

寒地港湾の利用可能率向上に関する調査研究



(一社)寒地港湾空港技術研究
センター 調査役
増田 亨

6月から当センターにお世話になっております増田といいます。今日は当センターで自主研究として取り組んでおります、寒地港湾の利用可能率向上に関する調査研究と題して発表させていただきます。時間が少ないので、ちょっとはちょっと説明させていただきます。

本日の発表内容はこちらに書いてあるとおり、1から5まであって、背景と目的ですけれども、鶴泊港は積雪寒冷地特有の過酷な環境にあって、こちらの下の写真にあるようなボーディングブリッジが年間に20回程度使えないということが発生しております(図3.3.1)。ただ、地方港湾に対する予算に関しましては、あまり潤沢につくということがなくて、管理者さんとかで少ない投資で利用可能率を向上できるような対策がないかということで研究を始めております。目的としましては、そのような利用可能率を向上させるための手法を研究して対策を提案すること

になります(図3.3.2)。

調査研究の全体計画と実施内容は、こちらの表の左側にあるように六つほどをやる予定であります。研究自体は令和5年から7年までの3か年を考えておりまして、こちらの上から五つのことをやって、最後、来年度取りまとめたいというふうに考えております(図3.3.3)。

一つ説明したいのは、補助金・交付金制度の資料収集ですけれども、直轄事業のような、割と潤沢に予算をかけて対策を講じるというのではなくて、管理者さんですとかフェリー会社さんがこういう補助金・交付金制度を使って船体動揺対策ができるいいということで、そのようなことをやるときに有効な補助金ですとか、



図3.3.2

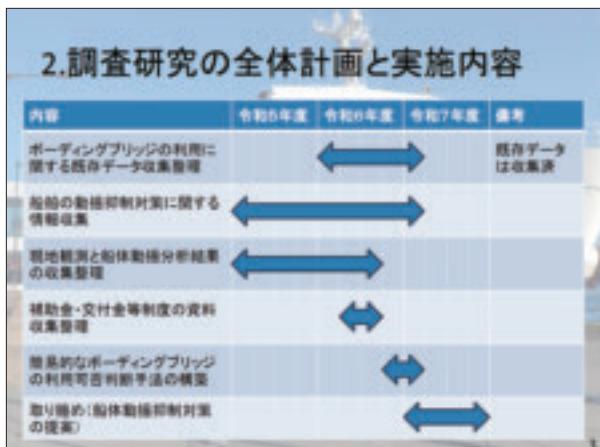


図3.3.3

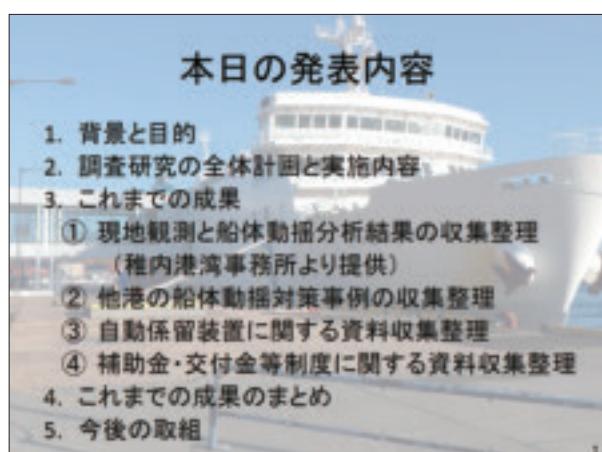


図3.3.1

交付金制度ないかということで調査しております。

これまでの成果の一つ目です。現地観測と船体動揺分析結果になります。こちらは、稚内開発建設部から資料提供をいただいております。鴨泊港で令和5年に、風況、それから波浪と船体動揺観測を行っておりまして、それらを整理しているのですけれども、その中でボーディングブリッジが使えない高い波浪の時の船体動揺の調査をしております。こちら左下の表にあるのですけれども、ボーディングブリッジが使えないイベント時の船体動揺量を調査しているのですけれども、その中で、限界動揺量を超えているのがローリングということで、それがボーディングブリッジの使えない主要因であるということが分かっております（図3.3.4）。

それから、波浪観測をした結果ですけれども、ボーディングブリッジが使えないような船体動揺を引き起こすときの港内擾乱のメカニズムとしましては、北からの長周期波を含む高波浪が来て、一部こちらの港口から波が侵入、それからさらに南外防波堤を回り込んで、港内に侵入した長周期波成分が港の中で増幅して、こちらに示すフェリー岸壁の方で悪さをするということが分かっております（図3.3.5）。

それからこれまでの成果の二つ目、他の港における船体動揺対策事例の収集整理になります

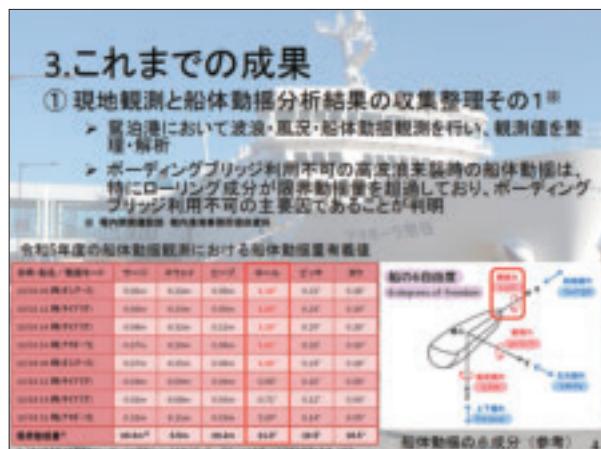


図3.3.4

す。中段の表にある9個の事例を集めております。それに関する参考資料は下の表にあります。全部で9件集まって、係留施設を対策したのが5件で、外郭施設を対策したのが4件であります。対策方法としては、係船柱を増設したのが1件で、外郭施設の延伸・改良が3件、それから係留索による対応が4件で、防舷材の変更が1件、それから防風柵が1件となっております（図3.3.6）。

事例紹介の一つ目です。香深港になります。こちらは長周期波が入ってきて、フェリーの利用障害が発生しているということです。それに對して、こちらの図にあるように、係船柱を増設して対策したという事例になります（図3.3.7）。

二つ目の事例、羽幌港になります。位置的に



図3.3.5



図3.3.6

はこれらで、こちらも高波浪時に新しいフェリー岸壁が擾乱するということで、平成25年から26年は30回、避難が起きたということに対して、平成29年度にこれらの防波堤、それから令和元年度にこれらの防波堤を整備して、現在はフェリーの避難回数がゼロという状況です(図3.3.8)。

それから事例の三つ目です。苦小牧港と志布志港になります。場所的にはこちらになっていまして、こちらは長周期波対策ということで、苦小牧港の吸収層、志布志港に関しましても、こちらに吸収層を対策するという事例になります(図3.3.9)。

四つ目、能代港になります。場所はこちらで、こちらも長周期波で係留索が切れたり、利用障害が発生しているということに対して、船体動

揺シミュレーションを使って、こちらの図に示すように、赤線の係留索の本数を増やしたりとか、防舷材のタイプを変更して、船体の動揺の固有周期を調整して動揺を抑えるということを考えました。シミュレーションでは一定程度の効果を得たというふうに聞いております(図3.3.10)。

続きまして、石巻港と高知港になります。こちらは、港空研で開発した長周期波動揺低減システム、こちらの写真に示すものなのですが、このウインチから出ている係留索の材質を軟らかいものと硬いものを組み合わせて、船舶の動揺の固有周期を変えようという対策です。高知港の事例では、サージングの動揺量を30%低減したという報告があります(図3.3.11)。

続きまして、常陸那珂港になります。場所は

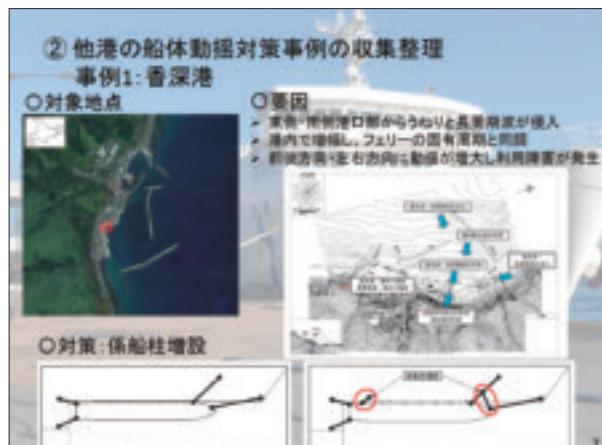


図3.3.7

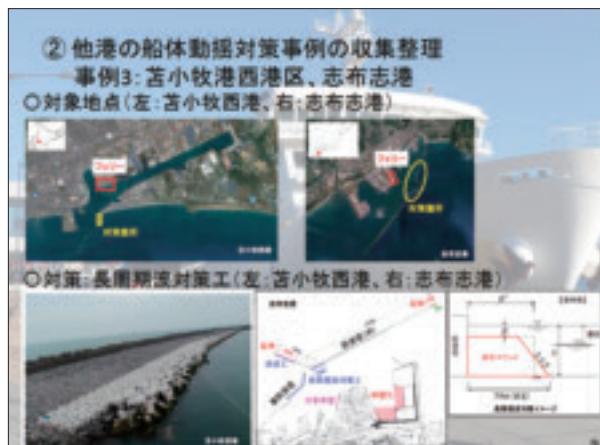


図3.3.9



図3.3.8

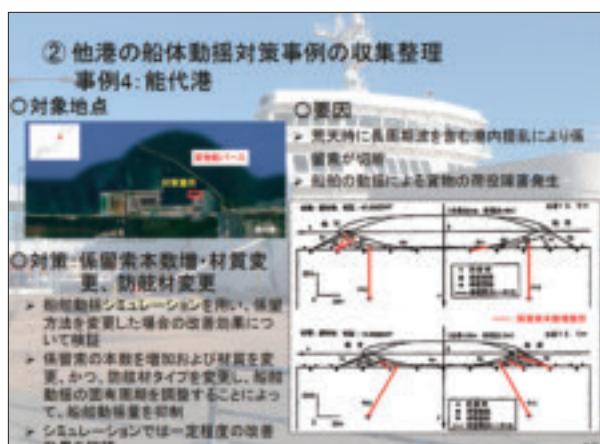


図3.3.10

こちらで、こちらは、トレルボルグ・マリンシステムズ社と日本郵船が共同開発した船体動揺低減係留システムというものです。こちらの写真にあるとおり、この装置を岸壁に付けて係留索を通して、係留索の張力を制御することによって、船体動揺を抑えるというものです。今年から試験運用中ということです（図3.3.12）。

これまでの成果の三つ目ですけれども、自動係留装置に関する資料収集整理になります。場所は敦賀港で今、実証実験中です。この写真に示す自動係留装置というものが、こちらに6基付いていて今実証実験中です（図3.3.13）。

自動係留装置の特徴なのですけれども、このアーム部と吸着部に分かれておりまして、船舶が岸壁に近づいてくると吸着部で船体をキャッチして、アーム部でどんどん引き寄せながら着

岸させるというシステムです。アーム部に関しましては、スプリングと油圧で稼働して、船体が揺れた時に係留力を大きくして、もともとの位置に戻そうというようなシステムになっております。具体的な仕様はメーカーの機密事項でちょっと分からぬ状況です（図3.3.14）。

それから船体動揺に関する低減効果です。現地観測も行って、船体動揺シミュレーションを右の表に示す条件と、こちらの船型で船体動揺のシミュレーションもやりまして、その結果が右下になるのですが、普通の係留索の時と、自動係留装置を2基から8基増やした時の、それぞれの船体動揺の6成分を計算した結果になります。結果としては、SurgeとSwayの水平成分とそれからYawの鉛直成分に関しては動揺抑制効果が見られてHeaveとPitchに関しま



図3.3.11



図3.3.12



図3.3.13



図3.3.14

しては係留索と同等、それから Rolling 成分に関しましては、自動係留装置が増えるに従って、どんどん船体動揺が大きくなっていくという結果になっております (図 3.3.15)。

その原因としましては、装置の構造上 Rolling 成分を抑えるのが難しいのではないかということと、基数が増えると水平成分の、Surge と Sway が抑えられるのですが、その動揺エネルギーが Rolling 成分に転化されたのではないかなどと推測されております。

あと、令和 5 年度 12 月 4 日に当センターで現地調査をやってきましたので、その概要を報告させていただきます。自動係留に関しましてはそういう装置なので省力化と効率化があるということが分かりました。あと、利礼航路のフェリーはこちらに示す諸元なですけれども、実際、敦賀で接岸している RORO 船に対して、船長が 2 分の 1 ですとか、総トン数が 4 分の 1 ということなのですけれども、ヨーロッパでは利礼航路と同じような船型でも実績があるので、船型に関する問題はないというふうに考えています。一番心配なのは、吸着板が当たるところが平滑でないといけないということと、先ほども言ったのですけれども、積雪寒冷地特有の現象として船体に着氷したときにちゃんと吸着板が吸い付いて機能するのかということは、実証実験や現地からはちょっと分かりませ

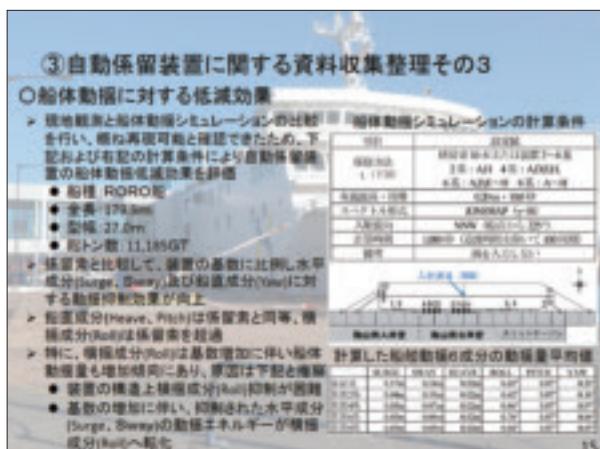


図 3.3.15

んでした。

あと、自動係留装置の設計から設置までは 2 年が必要で耐用年数は 20 年、関連経費はこちらに示すとおりで、個人的にはかなり高いのではないかなどというふうに考えています。あと、何かあったときは本社から技術者が来るので費用と時間がかかるということと、必要基数の計算はいろいろあるのですけれども、まだ未確定ということで、当然マニュアルもまだ発刊されていない状況です (図 3.3.16)。

これまでの成果の四つ目の交付金・補助金制度の資料収集整理です。国土交通省のホームページを調べて、この三つの事業をちょっと探し出したのですけれども、一番有効なのはやっぱり社会資本整備総合交付金ではないかというふうに考えています。ただ、活用する場合は採択基準として総事業費は 9,000 万以上で、係留施設なので補助率が 6 割ということに留意が必要だというふうに考えています (図 3.3.17、図 3.3.18)。

成果取りまとめは省略して (図 3.3.19)、今後の取組もこちらに示すとおりで、③ボーディングブリッジの利用可否判断手法構築についてちょっと説明させていただきます (図 3.3.20)。コンセプトは、ユーザーがフェリーターミナルの運営者。それから閾値みたいなのを設定して、無料の気象・海象の予測サイトからピンポ

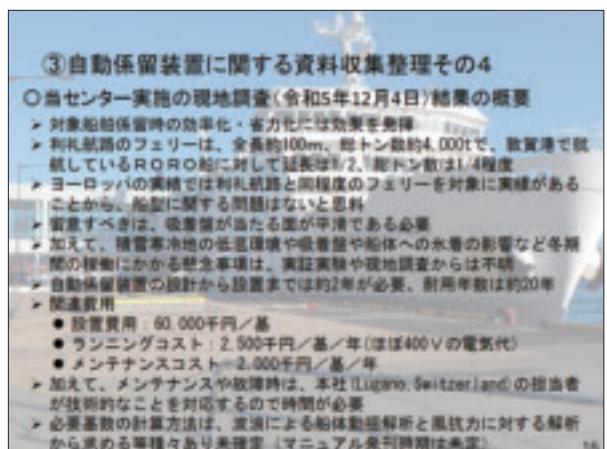


図 3.3.16

イントの予測値を入手して、それと対比してボーディングブリッジが使えるか使えないかという判断の材料にしたいというふうに考えています。過去10年間のボーディングブリッジが使えない日時が分かっているのと、同時期の気

3.これまでの成果

④補助金・交付金等制度に関する資料収集整理その1 補助金・交付金等制度の整理

図 3.3.17

④補助金・交付金等制度に関する資料収集整理その2

- 国土交通省ホームページより、表のとおり港湾施設機能の向上や地域（離島）振興対策関連の補助金・交付金制度について調査
 - 活用の可能性が考えられる制度は、港湾管理者等が事業主体となって整備する「社会資本整備総合交付金（港湾改修事業）」
 - ただし、活用する場合は、採択基準が事業費9千万円以上、保留施設の補助率6割であることに留意が必要
 - その他は、地域活性化（定住促進、雇用創出、人口減少防止等）に資する制度のため、活用は困難と思われる

図 3.3.18

4.これまでの成果のまとめ

1. 地面動測および船体動態分析結果より

 - ボーディングブリッジが航行不可とする船舶動特性はヨーリングが影響であることが判明
 - ボーディングブリッジが航行不可となる船内構造は、長崎港底を含む北島の高波浪が港口から流入。および、南島防波堤直前風波を下り込みで増幅したことが判明

2. 他港の船舶動特性実測結果整理より

 - 対象船舶は底質航路2件、外航航路2件
 - 対象船舶は底質航路が1件、外航航路の底質・航路が1件、航路実による対応(本航路・底質実測)が1件、回航材実測が1件、底質・航路が1件

船舶動測結果に着目する資料収集整理より

 - 船舶動測結果はヨーリングでは、底質の基準に比照して水平成分(Surge, Sway)とTFと底質成因(航行)に対する動態抑制効果が示す
 - 一方、航路成分(Surge, Pitch)は底質実測と同等で、特に揚程航行方向では航路実を超過
 - 前述通りに、一定程度の船舶動特性抑制効果が期待できるものの、積荷積水世での操作や航路実なリテラルコスト、更に、積荷基準の計画マニュアルが整備されていないことによる影響が必

3. 積荷基準・実寸計量制度に関する資料収集整理より

 - 適用の可能性が考慮される制度は、港湾管理者等が事業主側となって整備する船舶荷役制度と会員登録制度であるが、併せて荷役と荷物貿易側に荷役が必要
 - その他の、航路実測性・底質実測、潮汐実測、人潮減少点以上に貢する効果のため、底

圖 3-3-10

象・海象のデータも入手しているので、これらを付き合わせてボーディングブリッジが使えない日時の気象・海象データを抽出して、それをちょっと睨めっこして、ボーディングブリッジが使えないと判断する気象・海象値、いわゆる閾値を設定できればというふうに考えています。イメージとしては、風向きがこのような状況で風速がこれ以上の時は駄目ですよとか、波向きがこのような状況で波高がこれ以上だと使えないというようなことが設定できればというふうに考えています（図3.3.21）。

流れの続きなのですけれども、気象・海象のピンポイント予測値、今、ウインディという予測サイトを考えています。こちら、普通にクリックすると風も波も分かり、何日か後の気象・海象値が分かるサイトです。それで予測値

5. 今後の取組その1

- ①引き続き、船舶の動揺抑制対策等について情報収集
 - ②常陸那珂港で試験運用中の船体動揺低減係留システム「DynaMoor」は、来年度に現地調査を予定
 - ③来年度の第1四半期を目途に簡易的なボーディングブリッジの利用可否判断手法を構築
 - ④今後も稚内港湾事務所と連携して実施
 - ⑤経済的・効率的かつ有効な船体動揺の抑制対策を提案

図 3.3.20

5. 今後の取組その2

○簡易的なボーディングブリッジの利用可否判断手法について コンセプト

- ♪ユーザーは震度9級フェリーターナル運営者【株式会社】
♪利用可否を判断する気象・海象【閲覧】と無料の気象・海象予測サイトにおけるピンポイント予測値から、ボーディングブリッジの利用可否を事前に判断

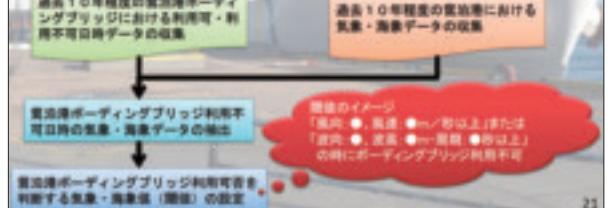


図 3.3.21

が出てくるので、閾値と比較して、予測値が閾値より大きいと使えないという結果になるのですけれども、それが実態と合っていれば、この作業としては終了なのですけれども、実態とちょっと乖離していると、閾値としてちょっと良くないのではないかということでもう一回再検討しなければならないというふうに考えています（図 3.3.22）。

以上、簡単ですけれども、御静聴ありがとうございました。

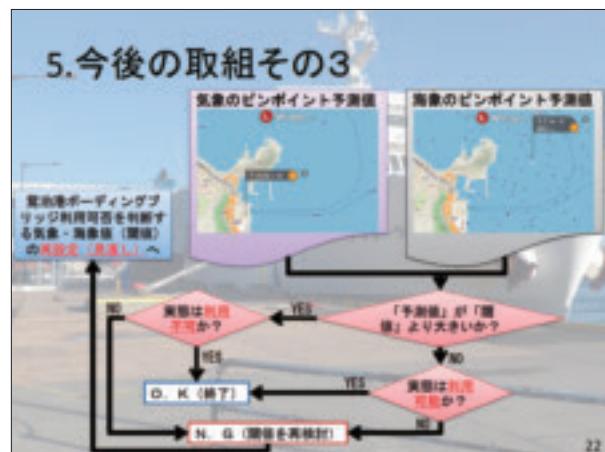


図 3.3.22