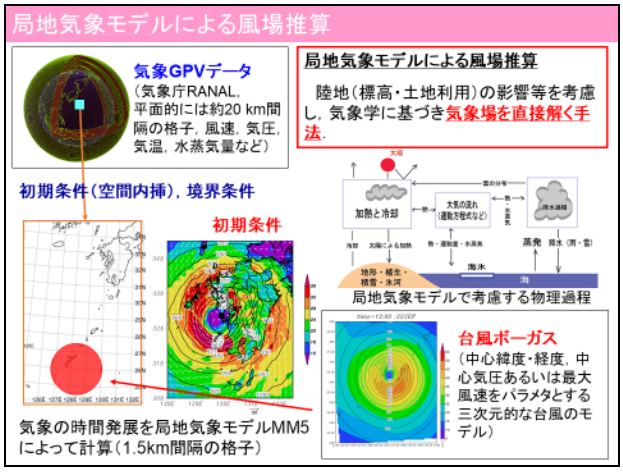


図-2.6.7

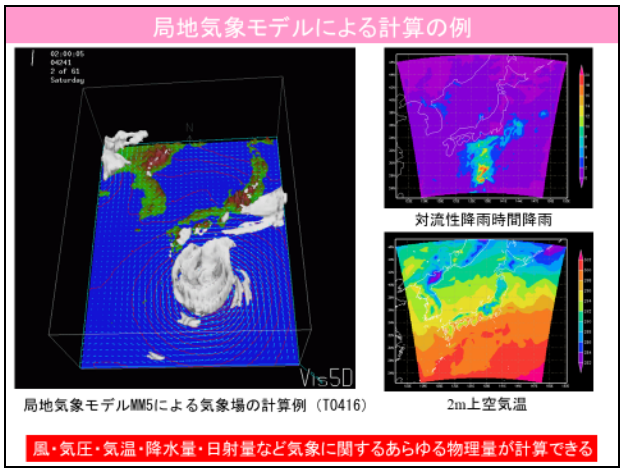


図-2.6.8

潮はそのまま偶発高潮といった呼び方をするということも考えられるわけですけども，そこまでは今回は進んでいませんで，偶発波浪という言葉がこれまでもあったんですけれども，偶発波浪に設定する潮位という，少し回りくどい表現になっていますけれども，偶発波浪と一緒に来るということを考えまして，偶発波浪に設定する潮位という言葉を今回新たに付け加えています．偶発波浪に設定する潮位というものは，既往最高潮位ですとか高潮による既往最大潮位偏差に捉われずに，全国の気象擾乱の記録あるいは気象学に基づく台風の発達限界に基づいて適切な強度，規模及び経路の台風または低気圧を想定するというものです．そういったシナリオに基づいて高潮を含む潮位と波浪の径時変化を推算しまして，ある意味シナリオ計算を行いますけれども，港湾に最も被害をもたらすであろう潮位と波浪条件を検討するというものです．これは平成 19 年基準までの高潮というのは，どちらかというと設計高潮で決めていくもので，L1 高潮に相当するようなものかと思います．一方で今回の偶発波浪に設定する潮位というのは，偶発高潮に相当すると考えていまして，L1 高潮より大きくて L2 高潮までの高潮というふうに考えています．重要度に応じて粘り強さを津波と同じように付与できるようにそういった考えの元に今回こういった言葉を提示しました(図-2.6.10)．

こちらは宮田さん，高山先生らの今まで行われてきました研究の例ですけども，例えば九州の志布志湾に様々なシナリオの台風を走らせまして，その中で最も危険な状態はどういった場合に起きるかというのを調べているものです．例えば，図がちょっと小さくて恐縮ですけども，横軸が潮位偏差で，縦軸が波高になっています．この黒の部分を見てみますと，最初潮位偏差が大きくなってきてだんだん時間が経つにつれて潮位偏差が下がってきまして，一方で今度は波が大きくなってくると．こういった時系列の計算をしまして，防波堤ですとか護岸に対してどういった状況が危険かというものを調べているといった研究がなされています(図-2.6.11)．

次に，今は高潮のお話しをしましたけども，今回の改訂でうねり性波浪の導入ということを行っております．これは従来の設計波に加えまして，うねり性波浪というのを導入しました．うねりというのは様々考えられますけども，ここではやはり定義をしておく必要があるということで，うねりの定義としましては，有義波周期 8 秒以上で，かつ波形勾配が小さくて概ね 0.025 より小さい波をうねりというふうに今回定義しました．そういったうねりを波浪観測データから抽出しまして，それらの極地データに対して極地統計解析を実施しまして，うねりの設計波を求めるということです．ただそんなにたくさんうねりのデータがあるわけではなくて，高波基準を超えるような十分な極地データが得られない時は，その海域において顕著なうねり性波浪がないと判断しまして，うねりの設計波の設定を省略するというふうに記述しています．当初うねりと風波というのは完全に分離して，極地統計解析を実施して，それぞ

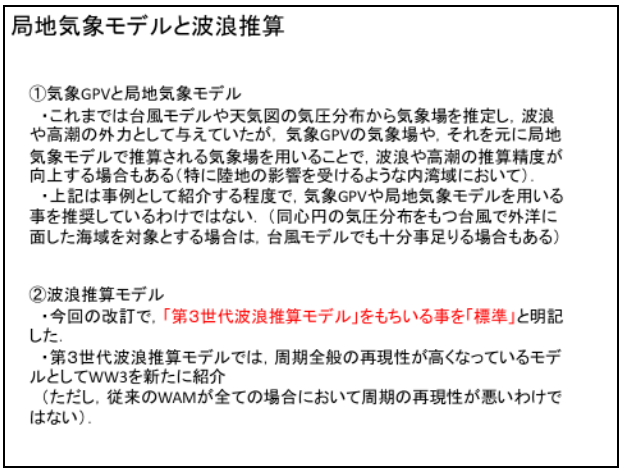


図-2.6.9

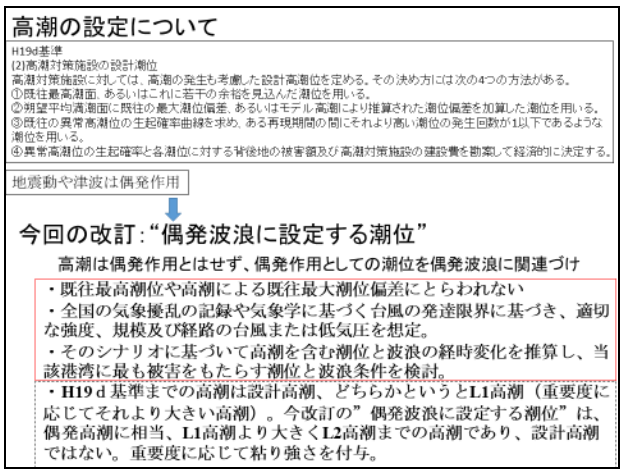


図-2.6.10

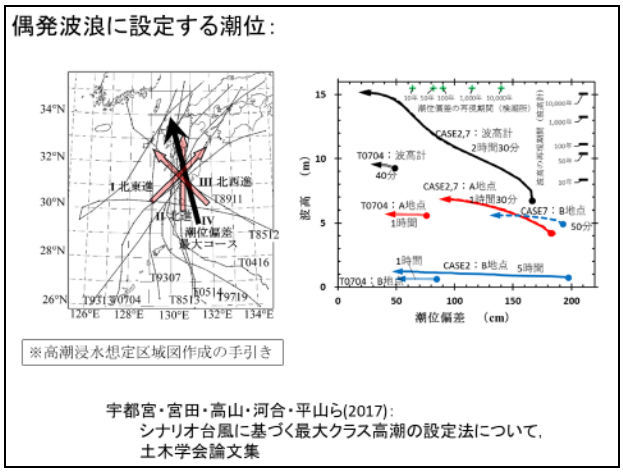


図-2.6.11

れの設計波を求めるということを考えたりもしたわけですけども，そうしようとするとなおかつこれまでにたくさんのデータが取られていますけども，それでもまだ足りないというところもありまして，今回は従来の設計波をこれまでどおり求めてきまして，それに付け加えてうねり性波浪を求めようということになっています(図-2.6.12)．

うねり性波浪はどういったところで大事になるかということですけれども，そもそもなぜうねり性波浪なのかといいますと，最近起きている護岸ですとか海岸堤防の被災を見てみますと，どうやらうねり性の波浪による被災が多いというふうに考えています．例えば高知の菜生海岸での被災ですとか，あるいは富山のうねり，寄り回り波の被災とかそういったものがどうやらうねり性波浪が原因ということもありまして，今回こういったものを導入しました．

こちらの図は鹿島港の南防波堤で被災があったんですけど，その時の台風の様子を調べたものです．この横軸が有義波高になっていまして縦軸が有義波周期です．台風が近づいてくると波がだんだん大きくなってきます．ある波形勾配，この１つ１つの線は波形勾配を示していますけれ

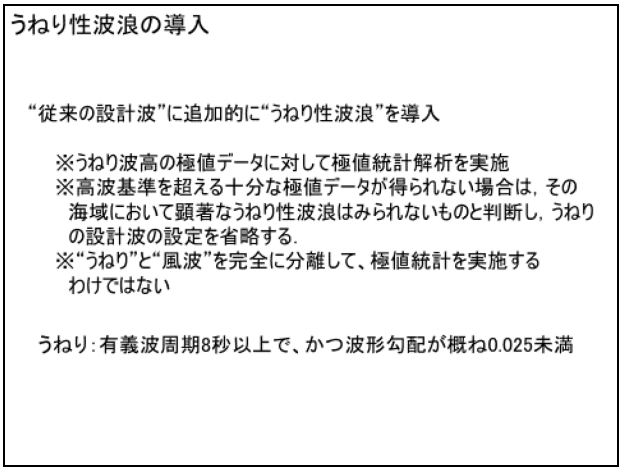


図-2.6.12

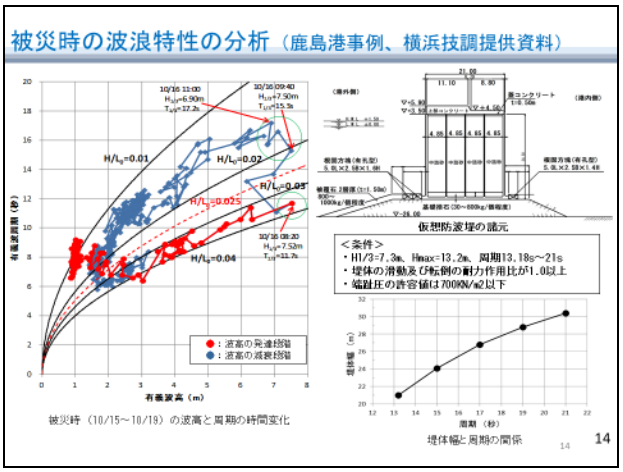


図-2.6.13

ども，この一番下のものが波形勾配が 0.04 で，一番上が 0.01 になっていますけども，だんだん波が大きくなるにつれて，ある波形勾配に沿った形で波が大きくなっていきます．ところがある段階から台風が通り過ぎていきますと，今度はうねりだけが卓越してくるようになりまして，周期がどんと大きくなりまして，そのあと今度は波も少しずつ小さくなってきたというものが観測されています．鹿島港の南防波堤というのは周期が 11 秒で波高が 7m を超えたものが設計波になっていたんですけども，当時の波を設計周期で見てみますと，15.3 秒と書いてありますけども，だいぶ周期が長く大きかったということです．そのあと色々な検討がされていまして，周期が大きくなってくるとどれぐらいの提体幅が必要なのかというのを仮想的な防波堤の断面の設定をしまして調べたところ，やはり周期が大きくなってきますと，13 秒～21 秒，21 秒のうねりというのはちょっと考えにくいところもありますけれども，周期の影響を考えていくとやはり当然ながら提体幅が大きくなっていくといった検討がなされています(図-2.6.13，図-2.6.14)．

こういったうねり性波浪がどれぐらいあるかというのを宮田さんたちで調べられていまして，これまでのナウハスのデータを調べていきますと，例えばこの黄色くハッチングされている部分がうねり性波浪に相当するものです．そこそこうねりがあるというのがこの絵からもわかると思います(図-2.6.15)．

この図は高波時のうねりの出現頻度を示したものですけれども，どちらかというとやはり太平洋側はうねりがよく発生していまして，この青で示しているのがうねりの分布です．例えば東北の宮古，釜石で見てみますと，うねりの出現頻度が高くて 80%を超えているぐらいの頻度になっているのがわかります．一方で日本海側はどちらかというと少ないわけですけれども，寄り回り波が問題になった

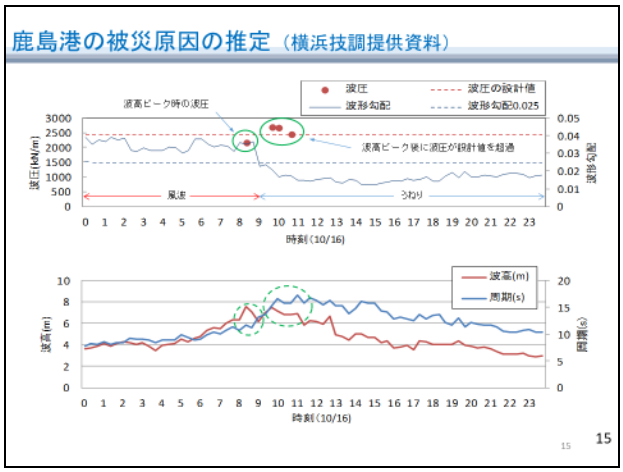


図-2.6.14

金沢とかこのあたりで見てみましても，そんなに多くはないんですけれども，日本海側は若干少ないという傾向があると思います．ただよく考えてみると少ないとは言っても時々来る寄り周り波ですとか，そういったものがかなり大きな被災を発生させるということもありますので，必ずしも出現頻度が少ないからといって安心できるというわけではないと思います(**図-2.6.16**)．

これは 20 年以上前の話になりますけれども，苫小牧の東港で防波護岸を作っている時に，消波ブロックを設置していたという時がありました．その時に波がほとんどないような時にブロックがどんどん下がってくるんだという話を伺ったことがあります．そのあと色々調べてみると，太平洋側の東北沖を台風が通過しているということがありました．その時の波高と周期を調べてみると，苫小牧のあたりでは波高が 2m ぐらいなんだけれども，周期は 18 秒という非常に長いうねりが出ていたということがわかりました．要はうねりですと表面ではあまり大きく動いていないように見えても，通常の波と比べますと海岸の方ではだいぶ水の動きが大きくて，洗掘現象で見てみますと，例えばブロックの下の砂の動きを見てみると，うねりがかなり大きく効いてくるということかなというふうに考えられています．

次にブシネスクモデルのお話をしたいと思います．港内静穏度を調べたりする時は，平成 19 年基準までは高山法等の線形モデルというのを前提として書かれていました．今回の平成 30 年基準からは，線形波動モデル，港湾空港技術研究所のモデルですと NOWT-PARI というものがありますけども，こういったものを使って静穏度解析をするということを前提として記述されています．こちらの図は NOWT-PARI の模式図になっていますけども，NOWT-PARI を使うと防波堤の背後の回折現象ですとか，波の屈折，浅水変形といったものが精度良く計算できるというもので，みなさんお馴染みの絵になっているかなと思います．もちろん砕波ですとか，あるいは消波ブロックの反射，消波効果ですとかそういったものも計算できるというものになっています．このような港内静穏度の計算ですとか，あるいは護岸に来た越波の状況ですとかそういったものの計算がうまくできまして，例えば波浪災害の調査の活用にも使えるんじゃないかと思います(**図-2.6.17**，**図-2.6.18**，**図-2.6.19**)．

また飛ばしていきますけれども，次に波力の話をしたいと思います．どうしても私は波力のところが研究の一番のターゲットになっているものですから，今日の話も波力の話が多くなってしまいますが，波力の部分をどういうふうにまとめたかというところです．

波力としましては，これまで話をしてきましたような波浪による波力，もう 1 つは耐津波設計ガイドラインで新しく加えられたような津波による波力，もう 1 つは高潮の時の波力です．この高潮の時の波力というのは，考えれば当たりまえのようなことを今回書いたんですけども，あまり触れられていなかったということもありまして，ここに少

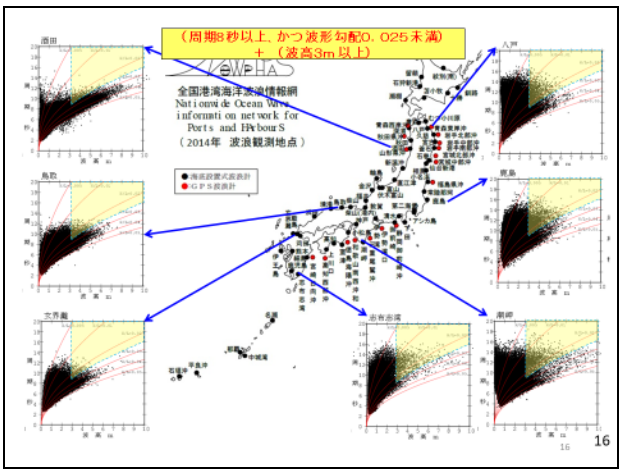


図-2.6.15

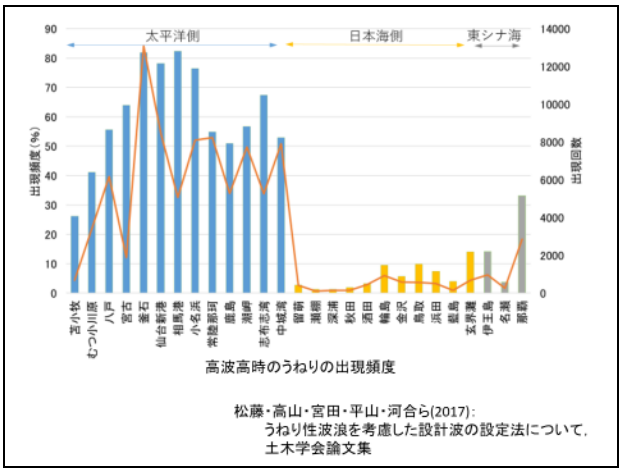


図-2.6.16

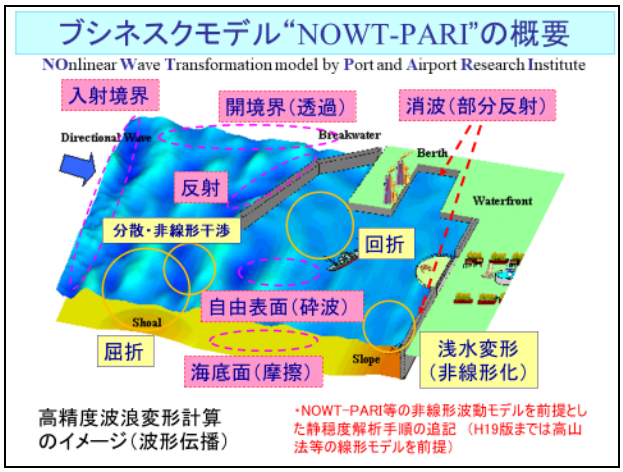


図-2.6.17

し書き加えられています．波浪による波力としましては，合田式のような直立壁に作用する波力であったり，あるいは海中部材にあるモリソン式ですね．あとは水平板に働く波力ですとか，そういったものがあります．今回新たに追記したものとしては，防波護岸ですとか岸壁の吸い出し現象というのがやはり今でもかなり多く発生しているというところもありますので，マウンドを透過してくる波力ですとか，ケーソンとケーソンの間の目地の波力ですとかそういったものを新たに付け加えております．

もう１つは港湾基準で言うと，今までの波の話というのは上巻に書いてあったんですけど，ハドソン式に代表されるようなブロックの安定性でありますけども，それはこれまで下巻にあったんです．私からすると上巻と下巻に分かれているとどうしてもわかりにくいというところもありましたので，今回上巻の方にすべて持ってきまして見やすくなっているというふうに考えていますけども，その分少しボリュームが多くなっていますので逆に見にくいという方もいらっしゃるかもしれませんが，そういった構成になっています(図-2.6.20)．

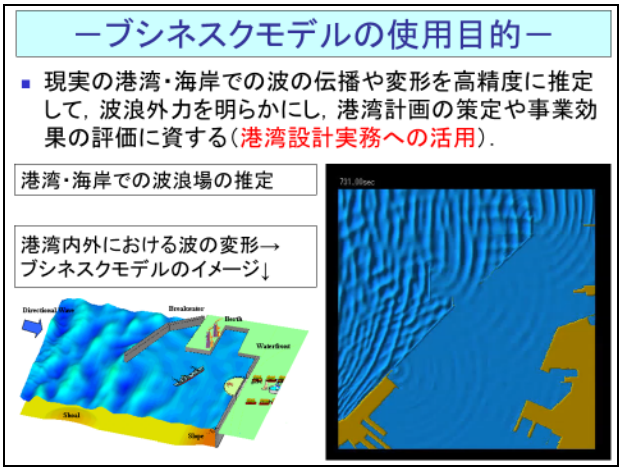


図-2.6.18

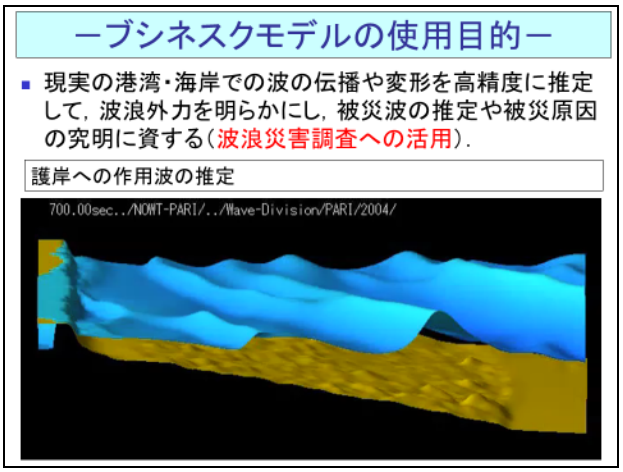


図-2.6.19

波力としましてはこれまで合田式のような設計公式があるのと，あるいは合田式で表されないようなものに関しては水理模型実験を行っているというのは今もやっていることかと思います．それと合わせて平成 19 年基準には数値計算というのが付け加えられております．１つは CADMAS-SURF というのが最近よく使われてきていると思いますけども，格子を切って計算する格子法と呼んでおりますけども，CADMAS-SURF というのが平成 19 年基準から盛り込まれていまして，最近ですとそれ以外にも色々な数値シミュレーションのモデルが作られてきていまして，よく使われているものとしては OpenFOAM といったものがあります．その他最近は粒子法，１つ１つの水塊を粒として計算するような粒子法というのがありますけども，そういったものもだんだん増えてきているのかなと思います．今回これらをさらに付け加えまして，こういったもので波力をある程度推定できるといったことを記述しています．ただしこれらの計算をやるに当たってはやはり水理模型実験などのデータで事前に計算結果を検証した上で，色々な設計に用いていくことが必要だということを記述しています(図-2.6.21)．

次に先ほどお話しましたマウンド透過波力と目地の中の波圧についてご説明したいと思います．

これは福井の防波護岸で発生した護岸の吸い出しの事例ですけども，これはもう 20 年以上前の写真です(図-2.6.22)．最近ではこれがなくなっているかと言うと必ずしもそうではなくて，最近でも年に数回はこれぐらい大きな護岸の吸い出しによる被害というのがよく聞こえてきます．なぜこういった現象が起きるかというと，１つはやはり防波護岸に働く波力がかなり大きくて，例えば防波護岸のケーソンの前面に働く波力というのは合田式で求められますけれども，この裏込石の中にも圧力がそのまま伝わってきていて，非常に大きな波力が働くというのがこれ

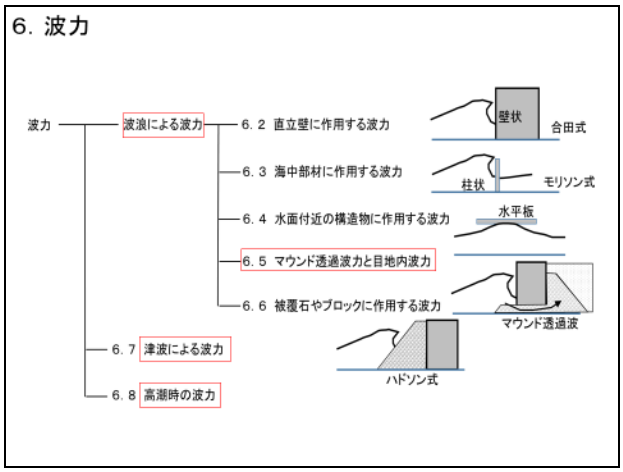


図-2.6.20

までみなさんもご存知のところかと思います．この波圧自体はパスカルの原理というのがありまして，ケーソンの前面の波圧とケーソンの背後の波圧とほぼ同じ圧力が出るということです．もしここが防波堤のように裏込石がなくて，埋め立て砂もなければ圧力は一気になくなるわけですけども，このように埋め立て砂で密閉してしまいますと圧力がそのまま，大きなままで伝播するということが問題になっているということかと思います(図-2.6.23)．

今回はこの圧力を推定する方法としまして，「管理型廃棄物埋立護岸設計・施工・管理マニュアル」というのがあるんですけども，それを参照するようにということを書いています．元々の波力の推定方法は中部地方整備局で出された論文があるんですけども，そちらを使ってこの裏込石の中の圧力を推定することができるようになっています．この推定方法を使うと，例えば埋め立て砂の上の部分まで裏込石を延ばしてやりますと，裏込石はどちらかいうと圧力が通りやすいので，圧抜き工という表現をしていますけども，先ほどパスカルの原理で9割ぐらい圧力が伝わるという話をしましたけども，圧抜き工を設けると一気にこれが1割とか2割ぐらいまで低減するといったことが記載されています(図-2.6.24)．

それから目地内波圧ですけども，目地の中の圧力というのも非常に大きいです．これは鹿島港の防波護岸の事例ですけども，波がこの写真の向こう側からやってきていまして，おそらく衝撃砕波が発生したと思われますが，非常に大きな飛沫が上がっているのがわかります(図-2.6.25)．元々ここの防波護岸というのは防波堤で使われていたものを防波護岸に変えたものなんですが，そういう場所ですとそもそも防波堤で作られていますのでけっこう目地が大きかったりします．大体 40cm ぐらいの幅の目地があったわけですけども，そこに非常に大きな圧力が発生して，目地を通して飛沫がまた防波護岸の中にも発生しているというような写真となっています．

これは断面図ですけども，マウンド透過してくる圧力の他に目地を通してきまして圧力が非常に大きくなっていました(図-2.6.26)．

これは数十年前の行われた実験ですけども，目地のモデルを作りまして波をかけてやりますと，目地の中で水面が

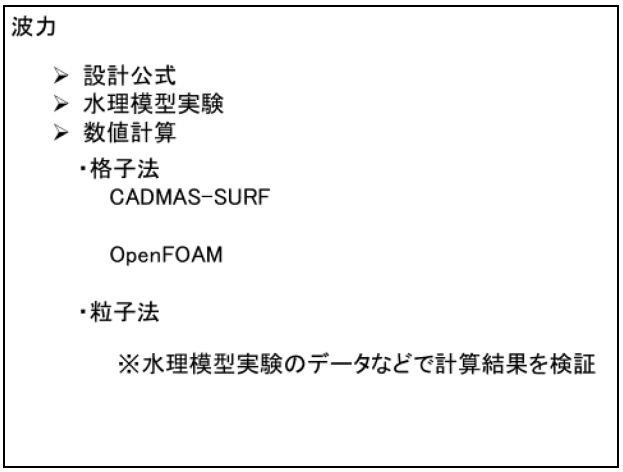


図-2.6.21

図-2.6.22

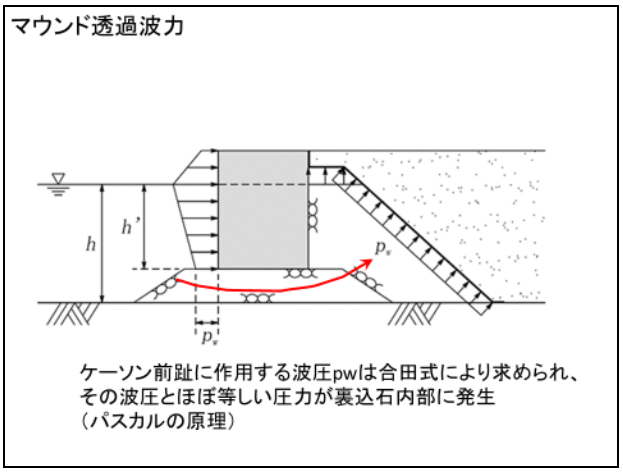


図-2.6.23

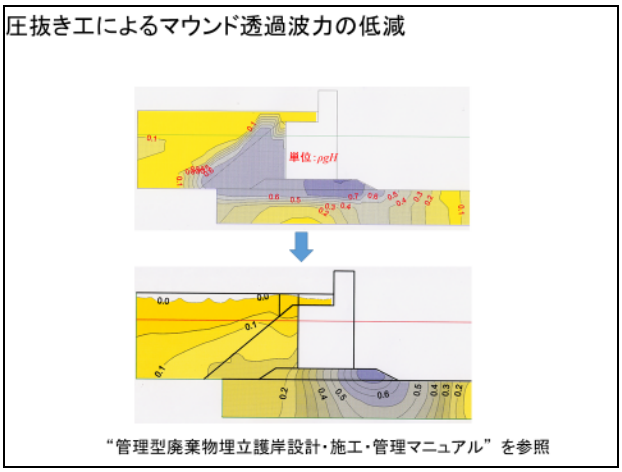


図-2.6.24

動いているのがわかります．その水面が上昇してきまして，ある時この目地板に波面がぶつかると非常に大きな圧力が発生します．右の方の図がケーソンの前面で測られた圧力でして，後ろの方がこの目地の中で測られた圧力ですけども，これを比較してみますと目地の中で非常に大きな衝撃波圧が出ているのがわかります．このように目地の中の圧力というのはかなり大きくて，この推定する式としまして，前面の波の大きさの２倍程度，$2\rho gH$ といった波圧の算定式を今回記入しました．この $2\rho gH$ というとどれぐらいかといいますと，合田波力で求めると合田波圧はケーソンの前面が 0.6～0.8 ぐらいの値を取るわけですけども，衝撃波力ということで２倍，$2\rho gH$ という形になっています．衝撃砕波圧が大体２倍～3 倍ぐらいの値になりますけども，それと同じぐらいの圧力ということです（**図-2.6.27**）．

もう１つは防波護岸の吸い出しの大きな問題は，今話しました目地の中の波圧ですとかあるいは裏込石の圧力が大きいということがそもそも問題となっているわけですけども，それ以外に問題なのは防砂シートですとか防砂板の破損ということが問題なんだと考えています．防砂シートにはこれまで最低規格という基準がありました．これは平成 11 年基準ぐらいから採用されているものですけれども，防砂シートの規格としては２つありまして，防砂シートには不織布というのと織布というのがあります．織布は私たちが着ている洋服のような，織物のようなものが織布でして，不織布というのは織られているものではなくて，すでに色々見られている方もいると思いますけど，これにはそれぞれ最低規格というものがありました．例えば不織布ですと厚さが 4.2mm 以上で引張強さというのがありまして，伸びがどれぐらいあったらいいかというような規格があったわけですけれども，どうやらこういった最低規格を使っているとけっこう破れているというのが色々なところから聞こえてきます．そこで今回は，今後この規格を変えていくべきなんじゃないかということを想定していまして，これまで使用されてきた防砂シートの最小の規格が，言葉をこんなふうに使っていいのかわからないですけども，最低規格という言葉をなくしました．というのは，最低規格という言葉があると最低これだけの規格を使っ

図-2.6.25

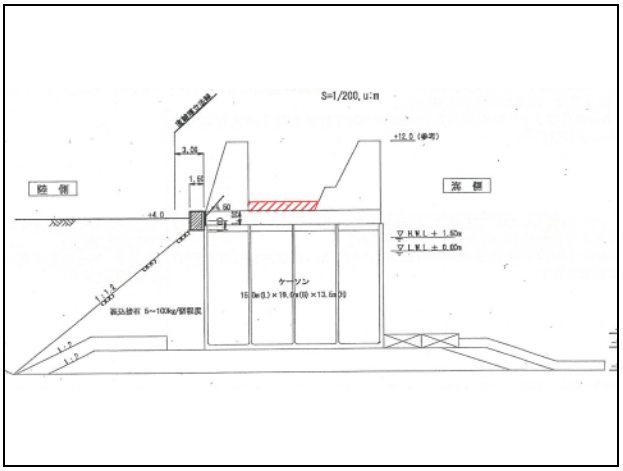


図-2.6.26

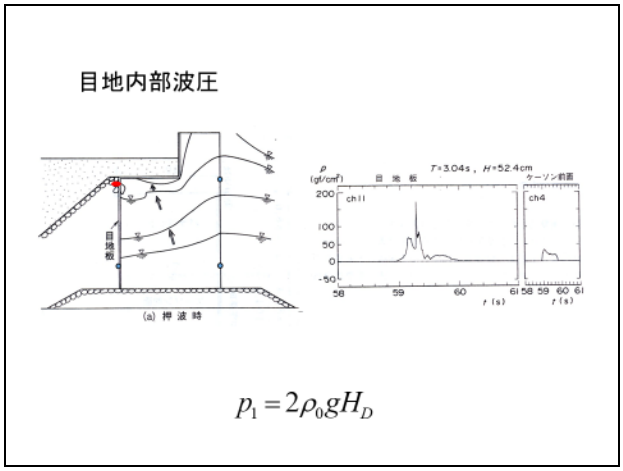


図-2.6.27

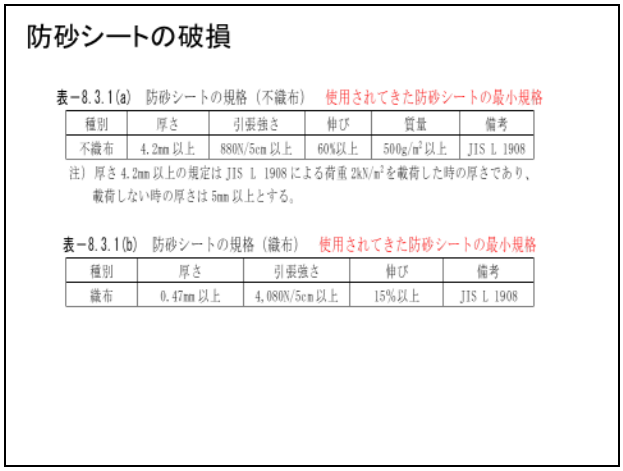


図-2.6.28

ていれば大丈夫だというふうに聞こえてきそうな感じがしますので，これまで使われてきた最小の規格というふうに文章を変えています(図-2.6.28)．

これは最近私たちの方で行った実験の様子ですけども，周期2秒の波，埋め立てのためにケーソンである水域を囲ったと考えてください．そのあと裏込石を置いて防砂シートを置くということをしますけれども，大体次に埋め立て砂を入れるまでに1ヶ月～2ヶ月というのは当然時期が空くんですけれども，そうこうしている間にその水域の中で低気圧が来たりすると周期2秒とか3秒ぐらいの波が常に作用してくると思います．それはたかだか数 10cm の波ですけれども，そういった数 10cm の波がどれぐらい作用すると防砂シートが破れるかという実験をしています．そうするとこれは大体 10 万波ぐらい波をかけた様子ですけれども，周期 2 秒，波高が 20cm ぐらいの波をかけてやるとこのようにだんだん穴が開いてくるのがわかります．この時使った石が大体どれぐらいかというと大きさが 10cm ぐらいの石です．例えば九州地方整備局さんでこの石をどういうふうに使っているかというと，裏込石がそもそも数 10cm のかなり大きな石を入れるんですけども，それだと防砂シートが破けるんじゃないかということで，例えば九州地方整備局さんだと，間を埋める石として間詰石というのを使っているんですが，その大きさが大体この 10cm ぐらいの石に相当します．その間詰石に対して今回実験をしたわけですけども，それでもこのように破けてしまうというのがわかります．10 万波というとどれぐらいかというものですけれども，周期2秒の波が大体2日～3日ぐらい作用するとちょうどこの 10 万波ぐらいに相当するということで，低気圧が1回か2回ある水域に作用すると，最低規格の防砂シートですと簡単に破けてしまいます(図-2.6.29)．

これはそのあと防砂シートを取った時の様子ですけども至る所で大きな穴が開いているというのがわかると思います(図-2.6.30)．最近は高伸度繊布といったものもたくさん使われるようになってきていますけれども，それでもやはり，かなりの波をかけてやると破けていくというところもありまして，この部分はあと数年ぐらいでなんとか防砂シートが破けない方法はないかというのを，これまでにもたくさんありますけども，そういったものを今現在検討しているところです．

次に消波ブロックの沈下の話をしたいと思います．

消波ブロックの沈下被災というのはこれまでにもたくさんありまして，例えばこれは高知の防波堤の一例ですけれども，平成8年の7月25日に設置したものが1ヶ月も経たないうちに台風が来まして，このように大きく沈下したということがあります．こういった事例は非常に多くありまして，色々調べてみますとどうやら洗掘現象があったということがわかってきました(図-2.6.31)．

これは高知の南防波堤の例ですけれども，防波堤を延ばしていく時に巻留めしてあったブロックを取りましたところ，マウンドがこのように大きく沈下していたというこ

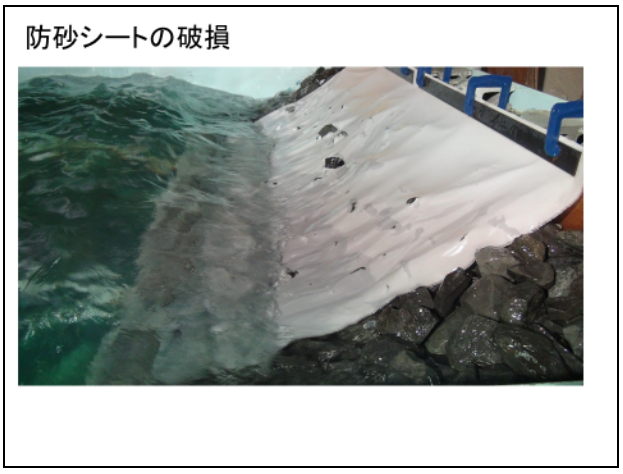


図-2.6.29

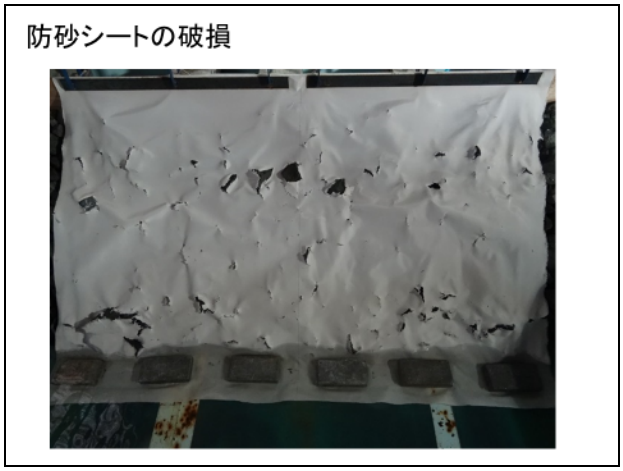


図-2.6.30

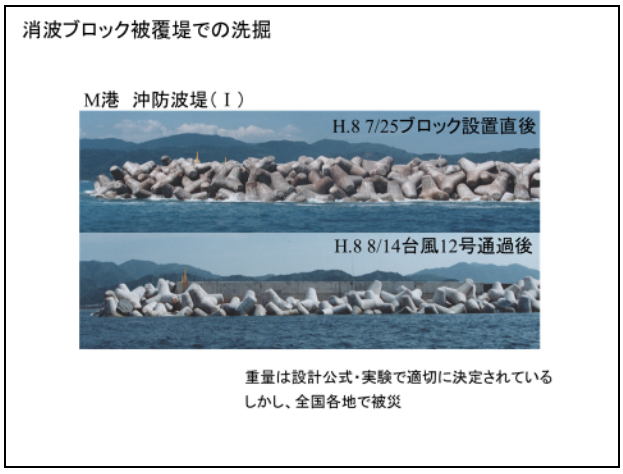


図-2.6.31

とがわかりました(図-2.6.32).

それを実験していきますと，どうやら波が消波ブロックの前で砕波するんですけども，砕波する時に海底の方では砂がどんどん沖向きに水が流れていますので，このマウンドの下で砂が大きく動きまして，どんどん砂が吸い出されていくというのがわかりました(図-2.6.33).

大規模実験も行ってきまして(図-2.6.34 図-2.6.35，図-2.6.36)，最終的にこういった新しい洗掘の推定式というのを作りました．この推定式は水粒子の軌道直径というのと，砂地盤の粒径が 50%通過粒径ですけども，それとあとは捨石を入れることで縮尺効果を考慮できるようになっていまして，水粒子の軌道直径というのは，海岸工学で一番最初に習う微小振幅波理論からすぐ求められる値なんですけれども，そういった簡単な値を使ってやりますと，洗掘される量がどれぐらいの面積なのかというのを表現できるようになっています(図-2.6.37).

これは現地の事例と比較したものですけれども，横軸が洗掘量の推定式に使った推定量で，縦軸が実際のブロックの沈下量ですけども，それと比較しますとこの黒の点で見ますと，ほぼうまく推定できているのがわかると思います．一方で例えば部分的にこのあたりに洗掘防止マット，塩ビマットですとかアスファルトマットを置いた場合には，ある程度洗掘量が抑えられて半分くらいになるというのがわかります．ただ問題はマウンドの下に帆布を置いて，そのあと例えばアスファルトマットを敷いたりすることが

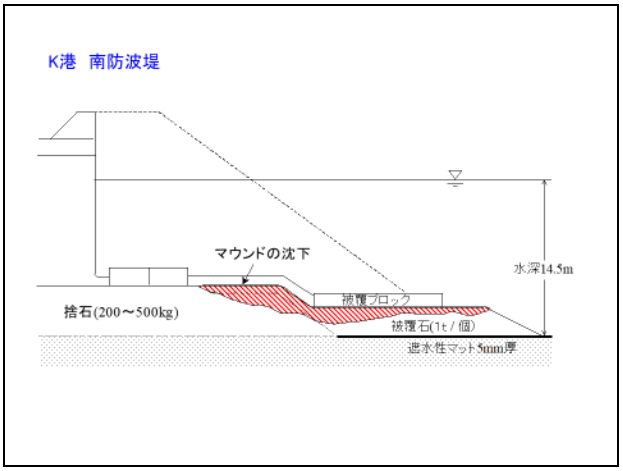


図-2.6.32

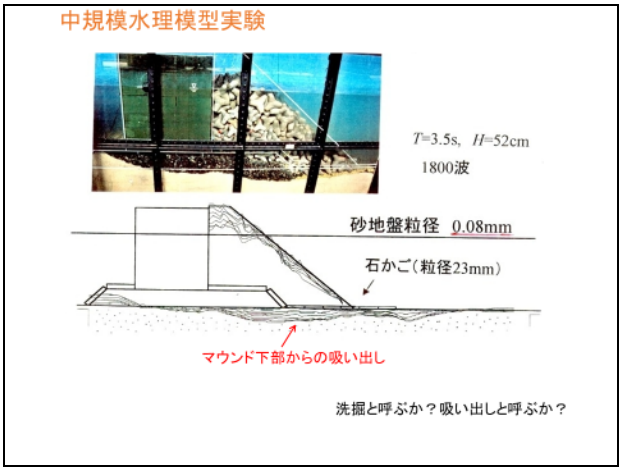


図-2.6.33

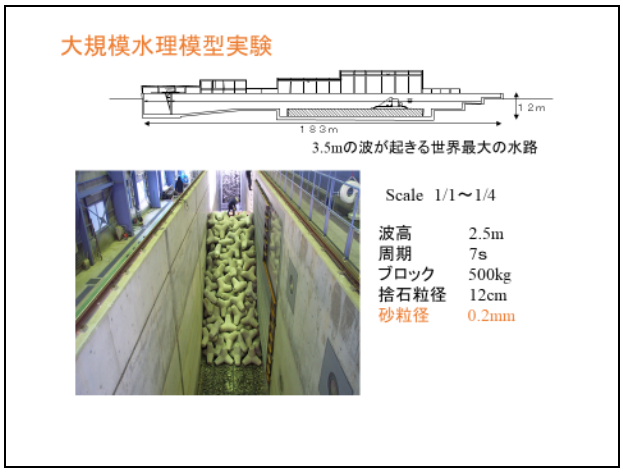


図-2.6.34

図-2.6.35

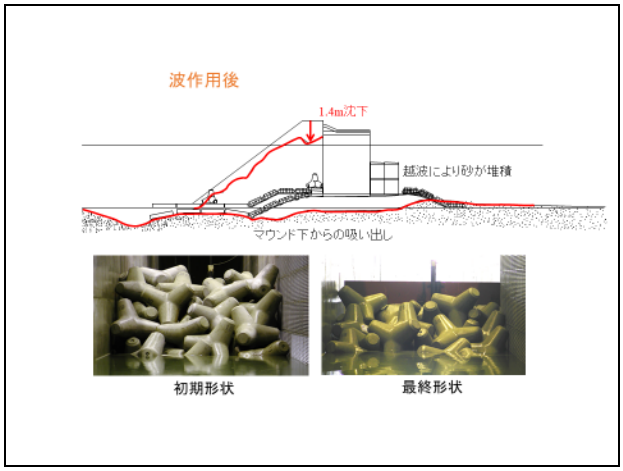


図-2.6.36

あるんですけども，この部分が消波ブロックを置く前にある程度 1,2 年間置きますと不連続になりまして，ある程度ラップさせてやらないといけないんですけども，ラップしない状態にするとそこからどんどん吸い出しが起きまして，その部分をうまくやってやらないとやはり洗掘を受けてしまうということかなというふうに考えていまして，ある程度洗掘防止マットを置きますと，このように洗掘量を抑えることができるんですけども，施工の仕方によってはなかなか洗掘を抑えることができないということがあります．ですので消波ブロックが落ちたあとにまた最後入れる必要があると．というのは消波ブロックの沈下というのは，大体 1,2 年すると落ち着いてくるんですね．この洗掘の形なんですけど，ある程度までいくと洗掘量が落ち着いてきますので，1,2 年経ってくると安定してくるということかなというふうに思っています(図-2.6.38)．

だんだん時間がなくなってきていますけども，その他今回新たに追記したものとしましては，不完全消波断面での波力というものを追記しています．

これは山口宇部空港の 1999 年の台風 18 号の事例ですけども，パラペットがこのように被災を受けまして，越波によってどんどんこの駐車場も浸水してしまったという写真となっています(図-2.6.39)．これはなぜ起きたかと言いますと，元々の断面は消波ブロックがあってその上に消波ブロックがない状態でパラペットがあったわけですけれども，まだ施工途中だったということもあって，ここにあまり石が設置されていない状況だったんですが，ここでは高潮が発生しまして，高潮によって水位が，当初のハイウォーターレベルがこのあたりだったんですがそれより数 m ぐらい潮位が上昇しまして，それによってあたかもここが高マウンドの状態のような形になりまして，波が砕波するのを誘発してしまいまして，それによって衝撃砕波が起きてパラペットが倒れてしまったということが起きました(図-2.6.40)．そのあと高橋らの研究で新しい設計公式が出まして，こういった公式なんですけども，パラペットの前面に不完全に消波されている，つまりブロックがなかったらどれぐらいの圧力が出るんだという波力公式が提案されていまして，基本的にはこういった不完全消波断面というのは作ってはいけないということだと思います

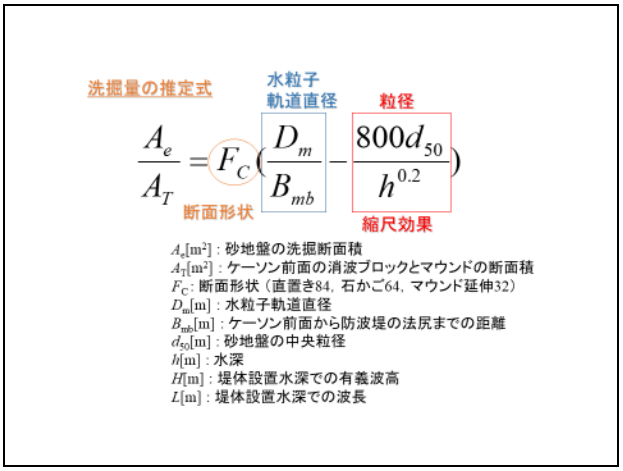


図-2.6.37

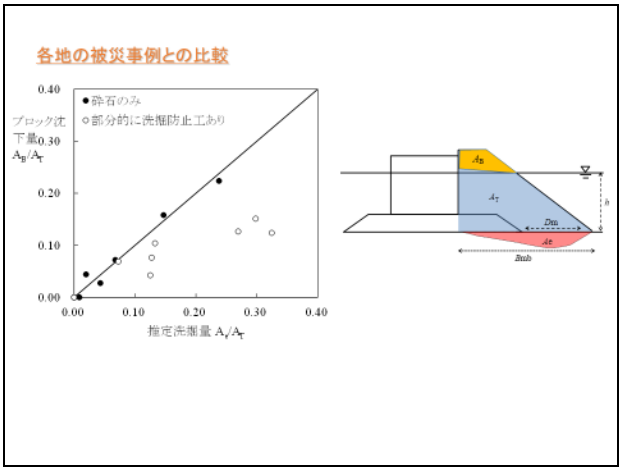


図-2.6.38

図-2.6.39

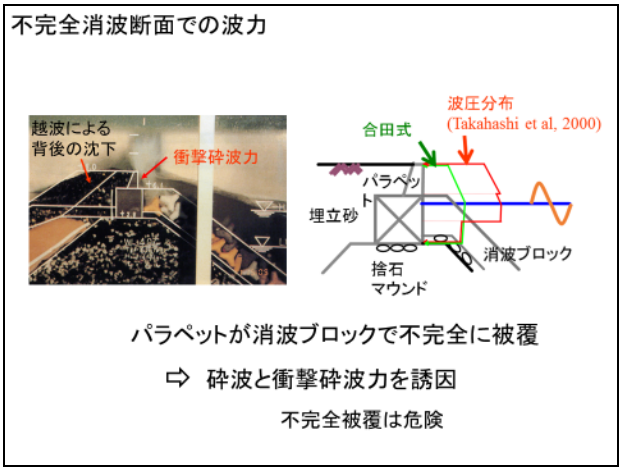


図-2.6.40

けども，そういった波力算定式を今回の改訂で導入しました(図-2.6.41)．

こちらは消波ブロックの端部の波力の算定方法ですけども，これはかつての設計指針にあった消波ブロックを延ばしていく時に端部というものができますけども，その時にどういうふうに衝撃砕波を推定するかといったものが設計指針にあったんですけども，今回それを基準の方に反映させました．少しわかりにくい図面なんですけども，こういったものが追記されています(図-2.6.42)．

その他高潮の時の波力について少し書き加えています．高潮の時は高波が同時に来ると思いますけども，それをどういうふうに算定するかというものです．なぜこれをわざわざ入れたかといいますと，高潮が来た時には例えばパラペットがあったという時に，高潮が上がってくるとそれによって水位が上がることで静水圧が増加するわけですけども，それプラス高波によって波力が作用しますので，この 2 つを組み合わせたものがパラペットに作用するわけですけれども，どうも海岸基準には高潮の時の静水圧を考慮するということは直接は書いていなかったんです．合田式だけが載っていまして，色々聞いてみると場所によっては波圧だけを考慮した断面があったりしまして，そうすると非常に危ないわけで，本来高潮の時の波力というのは，そもそも静水圧の上昇分と波による部分を足し合わせたものが作用するということを書き込みました(図-2.6.43)．

次に津波波力の話をしたいと思います．津波の波力は東日本大震災を受けまして，防波堤の耐津波設計ガイドラインというのが 2013 年に出されまして，それともう 1 つは胸壁の設計の考え方というのが 2015 年に公開されました．この 2 つを今回は盛り込んでいまして，その他最近の研究事例を反映させています(図-2.6.44)．

こちらは耐津波設計ガイドラインで書かれています設計津波と設計津波を超える規模の強さを有する津波といったものが耐津波設計ガイドラインで新しく定義されたわけですけども，津波がだんだん大きくなってくると，津波の大きさに応じて設計で用いる設計津波と，もう 1 つはそれよりはるかに大きな最大クラスの津波というものが定義されています．発生頻度の高い津波が通称レベル 1 津波と言われていまして，最大クラスの津波がレベル 2 津波

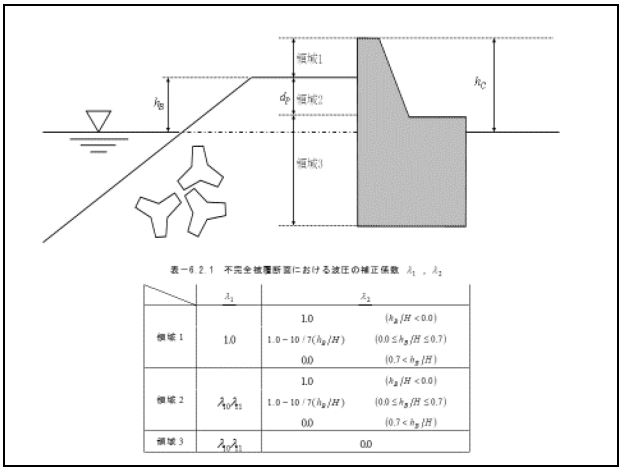


図-2.6.41

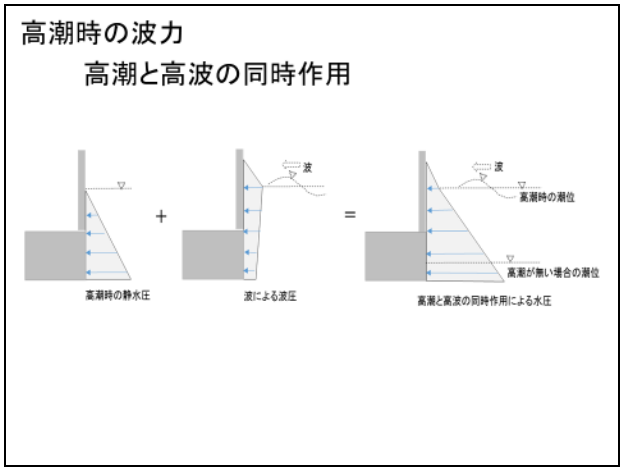


図-2.6.43

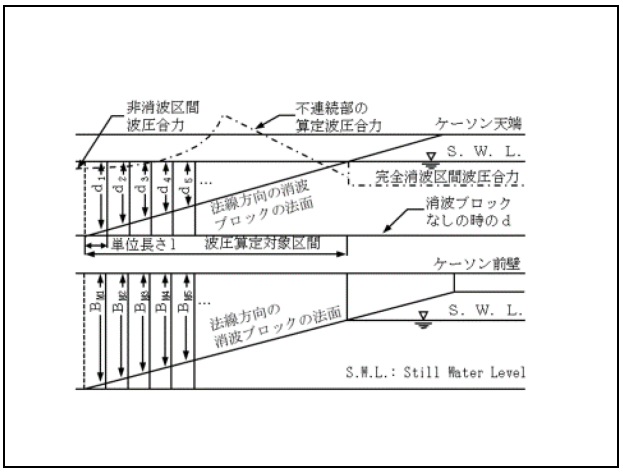


図-2.6.42

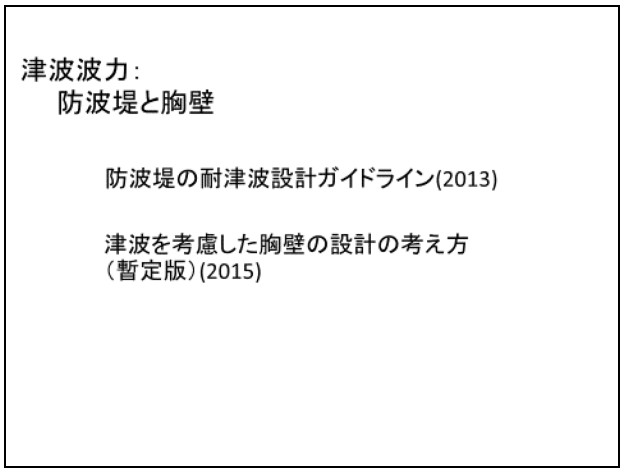


図-2.6.44

と言われています．設計津波とレベル 1 津波は同じというふうに使われているところが多いと思いますけども，設計津波よりも大きな津波に対しては粘り強さを付与するというのがガイドラインに載っていまして，今回の基準でもこういった記述になっています(図-2. 6. 45)．

思い返してみると防波堤の被災事例は，東日本大震災で

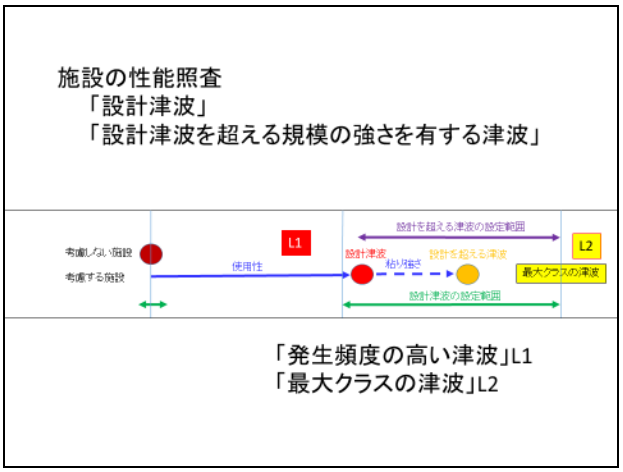


図-2. 6. 45

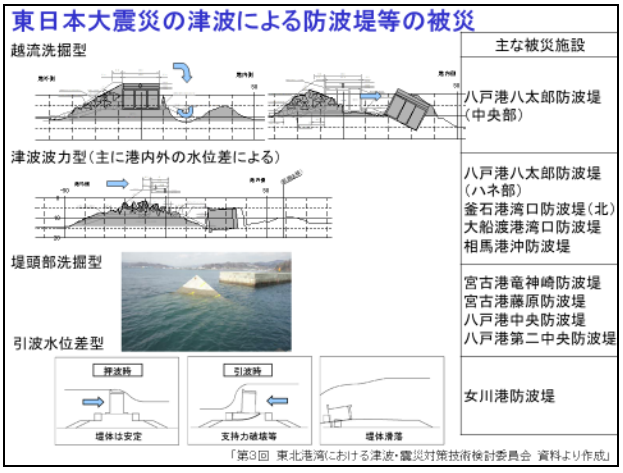


図-2. 6. 46

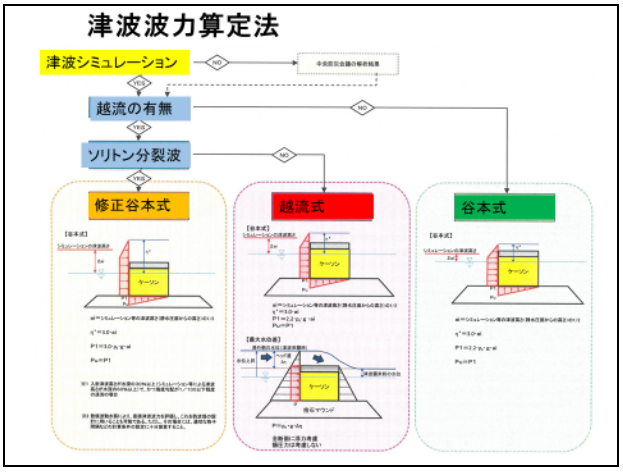


図-2. 6. 47

例えば津波が防波堤を超えた越流によって防波堤の背後の砂が洗掘を受けて防波堤が滑ってしまった事例ですとか，あるいはそもそも津波が圧力が大きくてケーソンが倒れてしまった事例，あるいは防波堤の先端部が洗掘によって倒れてしまった事例ですとか，引き波で壊されてしまった事例，女川等の事例があったというふうに思います(図-2. 6. 46)．

それらから防波堤の耐津波設計ガイドラインでは，修正谷本式と越流式あるいは谷本式といった新しいものが出されました．谷本式はこれまで平成 19 年基準にも載っていたものですけども，越流するということはそもそもあまり考えていなかったので，越流した時の波力の算定方法あるいは津波がソリトン分裂というのを起こしまして，砕波しながらぶつかるという時に修正谷本式というのが使われているかと思います(図-2. 6. 47)．

そもそも谷本式というのは何かというと，元々は合田式なんですけども，合田式はこういった少し複雑な設計式になっていますけれども，静水面のところの設計式はこういった P_1 で表されるというのはみなさんよく見たことがあ

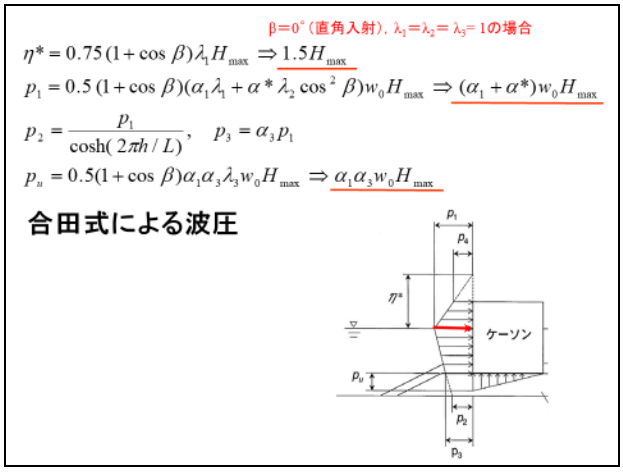


図-2. 6. 48

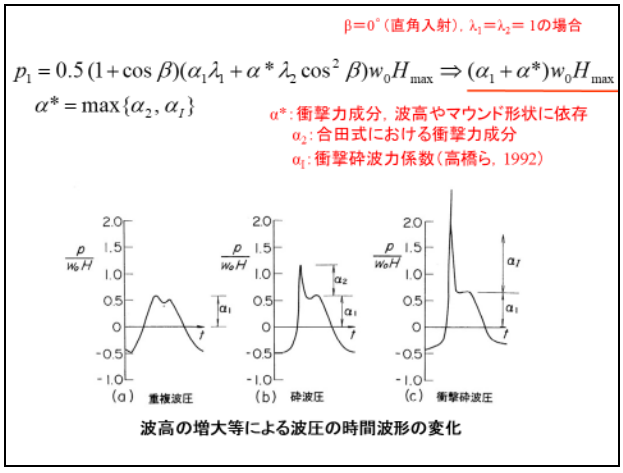


図-2. 6. 49

る式かと思います．この内の P_1 の波向きとかを無視してやると α_1 と α_2 というのがありまして，α_1 というのは重複波的な波力でして，α_2 とか α*というのが波が砕ける時の圧力です．津波の場合はどちらかというと周期が非常に長いので，波が砕けるというよりは重複波的に作用するので，この α_1 というのが大事になってきます(**図-2.6.48** **図-2.6.49**)．

この α_1 は合田先生の作られた式の図表を見ると，非常に周期の長い波，津波のような場合にはこの横軸が 0 になるんですけども，その時に 1 だと静水圧になるようなものですけれども，周期が非常に長い場合には，この α_1 が 1.1 になります．この 1.1 が谷本式の 1.1 になるということです(**図-2.6.50**)．

津波の場合，合田式の場合は波は全振幅で波の高さを考えますけれども，津波の場合は片振幅 a_i というような表現をしますので，その場合は 1.1 ではなくて 2.2 ρ ga になるというものです．これが谷本式でして，そのあと東日本大震災のソリトン分裂した久慈ですとかそういった場所で見られた波圧公式を導入したのが修正谷本式で 3 ρ ga と

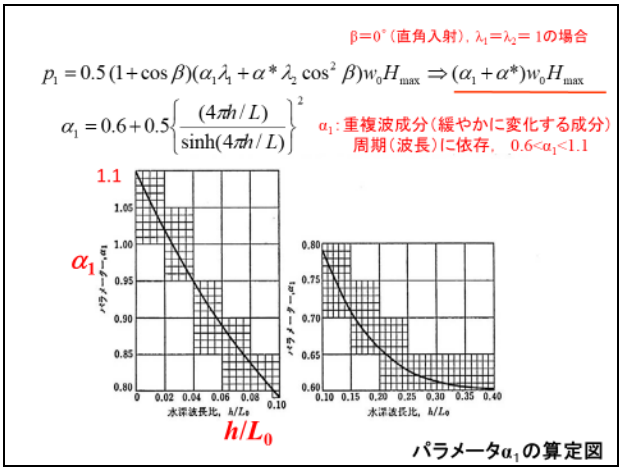


図-2.6.50

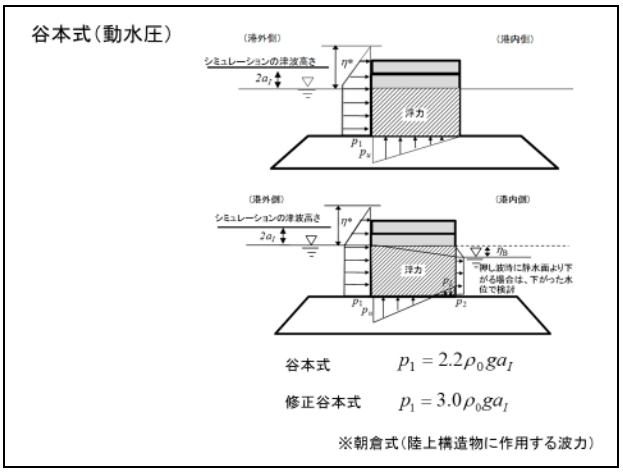


図-2.6.51

いうものです．これは電力中央研究所のイケヤさんの研究からこういったものが引用されたんですけども，それが上げられています．陸上構造物でいうと朝倉式というのがありまして，これも 3 ρ ga に当たるんですけども，そういったものが今回ガイドラインに載っていて，それを平成 30 年基準にも入れました(**図-2.6.51**)．

谷本先生とお話していますと，谷本式の大事なところはそもそも谷本式というのは合田式だからというような話をされていて，ただ注意してほしいのは谷本式の背面の波圧の方が大事なんだというようなことを谷本先生がよくおっしゃられています．要するに津波だと，第一波が来る前に引き潮で水位が下がったりします．そうすると，こちらの方の圧力が下がってきますので，この圧力差が本当は重要なんだということをおっしゃられています．

こちらのビデオ映像なんですが，津波が押し寄せてくる前に背後の水位がほとんどなくなっていまして，ドライのような状況になっています(**図-2.6.52**)．そこに津波が来襲してきまして，今このようにケーソンが一気にどーんと倒れていくのがわかると思いますけども，谷本式で表されるような波力と背面の水位の低下によりまして，おそらくここの防波堤が滑ってしまったのではないかと思いますけれども，こういったものが大事だということかと思います．

その他越流公式ですけれども，谷本式というのは合田式と同じように静水圧分はキャンセルするとして考えますので，土圧成分というのが谷本式なんですけど，越流している時には静水圧そのもので考える方が便利だろうということで，静水圧式というものが導入されました．ケーソンの前面では静水圧で表わされるものが 1.05 倍ぐらいの圧力が作用して，ケーソンの背面では少し渦が出ますので，0.9 倍ぐらいになるだろうということで設計式が表わされておりますけども，そういったものがあるということです

図-2.6.52

(図-2.6.53).

東日本大震災のあと色々な防波堤の津波に対する設計が行われまして，粘り強い構造というものが採用されてきていると思います．その時に使われた公式がどういったものが採用されたかといいますと，主に静水圧式が半分ぐらい使われています．要するに越流するということが考慮されたということかと思います．その他谷本式が半分くらい．修正谷本式，砕波してぶつかるようなものは数パーセントあったということかと思います(図-2.6.54).

その他粘り強い構造として防波堤の背後に腹付工というものが今回導入されていまして，この腹付工の石の上に，この腹付工も越流によって飛ばされてしまうときびしくなってきますので，その腹付工の上の被覆ブロックというものがあります．この被覆石であるとか被覆ブロックの算定式をどうするかというのがここ数年たくさん行われてきまして，１つにはこの流れの速さでブロックの大きさを求めるイスバッシュ式というものがありまして，これは従来通りでありますけども，これが記載されているのと，もう 1 つは不動テトラのミツイさんという方が考案された Ns 式というのがありますけども，そういったものが提案されているのが今回の改訂に載っています．どうしてもやはりパラペットが大きくなってきたりすると，この Ns 式というのが使いづらくなってくることもあって，本当に複雑な断面ではやはりある程度数値シミュレーションと水理模型実験を実施する必要が出てくるのかなというふうに考えております(図-2.6.55).

時間がなくなってきましたのでこの辺の細かいところは飛ばしますけども(図-2.6.56)，最近の事例では例えば宮田さんの研究で，先ほど静水圧式で背面の静水圧が 0.9 倍にすればいいという話をしましたけども，どうもそれだけではなくて，かなりきびしい状態では 0.9 ではなくて 0.5 を下回るような静水圧の半分くらいの圧力になってしまうというところもありまして(図-2.6.57)，その後色々検討を行ってきていまして，例えば越流が激しい時はこの腹付工よりも遠くに飛んでしまう時と，あるいは腹付工の上に飛んでぶつかる時があります．この被覆ブロックがある時には被覆ブロックの上に直接越流がぶつかりますと，このブロックが不安定になるんですけども，一方で水塊が

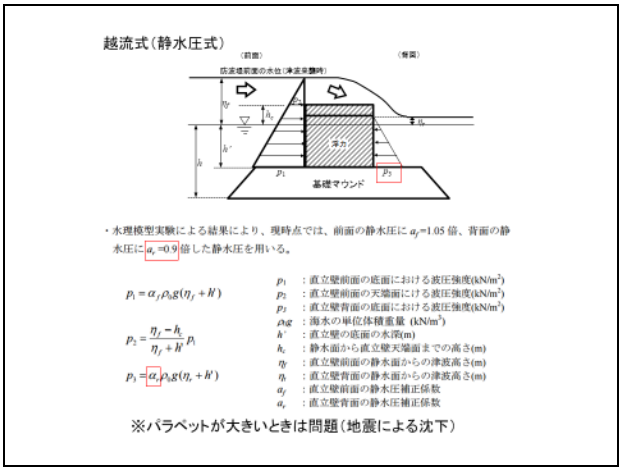


図-2.6.53

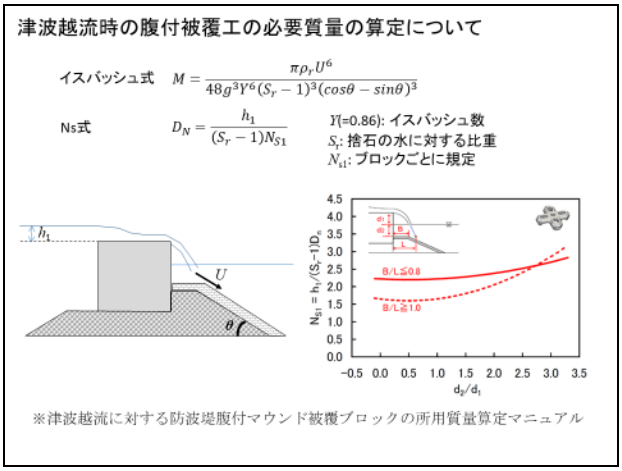


図-2.6.55

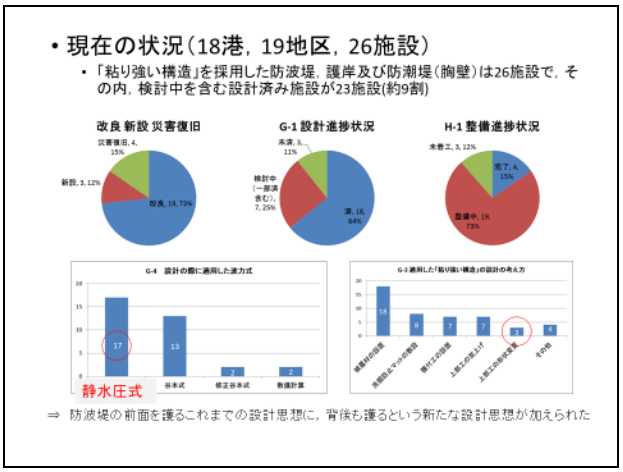


図-2.6.54

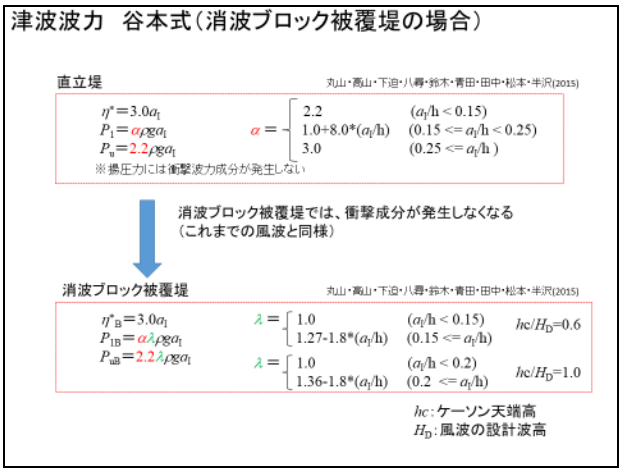


図-2.6.56

マウンドの上あるいは腹付工の上に上がると水の流れがケーソンの方に向かいまして水位が上昇します．こうなると水位が高くなってくるのでどちらかというと安全側になるんですが，一方で水塊が腹付工よりも遠くにいきますと，水が連行されてきまして，ケーソンの背面の水位が下がってくるようなことが起きます．それによって先ほどお話しましたように静水圧の補正係数が 0.9 よりも下がっていくということがだんだんわかってきたんですけども，そういったものを表わせるように，α_r というものなんですけど，それの算定式が最近研究されているというのが改訂に載っています(図-2.6.58)．

もう１つ気をつけないといけないのが，越流している時の浮力の考え方です．特にパラペットが非常に大きいところでは，耐津波設計ガイドラインに載っているような越流公式だけだと少し不十分な時があります(図-2.6.59)．

パラペットが非常に大きい時は，次の模式図で見ていこうと思うんですが，これは水工研式と言われるものですけども，耐津波設計ガイドラインでは越流している時というのは，このケーソンに浮力が働くので，揚圧力とケーソンの上に働く圧力というのは無視しています．要するに浮力が働くのでここの円直力は考えなくていいというものですけども，実際のところはこのような台形の分布をしているんじゃないかというふうに考えたのが水工研式です(図-2.6.60，図-2.6.61)．ただ実験を色々してみるとどうやらこのような圧力にはなっていないというのがだんだん

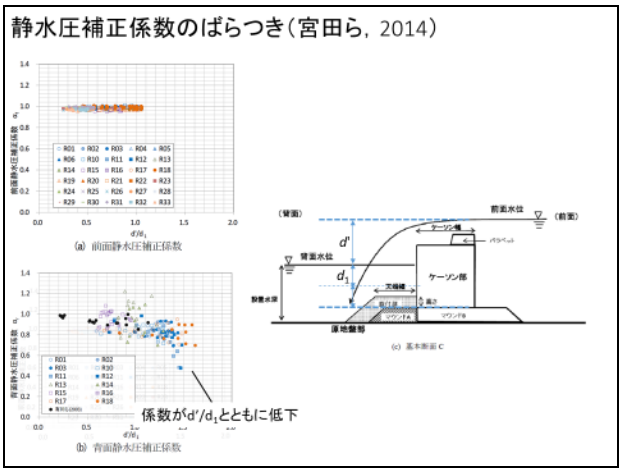


図-2.6.57

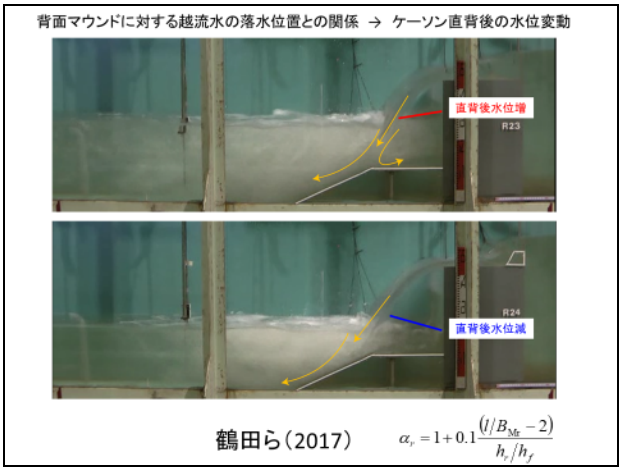


図-2.6.58

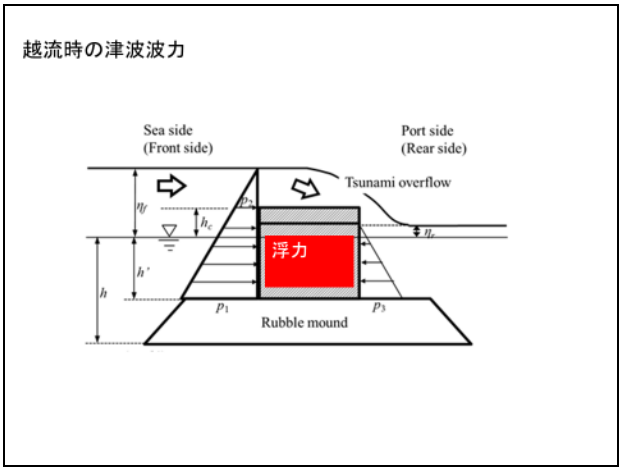


図-2.6.59

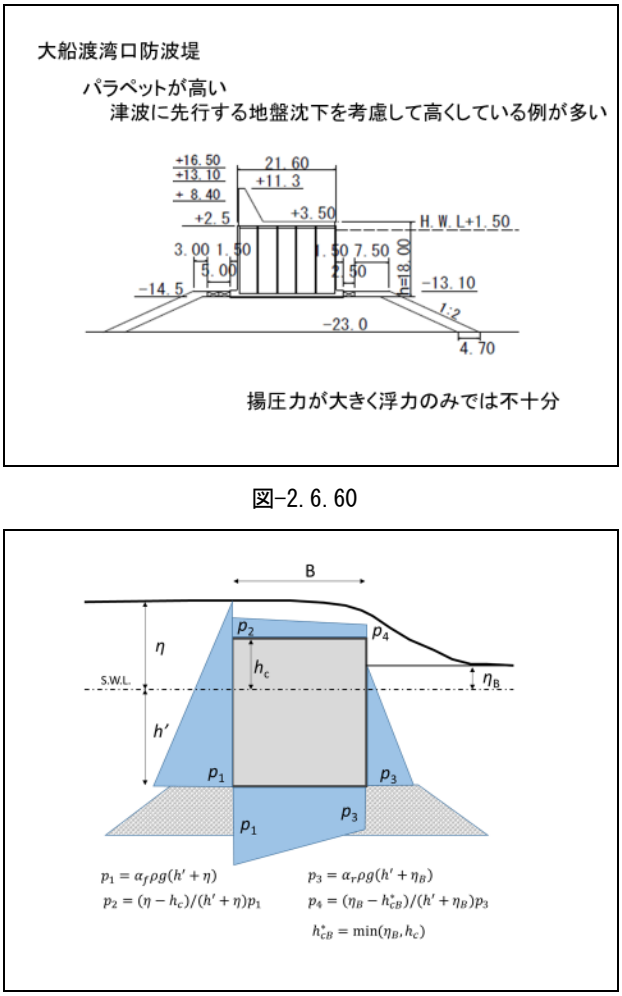


図-2.6.60

図-2.6.61

わかってきました.

浮力をよく考えてみると，浮力というのはそもそも流れがないような静水の状態で見てみると，この物体があることによって排除される水の重さ，それが浮力になっているわけですけども，越流してくると，それほど越流が激しくない時はやはり浮力が排除体積になっています(図-2.6.62)．それで算定していけば大丈夫なんですが，例えばパラペットが大きい時というのは，静水状態だと，上と下のこの状態だと浮力でいいわけですけども，越流が始まったような状態ですと，元々ケーソンの上の方は水が流れていないので圧力はほとんどかかっていません．一方でケーソンの下に方には津波がやってくることによって，さらに揚圧力分が増えてくるわけです．そうしますとこれまで考えていた浮力だけではちょっと足りなくてなってきまして，だいぶ大きな津波による揚圧力というのが作用してくるということです．そういった意味で浮力のところはしっかり考えないといけないということを記載しています(図-2.6.63)．

その他実際に色々実験していきますと，例えばパラペットが大きい時ですけれども，流れが非常に大きくなってきますと，ここで非常に大きな流速が発生します(図-2.6.64)．そうするとベルヌーイ式というのを習ったことがあると思いますけども，流速が速くなってくると圧力がどんどん小さくなってきます．どうやらベルヌーイ式で表わされるぐらいの圧力の低下が発生するということがわかってきまして，先ほどから浮力の問題もあるという話をしましたけども，それだけではなくて流速が大きくなってきますとベルヌーイ式で代用されるように圧力が低下してきて，場合によっては静水位で表わされるような圧力よりもさらにどんどん小さくなってきまして，負圧が発生するようなことが起きます．そういう意味ではパラペットが大きい時にはかなり注意しなければいけないのかなと思います(図-2.6.65)．

これは別に防波堤だけではなくて，海岸堤防でもかなりありまして，これは岩手の海岸堤防の被災事例の一例ですけども，こちらが古い海岸堤防です(図-2.6.66)．古い方の堤防は越流している時に完全に壊されていまして，こちらは新しく作られていた海岸堤防なんですが，あたかもこ

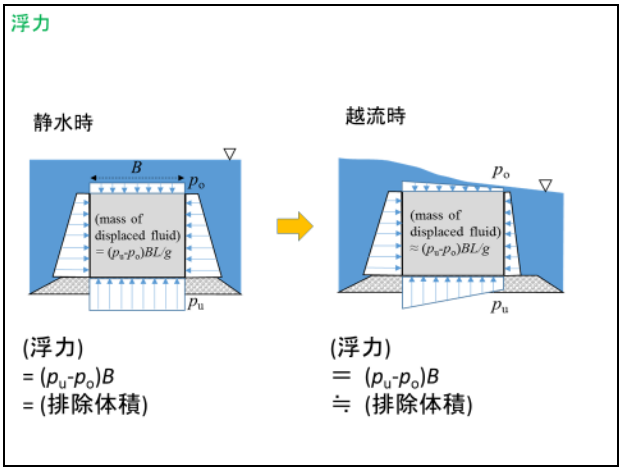


図-2.6.62

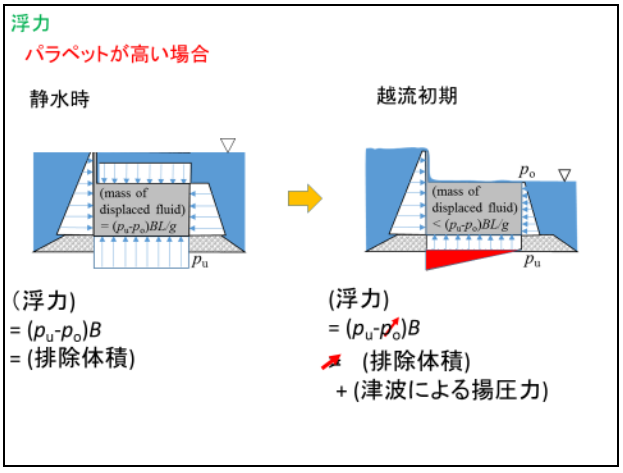


図-2.6.63

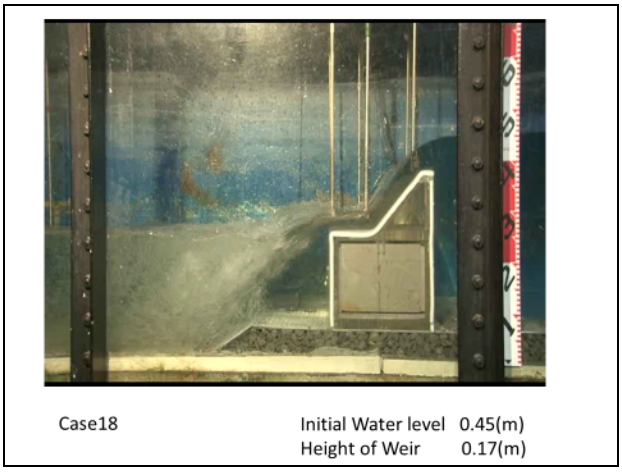


図-2.6.64

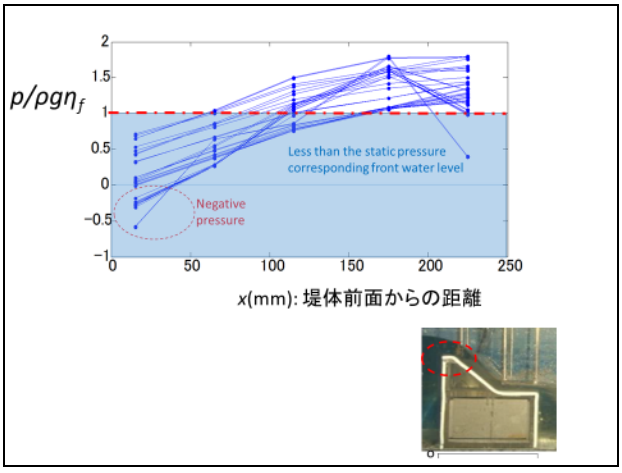


図-2.6.65

の写真を見ると壊れていないように見えますけれども，背後を見てみるとこのように後ろの斜面の部分，斜面が飛ばされているのがわかります(図-2.6.67)．これは東京大学の磯部先生と東洋建設の小竹さんが色々と調べられたところによりますと，越流している時の流れが速いと海岸堤防の上の圧力が低下したり，あるいは背後の圧力が低下してこのような現象が起こるということが明らかになっていまして，防波堤も海岸堤防もこのように同じように，流れが速いときびしい状況になるということかと思います．この現象は今回港湾の基準だけではなくて，海岸の基準も改訂されることになっていますけども，そこにこういった流速が速い時の圧力の低下問題も記載されています．

最後に胸壁の話をしたいと思いますけれども，胸壁の波力もだいぶまとまってきています．こちらも越流する前とあるいは越流した時で胸壁に働く波力が変わるということが今回記述されています(図-2.6.68)．1 つ注意点なんですけども，越流する前の非越流時の波力の考え方が 2 つあります．1 つは考え方として津波が陸上に遡上してきまして，胸壁があった場合にどれぐらいの波力が求められるかというのを求める式がこれなんですけども，考え方として防波堤と同じように，まず浸水シミュレーションをやって津波の浸水高 ηmax を求めます．この ηmax を求めて，波圧を求めるというのが今回導入されているこの式なんですけども，東日本大震災のあと，こういった考え方の研究がすごくたくさん行われまして，たくさんの式がありまして，今回このフルード数を用いた津波の波力算定法というのが導入されています．ただこの方法も問題が 1 つありまして，例えば胸壁の背後に家があったり構造物があったり，あるいはちょっとした三陸のように丘があったりすると，当然ながら進行波というのは単純な進行波ではなくて丘があったりすると戻ってきまして，浸水シミュレーションで求められる水位というのはどんどん高くなってしまいます．その水位でこの式を使ってしまうと，ものすごく巨大な胸壁を作らないといけなくなってきますので，背後の状況，背後に家があったりあるいは丘があったりするような場合ではこの式を使うに当たっては少し注意が必要だということです．一方でもう 1 つは浸水シミュレーションで例えば胸壁を立てて，その上で浸水シミュレーション

図-2.6.66

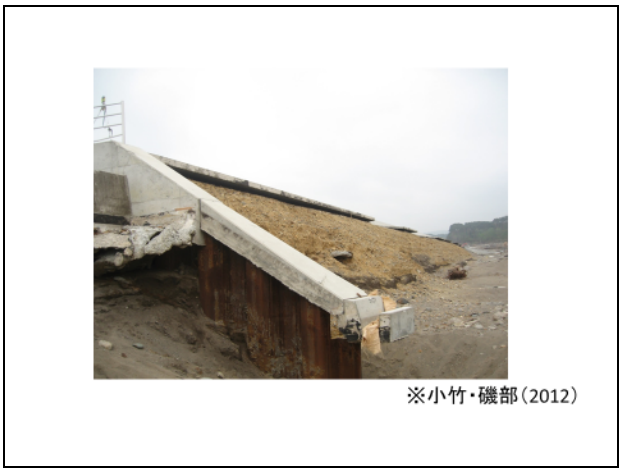


図-2.6.67

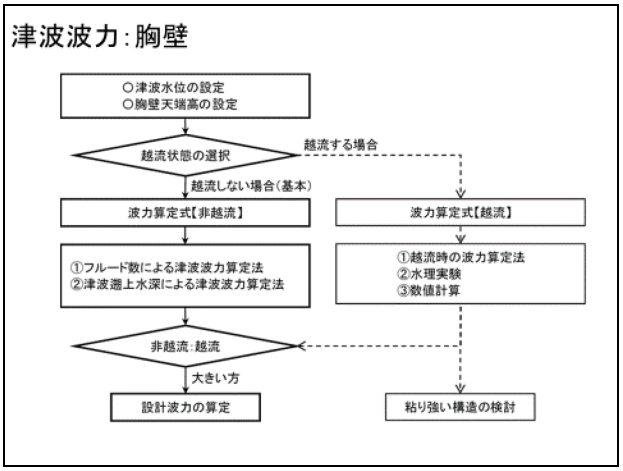


図-2.6.68

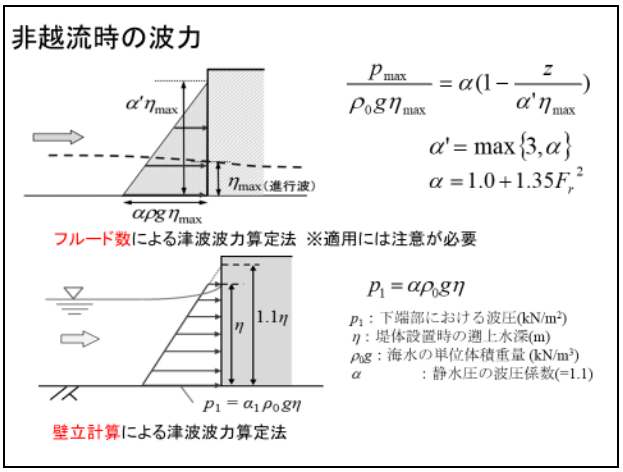


図-2.6.69

をやるとある程度水位がちゃんと求められるわけですけども，その水位の大体 1.1 倍ぐらいの圧力を求めれば圧力をきちんと推定できるということがわかってきていまして，胸壁の波力を算定するに当たっては，このようにそもそも胸壁を立ててやって浸水シミュレーションをやって，その浸水深を元に圧力を求めてやれば算定できるということかなというふうに考えています(**図-2.6.69**)．

その他越流時の波力といったものも今回の改訂で記載されています(**図-2.6.70**)．

最後少し駆け足で話してしまいましたけれども，その他どういったものが今回導入されたかということですが，ここに載っているようなものがいくつか載っています．大きくいうと，合田の越波流量算定図表というのがありますけど，最近日本だけではなくてヨーロッパでもたくさん越波量の研究が進んできています．特に傾斜提の越波量の算定法に関する研究がすごく進んでいまして，ヨーロッパでクラッシュデータベースというデータベースがありまして，日本であるとかヨーロッパはものすごく越波量の実験がたくさん行われているんですけども，それらのデータをたくさん集めまして，そのデータを元に最近ヨーロッパのほうで越波量の算定方法，算定式というのが提案されています．ここに書いている IFORM というのは同じように京都大学のマセ先生が作られた越波量の算定方法なんですけれども，これを使うと不規則波の打ち上げ高，あるいは越波流量というのを合田の算定方法よりも少し精度が高く求められるという研究がありまして，今回これを新たに基準で書いています．宮田さんとヨーロッパの傾斜提を勉強させていただいていますけれども，ヨーロッパのデルフ島だとクラッシュデータベースというものすごい膨大なデータを使って，ニューラルネットワークを使って越波量を算定するという方法が提案されていまして，色々調べてみるとこういった越波量算定式に劣らないくらいもっと精度が高いぐらいによく求められてきているところもありますので，これからはもしかすると波力とか越波量の算定もニューラルネットワークですとかあるいはディープラーニングですとかそういったものも少しずつ使われてくるようになるのかもしれません．今後そういった研究も進めていかないといけないのかなというところであります．その他色々先ほどの NOWT-PARI のバージョンアップですとかそういったものが記載されております(**図-2.6.71**)．

わかりにくい説明をたくさんあったかと思いますけれども，以上でご説明を終わらせていただきます．どうもありがとうございました．

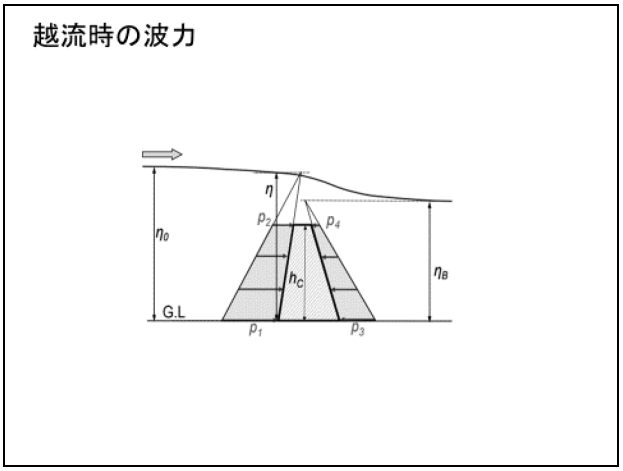


図-2.6.70

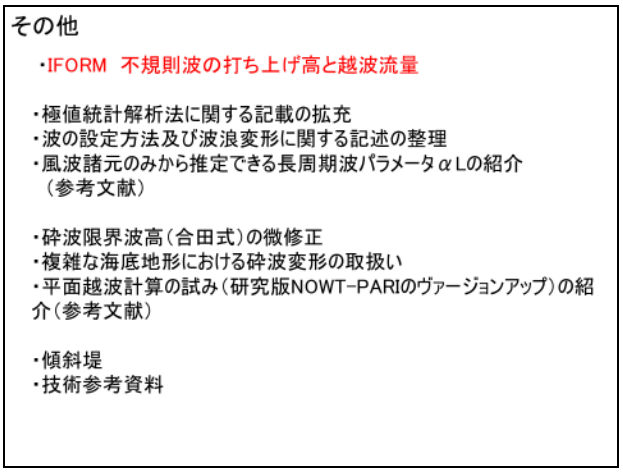


図-2.6.71

2.7　性能照査事例

北日本港湾コンサルタント(株) 第２技術部

部長　加地 隆之　氏

北日本港湾コンサルタントの加地です．よろしくお願いします．

私の方は性能照査事例ということで，ケーソン式混成提のご紹介をさせていただきます．

沿岸技術センターの方で港湾基準の改訂に伴いまして，19 施設について設計の事例集が作成されております．たまたま私がケーソン式混成提に当たってしまいましたので，こうして話すことになってしまいました．よろしくお願いします．

基準の構成ですけども，左側が旧版，右側が改訂版でございます．基本的な項目は変わっていないんですが，防波堤の分類の中に生物共生型防波堤というのが入ってきましたので，その項目が少し増えているという内容になってございます(図-2.7.1)．

性能照査法につきましては，従来材料係数アプローチということで，色々な部分係数が設定されていましたが，今回の改訂では荷重抵抗係数アプローチということで，作用に乗じる部分係数と抵抗項に乗じる部分係数，それから調整係数の 3 つになったということでございます(図-2.7.2)．

具体的には，これはケーソン式の混成提の波浪に関する変動状態の部分係数です．ズラーっとあるんですが，24 個の係数になっています．従来法が非常に多くの部分係数が細分化されて設定されていますので，それの良い面もあるんですけど，計算が煩雑で計算ミスを起こしたりするというようなことも指摘されていたんですが，改訂版につきましては γ_R，γ_S，m という抵抗荷重それぞれに乗じる部分係数と調整係数の 3 つになったということでございます．ただ細部設計の構造部材の照査は別です(図-2.7.3)．

図-2.7.1

設計の流れなんですが，基本的には旧版と変わってございません．波浪に関する変動状態を行って，レベル 1 地震動に関する変動状態の照査が必要な場合はそれを行う．あと設計津波，偶発波浪に関する検討が必要な場合はそれを行って，レベル 2 に関する偶発状態，最後に永続状態という流れになってございます(図-2.7.4)．

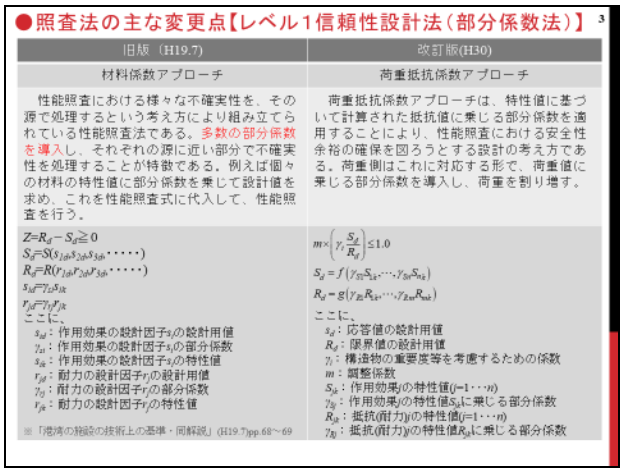


図-2.7.2

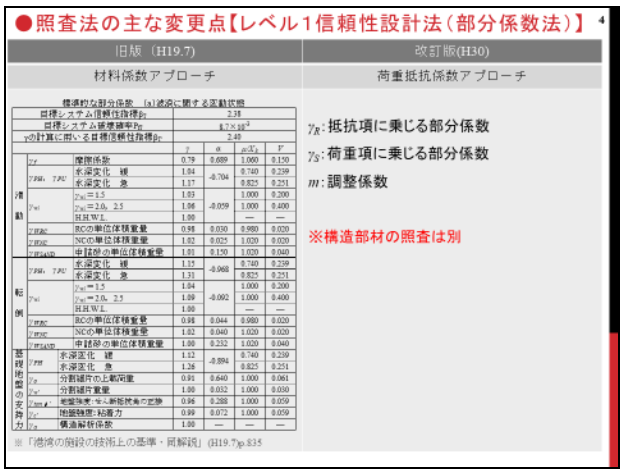


図-2.7.3

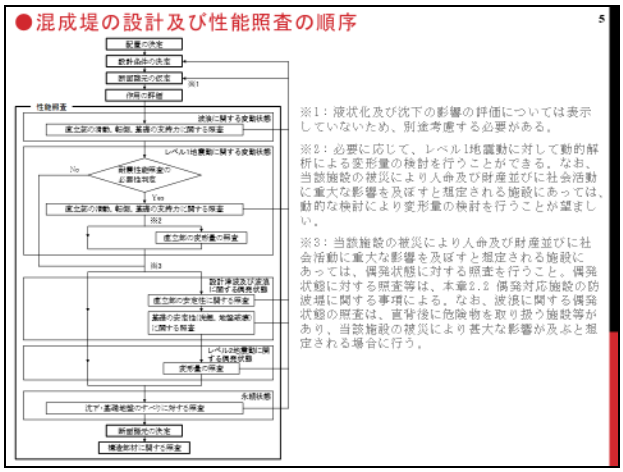


図-2.7.4

具体的にこれは永続状態の円弧すべりの計算の比較です．左側が旧版，右側が改訂版です．式を見ていただくと基本的な式は変わってございません．左側につきましてはこちらの下にあるように，それぞれ部分係数を掛けて設計用値を求めて，それで円弧すべり計算を行うということだったんですが，改訂版につきましては，特性値を用いて最後に荷重項，抵抗項に部分係数を掛けて求めるということになってございます．ただ円弧すべりにつきましてはこの表にありますように，土の変動係数，これは粘着力等を設定する時に出てくる補正係数 B_1 の変動係数 CV を使ってそれぞれ係数が分かれております．粘性土が存在しない場合は 0.15 未満，0.15 以上 0.25 未満，0.25 以上となっておりまして，γ_S を γ_R で割っていただくと，こちらの最初の粘性土が存在しない場合につきましては 1.2 ぐらいになるんですが，だんだんそれが上がっていって 1.3 になるということですから，変動係数が大きいほど少し断面に余裕が必要というか，きびしい設計をしなければならないというふうになっています．これにつきましては国土政策技術研究所資料の方で検討がなされて設定された値なんですけども，0.25 以上のところにカッコ書きで部分係数(1.00)と入っているんですが，カッコはいちおう便宜上これを使って計算してもよいということでございますけども，出典の論文を見ると，0.25 以上は変動係数が異なる場合はやや過大になるので，別途検討方法を考えてくださいというような記述もございますので，このような状態になったら少し気をつけなければならないかなと思っております(**図-2.7.5**)．

滑動につきましても計算式については旧版と同様でございます．提体重量から浮力・揚圧力を引いて水平波力と比較するという式です．改訂版につきましては 2 種類の部分係数が用意されておりまして，海底勾配が緩い場合と急な場合ということで 2 つ用意されています．こちらも γ_S を γ_R で割るとこちらの方がきつくなる，大きくなるので海底勾配が急な場合はけっこうきびしい設計になってくるといような形になっています(**図-2.7.6**)．

転倒につきましても基本式は同じでございまして，重量のモーメントから浮力・揚圧力のモーメントを差し引いて水平波力のモーメントと比べるということでございます．部分係数についても滑動と同様でございまして，海底勾配の緩い急で分かれております(**図-2.7.7**)．

こちらは偏心傾斜荷重に関する支持力の検討ですけども，基本式は同様です．旧版は，設計をやられた方はわかると思うんですが，色々な部分係数があるというのと，あとで事例が出てくるんですが，分布荷重や分布幅を出す時にはこちらの平均値の偏りというのを使って出しておりました．それがこちらのすべて特性値で計算して，荷重項・抵抗項に乗じる部分係数はそれぞれ 1.0 で，調整係数も 1.0 ということですから，昔やっていた安全率法とほぼ同じということでございます．この根拠となっているのがどうも 1987 年に出た港湾空港技術研究所報告らしいんですが，その中で安全率 1.0 が標準ということが元になって

図-2.7.5

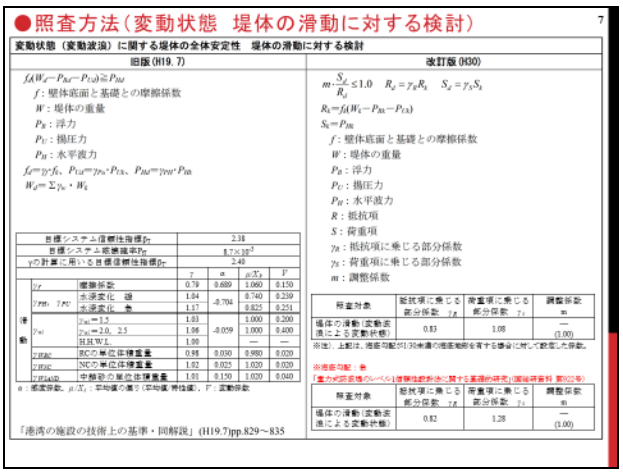


図-2.7.6

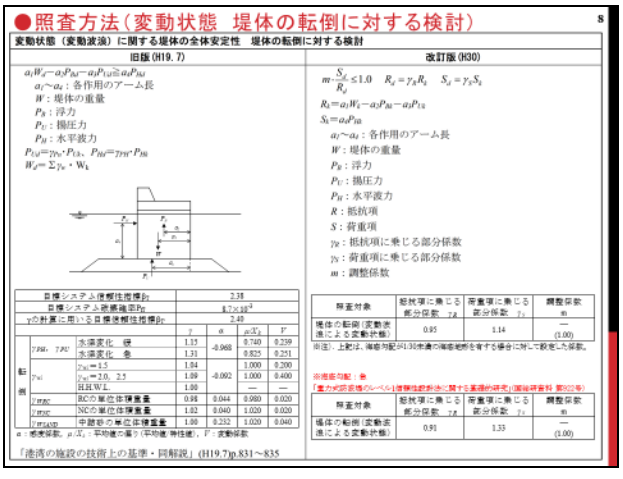


図-2.7.7

いるようでございます(図-2.7.8).

こちらが部材の照査ですけども，部分係数は新旧ともに同じです．ただ限界状態は旧版だと終局疲労と言っていたんですが，コンクリート標準示方書では断面破壊・疲労破壊という言い方をしていますのでそこの語句が統一されたというのと，あとは疲労破壊については改良の構造を設

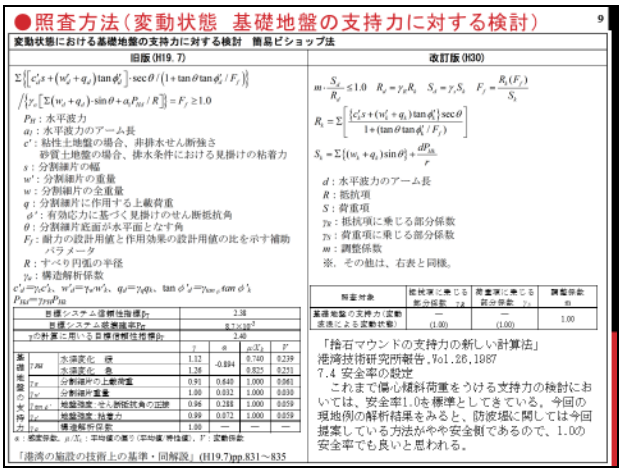


図-2.7.8

図-2.7.9

図-2.7.10

計する時に，対応できるようにということで，少し幅が持たされたというところが変更点でございます(図-2.7.9).

部材を設計するのに色々作用などを組み合わせるんですが，それの組み合わせ，それからそれぞれの部分係数については旧版・改訂版とも同じでございます(図-2.7.10).

具体的な照査例として，これが事例集に載せる予定のケーソン式混成提でございます．私の方で作ったので，摩擦係数が本州と違って寒冷地を考慮したということで 0.7 にしています．それから蓋コンクリートにこういったほぞを付けるんですけども，ある方から，底盤の重量を出す時に蓋コンクリートの重量とかを計算するんですが，ほぞの分が入っていないんじゃないかという指摘を受けましたので，事例集ではこれを消そうと思っています(図-2.7.11).

ケーソン諸元がこんなような形で，バラストとしてコンクリートガラを 22cm 入れています(図-2.7.12).

具体的な計算としてまず提体重量を出すんですけども，左側の表自体は今までどおりで，体積を出して単位体積重量を掛けて重量を出しましょうと．変わっているのが右側

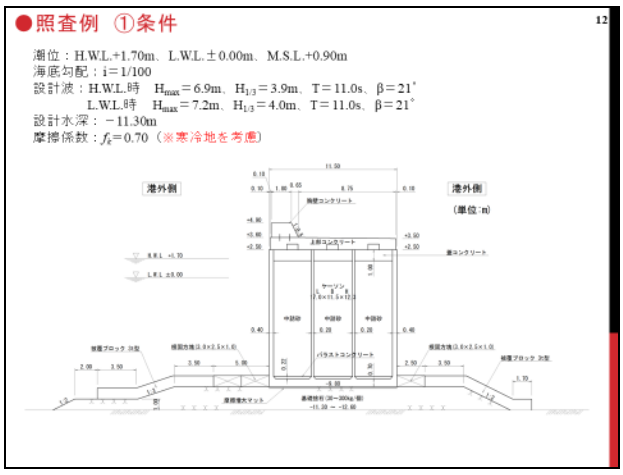


図-2.7.11

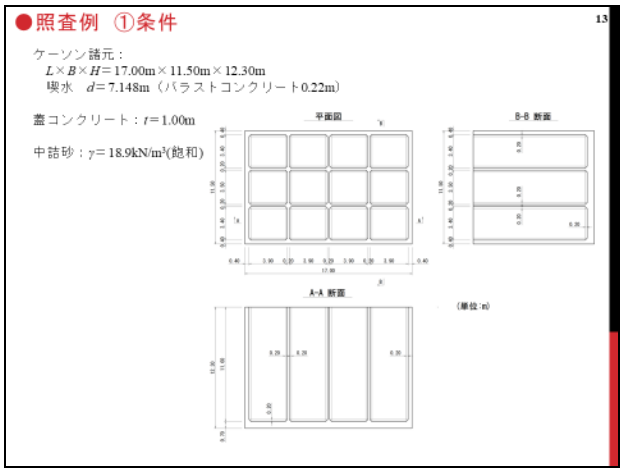


図-2.7.12

のケーソン重量とモーメントというところでございまして，旧版につきましては鉄筋コンクリートの単位体積重量の部分係数を掛けるというのがあるので，0.98 が掛かっています．ただ改訂版は特性値をそのまま使うのでそれは考慮しないということと，それから下の方の浮力，旧版は γ_{wl} というのを掛けて潮位を出してその浮力を使うということだったんですけが，それもなくなって潮位の特性値で検討しようということでございます(図-2.7.13)．

それから波力については合田式で変わらずなんですが，同じように赤書きのケーソン重量とモーメント，水平波力に対する部分係数 1.04，1.04 というのは滑動に対するものですけども，転倒については 1.15，それを掛けて照査してくださいというのがなくなったということでございます(図-2.7.14)．

具体的な安定性の照査ですが，滑動と転倒について並べていますけども，直立部の滑動については提体重量から浮力，揚圧力を引いて抵抗値とすると．水平波力を荷重項としてそれの比を取って 1 以下であれば OK という流れになっています．転倒の方についても同様の計算式で行いまして，それが 1 を下回れば OK ということでございます(図-2.7.15)．

こちらが偏心傾斜荷重の支持力の検討で簡易ビショップ法なんですが，この黒くなっているのは新しく改訂された港湾基準の方法で行った場合なんですが，旧版がこの平均値の偏りを考慮した上載荷重ですとか分布幅というのを計算していたので，ここがだいぶ違っていて，これが元々あった計算書を新しい基準に直して行っていたんですが，分布幅が 3.968m なんですが，以前だとここが 6.3m ぐらいで，分布荷重 404kN/m² だったのが，以前だと 244 kN/m² ということで，ビショップ法が新しい基準だと変わっているというかかなり変わるんじゃないかなということになりますので，ひょっとしてビショップ法で断面が決まっているような施設で新しい基準でやったらもたないよというのがあるのかもしれません．滑動・転倒についてはほぼ変わらなかったので，ここが一番大きく変わったかなと思っております(図-2.7.16)．

レベル 1 地震動による変動状態の検討につきましては，これも変更ございません．提体幅と水深の比を取って加速

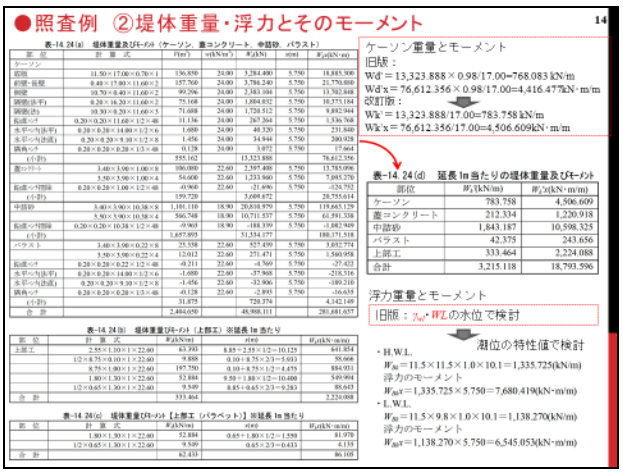


図-2.7.13

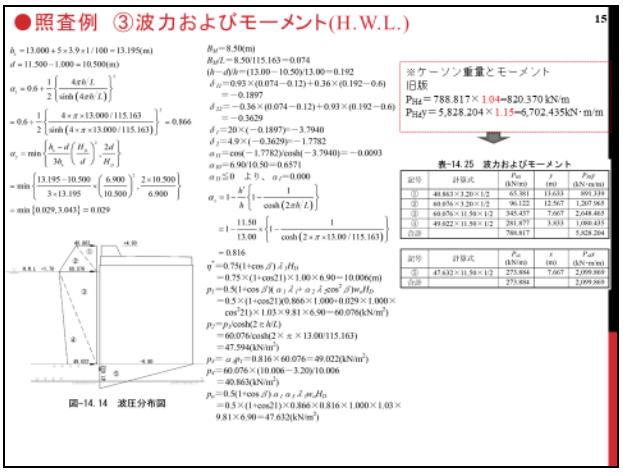


図-2.7.14

図-2.7.15

図-2.7.16

度を求めて工学的基盤加速度と比較してそれを超えてしまうと照査が必要という流れでございます(図-2.7.17).

照査用震度の算出方法の変形量の考え方，フィルターの設定も基本式は変わってございません(図-2.7.18).

レベル１地震動でございますけども，堤体の安定計算につきましても基本式は同じと．ただ先ほど言ったように部分係数が少し変わったということで，当初は構造解析係数ということで，滑動が 1.2，転倒が 1.1 というのが設定されていたんですが，新しいものはそれが調整係数という形で，値としては同じ値が入ってきているということで同じことを行うということになります(図-2.7.19).

転倒についても同様でございまして，転倒の構造解析係数 1.1 というのが改訂版では調整係数という名前が変わった形で 1.1 という形になってございます(図-2.7.20).

あと被覆石及びブロック，根固方塊ですけども，基本的なハドソン式を用いるというのは同じです．元々部分係数というのは設定されていたんですけど，元々1.0 だったので，これもそれがなくなったということで，変更がないという形になってございます(図-2.7.21).

簡単ではございますが，以上で説明を終わらせていただきます.

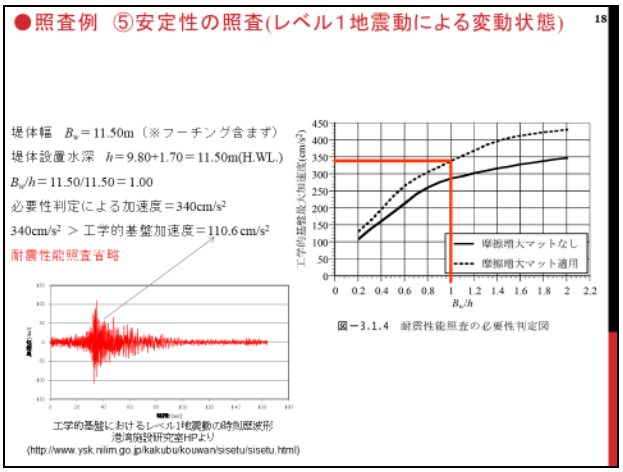


図-2.7.17

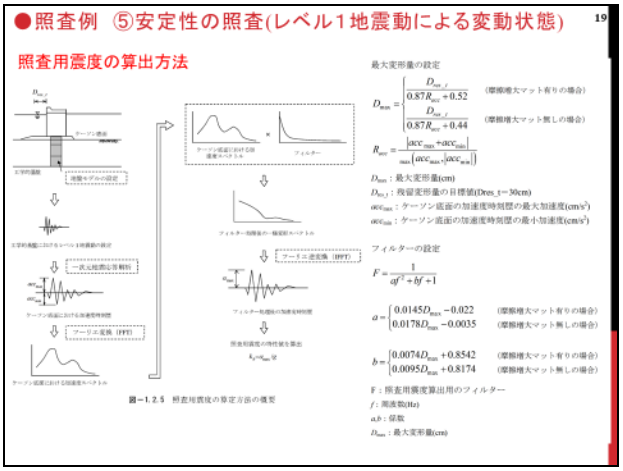


図-2.7.18

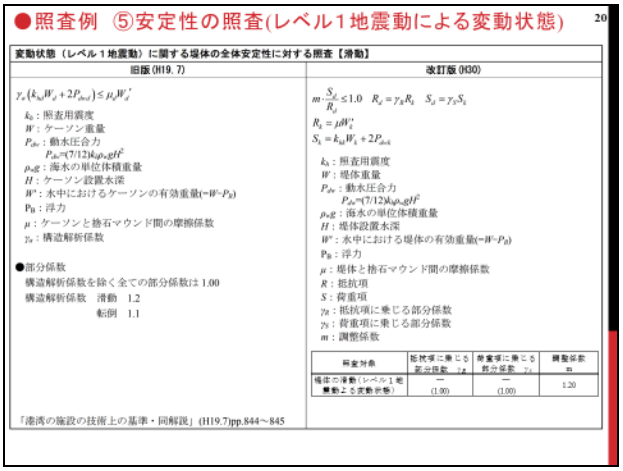


図-2.7.19

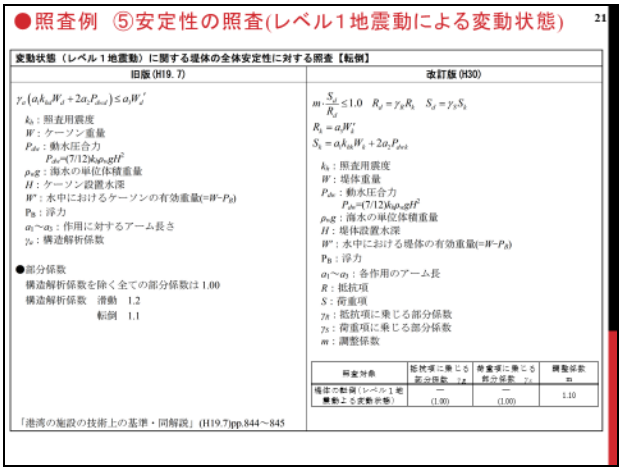


図-2.7.20

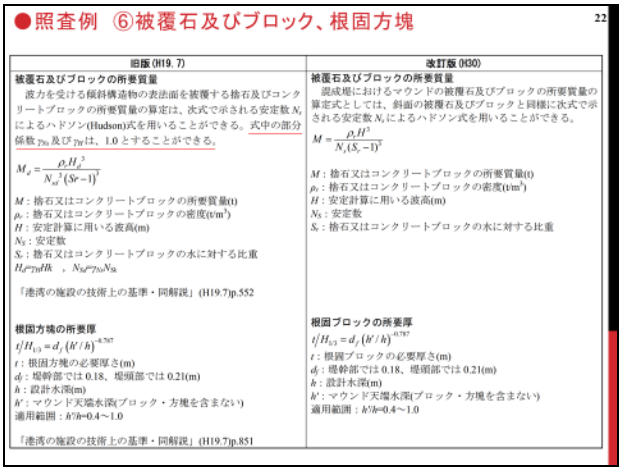


図-2.7.21

2.8　航路・荷役

国土交通省 国土交通政策研究所
研究調整官　山形 創一　氏

ご紹介いただきました国土交通政策研究所の山形です.

前任で国土技術政策総合研究所の港湾計画室長をしておりまして，そこで今回の基準の航路・荷役関係の取りまとめておりまして，その関係で本日は私の方から説明させていただきます.

航路・荷役関係です．主だった変更・改訂の箇所はこちらになります．この航路・荷役関係は主に水路・泊地関係とかターミナル関係になりますけども，基本的に設計や計画のやり方が大きく手法を変えたというものであります．ただこれのベースになってくる様々な諸元の数値であったりとか係数であったりとか，そういったところの見直しとか特に船舶の大型化を踏まえまして拡張をしたというところが中心になっております(図-2.8.1)．

まず１つ目の更新した箇所は標準船型の更新です．水路や泊地の計画をするに当たって対象となる船舶を特定できない場合に用いる標準の船型です．これは世界の全船舶のデータを集めまして，統計的に解析して標準の船型を出していますけれども，近年特に船舶の大型化が進んでおります．大型化が進んで様々な計画に用います全長であったり，垂線間長あるいは型幅，喫水こういったところの標準が非常に大きく変わってきたということで，今回更新しています．例えば近年で言うと，20,000TEU 積みのコンテナ船が登場したり，200,000 総トンクラスのクルーズ船が建造されたりしていますので，こういったものがこれまでの基準に対応していなかったということで，そこを読めるようにしています(図-2.8.2)．

これは参考までに船型の更新ですけども，これは船舶のいわゆるトン数，体積と全長・全幅，喫水が３乗の関係になるということを利用しまして，統計的にトン数と長さであったり，喫水であったり，全長の関係を統計的に処理して出しているというのがこちらの手法になっております．ですので今回はいわば大きく横に広がったということで，その分布に合わせた船型を直した形になります(図-2.8.3)．

ここからはどんなところを拡張したかという具体の話になります．標準船型につきましては対象とする船舶の種類をいくつか分けて，その種類ごとに標準的な値を載せております．これはバルクとして使っている貨物船ですけれども，これまで載荷重量 DWT が 150,000 トンクラスまでしかなかったものを近年非常に大型化が進んでいるということで,400,000 トンクラスまで対応するようにしました．それを踏まえまして，400,000 トンクラスで言えば全長が 361m，幅 65m，喫水 23.1m のクラスは世界的に見ると標準になっていますよということで，こういったものを参考にしながら水路・泊地の岸壁の計画を立てることができるようにしています(図-2.8.4)．

次にコンテナ船です．これも非常に話題になっていますけども，今まで 100,000DWT トンクラスで対応していまし

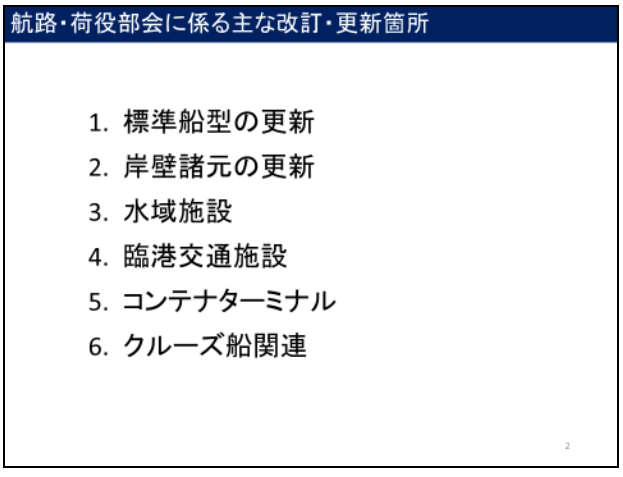


図-2.8.1

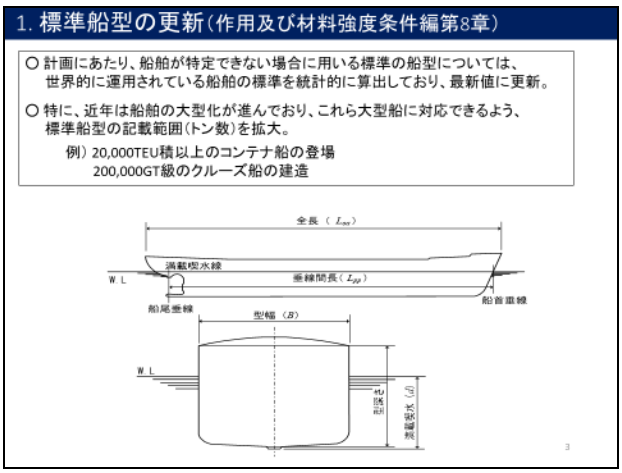


図-2.8.2

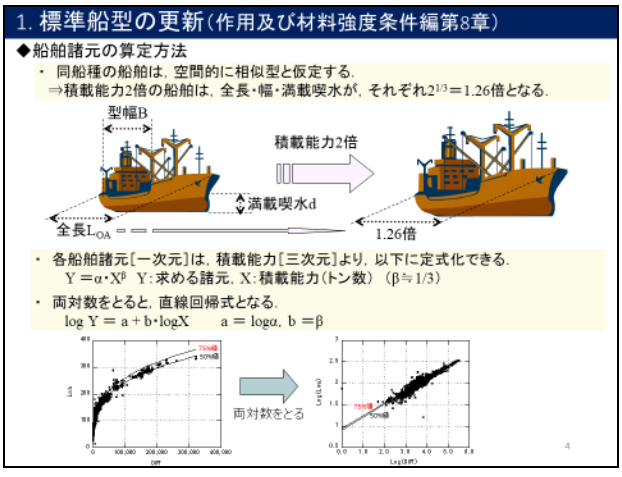


図-2.8.3

た．TEU は右側に参考地を載せています．200,000DWT トンが大体 20,000TEU トンぐらいになるんですけども，それに対応して世界中の船舶の統計からそのクラスの標準的な全長であったり，垂線間長・型幅・満載喫水を出しております(図-2.8.5)．

こちらは先ほどのコンテナ船の標準船型ですけども，さらにこれは参考としておおよそ近年どれぐらいの大型コンテナ船が就航しているのかということの掴みをするのと，特にこの船が入ってくるということが特定されている場合に値を使えるようにということで，近年就航している，あるいは建造中の大型コンテナ船の諸元を参考の値として今回の基準から載せることにしました．最大クラス現存で 21,413TEU 積みなどの諸元がこちらに載っております．大体全長 400m，型幅 59m，喫水 16m といったクラスのコンテナ船がどんどん入ってきているということでございます(図-2.8.6)．

あとはそれ以外のいくつかの船型の更新例です．これは自動車専用船です．これまでが対応している部分が小さかったというのがありますけど，対応する大きさを載せています．LNG 船も大型に対応するようにしております(図-2.8.7)．

次に旅客船です．これも今話題になっているいわゆるクルーズ船です．これまで 100,000 総トンクラスの船のデータまでの標準船型が載っていたということですけれども，これを 160,000 総トンまで標準値を出しています．これは統計的に数が揃っていて，統計的に解析できる限界が 160,000 トンクラスですので，ここまで載せています．実際は今 Oasis of the Seas 級とか 200,000 総トンクラスの 5,000 人～6,000 人乗せてくるような巨大なクルーズ船が就航しつつあるということで，それらの値は参考で載せています．統計的に処理できない数なので参考として載っています．そうなると最大クラスの全長 360m であったり，型幅 47m，喫水 9.3m のクラスが今後来ることになるということで，それらの値を載せることで計画に入れるようにしております(図-2.8.8)．

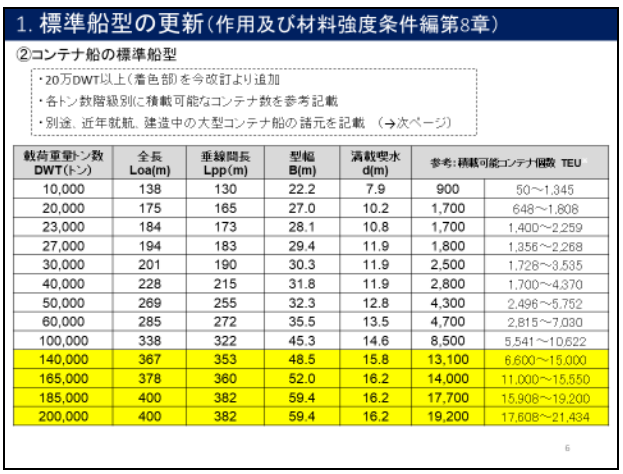
次が更新箇所の 2 つ目，岸壁の諸元です．岸壁の長さや水深ですけれども，これは基本的に先ほどの船舶が特定できない場合であれば標準船型で決まります．ですので先ほ

1. 標準船型の更新(作用及び材料強度条件編第8章)

①貨物船の標準船型　・20万DWT以上(着色部)を今改訂より追加

載荷重量トン数 DWT(トン)	全長Loa(m)	垂線間長Lpp(m)	型幅B(m)	満載喫水d(m)
1,000	63	57	10.4	3.7
2,000	77	71	12.8	4.6
3,000	87	81	14.3	5.3
5,000	102	95	16.6	6.2
6,000	108	100	17.5	6.5
10,000	125	118	20.3	7.7
12,000	132	125	21.4	8.1
15,000	142	134	22.8	8.7
18,000	149	141	24.0	9.2
30,000	174	166	27.9	10.8
40,000	190	181	30.3	11.8
50,000	203	195	32.3	12.6
55,000	209	200	32.3	13.0
70,000	225	216	32.3	14.0
90,000	242	234	38.2	15.1
120,000	264	256	41.5	16.6
150,000	282	274	44.3	17.7
200,000	308	300	48.1	19.4
250,000	328	319	56.2	20.8
300,000	333	324	57.3	22.0
400,000	361	353	65.0	23.1

図-2.8.4



1. 標準船型の更新(作用及び材料強度条件編第8章)

②コンテナ船の標準船型

・20万DWT以上(着色部)を今改訂より追加
・各トン数階級別に積載可能なコンテナ数を参考記載
・別途、近年就航、建造中の大型コンテナ船の諸元を記載　(→次ページ)

載荷重量トン数 DWT(トン)	全長 Loa(m)	垂線間長 Lpp(m)	型幅 B(m)	満載喫水 d(m)	参考:積載可能コンテナ個数 TEU	
10,000	138	130	22.2	7.9	900	50～1,345
20,000	175	165	27.0	10.2	1,700	648～1,808
23,000	184	173	28.1	10.8	1,700	1,400～2,259
27,000	194	183	29.4	11.9	1,800	1,356～2,268
30,000	201	190	30.3	11.9	2,500	1,728～3,535
40,000	228	215	31.8	11.9	2,800	1,700～4,370
50,000	269	255	32.3	12.8	4,300	2,496～5,752
60,000	285	272	35.5	13.5	4,700	2,815～7,030
100,000	338	322	45.3	14.6	8,500	5,541～10,622
140,000	367	353	48.5	15.8	13,100	6,600～15,000
165,000	378	360	52.0	16.2	14,000	11,000～15,550
185,000	400	382	59.4	16.2	17,700	15,908～19,200
200,000	400	382	59.4	16.2	19,200	17,608～21,434

図-2.8.5

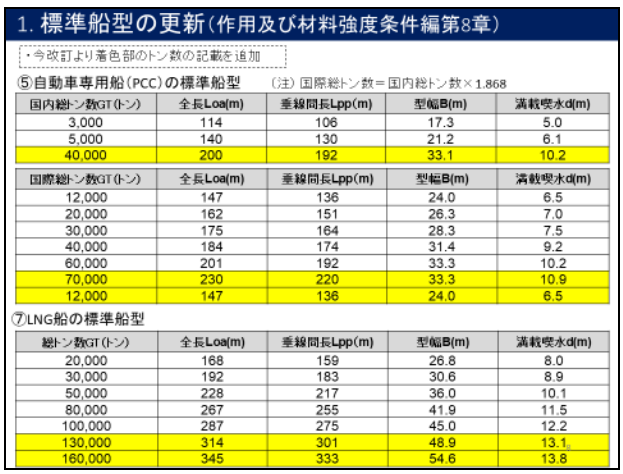
1. 標準船型の更新(作用及び材料強度条件編第8章)

②近年就航、建造中の大型コンテナ船の諸元

載貨重量トン数 DWT(トン)	全長 Loa(m)	垂線間長 Lpp(m)	型幅 B(m)	満載喫水 d(m)	参考: 積載コンテナ個数 TEU	現存・建造予定
190,326	399.0	378.0	58.6	16.5	20,568	建造予定
191,570	399.9	383.0	58.8	16.0	21,413	建造予定
191,640	399.9	383.0	58.8	16.0	21,413	建造予定
191,688	399.9	383.0	58.8	16.0	21,413	建造予定
197,059	400.0	383.0	58.8	16.0	20,150	建造予定
197,106	400.0	383.0	58.8	16.0	20,150	建造予定
197,500	400.0	383.0	58.8	16.0	20,150	現存
197,500	400.0	383.0	58.8	16.0	20,150	建造予定
199,744	400.0	388.0	59.0	16.0	18,691	現存
200,000	*	*	*	*	22,000	建造予定
200,148	398.5	382.4	59.0	16.0	19,224	現存
206,000	400.0	※	58.6	16.5	20,568	現存
201,792	400.0	383.0	59.0	16.0	19,200	現存
202,036	400.0	383.0	59.0	16.0	19,200	現存
202,347	400.0	383.0	59.0	16.0	19,200	現存
202,376	400.0	383.0	59.0	16.0	19,200	現存
218,000	400.0	384.4	58.5	16.0	20,150	建造予定
230,000	400.0	*	59.0	*	20,600	建造予定
250,000	399.9	383.0	58.8	16.0	21,413	現存
250,000	400.0	*	58.6	16.0	20,988	建造予定

※現存となっている船は、2017年5月時点で現存しているもの。
(Lloyd's(2017.1)、Clarkson(2017.5)及びClarksonデータ(2017.12)より国総研調べ)

図-2.8.6



1. 標準船型の更新(作用及び材料強度条件編第8章)

・今改訂より着色部のトン数の記載を追加

⑤自動車専用船(PCC)の標準船型　(注) 国際総トン数＝国内総トン数×1.868

国内総トン数GT(トン)	全長Loa(m)	垂線間長Lpp(m)	型幅B(m)	満載喫水d(m)
3,000	114	106	17.3	5.0
5,000	140	130	21.2	6.1
40,000	200	192	33.1	10.2

国際総トン数GT(トン)	全長Loa(m)	垂線間長Lpp(m)	型幅B(m)	満載喫水d(m)
12,000	147	136	24.0	6.5
20,000	162	151	26.3	7.0
30,000	175	164	28.3	7.5
40,000	184	174	31.4	9.2
60,000	201	192	33.3	10.2
70,000	230	220	33.3	10.9
12,000	147	136	24.0	6.5

⑦LNG船の標準船型

総トン数GT(トン)	全長Loa(m)	垂線間長Lpp(m)	型幅B(m)	満載喫水d(m)
20,000	168	159	26.8	8.0
30,000	192	183	30.6	8.9
50,000	228	217	36.0	10.1
80,000	267	255	41.9	11.5
100,000	287	275	45.0	12.2
130,000	314	301	48.9	13.1
160,000	345	333	54.6	13.8

図-2.8.7

どの大型化に対応するとそのままハマってくるような形になります．バース長で言えば全長に対して幅を考慮した係留索の張り方を考えてバース長が決まってきますけれども，当然ここの値が変わってきたので岸壁の諸元，標準値も値が変わってきております(図-2.8.9)．

基本的には先ほどの拡張に合わせて標準値を船種ごとに作っております．貨物船であれば 400,000 トンで対応して係留索の張り方を考えて，470m のバースが標準で，あとは満載喫水に余裕水深を加えてバースの深さ 26m という値が標準諸元になりますということで書いております．コンテナ船も同様の考え方で，型が大きくなった分値を更新しております(図-2.8.10)．

タンカーにつきましても今まで 50,000DWT クラスが，300,000DWT クラスまで船型の標準値を作りましたので，それに合わせて長さ．水深を載せています．旅客船につきましても 160,000 トンに対応するような形で長さ・水深の標準値を作っております(図-2.8.11)．

こちらは特に拡張していませんけど，全船種で標準の値を更新していますので，それに合わせて RORO 船であったり，フェリーであったり，PCC も標準諸元は更新しております(図-2.8.12)．

次に水域施設の関係です．いわば航路・泊地等の幅と水深の話になります．これは決め方のおさらいになりますけども，航路の水深につきましては対象船舶と航行環境が特定できない場合，いわゆる第 1 区分という時には，標準的

1. 標準船型の更新(作用及び材料強度条件編第8章)

⑧旅客船の標準船型

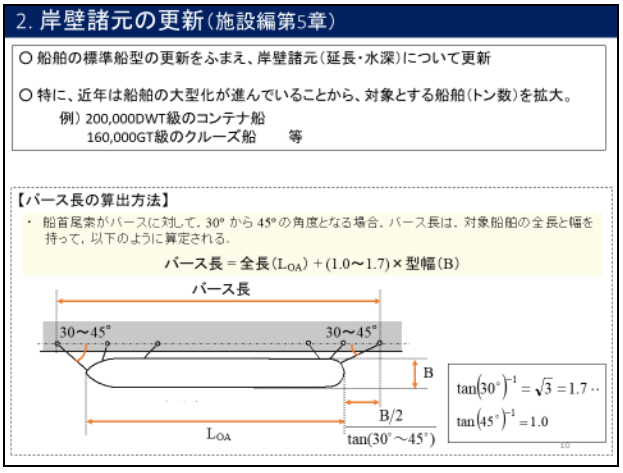
・13万DWT以上(着色部)を今改訂より追加
・別途、近年就航、建造中の大型コンテナ船の諸元を記載

総トン数 GT(トン)	全長Loa(m)	垂線間長Lpp(m)	型幅B(m)	満載喫水d(m)
3,000	94	81	16.5	4.2
5,000	112	96	18.5	4.8
10,000	143	122	21.8	5.7
20,000	183	155	25.5	6.4
30,000	211	178	28.0	6.9
50,000	252	213	32.3	7.6
70,000	284	239	32.3	8.0
100,000	294	270	35.6	8.4
130,000	325	297	38.5	8.8
160,000	345	311	41.0	9.1

◆わが国に寄港した／寄港が想定される大型クルーズ船の諸元を記載

総トン数GT(トン)	全長Loa(m)	垂線間長Lpp(m)	型幅B(m)	満載喫水d(m)	現存・建造予定
149,215	345.0	301.0	41.0	10.3	現存
225,282	360.0	330.0	47.0	9.3	現存
225,282	360.0	330.0	47.0	9.3	現存
225,282	362.1	330.7	47.0	9.3	建造予定
226,963	362.1	331.0	47.0	9.3	現存

図-2.8.8



2. 岸壁諸元の更新(施設編第5章)

○ 船舶の標準船型の更新をふまえ、岸壁諸元(延長・水深)について更新

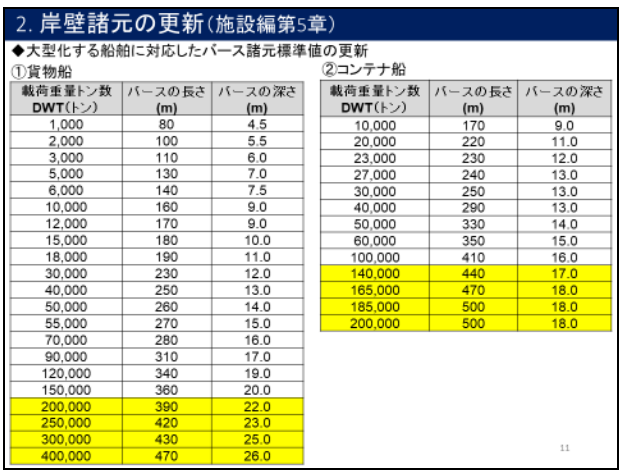
○ 特に、近年は船舶の大型化が進んでいることから、対象とする船舶(トン数)を拡大。
例) 200,000DWT級のコンテナ船
160,000GT級のクルーズ船　等

【バース長の算出方法】

・船首尾索がバースに対して，30° から 45° の角度となる場合，バース長は，対象船舶の全長と幅を持って，以下のように算定される．

バース長＝全長(L_{OA})＋(1.0～1.7)×型幅(B)

図-2.8.9



2. 岸壁諸元の更新(施設編第5章)

◆大型化する船舶に対応したバース諸元標準値の更新

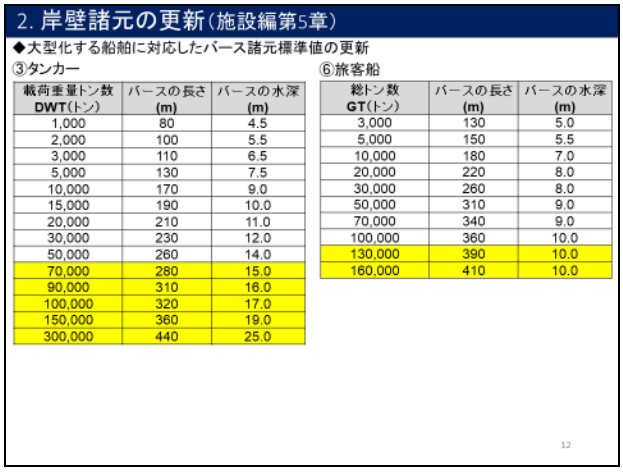
①貨物船

載荷重量トン数 DWT(トン)	バースの長さ (m)	バースの深さ (m)
1,000	80	4.5
2,000	100	5.5
3,000	110	6.0
5,000	130	7.0
6,000	140	7.5
10,000	160	9.0
12,000	170	9.0
15,000	180	10.0
18,000	190	11.0
30,000	230	12.0
40,000	250	13.0
50,000	260	14.0
55,000	270	15.0
70,000	280	16.0
90,000	310	17.0
120,000	340	19.0
150,000	360	20.0
200,000	390	22.0
250,000	420	23.0
300,000	430	25.0
400,000	470	26.0

②コンテナ船

載荷重量トン数 DWT(トン)	バースの長さ (m)	バースの深さ (m)
10,000	170	9.0
20,000	220	11.0
23,000	230	12.0
27,000	240	13.0
30,000	250	13.0
40,000	290	13.0
50,000	330	14.0
60,000	350	15.0
100,000	410	16.0
140,000	440	17.0
165,000	470	18.0
185,000	500	18.0
200,000	500	18.0

図-2.8.10



2. 岸壁諸元の更新(施設編第5章)

◆大型化する船舶に対応したバース諸元標準値の更新

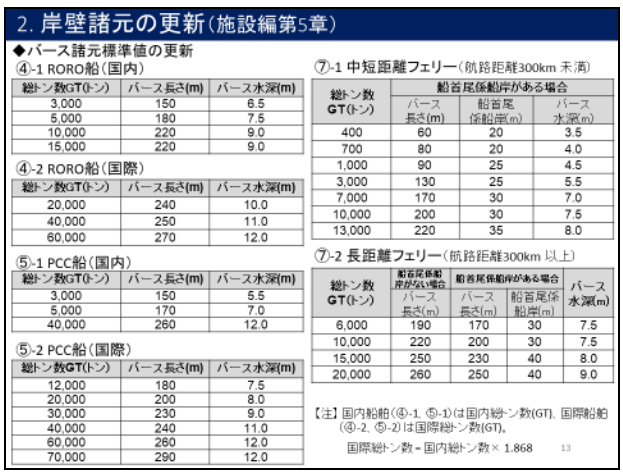
③タンカー

載荷重量トン数 DWT(トン)	バースの長さ (m)	バースの水深 (m)
1,000	80	4.5
2,000	100	5.5
3,000	110	6.5
5,000	130	7.5
10,000	170	9.0
15,000	190	10.0
20,000	210	11.0
30,000	230	12.0
50,000	260	14.0
70,000	280	15.0
90,000	310	16.0
100,000	320	17.0
150,000	360	19.0
300,000	440	25.0

⑥旅客船

総トン数 GT(トン)	バースの長さ (m)	バースの水深 (m)
3,000	130	5.0
5,000	150	5.5
10,000	180	7.0
20,000	220	8.0
30,000	260	8.0
50,000	310	9.0
70,000	340	9.0
100,000	360	10.0
130,000	390	10.0
160,000	410	10.0

図-2.8.11



2. 岸壁諸元の更新(施設編第5章)

◆バース諸元標準値の更新

④-1 RORO船(国内)

総トン数GT(トン)	バース長さ(m)	バース水深(m)
3,000	150	6.5
5,000	180	7.5
10,000	220	9.0
15,000	220	9.0

④-2 RORO船(国際)

総トン数GT(トン)	バース長さ(m)	バース水深(m)
20,000	240	10.0
40,000	250	11.0
60,000	270	12.0

⑤-1 PCC船(国内)

総トン数GT(トン)	バース長さ(m)	バース水深(m)
3,000	150	5.5
5,000	170	7.0
40,000	260	12.0

⑤-2 PCC船(国際)

総トン数GT(トン)	バース長さ(m)	バース水深(m)
12,000	180	7.5
20,000	200	8.0
30,000	230	9.0
40,000	240	11.0
60,000	260	12.0
70,000	290	12.0

⑦-1 中短距離フェリー(航路距離300km 未満)

総トン数 GT(トン)	船首尾係船岸がある場合 バース長さ(m)	船首尾係船岸(m)	バース水深(m)
400	60	20	3.5
700	80	20	4.0
1,000	90	25	4.5
3,000	130	25	5.5
7,000	170	30	7.0
10,000	200	30	7.5
13,000	220	35	8.0

⑦-2 長距離フェリー(航路距離300km 以上)

総トン数 GT(トン)	船首尾係船岸がない場合 バース長さ(m)	船首尾係船岸がある場合 バース長さ(m)	船首尾係船岸(m)	バース水深(m)
6,000	190	170	30	7.5
10,000	220	200	30	7.5
15,000	250	230	40	8.0
20,000	260	250	40	9.0

【注】国内船舶(④-1、⑤-1)は国内総トン数(GT)、国際船舶(④-2、⑤-2)は国際総トン数(GT)、
国際総トン数＝国内総トン数×1.868

図-2.8.12

な船舶を元に余裕を持たせて機械的に 1.1 倍～1.2 倍掛けて航路の水深にしています．一方で対象船舶が決まっておりましたら，この場合第 2 区分と通称言っておりますけども，その場合はその船舶とか航行環境を考慮して計算をしっかり行って出すというようにということで基準にこれまでも書いてきております(図-2.8.13)．

幅員についても同様です．第 1 区分の対象船舶と航行環境が特定できない場合は，対象船舶の全長に 1.5 倍～2 倍掛けるというような形で用いることができるとしています．一方で特定できる場合は第 2 区分として，こちらも船舶の諸元とかを計算できるような形です(図-2.8.14)．

基本的に第 1 区分につきましては，今回改訂はありません．特徴としては標準の船型から諸元が簡単に決められますけども，あまり外力条件等は考慮していませんので，自ずと諸元が大きくなると．一方で第 2 区分，対象船舶と航行環境を特定できればその時は緻密な計算を行って，より精緻な値，必要幅・必要水深を出すことができます．ただそのためには様々な流体力係数や航行局面というような舵角等の設定をしなければならないと．ここの細かい係数等については今回の改訂で変えております(図-2.8.15)．

これは数式ですけど，様々な要件を W の後ろに決めているんですけど，この計算式の中に様々な係数が入ります．これらの係数につきましては船の種類，大まかに言えば船の形状であったり，あとは舵の枚数であったり，水深軸の数といったものが非常に大きく影響してきます(図-2.8.16)．

ですので，これまで船種 15 種を代表してこれらの係数を作って基準に載せていましたけれども，今回船種を拡大しました．なぜかと言いますと，例えばコンテナ船につきましてはこれまでせいぜい OVER PANAMAX ぐらいまでの係数しかなかったものを，大型のコンテナ船に対応した係数を作ったりとか，バルカー（貨物船）についてもより大型のもの，PCC 船や旅客船についても同じように大型化を踏まえて，船が大きい場合はどういう係数を使うんだというのことを新たに作りました．それが結局 15 種から 22 種に広がっています．これで第 2 区分の航路の照査を大型化に対応するような形になります(図-2.8.17)．

さらに今のものに加えまして，今度は水域施設です．幅

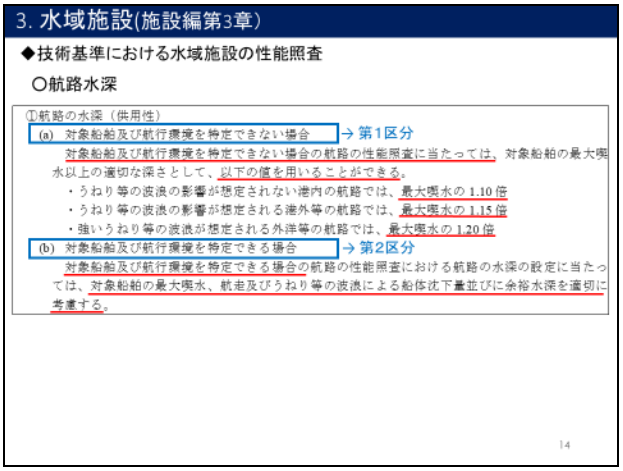


図-2.8.13

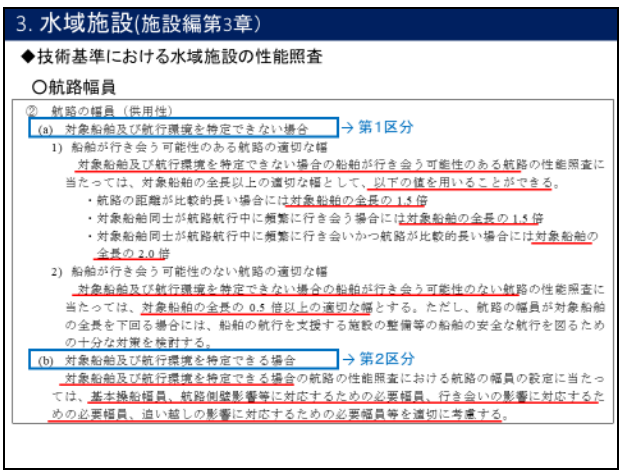


図-2.8.14

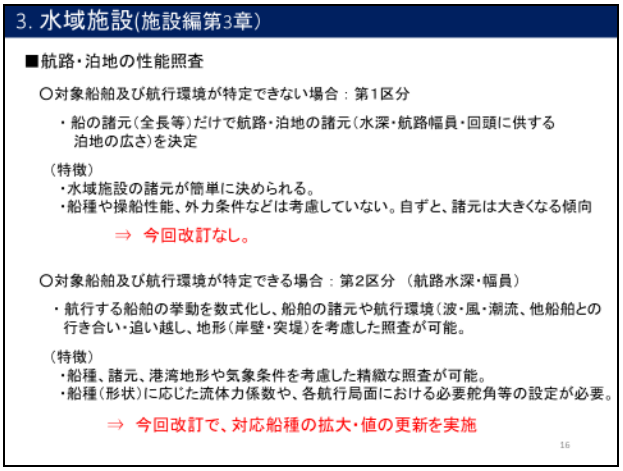


図-2.8.15

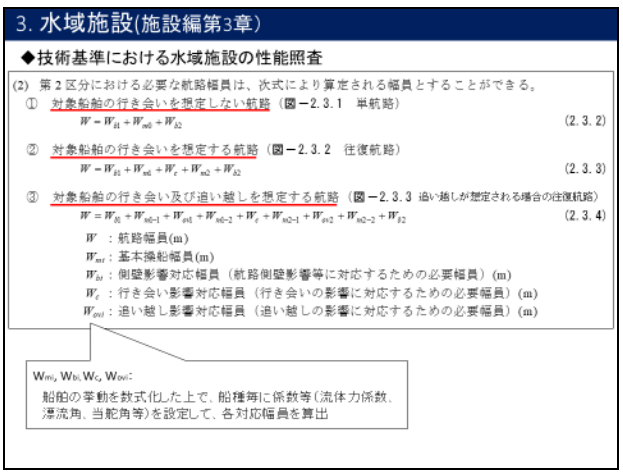


図-2.8.16

もありますけど，泊地ですね．こちらは船が係留あるいは回頭するような泊地の広さにつきましてですけれども，これまで全長を元にざっとした数字を載せていましたけども，それも引き続き用いることはできるんですけれども，近年船舶の動きを AIS，船が常に自分の船の諸元であったり方角，速度などを一定時間ごとに外に対して電波，つまり情報を出していますので，それを集めることによって船の挙動解析をすることができるようになりました．今回の基準ではそういったところを考慮しながら，泊地の幅や面積といったところを決めるようなことができますというところを書き足しております(図-2.8.18)．

ここに今回載せているのは，いくつかの回頭のパターンです．岸壁の前で出る時に回ったり，これは旅客船の例ですけども，入る時に始めは離れたところで向きを変えてから入港するようなパターンであったり，あとは少し沖合いに出してみたり，様々な回頭の形態が近年の AIS で分析できますので，このあたりを参考にすることができます(図-2.8.19)．

ここまで水域施設の話でしたけれど，今度は臨港交通施設のところです(図-2.8.20)．

臨港交通施設につきましてもやり方自体は変わりません．いわゆる 4 段階推定というやり方で当該の臨港道路に発生集中する交通量を出して，それを元に車線数等を決めていくという流れになります．そこはやり方は変わらないんですけども，発生集中の原単位を更新しました．要は何かと言いますと，港湾に立地する産業の動向，いわば出荷額等を踏まえまして，それらの出荷額がどれぐらいだからどれぐらいの貨物が出る，そうするとどれぐらいの車両が出入りする，その中で大型車がどれぐらいあるというようなところを計算して，交通量を出していくんですけども，それらの係数につきましては物流センサスを使っています．この 10 年の間に物流センサスは当然更新されましたので，それらを元に原単位の更新を行っています．今口頭で言ってしまいましたけども，流れは基本的にこのように発生集中から車線設計を行います．そしてここの発生集中を経済指標から出すということで立地産業による出荷量を計算すると．この原単位を今回更新しています(図-2.8.21)．

図-2.8.17

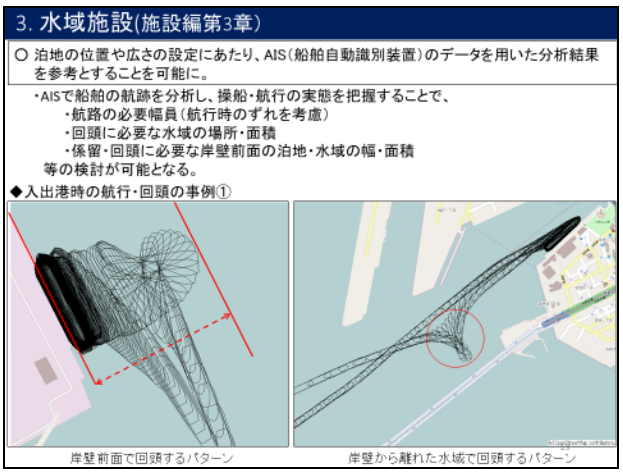


図-2.8.18

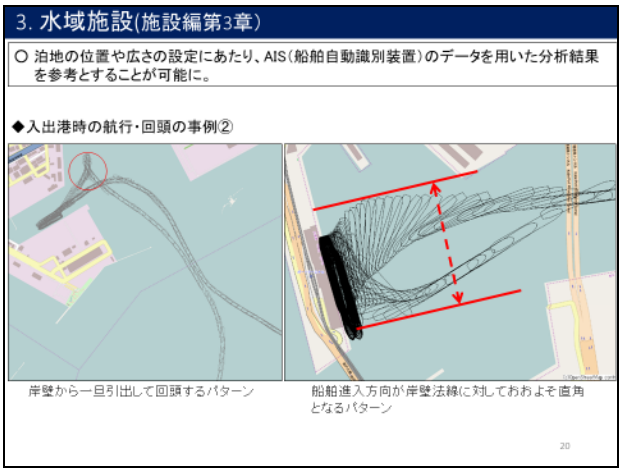


図-2.8.19

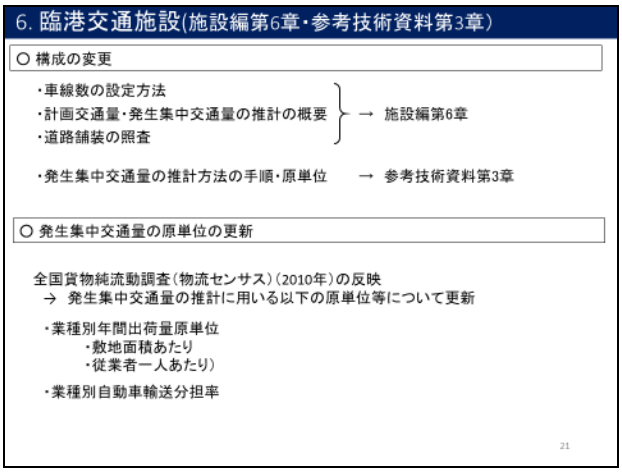


図-2.8.20

ここから先は参考技術資料の部分になります．

1つはコンテナターミナルの話です．これまで技術基準にコンテナターミナルの必要面積と言いますか，幅・奥行きの部分の決め方について決めるモデルを載せていました．その中で，これはそのモデルをフロー図に起こしておりますけども，係数であったり，その係数から求められる標準値を載せております．この出し方につきましてはこれまで全国のある程度のいくつかの港湾を拾って，その平均値を使いながら内容を出していましたけれども，今回そこを数値化して値を更新しました(**図-2.8.22**，**図-2.8.23**)．

一番大きく変わったのは何かと言いますと，これまで一緒くたに出していましたけれども，大型のターミナルと小規模なターミナルでは必要なターミナル幅等が変わってきますのでここを変えました．小規模なターミナルとは年間の取扱量が大体60,000トン未満で，水深が最大でも13m以下ぐらいのところを意識したのが小規模なターミナルで，あとはそれ以上のターミナルということで，全国に調査をかけてこのような標準値を出して係数等を書き直しております．この黄色の部分が今回変わった部分になります．基本的にこれまで作ってきたところをカバーするような形にはしていますけれども，今後新しくしていくに当たってはより大きいものにも対応できるようにしております(**図-2.8.24**，**図-2.8.25**)．

最後になります．クルーズ船関連です．

これまでフェリー埠頭とかコンテナターミナルとか，あ

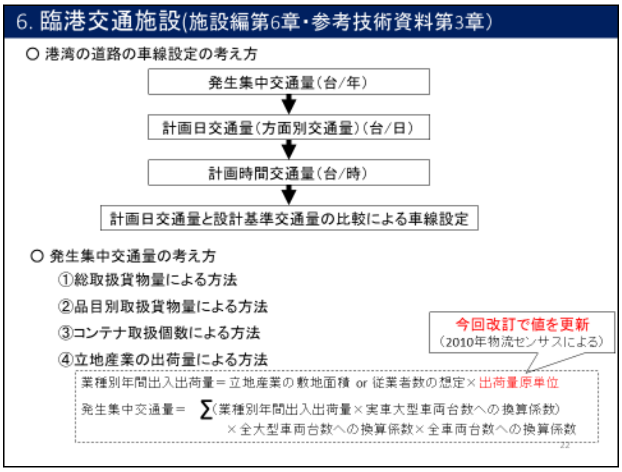


図-2.8.21

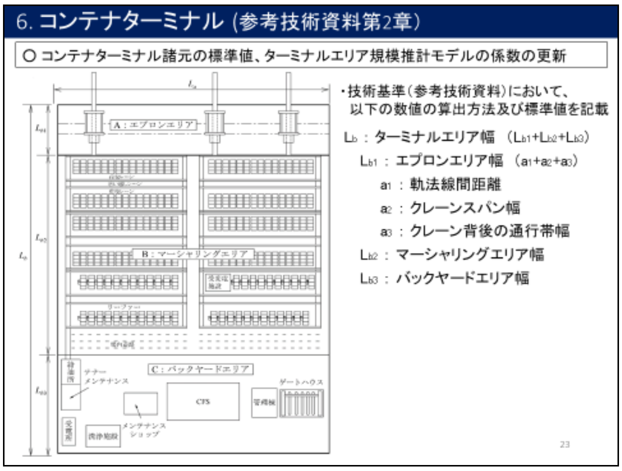


図-2.8.22

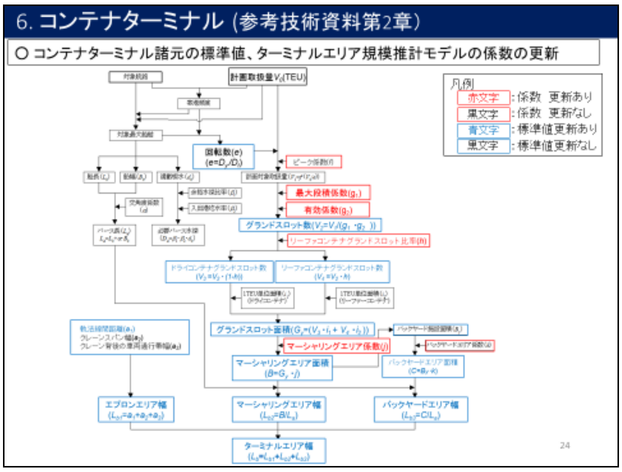
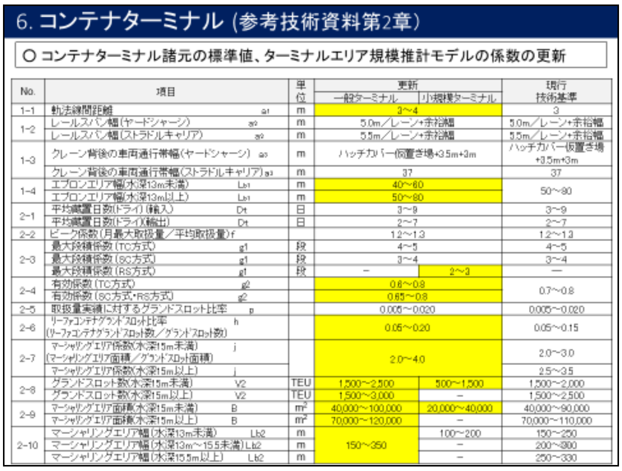


図-2.8.23


6. コンテナターミナル (参考技術資料第2章)

○ コンテナターミナル諸元の標準値、ターミナルエリア規模推計モデルの係数の更新

No.	項目	単位	更新 一般ターミナル	更新 小規模ターミナル	現行技術基準
1-1	軌法線間距離 a1	m	3~4		3
1-2	レールスパン幅(ヤードシャーシ) a2	m	5.0m/レーン+余裕幅		5.0m/レーン+余裕幅
	レールスパン幅(ストラドルキャリア) a2	m	5.5m/レーン+余裕幅		5.5m/レーン+余裕幅
1-3	クレーン背後の車両通行帯幅(ヤードシャーシ) a3	m	ハッチカバー仮置き場+3.5m+3m		ハッチカバー仮置き場+3.5m+3m
	クレーン背後の車両通行帯幅(ストラドルキャリア) a3	m	37		37
1-4	エプロンエリア幅(水深13m未満) Lb1	m	40~60		50~80
	エプロンエリア幅(水深13m以上) Lb1	m	50~80		
2-1	平均蔵置日数(ドライ)(輸入) Dt	日	3~9		3~9
	平均蔵置日数(ドライ)(輸出) Dt	日	2~7		2~7
2-2	ピーク係数(月最大取扱量/平均取扱量) f		1.2~1.3		1.2~1.3
2-3	最大段積係数(TC方式) g1	段	4~5		4~5
	最大段積係数(SC方式) g1	段	3~4		3~4
	最大段積係数(RS方式) g1	段	−	2~3	−
2-4	有効係数(TC方式) g2		0.6~0.8		0.7~0.8
	有効係数(SC方式・RS方式) g2		0.65~0.8		
2-5	取扱量実績に対するグランドスロット比率 p		0.005~0.020		0.005~0.020
2-6	リーファコンテナグランドスロット比率 (リーファコンテナグランドスロット数/グランドスロット数) h		0.05~0.20		0.05~0.15
2-7	マーシャリングエリア係数(水深15m未満) (マーシャリングエリア面積/グランドスロット面積) j		2.0~4.0		2.0~3.0
	マーシャリングエリア係数(水深15m以上) j				2.5~3.5
2-8	グランドスロット数(水深15m未満) V2	TEU	1,500~2,500	500~1,500	1,500~2,000
	グランドスロット数(水深15m以上) V2	TEU	1,500~3,000	−	1,500~2,500
2-9	マーシャリングエリア面積(水深15m未満) B	m²	40,000~100,000	20,000~40,000	40,000~90,000
	マーシャリングエリア面積(水深15m以上) B	m²	70,000~120,000	−	70,000~110,000
2-10	マーシャリングエリア幅(水深13m未満) Lb2	m	150~350	100~200	150~250
	マーシャリングエリア幅(水深13m~15.5未満) Lb2	m		−	200~300
	マーシャリングエリア幅(水深15.5m以上) Lb2	m		−	250~330

図-2.8.24

6. コンテナターミナル (参考技術資料第2章)

○ コンテナターミナル諸元の標準値、ターミナルエリア規模推計モデルの係数の更新

No.	項目	単位	更新 一般ターミナル	更新 小規模ターミナル	現行技術基準
3-1	バックヤードエリア施設面積 (Bが90,000m²未満) By	m²	7,500		7,500
	バックヤードエリア施設面積 (Bが90,000m²以上) By	m²	9,000		9,000
	バックヤードエリア施設面積 (Bが90,000m²非常に大) By	m²	0.05B+4,000		0.05B+4,000
	各施設のエリア面積についての参考値		幅(30~60m)		幅(30~60m)
	コンテナフレートステーション By	m²	長さ(100~180m)		長さ(100~180m)
	メンテナンスショップ By	m²	800~1,000		800~1,000
	管理棟 By	m²	1,000~2,000		1,000~2,000
	ゲート By	m²	300~1,500		300
3-2	バックヤードエリア係数 k		4~5		4~5
3-3	バックヤードエリア面積(水深13m未満) C	m²	10,000~20,000		−
	バックヤードエリア面積(水深13m以上) C	m²	10,000~60,000		
3-4	バックヤードエリア幅(m) Lb3	m	90~150		90~130
4	コンテナターミナルエリア幅(水深15m未満) Lb	m	300~600	200~400	300~400
	コンテナターミナルエリア幅(水深15m~16m以下) Lb	m		−	350~600
	コンテナターミナルエリア幅(水深16mより大) Lb	m	400~700	−	400~700

図-2.8.25

とは石油関係のバースの埠頭関係の話を参考技術資料として載せていましたけど，今回クルーズ船が着目されているということで，そこの部分を新たに書き分けるようにということで国土交通省から方針が示されたということもありまして今回作っております．

基本的にクルーズ船だからと言って何か新しい計画の手法があるわけではありません．色々な施設の決め方については基本的に本編で読めるものになっています．ただクルーズ船ということで，みなさんちょっと意識して難しく考えることもあるかと思いますので，それらのどこを見ていったらいいかとか，あとはクルーズ船だからどこを注意したらいいかというようなところをインデックス的に書いていって，理解の参考になるようにというのが今回これを付けた目的になります．

構成につきましては，まず目的・定義を書いて，あとは対象施設や用語等を最初に少し載せております．さらに要求性能の基本的な考え方，どんなことを排除すればといえば，いわゆる船舶としての必要なそもそもの諸元性能に加えてクルーズ船の場合は将来的な大型化であったりとか利用者への配慮，あとは若干接岸係留，離岸形態が独特な場合がありますので，そのあたりを考慮したりとか旅客乗降施設が必要になったりとか，そういったところが特殊な部分になりますので，その辺は注意すべきということを基本的な考え方として示しています(**図-2.8.26**)．

あとこの辺は先ほどの標準設計に載せていた参考技術資料とほぼ一緒の値を載せてはいるんですけども，近年我が国に入航実績があるとか入航が想定されるというような船舶の具体的な名前と諸元を載せておりますので，こういったものが少し参考になるかと．そもそもの設計の対象を決める上で参考になるかと思います(**図-2.8.27**)．

それを踏まえまして，それ以降で構成する施設の配置を決定する改良に関する重要事項として，注意点・参考事項を載せています．この航路・泊地はバース，長さ，防衝施設，臨港交通施設などこのあたりは本編から引っぱれる部分はかなりありますので，そこを見るようにというような書き方をしています(**図-2.8.28**)．

1つ見やすくしたのはこの係留索ですね．クルーズ船を見ますと船に対してかなりの本数の係留索を持っていまして，それを各港でかけ方を色々工夫しながら付けているようなところがあります．これまでの様々な設計事例を見ますと，そのあたりはけっこうみなさんよく検討されています．そういったところを見まして，イメージのようなものを載せつつも，その上で実際係船柱の整備事例をこの係留索の仕様を考慮しながら大体どんなところの規模で曲柱とか直柱を整備しているかなどを載せました(**図-2.8.29**)．

次にクルーズ船の入航を想定した埠頭の設計に関するところです．先ほどの「4.」のところと何が違いますかということなんですが，「4.」はわりと新設する，新しく計画するあるいは整備するということを意識しています．逆にこちらは既存のターミナルにクルーズ船を入れるため

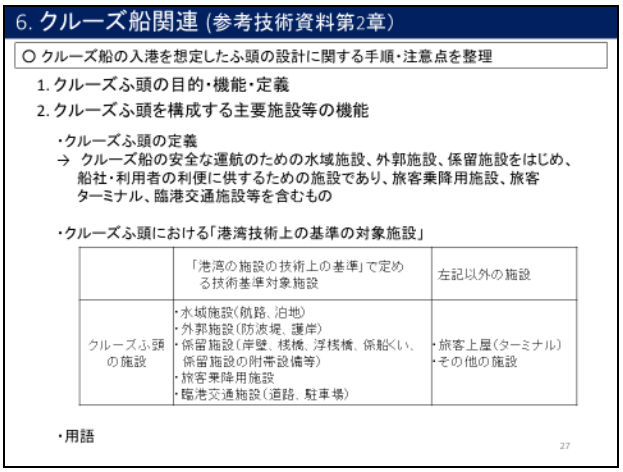


図-2.8.26

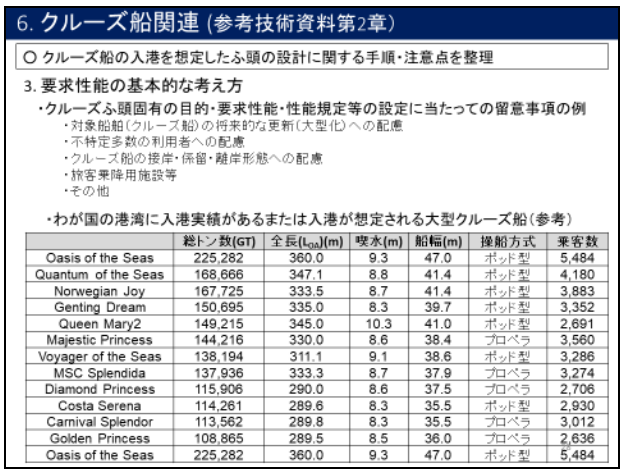


図-2.8.27

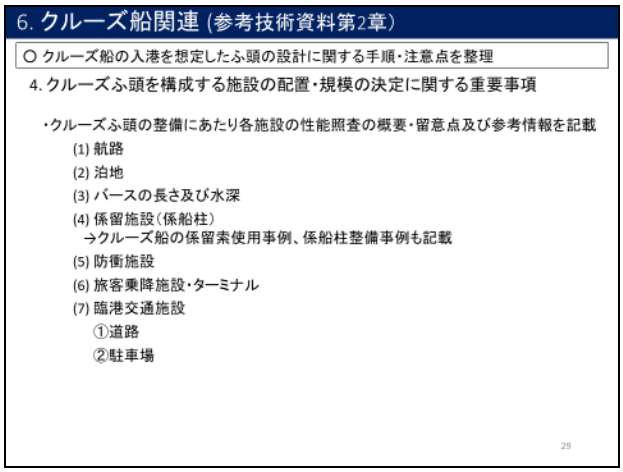


図-2.8.28

に施設を改良する際の照査とか検討のポイントを載せるようにしています．どんなことを載せていますかというと，桟橋・ドルフィンなど大型のクルーズ船が入るということで，そもそものウェイトを更新する際の照査をどこを見たらいいのかだとか，設計する際にどこを見たらいいかというようなところを本編のどこを見るかということを書いたり，注意点を書いたりしています．あとは係船柱も，先ほどのところにもありますけど，照査手順を載せていたりとか，防衝施設ですね．クルーズ船は防衝施設もかなり舷が高いので，舷の低い貨物船と一緒に運用する際に色々影響があったりしますので，その辺の注意点を書いています．あとは旅客施設です．いわゆる物流ターミナルで何もないところにクルーズ船が来ることになって，仮設施設を整備する時の注意点をここで書いております．先ほど申しましたけども，今回必ずしもここの章だけで全て完結するつもりでは書いていないので，様々なところを本編から引っぱって見ていけるような形で使っていただければと思います．それでも少しクルーズ船を意識して見られるようにしたのが今回のものということです(図-2.8.30)．

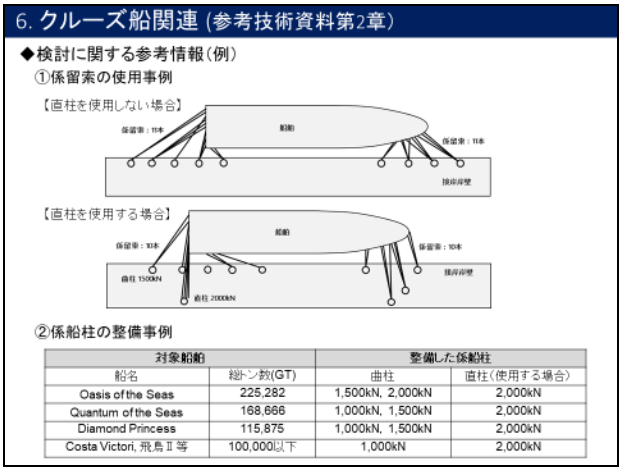


図-2.8.29

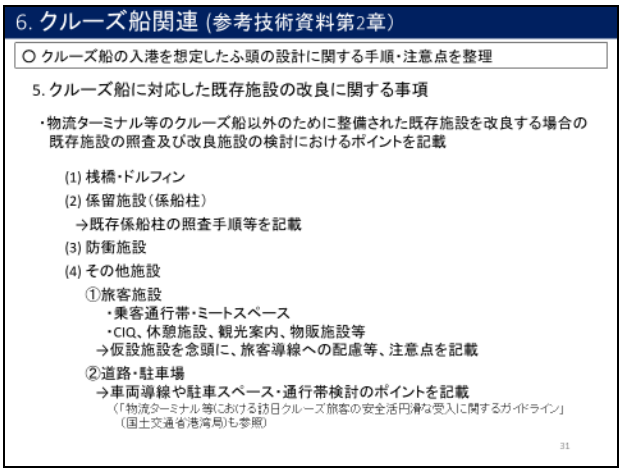


図-2.8.30

以上6点ほど港の方では更新を行っております．以上になります．

2.9　環境

国土交通省 国土技術政策総合研究所 沿岸海洋・防災研究部
海洋環境・危機管理研究室長　岡田 知也　氏

国土技術政策総合研究所・海洋環境研究室長の岡田です．よろしくお願いいたします．

今日はみなさん朝からこの時間までご苦労さまです．ついに最後の時間になってきました．環境ですが，よろしくお付き合いください．

今回の港湾基準の改訂に当たって，環境では大きく３つのことを変えました．１つ目は生物共生型港湾構造物という省令を加えています．２つ目は環境等への配慮というものを参考技術資料に入れています．３つ目は環境に係る観測及び調査についても参考技術資料に入れています．

みなさんご存知のとおり，基準において環境というのは非常に収まりが悪いものです．ですが今回は省令を入れるとか積極的に参考技術資料を活用して，どんどん入れていくような形で，改訂の中における環境のボリュームというのは非常に少ないですが，今回の改訂において環境は大きな前進をしたと思っています．かなりがんばったと思っています．よろしくお願いします(図-2.9.1)．

具体的に入っていきますが，まず１番目の生物共生型港湾構造物です．省令・告示の追加のところで，防波堤，護岸，岸壁及び桟橋の省令・告示に「環境の保全を図る」というものを追加しています．各施設の解説のところに生物共生型防波堤，生物共生型護岸，生物共生型岸壁，生物共生型桟橋．非常にしつこいですが，こんなものを入れています．これらを総称して生物共生型港湾構造物と呼びますので，ぜひ今日は唯一この言葉１つだけでも覚えて帰ってください．もし覚えて帰っていただいたら，今日の私の発表は大成功かなと思っています(図-2.9.2)．

生物共生型港湾構造物って馴染みがない方が多いと思いますので，写真付きで紹介したいと思います．

これは被覆形式の砂泥タイプと呼んでいますですが，こういう護岸のところに最初はブロックで被覆するのですが，この上の部分に砂を置きます．そしてここの部分を干潟にして，生物の生息場にしようというものであります(図-2.9.3)．

２つ目は被覆形式ブロックタイプというものです．これ

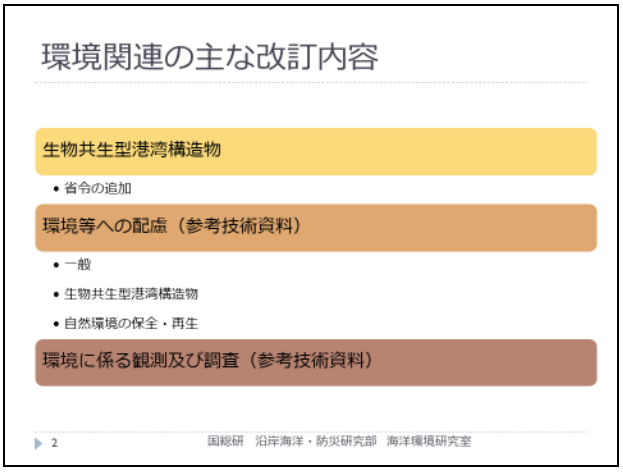


図-2.9.1

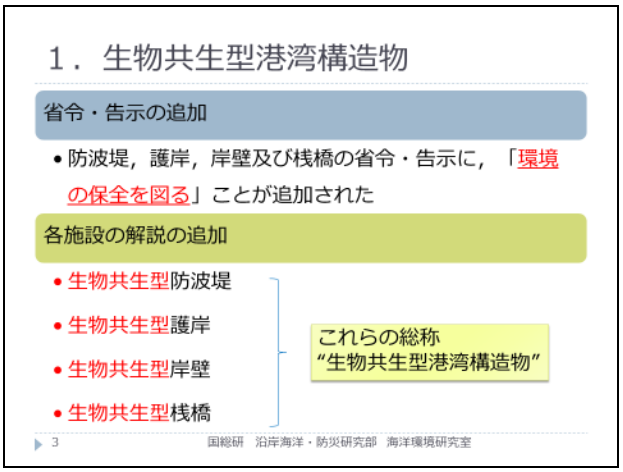


図-2.9.2

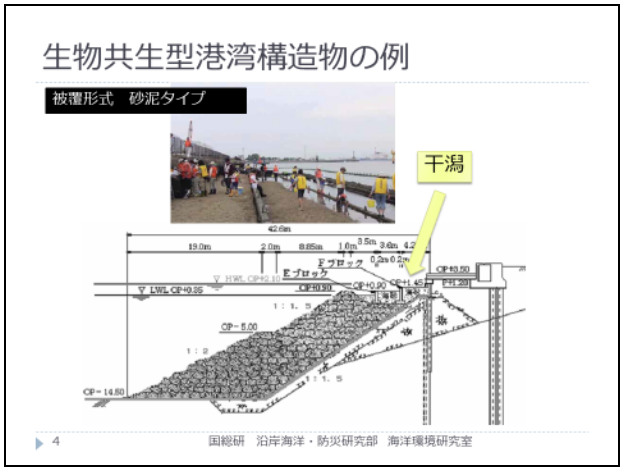


図-2.9.3

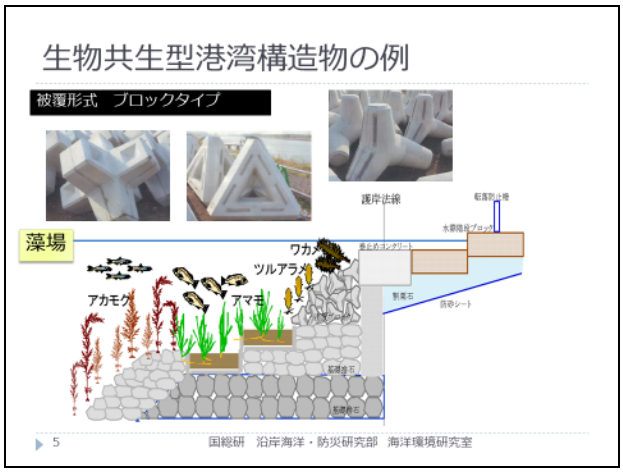


図-2.9.4

は主に藻場を対象に狙っています．こういうようなブロックを置くことによって，藻場が生えやすいような護岸にしようというものです(図-2.9.4)．

3番目は桟橋形式というものです．こちらの写真，上の蓋がないのですが，構造としては桟橋の下のここの水中部に生物床を設置して，ここを生物生息場にしようというようなアイデアでございます(図-2.9.5)．

具体の記述内容について示していきたいと思います．

ここに書いてある「P.185」というのは，今日の資料の冊子のページに相当していますので参照してください．

まず第4章のところに，省令として「環境の保全を図る防波堤の要求性能　当該防波堤の本来の機能を損なわず港湾の環境を保全できるよう，国土交通大臣が定める要件を満たしていること」ということを書き加えています．そして告示の中に「環境の保全を図る防波堤の性能規定　当該施設の本来の機能を損なわず，当該施設が置かれる自然状況等に応じて，港湾の環境を保全できるよう，所要の諸元を有すること」というものを加えています(図-2.9.6)．

解釈の中においては，3つあって，1つ目は「環境の保全に資する防波堤を「環境保全型防波堤」という．防波堤に共通する規定のほか，以下を適用する」．2つ目は「環境保全型防波堤の要求性能は供用性とする．ここでいう供用性とは，当該防波堤の本来の機能を損なわず，生物，生態系等の港湾の環境を保全できる性能を指す」と．3番目「環境の保全に資する防波堤の諸元とは，構造，断面諸元及び附帯設備のことである．環境の保全に資する防波堤の性能照査における構造，断面諸元の設定及び附帯設備の設置に当たっては，上記の性能目標に影響する要素を適切に考慮すること」というような解釈を加えています．資料の188ページにこんな図が載っていると思うのですが，従来までの図ですと，付加的な機能を併せ持つ防波堤が，親水機能を有する防波堤，津波防波堤，高潮防波堤，木材取扱施設の防波堤だったのですが，これに今回生物共生型防波堤というものを加えております(図-2.9.7)．

次は詳細について説明したいと思うのですが，生物共生型防波堤の詳細です．まず「1.港湾の良好な環境の整備に資する防波堤として，当該施設が置かれる自然状況等に応じて干潟・磯場等の生物の生息を目標とした生物共生型防波堤がある」としています．2番目「生物の生息に係る目標に対する影響については，環境調査・数値モデル等によって把握し，性能照査にあたっては，構造・断面及び附帯設備が目標の達成を期待できるものであることを確かめる」としています．ここの目標ですが，冊子の272ページにこの表が載っています．見にくい方はそちらをご覧ください．目標はいくつか考えることができます．まず生態系の形成により得られる効果としては，生物的効果として基礎生産力の向上，生息場の提供，産卵・保育場の提供，食料の供給，栄養塩の循環です．化学的効果としては，水質の浄化，CO_2 の削減．物理的効果としては，波浪・流れの減衰．社会的効果としては，教育・研究の場，親水の場．経済的効果としては，交流人口の増加による経済効果です．

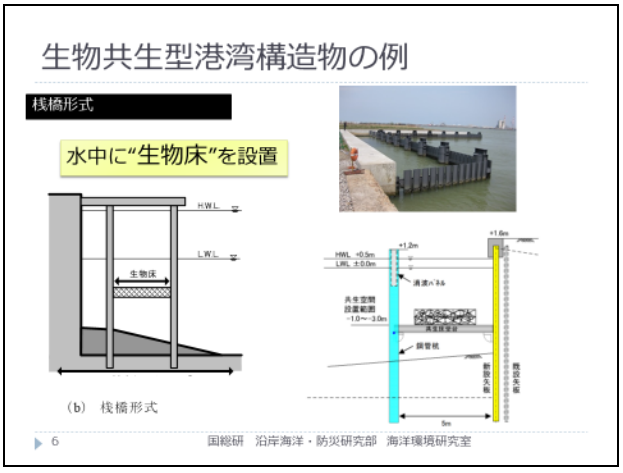


図-2.9.5

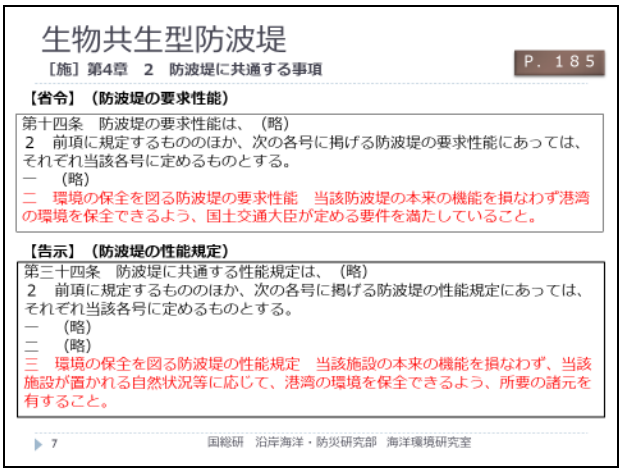


図-2.9.6

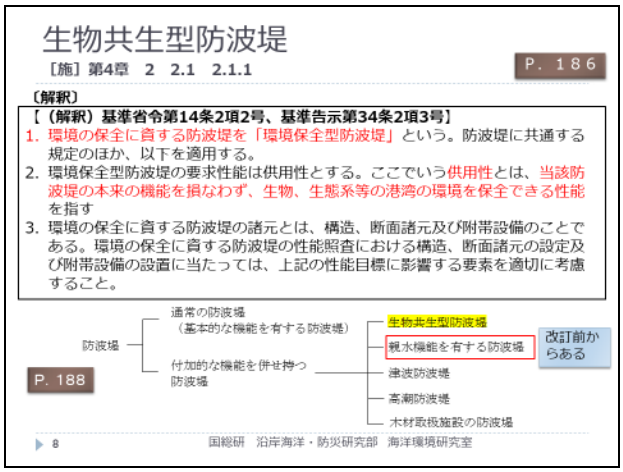


図-2.9.7

基盤の造成による付随効果としては，物理的効果として海岸線の防御．経済的効果としては，整備・改修コストの低減というような目標を考えることができます(図-2.9.8)．

3 番目です．「生物共生型防波堤の要求性能は生物の生息機能を有していることとなり，その影響（主たる作用）とは，生物の生息に係る基盤の有無，波・流れ等の外力，及び生物の生息に必要な環境のことである．生物の生息に必要な環境とは，例えば，光合成に必要な光量に影響する水深・透明度，及び生物の活性に影響する水温等である」としています．

4 番目です．「生物共生型防波堤の性能照査は，生物を共生させようとする箇所の環境が，対象とする生物の生育可能範囲内であることを既往の知見に基づいて確認することによって行う．例えば，藻場の生育に供する防波堤の性能照査においては，光合成・呼吸に影響する光量及び水温等が考慮すべき環境として考えられ，これらの環境が目標とする藻場が成立する範囲内であることを確かめることによって行う」という形にしております(図-2.9.9)．

5 番目です．「生物共生型防波堤の検討の手順は，生物の生息機能を防波堤の構造及び断面に持たせるか，附帯設備に持たせるかによって異なる．それらの検討手順の例は図-4.1 に示すとおりである」とあって，(a)の構造及び断面に生物の生息機能を持たせる場合には，生物の生息機能，ここに書いてある黄色の部分です．それと青で示してある防波堤の安定性をパラレルに検討していって，構造物の設計を行っていくという形です(図-2.9.10)．

もう一方は，附帯設備に生物の生息機能を持たせる場合には，最初に防波堤の安定性を検討したのちに，生物の生息機能を検討しましょうというように直列のような形で検討すると．2 つの考え方があるということを示しております(図-2.9.11)．

次は環境等への配慮です(図-2.9.12)．環境等への配慮においては，3 章構成になっていて，1 章では環境配慮の基礎として，水質・底質・生物・生態系について説明しています．2 章においては，生物共生型港湾構造物の詳細について示しています．ここのところは国土交通省港湾局が 2014 年に出している「生物共生型港湾構造物の整備・維持管理に関するガイドライン」に基づいて記述を行ってい

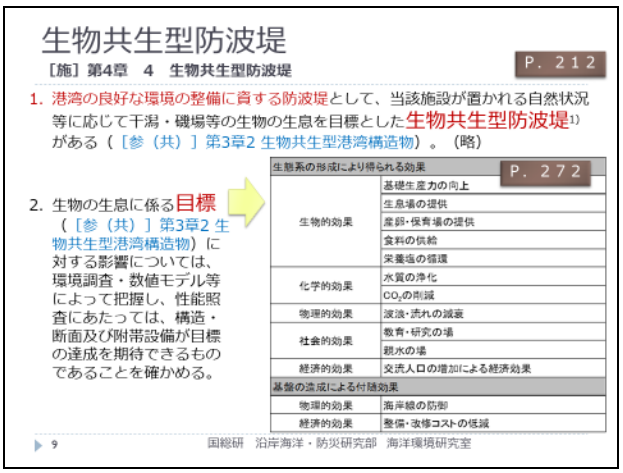


図-2.9.8

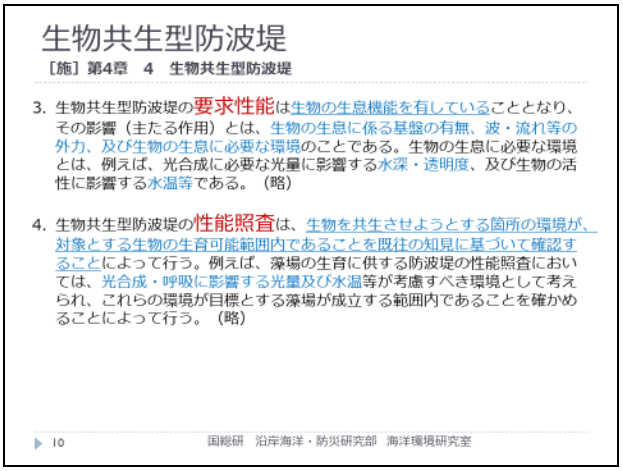


図-2.9.9

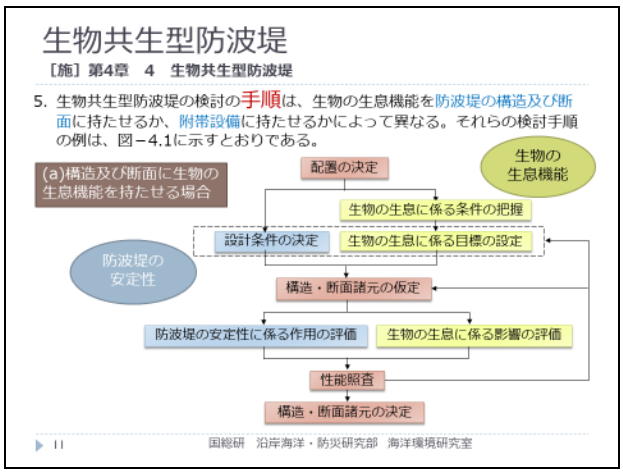


図-2.9.10

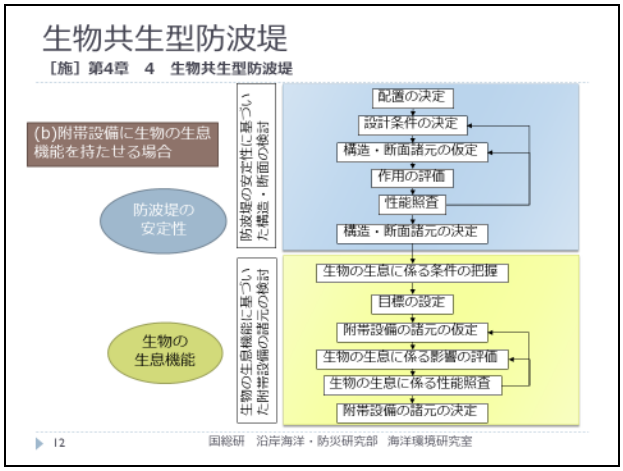


図-2.9.11

ます．3 章のところは自然再生技術の紹介ということで，自然再生とは何でしょうかと．そして具体事例として，覆砂と深掘れ箇所埋め戻しについて記述しています．ここでもっと有名なというか，基本的な干潟造成・藻場造成がないじゃないかと思う方もいらっしゃると思いますが，これは既存の本編の方に入っていて，施設編の第 11 章 3.6 の自然環境の保全というところに入っていますので，ここはこちらにはいれず，新たな技術として，覆砂と深掘れ箇所埋め戻しを入れております(**図-2.9.13**)．

まず 1 章の一般のところです．ここは冊子の 265 ページになります．ここでは新しい概念と言葉について示しています．まず新しい概念として，生態系サービスというものを入れています．この生態系サービスとは，人が生態系から得ることができる便益のことで，基盤サービス，供給サービス，調整サービス，文化的サービスから成っています．このような生態系サービスについて説明するとともに調整サービスの 1 つである大気中の二酸化炭素を吸収し，海底堆積物中に有機質を貯留する．最近ではこのことをブルーカーボンと呼んでいますが，このブルーカーボンについても説明を加えております．ブルーカーボンは今後地球温暖化の緩和策として非常にキーになる技術・考え方でありますので，説明するとともに基本となるこのような吸収量の数値も記述しているところであります(**図-2.9.14**)．

2 のところは生物共生型港湾構造物の説明ですが，これは先ほど説明しましたので，ここでは 2 を飛ばして 3 の自然環境の保全・再生というところに入っていきます．

3.1 の自然再生のところで，まず自然再生って何でしょうとか自然再生の言葉の定義をしっかりしておきたいということで，言葉について説明をきっちりしております．よく環境省が使うような狭義の意味の自然再生の解釈というのは，過去に損なわれた生態系その他の自然環境を取り戻すことなのです．ですが我々港湾局が考えている自然再生は，それよりもうひと回り大きい広義の意味であって，広義の解釈として「自然再生には，現状の自然を維持するための「保全」，過去の地形・生態系等を目標とする「再生」，変化した環境条件・社会条件等に応じた新たな「創出」を含むとし，必ずしも開発前の元の自然に戻すことを求めていない」というようなことをきっちり書いております．そしてこの自然再生の中には言葉がこれだけあって，保全・再生・創出とあります．まず保全の中には，保全・防御・保存というものがあります．保全というのは生物の生息場の健全性を保つための管理を行うことです．防御というのは現状を維持することです．保全というのは自然の成り行きに任せ，人手による管理を一切行わないことです．再生には，復元・改善・修復とあります．復元は一度失われた生物の生息場を以前の状態に近づけることです．改善は汚染された生物の生息場を浄化することです．修復は人手によって生物の生息場の機能を回復することです．最後の創出は創出のみですが，人手によって生物の生息場にすることというような形で，自然再生に関わる言葉を整理しております(**図-2.9.15**)．

図-2.9.12

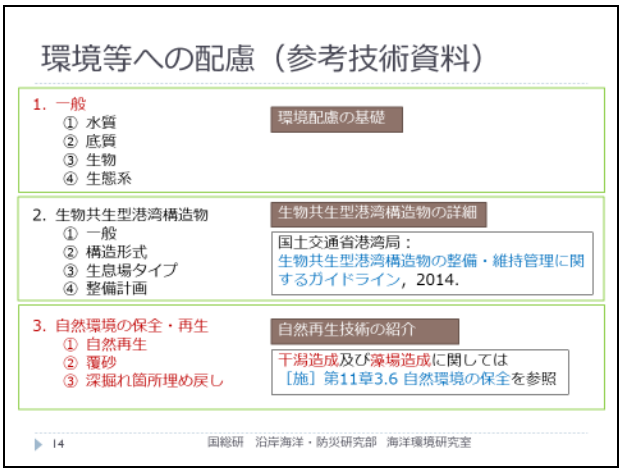


図-2.9.13

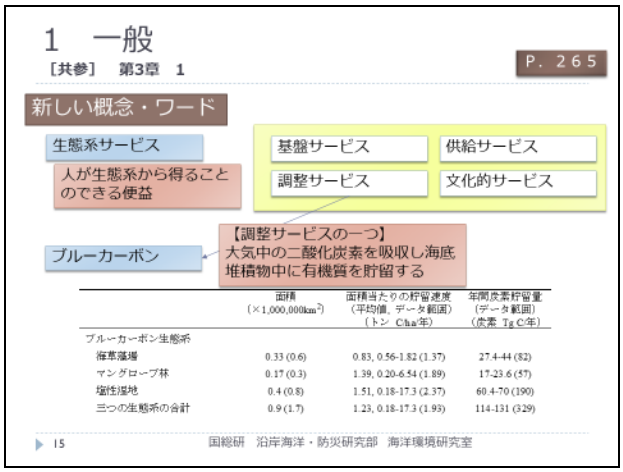


図-2.9.14

次に具体的な新たな事例・技術として覆砂と深掘れ箇所埋め戻しを示しています．

まず覆砂です．覆砂には４つの効果があります．栄養塩の循環において底泥からの栄養塩の溶出を抑え海域の富栄養化を抑制する効果です．ちなみに覆砂というのは，ヘドロの上に砂を置くことを覆砂と呼んでいます．２番目です．底泥の酸素消費速度を低減し底層の貧酸素化を抑制する効果．ヘドロというのは酸素消費速度が非常に高いですので，その上に砂を置くことによって，酸素消費速度を低下させて貧酸素化を低減しましょうということです．３つ目，有害化学物質の水中への溶出を抑制する効果です．４つ目，生物の生息環境として底生生物の生息基盤及び海草の生育基盤となり多様な生物の生息場を提供する効果ということです．砂を置くことによって今までヘドロの上に住めなかった生物が戻ってきて，ここが多様な生物の生息場になるということを期待しています(図-2.9.16)．

この覆砂において一番カギになるのは，覆砂の効果の持続性です．この持続性を阻害する要因としては３つあって，１つは波・流れ等による覆砂材の流出です．２つ目は現地盤との混合による潜り込みです．３つ目は有機物の堆積による覆砂材の埋没です．というこの３つに対して，流出に対して巻き上げの解析，潜り込みに関しては底泥の鉛直混合の解析，埋没に関しては覆砂材の埋没の解析などをして，粒径はどれくらいが適切なのか，覆砂厚がどのくらいにしたらよろしいのか，あと今後の管理を考える時，効果の持続期間はどのくらい期待できるのかというようなことを検討するというようなことが検討フローの中にあります．そして必要に応じてオプションとして，粒径の大きいリサイクル材の利用の検討，強度の高いリサイクル材の検討，底質改良効果を持つリサイクル材の検討をオプションとしてありますよということを記述しております(図-2.9.17)．

次に深掘れ箇所埋め戻しです．なかなか馴染みがない方もいるかもしれないですが，「国内の沿岸域には様々な規模の深掘れ箇所が存在」しています．これは過去において埋め立て材を取るために，海域を掘って窪地を作ったようなところです．この「深掘れ箇所の内部では周辺水域に対しポケット状の地形となるため内部で水が停滞すると共に，有機質の底泥等が集積・堆積し，水質の悪化を伴う貧酸素・無酸素化が生じています」と．「深掘れ箇所の埋め戻しを行うことにより，これらの沿岸環境への悪影響が低減され沿岸環境の改善が期待できる」というようなことをまず示したのちに，では深掘れ箇所の埋め戻しをどうするのだということを書いています．「埋め戻し材としては，浚渫土砂の有効活用として航路や泊地の維持浚渫による土砂が利用されることが多い」ですと．「浚渫土砂を埋め戻し材として利用する場合，それらは有機分が多くシルト・粘土質で含水比が高い軟弱な浚渫土砂である場合も多く，固化材としてセメントや鉄鋼スラグ等のリサイクル材および吸水材としての水溶性ポリマーなどを用いて固化して使用することもある」というような形で，浚渫土砂

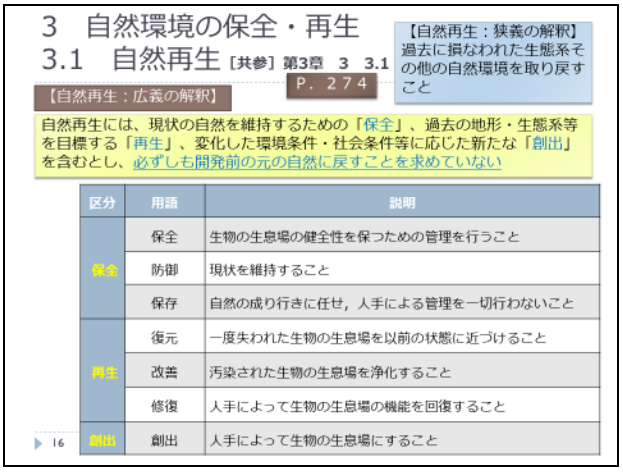


図-2.9.15

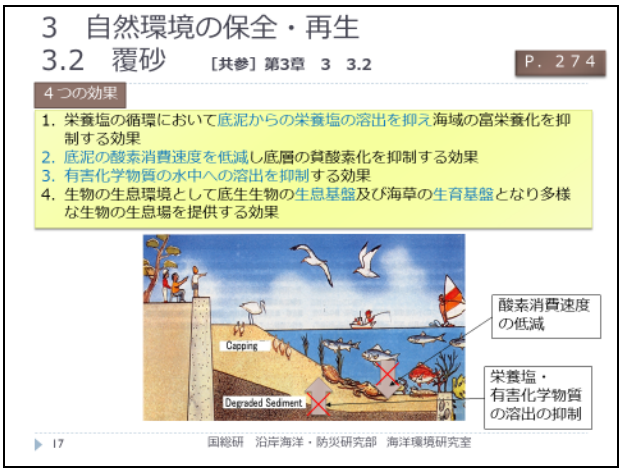


図-2.9.16

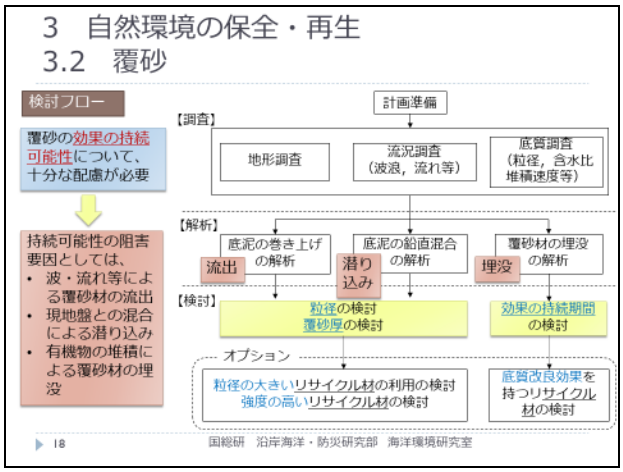


図-2.9.17

の有効活用だとか，リサイクル材の活用についてこの中で合わせて記述しております．これらを記述するに伴って，留意点がありますよということで２点示しています．このように埋め戻し材としてリサイクル材等を用いた場合には，埋め戻し後さらに良質な土砂で覆砂することが望ましい」と．そして「覆砂を実施しない場合には，溶出実験等により環境への影響を事前に検討する必要がある」というような留意点も合わせて示しているところであります(図-2.9.18)．

最後のところです．環境に係る観測及び調査です(図-2.9.19)．これも参考技術資料に示しています．この環境に係る観測及び調査は冊子のところには入れていません．この環境に係る観測及び調査のポイントは大きく 1 つあって，港湾事業における環境調査を２つに分けて整理したというところが今回大きなポイントです．１つは「事業の環境への影響評価のための環境調査」．もう 1 つは「海域環境改善事業における環境調査」です．この２つに分けて環境調査の仕方を分けています．その理由は，両者の環境調査の目的というのは全然違っていて，それぞれの調査に対する効果的・効率的な調査へのアプローチというのは異なりますが，私が色々な地方整備局の検討会などに参加させていただいた時に，調査計画を見るとどうもこの辺が混同されている事例というのがしばしばあります．ですのでこういうところをしっかり分けて書くことによって，今後調査計画を練る担当者の方が，こういうのを見ることによって頭の中の整理がしっかりできるかなということを期待しているところであります(図-2.9.20)．

次に参考として，ここに示してあるような関連する環境基準値の一覧を掲載しています．これは基準の本の利便性を重視しています．ここら辺をわざわざ元のところに戻って調べると大変ですので，ここら辺の値を元に戻らなくても基準を見れば全部載っているというような形にしたかったので，そのようにしています(図-2.9.21)．

ということで，最後になってしまいましたけれども，これらの改訂を受けて，港湾における環境への配慮が益々円滑に促進されることを期待しております(図-2.9.22)．

最後になりますが，ここにいらっしゃるみなさんは恐らく環境部署の人はほとんどいなくて，港湾施設の設計担当

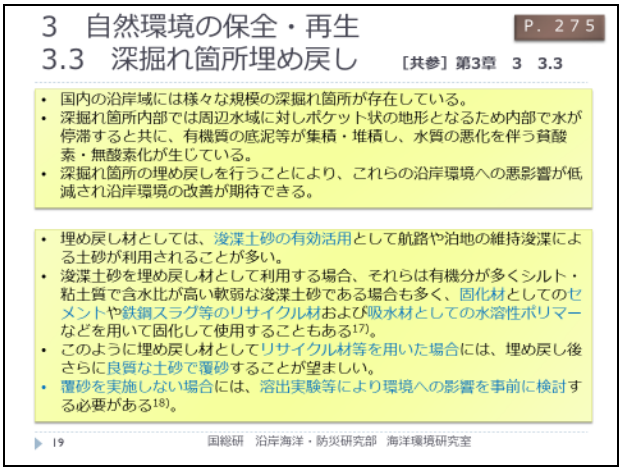


図-2.9.18

図-2.9.19

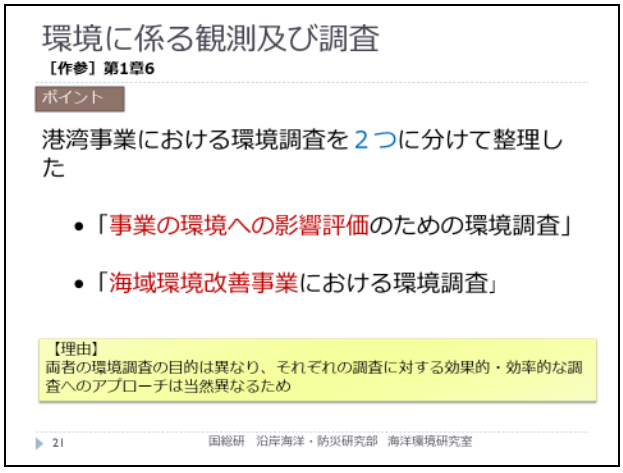


図-2.9.20

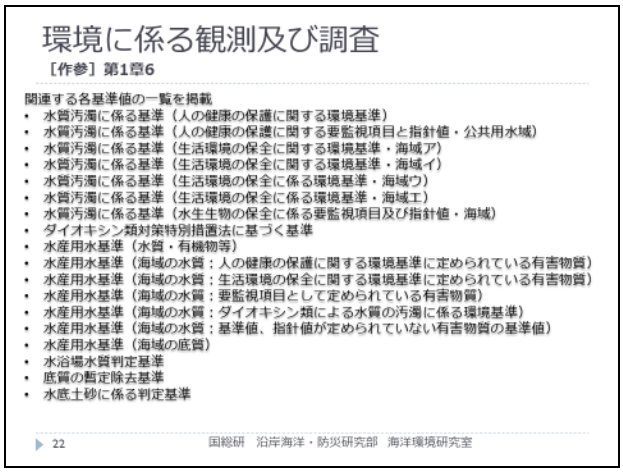


図-2.9.21

の方がほとんどだと思うのですね．ですので港湾施設の設計を今後みなさんがする時に，ぜひ環境，生物共生型港湾構造物というのを思い出していただいて，設計する時にちょっとセーフティに対する工夫を入れていただきたいと思っています．ほんのちょっとの環境に対する工夫をしていただくだけで環境にとっては大きな変化が生まれます．ですので，みなさんのほんのちょっとの工夫で海域は大きく変わる可能性がありますので，ぜひよろしくお願いいたします．私の説明はこれで終わります．ありがとうございました．

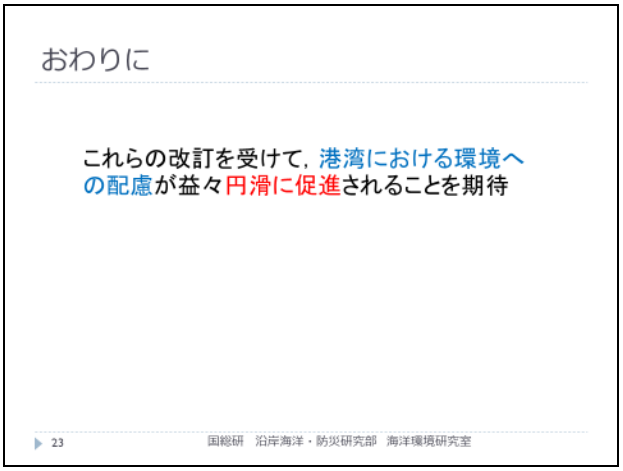


図-2.9.22

2.10　閉会挨拶

上原 泰正　（北海道ポートエンジニアリング協会会長）

ご紹介いただきました北海道ポートエンジニアリング協会の上原でございます.

閉会の挨拶というか，お礼を申し上げたいと思います. 今日の講習会にご参加いただきましたみなさま，本日は朝の 9 時半から大変長時間かつ非常に密度の濃い講習会となりましたが，最後までご聴講いただきまして大変ありがとうございます. 会場があまり広くなくて，すし詰め状態のことでございましたことをお詫び申し上げます.

今日の講習会には，国土交通省港湾局技術企画課から川俣さまをはじめといたしまして，それぞれの技術基準の改訂項目に関係する講師として，国土技術政策総合研究所，国土交通政策研究所，港湾空港技術研究所のみなさまには大変ご多忙の中，わざわざ札幌までおいでいただきまして，懇切丁寧なご説明をいただきまして，本当にありがとうございました. また北日本港湾コンサルタントの加地さんには，性能照査事例のご紹介をいただきましてありがとうございました.

今日の講習会の冒頭「港湾の施設の技術上の基準」について，前回の改訂から 11 年目という大幅な改訂であるというお話がありましたが，この間に蓄積されてきました研究成果，また近年直面しております港湾の課題に対応すること等，随分多彩な内容が盛り込まれているところでございます.

本日ご講演いただきました講師のみなさま，これらの項目につきまして自らご研究されたり，また基準のご執筆をなされたり，さらには全体の監修もされているということで，この基準の改訂の背景あるいは基準の取り扱い方・注意点，こういったものを限られた時間でありましたけれども，大変わかりやすくご説明いただきました. 本当にありがとうございます.

今日ご参加いただいている方々は，色々な分野の方がいます. 調査設計・計画・建設・維持，それから港湾管理，そして港湾の施設を利用されている方も多数ご参加されています. 今日の講習会の内容をご理解いただきまして，立派な港あるいは安心安全そしてまた環境に配慮した港湾づくりに役立てていただければ幸いに思っているところでございます.

最後の質疑応答で色々な意見が出ましたが，実際にこの港湾の技術基準を使っていく段階で色々な難しい問題や，どう判断したらいいのかということが色々出てくるのではないかと思っております. その際にはまた，せっかく今日講習会の講師をやっていただいたご縁ということで，参加者の方からご質問が参るかと思いますが，引き続きどうぞご協力のほどよろしくお願い申し上げます.

長々と話しましたが，あらためまして本日の参加に感謝申し上げまして，お礼の挨拶に代えさせていただきます. どうもありがとうございました.

付録Ａ　「港湾の施設の技術上の基準」北海道地区講習会 開催案内

「港湾の施設の技術上の基準」北海道地区講習会を開催します

平成 30 年 4 月より大幅に改訂されました「港湾の施設の技術上の基準」の内容について周知することを目的として、本講習会を開催します。

参加無料
定員 150 名

日時・場所

2018 6/6 (水)
9:30 ～ 17:00

TKP 札幌駅カンファレンスセンター
カンファレンスルーム 3A
（北海道札幌市中央区北 7 条西 2 丁目）
※公共交通機関でのご来場にご協力ください

プログラム

09:30~09:35	開会挨拶	（一社）寒地港湾技術研究センター　川合紀章理事長
09:35~10:15	「港湾の施設の技術上の基準」の改訂概要	国土交通省港湾局　技術企画課 技術監理室　川俣満課長補佐
10:15~11:15	総論・改良設計・部分係数法・参考技術資料	国土交通省　国土技術政策総合研究所 港湾研究部　宮田正史港湾施設研究室長
11:15~11:45	維持管理・施工・材料・構造	国土交通省　国土技術政策総合研究所 港湾研究部　丹生清輝港湾新技術研究官
11:45~12:00	質疑応答	
12:00~13:00	休憩	
13:00~14:00	耐震設計・基礎・地盤改良	（国研）海上・港湾・航空技術研究所　港湾空港技術研究所 野津厚地震防災研究領域長
14:00~15:00	海象・耐波設計・耐津波設計	（国研）海上・港湾・航空技術研究所　港湾空港技術研究所 海洋研究領域　鈴木高二朗耐波研究グループ長
15:00~15:15	休憩	
15:15~15:35	性能照査事例	北日本港湾コンサルタント（株）　第 2 技術部　加地隆之部長
15:35~16:05	航路・荷役	国土交通省　国土交通政策研究所　山形創一研究調整官
16:05~16:35	環境	国土交通省　国土技術政策総合研究所　沿岸海洋・防災研究部 岡田知也海洋環境・危機管理研究室長
16:35~16:55	質疑応答	
16:55~17:00	閉会挨拶	北海道ポートエンジニアリング協会　上原泰正会長

【お申込】一般社団法人寒地港湾技術研究センター　[E-mail] t_kishi@kanchi.or.jp　[FAX] 011-747-0146

氏　名	ご　所　属	電話番号	CPD 受講証明
			必要 ・ 不要
			必要 ・ 不要
			必要 ・ 不要

※お申込みの際は、氏名・ご所属・電話番号・CPD 受講証のご希望有無を記載の上、**5/18 (金)** までに上記の E-mail または FAX までお送りください。
※本講習会は（公社）土木学会による CPD 学習プログラムの認定を受けています。認定番号：JSCE18-0297　単位数：6.3 単位

【お問合せ】一般社団法人寒地港湾技術研究センター　担当：岸
〒001-0011　札幌市北区北 11 条西 2 丁目 2 番 17 号　セントラル札幌北ビル 5 階　TEL:011-747-1688　FAX:011-747-0146

主催：一般社団法人寒地港湾技術研究センター、北海道ポートエンジニアリング協会　後援：北海道開発局

付録Ｂ　「港湾の施設の技術上の基準」北海道地区講習会 写真

「港湾の施設の技術上の基準」改訂概要
国土交通省港湾局 技術企画課 技術管理室　川俣 満 課長補佐

総論・改良設計・部分係数法・参考技術資料
国土交通省 国土技術政策総合研究所 港湾研究部　宮田 正史 港湾施設研究室長

維持管理・施工・材料・構造
国土交通省 国土技術政策総合研究所 港湾研究部　丹生 清輝 港湾新技術研究官

耐震設計・基礎・地盤改良
（国研）海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所　野津 厚　地震防災研究領域長

海象・耐波設計・耐津波設計
（国研）海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所　海洋研究領域
鈴木 高二朗 耐波研究グループ長

性能照査事例
北日本港湾コンサルタント（株） 第 2 技術部　加地 隆之　部長

航路・荷役
国土交通省 国土交通政策研究所　山形 創一 研究調整官

環境
国土交通省 国土技術政策総合研究所 沿岸海洋・防災研究部
岡田 知也　海洋環境・危機管理研究室長

3.　CPC 総会講演会

3.1　講演「北極海航路の現状と展望」

北海道大学北極域研究センター 教授　大塚 夏彦　氏

ご紹介，どうもありがとうございます．北海道大学北極域研究センターの大塚でございます．たくさん大先輩がいる中で少々ドキドキしておるのですが，できるだけ皆様が退屈しないように努力したいと思いますので，1 時間程お付き合い頂きたいと思います．

1 枚目の画面です．北極海航路のお話を今日はするのですが，そもそも「北極とは？」というところからお話を始めたいと思います．北極は英語で言いますと，アークティック（Arctic）というのですが，その語源はギリシャ語のアルクトス（Arktos）だそうで，何のことかと言うと熊なのですね．英語ではアルクトス（Arktos）を基にして，北極のことをアークティック（Arctic）と言うわけです．英語で南極のことをアンタークティック（Antarctic）と言うのですね．これは何かと言うとアンタルクティコス（Antarktikós），要は熊のいないところというのが語源です．それをそのまま英語にするとアンチ アークティック（Anti arctic）でアンタークティック（Antarctic）になったということです．すなわち北極には熊はいるけれども，南極には熊はいない，北極にペンギンはいないけれども，南極にはいるというわけです(図-3.1.1)．

今日のお話なのですが，最初に北極はどこにあってどんなところなのでしょうかという紹介を簡単にさせて頂きます．そしてその北極海の探検，人類がどんなふうに北極海に進出して行って，そして今，その北極海を使った海上輸送利用がどうなっているか．それから，北極を巡って，世の中，世界が今，どんなふうになっているのかというのを紹介した後，最後にその北極海航路の課題や展望について考えを述べさせて頂きたいと思います(図-3.1.1)．

図-3.1.1

まず北極がどこかという話を大抵は最初にするのですが，一般的にはこの黄色い丸です．地球の地軸は 24° くらい傾いていますので，夏至の日になると 1 日中太陽が沈まない，冬至の日になると 1 日中太陽が昇らないという場所が，極域にどうしても出てきてしまう．北極円と言いますが，普通はこの円より北が北極でしょうと言うのですが，北極ということを言った時に，その人が専門家なりいろいろな業態の人が意味するところによって，実はいろいろ範囲が違います．例えば，この緑色の線は北極評議会という北極の国々8 カ国が集まって，うちらが北極の環境として議論するのはこの範囲のことにしようと決めた線です．あるいはこの赤い線は，7 月の月平均気温が 10℃になる線，あるいはこの緑の線は樹木境界線と言って，これより北側に行くと高い樹木が生えない境界線ですよと．これより北になるとツンドラの苔とか草とか低木しか生えないという，要はそういう具合に，植物学的な人はこの境界，あるいは政治的にはこの境界，そのようにいろいろな定義があるわけです(図-3.1.2)．

もう 1 つ北極の面白いところは，南極は大陸です．ところが北極は海です．北極海があるのですが，周りがユーラシア大陸や北米大陸，グリーンランドに囲まれている．周りが陸に囲まれている海洋ということになるのですね．ですから，海洋の中でも一番小さいものになって，周りが岸ですから，排他的経済水域にぐるりと囲まれてしまっています．真ん中辺に high sea と言われる公海がある．北極点はと言うと，その公海の中にあるというわけです．ちなみにコンパスで北はどちらかと見るわけですが，うろ覚えなのですが，これが地理的な北極点ですけれども，磁北はこの辺だったかな．真北極よりだいぶずれているのですよね．だからこの辺に行ってコンパスを使うと変な向きが北だということになってしまうわけです(図-3.1.3)．

それからもう 1 つ，北極の海のおもしろいところという

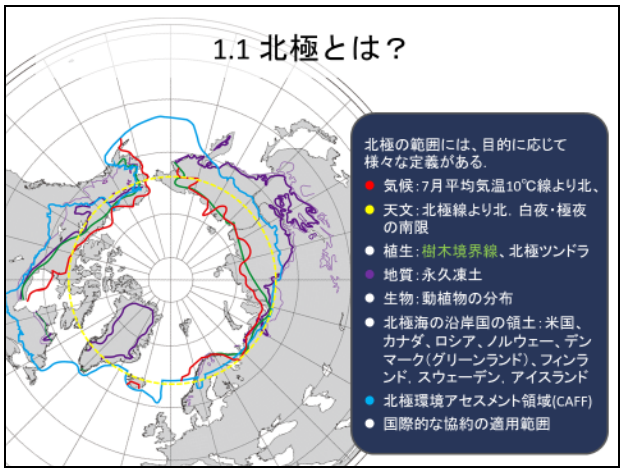


図-3.1.2

のは，周りが大陸でもあって，しかも沿岸部が非常に浅いのですね．特にヨーロッパ，ユーラシア大陸側というのは大陸棚が非常に広く沖に出ています．それからもう 1 つ，北極点の直ぐ側に細い海底山脈が横断しています．ロモノソフ海嶺と言いますが，この山脈で分かれて，カナダ側のカナダ海盆とユーラシア側のユーラシア海盆という深い 3,000～4,000m ぐらいの海があると．それから狭くて浅いベーリング海峡，比較的深いフラムストレートと言われるフラム海峡，こういうところで大西洋と繋がり太平洋と繋がっている．全体的には実は太平洋の平均海面というのは，大西洋の平均海面より 50 ㎝ぐらい高いそうです．ですから，全体としては海の水はこっちから入ってこっちから出て行きます．ただ例えば太平洋の中層の水がどんどんこっちの方に入ってくるという複雑な流れをしています．量の収支からいくと，こっちからこっちにゆっくり流れているということになるそうです(図-3.1.4)．

北極海は冬になると凍ります．皆様はオホーツク海の流氷をご覧になったことがたくさんあると思いますので，あまり詳しく話をする必要はないと思うのですが，ただ北極はさすがに本場なので，こんな具合に氷丘脈，流氷が集まってきて折り重なって山脈みたいになるようなことがあります．それから，これは多年氷と言いますが，1 年で溶けないで何年も生き残って年数を重ねた氷があります．多年氷は非常に硬くなって厚くなって，船の航行には大きな障害となる氷です．これは北極海の沿岸に，冬に一度くらいは見に行かないと！と言って行ったのですけれども，全然つまらなかったです．凍ってしまっていて，どこからどこまでが海なのかというのがわからない．ずっと沖の方をスノーモービルなんかで走ったりして，しかも冬は極夜と言って太陽があまり昇らないので，写真を撮ろうとしても暗くて写真が撮れません．行ってもしょうがなかったということなのですが，ちなみに話題をちょっと変えて，日本海の一番北側，間宮海峡からちょっと下りて来た辺りも実は凍ります．これはサハリンの西側の海岸です．ガチガチに凍っているところです．サハリンの中部より上の方になると，沿岸の定着氷ができているというわけです．海の氷はこのくらいにしようと思います(図-3.1.5)．

もう 1 つ大事なことを言わなければいけませんでした．皆様ご承知のように，地球温暖化が随分進んでいるぞと．しかもそれは北極で他よりも随分早く進んでいると．地球の全体の平均気温の上昇度合に比べて，北極域の気温の上がり方は 2 倍～3 倍ぐらいの速さで上がっているのですね．気温だけではないのですが，いろいろな環境の変化に伴って，白いところが氷の範囲で 2000 年の 8 月 15 日と 2016 年の 8 月 15 日を比べてみたのですが，随分減っているというのがわかると思います．特にロシア側の沿岸ですごく減っているというのがわかると思います．こちらが 7 月，8 月，青が 9 月で灰色が 10 月の月の平均の北極海の海氷面積です．それを毎年調べて見ると，中長期的に減っているというのがわかると思います．面積が減っているだけではなくて，実は厚さも減っておりまして，そういうことは

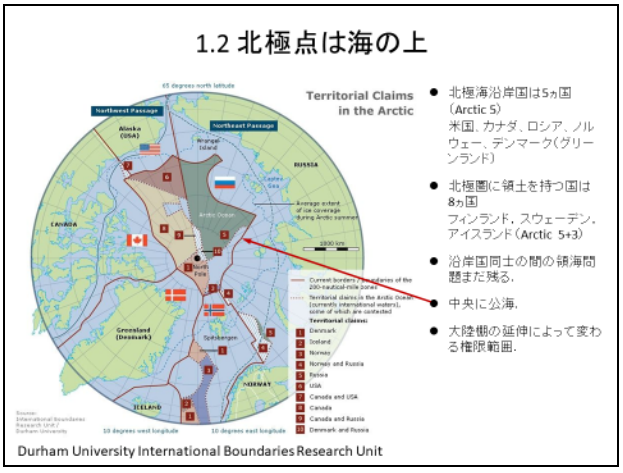


図-3.1.3

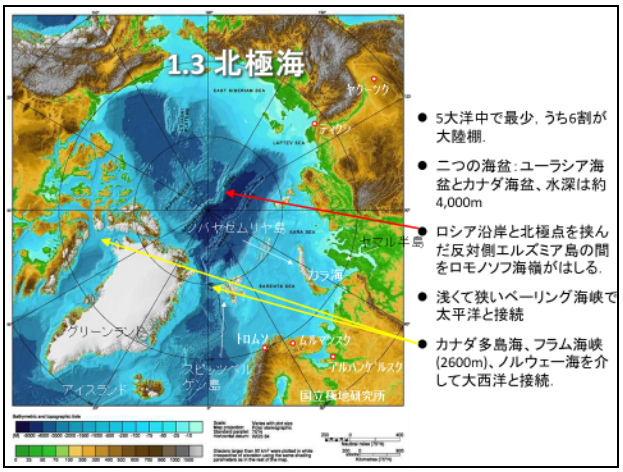


図-3.1.4

図-3.1.5

氷の体積としても長期的に減っている状況にあるというのがこちらのグラフになります(図-3.1.6).

その北極ですが，陸に囲まれた海洋で，しかも古い地質年代から陸が繋がったり離れたりという経緯があって，特徴的な生態系の生物がおります．ホッキョクグマは有名な話ではあるのですが，全体としては寒いせいもあって，低

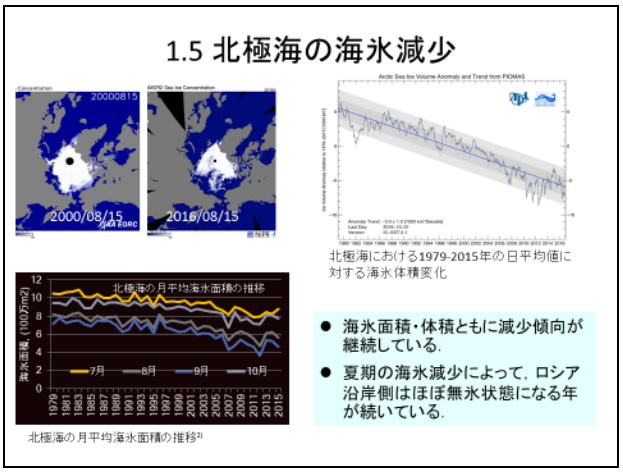


図-3.1.6

図-3.1.7

図-3.1.8

緯度地域よりも生物種は少なくて 21,000 種ぐらいが北極にいます．その中で，例えば魚は 250 種ぐらいしかいない．北極海の中の水温の魚というのは実はカジカの類です．それ以外ですと，北極海の端の方に行くと，ホッキョクダラとかタイセイヨウダラ，それからキュウリウオとか，そんなものもいます．それ以外の陸上哺乳類は 67 種類，それから海生哺乳類が 35 種類います．その中でも海生哺乳類の内の 7 種類は北極の固有種になっている．それからアザラシでも 4 種類が，これは例えば出産とか育児とか子供を育てるという時に氷の上を使っているというような特殊な種類があります．ホッキョクダラはこの辺にいるタラとちょっと種類が違いまして，氷の下に棲んでいます．そういうようなタラもおります．これがそういった魚の類なのですが，北極海でもずっと端の方，大西洋の北の方，あるいは太平洋の北の方に出てくると，ハリバット，これはオヒョウです，こういったものもいます．ニシン，それからタラ，カペリンはカラフトシシャモ，こういったものもいる．それからアカウオ，これも北極の中ではたくさん捕れる，しかも水産有用種になっているわけですね(図-3.1.7, 図-3.1.8)．

その北極ですが，北極圏にはだいたい 400 万人ぐらいの人が住んでいると言われています．これだけ広大な範囲にある意味 400 万人しかいない．しかも街で大きいのは，北米のアンカレッジであるとか，ロシアのムルマンスクであるとか，アルハンゲリスク，この大きな丸がだいたい 30 万人～40 万人ぐらいです．大きくてもそのぐらいの都市しかなくて，それ以外は本当に小さな都市がパラパラとあるという状況になっています．街は先程見た，ロシアの不凍港で軍港でもある重要地点，ここにムルマンスクという港がありますが，それがこんな具合で，30 万人ぐらいです．それから，これはティクシといって，北極海の沿岸にあるサハ共和国のレナ川の河口の街がこんな感じです．これはティクシから内陸に入ってレナ川の中流域にあるヤクーツクの街の様子です．真冬になりますと，街中でも-40～50℃になってしまうので，魚屋さんも冷凍庫が要らなくて，凍った魚を段ボールにザクッと刺して売っているという姿です(図-3.1.9, 図-3.1.10)．

そんなところでも人は住んでいて，それなりに僕らが「これなら食えるな」という食べ物があります．これは淡水生のニシンみたいなこんな大きな魚のルイベと言えばルイベです．その凍ったものをナイフで細く削ったものに塩コショウして食べる伝統的な料理です．夏場になるとこういうベリー類もあるので，少しは甘みもあるという感じです．これはタイセイヨウダラです．結構大きくなるのですが，頭をそのままグリルしたものです．結構美味しかっ

たのですが，これを食べるとその日１日何も食べたくなくなるような量でありました(図-3.1.11)．

本題に入りまして，北極海に人類がどのように進出して行ったかということを少々紹介したいと思います．やはり最初に人類が北極に到達したらしいのは，古代ギリシャの地理学者のピュテアスという方らしいです．詳しい文献は

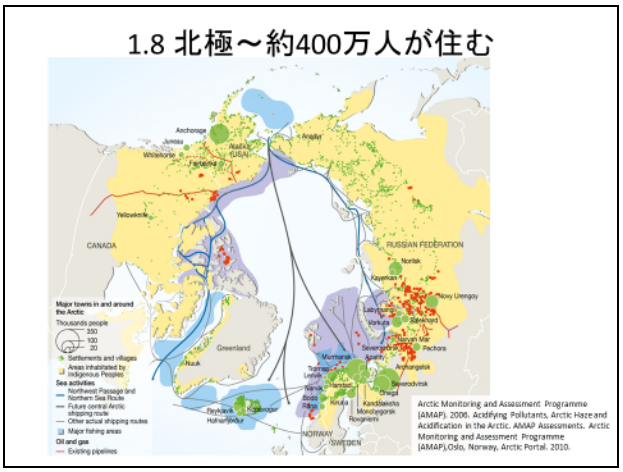


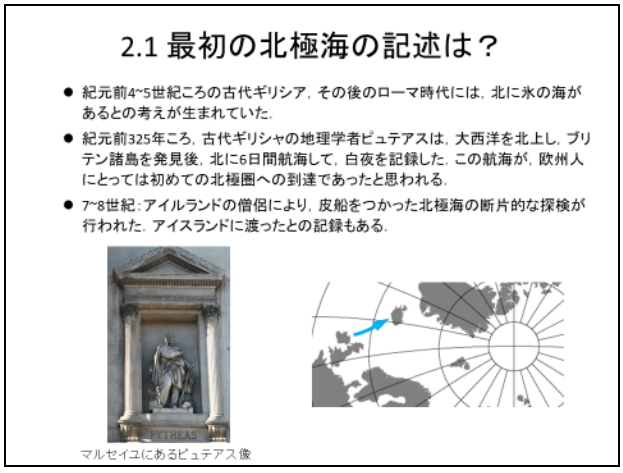
図-3.1.9

図-3.1.10

図-3.1.11

残っていないのですが，この人はブリテン諸島，イギリスですね，この辺を見つけました．本当はもっと前に見つけた人がいるのですけれども，これを見つけて更に北に行ったと．そうしたら，１日中太陽の沈まないところに出たということを報告したと言われておりまして，これが人類で初めて北極圏の中に入って行った記録なのではないかと言われております．それが紀元後の７～８世紀頃になると，アイルランドのお坊さんがアイスランドの方とかに探検に行ったというような，詳しいものではないのですが記録もあります(図-3.1.12)．

だんだん少しずつ記録が増えてきまして，だいたい８世紀～10 世紀ぐらいにバイキング，小さなバイキング“ビッケ”みたいなあのバイキング，ノルマン人とも呼ばれています．この人達の北方移動が始まると書いてあります．本当は北方だけではなくて，いろいろなところに移動して行きました．南の方，地中海を渡って黒海とかカスピ海の方に行ったり，バルト海の中に行ったり，ロシアの白海の方に行ったりしています．その中の一団はこのアイスランドの方にも渡った人がいます．その中のエイリクの一団の



マルセイユにあるピュテアス像

図-3.1.12

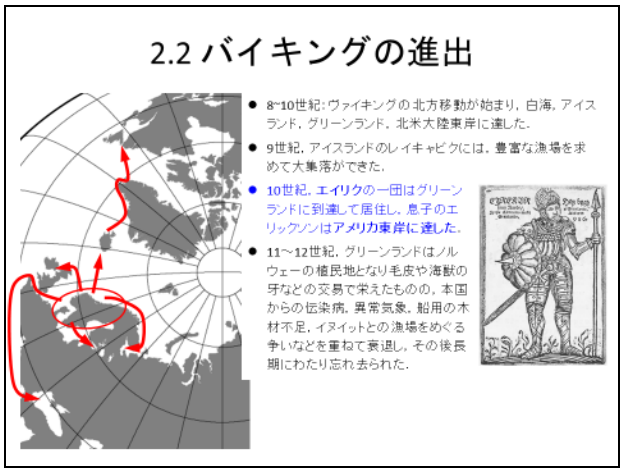


図-3.1.13

族長は結構力のある人で，たくさんの家来一族を持っていたのですが，乱暴な人でもあったらしくて，いろいろ揉め事を起こしてしまったのですね．それで「お前はもうアイスランドにいては駄目だ」と言われて追い出されてしまって，西の方の海を航海して行ったら大きな島を見つけたと．ここに住みながら，また戻ってきたのです．戻ってきましたが，またいろいろトラブルがあって，いよいよまた厳しい追放処分を受けたのですが，その時にアイスランドに住んでいたバイキングの人達に，「緑の島があるのだ．グリーンランドがあるのだ．だからみんな行こうじゃないか．俺についてこい」ということで，当時の船で 120 隻ぐらいの一族を連れてこの島に渡りました．この一族を連れて行くためにグリーンランドだと言ったのが，今でもグリーンランドになっているということらしいです．その息子が今度はグリーンランドからもっと西に行って，北米大陸を見つけました．それが 10 世紀のことです．だから，コロンブスが新大陸を見つけたと言っていますけれども，実はもっと早くに欧州人が北米大陸を見つけていたというのがノルウェーの人達の自慢になっているのですね．「コロンブスじゃない」ということだそうです．その後，11 世紀～12 世紀になりますと，グリーンランドというのはノルウェーの植民地になるのですけれども，その後いろいろ病気が流行ったり，異常気象で木がとれなくなったりして船が造れなくなりました．それから多分，本土の方にいるイヌイットの人達との抗争なんかがあったりして，すっかり寂れて忘れられてしまったということだそうです(**図-3.1.13**)．

そうこうしている内に 14 世紀になりまして，今度はスペイン界隈のバスク人が捕鯨で北大西洋の方にどんどん進出して行くようになりました．ラブラドールとか，この辺りで新しい捕鯨漁場を探す活動が盛んに行われまして，さらにその後の 15 世紀～17 世紀の大航海時代になりますと，今度は新しい航路を探そうではないかと．北極海の方に入って行ってアジアの方に行けるのではないかというような探検が行われるようになりました．その中でもイタリアの商人のカボットという人が，イギリスを出てニューファンドランド島を見つけました．カボットの息子のセバスチャンというのがまた親父の意志を継いで，例えばウィロビーというイギリス人を船長にして，北東航路というロシア側を通って北極海を渡って行く航路に探検隊を何回か出しました．出したのですが，ここに細長いノバヤゼムリヤという島があって，なんとかこの辺りまでは行けたのですが，なかなか当時の航海技術，船の丈夫さであるとか装備のこともあって，例えば氷に阻まれて探検隊がみんな死亡してしまうというような痛ましい結果が記録に残っております(**図-3.1.14**)．

それでも人類はじわじわと北極海の探検を進めて行きました．これがスカンジナビア半島で，この辺の海のことをバレンツ海と言うのですが，これはビレーム・バレンツという探検家の船長さんの名前を取っているのですね．このバレンツは都合 3 回ぐらい航海に行きました．1 回目は駄目だったのですが，2 回目はなんとかノバヤゼムリヤまで行けたと．それから，3 回目はもっと北の方のベアー島とかスピッツベルゲン島というのを見つけたということです．ところが 3 回目の航海の後でやはり氷に阻まれてしまいまして，その年は帰れなくなってしまった．なんとか翌年の春にボートで脱出したのですが，栄養失調や壊血病等々で死んでしまいました．しかしバレンツの航海のお陰でこういう地図が出来上がったというわけです(**図-3.1.15**)．

それ以外にも航路の探検はいろいろと行われておりまして，例えばカナダのハドソン湾がありますけれども，これはイギリスの船長のヘンリー・ハドソンさんという人が行った探検で発見された湾です．このハドソンさんはかな

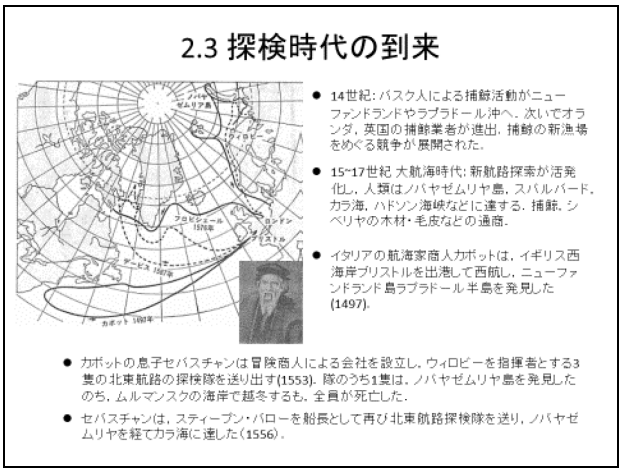


図-3.1.14

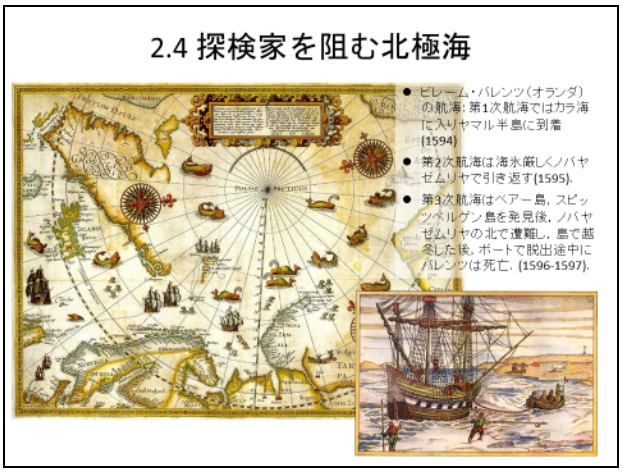


図-3.1.15

り強権的な人で，何回も北大西洋の探検をやったのですが，最後の探検でこのハドソン湾まで行った後，いよいよ船員が「もう俺達はこんな馬鹿みたいな船長についていけない．もう帰りたい」と言って反乱を起こしました．可哀そうなことにその時，ハドソンさんの息子さんが 12～13 歳ぐらいだったということですが，その息子共々小さい船に乗せて置き去りにしてしまいました，ハドソン湾に．他の船員たちは帰ってきましたけれども，その置き去りにされたハドソン親子と何人かのハドソンの手下の船員の消息はわかっておりません．きっと亡くなったのでしょう．どのように亡くなったかはわからないのですけれども，そういう痛ましい話もあります(図-3.1.16)．

そのようなことがありながらも，「北大西洋の北極海のはずれの方に結構良い捕鯨漁場があるから，みんなクジラやその他の海獣を捕りに行こう」ということで，当時，非常にたくさんの捕鯨船がこの海域に集結しました．その様子がこんなような絵になっています．あまりみんなが集まって頑張って捕ってしまったものですから，18 世紀にかけて乱獲のためにこの海域の捕鯨資源というのはほとんど絶滅してしまったというふうに言われております(図-3.1.17)．

その 18 世紀ですが，それ以外にはいろいろ重要な冒険がありまして，ベーリング海峡を見つけたベーリングさんの北極探査，これはベーリング海の他，カムチャツカも見つけています．あとこの辺までも入っております．そしていろいろこの辺の海図であるとか海の情報などが明らかになって来ました．これが，ベーリングが作った地図になります．かなり正確になっていると思います(図-3.1.18)．

そうは言うものの，19 世紀はどちらかと言うと，ロシア側の北極海の航路探索というのは，これは大変で無理かなということで興味の対象にならなくなった代わりに 19 世紀は意外とこっち側に行けるのではないか，カナダの多島海側に行けるのではないかなということで，いろいろ探検隊が何度も挑戦していますが，逆に実はこっちの方が氷は厚いし氷山はあるし，なかなかこちらの方の新しい航路を，カナダ側から探そうというのは上手く行きませんでした(図-3.1.19)．

いよいよ 19 世紀も終わりになって，ノルデンショルド

図-3.1.16

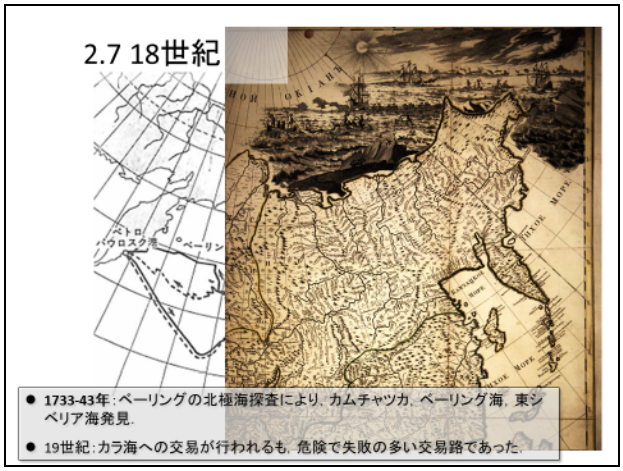


図-3.1.18

図-3.1.17

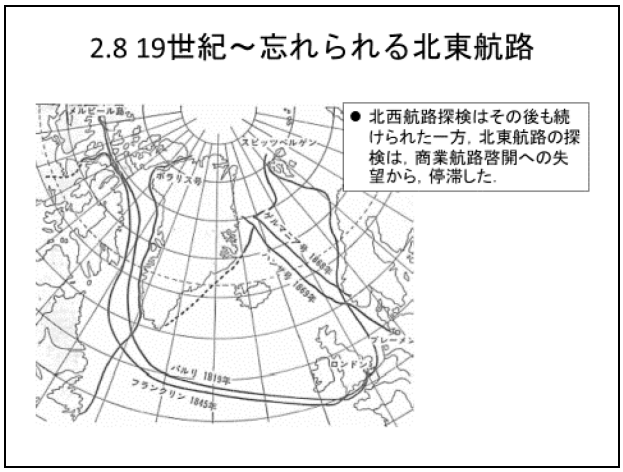


図-3.1.19

というスウェーデン人の人がノルウェーのトロムソから船を出して，遂に 1 年でベーリング海峡まで，北東航路と言われておりますロシアの沿岸を渡り切ることにほぼ成功しました．ただ，ここまで来たところで遂に氷に阻まれて動けなくなってしまって，1 年ここで過ごして翌年抜けました．これで遂に北極海は向こうまで通り抜けることができるぞということが証明されて，ノルデンショルドはその後，横浜に入りまして，明治天皇に謁見しまして，京都などで観光した後，南回りでノルウェーまで帰って行ったということです(図-3.1.20)．

これ以外にも重要な探検としてはノルウェー人のナンセンという人です．ナンセンはどこかで皆さん聞いたことがあると思います．ナンセン自体は北極海を横断して向こうまで行ったということはしていないのですが，その代わり北極点の方に挑戦的に向かって，いろいろな島を見つけて，この間いろいろな航海をしながら，海底の深さであるとか，島の様子であるとか，あるいは海流であるとか，科学的な調査をたくさん行ったことで大きく評価されているわけです．それから，カナダ側の北極海を通って大西洋と太平洋を通れないのかなというのは，引き続き挑戦があったと言いましたけれども，結局，アムンゼンが遂に 3 年掛けてやっと横断したというのが，20 世紀の初めのことになります(図-3.1.21)．

その後，ロシア革命，20 世紀，1930 年のロシア革命の後にロシアは太平洋艦隊とか北方艦隊を作って，自分の国の沿岸の管理というか防衛力を高めまして，北極海と言うのはどうも軍事的な色彩が強まって行きます．そうは言いますものの，1932 年に国際極年，インターナショナル・ポーラー・イヤーという科学技術のイベントがありまして，この時にロシアの砕氷船がロシア側の沿岸を 1 年で渡り切ることに成功しました．これはシビリヤコフ号というのですが，これはロシアで造った船ではなくて，確かイギリスで造った船をロシアが買って改造して動かしたというわけです．それ以外にも 1930 年代はロシアが北極海航路管理局というものを設立して，あるいはロシアの沿岸にいろいろ港湾の拠点が軍事的な意味合いも含めて造られました(図-3.1.22)．

第二次世界大戦になりますと，大戦中はアメリカからベーリング海峡を通って，ロシアの沿岸を通って，例えばロシアのムルマンスクであるとかその手前のアルハンゲリスクなどに援助物資が旧ソ連に向かって運ばれました．戦争が終わってからは，ソ連が氷上観測ステーションというのを作って，氷の上で北極海の真ん中辺の海底地形を測っていました．そうしたら何か変だと．ずっと平らだと思っていたら山があるぞということで，先程，北極海を横断する細い海底山脈があると言いましたが，それを見つけています．1958 年になりますと，アメリカの原子力潜水艦が潜航したまま北極海の横断に成功しました．72 年にはインジギルカ号というソ連の砕氷貨物船が，北極海を冬に走ることに成功しました．80 年代になりますと，後で出てきますロシアの原子力砕氷船団もつくられました．1987

図-3.1.21

図-3.1.20

図-3.1.22

年にゴルバチョフ書記長がペレストロイカ政策の下で，北極海航路，ロシア沿岸の航路を国際航路として開放するという宣言をしまして，国際的に大きな注目を浴びました．これを受けて日本は INSROP/JANSROP 事業というのをシップ・アンド・オーシャン財団がノルウェーとロシアの研究機関とともに実施しまして，北極海の航路の研究と試験運航もやりました．これが世界の北極海の航路の可能性に関する科学的研究の第一歩となったわけです(図-3.1.23)．

それで今日です．2010 年，ノルウェーの船会社チュディ・シッピングがロシアと協力して，北極海を横断して，鉄鉱石を中国まで輸送する試験輸送をやりました．「上手く行ったぞ．海氷はだいぶ少なくなっているぞ」と．なんとか走れるし，当時ちょうど船の燃料価格も非常に高くて船会社が非常に困っていた時期なのですね．ですから，北極海を使うと航路が短くなって燃料費が削減できるし，これは良いのではないかということで，結構世界中の注目を浴び始めました．これが 2010 年以降になるわけです(図-3.1.24)．

北極海航路の話に移っていきたいと思います．もう既に

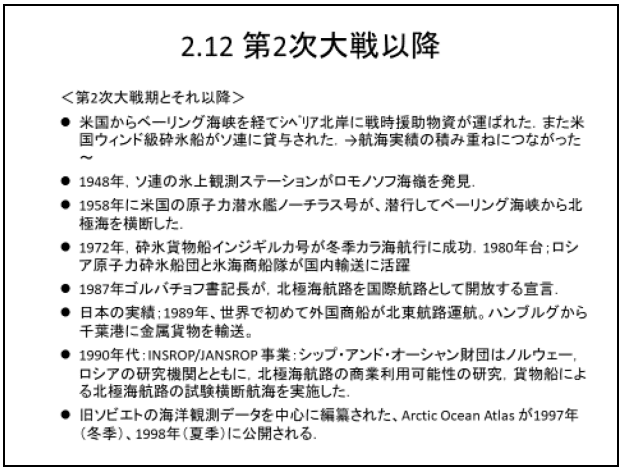


図-3.1.23

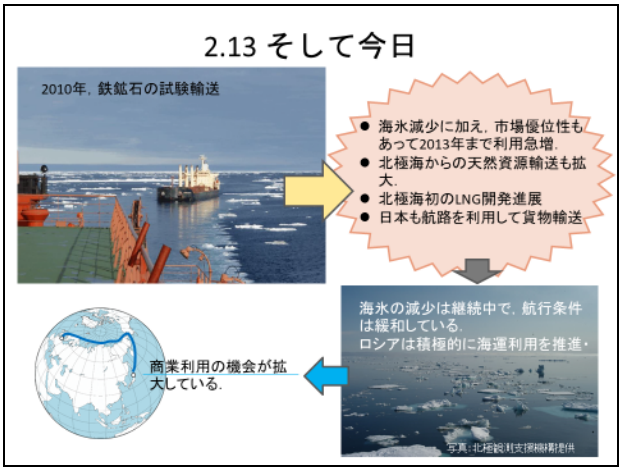


図-3.1.24

北極海航路とかなんとかと言いましたけれども，もう一度整理致しますと，このロシア側の沿岸を通るのを北極海航路と，簡単に言うとそう言っています．カナダ側の多島海の方を通るのを北西航路と言っています．本当はこっちの方を北東航路と言っていたのですが，北東航路の内，このノバヤゼムリヤという島からベーリング海峡の間は冬にずっと凍るのですよね．ですからこれは大変だからということでロシアはこの区間を北極海航路と名前を付けまして，この間の航行規則を定めているというわけです．この特徴は，この北極海航路を使いますと，ヨーロッパの北部と東アジアの距離が 40%ぐらい短縮できるという新しい海上輸送路ですよと．それによって例えばロシア北極海沿岸の天然資源の新たな輸送ルートとして非常に大きな可能性を持っていると．あるいはソマリア沖であるとか，マラッカ海峡といったチョークポイントを避けることができるではないかというようなことが可能性として注目されたわけです(図-3.1.25)．

北極海を走る時に，船は何もしないで良いのだろうかと言うと，そういうことはなくて，やはりこんな具合に氷の

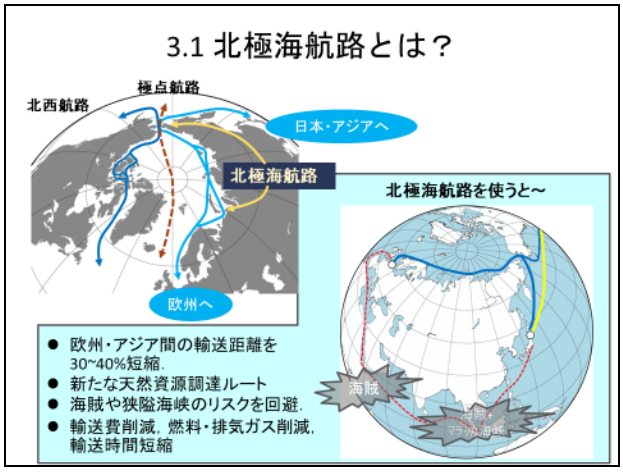


図-3.1.25

図-3.1.26

あるところを走る可能性が非常に高くなるわけです．ですから，そういうところを走るための船として耐氷船というものがありまして，これは氷がぶつかっても壊れないように，船体強度が高めてあって，氷に囲まれても動けなくならないように推進力を普通の船より高くしているとか，非常に低温にさらされますから，船上のいろいろな設備なんかが低温に対して壊れないように上手く動くようにというふうな対策をとっております．その対策の強力さ，あるいは想定する海象状況のランクに応じて，アイスクラスという規格が設けられています．その耐氷船は氷が少しある時は自分でも行けるのです．でももものすごく氷の条件が厳しい時には北極海航路の中ですと，砕氷船に前を走ってもらいます(図-3.1.26)．

この写真はバルト海であって北極海ではないのですけれども，こんな具合に航路を割ってもらって，その後ろを貨物船が走るというオペレーションをやるのが通常になっております(図-3.1.27)．

最近の北極海航路はどんなふうに使われているということなのですが，これは 2015 年の様子です．2015 年の 1 年分，1 月～12 月までを取りました．割と少ないなとは思うのですが，ただこれは 5,000 t 以上の船に限っているのと，そのまま引いたらゴチャゴチャになってしまったので，線を細くしました．ですから，線を太くすればもっとすごいぞということになるのですけれども，航海の数だとこれで 1 年間 2,000 航海分ぐらい線を引いたと思います．もう一つは北極海を通ってアジアまで来たような航海の様子を拡大して見ますと，ウラジオストクに行っているのと，釜山，それから大連であるとか上海の方に行っている航路がありますが，宗谷海峡あるいは津軽海峡を通って日本海の方に入っているという格好になっております．すなわち，見ておわかりのとおり，北海道というのは北米航路だけではなくて，北極海航路に対しても非常に地理的な要所になっている．アジアから北極海に向かう時のゲートウェイになっているというわけです．これらの活動で運ばれている貨物というのは，だいたい欧州からのバラ積みというかバルク貨物，それからアイスランドからの冷凍鯨肉，飼料であるとか，あるいはロシアのカラ海から出てくる天然資源といったようなものが運ばれています(図-3.1.28)．

貨物の動向ですが，この北極海航路というのは，昔は旧ソ連の国内輸送だけに使われていたわけですが，体制が変わったがために，あと経済危機で一気にゴンと落ちてしまいました．このまま沈んでいくのかと思ったら，2010 年くらいに氷も減っているしちょっと使ってみようかという試験航海をやってみたら上手く行った．ちょっとやってみようかということで，一気に貨物量が増えております．ただし，北極海航路を全部横断して，欧州とアジアの間を運んだという貨物は 2013 年に向かって一気に増えたのですけれども，2014 年にはガツンと減ってしまって，今は 2014 年よりは少しずつ増えているという状況です．何があったかと言うと，2014 年には，原油価格，それから船舶燃料の価格がゴンと落ちてしまいました．ですから，船

図-3.1.27

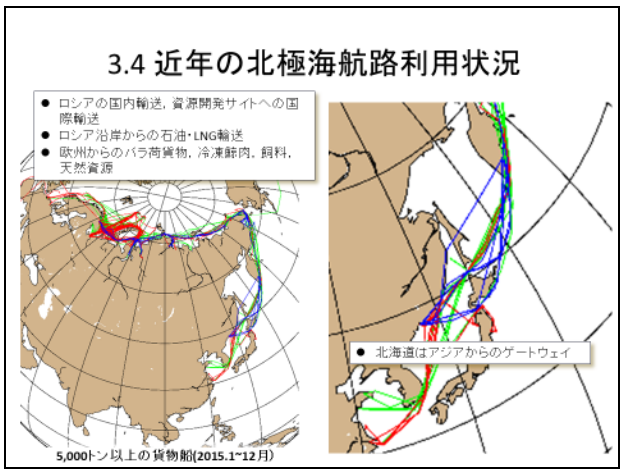


図-3.1.28

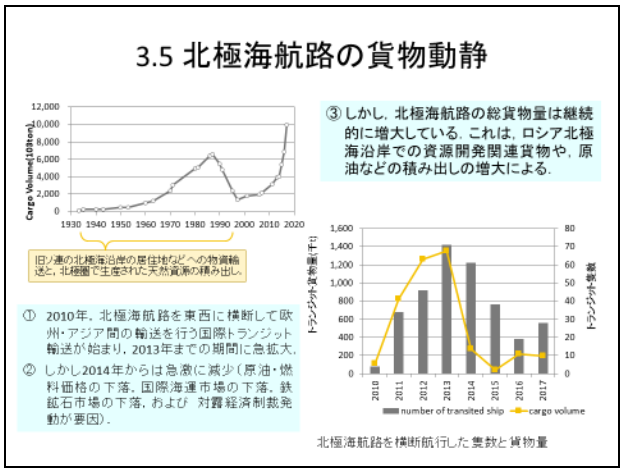


図-3.1.29

会社は無理に距離が短いところを探さなくても，輸送コストを下げられると．それから，中国の鉄鉱石需要がゴンと落ちてしまって運ぶものがなくなってしまった．併せてロシアがクリミア半島を併合してしまったものですから，欧州とアメリカが経済制裁をロシアに課してしまって，そんなきな臭いところにうちの船を通すのは嫌だなということで，一気に落ちてしまったわけです．そうは言うものの，ロシアはこの辺から北極海沿岸の天然資源開発に非常に力を入れているものですから，そういった不定期輸送が一気に増えていったというのが全体を押し上げているわけです(図-3.1.29)．

どんな船が通っているのかなと見てみますと，だいたい船は 6 月に走り始めて，11 月過ぎると，それ以降の冬の間はものすごく数が少なくなっています．だいたいタンカーであるとか，バラ積み船が主体になっております．それ以外には，これは 2017 年までなのですが，この中には特に 16 年・17 年は，ロシア北極海沿岸で進められている LNG 開発の開発サイトに持って行く貨物が多数運ばれました(図-3.1.30)．

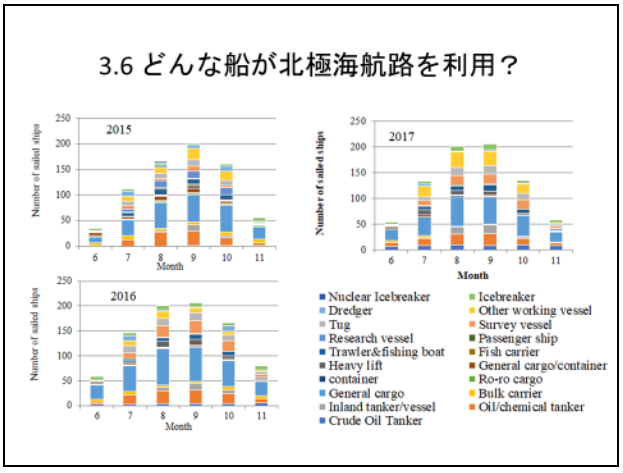


図-3.1.30

図-3.1.31

それらの中には日本にも来た貨物が結構ありまして，いろいろあるのですが，LNG が 2 回ほど北極海を通って日本に来ています．それからナフサも 2 回ほど来ている．それ以外には，15 年・16 年・17 年とウィンターベイという船が冷凍鯨肉をアイスランドから大阪に運んでいます．それから，皆さんの中にはよくご存じの方もいるかもしれませんが，中国の COSCO シッピングがバラ積み船で家畜飼料を苫小牧と釧路に運んできました．こういったことの他には，ロシアの北極海沿岸の天然資源開発に向かう船が苫小牧に寄ったということもございます．これは北極海ではなくサハリンに向かうフィンランドの砕氷船なのですが，それもクルーチェンジであるとか書類準備であるとか資材補給であるとかで寄ったりしております(図-3.1.31)．

その船について，これは 2014 年の海の氷の様子と丸い点が船の動きです．氷がだんだん減っていって，氷がある間はどっちかと言うと船は氷のなさそうなところを選んで走ったりしているというのがわかると思います．丸点の色は赤くなるほど速く，青くなるほど遅くなるのですね．ですから，氷がない時は結構速い速度で走っていまして，12 ノット～14 ノットくらいで走っておりますが，10 月～11 月になってだんだん氷が張ってくると船も遅くなって色も青くなってきている．でも氷がないところを探してこっちに行ったりしていますね．こんな具合に結構氷があっても走っているというわけです(図-3.1.32)．

どんな塩梅かなと言うと，これは海氷密接度といって，100 というのは海面が 100%覆われていて，60 というのは 60%覆われているという格好で見て行くと，この赤い線が 9 月の後半です．これは 2015 年ですが，9 月の後半あたりになると，北極海航路の周りにはほとんど氷がなくなってしまうのですね．ただし，ちょっと他の季節には，特に氷の量が多くなる場所があります．これがちょうどこの島の間の海峡の辺りとこの辺の海域です．このように特定の海

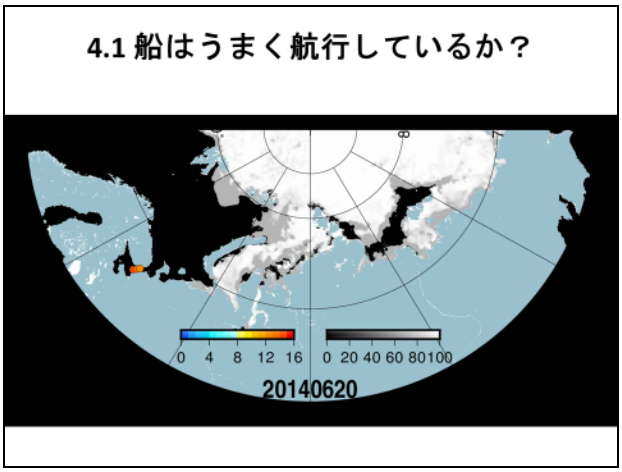


図-3.1.32

域では海の氷の状況も厳しくて気を付けなければいけないというのは依然としてあるわけです(図-3.1.33).

どんなふうに皆さん動いているのかということで幾つかの航跡例を示したのがこれで,この COSCO シッピングという会社が 2014 年にドンと落ちた後も,北極海航路を使って欧州とアジア間を横断する輸送事業を継続してやっ

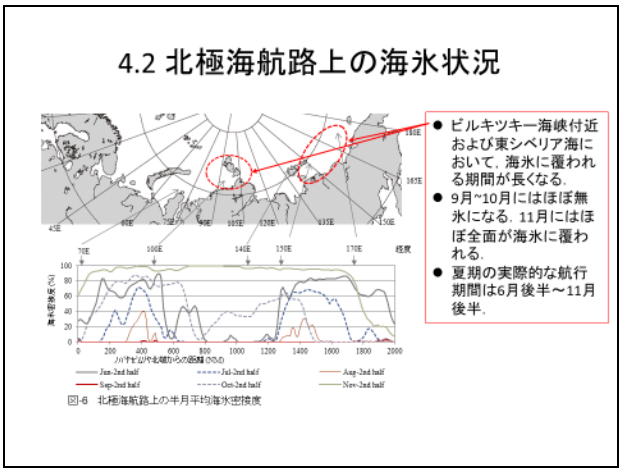


図-3.1.33

図-3.1.34

図-3.1.35

ておりまして,これはアイスランドから日本に鯨肉を運んできた船の航跡,これはロシア国内の輸送で使われた事例です.こんな具合にデスティネーション・シッピングと言っていますが,トランプサービスと言いますか,不定期輸送で目的地が北極海沿岸であったり,出発地が北極海沿岸で他のところに行くという片道だったり,こういった活動が行われているのが現在の様子です(図-3.1.34, 図-3.1.35).

先程,アイスクラスというお話をちょっとしましたが,北極海の氷のあるような海を通る船については,国際的な規則があります.一つは国連海洋法条約で,それからもう一つは国際海事機関の極海コード,ポーラーコードと言われている規則で,結局のところ,氷のあるところは一応アイスクラスを持った丈夫な船でないと行けませんよということになっております.もう一つはロシアがこういう規則と並行して北極海航路法という国内法を決めまして,うちの経済水域を走る時には事前に通航許可を出してくださいと.そうしたらその船に応じて,ここは通っても良いけれども,この季節にここを通っては駄目とか,ここを通るのだったらロシアの原子力砕氷船に支援してもらいなさいというような基準がありまして,そういうことを定めております.ただ一応この基準は国連海洋法条約の条例に基づいて決めているものとなっています.船がロシアの砕氷船の支援を受けるとお金を払わなくてはいけないというわけなのです(図-3.1.36).

その船がどのくらい丈夫な船が入っているかということを出した表です.青いところが結構丈夫な船で,PC7 と言われていまして,貨物船としてある程度厚い 70 cmくらいの海氷のあるところでも走っても良いよという船です.これより上は海氷のあるところは走っても良いけれども,そんなに丈夫ではないですよという類の船なのですが,そういう類の船も 7・8・9 月は半分くらいの割合で北極海を

図-3.1.36

走り出しているというのが現状です(図-3.1.37).

そのくらい氷の勢力も落ちているというわけですが，その様子を示したものがこちらです．これは 2015 年の船の実際の航行速度を横軸に経度で地図にしています．この地図の経度に応じてどのくらいの速さで走っているかということを月別に調べたものです．ざっくりと言って 6 月が遅いと．11 月も氷が張ってくるので遅いのですけれども，6 月程は遅くない．どうしてかと言うと，11 月の氷はまだ張りはじめで薄くて柔らかいから．でも 6 月は前の冬からの氷なので，まだ厚くて堅いやつがあるので，6 月の速さは遅い．あとは氷が特定の場所で厳しくなるので，特定の場所で速度が遅くなるというようなことがわかっています(図-3.1.38).

ちょっと大括りの話をしておこうと思うのですが，時間があまりないので頑張ります．地球温暖化というのは北極で速く進んでいるというのをお話しましたが，もう一つは，海の氷は良いのですが，北極の陸の氷，グリーンランドの陸の上にある氷が全部溶けてしまうと，だいたい地球上の海面を 7mくらい押し上げる量になるというわけです．だから北極の氷が溶けるということは嬉しいことではないというわけです．だから，北極のことはもっとよく心配しておかないと，中緯度地域に住んでいる人達も北極のことに気を付けてくださいという重要性が出てきているのが現在の様子です(図-3.1.39).

なんで北極なのかと言うと，地球の温暖化によって北極の気候システムが変わるだけではなくて，中緯度地域，他の地域の気候とか海洋環境であるとかいろいろなことが変わってきて，例えば地政学的なバランスであるとか，インフラの問題であるとか，水産資源の問題であるとか，あるいはいろいろな地域経済社会への影響，資源開発に関する影響というのが，いろいろなところに出てきてしまう．だから，北極の国以外の国も北極のことに気を付けていかないと駄目だなという状況に今なりつつあるわけです(図-3.1.40).

どんなことが問題なのかと言うと，例えば海水面の上昇もそうですけれども，気象の変化．もう一つは，それだけではなくて，北極にある資源や自然環境が変わって行くのにつれて，人間ももう少し賢く使うことができるのではな

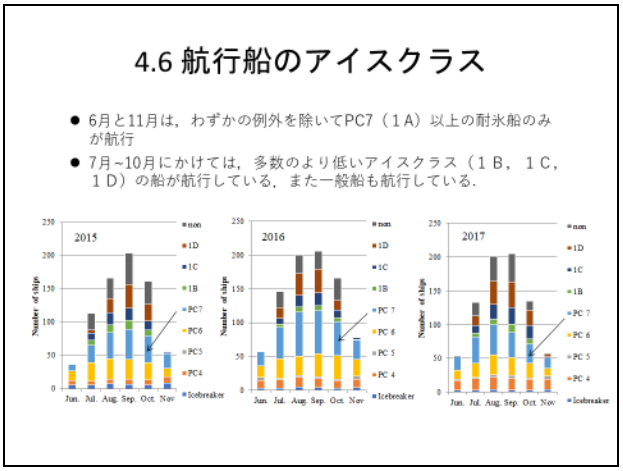


図-3.1.37

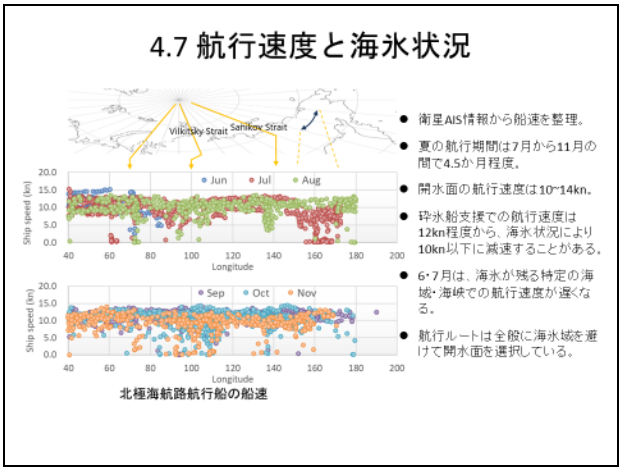


図-3.1.38

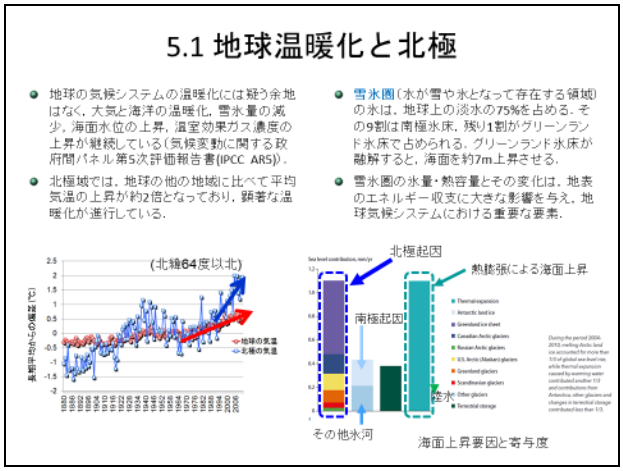


図-3.1.39

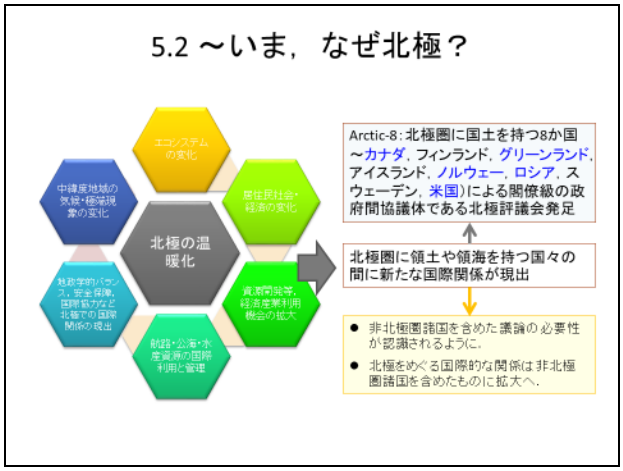


図-3.1.40

いかと．北極はアンタッチャブルで何もしてはいけないと言うと，そこの地域の人達は「お前たちはそのまま死ね」ということにもなるのではないかと．だから，ある程度先進国の我々もそこの人達と協同して上手に使って行こうではないかと．それにはどうしたら良いのだろうかということを考えて行こう，関与して行かなければいけないというのが，現在の我々の置かれている立場だと思います．ですから，例えば，海氷減少によって航路として使えるようになる．それから，天然資源開発もできるようになる．でも併せて，その既存の北極圏社会や環境へどういう影響が出て，あるいはそういうことをするためにどういうリスクがあるのかと．あと併せて，地域社会の経済発展を，我々北極を使おうと思う者は考えて行かなければならないというわけです(図-3.1.41，図-3.1.42)．

日本と北極というのはわりと歴史があって，第２回の国際極年，さっき出ましたインターナショナル・ポーラー・イヤーからちょっとずつ関わっております．富士山に測候所ができたのが 1930 年代の話で，その後の大きな話としては，この資料は北極だけに限ってしまったので「しらせ」の話は入っていませんが，「砕氷船しらせ」というのは日本の誇る強力な砕氷船なのですが，残念なことにあれは南極観測だけの話で，観測の資材運搬のための船になっています．観測船というのは言ってみれば嘘です．ですから極地観測船というのは，日本ではまだ持っていないという状況であります．2009 年くらいから外交的にも北極に関与しだしました．そして北極圏国８カ国が作っている北極評議会というものにオブザーバーとして加わりまして，2013 年には正式なオブザーバーと認められました．併せて 2011 年くらいからナショナルプロジェクトとしての北極気候に関する研究事業も始まっているというところです．そして 2013 年に閣議決定された海洋基本計画でも少し北極のことが取り上げられております．そして今年新たに策定されました海洋基本計画の中でも北極それから北極海航路について我が国も積極的に関与していかないといけないということが確認されたところであります(図-3.1.43，図-3.1.44)．

その北極海航路なのですが，今どうなっているのかともう一度レビューしてみますと，先程言ったカラ海という北

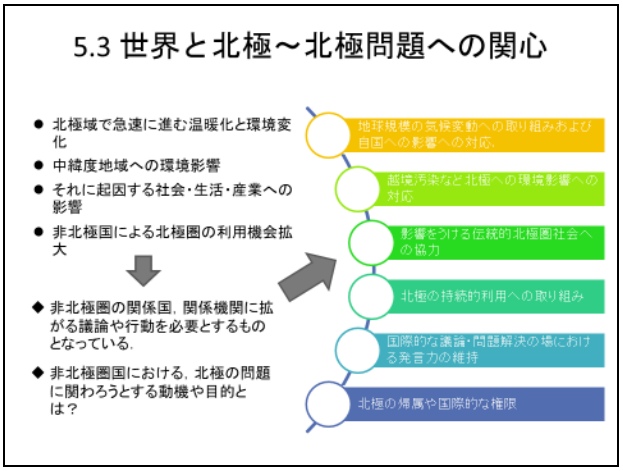


図-3.1.41

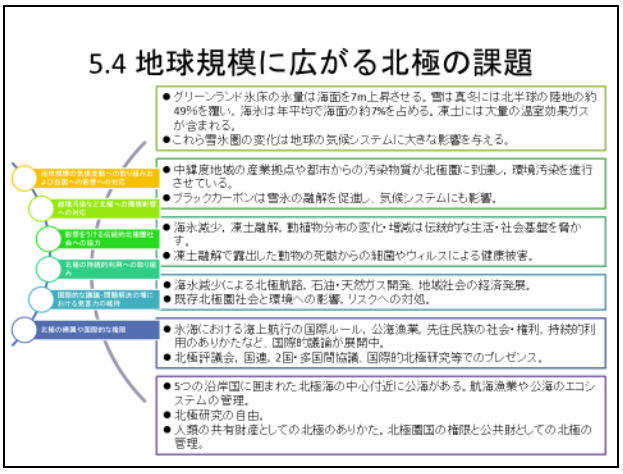


図-3.1.42

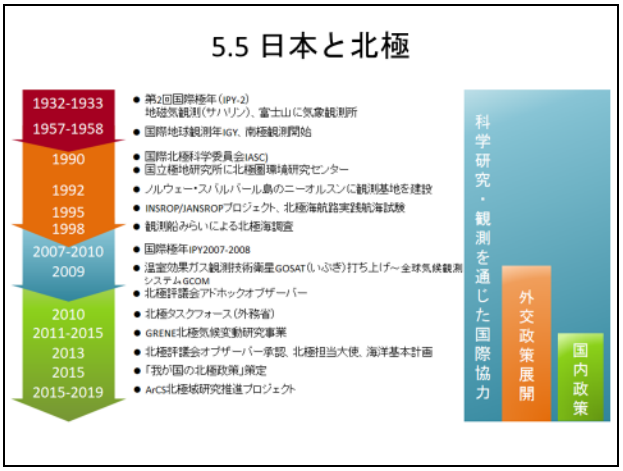


図-3.1.43

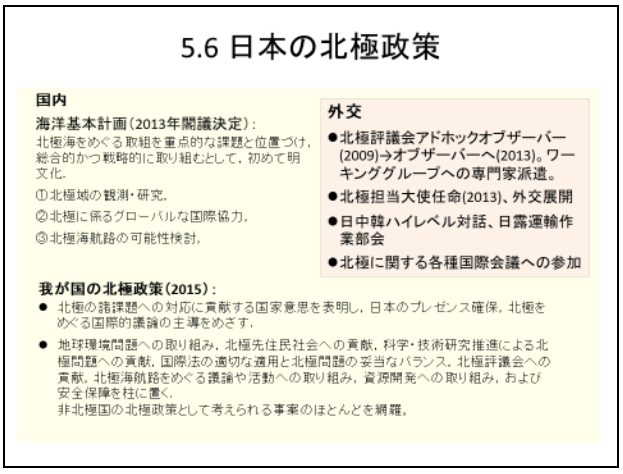


図-3.1.44

極海航路沿岸でもずっと西の方では原油開発がどんどん進められておりまして，今は冬も含めて通年輸送が行われています．これはどうも今後も生産拡大が見込まれています．ただこれはずっと西側の話です．あとは COSCO シッピングが，毎年数回，欧州とアジア間で北極海航路を通った輸送を行っております．COSCO シッピングはかなりポジティブに戦略事業として拡大しようとしております．そうは言え，それを利用する荷主さんを毎年探しているというのも実態になっておりますので，その意味ではまだ不透明な部分が大きいと．それからこの後紹介します LNG 開発というのが，通年で北極海からアジアやヨーロッパに向けた輸送が始まっていまして，これが将来，北極海航路の主要な貨物になるのが明らかになっております．もう 1 つ，輸送を開始しているすぐそばで次のバージョンの LNG 開発が計画されていますが，そこでは遂に日本も投資を表明していると．ただいつ始まるかといったことを含めて，まだまだ不透明です．そして海運関係者の方々が一番気になるコンテナの定期輸送，北極海航路を使ったコンテナの定期輸送ですが，これは今年の秋にマースクが運航実験をやると言っています．ただそれは直ぐに事業化しようというつもりはないのではないかなと思うのですけれども，マースクも「もし世の中が北極海航路を使って定期輸送をやる時には俺達がやるのだからな」というような意志表明になるのかもしれません(図-3.1.45)．

その北極海航路の商業運航の実現への課題というのは，やはりなんと言っても貨物の需要があるか，使う人がいるかどうかということだろうと思います．それは安定的にあるかどうかということと，もう一つは行きと帰りの両方向に貨物があるというのが非常に重要なことだろうと思われます．その外側の環境としては例えば燃料価格であるとか，海運市場であるとか，いろいろな資源であるとか，国際的なマーケットの影響も大きくなるわけですが，もう 1 つ船会社様にとっては事業の不確実性というのが大きな課題の 1 つでしょう．それは氷が今年は厳しいかな，緩くなるかな，長期的に厳しくなるかな，まだずっと緩くなるのかな，というところも未確定なわけです．こういった不確実性があるのだよというわけです．それから，ロシアのカントリーリスクやいろいろな規則や基準もあるし，あるいは先程の政治的な安定性の話もある．まだまだいろいろな課題があるわけです．ただいずれも全く解決不可能なものではないというわけです(図-3.1.46)．

あとは経済性が大事な話なのですが，距離短縮というのが非常に大きなポイントになっておりまして，輸送コストが安くなるというのも重要なのですが，おそらく競合する既存航路の船が大型化してどんどん輸送価格が安くなっていくのであれば，単純に価格競争ではなくて速く運べるという辺りを上手く利用するのが，北極海航路を使ってお金儲けができる重要なポイントではなかろうかと考えている次第です．コンテナはそんなに定時性が確保できないのではないかというのは，これは下の方のグラフが北極海航路を走った時の速度です．やはり夏は速くなるのですけれども，季節の初めと終わりは遅くなる．そうしたら，定時性が確保できないのではないのかと．それは一般の海域をちょっと速めに走るということで担保すればやれないことはない．でもそれをやって本当に経済性が担保できるか，事業性が担保できるかというのは，これはよく考えて行かなければならないというわけです(図-3.1.47，図-3.1.48)．

もう 1 つ，北極海航路の利用というのは，こういった特にロシアのカラ海で進められている天然資源開発にも大きく左右されると考えられておりまして，中でもヤマル半島というところで進められている LNG 開発というのが北極海で初めての LNG 開発で，これは遂に昨年末に LNG 輸送が始まりまして，今どんどん，冬は欧州方面に，今年の夏

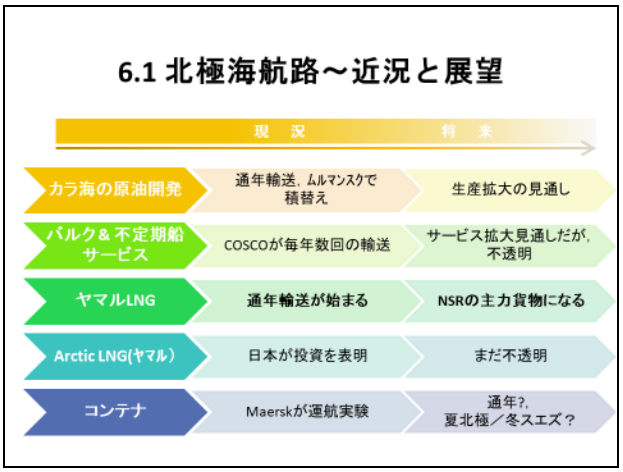


図-3.1.45

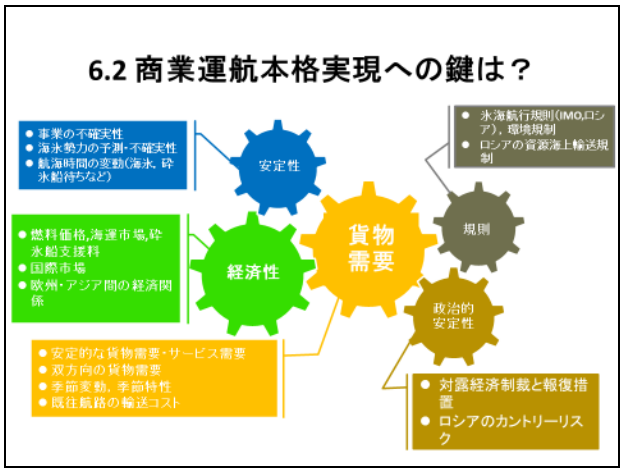


図-3.1.46

になると北極海航路でも長い距離を渡ってアジア市場に運ばれるという計画になっておりまして，一番リスクの大きい冬場の輸送もこれまでのところ安定的にどんどん走れているという状況で，この中に我が国では商船三井さんが 3 隻分のタンカーの船主になっております．全体としては 15 隻の特殊タンカーで運ぶと言われているのですが，

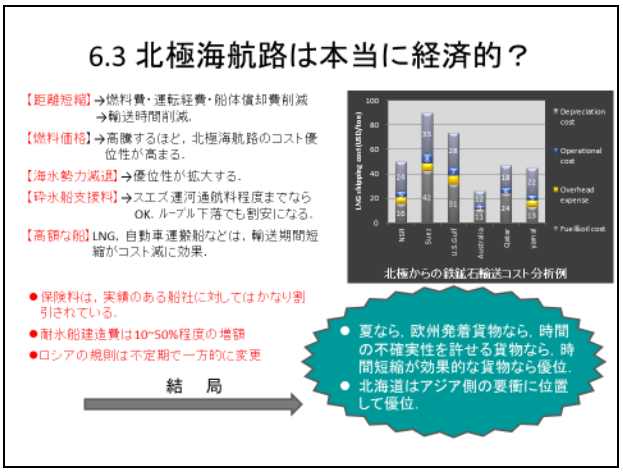


図-3.1.47

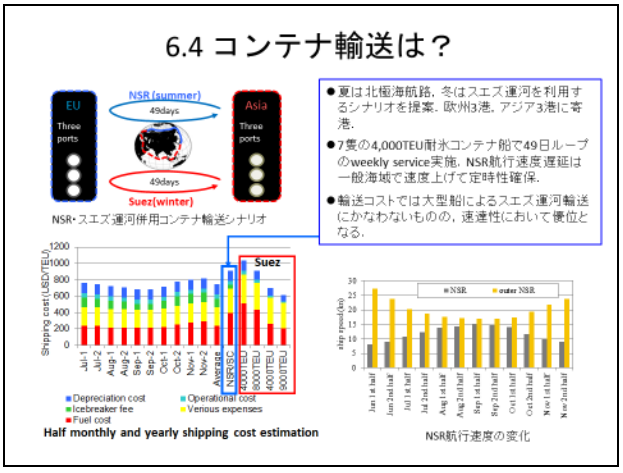


図-3.1.48

図-3.1.49

最近の話ですと商船三井さんが頑張って，他の会社と共同なのですけれども，15 隻の船主になるというニュースも最近耳にしました(図-3.1.49，図-3.1.50)．

少し話を進めると，あともう 1 つ，新しい議論がヨーロッパの方で始まっています．それは，本当に長期的に氷が少なくなっていくのであれば，通年で冬もこちらから行けるという可能性が出てくるのではないか．あるいは北極海の真ん中を通ってロシアに関係のない航路も，もしかしたら可能性が出てくると．これは本当に長いスパンで考えた時のものなのですが，そういう議論も始まっております(図-3.1.51，図-3.1.52，図-3.1.53，図-3.1.54)．

それから，もう 1 つ将来の話として，今まさに注目が始まっているのが北極観光です．結構クルーズが楽しくて人気のようです．これは北極点クルーズに行った方から借りた写真なのですが，こんなところに見に行けるというと，みんなグラッとくるのですね．値段は 300 万円～600 万円くらいかかるのですけれども，世の中にはお金持ちがいるので，こういう未開の地に行けるというのは，ありきたりの観光資源に飽きてしまったという方には非常に良いこ

図-3.1.50

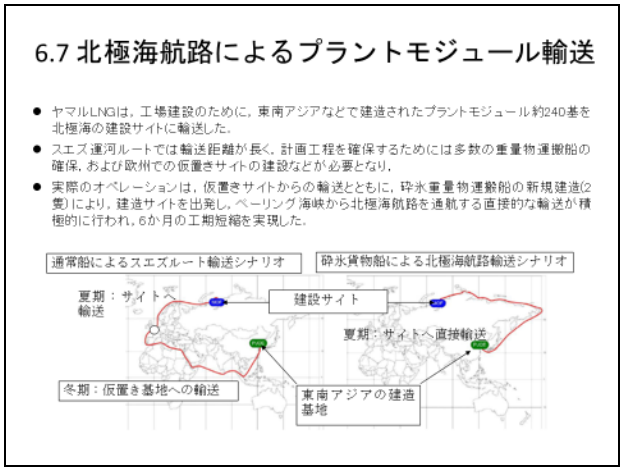


図-3.1.51

とのようです(図-3.1.55，図-3.1.56，図-3.1.57，図-3.1.58，図-3.1.59，図-3.1.60，図-3.1.61)．

そういった中で，北海道に住んでいる我々はどうしたら良いのだろうということをアイディアとして考えてみました．ストロングポイントである地理的な優位性をどうやって活かしていけば良いのだろうかと．それは，地理的優位性だけではなかなか振り向いてもらえない．これは例えば北米航路の問題でも同様だと思います．でも北極海航路を使った事業というのは，まだやっている人がいないから，最初のうちにちゃんと唾をつけて，北海道でやっていると良いなという流れを上手く作ることを目指す必要があるのだろうなと．その中ではやはり北極海航路が欧州とアジ

図-3.1.52

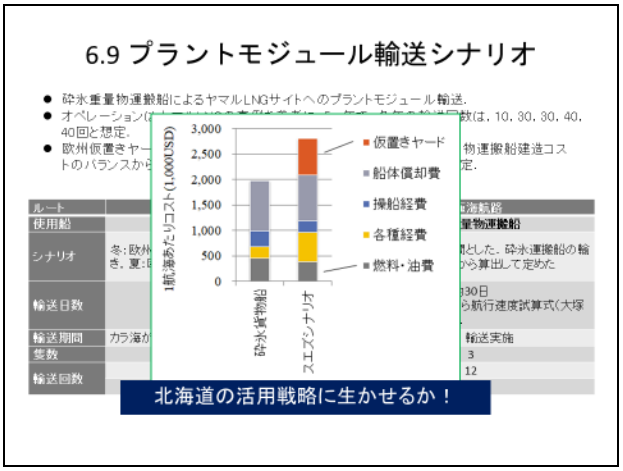


図-3.1.53

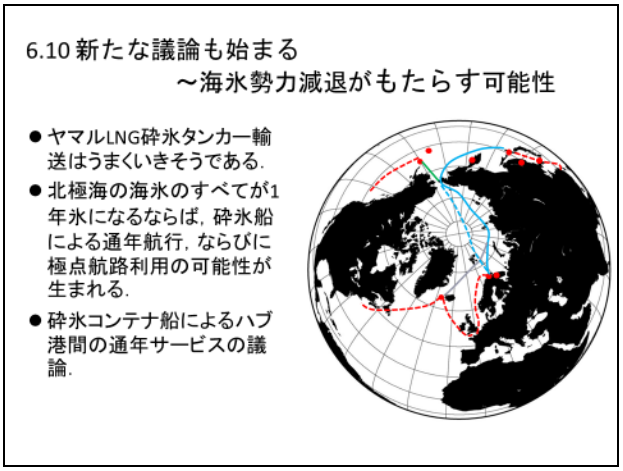


図-3.1.54

図-3.1.55

図-3.1.56

図-3.1.57

アの間の物理的距離を今は夏の時期だけですけれども，すごく短くしてくれる．これを欧州との商流の拡大に繋げるアイディア，チャンスに，繋げていくことが大事だろうというふうに考えている次第です(図-3.1.62)．そういった格好で私のいる研究センターは理学では衛星観測と陸と海と氷の人達がいて，人文社会もいて，そこに僕が工学系として入っている非常に学際的な仲間になっています(図-3.1.63)．これでなんとか北極を持続的に上手に使って行くという取り組みを進めて行かなければならないと思っております(図-3.1.64)．

SDGs というのが国連で出てきましたけれども，それ以外にも Future earth という研究プロジェクトもありまして，その中でも幾つか，例えば水や食料やエネルギーに関する安心・安全を図っていかなければならないだとか，将来の脅威に対する社会的な回復力を増していかなければならないとか，取り組まなければいけないような主題というかテーマが挙げられております．なんとかこういうことに直接取り組みながら，解を見つけて行きたいと考えている次第です(図-3.1.65，図-3.1.66)．

ご清聴どうもありがとうございました．

図-3.1.58

図-3.1.59

図-3.1.60

図-3.1.61

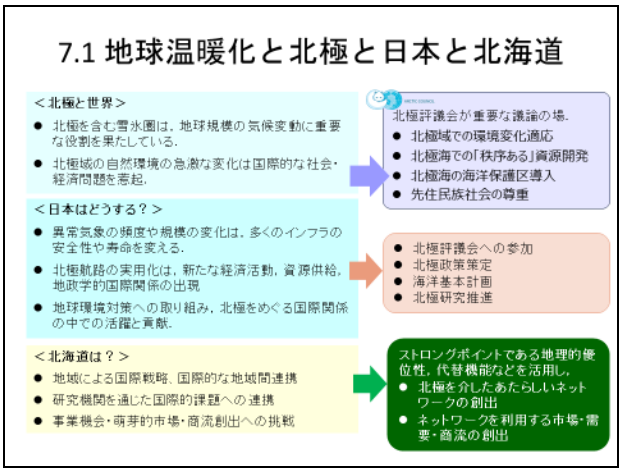


図-3.1.62

図-3.1.63

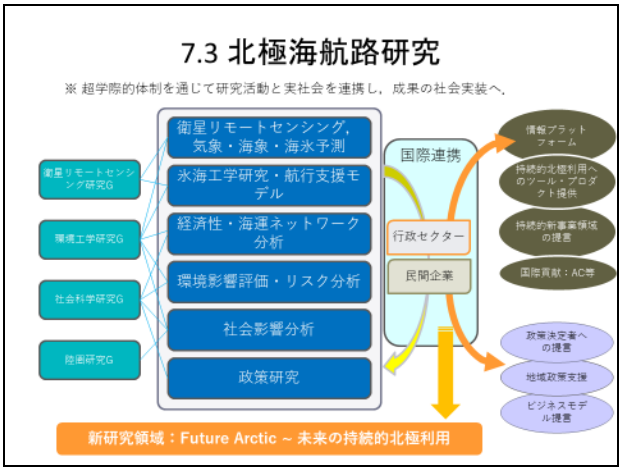


図-3.1.64

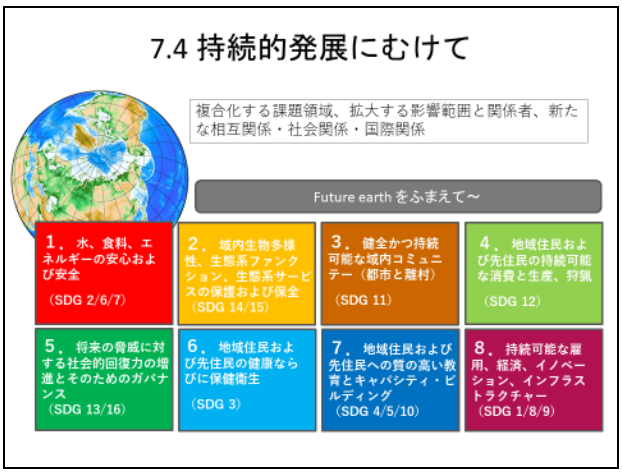


図-3.1.65

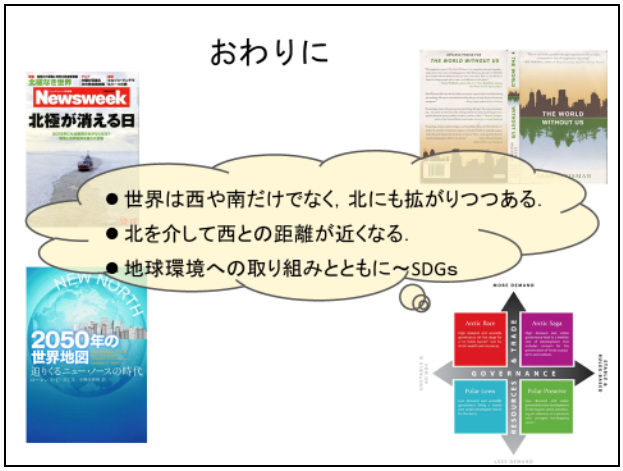


図-3.1.66

付録Ｃ　CPC 総会講演会 開催案内

第 6 回 定 時 総 会 の ご 案 内

拝　啓　時下益々ご清栄のこととお慶び申し上げます。

さて、標記の定時総会を下記のとおり開催いたしますので、ご出席下さいますようご案内申し上げます。

ご出欠については、返信はがきにより６月５日(火)迄にご回答をお願いいたします。**ご欠席の場合は、総会定足数との関係がありますので、必ず「委任状」に記入、押印**をお忘れのないようお願い申し上げます。

特に団体・法人会員さまにおかれましては、代理の方が出席される際必ず同封の委任状(A4)をご持参下さい。これを以てご本人確認とさせていただきます。どなたも出席できない団体・法人会員さまにおかれましては、同封ハガキの委任状を投函下さい。

※ いずれも代理人のご記入のない場合は議長とさせていただきます。

敬　具

記

Ⅰ．総会および講演会

（１）総　会

日　時 ： 平成３０年６月１２日(火)　午後３時から

場　所 ： 京王プラザホテル札幌　３Ｆ　雅の間
（札幌市中央区北５条西７丁目　TEL ０１１-２７１－０１１１）

議　題 ：平成２９年度事業報告の件（報告事項）
平成２９年度決算の件（決議事項）
平成２９年度公益目的支出計画実施報告書の件（報告事項）
平成２９年度監査報告の件（決議事項）
役員選任の件（決議事項）
平成３０年度事業計画書及び収支予算書の件（報告事項）

（２）講演会

日　時 ： 同　　上　　午後４時頃から（総会終了後）

場　所 ： 同　　上

講　師 ： 大塚　夏彦　氏
北海道大学北極域研究センター教授

演　題 ： 「北極海航路の現状と展望」

Ⅱ．懇 親 会

日　時 ： 同　　上　　午後５時３０分から

場　所 ： ３Ｆ　扇の間

会　費 ： ５，０００円（当日会場で申し受けます）

※　担当：(一社)寒地港湾技術研究センター　鈴木　　TEL 011-747-1688
FAX 011-747-0146

付録Ｄ　CPC 総会講演会 写真

講演　北海道大学 北極域研究センター 教授　大塚 夏彦 氏

4.　第６回 CPC 講演会

4.1　主催者挨拶

北原 繁志（(一社)寒地港湾技術研究センター部長）

皆さん、こんにちは。寒地港湾技術研究センターの北原といいます。本来であれば、当センター理事長の笹島が皆様にご挨拶をするところなのですが、本日、国土交通省で打ち合わせがございまして、そちらに出席しております。代わって私がご挨拶をさせて頂きます。

さて、地震から１週間が経ちました。皆様の中にも多少なりとも被災された方がいらっしゃるかと思います。心からお見舞い申し上げます。そのような中、本日の講演会に出席して頂きまして、本当にありがとうございます。

本日の講演会はここに書いてあるとおり、「北海道産品の輸出促進について」と題しまして、４編の発表を行うこととしております。中央大学の片石先生、それから北海道国際流通機構の鳥取代表理事、お二人には大変お忙しいところ、基調講演と講演をして頂くこととなっております。本当にありがとうございます。また当センターからは田中次長と吉田次長がプロポーザル業務の結果と自主研究の結果、これを取りまとめて皆様にご報告する予定となっております。

本日の講演会が皆様にとりまして、良き一日となりますことを祈念致しまして、私の挨拶とさせて頂きます。本日はどうもありがとうございました。

4.2　基調講演　「北海道産品の海外展開について」

NPO 法人マリンネットワーク理事長，中央大学研究開発機構准教授（客員），苫小牧漁業協同組合みなとアドバイザー
片石 温美 氏

ありがとうございます．今ご紹介頂きました片石です．今日は今住んでおります広島の方から参りました．冒頭，北原部長がお話しされましたように，先週の台風と地震それからの停電によって，今もまだ影響が出ていると聞いておりますし，被災された皆様には本当にお見舞い申し上げます．そんな中，今日は来て頂きまして本当にどうもありがとうございます．私の話は北海道産品の海外展開についてということなのですが，主に水産物の輸出についてのお話をさせて頂きます．

今日の内容なのですけれども，1 つ目に輸出促進の動き，2 つ目に必要な手続き等，3 つ目が北海道産水産物の輸出の取り組みということで，平成 26 年から平成 28 年まで 3 年間に渡って地域の方と一緒に取り組んだ輸出の試験的な取り組みなどについてお話しさせて頂きます．今日は 40 分ということなのですけれども，久し振りに寒地さんで，知っている皆さんの前でお話しさせて頂くということで，たくさん資料を持ってきてしまったものですから，1 枚につきひと言ぐらいで流していくかもしれないのですけれども，ご容赦ください(図-4.2.1)．

まず輸出促進の動きとして基本的なことなのですが，世界での一人当たりの水産物の消費量についてお示ししております．日本は青いラインで減少傾向にあるのですけれども，世界的に見れば増加傾向にあるということです．これは食品流通の国際化とか食生活の変化とか健康志向とか，そういうものによるものです．EU・欧米などは横ばい状態なのですが，日本では減少傾向にあるということです(図-4.2.2)．それを物語るように海外における日本食レストランの数にも顕著に現れておりまして，特にアジアの地域ではたった 2 年の間で店舗数が 1.5 倍ぐらいに増えています．それぐらい日本食に対する皆さんのニーズが高まっているということです(図-4.2.3)．

こういうことを背景に，国も「農林水産物・食品の輸出戦略」というものを出しておりまして，平成 31 年の輸出額の目標が 1 兆円ということを掲げております．平成 29 年時点で 8,071 億円ですので，このままいけば 1 兆円にいくのかどうかというところはわかりませんけれども，このように目標を示して取り組んでいるところでございます(図-4.2.4)．

次に農林水産物食品の輸出額の品目別の内訳ということで，このグラフを見て頂くと一番多いのは加工食品，農産物なのですけれども，次いで水産物でございます．加工品を除いております．ただ，加工品と水産加工品を合わせた水産物全体では 34.3%と，この加工食品を抜くぐらいの量が輸出されているということがおわかり頂けます(図-4.2.5)．

どのような相手国なのかということですが，一番は香港です．その次にアセアン諸国となっております．アジアで

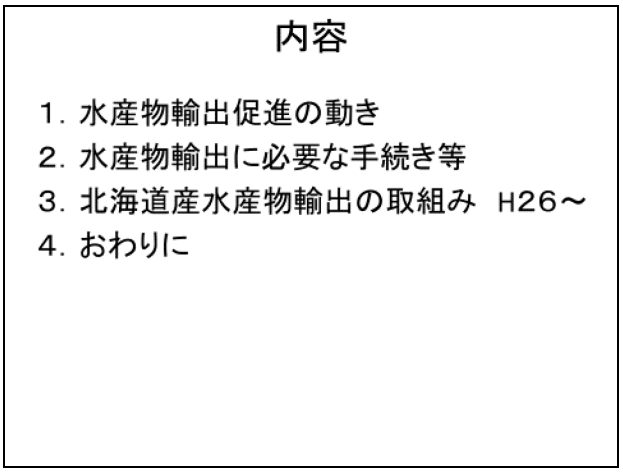


図-4.2.1

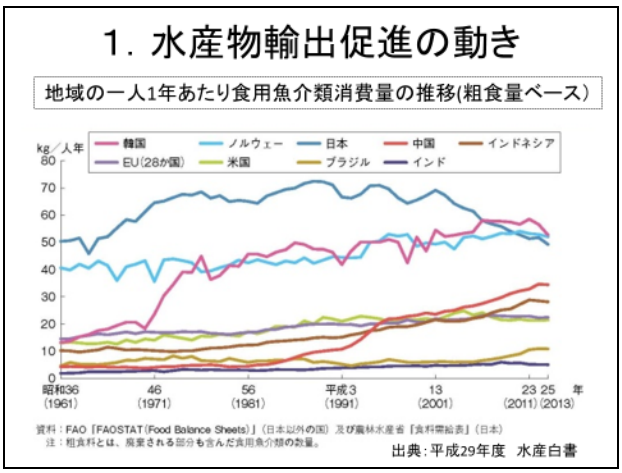


図-4.2.2

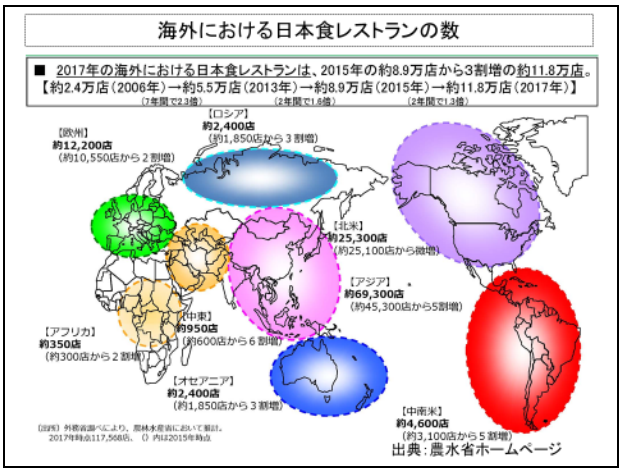


図-4.2.3

は，中国・台湾・韓国・ベトナム・タイ・シンガポールの順になっております(図-4.2.6)．

どのような品目が輸出されているかということですけれども，まず加工品を除いた水産物ではホタテ貝です．これは6割ぐらいが北海道から輸出されております．あとは真珠・サバ・ブリ・カツオ・マグロといった，こういった品目構成で約2,052億円です．加工品を見てみますと一番がナマコです．これは乾燥ナマコで，これも北海道から約5割が輸出されております．あとは練り製品，ホタテの干し貝柱・他の貝柱などが輸出品目として挙げられております(図-4.2.7)．

それではどのような国にいっているかということなのですが，北海道と関連する品目についてだけ見ていきます．ホタテ貝に関しては全体で463億円の内，半分が中国，そのあと世界一のホタテの消費国ということなのですが米国が次いでおります．その次に香港です．サケ・マスになりますと，中国が約半分，その次にベトナムです．スケソウダラは有名な例ですけれども，韓国のチゲ鍋の材料にするのに鮮魚で輸出されているということです(図-4.2.8)．乾燥ナマコはほとんどが香港に輸出され，ホタテの貝柱も香港が 7 割ぐらいを占めているということがおわかり頂けるかと思います(図-4.2.9)．

このような中で北海道開発局も輸出に関する目標を定めて取り組んでおります．それがこの北海道総合開発計画の中で示されております(図-4.2.10)．これは平成28年に

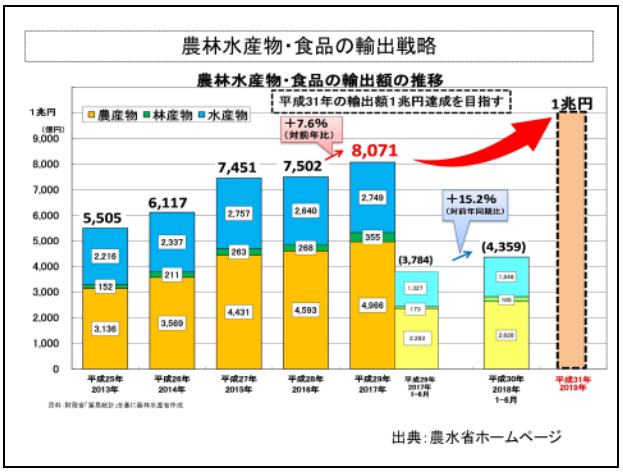


図-4.2.4

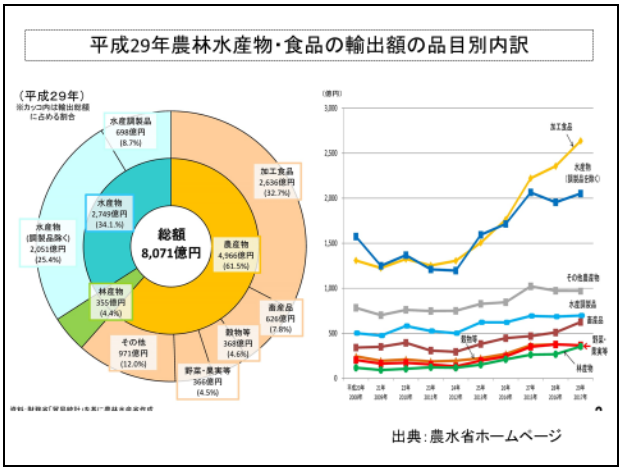


図-4.2.5

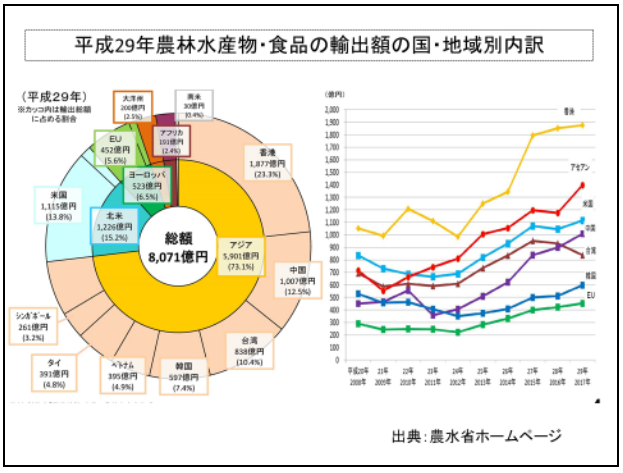


図-4.2.6

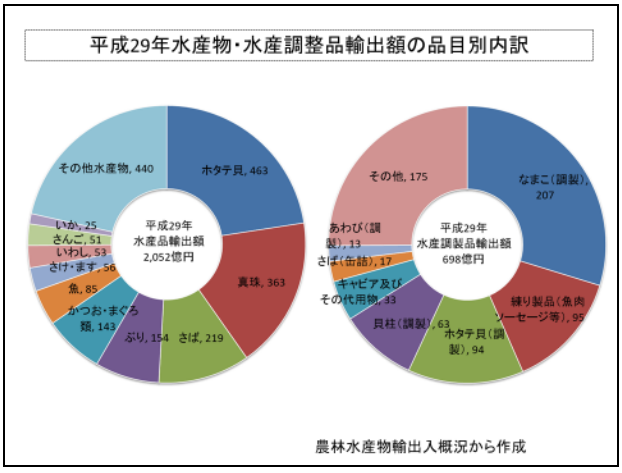


図-4.2.7

平成29年水産品輸出額の品目別国・地域(上位3か国)

品目名	金額(億円)	1位	金額	2位	金額	3位	金額
ホタテ貝	463	中国	238	米国	58	香港	39
真珠	363	香港	292	米国	26	マカオ	13
さば	219	ナイジェリア	55	エジプト	44	ガーナ	29
ぶり	154	米国	128	香港	4	中国	4
かつお・まぐろ類	143	タイ	66	ベトナム	21	香港	11
魚(生きている)	85	韓国	37	香港	11	中国	6
さけ・ます	56	中国	24	ベトナム	16	タイ	13
いわし	53	タイ	18	マレーシア	6	フィリピン	5
さんご	51	台湾	36	香港	16	米国	0
いか	25	ベトナム	12	米国	4	タイ	3
すけそうだら	19	韓国	12	中国	4	ロシア	1
ほや	11	韓国	11	ー	-	ー	-
さんま(冷凍)	10	ロシア	6	タイ	2	中国	1

農林水産物輸出入概況から作成

図-4.2.8

策定されたのですけれども，これからの北海道は，食と観光が戦略的な産業であるということを位置付けて，重点的に取り組む事項の内のひとつに「食糧供給基地としての持続的発展」ということを示しております．私もこの北海道総合開発計画を策定する時の計画推進部会というところに入っておりまして，3 年ぐらいこの計画を作るのにいろいろやらせて頂きました．食料供給基地としての持続的発展の現状と課題のひとつに，新たな需要開拓のための輸出促進，目標として平成 37 年に道産食品の輸出額 1,500 億円という目標を定めております．これに対する主な施策としては，高度衛生管理，ニーズに対応した生産，輸出促進に向けた取り組み等が道内の各地域で展開されているということになります(図-4. 2. 11)．

今度は北海道ですが，北海道も食の輸出拡大戦略というものを平成 28 年 2 月に策定しております．水産物・水産加工品，農畜産物・畜産加工品，その他の加工品，このように 3 つに分けて，それぞれ目標額を定めて基本的な展開する方法，主要重点的な品目，相手の国など目標を定めて取り組んでいるところでございます(図-4. 2. 12)．

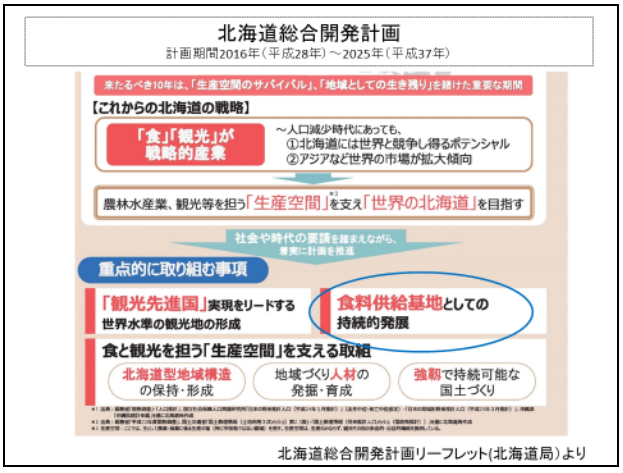
平成 30 年，道内港からの輸出額 1,000 億円という目標を掲げておりましたが，今年の 2 月くらいだったと思いますけれども，高橋知事が道内港と道外からの輸出も含めて北海道産品の輸出額を 1,500 億円にするという目標をお話しになりました．先程のお話とも重複するのですけれども，北海道の水産物・水産調製品の輸出状況はと言います

平成29年水産調整品輸出額の品目別国・地域（上位3か国）

品目名	金額（億円）	1位	金額	2位	金額	3位	金額
なまこ（調製）	207	香港	203	中国	2	ベトナム	1
練り製品（魚肉ソーセージ等）	95	香港	32	米国	32	中国	8
ホタテ貝（調製）	94	香港	69	シンガポール	8	台湾	6
貝柱（調製）	63	香港	44	台湾	11	米国	3
キャビア及びその代用物	33	香港	7	台湾	7	タイ	4
さば（缶詰）	17	サウジ	9	スリランカ	2	カンボジア	1
あわび（調製）	13	香港	13	中国	0	台湾	0
かつお・まぐろ類（缶詰）	5	アラブ首長国連邦	2	サウジ	2	ヨルダン川西岸及びガザ	1
かき（缶詰）	4	香港	4	台湾	0	ー	ー
かたくちいわし（調製）	2	香港	1	タイ	1	台湾	0
いわし（缶詰）	0	香港	0	フィリピン	0	米国	0

農林水産物輸出入概況から作成

図-4. 2. 9



北海道総合開発計画リーフレット(北海道局)より

図-4. 2. 10

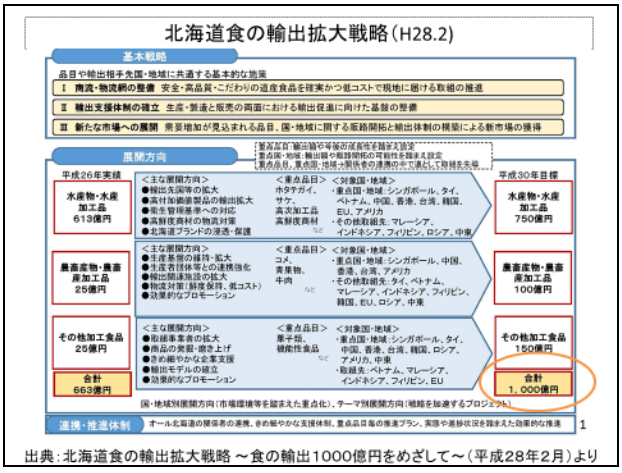


図-4. 2. 12

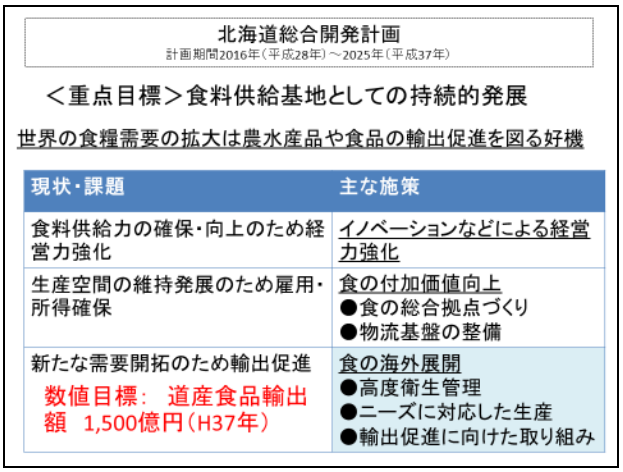


図-4. 2. 11

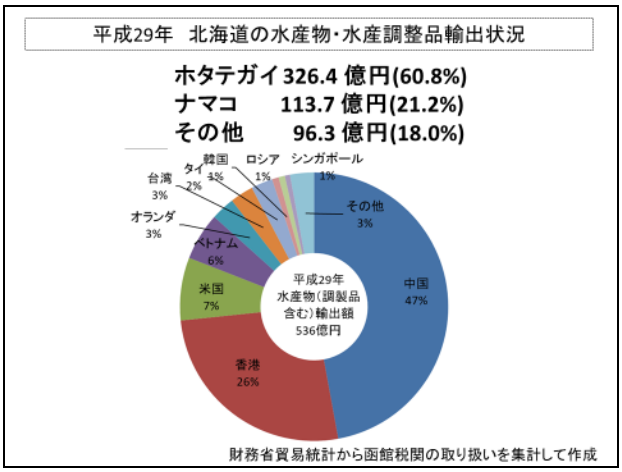


図-4. 2. 13

と，47%が中国で，香港が 26%です．この 2 カ国でもう 70%以上を占めておりまして，それに米国が加わると 8 割になっております．そのような状況です．品目も，これは加工品も含めてですが，ホタテ貝が約 6 割，ナマコが 2 割ちょっとで，この 2 品目で 80%以上といった，そのような北海道の輸出の状況になっております(図-4.2.13)．

目的として輸出だけではないのですけれども，漁港の分野では平成 19 年ぐらいから衛生管理対応型漁港整備ということで，各地に屋根付き岸壁を整備しております．北海道内では平成 28 年で屋根の付いた岸壁が整備された漁港が 30 港あるということが，北海道局さんの資料にも書いてありました．港湾でも昨年度から農水産物輸出促進基盤整備事業によりまして，輸出に対応した衛生管理型の屋根付き岸壁を整備するということで，紋別港・根室港・増毛港・江差港・苫小牧港の 5 港で屋根付き岸壁の整備が進められております．今年の 5 月に日本で最初に苫小牧港の漁港区に屋根付き岸壁が整備されましたけれども，それはそういった流れがあってのことになっております．これは皆さんの方がよく現場をご存知なので私が敢えて説明するものでもないのですが，これは古平漁港の屋根付きの岸壁とその背後の荷捌き場です．ここで，刺し網で獲った漁獲物を網から外して，それを荷捌き場に運んで競りを行うと．ウトロの方は人工地盤になっておりまして，ここでサケの水揚げをして，それをいろいろな種類ごとに選別する作業を屋根の下で行っております．この下の 2 枚が苫小牧港の 5 月に完成式のあった屋根付き岸壁でございます．これは 1 期工事で，この後あと 2 年掛けて残りの 2 期・3 期をやっていくことになっております(図-4.2.14)．

次に輸出に必要な手続きついてお話ししたいと思います．これは基盤整備とも結構関わるところなので，私ももう少し調べたいと思っているところでございます．これは水産庁のホームページから借りたものなのですけれども，輸出する各国ごとに，その輸出に必要な原発事故関係に関する規制とその証明書を発行する手続きについて，そしてもうひとつは衛生関係に関わる規制と，それに関する手続きについて，それらを国ごとに示しているものです(図-4.2.15)．

それぞれについて全部説明はしませんけれども，見て頂きたいのはここです．例えば衛生関係の加工・保管施設に関する登録における対応です．中国・韓国・ベトナム・インドネシア・EU・ロシア・ウクライナ・米国・ブラジル，この辺は輸出する時に加工施設や保管施設に施設登録をするということになっております．一方，そういったものが必要ではない国が，台湾・香港・シンガポール・マレーシアなど，こういうところは非常に輸出しやすい国になっております(図-4.2.16，図-4.2.17，図-4.2.18)．

また EU に関してはさらに厳しくて，これは養殖場・漁船・市場，そこから加工流通に至るまで EU の求める衛生基準を満たすということが求められておりまして，水産加工施設・加工船・倉庫に関しては，EU-HACCP，これは衛生管理の EU の基準ですが，それに基づく衛生管理がされて

図-4.2.14

図-4.2.15

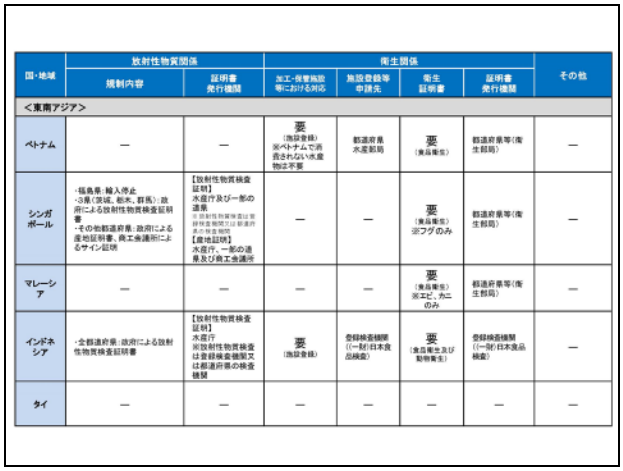


図-4.2.16

いる施設でないと施設登録ができないということになっております．養殖場・漁船・市場は登録制になっています．あともうひとつ，EU に二枚貝を輸出する場合には，生産する海域が EU 向けの輸出に関する生産海域として指定されて，様々な貝毒等に対するモニタリングを行っているということが必要になってきます(図-4.2.19)．図で示しますとこういうことです．漁船と養殖場は登録が必要ですし，そこで市場を介して加工場なりに流通するものは市場にも登録が必要だと．加工する施設や保管する倉庫に対しては EU-HACCP に基づく衛生管理を行っている施設としての認定が必要だということになります(図-4.2.20)．

ホタテ貝の生産海域なのですが，北海道は 6 海域あります．5 つはオホーツクです．稚内から知床半島のところまで，この範囲が EU に輸出できるホタテ貝の生産海域として指定されておりまして，残るひとつは噴火湾になります．あと日本の中では陸奥湾のホタテの海域だけとなっております(図-4.2.21)．

それにすごく関連するのですが，EU に輸出ができる水産加工施設・倉庫が日本全体の中で北海道はこれだけあります．見て頂くとわかるのですが，網走・湧別・紋別・稚内・猿払・枝幸，ほとんどオホーツクの生産海域のところにございます．ホタテやサケなどが輸出する品目として登録されています(図-4.2.22)．

EU よりは厳しくないのですが，同じように水産加工品を最終加工する施設の登録で HACCP に基づく衛生管理が

国・地域	放射性物質関係		衛生関係				その他
	規制内容	証明書発行機関	加工・保管施設等における対応	施設登録等申請先	衛生証明書	証明書発行機関	
<欧州>							
EU	・7県(岩手、宮城、福島、茨城、栃木、群馬、千葉)：政府による放射性物質検査証明書(甲殻類、軟体動物、一部の魚種、海藻及び活魚を除く) ・その他道都県：政府による産地証明書(甲殻類、軟体動物、一部の魚種、海藻及び活魚を除く) ※一部の魚種：ブリ・ヒラマサ、カンパチ、マダイ、シマアジ、クロマグロ、マサバ	【放射性物質検査証明及び産地証明】 水産庁及び一部の県 ※放射性物質検査は登録検査機関又は都道府県の検査機関	要 (HACCPに基づく衛生管理) (対EU-HACCP認定取得・施設登録)	都道府県等(衛生部局)、水産庁	要 (食品衛生及び動物衛生)	【厚生労働省で施設認定を受けた場合】 都道府県等(衛生部局) 【水産庁で施設認定を受けた場合】 水産庁	・漁獲証明書又は加工証明書が必要。(水産庁) ※養殖水産物等一部の品目は除く。 ・加工施設に至る段階(漁船、養殖場、市場等)の登録も必要。
ロシア	・福島県：放射性物質検査等の証明書の添付 ・その他都道府県：ロシアにてサンプル検査	－	要 (施設登録)	登録検査機関 ((一財)日本食品検査)	要 (食品衛生及び動物衛生)	登録検査機関 ((一財)日本食品検査)	－
ウクライナ	－	－	要 (施設登録)	登録検査機関 ((一財)日本食品検査)	要 (食品衛生及び動物衛生)	登録検査機関 ((一財)日本食品検査)	－
<北米・中南米>							
米国	・我が国において出荷制限対象となっている一部の品目：輸入停止	－	要 (HACCPに基づく衛生管理) (施設登録)	都道府県等 (衛生部局、(一社)大日本水産会 等	－	－	エビ製品の場合には、原産地証明書が必要。
ブラジル	・福島県：政府による放射性物質検査証明書	【放射性物質検査証明】 水産庁 ※放射性物質検査は登録検査機関又は都道府県の検査機関	要 (HACCPに基づく衛生管理) (施設登録)	登録検査機関 ((一財)日本食品検査)	要 (食品衛生及び動物衛生 二種類の証明書が必要)	【食品衛生証明】 登録検査機関 ((一財)日本食品検査) 【動物衛生証明】 水産庁	ラベル登録が必要。

図-4.2.17

国・地域	放射性物質関係		衛生関係				その他
	規制内容	証明書発行機関	加工・保管施設等における対応	施設登録等申請先	衛生証明書	証明書発行機関	
<大洋州>							
豪州	－	－	－	－	要 (動物衛生)	登録検査機関 ((一財)日本食品検査)	食品・飼料いずれも要証明書
ニュージーランド	－	－	要 (HACCPに基づく衛生管理) (対EU-HACCP認定取得) ※二枚貝のみ	都道府県等 (衛生部局) (EU向け登録の手続き)	要 (食品衛生及び動物衛生) ※二枚貝のみ	都道府県等(衛生部局)	－
<アフリカ>							
エジプト	・7県(岩手、宮城、福島、茨城、栃木、群馬、千葉)：政府による放射性物質検査証明書 ・その他道府県：政府による産地証明書	【放射性物質検査証明及び産地証明】 水産庁 ※放射性物質検査は登録検査機関又は都道府県の検査機関	－	－	－	－	－
ナイジェリア	－	－	要 (施設登録)	登録検査機関 ((一財)日本食品検査)	要 (食品衛生)	登録検査機関 ((一財)日本食品検査)	－

図-4.2.18

対EU輸出

○EU域内に輸出される水産食品については、生産(養殖場・漁船・市場)から加工流通に至るまで、EUの求める衛生基準を満たすことが求められる。

・水産加工施設・加工船・倉庫はHACCPに基づく衛生管理(対EU・HACCP認定取得・施設登録)

・養殖場・漁船・市場は登録

※EUへの水産物の輸出にあたっては、水産加工施設におけるHACCPによる衛生管理のみならず、生産から流通までのフードチェーン全体での管理が求められている。現在、地方卸売市場八戸市第三魚市場A棟のみ。

○二枚貝等(ホタテ・カキ)をEUに輸出する場合には、原料となる二枚貝等の生産を行う海域がEU向け輸出に関する生産海域として指定され、貝毒等に関するモニタリングを行っている(都道府県)必要がある

図-4.2.19

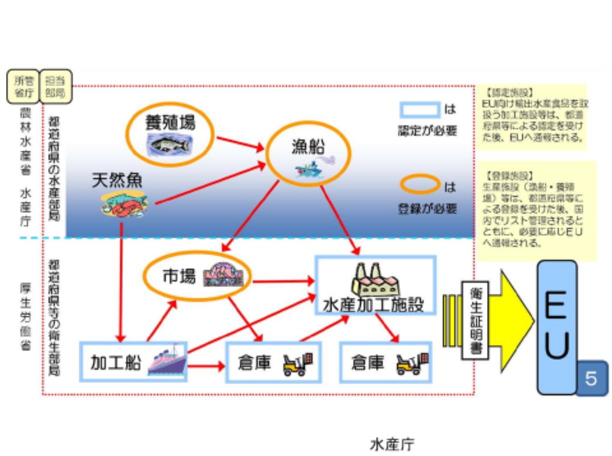


図-4.2.20

図-4.2.21

行われている施設として求められているのが，対米輸出と対ブラジル輸出になります．これも米国向けの登録施設は全国 72 施設の内，北海道には 39 あるのですが，やはりホタテとサケが多いので，オホーツク海の網走・紋別・佐呂間・雄武・道東の釧路・根室，それから増毛町などに施設があります．ブラジル向けは少ないのですが北海道に 9 施設となっております．対ロシア，対中国輸出でも水産加工施設の登録が必要となっているのですが，ロシアに関しては，現在，規制が変わったということで，新たな水産加工場の認定を停止している状態だそうです．ただ厚労省とかは再開に向けて，今，いろいろ協議している段階だということでした(図-4. 2. 23)．

これに関連してですが，まず左側を見て頂くと，業界紙の水産経済新聞から借りてきた記事ですが，資料には載っていません．ベトナムも施設の登録が必要なのですが，しばらく前から申請しても受理されないでずっと止っていたと．どうもベトナムの方の運用が変わって，登録申請が受け付けられないというか通らなくなっていたということで，これで非常に煽りを受けたのが，築地から豊洲に移

対EU輸出　水産加工施設・倉庫など認定施設(北海道分)

自治体	施　設　名	ホタテ	サケ	その他	冷凍冷蔵業・保管倉庫
函館市	北海道ファインケミカル株式会社			魚油	
喜茂別町	横浜冷凍株式会社 喜茂別物流センター				○
長万部町	株式会社マタツ水産	○			
網走市	株式会社マルキチ	○			
網走市	株式会社マルキチ第四工場				○
網走市	株式会社マルキチ第二工場	○	○		
網走市	株式会社マルキチ第三工場	○	○		
網走市	株式会社マルキチ 原料保管庫				○
網走市	上印　同和食品株式会社	○			
網走市	上印 宮川漁業株式会社 第1工場		○	マス	○
網走市	株式会社カネコメ田中水産	○			
網走市	上印 同和食品株式会社 第2工場		○	マス	
湧別町	輝寺本商店食品工場	○			
紋別市	株式会社モリタン紋別支店 帆立工場	○			
紋別市	マルカイチ水産株式会社 ホタテ加工施設	○			
紋別市	マルカイチ水産株式会社 第7工場				○
雄内市	雄内東部株式会社	○			
遠払村	錦冷凍食品株式会社 ほたて工場	○			
枝幸町	枝幸漁業協同組合水産物処理加工施設	○			
枝幸町	株式会社丸高高田商店	○			

H30.5時点　水産庁HPより

図-4. 2. 22

○対米輸出・対ブラジル輸出では水産食品を最終加工施設登録が必要(HACCPに基づく衛生管理が行われている施設)

・米国向け登録施設：**北海道39施設**(全国72施設)平成30年5月
網走市6施設、紋別市5施設、佐呂間町3施設、北斗市3施設、釧路市3施設、根室市2施設、雄武町2施設、増毛町2施設など。
輸出品目はイカ加工品、サケ・イクラ、冷凍ホタテ、タラバガニ、カズノコ、塩たらこなど多い
・ブラジル向け登録施設：　北海道9施設(全国77施設)
網走5、紋別1、羅臼、函館、札幌各1

○対ロシア輸出・対中国輸出でも水産加工施設登録が必要。　ただし新たな水産加工場認定を停止している

図-4. 2. 23

転をする加工場でベトナム輸出をしているところです．10 数軒あるそうですが，新しく豊洲に移転すると新しく加工場を造るということになるので，新規に登録をしなければいけない．でも開場が 11 月 17 日に迫っているということで，それに間に合うか間に合わないかということで，この人達には大変な問題になっているということです．

もうひとつ，またちょっと違う話ですけれども，これは中国での干し貝柱の偽造事件です．つい先日，8 月 20 日の新聞に出ていたものですが，北海道から輸出しているボイルホタテを使って，中国国内で干し貝柱を作り，中国の国内で作ったイタヤ貝の貝柱と合わせて非常に粗悪な干し貝柱を北海道産と偽って，香港や台湾に輸出したということです．輸出するというのは良い面もあるのかもしれないけれども，こういうリスクもいろいろあるのだという事例です．

ここまでが前段のお話で，ここから少し話の内容が変わります．こういった国を挙げて，北海道でもいろいろなところで輸出に取り組む中で，そうなる以前から，平成 26 年からなのですが，私と苫小牧など胆振の沿岸の漁協の方と，苫小牧高専の松尾先生と一緒に水産物の産地からの輸出に対する取り組みができないかということで，輸出試験を行ったということを少しご紹介したいと思います．

1 つ目は HOP1 サービスを使った香港向けの水産物輸出試験で，ホタテとホッキ貝を試験的に輸出しました．2 つ目は，平成 27 年～平成 28 年の 2 年間で活魚の輸出試験，これは苫小牧漁協さんと一緒にやらせて頂いたものです(図-4. 2. 24)．

香港を対象としたのはなぜなのかということですが，先程の手続きの表の中にもあったとおり，香港というのは水産品・水産加工品の規制がほとんどなくて，輸出に際して加工場の登録も必要なければ何もないし，関税も掛からないというところがあって，試験がしやすいところだったと

3．北海道産水産物輸出の取組み　H26~

- HOPを使った香港向け水産物輸出実験(H26)
  ホタテ(蘭扇)、ホッキ貝(苫小牧)
- 活魚輸出試験の実施(H27～28)
  (苫小牧港漁港区将来ビジョン21において)

図-4. 2. 24

いうことがあります．それはそれで手続きの問題なのですが，まず日本からの農水産品の最大の輸出国でありまして，また日本産とか北海道産を非常に高く評価してくれているところで，北海道が大好きだという人達がたくさんいる地域なのですね．香港からの観光客が非常にたくさん来て頂いているということからもわかると思うのですが，そのように北海道産に対して憧れだとか好意的な印象を持っていてくれているところを対象にして試験を行いました(図-4.2.25，図-4.2.26)．

まず輸出するには相手先の食文化とか食習慣とかを知らないと輸出しても食べてもらえないとか買って頂けないということになります．どういうものが香港の食文化としてあるのかなというと，まず美味しいだけではなくて，からだに良いものを食べるという医食同源が基本となっています．冒頭でもご紹介したように，日本食のレストランも多いのですけれども，イタリアンとか様々な外食産業が大衆向けから高級なものまでがあって，食に対する評価は非常に厳しいけれども，反面いろいろな需要なり，売り先として非常に魅力のあるところではないかなということです(図-4.2.27)．日本の食文化も結構浸透しておりまして，例えばスーパーだとお寿司のコーナーに日本でよく見かけるものと同じようなパックに入ったお寿司があります．冷凍コーナーに行きますと，カキの冷凍したものとか，ホタテの貝柱の冷凍品，これは厚岸のカキですが，殻付きカキがあったりします．こういうところなので試験をするのにちょうど良いかなと思いました(図-4.2.28)．

利用したサービスは，私の後にお話しされる鳥取さんがやられていた HOP1 サービスというものがあったので，これを使って試験をしてみようということで行いました．HOP1 サービスというのは簡単に言いますと，小口の荷物を 1 個から輸出ができて，宅急便のように配達先にそのまま届けてくれるというサービスです．金額もわりと安くできるということもあって，試験的に送って，その送った先から，北海道から送ったものの評価とかニーズとかを調査するにはちょうど良いサービスだったので，これを活用して行いました(図-4.2.29)．

送った先は香港の寿司屋 2 店で，「すし廣」は中級クラス，「銀座おのでら」は超高級で客単価も非常に高いレス

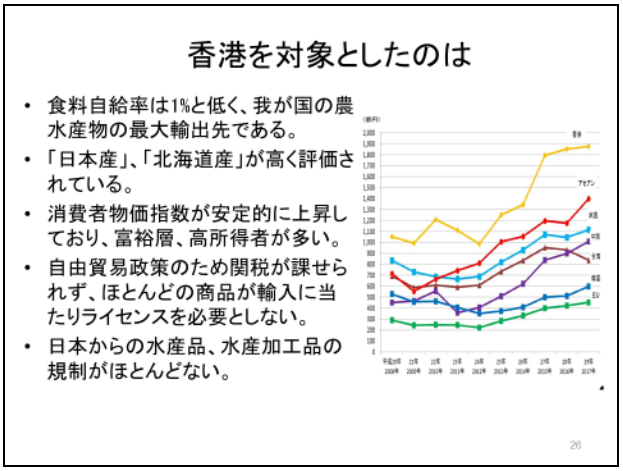


図-4.2.25

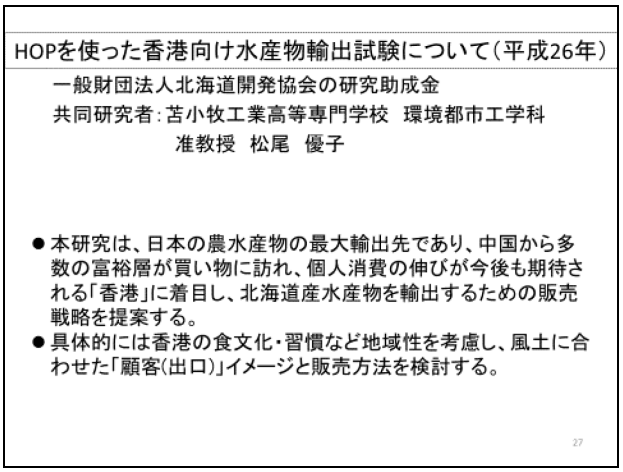


図-4.2.26

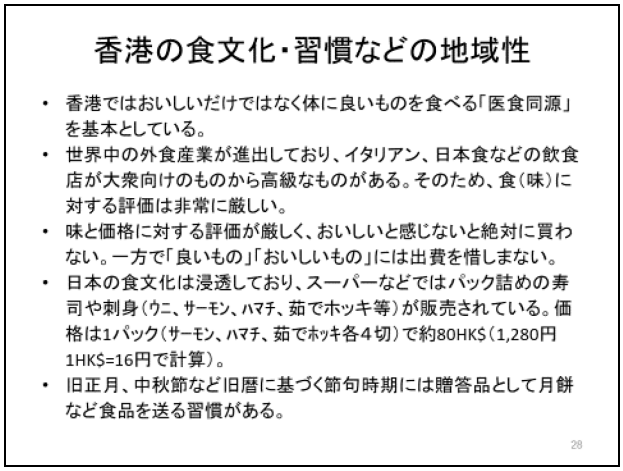


図-4.2.27

図-4.2.28

トランです．そこに冬にホタテとホッキをそれぞれ 5kg の箱で送っております．このように梱包して普通の宅急便を送るのと同じような感じで輸出をしました(図-4.2.30，図-4.2.31，図-4.2.32)．

輸出の前に現地で多少ヒアリングを致しまして，どのような品物を仕入れているのかと．これを見ておわかり頂けるように，私達が普通に北海道で見かけるものはほとんど北海道から香港に仕入れているということもわかりました．ただ発注方法は，香港の商社が運用している発注システムがありまして，前日の夜に注文すると翌日配達してくれるという非常に便利なものです．香港内に水槽とか冷蔵庫を持っていて，極端に言えばホタテ１枚からでも配達してくれるという，そういうものが確立されているということでした．また送った２店舗は日本にも店舗をもちろん持っておりまして，その日本の店舗が独自で仕入れるルートを使って自社便で輸出をするということもやっているようでした．香港人の好みを聞いてみると，お刺身が好き，貝が好き，北海道が好き，産地をとても気にしているし，ウンチクも大好きだと．要は，これはこの時期にしか食べられないとか，これはここの海域で獲ってこういう理由だから実は脂がのって美味しいのだとか，そういうことが非常に好きな人達だということで，鮭児を食べにわざわざ香港から日本に来るということもするような国民性があるということです(図-4.2.33)．

蘭扇(ホタテ)とホッキ貝に対する評価・コメントという

図-4.2.29

図-4.2.30

図-4.2.31

図-4.2.32

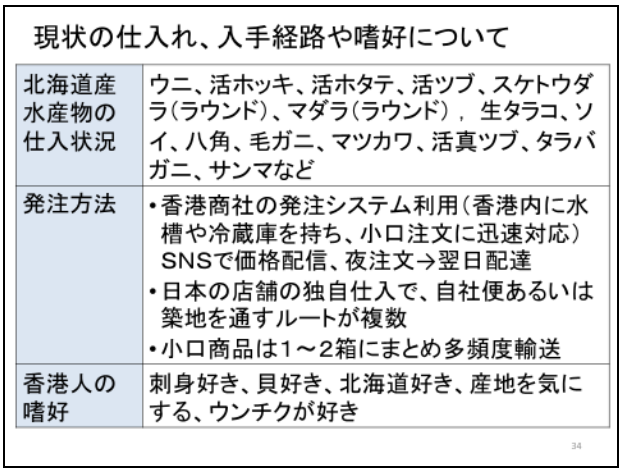


図-4.2.33

ことで簡単に説明しますと，まず「鮮度も梱包も非常に良い」ということで非常に高い評価を受けたのですけれども，1 回に送る量が 5kg だったのですが，「多すぎる，せいぜい半分ぐらいしか 1 回に買いません」，というのは「鮮度を保つために少量を多頻度で買っています」というお話でした．あとホッキ貝に関しては，現在築地経由で仕入れしていて，築地のものよりは鮮度が良いですが，貝なのでどうしても輸送途中で砂を出したりすることがあるので，そういうものは鮮度落ちに繋がるので，梱包などの時には気を付けた方が良いというお話もありました(図-4.2.34)．

それで，香港の 2 軒の飲食店が仕入れているホタテとホッキの値段と HOP1 サービスで送った時の売値との比較をしてみたのですが，やはり仕入れている値段は高級店といえども人件費も掛かれば家賃も掛かるので，そんなに原料を高く仕入れているわけではないのですね．やはり仕入れにホタテ 1 枚 700 円，ホッキ貝が 1 個 900 円ということですが，5kg で送った場合には現状の仕入れ値とは競争にならないかなと．15kg でやっと競争できるのですけれども，そうすると今度は送る量が多すぎて，なかなか具体的な輸出ということにはなりにくいということがこの試験から得られたことです(図-4.2.35，図-4.2.36)．

それでどうするかと考えたのですけれども，HOP1 サービスは大変良いものだったのですけれども，実態になかなか合わないところがありまして，それでは築地の商社と連携してやってみようということになりました．要するに国内の輸送をやって，そこから先は商社に頼むということです．既存でできているルートに乗っかって輸出をしてみると．活のものが人気だということで，活ものの輸出を行おうと．また嗜好に合うものを低コストで輸送できるようにやってみようということで，胆振噴火湾地区でブランド化に取り組んでいる，活のマツカワガレイの輸出試験の実施を行いました．これは HOP1 サービスの時と違っていまして，将来的には実際に漁業組合から輸出に繋げると．販路のひとつとして海外へも水産物を売りたいということがありますので，具体的に輸出に繋がるようなことをやりたいということで試験を行いました(図-4.2.37)．

ここから少し一緒に取り組んだ苫小牧のお話をしたいと思います．漁港では北海道マリンビジョン 21 といって，

蘭扇とホッキ貝に対する評価・コメント

共通評価やコメント	•鮮度も梱包も非常に良い •香港の客は活のものを好む •1回に購入する量は2kg(実験で送った半分) •常に鮮度を保つため、少量を週3回の頻度で購入したい
蘭扇へコメント	•現在、北海道産ホタテを週2回直送している。1枚450円程度なら週3回購入したい
ホッキ貝へのコメント	•現在、活ホッキを築地経由で仕入れしている •試験で送られてきたのは築地より鮮度がよい •輸送中に貝が吐き出す水で鮮度落ちへの影響有、吸水シートの使用など水処理が必要

35

図-4.2.34

仕入れ値(香港)とHOP1で輸送時の売値との比較

	仕入れ値単価	5kg輸送時の売値		15kg輸送時の売値	
		単価	個数	単価	個数
ホタテ	約700円	約840円	12個	約560円	36個
ホッキ貝	約900円	約850円	12個	約600円	36個

店側のニーズは，1回の注文数を少なくして注文頻度を多くしたい。ホタテに関しては、3回／週，2kg(6～7枚)

図-4.2.35

この実験から明らかになった課題など

販売量や価格など	•寿司店など店舗に販売する場合は小口(2kg)かつ輸送コストを抑えて単価を下げる •店のニーズに沿うには，店独自の日本のルートに便乗する(国内輸送費が安いので)、あるいは既存の商社と連携が考えられる
輸送面	•検疫でのサンプリング(抜き取り)対応(衛生上、鮮度上、採算性で問題あり) •船舶なら大量輸送、コスト低減が可能だが，香港に水槽や冷蔵庫を備えた配送センターが必要
ブランド化	•付加価値を高め(英語や広東語リーフレット、日本でのブランド化)れば、高くても購入 •活ものの需要高(高く売れる)

37

図-4.2.36

HOP1での輸出試験を踏まえ以下を考慮して再試験

- 築地の商社との連携
- 活ものの輸出
- 嗜好に会うものを低コストで輸出

胆振噴火湾地区でブランド化に取り組む
活マツカワガレイの輸出試験の実施
(苫小牧港漁港区将来ビジョン21において)

38

図-4.2.37

平成 17 年から水産を核とした地域振興に，地域のいろいろな主体の人達が集まって様々な取り組みをするということで，計画を作って実際に取り組みが進んでいるのですが，港湾ではなかなかそういった事例がありません．ただ苫小牧も工業港のイメージが強いのですけれども，そこで漁業をやっている人達がいて，水産物もホッキの生産が日本一ですし，他にも毛ガニですとかマツカワガレイですとか，様々なものが獲れる魚種の豊富なところです．ですから是非，水産を核とした魅力ある地域づくりをしたいということで，漁協の方と漁業者と私達と一緒に取り組んだのが漁協区将来ビジョン 21 の取り組みです．平成 28 年 3 月に策定されたのですが，水産・防災・観光という 3 つの柱がありまして，特に水産に関しては苫小牧港の立地，あと物流に関しては様々な国内・海外の航路を持っていて，空港にも近いし高速道路網にもアクセスが良い．そういうすごい好立地・好条件を活かして，苫小牧港を利用した生産・流通体制の強化と消費の拡大ということを目標に掲げてやってみようということです．その中でも特に就労環境の改善や衛生管理，流通拡大と魚価の安定向上に取り組むということで，具体的な目標を設定して取り組みを行いました(図-4. 2. 38)．

苫小牧港はホッキ貝の生産が日本一と申しましたけれども，ホッキ貝の桁引き網漁業に着業する人が組合員の内の 8 割．マツカワガレイの主要な漁業種類の刺し網漁業に従事する人が 9 割で，ホッキとマツカワガレイをいかにブランド化して販路拡大と浜値向上を目指すかというところが，実は組合員の強い要望ということがありました．そして，儲かる漁業になるための販売先のひとつとして輸出に取り組み，さらに輸出や今の水産物の流通の大きな流れである衛生的な生産環境ですね．こういうものを実現するため，そして就労環境の改善をして後継者・就業者の確保をするということで，屋根付き岸壁の整備も要請していくということになったわけです(図-4. 2. 39)．

ホッキ貝・マツカワガレイの販路拡大の取り組みについてお話ししたいのですけれども，国内輸送に加えて輸出も想定して活魚の長時間輸送を実現しなければいけません．平成 25 年以前は 15 時間生かしておくのが，活のマツカワガレイは限界だったのですね．それで輸出をするにも，あるいはコストを下げて販路を拡大するためにも，いかに長く生かした状態で輸送するかということが，苫小牧漁港の大きな課題のひとつだったわけです．それに対しまして寒地港湾技術研究センターの自主研究をやらせて頂いて，「水産物陸上保管施設と高度な船舶輸送に関する研究」ということで，苫小牧漁協さん，室蘭工業大学，苫小牧工業高等専門学校，そして寒地港湾技術研究センターと協力して自主研究を進めていったということになります(図-4. 2. 40)．

主な内容ですが，苫小牧港をモデルにして水産物の出荷調整，出荷や輸送の平準化を図るための水産物の長期保管の可能性を検討するという，いわゆる陸上の蓄養施設の需要と，どれぐらいの規模が将来必要になるかというニーズ

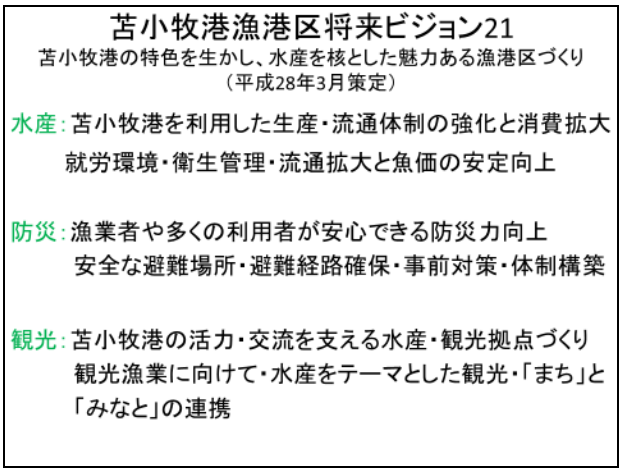


図-4. 2. 38

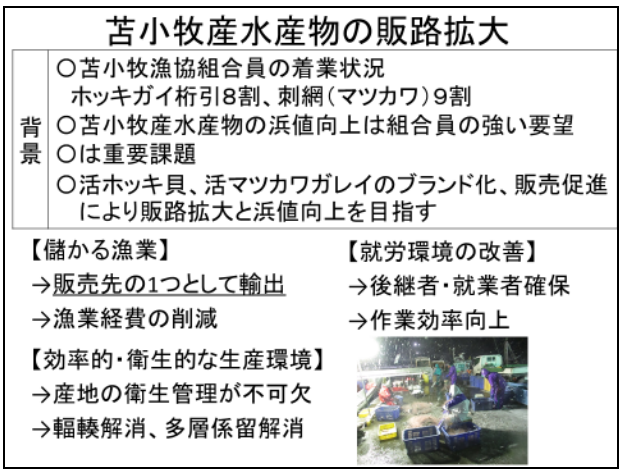


図-4. 2. 39

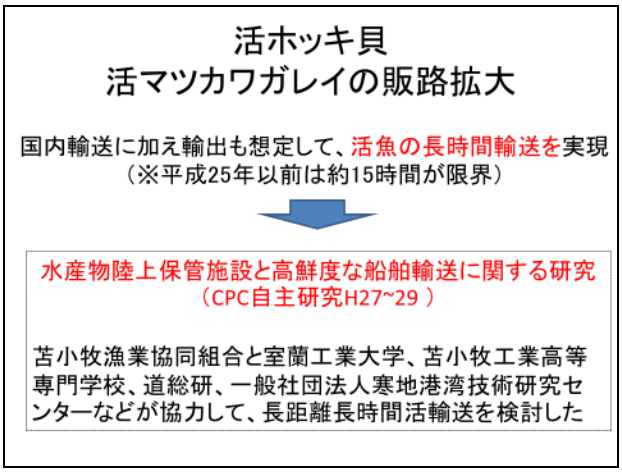


図-4. 2. 40

を調べました．２つ目は活魚輸送の生存期間とか鮮魚の鮮度保持など，輸送機関の制約がいろいろある中で，長期輸送が可能な活力維持や鮮度保持の方法を検討するということを行っております．今日はこの２つ目についてお話をしたいと思います(図-4.2.41)．

マツカワガレイなのですけれども，苫小牧だとわりと食べる機会はあるのですけれども，北海道の他の地域ではなかなか目にすることがないかもしれません．これを見て頂くとわかるのですけれども，一時期，主原料が絶滅するくらいのところまでいった魚でカレイの種類です．種苗放流技術が確立したことによりまして，一気に漁獲量が回復して出荷が行われました．当初，今まで流通していない魚なので，なかなか流通させるのも販売するのもすごく難しかったということで，胆振地域の皆さんはこのマツカワガレイの販路を広げるために非常に努力をされておりました．長距離の輸送をして販路を拡大するためには課題があって，現状では輸送時間が短いところに限定されてしまうのですね．しかも飛行機を使って運ぶのでコストが高くなってしまうと．でもそれにも関わらず輸送中に死亡するリスクも多かったということで，いかに生存率を上げるかということが課題としてありました(図-4.2.42)．

寒地港湾技術研究センターさんの自主研究の中で活魚輸送の試験をやらせて頂いたのですけれども，まず国内の築地に輸送して，水温の条件，温度の条件，酸素の条件，そういったものをこの試験から明らかにしまして，香港に航空機とトラックで輸送を行っております．この実験についての詳しい説明は時間の関係で省きますけれども，ポイントとして，それまでは酸素を入れて海水を入れて発砲スチロールで送っていたのですけれども，それだと 15 時間ぐらいしか生きていなかったということで，固形の酸素剤を使って，それを同封することによって 40 時間まで生かしておくことが可能になったというものです(図-4.2.43)．輸送する時に温度の調節をしなければいけないのですけれども，あまり冷えすぎると魚が死んでしまいますし，逆に暑すぎると魚に負担が掛かってしまうということで，下氷を入れたり入れなかったりという工夫をして，いろいろ条件を変えて試験をしてみました(図-4.2.44，図-4.2.45)．

香港までの輸送ルートですが，12 月 7 日水曜日の昼に

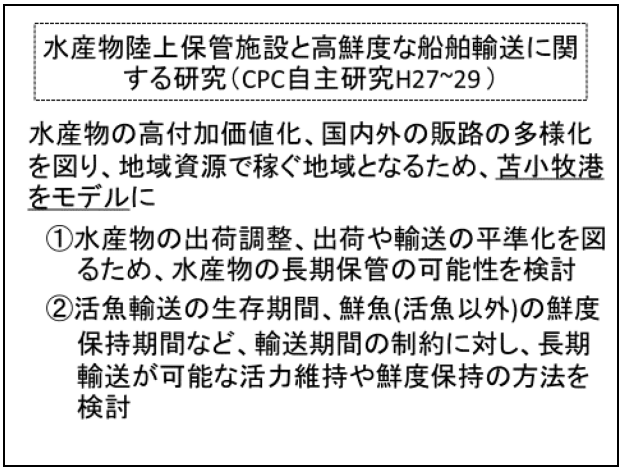


図-4.2.41

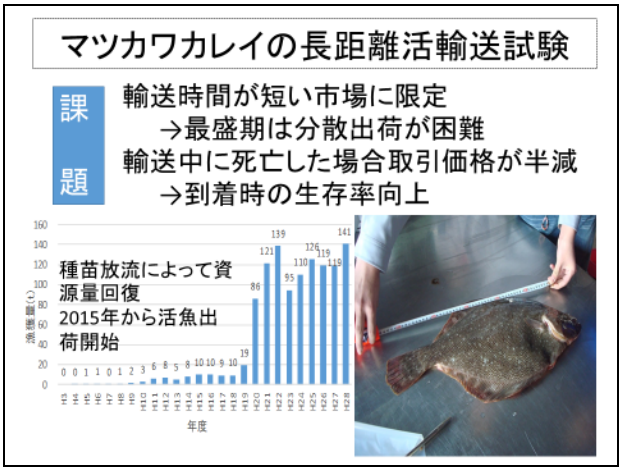


図-4.2.42

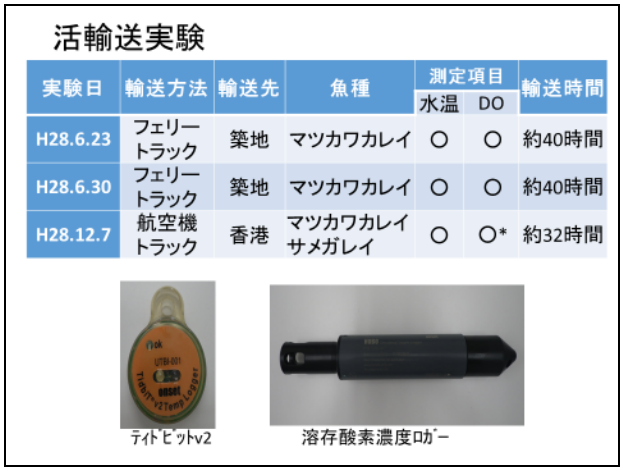


図-4.2.43

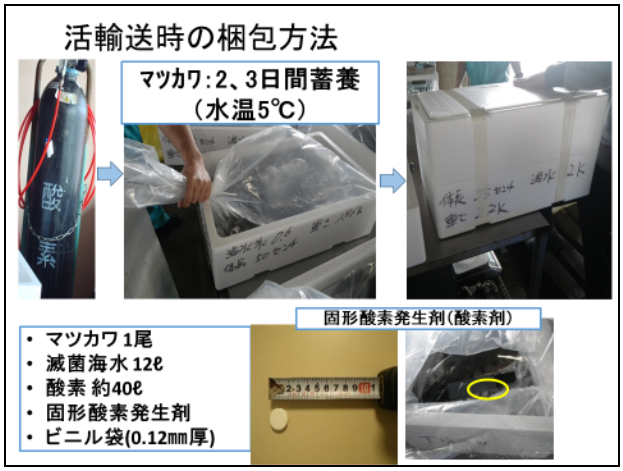


図-4.2.44

苫小牧漁協から出荷して，千歳に行って，羽田に行って，その日の夜に築地に着くと．次の日の朝，羽田から香港に出発して，夕方には香港の店舗に到着するという，ほとんど日本国内の輸送と変わりないぐらいの時間帯で輸送することができます(図-4.2.46)．マツカワガレイとサメガレイを香港に送っているのですが，サメガレイに関しては下氷をしたのが多かったのか，水温が少し下がり過ぎて，到着した時に死亡したということがありました．ただマツカワガレイにつきましては，輸送中の温度も最適な範囲を保たれて，無事に活魚を輸出するということができました(図-4.2.47)．これはこのように輸送中の水温と溶存酸素を調べているものでございます(図-4.2.48，図-4.2.49)．いずれも輸送中の温度管理が大事で，梱包の時の氷の量によって魚体への影響が発生したりするので，そこは注意をしなければいけないということと，溶存酸素量も固形の酸素剤を入れることによって 40 時間まで生かすことができるようになったということが確認できました(図-4.2.50)．

その結果として，まだ具体的に商業ベースの輸出には繋がっていないのですけれども，国内での出荷が非常に増えているという成果が出ております(図-4.2.51)．ここで試験を 2015 年から始めているのですけれども，その前から取り組みをしているので徐々に増えてきています．このように国内の販路も増えていますし，コストも下がっています．それまでは航空便で運んでいたものが，時間を掛けて良くなったわけだからフェリーとトラックで運べるよう

図-4.2.45

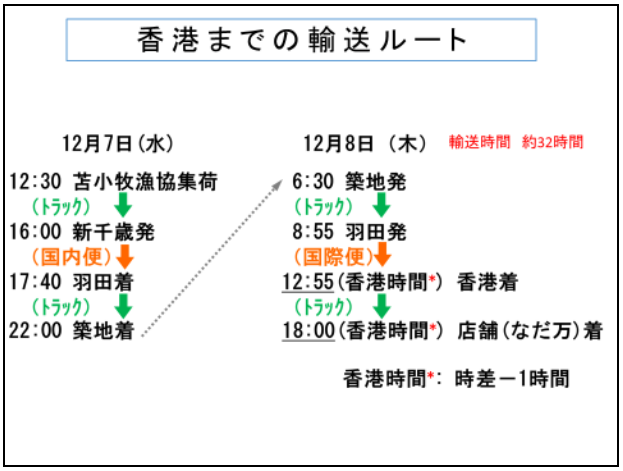


図-4.2.46

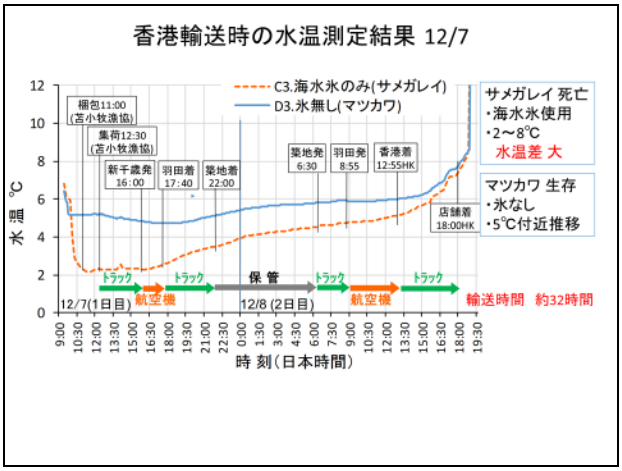


図-4.2.48

香港輸送時の各諸元と水温ピーク

魚 種	マツカワカレイ	サメガレイ
氷条件No.	D3	C3
下氷(kg)	0	0
海水氷の重量(kg)	0	0.4
海水の重量(kg)	10.04	8.06
氷合計(kg)/海水量(kg)	0.0	0.049
活魚の重量(kg)	1.68	1.64
海水/魚の重量(ℓ/kg)	5.976	4.915
固形酸素発生剤	6錠	6錠
水温測定	○	○
溶存酸素濃度測定	○	×
到着時の生存状況	生存	へい死
輸送中の最高水温(℃)	8.47	8.17
輸送中の最低水温(℃)	4.71	2.26

各地域の気温℃

日付		最高	最低
12/7	苫小牧	-1.1	-8.4
12/7	香 港	22	19
12/8	香 港	22	17

図-4.2.47

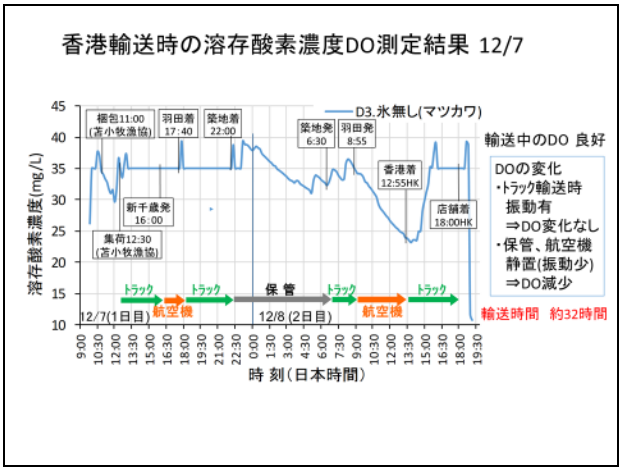


図-4.2.49

になりました．それでコストが約 1/3 になったということです(図-4.2.52)．他にも関西向けや名古屋向けにも活のマツカワガレイの出荷が増えたと．確かに当初，輸出ということで想定した取り組みだったのですけれども，それだけではなく，今まで移出されていなかった，販売されていなかった地域にまで販路を広げることができたと．そういうことで寒地港湾技術研究センターさんと一緒に行った自主研究が非常に成果を上げたという紹介です(図-4.2.53，図-4.2.54)．

おわりに，北海道総合開発計画の中で生産空間というものが挙げられておりまして，確かに輸出とかいろいろな戦略があるのですけれども，生産空間，農林水産業や観光業

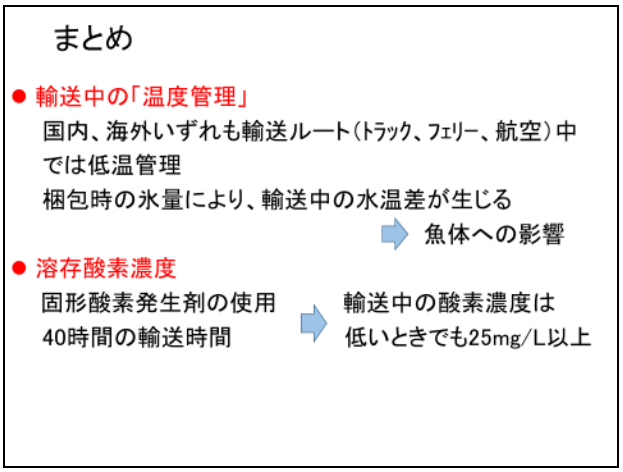


図-4.2.50

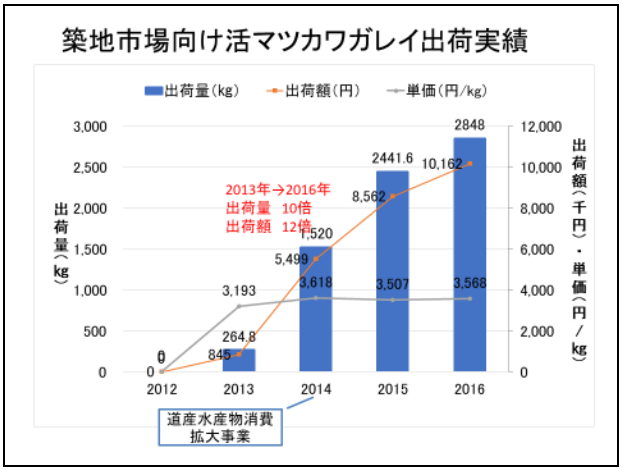


図-4.2.51

図-4.2.52

図-4.2.53

図-4.2.54

図-4.2.55

を担う地域が住み続けられるような環境づくりをするというものです(図-4.2.55)．そのためにひとつの方法が農林水産物の輸出戦略であるということです．北海道マリンビジョン21，これは平成17年から取り組みされておりますけれども，マリンビジョンではその当時から資源の持続的な利用とか，衛生管理に取り組み，さらには観光だとか，最近だと渚泊とかということもやっております．こういったものは今の輸出のための屋根の整備とか岸壁の整備とか，そういったものにも繋がっておりますし，観光振興や渚泊というのは輸出というより観光で来てくれた人に北海道の良いものをその場で食べて頂いて買って頂くような，そういう機会を作ることにも繋がっているということになります(図-4.2.56)．

まとめというものはないのですけれども，私がこの輸出に関して少しお話ししたいことを最後に述べさせて頂きますと，輸出，国内販売ともに品質・衛生管理という方向で来ておりまして，これからは必要な施設整備は港湾・漁港でもどんどん進めて頂きたいと思います．また先程見て頂いたように，偽造だとかいろいろなことが発生するので，ブランドを守ったり偽造を防止したりするためには，トレーサビリティとかエコラベルを取得するとか，そういうことも今後は考えて頂きたいなと．地域が輸出に取り組む時にはやはりビジョンを持って取り組んで頂くと良いのかなと．また観光とか農泊・渚泊を通じて買いたい人を増やす．買いたいと言ってくれる人に買ってもらうのが良いのではないかなと思います．だからそういうことのためにも，地域に観光で来て頂くとか，泊って頂くとか，寄って頂くとか，そういうことを通じて販路を広げるための裾野を広げることをやるのが良いのかなと思います．

あと国内販売についても，今日は輸出促進の話なのですが，最近は本当に資源も不安定ですし，いろいろな今後の懸念もあるので国内販売に関しても輸出と同様に取り組んで頂きたいと．私は今，広島に住んでおります．最初，北海道から東京へ行って，次の年に大阪に移り住んで，その次広島に住んで，今数カ月経ちます．広島でも北海道産のお魚は見かけるのですが，だいたいサンマとサケとタラぐらいです．先日，苫小牧からホッキ貝を送って頂いて，広島市役所の人達に家に来て頂いてホッキ貝のお刺身を食べてもらいました．そうしたら，ホッキというのは赤いものだと思っていたのです．要はカナダのボイルホッキがホッキ貝だと思っていたらしくて，こんな紫のホッキ貝は初めて見たということでした．まだまだ国内で販路を広げる可能性はあるのではないかなと．ただその時に，輸送に関して様々な技術革新，鮮度を保持するための技術革新とか，今日ご覧頂いたような酸素剤を使うとか，そういう工夫をすることによって北海道のものを輸出も含め，国内の人達にも食べて頂きたいと思っております．

最後に地域の取り組みについてということで紹介したいのですが，苫小牧は港湾で衛生管理に対応した屋根付き岸壁が日本で整備された第1号だということなのですが，それだけでは終わらないというか．苫小牧漁協ではこのたびマリンエコラベルを取得致しました．これはホッキ貝やサラ貝など4種類の貝なのですけれども，生産段階認証と流通加工認証の2つ，同じく苫小牧市にあるマルゼンというホッキの加工会社でも流通加工認証というものを取得して，これによって資源管理をしながら環境にも配慮し，そういう漁業をやっているということで，苫小牧のこういったホッキ貝などをＰＲしていくということにしております．こういったものを取ることによって，全国，海外への販路拡大を目指し，またオリンピック商材としての納入も視野に入れて頑張っているというところです．屋根はできたのですけれども，今後の課題としては冷凍冷蔵庫の建て替えとか，地方卸売市場の衛生管理とかまだまだ課題はたくさんございます．屋根は衛生管理だけではなくいろ

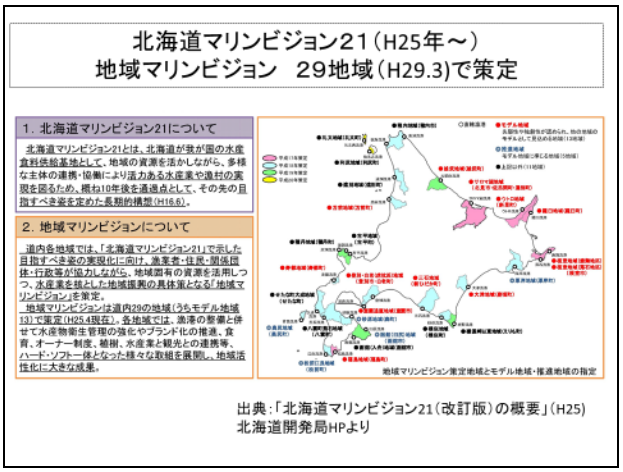


図-4.2.56

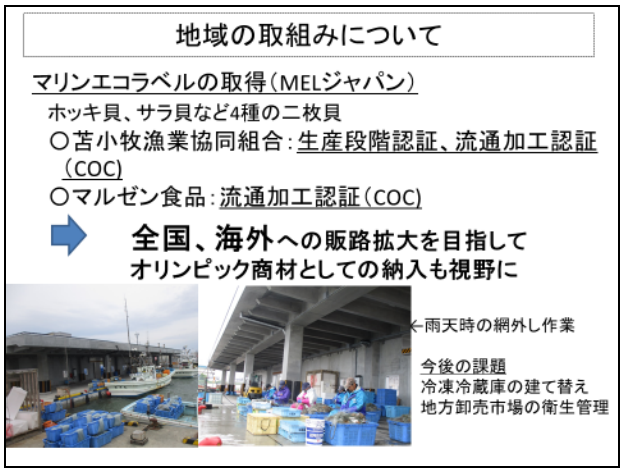


図-4.2.57

いろな効果があって，これは苫小牧港に写生に来た子供達です．屋根の下で漁船の絵を描いております．こういう地域での使われ方もあります．またイベントとか式典でも活用できて，これはたまたま５月の完成式典の時に，大変な風と雨のひどい天気だったのですけれども，誰も濡れることなく無事にテープカットができたということです．このように屋根というのは，漁協では就労環境の改善にもなって，雇用者の確保にも効果があると聞いておりますので，今後様々な他の港でも，地域のいろいろな要請に対して整備をしていって頂ければなと思います．あと他にも歯舞の屋根付きの例とか，いろいろなところで造られています．道外ではこのような優良衛生品質管理市場，漁港認定制度で整備された産地市場があって，これは和歌山ですけれども，津波避難の施設と併設になって，岸壁に市場があって庇が出ていると．これで衛生管理をやっているというものにも進んでおります．いろいろなところでこういった動きがございますけれども，北海道でも是非進めていって頂ければと思います(図-4.2.57)．

とりとめのない，まとまりのない話だったのですけれども，以上で話を終わります．どうもありがとうございました．

4.3　成果報告

(1)「海外物流基盤の構築」

(一社)北海道国際流通機構 代表理事　鳥取 義之 氏

今,紹介に預かりました北海道国際流通機構の鳥取と申します．30 分程お時間を頂きましたので，一生懸命ご説明していきますので，なにとぞよろしくお願い致します．

講演の題の中では輸出ということで喋らせて頂きますが，内容のほとんどは，私達が今取り組んでいます北海道国際流通機構の機能，それからこれの前身である HOP1 というところでお話をさせて頂きたいと思います．

これは HOP が始まる前のお話です．平成 23 年と平成 24 年です．平成 24 年に HOP 推進協議会が立ち上がる時ですが，この時の状況です．今も大きく変わっているということはないのですけれども，これは継続しながら問題点として残っていることだと思います．人口減少による国内マーケットの縮小であったり，地方の国内企業の衰退であったりです．これは空港に降りてくる飛行機のキャパの大きさが変わってきたり，道内の輸送業者さんの廃業であったり，水産業者さんの廃業というような形で，道内企業の衰退が始まっております．またそれらに起因する税収不足によるインフラへの投資の懸念が出てくると思われています(図-4.3.1.1)．

これを北海道としてどう解決していく道筋があるのか，持っている武器は何なのかと言うと，先程，片石先生もおっしゃっていましたけれども，「食と観光」，これが，北海道が他県に誇れる，生きていくひとつのワードではないのかなと思います．この食と観光というワードをどのように活かしていくかというと，観光にしても国内の観光に止まらず，インバウンドとして海外から北海道に来て頂く．それから食に関しても国内流通のみならず，海外の方に販売をかけていくという，いわゆる輸出です．人の輸出，それから物の輸出，知識の輸出，こういう輸出に関わることをやっていかなければならないのではなかろうかという時でした(図-4.3.1.2)．

ただ，平成 23 年・平成 24 年当時，北海道にいらっしゃる企業さんに聞きますと，輸出には興味があるのだけれども，輸出をやっていくだけの周りを取り巻いている環境が揃っていないと．簡単に言うと，東京にいらっしゃる方は輸出する商社さんとかもたくさんあったり，輸出代行業という業があったり，とにかく飛行機の便も多い．夜に出したら夜に向こうに着いて，翌朝通関を切って荷物が通ります．こういったところが北海道としては最短でも 2～3 日間というところで，環境が整っていないので勝負をして難しいですよねというような課題が残っていました．

これをこの時期，名前を挙げるとあまりよろしくないので言いませんが，輸出をする輸送業者さんの大手 2 社さんが，私達が気づく前に先駆けて小口混載という船と飛行機の両方に取り組んでおりました．1 年持たず，両方とも終了という形になりました．判断としては，需要がないとか，なかなかそれを世間に知らしめるだけの宣伝力がなかったという形で，そのサービスを停止したという歴史があります．

この時に考えていかなければならないのは，単体の企業のサービスとして北海道の企業が作るのではなくて，北海道の環境づくりとして産学官で取り組んでいかないといけないと．その後の環境ができた後にいろいろなサービスを作る企業さんが出てきて，各々しのぎを削って行く，競争をしていくという形が良いのだろうと．ですから産学官でまずは環境づくりをしましょうというのが，この北海道国際輸送プラットホーム，のちに HOP と言われる始まりでした．

平成 23 年 10 月に「国際物流を通じた道産品輸出促進研究会」の事務局として北海道開発局さんと札幌大学さんが設立しました．初心者でも簡単に輸出できる仕組みとして，北海道国際輸送プラットホーム，通称 HOP を提案・実施して参りました．この HOP というのは，国内初，海外への小

図-4.3.1.1

図-4.3.1.2

口冷凍・冷蔵輸送サービスに加え，輸出の手続きを行う，マッチング機能も行う物流と商流を組み合わせた産学官一体となった取り組みでございます．平成 25 年 9 月には北海道庁さんも事務局に加わり HOP 推進協議会に組織名を変更したところでございます．

HOP というのは，ここにも書かれているように，まず一番は環境づくり，その中でどのように環境をつくっていくかというのは，物流と商流の一体となった改革改善を行うことによって環境を整えましょうということでした．よくある話ではありますけれども，商流と物流と言葉が分かれているとおり，物流の研究をしようと思うと物流に詳しいところが集まって研究をしていきます．それは何を研究するかと言うと，こういう物流を作っているにも関わらず，なぜこんなにこの物流網が発達していかないのだろうということです．結果，運ぶ貨物がないから，そのサービスを作れないという話になります．物流側にすると商流を担っているところにしっかり荷物を定期で作ってくれれば，僕達は作れるのですよ．でもその荷物がないので作られませんという結論にいつもなります．かたや商流側においても，商売相手は見つけてこられるのだけれども，そこに繋ぐだけのラインがないし，物流網がないので，先程のお話しにもありましたけれども価格が合わなくなる．ですから商売にならない．だから，荷物がないのですよと．これはひとえに物流側がサービスをきちんと格安に提供してくれていないから，そうなるのですという話なのですね．これはお互い別々のテーブルのところで話をしていても何も解決できないということで，開発局さんに主導して頂いて，物流と商流が一体となった改革・改善ということで，経産省だとか農林水産省だとか，いろいろな省庁さんが集まった中でこの HOP というものを，皆さんで考えながら実践をしてきたというのが，HOP のやり方というか実践の仕方でした．またもうひとつ変わっているところは，この HOP 事業というのは 5 年間で何かしらの結果を出しましょうというお約束の下で始まったということです(**図-4.3.1.3**)．

そこでやったことをひとつ挙げますと，小口混載を作っていきましょうということです．これはどこかの会社のサービスということではなくて，HOP 推進協議会としてサービスを開始しました．小口で送れないものを，ひとつのコンテナを HOP 推進協議会で借り切って，そこに小口を載せたい方達が集まって載せていくというような形で，4 年半ぐらい運用しました．仕向け国としては香港が平成 24 年の 9 月，平成 24 年の 11 月にシンガポール，翌年に台湾，その翌年がマレーシアとなっています．最終的には 4 カ国に対して小口混載の輸送を提供し続けてきたということです(**図-4.3.1.4**)．

成果としては，この環境を整えるというところで，今まで輸出に取り組んでこなかった，やったことがないという企業さんが累計で 250 社が参加して，実際にサンプルで作った商売の商品ですとかを送って頂いたという実績がございます．輸出に興味がない人とかやったことがない人に輸出をやりましょうと言っても，なかなか動かないという現実がある中で，250 の企業さんにトライをして頂けたというのは，ひとつの成果かなと思っています．また段ボールの発送個数で見ますと，初年度 213，翌年 319，翌々年 716，4 年度 1,500，最終年度が 2,200，最終年度は上期だけしか数字を取っていないので 9 月の段階です．確か私の記憶では 2,200 が，最終年度の個数だったような気がします(**図-4.3.1.5**)．

私も長らく物流業界に身を置いてきた人間ですけれども，昭和 40 年代・昭和 50 年代は，運送業界がいろいろなサービスを出してきた時に非常に高い伸び率を示していました．例えば私が在籍していたヤマト運輸さんで言うと，宅急便もそうですし，コレクトサービス，それから多分皆さん方だとやられていると思いますけれども，ゴルフ宅急便や，代表的なところで言うとクール宅急便，こういった

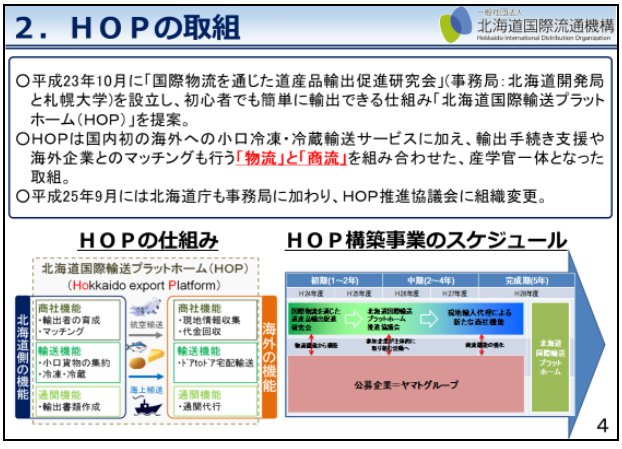


図-4.3.1.3

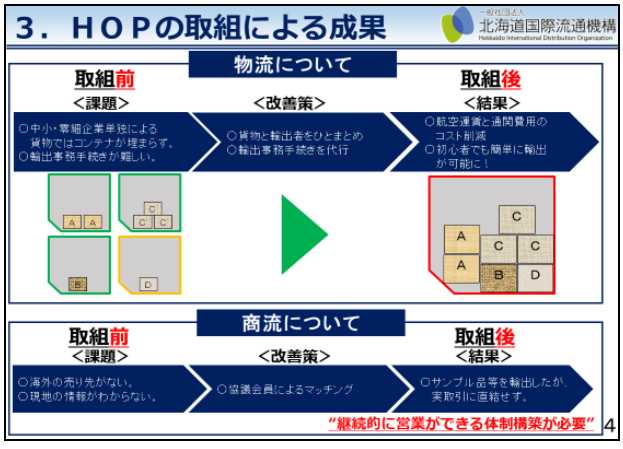


図-4.3.1.4

ものも発売すると本当に面白いように倍々で伸びてきた．ただ近年の物流は非常に成熟されて，どこの運送業者さんに頼んでもほとんど遜色ないというところがあります．最後に選ぶのは自分の地域を回っているドライバーが好きかどうか，対応が良いかどうかというところで選んでいるのではないかなと思います．東京に送るのも翌日に着く，普通便で出せば翌々日に着く，こういったところも変わらない．これは世界と比べると違うのですけれども，日本の中ではだいぶ成熟されています．

この成熟された中でサービスを開始して 3 年目，サービスを開始した年の翌年，翌々年と，倍ずつ伸びていくサービスというのは近年にない．これだけサービスに対して使ってみたいという要望があったサービスでピタッとはまったものではないのかなというように受け取っております．

またこの HOP1 サービス，冷凍で 1 個から，冷蔵でも 1 個から，海外に送れますというサービスを HOP 推進協議会で作ろうと思った時にかの有名なヤマト運輸さんと郵便局さんの双方にお声を掛けさせて頂きました．HOP 推進協議会として北海道の企業さんのために新しいサービスを作りたいのですけれども，是非協力して頂けませんかと．まずヤマト運輸さんの方は国際宅急便もやっている中でリスクが高いのでやらないけれど，北海道としてやるのだったら北海道がやって頂いて良いですよというお話しでした．郵便局さんの方は，うちは国際郵便という形の看板でやっているので，他国でやっていないものを勝手に日本だけが先導してやるということは基本的にはできませんというお答えでした．そういうものなのかなと思いながら聞いておりましたが，実はこの HOP1 サービスができた翌年に郵便局さん，その 1 カ月後にヤマト運輸さんが，当初は作らないというお話だったのですが，同じようなサービスを作ってきました．

HOP1 サービスをどう戦略的にやってきたかというと，1 カ月に 1 回，新聞とテレビには必ず出そうということで，いろいろなところにこまめに出すことによって，他の物流業者さんも反応して頂いているのではないかなとは感じておりました．そんな中でヤマト運輸さんと郵便局さんが追随するようなサービスを作って頂いた．まさに HOP としての成果はここにあると思います．HOP1 サービス，HOP 推進協議会がサービスを作って提供したことが素晴らしいことではなくて，環境づくりですから，ヤマト運輸さんや郵便局さんがサービスを作って頂いて，それを使う方が選べるという環境に持ってきた．いわゆる競争原理の中にヤマト運輸さんと郵便局さんを連れてきたということです．競争する原理の中に入った時に初めてサービスは磨かれて，使い勝手の良いサービスになっていく．こういったところが環境づくりということを謳ってきた HOP 推進協議会の成果になるのかなと思います．

また国としては 2019 年までに 1 兆円，北海道としては 2025 年までに 1,500 億円を達成したいということで，国，地方としての指針・方針を出しているところでございます．まだ輸出されていない商品，新たな商品を発掘して，小口から育てていく必要が今あるのではないかと．今，約 700 億円を 1,500 億円にという方針を，この中で決めているのですけれども，今，大きく輸出をしている企業さんに「頑張って」と 10 回言っても倍にはならないのですね．先に立ってやっているところは精一杯頑張ってやって今の数字ですから，それを 1 割伸ばすだけでも大変だと思います．そうすると，それを倍ぐらいに延ばしてくということは，ドラスティックな考え方で，やったことのない人に出してもらう．輸出している人と輸出していない人の割合を考えると，多分，輸出している道内企業さんというのは 1 割にも満たない．ということは，1 割の人に頑張ってと言うよりは，9 割の方に一歩だけ，1 cmだけ前に進んで頂くことの方が，より大きな数字を動かすことができると考えています(図-4.3.1.6)．

図-4.3.1.5

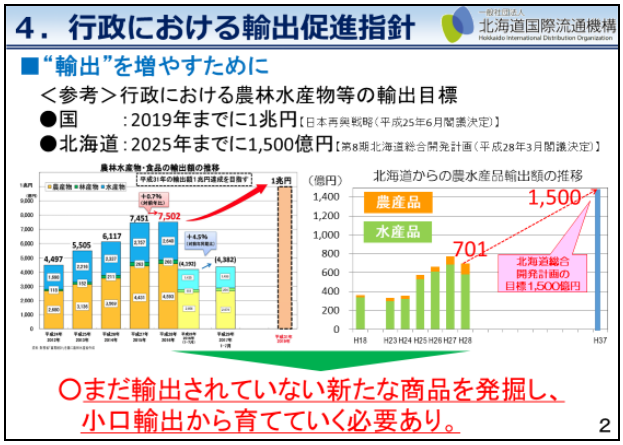


図-4.3.1.6

HOP の話を今までしてきたのですけれども，成果としては環境づくりの上で物流の面では〇だったのかなと思います．商流の部分においては落第と言うかあまり良い評価点はあげられないというふうに思っております．先程，HOP の最終年度の個数が 2,200 個と言っていたのですけれども，元々HOP が始まった時には単年度で最終年度は 18,000 個という目標を掲げておりました．これは物流と商流が一体なって改革することによって，そこまで持っていけるだろうと．10 数%しかいかなかったということで，それはやはり輸出をする上で海外側から物を取ってもらう，いわゆる出口をしっかり押さえていかないと，物を出していくということは難しいというところの結果です．

そこで平成 29 年 4 月に HOP 事業が終了しました．この 5 年間が終わった中で，次の段階へどう進むべきか，ということを HOP 推進協議会の中で議論をし，まだまだ行政が手を入れながら引っ張ってやっていく第三セクターのような形が良いのか，社団法人のように企業さんを支援する団体となるのが良いのか，株式会社のようにこの次を引き継ぐ団体がビジネスとして儲かる仕組みを作っていくのが良いのかということで考えていた時に，最終的に私達は，先程言ったように輸出に取り組めない 9 割の方達を如何に支援して外へ出していくか，ここにしっかりと仕事をして行く照準を合わせようということで，一般社団法人の設立に踏み切りました．経営理念としては，私達の子供たちが北海道に残りたいと思える環境をしっかりと作って行く．こういうことをやって行くということを理念として，今は 18 の企業さんがここに出資をして運営をしているところでございます(図-4.3.1.7)．

機構のご紹介です．HOP の中で学ばせて頂いたところをさらに良くしていくために，このような考え方で仕組みを作りました．まずは企業会員さんという物を出したい人，それからコンサルを受けたり，いろいろな相談をしたい方達が，企業会員として一口 1 万円で三口から入れますということで，1 年間 3 万円で会員さんになることができます．会員さんになって頂くと，そこが取り扱っている商品を，私達が作る機構のタブレット・パソコンの中で見られる商品データ登録というのがあるのですけれども，その中に登録することができます．この登録されたデータは香港・台湾・シンガポール・ベトナムという海外にいる私達の出資会社の社員がタブレット・パソコンで見ながら，こういう商品がアップされたからセールスに行こう，タブレットを持ってレストランや百貨店に行ってセールスを掛けてくるというようなやり方です．海外の方から「このタブレットに載っている商品良いですね」と入ってくると，私達北海道の方に連絡が来て，「これを 10 万円分欲しいのですけれども，どうですか」と言われたら，企業会員さんの方にご連絡をして，「御社の商品が香港のマックプライニングというところで 10 万円分欲しいと言っているのですけれども，販売しますか」と最終確認をして，「今，在庫があるので売りたいです」と言われると，そこで契約成立です．海外の方に連絡をして，海外の方から先に 10 万円送ってきます．10 万円送ってきたものをお客さんの口座に先に入れてお金の確認をして頂いた後，商品を私達が取りに行き海外への輸出をしていくという流れになります．企業会員さんとしては物を売ったり相談をしたりということで年会費を払って頂きます(図-4.3.1.8)．

自治体会員さんは年間 5 万円お支払いして頂いているのですけれども，今，私達は 9 カ国に社員さんを持っています．9 カ国でいろいろな情報が上がってきます．不動産の情報から商品が買いたいという情報，去年 1 年間は 36 件程入ってきたのですけれども，それを自治体さんの方にお渡しします．例えばドン・キホーテさんがシンガポールに出て行ったのですけれども，開店 3 日で北海道商品ブースの商品が全部売り切れたと．急遽，商品を探したい，たくさんの商品を仕入れたいという情報がシンガポールの担当者から入って来て，これを自治体さんの方に流します．

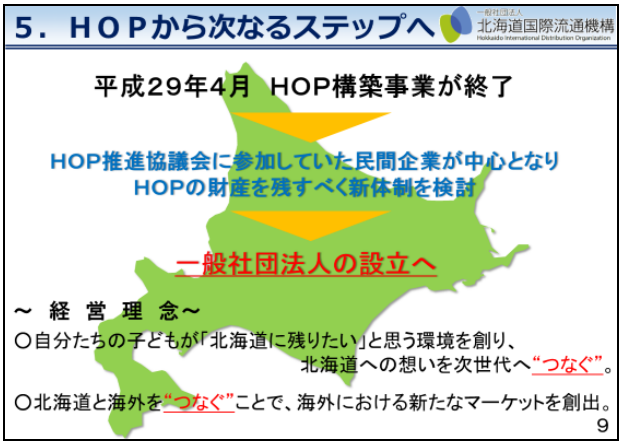


図-4.3.1.7

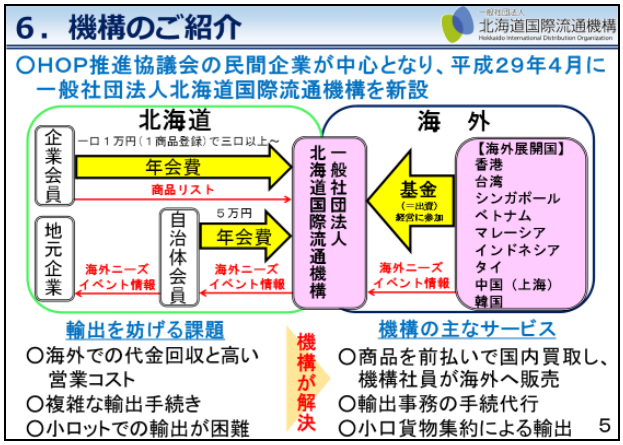


図-4.3.1.8

価格帯は 400 円～1,200 円の物で，常温品だったらこういうもの，農産品だったらこういうもの，水産品だったらこういうもの，それらが欲しいそうですということを自治体さんの方に流すと，自治体さんは自分のところの企業さんにそういう情報を流して行きます．エントリー情報が上がってきてシンガポールに流すと「この商品とこの商品とこの商品が欲しい」と．そうすると，前金でお金が送られて来て，前金でお支払いします．自治体さんとしてはよりリアルな情報を一番早い段階でもらえる．しかも輸出に直結している情報だということで，自治体会員さんになって頂くメリットを感じて入っているところが 16 自治体あります．

またこの自治体会員さんが一生懸命活動して頂けることによって，企業会員さんと地元企業さんというように同じ企業さんがふたつ入っているのですけれども，なぜふたつ入っているかと言うと，企業会員さんというのは輸出ということに対してポジティブで排除的ではない考え方で，話を聞いてちょっとやってみようという前向きな企業さんです．地元企業さんというのは，昔，輸出をやったことがあって失敗しているからもう絶対やらないとか，そういう周りの人の話を聞いて，絶対やらないという人なのですね．実は自治体会員さんはこの人達をどういうふうに動かそうかということが一番困っているところです．いろいろなセミナーをやっても聞かない人は絶対来ないので，来ない人にどう伝えるかという話になります．「時代的にも 5 年前と今ではだいぶ変わってきているので，輸出環境も変わっているから，やりましょうよ」というセミナーをやっても来ない．ですから，この中でどう解決できるかと言うと，「輸出をしましょう」ということではないのですね．「商品が欲しい人から前金でお金がもらえるから出してみませんか」というアプローチなのです．取引が成約して，例えばシンガポールの方で売れてる．そのレポートをフィードバックしてあげます．そうすると，この地元のネガティブな企業さんは「あれっ，輸出ってすごく大変で危なっかしくて危険なものなのではないの」と思っていたものが，「自分では何もしていないけれどもシンガポールのお店に並んでしまっている．できるんだね」とわかる．このネガティブな人達の集まりの中の何人かに成功体験を植え付けることで，ネガティブチェーンを壊すというような取り組みをしたいということで，このような形になっております．こうすることで海外への代金回収の不安がなくなったり，輸出の手続きをしなければいけないと頭を悩ませたり，そういったところが全て解決されるというような形です．

私達の機構は平成 29 年 4 月 3 日に設立されたのですが，設立された時は 11 の企業でされました．資料には 17 となっていますが，今月の 10 日に苫小牧埠頭さんが出資をしてくれましたので，これで 18 の企業さんが出資をしているという形になります．資料の上の方は輸出の支援をするという，北海道側から支援をする方の出資者です．私が全体的な統括をしながら弘和通商さん，これはロジスティックスの部分です．輸出するために「段ボールから発泡スチロールに入れ替えてください」とか「ドライアイスを入れてください」とか言われても「そんなの全然できない」，「ラベルシートを貼ってください」と言われても「やりたくない」という人達に，「ここの倉庫に入れてくればその手続きをします」と．ここは有料にはなります．1 枚貼るのに 2 円とか 3 円とか取られますけれども，メーカーさんが自分でやらなくても良い環境をここで作ってくれる．それから苫小牧埠頭さんも一部，弘和通商さんと同じような保管だとか倉庫作業の部分において輸出支援グループとして参加しています．釧路総合印刷さん，道新さんについては，私達の活動を広げていく広報活動をしたり，販促品を作ったりと，こういったことをして頂いています．

下の部分の販売支援，一番上の香港のマックプライニングから一番下の北国からの贈り物まで，IT を駆使して通販をやったり，現地で商社機能を持っていたり，アンテナショップを持っていたり，というように様々な方達がいろいろな形で出資をして，うちの方で携わって頂いている．こちらの方で商品を購入して，海外で販売をするというような，実際の販売支援のところが下のグループになります(図-4.3.1.9)．

自治体さんはこちらに書かれている 16 の自治体さんが入っております．町としては枝幸町とニセコ町と森町が入っているというところです(図-4.3.1.10)．

企業会員さんは今年の 3 月 31 日現在で 115 社になっております．今は微増の状態です．それから賛助会員さんです．賛助会員さんというのは私達の活動にビジネスとして

図-4.3.1.9

直接関わり合いはないのですけれど，先程の企業理念の部分，次の北海道にちゃんとしっかりと残していく活動をしていくのですよといったところに共感をして頂きながら，私達の活動を何かしらの形で支えて頂いているところです．例えば，実は私達の機構は事務所がすごく狭いところを借りています．そういうところにお金を掛けるというよりは，お客様のためにお金を掛けたいというところがあって，事務所は 4 人ぐらい入ると息も絶え絶えのようなところでやっています．ですから，お客さんが来られると 1 人や 2 人なら入れるのですけれども，例えばうちの団体の活動を勉強しに行きたい，話を聞きに行きたいといって，去年は茨城県議会の先生達が 30 人ぐらい来て頂きました．今年も熊本だとか沖縄だとかから来られるのですけれども，たくさんの方が来られると入れないのですね．そういう時に，今回の講演会の主催をしている寒地港湾技術研究センターさんや伊藤組さんの方にご連絡をさせて頂いて，「会議室が空いていれば貸して頂けないですか」ということで，空いていたら無料で貸して頂けます．札幌で 30 人が入れる会議室を 1 時間借りると 12,000 円掛かります．2 時間借りると 24,000 円掛かるというところを無料で貸して頂いているということですので，現金でそれだけの支援を頂いているのと同じ効果があります．またオリックスさんやヤマトホームコンビニエンスさんは，私達の代わりに営業行為を行うというという活動をして頂いています(図-4.3.1.11)．

またこの団体の中には輸出促進検討委員会という委員会を作って，私達の活動内容を注視しながら，なぜ輸出が進まないのかといったところを議論して行く場を持っております(図-4.3.1.12)．また昨年の 6 月 16 日は北海道開発局さんと連携協力協定の締結を結ばせて頂きました(図-4.3.1.13)．また連携事例としては海上コンテナの輸出実験を行って，そもそも海上を使った輸出というのはどういうメリットがあって，どういう手順で選んでいくのですか，どういう手順でやっていくのですか，そういうことの説明会を道内 11 の都市で行って参りました(図-4.3.1.14)．またインバウンドについてはみなとオアシスと連携をして，台湾の私達の社員の店舗で，「北海道に来たらお土産がそこの港で買えるのですよ，買った物を送れるのですよ」というようなアプローチの仕方で，海外でもみなとオアシスでもイベントをやってきました(図-4.3.1.15)．

会員による輸出事例としましては，コカ・コーラさんは各国にあるのですけれども，北海道限定ボトルを作ってい

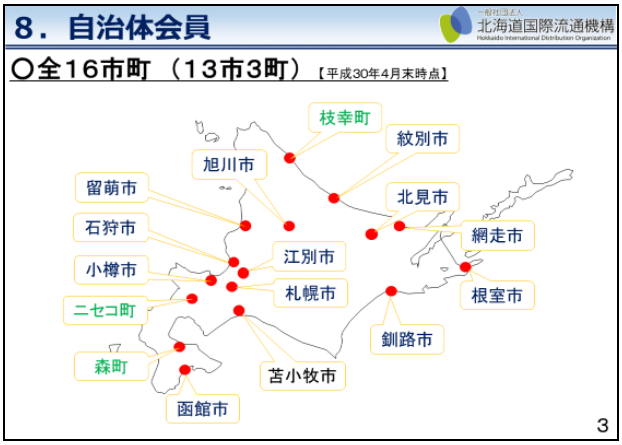


図-4.3.1.10

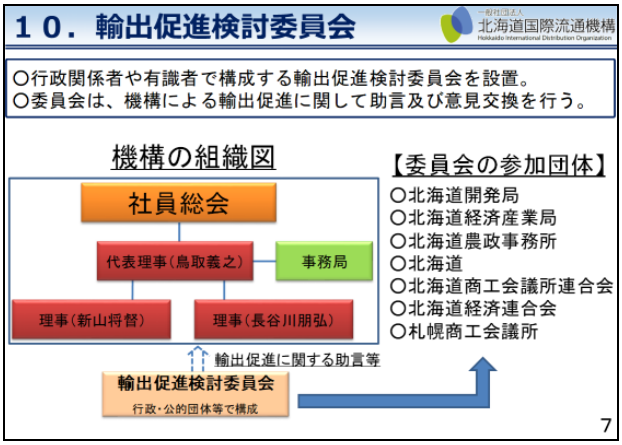


図-4.3.1.12

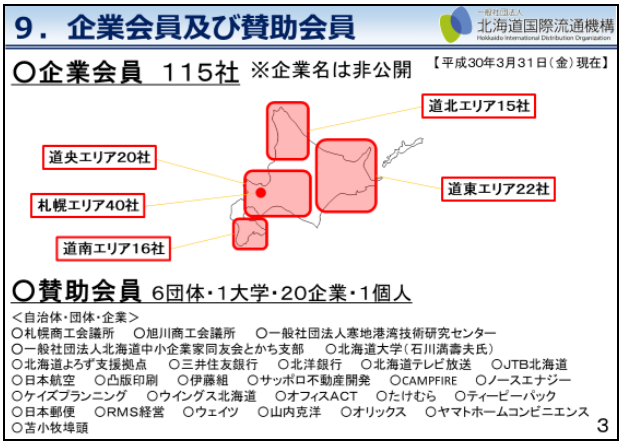


図-4.3.1.11

図-4.3.1.13

るのは北海道コカ・コーラさんだけということで，これは昨年 14,000 本を東南アジアに輸出しました．契約の入りから契約が終わるまで，売買するまで 2 カ月半ぐらい掛かったのですけれども，14,000 本を気持ち良く買って頂けたと．それから岩見沢農協さんのタマネギですが，これは製品ではなくて 2S という市場に出回らないものです．これは通常，岩見沢農協さん管下のコープさんとかで売っているものなのですけれども，去年は大量にできてしまいまして，「もうどうにもならない，値段もつかない」ということで，うちに来た時は「1 玉 1 円も要らない」ということで，「これなんとかならないですか」ということだったので，これを台湾と香港に 7 t 持って行って，10 日間で売り切ってきました．ほぼ運賃みたいな感じだったのですけれども，その売れたお金を岩見沢農協さんの方に戻したら「良かった，腐って捨てるものがお金に変わって良かった」ということで，やはりこういったところにも着目しながら，北海道の企業さんの商品を現金化してくるというのも仕事なのかなと思っております．自治体との連携事例としては，函館のイベントをやったりしております．直近では台湾のリーパオというアンテナショップを使って，自治体さんには観光の発信情報基地として無料で使ってくださいと．1 階と 2 階になっているのですけれども，2 階部分は自治体さんに無料で貸します．1 階部分は企業さんにマーケティングの場所として開放しますというような形で，今年の 7 月，札幌市が始まって，来年の 5 月まで各自治体さんが毎月ここに参加しているというような形です(図-4. 3. 1. 16)．

あとは，時間もないので資料を見ておいて頂ければと思います(図-4. 3. 1. 17，図-4. 3. 1. 18)．

最後にもうひとつだけ．すごく最近考えることがあるの

図-4. 3. 1. 14

図-4. 3. 1. 15

図-4. 3. 1. 16

図-4. 3. 1. 17

図-4. 3. 1. 18

が，今の輸出の仕方についてです．1 兆円やろうとか 1,500 億円やろうとか言われていますが，今の輸出の形態というのはどういう形態かということをひと言で言うと，プッシュ型と言われる輸出です．僕達の物を買ってくださいという輸出の仕方です．元々貿易というのはプル型と言われる海外の方が欲しい商品を海外に行って探してきて，それが自分の国に入るかどうか調査をして，そして入れる．ですから，入れる方が法的にも責任が重く，自分の国に輸入をさせるということで調べる上でも輸入者がキーパーソンになっているのですね．何が言いたいかと言うと，プッシュ型をやって行くとなかなか商売にならないので，私達の機構の今の形になっているのです．プル型にしているというのは，元々海外にいて，北海道から荷物を取りたい人達というのは，これからやるのではなくて，もう既にエアコンテナや船のコンテナを 2 カ月や 3 カ月に 1 本走らせていますという人達です．そうすると船代金，船のコンテナで言うと，20 フィートコンテナは貨物の量によって減ったりはしないですよね．当然，向こうの買う方としては一番安い物流費でそれを持って来ようとしています．それはどうするかと言うと，20 フィートに満載に積むことなのですね．そうするとそれ以上安い方法というのはないのです．その彼らが満載に積むための商品を供給する，いわゆる北海道側でこれを売って欲しいのだよねというものをそこに積み足すことによって，安い運賃で向こうへ持って行ける．これを例えば「トウモロコシが売りたいのです」と言って，トウモロコシを売りに行ったら，「これはいくらでできるの」「じゃあ 1 t」と言われたら 1 t だけの運賃で行きますから，当然敵わないのですね．ですから，この仕組みを考えて行った時に，まだまだ流通機構がやらないとならないところは，海外の方が北海道から商品を取っている船を使って，韓国であったり中国であったりいろいろな国の人達が北海道からのコンテナを使っている．その方達を全て押さえてしまう．その方達と私達のこの団体がパートナーシップをとって，そこの船を使って，いかに安く北海道産品を海外に出していくか．こういう観点でものごとを進めて行きたい．大きな量がある程度得られた時には，今度はこっち側が主導でその再構築を行っていくというふうに考えています．

時間も来ましたので，私のご説明はここまでとさせて頂きます．どうもありがとうございました．

(2)「輸出促進に向けての現状分析－LCL 貨物に着目して－」

CPC 第 1 調査研究部次長　田中 淳

寒地港湾技術研究センターの田中と申します．30 分程時間を頂いております．どうぞよろしくおつきあいください．

私の方からは，今回，「北海道産品の輸出促進」ということで，輸出促進に向けての現状分析というようなことでお話ししたいと思います．副題として LCL 貨物と書いてありますが，国際海上コンテナ輸送における LCL 貨物，コンテナ船の貨物を対象にした現状分析というものをお話ししたいと思います．

今日のお話の内容としましては，3 つございます．1 番目が分析概要として今回の話のイントロダクションでございます．それから 2 番目が LCL 貨物の流動分析ということで，輸出の貨物について，どんなふうに輸出されているかという流動分析を行ってみましたので，そのお話です．3 番目に若干ですが考察とまとめというような内容でお話ししたいと思います(**図-4.3.2.1**)．

分析概要，今回の背景と目的でございます(**図-4.3.1.2**)．この前のふたつの講演，片石先生と鳥取さんのお話しとだいぶ被るところがございますが，もう一度少しおさらいということで，道産食品の輸出の動向ということで，北海道で作られた食品関係は高品質で安心・安全というようなことで，海外から非常に評価が高いです．特に先程，香港とか韓国とかというお話もありましたが，アジア諸国では北海道ブランドとして非常に浸透しているというような状況がございます．道産食品の輸出額というのが，これは北海道総合開発計画の中から引用させて頂いていますが，この 7 年間で輸出額が 3 倍伸びている．その北海道総合開発計画では食と観光を戦略的産業に位置付けて，この道産食品の輸出額を 773 億円から倍増させて，平成 37 年には 1,500 億円という計画を立てていると，こういう背景がひとつございます．

それからもうひとつ先程の鳥取さんのお話にありました HOP の取り組みです．北海道開発局は平成 24 年～平成 28 年の 5 年間で北海道国際輸送プラットホーム，通称 HOP というものを展開してきました．おさらいになりますが，その HOP の取り組みというのが，物流と商流が一体となった検討・取り組みを行っていこうと．もうひとつの大事なところは輸出の初心者でも容易に挑戦できる仕組みです．要はまだ輸出をやったことがない人でも輸出についてどんどん挑戦できるような，しかも簡単に挑戦できるような仕組みを作ろうということで取り組みが行われてきました．

その例として，段ボール 1 個からでも輸出できるサービス，HOP1 サービスといって，飛行機で輸出する．段ボール 1 個からですから，宅配便感覚で輸出ができてしまうというような展開を行ってきていました．これは航空輸送ですが，ゆくゆくは海上輸送の方にも展開していきたい，拡張していきたいということで，HOP1 サービスに対して海

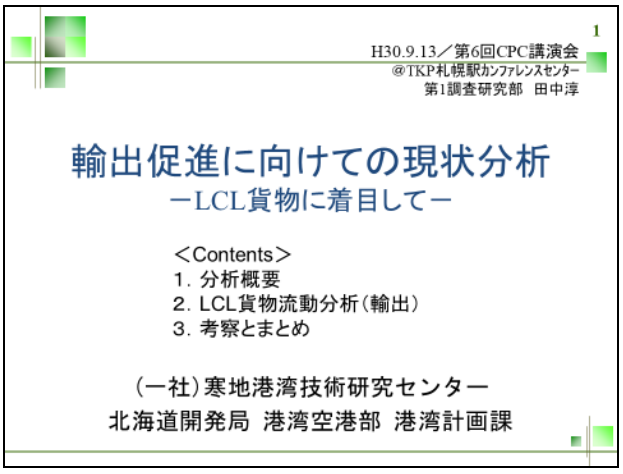


図-4.3.2.1

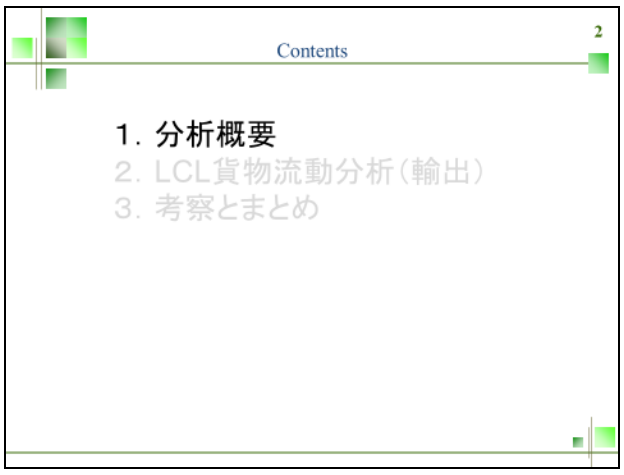


図-4.3.2.2

図-4.3.2.3

上輸送を HOP2 サービスという目標でやってきておりましたが，5 年間の中でそこまでは実際にはあまりちゃんとは至ってはいないというような状況がございました．ただこういった理念で北海道産品の輸出を促進させていこうという取り組みがありました．今回の分析の目的と手法ですが，道産品を輸出促進させていこうといった時に，海上コンテナによる小口貨物が実際にどのように輸出されているのかというところをきちんと押さえておきましょうというところが目的でございます．その手法として国土交通省の調査結果を用いて，LCL 貨物の流動状況を把握するというようなことで，お話ししていきたいと思います(**図-4.3.1.3**)．

LCL 貨物と先程から言っていますが，それは何かいう基本的な話ですが，おつきあいください．コンテナの貨物につきましては，FCL と LCL いう輸送の方法がございます．FCL というのは Full Container Load と言います．どういうことかと言うと，ひとつの荷主さんがコンテナ 1 本を貸し切りの状態で輸送すること．ここに 20 フィートコンテナがありますが，このコンテナを荷主さんが借り切って，ここに荷物を入れて輸出して行く．大口貨物でフルコンとも呼びます．これに対して LCL というものがあります．LCL というのは Less than Container Load といって，コンテナ 1 本には満たない少量の貨物のことです．コンテナの中に満載にするのではなくて，少量しかないという貨物です．それを複数の荷主さんの小口貨物を混載して，コンテナ 1 本を仕立てて輸送すること．これを LCL というふうに言います．この 20 フィートコンテナの写真を載せましたけれども，20 フィートコンテナというのは，長辺の長さです．ここが 20 フィート，約 6mあります．これが 20 フィートコンテナです．40 フィートコンテナというのも聞いたことがあると思いますが，40 フィートコンテナというのはこれの倍です．ここが 40 フィート，約 12mある，それが 40 フィートコンテナになります．20 フィートコンテナの大きさというのはどのようなものかということを，ここに図で書いてみました．長さが 6m，幅が 2.4mぐらい，高さが 2.5mぐらいで，内容量としては 33 ㎥入って，積み荷の重量としては 21ｔぐらい入ります．イメージして頂くのに底面の面積を測ってみますと，畳が 8.5 枚分ぐらいです．だから，家の部屋の 8 畳間よりちょっと広いぐらいですから，結構そこそこの大きさがあります．もしくは 40 フィートコンテナであれば，これの倍ですから，17 畳ぐらいあって，結構やっぱり実際に見るとなかなか広いというようなことがあります．それから，もう 1 つ基本的な話ですが，20 フィートコンテナを 1 個数える時に，TEU という単位がございます．これは Twenty-foot Equivalent Unit といって，20 フィートコンテナ 1 個に換算した時の個数ということで，20 フィートコンテナ 1 個でいえば 1TEU，2 個であれば 2TEU と言います．40 フィートコンテナが 1 個であれば 2TEU というふうに数えます．コンテナが何個あるかというような数え方で，この TEU という単位を使います．ちょっと基本的な話ですが，こういうことがあります(**図-4.3.1.4**)．

もう 1 つは流動分析を行うに当たって，国土交通省で全国輸出コンテナ貨物流動調査というものを 5 年に 1 回実施しています．直近の調査が平成 25 年に行われています．今年，平成 30 年に調査をするはずですが，現状である直近の調査が平成 25 年の調査ですので，これを用いて分析してございます．どういう調査かと言うと，この調査期間中に全国の税関で申告された国際海上コンテナの流動状況を調べる．流動状況というのは個数とか重量とかですが，その流れです．例えばこれは輸出の図ですが，生産地が北海道であれば北海道のどこで生産されたか，そして最後はどこに行くかというところですが，貨物をどこでコンテナに詰めたか，どこの港から積み出されたか，そしてどこの

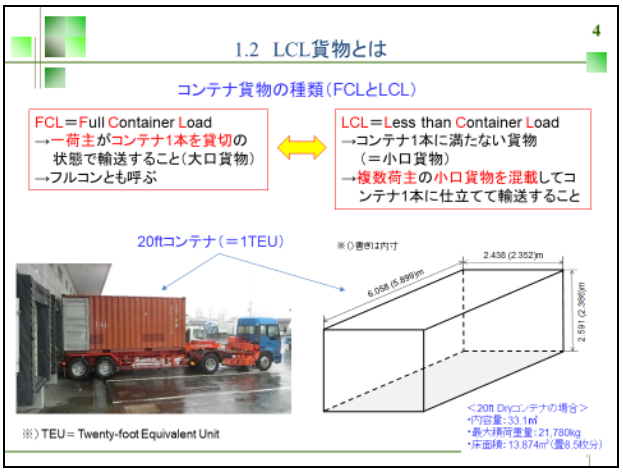


図-4.3.2.4

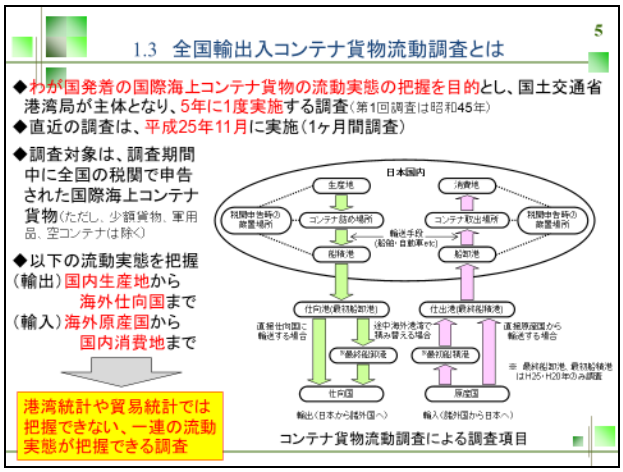


図-4.3.2.5

国の港に行ったか．例えば苫小牧港から釜山港に行って，釜山港から中国に行くのだけれども，そこの釜山港で積み替えられて上海港に行ったとなれば，船降ろし港がどこかという一連の流動状況がわかる調査でございます．港湾統計とか貿易統計はございますが，ここまで細かい流動状況はこれらの統計ではわからなくて，一連の流動実態が把握できる唯一の調査という位置づけでございます(**図-4.3.1.5**)．

それでは流動分析についてご説明致します(**図-4.3.1.6**)．まずコンテナの貨物量がどれぐらいだったかというところで，先程の平成 25 年の調査から，調査結果に FCL 貨物か LCL 貨物かという分類ができるようになってございます．これで見ますと，北海道から海外に行った輸出は 1 カ月で 54,000 t です．それに対して LCL 貨物は 472 t，パーセントにすると 0.9%で，当然小口の貨物ですから量は少ないのですが，こういったパーセントになります．重さとしては 472 t，輸入が 672 t です．コンテナ流調のデータがどのような精度を持っているかということで，データの捕捉率というのを計算して行きますと，コンテナ流調で北海道から輸出された貨物の量は 55,259 t でこれと一緒ですが，そのうち道内港湾を利用しているのが 47,000 t ありました．一方で港湾統計が各港で作られていますので，その結果が 73,000 t ですから，これで割り返してやると輸出が約 64%の捕捉率になっている．輸入の方も参考までに出してみると，69.6%と，6～7 割ぐらいのデータの確率があるという調査でございます(**図-4.3.1.7**)．

輸送品目についてですが，FCL と LCL の両方書いてございます．FCL は農水産品，金属機械工業品というのが多くて，あとは雑工業品です．LCL につきましても農産品があって，金属機械工業品の割合がちょっと多くなっている．そして軽工業品がここにあります．今回対象とする LCL 貨物の輸出で見ますと，金属機械工業品が 6 割を占めている．食品系の貨物というのは農水産品と軽工業品が含まれて，これらで LCL の 3 割程度というようなことが輸送品目のデータ分析からわかります(**図-4.3.1.8**)．

それでは北海道の貨物がどこに行っているのかというところで，横軸に行った国，縦軸に貨物量をとって，内訳を品目別に示してございます．このように見ますと，LCL

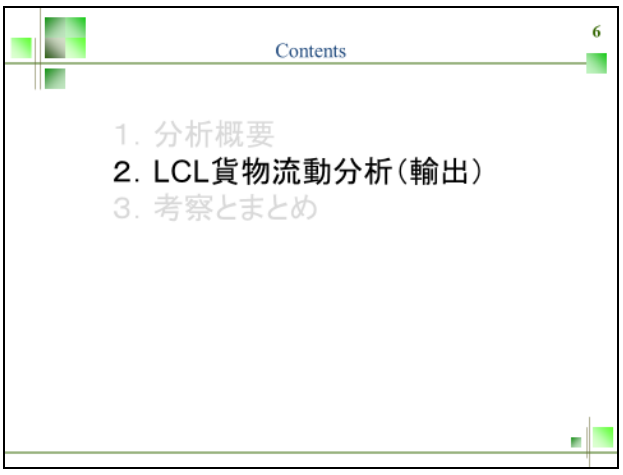


図-4.3.2.6

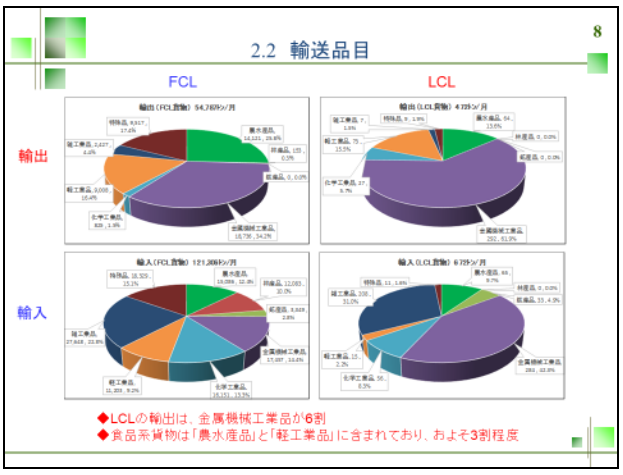


図-4.3.2.8

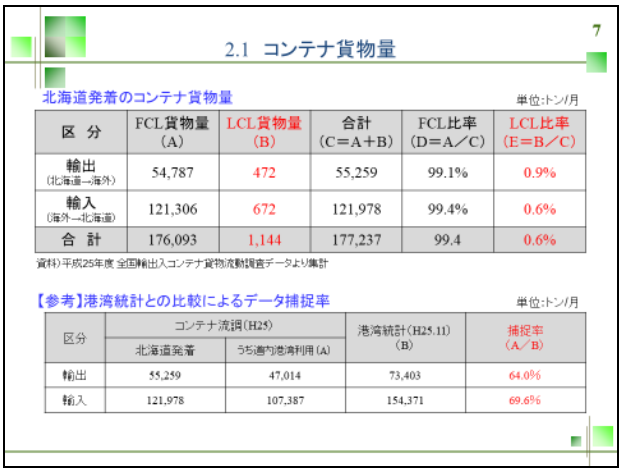


図-4.3.2.7

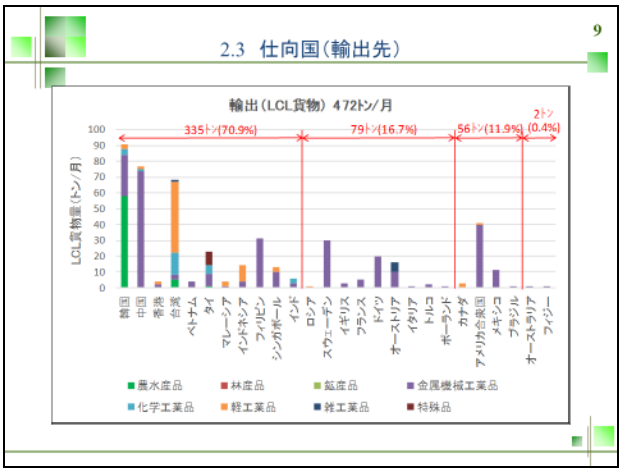


図-4.3.2.9

貨物が一番行っているのは韓国，それから中国，台湾，あとはアメリカとかですが，ベスト 3 はアジアですね．地域ごとにどれぐらいの割合かということを出してみますと，アジアが約 7 割，ヨーロッパで 16.7%，北米とかアメリカの方で 11.9%，あとはオーストラリアが 2%．アジアの方に 7 割ぐらいが集中して行っているというようなところでございます(図-4.3.1.9)．

それからこちらは，北海道のどこから出されている貨物なのかといったところで，生産地，発地を並べています．北海道内を 20 の圏域に分けています．北海道の振興局が 14 ありますので，それよりももうちょっと細かく，空知とか上川とか，その辺が細かく分かれた 20 圏域という分け方がございますので，それで分けています．そうすると札幌圏から出されている貨物が 44%，それから室蘭の方の西胆振圏から 24%，中空知圏 11%，根室圏 10%，これがコンテナ流調のデータでは発地として多かった地域でございます(図-4.3.1.10)．

それから北海道から出された貨物がどこの港から積み出されているのかということを示した図でございます．北

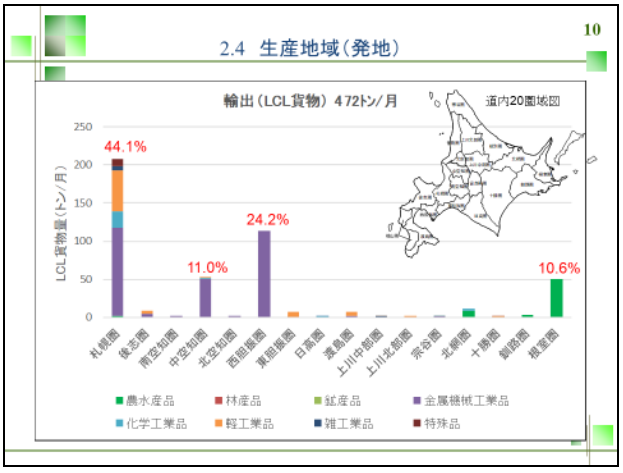


図-4.3.2.10

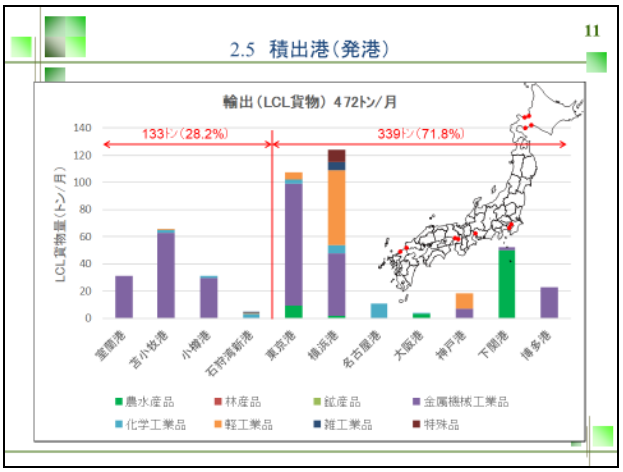


図-4.3.2.11

海道で生産される貨物ですので，北海道の港湾から出されれば良いのですが，単にそうではなくて，例えば東京とか横浜とか下関とか，こういった港の方が道内の例えば室蘭・苫小牧・小樽という港よりも取扱量が多いという結果でした．道内港湾で扱われた貨物の量は 133 t で 28.2%，道外港が 71.8%ということで，LCL 貨物の 7 割が道外の港から輸出されているという状況でございます(図-4.3.1.11)．

もうひとつ，バンニング地域があります．バンニングというのはコンテナに貨物を積める行為のことをバンニングと言います．コンテナのことをバンというのですが，そこに物を詰めることをバンニング，物を取り出すことをデバンニングと言います．輸出される貨物がどこでコンテナに積まれるかということを分析した結果です．こちらも横軸にその地域を示しています．先程の港の位置とほとんど同じように，これは積出港の位置を示しています．こちらがバンニングの地域を示していますが，だいたい同じようなところで，北海道では西胆振圏とか後志圏とか東胆振圏の苫小牧とか室蘭などで積まれています．道外では東京とか横浜とか，そういったところに貨物をトラックとかフェリーとかで運んで，そこでコンテナ詰めされて積み出されていく．そういうような状況が伺えます(図-4.3.1.12)．

ここまでバンニングの状況とかを調べてきましたが，貨物の品目としては，紫色の部分の金属機械工業品が多くて，食品系の貨物は農水産品と軽工業品，農水産品が緑で，軽工業品がオレンジですが，これが食品関係です．この食品関係の貨物についての輸出の状況がどうなのかということを流動状況で引っ張ってきました．品目としては水産品とか製造食品が主です．LCL の貨物量が水産品は 62 t，製造食品が 64 t，合計で 129 t ありました．LCL の全体貨物が 472 t でしたから，食品系の貨物は約 3 割，27.3%．これがどういうふうに輸出されているか．これは地域と積出

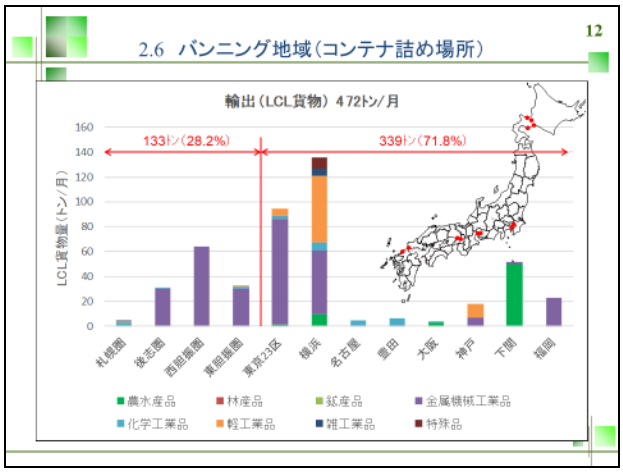


図-4.3.2.12

港と仕向け国というものを示したものです．水産品につきましては，例えば宗谷圏から東京港を通ってタイに行くとか，北網圏から東京港を通って韓国に行く，根室圏から下関港を通って韓国に行くというのが，水産品の中ではこれが 62 t の内の 50 t で，根室から韓国へ行っているものが結構多い．製造食品で言いますと，例えば札幌圏から石狩湾新港を通ってロシアに行っているとか，札幌圏から横浜港で積まれてインドネシアに行っているとか，こういった状況が伺えます．この中で北海道港湾を赤にしてみると，石狩と苫小牧しかない．ほとんどの食品系貨物が道外港湾の方に流出しているという状況がわかります(**図-4.3.1.12**，**図-4.3.1.13**)．

最後，考察とまとめに入りたいと思います(**図-4.3.1.14**)．

コンテナの食品系の LCL の貨物量は 129 t でした．ではコンテナ個数としてどれぐらいあるのかというのを試算してみたいと思います．試算における条件として，LCL の輸送には 20 フィートコンテナが利用される．それからコンテナ流調のデータ捕捉率が 64%でした．それから 1 コンテナの積載量は 1TEU 当たり約 20 t というふうに仮定して，積載率を 80%と仮定しました．月間輸出量というのが 129 t でしたので，捕捉率を割り返して 201 t /月ということで補正して，その 201 t を 1 コンテナが 20 t で 80%の積載率としますと，12.6TEU/月と．1 カ月にコンテナ 12～13 本ぐらいということになります．年間輸出個数で見ると，単純に 12 カ月を掛けると，151TEU．年間 20 フィートコンテナに換算すると 151 本くらいの貨物があるだろうと．参考として平成 25 年のコンテナ取扱量，道内全体では 139,000TEU ありますので，LCL というのは当然貨物量としては少ないのでこれぐらいのものですが，コンテナ流調の結果から推計するとこれぐらいの貨物があるということです(**図-4.3.1.15**)．

輸出促進に向けてということで，道内荷主の輸出への意向ということで，先程の HOP の取り組みでは，海外輸出を行った企業というのは，5 年間の取り組みで 250 社を数えてきました．これは累計ですので，最初の年は 17 社，次の年には累計で 102 社というふうにどんどん増えていって，最終的には 5 年間で 250 社の輸出を行った企業がいた

図-4.3.2.13

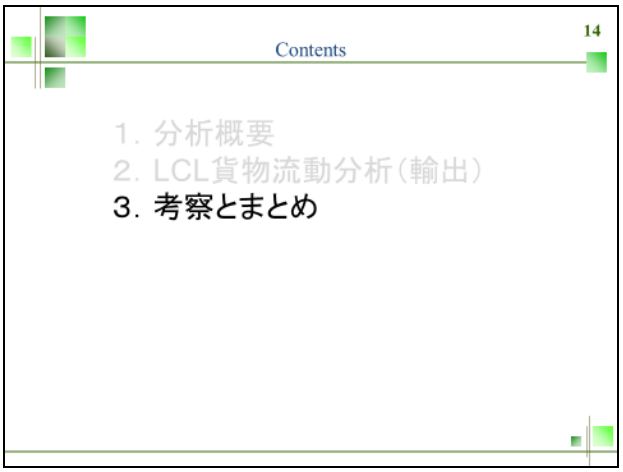


図-4.3.2.14

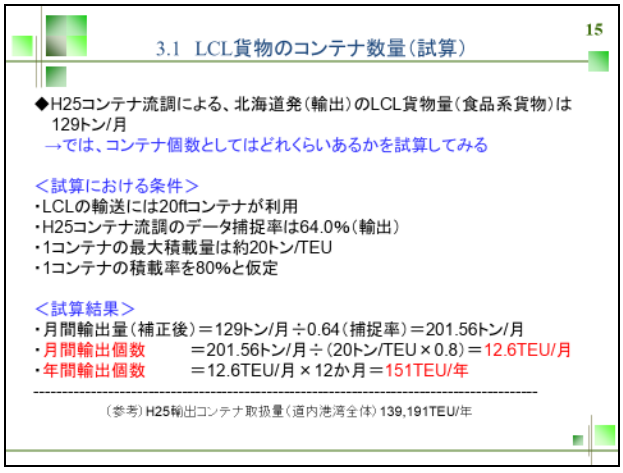


図-4.3.2.15

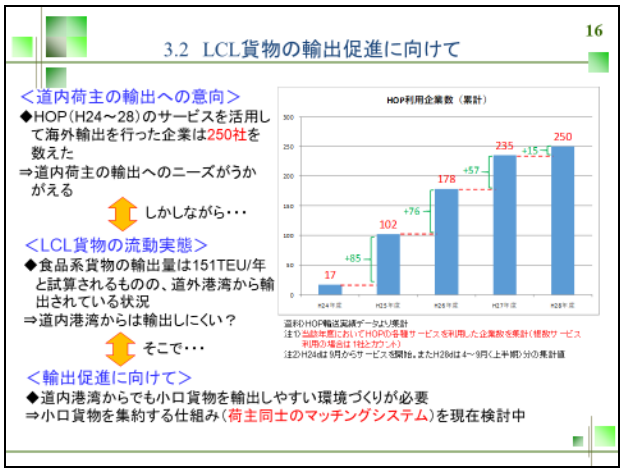


図-4.3.2.16

と．結局こういう人達が「段ボール 1 個からでも」という取り組みで，輸出へのニーズというのが窺えると思います．「輸出したいのだ」という荷主さんがいるということがわかります．一方で LCL の輸出実態を見てみると，輸出量は 151TEU と試算されるものの，道外港湾からほとんどが出されている状況だと．道内港湾からは輸出しにくいのかというような疑問が湧きます．そこで輸出促進に向けてということでは，道内港湾からでも小口混載貨物を輸出しやすい環境づくりというのが必要で，現在，小口混載貨物を集約する仕組み，荷主同士のマッチングというのを現在検討しているというとこで，どうやって北海道産品を増やして行くかという検討をしているところでございます(**図-4.3.1.16**)．

最後，まとめになります．今回の分析で北海道発着の LCL 貨物の輸出状況を分析致しました．貨物の仕向け先としてはアジア向けというのが約 70%で非常に多い．ただ一方で貨物の積出港は道外港湾に依存している傾向が強い．東京であったり横浜であったり下関であったりする．特に食品系貨物の道内港湾利用は極めて少ない状況である．こういうような現状がわかりました．目標として平成 37 年に 1,500 億円という目標がありましたので，それを実現して行くためには，もちろん FCL 貨物，大口貨物の輸出拡大というのはもとより，小口貨物の輸出しやすい環境づくり，「小さいことでもコツコツと」と書きましたが，こういったところも注力していなかないといけない．小口貨物になぜこだわっているかと言うと，鳥取さんのお話にもありましたが，大口貨物の人達を増やすというよりも，まだまだ輸出をやったことのない人達を輸出のプレイヤーを増やして行く．それが最初は小さい貨物かもしれないけれどもというところで，そういう人達を増やして行く．そしてその人達が 1 回だけではなくて継続できるような仕組み，そういうことが肝要であるというふうに考えていて，今，輸出促進に向けた取り組みということで検討をしているところでございます(**図-4.3.1.17**)．

以上でございます．ご清聴ありがとうございました．

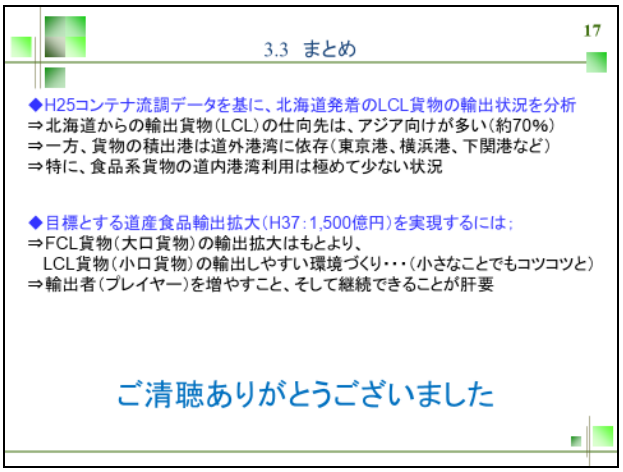


図-4.3.2.17

(3)「漁獲物の品質向上に資する岸壁屋根のコスト縮減化の視点」

CPC 第 2 調査研究部次長　吉田 徹

最後になりますので，皆様お疲れだとは思いますが，30 分弱おつきあいください．

私の方からは，「漁獲物の品質向上に資する岸壁屋根のコスト縮減化の視点」ということで，昨年度，開発局さんの方から受けた業務，また昨年度から 3 年間の自主研究の中で衛生管理型構造物の手引きの作成というものを進めておりまして，その内容を含めてご説明したいと思います．資料に細かい部分がございますが，お手元の資料と併せてご覧ください．内容につきましては，業務の背景からご説明したいと思います(図-4. 3. 3. 1)．

まず背景ですが，前の講演の皆さんからも出てきておりますが，農水産物の輸出促進計画ということで，国土交通省の港湾局さんの方で新制度が創設されました．それで全国初の案件としまして，北海道の 6 港湾の港湾管理者さんから申請されたものが採択されまして，屋根付き岸壁の整備を含めて整備されているというのが現状でございます(図-4. 3. 3. 2)．

近年，苫小牧の方で屋根付き岸壁の一区画が完成したということで，5 月に式典が開催されたという状況でございます(図-4. 3. 3. 3)．この場所のみならず屋根付き岸壁ということで各 6 港湾にこれからも整備して行くと．なおかつ早期効果を発現して行くためにはどんどん進めて行くための視点が必要になってくるかと思います．そういう中でコスト縮減化が早期発現に繋がると考えまして，その視点をまとめたものでございます．目的としましては，ライフサイクルコストの低減というところを切り口に検討を進めておりまして，低コスト型の屋根の導入の考え方，そして構造案として今までのものとはまた違った切り口でどういうものが考えられるかというところを検討しました(図-4. 3. 3. 4)．

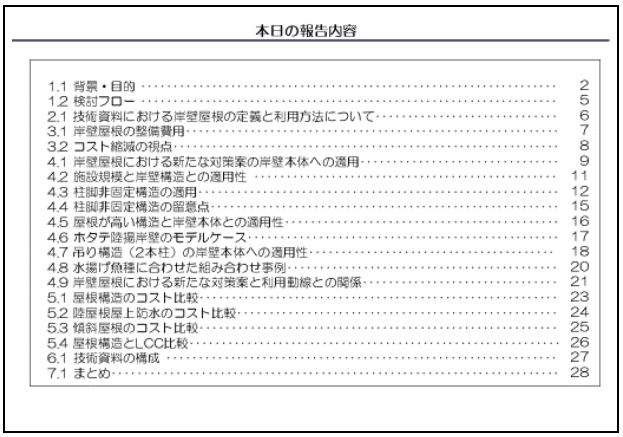


図-4. 3. 3. 1

流れとしましては，既存の整備されてきた屋根付き岸壁，また暴風雪施設として整備されてきたもの，そちらの設置状況の事例，そして劣化状況，維持管理も含めた検討が必要になってくるかと思いますので，その 2 つの点を既存の資料から整理する．2 つ目に低コスト屋根の検討，こちらはイニシャルコスト，建設費の費用をどうやったら抑えられるかという視点と，どういうふうに見直して行けば良いかというところを，例としまして北海道のサケの陸揚げ岸壁のような小規模のものから，ホタテの陸揚げ岸壁，こち

図-4. 3. 3. 2

図-4. 3. 3. 3

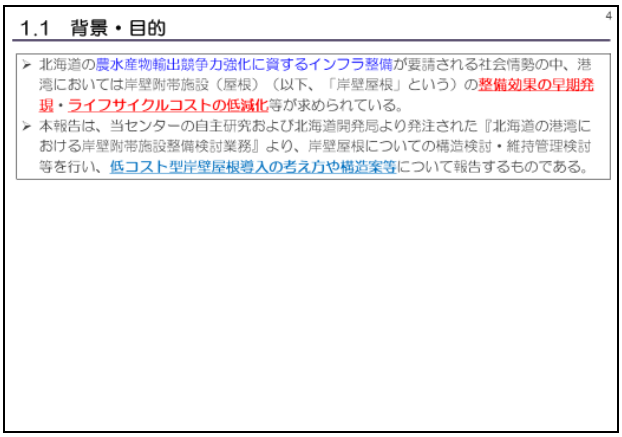


図-4. 3. 3. 4

らは船にクレーンを積んで水揚するというような，大きく2種類ございますので，そのふたつの視点で検討しました．ランニングコストの低減化としては，こちらの屋根材にもいろいろ材質がございまして，材料のコストを抑えるだけではなくて経年的にも早く劣化してしまうような材質もございますので，その辺をLCCと絡めて共用期間50年間でどういう材質のものを組み合わせればコスト縮減に繋がるかという視点で整備しました．その諸々を1年間の業務の中，また自主研究の成果も含めて，エッセンスも入れながら業務の中で技術資料の案という形で作成しております．その題名としまして，「岸壁附帯施設（屋根）コスト縮減化の手引き（案）」としまして作成しております(図-4.3.3.5)．

この手引きです．技術資料を作る上での岸壁屋根の定義として，どういうふうな形のものを考えているのかということです．既存のものですと暴風雪施設ということで後壁があるもの，また側壁があるものがございますが，よりコストを抑える必要最低限のものということで考えますと，まず壁がない状況のものを対象に考えました．そのコスト縮減化の視点として参考となる考え方のメニューということでメニュー出しをしております．そのメニューを元にこれから計画される岸壁屋根を，漁港ごとに地元の方と協同しながら，建設規模を検討できるような，そのベースとなるようなものを考えていこうではないかというところで進めております(図-4.3.3.6)．

既存の岸壁の整備費はどういうところにコストが掛かっているのかということを調べたものです．事例としましては，コスト高となる偏心が大きいもの，張り出しが港内の岸壁から出るような形，水面を覆うような形の構造物だとやはり高上がりにはなってしまっているのが現状でございます．その内訳を示したのが下の円グラフでございます．やはり鉄骨の工事が過半数，48%程掛かっています．次に地業工事とあります．こちらは基礎の部分の工事でございますけれども，こちらが15%．そして防水工事，防水工事は屋根の部分です．そしてユニット工事とありますが，こちらは7%ございますが，防鳥設備です．衛生管理ということで，鳥の羽とか糞とか，そういうものが当たらないように，ワイヤーとか屋根の裏にネット等を張っているのが現状でございます．こちらも割と高上りになっている要素のひとつになっております(図-4.3.3.7)．

こういうことがわかりましたので，特に一番掛かっている鉄骨の工事の部分と地業工事の部分をどのように削る方法があるのかというところの視点でまとめております．その視点ということで，とりあえず項目として，庇とか屋根の高さ，間隔，基礎の構造，材料，施設延長，維持管理，こういう項目ごとにコスト縮減の視点ということで書いてあります．簡単に言いますと，張り出しがなければより部材も小さくなるとか細くなるとかという形ですので，屋根の高さもより低ければ低い程，最低限の高さで許容できれば，基礎への負担も軽減できる．そして柱の間隔は広いに越したことはないかもしれませんが，北海道ですので積雪荷重を考慮するという上では梁部材も小さい方が良い．基礎につきましては，基礎が要らない方法とか，杭基礎のみや，また基礎で地中梁とかというところがかなり現地の

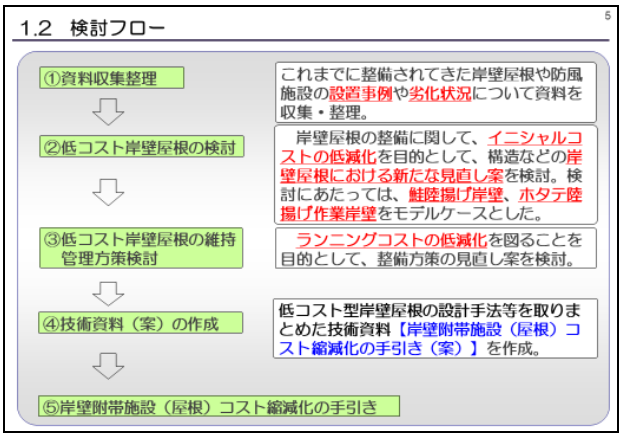


図-4.3.3.5

図-4.3.3.6

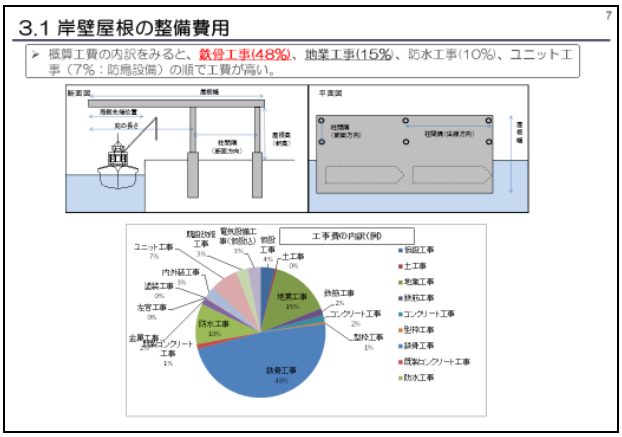


図-4.3.3.7

工事では大変な部分がございますので，それをなくする方法はないのかというところも検討しました．あと屋根材ですが，こちらもより軽量な鉄板屋根とか，そういう部材にすることで，メンテナンス頻度は増えるかもしれませんけれども，トータルで安くなる可能性もあるのではないかという視点です．施設の延長ということでは連続的な屋根が既存の屋根としては多いのですけれども，船を覆う部分だけでも必要最低限ということになりますので，それからまずスタートして，あとは必要に応じて運用できるような視点はないかというところの考え方です．維持管理の部分では先程言った材料の組み合わせで，安価なものだけではなくて耐用年数を含めて検討して，どういう組み合わせが良いのかというところを検討しました(図-4.3.3.8)．

例えば，既存はこういうふうに杭があって地中梁，そしてこれはふたつの断面方向ですが，こちらが岸壁で船が着くところです．屋根がありまして，こういう構造が一般的ではあるのですが，小規模であれば柱が１本でも十分ではないかとか，あとは１本でなおかつ前面を使いたい場合は張り出して吊る方法とか，それでここの横の部材を軽減できるという方法もあります．あとこちらの柱脚非固定という名称を使っていますけれども，ローラー支点で基礎が要らない．固定しておいて必要な時はずらすことができるというアイディアはないかというところの柱脚非固定という案です．あとこちらの方は，例えば必要な時だけ屋根を出して作業をしない時は閉じておくという方法．こちらはちょっと大きな構造物になりますが，積雪地域ということで雪が溜まらない，積雪荷重ゼロにするためには 60° くらいの傾斜があれば，そういうことも可能である(図-4.3.3.9)．

ただ，それぞれのメリットとデメリットがございますので，そちらを整理したのがこちらです．先程の５種類のパターンです．変更案に対して長所と短所をそれぞれ列記しております．例えば１本柱，吊り構造，基礎が要らない柱脚非固定．１本柱と吊り構造につきましては地中梁の延長等，基礎の掘削範囲等も縮小できるというメリットがございます．柱脚非固定，こちらの方も基礎の設置が不要となるため，かなり大幅なコスト減ができるのではないかというところの利点があります．屋根材の非常設とか勾配屋根，こちらは規模としては大きくなりますので，また利用上，非常設であれば利用者さんが毎回開け閉めをしなければいけないという不便な部分もございます．そういう点を総合して見ますと，経費としてどの程度抑えられるかということを出したのがこちらでございます．概算工事費，今までの物に対して，こういう案でどれぐらい掛かるかということを削減率で比較しますと，例えば１本柱ですと，その１本の柱が長大になってしまってコスト的にはそれほど低減できないという結果です．先程のひとつ前に戻りますが，１本柱を中央に４本ということで，必要最低限の地中梁で組み上げることによって構造体としての剛性が増しますので，そうすると費用的には２割ほど安くなるという方法もございます．こちらを検討して行く上で最初は１本柱だったのですけれども，こういう４本柱を中央に配置することで，よりコストが抑えられるのではないかということで追加で検討した内容です．あとはこの吊り構造も 8%程度，

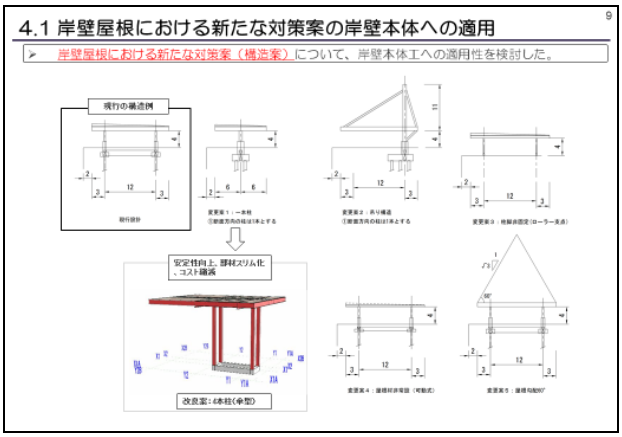


図-4.3.3.9

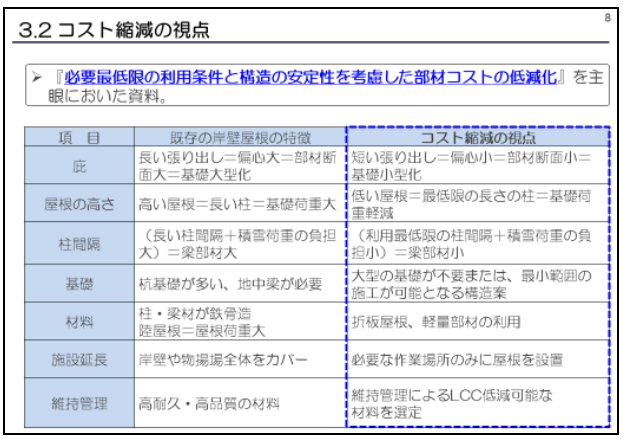


図-4.3.3.8

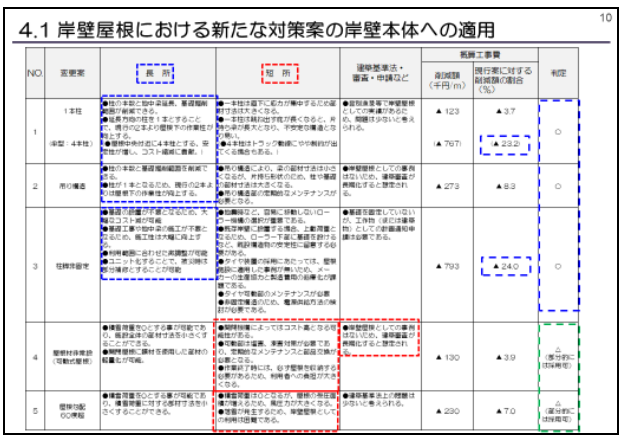


図-4.3.3.10

柱脚非固定は基礎が要らないというところで，かなりのコスト減には繋がる．この３つの案がより有効に働くのではないかというところで検討を進めました．この２つの例も部分的に使用することで有効に働くのではないかということで全く駄目ということではなくて，組み合わせによって活用できる方法もあるのではないかということで，これから説明します(図-4.3.3.9，図-4.3.3.10)．

岸壁にもいろいろ種類がございます．重力式の岸壁とか，矢板構造のもの，そちらの構造と先程の案の一本柱とか柱脚非固定とか，それらの組み合わせになります．なおかつ重力式は上の行でございますけれども，こちらが１本柱の例がこの４つ，それから矢板式の場合，これらを組み合わせてみますと，どれが組み合わせとして良いのかというところを見ました．規模が小さければ，こちらの重力式であれば柱脚非固定がかなり有効な構造案として考えられるのではないかと考えています．ただ，これは今まで例がないものですから，ここに示しましたように，口述しますけれども，構造的に留意点がかなりクリアするべき内容が出てきます．そういうことが課題としてはあります．大型の構造，こちらのホタテの水揚げ岸壁に使用する場合，重力式と矢板式で見ますと，やはり長大ですと柱脚非固定では倒れる危険性がございますので，やはり重力式とか矢板式構造のなおかつ１本柱，こちらがどちらかと言えば現実的ではないかということで判定しております(図-4.3.3.11)．

先程出てきた今まで造られたことはないですけれども，柱脚非固定構造を適用する場合，本当に実現できそうなのかということを検討したのがこちらでございます．岸壁本体の上載荷重としてみなすことができる．では実際，安定的に大丈夫なのかというところで，例えば重力式の岸壁であれば堤体の後ろ側に前の柱を配置し，後ろの陸側の柱も内部摩擦角の外に配置することで，堤体への影響は軽減できるのではないかということで考えております．これをもし実現できれば先程のように 2 割ちょっとのコストが削減できますし，基礎が全く要らないということになりますので，大幅なコスト減に繋がるのではないかと考えられます(図-4.3.3.12)．

先程の柱脚非固定の利点としてまとめたのがこちらです．基礎工事や地中梁の施工が不要となって，これからの農水産物輸出促進という意味合いでは，早期供用効果が大事になりますので，その効果があるのではないかと，この方法もひとつの構造案として考えても良いのではないかということです．また移動が可能な構造です．車輪等がついていますので，そちらの利用実態や必要に応じて，隙間を開けたい場合とか，船の大きさによって一律でない場合は，このユニットの付け方を変えるとか，そういうことが可能ではないかというふうに考えております(図-4.3.3.13)．

これがそのユニットの配置案でございます．例えばここにトラックを入れたい場合，また船の大きさが２種類あるような漁港であれば，こちらの方を５つ連結させて，こちらはそれぞれ使うというような配置もできます．そういうようなことで考えました(図-4.3.3.14)．

先程，まだ実現できていない中でどういう留意点があるのかというところでまとめたものがこちらでございます．

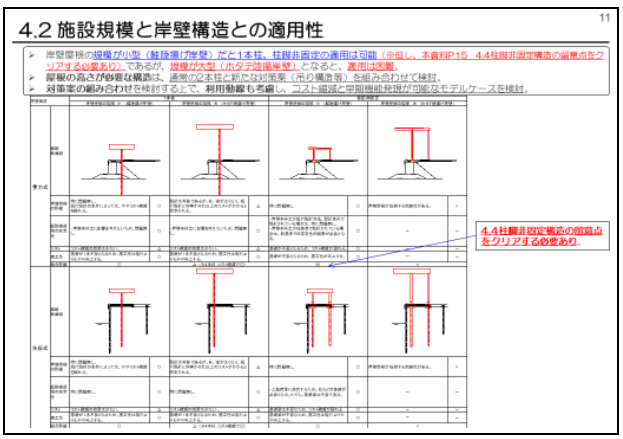


図-4.3.3.11

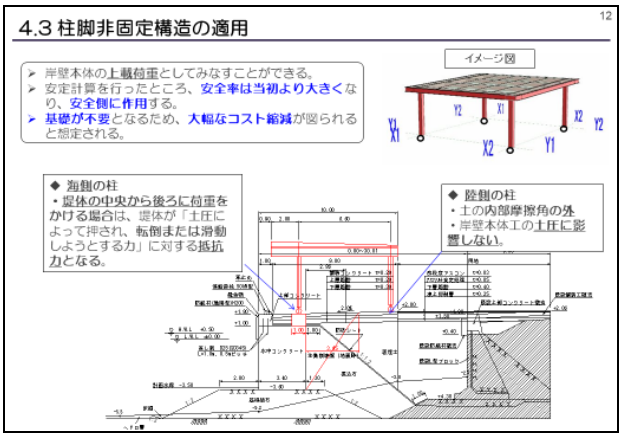


図-4.3.3.12

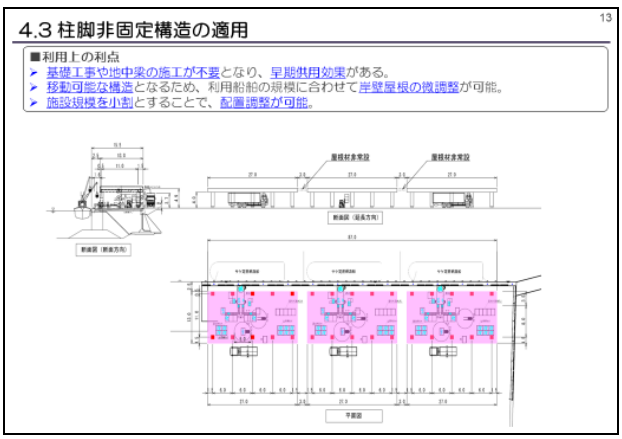


図-4.3.3.13

まず建築基準法上の取扱いです．こちらの柱脚非固定構造を採用する上では審査手続きが必要になってくるのですけれども，建築主事の見解というのが重要になってきます．ここで先程の柱脚非固定が建築物に当たるのか，工作物に当たるのかというところがまずひとつの課題になってくるかと思います．また移動可能な構造ということで，風とかで簡単に動いてはまずいので，その辺は移動式の荷役機械に関連する法令とか，そういうところもちゃんとクリアするという課題が出てきます．当然ストッパー等で動かさない時には利用上の安全面でも対応が必要です．あとは移動ソースとしましてタイヤが良いのかレールが良いのか，そういうところもあります．適用した事例が現時点ではないということなので，その辺はメーカーさんとの協力，特にそこの部分のコストも最初は掛かるかと思いますので，その辺の低廉化という問題もあります．あとは施設規模，あまり大きい柱脚非固定構造ですと，ねじれとか，そういう部分でバランスが取れないという状況もございますので，なるべくひとつのユニット的には小さなものとして考える必要がありまして，先程のサケの岸壁の方に適用が可能ではないかということで考えています(図-4.3.3.15)．

次に屋根が高い構造です．こちらはホタテの陸揚げ岸壁を例にとります．既存のものですと，だいたいこのような形で張り出しが大きくて，ちょっとバランスが悪いような状況もございますけれども，なおかつ柱の間隔が 30mとか，かなりスパンを飛ばさなければいけないということがあります．こういうところで，ただ水産物への雨水等の影響を少なくするためには課題としては多少長くするという場合もどうしてもあって，またクレーンを使いますので屋根が高くなっているのが現状です．延長もかなり長いというところがございます．先程，地業工事が高いと言いましたけれども，こういうふうに H.W.L 以下で地中梁の構造がどうしても必要になってくる．こちら側の工期もそうですけれども，工事費も掛かってくるというような状況が現状でございます(図-4.3.3.16)．

その改良案として考えたのが，先程の 1 本柱とか吊り構造，その辺の案を組み合わせまして，例えば断面方向に 2 本で吊り構造とするもの．こちらが断面図で，こちらが縦断面図です．このように傘のような形で吊って行く．そしてひとつのユニットをエキスパンションジョイントというもので繋ぐことで，隣への影響を極力少なくする．そういうことと，この構造ですと，ここの地中梁が今まで必要だったのですけれども要らなくなるというメリットがご

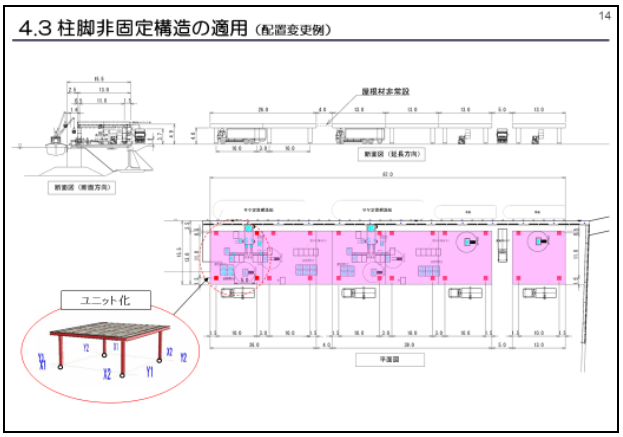


図-4.3.3.14

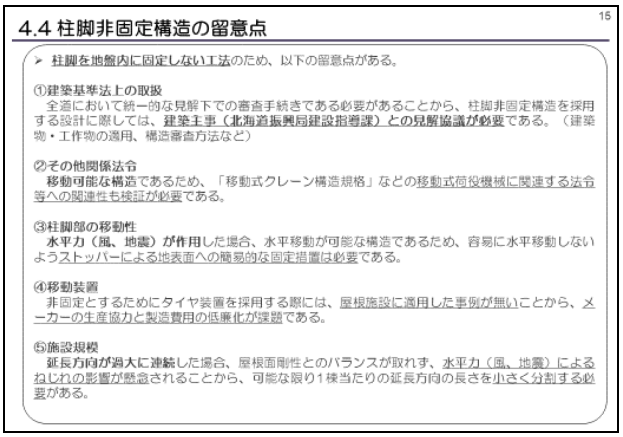


図-4.3.3.15

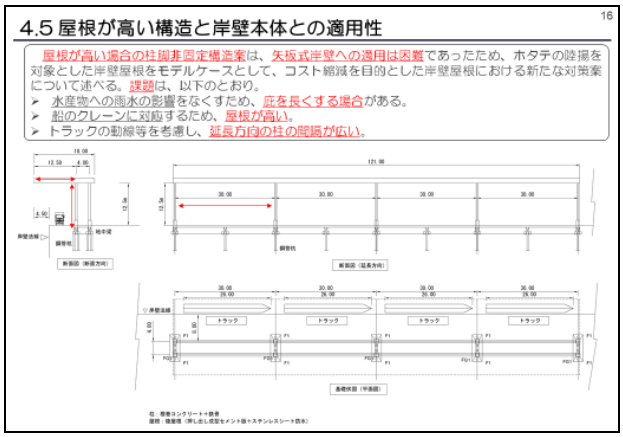


図-4.3.3.16

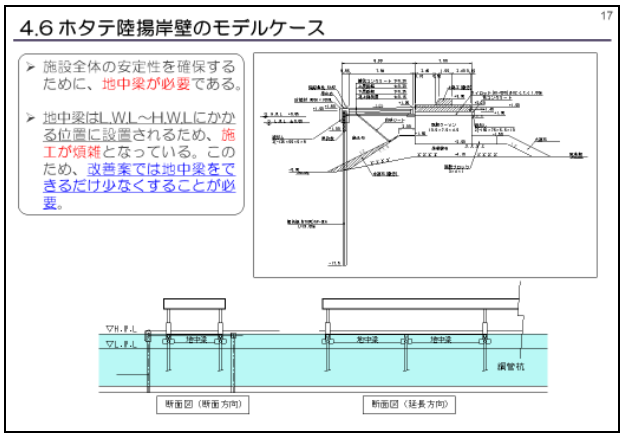


図-4.3.3.17

ざいます．コストの縮減効果はどの程度なのかということを見ますと，地中梁不要の部分で削減できるのですが，吊り構造の上に張り出した部分の部材等を考えますと，それほど大きな効果がないのが現状でございます(図-4.3.3.17)．

それで次に考えたものがこちらでございます．吊り構造ですが，先程，コスト縮減化の視点というところで，必要最低限の場所を追うという点では，ここは離すのですけれども，水揚げする場所，船とトラックの間を確保して覆うということを考えると，かなりコスト的には抑えられるのではないかと考えております(図-4.3.3.18)．

さらに一連のものではなくて，利用状況に応じて，例えばここにカーテンを付けるなり，また先程，構造で 60°の屋根というのがありましたけれども，この部分に付けることで積雪で覆う面積を増やすという効果もございますし，そういう組み合わせでいろいろなアイディアが有効になってくるというところを組み合わせた例です(図-4.3.3.19)．

またさらに水揚げの対象魚種に合わせた組み合わせ事例ということで，今まで出てきた吊り構造とか 1 本柱の構造，また柱脚非固定，こういうものを先程の構造の間に配置するということも組み合わせとして考えることができてくるのではないかということの案でございます．これをすることによって大型船でホタテを揚げる場所と，小型船でサケを揚げる場所ということのゾーンも分けて使うこともできるというようなメリットもあるかと思って考えております(図-4.3.3.20)．

これまでは構造だけを見てきましたけれども，利用上，実際トラックがどういうふうに出入りするかというのはその時々で変わってくるかと思いますが，既存のものですとちょっと輻輳する．例えばここにトラックが停まっていまして，赤い部分のトラックが出て行きたいのに入ってくるものがあるということで輻輳する危険性がなきにしもあらずということです(図-4.3.3.21)．

それを先程の構造ではどういうふうに解消できるかということを見たのがこちらでございます．先程は空間を空けて間に配置する例がございましたけれども，これは上から見た平面図ですけれども，ホタテを水揚げする場合にはトラックが岸壁まで入りまして，これは時間軸で見て頂きたいのですが，ステップ 1 として 1 台入ってきたと．次の時間帯を見ますと，入ったものはもう出て行くと．出て行く時に幌掛け作業等もありますので，この場所で幌掛けが

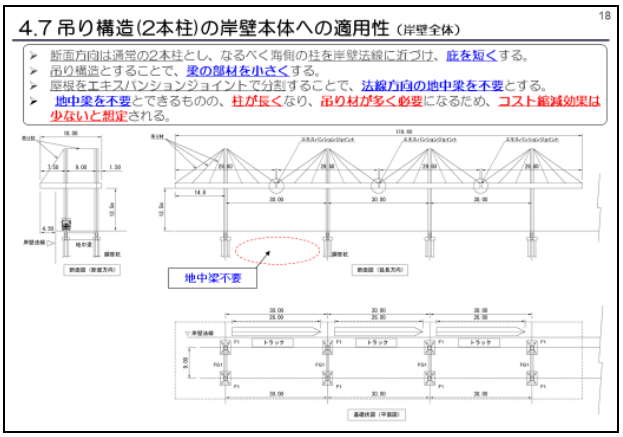


図-4.3.3.18

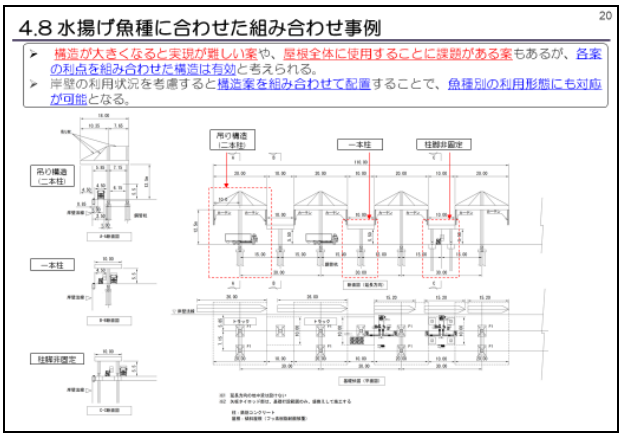


図-4.3.3.20

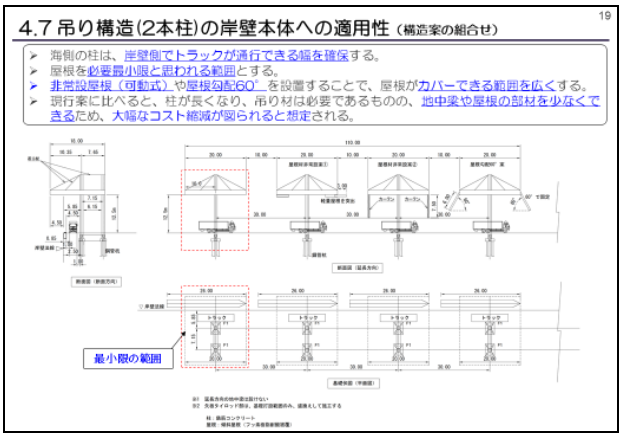


図-4.3.3.19

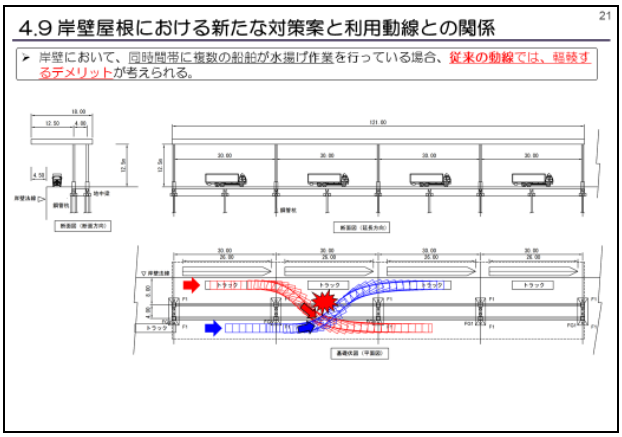


図-4.3.3.21

できる．その間に次のエリアで違うトラックも同時に入って来られる．ステップ 3 としまして，この幌掛けしたトラックが出て行く．こちらに入っていた水揚げした 2 台目のトラックはここで幌掛けができるということで，このように分けることで輻輳を回避できるのではないかという案でございます．こういうメリットも出てくるということです(図-4. 3. 3. 22)．

これまでは構造案を示しましたが，次に維持管理のコストの方を簡単に説明したいと思います．陸屋根と呼びます水平面の屋根がありまして，傾斜がなくて平らな屋根でございます．こちらはやはり重くなりまして部材としても高上りになっている状況です．一方，軽い折板を使った傾斜屋根，こちらは傾斜がある分，水が流れる構造で，また落雪とかもあるのですがコスト的には安く上がるというような状況でございます(図-4. 3. 3. 23)．

それぞれ防水の陸屋根形式，先程の左側の陸屋根形式，こちらのコストを抑えるためにはどういう部材を使えば良いかというところで比較しますと，単純にコストだけ見ますとアスファルト防水というものが一番安くなります．これは比で出しておりますけれども，15 年程度の耐用年数．次に折板を見ますとガルバリウム鋼板という，こちらの方が一番安い．ただし，こちらの方は耐用年数が短いということがあります(図-4. 3. 3. 24，図-4. 3. 3. 25)．

価格だけで見ますと今の 2 種類なのですが，耐用年数を含めて LCC を出したものがこちらでございます．これを見ますと当然，折板の方が安く上がります．その中でもフッ素樹脂耐酸被膜というのが最終的な LCC を 50 年で見た場合には一番安く上がるという結果になります．これが利用上可能であれば，こういう組み合わせ．また予算に応じては陸屋根でなければいけないという現象の状況であれば，

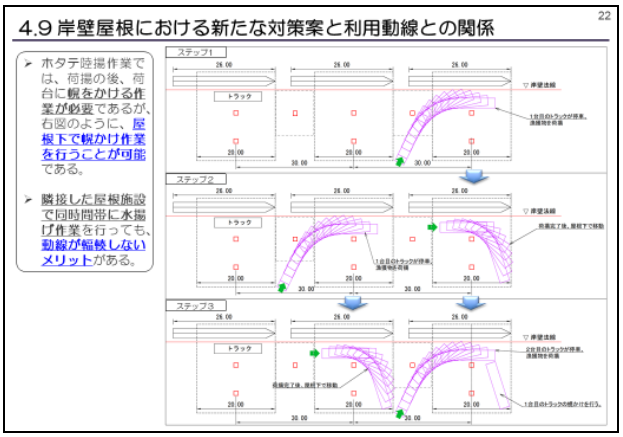


図-4. 3. 3. 22

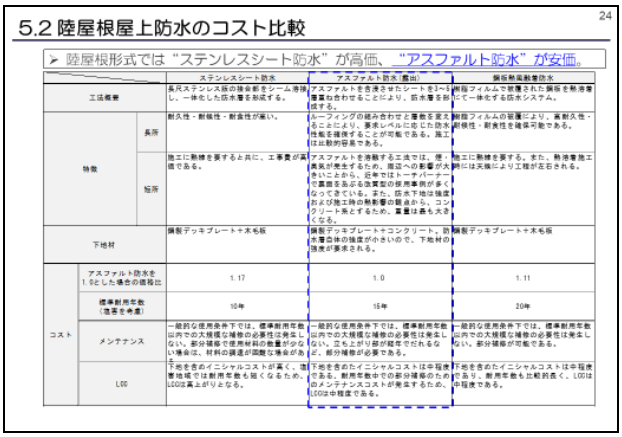


図-4. 3. 3. 24

図-4. 3. 3. 23

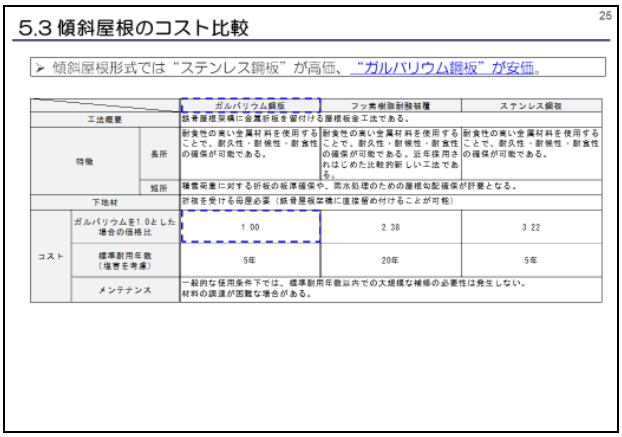


図-4. 3. 3. 25

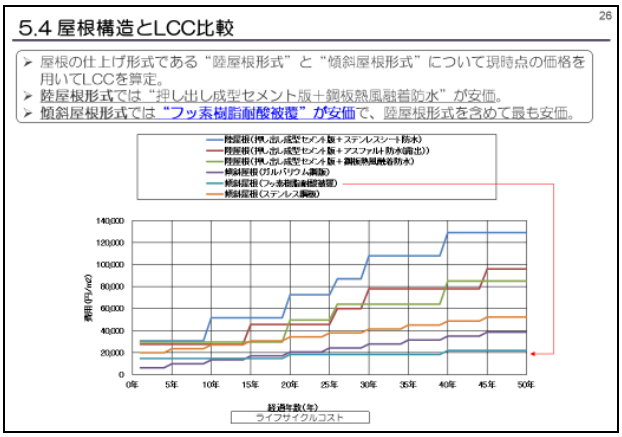


図-4. 3. 3. 26

こちらの鋼板熱風融着防水というのが一番安価になります．この緑のラインです．こういう利用状況に応じて陸屋根か傾斜屋根か選択して頂いて，その中でもこういう組み合わせによってトータルでコストを抑える方法もあるというところの例でございます(図-4.3.3.26)．

ちょっと駆け足でしたが，今までの内容を技術資料としてまとめまして収めております．その構成としては，まず概要，この中で特徴的なところは，コスト縮減の視点の項を入れているというところです．あとは通常通り，計画，設計，材料，施設管理とありますが，その中でもうひとつの視点としまして構造案の組み合わせ，ひとつの構造だけでやる部分もあるのですが，魚種に応じた組み合わせのメリットというところの案も先程の絵を含めて，この技術資料の方にまとめております(図-4.3.3.27)．

最後になりましたが，この技術資料を国土交通省さんの北海道開発局港湾建設課の方に収めておりまして，単年度の業務でございましたが，１年で技術資料としての案をまとめることができました．それを元に，現地の各港の方で参考にして頂きまして，有効活用して頂きたいというところであります(図-4.3.3.28)．

以上になります．駆け足で聞きづらい部分もございましたが，ご清聴ありがとうございました．

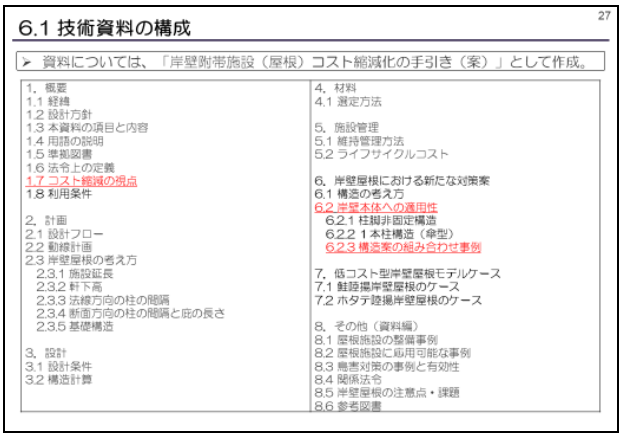


図-4.3.3.27

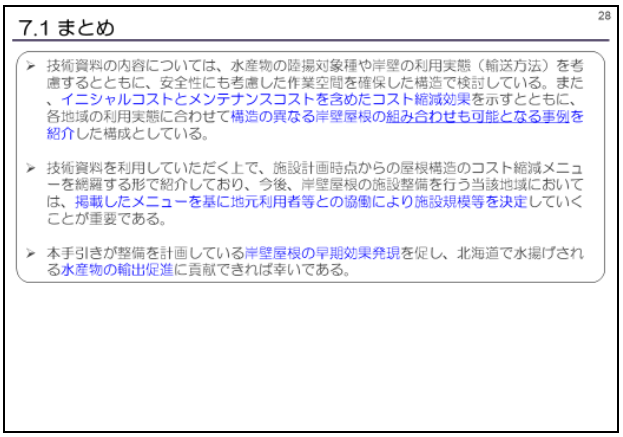
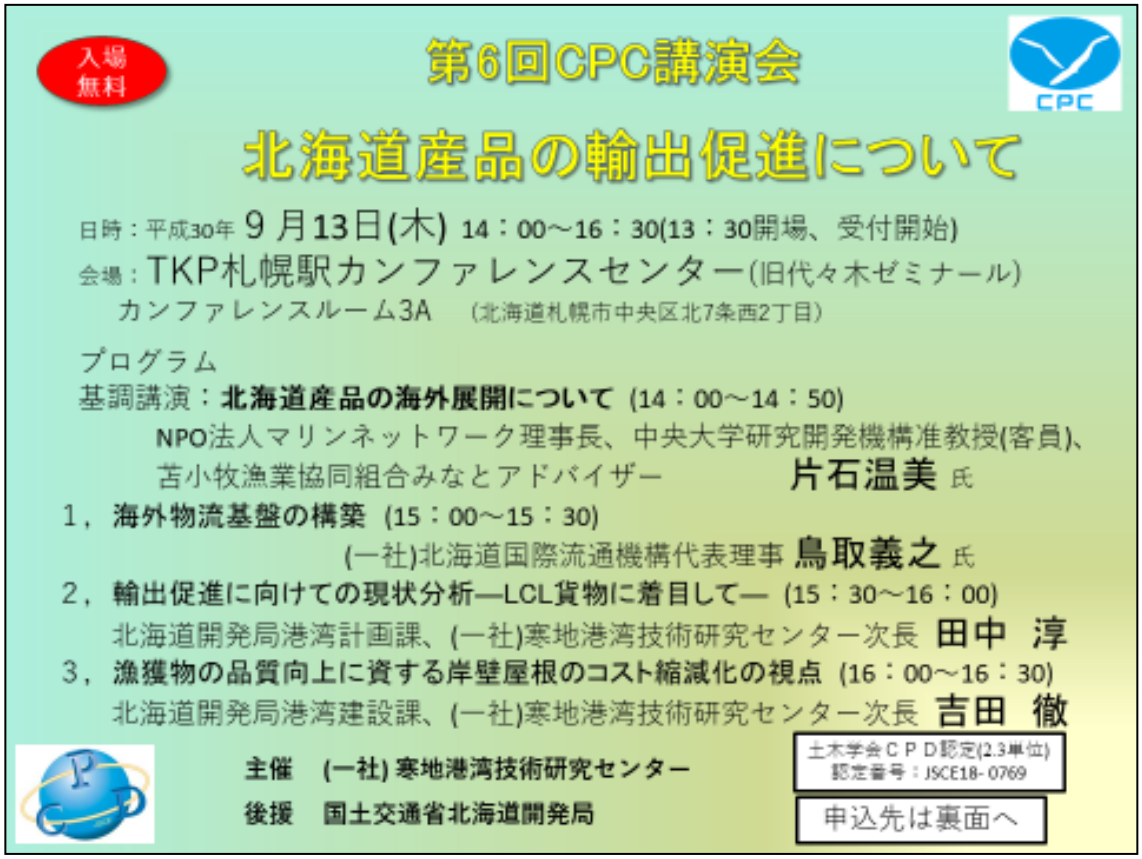


図-4.3.3.28

付録Ｅ　第６回 CPC 講演会　開催案内



入場
無料

第6回CPC講演会

CPC

北海道産品の輸出促進について

日時：平成30年 9 月13日(木) 14：00～16：30(13：30開場、受付開始)

会場：TKP札幌駅カンファレンスセンター(旧代々木ゼミナール)
カンファレンスルーム3A　(北海道札幌市中央区北7条西2丁目)

プログラム

基調講演：**北海道産品の海外展開について** (14：00～14：50)
NPO法人マリンネットワーク理事長、中央大学研究開発機構准教授(客員)、
苫小牧漁業協同組合みなとアドバイザー　**片石温美** 氏

1，**海外物流基盤の構築** (15：00～15：30)
(一社)北海道国際流通機構代表理事 **鳥取義之** 氏

2，**輸出促進に向けての現状分析―LCL貨物に着目して―** (15：30～16：00)
北海道開発局港湾計画課、(一社)寒地港湾技術研究センター次長 **田中　淳**

3，**漁獲物の品質向上に資する岸壁屋根のコスト縮減化の視点** (16：00～16：30)
北海道開発局港湾建設課、(一社)寒地港湾技術研究センター次長 **吉田　徹**

主催　(一社) 寒地港湾技術研究センター
後援　国土交通省北海道開発局

土木学会ＣＰＤ認定(2.3単位)
認定番号：JSCE18-0769

申込先は裏面へ

第6回CPC講演会「北海道産品の輸出促進について」申込書(FAX、郵送用)
9月7日(金)までにお申し込みください
FAX番号　011-747-0146

氏　名	所　属	電　話	CPD受講証明
			必要・不要
			必要・不要
			必要・不要
			必要・不要
			必要・不要

※本講演会は土木学会によるCPD学習プログラムの認定を受けています。
認定番号：JSCE18 -0769　単位数：2.3単位

申込・お問合わせ先
(一社)寒地港湾技術研究センター　犬塚
〒001-0011　札幌市中央区北11条西2丁目2-17セントラル札幌北ビル５階
Tel：011-747-1688
Fax：011-747-0146

付録Ｆ　第６回 CPC 講演会　写真

NPO 法人マリンネットワーク
理事長　片石 温美 氏

北海道国際流通機構
代表理事　鳥取 義之 氏

ＣＰＣ次長
田中 淳

ＣＰＣ次長
吉田 徹

5. 平成 30 年度 CPC 技術講習会（留萌会場）

5.1 主催者挨拶

北原 繁志（(一社)寒地港湾技術研究センター部長）

皆さん、こんにちは。私、寒地港湾技術研究センターの北原と申します。どうぞよろしくお願いします。本来であれば、当センター理事長の笹島がご挨拶すべきところなのですが、所用があり本日出席できませんでした。代わりに私からご挨拶を申し上げます。

さて、今年は非常に自然災害多い年で、この留萌管内でも 7 月の大雨被害がありました。また今月上旬には地震災害が記憶に新しいところです。皆さんの中にもそれらの災害の復旧・復興に取り組んで方が多々いらっしゃるかと思います。そのような中、本日の講習会に出席頂きまして誠にありがとうございます。

本日の講習会は、「北海道産品の輸出促進について」と題して、3 編の講演を予定しております。北海道国際流通機構の鳥取代表理事には大変お忙しいところ基調講演を引き受けて頂きました。本当にありがとうございます。また当センターからは、吉田次長と田中次長がプロポーザル業務の成果と自主研究の成果を取りまとめて皆様に発表する予定としております。

本日の講習会が皆様にとりまして、良い一日であることを祈念致しまして、私の挨拶とさせて頂きます。どうもありがとうございました。

5.2　基調講演

「海外物流基盤の構築」

（一社）北海道国際流通機構 代表理事　鳥取 義之 氏

「4.3　成果報告（1）「**海外物流基盤の構築**」と内容が同じことから略

5.3　成果報告

(1)「輸出促進に向けての現状分析－LCL 貨物に着目してー」

CPC 第 1 調査研究部次長　田中 淳

「4.3　成果報告 (2)「**輸出促進に向けての現状分析－LCL 貨物に着目してー**」と内容が同じことから略

(2)「漁獲物の品質向上に資する岸壁屋根のコスト縮減化の視点」

CPC 第 2 調査研究部次長　吉田 徹

「4.3　成果報告 (3)「**漁獲物の品質向上に資する岸壁屋根のコスト縮減化の視点**」と内容が同じことから略

付録Ｇ　平成 30 年度 CPC 技術講習会（留萌会場）　開催案内

平成30年度CPC技術講習会（留萌会場）「北海道産品の輸出促進について」申込書
（FAX、郵送用）

9月21日(金)までにお申し込みください

FAX番号　011-747-0146

氏　名	所　属	電　話	CPD受講証明
			必要・不要
			必要・不要
			必要・不要
			必要・不要
			必要・不要

※本講演会は土木学会によるCPD学習プログラムの認定を受けています。
認定番号：JSCE18 -0885　単位数：1.8 単位

申込・お問合わせ先
(一社)寒地港湾技術研究センター　犬塚
〒001-0011　札幌市中央区北11条西2丁目2-17セントラル札幌北ビル５階
Tel：011-747-1688
Fax：011-747-0148

付録Ｈ　平成 30 年度 CPC 技術講習会(留萌会場)　写真

北海道国際流通機構
代表理事　鳥取 義之 氏

ＣＰＣ次長
田中 淳

ＣＰＣ次長
吉田 徹

6. ザ・シンポジウムみなと in 石狩

6.1 主催者挨拶

笹島 隆彦（ザ・シンポジウムみなと実行委員会委員長）

「ザ・シンポジウムみなと」は北海道の港の役割，道民の生活との関わりを探るシンポジムとして毎年開かれています.

まずは今年９月の北海道胆振東部地震で被災された方々にお見舞いを申し上げるとともに，一日も早い復旧，復興をお祈りいたします. この地震では道内全域が停電するブラックアウトが発生し，道民生活にとって電気がいかに大切かということを痛感されたと思います. もし，こうした災害が冬に起きると，暖房やエネルギー供給などの問題が深刻化することが予想され，より不安を感じる方が多いと思います.

そこで，今回のシンポジウムは電気やガス，灯油，ガソリンといったエネルギーと道民生活，そして港との関係をテーマに決め，道内で最もエネルギー関連への投資が進んでいる石狩湾新港を擁する石狩市での開催となりました.

本日は女優・タレントであり，北海道在住の千堂あきほさんとフリーアナウンサーの野宮範子さんとの対談で幕を開けます. 兵庫県尼崎市出身の千堂さんは，阪神淡路大震災で被災されたご両親やご友人の体験から，避難所生活に必要な物資を事前に準備されていたため，今回の地震でも落ち着いて対応されていたそうです. その一方で，北海道には大きな地震や台風は来ないから大丈夫，と思われていた同居するご主人のご家族との意識の差を感じたと聞いています.

続く基調講演では，次世代エネルギーとされる再生可能エネルギーの第一人者である北海道大学の近久武美教授にご講演いただきます. 港とエネルギーの関わりだけでなく，市民生活との関係やエネルギーの今後についてもお話しいただきます.

パネルディスカッションでは北海道のエネルギー供給における港の役割をテーマに，千堂様，野宮様，近久様に加えて，地元の田岡克介石狩市長，エネルギー供給事業者として北海道電力の木元伸一部長とグリーンパワーインベストメントの幸村展人専務執行役員にも議論に参加していただきます.

最後に，開催にあたり地元の石狩市をはじめ，行政機関，経済団体，報道関係など多くの方々のご支援とご協力をいただきました. この場をお借りして，心から感謝申し上げます.

本日のシンポジウムがご参加いただいた皆さま方にとって有意義なものとなることを願いまして，開会の挨拶に代えさせていただきます. 本日は大いに楽しみながら学んでいただければと思います.

6.2　開催地代表挨拶

石狩市長　田岡 克介 氏

エネルギーが大きな問題になってきている昨今，このようなタイムリーなテーマのシンポジウムを石狩市で開催していただけますことを笹島委員長をはじめ，ご参加いただいた皆さまに対し，市を代表して感謝申し上げます．

石狩湾新港は海と陸を結ぶ北海道の新しい物流・輸送の結節点として開港しました．そのため，当初はエネルギーという視点は持ち合わせていませんでした．社会情勢や時代のニーズに対応するには，港湾の役割も変化を求められています．札幌市を含む大規模な人口圏を擁する石狩湾新港は当然，その変化に対応していかなければならないと考えています．

本日のシンポジウムではエネルギー問題の行方，それに伴う港の役割とは何か，そして港の将来像について，私自身楽しく考えながら参加させていただきたいと思っています．社会や経済に目を向けると，今はエネルギーの問題だけではなく，さまざまな局面で社会全体が分岐点に立っていると思います．会場の皆さま方にはこのシンポジウムで，社会が抱える課題や新たな視点からの提案など有意義な情報をお持ち帰りいただけましたら幸いです．

近年は，国が主導して分散型エネルギーを推進しています．自給自足型，地産地消型のエネルギー問題が提起されており，各自治体でも近々に取り組むべき重要な課題になっています．

私たちにとって最大のテーマは，再生可能エネルギーが日本のエネルギー供給の主役になれるのかということです．地球温暖化という世界規模の問題に対し地方自治体はどう対応すべきか．今回のシンポジウムは，地方の小さな自治体である石狩市がその問題への対応を考える機会になり，そして私たちの取り組みが他の自治体に与える影響についても考えてみたいと思います．

最後に，今回のシンポジウムを開催された関係者の皆さま，ご参加いただいた皆さまに厚く御礼を申し上げまして開催地の挨拶とさせていただきます．ありがとうございました．

6.3　記念対談「移住して感じた北海道の魅力」

ゲスト　女優・タレント　千堂 あきほ　氏
聞き手　フリーアナウンサー　野宮 範子　氏

○野宮　千堂さんは，北海道に移住して何年になりますか.
○千堂　2011 年に来たので 7 年になります.
○野宮　石狩市との関わりはありますか.
○千堂　夏に海に遊びに来ることが多いですね. 子どもたちとサケのつかみ捕りイベントに参加したこともあります.
○野宮　冬道を歩くのは慣れましたか.
○千堂　最初は大変でしたが，今では子どもが乗ったソリを引いて買い物に行けるようになりました.
○野宮　千堂さんは，どのような経緯で北海道に移住したのですか.
○千堂　高校卒業後に上京し，12 年ほど東京で芸能生活を送りました. その後，結婚を機に私の出身地である関西で暮らしていましたが，下の子どもの出産前に，夫の実家がある北海道で出産するのもいいかなと思うようになりました. 出産後には帰るつもりが，そのまま居座ってしまいました.
○野宮　最初は一時的な滞在を考えていたのですね.
○千堂　そうです. 出産後，しばらく義母に子育てなどを手伝ってもらったら，また兵庫に戻る予定でした. しかし，北海道の暮らしがあまりにも心地よく，離れられなくなってしまいました.
○野宮　北海道の魅力はどんなところですか.
○千堂　まずは空気です. 家のドアを開けた時の空気の新鮮さに驚かされました. 東京や関西とは全く違います. また，蛇口をひねると冷たい水が出ることも驚きでした. おいしい空気と冷たい水がある北海道なら，一から子どもたちと人生を積み上げていくのもいいかな，と考えるようになりました.
○野宮　空気や水は人間が生きていくには欠かせないものですね.
○千堂　北海道は食材の宝庫. 豊かな食材も見逃せません.
○野宮　空気，水，食材ですね. 他にはどのような魅力がありますか.
○千堂　実は自然やアウトドアが大好きで，東京にいたときも一人で田舎に釣りに行っていました. ですから，いつかは北海道で自然に親しみながら暮らしたいという願望を持っていました.
○野宮　子育ての環境としてはどうですか.
○千堂　歩いて数分のところに，子どもが思い切り走り回れる広い公園があるのは初めての経験でした. 冬場はソリ遊びで楽しめます. こうした環境は子どもの体力づくりという点で大切です.
○野宮　お子さんは，千堂さんよりも北海道に詳しいのではないですか.
○千堂　実は，下の子どもは石狩市で出産しましたが，石狩市がどこにあるのか見当がつかないほど，北海道のことを知りませんでした. ですから子どもたちが学校で学んできたことを聞いて，「北海道ってそうなんだ」と言うと，長女に「こんなことも知らないの，小学校で習わなかったの」と言われます. まだまだ，子どもたちに北海道のことを一つ一つ教わっている状況です.
○野宮　着実に道民になられているようで微笑ましいですね. 千堂さんは兵庫の出身ですが，ご両親が阪神淡路大震災で被災されたと聞いています.
○千堂　当時，私は東京にいましたが，朝，テレビをつけたら神戸の街並みが燃えている映像が流れていました. 親とは連絡が取れず，最初は何が起きたのか全く分かりませんでした. 震災時は仕事が忙しく，発生 1 週間後にようやく実家に戻ることができましたが，子どもの頃に見て育った光景が何一つ残っていない現実にショックを受けました. 私が北海道に来たのは，東日本大震災が起きる直前の 2011 年 2 月. 北海道も揺れましたが，それでも震災の当事者ではありませんでした.
○野宮　北海道は本州と比べ地震は少ないというイメージでしたか.
○千堂　恥ずかしながら，そう思っていました. 義母からは地震も台風もないと聞いていましたし，少し甘く見ていたところはありました.
○野宮　9 月 6 日に北海道胆振東部地震が起きた時は，自宅にいたのですか.
○千堂　私はいつも子どもたちと川の字になって寝ていますが，揺れを感じた途端，すぐに子どもたちの上に覆い被さりました. その後，玄関までの動線が安全かを確認しました.
○野宮　揺れの後に大停電が発生しました. 復旧まで，千堂家はどう過したのでしょうか.
○千堂　電気が消えて明け方になるまでの時間が，とても長く感じました. 準備していた懐中電灯を使って，最初にしたことはラジオをつけたことです.
○野宮　ラジオがあったのですか.
○千堂　たまたま 1 週間前に娘が工作でラジオを作っていたのです. 暗闇の中，寝室の近くに置いてあったのを見つけ，「ラジオがあった！」と喜びながらスイッチを入れました. 娘のラジオが大切な情報源になりました.
○野宮　食料や水はどうしたのですか.
○千堂　阪神淡路大震災の時の経験を親や友人から聞い

ていたので，あらかじめ食事や消耗品などを準備していました．家族５人が１週間程度は生活できるだけの物資が入ったボストンバッグをベッドの下に置いてあります．玄関までの動線が確保できており，最低限ですが避難所生活で必要なものも揃っていたので，それほど慌てずに過ごすことができました．

○野宮　今回の震災や停電を経験して，どのようなことを感じましたか．

○千堂　皆さんも同じだと思いますが，電気のありがたさです．普段は何気なく使っていますし，あるのが当たり前の存在．口では「節電しよう」と言っても，長続きしたことはありません．しかし，今回の停電で「明かりがある生活は本当にありがたい」と実感しました．

○野宮　最後に，このシンポジウムのテーマである港に対してどのようなイメージがありますか．

○千堂　夏に海を楽しむところ，というイメージがあるくらいですが，私が知らないだけで港にはさまざまな魅力や役割があると思います．北海道には食やエネルギーなどの面で高い可能性があります．港も同じような可能性を秘めている存在だと思います．

○野宮　ぜひ，これからも北海道ブランドの発信者としてご活躍ください．

○千堂　ありがとうございます．頑張らせていただきます．

6.4　基調講演「次世代のエネルギー供給における石狩湾新港の役割」

北海道大学工学研究院 エネルギー環境システム部門
特任教授　近久 武美　氏

本日は，再生可能エネルギーを中心とした次世代エネルギーについてお話しします．

最初に石狩湾新港のポテンシャルついて説明します(**図 1**)．札幌に隣接していることや高い風力発電の潜在力があること，電力貯蔵・水素製造などに有利であること，また，さまざまな産業集積も期待でき，それによる高い電力・熱需要があることなど，石狩湾新港は将来のエネルギー基地としての条件がそろっています．既に火力発電所もあり，エネルギー基地として非常に有力だと思います．

なぜ今，エネルギーがクローズアップされているか．近年は異常気象が続いており，集中豪雨が頻繁に起き，北海道でも竜巻が発生しています．地球環境が変化していることは間違いありません．過去 1000 年の地球の平均気温の変化をみると，全体的に低温化の傾向にありましたが，約 150 年前から急に上昇しています．

その原因は，私たちがエネルギーを得るために化石燃料を燃焼した結果発生する CO2(炭酸ガス)の増加にあります．太陽光は波長が短いため，地球を覆う CO2 などの層を突き抜けて地表に到達しますが，逆に地表から放射される熱は波長が長いため，層が吸収し，その一部は跳ね返されて地球に戻ります．これが地球温暖化のメカニズムです．

温暖化対策でよく聞くのが，「木を植えましょう」という方法．植林自体は間違いではありませんが，十分ではありません．木は CO2 を吸収し，その半分を酸素にして大気に戻してくれますが，木が朽ちて地中で分解すると，残った半分の CO2 が大気に漏れ出してしまいます(**図 2**)．ですから，森を増やすことは大切ですが，それだけでは抜本的な解決策にはなりません．

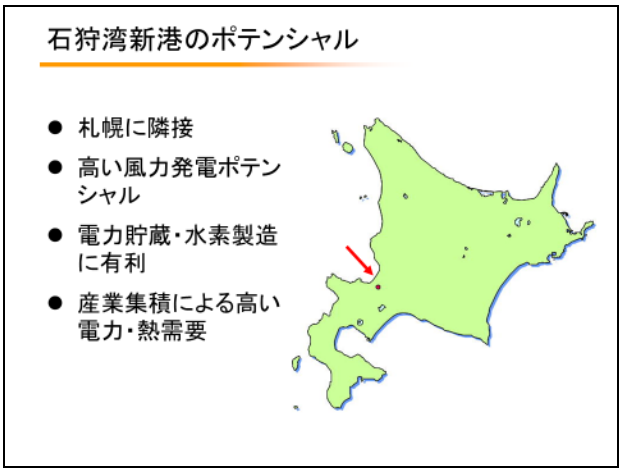


図 1

アメリカ元副大統領でノーベル平和賞受賞者のアル・ゴアさんが主演し，世界各地の環境問題を記録したドキュメンタリー映画「不都合な真実」の中には，こんな言葉があります．「沸騰しているお湯にカエルが飛び込むと，カエルは次の瞬間お湯から飛び出す．しかし，同じカエルを生温かい水の入った鍋に入れて沸騰するまで少しずつ温度を上げていくと，ただじっと座っているのだ．同じ危険があるというのに」．まさに今，人類が直面している危機を端的に表した言葉です．

では，どうすればいいのか．CO2 を出さない方法は大きく分けて，原子力発電と再生可能エネルギーの 2 つしかありません．原子力発電は確かに良い面があります．CO2 を出さない，海外から高い燃料を購入せずにエネルギー生産が可能などさまざまなメリットはありますが，大きな問題が 2 つあります．1 つは安全性，もう 1 つは放射性廃棄物です．

もう一方の再生可能エネルギーには，それで本当に社会を維持できるのかという疑問があります．これについては後で詳しく説明します．今までの内容をまとめます．地球温暖化が進むと，砂漠化が世界規模で進行し，大型自然災害の発生や生物の大量死滅が始まるといわれています．人為的温暖化を疑う意見もありますが，エネルギーと食料の制約から，2030 年ごろに人類は大きな危機に直面すると考えられています．人類が生き延びるには，気温上昇を抑えるしか方法はありません．

では，次に再生可能エネルギーについてお話しします．気になるのは，再生可能エネルギーの使用でどれだけ CO2 排出を抑えることができ，その場合の社会コストはどうなるのか，という点です．それらの疑問について解析した結果を紹介します．

解析モデルの対象地域は北海道で，期間は 2010 年～2050 年までの 40 年間，人口は 2050 年までに 3 割程度が

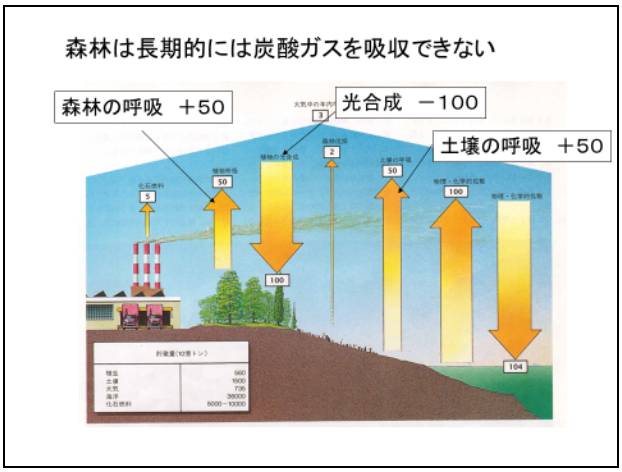


図 2

減少すると想定しました．また，将来の金銭価値を現在価値に割り引く値は 3%に設定しました．

これは 2050 年までの積算 CO2 排出量について，条件を 5 段階に分けて解析した結果です(**図 3**)．横軸が時間で，縦軸は北海道の CO2 の年間排出量を表します．何も対策を講じずに，これまでと同様な条件とした場合を示したのが一番上の線．人口は多少減り技術も発達するので，排出量は 2030 年あたりから少し減ります．これをベースに，積算 CO2 排出量の削減率を 10%に設定したのが上から 2 番目の線，20%が 3 番目，30%が 4 番目です．ところが，いくらコストをかけても 40%の CO2 削減はできず，38%ぐらいで限界に達してしまいます．

CO2 削減に社会コストがどの程度要するのかを解析すると，20%程度の削減であれば社会コストの増加は 3%程度で済むことが分かります(**図 4**)．つまり，約 20%程度なら，それほどお金をかけずに削減できるといえ，この際の 2050 年における 2013 年比の CO2 削減率は 48%程度となります．

次に，どの分野の CO2 が減るのかを説明します(**図 5**)．条件設定を厳しくすると，民生(家庭と業務)部門の CO2 排出量はかなり減ります．ところが，運輸部門はなかなか減らず，産業部門も一定を超えると減り方が鈍くなります．産業部門には，製鉄・製紙などどうしても CO2 を出してしまう業種があるので，これからは運輸部門の CO2 排出量をいかに抑制するかが重要といえます．

話をまとめます(**図 6**)．低コストで CO2 を減らすには，早期に CO2 削減に有効な設備を導入した方が効果は大きくなります．解析期間を 2010 年～2050 年までとすると，積算 CO2 排出量は削減率 20%までだと容易に減りますが，投入コストを増やしても 38%超にはできません．

また，CO2 総量の削減制約を与えると，風力や太陽光による発電が増え，電力部門の CO2 排出量が減り低炭素化が大きく進みます．この効果は特に民生部門に波及し，低炭素化を促します．しかし，製鉄などを含む特定産業部門では CO2 が排出され続け，運輸部門の低炭素化は十分に進みません．

ここからは再生可能エネルギーの効果に関する解析結果を紹介します．道内を 4 地域に区分し，風力発電を 20 カ所，太陽光発電を 10 カ所設置すると想定(**図 7**)．そし

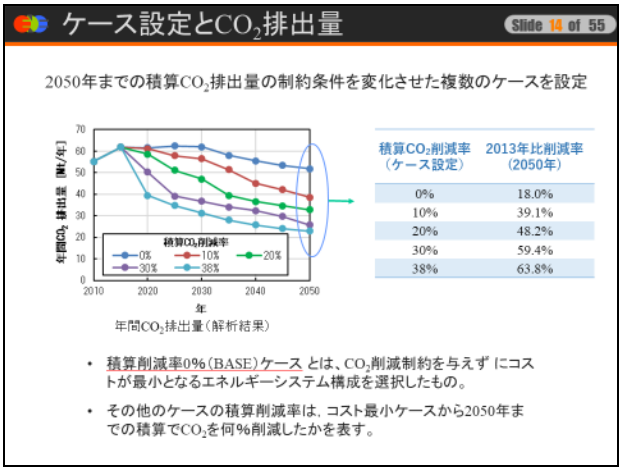


図 3

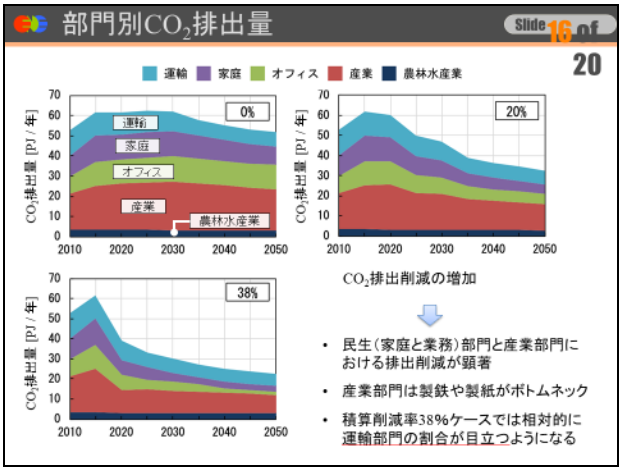


図 5

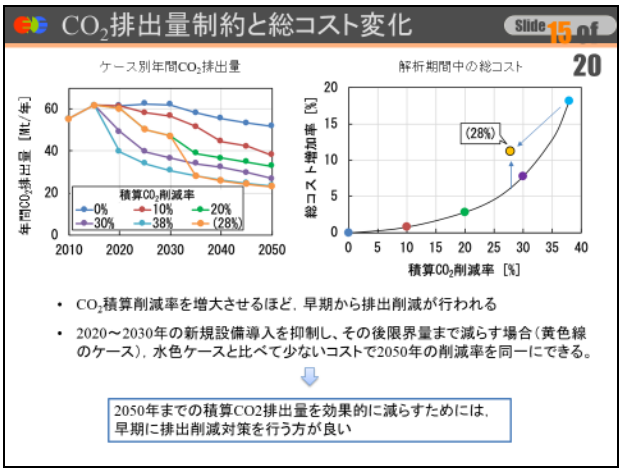


図 4

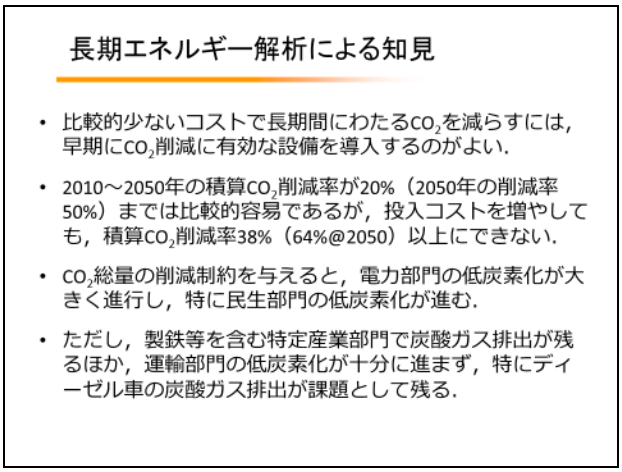


図 6

て，地域間を結ぶ電力系統は現在と同じで，これを超える電力の送電はできないという制約条件下のもと，2014 年の詳細な 1 時間間隔の風力，太陽，需要データに対して解析しました．

再生可能エネルギー導入による総コストの変化については，今のままで何も対策を講じない場合が一番上の線，送電線を太くし増強した場合が 2 番目の線，蓄電池を導入した場合が 3 番目の線，送電線を太くし蓄電池も導入した場合が 4 番目の線です(図 8)．電力消費の 50%程度までを風力や太陽光で賄うのであれば，社会コストはそれほど上昇しません．再生可能エネルギーを増やすと，電気代はかなり上がると危惧する人が多いと思いますが，実際はそうではないことが分かります．

今までの内容をまとめます(図 9)．経済産業省資源エネルギー庁による 2030 年のコスト推計値を用いた場合，再生可能エネルギーの割合が 50%程度までは余剰電力の発生は少なく，社会コストの増加もわずかです．また，再生可能エネルギーの大量導入時の余剰電力発生によるコスト上昇は，蓄電池の導入あるいは送電線の増強を適切に組み合わせることでかなり抑制することが可能です．この余剰電力を用いて水素を製造し，運輸部門で利用することが社会コストや利便性の点で望ましいこと，それによって再生可能エネルギーが主体となった社会の形成が可能であると考えます．

再生可能エネルギーで生じた余剰電力で水素を製造する技術開発が進んでいます．その水素を消費地に陸上輸送する場合のコストについて考えてみます(図 10)．例えば石狩で製造した水素をスタンドなどに輸送する場合，水素の価格がいくらなら利益が出るのかを試算すると，1Nm3 当たり 25 円以上となります．この価格が高くなるほど，曲線上を上に移動し，余剰電力の有効利用が進みます．圧縮水素を輸送する場合，70 km 圏内であればコストは低く抑えられますが，それ以上の距離になると液化水素が有利となります．液化水素で輸送する場合には距離による差がほとんどなくなります．

輸送ではなく高圧電線を活用すると，どうなるのか(図 11)．稚内の余剰電力を電線で石狩まで送り，石狩で水素製造をする場合と，道央の余剰電力を石狩に送った場合を

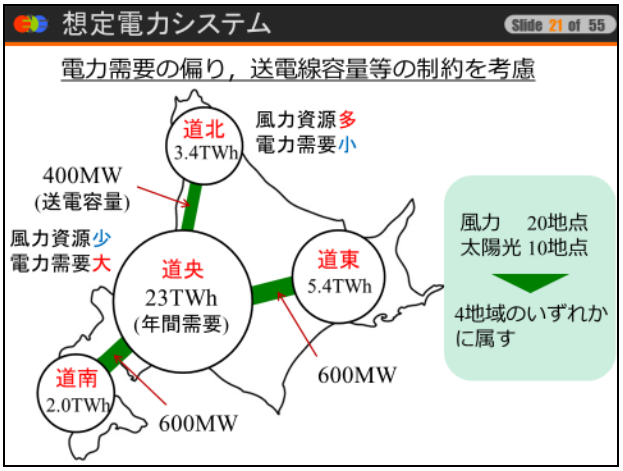


図 7

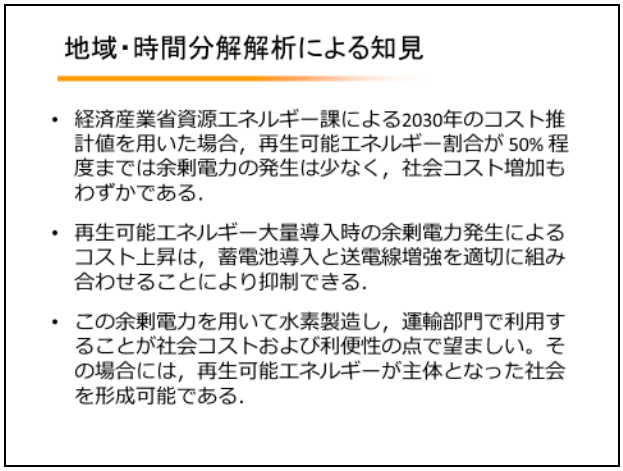


図 9

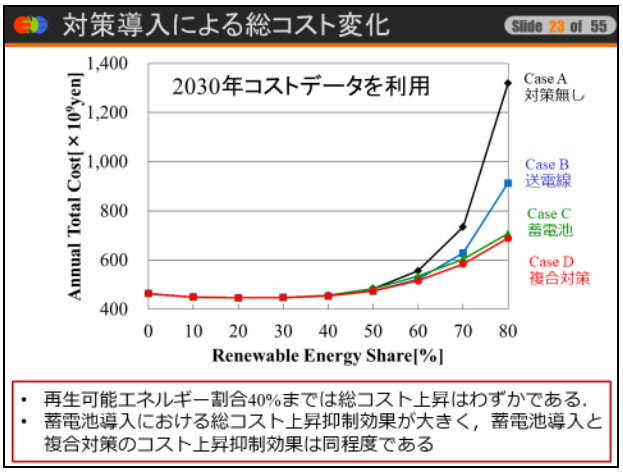


図 8

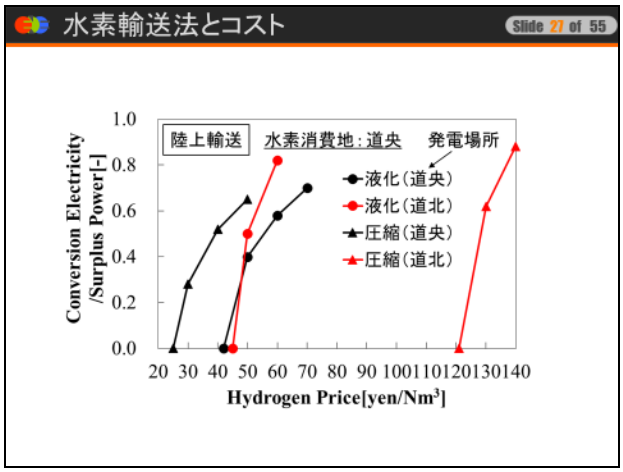


図 10

比較すると，道北の方が余剰電力が豊富な分，安価になります．

自動車について考えてみます(図 12)．一番下の点線が図 8 の下の線で，電力部門のみのコストです．これにそれぞれのケースの燃料代を加えたものが他の線です．対象とする自動車の台数は現在のガソリン車の半分としています．電気自動車はガソリン車に比べ高価ですが，エネルギーコストの面では有利です．そのため，電気自動車にすると全体のエネルギーコストは下がります．それに対して，電気で製造した水素で動く燃料電池車にすると，燃料製造コストは逆に高くなります．しかも CO2 も増加してしまいます．つまり，余剰電力から水素製造することは適切ですが，余剰電力がない場合には，水素は天然ガスから製造した方が安価ですし，CO2 削減にもなります．

また，再生可能エネルギーの割合が増えると，電気自動車と燃料電池車のエネルギーコストの差は縮小します．電気自動車は余剰電力を蓄える性能が低く，再生可能エネルギーが増えるほどコストは上昇しますが，水素製造は余剰電力を有効利用する能力が高いためです．

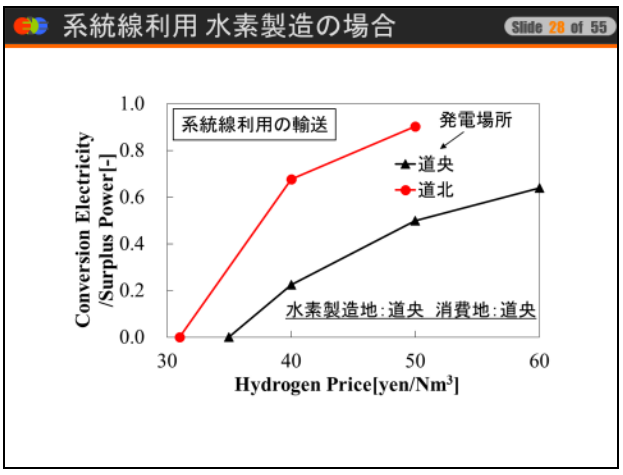


図 11

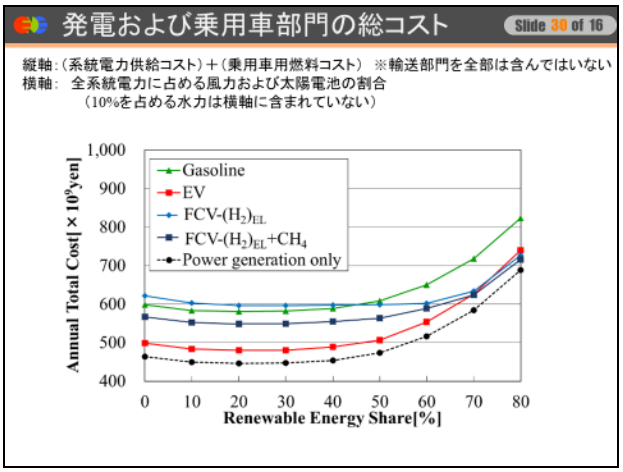


図 12

再生可能エネルギーを利用した水素製造についてまとめます(図 13)．電気自動車はエネルギーコストが安く，水素燃料電池と同程度の CO2 削減効果がありますが，再生可能エネルギーの割合が大きくなった場合は，その変動緩和効果は小さくなります．余剰電力を利用した水素製造は，コストおよび CO2 削減の点から最も意義があり，長距離バスやトラックの水素燃料電池化に有効です．水素製造地から消費地まで 70km 以内では，圧縮水素がコスト的に有利になり，それ以上の長距離輸送になると液体水素が適しています．また，発電変動に同期した水素製造を遠隔地で行えば，電力系統にあまり大きな負担を掛けずに電気を送ることができます．

最後に，エネルギーとは違う視点になりますが，価格と雇用の関係についてお話しします．一般に再生可能エネルギーが増えると，価格が上がり困るという議論になります．でも価格が上がることは本当に悪いことなのでしょうか．雇用の点から価格を議論しますと，必ずしもそうとは言えません．

これからの社会では技術の進歩によって，やがてものづくりには人が要らなくなるといわれています．そうした時代になると，雇用機会の確保が難しくなり，競争の激化と格差拡大を招きます．

私たちはサービスを提供し，その対価としてお金をもらい，そのお金でサービスを購入する，という「お金のキャッチボール」をしています(図 14)．このキャッチボールの回数が増えればさまざまなサービスを受けることができ雇用も増え，私たちは豊かになります．仮に価格が高いとしても自分がもらう給料も高くなるわけで，地域でお金が循環していれば問題にはなりません．これに対してコスト削減競争を進め，このキャッチボールの輪を小さくすると，社会はシュリンク(縮小)し，失業者が増加します．したがって，価格が高いか安いかというのは大きな問題では

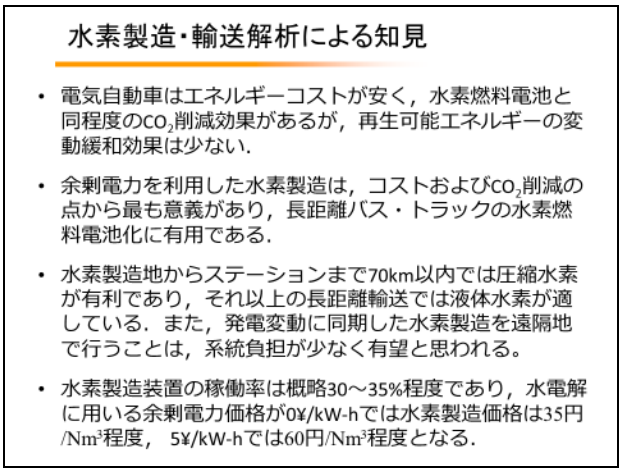


図 13

なく，社会の中でいかにこのキャッチボールを増やしていくかが重要です．

今，私たちが使うエネルギーの大半は，輸入した石油やガスからつくられており，エネルギーの購入金の大部分は海外に流出しています．北海道でつくられたエネルギーを使い，それに対して支払ったお金が北海道の中で循環するのであれば，電気代が少し高くなっても私たち道民はもっと豊かになれると思うわけです．

ここで格差の話をしましょう．統計学的には，お金をたくさんばらまいても，一部の人だけが独占し，大半はその恩恵を受けられないという結果になります．みんなが豊かになるためには，ただ GDP を上げて，むやみにお金の量を増やすだけでは十分な効果はありません．裕福な人たちから貧しい人たちへお金が流れる仕組みづくりが重要になります．ワークシェアを進め，さらに所得格差間でお金がうまく再配分される仕組みです．

そんな生ぬるい楽園は実現できるのか，と疑問を抱く方もいるでしょう．私はその拠り所は教育だと思います．これからは教育で技術競争力を高めて，いいものをつくり，安くは売らないという考え方を浸透させていくべきだと考えます．

エネルギーから脱線しましたが，強調したいのは再生可能エネルギーで私たちが使うエネルギーを供給するのは十分可能で，コストはそれほど上昇しないということです．たとえコストが高くなったとしても，その差額分が道内で循環すれば北海道の豊かさにつながります．

従来型のエネルギー社会や生産拡大社会の維持はもう限界にきており，そろそろ発想の転換が必要な時代に来ています．再生可能エネルギーを主体とした地産地消型エネルギーインフラ形成は雇用創出，エネルギー自給，環境保全を推し進めます．

エネルギー転換を急速に推し進めている中国では再生可能エネルギーが急拡大しており，日本はむしろ遅れを取っています．中国の政策は再生可能エネルギーの拡大が経済発展・国力強化の原動力であることを物語っています．

再生可能エネルギーの拡大は，お金の循環がポイントになります．北海道はその地の利から，食と分散エネルギーを中心とした生産・消費構造の変革を進める上で有利で，今が好機といえます．そして，こうした循環型社会の実現と維持のためには，市民の理解と教育が重要だと考えます．今回の話が市民の理解につながり，北海道では再生可能エネルギーを中心としてお金が地域で循環し，これまでよりも豊かな社会となることを期待しています．

ご清聴いただきまして，ありがとうございました．

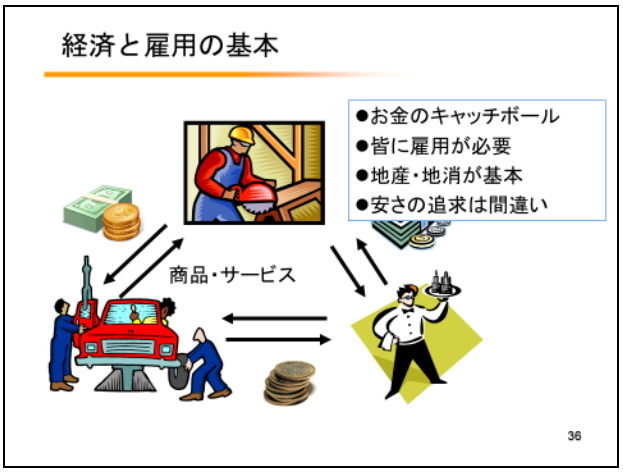


図 14

6.5　パネルディスカッション「石狩湾新港が担う，北海道のエネルギー供給」

○野宮　これより「石狩湾新港が担う，北海道のエネルギー供給」をテーマに 5 人のパネリストの方々とお話を進めていきます．このパネルディスカッションでは石狩湾新港がエネルギー拠点港として担うべき役割と，そのために必要な取り組みについて意見をいただきます．

最初に自己紹介とそれぞれの立場から石狩湾新港の現状や課題について，お話しいただきます．まずは田岡市長からお願いします．

○田岡　石狩市長の田岡です．1968 年に当時の石狩町役場に入職して以来，半世紀を石狩湾新港とともに歩んできました．建設当初は全く想像していませんでしたが，今や石狩湾新港はエネルギー抜きには語れないほど，その役割が大きくなっています．

石狩市では時代を見越して，雪氷利用や超電導直流送電技術の研究，熱供給事業の実証研究など，エネルギー分野の研究に取り組んできました(**図 1**)．その結果，地方分散型エネルギーには大きな可能性を秘めていることが分かりました．その実現には，現在進めている余剰電力を水素に転換・利用する技術の研究が必要だと思います．

この後に洋上風力発電とガスによる火力発電について専門家から説明がありますが，今後も「平和で安定的で安全」という理想社会の実現を目指してエネルギーの研究を続けていきます．

○野宮　次に北海道電力の木元さんにお話しいただきます．

○木元　北海道電力経営企画室の木元と申します．最初に，北海道胆振東部地震において離島を除く北海道全域が停電になったことについて，道民の皆さまの生活や経済活動に大変な影響を及ぼしましたことを，深くお詫び申し上げます．

ブラックアウトに至った経緯と，再発防止に向けた取り組みについて説明します．

ブラックアウト発生の経緯ですが，地震発生で苫東厚真発電所の 2 号機と 4 号機が停止し，ほぼ同時に道央エリアと道東エリアを結ぶ送電線が一時的に停止しました(**図 2**)．道東から道央へは水力発電所の電気を送電していましたが，水力発電所も停止し，これに伴い発電と需要のバランスが崩れ，電気の周波数が低下しました．本州から自動的に電気が供給されていましたが，それだけでは足りず，周波数の低下が進み，電力供給を中止する負荷遮断を実施するに至りました．

その後，火力発電所の増出力や本州からの電気供給増で一時的に周波数が回復しました．この時，苫東厚真発電所の 1 号機は運転中でしたが，地震による設備損傷で徐々に出力が低下し最終的に停止状態になりました．これにより周波数が下がり，他の火力・水力発電所と本州からの供給が全て止まった結果，ブラックアウトが発生し，全道 295 万戸のお客さまへの供給がストップする事態になりました．

次にブラックアウトからの復旧状況について説明します(**図 3**)．火力発電所は完全停電した状態からは，自力で発電を再開できないという技術的な制約があります．再起動には，停電からでも発電可能な水力発電所を最初に起動させて電気を火力発電所に送り，その種火をもとに火力発電所を順次起動させる手順を踏まなければなりません．こうした理由から，運転開始までに相応の時間を要しました．

当面の再発防止策としては，自動的に電気の供給を止める負荷遮断装置の能力を増強しました(**図 4**)．また，苫東

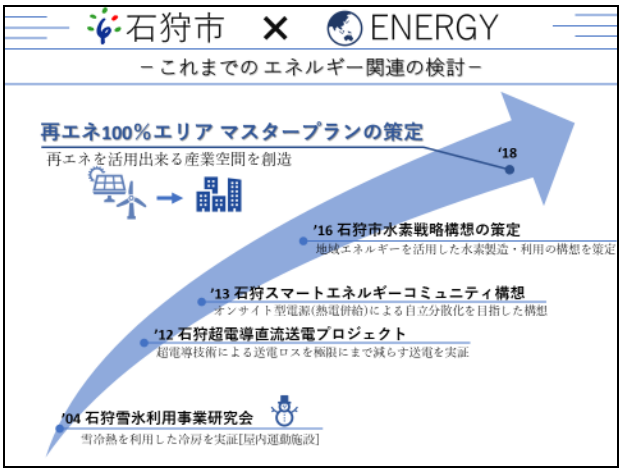


図 1

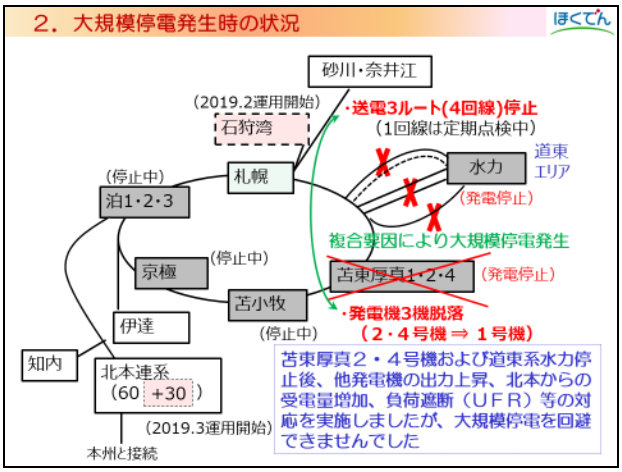


図 2

厚真発電所が 3 台とも運転する場合，事故発生時に迅速にバックアップできるように揚水発電所の京極発電所が運転可能であることを条件にしました．

中長期的な対策としては，負荷遮断装置の動作タイミングの見直しや，北海道と本州をつなぐ連系設備の増設などを行います．また，復旧に関わる訓練や研修も充実させていきます．

○野宮　続きまして，再生可能エネルギー事業者の立場から，グリーンパワーインベストメントの幸村さんにお話しいただきます．

○幸村　グリーンパワーインベストメントの幸村と申します．当社の簡単な紹介と，私どもがここ 10 年来取り組んでいる石狩湾新港内における大型洋上風力発電について説明します．

当社は 2004 年の設立以来，再生可能エネルギーの導入拡大に取り組んできました．最近は再生可能エネルギーの主力電源化という追い風もあり，業容が拡大しています．

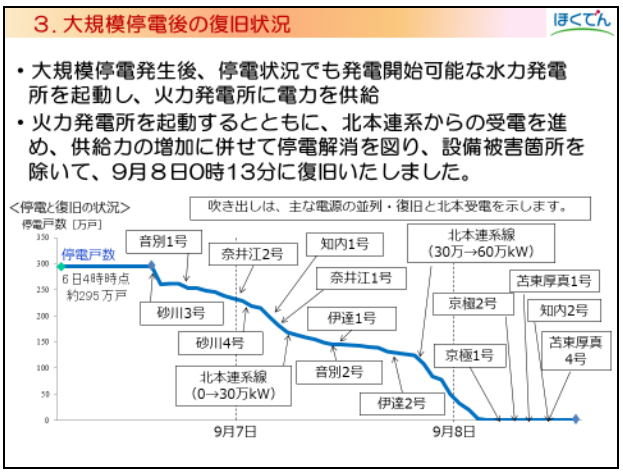


図 3

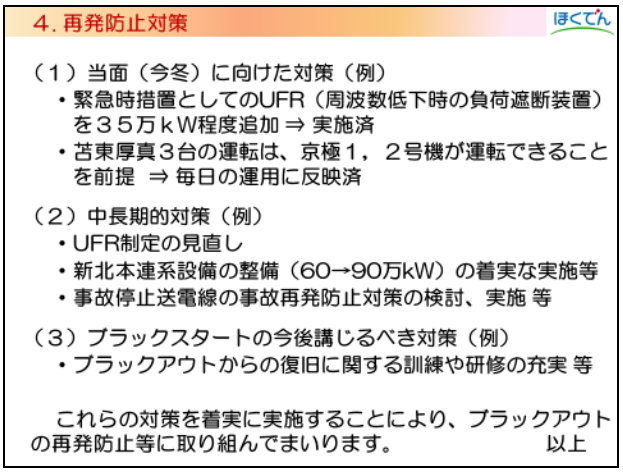


図 4

現在は青森県のつがる市で，日本最大級の風力発電所を建設中です．

石狩湾新港洋上風力発電について説明します．当社が正式に事業者として選定されたのは 2015 年です．これは石狩湾新港の空撮写真で，防波堤外側を線で囲った部分が事業予定地です(**図 5**)．発電規模は 10 万 kW を計画しており，2019 年度内には設計などの主要手続きを終えて 2020 年の春に着工，2022 年春の完成を目指しています．

海上に風車を据え付けて，電気は送電線で陸に送ります．また，港近くには電圧を上げるための変電所や大型蓄電池を併設し，発電した電気は北電の西札幌変電所に送ります．これは世界でも例のない取り組みとなります．また，一部の電気を水素に改質する事業についても石狩市の研究会に参加して検討しています．

これは海に風力発電機が並んでいるイメージ写真です(**図 6**)．陸地から風車が見えることへの賛否はあるかと思いますが，私にとっては今世紀もしくは来世紀の夢につながる，素晴らしい風景だと感じています．

これまでは洋上開発に関する法律はありませんでしたが，2018 年 11 月の臨時国会において，一般海域における洋上風力開発を促進する「洋上新法」が成立しました．し

図 5

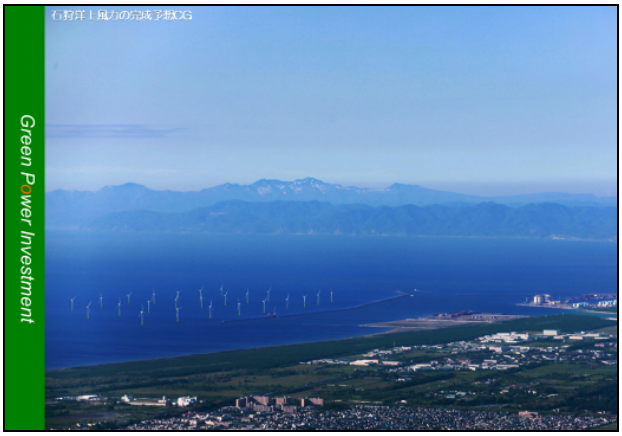


図 6

かし，新法成立だけでは導入環境が整ったとは言えません．大きな風力発電機を洋上に設置するには，機材を作業船に積み込むための岸壁や機材の保管場所の確保など，港湾設備の拡充が必要になります．その実現には，地元自治体はもちろん，国土交通省港湾局や北海道開発局などとの官民一体型の連携が不可欠です．

地元住民の受け入れも大きな課題です．海上には漁業を営む方々がいます．漁業者や地元住民の方々に向けて丁寧に説明し，理解を得ながら進めることが重要になります．

○野宮　既に道内各地に風力発電機はありますが，洋上につくるメリットは何でしょうか．

○幸村　近年，再生可能エネルギーは主力電源という位置付けになりつつあり，大量導入が必要とされるようになりました．海洋スペース世界第 3 位を誇る日本の国土事情を考えると，再生可能エネルギーの拡大には，洋上風力しかないと思います．さらに，洋上は風が強く，民家からの距離が十分に確保できるメリットもあります．

○野宮　ありがとうございます．続きまして千堂さん，これまでの皆さんの発言を聞いてどう思いましたか．

○千堂　正直に言うと，普段の生活の中ではなかなか接することができないお話で，大変興味深く聞いています．

道内でも風力発電機を見かけていましたので，再生可能エネルギーは拡大しつつあると感じていました．しかし，将来を考えると，まだまだ不十分であることを知りました．

これからのお話の中で，私たちにもできることや，心掛けておくと役に立つヒントなどが得られればと思います．

○野宮　近久先生は，これまでの発言についてどう思いましたか．

○近久　幸村さんは電気から水素を製造することを検討されていますが，コスト面の課題があったとしても，余剰電力が発生するなら取り組むべきだと思います．

木元さんからはブラックアウトの説明がありましたが，将来的には再生可能エネルギーを中心とした分散電源を増やし，さらに地域ごとの系統遮断装置を増強すればブラックアウトに対応できると思います．

○野宮　ここからは，石狩湾新港がエネルギー拠点港として発展していくために必要な方策やその役割などについてお話を進めます．まずは，木元さんからお願いします．

○木元　現在，建設中の石狩湾新港発電所の概要を説明します．火力発電所は樽川埠頭に面した小樽市側にあり，一方 LNG(液化天然ガス)基地は，発電所と樽川埠頭を挟んだ対岸の石狩市側に建設中です(**図 7**)．ガスは LNG 基地から海底パイプラインで火力発電所に送ります．

1 号機の出力は約 57 万 kW で，2019 年 2 月に営業運転を開始する予定です(**図 8**)．苫東厚真の 4 号機が 70 万 kW，2 号機が 60 万 kW なので同程度の規模になります．最終的には 3 号機まで建設する計画で，トータルで 170 万 kW 程度の出力規模になります．

石狩湾新港を選んだ理由は，電力需要が大きい道央圏にあり，燃料となる LNG が受け入れ可能な港湾設備が整備されているからです．また，当社の発電所は太平洋側に多く，石狩湾新港発電所の完成で日本海側への電力分散も図れます．

燃料を LNG にしたのは，LNG 発電は環境に優しく，CO2 排出量は石炭火力発電所の半分以下に抑えられるからです(**図 9**)．石炭・石油に LNG を加えることで燃料の分散化

図 7

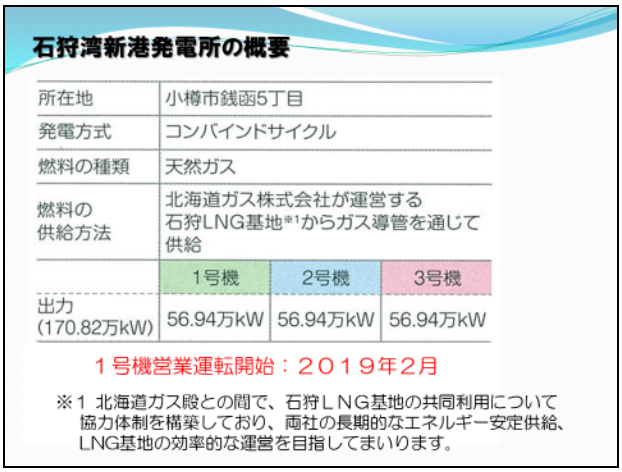


図 8

が図られ，電力の安定供給も期待できます．また，ガスは発電出力が調整しやすく，災害などで他の発電所に不具合が起きた時に出力を早く上げることができるので，ブラックアウト防止にも役立ちます．

当社の火力発電所の大部分は昭和 40 年代から 50 年代に運転を開始しており，経年化が進んでいます．石狩湾新港発電所には，こうした火力発電所の代替としての役割を担うことになります．

次に工事状況について説明します．これは LNG 基地の写真です(**図 10**)．右側の 2 つは北海道ガスと共同利用しているタンクで，左側の 2 つは当社のタンクになります．一番左の NO3 のタンクは既に LNG の貯蔵を開始しており，NO.4 タンクは 2020 年に完成予定です．

これは火力発電所の写真で，既に設備は完成しています(**図 11**)．煙突の高さは約 80m あります．発電所は 40～50 年使用する施設なので，地元の方々に理解され，愛されることが大切だと思います．

○野宮　先日，石狩湾新港発電所を見学する機会があり，

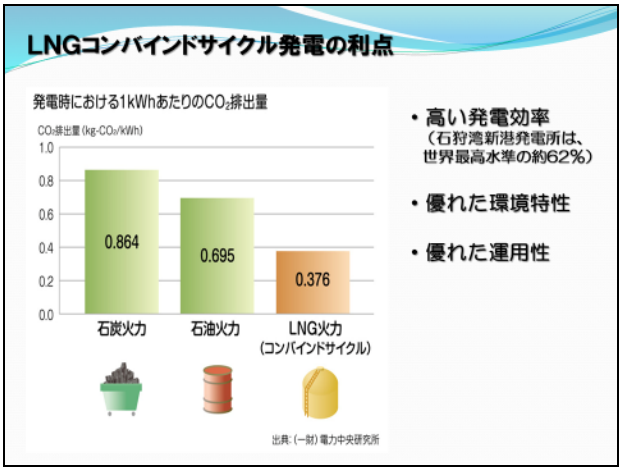


図 9

図 10

新発電所の特徴を「瞬発力に優れた短距離ランナータイプ」と表現していました．とても分かりやすい説明だと感心しました．

○木元　ガスは気体なので，その性質から出力を早く上げることができます．また，調整しやすいので，さまざまな状況変化に対応する柔軟性にも優れています．

○野宮　千堂さん，そう聞くと見に行きたくなりませんか．

○千堂　子どもたちも興味を示す施設だと思います．社会科見学で新発電所を訪れると，エネルギーへの関心がもっと高まり，同時に自分のまちのことを知る機会にもなります．

○野宮　木元さん，新発電所の一般見学はいつからですか．

○木元　営業運転開始以降から受け付けますので，ぜひご覧ください．

○野宮　続きまして幸村さん，再生可能エネルギーの視点から，石狩湾新港の今後の役割と期待などについてお話しください．

○幸村　今，千堂さんから，基調講演では近久先生から教育についてお話がありました．私も同じ考えです．「再生可能エネルギーのメリットは分かるけど，高いし不安定なのでは」との意見をよく聞きます．まずは再生可能エネルギーについて深く理解してもうらことが先決で，今後は洋上風力発電所について市民の方々に知ってもらう機会をもっとつくりたいと考えています．

再生可能エネルギーにおいて，石狩市に期待することを

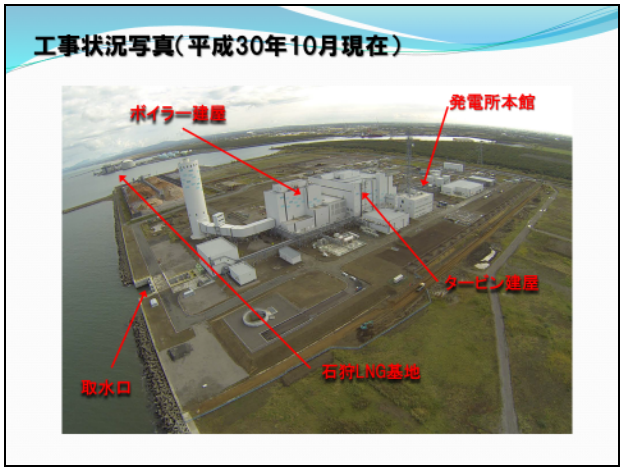


図 11

お話しします．洋上風力の導入を考えた時，最初に日本全国の港を全て調べました．至った結論は，石狩湾新港がベストだということ．札幌という一大経済圏を抱え，風力資源が豊富という立地の良さ，そして洋上風力発電は大きな産業集積を伴うので，工業団地に開発余力のある用地があったことなどが決め手になりました．洋上風力発電の導入拡大が進むと，やがて石狩湾新港が洋上風力発電の産業集積も含めた拠点的な役割を担うと考えています．

この図の右側の地図は，風力資源の分布を示しています(**図 12**)．賦存量は風力資源のポテンシャル示しますが，日本の 50%以上の賦存量は秋田県男鹿半島から稚内までの日本海側に位置しています．左側の図は，石狩湾新港から半径 300km と 500km の円が描かれています．洋上風車を据え付ける専用船が拠点港からカバーできる範囲は 300～500km とされています．石狩湾新港は日本の賦存量の 50%をカバーできる位置にあり，北の拠点港として有望です．

再生可能エネルギー拡大の一つ鍵となりうるのは水素です．再生可能エネルギーから製造した電気は送電線で送らなければならず，長距離だとロスが出ます．送電線に頼らない方法として電気を蓄電池に貯める方法が考えられますが，自然放電してしまうのでできません．しかし，水素に変換すれば貯蔵できるので，送電網要らずのエネルギー供給システムが構築できます．

この図は水素の活用構想を示しています(**図 13**)．現在は再生可能エネルギーで電気を製造しても，電力系統に受け入れられなければ捨てることになります．この廃棄分の電気を水素に変換できないか，と考えています．北海道の再生可能エネルギー資源を，例えば液化水素化してタンカーで本州に輸送できれば，日本は純国産の再生可能エネルギーで賄えるようになります．石狩市はそれを担うポテンシャルを有していると思います．

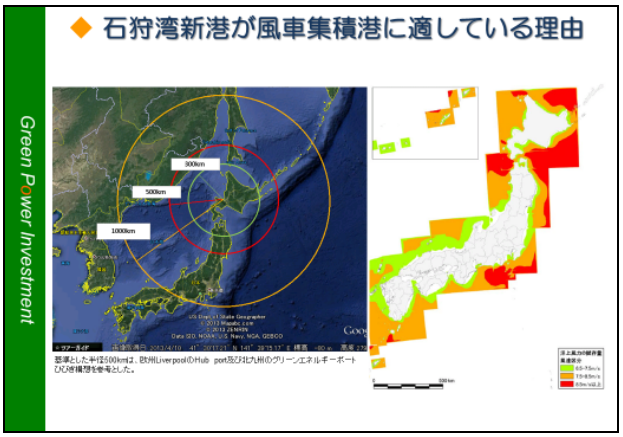


図 12

○千堂　繰り返しになりますが，水素化により今まで捨てていた電気が活用され，そして運搬も可能になるということですか．

○幸村　そうです．再生可能エネルギーの不安定さは，例えば風力発電の場合，電力需要が低下していても，強い風が吹くとどんどん発電してしまうことにあります．せっかく風が吹いても，需要を超えた分は電力系統に受け入れられず，廃棄しなければなりません．もちろん，電池に貯蔵することも可能ですが，水素は電池のように自然放電せず，貯蔵しやすいのが利点です．

○千堂　分かりました．ありがとうございます．

○野宮　続けて千堂さんに質問ですが，消費者として北海道のエネルギーについて気になることがありますか．

○千堂　私たちの多くは，電気はスイッチを押せば使えるのが当たり前だと思っているのではないでしょうか．今回のブラックアウトで改めて電気の重要性と安定供給のありがたさを痛感しました．

消費者としては，電気代がとても高くなるのは困ります．しかし，再生可能エネルギーの導入や安定供給実現のための施設整備などについて丁寧な説明があり，納得できる理由があれば，値上げは受け入れられると思います．

○野宮　近久先生，千堂さんからは消費者としてのお話がありましたが，いかがでしょうか．

○近久　CO2 排出量を減らし，自然と共生できる社会をつくり，そして自分たちも豊かになりたいという社会を目指すなら，今よりエネルギーコストが上がるのは避けられません．

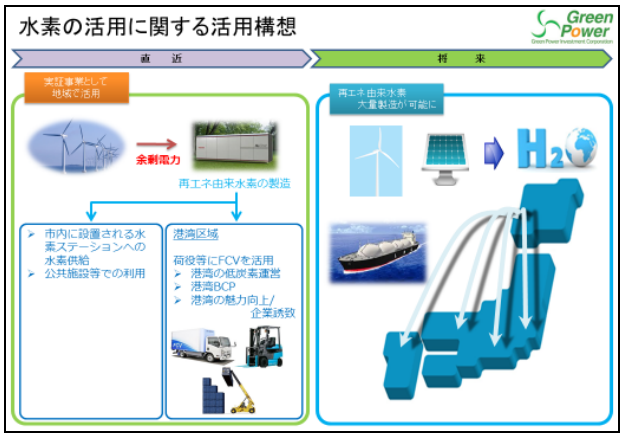


図 13

再生可能エネルギーが本格的に導入されるまでの過渡期は，コストがどうしても上がります．電気代が上がると電気で製造する製品の価格が上がり，売り上げが落ち込みます．対応策として，産業用の電気代は据え置き，家庭向けの民生用の電気代を値上げする方法があります．実際，ドイツは産業用の電気代を抑え，民生用は日本の 1.7 倍の高さです．それでも国づくりに成功しています．

○野宮　田岡市長，石狩湾新港に対してさまざまな意見や期待が寄せられています．

○田岡　発電が巨大なプロジェクトになればなるほど，本当に安全かどうか，市民は不安になります．プロジェクトの有益性だけを一方的に説明しても，理解を得ることはできません．私たちに必要なエネルギーをどのような仕組みでつくり，そのリスクを誰がどのように解決し，それを市民にどう説明していくのか，というプロセスを示すことが重要です．

エネルギーの価値観が世界全体で変わる中，100％再生可能エネルギーを利用して会社事業を行う「RE100」という考え方が注目され，日本でも脱炭素化に賛同する企業が増えています．こうした価値観を持った企業を石狩に誘致できないかと考え，現在調査を進めています(**図 14**)．

○野宮　最後に，今後の目標や石狩湾新港への期待などについて一言ずつお願いします．

○木元　再生可能エネルギーを大量導入する場合は，大きな出力変動と余剰電力への対応が課題になります．出力変動は蓄電池を使って調整しますが，新発電所は出力調整に優れ，蓄電池量を減らせます．また，余剰電力は本州に送ります．

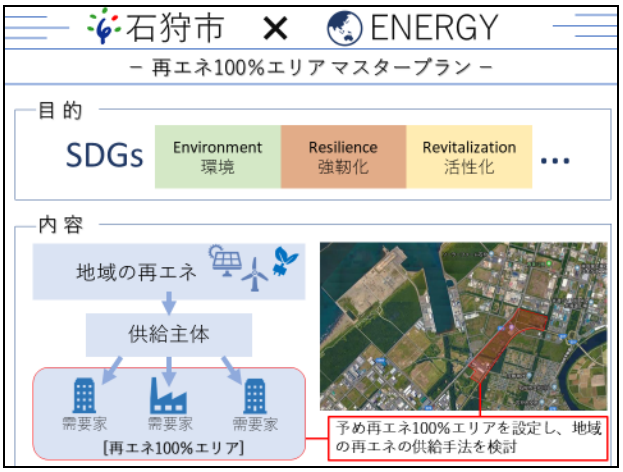


図 14

○幸村　今，田岡市長が言われた，「市民は再生可能エネルギーの有益性を理解しているが，心配なのは安全性なのだ」という話が胸に突き刺さりました．当社は開発を進める際，地域の方々の受容性を一番大切にしてきました．安全をいかに担保し，丁寧な説明をしながら事業を推進していくか，ということの重要性をこの場で再認識しました．今後も努力を続けていきたいと思います．

○千堂　電気は生活に不可欠で，いつでも安心して使えるものでなければなりません．私たち消費者は，未来のエネルギーについてもっと関心を持つことが大切だと思います．また，今回の震災で，子どもたちの節電意識は大きく変わりました．私たち大人も電気を大切に使う工夫が求められています．

○近久　再生エネルギーへの転換で，お金が地域で循環する新しいビジネスモデルが豊かな社会を実現させます．電気代が上がると不満は出ますが，それを乗り越える一歩が必要です．高い電気料金を受容することでお金が循環し，最終的に北海道の経済発展という形で自分たちに還元されることを，教育を通じて理解してもらうことが大切です．

○田岡　石狩市では，石狩湾新港地域の新たな可能性を創出する取り組みや地球温暖化対策推進計画など，さまざまな事業を進めています．近久先生が指摘する，再生可能エネルギーによる循環型社会の構築は重要なテーマであり，「RE100」の理念に沿った企業誘致もそれを具現化する一つの方法だと思います．

今後，石狩湾新港がエネルギー分野で果たす役割を考えると，まだまだ発展の余地があると感じています．引き続き，次の時代を見据えたまちづくりに取り組んでいきます．

○野宮　皆さん，大変貴重なご意見をありがとうございました．

今回のパネルディスカッションを通じて強く感じたのは，北海道のエネルギーを考えるなら，「まずは石狩湾新港に足を運ぶべきだ」ということです．そこには巨大な LNG タンカーが入港し，大きなタンクがそびえ，高い煙突のある火力発電所があり，近い将来には洋上風力発電の風車も見られることでしょう．エネルギーを生み出す拠点としての新しい景色を，次の時代を担う子どもたち，若者たちにもぜひ知ってもらいたいと思います．

また，石狩湾新港がエネルギー拠点港としてさらに発展するには行政や民間企業，そして市民，道民それぞれが知恵を出し合い，連携していくことが何よりも大切だと思い

ます.
　それではここで，会場から質問を受けたいと思います.

○質問者１　幸村さんにお聞きします．拠点港が地域経済や社会にどのようなメリットをもたらすのでしょうか.

○幸村　風力発電機の部品点数は多く，裾野が広い産業といえます．石狩市が日本海側での洋上風力発電の拠点になると，港の後背地に多種多様な風力発電機の技術にまつわるメーカーやサービス提供者が集積します．その経済効果は石狩市はもちろん，札幌市や全道にも波及すると思います.

○質問者２　千堂さんにお聞きします．北海道に移住されて幸せでしょうか.

○千堂　北海道に来て，私は人生観が変わった気がします．「道民になったね」と言われることを目指して生活を送っており，今は芸能活動よりも「道民活動」の方がメーンになっているほど．毎日を楽しく幸せに過ごしています.

○野宮　時間となりましたので，ここでシンポジウムを終了させていただきます．ご参加いただきましたパネリストの皆さま，改めてありがとうございました.

ザ・シンポジウム みなと in 石狩

北海道の暮らしを支える
～エネルギー拠点 石狩湾新港～

12月20日【木】14:00▶17:00 【入場無料】●当日参加も可能です

石狩市 花川北コミュニティセンター
石狩市花川北3条2丁目198番1
TEL0133-74-6525

記念対談 **移住して感じた北海道の魅力**

語り手 女優・タレント **千堂 あきほ** 氏

聞き手 フリーアナウンサー **野宮 範子** 氏

基調講演

次世代のエネルギー供給における石狩湾新港の役割

講演者
北海道大学工学研究院
エネルギー環境システム部門・特任教授
近久 武美 氏

パネルディスカッション

石狩湾新港が担う、北海道のエネルギー供給

コーディネーター
フリーアナウンサー 野宮 範子 氏

パネリスト
石狩市長 田岡 克介 氏
北海道大学工学研究院 エネルギー環境システム部門 特任教授 近久 武美 氏
北海道電力㈱ 経営企画室担当部長 電源計画グループリーダー 木元 伸一 氏
㈱クリーンパワーインベストメント 専務執行役員 幸村 展人 氏
女優・タレント 千堂あきほ 氏

◎主催／「ザ・シンポジウムみなと」実行委員会
北海道経済連合会、(一社)北海道商工会議所連合会、北海道港湾協会、(一社)寒地港湾技術研究センター、(一財)港湾空港総合技術センター、北海道、国土交通省北海道開発局
◎共催／石狩市
◎協賛／(一財)北海道開発協会、(一社)北海道開発技術センター、北海道港湾振興団体連合会、北海道港湾空港建設協会、北海道ポートエンジニアリング協会、(一社)日本マリン事業協会、NPO法人北海道みなとの文化振興機構
◎後援／石狩湾新港管理組合、石狩湾新港振興会、石狩商工会議所、石狩開発(株)、石狩湾新港外貿貨物利用促進協議会、朝日新聞北海道支社、毎日新聞北海道支社、読売新聞北海道支社、北海道新聞社、NHK札幌放送局、HBC北海道放送、STV札幌テレビ放送、HTB北海道テレビ、TVhテレビ北海道、UHB北海道文化放送

土木学会継続教育(CPD)参加証明書をご希望される方は、シンポジウム終了後に、受付でお受け取りください。

平成30年度「ザ・シンポジウムみなと in 石狩」

北海道の暮らしを支える

～エネルギー拠点 石狩湾新港～

「ザ・シンポジウムみなと」は、地域の発展の核となる港湾について、様々な立場から見た北海道港湾の将来の方向に関する意見を紹介していただき、道民の方々に港湾の重要性や必要性を理解していただくとともに、広く港湾をPRすることを目的としてこれまで道内主要港湾所在地において開催してきました。

平成30年度は、北海道胆振東部地震による大規模停電を契機とし、『北海道の暮らしを支える～エネルギー拠点石狩湾新港～』をテーマに、北海道電力によるLNG火力発電所、北海道ガスによる高効率ガス発電等の建設が進められ、これと並行して、大規模洋上風力発電事業やバイオマス発電関連事業が進展しているエネルギー拠点港湾としての石狩湾新港が担う役割や将来像について考えてまいります。

Program

14:00 開会挨拶

笹島 隆彦 「ザ・シンポジウムみなと」実行委員会委員長

開催地代表挨拶

田岡 克介 氏 石狩市長

14:10 記念対談

移住して感じた北海道の魅力

語り手 千堂あきほ氏［女優・タレント］　聞き手 野宮範子氏［フリーアナウンサー］

千堂あきほ 氏 女優・タレント

〈略歴〉
1969年兵庫県生まれ。スカウトされ20歳　歌手デビュー。
その後　女優として「東京ラブストーリー」「振り返れば奴がいる」などドラマや映画・CMに多数出演。タレントとしてもクイズ番組「マジカル頭脳パワー!!」や情報番組・ラジオなどで活躍。
2011年里帰り出産を機に北海道へ移住し、現在は二児の母。
UHB「みんなのテレビ」にゲストコメンテーターとして出演するほか、NHKラジオ第一放送「かんさい土曜ほっとタイム」（全国放送）でも週替わりMCの一人として人気を博している。

14:30 基調講演

次世代のエネルギー供給における石狩湾新港の役割

近久 武美 氏　北海道大学工学研究院 エネルギー環境システム部門・特任教授

〈略歴〉
1954年　北海道生まれ
1976年　北海道大学工学部卒業
1978年　北海道大学大学院修士課程修了
1980年　米国ウィスコンシン大学大学院修士課程修了
1982年　北海道大学大学院博士課程修了
1982年　北海道大学工学部機械工学科講師
1984年　北海道大学工学部機械工学科助教授
2003年　北海道大学大学院工学研究科教授 現在に至る

専門は機械工学、エネルギー工学、研究はPEM形燃料電池、ディーゼル燃焼改善、ならびに環境低負荷型都市エネルギーシステム解析など。
現、日本伝熱学会会長

15:20 休憩 15:20 ▶ 15:30

パネルディスカッション

石狩湾新港が担う、北海道のエネルギー供給

15:30

コーディネーター

野宮 範子 氏
フリーアナウンサー

〈略歴〉
室蘭市生まれ
早稲田大学教育学部国語国文学科卒業
HBC（北海道放送）アナウンサーを経てフリーランスへ
NHK文化センター札幌校「プレゼンテーションの基本」講師
・HBC（北海道放送）「テレポート6」・HTB（北海道テレビ）「イチオシ！」で長くニュースキャスターを務める
・情報・報道番組・選挙特番・討論番組などのキャスターを多数経験し、FMラジオ番組パーソナリティーや夕方ワイド番組コメンテーターとしても活躍中

パネリスト

田岡 克介 氏
石狩市長

〈略歴〉
1945年　石狩町生まれ
1969年　国学院大学文学部卒業
同年　石狩町役場奉職
1980年　総務部参事（石狩湾新港管理組合派遣）
1984年　総務部理事（石狩湾新港管理組合派遣）
1995年　企画調整部長
1996年　石狩町助役就任（石狩湾新港管理組合副管理者）
1999年　石狩市長就任
現在に至る（現在5期目）

パネリスト

近久 武美 氏
北海道大学工学研究院
エネルギー環境システム部門・特任教授

〈略歴〉
1954年　北海道生まれ
1976年　北海道大学工学部卒業
1978年　北海道大学大学院修士課程修了
1980年　米国ウィスコンシン大学大学院修士課程修了
1982年　北海道大学大学院博士課程修了
1982年　北海道大学工学部機械工学科講師
1984年　北海道大学工学部機械工学科助教授
2003年　北海道大学大学院工学研究科教授 現在に至る

パネリスト

木元 伸一 氏
北海道電力（株） 経営企画室
担当部長　電源計画グループリーダー

〈略歴〉
1965年　木古内町生まれ
1991年　京都大学大学院工学研究科電子工学専攻修了
同年　北海道電力株式会社入社
1991年　同社　工務部系統運用グループ　担当課長
2014年　同社　工務部電力システムグループリーダー
2016年　同社　企画部　担当部長　総合計画グループリーダー
2018年　同社　経営企画室　担当部長　電源計画グループリーダー
現在に至る
主に電源運用計画業務や電源開発計画業務、送変電設備計画業務などに従事

パネリスト

幸村 展人 氏
（株）グリーンパワーインベストメント
専務執行役員

〈略歴〉
1950年　神戸商船大学（現　神戸大学）機関学部　海洋機械学科　卒業
同年　株式会社トーメン入社　大阪本社経理部配属
1993年　同社　機械本部　プロジェクトエンジニアリング部
1993年　関連事業　Tomen Power Corporation 出向（米国ワシントン駐在）
2001年　株式会社トーメン　退社
同年　株式会社ウインネックス設立　代表取締役　就任
2004年　同社　退任
同年　株式会社グリーンパワーインベストメント設立　取締役　就任
2015年　同社　常務執行役員
2017年　同社　専務執行役員
現在に至る

パネリスト

千堂あきほ 氏
女優・タレント

〈略歴〉
1969年兵庫県生まれ。スカウトされ20歳　歌手デビュー。
その後　女優として「東京ラブストーリー」「振り返れば奴がいる」などドラマや映画・CMに多数出演。タレントとしてもクイズ番組「マジカル頭脳パワー!!」や情報番組・ラジオなどで活躍。
2011年里帰り出産を機に北海道へ移住し、現在は二児の母。
UHB「みんなのテレビ」にゲストコメンテーターとして出演するほか、NHKラジオ第一放送「かんさい土曜ほっとタイム」（全国放送）でも週替わりMCの一人として人気を博している。

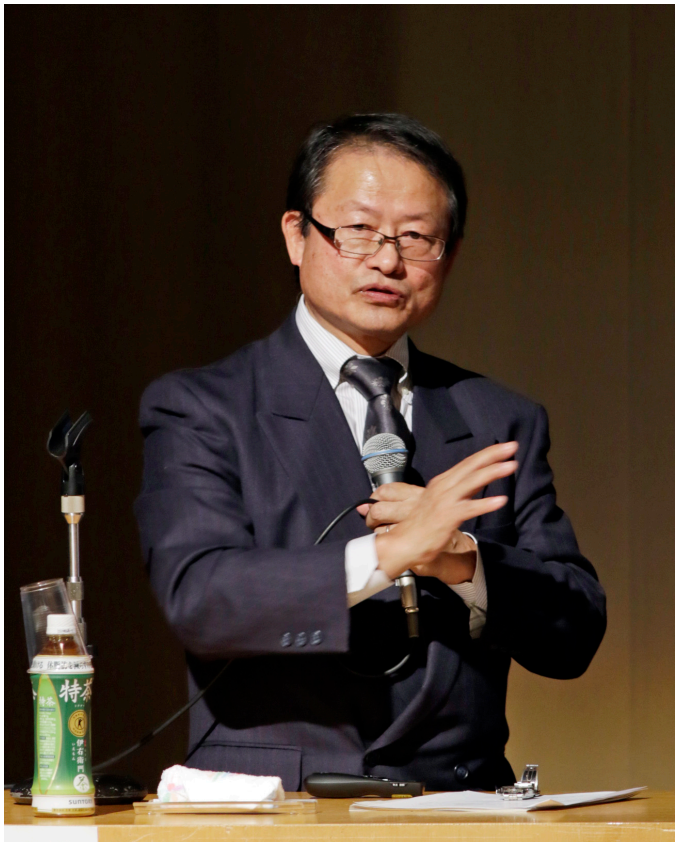
17:00 閉会

付録Ｊ　ザ・シンポジウムみなと in 石狩　写真

主催者挨拶
ザ・シンポジウムみなと実行委員会 委員長　笹島 隆彦　氏

開催地代表挨拶
石狩市長　田岡 克介　氏

記念対談
フリーアナウンサー　野宮 範子　氏　　女優・タレント　千堂 あきほ　氏



基調講演
北海道大学大学院 エネルギー環境システム部門　特任教授　近久 武美　氏

パネルディスカッション

同時開催した「ＮＰＯ法人 北海道みなとの文化振興機構パネル展」

新聞記事：北海道新聞　2019年(平成31年)1月30日

ザ・シンポジウムみなと in 石狩

石狩湾新港（石狩市・小樽市）をエネルギー供給拠点として活性化する方策を考える「ザ・シンポジウムみなとin石狩」（北海道経済連合会などでつくる実行委主催）が昨年12月20日、石狩市の花川北コミュニティセンターで開かれた。市民ら約250人が集まり、基調講演した北海道大学院工学研究院の近久武美特任教授は新港について、大消費地・札幌に近く、石炭や石油に変わる次世代エネルギーの供給基地として優位性があることを説明。電力事業者や専門家らがパネル討論を行い、新港の可能性について意見を交わした。このほか女優の千堂あきほさんが記念対談し、移住して感じた北海道の魅力を語った。

出席者

◆パネリスト

北海道大大学院工学研究院 エネルギー環境システム部門特任教授　近久 武美氏

石狩市長　田岡 克介氏

北海道電力経営企画室担当部長・電源計画グループリーダー　木元 伸一氏

グリーンパワーインベストメント（GPI、東京）専務執行役員　幸村 展人氏

女優・タレント　千堂あきほ氏

◆コーディネーター

フリーアナウンサー　野宮 範子氏

肩書きは開催時のもの

石狩をエネルギー供給拠点に

基調講演 近久 武美氏

ちかひさ・たけみ　エネルギー工学、機械工学が専門。再生可能エネルギー普及に向けた研究を行っており、北大工学研究院教授を経て2017年から現職。

再生可能資源 効果的に活用

近年、集中豪雨が頻繁にあったり、魚類の生息地が変わったりと地球環境に異変が起きています。過去千年の地球の平均気温は低温化傾向にありましたが、150年くらい前から急激に上昇しています。その原因は化石燃料を燃やした時に出る二酸化炭素です。

二酸化炭素を出さないエネルギー技術は、大きく分けて原子力と再生可能エネルギーの二つです。原子力は良い面もありますが、安全性と放射性廃棄物の問題があり、できれば使いたくない技術といえます。

残るは風力や太陽光などの再生可能エネルギーです。風力や太陽光は発電量の変動が大きいため、安定供給には電力を貯蔵しておく施設が必要となります。また発電適地が限られ、発生した電力は消費地に運ばなければいけません。

それでも電力需給や送電線容量の制約などから試算すると、道内の消費電力のうち、50%程度まではコスト上昇を伴わずに再生可能エネルギーで賄えます。

それ以上に割合を増やして消費地に送電しようとすると、太陽や風力の発電量が消費量を時々上回り、無駄に捨てられる電力が増えるためにコストが増加し、電気代が高くなってしまいます。この無駄に捨てられる電力を用いて水素を製造し、自動車用燃料として利用できれば、無駄のないエネルギー社会をつくることができます。

石狩市は消費地の札幌に隣接し、風力にも恵まれており、有望なエネルギー基地となり得ます。

再生可能エネルギー利用や水素製造は地域の経済発展につながります。現在、私たちが支払うエネルギー料金の大部分は、石油やガスの輸入代金として海外に流れています。道内で生産されたエネルギーを利用するなら、今まで海外に流れていたお金の多くが北海道で循環します。雇用創出につながる好機となるのです。

パネル討論

たおか・かつすけ　1968年に石狩管内石狩町（現石狩市）役場に入り、石狩湾新港管理組合派遣、助役などを経て1999年から石狩市長。現在5期目。

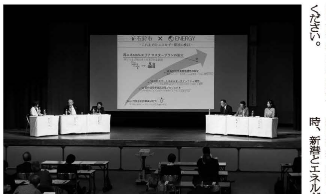
田岡 克介氏

きもと・しんいち　1991年に北電に入社し、電源運用や電源開発計画などに従事。企画部総合計画グループリーダーを経て、2018年から現職。

木元 伸一氏

こうむら・のぶと　総合商社トーメン（現豊田通商）などを経て、2004年にトーメン時代の上司とGPIを設立し、取締役に就任。17年から現職。

幸村 展人氏



市民ら約250人が参加した「ザ・シンポジウムみなと in 石狩」

過渡期の料金設定課題　近久

安全性へ自由な論議を　田岡

LNG発電で電源分散　木元

洋上風力利用にも適地　幸村

消費者の心配は電気代　千堂

発展の鍵は官民の連携　野宮

野宮　石狩湾新港がエネルギー拠点港として担うべき役割を考えたいと思います。それぞれの立場から新港の現状や課題について考えを聞かせてください。

田岡　私は半世紀前に石狩町（当時）役場に入り、石狩湾新港担当になりました。以降50年間、計画段階から、新港と一緒に歩んできました。当時、新港とエネルギーが結びつくイメージはありませんでした。今はお化けのように大きい液化天然ガス（LNG）のタンクがあり、巨大なタンカーが入ってくる。港は時代に対応し、姿を変えていかないといけないと思います。

木元　まず、胆振東部地震で離島を除く道内全域が停電になり、大変なご迷惑を掛けたことをおわびします。停電は苫東厚真発電所の1、2、4号機全てが止まったことなどによるものです。当社はLNGを燃料に使う石狩湾新港発電所を建設しており、1号機は2019年2月に営業運転を始める予定です。出力は57万㌔㍗。苫東厚真の2号機、4号機の出力とほぼ同じで、道内の電力供給で非常に重要な役割を担います。石狩湾新港のLNG発電は最終的に3号機まで建設し、総出力は170万㌔㍗になります。当社の発電所は現在は太平洋側が多く、新港の発電所完成で日本海側への電源分散を図れます。

幸村　新港で出力10万㌔㍗の洋上風力発電を計画しています。2020年春に着工、22年春の完成を目指しています。電気は送電線で陸の変電所につなげます。風力による発電量のぶれを抑えるため、大型蓄電池も設置します。洋上に大きな風力発電機を据え付けるには、機材を作業船に積むための丈夫な岸壁や、機材の保管場所の確保、さらに漁協との協議が必要になります。

野宮　石狩湾新港の発展に必要なこと、期待されるものは何ですか。

木元　当社のLNG発電所が、なぜ石狩湾なのか。電力需要が大きい道央圏にあり、LNGを受け入れることができる港があるからです。LNG発電は環境に優しく、二酸化炭素排出量は石炭火力発電の半分以下。またガスは発電出力を調整しやすく、災害などで他の発電所に不具合が起きた時に、出力を早く上げることができ、ブラックアウト防止に貢献できます。40〜50年使う発電所です。地元に理解され、愛されることが大事と思っています。

幸村　風力発電などの再生可能エネルギーは価格が高く、不安定な電源と思われてきました。しかし将来のエネルギーをどうするか、選択しなければいけない時代。経済産業省も再生可能エネルギーに頼ろうとしています。日本でこれを大量に導入するには洋上風力しかないと思います。石狩湾新港は、札幌という経済圏を抱え、開発用地もある。風が安定して強く、風力発電に適した日本海北部の中心にあり、部品製造や修理の関連産業を集積させられます。洋上風車を据え付ける船の拠点港にもなれる。北海道は再生可能エネルギーで日本最大の可能性があり、その中でも石狩は有望。皆さんに知っていただきたい。

千堂　消費者としては電気代が高くなるのは困ります。

近久　再生可能エネルギーが本格的に導入されるまでの過渡期は、発電コストが上がります。電気代が上がると製造に電気を使う製品も高くなり、製品は売れなくなる。そこで産業用の電気の価格は据え置き、家庭向けの民生用を値上げすることもあるでしょう。ドイツは産業用の電気価格を抑える一方、民生用の価格は日本の1・7倍の高さです。それでも国づくりに成功しています。

田岡　発電が巨大なプロジェクトになればなるほど、本当に安全かどうか、市民には不安が出てきます。どのようなリスクがあり、だれが解決するか。自由な論議が大切だと思います。

木元　再生可能エネルギーを大量に導入する場合は、大きな出力変動と余剰電力への対応が課題になります。出力変動は蓄電池を使って調整しますが、LNGの石狩湾新港発電所は出力調整に優れ、蓄電池量を減らせます。余剰電力は本州に送りたいと考えています。

幸村　洋上風力発電の余剰電力は、水素に置き換えて貯蔵することを構想中です。水素は蓄電池のように自然放電せず、貯蔵しやすいのが利点です。

野宮　石狩湾新港が次世代へのエネルギーを生んでさらに発展するには、官民が知恵を出し合って連携することが大切と感じます。

記念対談

地震で知った電気の大切さ

野宮　北海道に移住したのは7年前ですね。

千堂　芸能界に入って東京で12年、結婚後は私の地元の関西で10年生活しました。2人目の子供を出産する際、北海道にある夫の実家に滞在し、空気と水、食材が本当に良くて、そのまま居座ってしまいました。

野宮　千堂さんはトレンディドラマのような都会的な印象がありました。

千堂　ドラマでは都会的な役が多かったのですが、実はアウトドア派です。東京時代も一人で釣りに行ったりしていました。北海道では子どもたちと自然を楽しんでいます。

野宮　9月6日の胆振東部地震は驚いたでしょう。

千堂　北海道には地震も台風もないんだよ、と義母から聞いていましたが、地震後の停電で真っ暗になり、電気のありがたさを感じました。

野宮　今回のシンポジウムは港とエネルギーがテーマです。

千堂　北海道はエネルギーや食材など、いろいろな可能性を秘めている場所です。私にも何かできるかもしれない、と感じさせてくれます。

野宮　北海道ブランドの発信者として今後も活躍を期待しています。

千堂あきほ氏（右）と野宮範子氏による記念対談

千堂 あきほ氏

せんどう・あきほ　「東京ラブストーリー」をはじめ、ドラマや映画に多数出演。出産を機に2011年、夫の故郷の札幌に移住した。2児の母。

野宮 範子氏

のみや・のりこ　北海道放送（HBC）を経て1990年からフリー。テレビ番組にキャスターなどで出演し、現在はシンポジウムなどの司会も務める。

◎お問い合わせ
「ザ・シンポジウムみなと」実行委員会事務局
（一社）寒地港湾技術研究センター（担当：総務部）
TEL 011・747・1688

広告