

特殊型アイスブームの流氷制御特性に関する実験的研究

大島 静夫・長谷川 久芳*・榎 国夫

Experimental study on Characteristics of Drifting Ice Control Due to Newly Developed Ice Boom

Shizuo OHSIMA, Hisayoshi HASEGAWA and Kunio ENOKI

(1997年11月28日受理)

The Okhotsk Sea coast of Hokkaido is covered with drift ice every winter. Pack ice enters the lagoons occasionally. If a large block of pack ice enters a lagoon, it will move around in it and damage scallop, oyster and related culture facilities. Development of technology for preventing intrusion of pack ice into the lagoon is required at all costs to get rid of such damage.

In this paper, the authors report the experimental results of newly developed Ice Boom used under special conditions. The newly developed Ice Boom is easier to repair and to clean up than new type Ice Boom that we have developed. The ice control effect of the newly developed Ice Boom is the same or more effective than new type Ice Boom.

1 はじめに

北海道沿岸で海水の影響を受ける水域は、稚内から根室半島北側の北海道オホーツク海沿岸であるが、まれには利尻、礼文島や太平洋沿岸の根室半島から襟裳岬の沿岸まで達することがある。このオホーツク海沿岸には、多くの湖沼が存在し、これらの大部分はオホーツク海と直接水路で繋がっており、養殖漁業が活発に行われ、また湖内には多くの漁港が建設されている。このオホーツク沿岸に流氷が接岸する時期は年により異なるが通常は1月下旬である。一方、湖内の結氷時期は12月中旬から下旬であり、凍結した氷盤により、外海からの流氷の湖内への侵入は完全に防がれていた。しかし近年(1972年内以降)、湖内の結氷時期が1月下旬から2月上旬頃と大幅に遅くなっており、流氷が湖内奥深く侵入し、湖内を動き回りホタテ貝、カキ貝およびその養殖施設に多大の被害を与える事態が生じている。この地方の代表的な湖沼であるサロマ湖においては、1972、74、75、77、88、89、90、91、92、93と過去10回で、1974年には、23億円の被害になった。ここ数年は数千万円～数億円の被害となっており、流氷対策は緊

急の課題となっている。

著者らは湖沼への流氷侵入防止施設として、Ice Boomを用いることを考え、これまでに従来型Ice Boomと新型Ice Boomの制御効果の比較や、サロマ湖第2湖口における流氷制御模型実験を行ってきた。本論文では、過去の実験結果についても触れるとともに、新型Ice Boomの欠点を改良した特殊型Ice Boomに関する実験について報告する。

2 Ice Boom

Ice Boomは米国やカナダにおいて河川の氷盤移動制御に用いられているものである。浮体をワイヤーで連結させ、この浮体によって氷盤を制御しようとするものである。図1に著者らが実験に用いたIce Boomの模型を示す。

実際には浮体は直径1 m、長さ5 mの鋼管を用いることを想定している。この従来型Ice Boomの場合、流速がある程度大きくなると氷盤は浮体の下から流下してしまう。

そこで流速がもっと大きくなった場合でも氷盤制御を可能にするために浮体の下にネットを取り付けた新型Ice Boomを開発した。それを図2に示す。

このネットにより氷盤制御効果を高めることがで

* 秋田高専専攻科修了生

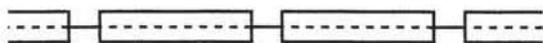


図1 従来型 Ice Boom

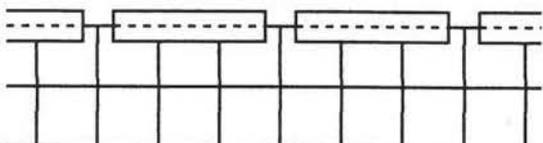


図2 新型 Ice Boom

きる。ただし、この新型 Ice Boom の欠点として、ネット部分への海草や生物の付着の問題がある。ネットに海草などが付着すると流体抵抗が増すことになってしまい、また海水交流に悪影響を及ぼすと考えられる。付着物の除去や補修作業を行う場合、ネットが水中にあると非常に不便である。そこで、この欠点を補うために特殊型 Ice Boom を試作した。この模型を図3に示す。

この特殊型 Ice Boom は湖内へ流入する方向の流速が遅く流水がないときは、図4(a)のように水平に浮いた状態になっている。流速がある程度速くなったり、流水がトラップされたりすると図4(b)のように下部の浮体が水中に沈んで Ice Boom は垂直に近くなる。この状態で流入してくる氷盤を制御することになる。そして流氷れが逆方向になり氷盤が湖外に出ていくときに図4(c)のように下部の浮体が浮上する。このように特殊型 Ice Boom は全体が浮いて

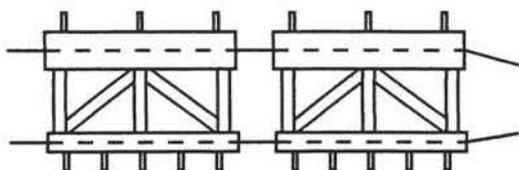


図3 特殊型 Ice Boom

いる状態で付着物の除去作業や補修作業ができるようになっている。3種類の Ice Boom について、その長所と短所を表1にまとめた。

実際に現地に設置する場合には、自然条件を考慮して最適なものを選ぶ必要がある。

3 Ice Boom の氷盤制御能力

上流側から流れてきた模型氷が浮体に接触すると模型氷は接点を中心として図4(b)のように回転する。理想的な状態での氷盤の安定は氷盤に作用する

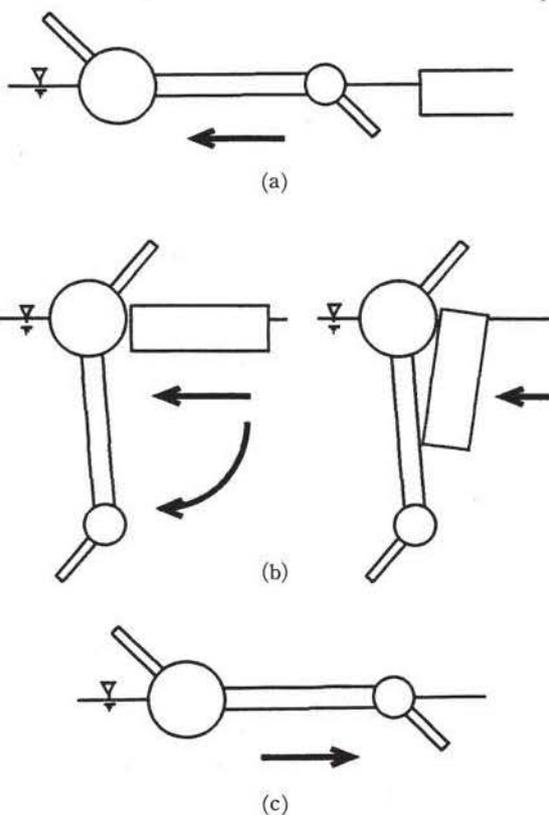


図4 特殊型 Ice Boom

表1 3種類の Ice Boom の長所と短所

	従来型 Ice Boom	新型 Ice Boom	特殊型 Ice Boom
長所	建設コストが低い 構造が簡単 維持管理が容易 流れに与える影響が小さい 移動が容易	氷盤制御能力が高い 狭い水域での氷盤制御が可能	氷盤制御能力が高い 維持管理が比較的容易
短所	氷盤制御能力が低い	構造が複雑 建設コストが高い 流れに与える影響が大きい 維持管理のコストが高い	構造が複雑 建設コストが高い

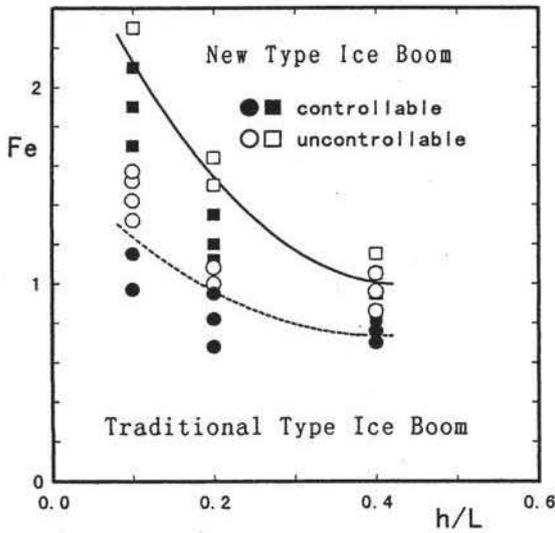


図5 Ice Boomの制御能力

力のモーメントの釣合の式によって表すことができる。その釣合の式より式(1)が導かれる。この式の左辺はフルード数に相当し、 F_e で表せる。そこで式(1)は式(2)のように書ける。

$$\frac{V}{\sqrt{\frac{\Delta\rho}{\rho_w}gh}} = f\left(\frac{h}{L}\right) \dots(1)$$

$$F_e = f\left(\frac{h}{L}\right) \dots(2)$$

ここで

V : 表面流速, ρ_w : 水の密度, ρ_i : 氷の密度, $\Delta\rho$: $\rho_w - \rho_i$, g : 重力加速度, h : 氷厚, L : 氷盤の代表長さ

この F_e と h/L の関係を用いて Ice Boom の氷盤制御能力を表した。

図5に過去に行った実験から得られた従来型 Ice Boom と新型 Ice Boom の制御可能領域を示した。丸印は従来型, 四角印は新型の実験結果である。それぞれの曲線の下側は氷盤制御可能領域を示している, 従来型 Ice Boom の制御可能領域を示している曲線は氷盤が回転するかしないかの安定限界を示すことになる。この図より新型 Ice Boom の方が氷盤制御能力が高いのがわかる。

4 実験方法

特殊型 Ice Boom の実験には図6に示すような長さ10 m, 幅80 cmの水路を用いた。ポンプの流量を変えることにより流速を変化させることができる。この水路の上流から5.0 mのところ

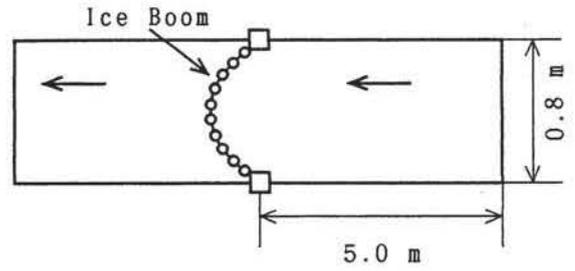


図6 実験水路

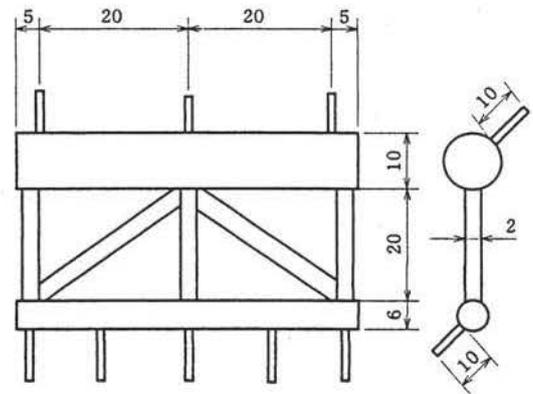


図7 特殊型 Ice Boom

Boom の模型を取り付けて実験を行った。模型の縮尺は現地調査の結果を考慮して1/100とした。

図7に特殊型 Ice Boom の模型を示す。上部の浮体は直径10 mm, 長さ50 mmであり, 下部の浮体は直径6 mm, 長さ50 mmである。そして上下の浮体を直径2 mmの棒で接続してある。浮体の材料は木であり, 比重は約0.5であった。実際には上部の浮体には直径1 m, 長さ5 mの鋼管を用いることを想定している。上下それぞれの浮体には図7に示すように釘を打ってある。これを上部の浮体をつなぐワイヤーと下部をつなぐワイヤーの2本のワイヤーで図3のように, 15 mm 間隔に連結させた。総延長は90.5 cmである。実験に用いた模型氷はポリプロピレン製で密度は0.9g/cm³である。形状は一辺5 cmの正方形で厚さは5 mm, 10 mm, 20 mmの3種類を用意した。これらの模型氷を別々に水路に投入し, 流下させ特殊型 Ice Boom による制御が可能かどうかをそれぞれの流速について調べた。

5 実験結果

今回行った特殊型 Ice Boom の実験で氷盤の安定限界を示したものが図8である。氷盤が回転しなかったケースは黒印, 回転した結果は白印で示した。

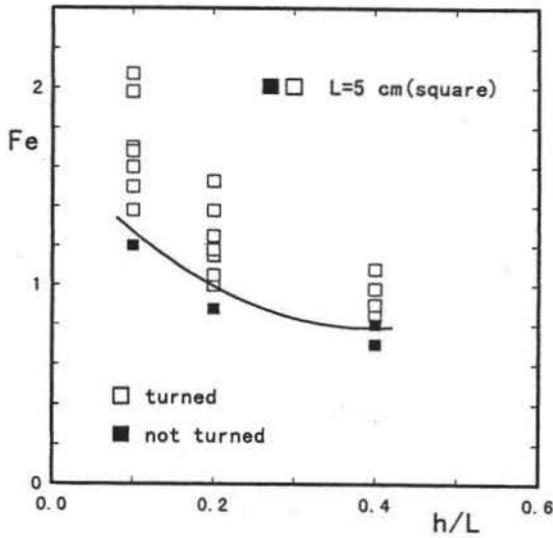


図8 氷盤の安定

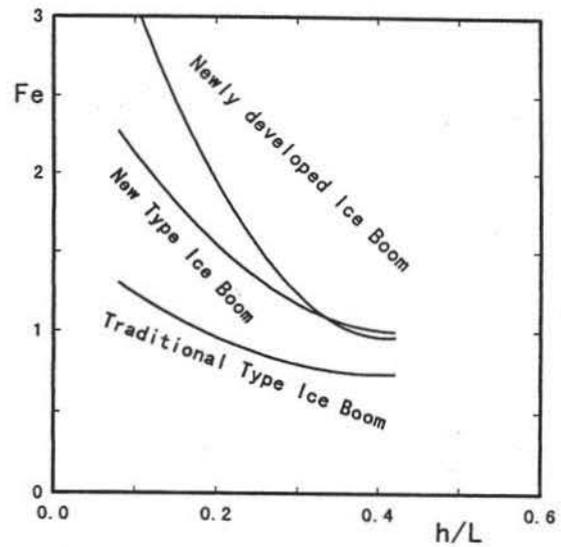


図9 3種類のIce Boomの制御能力の比較

曲線の下側は氷盤の安定領域を表している，図5に示した従来型Ice Boomの制御能力を表す点線と比較してみるとほぼ重なることがわかる。図9に従来型，新型，特殊型の3種類のIce Boomの氷盤制御能力を示した。それぞれの曲線の下側の領域では氷盤制御が可能であることを示している。この結果，特殊型Ice Boomは新型Ice Boomと同等以上の制御能力を持つことが明らかとなった。

6 結 論

1. Ice Boomの氷盤移動の制御能力はフルード数 F_e と氷厚と代表的な長さとの比 h/L の関係によって表すことができる。
2. 特殊型Ice Boomは過去に実験を行ってきた新型Ice Boomと同等以上の氷盤移動制御能力をもつことが明らかになった。
3. 今後は，模型氷の形状を角型より円形状に変え，形状による流体抵抗の変化や，種々のサイズの混合した場合に関する代表的な長さに関する研究をさらに進めていきたい。

参考文献

[1] 榎 国夫, 石井 千万太郎, 国松 靖, 佐伯

浩: 「Ice Boomの氷盤移動制御」, 海洋開発論文集 Vol. 8, pp. 153~158, 1992

- [2] 榎 国夫, 田淵 浩文, 国松 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論文集, pp. 287~293, 1993
- [3] 国松 靖, 原文宏, 榎 国夫, 佐伯 浩: 「オホーツク海沿岸部の流水氷盤の大きさに関する研究」, 海洋開発論文集 Vol. 9, pp. 159~163, 1993
- [4] 榎 国夫, 国松 靖, 原文宏, 佐伯 浩: 「サロマ湖口における流水侵入防止に関する模型実験」, 海岸工学論文集 Vol. 40, pp. 1026~1030, 1993
- [5] 国松 靖, 大久保 周一郎, 高橋 良正, 佐伯 浩: 「特殊型アイスブームの流水制御特性」, 海洋開発論文集 Vol. 10, pp. 229~233, 1994
- [6] 下田 春人, 吉田 三雄, 金田 成雄, 村本 健一郎: 巡視船“そうや”によるオホーツク海流氷観測, 1993
- [7] 大島 静夫, 草薙 稔, 大門 直樹, 榎 国夫: 「新型Ice Boomによる氷盤移動制御」, 秋田工業高等専門学校紀要第32号, pp. 133~137, 1997