波浪による流氷の陸上への遡上について

Run-up of Ice Floes on Sloping Beach due to Waves

小浜 等*・高橋良正**・今泉 章***・榎 国夫****・佐伯 浩*****

Hitoshi. Kohama, Yoshimasa. Takahashi, Akira. Imaizumi, Kunio. Enoki, Hiroshi. Saeki

The Okhotsk Sea coast of Hokkaido is rushed by drift ice every winter. Sometimes aquaculture and fishery resources have been damaged by the movement of drift ice. When the ice concentration is low, ice floes are brought on sloping beach by waves. On the coasts of Omusaro, Monbetu airport and Sanri which are facing to Okhotsk Sea, the authors observed run-up height, size and shape of ice floes on sloping dry beaches. And the position, size, thickness and run-up height of run-up ice floes on sloping beach are clarified.

Keywords: run-up, drift ice, ice floe

1. はじめに

北海道のオホーツク海沿岸に襲来する流氷は、プランクトンの増加を促し水産資源に重要な役割を担うとともに冬期間の貴重な観光資源として寄与する一方、海岸構造物やこんぶ・ホタテなどの水産資源とその養殖施設などへ深刻な被害を及ぼすことがある。また、汀線付近に遡上した数多くの流氷が堤状を成し、波による海岸変形を促す場合もある。これらの被害に対応するためには、流氷の遡上高やその大きさ、数などを予め知る必要があるが、調査が行われた例はない。実際には、氷盤の制御を確実にするためには流氷の大きさを明らかにすることが重要で、その影響するものとしてまとめたものが表-1である。

本研究は流氷の遡上の調査を行い、またこれに関連して多少の実験を行ったものである。

表-1 氷盤制御施設に対して氷盤の大きさが与える影響

氷盤の移動制御	固定（着定）式構造物	Pack Ice Barrier	構造物の設置間隔、構造物材の間隔
		Jacket Type	構造物の設置間隔、構造物材の間隔
		Ice Breaker Frame	構造物の設置間隔と配置、構造物材の間隔
		HITS	構造物の設置間隔と配置
		Multi Legged Structure	構造物の設置間隔と配置
	浮体式構造物	浮体式防氷施設	氷厚と代表径の比が制御効果へ影響
		Ice Boom	氷厚と代表径の比が制御効果へ影響
		新型Ice Boom	氷厚と代表径の比が制御効果へ影響 メッシュの間隔
	アーチ形成の利用		氷の代表径と構造物の間隔の比が制御効果へ影響
越氷制御	防波堤	混成式防波堤	氷厚と代表径が越氷量へ影響
		消波ブロック被覆堤	氷厚と代表径が越氷量へ影響、ブロックの安定性
		傾斜堤	氷厚と代表径が越氷量へ影響、ブロックの安定性

2. 調査内容とその結果

現地調査はオホーツク海沿岸において1993年3月8日に紋別市の東に位置する紋別空港の海岸、9日に紋別市の西のオムサロ原生花園海岸とサロマ湖の西の湧別三里浜で行った(図-1)。内容はそれぞれの海岸において汀線に平行に50mの範囲で平板測量を行い海岸地形及び流氷の遡上位置と高さを、またそれぞれの流氷について大きさ・厚さ・形状を測定した。

* 正会員
** 学生会員 北海道大学大学院
*** 正会員 (株)西村組

**** 正会員 秋田工業高等専門学校
***** 正会員 北海道大学工学部土木工学科
(060 札幌市北区北13条西8丁目)

図-1 調査地点

図-2に各地の測量結果を示す。なお汀線は平均水面(M.S.L.)で補正し、図中の○・△・□は遡上した流水の形を示している。

遡上高0.5mごとに存在する遡上氷の数の、全遡上氷に占める割合を図-3に示す。これらによれば遡上氷はM.S.L.+0.5~1.5mあたりが最も多く、全体の約60%を占めていることがわかる。また、汀線近傍では氷の数が少ないが、これは満潮時に沖へ持ち去られたことによると考えられる。

次に、各遡上氷の面積を同面積の正方形に換算し、その辺長 a の全遡上氷に占める割合を図-4に、また辺長 a に対する厚さ h の関係を図-5に示す。図-4から、遡上氷は a が1.0~2.0mのものが最も多く、全体の約60%を占めている。國松らは、1992年3月に宇登呂の海岸において、汀線から沖出し1,400mまでの流水の大きさの分布について詳細な調査を行っており、図-6にこの結果を示す。図-4と図-6を比較すると、前者は後者の辺長 a を1/2とした分布に酷似しており、また両調査結果は a が5mを越える氷盤は波による陸上への遡上が困難であることを示している。

図-7(1)~(7)は遡上高ごとの a の頻度である。これらから、汀線近くには a が3.0mを越える大きな氷も存在するが、遡上高が2.0mを越えると a が1.5m以下のものが大半を占めている。

図-3 氷の遡上高

図-2 調査結果

図-4 遡上氷の大きさ

図-5 遡上氷の大きさと厚さの関係

図-6 流水の大きさ（國松等の調査結果）

図-7 遡上高ごとの氷の大きさの頻度分布

3. 実験とその結果

実験は、図-8に示す実験水路で1/25スケールで行った。

実験1は汀線より2m沖に模型群を放ち、300波を与えたときの模型の遡上高を測定した。またビデオ撮影を行い、遡上の様子を観察した。なお図-4, 5から得た結果から、パラフィン製の模型流水の大きさとその数を表-1の通りとした。また調査を行った海岸での、遡上が起きたと思われる平成5年2月の波高はおよそ2m前後であり、一般的にこの海域の波の周期は6~8秒とされているため、実験の波高を4, 8, 12cm(実規模1, 2, 3m)、周期を1.2, 1.6秒(実規模6, 8秒)とした。

実験2は、実験1と同様の諸元で、各模型流水が他の模型の影響を受けないよう、1個ずつに波を与えたときの遡上高を測定した。なお現地調査の値と比較するため、図中の数値は実規模で示している。また、実際の流水の遡上高は満潮位るとき最も高いと考えられるので、調査を行った網走地方の平均水面と遡上があったと思われる平成5年2月の平均的な満潮位との差0.5mで遡上高を補正してある。

図-9(1), (2)は実験2における波高Hと遡上高Rの関係である。これらによれば波高が高くなるに従い遡上高が増加する傾向がみられる。

図-10(1), (2)は実験2における周期Tと遡上高Rの関係である。これらから周期が長くなると遡上高が増加する傾向がわかる。

図-11(1), (2)は実験1, 2における沖波波形勾配 H_0/L_0 と無次元遡上高 R/H_0 の関係である。図中の実線は、Savilleの仮想勾配法による、仮想勾配が1/30のときの波の打ち上げ高を示している。実験1, 2とも a が小さいほど遡上高が大きくなっている。またこの程度(0.01~0.06)の H_0/L_0 の場合、 a/L_0 が0.02以上では遡上高は H_0/L_0 にそれほど影響を受けず、実線ともほぼ一致しているが、0.02以下になるとやや小さめとなっている。次に実験1と実験2を比較すると、実験1より2の方が $a=1m$ のものは R/H_0 が大きく、また a の大きなものは小さくなっている。これは、遡上する際に、小さなものは先に遡上した氷に行く手を阻まれ止まってしう現象がみられ、また大きなものは後から遡上しようとする氷に押されて遡上し、波力以外の外力が作用するためと考えられる。

4. 調査と実験結果の考察

調査と実験の結果を比較すると、遡上氷の辺長 a が小さいほど高く遡上する傾向は一致するが、現地の勾配が1/7~1/20であるのに対し、実験水路は1/30であることを考慮しても、遡上が起きたと思われる時期の波高で行った実験の遡上高が、実際の遡上高よりも低くなっている。これは実際に遡上が起きた日がはっきりせず、この時期の平均水面と満潮位の差が最大で0.8m以上あること、波高が特定できないうえ、遡上は最大波高に影響されると思われるので、遡上時には2mを越える波がきていた可能性があること、一旦遡上した汀線近くの流水が潮汐によってさらわれた可能

図-8 実験水路

図-9 波高Hと遡上高Rの関係(実験2)

表-2 模型の大きさと数

図中 記号	模型流水の 大きさ (cm)	実 規 模 (m)	枚 数
○	4 × 4 × 2	1 × 1 × 0.50	8
□	8 × 8 × 3	2 × 2 × 0.75	9
△	12 × 12 × 3	3 × 3 × 0.75	3
×	16 × 16 × 4	4 × 4 × 1.00	1

性があることによるものと思われる。

5. 結論

- 1) 遡上氷はM.S.L.+0.5~1.5mあたりに最も多く存在し、全体の約60%を占めている。
- 2) 遡上氷はa 1.0~2.0m のものが最も多く、全体の約60%を占めている氷厚Lは80%以上が30-80cmである。
- 3) 辺長aが5mを越える氷盤は波による陸上への遡上が困難である。
- 4) 氷盤の辺長が小さいほど遡上高は高くなる。
- 5) 氷盤の厚さが薄いほど遡上高は高くなる。
- 6) 遡上高に影響を与える氷盤の条件として上記の氷厚とと辺長があるが、氷厚の方が遡上高に大きく影響する。

図-10 周期Tと遡上高Rの関係 (実験 2)

図-11 H_o/L_o と R/H_o の関係

参考文献

- 1) 國松靖・原文宏・高橋良正・佐伯浩・榎国夫・今泉章：オホーツク海岸部の流水盤の大きさに関する研究，海洋開発論文集 Vol.9 (P.95~100) 1993
- 2) 佐伯浩・秋原真哉・高橋良正・堺茂樹：津波による氷盤の陸上への遡上に関する研究，寒地技術シンポジウム'92講演論文集 (P.432~436) 1992