

# 日本近海における海氷および流水について

林 猛 雄\*

## On the Sea Ice and the Drift Ice near Japan

by Takeo HAYASHI

- 1 Introduction
- 2 Ice on the Sea
- 3 Sea Ice
- 4 Classification of the Sea Ice near Japan
- 5 Drift Ice
- 6 Conclusion

### 目 次

- 1 緒 論
- 2 海 上 の 氷
- 3 海 氷
- 4 日本近海の海氷の分類
- 5 流 氷
- 6 結 論

### 1. 緒 論

九州育ちの私にとって北海道の冬および寒さの研究は少しでもその寒さをまぎらすものであった。本論文もその一部である。敗戦の色濃き昭和19年(1944)旧日本陸軍北部軍司令部の要請により、北海道帝国大学工学部内に戦時下の応用的研究を目的とする寒地土木研究所<sup>1)</sup>の設立が計画され、同研究所の構想は、(1)寒地飛行場ならびに交通運輸、(2)寒地河川及び港湾、(3)寒地構造物及び施工、(4)寒地材料の4部門を有し、当時同大学土木工学科の講座編成にその根拠を持ち、本論文の内容は第2部門で取扱はれる予定に成っておったが、実現の運びに至らない間に終戦を迎え、現在に続き、応用的方面への研究が未着手のまま取り残されていることは遺憾の至りである。

私の戦時研究も表題と同一内容のものであった。昭和20年(1975)迄は各種の委員会にも名を連ね、北海道、樺太の結氷期には各地に出張して種々の実際の実験を行った。戦時研究の成果の一端を日本港湾協会機関誌“港湾”に連載し、やがて完結の上は同協会よ

\* 理工学部土木工学科教授 測量学 衛生工学

り単行本として刊行される予定であったが、敗戦を境として条件の変更により計画一切を中止することとして、昭和40年(1965)北大定年退官後は東京に移り、今日に及んでおる。

北海道、樺太で暮した人々に取っては、雪や氷は物珍らしさや美観を通り越して恐怖を感じるものであるが、それは明治35年(1902)東北地方八甲田山悲劇のテレビ、映画でもその実感は味ひ得るものである。然し本紀要の読者の中には、海水および流水を単に写真或は本の上で散見したに過ぎず、実際に見たことがない方々が多く居られると考へられる故、その事を考へに入れて、著者の実地研究の結果を発表することとする。

北海道帝国大学には昭和16年(1941)日本最初の低温科学研究所<sup>3)</sup>が設置され、初めて寒地及び低温現象の基礎的研究が大規模に開始されるようになり、現在同所は、物理、応用物理、気象、海洋、雪害、凍上、融雪、植物凍害、生物、医学、低温生化学の各部門を有し、昭和40年(1965)4月北海道紋別市に附属流水研究施設が設置された。これらは膨大な施設、人員及び経費を要しておるが、理学部中心に運営されておる故、実用よりも学理が重んぜられ、沢山の学者、文献が生産される一方、実用方面より見れば遺憾な面が少くない様に感ぜられる。

2. 海 上 の 氷

海上にある氷には次の3種類がある。即ち、

- (1) 海水 (Sea ice): 海水が直接結氷したるもの、
- (2) 河水 (River ice): 河水、湖水等の陸氷 (Land ice) が海上に流下したるもの、
- (3) 氷山 (Iceberg): 氷河 (Glacier) の海上に接する部分が海上に運ばれたるもの。

之等3種の氷は、各その生成の状態を異にする故、従って組織を異にする。その組織は数 cm の顆粒が多数集合し、その各粒が規則正しく重なり合った多数の薄片より成立ちおる事は3種共同様である。但し粒の中での薄片の並び方が、氷の種類によって異なる。河水では薄片が皆原水面即ち氷面に平行に並んで居るが、海水においては全部氷面に直角である。また氷山の氷は各粒の薄片が氷面に対し種々様々に傾いておる。

現在日本には氷河は無い。河水も北海道の河川で3~5月にしか見られなく、海上の氷としてはその分量も少く僅に河口附近に見られ小規模である。従って北海道に見られるのは殆ど海水であって、それが流水と成るのである。

3. 海 氷

純氷 (Pure Ice) の性質は、水の3態 (Three States) の一つとして、或は日常我々の目にふれる物質の一として、可成りはっきり分って居ることは表-1<sub>4)</sub> の如くである。

表-1<sub>4)</sub> 純 氷 の 性 質

名 称	温度(°C)	数 値	単 位
密 度	0	0.917	g/cm <sup>3</sup> , 1atm
線膨張係数	0	52.7×10 <sup>-6</sup>	deg <sup>-1</sup>
比 熱	0	0.487	cal, deg <sup>-1</sup> , g <sup>-1</sup>

比 熱	-20	0.465	cal, deg <sup>-1</sup> , g <sup>-1</sup>
熱伝導率	0	$5.3 \times 10^{-3}$	cal <sub>15</sub> cm <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> deg <sup>-1</sup>
蒸 気 圧	-1	4.22	mmHg
	-2	3.88	
	-3	3.57	
融 解 熱	0	79.7	cal/g

これに反して海水は海水の直接氷ったものであるから、海水そのものの性質により、またその生成された地域により可成り変化がある。

海水 (Sea Water) は一種不可思議の液体として地球上の水分の殆んど大部分を占めており、食塩 (NaCl) を始めとする各種塩類の稀薄溶液であり、その溶けたる鉱物質を総称して塩分と云う。塩分量 (Salinity) 即ち塩分の濃度は、海水 1000 gm 中に含まれたる塩類の総和を示す gm 数、即ち1000分比 (‰) にて表はされる。例へば 1000 gm の海水中に 35 gm の塩類が溶けて居れば  $S=35‰$  と書く。海水の性質が塩分量によって変化する故、海水の性質も塩分によって変化する。

純氷は 0°C で結氷するが、海水の結氷点は塩分の函数で、(1) 塩分が増せば結氷点が降下する、(2) 最大密度を呈する温度は塩分 24.695 以下の時は結氷点より高い、(3) 塩分 24.695 以上の場合は最大密度を呈する温度の方が結氷点より低い。理論上は (2) の場合は表面より結氷し、(3) の場合は温度の低い海水程海底に集り、結局底部が結氷点迄冷却しなければ結氷しない。然し実際の場合は (3) の場合でも種々の他の原因からやはり表面から冷却結氷する。

純水の場合は實際上 -0.5°C 以下の水は存在しないが、海水の場合は -2.0°C 以下の海水は存在せず、波浪等のため過冷却状態を続けるにしても -3.0°C 以下の海水はない。海水の割目または海水が割れて海に落ち込む場合、河川、湖沼等の淡水の場合よりも、海水の場合が温度が低いから早く死ぬ (3~5分)。

+2.0°C 位ある海面でも冷却された寒い風が吹くと、吹いた風の方に海面に白い帯が生じる。筈ですくって見ると、白いのは海水が氷った針状氷晶 (Needle Ice) である。一度海面の一部が氷ると、あとの部分も急速に氷る。

日本の中で海水の出来るのはオコーツク海 (Sea of Okhotsk) 沿岸丈けである。寒い冬にはオコーツク海全部が氷ってしまう。太平洋、日本海の日本海岸は原則として氷らない。

工学的に最も必要な海水の強さ、特に抗張強度 (Tensile Strength) については、海水の塩分によりまた地域により異なるが、一般に純氷の場合の 0.7~0.9 位である。著しい特徴は異方性体であり、

- (1) 海水の塩分の高い程強度が低い、
- (2) 結晶軸の方向に抗張強度が大きい、
- (3) 結晶軸に直角な方向には抗張強度が小さく、結晶軸方向の抗張強度の 0.2~0.4 位である、
- (4) 純氷の場合よりも塑性 (Plasticity) が多い、
- (5) 出来初め(12月)の海水は強く、それに比し融氷期の海水 (3~4月) は弱い。

強さの程度について 表-2~7<sub>6</sub>) を示す。これ等は学術上種々な点において問題を残すが、海氷の概略の強さを示すものである。

表-2 大泊棧橋下採取海氷引張強さ試験結果<sub>6)</sub>

(1) 結晶軸に平行に引張りたる場合

供試体断面寸法 (cm)	断面積 (cm <sup>2</sup> )	切断荷重 (kg)	引張強さ (kg/cm <sup>2</sup> )	備 考
2.4	2.4	5.76	8.07	平均に加へず
2.2	2.4	5.28	5.35	
2.4	2.3	5.52	6.52	
2.2	2.4	5.28	4.92	平均に加へず
2.3	2.3	5.29	9.45	
2.1	2.4	5.04	7.63	
平 均			7.92	

(2) 結晶軸に垂直に引張りたる場合

2.5	2.2	5.75	2.09	平均に加へず
2.3	2.3	5.29	1.70	
2.3	2.2	5.06	2.81	
2.5	2.0	5.00	2.65	
2.4	2.3	5.52	1.68	
2.2	2.3	5.06	4.25	
平 均			2.19	

表-3 大泊船入瀬採取海氷引張強さ試験結果<sub>7)</sub>

(1) 結晶軸に平行に引張りたる場合

供試体断面寸法 (cm)	断面積 (cm <sup>2</sup> )	切断荷重 (kg)	引張強さ (kg/cm <sup>2</sup> )	備 考
2.5	2.3	5.75	8.50	平均に加へず
2.4	2.3	5.52	10.40	
2.3	2.4	5.52	9.95	
2.2	2.3	5.06	6.90	
2.2	2.5	5.50	9.55	
2.3	2.3	5.29	8.23	
平 均			9.33	

(2) 結晶軸に垂直に引張りたる場合

2.4	2.5	6.00	2.50	平均に加へず
2.3	2.4	5.52	8.15	
2.0	2.3	4.60	3.86	
2.4	2.5	6.00	4.42	平均に加へず
2.2	2.3	5.06	9.23	
2.4	2.6	6.24	4.25	
平 均			3.76	

表-4 大泊棧橋下採取海水氷圧縮強さ試験結果<sup>6)</sup>

(1) 結晶軸に平行に圧縮したる場合 (室温 -4℃)

供試体寸法 (cm)			断面積 (cm <sup>2</sup> )	初圧縮 荷 重 (kg)	最大圧 縮荷重 (kg)	初圧縮 強 さ (kg/cm <sup>2</sup> )	最大圧 縮強さ (kg/cm <sup>2</sup> )	破壊後 の高さ (cm)	備 考
断	面	高さ							
7.1	7.0	6.8	49.7	1900	4800	28.2	96.5	6.7	
6.9	7.0	6.9	48.3	2800	5100	58.0	103.5	6.8	
7.0	7.2	7.1	50.4	2600	4200	51.6	83.5	6.9	
7.0	6.9	6.8	48.3	1500	4500	31.0	93.1	6.6	
7.1	7.1	7.0	50.4	1800	4200	35.7	83.3	6.8	
平 均						42.9	92.4		

(2) 結晶軸に垂直に圧縮したる場合  
(室温 -3℃)

7.2	7.2	7.0	31.8	1200	1900	23.2	36.7	6.3	
6.8	6.8	6.8	46.2	900	1600	19.5	34.6	6.4	
7.2	6.8	6.7	49.0	1100	1550	22.5	31.6	6.5	
6.9	6.7	6.8	46.2	1000	1550	21.7	33.6	6.4	
平 均						21.7	34.1		

表-5 大泊船入洞採取海水氷圧縮強さ試験結果<sup>6)</sup>

(1) 結晶軸に平行に圧縮したる場合 (室温 -2℃)

供試体寸法 (cm)			断面積 (cm <sup>2</sup> )	初圧縮 荷 重 (kg)	最大圧 縮荷重 (kg)	初圧縮 強 さ (kg/cm <sup>2</sup> )	最大圧 縮強さ (kg/cm <sup>2</sup> )	破壊後 の高さ (cm)	備 考
断	面	高さ							
6.8	7.3	6.8	49.6	2000	5200	40.3	104.5	6.8	
7.2	7.0	6.7	50.4	1200	5200	23.8	103.0	6.6	
6.8	7.1	7.0	48.3	2300	4350	47.6	90.0	6.8	
7.2	6.7	7.0	48.2	2100	5200	43.5	108.0	6.9	
6.8	7.2	7.0	49.0	1800	4750	36.8	97.0	6.8	
7.2	7.2	7.0	51.8	2150	6400	41.5	123.5	6.9	平均に加 へず(最)
7.2	6.7	7.1	48.2	1300	3050	27.0	63.3	6.9	平均に加 へず(最)
6.8	7.2	6.9	49.0	1900	4400	38.8	90.0	6.7	
7.1	6.9	7.0	49.0	2400	4850	49.0	99.0	6.9	
7.2	6.6	7.0	47.5	1100	4000	23.2	84.2	6.9	
平 均						37.2	96.9		

(2) 結晶軸に垂直に圧縮したる場合 (室温 -2℃)

7.0	7.0	7.1	49.0	900	2000	18.4	40.8	6.1	
7.0	7.0	7.0	49.0	1350	1950	27.6	39.8	6.1	
6.6	6.7	7.1	44.2	1700	2100	38.5	47.6	6.5	
7.0	6.7	7.1	46.9	1200	2250	25.6	48.0	6.6	
6.6	6.5	7.1	42.9	1100	2200	25.6	49.0	6.5	
平 均						27.1	45.0		

表-6 大泊棧橋下採取海水圧縮弾性係数 $\phi$ 

(1) 結晶軸に平行に圧縮したる場合

(室温  $-4^{\circ}\text{C}$ )

供試体寸法 (cm)			断面積 ( $\text{m}^2$ )	最大圧縮荷重 (kg)	最大圧縮強さ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	破壊後の高さ (cm)	圧縮弾性係数 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	備 考
断	面	高さ						
7.1	7.0	6.8	49.7	4800	96.5	6.7	6560	
6.9	7.0	6.9	48.3	5100	103.5	6.8	7141	
7.0	7.2	7.1	50.4	4200	83.5	6.9	2964	
7.0	6.9	6.8	48.3	4500	93.1	6.6	3165	
7.1	7.1	7.0	50.4	4200	83.3	6.8	2915	
平 均					92.4		4549	

(2) 結晶軸に垂直に圧縮したる場合

(室温  $-3^{\circ}\text{C}$ )

7.2	7.2	7.0	31.8	1900	36.7	6.3	367	
6.8	6.8	6.8	46.2	1600	34.6	6.4	588	
7.2	6.8	6.7	49.0	1550	31.6	6.5	1059	
6.9	6.7	6.8	46.2	1550	33.6	6.4	571	
平 均					34.1		646	

表-7 大泊船入洞採取海水圧縮弾性係数 $\phi$ 

(1) 結晶軸に平行に圧縮したる場合

(室温  $-2^{\circ}\text{C}$ )

供試体寸法 (cm)			断面積 ( $\text{cm}^2$ )	最大圧縮荷重 (kg)	最大圧縮強さ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	破壊後の高さ (cm)	圧縮弾性係数 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	備 考
断	面	高さ						
7.2	7.0	6.7	50.4	5200	103.0	6.6	6901	
6.8	7.1	7.0	48.3	4350	90.0	6.8	3150	
7.2	6.7	7.0	48.2	5200	108.0	6.9	7560	
6.8	7.2	7.0	49.0	4750	97.0	6.8	3395	
7.2	7.2	7.0	51.8	6400	123.5	6.9	8645	
7.2	6.7	7.1	48.2	3050	63.3	6.9	2247	
6.8	7.2	6.9	49.0	4400	90.0	6.7	3105	
7.1	6.9	7.0	49.0	4850	99.0	6.9	6930	
7.2	6.6	7.0	47.5	4000	84.2	6.9	5894	
平 均					96.9		5314	

(2) 結晶軸に垂直に圧縮したる場合

(室温  $-2^{\circ}\text{C}$ )

7.0	7.0	7.1	49.0	2000	40.8	6.1	290	
7.0	7.0	7.0	49.0	1950	39.8	6.1	310	
6.6	6.7	7.1	44.2	2100	47.6	6.5	563	
7.0	6.7	7.1	46.9	2250	48.0	6.6	682	
6.6	6.5	7.1	42.9	2200	49.0	6.5	580	
平 均					45.0		485	

#### 4. 日本近海の海水の分類

日本近海の海水<sup>n</sup>には定った名称が無く、海水の報告に不便なるのみならず海水の調査研究の上に不都合が多いので、国内的に其の名称を統一すべく、海軍大佐岸人三郎氏、海軍大佐門前鼎氏、海軍大尉矢野房雄氏、水産試験場技師宇田道隆博士、海洋气象台技師日高孝次博士の諸氏が昭和 14 年（1939）2 月及び 4～5 月の間オーツク海及び間宮海峡の海水を観測した結果と、従来航海気象及び海洋等の仕事に掌った人々の用ひた名称及び外国で使用して居る名称等を参考として、研究協議の上意見の一致を見、日本近海の海水の名称として下記の分類を決定した。

日本近海の海水の名称

（1）氷子（昌氷 Ice Crystal）数 mm 乃至数 cm の大きさを有する薄板又は針状の結晶にして結氷の最初に生ずるものである。

（2）膜氷 油を流したるが如く膜状をなし氷子の互に氷着せずして海面を覆ふもので、鉛色若しくは灰色を呈する。

（3）アイスクリーム状海水（Slush）灰色を帯びグリース状又は軟泥状に氷子の集合せるもので、粘性を有する。

（4）氷殻（Ice Rind）硝子状の薄き板状の氷（厚さ 5 cm 以内）の海面に皮殻をなすものである。弾性を有し破砕するとき硝子の破るるときの如き音を発する。

（5）軟氷（Sludge Ice）人又は海驢等を乗せ得ざる軟氷の総称である。

（6）混合軟氷（Sludge）アイスクリーム状海水と軟氷の破片とが混合したるものである。

（7）蓮葉状海水（Pancake Ice）蓮葉状をなし、其の縁辺まくれあがり白色を呈し海面に浮泛し、其の直径 10 cm 位より数 m に及ぶ。

（8）クラゲ状海水（外国名なし）僅に海面上に浮ぶ小なる板状の海水群である、恰も海月の群棲せるが如くである。

（9）板状軟氷（Young Ice）蓮葉状海水若しくは混合軟氷が互に氷着して板状をなせるものである、厚さ 5～20 cm。

（10）平坦海水（Level Ice）板状軟氷の発達せるものにして、厚さ 20 cm 以上の平坦な海水を謂ふ。

（11）氷野（Ice Field）広き海面に氷の張り詰めたるものを謂ふ（少くとも其の広袤 1 平方哩以上）。

（12）氷原（Ice Field）氷野の一層大なるものを謂ふ。

（13）氷丘（Hummocked Ice）氷野又は氷原上に氷片又は氷塊の積み重なりて丘状をなせるものを謂ふ。

（14）氷丘脈（Pressure Ridge）氷野若しくは氷原上に氷丘の脈状をなして連りたるものを謂ふ。

（15）氷湖 氷野又は氷原中相当の広さを有する氷の無き部分を謂ふ。

（16）氷盤 板状軟氷若は平坦海水が風波等の為に破壊せられ浮泛するものである。

（17）氷岩（Growlers）海面上 1 m 以上の高さを有する氷塊の浮泛するものを謂ふ。

（18）流水（Drift Ice）運動の自由を有する海水の多数浮泛するものを謂ふ。

（19）流氷帯 流水の密集して帯状をなせるものを謂ふ。

(20) 流水原流水の一面に存在する区域を謂ふ。

(21) 群氷 (Pack Ice) 氷盤, 氷岩等の多数群集して存するものを謂ふ。

(22) 氷量 測者其の附近の海面を見渡し海水が海面を覆ふ面積の海面に対する割合を謂ふ。全面氷ならば 10 とし, 海面の約 3 割が氷ならばと 3 とするが如くである (氷量は海氷の名称では無いが観測及び報告の爲め不可欠のものなる故附記する)。

## 5. 流 氷

海水, 河水, 湖水または氷山が海流, 潮流または風により海上を動き廻るのが流水 (Drift Ice) である。北海道の湖水は多く山間にあるので湖水は海に出ることはできない。氷山は日本近海にはない。河水は流水と成り得るが, その量は海水に比して少く, またその範囲も河口附近に限られる。されば流水の大部分は海水である。

オーツク海には東樺太海流 (East Sahalien Current) といふ反時計様の寒流がある。従って北海道オーツク海沿岸に来る流水は北から南に来る, 北岸が 1 月中旬, 南岸が 2 月末である。

流水が接岸すると附近の気候が一段ときびしく成り, 夜寝て居ってもその時間に目が覚める位である。一日中温度の変化が少くなり, 特に日中の昇温が無くなり, 根雪 (Grundschnee) の毎日よりも一層気温が下る。流水期間中航海, 港湾, 漁業は全く機能が杜絶してふ。汽船, 漁船は流水の届かない岸に揚げて置かないと壊れてしまう。北海道では流水の上を歩くことは殊の外危険である, 夫は流水の境若しくは割目がどう成って居るか, どの位明いているかが外からは分らない為である, 殊に表面に雪でも積っていれば尚更である。落ちたら死 (10 分以内) は確実である。丈夫な竹棒を一本持つことを勧める。また成るべく単独行動を避けて 2 人以上で調査に出掛けるがよい。私は何度もその危険な目に遭っている。

## 6. 結 論

海氷および流水共に港湾および航路を閉し海上交通を杜絶せしめ, 漁業を止め, 附近一帯の気候を一変して, 住民に大損害を与ゆるものである。

これに依って被害を被る地域は, 北海道オーツク海沿岸, 即ち宗谷岬より知床岬を経て根室半島納沙布岬に至る沿岸である。根室納沙布岬を経た流水は, 厚岸, 釧路の沖を通り, 襟裳岬の沖合にて消失する。釧路港でも寒い日には多少の海水を生ずるが, それに依って大きな災害は殆ど生じない。

## 参 考 文 献

- 1) 北海道帝国大学: 寒地土木研究所趣意書, 昭和 19 年 (1944)
- 2) 倉塚良夫, 林 猛雄: 氷主として海水と港湾の凍結に就いて 港湾 昭和 15 年 (1940) 9 月号 p. 44~57 以後毎号連続掲載
- 3) 北海道大学一覽, 昭和 52 年 (1977)
- 4) 東京天文台編纂: 理科年表 昭和 42 年 (1967)  
岩波理化学辞典 昭和 46 年 (1971)
- 5) 徳平 淳: 衛生工学 p. 2~3 昭和 51 年 (1976)
- 6) 樺太庁土木課: 氷の強度試験報告 昭和 13 年 (1938)
- 7) 日本近海の海氷の名称に就て 水路要報 第 19 年 2 号 昭和 15 年 2 月 (1940) p. 49~50  
(53 年 9 月 11 日受理)