

オホーツク海沿岸部の流水盤の大きさに関する研究 Study on size of drift ice at the Okhotsk Sea Coast of Hokkaido

國松 靖*・原文宏**・高橋良正*・佐伯 浩***
Sei Kunimatsu, Fumihiro Hara, Yoshimasa Takahashi, Hiroshi Saeki
榎 国夫****・今泉 章*****
Kunio Enoki, Akira Imaizumi

The Okhotsk Sea coast of Hokkaido is rushed by drift ice. Sometimes aquaculture facilities and fishery resources have been damaged by the movement of drift ice. And they affect activities of port and harbor. It is required that ice control facility are constructed for decreasing their damages.

When we design the Ice control structure the data about drift ice (size, thickness and concentration ratio) is needed. The authors observed drift ices at the Coast of Okhotsk Sea and clarified the distribution of ice size and the relation between size and thickness.

Keywords: drift ice, ice control, ice size, ice thickness

1. まえがき

オホーツク海の北西海域は11月の中旬頃から、海水が結氷温度である $-1.8\sim-1.9^{\circ}\text{C}$ となり結氷が始まる。北海道のオホーツク海沿岸にはオホーツク海北西海域で結氷した海水が北西の季節風と東樺太海流により流されてくる。その範囲は宗谷岬から知床半島それに根室半島にかけてであるが、根室海峡から流出した流水の一部は襟裳岬まで達する事があるし、宗谷海峡から流出した流水は、利尻・礼文島まで達する事もある。この流水の接岸時期は通常1月下旬ごろである。この流水の来襲とともに北海道の沿岸部に栄養塩やプランクトンが多量に運ばれ、水産資源に好影響を及ぼしている。また流水は最近のオホーツク沿岸の観光の目玉ともされている。

しかし、この流水によって岩礁部の昆布やウニに被害が及ぼされる事もあり、また、サロマ湖などでは湖口部からの流水の侵入によるホタテ貝やカキ貝、およびそれらの養殖施設の被害もある。また、港湾や漁港への流水侵入がもたらす人間活動への影響もある。流水によるこれらの被害を可能な限り減らすためには限られた水域の流水の移動の制御が必要となる。風や流れによって移動する氷盤の動きを制御するために、種々の構造物や施設が開発されていて、その一部はすでにオホーツク海沿岸に建設されている(Pack Ice Barrier)。また、高波浪による越波とともに氷盤が防波堤を越える現象(この現象を越氷という)により、流水が港内に侵入するがそれを防止するためにも越氷制御が必要となる。これに関してもいくつか基礎的な研究成果が発表されている。

氷盤の移動制御や越氷制御のための構造物や施設の設計に際しては、流水の個々の氷盤の大きさや厚さ、形状、それ表-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、構造部材の間隔
		Jacket Type	構造物の設置間隔、構造部材の間隔
		Ice Breaker Frame	構造物の設置間隔と配置、構造部材の間隔
		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	浮体式防水施設	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
	アーチ形成の利用		メッシュの間隔
越氷制御	防波堤	水の代表径と構造物の間隔の比が制御効果へ影響	
		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

* 学生会員 北海道大学大学院 (060 札幌市北区北13条西8丁目)

** 正会員 北海道大学大学院

*** 正会員 北海道大学工学部土木工学科

**** 正会員 秋田工業高等専門学校

***** (株)西村組

れに密接度についてのデータが必要となる。表-1 に氷盤の移動制御と越水制御のための構造物や施設の計画や設計において、氷盤の大きさが与える影響が示されている。

氷盤の移動制御に関しては、固定式（着底式）構造物については、その構造物の設置間隔や配置の決定、構造部材の間隔の決定に際して氷盤の大きさを知る必要がある。また、浮体式の構造物においては、氷盤の移動制御の効率に氷厚と氷盤の代表長さの比が影響する。特にサロマ湖などの湖口部のように流速の大きい場所に設置する場合、大きく影響する。新型のIce Boomの場合には氷盤をTrapするためのスチールワイヤーネットのメッシュの大きさの決定に際して氷盤の大きさが重要な要素となる。氷盤自身によるアーチ形成を人工的に誘導するための構造物を設置する場合にも構造物の間隔の決定に際して氷盤の大きさが重要な要素となる。また、越水制御に関しては、氷厚と氷盤の代表長さの比が越水量に影響するし、防波堤の被覆ブロックの安定性には氷盤の大きさや重量が強く影響する。以上述べたように、氷盤の大きさは、海水の移動制御や越水制御を行う場合、重要な設計要因となる。

本研究は1992年3月に北海道の宇登呂の海岸に接岸していた流水および1993年3月にオムサロ海岸、紋別空港海岸、三里浜に遡上していた流水の現地調査から沿岸部の流水の大きさを明らかにしたものである。それぞれの調査位置を図-1 に示す。

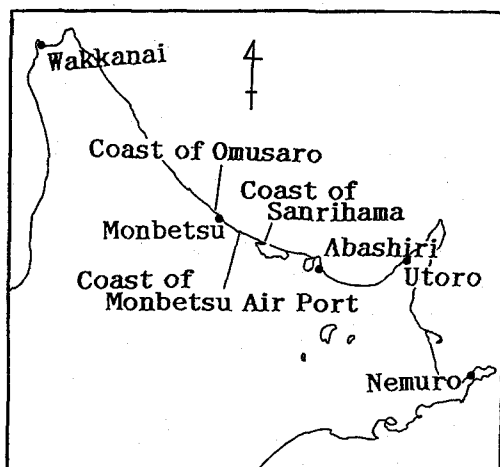


図-1 調査位置

2. 調査方法

2-1. 宇登呂海岸

平成4年3月13日から14日にかけて、オホーツク海に面する宇登呂漁港の南側海岸で調査を行った。この海域は、流水の動きが知床半島で阻止されるため、動きが少なく安全であるからである。調査範囲は、図-2 に示すように、汀線から沖出し1400mまでで、航空写真と現地踏査により、氷盤の大きさ、形状を測定した。航空機は同一高度を水平飛行をして撮影を行った。写真による歪み等を解消するため、実氷盤上に汀線から沖側に向けてスプレーラッカーで直線を引き、100m毎に直径10mの円を描いた。その円を基準に氷盤の大きさを算定した。

まず航空写真と現地踏査より流水とその場で結氷した定着氷とを判別し図化したものが図-3 (a)～(g)である。各ブロックの大きさは200m×150mである。図中の図3(a)の部分は沿岸部で結氷した定着氷である。また、図3(b)の部分は、新成氷（New Ice）である。これは結氷が始まって一日程度の結氷初期の領域で流水群の移動によってできたLeadが結氷したものである。離岸距離1400mを越える海域は海面がかなり出ている、氷盤移動が活発な水域と判断された。よって流水の大きさの解析は離岸距離0～1400mの範囲で行った。流水の大きさは、図-3 より、ディジ

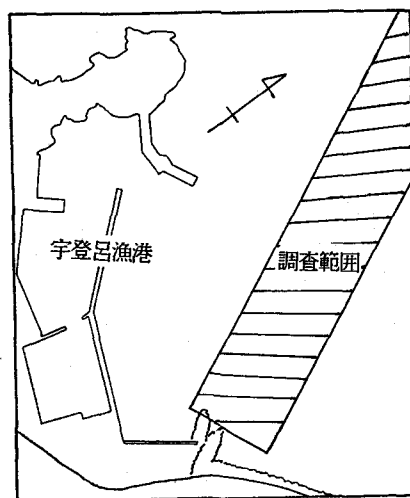


図-2 調査範囲

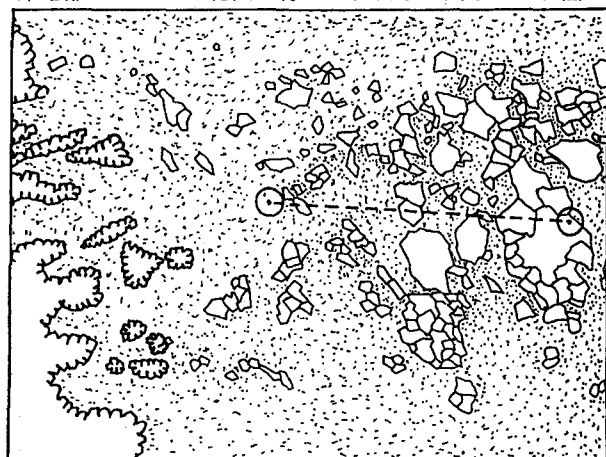


図-3 (a) 0-200m



図-3 (b) 200-400m

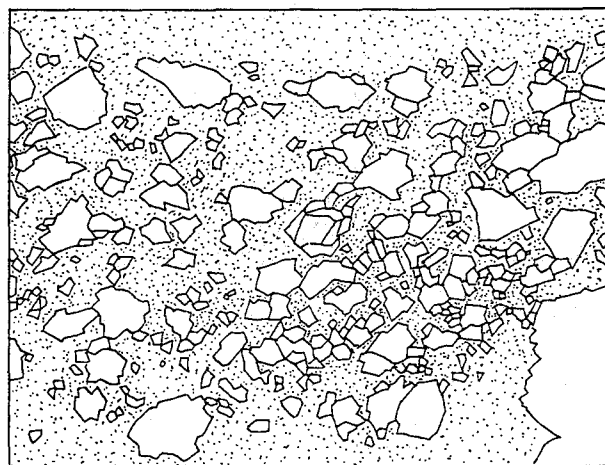


図-3(c) 400-600m



図-3(d) 600-800m

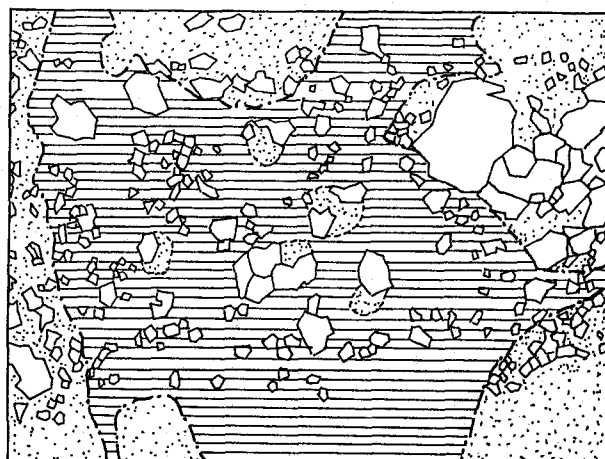


図-3(e) 800-1000m

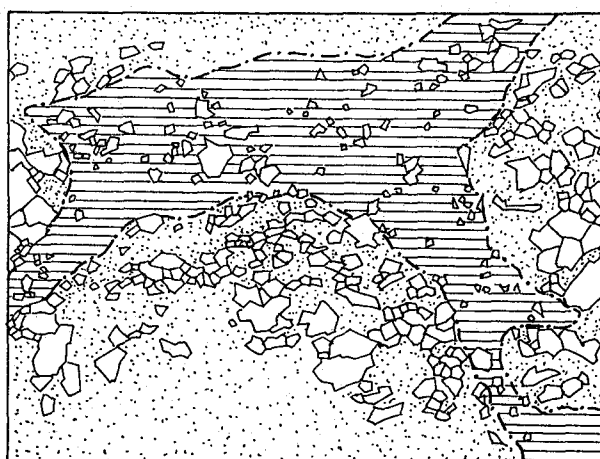


図-3(f) 1000-1200m

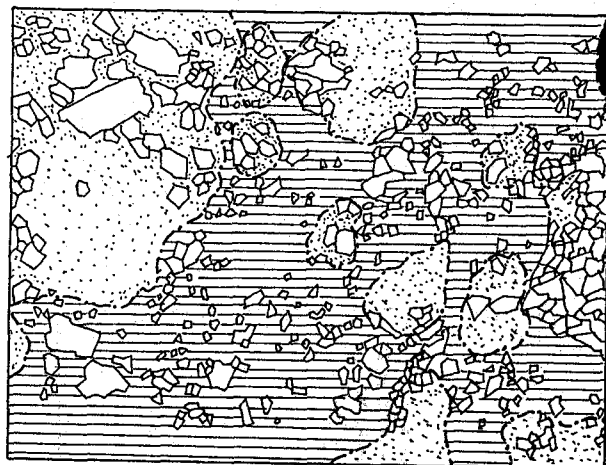


図-3(g) 1200-1400m

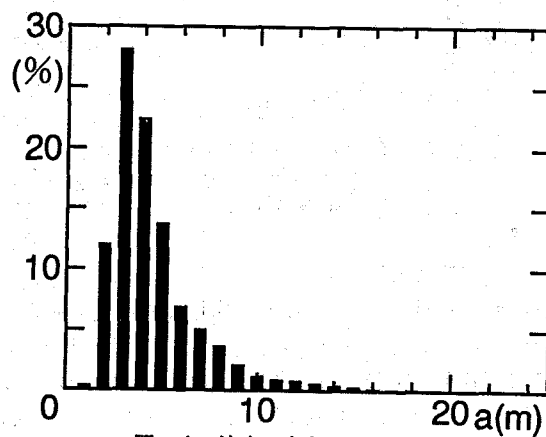


図-4 流水の大きさの頻度分布
(宇登呂海岸)

タイザーを用いて個々の流水の面積を求め、それと同面積に相当する正方形に換算してその一辺の長さ (a) を用いて表した。また流水と定着氷の識別が不明確なものについてはここでは定着氷として扱った。

2-2. オムサロ海岸、紋別空港海岸、三里浜

平成5年3月6～9日に紋別市の西側に位置するオムサロ海岸、紋別市の東側に位置する紋別空港海岸、それにサロマ湖湖口部西側の三里浜において、汀線に平行に幅50mに渡って砂浜の地形、流水の遡上高、流水の平面分布、流水の面積、厚さを実測した。ここでは、そのうちの面積、厚さのデータを用いる。

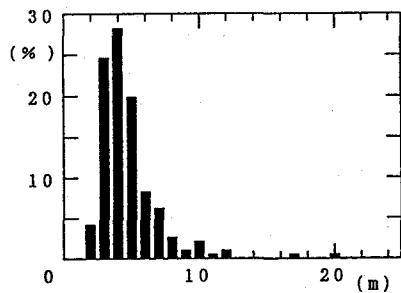


図-5 (a) 0-200m

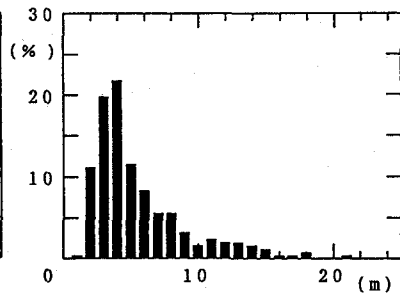


図-5 (b) 200-400m

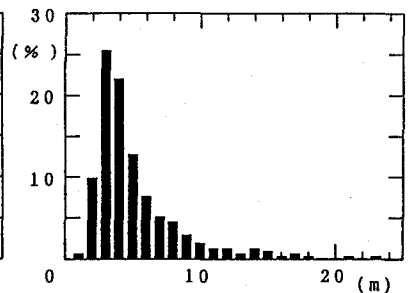


図-5 (c) 400-600m

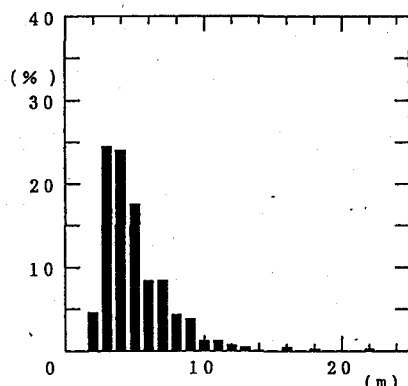


図-5 (d) 600-800m

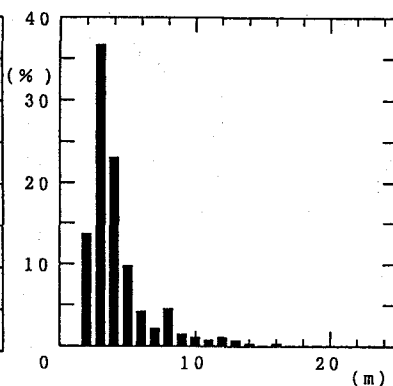


図-5 (e) 800-1000m

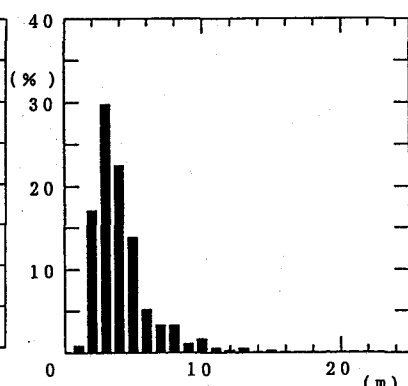


図-5 (f) 1000-1200m

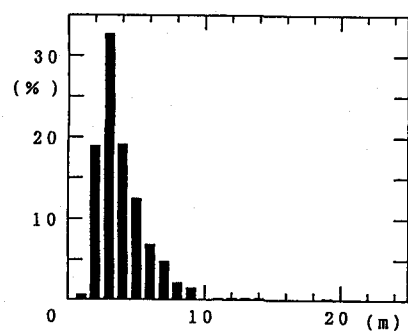


図-5 (g) 1200-1400m

図-5 (a)~(g) 離岸距離別の流水の
大きさの頻度分布
(宇登呂海岸)

表-2 流水の正方形換算の一辺の長さ

離岸距離 (m)	0	200- 400	400- 600	600- 800	800- 1000	1000- 1200	1200- 1400
平均値(m)	4.27	5.06	4.66	4.50	3.80	3.56	3.42
標準偏差	2.32	3.47	3.31	2.45	2.73	2.04	1.90
氷の数	191	252	314	417	286	369	481

表-3 流水の面積及び各種の氷の面積比

離岸距離 (m)	0	200- 400	400- 600	600- 800	800- 1000	1000- 1200	1200- 1400
平均値(m ²)	23.6	37.6	32.7	26.3	21.9	16.9	15.4
標準偏差	37.2	57.5	58.0	38.1	58.0	23.5	23.7
流水 (%)	15.8	31.6	34.2	36.5	20.9	20.8	24.6
定着氷 (%)	84.2	68.4	65.8	63.5	25.5	47.3	28.9
新成氷 (%)	0	0	0	0	53.6	31.9	46.5

3. 結果

3-1. 宇登呂海岸

図-3 (a)~(g)の全てをまとめて横軸を流水の面積を正方形に換算した一辺の長さ (a) にとり、縦軸をそれぞれの範囲に含まれる流水の相対度数に取ったものが図-4である。また、図-3 (a)~(g)のそれぞれのブロック別に流水の面積を正方形に換算した一辺の長さを横軸にとり、それぞれの範囲に含まれる流水の相対度数を縦軸に取ったものが図-5 (a)~(g)である。表-2に図-5 (a)~(g)の平均値、標準偏差、標本数を示した。表-3には流水の面積の平均値、標準偏差、そして流水、定着氷、新成氷の各種の氷の面積が200m×150mのブロックの面積を占める割合を示した。

図-4、5からわかるように個々の流水は一辺2~4mの正方形に相当するものが最も多い。また、2m未満の流水は、離岸距離800m~1400mの方が割合が高く、岸の近くでは低い割

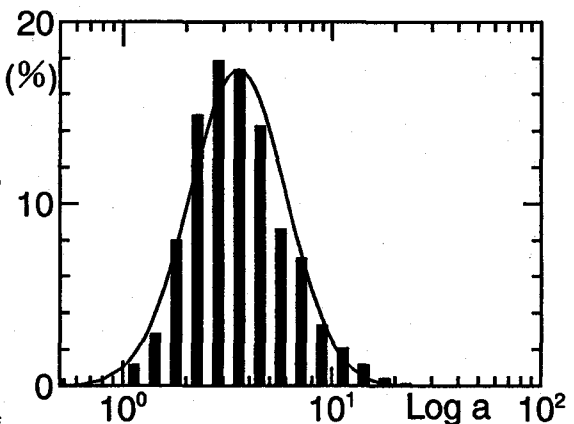


図-6 流水の頻度分布と正規分布曲線
(宇登呂海岸)

合となっている。10mを越える大きな流水は、全体的に低い割合となっている。表-3より個々の流水の面積の平均値と標準偏差を見ると、離岸距離200m~600mにおいて大きな値を示しており、1000~1400mにおいて小さな値となっている。このことと図-5(a)~(g)より離岸距離400~600mでは、小さな流水から10mを越える大きな流水まで存在して、平均値も標準偏差も大きく、1000m~1400mでは、10mを越える大きな流水がほとんどなく平均値も標準偏差も小さくなっているものと思われる。表-2より流水、定着氷、新成氷の比率をみると、定着氷の比率は沖に向かうほど低くなり、流水の比率は、離岸距離200~800mが高い割合となっている。また離岸距離0~800mにおいては、海面は全て、氷盤に覆われていた。

図-6は測定した全ての流水について、横軸に $\log a$ (a : 流水の面積を正方形に換算した一辺の長さ) をとり、縦軸に相対度数をとったものである。 $\log a$ の平均は0.547、標準偏差は0.229となる。また曲線はこれを当てはめた場合の正規分布曲線である。この図より流水の大きさの分布は対数正規分布に比較的良好一致していることがわかる。図-7に流水が占める総面積のうち、各大きさの流水が占める面積の割合を縦軸に取り、流水の正方形換算の一辺の長さを横軸に取ったヒストグラムを示す。これによると一辺5m未満の流水の占める面積は31.7%であり、10m未満の場合は69.0%である。このことから、海面の流水に覆われた部分の面積のうちのほとんどは10m未満の小さな流水によるものであるといえる。

今回の調査を見る限り離岸距離の違いによる流水の面積の分布の差異はそれほど大きなものではないと思われる。沿岸部における氷盤移動制御や越氷制御のための構造物の設計においては、氷盤の大きさが重要な要因となるが、流水の調査を行う場合、岸に比較的近い地域だけを調査してもおおよそ全体の傾向をつかむことが出来るのではないかと考えられる。設計のことを考える場合大きな氷盤が問題となるので、今回の調査の結果からすると離岸距離200m~600mのあたりを調査するのが最も適当でないかと考えられる。

個々の流水の形状については角張ったものが多いということがわかった。これは大きな氷盤が割れて小さな氷盤が生まれたためではないかと思われる。

3-2. オムサロ海岸、紋別空港海岸、三里浜

図-8はオムサロ海岸、紋別空港海岸、三里浜において実測した流水の大きさの頻度分布である。横軸は面積を正方形に換算した一辺の長さ(a)、縦軸は相対度数である。このように遡上した流水に関しては3m以下のものがほとんどであることがわかる。図-9はこれらの海岸で測定した流水の大きさと氷厚の関係である。横軸に正方形換算の一辺の長さ(a)、縦軸に氷厚(L)をとったものである。3カ所とも同様な傾向を示しており、この図より一辺が5m以下に相当するような比較的小さい流水に関してはある大きさの流水の最大氷厚を推定することができる。図-9よりおおよそ最大氷厚は $L=2/3 \times a$ であり、また最小氷厚は $L=1/5 \times a$ となる。図-10は我々がこの3ヶ所で行った氷厚に関する調査結果である。横軸は氷厚、縦軸は相対度数を示している。これより50cm前後のものが最も多いことがわかる。観測地点での海底勾配を考

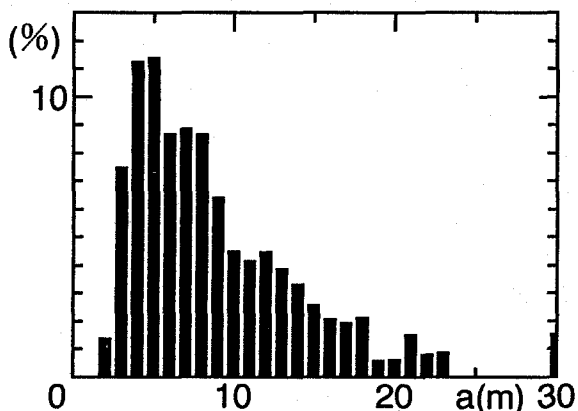


図-7 流水の大きさと占有面積の比率
(宇登呂海岸)

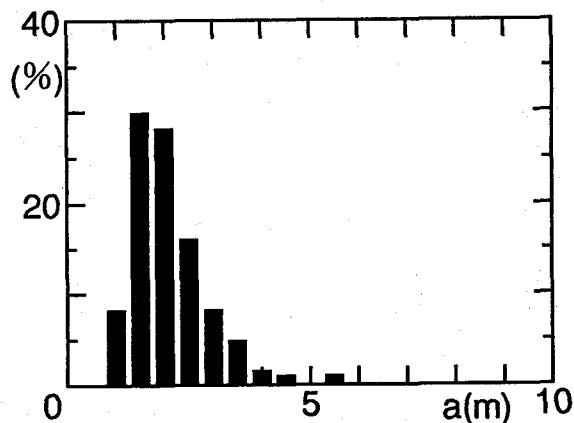


図-8 流水の大きさの頻度分布
(オムサロ, 紋別空港, 三里浜)

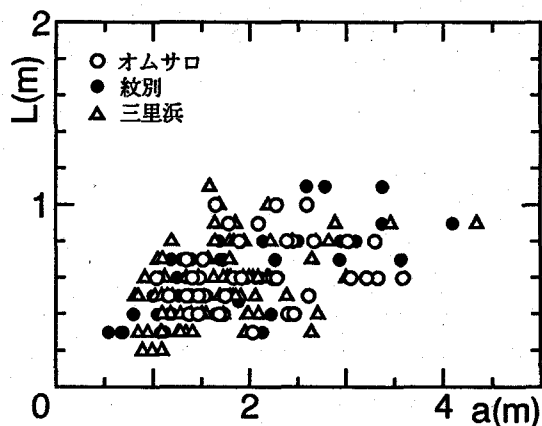


図-9 流水の大きさと氷厚の関係
(オムサロ, 紋別空港, 三里浜)

えると、ある程度以上厚い氷盤は海底に接してしまうため波による遡上は起こらないものと考えられる。従ってここでは氷厚の小さい氷盤のみの調査結果となる。また、船舶技術研究所が平成3年2月に行った、オホーツク海紋別沖の巡視船「そうや」による調査結果によると氷厚は10cm～80cmとなっており、我々もそれに近い結果を得ている。

4. 結論

- (1) 今回の調査では、個々の流水は一辺2m～4mの正方形に相当するような面積のものが最も多かった。このことより沿岸部の流水制御のための模型実験を行う場合など、この程度の大きさの流水を対象とするのが適当であると考えられる。
- (2) 今回の調査結果から流水の大きさの分布は対数正規分布に近似できることが明らかとなった。
- (3) 個々の流水の面積の分布の離岸距離による大きな差異は認められなかったので、流水の調査を行う場合、岸の近くを調査するだけで全体の傾向をつかむことが可能であると考えられる。今回の調査結果からすると、離岸距離200m～600mの範囲で行うのが最も適当であると考えられる。
- (4) 一辺が5m以下に相当するような比較的小さい流水に関しては流水の大きさから最大氷厚を推定することが出来る。
- (5) 砂浜に遡上していた流水に関しては50cm前後の厚さのものが最も多かった。

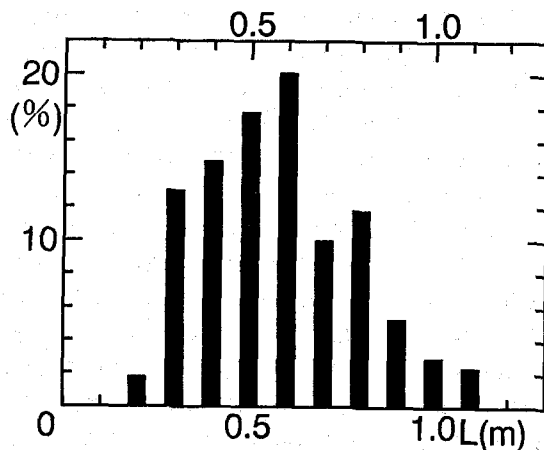


図-10 氷厚の頻度分布
(オムサロ, 紋別空港, 三里浜)

参考文献

- 1) 榎国夫、國松靖、大下史、村木義男、佐伯浩:Ice Boomの氷盤移動制御効果に関する研究、第7回寒地技術シンポジウム論文集、pp. 650-656, 1991
- 2) 榎国夫、國松靖、大平正浩、村木義男、佐伯浩:新型Ice Boomの開発、第7回寒地技術シンポジウム論文集、pp. 638-643, 1991
- 3) 今泉章、上田俊也、榎国夫、寺谷勝利、佐伯浩、笹島隆彦:Ice Boomの設計方法について、第7回寒地技術シンポジウム論文集、pp. 644-649, 1991
- 4) 下田春人、小山鴻一、吉田三雄、宇都正太郎、金田成雄、田淵浩文、門井弘行、泉山耕、北川弘光:巡視船「そうや」によるオホーツク海水況観測、第58回船舶技術研究所研究発表会講演集、Vol. 58, pp. 100-103, 1991
- 5) 笹島隆彦、安田修、秋原真哉、六本木宏一、佐伯浩:防波堤の越氷に関する実験的研究、第7回北方圏交際シンポジウム、pp. 91-95, 1992
- 6) 榎国夫、國松靖、佐伯浩:橋脚による氷盤のArch形成条件に関する実験的研究、水工学論文集、pp. 299-304, 1992
- 7) 榎国夫、石井千万太郎、國松靖、佐伯浩:Ice Boomによる氷盤移動制御、海洋開発論文集、Vol. 8, pp. 153-158, 1992
- 8) 笹島隆彦、安田修、榎国夫、國松靖、岡本智、佐伯浩:寒冷地の港湾、湖沼における流水の制御対策について、海洋開発論文集、Vol. 8, pp. 159-163, 1992
- 9) 榎国夫、田淵浩文、國松靖、佐伯浩:氷海域における氷盤移動制御に関する研究、第11回海洋工学シンポジウム、pp. 287-293, 1992,