

オホーツク海の水水面積・結氷流水期間・氷量・氷厚の考察

小林正隆*・宮 昭彦**・笹本 誠***
堺 茂樹****・平山 健一*****

1. はじめに

北海道のオホーツク沿岸は流水の接岸する南限の海岸として世界的に知られている。

この海域は、日本、カナダ等太平洋沿岸諸国よりユーラシア大陸北岸を通してヨーロッパに至る通年航路、いわゆる北西航路のアジア側の主要な航路となることが予想され、氷状の把握が必要である。また現在も、沿岸の港湾・海岸構造物、水産施設が流水による災害を受け、船舶の行動は制約を受けている。さらに地球環境の立場からも、結氷水域の面積の消長は重要な指標として注目を浴びている。

本研究は、オホーツク海における冬期の生産活動の基礎資料を提供することを目的としている。オホーツク海域における、気象庁、自衛隊、海上保安庁の既往の観測結果をまとめた、海水観測資料(1956-1990)と、最近の人工衛星データ資料(1966-1990)、を用いて、オホーツク海全域の結氷率(結氷%・日)と年平均気温の経年変化、結氷率と気温の相関を調べ、またオホーツク沿岸の北見枝幸、雄武、紋別、網走、根室の各港湾と稚内、釧路の港内・港外結氷状況(結氷日数、結氷率)の経年変化、海域別特性を考察した。

さらにIベーリング海、IIチュクチ海・ボーフォート海、IIIカナダ北極海諸島、IVハドソン湾・ラブラドル・西グリーンランド、V東グリーンランド・バレンツ海の5つの代表的な海域の水状資料から結氷期間、氷厚と積算寒度の関係式を作製し、これまでの提案式と比較検討をおこない、北海道オホーツク海沿岸で設計値となるべき結氷期間、氷厚を求めた。

2. オホーツク海の結氷の変化

オホーツク海の結氷は、12月上旬にロシアオホーツク海西北沿岸、アムール川河口付近より始まり、東部に向かって張り出しながら、東サハリン海流に乗りサハリン

の東岸に沿って南下し、1月上旬にはサハリン南端に至る。さらに1月下旬には、北海道オホーツク沿岸および千島列島に接岸する(図-1)。

オホーツク海の浮氷群は、沿岸の海流と沖の風の影響を大きく受けて移動するので、平坦氷板は形成されにくい、一年氷の Pressure Ridge がみられる。

また冬期間に北海道沿岸部に形成される氷板は、非常に薄く船舶の航行の障害とはなりえないが、オホーツク海北部から南下してくる流水が接岸すると、港が閉ざされる。結氷面積は3月中旬に最大となり、オホーツク海の80%は、平均海水域(海水が50%以上存在する海域)となる。結氷期間は12月上旬から5月下旬までの6ヶ月間にわたる。

開氷は3月上旬に北海道北部の稚内周辺から始まり、開水面ははじめ北海道沿岸を南東方向に広がり、国後、択捉島周辺に達した後、その後北へ広がる。オホーツク海北西部の、結氷が開始される付近に最後まで氷が存在



図-1 オホーツク海結氷域毎位置図

* 学生会員 岩手大学大学院 工学研究科
** 学生会員 岩手大学大学院 工学研究科
*** 正 会 員 岩手大学 工学部建設環境工学科
**** 正 会 員 工博 岩手大学助教授 工学部建設環境工学科
***** 正 会 員 Ph.D 岩手大学教授 工学部建設環境工学科

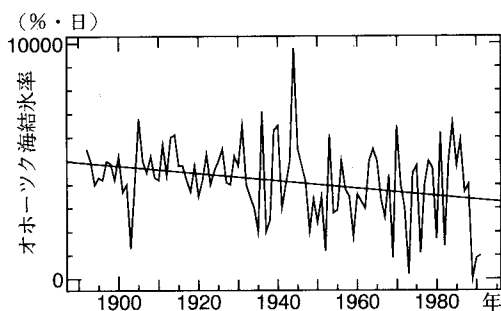


図-2 a) オホーツク海結氷率経年変化

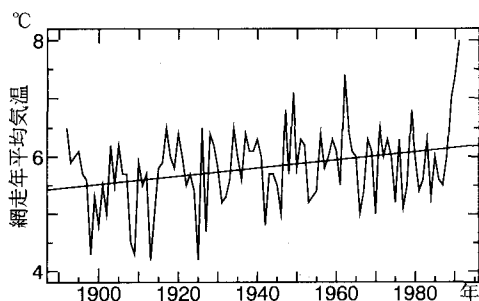


図-2 b) 網走年平均気温経年変化

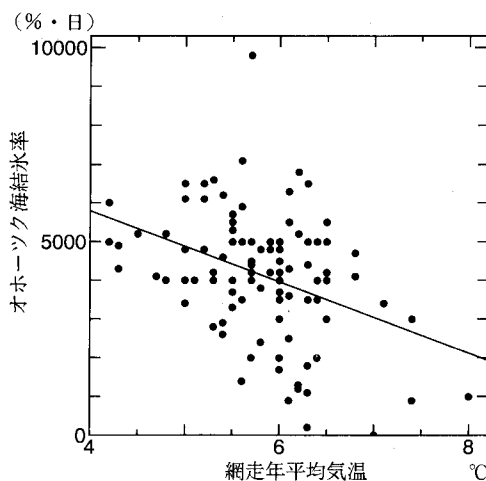


図-3 オホーツク海結氷率と網走年平均気温の相関

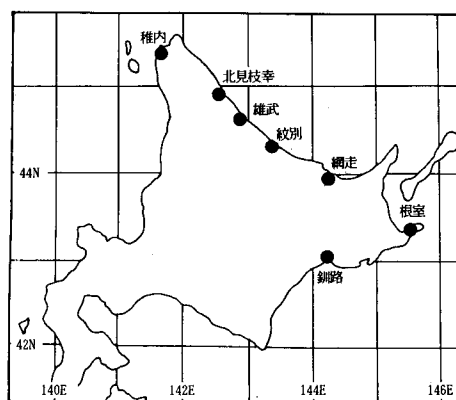


図-4 海水観測点位置図

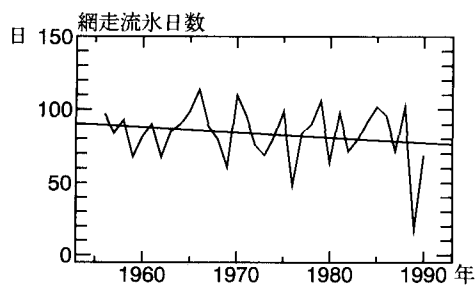


図-5 網走流水日数の経年変化

し、これが消滅するのは5月下旬である。

図-2 a)にオホーツク海の結氷率(%・日)の経年変化を、また図-2 b)に北海道網走の年平均気温の経年変化を示す。結氷率は、数年の周期で変動しているが、最近の結氷率の著しい減少が気温の急激な上昇に対応している。また変動の周期も両者とも似た傾向を示しており、両者の間には図-3のような気温の上昇とともに結氷率が低下するという相関性が見られた。

図-4にオホーツク海沿岸の海水観測位置を示す。

一方、オホーツク沿岸での港内結氷日数、港外結氷日数、流水日数の平年値(最大値)は、それぞれ67日(111日)、44日(95日)、44日(114日)である。ここで港内結氷日数とは港内で定着氷または新成氷が見られた日数、港外結氷日数は港外で定着氷または新成氷が見られた日数、流水日数は視界内の海面で流水が見られた日数である。

図-5は網走地点での流水日数の変化を示したものである。また表-1は北海道オホーツク海沿岸での平年値を示す。根室、釧路、稚内は他港湾に比べ結氷期間が短く、最近、釧路、稚内は流水の接岸が報告されていない。

オホーツク沿岸における平年の流水接岸日は1月下旬であるが、根室(2月中旬)、釧路(3月上旬)と遅れる。網走が最も長い結氷期間をもち、北の方が開氷開始時期が早い、結氷期間は北に行くにしたがって減少する。これは稚内沖から南東方向に流れ、結氷期には勢力が弱

く、春期に勢力を増す宗谷暖流の影響によるためと考えられる。

3. 高緯度地方の結氷状況

世界各海域の氷状は、気象、海流、地形上の特性を考慮し、図-6に示すような次の5つの海域に分類してまとめられる。LAPTEV海とKARA海については資料が

表一1 オホーツク沿岸港湾の結氷日数平均値

-: 欠測

観測地点	港内結氷				港外結氷				流水				結氷初日	結氷終日
	期間	標準偏差	日数	標準偏差	期間	標準偏差	日数	標準偏差	期間	標準偏差	日数	標準偏差		
稚内	64	28.4	30	17.7	41	24.3	20	19.5	33	21.2	15	14.3	1/9	3/12
北見枝幸	94	29.7	—	—	67	17.2	49	22.2	72	20.9	52	19.1	12/23	3/20
雄武	85	19.1	70	19.7	66	22.9	43	21.5	78	21.3	61	20.1	12/29	3/23
紋別	92	20.6	75	22.6	59	25.0	33	16.7	80	21.6	64	20.9	12/29	3/30
網走	101	22.0	86	24.5	75	19.4	58	24.6	93	19.2	83	22.9	12/24	4/ 3
根室	100	20.9	78	27.1	72	27.5	62	28.1	53	20.0	34	20.5	12/18	3/26
釧路	78	24.3	—	—	—	—	—	—	18	14.8	3	35.8	12/29	3/15

得られなかったため、対象外とした。

1) ベーリング海（海域Ⅰ）

6月中旬から10月中旬まで氷は観測されない。氷片密度は11月から南に向かって増加し、4月に最大となる。その後南から減少し、厳冬期には南部で厚さ0.3~1.2 m、北部で0.7~1.2 mの一年氷で覆われる。6月には結氷域は消える。多年氷は存在しない。

2) チュクチ海、ボーホート海（海域Ⅱ）

チュクチ海は夏期間においても、北部からの海流により多年氷が存在するが、冬期間の氷のうち約80%を一年氷が占める。この平均氷厚は1.2~1.6 mである。また Mackenzie 湾においても7月中旬から9月末まで氷が存在する。冬期間にはほぼ全域が氷でおおわれる。

一方ボーホート海は多年氷が占める割合が平均60%と、Bering sea, Chukchi seaと比較して高く、2月から3月にかけて最大結氷面積と氷厚を示す。海岸から20~80 kmの範囲に Ridge が存在する。その海面からの高さの平均は1.2~1.7 mである。開氷は4月に始まり、5月にはほとんど融解するが、一部は7月まで残る。

3) カナダ北極海諸島（海域Ⅲ）

11月から4月にかけて、大部分の領域で浮氷片密度が7/8~8/8となり、9月においてもっとも小さくなる。夏期にはGreenland北西部からPerry Channel, Victoria島南部では氷は存在しない。しかし他海域では、5月においても多年氷の分布がみられ、Ellesmere島北東部において特に著しい。

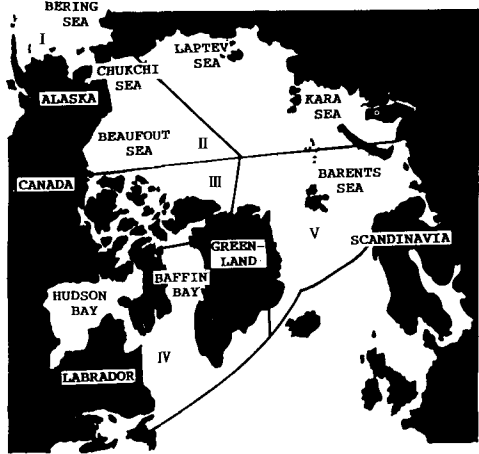
4) ハドソン湾、ラブラドル、西グリーンランド（海域Ⅳ）

ハドソン湾は、10月中旬から結氷が始まり、海岸線から沖に向かって薄い氷板が形成される。12月中旬には湾は一年氷によって覆われる。氷厚は南部で1.5 m、北部で1.8 mである。開氷は5月下旬に始まるが、流氷は7月まで船舶の航行の妨げとなる。

ラブラドルの海水は12月中旬にはじめ海岸線沿いに発生し、0.3 m程度に完全結氷する。その後海岸線はRidge、流氷などによって覆われる。この結氷板は、粗度の大きい一年氷、多年氷によって特徴づけられる。これらは風や海流によって南方に運ばれ、その間に部分的に結合して結氷板を形成する。南部においては開氷は4月下旬に始まり、7月中旬には北緯55度以南では氷はみられなくなる。

この海域では、氷が流動するために氷片密度は場所、季節によって大きく違う。

西Greenland周辺とLabrador海岸の浮氷片密度は海流の影響により必ずしも一致しない。8月から10月においてはBaffin Bay以南の大部分に氷は存在しない。冬期間において、ほぼ全域で浮氷片密度が4/10以上になっており、多年氷はBaffin島周囲及びGreenland南部に存在する。冬期間には、北極海の多年氷はFram Straitを通過して大西洋からEast Greenland CurrentによってCape Farewellまで運ばれ、その後Greenland西南海岸に沿って流れる。



図一6 オホーツク海の海水面積・結氷流水期間・水量・氷厚の考察

5) 東グリーンランド, バレンツ海 (海域 V)

7月から9月まで北緯75度より南方では氷は観測されず, 3月において最南端まで氷の範囲が及ぶ。Svalbard 島西部において多年氷, Greenland 北東海岸と Barents Sea においては多年氷の Ridge が形成される。

各海域の氷状の概略を表-2 に示す。

いずれの海域においても年平均気温は氷点下であり, III, II, IV, V, I の順で低く, III においては最低月平均気温は -35°C に達する。IV と V の海域は, 平均気温は等しいが IV の方が寒暖の差が激しい。積算寒度に関して III がもっとも大きい値を示す。

平均氷厚は III, II, IV, I の順で大きく, III においては最大氷厚 235 cm が観測されている。凍結開始日は II, III の海域で比較的早く, 融解日は III, IV で遅い。最大値は III の海域の 329 日である。

各海域の港湾の氷厚と積算寒度との関係は図-7 に示すとおりである。但し, 北海道オホーツク海沿岸は, 正確なデータが得られなかったため省いてある。

これらの値は比較的良好に次式で表される。

$$h = 2.68\sqrt{\Sigma - 555} \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで h : 氷厚 (cm)

Σ : 積算寒度 ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{day}$)

同様に結氷期間について図-8 に示す。結氷期間は次式によって近似できる。

$$\text{結氷期間} = 3.75\sqrt{\Sigma} \quad \cdots \cdots (2)$$

4. オホーツク海沿岸の氷象条件

北海道のオホーツク海沿岸部に於ける港湾・水産施設・船舶の航行に用いるべき氷象条件は, 結氷期間などに付いては観測値があり推定が可能である。港内結氷, 港外結氷, 流水のそれぞれの期間, 日数は表-1 のように与えられる。前節の式 (2) によれば網走で積算寒度 $750^{\circ}\text{C} \cdot \text{day}$ に対して 102 日となりほぼ実測値に近い値が得られ, 式 (2) が適用可能であることがわかる。次に, 氷厚については, オホーツク海域での実測値がなく統計資料によることは出来ない。さらに氷の生産地とオホーツク沿岸の気象条件は異なり氷が南下する過程での成長・融解も考慮されなければならないため推定は難しい。今後, 氷厚の観測を開始することが必要であるが, 前節の式 (1) を利用できるとすれば, 生産地点と到達

表-2 各海域の結氷状況

海 域			結氷期間	初年氷氷厚	多年氷	氷脈	氷山	
I	ベーリング海域	1	ベーリング海	10-7月	0.7-1.2 m	無	有	無
II	米国, カナダ 北西部海域	2	チュクチ海	10-7月	1.2-1.6 m	有	有	無
		3	ボーフォート海	9-7月	-1.8 m	有	有	無
III	カナダ北極海域	4	カナダ北極海諸島	通年	-2.0 m	有	有	無
		5	ハドソン湾	10-7月	1.5-1.8 m	有	有	無
IV	カナダ北東部海域	6	ラブラドル	12-6月	-1.8 m	有	有	有
		7	西グリーンランド	10-7月	-2.0 m	有	有	有
V	北欧, ロシア 北部海域	8	東グリーンランド	9-7月	-2.0 m	有	有	有
		9	バレンツ海	10-7月	-1.7 m	有	有	無

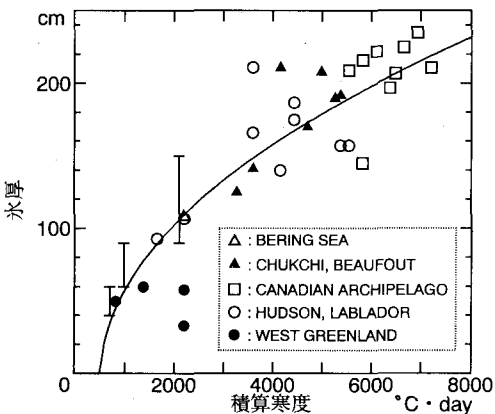


図-7 オホーツク海の海水面積・結水流水期間・水量・氷厚の考察

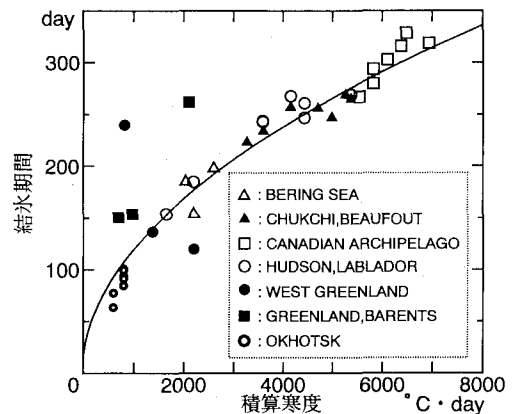


図-8 オホーツク海の海水面積・結水流水期間・水量・氷厚の考察

地点の平均的な積算寒度より 80 cm が得られるが、オホーツク海沿岸における聞込み調査などから判断して安全側の値であると考えられる。

5. おわりに

本研究により、これまで余り注目されなかった氷象資料と氷海域の氷象の概要を紹介する事が出来た。結氷は地域性の強い現象であり図-7, 図-8 のようにデータにはかなりのばらつきがある。実際の事業計画にあたっては、式(1), 式(2)はおおよその推定値を与えるが観測成果の集積が望ましく、また、経験ある技術者による検討が不可欠である。さらに、リモートセンシング等によるデータによる結氷域の把握、海上での気温や海水温

度のモニタリングなどの利用が望ましい。

参考文献

- 気象庁 (1991): 気象庁海水統計資料第2号
Cammaert A. B., D. B. Muggeridge (1988): Ice Interaction with Offshore Structures, Van Nostrand Reinhold, pp. 1-38.
Stearns S. R. (1965): Selected Aspects of Geology and Phyography of the Cold Regions, CRREL Report Ia1, 40 p.
Willson C. (1967): Introduction Northern Hemisphere 1, CRREL Report I-A3c, 77 p.
Willson C. (1969): Climatology of the Cold Regions, CRREL Report I-A3a, 141 p.