

港内結氷に関する現地調査について

北海道開発局開発土木研究所	正会員	遠藤 仁彦
同 上	同 上	梅沢 信敏
同 上	同 上	谷野 賢二
同 上	同 上	時川 和夫

1. まえがき

北方海域における港では様々な寒冷地特有の問題を抱えている。その一つに、北海道北部から東部にかけての沿岸では毎年流水の来襲があり、そのため冬期間に港が閉ざされることがある。また近年、防波堤などの外郭施設の整備にともなう港内静穏度が向上する一方で冬期間に港奥部において結氷するという現象がみられる。これらの問題は港の機能を直接低下させるので、その経済に与える影響は少なくない。そこで冬期間にこのような海域の有効利用を計り、経済活動の活性化を促進するためには、流水や港内結氷を制御することが必要である。

以上の課題に取り組むために、第一ステップとして昭和62年度には北海道内の6港、昭和63年度については7港を対象として気温・水温観測などの港内結氷に関する基礎的調査を実施した。

本報では、これらの調査結果を取りまとめ、道内の港内結氷特性について若干の考察を加えたものである。

2. 港内結氷に関する調査

(1) 調査概要

本調査は港内結氷対策を考える際の基礎的資料の収集を目的に、気温・水温観測及び港内結氷状況観察を中心に行った。

(2) 調査対象港

例年港内結氷が生じる港について海域別に2ないし3港の代表港を下のとおり選定し、昭和62年度には道内6港、昭和63年度には道内7港において調査を行った。

オホーツク海： 網走港 紋別港
日本海： 稚内港 留萌港
太平洋： 釧路港 根室港（花咲） 大津漁港

なお、大津漁港については昭和63年度より調査を実施した。調査対象港の位置は図-1のとおりである。

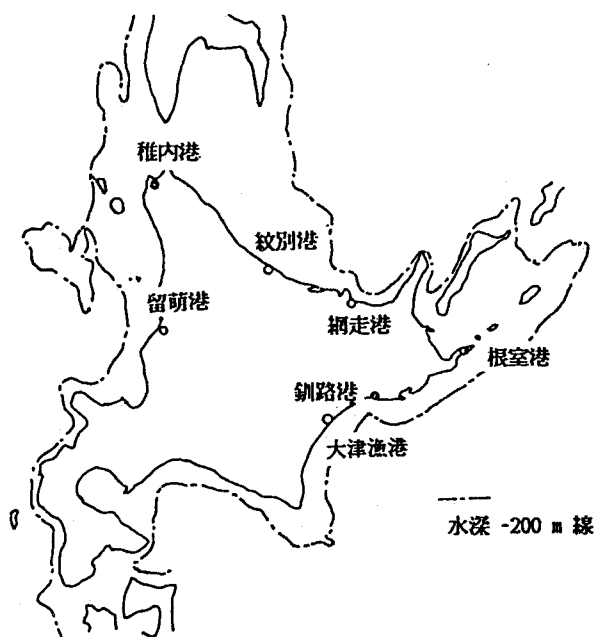


図-1 調査位置図

(3) 調査実施期間

調査期間は表-1に示すとおりである。

表-1 調査実施期間

港 名	気温・水温観測	結氷状況観測
網 走	S.62.12. 4~63. 3.28 S.63.12. 1~H.1.3.31	S.62.12. 4~63. 4.30 S.63.12. 1~H.1.3.31
紋 別	S.62.12. 1~63. 3. 4 S.63.12. 2~H.1.3.20	S.62.12. 4~63. 4.30 S.63.12. 2~H.1.3.20
稚 内	S.62.11.25~63. 3. 8 S.63.11.29~H.1.4.17	S.62.12. 1~63. 3. 4 S.63.11.29~H.1.4.17
留 萌	S.62.12. 1~63. 3. 9 S.63.11.28~H.1.4.19	S.62.12. 1~63. 3. 8 S.63.11.28~H.1.4.19
根 室	S.62.11.26~63. 4.15 S.63.12. 1~H.1.3.31	S.62.11.27~63. 4.15 S.63.12. 1~H.1.3.31
釧 路	S.62.11.25~63. 3.28 S.63.12. 1~H.1.4.17	S.62.11.25~63. 3.28 S.63.12. 1~H.1.4.17
大 津	S.63.12. 1~H.1.3.20	S.63.12. 1~H.1.3.20

(4) 調査内容

①気温・水温観測

港内の1箇所では気温は2点、水温は水深方向に8点で白金測温抵抗体を用いて定時観測を行った。測定装置は測定値をアナログとデジタルで表示できる記録計と白金測温抵抗体のセンサーより構成されている。水温観測用センサーは水深方向に水面から0.25、0.50、0.75、1.0、1.5、2.0、3.0、5.0(m)に設置するのを標準とした。なお、調査開始前と終了後の2回水温、気温測定装置のキャリブレーションを行った。

②港内結氷観察

調査期間中の結氷状態を調査票に毎朝1回記入した。記入内容は港内平面図へ結氷位置を記入することの他に、結氷の程度を7つに分類して水温測定位置や港内全体の結氷状況を観察し記入することがある。また、調査票には港外波浪状況、流水状況、砕氷作業状況を記入することとした。

3. データ処理方法

データの整理方法は記録紙よりデジタルで表示されている毎正時の気温・水温データを読み取り、フロッピーにデータファイルを作成してパソコン処理により行った。図-2に示すように、はじめに実測値の中に異常値が入っているかどうかを確認し、キャリブレーション補正を行う。次にセンサーなどの不調による異常値を欠測データとしたのちに、停電などによる欠測データとともに所定のフローに基づき補間し、諸計算を行う。

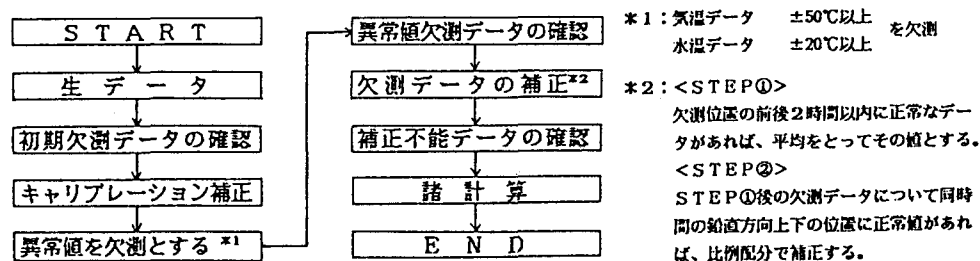


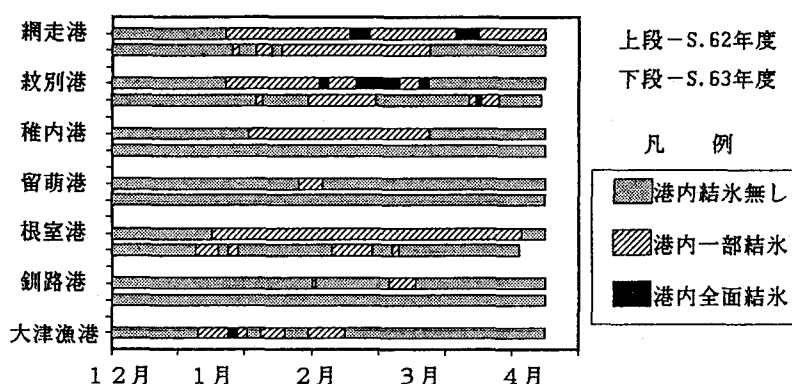
図-2 データ処理方法

4. 調査結果と考察

(1) 港内結氷観察結果および考察

昭和62年度と昭和63年度の港内結氷の状況を程度別にまとめたものを図-3に示す。この観察結果より、昭和62年度については釧路港を除いて、結氷状況はおおむね平年並みであることがわかる。それに対して昭和63年度は、稚内港、留萌港、釧路港で港内結氷が観測されず、例年に比べてかなりの暖冬であることがうかがえる。その中で特徴的な観察結果として、観測史上最も遅い記録を更新した3月下旬のオホーツク海沿岸部への流水接岸があげられる。この結果、紋別港においては、3月28、29日には港内が流水で閉ざされ、4月3日までその海水が港内に一部残っていた。昭和62年度の網走港と紋別港では、流水が沖に現れる2月初旬より流水の影響で港内が静穏となり港内結氷の範囲が急速に拡大していく状況が観察された。これらのことから、主にオホーツク海側の港では流水の来襲が港内結氷の発達に対して大きな要因の一つとなっていることがわかった。

図-3 港内結氷状況



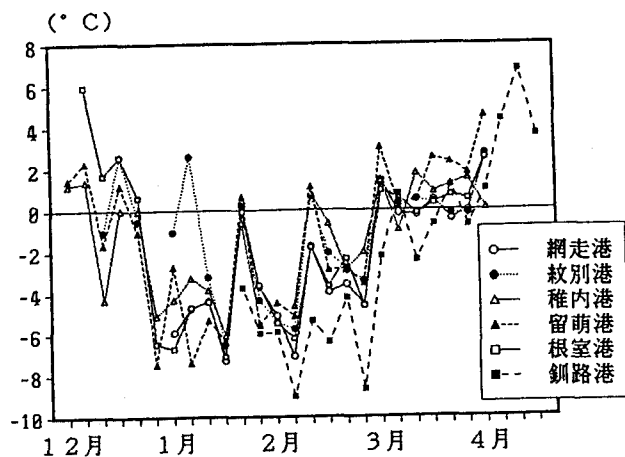
(2) 気温観測結果および考察

図-4は、昭和62、63年度の各港の5日おきの日平均気温、表-2は、過去30年分（但し、紋別港のみ過去25年分）の月別日平均気温を示したものである。これを見ると昭和62年度については観測期間中の各港の平均気温はおおよそ平年並みであるが、変動はやや大きいようである。特に12月に2度、1月に1度、各港とも大きな気温の上昇がみられた点を特徴として上げることができる。昭和63年度については、この図からも昭和62年度に比べて温暖であることがわかる。特に3月中の気温が例年に比べて高いことが特徴的である。

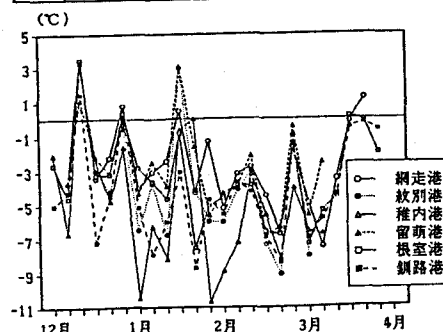
次に日平均気温を積算寒度として書き直したものが図-5である。ここで算出している積算寒度は海水の結氷温度以下の日平均気温の差を単純に足し合わせたものである。なお積算開始日は概ね、日平均気温が結氷温度に初めて達した日とした。これを見ると積算寒度は2か年とも釧路が一番大きく、一番小さな値をとった港は昭和62年度が留萌港、昭和63年度は紋別港であった。また、2か年のデータを比較すると暖冬の影響から昭和63年度のほうが小さな値となっている。

表-2 月別日平均気温

	11月	12月	1月	2月	3月	4月
網走	3.0	-2.6	-6.6	-7.2	-2.8	4.0
紋別	2.9	-2.7	-6.3	-6.9	-2.6	4.2
稚内	3.2	-2.3	-5.7	-5.6	-1.6	4.3
留萌	3.8	-1.7	-5.2	-4.8	-1.0	5.1
根室	4.7	-0.7	-4.7	-5.4	-2.1	3.1
釧路	3.4	-2.1	-6.4	-6.1	-1.8	3.4



昭和63年度



昭和62年度

図-4 5日おきの日平均気温

(3) 水温観測結果と考察

図-6は、観測期間中の港別の海水の持つ日平均熱量を5日おきに示したものである。これをみると全体的に12月から1月中旬にかけて海水の保有熱量が減り続け、その後2月下旬までは横ばいとなり、それ以降は上昇していくという傾向がみられる。この熱量減少期間の1日当りに海水から奪われる熱量を求めると、昭和62年度はおおよそ水深5m当り35~50 cal/cm²/dayであった。一方、昭和63年度の観測結果より算出すると100~160 cal/cm²/dayとなっており、昭和62年度と比較すると約3倍の値となっている。また、他の報告²⁾³⁾などで行われている120~200 cal/cm²/dayと比較すると、昭和62年度は約1/4、昭和62年度は約3/4であった。

昭和63年度の観測結果から紋別港の2月中旬と3月下旬や根室港の2月上旬におけるデータが他と比較して海水の保有する熱量が小さく、特徴的である。これらの港の結氷温度は約-1.7℃であり、全層が結氷温度に達したとしても海水の熱量は水深5m当り約-850 cal/cm²であり、これらの観測値による熱量はそれよりかなり小さい。そこで、観測中の気象データを調べてみると、根室港では共通してこの時期に降雪があることがわかった。しかもこのときの状態は吹雪であった。なお、このときの水深方向の温度変化をみていくとおおむね水深3mまでその影響がでている。その他の同様なケースをみていくとセンサー付近だけ結氷しているときが多かった。また、氷の表面温度は外気温に近く、場合によっては気温より水温の方が放射冷却などにより低下することがあるという報告もされており、急激に冷やされると海水温が結氷温度以下になるものと推察される。

港内結氷は海水のもつ熱量が減少することにより生じるが、これに影響する因子としては一般に積算寒度の他、太陽輻射、風、降雪、塩分濃度、氷上の積雪量、海流の影響などが考えられる。表-3は各港の月別日照率の平年値を示したものである。これより釧路が一番日照率が高いことがわかる。以上のことは釧路が積算寒度が高いにもかかわらず、他と比べて結氷しにくくなっている1つの原因と考えられる。

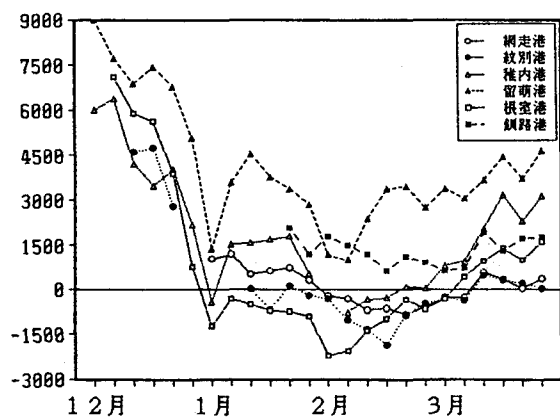
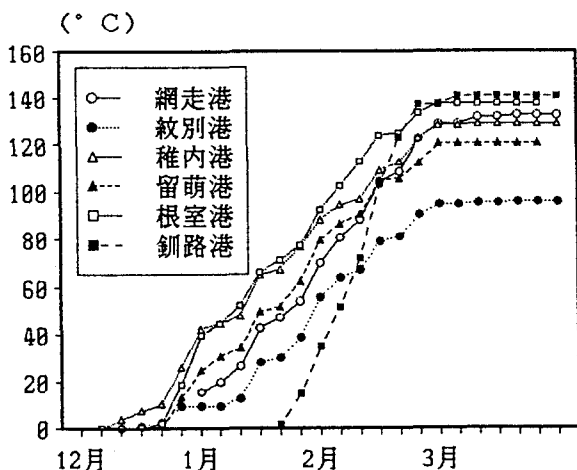


図-6 (2) 日平均熱量変化図
(昭和63年度)



(昭和63年度)

表-3 各港の月別日照率

	11月	12月	1月	2月	3月	4月
網走	45	43	41	51	51	48
紋別	41	37	37	45	47	47
稚内	25	13	16	31	42	47
留萌	22	12	19	28	40	46
根室	53	53	54	58	55	48
釧路	60	62	63	63	58	49

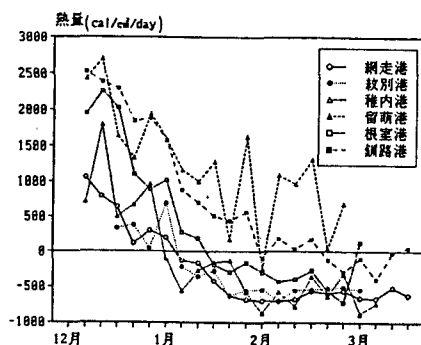
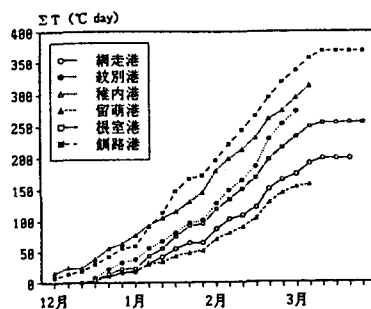


図-6 (1) 日平均熱量変化図
(昭和62年度)



(昭和62年度)

5. あとがき

本調査は、港内結氷対策を検討するための第一段階として、昭和62年度には道内6港、昭和63年度には道内7港において気温・水温観測を中心とした基礎調査を実施したものである。その結果、海域別におおよその結氷パターンを把握できた。今後は港内結氷状況においても、年変動があると考えられるため、引続き同様の調査を行うとともに、氷厚の測定機の開発などを含め、より詳細な結氷調査を押し進め有効な港内結氷対策工法に関する研究を行っていく予定である。

最後に本調査の実施に当たり、北大工学部 佐伯 浩教授には、調査計画、解析面で多大な御助言をいただいた。また、現地調査においては、北海道開発局 各港湾建設事務所の担当の方々に厳冬期にもかかわらず計測機の設置や日々の結氷観測など、多くの面で御協力いただいた。ここに合わせてお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 佐伯 浩 : 寒冷地海岸の諸問題、海岸No.25 pp.43~50、1985
- 2) 本間史夫、佐伯 浩、竹田英章：北海道北部日本海側の港内結氷について、寒地技術シンポジウム論文集 pp.95~102、1985
- 3) 泉 冽、斉藤拓也、佐伯 浩：海水の制御について、寒地技術シンポジウム論文集 pp.339~345、1987
- 4) 梅沢信敏、遠藤仁彦、水野雄三：北海道沿岸の港内結氷について、寒地技術シンポジウム論文集 pp.277~282、1988