

北海道の漁港における係留船舶の動揺の実態について

AN INVESTIGATION OF MOORED SHIP MOTIONS AT FISHING PORTS IN HOKKAIDO

佐藤典之¹・佐伯 浩²

Noriyuki SATO and Hiroshi SAEKI

¹正会員 工修 北日本港湾コンサルタント(株) 技術部 (〒003-0029 札幌市白石区平和通2丁目北11-18)

²フェロー 工博 北海道大学大学院工学研究科 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

The purpose of this study is to clarify the characteristics of moored ship motions at fishing ports in Hokkaido by using the results of questionnaire asking for fishing ports users.

It is considered that the characteristics of ship motions depend on geographical features, shape of ports and mooring conditions. The results of questionnaire demonstrate that the troubles in cargo handling caused by ship motions occur to nearly all of investigated fishing ports, and the troubles are caused by long period waves. So, it is effective to avoid the troubles by changing the shape of harbor and mooring conditions.

The allowable ship motions of fishing boats are $\pm 0.5\text{m}$ for surging, $+0.5\text{m}$ for swaying and $\pm 0.5\text{m}$ for heaving. These values are smaller than values of large size ships.

Key Words : Questionnaire, fishing ports, long period waves, allowable ship motions, troubles in cargo handling, damage caused by ship motions

1. はじめに

近年、長周期波による係留船舶の動揺が原因で発生する荷役障害や係留索切断などの問題に対し、様々な調査や研究がなされている。しかしこれらの調査は、大規模な港湾に対する事例（例えば平石ら¹⁾）は報告されているものの、漁港のような小規模

な港湾に対する事例は少ない。また、隣接する港湾での相関性など、海域の特性に着目して系統的に調査を実施した事例はほとんどみられない。

一方、荷役障害の実態を把握する上では荷役可能な限界動揺量が必要となるが、大型船に対する調査はUedaら²⁾の事例があるものの、漁船等の小型船に対する調査事例はほとんどない。

そこで本研究は、北海道がオホーツク海、太平洋、日本海の3つの海域に囲まれている特異な環境にある点に着目し、北海道の漁港の利用者を対象にアンケートを実施して船体動揺の実態について調査を行い、その特性について考察したものである。

2. 調査方法

調査は、図-1 に示す北海道内の3, 4種漁港24港を対象として、実際に漁港を利用している漁業者にアンケート表を配布し、各漁業組合を通じて回収する方法で実施した。調査内容は、表-1 に示す通りで、合計344件の回答が得られた。また、アンケートだけでは不明な点については、漁業者に対する聞き取りを実施して、より詳細な調査を行った。

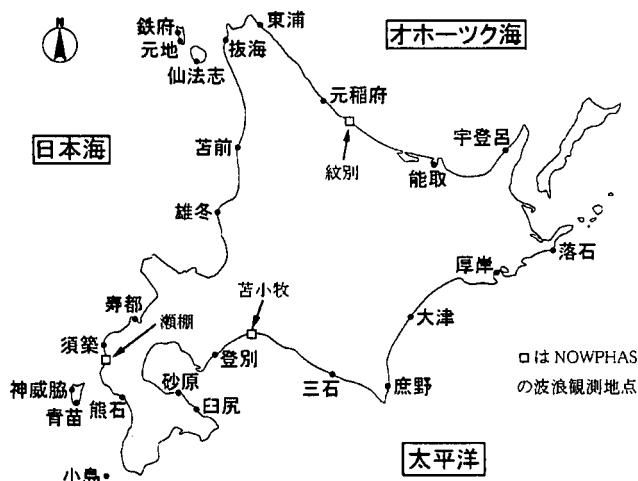


図-1 調査対象漁港

表-1 アンケート内容

荷揚時と休憩時の係留場所と係留方法 ※各漁港の面図を示し具体的な記入を依頼	
使用船舶の諸元 (トン数、係留索の種類)	
対象魚種と漁の期間	
年齢と性別	
荷役限界動揺量 (サージ、スウェイ、ヒープ)	
荷役障害	動揺により荷役作業ができなくなったことはあるか
	発生時期
	発生頻度
	発生時の気圧配置
	発生時の動揺周期
	発生時の風向
	発生時の波向
長周期波	長周期波によるとと思われる動揺が発生したことはあるか
	発生時期
	発生頻度
	発生時の気圧配置
動揺対策	休憩中に動揺が発生し、何らかの対策を取ったことはあるか
	発生時期
	発生頻度
	対策方法
動揺による被害	動揺により被害を受けたことがあるか
	発生時期
	被害内容

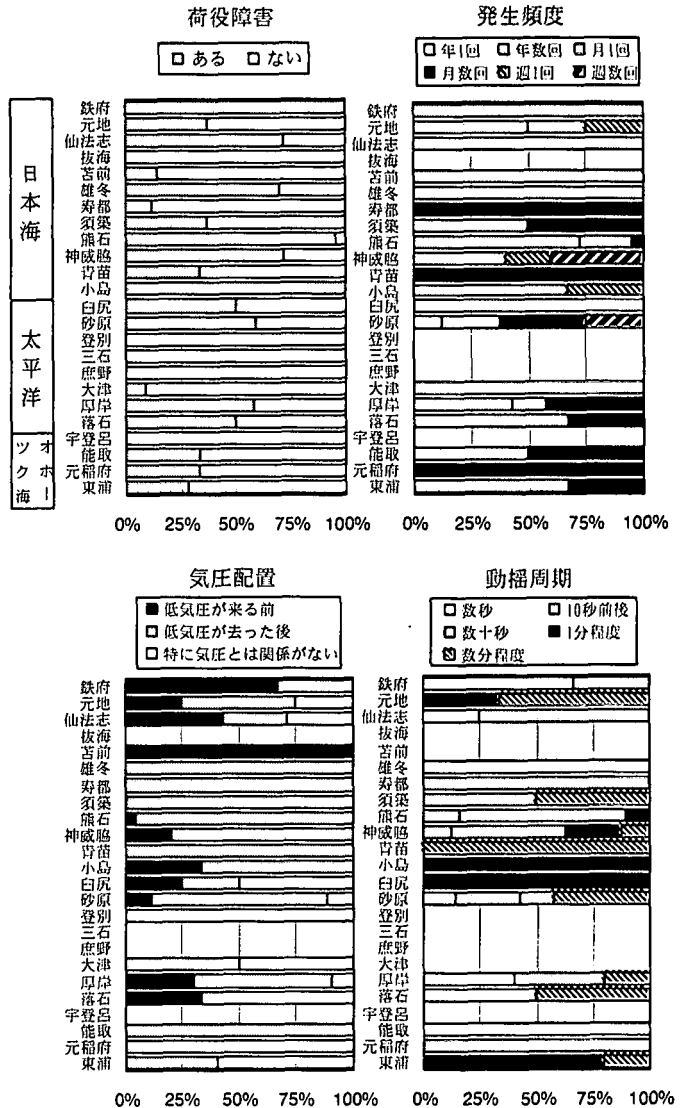


図-2 荷役障害の発生状況

3. 調査結果と考察

(1) 荷役障害

図-2 は、動揺による荷役障害の発生状況に関する調査結果である。動揺による荷役障害があるとの回答が50%以上を基準と考えれば、24港中10港で荷役障害が発生していることになる。

発生頻度は、年数回が大半を占めている。なお、月数回の頻度が次に多いが、ヒアリングの結果、1年を通してではなく障害が発生している月にのみ数回発生するという意味であり、年数回に準ずる頻度であることがわかった。

発生時の気圧配置は、低気圧が去った後が大半を占めており、低気圧通過後に来襲するうねりによって荷役障害が発生していることが窺える。

動揺周期は漁港によって、また同じ漁港でも漁業者によって異なる結果となっている。これは、漁業者個人の体感を元にした調査のために個人差がでたとも考えられるが、漁港によって異なる傾向を示していることは、動揺周期が海域特性よりも周辺の地形や港形、係留方法などに依存しているためと考えられる。

図-3 は、オホーツク海側、太平洋側、日本海側で荷役障害が発生している漁港のうち各1港(順に

東浦、砂原、神威脇)について、荷役障害が発生する月と平均有義波高の関係を示したものである。縦軸の回答率は荷役障害があると回答した人のうち、その月に荷役障害があると回答した人の割合である。なお、各月の平均有義波高は、対象漁港では実際に波浪観測が行われていないため、永井³⁾によるNOWPHASの30か年統計から、同じ海域の隣接する港湾(順に紋別、苫小牧、瀬棚。地点は図-1を参照)の観測値を示している。

図-3に示すように、荷役障害ありの回答率と平均有義波高には明らかな相関が見られる。ここに示していない他の漁港についても、荷役障害ありの回答率と平均有義波高には3つの海域に応じて同様の相関が現れていることから、荷役障害の発生時期は海域の波浪出現特性に依存し、高波浪時に発生していることが明らかとなった。なお、東浦漁港で1月~3月に荷役障害がないのは、流氷の影響でオホーツク海側ではこの時期に漁が行われていないためである。

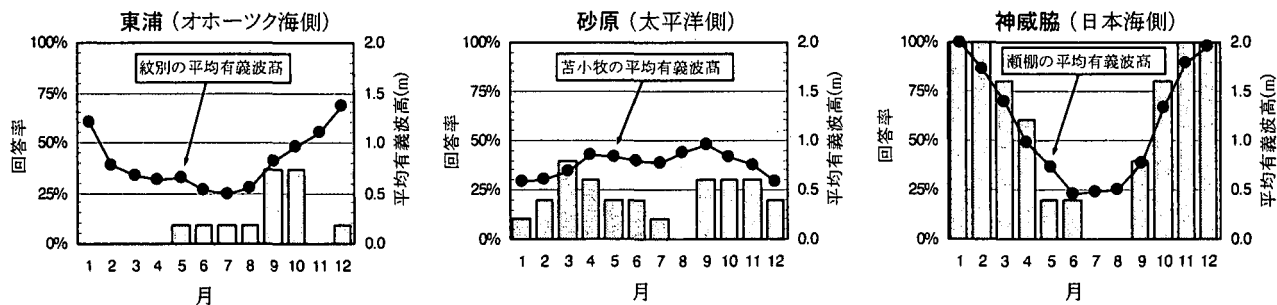


図-3 荷役障害の発生する月と隣接する港湾の平均有義波高の関係

(2) 長周期波によると思われる動揺

図-4 は、長周期波によると思われる動揺の発生状況に関する調査結果である。回答率が50%以上、すなわち長周期波によると思われる動揺が発生しているのは24港中半数の12港となる。ただし、回答率が50%を下回る漁港のうち、荷役障害ありよりも長周期波ありの回答率が上回っている漁港が6港ある。このことは、問題となるような荷役障害が起きていない漁港でも、長周期波による動揺は起きていることを示唆していると考えられる。この点を考慮すると、24港中18港で長周期波によると思われる動揺が発生していることとなり、海域に関係なく大半の漁港で長周期波が発生している結果となった。

発生頻度については年数回、気圧配置は低気圧が去った後が大半を占めており、荷役障害の発生状況

とはほぼ同様の傾向にある。

図-5 は、図-3 と同じ3港において、長周期波によると思われる動揺が発生する月と平均有義波高の関係を示したものである。図-5 に示すように、長周期波によると思われる動揺ありの回答率と平均有義波高には、荷役障害と同様に明らかな相関が見られる。ここに示していない他の漁港についても、3つの海域に応じて同様の相関が現れている。このように、荷役障害の発生状況と長周期波によると思われる動揺の発生状況は関連性が高い。そこで、両者の関連を調べるために、荷役障害の有無に対して長周期波によると思われる動揺の有無の回答率を示したものが図-6 である。図-6 より、荷役障害がある19港のうち、長周期波によると思われる動揺ありの回答率が50%以上を占めるのは14港にも上ることが

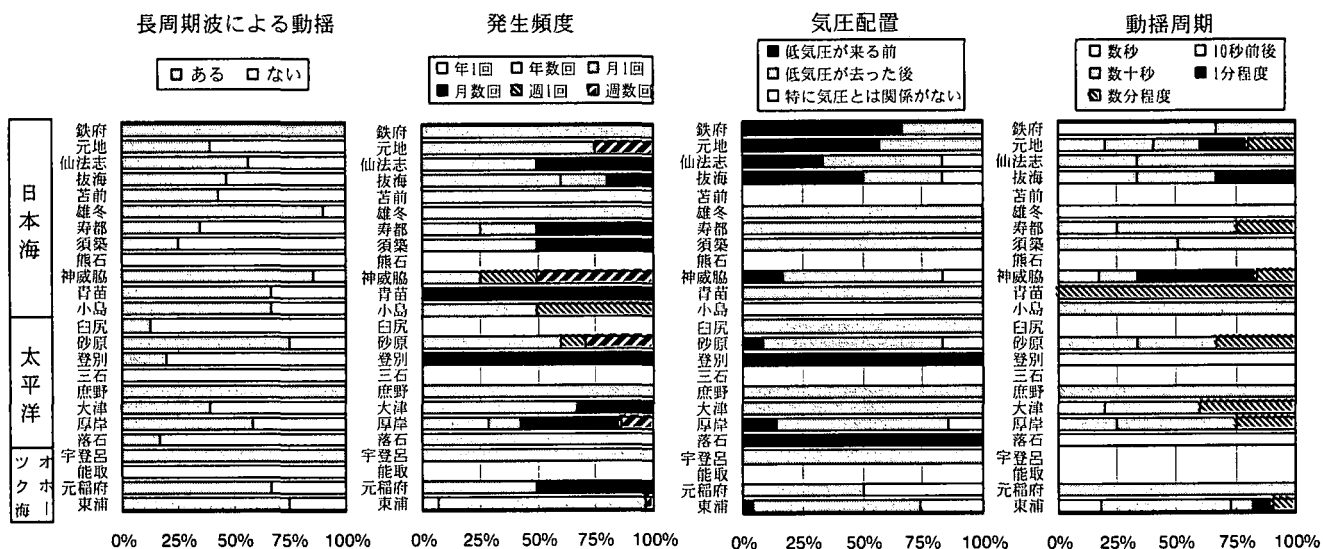


図-4 長周期波によると思われる動揺の発生状況

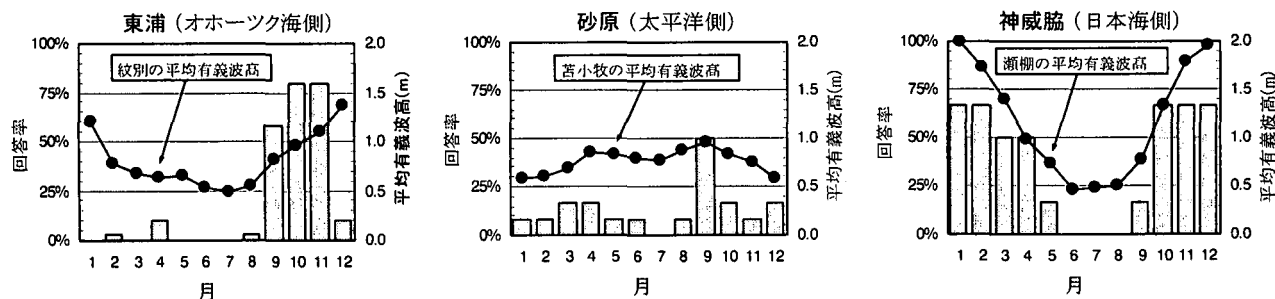


図-5 長周期波によると思われる動揺の発生する月と隣接する港湾の平均有義波高の関係

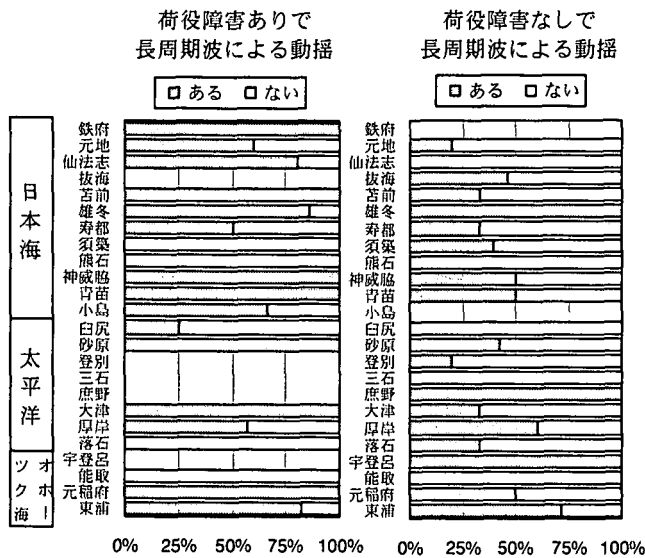


図-6 荷役障害の有無と長周期波によると思われる動揺の有無の関係

分かる。以上の結果から、荷役障害は長周期波によって引き起こされている可能性が高いと考えられる。

次に、隣接する2港に着目すると、東浦と元稲府、青苗と神威脇、雄冬と苦前、元地と鉄府では両方で動揺が発生しているのに対し、落石と厚岸、砂原と臼尻、須築と寿都ではどちらか一方にのみ動揺が発生している。また、動揺周期は荷役障害時の動揺周期より長い傾向にあるが、荷役障害の発生状況と同様に、漁港によって異なる傾向を示している。以上の点から、長周期波によると思われる動揺の特性は、海域の特性によらず周辺の地形や港形、係留方法に依存していると考えられる。この点を考慮すれば、長周期波による動揺への対策としては、外洋からのうねりや長周期波の進入を防ぐよりも、港形や係留方法を変えることで固有周期を変えることが効果的であるとされる。

以上の結果を踏まえ、長周期波によると思われる動揺が発生している漁港に対しヒアリングを実施した結果、東浦、元稲府、厚岸、砂原、雄冬、神威脇、鉄府の7港で、長周期波による荷役障害が発生している可能性が高いことが明らかとなった。このうち、雄冬に隣接する遠別では、三船ら⁴⁾が現地観測を実施しており、港内外で長周期波の存在を確認している。また、元稲府については、筆者らが現地調査と数値解析を実施して長周期波による動揺が発生していることを確認しており、現在その成果を取りまとめ中である。

(3) 休憩時の動揺対策

図-7 は、休憩時に発生した動揺に対する対応状況の調査結果である。休憩時の動揺に対し対策を取ったことがあるとの回答率が50%以上を占めるのは24港中12港である。ただし、全く対策を取っていない漁港は2港しかないことから、ほとんどの漁港

休憩時の動揺対策

対策方法

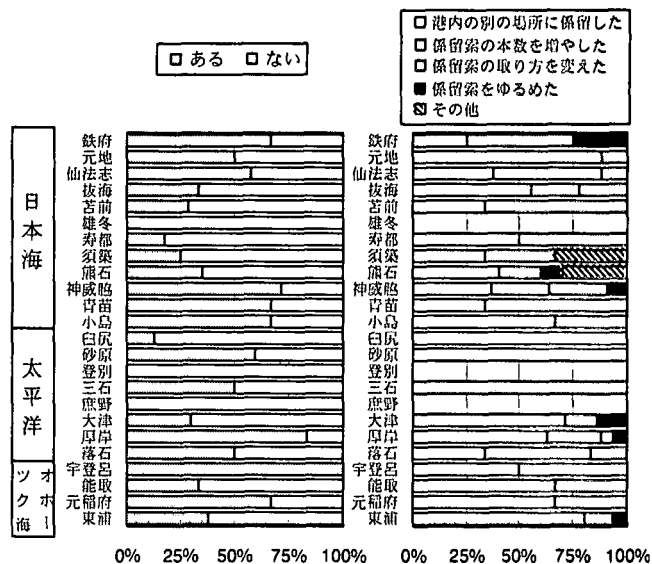


図-7 休憩時の動揺の発生状況

で対策が必要となるような動揺が起きていることが明らかとなった。また、この12港のうち9港は長周期波によると思われる動揺が起きていると50%以上が回答していることから、対策が必要となるような動揺は長周期波が原因となっている可能性が高いと考えられる。

対策方法としては、係留場所を変える方法と係留索の本数を増やす方法が多く取られていることが分かった。

(4) 動揺による被害

図-8 は、動揺による被害の発生状況の調査結果である。動揺による被害を受けたことがあるとの回答率が50%以上を占めるのは24港中10港である。ただし、全く被害を受けていないのは2港のみであることから、ほとんどの漁港で被害が起きていること

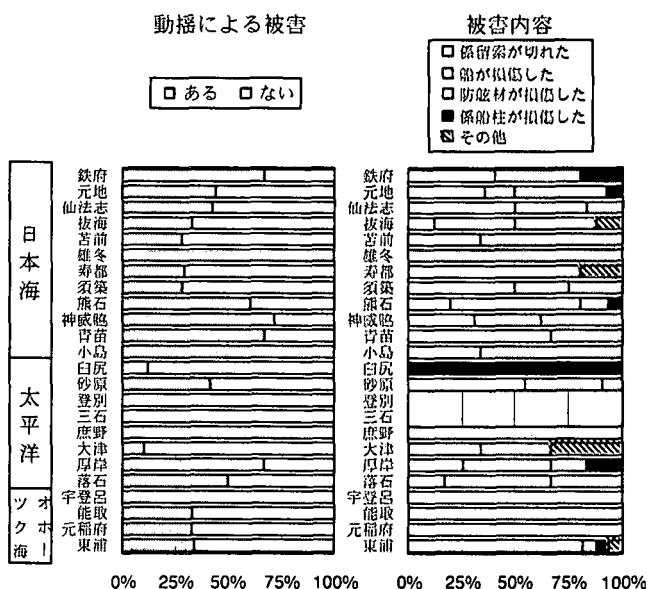


図-8 動揺による被害の発生状況

が分かった。また、休憩時の動揺対策と同様に長周期波との関連性をみると、10港中8港が長周期波による動揺が起きていると50%以上が回答していることから、動揺による被害も長周期波が原因となっている可能性が高いと考えられる。以上の結果から、風波に対しては効果のある防波堤でも、うねりや長周期波による動揺は防げない事が窺える。

被害内容としては、係留索の切断、船の損傷、防舷材の損傷が多いことが分かった。

なお、庶野と宇登呂において、荷役障害が起きていないにもかかわらず被害の回答率が100%となっているのは、被害が休憩時に起きているためである。

4. 漁船の荷役限界動揺量

図-9 は、荷役限界動揺量に関する調査結果である。なお、船体の運動はx, y, zの各軸方向の並進運動と各軸回りの回転運動の6成分を持っているが、荷役作業において小型船は大型船ほど回転運動の影響を受けないことと、漁業者に対するヒアリングによって特にサージングとスウェイングが荷役作業上問題となっているとの回答が得られたことから、並進運動のみに着目することとした。

図-9 から明らかなように、サージングについては±0.50mが最も多く、スウェイング（岸壁から離れる方向のみの動揺）については0.25mと0.50m、ヒーピングについては±0.25mと±0.50mが多い結果となった。平均値では、表-2 に示す値となることから漁船の荷役限界動揺量としては、表-2 の値が目安になると考えられる。

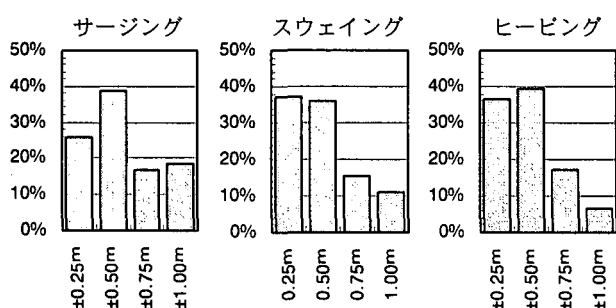


図-9 荷役限界動揺量の頻度分布

表-2 荷役限界動揺量の平均値

サージング	±0.50m
スウェイング	0.50m
ヒーピング	±0.50m

Uedaら²⁾によると、貨物船やタンカーなどの大型船に対する荷役限界動揺量として、サージング：±1.0m、スウェイング：0.5m～1.0m、ヒーピング：±0.5mという値が示されている。今回の調査結果は、サージング、スウェイングについてはいずれも大型船より小さな値となっており、小型船で荷役を行う

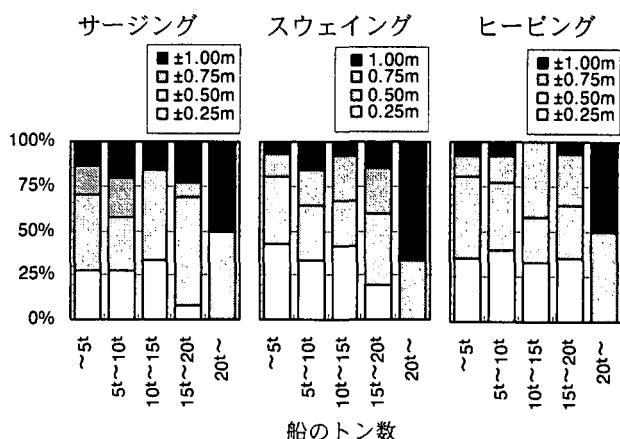


図-10 船の大きさに対する荷役限界動揺量の頻度分布

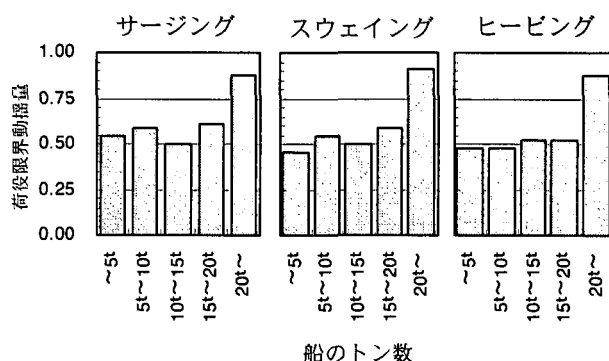


図-11 船の大きさと荷役限界動揺量の平均値の関係

ためには大型船よりも静穏性を向上させる必要があることが明らかとなった。

次に、船の大きさと荷役限界動揺量の関係について調べるために、漁船のトン数の階級ごとに荷役限界動揺量をまとめたものが図-10、図-11である。図-10は船の階級ごとの荷役限界動揺量の頻度分布を、図-11は、船の階級ごとの荷役限界動揺量の平均値を表す。図-11より、漁船の大きさに応じて荷役限界動揺量は大きくなる傾向にあることが明らかとなった。

5. 結論

本研究における結論は次の通りである。

- 1) 隣接する漁港でも荷役障害が発生する漁港と発生しない漁港があること、動揺周期は漁港により異なっていることから、動揺の発生傾向は海域による波浪特性よりも周辺の地形や港形、係留方法などに依存していると考えられる。ただし、荷役障害の発生時期は海域で共通しており、低気圧通過後の高波浪時に発生していることが明らかとなった。
- 2) 長周期波によると思われる動揺は、海域に関係なく大半の漁港で発生しており、周辺の地形や港形、係留方法に依存した特性を持っていると

考えられる。また、気圧配置、発生時期などの発生状況が荷役障害の発生状況と似通っていること、荷役障害ありで長周期波によると思われる動揺があるとの回答率が高いことから、荷役障害は長周期波によって引き起こされている可能性が高いと考えられる。これらの点を考慮すれば、長周期波による動揺・荷役障害への対策としては、外洋からのうねりや長周期波の進入を防ぐよりも、港形や係留方法を変えることで固有周期を変えることが効果的であると考えられる。

- 3) 大半の漁港で休憩時に対策が必要となるような動揺が起きており、その原因は長周期波である可能性が高いと考えられる。
- 4) 大半の漁港で動揺による被害が発生していることから、風波に対しては効果のある防波堤でも、うねりや長周期波による動揺は防げない事が窺える。
- 5) 漁船の荷役限界動揺量は、平均でサージング±0.50m、スウェイング0.50m、ヒーピング±0.50mという調査結果が得られた。これは、大型船の値に比べると小さな値となっており、漁船の荷役作業においては大型船よりも静穏性を向上させる必要があることが分かった。また、船の大きさに応じて荷役限界動揺量は大きくなる傾向にあることが明らかとなった。

今後は、長周期波による荷役障害が発生している可

能性が高い漁港に対して現地観測を実施し、対策方法について研究を行う予定である。

謝辞：本研究を実施するに当たって、北海道開発局農業水産部水産課の伊藤勝一課長、中村 誠係長には、アンケート調査に際し多大なる協力を頂いた。また、各漁業組合長を始め関係者の方々には、アンケートの配布と回収の労を執っていただいた。さらに、漁業者の皆さんには、アンケート調査に協力いただき、多数の貴重な回答を頂いた。ここに改めて謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 平石哲也・白石 悟・永井紀彦・横田 弘・松渕知・藤咲秀可・清水勝義:長周期波による港湾施設の被害特性とその対策工法に関する調査, 港湾技研資料, No.873, 39p., 1997.
- 2) Ueda, S. and Shiraishi, S.: The Allowable Ship Motions for Cargo Handling at Wharves, REPORT OF THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE, Vol.27 No.4, pp.3-61, 1988.
- 3) 永井紀彦: 全国港湾海洋波浪観測30か年統計(NOWPHAS1970-1999), 港湾空港技術研究所資料, No.1035, 388p., 2002.
- 4) 三船修司・川口 勉・松本英明・渡辺博美・荒井直人・山下俊彦: 北海道日本海沿岸の長周期波特性と漁港内の漂砂現象に関する現地観測, 海岸工学論文集, 第48巻, pp.546-550, 2001.