

## II-71

## 氷板存在下における波浪の伝播と有義波周期に関する一考察

アルファ水工コンサルタンツ 正員 吉野 真史

今津 雄吾

正員 見上 敏文

1. はじめに

地球温暖化が唱えられて久しいが、オホーツク海においても近年海水量の減少が問題とされている。従来、海水量が多く海面を完全に覆うような状況では沿岸に波浪は来襲せず、オホーツク海沿岸は穏やかな海象条件であった。しかしながら最近では海水量が減少したことにより、海水域を通過して波浪が来襲するようになってきている。また、この波浪は波高と比して周期が非常に長いうねり性の波浪の特徴を持つため、浅海域に至った場合、風波と比して砕波波高が非常に大きくなる。これは、既存の風波を対象として導かれた設計波よりも大きな波高が冬季に来襲する可能性を暗示しており、実際に防波堤越氷が、しばしば起きている。

筆者の一人はこの状況に鑑み、海水存在時の波浪推算モデルを構築することを目的として、海水存在時の標準スペクトル<sup>(1)</sup>、海水の存在を考慮した物理因子重回帰モデルによる波浪推算モデル<sup>(2)</sup>、を提案している。この一連の研究の中で問題となった点は、海水による有義波高低減効果および有義波周期増大効果である。波浪が氷板下を通過する際、剛体である海水を動かすことにエネルギーが消費されるため、波高が減衰することは直感的に理解できる。これについては種々の実験的研究がなされており、堺<sup>(3)</sup>が詳しくまとめている。これらの実験的研究においては波高低減効果の周期依存性も研究されており、周期が長いほど海水によるエネルギー減衰が少ないことが明らかになっている。しかしながら、各周波数成分スペクトルに拡張し、最終的な有義波周期としてどのような影響がもたらされるかについての研究事例はない。簡単に考えれば周期の長い成分が海水を通過し、周期の短い成分が消滅するため、結果としてスペクトル形が低周波側へシフトし有義波周期が増大するといえる。

本研究の目的は、検討の第一段階として風波の標準スペクトル形を持つ波浪が氷板を通過した場合スペクトル形がどのように変化し、有義波周期がどのように変化するかを簡単な数値実験で検討し、ごく大まかな傾向を把握することである。

2. 海水存在時の波浪の特徴

一例として、図-2.1に紋別港1993年の擾乱時における波長と有義波高の関係を示す。図中黒丸が常時、白丸が海水存在時の結果である。図から明らかのように、海水存在時には波形勾配が小さいうねり性の波浪の頻度が高い。また、図-2.2に同じく紋別港で観測された海水存在時の周波数スペクトルと後述する後藤らが提案した風波の標準スペクトルとの比較の一例を示す。一般的な傾向として、海水存在時はピーク周波数近辺にエネルギーが集中した鋭い形状を示す。

以上のように海水存在時は擾乱期間においても波形勾配が小さく、ピーク周波数近辺にエネルギーが集中した、いわゆるうねり性の波浪の特徴を示す。

---

 Study on Relation of Ice Floes to Wave Propagation and Significant Wave Period.

by Masafumi YOSHINO, Yuugo IMAZU, Toshifumi MIKAMI

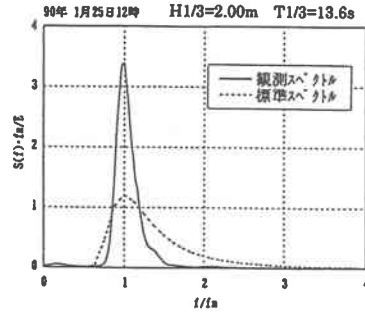
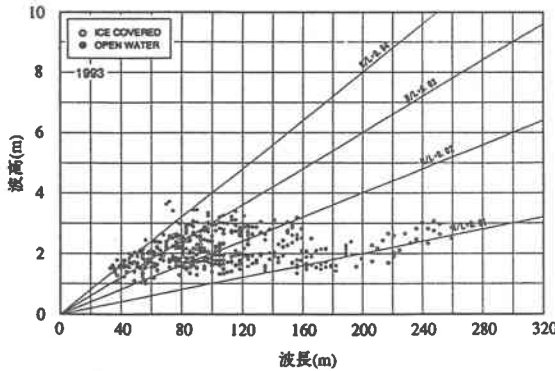


図-2.1 擾乱時における波長と有義波高の関係 図-2.2 海水存在時の波浪の周波数スペクトル

### 3. 数値実験の概要

風波の標準スペクトル形を持つ波浪が氷板下を通過した場合有義波周期がどのように変化するかを検討する。与える標準スペクトル形は後藤・青野が提案した<sup>(4)</sup>拡張JONSWAPスペクトルであり、有義波高・有義波周期を与えればスペクトル形が算出される。検討した有義波諸元は表-3.1に示すとおりである。有義波高は一般に波浪注意報が発令される値 $H_o=3.0\text{m}$ から、有義波周期は、波高に対して波形勾配 $H_o/L_o=0.031$  ( $S_{max}=10$ となる最低の値)とする。

表-3.1 検討有義波諸元

有義波高(m)	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
有義波周期(sec)	7.9	9.1	10.1	11.1	12.0

氷板による波高減衰効果は式(3.1)で示される。

$$H/H_{init} = \exp(-AX/L) \quad \text{..... (3.1)}$$

ここに、A：減衰係数、X：氷板長、L：波長、H：氷板通過後の波高、 $H_{init}$ ：初期波高

実際には波浪のパワースペクトルすなわちエネルギーを対象とするため式(3.1)を2乗した式を用いる。算出された風波の標準スペクトルの各成分にこの式を掛けることによって、氷板通過後のスペクトル形が得られる。なお、減衰係数Aは確定した値がないため、一般に $10^{-4}$ のオーダーといわれていることから、 $10^{-4}$ とする。波長Lは成分波各々の沖波波長とする。氷板長は10kmから100kmまで10km刻みで増加させる。そして、氷板長と有義波周期の変化を検討する。スペクトルから有義波諸元への換算は式(3.2)に従う。

$$m_n = \int_0^{\infty} f^n S(f) df$$

$$H_{1/3} = 3.73 \sqrt{m_0}$$

$$T_{1/3} = 1.20 \sqrt{m_0/m_2} \dots\dots\dots (3.2)$$

#### 4. 氷板長と有義波周期の関係

図-4.1に氷板通過前と通過後の周波数スペクトルの一例を示す。図から明らかなようにピーク周波数より低周波側ではエネルギーの減衰が小さいが、ピーク周波数から高周波側ではエネルギーの減衰が大きい。次に有義波高3.0mの場合における氷板長と、氷板通過前後の有義波周期の比で示される有義波周期増加率との関係を図-4.2に示す。氷板長と有義波周期増加率の関係は2次の放物線近似で示されることがわかる。

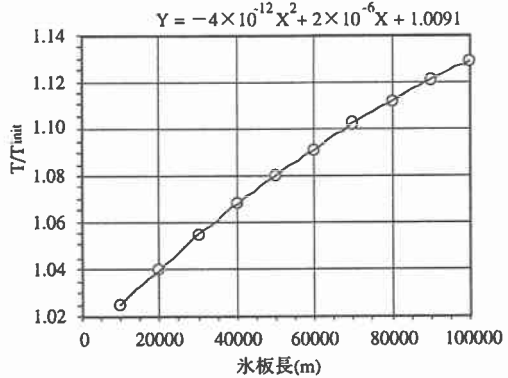
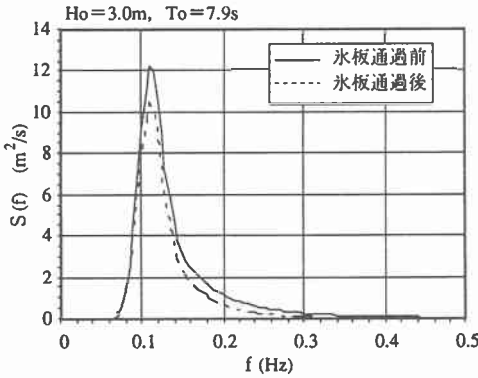


図-4.1 氷板通過前後の周波数スペクトルの比較

図-4.2 氷板長と有義波周期増大効果の関係

#### 5. 初期有義波周期とその増大効果の関係

図-5.1に氷板長100kmにおける有義波周期増大効果の初期有義波周期（氷板通過前の有義波周期）依存性を示す。初期周期に対して周期増大効果は線形に減少する。これは、氷板を通過する前の有義波周期が長いほど氷板の効果が薄れることを示している。

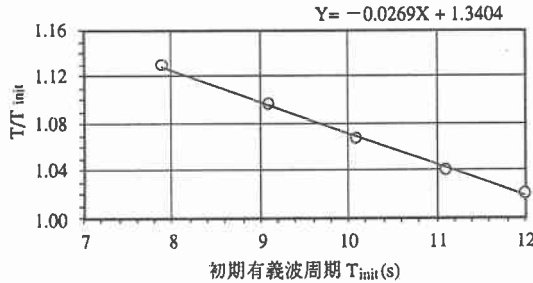


図-5.1 氷板長km100における有義波周期増大効果の初期有義波周期依存性

## 6. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- ① 氷板通過後の風波の周波数スペクトル形は、ピーク周波数より低周波側ではエネルギーの減衰が小さいが、ピーク周波数から高周波側ではエネルギーの減衰が大きく、全体として低周波側にシフトした形状となる。
- ② 氷板長と有義波周期増加率の関係は2次の放物線近似で示される。
- ③ 氷板を通過する前の有義波周期が長いほど氷板の効果が薄れる。

今後の課題としては上記結果の力学的検討を行うことが挙げられる。

### [参考文献]

- (1) 笹島隆彦, 早川哲也, 吉野真史, 後藤智明(1996): 海水存在時における風波の周波数スペクトル特性, 海岸工学論文集, 第43巻, pp.431-435.
- (2) 早川哲也, 笹島隆彦, 吉野真史, 後藤智明(1997): 海水存在時における波浪推算に関する研究, 第12回オホーツク海と流水に関する国際シンポジウム講演要旨集, pp.59-64
- (3) 堺茂樹(1995): 波浪と氷板の干渉, 1995年度(第31回)水工学に関する夏期研修会講義集Bコース, pp.B-2-1-B.2.19.
- (4) 後藤智明, 青野利夫(1993): 沿岸域における風波の周波数スペクトル特性と無次元パラメータの特性, 港研報告, 第32巻第1号, pp.53-99.