

水平勾配が強くなるところでは風が強くなっていることが確認できます。つまり、この結果は、主な波のパワーの増加要因というのは、風の増加ではなくて海水の減少であることを意味しています（図2.29）。ここまで配布した資料の説

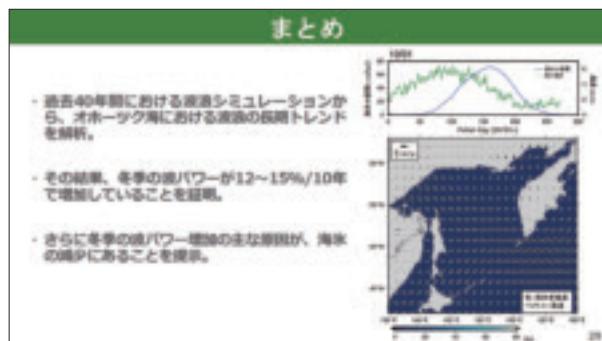


図2.29

## 地球規模の気候振動と北海道周辺海域の波浪の関係 ～苫小牧港を事例として～



（一社）寒地港湾空港技術研究  
センター 審議役  
平澤 充成

今、御紹介いただきました、寒地センターの平澤でございます。

今日はこのような話題でお話をさせていただきたいと思いますので、よろしくお願ひいたします。

先ほど岩崎さんから、地球温暖化の関連で御発表がありました。私のほうのこれから発表も100%別ではありませんが、基本的には地球温暖化の気候変動の話ではなくて、地球がもともと持っている気候の振動みたいなものを内部変動と呼んでおりますが、そちらのほうを対象にした話題になっています。

気候振動というのは私が名付けた名前ですけれども、一体どういうものかというところをま

明を終わります。今まで主に過去の計算結果に基づいて研究してきましたが、今後は、将来予測に目を向けながら沿岸の防災対策に貢献していきたいと思っています。それから、オホーツク海の波浪観測が非常に少ないということで、当該海域における観測データをもっと充実化させるべく、実際に波浪観測ブイを、去年の冬から漂流し始めたというところです。海域での波浪プロセスや長期的な取り組みによる気候変動の影響など新たな知見が得られることを期待しています。以上で発表を終わりたいと思います。ご清聴ありがとうございました。

ず御説明させていただきたいと思います。たまたま先日11月18日に北海道新聞にこんな記事が載っていました、今年雪が多いかもということで、特にその影響がこのラニーニャの影響ではないかということが書かれておりました。御存知の方も多いと思いますけれども、ラニーニャ、あるいはその反対のエルニーニョというのがあって、ペルー沖の海域で水温の年平均よりも低い温度が発達した時に、ラニーニャというような言い方をしていまして、逆の暖かい時にはエルニーニョというようなことでございます。

ここでお示したかったのは、これは海水温ではあるのですけれども、こういうように地球規模で海水を見たときに、暖かくなったり冷たくなったりと、こういうような振動が起きています。これが気候のほうにも影響を及ぼしているということになります。

もう一つ、テレコネクションという言葉もありますが、簡単に言うと、どこかで、まさにラ

ニーニヤの雪の影響もその一環だと思いますが、遠く離れたペルー沖で起きた現象が北海道の大雪を及ぼすような、遠く離れたところで繋がっているというような気象現象を示します。このような気候の振動がテレコネクションと言われるようなつながりを持って影響をもたらすことを一つ御説明させていただきました(図3.1.1)。

今回、私の講演の中で対象にする気候振動でございますが、主にこの三つを対象にしております。

一つは、太平洋の中でアメリカ側と日本側がありますが、アメリカとアジアとの間の海水面の水温の振動で、例えばこの図で行きますと、北アメリカ側の海水の温度が高くて、アジア側が低いときが、この太平洋十年規模振動、これをPDOと言っていますが、PDOがプラスとなり、これが逆になったときがマイナスになる指標になっております。

もう一つが、北太平洋ジャイア振動というのがありまして、これもちょっと PDOと似たようなところがあって、こちら(北太平洋の北東から南西)の方向でプラスとマイナスで振動するというような指標になっております。

もう一つは、これまでの二つが海面の水温を対象にした指標でございましたけれども、こちらのほうは気圧を対象にしており、北極の気圧と日本があるくらいの中緯度の気圧の高低が入



図3.1.1

れ替わると言いますか、例えばここでプラスの時には北極側が低気圧で、日本の辺りが高気圧というようなパターンのときは、北極振動のAO指標というのがプラスとなり、その逆がマイナスとして表される指標になっております(図3.1.2)。

先ほどのように今日の御説明では、地球規模の気候振動の指標としてこの三つが主に出てまいります。またここから相関の話がたくさん出てくるので、簡単に復習したいと思います。グラフがありますけども、横軸が大きくなるにつれて縦軸の方がプラスになって、御承知のとおり、こういったような相関があるときには正の相関、その逆が負の相関ということになります。全くないときは無相関という形です。

あとは相関係数という言葉が出てきますけれども、このように直線に乗ったようなときは相関係数が1に近くなっています。相関のないときは0になるということです。特に注目するのは0.4以上のときで、かなり相関があったり強かったりするという評価になり、注目に値してくる相関になると思います。

あとは有意な相関とかというのも出てきますけれども、これは詳しくはお話ししませんが、要するに全体の確率が100%あったとしたら、この辺り(確率分布の両端)の5%とか10%とか、そのぐらいの確率でしか起こらないというものが出てきたときに、なかなか出て来ないよ



図3.1.2

うな確率で現象が起きているということで、有意な相関があるというような言い方をしております。何となくイメージとしていただければと思います。

ちょっと前置き長くなりましたが、私の研究と言いますか、今回発表させていただくのは、以前、苦小牧港管理組合にいたときに、西港フェリーターミナルのフェリーの船体動揺っていう問題があつて、港内が擾乱したときにこういう形でフェリーを横からタグボートで押し付けて、揺れないようにして荷物を積んだトラックを乗り降りさせていたというようなことがございました(図3.1.3)。その年間タグボート使用回数をグラフにまとめてみて不思議に思ったのが、本当に多いときと全くないときがある、それが結構こんな大きい振動しているということです。何でこのように振動するのかなという素朴な疑問が、検討を始めるきっかけ



図3.1.3

けになったわけでございます(図3.1.4)。

今日は、今お話ししたフェリーターミナル動揺と気候振動についてと、もう少し一般化して苦小牧港周辺への波浪指標と気候振動関係についてお話をさせていただきたいと思います(図3.1.5)。

まずはフェリーの関係でございます。赤線が先ほどご説明したタグボートの年間利用回数を示していますが、先ほど説明したPDO指数、太平洋の10年規模の振動というものを青い棒グラフで示していますが、これを当てはめてみると結構一致するということを見つけました。その相関係数は0.62で、かなり相関があるということで、統計上でも有意なデータになっているということが分かりました(図3.1.6)。

そういうことが分かりましたが、太平洋の水面温度の振動が直接船を揺らしているわけではなく、当然のことながら波が揺らしているとい

## 本講演のテーマ

1. 苦小牧港フェリーターミナルのフェリー船体動揺と気候振動の関係について
2. 苦小牧港周辺海域の波浪指標と気候振動の関係について

TITLE: KUSUMOCHI PORT FERRY TERMINAL'S SEA STATE AND CLIMATE VIBRATION

図3.1.5

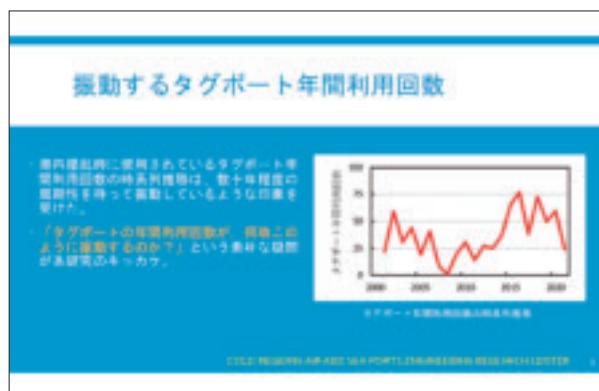


図3.1.4

## タグボート年間利用回数とPDOの関係

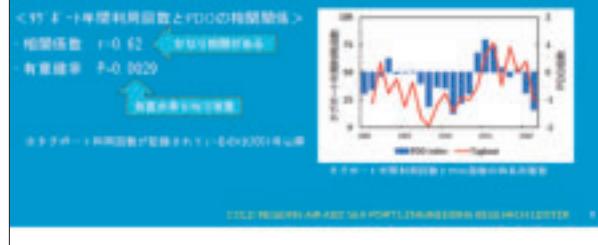


図3.1.6

うことで、波との関係を整理してみようと思いました。2020年にフェリーの動搖の発生基準をつくった研究成果がありましたが、苦小牧のNOWPHASデータからこのフェリーを揺らす基準を上回るデータを抽出して、それを全体数で割って年間の擾乱の発生率というのを求めました（図3.1.7）。

このグラフは、横が今の擾乱の発生率でなっています、縦が PDO 指数とタグボートの利用回数になっております。ただ全体のイメージを掴むためには、別のこちらのグラフを見ていただいたほうがいいと思います。こちらのグラフは2000年以降の年次時系列になっています。棒グラフの PDO 指数とタグボートの赤線は先ほど見ていただいたとおりよく合っていますが、黒線で示しております港内の擾乱発生率も同じようによく合っているような感じになっています。これをそれぞれ抽出して、またプロットとしたのがこちらのグラフで意味は同じです。

タグボートのほうを見ますと、この年間の擾乱の発生率との相関係数も高くて5%で有意になりました。 PDO 指数とこの擾乱発生率の関係も相関係数が0.4以上で、有意水準は5%になりましたけども、7%ぐらいで、有意水準10%ぐらいで有意だという結果になりました（図3.1.8）。

今の話をまとめると、もともと PDO 指数とタグボートの年間の利用回数に相関があったの

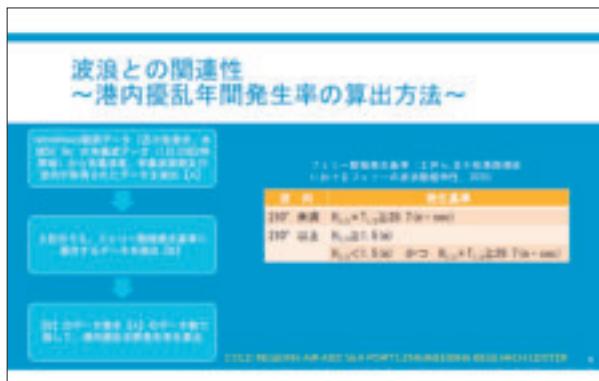


図3.1.7

ですけれども、その間に波をかませても、それ相関があり、結果的に波が媒介となって、タグボートの利用回数と PDO 指数の相関を結びつけていたことが分かりました（図3.1.9）。

次に二つ目の話題の、苦小牧港周辺の波浪と気候振動の関係についてです。こちらのほうは、先ほど岩崎さんが使われていましたが、波パワーという指標に注目して分析を進めています。波パワーというのはこの式にあるように、今回の場合ですと有義波高の二乗に有義波周期を掛けて2で割ったものを波パワーとして整理をしております（図3.1.10）。

それを1980年から2019年までのデータでいろいろ整理をしています。これからお見せする資料の中では、その中間年辺りの1999年と2000年を境界として分析をしております。これがその結果になっておりますけれども、波パワーと合わせて年平均有義波高ですか、年最

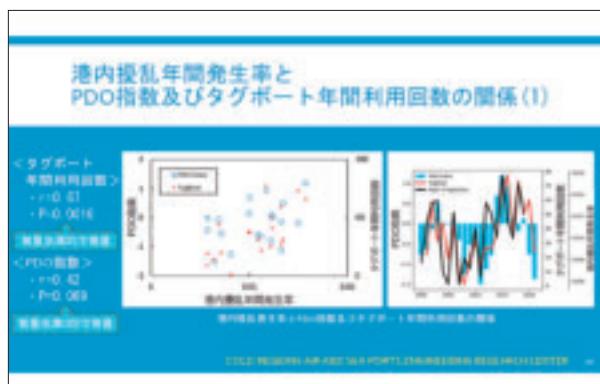


図3.1.8

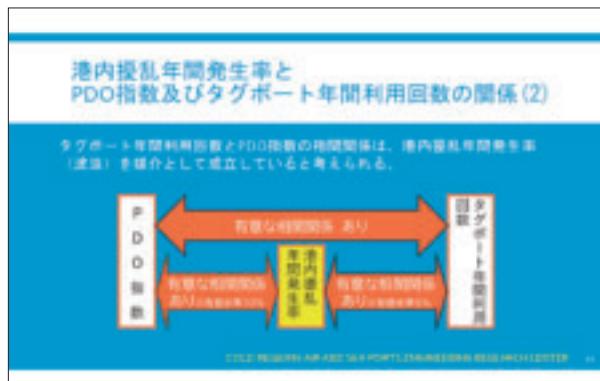


図3.1.9

大有義波高についても分析してみました(図3.1.11)。結果的には、それらの周期はこちらの指標と結構相関があったのですけれども、波高のほうはあまり相関がなく、波高と周期も両方合うものが出てきませんでしたが、先ほどの波パワーだけが、この1999年まで、あるいは2000年以降両方とも高い相関係数が出てきて、なおかつ有意なデータが得られたという結果になっています。

このグラフですが、2000年の手前まではAO指数をピンク色の棒グラフで書いていて、2000年以降はPDO指数を青色で示していました、折れ線グラフは年最大の波パワーを示しています。赤い丸が年最大の波パワーが台風によって起きた場合で、黒が通常の低気圧で起きた場合です。今回は台風に注目したいと思っておりますけれども、この2000年までの前半と後半で比べると波パワーが100 kW/mの線で見ると、



図 3.1.10



図 3.1.11

後半のほうが前半よりも台風による100 kW/mを超える回数が2倍に増えているというのが一つの特徴になっています(図3.1.12)。

ここからちょっとお手元に図はございませんけれども、少し最新の情報を伝えします。今のように2000年くらいで状況が変わっているということで、少し別の解析をしてみました。これは横軸が1970年から2000年まで書いていて、縦軸が年最大パワーと気候振動指標の相関係数の時系列変化を示しています。ここで分かったのが、先ほど1999年と2000年分けていましたけれども、2001年から2002年の間でAO指数からPDO指数に波との相関が切り替わっているということが分かって、大きな波に対する気候振動の影響がこういうふうに入れ替わってきているというのが分かってきました。

実はこれ、ここだけでなくて過去にも1970年代にも起きているということが分かってきております。ただ、我々は興味があるのは、それに入れ替わったというだけではなくて、このように入れ替わったことで実際何がどのように変わってきたのかということです。その問い合わせに対する答えの一つが台風による影響の変化にあることが少しずつ分かってきているところでございます。

それを表しているものの一つは、先ほども少し御紹介しましたけれども、大きな波パワーの発生回数の増加ということになります。この図

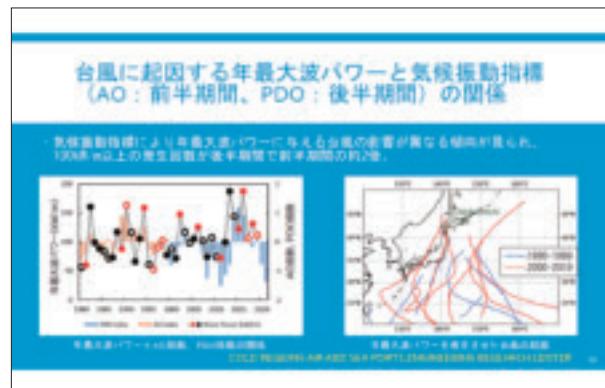


図 3.1.12

は、赤が1980年から2001年までの先ほどの年最大波パワーを起こした台風の経路を示していくと、実線が台風、点線になってきたら温帯低気圧に変わった後の経路になっています。これを見ると、ちょうどこの緯度辺りで、前半の2001年まではこのぐらいのところまでが台風で、それ以降が温帯低気圧に変わっていたのですけれども、それ以降は、それより北側まで台風のまま発達してきているということが分かってきました。こういうことが先ほど2000年以降に100 kW/m以上の大波パワーを発生させる回数、台風の回数が増えてきたということの一つの現れではないかなというふうに思っております。

もう一つが、その年最大波パワーを発生させた時の台風、あるいは温帯低気圧の位置ということが変わってきてていることがあります。前半の2000年より前の時には、例えばこのオホーツク海と日本海のところを見ていただくと一番分かりやすいのですけれども、2000年以前はこの辺りでバツがついて、オホーツク海側に台風が来た時に、苫小牧港の波で年最大波パワーが出てきたのが、2002年以降になると日本海側に移っているという大きな変化が出てきています。

こういうことがあるので、波高や周期の変化もありますが、恐らく波向きもこういうような形で2000年2001年、2002年を境界に変わっている可能性があるのかなというふうに考えているところでございます。

これで大体説明を終わりますが、最後に、これも一つ大事なので御説明をしたいと思っています。

今後の研究の方向性と書いていますが、苫小牧以外の北海道内のいろいろな観測地点を対象に分析していくと思っておりますし、あとは特に太平洋とかオホーツク海とか、海域ごとの特徴というのをまとめていきたいと思っており

ます。

あとは、先ほど台風のお話させていただきましたけれども、低気圧等の関係を分析するというのと、あとは実際どういう原因でそういうのが起きているかというのは、もう少し海面水温とか気圧分布の関連性を分析していく必要があるかなというふうに思っております。

また、このような研究を何に生かしていくかというのが一番大事だと思っており、この成果を港湾や漁港整備、あるいは港湾の管理運営等に活用できる活用方策についても検討を進めていきたいと思っております。

また先ほど苫小牧の例でもございましたように、いわゆる港内の静穏度とか、あるいは波向きが変わってくると漂砂等の現象にも大きく影響が出てくる可能性がありますので、そういうものの分析にも利用できるようにしていきたいなというふうに思っております。

また、先ほど見ていただきましたように、気候振動指数と波の大きさの間にかなり相関がありますので、逆に言いますと気候振動指数の将来予測ができると、将来的な波がどのくらい大きくなるかという予測もできてくるということになろうかと思います。そのような気候振動指標の将来予測に関する研究は進められておりますが、もう少し簡単な方法で短期的な将来予測、例えば来年の気候振動指標がこのくらいになりそうだというような予測ができると、来年は波が荒れそうだとか、いつもより良さそうだとか、そういうことが分かってくるのではないかなと思いまして、例えば、荷役の稼働率がどうなりそうだとか、あるいは海上工事でいきましたら、休止率は来年ちょっと良さそうだねとか、少し休止率厳しそうだねとか、状況にあわせた準備にも生かせるのではないかなというように考えています。

あるいは静穏度もそうなのですけれども、設計波の検証というのも使っていけないかなとい

うふうに思っています。場所によって多少違いはあると思いますが、過去の5年くらいの波のデータを使って静穏度を検討したり、20~30年間の波データを使って設計波を出されていると思いますが、実は今回の検討で気候振動によって、対象とする期間によって波の大きさが変わってくるということが分かってきました。

ですから、例えば静穏度でいきましたら、この辺りの5年のデータを使って算出した静穏度と、この辺りの5年を使った静穏度というのは結構変わってくる可能性があると思うのです。今回得られて知見を活かして、そういう目で静穏度ですか、あるいは設計波とかを見ていったときに、最近ちょっと静穏度が良くないんだよねとか、そういうような疑問に答えられるようにもなってくるのではないかと思っています

ので、ぜひこの検討成果を実務に活かしていきたいというふうに考えているところです(図3.1.13)。

大体、時間が来たと思いますので、以上で御説明を終わりたいと思います。どうもありがとうございました。

### 今後の研究の方向性

- ① 芦小牧港に加えて北海道内のナウファス観測地点の分析を進める
- ② 北海道以外のナウファス観測地点のデータを活用して、離域化(例えば太平洋)の特徴を分析する
- ③ 風に加えて、気圧変化との関連性を分析する
- ④ 海面水温分布、気圧分布等との関連性を分析する
- ⑤ 桜島の潮流・潮流整備・港湾管理運営等への活用方策について検討を進める

図3.1.13

## 雑海藻駆除によるブルーカーボン量の検討



(一社)寒地港湾空港技術研究センター 第1調査研究部  
次長  
山内 功

ただいま御紹介を受けました寒地港湾空港技術研究センターの山内と申します。本日は雑海藻駆除によるブルーカーボン量の検討と題しましてお話をさせていただきたいと思います。

まず、私の内容につきましてはブルーカーボンが主題となっておりますので、最初にブルーカーボンとはというのを示したほうがいいかなと思っておりまして、ウェブ検索したところ環境省のホームページが一番上に出てきたので、ちょっとそこから引用してきました(図3.2.1)。

これによりますと、沿岸・海洋生態系が光合成によりCO<sub>2</sub>を取り込み、その後、海底や深海

に蓄積される炭素のことをブルーカーボンというような定義にされておりまして、以前より海藻類がCO<sub>2</sub>を吸収するというような研究は行われてきましたが、近年特にJBE、ジャパンブルーエコノミー技術研究組合さんのほうで、CO<sub>2</sub>吸収量をクレジット化し、それを販売するといったところから、非常にこの辺りブルーカーボンというのは注目されてきたな、注

### ブルーカーボンとは

沿岸・海洋生態系が光合成によりCO<sub>2</sub>を取り込み、その後海底や深海に蓄積される所のことを。ブルーカーボンと呼びます。2009年に公表された国連議定書(UNEP)の附書「Blue Carbon」において紹介され、吸収対策の新しい選択肢として世界的に注目が集まるようになりました。ブルーカーボンの主要な吸収源としては、海草(海藻・海草)や海藻地帯・干潟、マングローブ林が挙げられ。これらは「ブルーカーボン生産地」と呼ばれています。(環境省より抜粋)

### 本講演の内容

「沿岸・海洋生態系における放熱減碳化実績集・緩和策実証実験」において、丸の内町と連携して、総務省標準により推定するCO<sub>2</sub>吸収量を算定した結果を示すもの。2013年度、北海道開拓技術研究開発院は「世界CO<sub>2</sub>吸収に寄与するブルーカーボン生産地によるCO<sub>2</sub>吸収量の算定手法」にて発表。

図3.2.1