

平成 27 年 6 月

CPC 講演会等年次報告 (平成 26 年度)

- ・第2回 CPC 講演会 (平成 26 年 9 月 29 日)
- ・ザ・シンポジウムみなと in 札幌 (平成 26 年 11 月 20 日)
- ・いしかり産業見本市 (平成 26 年 8 月 23 日、24 日)
- ・津波漂流物対策施設ガイドライン講習会
(平成 26 年 10 月 20 日、21 日、22 日)

目 次

1. 平成 26 年度講演会等概要	
2. 第 2 回 CPC 講演会	
シビルエンジニア廣井勇の残したもの—廣井勇工学博士研究会成果を中心に—	
2.1 主催者挨拶	
2.2 講演「シビルエンジニア廣井勇を育てた札幌農学校を受け継いで」	
2.3 廣井勇工学博士研究会成果報告	
(1)「廣井勇の業績(研究会成果の総括)」	
(2)「砂浜海岸の築港に及ぼす漂砂の特性について」	
(3)「波動力の測定と其利用」	
(4)「將來の港湾(會長講演)」	
(5)「論説報告「上海港」、雜録「上海港改良技術會議に就て」」	
(6)「小樽港コンクリート長期耐久性試験」	
(7)「小樽北防波堤の建設とその後の経緯について」	
付録 A 第 2 回 CPC 講演会開催案内	
付録 B 第 2 回 CPC 講演会写真	
3. ザ・シンポジウムみなと in 札幌	
3.1 主催者挨拶	
3.2 基調講演「プリンセス・クルーズから見た今後のクルーズ振興」	
3.3 パネルディスカッション「北海道のみなと・地域のクルーズ振興戦略を考える」	
付録 C ザ・シンポジウムみなと in 札幌開催案内	
付録 D ザ・シンポジウムみなと in 札幌写真	
4. いしかり産業見本市	
付録 E いしかり産業見本市開催案内	
付録 F いしかり産業見本市写真	
5. 津波漂流物対策施設設計ガイドライン講習会	
5.1 主催者挨拶	
5.2 基調講演「大規模津波来襲の教訓」	
付録 G 津波漂流物対策施設設計ガイドライン講習会開催案内	
付録 H 津波漂流物対策施設設計ガイドライン講習会写真	

1. 平成 26 年度講演会等概要

名 称	プ ロ グ ラ ム	日時、場所	開 催 状 況
第 2 回 CPC 講演会 シビルエンジニア廣井勇の 残したもの —廣井勇工学 博士研究会成 果を中心に—	・主催者挨拶(廣井勇工学博士研究会、前中国地方整備局長 栗田 悟) ・講演「シビルエンジニア廣井勇を育てた札幌農学校を受け継いで」 北海道大学名誉教授、前北海道大学総長 佐伯 浩 氏 ・廣井勇工学博士研究会成果報告 (1)「廣井勇の業績(研究会成果の総括)」 日本データサービス(株)副社長 関口 信一郎 氏 (2)「砂浜海岸の築港に及ぼす漂砂の特性について」 北日本港湾コンサルタント(株)代表取締役 上原 泰正 氏 (3)「波動力の測定と其利用」(一社)寒地港湾技術研究センター理事長 水野 雄三 氏 (4)「將來の港湾(會長講演)」九州大学大学院工学研究院教授 平澤 充成 氏 (5)「論説報告「上海港」、雜録「上海港改良技術會議に就て」(一財)港湾空港総合技術センター研究主幹 梅沢 信敏 氏 (6)「小樽港コンクリート長期耐久性試験」国土交通省北海道開発局港湾空港部長 川合 紀章 氏 (7)「小樽北防波堤の建設とその後の経緯について」(株)西村組執行役員常務、札幌支店長 中村 弘之 氏	平成 26 年 9 月 29 日 北海道立道民活動センター かでるホール	参加者数：194 人
ザ・シンポジウムみなと in 札幌	・主催者挨拶 水野 雄三(ザ・シンポジウムみなと実行委員会委員長) ・基調講演「プリンセス・クルーズから見た今後のクルーズ振興」(株)カーニバル・ジャパン代表取締役 木島 榮子 氏 ・パネルディスカッション「北海道のみなと・地域のクルーズ振興戦略を考える」 コーディネーター 室蘭工業大学地域共同研究開発センター准教授 古屋 温美 氏 パネリスト 網走市長 水谷 洋一 氏 パネリスト 釧路港おもてなし倶楽部 副実行委員長 金子 ゆかり 氏 パネリスト 富山県土木部港湾課環日本海拠点港推進班班長 太田 浩男 氏 パネリスト 大阪大学大学院国際公共政策研究科教授 赤井 伸郎氏 パネリスト (株)海事プレス社横浜支店長 斉藤 正幸 氏	平成 26 年 11 月 20 日 札幌全日空ホテル 3F 鳳	参加者数：250 人

名 称	プ ロ グ ラ ム	日時、場所	開 催 状 況
いしかり産業 見本市	港湾・物流ゾーンへの出展、展示	平成 26 年 8 月 23 日、 24 日 サン・ビレッジいしか り	参加者数：15,000 人
津波漂流物対 策施設ガイド ライン講習会	・主催者挨拶 水野 雄三(寒地港湾技術研究センタ ー理事長) ・基調講演「大規模津波来襲の教訓」京都大学名誉 教授、(一財)沿岸技術研究センター参与 高山 知司 氏 ・「津波漂流物対策施設設計ガイドラインの解説」 日本海洋コンサルタント(株) 安野 経治 氏 ・「北海道内の津波漂流物対策施設の設計事例」 北日本港湾コンサルタント(株) 加地 隆之 氏	平成 26 年 10 月 20 日 釧路市交流プラザさ いわい 平成 26 年 10 月 21 日 (一財)北海道開発協会 会議室 平成 26 年 10 月 22 日 函館市勤労者総合福 祉センター	参加者数：釧路 40 人 札幌 62 人、函館 28 人

2. 第2回CPC講演会

シビルエンジニア廣井勇の残したもの—廣井勇工学博士研究会成果を中心に—

2.1 主催者挨拶

栗田 悟（廣井勇工学博士研究会会員，前国土交通省中国地方整備局長）

皆さん、こんにちは。今、紹介ありましたとおりに中国地方整備局長で退職しまして、9月の初めぐらいにやっと札幌に戻ってきました。主催者を代表致しまして、また廣井勇工学博士研究会の一員として挨拶をさせて頂きたいと思います。

皆さん、廣井勇工学博士については大変よくご存知の方がお集まりだと思います。小樽の北防波堤を自ら監督して造った、設計もした。それから、そのために6万個にも及びモルタルブリケット、コンクリートの試験、その実験計画を作って、それから実際に自ら実験を手掛けた。そういうことは皆さんよくご存知だと思います。ただそれ以外に廣井博士の人生とはどういう人生だったか、それ以外の業績はどんな業績を残したのかとか、またどういう生活をしてたのかとか、どういう人物を育てたのかとか、こういったことは実際に色々な本がございますので、それをお読みなればかなりおわかりの方もおられると思いますけれども、そういった疑問を私自身が若い頃に持ったわけでございます。

私の初任地、これは昭和54年でございますけれども、小樽港湾事務所、その当時は小樽港湾建設事務所でした。皆さん、よくご存知のとおり、事務所は南防波堤の付け根にあって、その向こうには島防波堤があって、さらにその向こうに北防波堤があると、このようなロケーションにある事務所でございます。事務所の所長室には廣井先生の顔写真、それから先程お話ししたモルタルブリケットがそのまま残っていると。そういう環境に配属されたわけでございます。当然、その防波堤というのはいつ誰が造ったのかという疑問を持つわけですね。周りの人に聞いても、廣井先生だという話は来るのですけれども、それ以上の情報があまり得られなくて、聞くのではなくて自分で本を読めば簡単にわかったはずですよ。つまり皆さんもご存知の「小樽築港工事報告」これは事務所にありますから、それを読めば直ぐ答えは出るはずですけども、まだ若かった私はそういうことはしませんでした。実際にその築港工事報告を読もうとすると、それなりの経験と知識がないとなかなか読みにくい本だなというふうに未だに思っているところでございます。実際に私がそれらを読み始めたという話になるのは平成6年です。平成6年に廣井勇工学博士の伝記

を作るという研究会を立ち上げて、そこで私もその末席に入っております、その時に色々な資料が目に触れることになって、そこから廣井勇博士の資料、論文、本、そういったものを少しずつ読むようになったということでございます。その後、平成14年に小樽港湾事務所を中心に小樽ゼミナールというのを開催して、それで今回の廣井勇工学博士研究会に繋がっていくわけでございます。

廣井勇工学博士研究会というのは、昨年、平成25年1月から今年平成26年3月まで15回程の開催をしております。私は7月に中国地方整備局長に転出しましたので、1回目から6回目までは私もおりましたが、その後、川合部長それから梅沢課長に引き継いで頂いて、皆さんで今年の3月まで続けて頂いたということでございます。その研究会の目的・目標というのは、廣井先生が書かれた論文とか書籍、そういったものをしっかり読んで、それからその読んだものを自分なりの感想をつけて発表する。いわゆる文章に残してみんなの前で発表をする。こういうようなやり方しております。皆さんも小説なんかを読んで、面白い小説だからもう1回読み直そうかと思って読みますと、こんなことが書かれていたのかしらというような経験をされることがおありかと思います。論文も本もまさに同じことでございまして、しっかり一語一語読んで行くと新たな発見、2回目読むとまた新たな発見がある。こういったような経験を私自身もしております。最初からしっかり読めば良いわけですけども、人間の集中力というのはなかなか続かないということの表れかと思えます。それを1人でやるのではなくて、みんなでやることによって継続すると。それから発表することによって、読んだ人が得た知識を共有する。それから、それを聞いていたメンバーの人達がさらに意見を言うことによって、発表者が気づかなかったことを気づくと。そういったようなことをその研究会でやっていったわけでございます。結局、廣井博士が残した論文とか本、こういったものを今言ったようなことを実行することで、廣井博士が伝えなかったこと、これを如何に我々今の人間が近づいていくか、そこに近づいていくかということを行っていたというふうに考えております。はじめにお話しした廣井博士がどんな人生を送ったのかとか、それからどんな業績を残したのかという、私個人の様々な疑問についての内、廣井博士が何を成し遂げたのか、それから何を伝えなかったのか、これをこの研究会でやっていったと考えております。

それから今日は、寒地港湾技術研究センター、前北海道大学総長の佐伯浩会長にご講演を頂きます。「シビルエンジニア廣井勇を育てた札幌農学校を受け継いで」という題ででございます。佐伯先生とは若い時から色々なお話をさせ

て頂いておりますけれども、札幌農学校はこの北海道にたくさんものを残しています。それは人であったり、物であったり、学問の業績であったり、色々なものであらうと思っております。それをしっかり北海道大学が受け継いで守り、それから育て、さらに大きく発展させるというようなことを、佐伯先生はお考えでございました。今もそのお考えはお変わりになっていないということとっております。今日のご講演、私自身大変期待しているところでございます。その後、7名の廣井勇工学博士研究会のメンバーがそれぞれの発表したテーマについてお話をさせていただきます。長時間に渡りますし、1人15分という時間ですので、ちょっと短くて駆け足になる部分もあるかと思っておりますけれども、ゆっくりお聞き頂ければと思っております。そして廣井勇工学博士について、ここにご参会の皆様お1人お1人が新たな発見を何か1つ是非持ち帰って頂きたいと思うところでございます。

本日の講演会は廣井勇工学博士研究会とそれから一般社団法人寒地港湾技術研究センターの共同開催でございます。昨年、廣井勇工学博士研究会を始めた時から、様々な形で寒地港湾技術研究センターにはご支援を頂いております。改めて感謝を申し上げたいと思います。

以上で私の主催者としての挨拶を終わらせて頂きたいと思っております。本日はお集まり頂きまして、誠にありがとうございます。

2.2 講演「シビルエンジニア廣井勇を育てた札幌農学校を受け継いで」

北海道大学名誉教授，前北海道大学総長 佐伯 浩 氏

ただ今ご紹介頂きました佐伯でございます。今日は 30 分程時間を頂いて，廣井勇を育てた札幌農学校の教育が今北海道大学でどのように生きているか，あるいはどのようなことを参考にしているかについて，簡単にお話しさせて頂きたいと思います。

廣井先生の業績あるいは廣井先生の生き方をそのまま今の大学に繋げるということは実は難しいことでございます。ご存知のように廣井先生は高知県の片田舎から東京へ出られまして，工部大学校の予科で学ばれている。その時に札幌農学校が新たにできて学生を募集するというところで，奨学金を出すということで強引に札幌農学校に連れてきた人の中の 1 名でございました。そういう意味では元々極めて優秀な人材であったということです。それから下級武士という家柄でございましたから，当時のことから考えますと，何とか名をあげたい，一族の名もあげたいという，向上心も非常にあったのではないかと思います。私自身もこれ程の話ではないのですが，元々私の祖先は細川藩にいまして，神風連の乱で負けて宮崎に逃げ込みました。宮崎の高千穂町は天領だったものですから，逃げ込みやすかったみたいですね。それから四代目が私なのですが，中学校の 3 年の時に親父から突然「うちは士族なんだ。お前に切腹の仕方を教える」と言われて，眠たい時に急に起こされて切腹の所作を習ったことがございます。士族だったという誇りもあったのかもしれませんが，士族の家柄かもしれないけれども，多分明治時代のことです。廣井先生の頃はもっとも自分の家の名をあげたい，それは自分だという意識もあったのではないかと思います。

もう 1 つ，偶然にも札幌農学校に学ぶことになりましたけれども，そこでの先生方がアメリカのニューイングランドというボストンの近くでございますが，そこからクラークさんを教頭に若い先生が 3 人来られました。アメリカの中でもニューイングランド出身というのは非常に特異な，元々，アメリカをつくった最初の入植者で，メイフラワー号で来た人達でございますから，我々がアメリカをつくったのだという意識もありました。非常に開拓者精神と言いましょうか，パイオニア精神を持った人達でもございました。そういう若い先生達に会えたということも，廣井先生の若い人生の中の大きな力になったのではないかと思います。

それから一番大事なことは，もちろん東京工部大学校の予科で習った英語ですね。札幌に来てからは全てが英語漬けの生活ということで，さらに磨きがかかったということ

かと思います。それが後程色々関係しますけれどもキリスト教に入られました。社会に出られてからは自分がクリスチャンであるということを他人に言うことはほとんどなかったということでございますが，家では必ず 1 回は家族を入れないで部屋にこもってお祈りをされておられたということも聞いております。そういう意味では敬虔なクリスチャンでもありました。そういう意味で高い倫理観を持つ技術者になられたということかと思います。

今から 10 数年前くらいから日本の語学教育に問題があるとの議論があり，もっと日本人は英語が喋られるようにならないと駄目だということが盛んに言われました。その時に色々なところの論文で引用されるのが，札幌農学校での英語教育です。過去の日本人の中で札幌農学校の出身者は特に新渡戸稲造をはじめ，あの頃の人達の英語のコミュニケーション能力は日本のトップであると言われていました。どこにその原因があるのだということを調べられた論文がたくさん出ていました。それは元々優秀であり，若い頃から英語を勉強され，大学に来て毎日朝から晩まで英語漬けの生活をするということで，英語が巧みになられたのでしょけれども，英語に取り組んだ時期が非常に良かったのですね。それも私はある人から聞いたのですが，語学の才能というのは，10 歳までに覚えた外国語というのは直ぐ覚えるのだけれども直ぐ忘れてしまうと。少なくとも 10 歳を跨いだ後でないと，語学の能力というのは後まで続きませんということを何度も聞かされていたのですが，札幌農学校に入られた方達は 15 歳とか 16 歳とか非常に若い方々だった。そういう時期に札幌農学校に入られたという意味では，非常に外国語を受け入れやすい時に英語漬けの大学に入ってきたと。これが，さらに語学力を高めて行ったのではないかと考えています。新渡戸稲造さんの講演を聞いた外国人が，生まれたのが元々アメリカだと思ったというぐらい堪能な語学だったということでございます。その頃の札幌農学校出身の学生さんはまさにそういう意味では恵まれていて，語学力については日本のトップレベルじゃないかということだと思います。

廣井先生はその後，開拓使に勤められたり，札幌農学校の教員もやったりということでございますが，その間にアメリカに留学されました。この時には大学生よりも一般の建設業界のコンサルタント等に行って働かれるのですが，これが後程，廣井先生が多くのお弟子さんから慕われる 1 つの大きな源になったのではないかと思います。研究・教育だけではなくたわけです。実際の業務にずっと携わってこられ，しかも当時最も勢いよく公共事業が行われたアメリカでそういう経験をされたということが，大きな技術の蓄積になったのではないかと思います。これが後の例え

ば太田圓三とか、石川栄耀、樺島正義、増田淳、あるいは台湾で貢献した八田与一、こういう人達が大学を卒業してからも、色々な意味で先生のところにお伺いして色々意見をお伺いしに来たというのは、廣井先生が研究とか教育だけではなくて、実務の面でも非常に高い見識を持っておられ、そういうことでまた彼らの尊敬がさらに高まったということかと思います。そういう意味では海外に行かれ、実務を担当されたという面では、当時の大学の先生としては非常に珍しい経験をされてきたという意味で、後の先生に多くの弟子が慕ったということになるかと思っています。

もう1つはドイツに留学されました。ドイツは非常に学理的な研究をすることで有名でございまして、土木工学についてイギリスはどちらかというと実用的な学問ですが、土木というのはものをつくることですから実務的ではあるのだけれど、ドイツの大学で行われたことは非常に学理的な研究が主でありました。アメリカに留学された後、今度は研究志向の色合いの強いドイツに行かれたということが、廣井先生の考えを広くされたのではないかと思います。ドイツに留学されてから波の研究だとか、構造物の不静定の問題だとか、色々なことを書かれるようになったのも、ドイツ留学の影響だと思います。そういう意味では実務的な場所に行ったこと、それから学理的な国に留学されたという、2つの経験をされたということも、先生の大きな財産になっていたのではないかと思いますし、それが先生の教えた学生の方が先生を尊敬するということになったのではないかと思います。

廣井先生は札幌農学校の第2期生でございますが、この札幌農学校というのは非常に厳しくてなかなか卒業できませんでした。全てが英語ですから、語学の問題もあるのですが、成績のつけ方が非常に欧米的と言いますか、アメリカ的で厳格なのです。例えばアメリカの教育で今でも言われているのは、例えば技術士を取りたいというためには、技術士を取れる可能性ある大学は認定されているのです。認定校というのがあります。そこで4年間の土木工学の教育を受けます。受けて大学を卒業する時に、FE ファンダメンタルズオブエンジニアリングと言うのですが、工学基礎と言うのですか、その試験を受けます。その試験は上位7割が合格、3割を落とすのです。何点以上は通すのではなくて、受けた人の上から7割だけが合格、下の3割は落としますという試験なのです。ですから、なかなか大変なのです。認定を取れる大学は優秀な大学なのですが、そこでそういうようなやり方をすること、という意味ではアメリカの成績の決め方というのは60点だから良いとか、80点だから良いかというのではなくて、全体の何%を落としますという試験が多いですね。これは医師の

試験もそうなのです。日本の場合は非常に曖昧なので、どこでも非公認でみんな迷うのですけれども、アメリカ流ですと迷う必要はないのですね。何%以上取りますというのですから、そういうドライなところがあります。そういう意味ではそういう学校に入学された学生諸君というのは、中には卒業できないと言いますか、2年で退学とか、かなり厳しい中で評価されるということになるかと思っています。

私が総長になる前の4年間、大学の副学長をやりましたが、その内の3年間は学生担当の副学長でして、主に教育担当だったのですが、法人化するというのもございまして、大学の教育での成績のつけ方は非常に曖昧で、先生が自由に点数をつけるというのは良くないとされました。厳密な成績の評価方法を議論しまして、何回かの試行をしました。これはどこを調べても出ていなかったのですが、外国のある大学でどこでも使われているような理屈が書いてありましたのでそれを見ますと、まさに先程、合格ラインを決めるものにあげたものと同じように、例えば成績ですと、今は「優」「良」「可」だと大雑把ということで「秀」をつくっています。「秀」「優」「良」「可」「不可」があります、成績をつける時に、「秀」は基本的に90点以上、「優」が80～89、「良」が70～79、「可」が60～69、59点以下が「不可」ということですが、その時に「秀」は全体の10～15%、そういう枠を決めて先生方に評価をしてもらう。今度は点数が非常に細かくなりますから、「秀」は4点、「優」は3点、「良」は2点、「可」は1点、「不可」は0点ということで、単位数に数値を掛けて全体の平均値を出してということもやるわけですが、それで自動的に「何点以下は不合格」ということ、あるいは「卒業できません」、「進級できません」、ということになります。そういう意味では今まで点数をつける権利、誰を合格させるか落とさないかというのは、教授の権限だと思っている先生が多かったのですが、そういうことではなく客観性のある、どの先生の授業を受けても同じ基準で選考してもらうというようにしました。と申しますのは、ご存知のように、今は大学も理系・文系、大きな括りで入学者を取っているわけですが、その後学部に移行する時に、その先生方の点数が非常にいい加減な点数になってくると、自分の行きたいところに行けなくなったら裁判になる可能性だってあるのですね。そういうこともございまして、かなり客観性のある採点の仕方、先生がどういう品質で点数をつけたかということが全てインターネットに出ております。あなたのつけ方は甘いですよ、もっと厳しくしてくださいと。そうかと言って、今度は受講する学生数が少ないと、これは成り立ちませんから、学生が5人しか先生の授業を取らない、あるいは6人しか取らない、という科目はやめてもらいます。なぜなら相対的

な評価ができないのだからということで、人気のない先生は講義もできなくなったということにもなりました。あれも勉強したい、これも勉強したいという人もいる。これは札幌農学校もそうだったのですね。最初の学生の中にはちょっと科目数が少ないのではないかという意見もあったみたいですが、そういうことができるように科目もある制限を超えて取ることもできるということで、私自身は、これは札幌農学校方針とは思っていませんけれども、あの頃クラーク先生があれだけ大胆に落とされた生徒は辞めていっているのですね。学生からの不満もそれに対して出なかったというのは、成績のつけ方というのは、客観性がある成績をつけて行くことが大事だということで、今は先生が勝手に「優」「良」「可」とつけないという意味では札幌農学校の教育の方針の一部を入れたということになるかと思いますが、先生方から非常に嫌がれました。

それからもう1つは、学生による先生方の教育の評価です。これも15年ぐらい前からやり始めました。あまり時間が掛かっていけないので20項目ぐらいでその先生の評価をしてもらう。A・B・C・Dというところにチェックを点けていく。だいたい5分ぐらいでできるようにしております。各授業が終わって、最終回の16回目の授業とか13回目の授業辺りに、全員にそれを配って、先生の手を通らないようにして集めてしまうということで、その先生の点数を出していますが、ものすごく正確です。その先生がA・B・Cのクラスで、同じ科目を違うクラスで教えているとしても、クラスが変わっても成績の評価というのは変わらないということがわかりました。学生は優しい先生を一見好むように思いますけれども、学生を真剣に指導しようとする意識を持った先生、講義の準備をきちんとする先生、要領良く結論を教えてくれる先生、そういう先生達に高い評価が出ているという結果がありまして、大学は教員の評価をしていますけれども、一番簡単に正確なのが学生の教員の評価です。これも当時を考えますと、4人の先生方の書いたものを見ますと、アメリカ教育を受けたからでしょうか、若い先生方が大学で受けた時の教育というのは、日本の先生とは違いまして、日本の先生はどちらかと言うと研究の方に力を入れているのですが、アメリカの大学は如何に良い教育をするかということが大事なものですから、若いニューイングランドの先生方が教育に全力を注いでやったということが非常に良い成果を上げたと思います。それがまた先生と学生を非常に近づけたと思います。また、夏休みになると班に分かれて先生について学外実習にいきます。そういう意味では先生の個性もそこわかるという意味では、札幌農学校の教育というのは学生と先生の距離が近いですし、評価も非常に正確だし、良かつ

たのではないかというふうに思っております。

それから、先程、札幌農学校の英語の能力が非常に高かったという話をさせて頂きましたが、その理由があるのですが、分析の結果出ています。これは英語の先生方の分析の結果です。1つは多読、要するに沢山読んだと。要するに朝から晩まで英語漬けですから、当然、多読になる。それから天性。先程言ったように札幌農学校に入ってきた時点で、1人1人が非常に能力の高い人達が来ていたと。多読と努力と天性、この3つの能力が全員にあったわけです。

もう1つは意外なことなのですが、漢学です。その頃の若い人達の子供の頃の教育はほとんど漢学なのです。孔子だとか老子だとか、そういう漢学です。漢学というよその国の文化、文字をきちんと理解するという、もう既に第一外国語に漢学。中国語が喋られるわけではないのですけれども、そういう能力を持っている人達が大学へ行けと選ばれてきたのですね。英語ができるからこっちへ行けと言われて進学しようとしたわけではないのです。元々の先発は漢学であるのですね。だから、漢学という全く日本語でないもので勉強をしてきた。当時の教養人ですね。英語も優秀だったのだけれども、その前に漢学で1つ2つ上の段階を勉強してきた。これもあるのではないかということが言われています。それから10代の若い人達だったということです。

それから、最後にこういう方々がその後、語学力があればある程、どんどん人と喋られる。例えば当時、北海道の開拓使の中に、明治4年から明治14年の10年間にお雇い外国人という方が78名来ているのです。約80名近くの方が来ています。彼らが入学したのが明治10年ですから、彼らが卒業する頃は明治15年で、開拓使が存在する時期のぎりぎりなのですが、この時期の10年の間に78人の外国人の人達、アメリカが48人、イギリス4人、オランダ3人となっていますね。こういう人達が仕事していない時は札幌にいたはずですね。仕事がある時は地方に調査に行っているのでしょうか。彼らは自分の力を試すのは農学校にいる先生方だけではなくて、小さな町ですから、しかも当時の学校は今の開拓使の直ぐ近くにありましたね。今の時計台のところですから、その辺りを外国人がうろろ歩いていると、多分彼達は話しかけたのではないかと思います。自分の語学力のあることもそこでチェックをしたいでしょうし、自分の知っていることと向こうの人がやっていることの共通点を見い出そうとか、そういうこともやったのではないかと思います。そういう意味では非常に人口が少ない中に札幌というのは外国人のいる率が高かったのではないかと私は想像しています。そういうこと

と、大学の人間とそこにいる外国人とのコネクションと言いましょか、コミュニケーションと言いましょか、そういうことが彼らの語学をさらに高めることになったのではないかとっております。そういう意味では開拓使が外国人をたくさん雇ったということが、ある意味学生達の目を海外にも開かせたでしょうし、自分の語学能力がどの程度なのかということも、そこで測ったのではないかなと思っております。

さて、最後に札幌農学校を受け継いでと言われると私も非常に困るのですが、北海道大学の工学部の1期生の方々が「北大工学部土木の源流」という立派な本を作っております。その中にも幾つか札幌農学校関連のことを書いた方がいらっしゃる。ある人が書いた中には、札幌には工学部がなかったですから、工学部の先生方は北大以外から特に東大や九大から来られた先生が多いですね。そういう人達がいる中で、寮にいた連中はやはり札幌農学校のことがあるものですから、クラークさんのことだとか、「Boys, be ambitious!」だとか、そういう話をよくしていたみたいですが、他の大学から来た先生方にとってはそれがあまりにも煙たかったらしくて、「なんでお前達は関係のない農学校にいた先生をそんなに奉るのだ。もっと目を開け。俺は九州から来たのだ」というようなことで、先生方も昭和のはじめ頃ですが、他の大学から来られた先生にとっては、札幌農学校あるいはクラーク先生あるいは「Boys, be ambitious!」という言葉がちょっと煙たかったようなことを言われていたということが、1期生の本の中に出ておりました。

あと5分程お話をさせていただきますが、その頃の土木の教育なのですが、札幌農学校の教えた教科書の内容は、これは原口さんという北大を出た人の札幌農学校の教育の問題を扱った学位論がございます。彼が色々調べた結果、当時できていた東京大学の工学部、工部大学校、あそこの教科書はイギリス人のランキンが書いた土木工学という本を使って教育がなされたと言われています。北海道大学の場合には、ホイラーという方が書いた土木工学の本というということです。なお、ホイラーさんとは、農学校のホイラー先生ではなく米国陸軍の先生です。どちらかと言うとランキンの方はアカデミックと言えバアカデミックな土木工学の本で、色々な式がたくさん載っています。一方、ホイラーの方は軍隊で教えた教科書ですから、もちろん式も書いてあるのですが、直ぐ現場で使えるようにということが書いてあります。これは何を意味するかと言うと、北海道開拓にとっては開拓使をつくった、北海道を開拓しようとする、取り敢えず北海道を開拓するものとしては農産物、水産物、あと鉱山の地下資源。こういうものが

まず開拓の第一の目標になるのですね。それを開発して輸送するためには、東京に持って行くにしても輸送手段がきちんとしていないといくら資源があっても活用できない。そういう意味では開拓使が非常に農業振興ということに力を入れますけれども、それと同時に北海道開拓を順調に進めるためには、交通の体系をきちんとしてないと駄目だという意識が非常にあったと思います。ですから、多分開拓使の中にも交通に関連する土木工学、これをもっと強く出してほしいというのも内部であったのではないかなと思いますし、来てくれた先生の中にも外国人が4人、クラークさん以外にいますが、ブルックという先生は農学部の先生で、カッターはお医者さん、あと2人は土木の先生です。その人達が札幌農学校で教えるのですけれども、農学を開発するというためには、開発の農業とか水産とか林業とか色々あるのだけれども、結局生産したもの、あるいは取り出したものを持って行かないことにはお金にならないわけですね。そういう意味では土木工学が重要視されていたということになるかと思います。その後、札幌農学校の中にも工学科あるいは土木工学科というのができます。割合短時間に終わっていますけれども、そういうのをつくったというのは、やはり農学とか、開拓すべきものを作ったり取ったりすることは非常に大事だけれども、結局は運び出せないと開拓にならないということから、札幌農学校というのは教育の半分は農学関係で、半分は土木関係の教育がなされたということです。

そのホイラーの土木工学の本というのはアメリカの陸軍の教科書、軍隊の工兵の教科書です。これはウエストポイントにあるということは、陸軍士官学校、今でもニューヨークのウエストポイントにあります。ここにコープスオブエンジニアという陸軍工兵隊というのがあります。この工兵隊というのは如何にも兵隊に公営なのだと思うのかもしれませんが、今でもアメリカでは、河川の改修とか、河川の維持管理、舟運のマネジメント、こういうのは全て、陸軍の工兵隊がやるのです。これは昔の映画で騎兵隊というのが出てきます。インディアンとやりあったりする騎兵隊なのですが、彼らも元々陸軍なのです。彼らが平和な時には何をしていたかと言うと、土木の作業です。木造の橋を造ったり、交通の基盤施設をやったり、洪水によって被災した時には修理したりという、工兵であると同時に騎兵隊をやっていたというのが米国陸軍の歴史なのです。そういうことでありますから、陸軍の教科書にあったというのはアメリカにとっては土木の本流と言いましょか、現場の本流と言いましょか、そこの親分が本を書いたというのがホイラーの土木工学の本です。ですから、これが北大で採用され、テキストになってずっと使わ

れたと。東京大学の方はものをつくるということよりも、土木工学を教える、しかも来られた先生がイギリスから来られたということもあって、ランキングという人の若干理論の多い土木工学のものを使ったということで、2つの大学の特徴が見られるのではないかと考えております。

私からは以上でこの報告を終わりたいと思いますけれども、最初にお話し致しましたように、廣井さんは特別にインパクトを与えている。先生自身の教育もあり、研究の成果もたくさん上げておりますし、ある時は海外との色々な交渉事にも先生が出かけて行って発言しているということで、多才な方なのですが、その一番の原点になったのは札幌農学校で4年学んだこと、もう1つは札幌や小樽でキリスト教の信仰を得たことが、彼の倫理観を非常に高めることになりました。これらこそが彼の人生の中で、表には出ないのだけれども、卒業生が何か困った時には廣井先生のところに行くかなという気を起こさせたのではないかと。もう1つは当時の大学の先生の中では最も現場を知っておられた。ですから何かあった時に相談できるのは、多分当時はそんなにたくさんいなかったのではないかと思います。その1人が廣井勇先生ではないかと考えています。

そういう意味で、札幌農学校と今の現在の北海道大学を比較して、何か違うかと言われても比較するものがないに等しいのです。最近は成績を厳しくして、第三者が見てもおかしくない判定を示すということは取り入れました。もう1つは新渡戸カレッジというのが去年から動いています。これも今からでは少し遅いのですけれども、18歳ではちょっと年齢が高過ぎるのですけれども、語学力を高めていかないと、これからの国際化の中についていけないのではないかということで、1年に入学した学生の内、毎年200人ですけれども、半年間海外への留学を義務付けるということで、4年間で800人になりますから、そういう意味では徐々に拡大して行こうということでやっています。また一方、まもなく来年ぐらいから始まると思いますが、外国人で日本語がわからない連中を入学させて、最初の1年目は英語で教育して、3年目からは日本語で教育する。その代わり1年目は全員寮に入れて夜は日本語で教育するというようなことも、来年ぐらいから始まることになっています。要するに大学側も国際化してしまおうと。若い人達が英語を勉強しようと言わなくても、なんとなく北大に入ったら英語を勉強しないと、あるいは語学力をつけないと、学生ではないよなと思うような雰囲気をつくれればと思って努力しましたけれども、予算不足で必ずしも全体はかないませんでしたけれども、今少しずつ我々の理想に近づいています。これは当時の札幌農学校から比べると遥かにレベルの低い努力です。

時間が若干過ぎましたが、これで私の講演は終わりにさせていただきます。どうもありがとうございました。

2.3 廣井勇工学博士研究会成果報告

(1)「廣井勇の業績(研究会成果の総括)」

日本データサービス(株)副社長 関口 信一郎 氏

皆さん、こんにちは、関口です。佐伯先生の後を受けて、私の方は学生時代の後の話からお話しさせて頂きたいと思います。1881年の4月に札幌農学校を卒業して開拓使、この開拓使が直ぐ廃止になりますので、次いで工部省といって東京に渡ります。そして1883年12月、兼ねてから札幌農学校の時から「俺はアメリカに行くんだ」と言って「大言壮語」と同級生から言われていたアメリカに、お金を貯めて出掛ける、リオ・デ・ジャネイロ号で、横浜からアメリカに渡ります。そしてミシシッピの改良工事を皮切りに橋梁コンサルタント等で懸命の研鑽を積みます。この時も片親ですから母親にずっと一食抜いて仕送りをしていたということですし、夜遅くまでとにかく勉強していたということで、「日本人はこんなに勉強するのか」ということを当時の下宿とか周辺の人達は言っていたといひます。その苦学をしている1887年に札幌農学校の助教に任命されて、3年間のドイツ留学を言い渡されます。この時から廣井博士は自分の貧しい境遇からやっと経済的に恵まれた状態になります。今、皆さん方が見ておられるのは、数え年で28歳の時、この時はドイツのカールスルエとシュットガルトンに留学するのですが、この時の写真であります。(図-2.3.1.1)そしてこの時にちょうどアメリカで学習した成果を、著書“Plate Girder Construction”でこの時期に発表しております。

その後、1889年にドイツ留学を1年短縮して2年で日本に帰ってきます。ドイツ留学の時には北海道開拓に必要な全ての土木、それからそれに必要な行政、そういうものも全部見て報告するようと言われていましたので、後年オールマイティに土木工学を実施できたという廣井博士



広井勇(28歳)

図-2.3.1.1

のその時の努力というのも大変なもので、ドイツ留学の時に一緒にドイツに行っていました新渡戸稲造なんかは「これはひょっとしたら体を壊すのではないか」というぐらい勉強に打ち込んだと言います。

そして1889年に日本に帰ってきました、札幌農学校教授兼北海道庁技師ということになります。その内、札幌農学校の工学科が廃止になることが決まりまして、北海道庁技師の方を本務として仕事をすることになります。函館港改良工事を1896年から始めます。そして1897年には佳境の大工事、小樽築港に掛かることになります。これは日本初の外洋防波堤でして、日本人だけで設計施工した初の防波堤であります。近代築港の科学と技術をこのことを通して日本に完全に移植しますけれども、皆さんご存知のとおり、この時に廣井博士は波力式によって数値的に出します。これによってそれまで港の形とか防波堤というのは経験によって同じような設計条件の港を基にしながらつくっていたのを、この波力式を出すことによって、もっと自由に科学的に港の計画・設計ができることになります。そういう意味で遅れていた築港学が世界の最高水準になったと言っても過言ではないと思います。これを「築港」として5分冊の発刊を始めますし、また後でお話しますが、耐海水性コンクリートとか、波力の研究を始めることになります(図-2.3.1.2)(図-2.3.1.3)。

ご本人はその後、1899年の4月に工学博士の学位を授与されて、同じ年の9月に東京帝国大学工科大学教授に任命され、土木工学の第三講座橋梁工学の担当になりまして、北海道庁の技師を兼務することになります。そして1901年には“Specification of Design of Railway Bridges and Viaduct”をはじめとして「橋梁示方書」、「構拱ニ於ケル応力ノ計算」等、橋梁に関する論文6編を工学会誌に発表します(図-2.3.1.4)。これで橋梁の技術者に正確な知識を与えることを目的に執筆しております。この当時、1850

留学時代・北海道庁技師時代

- “Plate Girder Construction”(1888)
- 函館港改良工事(1896-1899)
- 小樽築港工事(1897-1908)

日本初の外洋防波堤

日本人だけで設計・施工した初の防波堤

近代築港の科学と技術を日本に完全に移植
(遅れていた築港学が世界最高水準に)

名著「築港」5分冊の発刊を始める(1898-1902)

耐海水性コンクリートおよび波力の研究を始める

図-2.3.1.2

年以降というのは、皆さんご存知のとおり、鉄道網を欧米各国争って整備することになります。そのために長いスパンの橋梁がどんどん造られるようになりまして、この橋梁を設計するために、不静定構造物の解析がどうしても必要になってきて、この1870年以降、不静定構造また二次応力の解析が1つの大きなテーマになります(図-2.3.1.5)。廣井博士は1905年に最小仕事の原理を用いて、日常、橋梁技術者が直面する、不静定構造及び二次応力を簡潔明快に計算する方法を提示します。“The Statically indeterminate Stresses in Frames Commonly used for Bridges” こういう著書でして、特にトラスの二次応力に関する研鑽、色々な人が、時の世界の大家が、何遍も仮説を用いて提案していますが、廣井勇博士もこのトラスの二次応力については独創的な方法でこの本の中で提示しております。その後、1913年、この二次応力の計算には色々な仮定を設けます。従って、これを簡便に解けるかどうか、実用的に解けるかどうかということと共に、その精度が問題になります。そこで1913年には東京帝国大学の紀要にこれに関する論文を発表しております(図-2.3.1.6)。

それから、先程お話しました小樽の築港の時に問題の1つとなっておりましたコンクリートの完全な製法についての論文をその後に書いております。“Preparation and Use of Concrete Blocks for Harbour Works” 1905年に“Transaction of America”に発表しております。これは函館港改良工事および小樽築港工事において実施したモルタル試験及びコンクリートブロックの製造方法について述べていまして、ミハエリスがこの耐海水性コンクリートについては必ず火山灰を入れなければならないと言ったことに対して、正しい製造方法を厳守すれば市販のセメントでそれは可能であるということをこの時に明快に答えた論文になっておりまして、それに基づいて「セメント



明治32年12月24日の激浪に耐え、かろうじて残ったタイタン。

図-2.3.1.3

東京帝国大学教授時代(1899-1919)

- 1899年4月、工学博士の学位授与。9月、東京帝国大学工科大学教授に任命、土木工学第三講座(橋梁工学)担当。北海道庁技師を兼務。
- “Specifications of Design of Railway Bridges and Viaduct”(1901)をはじめ「橋梁示方書」、「構拱ニ於ケル応力ノ計算」など橋梁に関する論文6編を工学会誌に発表。橋梁技術者に正確な知識を与えることを目的に執筆。

図-2.3.1.4



フォース橋(photo;Wikipediaより)

1882-1890年にスコットランドのテイ湾に建設されたカンチレバートラス橋。全長2528.7m、最大支間長521.3m、高さ104m。鋼鉄の怪物と言われた。

図-2.3.1.5

独創的な不静定構造および二次応力の解法を発表

- “The Statically Indeterminate Stresses in Frames Commonly used for Bridges”(1905)主に最小仕事の原理を用いて日常、橋梁技術者が直面する不静定構造および二次応力を簡潔明快に計算する方法を提示。特にトラスの二次応力の計算は部材の節点を完全剛結と仮定し部材両端の曲げモーメントを未知数として解く独創的方法。
- “On the Determination of Actual Stresses in a Metallic Bridges”(1913)(東京帝国大学紀要第6冊第5号)において、上記の二次応力の解法の精度を検証した。

図-2.3.1.6

用法報告」「セメント用法実験」その他、1913年～1924年にかけて長期耐久性の試験結果を発表することになります。そしてそのほとんどの実験は小樽築港事務所で実施されております。これについて後で開発局の川合部長の方からお話があると思います(図-2.3.1.7)(図-2.3.1.8)。

それから1911年には太東岬において波力の計測および

波エネルギーの実験を開始します。波力の計測については小樽築港においてすでに波力の計測を始めているのですが、太東岬においては1911年から初めて始めることになります(図-2.3.1.9)。そして波力については“On a Method of Estimating the Force of Waves”ということで、築港の時に出した波力式をもっと理論的にこれを解いてあります。また波力の計測結果もその時に出してありますが、なかなか理論的にきちんとやることは難しいと言いながら、現時点ではこれがベストだろうというものを示しております。それから波エネルギーについては“An Experimental Determination and Utilization of Wave Power”ということで、今日の波力発電に繋がる先駆的な研究をしています。これについては寒地港湾技術研究センターの水野先生からまた発表があると思います(図-2.3.1.10)。

そして1914年には土木学会が創設されます。この発起人として努力しまして、後に第6代の会長に就任します。この時の会長講演「将来の港湾」というのを、九州大学の大学院の教授であります平澤さんの方からお話を頂くこ

コンクリートの長期耐久性試験

- “Preparation and Use of Concrete Blocks for Harbour Works”(1905)をTransaction of Americaに発表。
函館港改良工事及び小樽築港工事において実施したモルタル試験及びコンクリートブロックの製造方法について述べた。耐海水性コンクリートは正しい製造方法を厳守すれば市販のセメントで可能であることを実証。ミハエリスの学説に明確に答えた論文。以後、「セメント用法報告」(1913)、「せめんと用法実験」(1919)、“On long-time Tests of Portland Cement, Hydraulic Lime, Volcanic Ashes”(1920)、“Discussion on Disintegration of Cement in Sea water”(1924)を発表
ほとんどの実験は小樽築港事務所で実施。当初、『50年試験』として計画。

図-2.3.1.7



図-2.3.1.8

波力および波エネルギーの研究

- 1911年、大東岬において波力の計測および波エネルギーの実験開始。
- 波力については“On a Method of Estimating the Force of Waves”(1919)波圧式を理論的に説明。
- 波エネルギーについては“An Experimental Determination and Utilization of Wave Power”今日の波力発電につながる先駆的研究

図-2.3.1.9



図4・14 国内で最初の波力利用の海域実験装置

図-2.3.1.10

土木学会創設、東京帝大退官、港湾協会設立

- 1914年、土木学会創設。発起人として尽力。後、第6代会長に就任。会長講演「将来の港湾」。
- 1919年、定年を待たず東京帝国大学を退官。翌年、勅使をもって東京帝国大学名誉教授
- “On the Nature of Drifting Sands as Affecting Harbour Construction on Sandy Coast”(1921)
- 1922年、港湾協会設立。発起人として尽力。その後、理事として港湾の計画、調査、振興を指導。

図-2.3.1.11

とになっております。1919年に定年を待たず東京帝国大学を退官しまして、翌年に勅使をもって名誉教授ということになります。この後に実は港湾の方で今でも最も問題になっている漂砂についての論文を発表します(図-2.3.1.11)。“On the Nature of Drifting Sands as Affecting Harbour Construction on Sandy Coast”とい

うことで、これについても北日本港湾コンサルタント(株)の上原社長から発表があります。そして1922年には港湾協会を設立して、その発起人として努力しまして、その後、港づくりの計画、調査、振興の指導を行うことになります。

ちょっと前後しますけれども1921年、支那の上海港改良技術会議への日本代表委員として出席します(図-2.3.1.12)。上海港は当時の国際都市上海を背後に控えて、中国第一の大河である揚子江の河口の近くで合流する黄浦江にありました。この揚子江の口に世界でも稀な大きな砂州がありまして、船舶航行の障害になっておりました。その方策検討のために、国家的利害関係を有する日本・イギリス・アメリカ・フランス・オランダ・スイス・支那の各国が築港の権威者を集めて会議をすることになっておりました。これがその時の様子ですけれども、この上の方に自筆のサインがありますけれども、廣井博士のサインがないということに皆さんにお気づきになるでしょうか。非常に特殊な立場に立たされて頑張ったことなのですが、これについても後程、港湾空港建設総合センターの梅沢研究主幹の方からお話があると思います(図-2.3.1.13)。

1926年、日本における港湾の政策、建設、経営、関東大震災後の横浜港の復旧を述べた論文をアメリカの港湾管理者協会第15回年次報告の総会で発表しております。その次の年、1927年、我が国における往代から近代までの港湾建設の歴史を編纂して「日本築港史」として刊行しています。これは明治の時から港湾調査会の当初から委員として参画して、近代港湾建設の技術的基礎を確立してきた博士にしてはじめて可能な成果で、1つの仕事の総決算ということができると思います(図-2.3.1.14)。

これは1923年、この年に亡くなるのですが、洗礼を受けた50周年を記念して青山墓地に、M.C.ハリスに洗礼を受けたのですが、この人の墓前の祈祷会に集った札幌農学校の1期生と2期生です。左側から内村鑑三、廣井勇、新

上海港改良技術会議

- 1921(大正10)年、支那上海港改良技術会議へ日本代表委員として出席。
- 上海港は国際都市上海を背後に控え、中国第一の大河である揚子江に河口近くで合流する黄浦江にあった。揚子江口に広がる世界でも稀な巨大な砂洲が船舶航行の障害。
- その方策検討のため国家的利害関係を有する日本、イギリス、アメリカ、フランス、オランダ、スイス、支那の各国は築港の権威者を会議に派遣。イギリスをはじめ参加国の代表が推す浚渫案に対し、廣井博士は約7日間にわたる慎重な調査を実施し根本的誤りを指摘する論文を本会議に提出。
- 浚渫案の保留を議事録に明記させる。

図-2.3.1.12



図-2.3.1.13

日本式築港の集大成

- 1926(大正15)年、日本における港湾の政策、建設、経営、関東大震災後の横浜港の復旧を述べた論文"Japanese Method of Port Administration and Latest Practice in Construction and Cargo Handling at the Ports of Japan"を米国港湾管理者協会第15回年次総会に発表。
- 1927(昭和2)年、我が国における往代から近代までの港湾建設の歴史を編纂し「日本築港史」として刊行。我が国の港湾政策および計画を決定する港湾調査会の当初から委員として参画し、近代港湾建設の技術的基礎を確立してきた博士にしてはじめて可能な成果で博士の仕事の総決算のひとつ。

図-2.3.1.14



図-2.3.1.15

渡戸稲造、それから1期生の大島正健、伊藤一隆というメンバーになっております(図-2.3.1.15)。

この時に廣井博士は自分が死んだ時には「弔辞を述べてくれ」というふうに内村鑑三に言ったということですが、内村は「お前は俺より若いだろう。お前が逆の立場ではないか」と言って笑ったというのですが、それから3ヶ月後、

廣井博士は亡くなることになります。

この時に英和工学辞典の編纂をしております、この字典についても統一した訳語を与えることを目的として廣井博士が中心となって、1908 年から初版を出して、ずっとこれを続けてきていたものだったのですが、1928 年 10 月 1 日、東京帝国大学の土木教室で開催されました編纂委員会に出席して帰宅した後、午後 10 時に床について間もなく苦痛を訴えて、わずか 15 分で逝去したということです。その意志を継いで廣井工学博士記念事業会がこれを継続して、1930 年 8 月にこれを刊行したということです(図-2.3.1.16)。このようにして一生を終えたわけですが、内村鑑三も非常に感嘆したのは、「きちんと死ぬ前に自分の死に様を考えて全部整理してから死んだ。俺はそんなことはできない」というふうに家族にお話をしたということが伝わっております。

以上、簡単でございますが、私の研究発表を終わります。ありがとうございました。

英和工学字典の編纂

- 工学に関する常用述語のうち土木工学に属するものに、統一した訳語を与えることを目的として廣井博士が中心となって編纂。土木工学の必携辞典。
- 1908(明治41)年に初版を刊行し土木工学の進展に合わせ増補改定。
- 1928(昭和3)年10月1日、東京帝国大学土木教室で開催された英和工学辞典編纂会議に出席し帰宅した博士は、午後10時に床について間もなく苦痛を訴えて僅か15分後狭心症のため逝去。
- その遺志を継ぎ「故廣井工学博士記念事業会」を組織し、1930(昭和5)年8月、工学辞典を刊行。

図-2.3.1.16

(2)「砂浜海岸の築港に影響を及ぼす漂砂の特性について」

北日本港湾コンサルタント(株)代表取締役 上原泰正 氏

ご紹介頂きました上原でございます。私から以降の発表につきましてはそれぞれが担当しました論文等の解説、ご紹介ということになります。私の方からは「砂浜海岸の築港に影響を及ぼす漂砂の特性について」、1921年とかなり晩年の頃ですが、東京帝国大学工学部紀要に掲載されたものであります(図-2.3.2.1)。

この論文を書くに至った問題意識のようなことがこの論文の冒頭の部分に簡略に書いてありますので最初にご紹介致します。港湾の建設場所の選定に当たっては漂砂のないところが良いわけですが、後背地の問題あるいは産業の集積状況からやむを得ず砂浜海岸を選定しなければならない場合が生じてきます。そしてこの砂浜における築港が最も困難であるという指摘がされております。砂浜海岸の築港では往々にして港内の埋没でありますとか、海浜の決壊を生じることがあります。また建設の当初には想定もできないような漂砂と全く無縁の地が、静穏域を確保することによってそこに砂が流入し港内が埋没してしまう、こんなこともあるわけでありまして。築港工事でこのような失敗が起きる原因というのは、砂の移動理論に関する知識が欠けていたり、あるいは着工前の自然条件調査が充分でなかったりということによるものであるとしています。そして港湾を適切に設計するに当たっては漂砂の知識は基本的なことであるのですが、この論文の書かれた当時としましてはまだ不十分な知識しかないということでございます。このようなことから廣井先生はご自身が行った実験室の調査とか、砂浜海岸の様々な港湾の調査、こういったものから得た知見を論文として取りまとめ報告するという内容でございます(図-2.3.2.2)。

廣井先生が著した論文は数多くあります。初めに関口さんからご紹介頂いたように色々な分野に渡っているわけですが、テーマを漂砂に絞った論文というのはこの1点だけのようです。しかしこの漂砂についての見解を述べているのは、この論文が初めてではなくて、廣井先生が最初に出版された名著「築港」の中の至るところに漂砂に関する見解が述べられております。「築港」の中でどんなことが述べられているかを見ていきますと、全体で巻の一から巻の五までありますが、巻の一、この部分は「港湾は何であるか」ということから始まって基本的なことが述べられております。波の力によって砂が動く、そしてどうなるこうなるという基本的なことが述べられているわけでございます(図-2.3.2.3)。巻の二では防波堤の構造の説明が色々ございますが、その中の例示として世界各地の港の防波堤

“On the Nature of Drifting Sands as Affecting Harbor Construction on Sandy Coasts.”

I. Hiroi, C.E., Dr. Eg.

～砂浜海岸の築港に影響を及ぼす漂砂の特性について～

東京帝国大学工学部紀要 第11巻第3号
1921年(大正11年)3月発行

図-2.3.2.1

【論文の緒言から】

- 築港工事の中でも、砂浜での築港が最も困難。
- 困難なこととは、海底面の変動であり、砂の流入であるが、砂がない海岸でも建設後に埋没することがある。
- この原因の大半は、砂の移動理論の知識が欠如しているとか、自然特性の調査不足に起因している。
- 漂砂に関する知識は、合理的設計を行うための基礎となるものであるが、我々には不十分な知識しかない。
- 著者が実験室や砂浜海岸に築設された港で、漂砂調査を行ってきたので、このささやかな成果を報告する。

図-2.3.2.2

廣井勇著「築港」(初版)における漂砂の記述

【巻の一】(1898年・明治31年・8月発行)

第二章 港湾の調査	海底の移動(p.43～44)
第四章 海岸の移動及び漂砂	海岸の移動及び防禦(p.83～88)
	漂砂(p.43～44)
	砂浜における築港工事の運命(p.90～94)
	河口の洲(p.94～98)
第七章 港湾の形状及び港口の位置幅員	港湾の形状(p.229)
	港口の幅員(p.238)

図-2.3.2.3

が出て参ります。その時にこの港で起こっている漂砂現象を付加的に説明なされているわけでございます(図-2.3.2.4)。巻の三では、これは船の入るところですから一般の港のことを言いますけれど、港の内外における水深の維持の問題。それから巻の五では河口港の改良の問題、

と様々な箇所で漂砂についての説明がなされております(図-2.3.2.5).

【巻の二】(1899年 - 明治32年 - 3月発行)	
第一章 防波堤の構造と波動の関係	
	海浜の勾配(p.3~4)
第二章 捨石防波堤(粗石堤) キングスタウン防波堤	(p.25~29)
	ガルベストン港(p.33~37)
	(混凝土塊堤) ポルトサイド防波堤(p.42~46)
第三章 直立防波堤	ドウパー防波堤(p.55~60)
	アムイデン防波堤(p.60~66)
第四章 直立捨石防波堤	ブウローン防波堤(p.88~92)
	マドラス防波堤(p.117~124)
第七章 防砂工事	(p.165~174)

図-2.3.2.4

【巻の三】(1899年 - 明治32年 - 2月発行)	
第一章 船渠	船渠の内外における水深の維持
	(p.52~56)
【巻の五】(1902年 - 明治35年 - 6月発行)	
第一章 総叙	河口の洗掃力・輸出土砂・河流と土砂の関係・
	門洲等について
第二章 無潮河口の改良	ローン河口・ドナウ河口・ミシシッピー
	河口・ヴォルガ河口等の改良
第三章 有潮河口の改良	マース河・タイン河・チース河・ネルビ
	ヨン河・アズール河・リッフェー河等の河口改良

図-2.3.2.5

この様に漂砂に関する問題意識を充分持っておられても、あちこちに説明が分散されておまして一読しただけではその全体を理解するのはなかなか難しいところがあります。これは私の想像でございますけれども、漂砂というやっかいな問題をよりわかりやすく説明するために、先生のこれまでの研究成果を改めて組み立て直して漂砂全体のことがわかるように著した論文ではないかと思っています。全体で35ページ、これに港湾のレイアウトに関連する図集が4ページ全体で39ページの論文でございます(図-2.3.2.6)。

各章の概要について話を進めますが、緒言に続いて漂砂の部分がございます。ここの項目の第5と第6を説明致します。大きな波が来ると大水深でも底質が動きますけれども、一般にこの漂砂を論ずるに当たっては、水深10mぐらいまでを考えれば良いのではないかという考えを持っております。それから漂砂にとって考慮すべき波の大きさですが、構造物の設計では最大波が当然問題になって参

りますが漂砂にとっては3mぐらいの波、一般に起こるような波、こういったものを対象にして考えた方が良いという説明になっております(図-2.3.2.7)。それから漂砂の調査です。これについては現在私どもが行っている調査の内容と根本的に同じでございますが、これを書くに当たっては廣井先生ご自身が実際に行ったことをベースに書かれております(図-2.3.2.8)。

【論文の構成】	
◆ 緒言	(1 page)
◆ 漂砂	(6 pages)
◆ 漂砂の観測	(1 page)
◆ 沿岸漂砂に関する海岸線の影響	(5 pages)
◆ 漂砂の捕捉	(3 pages)
◆ 砂浜海岸における港湾のレイアウト	(15 pages)
◆ 結論としての所見	(4 pages)
	(35 pages)

図-2.3.2.6

【漂砂】	
➢ 漂砂の供給源	
➢ 砂浜構成材質(細砂・粗砂・小砂利)と前浜勾配	
➢ 波によって漂砂の生じる原理	
➢ 沿岸漂砂の生じる原理	
➢ 一般的に砂の移動が生じる水深	
➢ 漂砂にとって考慮すべき波の大きさ	
➢ イタリア人技師Cornagliaの提唱する「中立軸線」に対する批判	
➢ 構造物設置に伴う海岸平衡の崩れ	

図-2.3.2.7

【漂砂の観測】	
➢ トレーサー(レンガ屑・石炭)を用いた漂砂の確認	
➢ 海岸への試験的工作物の設置による確認	
➢ 深浅測量や水準測量による地形変化の把握	
➢ 採水器による浮泥採取と流速の測定による、搬送シルト量の把握	
➢ 潮流や卓越風向からの漂砂卓越方向の推定	

図-2.3.2.8

次は沿岸漂砂に関する海岸線の影響の部分でございますが、これは漂砂を止める効果的な障害物としてのヘッドランドはこんな条件にありますよということ。そのヘッドランドに類似した防波堤を造っていくと漂砂も止められますということになります。それから一番下ですが、青森県の尻屋崎から千葉県八幡岬に至る太平洋岸の海浜状況を丁寧に説明していきまして、各地にどういう問題があるかということも記述されているところでございます(図-2.3.2.9)。

次が漂砂の捕捉、これは漂砂対策というふうに見て頂ければ良いと思いますが、真ん中辺りに函館港における防砂堤建設事例、これは先程関口さんからお話があったように函館港改良工事の事例を説明されておりまして、先生ご自身これは十分に満足 of いく対策工であったということが述べられております(図-2.3.2.10)。

次に砂浜海岸における港湾のレイアウト。これは一番大きなボリュームを占めておりますが、2番目の項目にある導水堤型はいわゆる河港の場合の漂砂対策。それから下の方の部分では防波堤型ということで島堤とか囲い込み型の防波堤配置の場合の漂砂の事例を紹介しています。日本では岩内港と函館港が説明の対象にピックアップされていきまして、日本の2港プラス世界各地の港の港形、それから建設経過、そしてその建設経過に伴ってどのような漂砂現象が起こったかということをお大変丁寧に説明されております。漂砂というのは同じ現象がどこでも起きるわけではなくて、地域によってあるいは港湾の規模等によって随分変わりますので、できるだけ多くの事例を盛り込んだのではないかと想像しております(図-2.3.2.11)。

そして論文の最後に結語として、今お話しした港湾のレイアウトの部分をもう少し一般的に説明すると言いましょか、一般的な説明ができるようなまとめをしていきまして、砂浜海岸の立地条件、すなわちこれは海に直接面しているかどうか、あるいは少し遮蔽があるところかという立地条件の違い、それから大港湾か小港湾かという港湾の規模の問題、そして港口幅員、さらに港口部から港内に入ってくる年間の漂砂流入量などを計算しまして、漂砂対策として気をつけるべきことをできるだけ一般化しようという試みをされております。そして港口の位置を決める場合にはこういうようなことに注意してやっていったらどうかという提案になっているわけでございます(図-2.3.2.12)。

もう少し丁寧に説明すれば良いのですが、時間が短いので極めて表層的な説明になってしまいましたが、この論文を読んで私自身が今の時代から見てなかなか面白い表現だなと思うところを3点ばかりピックアップして見まし

【沿岸漂砂に関する海岸線の影響】

- 漂砂に効果的な障害物としてのヘッドランドの条件
- ヘッドランドに関する深刻な判断ミス(普段は砂が無くても、荒天時に砂に埋もれる可能性について)
- 静穏域の形成によって、漂砂の堆積を誘発する可能性について
- 青森県尻屋崎から千葉県八幡岬に至る砂浜海岸の特徴

図-2.3.2.9

【漂砂の捕捉】

- 砂浜海岸の築港工事では、漂砂の事前捕捉と堆積土砂の除去が主要課題
- 漂砂の捕捉は、防波堤や防砂堤の建設による
- 土砂除去は浚渫による
- 函館港における防砂堤建設事例
- 一般的な防砂堤の設置方法(設置間隔、突出長、先端水深等)
- 野中兼山が実施した手結港の防砂突堤の効果

図-2.3.2.10

【砂浜海岸における港湾のレイアウト】

- レイアウトの基本形として、河口港の導水堤型と、防波堤により港域を形成する港湾の2種類を抽出
- 導水堤型として、スペインBilbao港、アイルランドのDublin港、アメリカのColumbia川河口、Galveston港等の他フランス2港、ベルギー1港、イタリア1港の事例と漂砂の課題を整理
- 防波堤型として、アイルランドの3港、ベルギーの1港、デンマークの1港、オランダの2港、ラトビアの1港、ブラジルの1港、インドの1港、日本の2港、イタリアの6港など、島堤型あるいは囲い込み型の防波堤配置における事例と漂砂の課題を整理

図-2.3.2.11

た(図-2.3.2.13)。1番目と2番目の部分、これはほとんど関連しているところでございますが、砂浜海岸に建設された港湾では漂砂による港内埋没は避けられないということが明言されているわけでございます。今日でも漂砂に悩まされている港湾は数多くありますし、様々な漂砂対策を施しても経年的には港内埋没が進んで行く体験、こういう

ことはたくさんあるかと思いますが、とりわけ海底勾配が緩い地域で小規模な港湾をつくる場合には港湾の規模を遥かに超えた沖合までしっかりと防波堤を造らないとなかなか漂砂を止めることはできないわけでございます。この漂砂だけに着目し過ぎて港湾の施設整備計画を立てていきますと建設費が大変高くなりますので、港湾そのものの存立というか、港湾をそこに設けることの適切さが問われることになりかねないわけでございます。この様なことから、廣井先生は初期投資としての港湾整備費と運営経費的な維持浚渫費というものをしっかり見極めて、そのほど良い組み合わせを考えることが大事ではないか、とこの論文の中で述べられております。その境界的な数字というのも試算されておまして、欧米諸国の事例から比較的規模の大きな港湾の場合では港口の幅員1m当たり、そこから入って来る年間の流入土砂量の上限値は約1,000m³ではないかと言っておられまして、これを超える量が入って来る場合には、外郭施設をかなり立派に造っていかないと港内水深の維持ができないだろうということをおっしゃっております。例えば港口を200mにしますとその量が20万m³になりますので、今日の感覚からすると、リミットが多少大きすぎるかなという感じがしますが、当時としてはこんな考えがあったのだなという思いでございます。

3番目のことでございますが、これは論文を執筆された当時の技術水準では漂砂の流入を完全に制御することもまた流入量の予測をすることもできないわけですが、将来はこの知見も深まり過去の事例に比べてもっと良い結果が達成されることを期待すると述べられております。当時と比べまして確かに私どもが漂砂の調査をする場合の関連技術、深浅測量ですとか波浪や流速の観測、こういった機器の発達は大変著しいものがあります。さらにITを駆使して漂砂シミュレーションも行えるようになってきました。しかしながらまだなお漂砂で苦しむことが多いわけございまして、この論文からかれこれ100年を経過しておりますが、私達が果たして先生の期待に応えていられるのかどうか、若干疑問に思っているところでございます。

以上で説明を終わりますが、この論文は大変実務的に書かれておまして数式は全体の中でわずか3つしかございません。漂砂のことを大変わかりやすくそして築港上留意すべきことを丁寧に記述されておりますので、一読の価値があると思います。機会があれば是非読んで頂ければと思います。どうもありがとうございました。

【結語】

囲い込み型港湾について、砂浜海岸の立地条件、港域の規模、港口幅員等から、港口及び港内水深の維持の限界となる年間漂砂流入量の試算をし、港口の配置に関する留意点を指摘

- 港口はできる限り水深の大きなところに設置する
- 港口は船舶航行が許される範囲内で狭くする
- 港口の向きは漂砂の流入方向から90度以上開く
- 漂砂の流入する側はできる限り遮蔽する
- 港口の沖合の海底地形は急勾配となることが望ましい

図-2.3.2.12

【興味ある記述】

➢ 海に開いた砂浜では、たとえ防波堤により囲い込まれた水域といえども砂の堆積は免れない。船舶が必要とする水深の沖合まで防波堤を設けたとしても同じである。特に緩勾配の海浜では、その水深に達するまでの距離は長く、建設費が高くなるので割に合わない。

➢ 人造港は、よほど自然に恵まれていない限り、継続的断続的に港の維持に何らかの作業が必要である。

➢ 現時点では、漂砂の流入を制御することも、さらにはその流入量を予測できる段階にも至っていないが、将来は漂砂特性に関する知見も深まり、過去の事例に比べてもっと良い結果が達成されることを期待する

図-2.3.2.13

(3)「波動力の測定と其利用」

(一社)寒地港湾技術研究センター理事長 水野雄三 氏

皆さん、こんにちは。水野でございます。「波動力の測定と其利用」について説明致します。この論文は1920年に土木工学会誌に出た論文でございます。その元の論文はその1年前の東京帝国大学の紀要に出た論文で、これは英文の論文でございます。これを著者が訳してくれて、土木工学会誌に掲載したものでございます。論文の章立ては全体で6章からなっております。それぞれ各章ごとに説明していきます(図-2.3.3.1, 図-2.3.3.2, 図-2.3.3.3)。

第一章の諸論につきましては、研究の動機、論文の構成内容、結論等が書いてあります。波の運動や破壊作用の研究が進んでいるけれども、波のエネルギーに関心を持つ人は少ない。波は絶えず太平洋沿岸に押し寄せていて、海岸線1ft当たり2/3馬力以上のパワーを有していると記述されています。しかし本論文の二章以降を読みましても、この2/3馬力ということについては記述がございません。私なりに推定致しましたので後から説明致します。この馬力のパワーが来ますと、1,500mileの海岸では500万馬力ぐらいのパワーが生じるということになります。これを有効に使わなければ、ただ海岸の破壊作用のみに使われていることになります(図-2.3.3.4)。

また、今後の工業化を考えますと新たな動力源が必要で、このエネルギーが使えるとすれば、地下資源の乱費も緩和できます。このことで千葉県の大東岬で、来襲波の特性調査と、2種類の現地実験を実施して、波パワーの推定、エネルギーの採取方法・利用方法などを提案したものでございます。論文の末尾に「未だ完全ではないが将来の研究報告の先駆としてこの論文を示した」と書いてあります(図-2.3.3.5)。

論文の概要は以上ですけれど、本文の方を見ますと、検討に用いた式、観測結果、結論というものを示しております

論文名： 波動力の測定と其利用

筆者： 廣井勇工学博士

出典：土木工学会誌第6巻第3号
大正9年(1920年)6月発行

解説： 水野雄三

図-2.3.3.1

本論文は
「東京帝国大学工学部紀要第10冊第1号
(1919年)」に発表した論文を、著者の好意
により翻訳して土木工学会誌に掲載

紀要(第10冊第1号)の発表論文名

An Experimental Determination and Utilization of Wave Power

図-2.3.3.2

論文の章立て

- ①諸論
- ②太東岬
- ③波浪
- ④波力
- ⑤第一実験(振り子式に相当)
- ⑥第二実験(空気式に相当)

図-2.3.3.3

①諸論

- 波の運動や破壊作用の研究が進んでいるが、**波のエネルギー**に関心を持つ人は少ない。
- 波は絶えず太平洋沿岸に打ち寄せており、その持つエネルギーは、**海岸線1ft当たり2/3馬力以上**のエネルギー(波パワー)を有している。
<注>本文中に記述無いので後述のように推定した。
- 1500mile以上の海岸線を有する太平洋岸でも少なくとも**500万馬力以上**のエネルギー(波パワー)がただ海岸の破壊作用にのみ使われている。

図-2.3.3.4

すが、その過程についてはほとんど触れられておりませんので、私なりに解説を含めて以下の章を説明していきます。

第二章は太東岬です。ここが千葉県の太東岬で、九十九里浜の南端に位置しております。これは実験サイトの当時の写真でございます。ここに第二実験の断面を示しましたが、これから見ると第二実験の空気室式の実験の写真だと

思います(図-2.3.3.6, 図-2.3.3.7)。

第三章は波浪で、波浪の観測結果について整理されております。海底の傾斜が 1/67, 砂州があるということで、波浪はさほど大きくならない。しかし、穏やかな時でもうねりがあって、それなりの波が来ます。かなり大時化になっても沖の方で砕波したりするので、ほどほどの波になって襲来する。そういうことからこの場所を実験場所として選びましたということが書いてあります(図-2.3.3.8)。

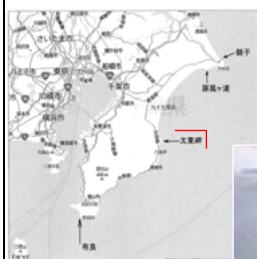
第四章は波力です。表題は波力ですが、扱っているのはエネルギーでございます。深海波のエネルギーにつきましては、トロコイド波を使っております。本論文ではエネルギーを扱う場合とパワーの場合のいずれもエネルギーと書かれておりますけれども、私の発表ではパワーの方はパワーと示させて頂いています(図-2.3.3.9)。

これは太東岬に入射してきた時の波のエネルギーを測定し、かつそれを機械的なエネルギーに変えるための一種の振り子式装置でございます。岩盤上にコンクリートで幅 6ft の溝を造り、ここに振り子の板を置いて波で揺動させるタイプでございます(図-2.3.3.10)。

- ・ 今後の工業化の進展を考えると、将来**新たな動力源が必要**で、このエネルギーが経済的に利用可能としたら、地下資源の乱費を緩和
- ・ このため、この数年間千葉県**の太東岬にて、来襲波特性や、各種観測実験を実施**
- ・ 来襲する**波パワーの推定**、波エネルギーの**採取方法**及び実用的エネルギー**活用方法**を提案
- ・ 未だ、完全ではないが、**将来の研究報告の先駆**としてその実験結果を示した論文

図-2.3.3.5

②太東岬



千葉県いすみ市にある岬で、
九十九里浜の南端に位置する



地質は第三紀層の**頁岩**の層

(出典:「太東岬の画像」HPより)

図-2.3.3.6

実験サイト

「海に臨むところは100ft(30.48m)の懸崖」



図4・14 国内で最初の波力利用の海域実験装置

写真 太東岬での実験サイト

(出典:「海洋エネルギー利用技術」)

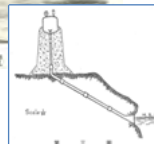


図-2.3.3.7

③波 浪

- 岬付近:
海底の傾斜(1/67)及び砂州のため、**波浪はさほど大ならず**
- 天候静穏の場合:
波高**1ftから3ft**(0.30mから0.91m)の間
- 高浪:
皆1000ft内外の沖合で砕け、海岸で**4、5ft**(1.22m、1.52m)を越すものは稀
- 風速毎時100mile(約45m/s)に達する東風の場合:
波高**6ft**(1.83m)、周期10sの激浪が、1500ftの沖合にて砕けて、200ftの地点で**再び崩れる**
- 最も穏やかな場合:
高さ**2ft**(0.61m)、周期8s~15sの**うねり**(Swell)の波を見る

常に程々の波が来襲するため、本実験場として選定

図-2.3.3.8

④波 力

表題は「波力」だが、「**エネルギー**」を扱う

深海波のトロコイド波理論のエネルギーで評価
(位置エネルギー又は運動エネルギー)

$$E = \frac{\omega h^2}{32L} (2L^2 - \pi^2 h^2)$$

E=波頂の方向単位長(ft)当たりエネルギー量(ft・lb)の1/2

h=波高(ft)

L=波長(ft)

ω=水の単位容積の重さ(64lb/ft³)

図-2.3.3.9

第五章は第一実験で、ここが本論文の中心的なところでございます。今で言う、振り子式波力装置を使って実験した結果をまとめています。この章のはじめに、「波が緩傾斜の岸に向かって崩れ進めば、その有するエネルギーはすべて位置エネルギーに変化する前のある瞬間にほとんど運動のエネルギーのみになることがあるに違いない」とい

う文章があります。これは後からわかったことですが、位置エネルギーを検討する時の高さについて言及している文章でございます(図-2.3.3.11)。

どうということかと言いますと、ここに絵がありますけれども、岩盤上を一定の深さで遡上する波を考えてみます。この水色の波は最大に遡上した状態です。この時の波は位置エネルギーだけになります。その少し前の勢いよく岩盤上を遡上していく状態を考えますと、これは勢いがありますから運動エネルギーが大きいわけですが、位置エネルギーがないわけではございません。先程の文章で位置エネルギーがゼロになる、そういう時はどういう状態かと言いますと、この赤い一点鎖線で示しました水深の半分の位置、ここを基準に考えると位置エネルギーがゼロになるのだということです。後程出てきます式の中でも、このことを入れて式が誘導されております(図-2.3.3.12)。

第一実験での波のエネルギーにつきましては、2種類考えております。一つは振り子が最大に振れた時のエネルギー、すなわち振り子の位置エネルギーです。もう一つは薄い水色で示しました水塊が持っている位置エネルギーで

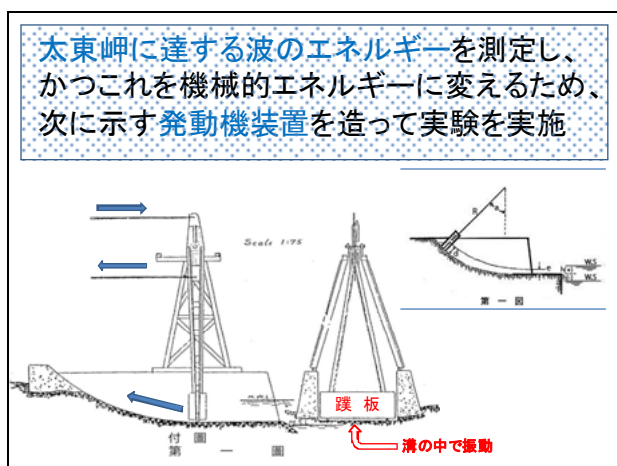


図-2.3.3.10

⑤第一実験(「振り子式波力発電装置」)

「波が緩傾斜の岸に向かって崩れ進めば、その有するエネルギーはすべて位置エネルギーに変化する前のある瞬間に、ほとんど運動のエネルギーのみになることがあるに違いない。」

⇒位置エネルギーの検討する高さに言及

図-2.3.3.11

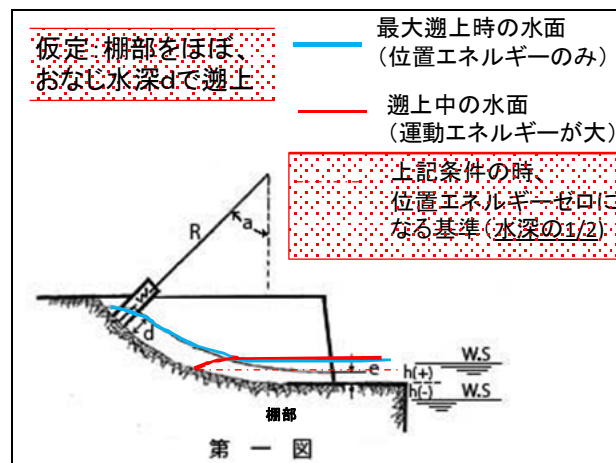


図-2.3.3.12

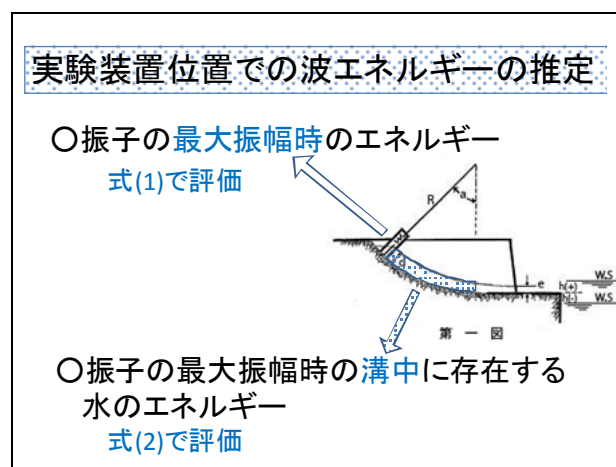


図-2.3.3.13

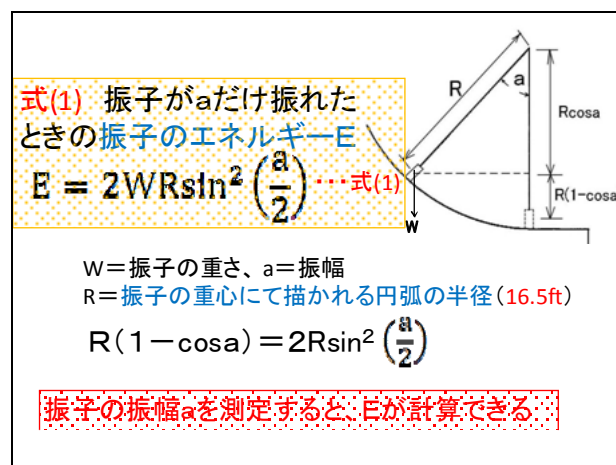


図-2.3.3.14

す。この両方で波のエネルギーの評価をしております(図-2.3.3.13)。振り子の位置エネルギーはこの式で表されます。この振幅角を求めることによって、エネルギーがわかるということになります(図-2.3.3.14)。先程言いましたけれども、振り子最大振幅時に振り子の海側に水塊が存在します。この水塊の位置エネルギーの計算は、黄色の網掛

けで表している式で、近似的に算定できると示されております。論文中に記述はありませんけれども、この式を求めるに当たっては、この溝中の水深はdで一定とし、位置エネルギーの検討の高さは溝中の水深の半分の位置で、このdの1/2のところです。水塊の位置エネルギーは、振り子の中立軸から最大に振られたまでの間の水塊について、この近似式で算定します。一般に、水深が一定でありますと、積分で求められますけれども、積分で求めてみますと近似式のこしらえが合いません。色々検討した結果、どうも近似値的に求めているようだということがわかりました。時間がないので、その私なりの求め方については、配布した資料の最後にある補足資料に示しておりますので、参考にして頂ければと思います(図-2.3.3.15)。

これが観測値です。振り子の重さを3種類変えながら、振り子の振幅角a、その時の振り子前面の水深dを測って、振り子の位置エネルギーと水塊の位置エネルギー計算をして表にまとめたものです。水塊のエネルギーの計算誤差は結構多かったです(図-2.3.3.16)。両方の位置エネルギーの合計である全エネルギーを、波高が3ftと4ftに整理して一覧にしたのが、この第四表でございます。振り子の重さと、潮位によって変化していることがわかんと思います(図-2.3.3.17)。その内、振り子の位置エネルギーを取りだした結果が第五表です。波から振り子に伝わったエネルギーです。波エネルギーを何かに利用しようとするれば、この振り子の位置エネルギーが利用できることとなります。この表をよく見ますと、論文では重量が重い方が軽い場合よりも5%ぐらい位置エネルギーが増えるという示されています。論文では100ポンド当たり5%増加と書いてありますが、実際は重量差当たり5%増えるということです(図-2.3.3.18)。

ここに示した表は振り子に伝わったパワーを示したものです。どれだけ仕事率があるかということです。この観

式(2)「溝中の水が溝の水平部分における位置に対して有する位置エネルギー」の近似式

溝中の水深はdで一定と仮定し、位置エネルギーの計算基準は、水平部水深の中心

振り子の振幅a、水深dを測定すると、Eが計算できる

$$\frac{1}{2} \omega b d (2R - d) a \left\{ \frac{(2R - d)}{2} - \frac{2}{3} \times \frac{d^3 + 3R(R - d)}{2R - d} \times \frac{\sin a}{a} (1 - 2 \sin^2 \frac{a}{4}) \right\}$$

...式(2)

この式は、積分ではなく、近似計算して求めているようだ(後述)

第一図

図-2.3.3.15

観測値(エネルギー)

振り子の重さW: 3種類
1035・1155・1600 封度(ポンド)

第一表 (W=1,035 封度)

溝底からセル時/潮位	波高 (ft)	d (ft)	a (度)	振り子	水
h = -0.2 ft	2.0	0.8	15	580	800
	3.5	1.1	18	820	3,300
	4.0	1.4	28	1,700	3,300
h = -0.2 ft	3.0	1.2	18	820	3,300
	4.0	1.5	28	2,010	3,300
	4.5	1.7	32	2,860	3,300

式(1)より 式(2)より

第一図

水のEは、計算誤差が多い。又 R=17.35ft で計算しているようだ。振り子では R=16.5ft

図-2.3.3.16

全エネルギー結果の整理

波の有するエネルギー(ft・lb)は、潮位の高低によって著しく増減し、またある程度までは振り子の荷重によって変動する。今3ft(0.91m)、4ft(1.21m)の波の運ぶエネルギー(ft・lb)の量は、第四表のとおりとなる。

第四表

W(封度)	1,035		1,155		1,600		
h(ft)	-0.2	-0.2	0	+0.2	+0.2	+1.1	
全エネルギー	波高3ft	1,700	2,350	5,400	7,700	7,200	11,300
波高4ft	5,800	7,500	12,300	17,300	17,500	23,500	

図-2.3.3.17

振り子に伝わるエネルギー結果の整理

第五表

W(封度)	1,035	1,155	1,600	1,600	
h(ft)	-0.2	0	0.2	+0.2	
振り子に伝わるエネルギー	波高3ft	80	1,300	2,700	1,300
波高4ft	2,000	3,800	2,000	3,300	

上表より、重い振り子のエネルギー(ft・lb)は軽い場合のエネルギー(ft・lb)に比して100lb(45.3kg)毎に約5%の増加を示す。

重量差当たりエネルギー(ft・lb)は5%増と見なせる。

図-2.3.3.18

測データは一例ですけれども、だいたい14波から16波ぐらい連続的に観測した時のデータ表です(図-2.3.3.19)。振り子の重さは4種類、各振り子ごとに1波ごとに振り子の位置エネルギーを計算して、それを合計して観測時間で割ってパワーを出して整理しております。こちらの表のパワーEで示した数字は、論文にそのまま出ております。し

かし 2/3 馬力という値は出てきません。2/3 馬力は、表に示した単位で表すと、367 ぐらいの値になります。この 1,800 ポンドの振り子の時はだいたいそれを上回る値ですけども、振り子板の重さでも違ってきますので、ここで仮に 1,155 ポンドの振り子に統一して重量補正をして計算をしてみますと、表の右側に示したパワーになります。この平均値が 387 という値なので、このことから諸論の時に出てきた 2/3 馬力以上というのは、記述になったと思います。ただしこのパワーは振り子板の 6ft 当たりの値です(図-2.3.3.20)。

次に深海波の全エネルギーの計算です。これはトロコイド波で行っております。3ft と 4ft について全エネルギーを出しております。これは 1ft 当たりの値になります(図-2.3.3.21)。本文の中にこのような記述があります。「第四表に、溝に進入する波の全エネルギーを示す。これは、同じ波高の深海波が有する全エネルギーのほぼ 1/6 に等しい」と記述されています。この 1/6 に等しいという記述ですが、なかなか理解に苦しみました。そこで元の英文の紀要の方を見てもみると、ここの記述が「ほぼ等しい」という記述になっております。これで多分、ここの黄色で網掛けしたこのデータを用いて検討したのだろうと想像しました。すなわち振り子板 6ft 当たりの全エネルギーが、深海波の 1ft 当たりエネルギーと、ほとんど同じでございます(図-2.3.3.22)。このことは振り子板を 1ft 当たりにしますと、1/6 になるということかと思えます。こういうことが諸論でいう「海岸線 1ft あたり 2/3 馬力以上……」という根拠かなと思っております。

以上のところを整理しますと、深海波 1ft 当たりの全エネルギーと実験サイト 6ft 当たりので全エネルギーについては等しい。パワーの方につきましては、振り子板 6ft 当たり 2/3 馬力以上のパワーがあります。この振り子を深海波のところにセットしたとすれば、1 ft 当たり同じ 2/3

観測値(振子に伝わるパワー)

第六表

第七表

第八表

第九表

第十表

第十一表

第十二表

第十三表

第十四表

第十五表

第十六表

第十七表

第十八表

第十九表

第二十表

第二十一表

第二十二表

第二十三表

第二十四表

第二十五表

第二十六表

第二十七表

第二十八表

第二十九表

第三十表

第三十一表

第三十二表

第三十三表

第三十四表

第三十五表

第三十六表

第三十七表

第三十八表

第三十九表

第四十表

第四十一表

第四十二表

第四十三表

第四十四表

第四十五表

第四十六表

第四十七表

第四十八表

第四十九表

第五十表

第五十一表

第五十二表

第五十三表

第五十四表

第五十五表

第五十六表

第五十七表

第五十八表

第五十九表

第六十表

第六十一表

第六十二表

第六十三表

第六十四表

第六十五表

第六十六表

第六十七表

第六十八表

第六十九表

第七十表

第七十一表

第七十二表

第七十三表

第七十四表

第七十五表

第七十六表

第七十七表

第七十八表

第七十九表

第八十表

第八十一表

第八十二表

第八十三表

第八十四表

第八十五表

第八十六表

第八十七表

第八十八表

第八十九表

第九十表

第九十一表

第九十二表

第九十三表

第九十四表

第九十五表

第九十六表

第九十七表

第九十八表

第九十九表

第一百表

図-2.3.3.19

振子に伝わる波パワー結果の整理

振子の重さW: 4種類
990・1035・1155・1800 封度(ポンド)
・各振子毎、14~16波連続観測(振幅角a)
各波毎に振子エネルギーを計算集計し、
観測時間で割って、波パワー(ft・lb/s)で整理
振子重量補正し、波パワー(ft・lb/s)を推定

W	潮位	波高	波の特性	W=1155換算式	E換算値
1035	0.3	120.5		$120.5 \times (1155 - 1035) \times 1.05$	246.5
1155	1	410			410
990	1.4	332		$332 \times (1155 - 990) \times 1.05$	505.25
1800	2	382	沖で碎波あり		-

推測
平均
387.25
≒ 2/3 馬力

図-2.3.3.20

深海波の全エネルギーの計算

$$E = \frac{\omega h^3}{32L} (2L^2 - \pi^2 h^2)$$
 の2倍

E: エネルギー(ft・lb)
H: 波高(ft)
L: 波長(ft)
ω: 水の単位容積重量(64lb/ft³)

下表に示す波のエネルギー(波頂方向単位長さ当たり)

波高(呎)	波長(呎)	エネルギー(呎封度)
3	180	11,500
4	200	25,600

図-2.3.3.21

第四表に、溝に進入する波の全エネルギー(ft・lb)を示す。これは、同じ波高の深海波が有する全エネルギー(ft・lb)のほぼ1/6に等しいとみなせる。

英文「紀要」では、「ほぼ等しい」と記述

第四表(蹠板6ft当たり) 幅1ft当たり換算

W	潮位	波高	全E	表4	深海波	比
1155	+1.1	3	11300	1883.3	11500	1/6.1
1155	+1.1	4	23500	3916.7	25600	1/6.5

推測(「諸論」の根拠)
蹠板6ft当たりの全エネルギーは、単位長さ当たりの深海波の来襲エネルギーに相当

図-2.3.3.22

馬力以上のパワーが取れるということで、諸論のところに書いたのだろうと判断しました(図-2.3.3.23)。

時間が来てしまいましたけれども、これは実際のエネルギーの利用方法です。ポンプに使うことも可能だし、米つきのような状態で使うのも使えますということです(図-2.3.3.24、図-2.3.3.25)。

第六章は第二実験です。いわゆる空気室式波力発電装置による実験が書いてあります。これは圧縮空気を蓄積するタイプでございます(図-2.3.3.26)。空気室の方の上の方に汽笛をつけておきますと、1mile程先まで音が聞こえたようです。この装置の利用については、暗礁だとか浅瀬の標識に使えば有効であろうというふうに書いてあります(図-2.3.3.27)。

最後に、100年前にこのような実験が行われて、波のパワーの採取装置を提案し、その利用方法も提案した先駆的な報告でございます。この論文が示されて50年以上後に振り子式の本格的な研究が始まりました。廣井博士の思いというのが50年以上後によく引き継がれたのだということがこの論文でわかりました(図-2.3.3.28)。以上です。

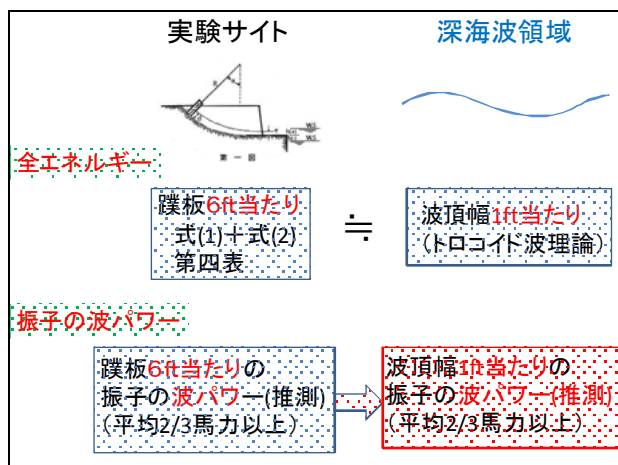


図-2.3.3.23

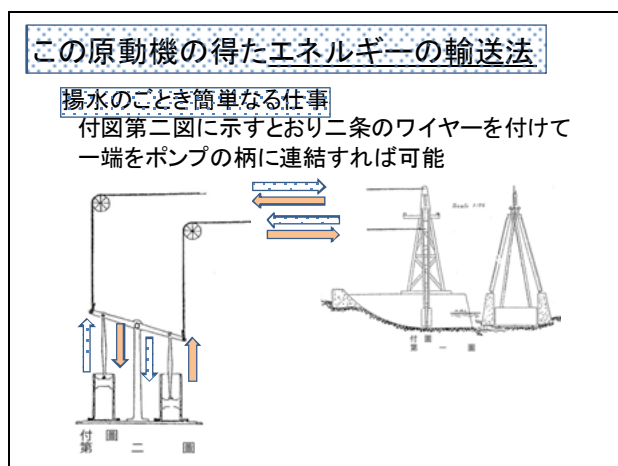


図-2.3.3.24

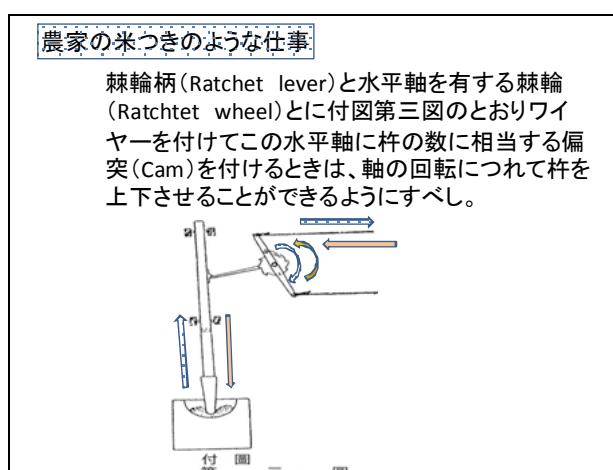


図-2.3.3.25

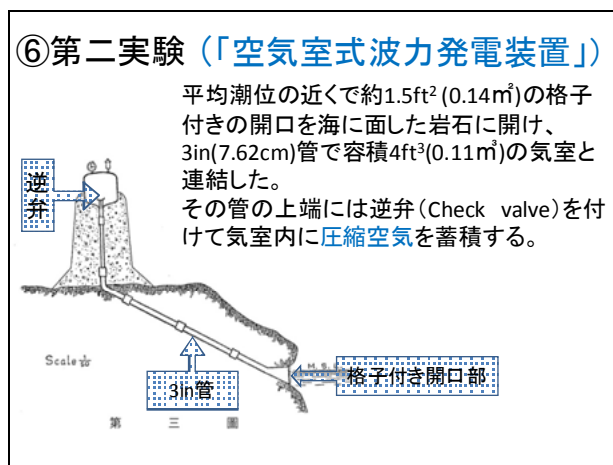


図-2.3.3.26

気室上部の気笛は間断なく音響を発し、音は1mile(1609.3m)先の地点まで到達

このような装置は波力を動力に利用する目的から見れば、何ら価値を有していないが、暗礁又は浅瀬の標識とする方法としては大変有効である。

図-2.3.3.27

結論

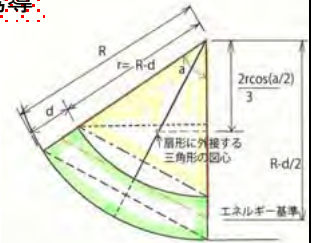
工業化によりさらなるエネルギー源が必要になる時代が来ることを見越し、絶えず海岸に打つ寄せる波のエネルギーに目を向けて、今から遡ること百年弱前に廣井博士が太東岬で我が国初の波浪観測や現地実証試験を行い、

- 利用可能な波パワーは、2/3馬力/フィート以上
- 振子式や空気室式の実験を実施し、エネルギーが取得でき、かつ、利用方法も提案
- 将来の研究報告の先駆としてその実験結果を示した論文

図-2.3.3.28

(2) 近似解法による式の誘導

半径 r の扇形の断面一次モーメントを考えるに当たり、扇形の内側の三角形と外接する三角形で近似する。



- ①扇形の面積は内側の三角形で、図心の位置は外接する三角形の図心とすると、扇形の支点から垂直方向の断面一次モーメントは次式で表せる。

図-2.3.3.31

補足資料：溝中の水のエネルギーの式の誘導

$$\frac{1}{2} \omega b d (2R-d) a \left\{ \frac{(2R-d)}{2} - \frac{2}{3} \times \frac{d^2 + 3R(R-d)}{2R-d} \times \frac{\sin \alpha}{a} \left(1 - 2 \sin^2 \frac{\alpha}{4} \right) \right\}$$

(1) 積分による式の誘導

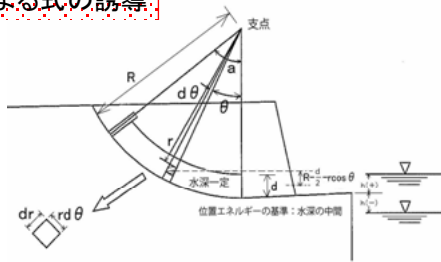


図-2.3.3.29

- ②半径 R の扇形から半径 $(R-d)$ の扇形を除去した近似断面一次モーメントは、次式のとおりである。

$$\left\{ \frac{R^3}{3} - \frac{(R-d)^3}{3} \right\} \sin \alpha \cos \frac{\alpha}{2} \quad \dots\dots (参1)$$

- ③水で満たされている部分の浸水面積は、次式のとおりである。

$$\left(R - \frac{d}{2} \right) a \cdot d \quad \dots\dots (参2)$$

図-2.3.3.32

$$\int_0^a \int_{R-d}^R \omega b r d\theta \cdot dr \cdot \left(R - \frac{d}{2} - r \cos \theta \right)$$

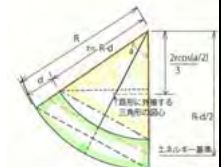
$$= \omega b \left\{ \left(R - \frac{d}{2} \right) (R-d) a - \left(\frac{1}{3} R^3 - \frac{1}{3} (R-d)^3 \right) \sin \alpha \cos \frac{\alpha}{2} \right\}$$

論文の式にある $\left(-2 \sin^2 \frac{\alpha}{4} \right)$ の項が入らない

図-2.3.3.30

- ④(参1)式の近似断面一次モーメントを計算した面積は台形状になっているので、(参2)式の浸水面積で除して、浸水面積換算時の“支点から図心までの垂直距離”を求めると、次式になる。

$$\frac{\left\{ \frac{R^3}{3} - \frac{(R-d)^3}{3} \right\} \sin \alpha \cos \frac{\alpha}{2}}{\left(R - \frac{d}{2} \right) a \cdot d} \quad \dots\dots (参3)$$



- ⑤浸水部分の位置エネルギーは、浸水面積 $\times b$ (溝幅) $\times \omega$ (水の単位体積重量) $\times$ (基準位置から図心までの垂直距離) で表せる。ここで支点から基準位置までの垂直距離は

$$R - \frac{d}{2} \text{ である。}$$

図-2.3.3.33

$$w = \left(R - \frac{L}{2}\right) \cdot d \left[R - \frac{L}{2} - \frac{\left(\frac{R^2}{2} - \frac{(R-d)^2}{2}\right) \sin^2 \frac{\theta}{2}}{\left(R - \frac{d}{2}\right) \cdot d} \right]$$

$$= \frac{1}{2} \omega \cdot b \cdot d (2R - d) a \left[\frac{(2R - d)}{d} - \frac{2}{3} \frac{d^2 + 3R(R - d)}{(2R - d)} \times \frac{\sin a}{a} \cdot \left(1 - 2 \sin^2 \frac{\theta}{4}\right) \right]$$

ただし、 $\left(1 - 2 \sin^2 \frac{\theta}{4}\right) = \cos \frac{\theta}{2}$

以上の通り仮定すると、論文の式と一致する。

$$\frac{1}{2} \omega b d (2R - d) a \left(\frac{(2R - d)}{d} - \frac{2}{3} \times \frac{d^2 + 3R(R - d)}{2R - d} \times \frac{\sin a}{a} \cdot \left(1 - 2 \sin^2 \frac{\theta}{4}\right) \right)$$

図-2. 3. 3. 34

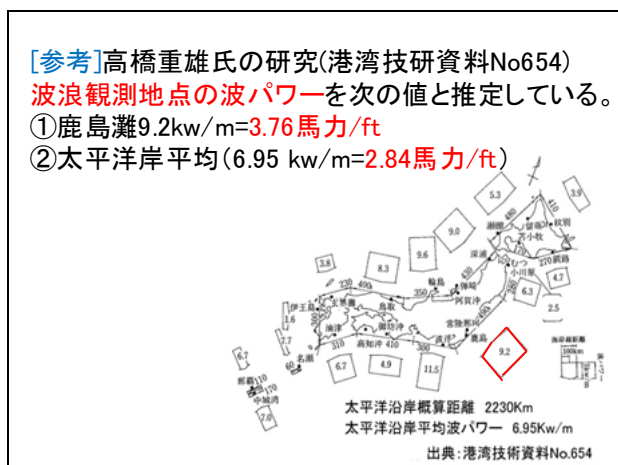


図-2. 3. 3. 35

(4)「将来の港湾(会長講演)」

九州大学大学院工学研究院教授 平澤充成 氏

皆様、こんにちは。今、ご紹介して頂きました、九州大学の平澤でございます。ここにいらっしゃる方は私のことをご承知の方も多いと思いますが、4月から縁がありまして九州大学の方に行っておりますが、その前の3月までは北海道開発局の港湾空港部の空港課におりまして、冒頭のご挨拶がありました当時の栗田港湾空港部長から、一昨年の今頃になると思いますが、この廣井勇博士の研究会をやるということでお誘いを受けまして、「是非参加させていただきます」ということで、今日の発表に繋がっております。実は私、平成18年の4月～7月という3ヶ月の短い間でしたが、小樽港湾事務所の所長をやらせていただきまして、その時にちょうど左手の海側に、皆さんよくご存知の廣井先生の写真が貼ってあり、じっと所長室で見られているというか、本当にあの写真が1枚あるだけで居眠りもできないというような3ヶ月を過ごさせていただきました。そのような縁もありまして、是非とも参加させていただき、廣井先生のことをもっとよく知りたいということで、研究会に参加させて頂きました。

今日は「将来の港湾(会長講演)」についてお話をさせて頂きたいと思います。こちらの論文でございますけれども、土木学会の第6回の総会の会長講演として、土木学会誌の第6巻第1号、これは大正9年2月に掲載されたものでございます(図-2.3.4.1)。

まず私がこの論文を研究しようと思ったきっかけについて紹介させて頂きます。現在の話になりますけれども、ご承知のとおり、今日、国際海上輸送というのが、特にコンテナ輸送をはじめ非常に各国の各港湾で厳しい競争をしております。特にアジアの経済成長を背景として、シンガポールあるいは上海、こういった東アジアの諸国が戦略的に取り組んでいて、その主導権を握る非常に厳しい競争が展開されております。その中で我が国においては、神戸港や横浜港、東京湾や大阪湾といったところが、競争の渦中にあると思います。次のボツにありますように、「将来の港湾」は1920年(大正9年)に書かれておりますが、第一次世界大戦が1918年に終わって、パナマ運河が1914年に開通したということで、非常にその当時は海運情勢が目まぐるしい動きを見せながら厳しい港湾間競争を行う新しい時代に入り、経済情勢も第一次世界大戦が始まってから終結するというので、非常に変化の多い時代の中で、廣井博士がどのように我が国の港湾について考えていたのかということに非常に興味があり、この論文を勉強してみようと思ったわけでございます(図-2.3.4.2)。

この論文の概要と書いておりますが、先程ご紹介したよ

選定論文

論文名: 将来の港湾(土木学会第六回總會会長講演)
筆 者: 廣井勇工学博士
出 典: 土木学会誌 第六巻第一號 大正九年二月

図-2.3.4.1

テーマの選定理由

- ・現在、国際海上輸送において重要な位置を占めているコンテナ輸送については、アジアの経済成長を背景としたシンガポール港、香港港、釜山港さらには上海港など東アジア諸国の戦略的な取り組みにより、主導権を握るための激しい競争が展開されており、神戸港、横浜港など我が国主要港湾もその競争下にさらされている。
- ・廣井博士の「将来の港湾」は第一次世界大戦の終結、またパナマ運河の開通など世界の経済また海運の情勢が大きく変化している最中に書かれた論文であり、廣井博士がどのような視点で我が国の港湾の将来について考えていたのか、現在の我が国の港湾のあり方について考える上で非常に興味があった。

図-2.3.4.2

論文の概要

- ・本論文は廣井博士が土木学会会長職を任期満了により退任する土木学会第6回定時総会(大正9(1920)年1月17日開催)において、いわば会長の最後の仕事としての講演であるが、土木工学上また我が国の港湾政策上重要な講演であり、翌月発行の土木学会誌に掲載されたものである。
- ・論文は商港を対象としたものであり、商港を地勢上の視点から河港と海港、航運上の視点から近海港と遠洋港に分類した上で将来の有り様について論じている。
- ・結論として我が国経済に深く影響を与えるアジアの拠点港として神戸港の拡張整備を速やかに進め、東洋第一の港湾としていくべきであることを論じている。

図-2.3.4.3

うに本論文は土木学会誌に掲載されており、廣井先生が土木学会の会長を退任される際の土木学会総会の講演内容となっておりますが、実はこの時に廣井先生は総会に出席されておられません。この当時は樺太の開発に従事されており出席できなかったため、代読原稿という形で書かれたものでありましたが、非常に貴重な論文ということで、土木学会誌に掲載されることになったのではないかと考えております。後程詳しく説明させて頂きますが、論文の主な内容としましては、「商港」というところに着目してそれを分類した後に、我が国の経済に影響を与えるアジアの拠点港としてどの港について中心的に整備等をしていくべきかを論じ、結論としては神戸港を拠点港とすべきだということが書かれております(図-2.3.4.3)。この論文を読みまして、廣井先生が何故、拠点港を神戸港とされたのかについては、また後程お話しさせて頂きますけれども、この点

も興味がありました。

論文構成でございますけれども、実はこの論文では、このような章分けはされておりません。その内容から私の方で大きく6章に分類させて頂きました。その中でも本日は特にこの最後の結論「我が国の将来の港湾」に関わると考えられます第2章の「港湾の分類」、第4章「遠洋港」と第6章について中心的に説明させて頂きたいと思っております(図-2.3.4.4)。

まず第2章の「港湾の分類」です。こちらの方に原文を載せておりますが、先程のように将来の港湾を考えるこの論文においては、もっぱら商港について考えると述べられております。また地勢上から区別する時には、河港と海港の2種類があり、航運上からはさらに近海港と遠洋港に分類されるということが書かれております(図-2.3.4.5)。

特にここで注目したのは、航運上の観点ということについてです。実はこの論文が書かれた13年前になりますが、再改訂の「築港」が出ており、それを読みますと港を構造的には分類しておりますが、航運上という観点からの分類はございませんでした。ここで出てきた背景を考えてみますと、先程も申しましたが、1914年に第一次世界大戦が始まりまして、1918年に終わっております。このグラフは日本の我が国全体の輸出入の額を示しておりますが、この期間に急激に伸びていまして、5年間で4倍ぐらい伸びております。特にアメリカと中国との貿易が多いわけですが、おそらくこのような外国貿易が発展してきたということで、港をどのように機能させていくかということが非常に重要となり、航運上の観点から港湾を2種類に分類するに至ったと考えております(図-2.3.4.6)。

ここに、「将来施設スヘキモノハ海港ニアリ」と書いてございますが、ここでは海の港について注目していきますけれども、先程、上原様からお話ございましたが、上にあります河港の方は漂砂で埋まる影響があり、あるいは潮汐を利用しないと船が出入りできないということで、大型の船にはなかなか対応できないということがあって、ここでは開港に注目するということが書かれてございます。

続きまして、近海港・遠洋港についてであります。近海港というのは沿岸貿易に従事するものであって、その中でも外国との貿易の貨物もありますが、それは遠洋港で積み替えをするのが常であると書かれております。お示している図は私が作ったものですが、近海港の沿岸貿易というのはまさにこのように近海港同士を結ぶとか、遠洋港と近海港を結ぶというイメージなのかなと思っております。外国貿易に資するものは遠洋港同士で貿易をすると、こういうイメージで廣井先生は考えていたのではないかと考えました。ここで非常におもしろいと思うのは、皆様もお

論文の構成

廣井博士は樺太開発における港湾修築に関する現地調査のため、土木学会会長職を交代する土木学会定時総会を欠席された。
本論文は会長講演の代読原稿である。章立てはされていないが、その内容から次のような構成となっている。

- 第一章 謝辞
- 第二章 港湾の分類
- 第三章 近海港
- 第四章 遠洋港
- 第五章 海陸輸送の接続
- 第六章 我が国の将来の港湾

図-2.3.4.4

第二章 港湾の分類(1)

- 将来ノ港湾ニ就キ論セントスルモノハ専ラ商港ニ關スルモノナリス
- 地勢上港湾ヲ區別スルキハ之ヲ河港、海港ノ二種トナス
- 航運上ヨリ更ニ港湾ヲ區別シテ近海(航運)港及ヒ遠洋(航運)港トナス

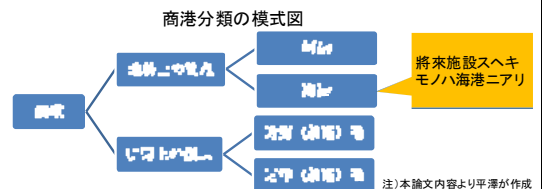


図-2.3.4.5

第二章 港湾の分類(2)

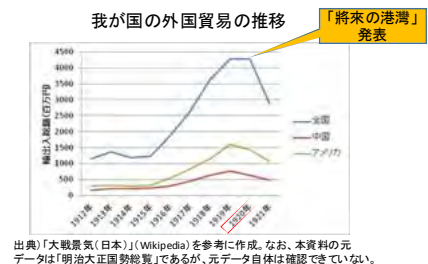


図-2.3.4.6

第二章 港湾の分類(3)

近海港ニ出入スル船舶ハ多クハ沿岸貿易ニ従事スルモノナルコトハ勿論ニシテ其外國貿易ニ屬スルモノアルモ遠洋港ニ於テ積換ヲナスヲ常トスルモノナレハ自然比較的小形ノモノナリ

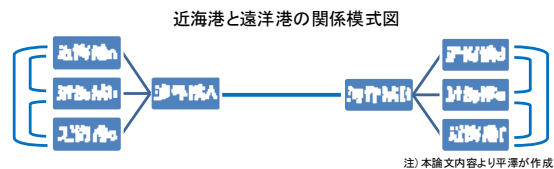


図-2.3.4.7

気づきと思いますが、最近我々が言うハブ港とか、あるいは国際戦略港湾というようなイメージに非常に近いのではないかなということで、非常に興味深く感じております(図-2.3.4.7)。

続きまして第4章の遠洋港でございます。遠洋港につき

ましては、1つの国の中では1~2港あるいは2~3港だけぐらいのもので、日本の中では横浜港と神戸港がこれに該当すると書かれております。この遠洋港においては世界の最大の船も入って来るような施設を持つておくべきだということです。3つ目のボツでございますけれども、大西洋におけると書いてございますが、主にヨーロッパの人と貨物を非常に激しく奪い合っていると、是非自分の港に船が入ってほしいと、そういう非常に激しい港湾間の争いをしているということが読み取れます(図-2.3.4.8)。実は先程申しましたが、この当時、ちょうど世界大戦がございました。このグラフですが、青い棒グラフが第一次世界大戦が起きた時、赤いグラフがその後のもので示しておりますけれども、イギリスの船の所有数というのはほとんど変わりませんが、敗戦国でありましたドイツあたりは本当にガクッと落ちています。そしてアメリカが台頭しているというような時代になっています。そのような中で是非我が国の港を使ってほしいという、そういう争いをやっていることが書かれてございます(図-2.3.4.9)。

最後の第6章にも書かれておりますが、そのような背景の中で廣井先生は、アジア、特に諸外国とを結ぶ貿易ということで、ヨーロッパ等と結ぶ貿易だと考えられますが、その貨物を集める港をどこにするべきかを世界が注目しているということが書かれております。ここに支那と書かれていますが、中国は上海港を立てようとしているということでもあります。この上海港の内容についてはこの後に梅沢様の方からまた詳しくお話があるかと思えます。我が国においては、横浜港は北の方に位置しているので、これはちょっと違う。地の利を考えると、神戸港をアジアの世界的な拠点港にしていくべきだと書かれております(図-2.3.4.10)。先程もグラフをお示ししましたが、また改めて出しますと、当時の輸出入につきまして、実は中国よりもアメリカの方が貿易量は多かったのです(図-2.3.4.11)。またパナマ運河の開通とか、アメリカの方が経済成長しているということもありまして、そういう背景の中でなぜ廣井先生が神戸港にすべきかと考えたかということを私な

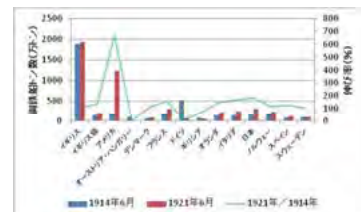
第四章 遠洋港(1)

- 遠洋港ハ大港灣ニシテ其數通常一國內ニ於テ一、二乃至二、三ニ過キス我國ニアリテハ横濱及神戸ヲ以テ遠洋港トス
- 此種ノ港灣ハ最大船舶ヲ收容スルニ足ラサルヘカラサルノミナラス諸般ノ設備完整シテ海外貿易ノ主要ナル機關タルノ任務ヲ全フセルヘカラス
- 大西洋ニ於ケル歐米間ノ貨物旅客ハ各國先キヤ争イ自國ヲ經由セシメントシ獨國ハぶれめん、はんぶるぐ、蘭國ハろつたーだむ、白國ハあんうゑるす、佛國ハるは一ぶる二夫々設備ニ汲ヲシ

図-2.3.4.8

第四章 遠洋港(2)

主要強国所有の遠洋航海用鋼鉄船トン数



出典)参考資料 世界ニ於ケル商船ノ噸數附屬造船船ノ復活(土木学会誌第七卷第六号)を参考に作成

図-2.3.4.9

第六章 我が国の将来の港湾(1)

- 今や東洋ニ於ケル貿易ハ著大ノ發達ヲ呈シ亞細亞大陸ヲ後方地方トシテ洋外ノ諸國ニ對シ將來物資ノ集散ヲ專ラニスヘキ港灣タルモノハ果タシテ何處ニ在ルヘキ哉ハ頗ル興味アル問題ニシテ全世界ノ注目スル所タリ
- 支那ハ上海ヲ以テ立タントス
- 横濱ハ其位置北ニ偏シ門司長崎ノ如キハ論スルニ足ラス獨リ神戸港ハ其位置及地勢共ニ本邦及大陸ニ對シ宜シキヲ得過ニ於ケル其發展ハ以テ其將來ヲトセシムルニ足レリ

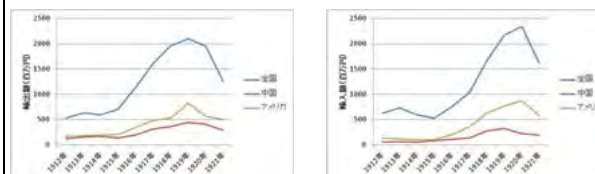
<疑問>

何故、横浜港ではなく、神戸港を世界的な拠点港とすべきと考えたのか？

図-2.3.4.10

第六章 我が国の将来の港湾(2)

我が国の貿易額推移



出典)「大戦景況(日本)」(Wikipedia)を参考に作成。なお、本資料の元データは「明治大正国勢総覧」であるが、元データ自体は確認できていない。

図-2.3.4.11

第六章 我が国の将来の港湾(3)

神戸港を世界的な拠点港と考えた理由の類推

第一の理由:対米貿易に対する相対的な期待の低さ

アメリカ向け輸出額は第一位であったが、その内訳は単価の安い紙、下級綿製品、植物油、絹及び竹細工品等で、いわば薄利多売の結果であり、国益は少ないと考えていたのでは。

第二の理由:中国等アジア諸国貿易に対する欧米諸国進出の危機感

第一次世界大戦の勃発により、我が国は欧米諸国の手薄になったアジア諸国への輸出により、成金ブームが到来する好景気になった。世界大戦の終結に伴い欧米諸国がアジア諸国への経済進出を再開する動きを見せ、我が国がアジア市場を失うという強い危機感を抱いていたのではないかと。

図-2.3.4.12

りに考えてみました(図-2.3.4.12)。2つ程挙げておりますけれども、第1の理由は対米貿易の相対的な期待の低さということがあるのではないかとということです。

ここにグラフがありますが、実は当時、アメリカの方に輸出していたのが単価の安い糸ですとか布であり、そ

ったものが多かったということで、薄利多売で国益が少ないと考えていたのではないかと思います。第二の理由の方が大きいと思っておりますが、中国・アジアの貿易に対する欧米諸国の進出に対する危機感ということがあったと思います。第一次世界大戦が始まってからは欧米がアジアから手を引いていたわけですが、その時に成金ブームというのがありましたが、戦争が終わってまた元に戻りつつありました。そういったところで日本のアジア市場を失うということに対して危機感を抱いていたのではないかと考えました(図-2.3.4.13)。

最後になります。この論文を読んだ私の感想ですが、我が国の港湾というものを通じて、廣井先生は科学的・経済学的・国際政治学的な多様な面から検討されており、そういう側面で見ているのが非常に興味深く感じました。さらに先程のハブ港等のように、現在と同じ発想で将来の港湾を考えたということも、非常に興味を引きました。この論文は、これからの我が国の将来の港湾を考えて行く上でも本当に根幹的な部分が書かれていると思います。今日の私の発表をきっかけに、皆様にもご一読頂ければ幸いです(図-2.3.4.14)。

簡単ですが終わらせて頂きます。どうもありがとうございます。

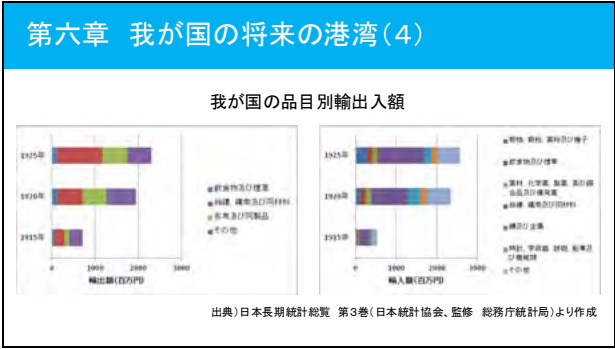


図-2.3.4.13

さいごに

- 廣井博士が土木技術者としての視点を基盤にしながら科学、経済学、国際政治学など多様な側面を見せながら我が国の将来の港湾について考え、取りまとめたものが本論文「将来の港湾」である。
- 特にハブ港湾、国際コンテナ戦略港湾などと同様の発想で将来の港湾を考えられていたことは興味を引いた。
- 本論文における廣井博士の「将来の港湾」を考える上でのアプローチは、我々がこれからの「将来の港湾」を考えていく上でも参考になる。
- 今回の発表が皆様にとって、本論文をご一読いただく機会となれば幸いです。
- ご清聴ありがとうございました。

図-2.3.4.14

(5)「論説報告「上海港」、雑録「上海港改良技術會議に就て」

(一財)港湾空港総合技術センター研究主幹 梅沢信敏 氏
梅沢でございます。私の選定テーマは中国の上海港に関する論文2編についてです。以下、ご報告させていただきます。

論文の一つ目が論説報告「上海港」、1922年(大正11年)6月、土木学会誌に掲載されたものです。二つ目が雑録「上海港改良技術會議に就て」、これは1927年(昭和2年)11月、日本港湾協会の情報誌「港湾」に掲載されたものです(図-2.3.5.1)。

論説報告「上海港」の概要につきまして、論文の構成順にとりまとめたものです。本論文を執筆するに至ったそもそものきっかけは、論文執筆の前年の大正10年5月に上海港で改良技術會議が開催され、これに廣井博士が日本国代表として出席されたことにあります。論文では上海港の整備経緯や上海港のある黄浦江および黄浦江が合流する揚子江、中国では長江と言っていますが、それらの現況、特に船舶の航行に重大な影響を及ぼしていた航路周辺の埋没特性について、事前収集資料に基づき詳述し、分析がなされております(図-2.3.5.2)。

結論として、将来の船舶の大型化に対応した航路確保を主体とする上海港整備の困難性について論述したものとなっております。これらの分析結果を根拠として、国際會議に臨んだということになりますけれども、航路整備に関しては多数の委員が揚子江の河口に、後程ご説明しますフェアリー・フラットという浅瀬がありますが、そちらを浚渫しようというふうに安易に決定しようとする中、廣井博士1人だけが、まずはきちんと試験施工をしなければいけないということで事前検討の必要性を主張します。ところが廣井博士の提言は最終的には少数意見として報告書に記載されるに留まりまして、他国出席委員のあまりにも不誠実な対応について遺憾とする旨が記載された内容となっております(図-2.3.5.3)。

もう1編の雑録「上海港改良技術會議に就て」は、論説報告「上海港」掲載後5年、国際會議の開催後6年半が経過したところで書かれたものです。論文概要は、上海港国際會議でとりまとめられたこの航路浚渫案を主体とする改良工事が、これだけの年数が経っても一向に着手されていないこと、その結果として出入船舶の利便性そして安全性を阻害して上海港の発展を大きく妨げているということへの憂いと憤りをもう一度きちんと書き込んでいます。特に当時の會議概要と審議経過について論説報告「上海港」の論文に比べて、さらに踏み込んで記述しております。以って遺憾の意を表する内容となっております。

ちょうど、明後日の10月1日が廣井博士の没後86年の

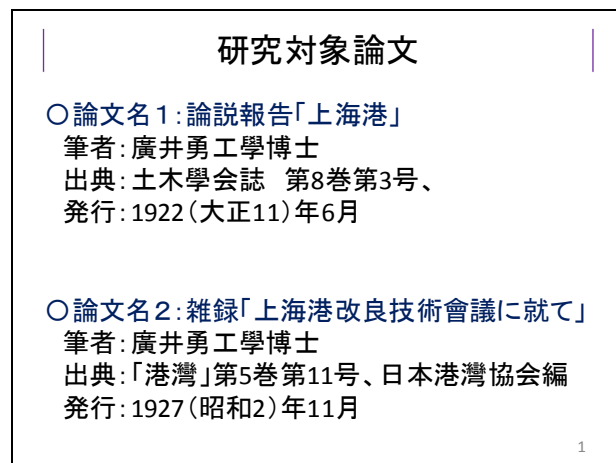


図-2.3.5.1

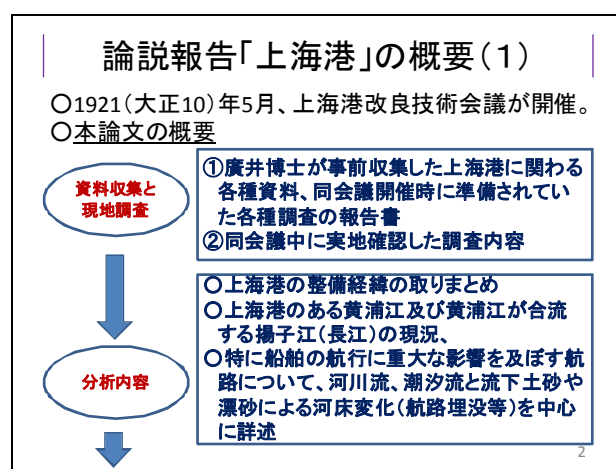


図-2.3.5.2

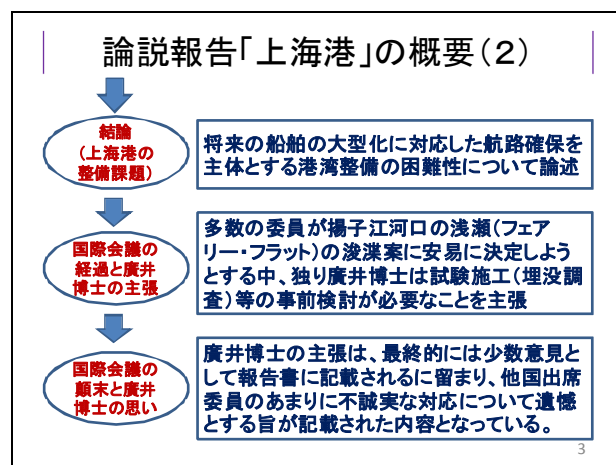


図-2.3.5.3

命日に当たりますけれども、後段の論文につきましては、廣井博士が亡くなられるほぼ1年前に執筆されておりまして、二度に渡って書かれたということは、その晩年に廣井博士が大きな懸念事項として考えていたのではないかと思います(図-2.3.5.4)。

さてここからは両方の論文につきまして、もう少し補足

説明をさせて頂きたいと思います。まず上海の位置ですが、緯度的には鹿児島と同じところにございます。北京の緯度が岩手の盛岡と同じです。私が平成4年から3年間勤めておりました瀋陽は函館と同じぐらいの緯度にあります(図-2.3.5.5)。

上海周辺を拡大した地図と航空写真です。この赤線で囲っている辺りが上海市になります。その北側にある青いラインが揚子江になります。航空写真で見るとこのように揚子江と河口付近が茶色に濁っており、流下土砂とかが河口付近に流れてきて埋没傾向にあるのがよくわかると思います(図-2.3.5.6)。

さらにこの上海の辺りを拡大すると、先程から出ています黄浦江という川がやっと見えてきます。この黄浦江の航路とその両岸が当時の上海港です。揚子江の河口はここになりますけれども、現在の上海港は更に揚子江南岸(右岸)のところに外高橋(がいこうきょう)地区コンテナふ頭があります。12mぐらいの水深です。それと港が浅いということで、上海市浦東地区の東南 30km の沖合のこの辺りに洋山深水港というー16mの国際コンテナターミナルが建

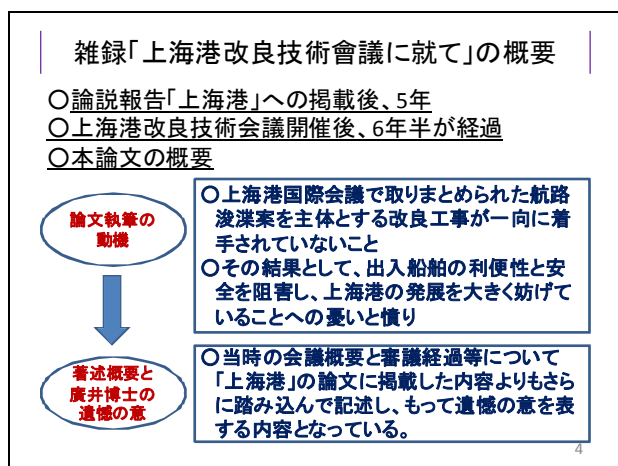


図-2.3.5.4



図-2.3.5.5



図-2.3.5.6



図-2.3.5.7

設されております。それら3つのエリアを合わせて現在の上海港が形成されております(図-2.3.5.7)。

論説報告「上海港」には付図が3枚使われておりますけれども、その第1です。先程の図を時計回りに90度回転させるとほぼ重なりますけれども、こちらが揚子江、これが黄浦江になります。こちらの方の図面を使って、廣井博士は黄浦江内の航路浚渫、航路整備や周辺の岸壁の整備、荷役の形態、こういったものを説明するのに使っている図です(図-2.3.5.8)。

こちらの図が付図の第2になります。揚子江河口付近の状況とフェアリーフラットと言われている浅瀬の位置を示しております。この辺りが黄浦江の河口部になりますが、ここに入る航路として、いろいろ検討されております。その結果、この北支流・南支流とある内の南支流、これも北水道・南水道に分けられますが、こちら側の南水道、ここが有力でしょう。ただしこのフェアリーフラットという浅瀬があるので、大型船の入出港には非常に支障を来しているということが課題として挙げられておりました(図-2.3.5.9)。

現在の航空写真と大正 8 年ぐらいの図を比べてみるとこのようになります。ここに崇明島（すうめいとう）という大きな中洲の島がありますけれども、これが一回り大きくなっているぐらいで、あとはだいたい同じようです。このフェアリーフラットがあるこの辺りは今も浅いという状況がわかるかと思います(図-2.3.5.10)。

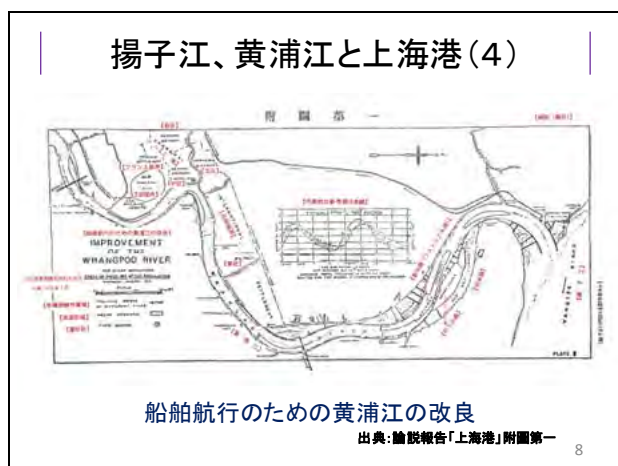


図-2.3.5.8

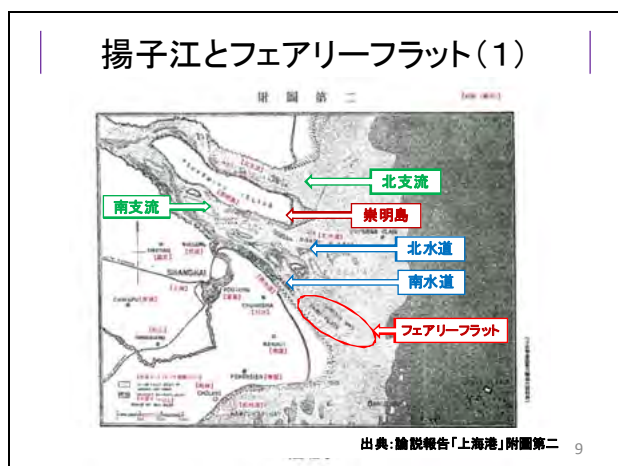


図-2.3.5.9



図-2.3.5.10

これは最後の付図第3です。揚子江の流軸方向にフェアリーフラットの断面を見たものです。左側が上流側、右側が河口側になります。単位は縦軸が尺、横軸がマイルです。縦横の縮尺が大きく違いますので、このような断面になっておりますけれども、上流側の勾配が、 $1/2,700$ 、下流側が、 $1/3,000$ と書かれていますので、実際はものすごい緩勾配になっております。それから 57.6km というのは干潮面以下 30 と書いていますが、30 尺、すなわち水深-9.1 m ぐらいのところを横にざっと切ると 57.6km。だいたい札幌から苫小牧の手前ぐらいまで行くぐらいの大きな規模になります。水深-9m といいますと、だいたい貨物船で 1 万 t クラスの船の必要水深になるかと思います。またこの図の下の方に尖った、実際は縮尺が違いますから緩やかですけども、こういう山がたくさん書いてあります。これは廣井博士が「築港」ほかを執筆された頃に既に集められておられた世界の主要な河口部の浅瀬を比較の意味で示したものです。フェアリーフラットがいかに巨大なものかというのを見て頂くために載せたのかと思います(図-2.3.5.11)。

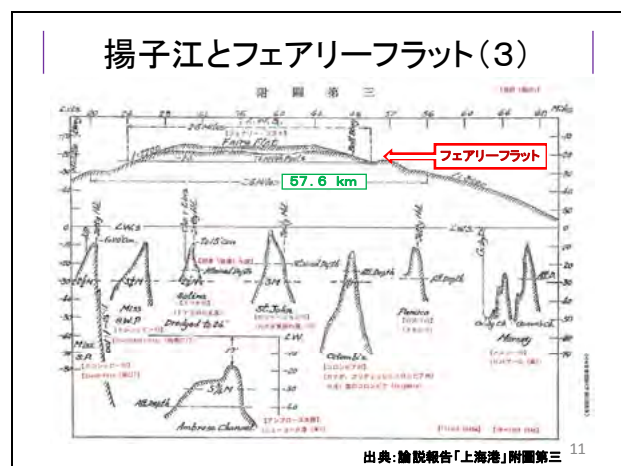


図-2.3.5.11

おさらいになりますけれども、上海港改良技術会議の議論経過と廣井博士の主張について確認してみたいと思います。出席委員はここに示しております 7 カ国からの代表で構成されております(図-2.3.5.12)。

意見が大きく分かれたのは、揚子江河口部での航路確保、これの方策についてでした。多数の委員が支持したフェアリーフラットを浚渫する案というのは、先程の断面で見ますとこのようになります(図-2.3.5.13)。

水深-10m まで掘るのは難しいとして、水深-7.6m、航路幅 182m、これを維持浚渫を繰り返しながら確保しようという案です。だいたい-7.5m といいますと、5,000 t クラスの貨物船の航行に必要な水深ですので、それよりも大きな船については当然喫水調整が必要になるという

ことです。この暫定的とも言える水深であっても、浚渫が必要な延長は実に 41.6km に及びます。仮に 182m の航路幅を確保し、この延長 41.6km を 1m 掘り下げただけでも、余堀を入れずに 760 万 m^3 もの莫大な浚渫土量になります(図-2.3.5.14)。

さらに審議経過で論説報告「上海港」には詳しく書いておりますけれども、この河底における潜行土砂及び底流の方向にも言及しておりますが、おそらく国際会議においても丁寧に説明されたと思います。論文中には黄浦江に流入する土砂量について、大潮のときには 1 潮汐に約 12,000 m^3 に及ぶという調査結果が示されております。つまり上潮時には河口付近にある大量の土砂が上流側の方に運ばれて来て、仮に引き潮時、下流側に土砂がある程度流出したとしても、相当量が埋没するということを廣井博士は推定しておりました。このため、ここに書いてありますように、まず試験的な浚渫を実施して、その適否を調査すべきだということを博士は主張したわけですが、まさに至極当然の発言であったと思われます(図-2.3.5.15)。

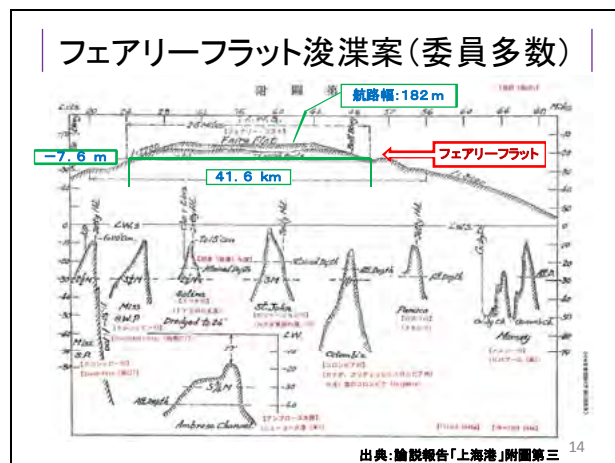


図-2.3.5.14

上海港改良技術会議(3)

○審議経過:

◆**廣井博士**: 浚渫が可能ときには、経済的になる場合もあることは認識しているけれども河底における潜行土砂及び底流の方向、速度、その他波動に関する調査が欠けていること、及び前記揚子江流末の状況を考え合わせるならば、今直ちに浚渫による改修方法に決定することは妥当とはいえない。

まず試験的な浚渫を実施してその適否を調査し、その方法が可能な場合には、将来、深水路の維持に要する浚渫の程度をも確認することが検討順序として必要である旨主張した。

15

図-2.3.5.15

しかしながら先程申し上げましたように多数の委員は試験的な浚渫の必要性はないと固持しまして、フェアリーフラットを単純に浚渫するという案に決定されてしまいます。廣井博士の提案は少数意見として記録に留め残しておくということだけになりました(図-2.3.5.16)。

上海港改良技術会議(1)

○**開催目的**: 今後、上海港が世界重要港の一つとしての地位を失わないために実施すべき改良及びその方法を議論すること。

○**開催時期**: 1921(大正10)年5月

○**出席委員**: 支(中国)、英、米、仏、蘭、瑞(スウェーデン)及び日本(廣井博士)

○会議概要:

- ①上海港の現状視察(6週間)
- ②予め準備されていた各種調査の報告書に基づく将来に対する討議

12

図-2.3.5.12

上海港改良技術会議(2)

○審議経過:

- ①黄浦江及び港内の施設に関しては記述したとおりの意見で一致する。
- ②河口の入口の問題では他国の多数の委員と廣井博士の意見が分かれる。

◆**多数の委員**: フェアリー・フラットを浚渫し、幅182mにわたって、その深さを干潮面以下7.6mにまで掘り下げ、**絶えず浚渫することにより水深を維持し、なお将来は必要に応じて増浚するというもの(浚渫案)。**

13

図-2.3.5.13

上海港改良技術会議(4)

○審議結果:

◆**多数の委員**: 廣井博士が主張する**試験的な浚渫の必要はないと固持し、多数の委員が主張する案(浚渫案)に決定。廣井博士の提案は少数意見として記録に留め残しておくこととなった。**

廣井博士が自身の案を譲らなかった背景とは何か

16

図-2.3.5.16

最後に廣井博士がご自身の案を譲らなかった背景は何かということで閉じさせて頂きたいと思います。私は廣井博士の主張の背景には信念と責任があったと思います。それを支えたものとして大きく 3 点があったのではないかと考えるに至りました。1 つ目は、これまでお話してきた以上に論文ではさらに詳細な記述がありますけれども、できるだけ正確な事実情報、調査結果に基づいて将来予測についても論理的に考察していこうとする姿勢とそれらも含めた技術的知見の高さです。2 つ目は、他国委員のあまりにも不誠実な取り組み姿勢への怒り、これはあるとしても、それ以上に廣井博士は、佐伯先生のお話にもありましたように、キリスト教の伝道の道ではなくて工学の道を選ばれた際とそれ以降の根本の精神にある「工学をもって民を救う」との強い信念があったからだと思います。この国際会議に臨んでは、民を救うとは日本の国益上はもちろんですが、アヘン戦争以降疲弊していた中国人民の暮らしを少しでも豊かにするということも含まれていたと思います。工学に向き合う廣井博士自身の誇り、真摯さがあったものと思われます。最後の 3 つ目は、時間の関係で具体的なお紹介ができず恐縮ですが、廣井博士にこの国際会議への日本国代表委員就任を直談判した伊吹山徳司氏の存在があったものと思います。日本郵船上海支店長として上海港の整備促進に大変な尽力をされた方でしたが、先の国際会議開催の前年に病のため上海の地で亡くなれております。おそらく伊吹山氏から託された上海港の行く末に対する責任、これも強く負っていたのではないかと思います(図-2.3.5.17)。

是非お時間のあるときに 2 編の原文、また本研究会資料の解説編をご覧頂けると幸いです。ご清聴ありがとうございました。

廣井博士の信念と責任を支えたもの

- ①廣井博士の技術的知見
- ②他国委員の不誠実さへの怒りと廣井博士自身の誇り(真摯さ)
- ③伊吹山徳司氏の存在



上記①～③についての詳細は、本編「現代語訳及び解説」(平成25年8月30日 廣井勇工学博士研究会 再開第8回資料)をお読み下さい。

17

図-2.3.5.17

(6)「小樽港コンクリート長期耐久性試験」

国土交通省北海道開発局港湾空港部長 川合 紀章 氏

ただ今ご紹介頂きました北海道開発局の川合です。廣井工学博士研究会はこれまでの発表者がお話したように、廣井博士の著述論文をひもといて、その分析をしていくという研究会ですが、実は私だけがちょっと違いまして、論文をひもとくのではなくて、廣井先生が残したモルタルブリケットの試験記録のデータ、このデータをひもといて廣井博士の意図だとか、長期耐久性試験の意義というものを明らかにするというのを、私は進めていきたいと思っています。話の内容は 29 ページのレジュメに沿ってお話して参ります。

まずこの画像にございますように、小樽港のコンクリート長期耐久性試験のコンクリート供試体は全部で 6 万個製造されたと言われています。その内の 51,000 個がここにありますような瓢箪型のブリケットです。私はこの 51,000 個のデータを解析して行こうとしたものです(図-2.3.6.1)。

実は小樽港湾事務所にはこの 51,000 個のモルタルブリケットの 100 年にのぼる試験データが書かれた「長期試験成績表」というものが残されています。5 冊の本になって残されており、491 種類、51,000 個のモルタルブリケットが作られているのですが、この 1 種類が 1 ページに収められています。成績表の中には、製造の年月日、配合、それから保存方法が書かれており、空中保存、淡水保存、海水保存の 3 種類が載せられています。それから全部には書かれていないのですが、一部のものには右側にございますように「25 年継続試験」といった、何年間の試験をするかということが書かれています。あとその下には、それぞれの時期に毎回 5 個を潰しまして、その内一番悪いデータを除いた 4 個の平均で強度を出しているのですが、このデータを営々と 100 年間続けたものが記載された表が 491 枚残されています(図-2.3.6.2)。

実は私は昭和 63 年に小樽港勤務になりまして、初めてこの表の存在を知りました。それまでこの表には実験結果は追加されてきているのですが、この解析を誰もしていないということで、私は 25 年前になりますけれども、この 491 枚、51,000 個のデータを全部電子データとして入力したわけです。それを分析しようと思ったら転勤になってしまいまして、そのまま 25 年間この電子データが埋もれていたところなんです。今回、この研究会に入ったものですから、私は廣井博士の論文ではなくて 25 年前に自分が入れたデータを分析して、その辺をひもといこうとしたわけです。

この長期耐久試験は小樽港 100 年試験とよく言われるのですが、実は廣井博士は 100 年ではなくて 50 年



図-2.3.6.1

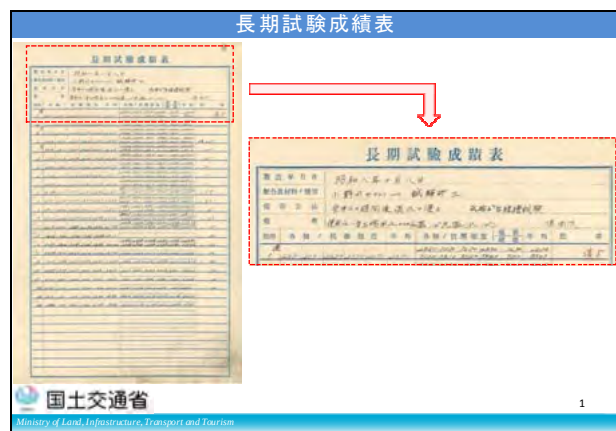


図-2.3.6.2

で検討していたのではないかという議論がなされています。若干その説明を著述論文からひもときますと、上の方に書いてある論文は初期の論文です。レジュメの 30 ページの裏に年表を参考につけていますので、これを見ながら聞かれるとわかりやすいと思います。テストピースを作りはじめた初期の頃の論文に廣井博士は、「著者も小樽港において 50 年にまたがるような試験を実施している。」と書いており、廣井博士は当初は 50 年を目標にした試験を始めたと思われます。それから下の論文は廣井博士の晩年の亡くなる 8 年前の論文ですが、東大の紀要に書いている論文の中に「著者は 20 年以上前に一連の長期試験を開始した。これらの試験結果の一部を 1913 年に米国の学会に発表した。その後、最近のセメントを用い、試験期間 100 年以上を目指したもう 1 つの一連の試験が開始された。」と書かれており、廣井博士は自分でやった 50 年を目標にしたものを第 1 シリーズ、その後の 1913 年以降にはじめられたと思われる 100 年を目指した試験が第 2 シリーズという位置付けをしているところなんです(図-2.3.6.3)。

その第 1 シリーズ、第 2 シリーズはどれかということで、まずそこからデータ分析をしたわけです。これはモルタルブリケットがいつの年次に作られたのかという棒グラフ

でございます。左側の図が種類、491種類がいつ作られたかで、右側は個数です。51,000個がいつの年次作られたかということです。右側の図で説明致します(図-2.3.6.4)。

このモルタルブリケットは全てが長期試験のために作られたものではありません。防波堤を設計した際の強度試験ということで、短期間のために作られたテストピースもたくさんあります。その辺をひもときますと、年表を見て頂くとわかりやすいのですが、まず最初に廣井博士は1897年(明治30年)に小樽港の第1期の北防波堤の着工をしています。多分そのための試験を行ったのが最初のこの山のモルタルブリケットで、1年前から作られた第1期防波堤の試験のために作ったデータがひと山あります。その後、次に1902年、この年に大量に作ったデータがあります。これは廣井博士が第1期防波堤に1902年から日本で初めて火山灰を適用しており、この1902年のデータは4,000個作っておりますが、全部火山灰入りです。火山灰を入れたコンクリートの強度がちゃんと保たれるかということのために作られた一連のデータであろうと思われます。それから次に1909年からまたひと山ありますが、これは小樽港の第2期防波堤、これが着工されたのがこの時期でして、廣井博士を引き継いだ伊藤長右衛門が防波堤を造り、そのモルタルブリケットも作っておりますが、これが第2期防波堤の強度試験のためのひと山ではないかと推定されます(図-2.3.6.5)。

その後、1914年から非常に沢山の数を作っています。実はこれが先程言った100年を目指した第2シリーズではないかと私は推測しています。推測の理由の1つが先程の論文にありましたように、1913年に書いた論文で廣井博士は第1シリーズの検討の整理をしていますが、その1913年の後に新しく第2シリーズが作られたという記述があるということ、それから後から出てきますけれども、廣井博士が作ったと思われる長期試験の第1シリーズの試験要領の中に、「試験は1911年(明治44年)12月までに製造を完了すべき」ということが書かれており、第1シリーズの製造の最後というのは1911年12月を目指していたということ等々、幾つかの関係から、ここに線を描いたように1914年以降に作られたものが第2シリーズ、その以前が廣井博士が50年を目途に作った第1シリーズではないかというふうに推定したところです。

次に、今言った第1シリーズ、第2シリーズの中で、いわゆる長期、廣井博士は50年、伊藤長右衛門の第2シリーズは100年を目指した、この長期のモルタルブリケットはどれかということです。短期の強度試験をしたものもありますので、それを推定したのが次の図でして、この491種類の製作個数を全部年代順に並べたものです。そうする

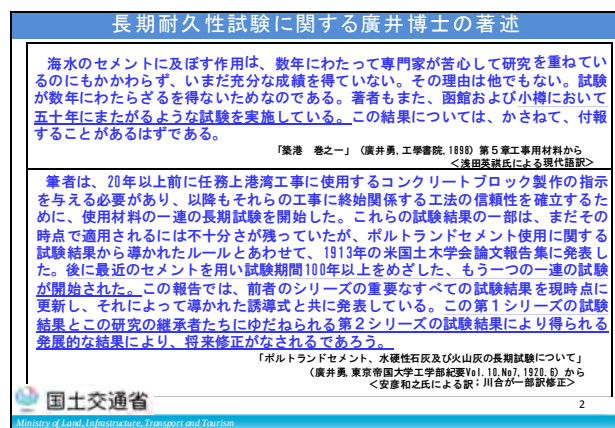


図-2.3.6.3

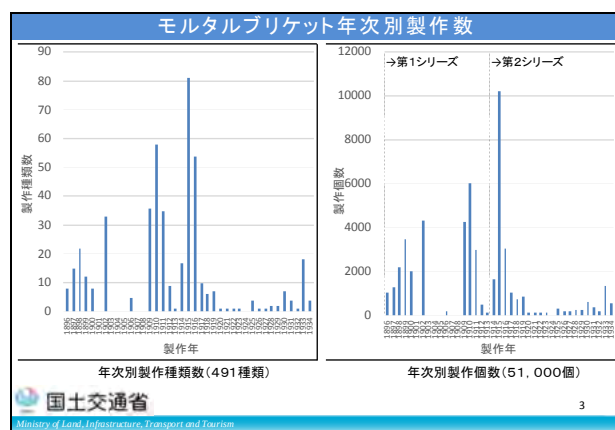


図-2.3.6.4

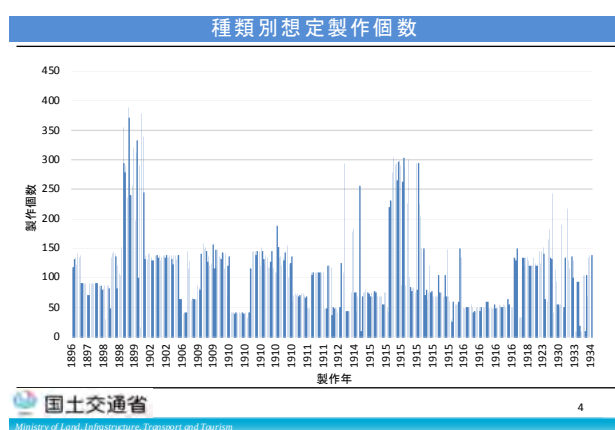


図-2.3.6.5

と、第1シリーズの1898、1899年に200個以上、大量に個数が作られた種類があります。第2シリーズについては1914年、1915年に22種類程200個以上作られたものがあるということで、この数の多いものが怪しいのではないかと、長期用に作られたものではないかと考えました。

いったい幾ら作ったら50年・100年試験できるかということを確認してみますと、これが先程言いました台帳の裏に貼り付けてあるのですが、テストピースの試験要領というのが作られています(図-2.3.6.6)。この4番目にいつ

壊すかということが書いてございまして、1週目、4週目、2ヶ月目、3ヶ月目、1年目、2年目、そして2年ごと、最後は5年ごとで、50年まで潰すのだということが書かれています。これを数えますと25回でございますから、1回に5個潰しますから、50年やろうと思ったら125個必要です。同じように50年のあと5年ずつまた100年までもっていくと175個必要ということで、50年、100年試験するためには、100個、200個のデータが必要だということがわかります。ちなみにこの7番目に先程ございましたように、製造は明治44年の12月までに終わることというふうに書いています。これが第1シリーズの根拠としているところです。

次にもう1つ、先程言った長期試験の台帳に継続試験期間というものがあります。その関係でチェックしてみますと、試験期間が50年と書かれているものには、廣井博士がいわゆる50年試験とした第1シリーズの200個以上のものもちゃんとあります。ところが第2シリーズの200個以上作ったものが22種類ありますが、これは台帳の試験期間の50年というところにはないのです。ここにありますように、試験期間20年と書かれたところに第2シリーズの200個以上のものがあります。『試験期間』が台帳に書かれたのは全体491種の内のだいたい2/3なのですが、これは後世に書かれたのではないかと類推する人もおり、あまりこの『試験期間』に意味はないのではないかと思います。しかし、実は意味がないどころか、これが非常に悪さをしたということを、後でお話します(図-2.3.6.7)。

次に強度の関係を先にお話しますが、廣井博士は先程説明しました1920年の論文に自分が実験した50年を目途にしたモルタルテストピースの強度のとりまとめをされています(図-2.3.6.8)。晩年でございます。1913年に米国の学会に発表したのと1920年に発表したものとは、同じデータを使って7年分データを延ばして検討しています。ですから、廣井博士は長期試験に関しては、このデータにあるテストピースをずっと対象にしていたのではないかと思います。このテストピースは、配合はセメントが1で砂が2の1:2の比率で配合したもので、セメントの種類は3種類にして、保存方法は空気中保存と海水中保存の2つですから、6種類のデータの過去からの長期データをグラフにしています。後でわかったのですが、これは明治32年に製造したモルタルテストピースをずっと追っかけてきているもので、この下のグラフには空気中と海水中保存のものを平均したのが書いてありまして、点線は廣井博士が自分で双曲線で近似したものです。これは、亡くなる晩年まで自分で作ったものを追っていたわけでした、19

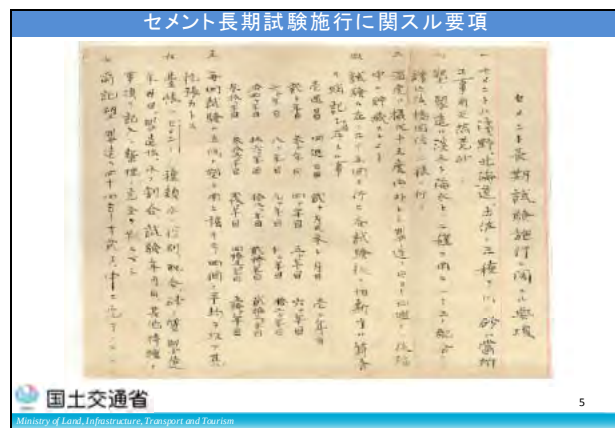


図-2.3.6.6

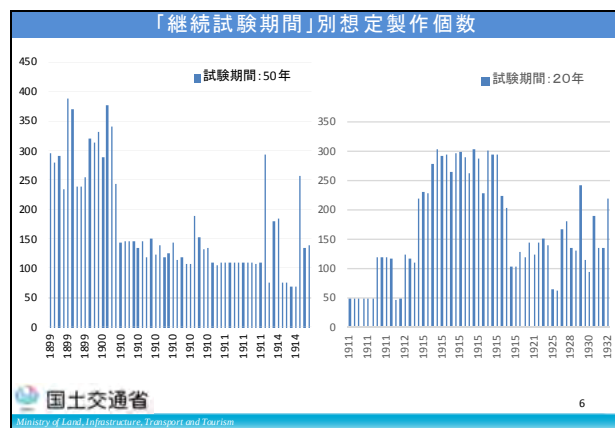


図-2.3.6.7

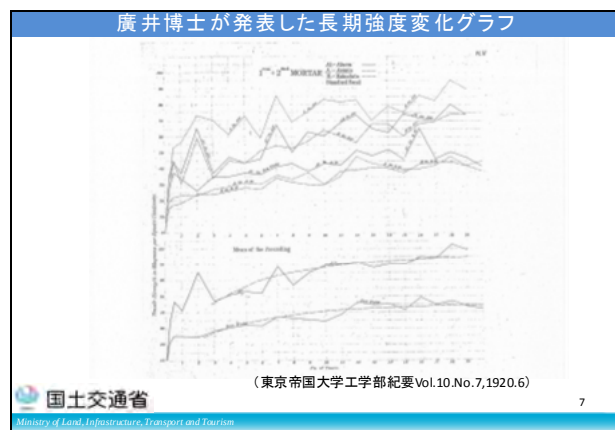


図-2.3.6.8

年間のデータがあります。

もう1つ、別な配合のものがその論文には書かれていまして、1:3の配合で、これは空気中、海水、淡水保存、全部ありまして、砂の種類2種類を平均したものが書かれています。これも後でわかったのですけれども、作った年次は明治30年ということで、1920年時点では自分の作ったデータを22年間フォローされて、ご自分は50年を目途にしていたのですが、半分ぐらいまではご自分で強度のフォローをしていたことになります(図-2.3.6.9)。

実はこの1920年の論文に、「後は次の世代の研究者に託す」と書かれているのですが、この1920年以降の後の人達は誰もこの線をつないでいなかったということでして、今回、私が初めてこの線をつないだということで、本邦初公開でございます。それが、先程言った配合1:2の廣井博士が論文に使ったテストピースを探し出すのが大変だったのですが、なんとか491種類の中から廣井博士が論文に使ったものを探しだしました。ただ、この配合のものは、先程言った廣井博士が作った50年の第1シリーズの200個以上あるものの17種類の中にあっただけで直ぐに見つかりました。そのデータを見つけ出して、先程の論文にありました廣井博士の19年までのデータに、追加したものでございます(図-2.3.6.10)。

これらのデータを見ますと、廣井博士が意図した50年まではしっかり調査されていて、若干最後残っていたテストピースを用いて、100年までのデータがあります。これを見ますと、廣井博士が追跡した19年以降、若干強度が上がってきています。20年後半になりますと、強度がだんだん落ちてきているのがわかります。下の海水中の保存も同様です。廣井博士は19年まで捕捉していますが、その後の同じデータを探してみますと、少し上がった後、20年後半で落ちてきてしまっている。この赤い線は廣井博士が19年までのデータで近似した双曲線です。廣井博士がもし50年までのデータを持っていたとすれば、この線にはならなかったと思いますが、実際はある程度こういう形で20年以降は落ちてきているという状況です。これは50年間しっかり、廣井博士のデータがございす。

廣井博士が書いたもう1つの1:3の方、このデータを探すのには相当苦労しました。これは継続試験50年の中になかったのです。継続試験が書いていないデータの中のもの90個しか作っていないデータの中に見つけました。ですから、これは廣井博士が22年まで追跡していますが、この後、個数がなくなって試験ができていないのです。たかだか30何年、こっちも30何年。淡水保存のものは1個だけ残っていたのを潰した100年近いデータがここにあります。基本的に廣井博士は50年間を想定していたのですけれども、こっちのデータについては、廣井博士が追跡した22年以降、ほとんど試験されていないという状況になっています。これも線を描いてございすが、同様にやはり20年後半になりますと若干強度は落ちているという状況です(図-2.3.6.11)。

そういうことで、廣井博士の50年のデータで初めて廣井博士が書いた以外のデータを見つけて追加して、その後の試験の状況がわかったところです。このため、私は第2シリーズに期待しました。100年を目指して250個作った

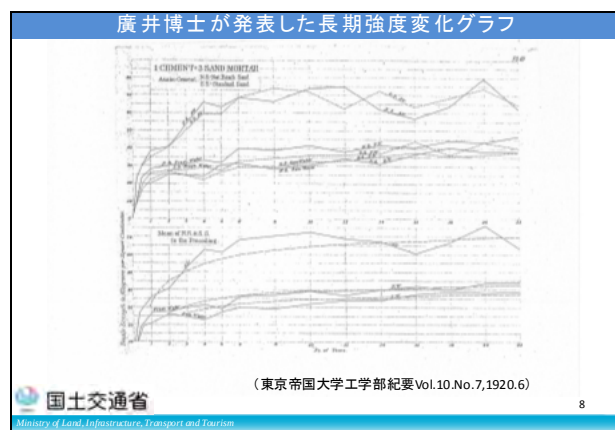


図-2.3.6.9

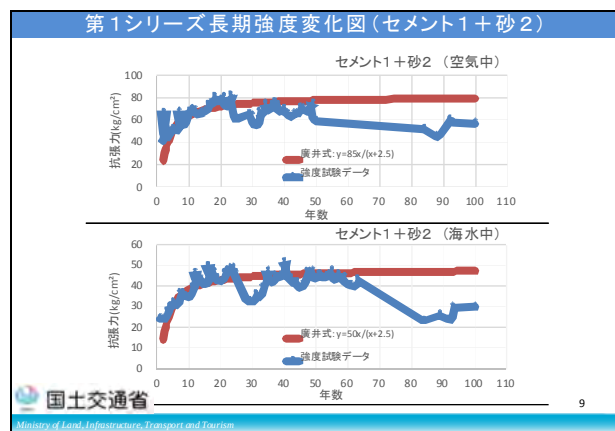


図-2.3.6.10

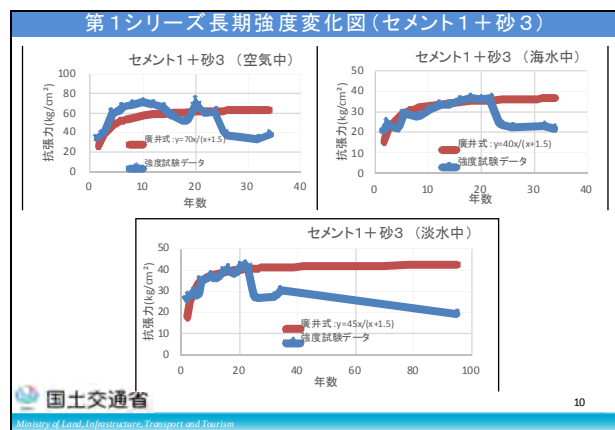


図-2.3.6.11

種類が22種類ございす。このデータに非常に期待したわけです。それが次です。これが第2シリーズの中で、廣井博士の先程の配合に近いものを探して書いたものです。上の図は空気中の保存のもので、これは100年ぐらいまでまだデータが幾つか残っていますが、これもあまり調査の回数が途中で間引かれて、この辺がほとんどないということです。200個作って100年行う試験だったですけども、なかなかデータとして整理されていない。ただしこれを見ます、やはり20年後半から強度が落ちているのがわかり

ます。もう1つ海中のもの、これは50年までは緻密に分析されているのですが、ここでもうゼロになって、残り1個しか残っていなかったということで、実は100年の試験を目指したもので、なかなか100年の試験がされていないという状況になっています(図-2.3.6.12)。

その辺を分析してみますと、これは第2シリーズで200個作ったデータの一覧表でございます(図-2.3.6.13)。22種類、200個以上作っており、意図としては100年の調査をしたのですが、実は現在残っているのが、先程のグラフの上に書いた174個のこれだけでして、ほとんどゼロになってしまっています。先程のグラフの下の方は、この表の下の方の二つの太枠のデータの平均値を出したのですが、100年試験を目指したデータですが、最終年が50年に行きついていません。唯一、この上の太枠のデータで、残っているのが85年になっているという状況になっています。これは類推しますと、先程言った継続試験期間が全て20年と書かれていたデータだったため、多分後世の人は忠実に20年間で200個潰さなければいけないと思って、200個を20年で潰してしまったのではないかと考えています。あの「継続期間」が悪さをした。その証拠に50年と書かれたものは、今174個残っています。その辺の試験の本来の意図が、試験台帳の「継続試験」というもので、ちょっと間違えてしまい、せっかく100年を意図したデータが早期になくなってしまって現在に残っていないという、非常に大きな問題がわかりました。

最後ですが、レジュメの最後の5番目にまとめたのですが、この100年を目指したモルタルブリケットが作られたのが最初1914年です。実は100年を目指して作ったモルタルブリケットの今年がちょうど100年目だったわけです。その伊藤長右衛門が始めた第2シリーズで思いをはせていた今年にこれを分析したら、100年間の思いが全部成果として出るのではないかと考えて分析したのですが、ちょっと残念な今言ったような結果になってきているというのが事実です。

ただ、長期耐久性試験の成果というのは、これは大変貴重なものです。これまでの簡単な分析でも20年以降の強度の低下というのがわかると思いますが、残された491種類のデータというのは、もう少ししっかり分析したら、配合別とか、色々な分析すれば、かなりのことがわかっていきます。今後きちんとした分析をされていかれると、このせっかくの資料が生きてくるのではないかと考えています。

実はこのモルタルブリケットが存在するだけでも重要でして、100年も前からの、その配合の組成や保存経過がわかる、その資料が時系列的にあるというのは非常に貴重

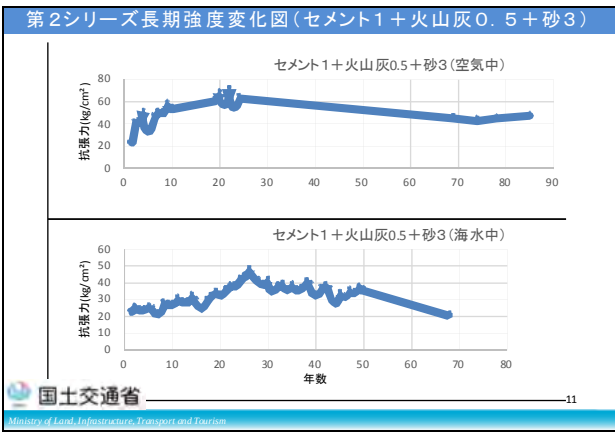


図-2.3.6.12

長期耐久性試験用モルタルブリケットの抽出(第2シリーズ)

西暦	製造年	製作個数	使用個数	残個数	継続期間	最終年数	種類記号
1914	大正3年	294	125	174	50	85	A-9-1
1914	大正3年	257	115	0	50	85	A-10-1
1915	大正4年	220	220	6	20	37	S-11-2
1915	大正4年	232	230	2	20	39	S-11-1
1915	大正4年	230	225	0	20	39	S-0-30
1915	大正4年	285	285	0	20	68	S-0-31
1915	大正4年	305	305	0	20	45	S-0-32
1915	大正4年	292	292	0	20	43	S-0-33
1915	大正4年	295	295	0	20	53	S-0-34
1915	大正4年	265	265	0	20	47	S-0-35
1915	大正4年	298	298	0	20	54	S-0-36
1915	大正4年	300	300	0	20	54	S-0-37
1915	大正4年	291	250	41	20	85	S-11-3
1915	大正4年	263	255	7	20	45	S-11-9
1915	大正4年	304	300	4	20	54	S-11-5
1915	大正4年	288	285	3	20	54	S-11-7
1915	大正4年	228	225	3	20	39	S-11-8
1915	大正4年	302	300	2	20	54	S-11-10
1915	大正4年	295	295	0	20	53	S-0-40
1915	大正4年	295	295	0	20	53	S-0-41
1915	大正4年	225	225	0	20	39	S-0-38
1915	大正4年	205	205	0	20	35	S-0-39

国土交通省
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

図-2.3.6.13

です。実は先程申しましたように、25年前に私はこの論文を国際会議で発表したことがございます。発表した途端、世界の科学者から問い合わせがありました。「そのテストピースがほしい。100年前の組成のわかるものがすごく必要だ。」ということでした。どこから来たかと言うと、今だから時効なので言いますが、世界の原子力関係者です。放射性物質をコンクリートで封じ込めた時に、100年目にコンクリートが駄目になっていたら放射性物質が出てしまいます。廣井博士がコンクリート試験を、50年試験、100年試験としたのは、科学者の良心です。自分の造った防波堤が100年後大丈夫だろうかという良心で、こんなことを、6万個も作ったわけです。同じように科学者の良心で、世界の原子力の科学者から私のところにそういう問い合わせが来たわけでした、それぐらい貴重な資料です。今後これを大事に分析して頂ければと思います。

管理の問題も今回みたいになちょっと残念な結果になっていますが、実はまだ5万個の内、4,000個残っています。台帳と履歴が判明しているのが2,063個ありますので、まだこれからも試験ができるということです。これからの実験計画をきちんと立てて、廣井博士が後世の人へ期待されたように、期待されたことをあまりしていないのですが、

我々も今後後世の人間に、残りの2,000個の調査というのは綿密な計画を立てて頂いて、廣井博士なり伊藤長右衛門の意志がちゃんと発揮できるような、意図が発揮できるような調査をしていただくことをお願いしたいと考えています。このことを、しっかりと後世に伝えていきたいと思っています。

以上で私の発表を終わります。ありがとうございました。

(7)「小樽港北防波堤の建設とその後の経緯について」
 (株)西村組執行役員常務、札幌支店長 中村弘之氏
 中村でございます。よろしくお願い致します。
 この写真は厩町岸壁から事務所側に向かった写真でございます。この上部コンクリートは昭和時代のものでございます(図-2.3.7.1)。それでは小樽港北防波堤について構造の解明と施工方法の解明について、発掘調査、現地調査を行って解明したことを報告するものでございます(図-2.3.7.2)。甲部周辺の発掘調査に当たりましては、2カ年に渡って小樽港湾の職員によって掘削調査が行われました。目標構造物としてはこの左側、青色家屋の地点にあるだろうと。この防波堤法線に沿って真っ直ぐに甲部の防波堤があると思ってやっているわけですが、あにはからんや実際は掘り出してみますと、右側の方にあったわけでございます(図-2.3.7.3)。それで平成18年・19年の調査でございますが、18年度、40cm～1m程度掘りましたら、枕木と削り取られましたコンクリート版を発見しております。この時点では目標の甲部の防波堤は発見されておられません。枕木そしてこれが垣根でございます。こんな状況でございました。引続いて19年になんとしても甲部の断面を出さなければならないというようなことで、本体の発現に照準を合わせまして一点掘り調査に切り替えまして、甲部の終わりと乙部の始点の境界からコンクリート本体を発見することができたわけでございます。この1.5mというのがこの幅でございます。この上に石垣がございます(図-2.3.7.4)。

調査の結果でございますが、この防波堤は背後地の埋立てをするための護岸となっておりました。この点線が防波堤でございます。このコンクリート版はタイタン駐機場、起重機になっている機械でございます。この駐機場であるというふうに後からまた説明を致します。そして臨港鉄道、この枕木がこのように入っているのは、臨港鉄道



図-2.3.7.1

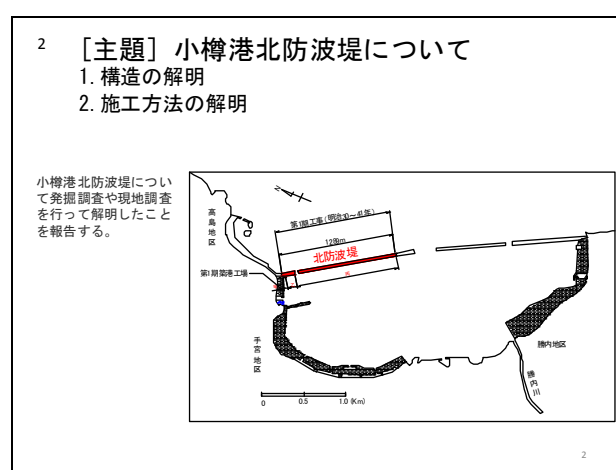


図-2.3.7.2



図-2.3.7.3



図-2.3.7.4

の跡であると。昭和初期に敷設されまして、この北高島から手宮地区まで線路が入っておりまして、この線路は引き込み線の線路であるということがわかりました。この北高島地区からは日本製粉の小麦粉と水産加工品がここから運ばれておりました(図-2.3.7.5)。

それでタイタンの駐機場の推定でございますが、コンク

リート版の幅は 7m20 cm, 長さは 15.3m, 版厚は側辺で 55cm, 中央で 45cm が確認されております。そしてこの下の断面でございしますが, この断面の後に縦枕木が入っていたというような跡が確認されております(図-2.3.7.6)。

甲部の施工断面でございしますが, 甲部の断面には色々調査報文にも書かれ, また工事報文, 調査報文等ございしますが, 調査報文ではこのように左右に上部工があつて, 中に中詰があると。こういう断面があったことから, 私は個人的にはかなりこれを信じて, この断面がこの真後ろにあると思っておりました(図-2.3.7.7)。ところが, この 18 年・19 年の調査で, このように工事報文のとおり 1 m 5 0 cm の幅で胸壁の断面がこのように 15℃傾いて出てきておりました。調査の結果から見た断面を整理致しますと, 施工時の断面はここの上部工の下, 場所詰コンクリート 1m50 cm, そしてこの裏込石, 水叩きと, そしてこの排水溝が確認されております。そしてこれがタイタンの先程言いました駐機場であろう舗装コンクリートと路盤材。現在は 大正 5 年頃から, ここの地区が埋立てによりまして, このように除去されてしまった。そこを調査したのが先程

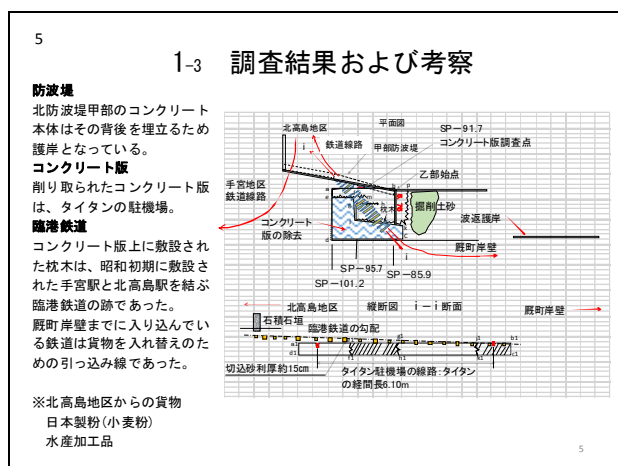


図-2.3.7.5

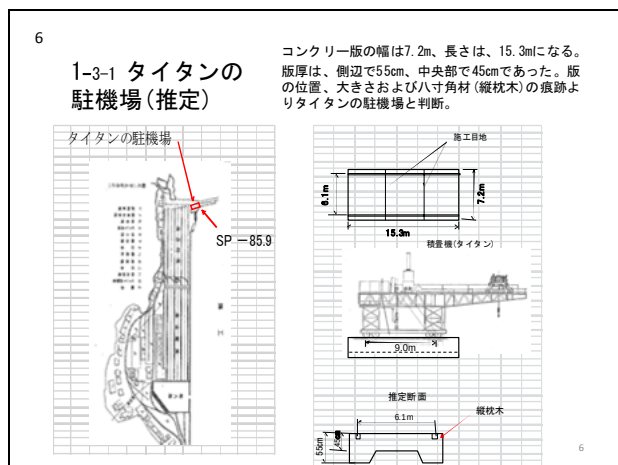


図-2.3.7.6

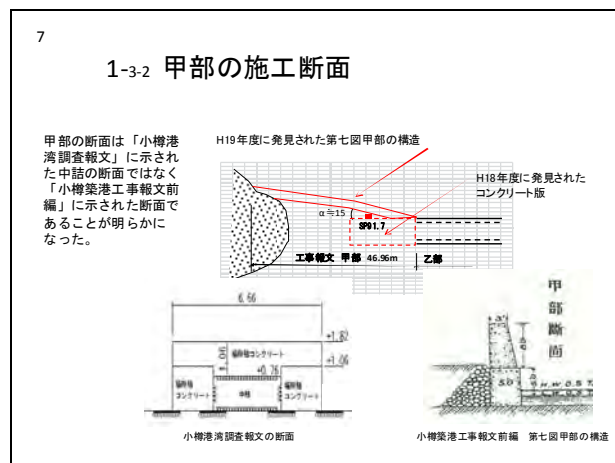


図-2.3.7.7

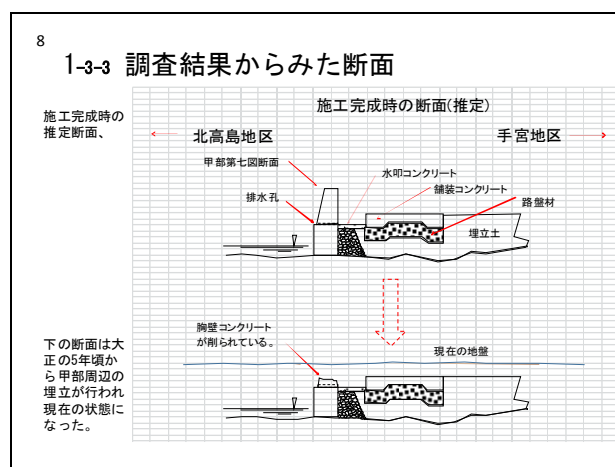


図-2.3.7.8

の結果でございします(図-2.3.7.8)。

それでは護岸の断面, どのようにして造られていたのかを推定してみますと, この立岩を基準にここの地帯は岩礁がわらで埋立地としては絶好の場所でもございします。そういった意味でこの細い防波堤から先にやったのではなく, この石積みから石を巻き立てながらやっていくと。この青のところが水深の深い場所でもございまして, 間知石で前面を覆って後ろに仮枠, 土止を立てて埋立てをやっていくと(図-2.3.7.9)。こういう作業を先にやられておりまして, 後にこの防波堤に入るべくスタンバイとして, 乙部の断面がございします。この乙部の始点でございしますが, 乙部は左右にこれもブロック積みでもございまして, 中に雑割り等が入っております。それを留めるべくして, 乙部の土止壁が先にこの②がやられたと。そして深いところの箇所に試験堤ブロックが先に着工されて, 浅いところの場所詰コンクリートがこれに密着したと。ここで調査した結果, この防波堤が出てきたということになっているわけです。

そしてこれをさらに詳細に見てみますと, 埋立てが明治 30 年 5 月に, これを先にやっております。そして 31 年の

3月に竣工。ですから、1年がかりで真冬を掛けてやったものでございます。そしてこれが出来上がったことによって、先程申しました②の土止壁が打たれると。そしてここで甲部の着工でございます。9月26日、甲部が先に着工されております(図-2.3.7.10)。これが10月の末ごろになりましたら、時化でブロックが動いて転落した。そして据付直しをして、そしてこの2番・4番に上部工が打たれて行くと。かなり厳しい状況下の中で作業が入っております。そして3番・4番ができたことによって、この立岩に⑤の場所詰コンクリートが入って、この全体的な甲部の地域がやや概成してくるわけでございます。そしてここに今度裏込が出てくるわけですが、これはやはり今言う護岸防波の考え方が当時とられたわけでございます(図-2.3.7.11)。そしてそれが裏込石を入れたことによって、先程のタイタンの駐機場を造るべくして路盤材の材料をここで敷設します。これができたことによってコンクリート版を打つのですけれども、施工目地等を見させていただきますと、この辺の途中で止まっておりまして、これは多分私なりの考えでは3回打たれたのだらうと。真ん中を打って、

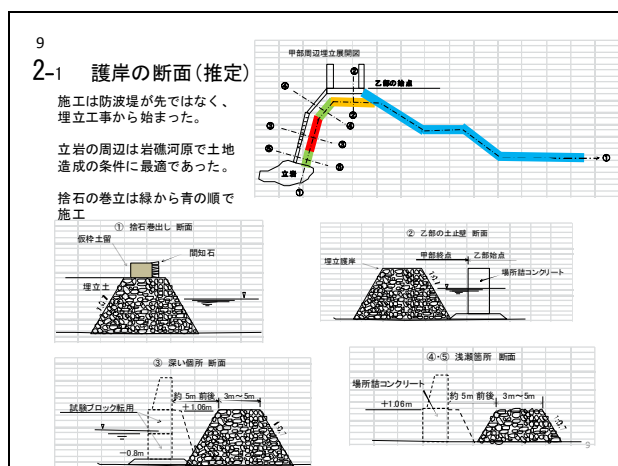


図-2.3.7.9

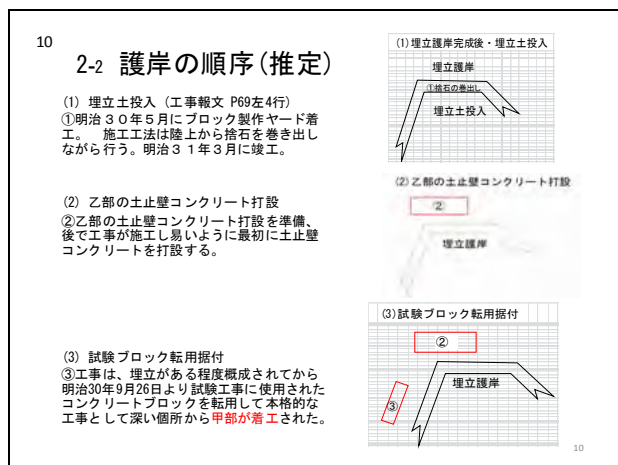


図-2.3.7.10

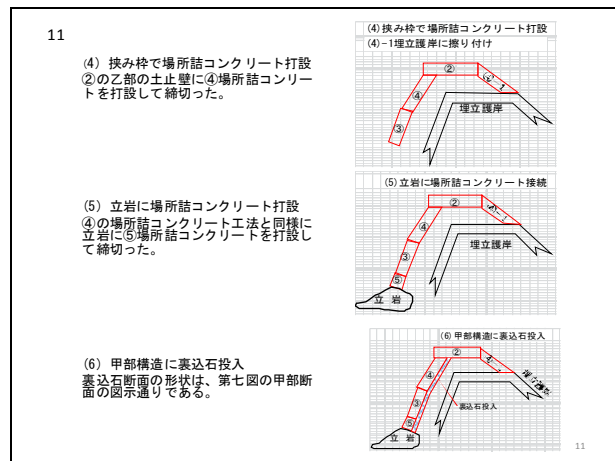


図-2.3.7.11

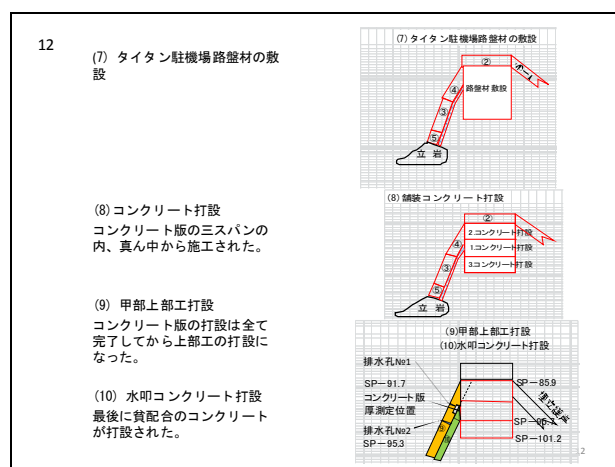


図-2.3.7.12

端と端を打って、そのような施工目地になったのだらうという推定でございます(図-2.3.7.12)。

そしてこれが完成して上部工が打たれるわけで、これが鋭くこの上部工に密着すると。先程から言っていますように、ここが調査箇点になっているわけでございます。そしてこれが水叩きが打たれているということです。そういったようなことで甲部が全体的に完成していきますと、いよいよもって今度は乙部の着工ということになるわけでございます(図-2.3.7.13)。乙部の着工でございますが、断面は左右にブロック積みでございます。中に雑割が入っておりまして、工事報文によりますと、この圧気を抜こうということで、ここに圧気孔をつけましょうということになっております。しかしながら陸上部においては、ここは発見することはできませんでした。それで乙部の完了でございますが、これは全体的に32年の5月8日に完了しております(図-2.3.7.14)。

いよいよもって、丙部のスタンバイになるわけですが、ここではブロックの据付後、上部コンクリート打設、養生、縦枕木の設置、レールが敷設されます準備に入って

いるわけでございまして、この6月3日は記念の写真になるわけでございまして、遠くに見えるのがタイタンでございまして、こんな立岩、甲部が47m、乙部が131.8m、171.8mの延長がでております。そしてここから丙部が入るといふ形でございます。いよいよもってこの丙部が着工されるわけですが、丙部の断面のこの斜めのものは試験堤のものから来ております(図-2.3.7.15)。明治28年に建設されました試験堤のブロックをそのまま使うことはなかなか、これを取り出したのがこのようにジグザグになっているわけですし、これをそのまま使うことはできないので、これは相当悩みまして、多分こういうふうに組み替えたら台形のものになったというようなことで、この台形のものがこの丙部の出発点というふうに私なりに推定しております。この台形の物体が⑭、この厩町岸壁から約30m、この位置に見えております。この写真は平成14年ですので、当時船が接岸して壊されたものというふうに聞いておまして、2週間前ぐらいに確認したら、これはもう油等で真っ黒になっておまして、なかなか醜い状態にはなっておりますけれども、健在でございます(図-2.3.7.16)。

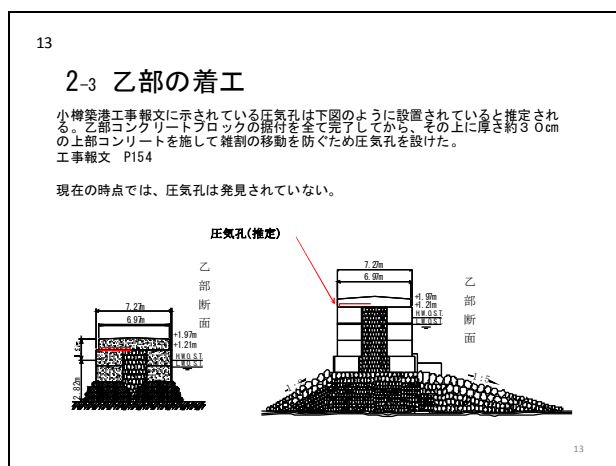


図-2.3.7.13

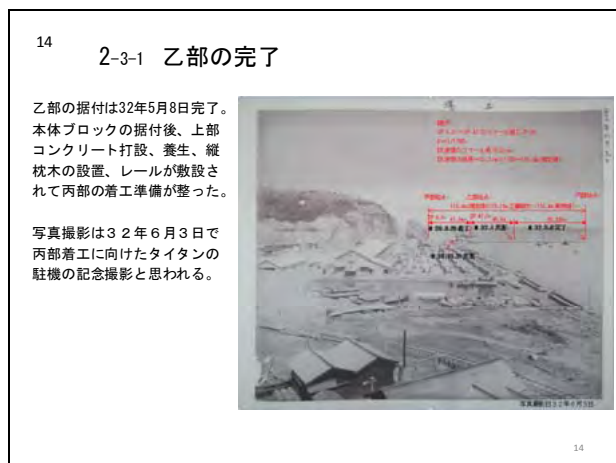


図-2.3.7.14

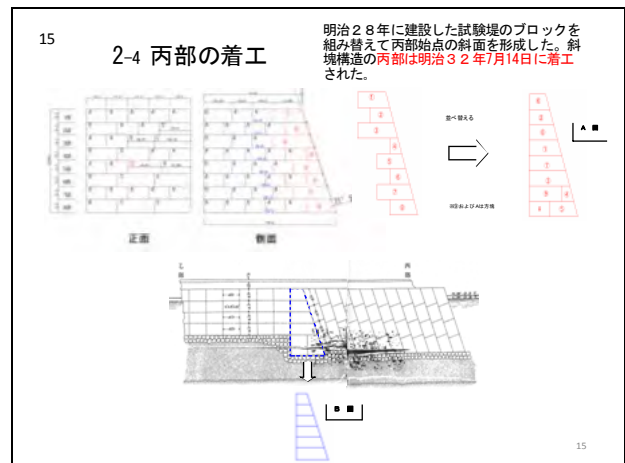


図-2.3.7.15

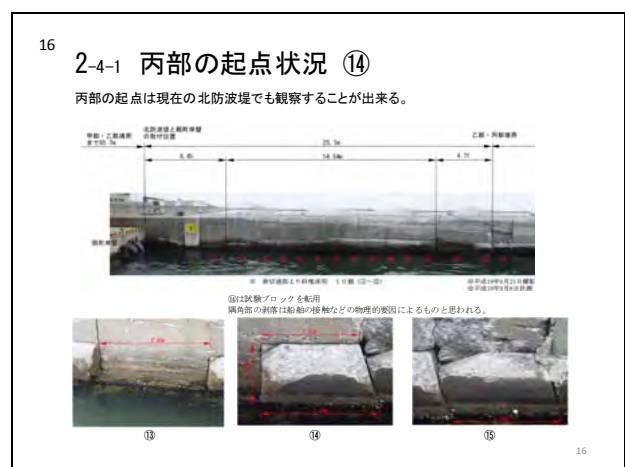


図-2.3.7.16



図-2.3.7.17

それで堤体の一体化に関わる技術でございますが、このように斜めになっている、3:1、71度34分の角度を持って隣同士がもたれ合うことによって、この防波堤の強さを発揮させる(図-2.3.7.17)。そして2つ目には表面の凹凸、この凹凸が接合して強化する。さらにブロックの隣同士をブロックの吊孔を利用した鯨(かすがい)で連結させる。

さらに極めつけは、4 段の据付に対しまして、上段の方にクサビが関わっていると。ブロックの前と後ろに 1 つの袋にして、その中にコンクリートを入れて突き棒で突いて硬くする。ここの濃淡の干潮面の別れ目が 40 cm, L.W.L. のところまで下がった時にこの今のコンクリートを打ちましょうと。これがクサビになるのだということで、この 4 つのやり方で今の丙部が合体して強さが出されていることです(図-2.3.7.18)。

最後でございますが、堤頭と本堤はどのような接続をされたのかと。これは明治 39 年、いよいよもって、1 年前にここまで進んできた時に、ここの本堤を一気に上げるのではなくて、廣井先生は「様子を見よう」と。1 つあったのでしょうか。圧密をさらに考えて、沈下した場合には多少の手直しがあるのだろうということで、39 年には 1 層だけを積み上げ、40 年の最終ラウンドにはこのように行くぞと。上が 3m, 下が 75cm, この中に水中コンクリートを入れましょうということで、箱を使って入れます。この箱は 70cm³, 約 0.35m³ 程度なのでしょうか、そういった意味で海面にコンクリートをつけては蓋を開いて徐々に上げましょうというのですが、多分 2 代目の伊藤長右衛門さんはかなり潜って確認して大変な工事だと思ったのでしょうか。それは聞いていないですけども、南防波堤の堤頭と本堤の処理に、私が確認しましたら、水中コンクリート台はなく、異形塊が実施されておりました。そういうことは非常に不安だったことが、この昭和 63 年に災害に遭っているのです。低気圧の時化がありまして、1m40cm 程度、内港側にここが入りまして、これを全部ブレイカー等で壊して災害復旧して、最新式のコンクリートポンプ車で水中コンクリートでやったということでございます(図-2.3.7.19)。

最後でございます。現地調査です。先程、乙部で圧気対策策はまだ陸上部の方は確認されておりませんが、多分、こ

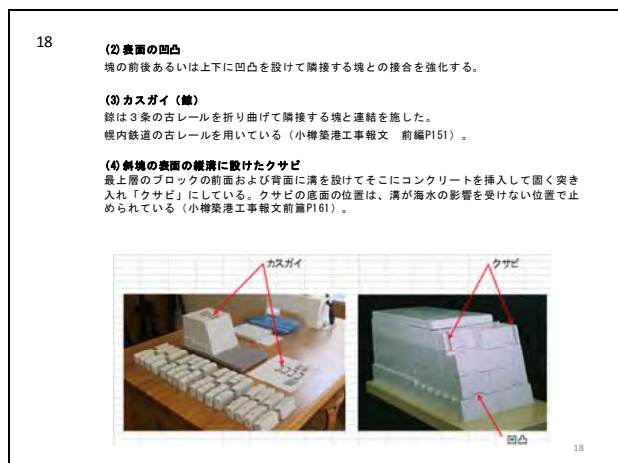


図-2.3.7.18

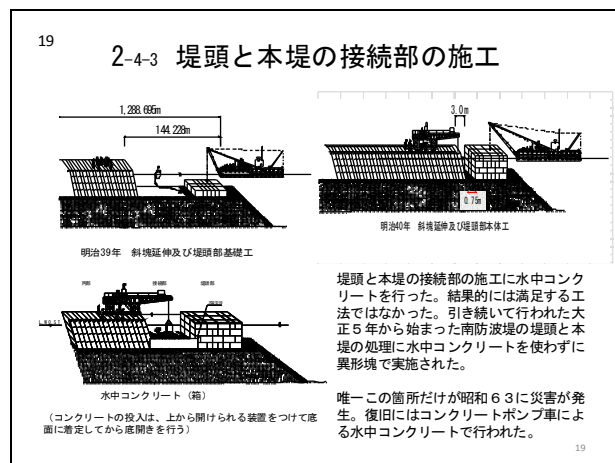


図-2.3.7.19

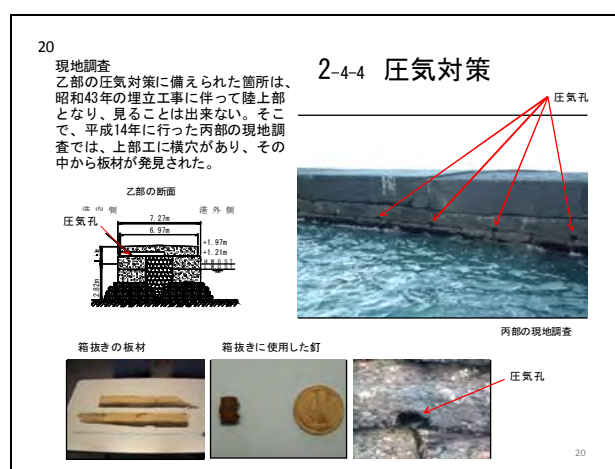


図-2.3.7.20



図-2.3.7.21

これは圧気対策でしょうということで、2 個ペースに 10cm 程度の孔が空いております。これが圧気。要するに中から板材が出てきておりまして、そういったことで確認致しました(図-2.3.7.20)。

現在の北防波堤です(図-2.3.7.21)。これは内港側、貝殻はついているのですけれども、貝殻を取ってみますと非

常にきれいでございます。こちらが外港側、これは波によって海藻類が一切ついていなく、非常にこれもビカビカでございます。あとどのぐらい保つのでしょうか。何百年保つかもかもしれません。

以上を持ちまして、報告を終わらせて頂きます。今回の報告に当たりまして、小樽港事務所から資料の提供がございました。また長きに渡って、評価・検証に関わってくれて、また査読して頂きました浅田先生がここに来ていていると思います。感謝申し上げます。そして日本データサービスの関口さんにも色々ご指導頂きまして、ありがとうございます。

以上を持ちまして、報告を終わらせて頂きます。ご清聴ありがとうございました。

第2回CPC講演会

入場無料

シビルエンジニア廣井勇の残したもの —廣井勇工学博士研究会成果を中心に—

I 講演

『シビルエンジニア廣井勇を育てた札幌農学校を受け継いで』

講演者：北海道大学名誉教授、前北海道大学総長 佐伯浩 氏

II 廣井勇工学博士研究会 成果報告

1「廣井勇の業績（研究会成果の総括）」

日本データーサービス(株)副社長 関口信一郎 氏

2「砂浜海岸の築港に及ぼす漂砂の特性について」

北日本港湾コンサルタント(株)代表取締役 上原泰正 氏

3「波動力の測定と其利用」

(一社)寒地港湾技術研究センター理事長 水野雄三 氏

4「将来の港湾（會長講演）」

九州大学大学院工学研究院教授 平澤充成 氏

5 論説報告「上海港」、雑録「上海港改良技術會議に就て」

(一財)港湾空港総合技術センター研究主幹 梅沢信敏 氏

6「小樽港コンクリート長期耐久性試験」

国土交通省北海道開発局港湾空港部長 川合紀章 氏

7「小樽北防波堤の建設とその後の経緯について」

(株)西村組執行役員常務、札幌支店長 中村弘之 氏

日時 平成26年9月29日(月) 14:30—17:20 (開場 13:30)

場所 北海道立道民活動センター（かでの2・7）

「かでのホール」（札幌市中央区北2西7）

主催：廣井勇工学博士研究会、(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、(独)寒地土木研究所

(申込先等は裏面)

第2回CPC講演会参加申込書（FAX、郵送用）

9月19日（金）までに下記HPまたはFAX、郵送にてお申し込みください。

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

※：本講演会は全国土木施工管理技士会連合会によるCPDS学習プログラムの認定を受けています。【1ユニット】

申込・お問合せ先

（一社）寒地港湾技術研究センター 時澤、小谷

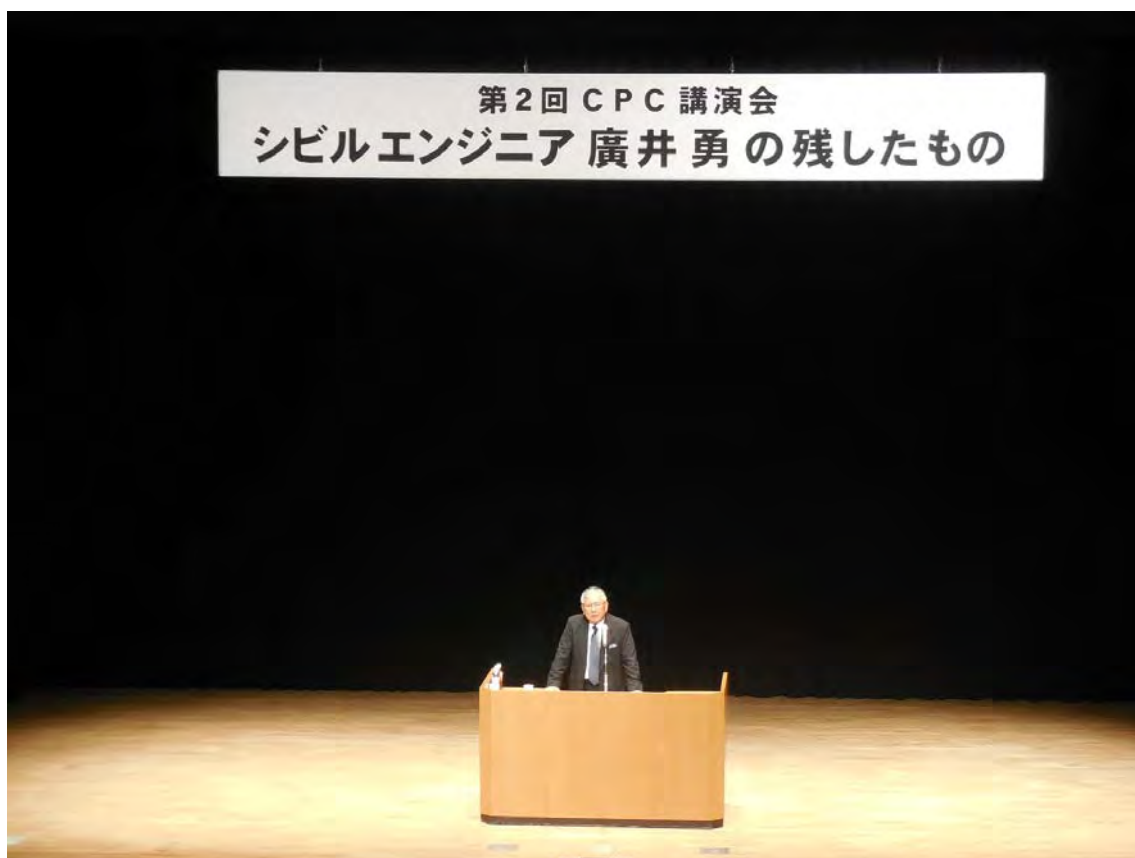
住所：〒001-0011 札幌市中央区北11条西2丁目2-17 セントラル札幌北ビル5階

Tel：011-747-1688

Fax：011-747-0146

HP-URL：<http://www.kanchi.or.jp/>

付録B 第2回 CPC 講演会 シビルエンジニア廣井勇の残したもの—廣井勇工学博士研究会成果を中心に— 写真





廣井勇工学博士研究会
前中国地方整備局長 栗田 悟



北海道大学名誉教授
前北海道大学総長 佐伯 浩 氏



日本データサービス(株)
副社長 関口 信一郎 氏



北日本港湾コンサルタント(株)
代表取締役 上原 泰正 氏



(一社)寒地港湾技術研究センター
理事長 水野 雄三 氏



九州大学大学院工学研究院
教授 平澤 充成 氏



(一財)港湾空港総合技術センター
研究主幹 梅沢 信敏 氏



国土交通省北海道開発局港湾空港部
部長 川合 紀章 氏



(株)西村組執行役員常務
札幌支店長 中村 弘之 氏

3. ザ・シンポジウムみなと in 札幌

3.1 主催者挨拶

水野雄三(ザ・シンポジウムみなと実行委員会実行委員長)

「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、さまざまな立場の方々のご意見を紹介し、道民に港湾の必要性、重要性を理解していただくことを目的に平成6年札幌市で第1回目のシンポジウムを開催し、今回で22回目を迎えます。この間、道内の主要な港湾都市で開催し、札幌では14年ぶりの開催になります。

今回は「クルーズ新時代を担う北海道のみなと」と題し、近年寄港隻数が伸びているクルーズ観光をテーマに北海道の港湾、地域の取り組み、戦略を考えるという趣旨で企画しました。

世界のクルーズ人口は急激に伸びています。2000年からの10年間で2倍増の2000万人を突破し、さらなる増加が見込まれています。アジアのクルーズ人口は北米やヨーロッパに遠く及びませんが、経済成長に伴い今後は急速な伸びが期待されています。

わが国でも大型クルーズ船の寄港は増えており、海外クルーズ船による日本発着クルーズが大変活発になってきています。こうした状況の中、国内各地でクルーズ寄港の経済波及効果を期待して、大型クルーズ船が発着可能なターミナルの整備や魅力にあふれたおもてなしなどを武器に、官民を挙げてさまざまな誘致活動が展開されています。

北海道においても大型クルーズ船の寄港回数は2013年で71回、2014年で152回と増えており、寄港を新たな地域活性化の起爆剤として期待する声が寄港地を中心に高まっています。一方で、ソフト、ハードの両面は先進地域に比べ見劣りするという指摘もあります。こうした状況を踏まえて本日のシンポジウムは、今後の北海道のクルーズ振興策を探ることを目的に国内外のクルーズに詳しい方々にお集りいただきました。

基調講演は、ダイヤモンド・プリンセス、サン・プリンセスによる道内主要クルーズをはじめ、各地のクルーズ企画運営に携わっておられる(株)カーニバル・ジャパン代表取締役の木島榮子様に「プリンセス・クルーズから見た今後のクルーズ振興」というテーマでお願いし、その後のパネルディスカッションは、室蘭工業大学准教授の古屋温美様をコーディネーターに、また、網走市長の水谷洋一様、釧路港おもてなしクラブ副実行委員長の金子ゆかり様、富山県土木部港湾課環日本海拠点港推進班長の太田浩男様、大阪大学大学院教授の赤井伸郎様、株式会社海事プレス社横浜支局長の斉藤正幸様にパネラーをお願いして、「北海道のみなと、地域のクルーズ振興戦略を考える」というテ

マで行っていただきます。

基調講演、パネルディスカッションを通じて、クルーズ振興に期待できること、あるいはどのように対応していくことが必要かというご示唆を得られるのではないかと期待しています。本日お集りいただきました皆さまにおかれましても、この講演会で何かを感じいただき、参考にしていただければ幸いです。

3.2 基調講演「プリンセス・クルーズから見た今後のクルーズ振興」

株式会社カーニバルジャパン代表取締役木島榮子氏

今日は、こうした大勢の方々の前でお話させていただけることを大変うれしく思っています。今回は、プリンセス・クルーズが企画した北海道クルーズを中心にお話させていただきます。

今年はサン・プリンセスによる小樽発着の北海道周遊とサハリンクルーズを12航海、並びにダイヤモンド・プリンセスの横浜発着の北海道周遊とサハリンクルーズを7航海実施しました。おかげさまで乗客の反応は良く、大きな事故や日程変更もなく無事に終了しました。これもひとえに道内の港湾関係者の方々、市長や国交省の観光関係の方々、そしてこの場にいらっしゃる皆さまのご協力のおかげと深く感謝しています。

プリンセス・クルーズが日本発着クルーズを始めたのは、2013年からです。その数年前から、どのようなクルーズが日本の市場に受け入れられるのかを検討し、2013年4月から7月の3カ月間、外国客船として初めて長期間、日本へ配船しました（図-3.2.1）。

配船を考えるきっかけは、クルーズのメッカである欧米で相次ぐ大型客船の新造が続き供給過多に陥ったことと、どの船会社も新しい市場を常に開拓したいという意欲があったからです。2013年度の世界のクルーズ人口は2100万人で、そのうち約1100万人を占めるアメリカ人は新しいデスティネーション（目的地）を求めています。ヨーロッパでも従来型の地中海・エーゲ海クルーズのほか、北欧・英国周遊など新しいクルーズが誕生していますが、もっと新しいデスティネーションとしてアジアが注目されています。自分たちの文化や歴史と全く異なるアジアは、欧米人にとってエキゾチックで魅力的なデスティネーション。こうした需要の広がりもアジアへ配船した理由の一つで

す。

クルーズの利用客は50～60代のシニア層が中心で、日本も平均年齢は65歳。飛鳥やにっぽん丸などの世界一周クルーズでは70～75歳といわれており、顧客層が欧米の顧客層とほとんど変わりません。また、日本は65歳以上が人口の23%を占める高齢社会。健康で経済的に安定しており、生活水準も欧米並みの日本のシニア層は、ソースマーケットとして十分なポテンシャルを秘めています。

クルーズ人口が多い欧米では、人口の約3%がクルーズの顧客層とされています。そう考えると、日本は約400万人の潜在的顧客層があり、それは大型船40隻を投入してもペイするマーケットで、集客の可能性は高い。さらに日本は寄港地として魅力的な観光地が多く、外国人向けのフライ&クルーズ（飛行機と客船を組み合わせた旅行）も提供できると判断しました。

最初のクルーズは、サン・プリンセスを投入した横浜発着のクルーズ（図-3.2.2）。テストケースとして4月27日から7月23日までの88日間で、10日間のクルーズを9回運航しました。確か北海道にも2回、北海道周遊クルーズとしてサン・プリンセスが寄港したと思います。残念ながら、1万8000人という集客目標は達成できませんでした。思わぬ収穫がありました。当初、乗客の100%は日本人だと考えていましたが、約30%が外国人でした。最も多かったのはアメリカ、ヨーロッパなどの欧米で、オーストラリア、ニュージーランド、シンガポール、香港や台湾などアジア圏も多く、日本がいかにインターナショナルマーケットの中で魅力的な国であることが分かりました。

外国人にとって日本を旅することは大変です。東京や京都など国際的な観光地は、外国語による各種インフォメーションが充実していますが、地方の観光地は言葉の問題が立ちはだかります。また、電車や飛行機の乗り換えはたとえ外国語の案内があっても、大きな支障になります。しか

プリンセス・クルーズ日本市場参入

- * 2013年 4月～7月 外国客船として初めて、長期間日本市場に配船。
- * 相次ぐ大型客船の新造により、ヨーロッパ、カリブ海等供給過多
新しい市場の開拓が必要
- * 消費者にとっても新しいデスティネーションが必要
- * 日本は高齢者社会、65歳以上の人口が23%
健康で、経済的に安定、個人の預貯金も高い、生活水準も欧米並み
ソースマーケットとしてのポテンシャルが高い
大型船40隻投入可能なマーケット
- * 日本の寄港地には観光地としての魅力がある
- * 外国人にとっても魅力あるフライ&クルーズ商品を提供可能

図-3.2.1

2013年サン・プリンセス 横浜発着クルーズ

- * 2013年 「サン・プリンセス」就航
総トン数: 77,000トン、
全長: 270メートル
乗客定員: 2020名
- * 横浜発着クルーズ:
期間: 4月27日～7月23日 88日間
10日間クルーズ 9出発
- * 参加者の30%は外国人



図-3.2.2

し、クルーズは一度乗船すれば、寝ている間に次々と新しい港に連れて行ってくれるので、外国人にとっては負担が少なく安心して旅行を楽しめます。

また、面積が広い北海道の場合、日本人でさえ周遊するのは難しく、時間の余裕がない外国人にとってはさらに負担が増します。こうした問題もクルーズは解決してくれます。

おかげさまで、乗客の評判は良く、船主側もこれならいけると自信を持ちました。そこで、2014年は2隻投入することになりました（図-3.2.3）。運航期間も4月から10月の6カ月間に伸ばし、横浜、神戸、小樽と3つの発着港を設けました。本社からは集客目標人数を前年の5倍、10万人と言われた時は、「そんなのできるわけないでしょう」と思いました。なぜならば、日本のクルーズ人口は2013年度で23万8000人。そのうち、私どもの顧客層と重なる3泊以上滞在する人は12万人程度。限られた顧客層の中、大変な冒険でしたが10万人を目標に据えました。

2014年はサン・プリンセスと、10年前に三菱重工長崎造船所で建造した大型客船ダイヤモンド・プリンセスを投入しました。2隻を日本へ投入した目的は、シニア層に加えて若年層など各年代層向けの商品を提供するためです。若年層向けの商品としては、プリンセス・クルーズの夏の定番クルーズ「アラスカクルーズ」を目標にしました。プリンセス・クルーズは来年50周年を迎えますが、今から45年前の1969年にフライ&クルーズのアラスカクルーズを始めました。毎週土曜日に出発し、1週間かけてバンクーバーからアンカレッジへ向かう旅を45年間続けています。夏休みを利用して若い人や家族連れなどさまざまな人が利用するこのクルーズは、プリンセス・クルーズのロングセラー商品。こうした若年層向けのクルーズを日本でも展開しようと考えて企画したのが、小樽発着で北海道を中心に1週間周遊するクルーズです。

2014年2隻投入 日本市場本格参入

- * 運航期間 4月～10月 6ヶ月間に延長
- * 発着港: 3港設定 横浜、神戸、小樽
- * 集客目標設定人数: 100,000人
- * 中型客船サン・プリンセスと日本生まれの大型客船
ダイヤモンド・プリンセスとの2隻体制
- * シニア層に加え若年層、現役世代向け商品提供
- * 夏の定番クルーズ アラスカ・クルーズを目標
- * 日本マーケット用に日本語サービスの充実、日本食、
すしレストラン、日本人従業員、展望風呂の新設

図-3.2.3

クルーズマーケットの拡大のために、若年層向けの商品開発と同時に取り組んだのが日本人向けのサービスの向上です。外国船なので、案内など日本語による情報提供の拡充を徹底的に行い、すしなど日本食レストランも設けました。また、日本人乗務員はダイヤモンド・プリンセスに約100人、サン・プリンセスには約50人乗せました。さらに、ダイヤモンド・プリンセスには風呂好きの日本人のために、30億円かけて展望風呂を新設するなど日本人向けのサービスを強化しました。このようにして、クルーズの楽しさを体感してもらえ環境を整えました。

ダイヤモンド・プリンセスは全長290メートル、総トン数11万6000トン、乗客定員2670人、乗務員1100人の大型客船（図-3.2.4）。2014年の4月から10月までの6カ月間の間に、横浜発着で21回運航しました。コースは世界遺産・濟州島と台湾周遊、北海道周遊とサハリン、日本の古都巡りと釜山、日本の温泉地めぐりと濟州島。コースが良かったのか、どのクルーズも外国人の利用客が多く見られました。特に日本の古都や温泉地を巡るクルーズは外国人にとって大変魅力があり、しかも個人旅行では行きにくいことから、外国人が半数近くを占めるケースもありました。

一方、サン・プリンセスは神戸と小樽の2カ所を発着地にしました。その理由は梅雨の季節を逃れるためです。梅雨が始まる前の4月から6月は神戸から沖縄を中心に石垣島、奄美、台湾、九州と韓国を巡るクルーズにしました（図-3.2.5）。利用客の約9割は日本人で満席の盛況でした。また、神戸発着にしたのは関西圏の市場開拓という側面もあります。

6月から9月までの3カ月間は、梅雨のない北海道へ配船しました（図-3.2.6）。梅雨がない夏の北海道は避暑に打ってつけです。このクルーズは小樽発着のフライ&クルーズで、ターゲットは関東を中心に関西、九州と全国各地にしました。この企画は商業的な目的のほかに、フライ&ク

ダイヤモンド・プリンセス 横浜発着

- * **ダイヤモンド・プリンセス:**
総トン数: 116,000トン、全長 290メートル、
乗客定員: 2670名、乗務員 1100人
- * **運航期間:** 2014年4月17日～10月15日 6か月間
- * **横浜発着:** 21出発
世界遺産後・濟州島と台湾周遊 10日間
北海道周遊とサハリン クルーズ 10日間
日本の古都めぐりと釜山クルーズ 10日間
日本の温泉地めぐりと濟州島 10日間
他



図-3.2.4

ルーズの定着化と道内の市場開拓という狙いもありました。残念ながら、市場調査が不十分だったこともあり、結果的に道内の市場開拓は、私たちの期待に届きませんでした。理由としては、道民は道内旅行を自分たちでできること、夏休みの期間が本州と違い冬の方が長いこと、さらに夏場は観光客が多く多忙になること、いずれも事前に把握していませんでした。道内の利用客は目標の半分以上にとどまりましたが、将来的には絶対よい方向に進むと考えています。

夏のアラスカクルーズを目標に企画した小樽発着便は、北海道周遊とサハリンを回るクルーズで12回運航しました。小樽から函館、室蘭、釧路、そして知床半島を回り、網走からコルサコフに寄り小樽へ戻るコースで、期間は土曜日出発の翌土曜日帰着の全8日間。このクルーズだと、働いている人でも月曜日から金曜日まで休暇を取れば、参加できます。しかし、この季節は道内へ向かう旅行者が多く、飛行機は満席でしかも料金も高いなど、本州からの参加者の希望にうまく応えることができませんでした。しかし、参加された方々は、大変満足されていました。

「どうして小樽を発着地にしたのか」という声を道内各港の関係者からよく耳にします。ここからは、小樽発着便の話を交えながら発着港の選定基準を中心に話を進めます。

プリンセス・クルーズが投入した2隻は7万7000トン、11万6000トンの大型客船。発着港としての第一条件は、やはり大型船が安全に接岸できる港があることです(図-3.2.7)。次は客船専用のバースの有無。しかし、日本の港は客船専用のバースがあるところが少ない。物流関係のバースでも構いませんが、ある程度きちんとしたバースがあることが重要です。その次は、スムーズなCIQ対応が可能なターミナルがあるかどうか。外国客船が発着する機会が少ない日本では、対応可能な港は限られています。

必ずしもターミナルである必要はありませんが、出入国管理官、検疫検査員やX線手荷物の検査機器など受け入れ体制が整っていないければなりません。また、サン・プリンセスの乗客定員は2020人、ダイヤモンド・プリンセスは2670人と多く、その荷物は2000～3000、多いときは4000近くになります。その荷物の出し入れがスムーズにできる場所や作業員の確保も重要な要素になります。

下船後の対応も大切です。港に着くと2000人以上の乗客が観光に出掛けますので、観光バスの駐車スペースが岸壁にあり、しかも徒歩で安全に乗り降りできる動線を十分確保していなくてはなりません。港へのアクセスも重要です。フライ&クルーズの場合は空港からになりますが、最寄りの駅から港までのアクセスが便利で、しかも短時間だと利用者の負担が軽減します。

それから、港の後背地に魅力的な観光地があるかどうか也很重要です。北海道は多くの温泉があり自然も豊かで、しかも食べ物おいしい。船を降りれば、どこにでも新鮮でおいしい料理を味わえます。また、そうした食材を港で仕入れることができるので、船内でもリーズナブルな価格

サン・プリンセス 小樽発着

- 小樽発着:** 2014年 6月28日～9月24日 3ヶ月間
 関東中心に、関西、九州等全国からのフライ&クルーズ市場開拓
 北海道地場の市場も期待
- クルーズコース**
 北海道周遊とサハリン クルーズ 8日間 12出発
 (小樽、函館、室蘭、釧路、知床半島クルーズ、網走、コルサコフ、小樽)
- 土曜日出発・土曜日帰着 の8日間**
 若年層、夏休み家族旅行、現役世代
 夏のアラスカ・クルーズを目標

図-3.2.6

サン・プリンセス 神戸発着

- 神戸発着:** 2014年 4月29日～6月24日 2ヶ月間
 関西圏の市場開拓目標
 日本人参加者 85%～90%
- クルーズコース:**
 美ら海の沖縄、石垣島、奄美 台湾クルーズ 9日間 6出発
 九州周遊と韓国・世界遺産の地クルーズ 9日間 1出発

図-3.2.5

発着港としての条件の課題

- 大型客船接岸可能かどうか
- 客船専用バースの有無
- スムーズなCIQ対応可能なターミナルの有無
 入国管理官の人数、X線手荷物検査装置、
- 大型客船客の荷物の出し入れスペースの有無
- 寄港地観光用のバスの駐車スペースの有無
- 空港、最寄駅、市内へのアクセス
- 観光地としての魅力
- WIFI環境等

図-3.2.7

で提供できます。最後は公衆無線LANサービスWiFi（ワイファイ）。WiFi環境を求める従業員の声は強く、それは乗客も同じです。今や通信環境は大切な判断基準の一つといえます。

今回、小樽港を選択したのはダイヤモンド・プリンセス、サン・プリンセスの両船が入ることが決まってからです（図-3.2.8）。確かにターミナルはない。これは大きな問題でしたが、必ずしもターミナルがなくても機能します。今回は大型仮設テントを設けていただき、それがターミナルとしての役割を果たしました。出入国管理官の協力もあり、乗下船の検査はスムーズに進み、当初懸念したことは杞憂に終わりました。観光バスの駐車場は広く、乗客の動線も安全に確保されていました。市内中心街からのアクセスも良く、シャトルバスを出すまでもなく、歩いて散策する人もいました。

それから、港湾関係者の方々や市長、そして市民の方々からすばらしい歓迎を受けました。これは必ずしも小樽だけではなく、今回寄港したすべての港に共通しています。こうした官民一体となったおもてなしは、乗客はもちろん乗務員にとっても心温まるものでした。

クルーズ船の寄港による経済効果は大きく、その面でも北海道に貢献できたと思います（図-3.2.9）。単に食材や燃油の購入だけではなく、観光地の収入アップにもつながります。プリンセス・クルーズの試算では、3カ月でおよそ7億2500万円に達します。また、乗客や乗務員が寄港地1カ所で使う消費額は、1～2万円に上ります（2013年度の統計）。

クルーズの寄港は地域活性化に役立ちます。大型客船が来ることで、乗客をもてなそうとする地元住民のボランティア活動が活発になり、それを通じて住民同士の交流が深まります。乗客にとっても地元の方々との交流は、旅の楽しみの一つになっています。



図-3.2.8

北海道では各港で特徴のあるお出迎えとお見送りをしてもらい、乗客は大変満足していました。昔は欧米でも地元住民によるこうした習慣がありましたが、今は日本だけです。ですから、道民のおもてなしは、船会社にとっても「北海道にまた来てみたい」と思わせてくれたほど素晴らしいものでした。

一方、運航を続ける中で北海道クルーズの課題も分かりました（図-3.2.10）。大型客船の受け入れ可能な港は貨物船と共用するケースが多く、バースを確保できないことがあります。市街から離れた物流港だと、中心市街地へ乗客を運ぶバスの確保が難しい。この時期は北海道の観光シーズンと重なるので、バスの需要は常に高く、特に小さい町だと用意するのが至難の業です。

また、英語を話せるガイドを地元で採用することは難しく、費用がかさむものの札幌から派遣させざるを得ませんでした。プリンセス・クルーズのアラスカクルーズは、地元の大学と提携して学生ボランティアを積極的に活用しています。ですから、北海道でも英会話が得意な学生を期間限定で確保してもらえないかと思います。

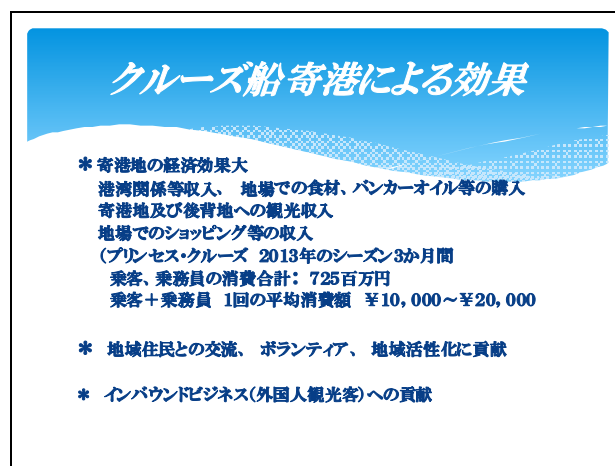


図-3.2.9

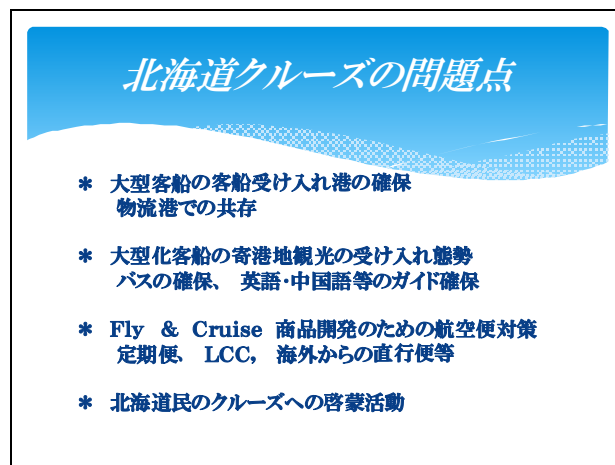


図-3.2.10

本州の利用客を増やすために、フライ&クルーズを普及させたいと考えています。そのためには格安航空会社（LCC）を使った商品開発を考えなくてはなりません。期間中は海外からの直行便をどんどん受け入れてほしい。そうすれば、クルーズ客船による道内観光の国際化がもっと進むと思います。

道民に対するクルーズの啓蒙活動は、欠かせない取り組みです。今後はクルーズの楽しさを知ってもらうセミナーを道内各地で開いたり、実際に乗船してもらう機会を増やすなどの対策が必要だと考えています。

今年は市民見学会を小樽で3回、函館で3回、釧路で2回、室蘭と網走で各1回開催し、多くの市民に乗船してもらいました（図-3.2.11）。一度でも船の中を見れば、クルーズを身近に感じてもらえます。来年はサン・プリンセスは道内に来ませんが、ダイヤモンド・プリンセスは来ます。この機会を十分に利用してアピールしたいと考えています。

プリンセス・クルーズの効果として、クルーズ自体の認知度アップが指摘できます（図-3.2.12）。これまでにテレビや新聞など各種メディアで広告宣伝を展開し、「クルーズは高い、日数が長い、退屈、日本語が通じない」というマイナスのイメージを払しょくしてきました。同時に「価格帯は豊富で、料金には交通費や宿泊費、食費が含まれており、エンターテインメントも楽しめる。そして荷物の持ち運びの不安がなく、船内はバリアフリーなので車椅子でも安心」というプラスイメージを広めてきました。実際、クルーズは顧客満足度が高い商品です。「また乗りたい」と回答した乗客は14年調査で64%、「本当に満足」は80%近くをマークしています。また、初参加は54%とマーケットの広がりを感じます。

今後、日本のクルーズ市場はアジアの市場の影響を大きく受けるでしょう（図-3.2.13）。とりわけ、クルーズ人

口が2020年には400万人を突破されると言われる中国の存在は無視できません。日本も2020年にはクルーズ人口が今の10倍、100万人になると言われていますが、その半数以上は海外からの乗客と考えられています。

アジアは、日本と同じく長期間休みが取れないので3～5泊のショートクルーズが中心。今は中国発着だと地の利から沖縄や九州までしか来ていませんが、クルーズ人口の増加で2、3年後には今以上のクルーズ客船が訪れるとみえます。それまでにはぜひ、政府と各地方自治体が一体となって誘致活動を展開し、道内各地で港湾設備を充実して多くの大型客船が安心して寄港できる体制を築いてほしいと思います。

私たちに課せられているのは、新しいソースマーケットをつくることです。北海道には魅力的な離島があります。大型客船だけではなく、道内の離島を小型、中型船で周遊するツアーを検討しています。そのためには小型船、中型船が寄港できる港湾整備が欠かせません。北海道の魅力を日本人だけでなく外国人にも知ってもらうよう、私たちも努力します。来年は残念ながらダイヤモンド・プリンセス

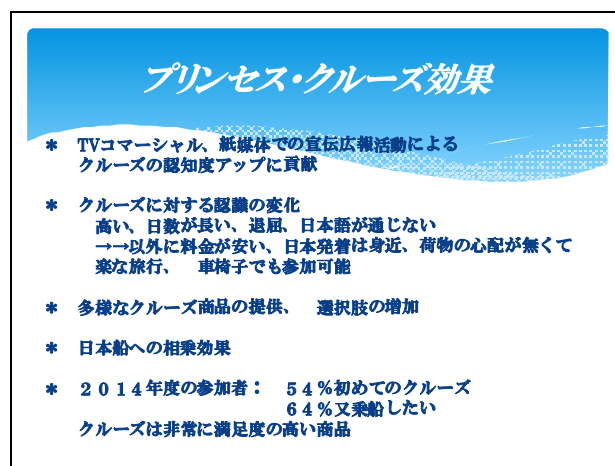


図-3.2.12

港	回数	総参加者数	サン・プリンセス	ダイヤモンド・プリンセス
小樽	3回	200人	50人x2回	100人x1回
函館	3回	300人	100人x1回	200人x2回
室蘭	1回	100人	100人x1回	0
釧路	2回	200人	100人x1回	100人x1回
網走	1回	100人	50人x2回	

図-3.2.11

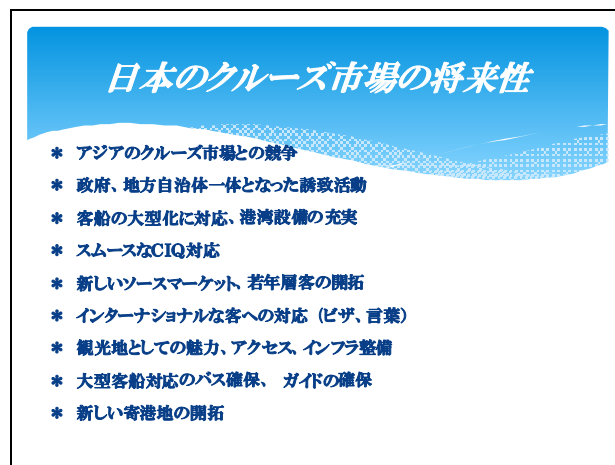


図-3.2.13

の1隻体制に戻りますが，2017年以降に期待してください．

これで，今日のお話は終了とさせていただきます．ご清聴，ありがとうございました．

3.3 パネルディスカッション「北海道のみなと・地域のクルーズ振興戦略を考える」

○古屋 世界のクルーズ人口は、この10年間で1000万人から2100万人へ倍増し、そのうちアジアは4%の80万人というのが現状です。しかし、2020年には380万人と今の5倍になるという推計もあります。一方、日本は観光立国の実現に向けた取り組みを2003年から始め、訪日外国人旅行客数は2013年に1000万人を突破。2020年までに2000万人を目標にしています。クルーズに関しては、100万人を目指し観光整備を加速させています。



道内のクルーズ客船の寄港回数は昨年まで年間70回程度でしたが、今年は約150回と倍増しています。先ほど木島社長から発着港としての北海道の魅力を指摘していただきましたが、一方でソフト面、ハード面での課題が浮き彫りになりました。「クルーズ100万人時代」を目指す中、北海道の港が観光・地域発展への効果が期待できるクルーズ振興に対して、どのような戦略を持つべきかを考えるのが、このパネルディスカッションの目的です。

最初はパネラーの方々にクルーズ客船の受け入れへの取り組みや、クルーズの市場動向についてお話していただきます。まずは網走市の水谷市長からお願いします。

○水谷 今年、網走港にはサン・プリンセスが12回寄港し、そのうち11回は1泊2日の日程でした。入港時には、アスファルトに「WELCOME TO ABASHIRI」と描いて出迎えました



図-3.3.1

(図-3.3.1)。

港にはプレハブ建ての総合案内所を設けて、英語が話せる通訳ボランティアを用意し、日本語、中国語、英語の3種類のガイドマップを置きました。案内所の開設時間は入港した17時から20時、翌日は8時から出航までの間で、主に買い物や観光などの案内をしました。「温泉はないのか」という質問が多く、近くの温泉旅館で、送迎するところもありました。

市街地までのアクセスの拠点として道の駅を活用しました(図-3.3.2)。港から道の駅までをシャトルバスで結び、そこから市内観光施設を巡るバスが運行されました。また、商店街では買い物客に対し記念品として「開運御縁玉」をプレゼントするキャンペーンを展開しました。

乗務員の方々から質問が多かったのは、公衆無線LANサービスWiFi(ワイファイ)のスポット。また、コンビニエンスストアやリサイクルショップの場所也多かったと聞いています。道の駅にはWiFiスポットがあり、乗務員をはじめ多くの乗客が利用しました。しかし、10人くらいが一斉に使うと切れてしまうという問題もあり、今後は、市内にスポットを複数設けるなどの整備を進める必要があります。

出航時は、ヒップホップダンスやバトントワリングなど子供たちによる元気なパフォーマンスで見送りました。

埠頭から徒歩7分のところにある網走感動朝市には、多くの乗客に利用してもらいました。市内のすし屋は満席で、ほかの飲食店にも多くの人が訪れました。また、タクシー会社では台数をそろえるために、非番の運転手に出てもらったところもありました。経済的にはありがたいことでした。

受け入れる側も初めは戸惑うことがありましたが、回を重ねるにつれて、乗客や乗務員の方々にどのように対応すれば満足してもらえるかが分かるようになりました。次回

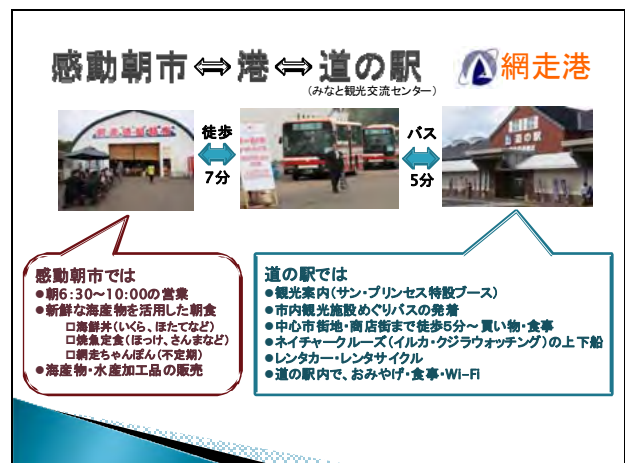


図-3.3.2

は今年の経験を生かし、もっと喜んでもらえるような受け入れ体制を築きたいと思います。

○古屋 ありがとうございます。それでは次に釧路港おもてなし倶楽部副実行委員長として活躍されています金子さんに、クルーズ船寄港時のおもてなしについてご紹介いただきます。

○金子 まずは、釧路港おもてなし倶楽部について説明させていただきます。釧路には長年、旅客船専用ターミナルがありませんでしたが、防災施設として建設するという話が持ち上がりました。その際、釧路開発建設部の主導で新ターミナルの活用法について、広く市民の意見を聞く会を設けることになり、その会が基となって市民と行政が一体となって港を盛り上げて釧路市全体の活性化を促す、釧路港おもてなし倶楽部が誕生し、完成前の2009年から活動を始めました（図-3.3.3）。



旧ターミナルは古い倉庫が立ち並びさびれた感が満載でした。2011年に完成した新ターミナルは中心市街地に隣接しており、素晴らしいロケーションだと乗客には好評です。クルーズ船入港時には、さまざまな歓迎イベントを実施しています。サン・プリンセスが初入港した時には、お祭り広場を設け記念ライブを開きました。また、国際交流ブースでは、外国人向けの折り鶴の作り方を教えるコーナーを設置し交流を図りました。

今年は25隻の客船が入港しましたが、課題に直面することになりました。その一つは釧路名物の霧です。霧が発生すると、新ターミナルの構造上、接岸できない場合があり、市街地から離れた西港へ向かうことになります。

釧路港おもてなし倶楽部とは

釧路港おもてなし倶楽部は、釧路開発建設部主催の「耐震旅客船ターミナルの利用を考える会」のメンバーからの発案で生まれました。

新ターミナルは防災施設であると同時に、平常時には、市民にひらかれた港として、また、釧路を訪れる乗船客の皆さんと釧路市民との交流ができる場所として利用できる施設になるように会議の中で検討を重ねてきました。

会議の最終回での委員の発案から、官民一体となり、市をあげて心を込めた「おもてなし」を行う「釧路港おもてなし倶楽部」を立ち上げたのです。



図-3.3.3

西港は貨物船が利用する商業港です。急な計画変更に対応できず、時間通りに入港できないことがどうしても起こります。無事に入港できても、西港は多くのトラックが行き交う物流の港。乗客用のバスや市民の車で渋滞するなどの問題が起こりました。

新ターミナルは水深9メートル。霧だけではなく天候の悪化や喫水調整の具合などでも入港できなくなります。場合によっては抜港したり、急で調整がつかず西港にも入港できない場合は、テンダーボートでターミナルへ上陸してもらったりと客船側の負担も増します。

私たちの活動についてですが、拠点は新ターミナルですが、釧路の端にある西港でも横断幕を掲げたり、インフォメーションのブースを設けるなど出迎えの体制を整えます。しかし、公共交通機関で行くことができない西港の場合、人手不足に陥り、満足のいくおもてなしができず苦勞しているのが現状です。

今年は25回と入港回数が多いことから、市民へ周知するために、入港日がひと目で分かるカレンダーを作成し市民参加を促しました。また、各団体と連携した事業も展開しました。外国人向けの和装・アイヌ文様切り絵体験・お茶会を国際交流ボランティアの会と協催したほか、ホクレンの乳製品拡大助成金を活用し、乗客にソフトクリームを配布し大好評でした（図-3.3.4）。出港時には毎回、サクソ奏者が演奏する中、みんなで見送るのが釧路の定番となりました。

こうして戸惑いながらも今年の歓迎事業を終わりましたが、さまざまな課題を来年の活動に生かしたいと思っています。

○古屋 ありがとうございます。釧路は霧が魅力の一つですが、それがさまざまな問題を引き起こしています。続きまして、太田さんに環日本海クルーズの推進と伏木富山

今年は耐震旅客船ターミナルに入港された旅客船を中心に歓迎事業を行いました

釧路名物の出店、ホクレン乳製品拡大助成金によるソフトクリームの配布、アムステルダム初入港記念事業とクルーズ茶会の実施など。



初入港の旅客船には、道立釧路芸術館や釧路国際交流ボランティアの会とタイアップしておもてなし事業を行いました

図-3.3.4

港での取り組みについてご紹介をお願いいたします。

○太田 富山県の場合、大型客船は伏木富山港へ入港します。富山県では国土地理院の許可を得て、「逆さ地図」を作っています。これで見ると、日本海は日本と大陸の間の内海で、その中心に伏木富山港が位置していることが分かります。そういう意味で富山県は環日本海諸国、アジア、北東アジアの地域と物流やクルーズ船を通じて交流を深めていくことが今後の課題といえます。



富山県の代表的な背後観光地として、国際的な山岳ルートである立山黒部アルペンルートがあります。アルペンルートは毎年除雪して4月からの2カ月間、高さ約20メートルの雪の壁に挟まれた「雪の大谷」をつくり、人気スポットになっています。北海道もそうですが、近年台湾や香港、タイ、マレーシアなどアジアからの観光客が増えている背景には、雪の珍しさがあります。その他にも黒部ダムやロープウェイで見下ろせる紅葉にも人気があります。

次は黒部峡谷鉄道。日本一深いV字峡谷をトロッキ電車走ります。こちらも春の新緑から秋の紅葉シーズンまで四季折々の風景を見たさにたくさんの観光客が訪れます。

それから世界遺産の指定を受けた五箇山合掌造り集落もあります。ここは世界遺産でありながら、宿泊ができるので日本の文化を体験できる施設として外国人観光客に好評です。

伏木富山港にクルーズ船が寄港した時は、外国語対応の案内所を設置し、港と市街の間に無料シャトルバスを運行しました。また、埠頭には200人くらいが同時に接続可能な無料のWiFiスポットを設けています。入港時は歓迎式典を行い、出航時には地元高校生のマーチングバンドによる演奏や花火の打ち上げで見送ります（図-3.3.5）。



図-3.3.5

伏木富山港は、2012年に国土交通省から日本海側の総合的拠点港に選定され、同時に国際海上コンテナ、国際フェリー・国際RORO船、外航クルーズの機能別拠点港にも選ばれました（図-3.3.6）。外国のクルーズ客船の寄港は2012年から始まり、2013年9月にはアジア最大級のクルーズ客船、ボイジャー・オブ・ザ・シーズを受け入れ、その翌年にはダイヤモンド・プリンセスが初寄港しました。現在は来年6月にアジアに配船される16万トン級のカンタム・オブ・ザ・シーズの寄港誘致を最優先に取り組んでいます。

外航クルーズ客船の寄港誘致は、知事が先頭になって展開しています。マイアミで開催される世界最大級のクルーズ商談会には知事自ら参加し、クルーズ会社を訪ねし富山県を売り込んでいます。また、政府への要望は小樽市など各自治体と連携して進めています。

○古屋 ありがとうございます。それでは続きまして赤井先生からクルーズ振興による経済効果の測定とその意義についてお話いただきます。

○赤井 ここでは、クルーズ客船の地域活性化効果とその捉え方を中心に話を進めていきます。港湾振興には税金が投入されています。港を整備するハード面、クルーズ客船の誘致活動などのソフト面、いずれも税金で賄われおり、その費用対効果をきちんと説明する責任が問われます。



貨物船は物流という側面で地域経済に役立っていますが、入港先の住民と触れ合う機会がなく、なかなか住民に効果が伝わりにくい。しかし、クルーズ客船の場合、今まで紹介された通り、下船後、多くの乗客が寄港地で消費します。また、地元住民との交流も生まれ、さまざまなおもてなし活動が地域の盛り上がりにつながります。住民は港



図-3.3.6

の有効活用が地域に役立っていることを実感し、港の価値が高まります。そうなれば、港湾振興に対する税金投入への市民の理解が得やすくなります。

クルーズ船は地域に経済的効果をもたらす一方で、お金では測れない効果があります。それは住民の意識改革（図-3.3.7）。その効果は、都市規模が小さくなるほど大きくなります。大型船が寄港すると、横浜や神戸など大都市では分かりませんが、小さい町だと町全体が変わっていくのが読み取れます。先ほどお話がありました釧路のおもてなし倶楽部など市民ボランティアが行う各種活動は、地域住民の団結を促します。また、商店街などでは乗客の消費を期待し、売れる商品をつくるなど創意工夫して前向きに受け入れ体制を整えようとします。

クルーズ客船の経済効果の計測には、情報・分析・事例の積み重ねが大切です。住民の意識変化をデータ化し、それを経済効果として示すことが重要になります。そのためには同一人物を対象にした調査を時系列で実施し、その分析結果を積み上げていく必要があると考えています。

将来予測も重要で、ハード、ソフトの両面で必要になり

お金で測れない効果（住民意識の改革）

- ・ 中小都市であるほど効果あり。
- ・ 受入地域全体でのイベントによる住民の一致団結
- ・ 客が押し寄せることによる元気効果



図-3.3.7

クルーズ振興としての地域活性化効果②

- ・ 地域においても、クルーズ客船寄港の動きは、**地域の意欲に変化を生み出す。**
- ・ 日ごろ、観光客が来ない地域では、街に観光客があふれることによって、その地域住民が、**「わが地域にも未来があるのではないか」という希望を持つであろう。前向きな気持ちは、地域再生には最も重要である。**

13

図-3.3.8

ます。しかし、的確に予測することは難しい。国は港湾や空港の将来予測をしますが、なかなか当たりません。そうは言っても、予測の精度を高めるには結果を蓄積する以外、方法はないと思います。

クルーズ船の効果を得るためには、まずは船に来てもらわなければなりません。過去の寄港実績は相手に説明しやすく、一番の説得材料になります。また、乗客が満足できるかも大切なポイントです。

クルーズ船が寄港すれば、地域の魅力を全世界へ発信することになります。船社や乗客は常に新しい地域を探しています。一度でも寄港したら、そこには何らかの魅力があるというメッセージになり、注目されるようになります。そこから新たな需要へ発展する可能性が生まれます。また、クルーズ船の寄港は、「わが町にはまだまだ未来がある」という希望を抱かせてくれます（図-3.3.8）。そうすれば住民の気持ちは前向きになり、それが地域再生の原動力になります。行政は、そうした住民の意識変化を資金面で後押しする必要があります。

○古屋 ありがとうございます。続きまして斉藤さんからは、最近の国内外のクルーズ動向についてご紹介いただきます。

○斉藤 現在、アジアに配船しているのはロイヤル・カリビアン社、コスタ・クルーズ社、スター・クルーズ社、プリンセス・クルーズ社の4社です（図-3.3.9）。

ロイヤル・カリビアン社は、14万トンのボイジャー・オブ・ザ・シーズを来年の4月から5月にかけて日本を含むアジアへ配船します。寄港地は横浜、室蘭、富山、境港。さらに来年



「北海道のみならず地域のクルーズ振興戦略を考える」 アジア市場および日本のクルーズ動向

- ① ロイヤルカリビアン（米国）
「ボイジャー・オブ・ザ・シーズ」（14万トン）2015年4月～5月 日本を含むアジアへ配船予定
「カンタム・オブ・ザ・シーズ」（16万トン）2015年6月 日本を含むアジアへ配船予定
- ② コスタ・クルーズ（イタリア）
コスタ・セレーナ（11万トン）2015年4月から中国に運年配船予定
- ③ スタークルーズ（香港）
2017年秋ごろ、15万トン級をアジアへ配船予定
- ④ MSCクルーズ（イタリア）
2017年以降、計7隻が就航予定、日本を含む東アジアへの配船検討
- ⑤ ボナン・ノーブル・カレドニア・シルバークー等の小型高級船が来年度以降も継続して日本寄港予定
- ⑥ 2015年は日本の旅行会社による、外国客船の全船チャーターの増加

図-3.3.9

は、それを上回る16万トンのカンタム・オブ・ザ・シーズがいよいよ中国・上海を起点に、日本を含むアジアへ配船されます。この巨大船の寄港地は博多、境港、長崎、那覇、広島、横浜、神戸です。

同社の担当者は、日本での受け入れ先を探していますが、残念ながら北海道で巨大船の受け入れが可能なのは室蘭港だけです。

コスタ・クルーズ社は、中国を起点にコスタ・ビクトリア、コスタアトランティカの2隻を日本に配船しています。来年4月からは同社で一番大きい船、コスタ・セレーナが通年、中国に配船される予定です。

香港の雄、スター・クルーズ社は、那覇と石垣にスーパースター・ジェミニという小さい船を100回以上を運航しています。同社は2年後の2017年に15万トン級の船を配船する予定で、日本にも寄港する可能性があります。

MSCクルーズ社は主に地中海などヨーロッパ方面で運航しています。2017年以降、7隻が就航する予定で供給過多を避けるため、新しい市場へ配船する可能性があります。実際、同社の東京事務所長は、「できれば7万トン級の船を4年以内に日本に配船したい」と言っています。

それから、フランスのポナン社、イギリスのノーブル・カレドニア社、アメリカのシルバーシー・クルーズ社が今年、来年、再来年と連続して日本に寄港する予定です。各社の船はおよそ1万トン級で、ラグジュアリータイプになります。その他に来年は、イギリスのスワンヘレニック社が日本に初めて配船します。

このように世界の船会社は、日本の市場に非常に興味を持っています。特に欧米人にとっては日本の文化は全く異質で興味深く、小型船を中心に寄港回数が増えると思います。一方でロイヤルカリビアンなどの大型船の寄港も増えています。今後は、小型ラグジュアリー船と大型船の二極化へ進むと見ています。大型船は中国発着なので、寄港は

近場の九州が中心です。しかし、中国人のライフスタイルが変わり、旅行日数が増えれば関西、関東、東北、北海道へと足を伸ばすと思います。

一方、国内船の動向で最近、顕著に見られるのは、旅行代理店が観光客船を全船チャーターすることです（図-3.3.10）。2015年はクルーズプラネット、JTB、阪急交通社、広島電鉄によるチャーターが目白押しです。

今年は外国客船の道内への寄港は計104回でしたが、このうち84回がプリンセス・クルーズ社の2隻です。それ以外の客船は20隻と少ない。これが北海道の実力でまだまだ課題が残されています。

○古屋 ありがとうございます。今、斉藤さんのお話を補足しますと、クルーズ船にはクラスがあり、最上級のラグジュアリーは1泊6万円以上、次のプレミアムは1泊3万円以上、その次はカジュアルとなります。

それでは、2巡目は北海道の港やクルーズの振興政策への助言について話を進めたいと思います。最初は水谷市長をお願いします。

○水谷 12回の寄港で課題は把握できたと思っています。今後はその一つひとつを解決することが次につながると考えています。

まずは、WiFiの問題に対応しなければなりません。利用者が多くても接続可能な環境整備が求められます（図-3.3.11）。

当初、私どもは外国客船の乗客は特別な方々で行動や意識が違う、というイメージを抱いていました。しかし、「地元の人たちがよく行く店はどこですか」という質問にあるように、乗客のニーズは決して特別なものではありません。こうした地元密着の情報を事前にしっかり伝えることの大切さが分かりました。

「北海道のみならず地域のクルーズ振興戦略を考える」 アジア市場および日本のクルーズ動向			
・ クルーズプラネット	5月	コスタ・ビクトリア（HISと共同）	
	8月	ダイヤモンド・プリンセス	
・ JTB	5月	ボイジャー・オブ・ザ・シーズ	
・ 阪急交通社	5月	ポナン・ロストラル	
	10月	セレブリティ・ミレニアム	
・ 広島電鉄	10月	セレブリティ・ミレニアム	
① ダイヤモンド・プリンセスによる日本発着クルーズ予定			

図-3.3.10



図-3.3.11

今回、船は網走からコルサコフに向かいましたが、乗客の中には「ループルの両替はどこでできるのか」という質問が寄せられました。現在、網走にはロシアから木材やカニを輸入していませんので、ループルに対応した両替所がありません。今後はこうした基本サービスを実現しなければなりません。

今年、サン・プリンセスは国後島と択捉島の間にある国後水道を通過し、知床半島をクルージング後、網走へ入港しました（図-3.3.12）。来年は、ダイヤモンド・プリンセスが択捉島とウルップ島の間にあるウルップ海峡を通過する予定です。実はオホーツク海側から国後島へ、または択捉島方面からオホーツク海側へ向かう場合、最短に位置するのは網走港なのです。しかし、両海峡を通過するには、外交上の制約で自由に通過できません。網走の地の利を生かしてオホーツク海側の地域全体の観光振興を考えた場合、これは国や道レベルで解決してほしい課題といえます。

2018年、2019年、2020年には国際的なスポーツイベントが続きます。2018年は平昌で冬季オリンピックが開かれ、2019年と2020年は日本でラグビーのワールドカップ、東京オリンピックが開催されます。北海道はスポーツ合宿のメッカで、網走はラグビータウンです。平昌は韓国ですが、事前合宿を競技施設が整った道内で行う可能性があります。また、ラグビーのワールドカップは全国各地で試合を行い、札幌ドームでも実施される予定です。また、東京オリンピックでも道内での事前合宿が期待できます。スポーツのビッグイベントには選手やその関係者、ファンなど多くの外国人が訪れます。その際に、クルーズ客船で道内をはじめ全国各地を巡るスポーツツーリズムが実現できないか考えています。

○古屋 ありがとうございます。地域だけでは対応でき



図-3.3.12

ない課題があり、またクルーズとスポーツ振興の関係についてお話いただきました。続きまして金子さん、釧路のおもてなし倶楽部の今後の戦略についてお願いします。

○金子 今までの活動や今年、25隻の旅客船を受け入れたことから、さまざまな課題が浮き彫りになりました（図-3.3.13）。新ターミナルは構造上、解決できる問題とできない問題があります。今後はまず、解決可能な問題から着手したいと考えています。

霧や悪天候で新ターミナルを利用できない場合や大型客船は、西港へ入港することになりますが、商業港という性質によるさまざまな問題のほかに、トイレの問題があります。インフォメーションブースは釧路市が市民団体に委託しましたが、トイレがないため長時間の滞在が難しく、しかもレンタルする予算はありません。

また、市街地から離れた西港は、公共交通機関によるアクセスがありません。参加希望者がいても、自家用車に乗り合いで行くしか手立てがないため、交代したくともできない状態が生まれ、スタッフの疲弊を招きます。

アクセスの悪さに加えて課題なのは、市民の「慣れ」です。最初のうちは珍しさも手伝い、歓迎イベントへの参加者は多かったのですが、回数を重ねるたびに減りました。そうすると、賑やかしの屋台などもトイレがなく、しかも見物人が少ない西港への出店は減少し、悪循環に陥りました。

今後は近隣企業の協力を得て問題解決を図り、乗客や市民に逆に物流現場の魅力を発信するイベントなどを前向きに検討しなければなりません（図-3.3.14）。入港直前のスケジュール変更に対応するためには、ソーシャル・ネットワークキング・サービス（SNS）を活用して、市民に対する情報提供の迅速化も必要です。さらに教育機関と連携し、子供たちにクルーズ客船の魅力を知ってもらおうと検

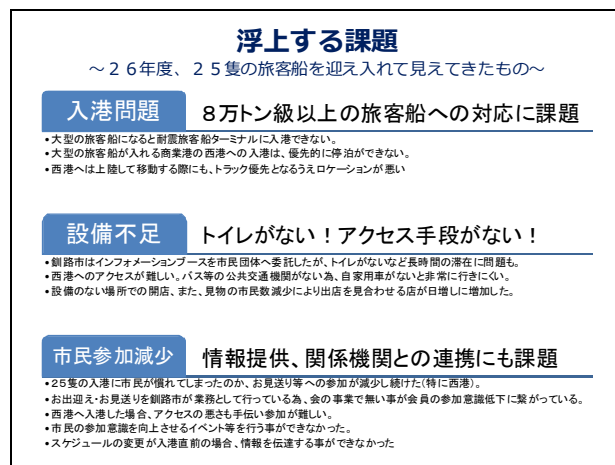


図-3.3.13

先ほどの赤井先生のご指摘通り、クルーズ客船の寄港は、住民が一体化するプラス効果をもたらします。歓迎イベントに参加すると、充実感や達成感を得ることが出来ます。また、乗客と心がつながる瞬間があり、それらが活動を続ける糧になります。市民参加を促すためには、こうした感動をもっと知ってもらい多くの人を巻き込む工夫が必要です。

○太田 クルーズ客船の日本への寄港は、九州・沖縄地方に偏っています。アジアのクルーズ需要は増加傾向にあり、外国船の寄港回数は2006年251回だったのが、6年後の2012年は476回と1.9倍になっています。今後は大型船が中国・上海を起点とする動きが活発になれば、回数は増えます。先月、上海へ営業に行き船会社、旅行会社を回って話を聞いたところ、やはり、一般的には中国人も日本人と同様に長期の休みは取れないとのことでした。従って、クルーズ客船は4泊5日当たりの商品が売れ筋になる、と言っています。4泊5日くらいだと、九州・沖縄、韓国、台湾のコースが一般的になります。一方で、大型船のメリットを活かし他社との差別化を図るために、日本への長期滞在型の商品をつくらなければならない、という声を複数社から聞きました。中国で日本の人気観光地は東京、大阪、次が北海道だそうで、将来は北海道まで行くクルーズ商品をつくりたいとする社もありました。大型船の投入により、九州・沖縄以外の地域へ寄港するチャンスは確実に増えると見て

上海から北海道に行くには、東京や大阪など太平洋側を回っていくルートもありますが、日本海側を北上する方が距離的に断然近い。このメリットを売り込みの切り札にしたいと考えています。

昨年9月、伏木富山港にボイジャー・オブ・ザ・シーズが入港しました。現状ではこのクラスの船を受け入れるのが限度でしたが、来年は16万トン級のカンタム・オブ・ザ・シーズがアジアへの配船が決まったことで、その誘致に向けて改修工事を行っています。中国では22万トン級の世界最大のクルーズ客船、オアシス・オブ・ザ・シーズが将来、配船されるだろと見ており、今後は大型化が進むクルーズ船への対応を真剣に考える時期にきています(図-3.3.16)しかし、既存の施設では対応できないので、新設を含めハード面の整備が急務になっています。

現時点で22万トン級の船を日本で受け入れ可能な港はごく僅かです。その中で九州・沖縄地域は、その受け入れ準備を着々と進めています。大型客船が日本へ来た場合、寄港地は1カ所ではなく、複数になるのが一般的です。富山県としては北海道にも22万トン級の大型客船向けの玄関口を整備していただき、伏木富山港と一緒に誘致活動に



图-3.3.14

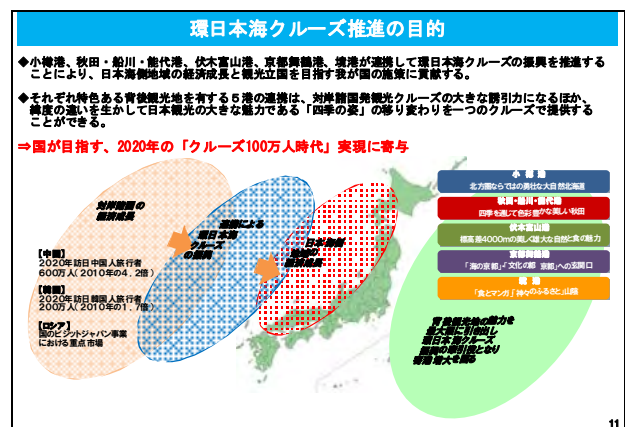


图-3.3.15

取り組んでいければと思います。

○古屋 ありがとうございます。北海道との連携を重視していただいているのは大変心強く思います。次の赤井先生には、今後のクルーズ振興と地域活性化への助言をお願いします。

○赤井 クルーズ客船で地域活性化を目指すには、5つのポイントがあります（図-3.3.17）。1つ目は「情報不足の解消」。クルーズの状況を地域住民、港湾関係者、自治体、国で共有することが大切です。各港で意見交換などを行いながら、各港の状況やニーズを把握してベストプラクティスを収集できるプラットフォームづくりを国が率先して行うべきです。各港の成功例や失敗例を閲覧できるウェブサイトを立ち上げ、お互いに学び合える仕組みも有効です。

2つ目は「効率的・効果的なプロモーション体制の整備」です（図-3.3.18）。クルーズ業務を港湾関係者や自治体職員が行う場合、どうしても制約があり柔軟性のあるプロモーションがしにくい側面があります。また、人事異動に伴い業務や人脈の継承が難しいケースもあります。こうし

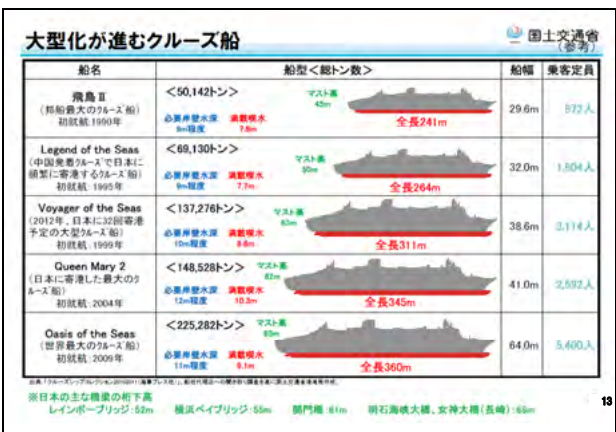


図-3.3.16

クルーズ振興：地域活性化への助言

魅力の効果的な発信と寄港拡大に向けた自治体の取り組みのあり方：5つの視点

- ・1. 「情報不足の解消」
- ・2. 「効率的・効果的なプロモーション体制の整備」
- ・<コラム：マイアミ・コンベンションでのアピール>
- ・3. 「外部性排除による連携」
- ・4. 「財務的安定化」
- ・5. 「継続的な実態把握と説明責任」

図-3.3.17

た問題の解決策として、注目されているのが公共施設の運営を民営に任せるコンセッション方式で、日本では空港を中心に議論されています。港湾管理者の権限を大幅に民間に委ねて、管理者の契約の下、民間が独自の視点でプロモーション活動ができる組織が必要だと考えます。そうすれば長期的な人材育成も可能になります。また、海外では港湾・空港など海外につながるインフラを地域内で一体的に運営する会社、ポート・オーソリティーがありますが、日本でも検討段階に入ったと思います。

3つ目は「外部性排除による連携」で、これは北海道以外の地域に当てはまることかもしれません。東京と横浜、大阪と神戸など隣接した港が独自に誘致活動を展開し無理な奪い合いになれば、お互いにマイナスの外部効果を及ぼし合い、クルーズ客船の社会的な便益が費用を下回ってしまう可能性が出てきます。周辺港との連携した誘致活動はコスト抑制という面でもメリットがあります。クルーズ船が道内各地に寄港する北海道は各自治体が連携しやすい環境にあるので、この強みを生かすべきでしょう。

4つ目は「財務的安定化」です。港を整備するハード面、プロモーション活動などのソフト面、いずれも費用を要します。港のPRやクルーズ客船の配船を握るキーパーソンとの人脈づくりは、長期的な視野に立ち継続的に行わなければ意味がありません。こうした体制を維持するためには財務の安定化が不可欠で、公益性を保ちながら収益を生み出すモデルが必要になります。例えば空港の場合、ショッピング施設やレストランなどの非航空系収入を増やし、それを路線誘致や着陸料の引き下げに活用しています。港湾もターミナルの背後にショッピングセンターを建設するなど非港湾系収入が確保できれば、財務が安定します。

最後は、「継続的な実態把握と説明責任」。これは前半部分でお話した内容と同じで、予算を確保し税金を投入するには、費用対効果の説明が重要になります。少子高齢化

2. 「効率的・効果的なプロモーション体制の整備」

- ・空港・港湾運営形態の再構築としてコンセッションが計画されているが、客船誘致の体制においても、民間ノウハウを活用した効率的・効果的な体制の在り方を議論すべき
- ・**港湾管理者の持つ権限を大幅に民間にゆだね(コンセッション)、港湾管理者との契約の下、プロモーションを独自の視点で行える組織**が望まれる。
- ・港湾の民営化の流れとともに、**クルーズターミナル経営のコンセッション**も効果的であろう。その場合には、コンセッションを請け負う会社がプロモーションを行うことで、より効果が発揮されるであろう。
- ・さらに、玄関口として、空港と港湾の補完性に着目すれば、両者間で、規模及び範囲の経済性の向上につながる要素が大きい。特に旅客は、今後、港湾から入り空港から出るなど、多様なルートの開拓が必要になるにつれて、競争力をつけるためにも、**港湾・空港など、海外とつながるインフラを地域内で一体的に独立運営する会社(ポート・オーソリティー)**を通じてプロモーションを行うことも効果的であろう。

図-3.3.18

と人口減少に伴い税収は減少傾向にあります。クルーズ客船による地域振興は今後、伸びていくと思いますが、客観的なデータでその将来性を示し、議会や住民の理解を得ることが求められています。そのためには、アンケート調査を行うなど継続的にデータを収集し、その結果を分析・蓄積していく必要があります。

○古屋 ありがとうございます。では、斉藤さんからは客船誘致活動の課題とその解決策についてお願いいたします。

○斉藤 クルーズ客船の誘致状況には、現在5つの課題があります（図-3.3.19）。先ほど申しましたように、今、多くの船社は日本に興味があり寄港を考えています。通常、船は寄港する1～2年前にスケジュールが決定しています。誘致を思い立っても寄港が実現するには時間が掛かります。ですから、早めに情報を収集し営業活動に着手しなければなりません。

2番目は船社への情報不足が指摘されます。船社は寄港地を決めるにあたり、膨大な情報を要します。例えば観光地が神社仏閣だとすると、駐車場からの距離、拝観料、庭園一周の距離、歩道は砂利道かアスファルトか、階段は何段かなど詳細な情報が必要になるので、早い段階から準備を進めるべきでしょう。

私は毎年、マイアミのクルーズ商談会に行きますが、日本のブースには20港近くが出展しています。船社が説明を受ける時間は限られているので、自分の港のセールスポイントを1枚にまとめ、短時間でも魅力が十分伝わる資料を作成すべきです。また、港の設備と観光資源の発掘、これらは客船誘致活動の両輪。受け入れ体制の整備と拡充が必要です。

最後は赤井先生のご指摘と同じく、担当者の異動に伴う

人材不足です。海外の場合、個人的なつながりを重視します。対会社より対個人の関係を優先するので、担当者が変わればゼロベースから始めることになります。

ここからは課題を乗り越え、誘致を実現させる方法についていくつかご紹介します。

まずは船社ごとに的確な情報を与えることが大切です。クルーズはラグジュアリークラス、プレミアムクラス、カジュアルクラスがあり、船社によって提供するクラスが違い、さらに客層もアメリカ、欧州、アジアと異なります。相手のニーズを事前にしっかり見極めて情報を提供することが大切です。

クルーズ客船のリピーターは南極やアマゾンなど世界中を回っています。旅慣れた人たちの興味を引き寄せる地域の魅力を発掘し、アピールすることが必要です。さらに、それがほかの寄港地と差別化できれば有利に展開できます。また、歓迎会など地元住民によるホスピタリティーの向上、フェース・トゥー・フェースの営業も見逃せないポイントです。

北海道には素晴らしい自然がありますが、函館や小樽は街が小さく、大型船よりも小型・中型船が向いていると思います。あたかも大型客船ばかり注目されがちですが、今後激しさが増す客船誘致に北海道が割って入るには、自分たちの港に適した客船に照準を絞り、手堅く進めた方が実現の可能性が高まると思います。

最後になりますが、最も重要なのは顧客の満足度を高めることです。その顧客は私たちにとっては船社であり、船社にとっては乗客です。船社は航海後、乗客を対象に調査を行い、満足度を数値化します。満足度が高ければ、翌年の寄港が約束されます。客船誘致の鍵は船社と乗客、両者の満足度を高めることに尽きます。今後、皆さまもこのことを念頭に置かれて、クルーズ客船の誘致活動に取り組んでいただければと思います。

○古屋 ありがとうございました。赤井先生と斉藤さんからは、北海道を含めて具体的な日本のクルーズ振興策への助言をいただきました。

来年はプリンセス・クルーズが函館、小樽、網走、釧路で計14回の寄港を予定しています。この機会に道民が実際にクルーズを体験し、何が求められるのかを自ら体験することが必要ではないか、と感じています。今日のお話を受けて、将来もっと多くのクルーズ客船に寄港してもらえるように皆さんと一緒に取り組んでいきたいと思っています。

本来ならばここから、ご来場の方々からご意見、ご質問を頂戴するところですが、コーディネーターの役不足で時間が押してしまいましたので、これで終了したいと思います。

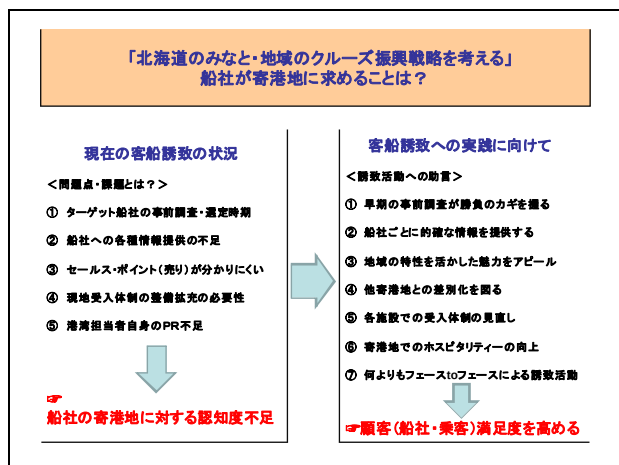


図-3.3.19

す。パネリストの皆さま，本日はどうもありがとうございました。

平成26年度は北海道の魅力ある自然環境等の観光資源を活かして、寄港地数が増え、年々伸びているクルーズ観光をテーマに、北海道の港湾や地域における取り組み戦略を考えたいと思います。

第一夫人

77-1

17:00

2011年 同社取締役、事業部長、事業部長、人事部長、総務部長
2012年 同社取締役、事業部長、人事部長、総務部長
2013年 同社取締役、事業部長、人事部長、総務部長

付録D ザ・シンポジウムみなと in 札幌写真



(株)カーニバル・ジャパン代表取締役 木島 榮子 氏



コーディネーター 古屋 温美 氏
室蘭工業大学 地域共同研究開発センター 准教授



パネリスト 水谷 洋一 氏
網走市長



パネリスト 金子 ゆかり 氏
釧路港おもてなしクラブ副実行委員長



パネリスト 太田 浩男 氏
富山県 土木部港湾課 環日本海拠点港推進班長



パネリスト 赤井 伸郎 氏
大阪大学大学院国際公共政策研究科 教授



パネリスト 斉藤 正幸 氏
株式会社海事プレス社 横浜支店長



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」

4. いしかり産業見本市

4.1 開催概要

石狩湾新港が開港 20 周年という節目の年を迎える今年、開港 20 周年記念のメイン事業のひとつとして、平成 12 年以来 2 度目となる「いしかり産業見本市」を開催いたします。イベントでは石狩湾新港地域を中心とする地場産業の優れた製品や高い技術力を市民や各産業界の皆様幅広く PR し、“石狩ブランドのものづくり”への認識を深めていただくとともに、石狩湾新港地域で研究が進められている「超伝導直流送電」等の先端技術や、暮らしに役立つ最新テクノロジーを一堂に展示し、未来に向けて想像、発展する石狩湾新港の魅力を発信します。

主催

開港 20 周年記念事業石狩市実行委員会
一般財団法人 自治総合センター

展示規模

全体で 84 ブース

展示ゾーンの内訳

港湾・物流、先端技術、情報、環境エネルギー、暮らし

寒地港湾技術研究センターの展示内容

港湾・物流ゾーンにおいて、当センターの研究内容を記載したパンフレットの配布・パネル展示、発刊したマニュアル等の書籍の展示

石狩まるごとフェスタ 2014

8月23日 10:00~21:00
sat



24日 10:00~15:00
sun



石狩の美味しいものが大集合!
楽しいイベントも盛りだくさん

23
sat

第2回 いしかりグルメコンテスト 石オシ!

地産地消の絶品ご当地グルメが大集合!

24
sun

24日14:30~ 大賞発表



23
sat

11:15~11:45
ジャンボ輪投げ大会

石狩の特産品をゲットしよう!
1回:小学生以下100円、中学生以上300円



13:30~
野菜重量当てクイズ

石狩産農産物
プレゼント!



15:40~16:00
さけ太郎・さけ子とのじゃんけん大会

さけ太郎・さけ子とじゃんけんをして、景品をゲットしよう! 1回:300円



16:30~18:15
ライブパフォーマンス

●マシン☆ガシ ●北海道歌謡座



19:10~
友好都市輪島市

御陣乗太鼓・能登麦屋節



24
sun

11:00~
サーモンファイター・
ルイベショー

郷の密漁組織「ユルクナイ」から石狩市民を守る!
ご当地ヒーローの白熱ステージ!



11:30~
ニンジン袋詰め放題

1回:100円(2分間) ※ニンジンが無くなり次第終了



11:30~
わいわい・わくわくステージ



12:15~
リボンちゃんといっしょに写真を撮ろう!
フィールドグリーンティング



14:55~ もちまき

23
sat

タカトシ牧場海の家がまるごとフェスタに特別出店!

今夏あそび一ち石狩に期間限定で出店した「タカトシ牧場海の家」が、特別出店します。タカ社長・トシ専務考案の石狩食材を使った厚台メシや4つの味のポップコーンが味わえます。



UHB北海道文化放送にて毎週土曜日17:00~17:30放送中

24
sun

環境に配慮 CO2を排出しない 自転車タクシー

ペロタクシー乗車体験

乗車料金:1人1回100円 (ペロとはラングで自転車の意) ※悪天候中止
走行場所:会場前道路

23
sat

10:00~17:00
(パレードの時間帯は運休)



24
sun

10:00~15:00

石狩湾新港西ふ頭

車来場者駐車場より無料循環バスをご利用になれます。他にもお子さまが楽しめるイベントを予定しています。詳しくはHPをご覧ください

海の貴婦人「海王丸」がやって来る

23日(土)夜にはライトアップされ、花火とのコラボレーションも見られます。

23
sat

13:00~16:00
セイルドリル



写真提供: (株) 観光局

24
sun

10:00~12:00
13:00~15:00
一般公開

23
sat

10:00~21:00
第5回いしかりOMOIYARIの灯り

~いしかりの夢乗せて 大いなる海への出航!~

日没後に市民の皆さまが制作したちょうちんを点灯・展示します。当日は制作体験もできます(数量限定)。



いしかり産業見本市

流し創情石狩の未来力

港湾・物流ゾーン

- | | | | |
|----------------------|----|-------------------|----|
| 一般社団法人 寒地港湾技術研究センター | 31 | 函館税関 小樽税関支署 石狩出張所 | 32 |
| 国土交通省 北海道開発局 小樽開発建設部 | 30 | 富士電機株式会社 | 69 |
| 第一地区海上保安本部 小樽海上保安部 | 31 | 北海道企業局 工業用水課 | 34 |

先端技術ゾーン

- | | | | |
|---------------------------|----|------------------|----|
| 石狩市(石狩スマートエネルギーコミュニティ協議会) | 30 | 日本財団 | 40 |
| 石狩超電導・直流送電システム技術研究会 | 36 | 日本電気株式会社 北海道支社 | 42 |
| NHK放送技術研究所 | 41 | 古河電気工業株式会社 北海道支社 | 38 |
| 友電機工業株式会社 | 37 | | |

情報ゾーン

- | | | | |
|------------------------|----|-------------------|----|
| auショップ石狩 | 60 | 富士アイティ株式会社 | 68 |
| 株式会社ジェイアールコムコミュニケーションズ | 56 | 富士ソフト株式会社 | 55 |
| ソフトバンク石狩手稲通 | 71 | 株式会社富士通セナル | 60 |
| 東芝ソリューション株式会社 | 59 | 富士電機ITソリューション株式会社 | 68 |
| ドコモショップ石狩店 | 61 | ライズ株式会社 | 57 |
| 東日本電信電話株式会社 北海道支店 | 58 | | |

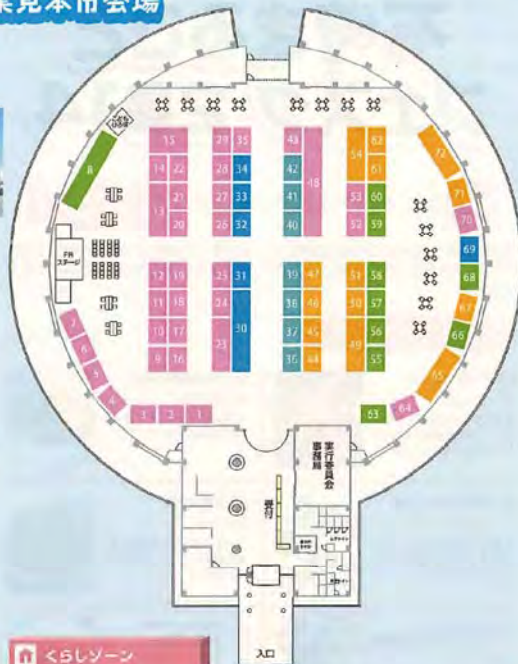
環境・エネルギーゾーン

- | | | | |
|--------------------|----|-----------------------|----|
| アイリスオーヤマ株式会社 | 47 | ピーエス株式会社 | 46 |
| 株式会社エコスボットソリューションズ | 67 | 株式会社ホクスイ設計コンサル | 50 |
| 清水建設株式会社 北海道支店 | 45 | 北海企業株式会社 | 71 |
| 株式会社鈴木商会 | 62 | 北海道ガス株式会社 | 65 |
| 株式会社土屋ホームトピア | 49 | 特定非営利活動法人 北海道グリーンファンド | 51 |
| 株式会社ナユタ | 71 | 北海道電力株式会社 | 44 |
| 日東工業株式会社 | 72 | 北海道木質ペレット推進協議会 | 54 |

- ステージイベント**
- 23 SAT ①11:00~②14:00~**
サイエンスショー (石狩市立高等学校科学館)
 ~マイナ196℃を体験してみよう~
- 23 SAT ③14:30~ 24 SUN ①13:00~**
出展者PRタイム
 さけ太郎・さけ子とみんなで手話
 ~キャラ手話プロジェクト始動!~

いしかり産業見本市会場

サン・ビレッジいしかり



くらしゾーン

- | | | | |
|-----------------------------|----|--------------------------------------|----|
| 愛知時計電機株式会社 札幌支店 | 25 | スウェーデンビルズ | 10 |
| IDEC株式会社 | 70 | 株式会社タンゼンテクノカルプロダクト | 6 |
| 株式会社アイワード | 19 | 帝人エンジニアリング株式会社 | 70 |
| 旭ノベックス株式会社 住環境部事業部 | 20 | 株式会社徳重 | 23 |
| 石狩市市民活動情報センター ぽぽらーと | 52 | 株式会社北山 | 11 |
| 石狩商工会館青年部 | 53 | 中山食品工業株式会社 | 7 |
| 石狩新港機械工業協同組合 | 16 | 株式会社ハートビート | 14 |
| いしかりせつづ | 22 | 八雲山ワイナリー | 9 |
| 株式会社石川金具製作所 | 18 | 日立建機日本株式会社 北海道支社 | 43 |
| 関西ペイント販売株式会社 株式会社カバパルビオ | 12 | フォイトターボ株式会社 | 20 |
| 北スプレッド北沢株式会社 (北沢ファクトリーグループ) | 64 | 有限会社北沢ステンレス工業 | 17 |
| 協立乳品株式会社 | 3 | ホクレン農業協同組合連合会 パールライス工場 | 3 |
| サテライト石狩 | 15 | MADOショップ石狩花川店 | 2 |
| 株式会社佐藤建設 | 26 | マルウロコ酒井建設工業株式会社 | 29 |
| 佐藤水産株式会社 | 4 | 山崎自動車株式会社 | 35 |
| 三栄工業株式会社 | 27 | RISING SUN ROCK FESTIVAL 2014 in EZO | 48 |
| *地元で働く人・人材確保支援事業/委託者 北海道 | 40 | YKK AP株式会社 北海道工場 | 1 |
| 株式会社ショーワ | 21 | ウコオ工業株式会社 | 25 |

会場への交通

石狩市役所から約1.5キロです。お車で越しの際は来場者駐車場をご利用ください。

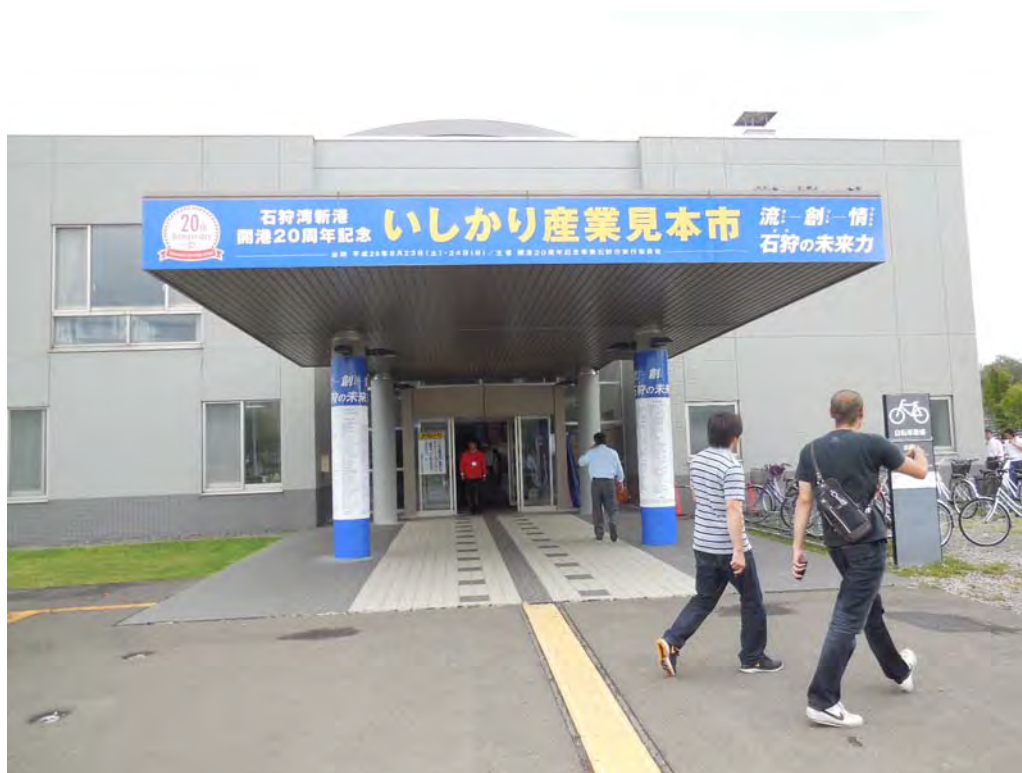
無料循環バス運行 来場者駐車場から会場までは無料循環バスを運行します。



- バスルート**
 花川南・北→会場
- ⑤ 始発**
 一般車両通行禁止
 23日(土) 6:30~22:00
- 臨時通行規制**
 23日(土) 18:00~20:30
 臨時通行禁止
 歩道通行禁止
- 一般車両通行禁止**
 23日(土) 10:00~22:00
 24日(日) 10:00~15:00



付録F いしかり産業見本市写真



会場 サンビレッジいしかり入口



産業見本市会場全景



(一社) 寒地港湾技術研究センター出展ブース



来場者への対応状況

5. 津波漂流物対策施設設計ガイドライン講習会

5.1 主催者挨拶

水野 雄三（（一社）寒地港湾技術研究センター 理事長）

皆様、こんにちは。講習会開催に当たりまして、一言、ご挨拶を申し上げます。寒地港湾技術研究センターの水野と言います。

皆さんご承知のとおり、我が国は、津波災害という大災害がこの間出ましたけれども、10年に一遍ぐらいは津波の災害を受けております。この津波の災害を見ますと、津波によって、建物等の構造物が直接被害を受けるケースもございます。そのほか、津波によって漂流したものが背後の建物に当たって建物を壊すとか、火事を起こしています。また、引き波のときには、航路に漂流物が沈積して、緊急物資輸送の船舶が入ってくるのを妨げる、または復旧作業を妨げるという問題がございます。ここで対象としていますのは、そういう漂流物による2次災害を防止するための施設ということで、それを津波漂流物対策施設と言っております。

この講習会では、そういう施設を設計したり計画したりするときにどうしたらいいのかというガイドラインをまとめたものでございます。我が国で初めてこういう施設ができましたのが平成19年の釧路港でございます。平成19年にできた後、こういう施設を計画したりする箇所がふえてまいりました。そういうことで、沿岸技術研究センターと寒地港湾技術研究センターの共同で委員会をつくりまして、設計のガイドラインをつくってみようということで検討しました。そして、平成21年にガイドライン案をつくりました。その後、大震災を受けて、漂流対策施設の要望がますます多くなりました。地方自治体や民間の会社からも問い合わせが多く、ガイドラインは、当初は会員向けでつくってございましたけれども、ぜひ増刷してほしいという要望がございました。そういうことを受けまして、沿岸技術研究センターと私ども寒地港湾技術研究センターが共同で、大震災の事例等も含めて、再度、ガイドライン案を見直して、ガイドラインをつくりました。

ここにあるものが今年度に発刊したガイドラインでございます。これを広く使ってもらおうということで講習会を開催しております。今週の月曜日に釧路、きのうは札幌、きょうはご当地の函館でということで、3日間、講習会をやっております。講習会を通じてこのガイドラインを広く使ってもらおうということとあわせて、津波対策についても、広くいろいろなことを知ってもらおうという意味でこの講習会を企画いたしました。

講習会では、基調講演として、「大規模津波来襲の教訓」

と題して、京都大学名誉教授の高山知司氏にお願いしております。高山氏は、我が国の津波防災の第一人者であるとともに、ガイドラインの取りまとめの委員長をなさっております。津波の基本的な挙動や、大震災から得た教訓等をお話しいたします。今後の津波対策に役立てていただければと思います。

次に、成果報告として2点ございます。

1点目は、津波漂流物対策施設ガイドラインの解説ということで、日本海洋コンサルタント株式会社の安野経治氏にお願いしております。ガイドライン全体の構成とか、特に中心となります設計の考え方についてご説明をお願いしております。

2点目は、北海道内の津波漂流物対策施設の設計事例の紹介ということで、北日本港湾コンサルタント株式会社の加地隆之氏にお願いしております。北海道では4漁港6施設ぐらいで採用されておりますけれども、設計事例を踏まえて、設計の考え方のような細かいところもご説明いただきます。

ガイドラインにつきましては、この2点を説明して、皆さんが使われるときに少しでも使いやすいようにという意味でこの講習会を開いております。

講習会に当たりましては、沿岸技術研究センターの共催と北海道開発局の後援、寒地土木研究所の後援をいただいております。あわせて、本日は、函館開発建設部のご支援をいただいております。この場をかりて御礼を申し上げます。

最後になりましたが、皆さんにはお忙しいところを集まていただきました。この講習会が有意義なものになり、今後の津波対策につながっていけばと思っております。

本日は、大変ありがとうございます。

5.2 基調講演「大規模津波来襲の教訓」

京都大学名誉教授（一財）沿岸技術研究センター参与
高山 知司 氏

ただいまご紹介にあずかりました高山でございます。今日は、「大規模津波来襲の教訓」ということで、2年半前に東日本大震災が起きた後ですけれども、その教訓についてお話しさせていただきます。

講演の内容ですけれども、我が国には過去にどんな津波が来たのか、そして、津波を知るためには波源域をきちんと押さえなければいけません。現在、どこまでその技術が進んでいるかという話をさせていただきます。そういう波源域から発生した津波が沿岸にやってくるとどういう挙動を示すか、その辺の話をさせていただいて、その後、東日本大震災における港湾がどういう被災を受けたのか、そして、その被災の中から我々はどういう教訓を得ているのかということについてお話をさせていただきます。

まず、津波というのは、地殻変動によって起こされる異常な海面変動のことで、気象変動で起こされる波や高潮のようなものとは異なります(図-5.2.1)。地殻変動というのはどういうものがあるかということですが、津波といえば海底地震によって起こされると皆さんは常にお思いですけれども、確かに、ほとんどの津波は海底地震によって起こされます。それ以外にも、火山噴火によって起きる場合があります。北海道に関係するものでは、1640年に北海道の噴火湾における駒ヶ岳の噴火で、多くの漁船等が被災しております。それ以外に、1883年、インドネシアのクラカタウ火山の大爆発がありました。この火山は、スンダ海峡というスマトラとジャワ島の間にある海峡であった島ですが、そこで火山噴火して、大津波を起こして、数万人の人が亡くなっております。

それから、地すべりということで、陸上の土砂が地震等の原因で海の中へ流れ込んで津波を起こす場合があります。1792年に雲仙岳の眉山の崩壊で大量の土砂が有明海に入っていきまして、大きな津波が起きて、熊本が大きな被災を受けまして、「島原大変肥後迷惑」と言われているような災害も起きております(図-5.2.2)。

これは、過去にどんな津波が起きたのか、特に犠牲者が出るような津波がどれぐらいあったのかということを一覧表で示しております。これより以前にもたくさん起きていたのですが、正確なデータのものがあということとで、1900年以降のものを示しております(図-5.2.3)。これによると、日本近海で起きる津波は10年に1回ぐらい起きていて、日本のどこかで誰かが亡くなっています。それから、1960年のチリ地震津波のように、日本の近海ではなくて、太平洋の反対側のところで起きたような大地震に

過去の津波

津波とは：
津波は地殻変動によって起される異常な海面変動のことで、気象変動で起こる風波や高潮のような海面変動とは異なる。

図-5.2.1

津波の発生原因

- 地殻変動を起こす要因
- 1. 海底地震(M>7.5): 人的被害を起こす津波のほとんどがこれによって起こる
 - 2. 火山噴火:
 - ・1640年北海道噴火湾における駒ヶ岳の噴火
 - ・1883年インドネシアKrakatoa火山の大爆発
 - 3. 地滑り:
 - ・1792年雲仙岳眉山の崩壊によって0.4km³の土砂が有明海に流入「島原大変肥後迷惑」

図-5.2.2

わが国に災害を起こした1900年以降の津波				
地名 (発生年)	マグニチュード	被災沿岸	津波高	犠牲者
カールップ島沖 (1918)	8	北海道東海岸	最大1m、父島1.5m	24
関東大震災 (1923)	7.9	関東沿岸	最大12m、相模湾3m	105,000
三陸沖地震 (1933)	8.1	三陸沿岸	綾里湾28.7m	3,064
積丹半島沖地震 (1940)	7.5	北海道北西沖	羽幌・天塩2m、利尻3m、金沢・宮津1m	10
東南海地震 (1944)	7.9	東海から九州沿岸	熊野灘沿岸6~8m、遠州灘1~2m	1,223
南海地震 (1946)	8	福岡から九州沿岸	高知・三宅・豊島沿岸4~6m	1,330
十勝沖地震 (1952)	8.2	北海道道庁・東北北部	北海道3m、三陸沿岸1~2m	33
チリ地震津波 (1960)	9.5	太平洋沿岸	三陸沿岸5~6m、その他3~4m	142
新潟地震 (1964)	7.5	日本海沿岸	新潟沿岸4m以上	28
1968年十勝沖地震津波 (1968)	7.9	北海道南部・東北地方	三陸沿岸3~5m、樺太岬3m	52
昭和58年日本海中部地震 (1983)	7.7	日本海沿岸	秋田沿岸4~10m、青森沿岸3~6m	104
平成5年北海道南西沖地震 (1994)	7.8	北海道西部	奥尻島・青苗地区10m	202
平成15年十勝沖地震 (2003)	8.2	北海道・太平洋沿岸	最大4m	2
東日本大震災 (2011)	9	東北から関東地方の太平洋沿岸	多くの沿岸で10m以上、最大遼上高40.1m	18,517

発生頻度 1)近地津波で10年に1回
2)遠地津波を含めると7, 8年に1回

図-5.2.3

よって起こされた津波が太平洋を横断してやってくる、そういうものによって犠牲になっているわけですが、それを含めると大体7, 8年に1回、日本のどこかで津波によって犠牲者が出ております。

そういうふうには日本近海で10年に1回ぐらい起きる原因としましては、日本の周りに4つのプレートがあって、東

側にある太平洋プレートは西に動いています。年に7, 8センチ程度のスピードで西に動いています。そして、北米プレートの下に潜り込むということで、この境界には日本海溝と言われるような非常に深い海溝ができています(図-5.2.4)。また、フィリピン海プレートが南から北に移動しておりまして、ユーラシアプレートや北米プレートの下に潜り込みます。そこでは、同様に、非常に深い海溝、トラフができます。トラフとか海溝の周りで地震が頻繁に起きます。つまり、太平洋プレートが潜り込むことによって、北米プレートやユーラシアプレートを引きずり込んでいきますので、ひずみエネルギーがたまって、それが保たれなくなって、壊れるときに大きな地震が起きるということで、海溝型の場合にはマグニチュードの非常に大きな地震が起きます。さらに、ユーラシアプレートと北米プレートの間にもプレート境界があるのですが、このプレート境界は、潜り込みとは違って、お互いにぶつかり合って、盛り上がるような形で、ここでもひずみエネルギーがたまって地震が起きて津波が起きるという形になっております。日本海中部地震とか北海道南西沖というものがここで起きております。ですから、形態としては、トラフ型のところで起こるものよりも地震の規模は小さいものになっております。

これは、過去に起きた3大津波を示したものです(図-5.2.5)。一番大きいのは、3年半前に起きた東日本大震災です。それまでの宝永地震や安政地震ではマグニチュード8.6というのが最大規模の地震であったのですが、起きた津波の波源域というのは、長い方向が大体200キロぐらいで、幅が100キロぐらいでした。こういう波源域を正確に捉えるということは、沿岸にどういった津波が来たのかを知るためにも非常に重要となっております(図-5.2.6)(図-5.2.7)。



図-5.2.4

過去に大津波を起こした3大地震

1. 東日本大震災 2011年3月11日
M=9.0 犠牲者 20,000人弱
2. 宝永地震 1707年10月28日
M=8.6 犠牲者 20,000人以上
3. 安政東海・南海地震 1854年12月23, 24日
M=8.4 犠牲者 約5,000人

図-5.2.5

宝永地震津波 1707年10月28日

宝永津波高さと波源域: 数値計算結果では安政地震津波と同じ波源域が仮定されている

羽鳥モデル

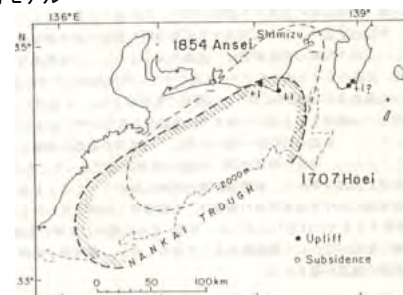


図-5.2.6

津波の波源域

沿岸に到達する津波の特性を推定するためには、波源域の位置と海底地盤の鉛直変動を知る必要がある。

図-5.2.7

ある面では、港に置かれている検潮記録から、津波がその港に到達する時刻がわかりますので、地震が発生するときの時刻までさかのぼって、どこから津波が来たのかを調べることができます。こういう包絡線を書くと、津波がこういう区域で発生したということが推定できます(図-5.2.8)。ただ、区域が推定できるだけで、中でどういう

動きがあったのかはこれだけでは推定できないという問題があります。東日本大震災では、南北に500キロぐらいで、幅が200キロぐらいの非常に広い区域が津波を起こしたことがわかっています。これは比較のために示しておりますが、明治三陸大津波のときのものです。これは、長さが200キロで幅が50キロぐらいで、規模的にも東日本大震災のほうが大きいことがわかります。

これは、東日本大震災が起きたときに、東北沿岸部にGPS-波浪計というものが置かれていまして、プイの運動を観測する形で津波の波形がとられております。これが観測されたものの例ですが、こういう形になっています(図-5.2.9)。このように、津波は、第1波目の後から続いているように見えますけれども、津波は1波だけが沖合からやってきます。後に続いている津波は、沖のほうに返っていく陸からの反射を示したようなものになります。ですから、第1波の波形が一番重要になります。観測波形を使って、それを逆解析することによって、そのときに海面変動、海底地盤でもいいのですが、どう動いていたのかを逆解析で解析することができます。これは、逆解析で解析された例です(図-5.2.10)。時間的に進んで、最終的にこういう変化になっています。これは、西から東の方向にぐっと滑った形になります。ですから、日本の近くでは、沖のほうに滑っていますから、この辺では沈んで、この辺で非常に高く盛り上がるという形になります。これがA'断面における時間的な地盤の変化の形を示したものです。

これによってどういうことがわかるかという、地盤が変動したことをもとに、数値計算でシミュレーションすることができます。そのようにシミュレーションをしたのが点線です(図-5.2.11)。実線は、GPS-波浪計で観測した生の値です。地盤の変動をかなり精度よく求めることができますと、ここで示すように、かなりの精度で津波の波形を再現することができます。これは、水深200メートルぐ

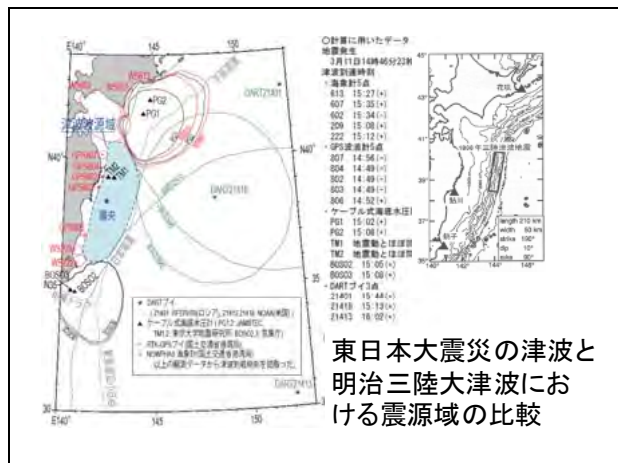


図-5.2.8

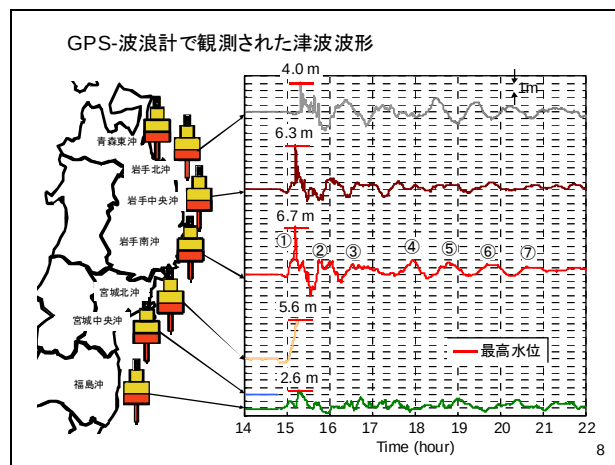


図-5.2.9

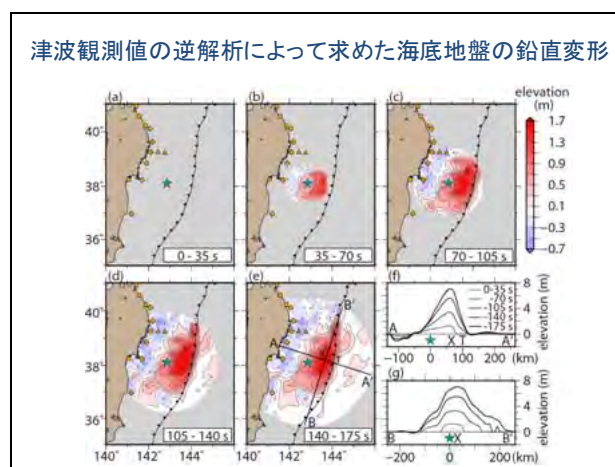


図-5.2.10

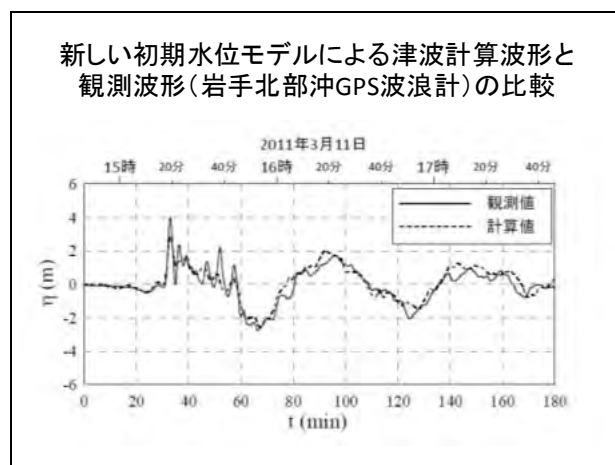


図-5.2.11

らいのところに設置された波浪計ですけれども、沖合での津波の波形をこの程度の精度で推定できます。さらに、この実線は、八戸港内が観測された上位記録ですが、この記録も点線で示すような海底地盤の変動をもとにして津波の波形を求めるとこうなります(図-5.2.12)。震源域の波源域の波形がどう変化したかがわかると、この程度の精度

で沿岸に到達する津波を推定できるということになってきております。

こういう津波が沿岸にやってきたときにどうなるかということで、津波とはどれぐらいのスピードで伝わるのかを示したものです(図-5.2.13)。津波の波形が伝わる速度は、水深のルートに比例する形になります。これでいきますと、水深が1,000メートルのところでは、伝わる速度は360キロメートル／アワーで、新幹線よりも少し速いくらいで伝わります。これは、波形が伝わる速度で、水が動いている速度ではありません。では、水が動いている速度はどうなるかというと、 u がスピードですが、これは、津波の高さに比例すると同時に、水深のルートに反比例します。ですから、水深が深ければ深いほど、その水の動きは非常に小さくなります。津波の高さが1メートルで水深1,000メートルでは、水の動く速度は大体10センチ／秒で、非常に小さな値です。ですから、津波が進んで、太平洋のど真ん中で船が津波の上を走っても、津波が通っていくのは全然感じません。

そして、津波が沿岸にやってきますと、どんどん大きくなります。水深が浅くなることによって、沖合での水深に4分の1以上で比例するような形になります。ですから、水深が浅くなればなるほど津波はどんどん大きくなってきます(図-5.2.14)。例えば、水深4,000メートルの海溝付近で、海底地盤変動が2メートルぐらいで海面の変動が2メートルぐらい津波を起こされたとすると、水深10メートルのところへ行くと9メートルぐらいの高さになります。ですから、海溝型の地震ですと、かなり沖合の水深の深いところで津波が起これるので、沿岸に近づいたときには非常に大きな津波になるということが問題になります。

津波というのは、先ほど示したように、水深によってスピードが変わり、深ければ深いほど速く進むということですから(図-5.2.15)。このように進みますと水深の変化によっ

八戸港における観測潮位と計算値との比較

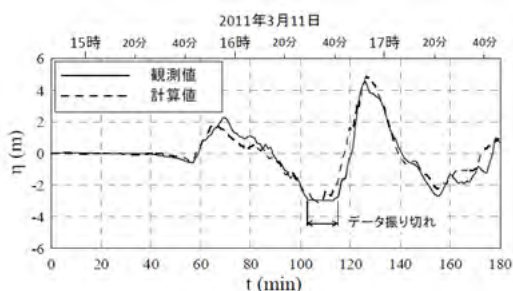


図-5.2.12

沖合いの津波

・津波は波源域から離れるに従って津波の高さは低減する。

・津波の波形の伝わる速度 C は

$$C = \sqrt{gh}$$

h : 水深, g : 重力加速度 (9.8 m/s^2)

水深1000mでは $C=100 \text{ m/s}=360 \text{ km/hr}$

・津波による流速は

$$u = \eta \sqrt{g/h}$$

津波の高さ $\eta = 1 \text{ m}$ とすると、水深1000mでは 0.1 m/s となる。

図-5.2.13

沿岸域での津波の変形

浅水変形: 水深が浅くなることによる津波の増幅現象

$$\eta = \eta_0 (h_0 / h)^{1/4}$$

ここに、 η は水深 h における津波の高さ、 η_0 は津波の震源の水深 h_0 における津波の高さ

津波は、水深の深い場所で発生するほど、沿岸部で大きくなる。

例えば、水深 $h_0 = 4,000 \text{ m}$ の海底で高さ $\eta_0 = 2 \text{ m}$ の津波が発生したとすると、水深が $h = 10 \text{ m}$ の沿岸に到達したときの高さは $\eta = 9 \text{ m}$ 近くになる。

図-5.2.14

屈折と反射

伝播速度は水深が深いほど速いため屈折する。また、波形勾配が小さいために一般の海岸で反射する。

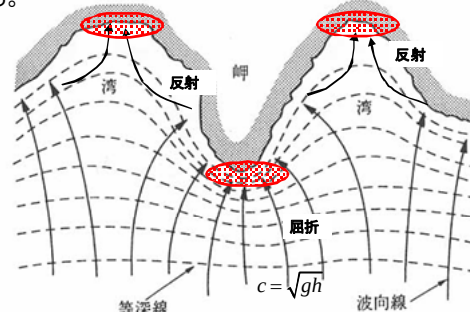


図-5.2.15

て屈折を受けます。そうすると、こういう岬のように凸型に水深の変化が出ているようなところだと、屈折で津波のエネルギーが集まってくるということで、こういうところでは津波が高くなります。同時に、津波というのは、波長が非常に長いものですから、陸に当たったとしても必ず反射されてきます。ほとんどのエネルギーは反射されま

す。そうすると、また沖合に帰っていくのですが、また水深の浅い方向に屈折するというので、津波のエネルギーは湾の奥のほうにどんどん集中してくるので、V字湾の奥では津波が大きくなりますよ、だから用心しなければいけませんよという形になるわけです。

もう一つ、津波を増幅させる原因として、湾の固有周期があります(図-5.2.16)。これは、横軸が湾の固有周期で、縦軸が湾の入り口における津波の高さと奥での高さの比です。これが大きいと、湾の奥では津波が大きくなっていることを示しています。近海津波というのは、10分から30分ぐらいの周期の津波が多いわけですが、1933年、昭和8年の三陸津波では15分ぐらいの周期でした。ですから、湾の固有周期が15分ぐらいのものは、湾の中で増幅されて非常に大きくなります。これは1960年のチリ地震津波ですけども、チリ地震は、太平洋の反対側から日本にやってくるということで、反周期の波は伝播してくる途中でエネルギーをどんどん失ってきますので、周期がどんどん長くなって、一般的に1時間ぐらいの周期になってきます。ですから、湾の固有周期が長ければ長いほど増幅が大きくなるわけです。ですから、湾の固有周期がどれぐらいかということと、入ってくる津波の周期がどうかという関係で増幅が決まってきます。

それから、津波は、浅いところを伝播するときに、形状の大きな変化をします。それについて、私が大学にいたときに実験をやったのですが、こういうところで津波を起こして、非常に浅いところへ津波を伝わらせたときに波形がどう変化するかを調べたものです(図-5.2.17)。これは、それぞれの地点ではかった波形を並べています(図-5.2.18)。津波がこちらから入ってきて、陸から反射していくという形になっています。これは、模型縮尺100分の1と考えれば、水深が20メートルのところに3メートルの津波がある場合の形になります。こういう場合ですと、津波

共振現象：湾内水の固有振動周期と津波の周期が近いときに湾内水の振動が増幅する現象

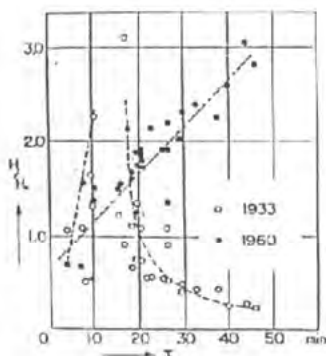


図-5.2.16

津波の伝播変形

・海底地形が津波の変形や波力に与える影響を調べる。

実験形状

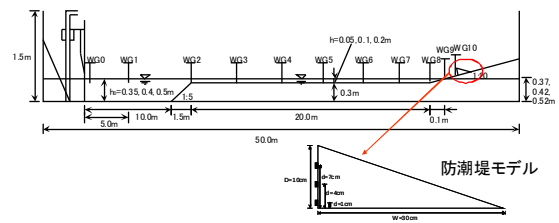


図-5.2.17

津波の変形 (高さ:3cm, 周期:30s, 水深:20cm)

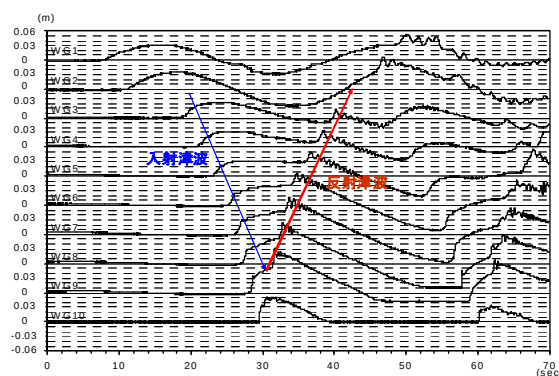


図-5.2.18

津波波圧の波形 (実験の0.1N/cm²は現地の100kN/m² or 10tf/m²に対応する)

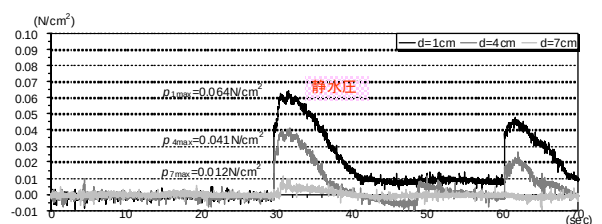


図-5.2.19

は、波形は前面が急勾配になりますけれども、形状そのものの変化は起こしていません。高くなっているという感じになります。

こういう場合ですと、波圧としては、水位が上がった分だけの静水圧の増大があるということになります(図-5.2.19)。さらに、水深が浅くて、水深10メートルのとき

ろに3メートルの津波が伝わるような場合ですと、先ほどと同じように、前面の勾配がどんどん急になってきます(図-5.2.20)。先ほどの場合はあるところでとまったのですが、このような場合にはどんどん急になってくるので、津波が自分の持っているエネルギーを保つために、通常の波と同じような細かい波に分裂していきます。これをソリトン分裂と呼んでおります。

そして、ソリトン分裂した波が沿岸にどんどん近づいてくると、津波の本体からエネルギーをもらってどんどん成長していきます。しかし、水深に対応したところでこの波は砕波するようになります。どんどん成長するのですが、水深に対応したところで成長がとまって波が砕ける形になります。こういう状態で砕けた波が構造物に当たると、非常に大きい衝撃的な力を作用させますので、こういうものによって構造物が壊されることがよくあります(図-5.2.21)。

さらに水深が浅いところに波が伝わりますと、ソリトン分裂が起きるのですが、先ほど言ったように、水深に対応したところで全て砕波してしまいます。ですから、分裂が起きても、すぐに砕けてしまうので、大きな波力は及ばないということです(図-5.2.22)。

それで、東日本大震災における港湾の被災ですけれども、これは八戸港の防波堤を示しています(図-5.2.23)。北防波堤が八戸港にあったわけですが、中央部分、羽の部分で非常に大きな被災をしております。こういうふうに、ケーソンがほとんど消えてなくなる形になっております。これは、普通の風波のような大きな波が被災をした場合には、ケーソンが1,2函動いてしまうということがあるのですが、津波の場合ですと、1函だけが動くわけではなくて、数百メートルにわたるケーソンがどんと動かされるという形になります。これは、津波の波長が非常に長いことが大きな原因になっておりまして、こういう形になります。

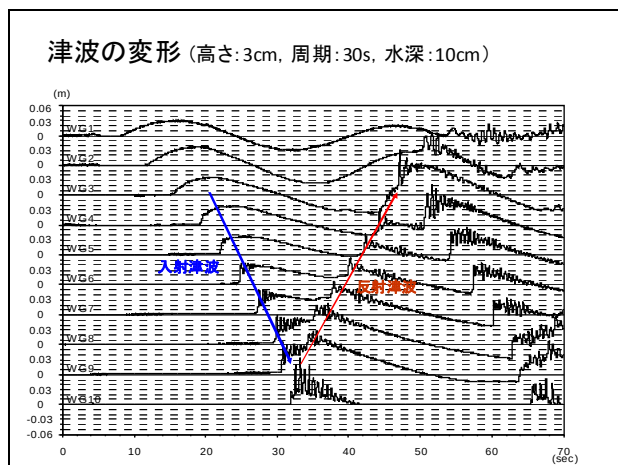


図-5.2.20

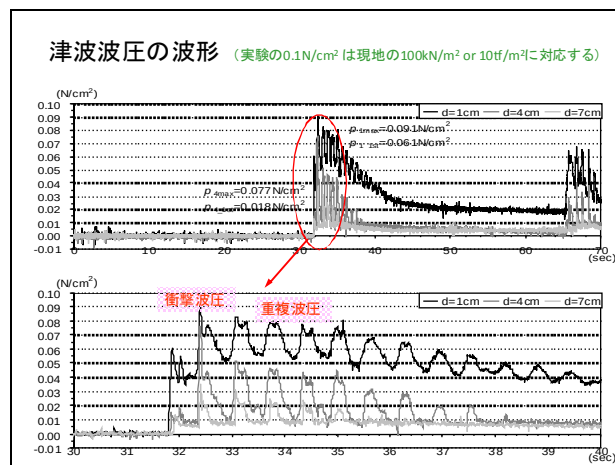


図-5.2.21

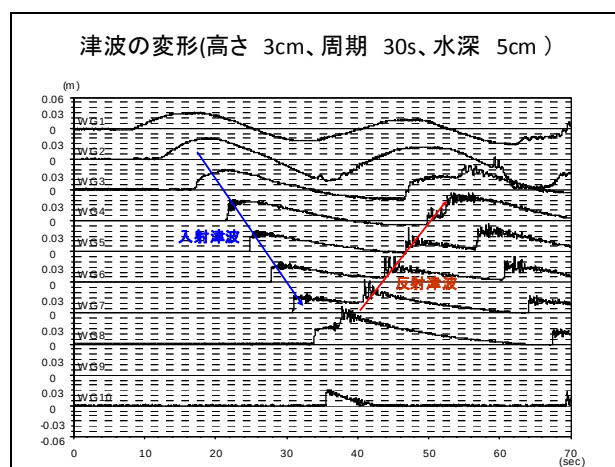


図-5.2.22



図-5.2.23

これと同様に、相馬港の場合には、沖合の防波堤の先端の2函を残して、あとはみんな流されてしまい、大規模な災害が起きるという形になります(図-5.2.24)。これは、ちょうど防波堤の隅角部のところで、そこが被災した場合です。そのほか、コンテナなどが各地で被災しております(図-5.2.25)。

それから、通常の防波堤が被災するだけではなく、津波防波堤として、津波から防護するためにつくられた防波堤も被災しております。これは、釜石市の湾口防波堤で、津波を抑えるものです(図-5.2.26)。明治三陸のときの津波を対象にして、それを抑えるためにこういう防波堤を建設しております。約30年かけて建設してきたわけですが、この防波堤の赤い印で示したケーソンが全部移動して、崩壊しております。その結果、防波堤全体としては、こういう形でガタガタに崩れる、ところどころ抜けていますけれども、それはもう動かされています。防波堤はこういうふうになったのですけれども、第1波のときだけは防波堤がもったということで、津波防波堤の効果が全くなかったわけではなく、浸水深を半分ぐらいに下げる効果と到達する津波の到達時間を6分間くらい遅くすることができる効果があったということがわかっております(図-5.2.27)。

これは、大船渡の防波堤です(図-5.2.28)。大船渡港は、過去にチリ地震津波で非常に大きな災害を受けたということで、チリ地震津波を対象にして湾口部に防波堤をつきました。ただし、チリ地震津波はそんなに大きな津波で



図-5.2.26

釜石湾口防波堤の津波低減効果

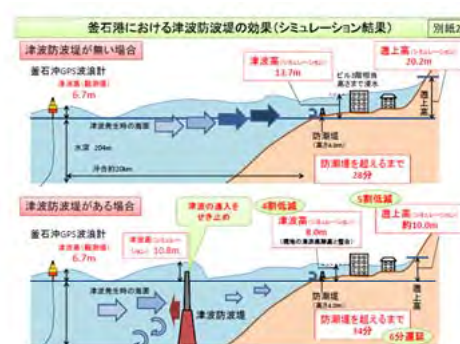


図-5.2.27



図-5.2.24

各種港の災害



図-5.2.25



図-5.2.28

はなく、今回の津波に比較して小さいということで、被災する前は、ここに港口部があって、こうなっていたわけですが、東日本大震災では跡形もなく消えてしまいました。その結果、大船渡港のまちはこういう形で大きな被災をこうむっています。

それから、防潮堤の被災があります。防潮堤というのは、

今まで、設計の場合には、防潮堤を超えることを前提にして設計していませんでした。津波が超えない、津波をそこでとめるということでやっていましたので、防潮堤を超えてどうということが起きるかというのは、余り検討していなかったのですが、今回の東日本大震災では、津波が防潮堤を超えて、背後を洗掘して防潮堤を倒しています(図-5.2.29)。それで、防潮堤の背後がコンクリートで強く被覆されている場合には、背後が洗掘されることがなくて、今度は引き波のときに前面が洗掘されて前に倒れるということも起きております(図-5.2.30)。

これは、岩手県田老町の場合ですが、田老町は、明治三陸大津波でも昭和三陸大津波でも何回も被災しているのですけれども、これは、昭和三陸大津波が来襲する前の田老町のまちの様子です(図-5.2.31)。こういうふうに人家があったのですが、津波が来たことによって、人家が洗い流されるという形になりました。そのために防潮堤を築くということで、当初、こういう形で防潮堤が築かれておりました(図-5.2.32)。しかし、まちが発展するとともに、こういうところにも人たちが住みたいという希望も出て



図-5.2.31



図-5.2.32

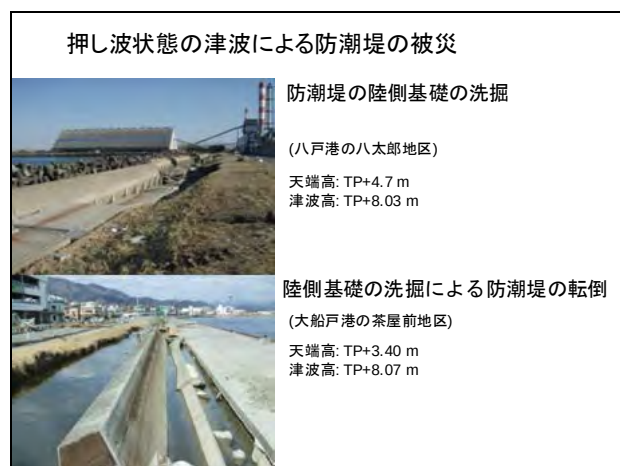


図-5.2.29



図-5.2.30



図-5.2.33

きましたので、防潮堤をX型につくる形でやっておりました。以前は、ここから津波が入ってくると、これを通して受け流すような形でつくっていたのですけれども、こうなると、真正面に抵抗する形になって、防潮堤を越えて背後の人家を洗い流すと同時に、防潮堤そのものも大きく破壊されてしまいます(図-5.2.33)。

それで、こういう大きな災害から我々が学んだことですが、一つには、東日本大震災のような巨大津波を構造物で防ぐということは、非常に高価になるし、非常に困難であります(図-5.2.34)。つまり、このような大きなものについては、避難によって人命を防護していこう、つまり減災という形をとっていこうということです。

もう一つは、大きな津波による災害があったとしても、復興、復旧に必要な施設は確保しなければいけません。つまり、港湾というのは緊急物資の輸送にとって非常に大事ですから、その港湾が被災した後もすぐに使えるように静穏な海域を確保していかなければいけません。つまり、先ほども八戸で示しましたが、ああいう形で防波堤が全て流されてしまうと、背後の静穏は確保できないということがないようにしなければいけません。

それから、設計では考慮していなかった複合要因による災害の発生、この辺を設計の中できちんと考慮するようにしようということです。つまり、捨て石マウンド内の浸透流や越流津波による前面あるいは背後の洗掘による抵抗力の低下という問題をきちんとやっていこうという大きく3つの教訓を得ております。

それで、先ほど言いましたように、レベル2の津波につきましては、最大クラスの津波で、再現期間は1,000年とされているのですけれども、そこでは、災害を軽減するというので、避難による人命の防御をやっていきましょう、そしてなるべく壊れないような粘り強い構造物にしようということです(図-5.2.35)。それで、構造物で守るのは、レベル1津波という発生頻度の高い津波です。100年から200年程度の再現期間の津波を対象にします。今まで我々が考えてきたような津波については、人命と財産を防御するということと、経済活動を維持しようということで、こういう津波は構造物で防御しましょうという2つのクラスに津波を分けて、どういうふうに対処するかをそれぞれについて考えております。

それで、防波堤に対して粘り強さを与えるということですが、まず、通常の第一線の防波堤というのは、静穏度対応の防波堤です。ですから、レベル1津波では動かないようにしましょう、許容の変異以内にしましょう。それから、レベル2津波については、倒壊しない程度の変形は許容しましょう、しかし、災害後の静穏度を確保できるように、ある面では波が入ってくるのを防げるようなところで被災がとまるような形にしておく必要があります(図-5.2.36)。それから、津波防波堤につきましては、レベル1津波については津波を防護する、変形も許容値以内、レベル2津波につきましては、津波が越流することは許容するけれども、倒壊しない程度の変形をもたせるようにし

東日本大震災から学んだ教訓

- (1)東日本大震災のような巨大津波を構造物で防ぐことは非常に高価で困難
避難による人命の防護
- (2)災害後における復旧・復興に必要な施設の確保
緊急物資の輸送に必要な岸壁や静穏な海域の確保
- (3)設計では考慮していなかった複合要因による災害の発生
捨て石マウンド内の浸透流や越流津波の洗掘による構造物の抵抗力低下への影響

図-5.2.34

(1)津波規模を2つのレベルに分類

	設計津波	要求性能
レベル1	発生頻度の高い津波 (再現期間: 100年程度)	災害の防御 ・ 必要な地域を津波による浸水から護り、人命や財産の防御と経済活動の維持 ・ 護岸や防波堤といった構造物による津波の防御
レベル2	最大クラスの津波 (再現期間: 1000年程度)	災害の軽減 ・ 避難による人命の防御 ・ 変形はするが倒壊しない粘り強い防御構造物

図-5.2.35

(2) 防波堤の粘り強さ化

1) 第一線防波堤: 静穏度対応の通常防波堤

- レベル1津波: 許容値以内の変形
レベル2津波: 倒壊しない程度の変形許容
(津波後の静穏度の確保)

2) 津波防波堤: 津波対応

- レベル1津波: 津波の防護
許容値内の変形
レベル2津波: 津波の越流許容
倒壊しない程度の変形
(津波防御機能の保持)

図-5.2.36

ようということです。

堤体の安定性の問題で、越流した津波が寄って洗掘をうけたりするわけですが、どういう洗掘の仕方をするかをきちんと押さえていこうというのがこの問題です(図-5.2.37)。つまり、今までの設計では、堤体を超える津波がどういう影響をするか、あるいは、マウンドを通る浸透

流が堤体の安定性にどう影響するか、越流した津波によって背後に渦ができてどうなるかという問題を十分に検討しなかったのが、これを今後やっていかなければいけないということです。

先ほど申しましたように、越流してきますと、背後が洗掘されて、護岸の支持力が低下してひっくり返ります。あるいは、今度は、引き波のときに、前面の水位は、津波が引いていくものですから小さくなって、そこで前面が洗掘されて前面に護岸が倒れます(図-5.2.38)。

これは実験で調べられたものですが、越流する津波で、マウンドを通ってくる浸透流がない場合には、ある状態まで洗掘が進行するとそこで安定するわけですが、浸透流があると、洗掘の部分がどんどん広がって行って、防波堤の前面までやってくるのが確認されています(図-5.2.39)。これがその図を示したのですが、横軸は時間で、時間がたつに従ってどんどん洗掘が生じるのだけれども、あるところで安定してしまいます(図-5.2.40)。しかし、浸透流があると、どんどん洗掘して、防波堤の先端まで洗掘深が伝わってしまい、支持力が低下するという

(3) 堤体の安定性に対する津波の越流や浸透流の影響の解明

- 1) 越流津波による背後地盤の洗掘や津波の戻り流れによる前面地盤の洗掘の影響
- 2) 越流津波による渦の影響で防波堤背後の水圧の低下
- 3) 捨石マウンドを通過する浸透流の影響

図-5.2.37

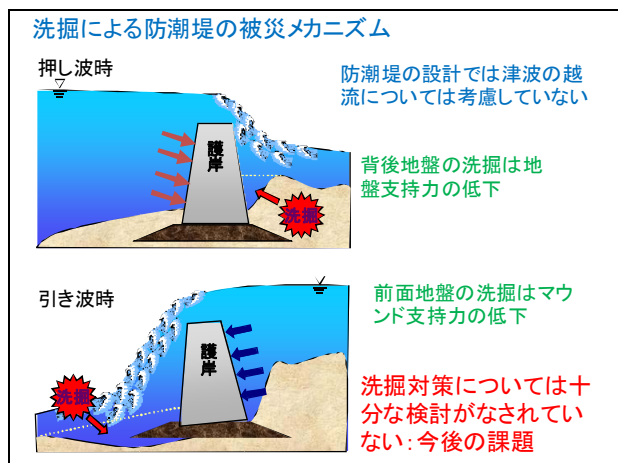


図-5.2.38

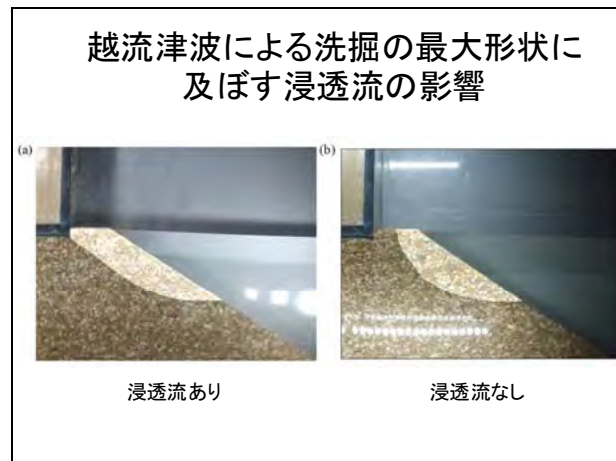


図-5.2.39

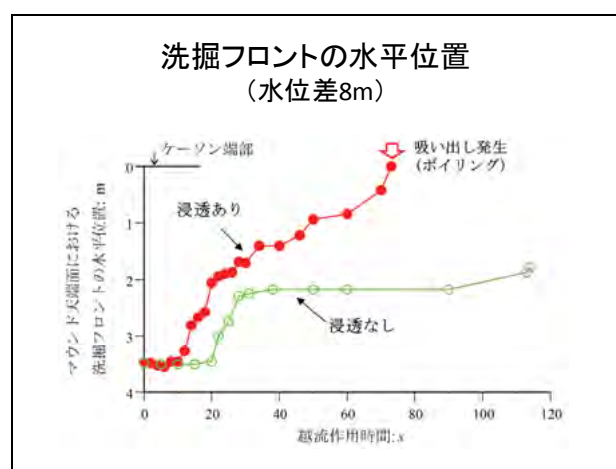


図-5.2.40

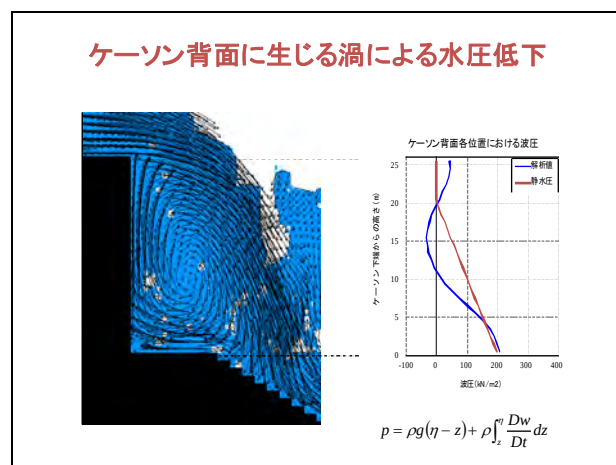


図-5.2.41

ことです。

それから、通常、防波堤の背後の水は、静水圧で抵抗するような形で水圧を考えているわけですが、越流すると、こういう渦が生じます(図-5.2.41)。この渦は非定常な渦ですから、この渦によって加速度が生じて、重力加速度で逆の方向に働くと、この水の抵抗力がどんどん小さ

くなります。本当はこういうふうに働くのですが、この部分が静水圧よりも小さくなってしまい、防波堤を引っ張るような形になって抵抗力がなくなります。

それから、これは、浸透流によってどれぐらい支持力が低下するかというものを示したものです(図-5.2.42)。これでわかりますように、ここでは防波堤の前後の水位差を示しております。大体100キロニュートン／平米ですと、大体10メートルくらいの水位差がある場合になります。浸透流がなければこういう低下の仕方をするのですが、浸透流があると、こういう形で低下します。つまり、15%ぐらい大きく低下するということで、浸透流があることによって支持力が低下するものです。

津波に対する粘り強い構造物の開発の必要性ということで、現在、粘り強い防波堤とか防潮堤をつくっていかうということがあるのですが、粘り強くすると同時に、一つの構造物だけで守るのではなくて、多重に守っていかうという多段式の防護が重要になってきております(図-5.2.43)。しかし、粘り強い構造物について幾つか提案されていますけれども、どの程度の粘り強さがあるかを技術的に調査する技術が十分開発されていませんので、この辺は今後きちんとやっていく必要があります。

一つの粘り強さの典型として、背後に裏込め石を置いて、ケーソンが変形するときに自動土圧で抵抗するような形で粘り強さを与えることが決められていますけれども、どれぐらいの高さに盛れば、どれぐらいの抵抗力になって、どれぐらいの粘り強さが発生するのか、これから定量的にきちんとやっていく必要があります(図-5.2.44)。

もう一つは、多重防護ということで、防波堤あるいは防潮堤だけで守るのではなくて、防波堤でも守るし、防潮堤でも津波を抑える。最終的には、緑地とか港湾道路によって守る。レベル2津波に対しては、そのようにして守るということです(図-5.2.45)。そして、浸水する区域がある

水位差による支持力低下と浸透流の影響

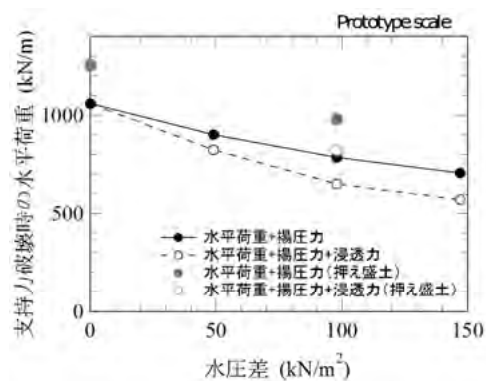


図-5.2.42

津波に対して粘り強い構造物の開発の必要性

防波堤や防潮堤のような防護施設が崩壊する被害は急激に拡大する。

そのために、これらの施設は津波に対して粘り強い構造に改良する必要がある。

また、最大クラスの津波に対しては一つの構造物で防護するのではなく、多段防護が重要となる。

ただし、粘り強さを定量的に評価できる照査技術の開発が急務である。

図-5.2.43

「粘り強い」防波堤構造のイメージ

- 一般に外洋に面した港の防波堤は、津波ではなく、台風や冬季風浪等の非常に厳しい波浪条件によりケーソンの大きさが決定しており、今回のように相当大きな津波に対しても耐えうる程度の滑動抵抗力を有している。

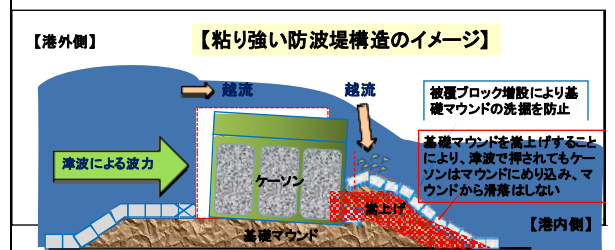


図-5.2.44

最大クラスの津波に対して粘り強い港湾多重防護

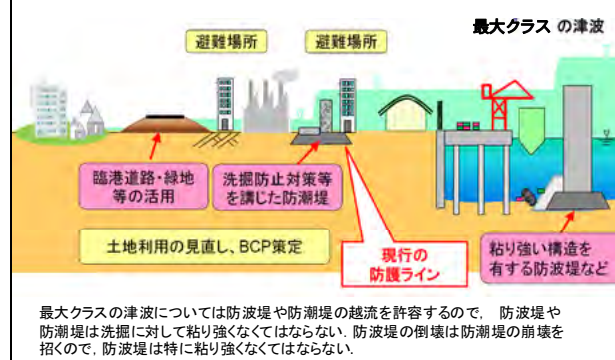


図-5.2.45

のですけれども、こういうところは、避難場所をきちんと設定して避難するということです。こういう多重防護をする場合でも、この防波堤が被災した場合には、大きな津波が来襲して防潮堤も全部やられてしまう形になるので、設計体系をどういうふうにやっていくかということもこれから非常に重要になってくるだろうと思います。つまり、

今まで我々が考えていないことをきちんとやる形で押さえていく必要があると考えています。

まだまだ技術開発の途上で、こうすれば詳細技術はできていますというところまではまだ行っていないけれども、これからきちんとやっていく必要があると思っております。ご清聴、ありがとうございました。

質問：防波堤の粘り強さについて聞きたいのですが、レベル2の津波で設計する場合、倒壊しない程度の変形を許容するという考えですが、そのときに、津波の再現期間が1,000年程度ですから、1,000年の間の一番大きな津波で設計すればいいのか、それとも、1,000年の間に何度か想定されるような津波を合成させて変形量を求めるのか、実際の設計としてはどのようにされているのでしょうか。

回答：実際の設計のときは、1,000年間に何回か津波が来て、それぞれで構造物がどう変形していくかというやり方にはならないと思います。それは、どれぐらいの大きさの津波がどのぐらいの間隔でやってくるのかということ把握しなければならないからです。まず、レベル2津波を対象に設計しておいて、それよりも小さいものについては粘り強さで対抗できるようにしておくことが基本です。つまり、累積のような形をとるということは、いつどういう津波がどれぐらいの頻度でやってくるか予測が必要ですが、今までに津波のデータがそんなにたくさんあるわけではないので予測は困難で、最終的なレベル2津波の大きさのものに対して抵抗できるような形を考えておくことだと思っております。



津波漂流物対策施設 設計ガイドライン講習会

CPDS認定

入場
無料

ごあんない：津波漂流物対策施設とは、津波によって流出した船、車、家屋などの漂流物を捕捉して人命や財産の被害を低減させる、減災を目的とした施設です。今般この施設の計画・設計を行うためのガイドラインを発刊したことから、これについて講習会を行い港の防災の一助とするものです。

平成26年10月20日(月)13：30～15：30 釧路市交流プラザさいわい

釧路市幸町9丁目1番地

平成26年10月21日(火)13：30～15：30 (一財)北海道開発協会 6階会議室

札幌市北区北11条西2丁目2-17セントラル札幌北ビル6階(寒地港湾技術研究センターが5階に入所)

平成26年10月22日(水)13：30～15：30 函館市勤労者総合福祉センター(サン・リフレ函館)

函館市大森町2番14号

各会場とも定員100名です。お早めにお申し込みください。

また、受付開始は13：00から、内容も同じです。ご都合のよい会場をお選びください。

基調講演 大規模津波来襲の教訓

高山知司氏

京都大学名誉教授

津波漂流物対策施設設計ガイドラインの解説

安野経治氏

日本海洋コンサルタント(株)

北海道内の津波漂流物対策施設の設計事例

加地隆之氏

北日本港湾コンサルタント(株)

講習会当日、ガイドラインの書籍をご用意いただく必要はありません。なお、ガイドラインの詳細については、当センターのホームページをご覧ください。

主催 一般社団法人 寒地港湾技術研究センター

共催 一般財団法人 沿岸技術研究センター

後援 国土交通省北海道開発局 (独)寒地土木研究所(予定)

申込先は裏面へ

津波漂流物対策施設設計ガイドライン講習会申込書(FAX、郵送用)

10月8日(水)までに下記HPまたはFAX、郵送にてお申し込みください

氏 名	所 属	電 話	受講希望地 いずれかに○	CPDS受講証明
			10/20(月)釧路 10/21(火)札幌 10/22(水)函館	必要・不要
			10/20(月)釧路 10/21(火)札幌 10/22(水)函館	必要・不要
			10/20(月)釧路 10/21(火)札幌 10/22(水)函館	必要・不要

※本講習会は(一社)全国土木施工管理技士会連合会によるCPDS学習プログラムの認定を受けています。

申込・お問合わせ先

(一社)寒地港湾技術研究センター 時澤、小谷

〒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

HP-URL：http://www.kanchi.or.jp

※ガイドライン好評販売中

(書籍のご購入については上記ホームページをご覧ください)

付録H 津波漂流物対策施設設計ガイドライン講習会写真



京都大学名誉教授、(一財)沿岸技術研究センター参与 高山 知司 氏



日本海洋コンサルタント(株) 安野 経治 氏



北日本港湾コンサルタント(株) 加地 隆之 氏