



Title	海氷の研究（第 1 1 報）：網走、紋別に於ける沿岸海水中の塩素量について
Author(s)	福富, 孝治; 楠, 宏; 田畑, 忠司
Citation	低温科学, 6, 71-83
Issue Date	1951-03-31
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/17484
Type	bulletin (article)
File Information	6_p71-83.pdf



[Instructions for use](#)

海水の研究 (第11報) 網走、紋別に於ける沿岸海氷中の塩素量に就いて*

福富孝治, 楠 宏, 田畑忠司

(低温科学研究所 海洋学部門)

(昭和25年5月受理)

I. 緒 言

海の氷は陸の氷に比べてその物理的性質が非常に異なっているが、それは海の氷は、純水の小間隙内に濃塩水 (Brine) を有する構造であることに原因する。即ち、この Brine の量とその濃度、換言すれば、海水中の塩分量の多寡が海水の物理的性質を陸氷のそれと異ならしめている原因であると言うことが出来る。又大洋の底層流、又は中層流の起源は、極地に近い海での海水の生成、融解に関連して塩分の多い又は少ない海水が出来ることによって原因すると考えられている。従つて、海水中の塩分含量の測定は海水研究の重要課題の一つである。

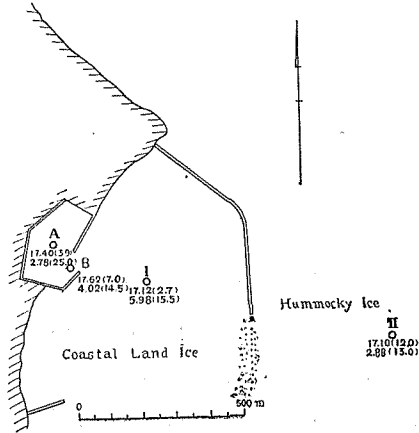
海水の塩分に関しては、Vega号探検の結果に就ての O. PETERSON¹⁾の研究、Deutschland号の南極探検に際して Weddell 海の海水に就ての W. BRENNECKE²⁾の研究、Maud号探検の際の北シベリヤの海水に就ての F. MALMGREN³⁾の研究、Sedov号探検の時の北極海の海水に就いての W. WIESE⁴⁾の研究等が知られている。然し本邦附近の海面の海水の塩分に就ては発表されたもの極めて少なく、根室港の海水に就ての須田皖次博士の調査⁵⁾、大泊港附近の沿岸海水に就き筆者の一人福富の調査⁶⁾、北海道オホーツク海岸の雄武の沿岸海水に就ての函館海岸気象台の調査等⁷⁾があるに過ぎない。

これ等の入々の研究の結果によれば、海水の塩分は0.5~15%の廣い範囲に変化し、一般に新しい氷は塩分多く古い氷は少い。又同じ新しい氷でも気温が低く、結氷の速度が大であると、塩分は多い。従つて一地方の海面に形成された海水でも、氷の表面よりの深さ、気温等によつてもその塩分は変化することが知られている。即ち MALMGREN, BRENNECKE は海水中の塩分が結氷の表層から下層に行くに従つて減少することを指摘している。MALMGREN はその説明として、表層は寒氣酷烈の間に氷結したため氷結速度が速く、純水の小結晶間に Brine の閉じ込められることが多いが、一旦氷板が出来るとそれが熱の不良導体であるために氷板下の結氷速度が小さく、Brine の間に閉じ込められることが少くなると考えた。

* 北海道大学低温科学研究所業績 第103號 昭和22年5月9日 日本物理学会年會に於て發表

又 BRENNECKE は古い海水では下層程塩分の増加する場合のあることを報告している。福富は大泊港附近の沿岸海水に就て、塩分の少ない海水より生成した海水中の塩分は少なく、塩分の多い海水より生成した海水中の塩分は多いこと、及び塩分の垂直分布は簡単ではないが、概して MALMGREN の上濃下淡の型と、氷の表層で塩分多く中層で少なく下層で再び塩分が多いという2つの型が観測されたことを述べている。

筆者等は昭和19, 20, 21, 23年冬季(毎年2月中旬より3月上旬)に北海道オホーツク海岸

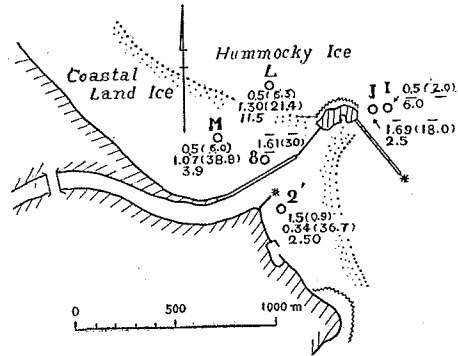


第1圖 紋別に於ける1945年(測点 I, II), 1946年(測点 A, B) 2月の海水の状態
 {海水の鹽素量(%), (水深m)
 {海水の平均鹽素量(%), (氷厚cm)

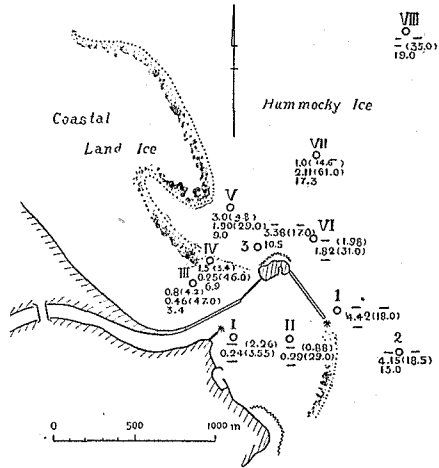
の網走及び紋別に於て沿岸海水の観測を行つたが、その際沿岸海水中及び氷丘の氷に就いて、塩素量及び硫酸塩含量の測定を行つた。それらの結果に就いて以下に報告する。

II. 測定方法並びに結果

第1図及び第2図(A, B)は夫々紋別港及び網走港附近の略図で、黒点を施した部分は表面の平滑な沿岸結氷、その沖の部分は、hummocky ice (沖よりおし寄せて密着した流水で凸凹の多いもの)である。丸印は観測点で之に附したローマ数字又は大文字は測点番号(表参照)、各測点のアラビア数字は海水直下の塩分の淡い海水層の厚さで括弧内の数字はその層の平均の塩素含量である。第2図 A, B は夫々昭和19年, 20年及び23年の観測値である。

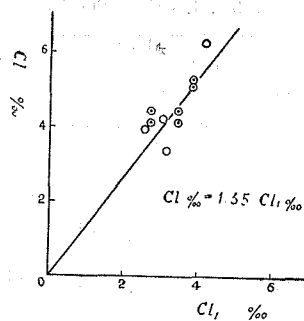


第2圖(A) 網走に於ける1944年2月の海水の状態
 {海水下の淡鹽分層の厚さ(m), (淡鹽分層の平均鹽素量(%))
 {海水の平均鹽素量(%), (氷厚(cm))
 {水深(m)}



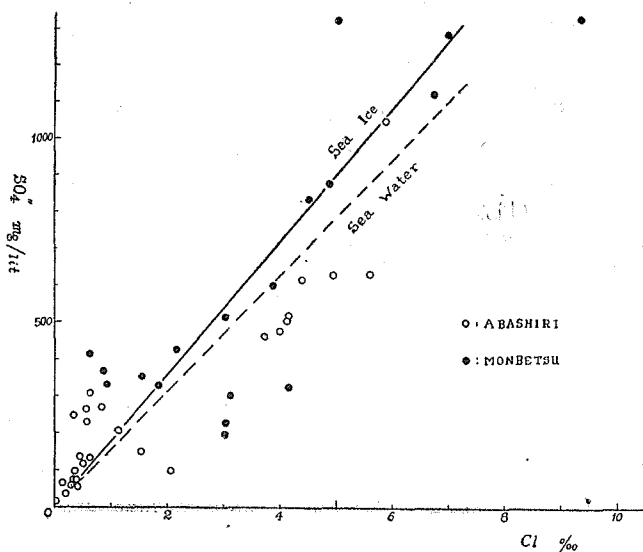
第2圖(B) 網走に於ける1945年(測点 I ~ VIII) 1948年(測点 1, 2) 2月の海水の状態

沿岸海水は海水面に平行な上面下面を有する結氷板である。各観測点に就いてこれから50cm×50cm位の面積で水面に垂直な氷柱を切り出して、その中央の部分をつ約3~5cm毎の厚さに切り取つて種々の深さに対する資料とした。その切片は砕いて瓶に入れ陸上に於いてその融解水に就いてCl含量の分析を行つた。この資料をとる際に、氷の中に閉じ込められていたBrineが、殊に最下層では純氷の組成が粗いので、滴下して実際と異なる結果が出る恐れがある。此の影響を検討するために、結氷板より切り出した氷柱をそのまま直ちにシャーレに入れて融解せしめ、Cl含量を測定し、前記の方法による結果と比較して第3図を得た。即ち前記の方法によつて得た結果には補正量として1.35を乗する必要があることになる。然し後者の方法を總ての資料に適用するのは實際上困難なので、多くの資料については前記の方法を採用して、その結果に補正を施すことにした。



第3圖 2種の方法によるCl含量の測定結果の比較

滴定にはMicro-Buretteを用い、硝酸銀液の濃度は一般海水分析用のものを1~3倍に稀釈したものを用い、用いた硝酸銀溶液は標準海水によつて検定したことは申す迄もない。又一部の資料に就いては海水分析に用いられる方法によりSO₄''の定量分析も行つた。氷丘に



第4圖 海水中のCl'とSO₄''の関係

就いては適宜に小氷塊を切り出し、同じ方法によりCl', SO₄''の測定を行つた。

海水中の塩分量と塩素量の間にも、近似的には海水に対するKNUDSENの實驗式が成立していることが知られているが、嚴密にはPETTERSSON, WIESE等が指摘している如く、その塩分の組成が結氷板下の海水のそれと異なつており、必ずしも海水中のCl'とSO₄''の關係とは一致しない。筆者等の測定の結果について

この關係を吟味するために、横軸に海水中のCl'含量をとり、縦軸にはそれに対応するSO₄''含量をとつて図示して第4図が得られた。海水に就いて知られているCl'含量とSO₄''含量との關係は図中に点線で示したが、これと比較すると、従来知られている如く海水の中では海水よりもSO₄''/Cl'の比が大である。従つて本報告ではKNUDSENの實驗式による塩分量の算

出は行わず, 塩素量をそのまま用いることにした。測定の結果は第Ⅱ表, 第Ⅲ表並びに第5, 6, 7図に示すとおりである。

第Ⅰ表 網走に於ける海水中のCl及びSO₄含量の分布(数字は更正值, 括弧中の数字は實測値)

Table. I. Cl and SO₄ contents of the Sea-ice in Abashiri (We recorded the observed and reduced values).

Year	Station	Depth of Sea (m)	Thick-ness of Ice (cm)	Cl and SO ₄ Contents in Ice-Layer (Cl: ‰ SO ₄ : mg/lit)										Cl-contents of Surface Water (%)	Date
				1 (Surface)	2	3	4	5	6	7	8	Mean			
1944	J	2.5	18.0	Cl	2.30 (1.78)	1.89 (1.39)	1.93 (1.43)	0.89 (0.66)	1.47 (1.09)	1.53 (1.13)	—	—	1.69 (1.25)	—	23/II
	M	3.85	38.8	Cl	1.65 (1.22)	1.65 (1.22)	0.99 (0.74)	0.70 (0.52)	0.55 (0.41)	0.90 (0.67)	—	—	1.07 (0.80)	6.03	26/II
	L	11.5	21.4	Cl	1.82 (1.35)	1.79 (1.33)	1.44 (1.07)	1.19 (0.88)	1.20 (0.89)	1.04 (0.77)	0.59 (0.44)	—	1.30 (0.96)	6.31	24/II
	8	—	30.0	Cl	2.89 (2.14)	2.12 (1.57)	2.09 (1.55)	1.61 (1.27)	1.09 (0.81)	1.16 (0.86)	0.89 (0.66)	1.01 (0.75)	1.61 (1.20)	—	20/II
	2'	—	36.7	Cl	0.50 (0.37)	0.31 (0.23)	0.43 (0.32)	0.41 (0.30)	0.28 (0.21)	0.23 (0.17)	0.23 (0.17)	0.41 (0.30)	0.34 (0.26)	—	27/II
1945	I	—	35.5	Cl	0.50 (0.37)	0.39 (0.29)	0.20 (0.15)	0.16 (0.12)	0.20 (0.15)	0.03 (0.02)	—	—	0.24 (0.18)	2.26	22/II
				SO ₄	117.8 (87.2)	72.7 (53.8)	36.9 (27.3)	65.7 (48.6)	63.1 (46.7)	14.1 (10.4)	—	—	61.7 (45.7)		
	II	—	29.0	Cl	0.86 (0.64)	0.39 (0.29)	0.23 (0.17)	0.13 (0.10)	0.05 (0.04)	0.09 (0.07)	—	—	0.29 (0.22)	0.88	17/II
				SO ₄	57.5 (42.6)	74.5 (55.2)	249 (184)	—	264 (195)	308 (228)	—	—	191 (141)		
	III	3.40	47.0	Cl	0.29 (0.22)	0.32 (0.24)	0.36 (0.27)	0.58 (0.43)	0.57 (0.42)	0.65 (0.48)	—	—	0.46 (0.34)	3.81	26/II
				SO ₄	57.5 (42.6)	74.5 (55.2)	249 (184)	—	264 (195)	308 (228)	—	—	191 (141)		
	IV	6.90	46.0	Cl	0.31 (0.23)	0.28 (0.21)	0.19 (0.14)	0.16 (0.12)	0.21 (0.16)	0.36 (0.27)	—	—	0.25 (0.19)	2.40	22/II
				SO ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	V	9.00	29.0	Cl	2.82 (2.09)	2.20 (1.63)	2.07 (1.53)	1.62 (1.20)	1.55 (1.15)	1.16 (0.86)	—	—	1.90 (1.41)	3.13	18/II
				SO ₄	—	—	99.2 (73.4)	192 (142)	151 (112)	208 (154)	—	—	153 (121)		
VI	—	31.0	Cl	3.63 (2.69)	3.25 (2.41)	1.49 (1.09)	2.66 (1.97)	1.76 (1.30)	1.86 (1.38)	1.65 (1.22)	1.44 (1.07)	—	—	1.98	17/II
			SO ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
VII	17.3	61.0	Cl	4.12 (3.05)	2.62 (1.94)	2.14 (1.58)	2.47 (1.83)	1.88 (1.39)	1.77 (1.31)	1.76 (1.30)	1.46 (1.08)	—	—	14.59	25/II
			SO ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
VII	17.3	10.0	Cl	6.59 (4.88)	7.87 (5.83)	—	—	—	—	—	—	—	7.24 (5.36)	14.59	25/II
			SO ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
VII	17.3	4.8	Cl	7.52 (5.57)	—	—	—	—	—	—	—	—	7.52 (5.57)	14.59	25/II
			SO ₄	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1948	1	—	18.0	Cl	5.93 (4.38)	3.42 (2.53)	4.08 (3.02)	—	—	—	—	—	4.42 (3.31)	—	18/II
				SO ₄	1047.3 (775.8)	251.5 (186.3)	519.6 (384.9)	—	—	—	—	—	615.0 (449.0)		
	2	—	18.5	Cl	4.03 (2.98)	7.64 (5.65)	3.74 (2.77)	4.96 (3.67)	—	—	—	—	4.15 (3.07)	—	20/II
SO ₄				476.7 (353.1)	471.8 (349.5)	461.7 (342.0)	628.3 (465.4)	—	—	—	—	504.9 (374.0)			
3 (Noto-ro)	—	—	48.0	Cl	3.60 (2.66)	2.99 (2.21)	2.50 (1.85)	4.28 (3.17)	—	—	—	—	3.34 (2.48)	—	22/II

第 II 表 海氷中の Cl' 及び SO₄'' の分布 (紋別)

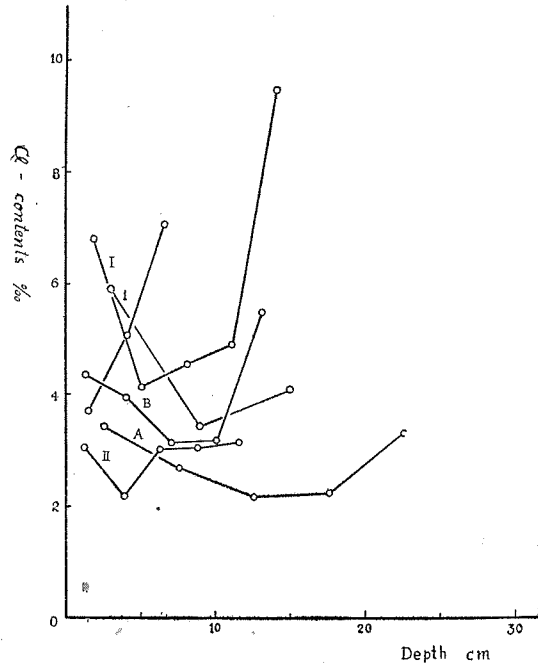
Table. II. Cl' and SO₄'' Contents of the Sea-Ice in Monbetsu.

Year	Station	Depth of Sea (m)	Thick-ness of Ice (cm)	Cl-Contents in % and SO ₄ '' Contents in mg/lit. in Ice-Layer					Cl-contents of Surface Water. (%)	Date		
				1 (Surface)	2	3	4	5			Mean	
1945	I	2.65	15.5	Cl	6.82 (5.75)	4.14 (3.07)	4.56 (3.38)	4.91 (3.64)	9.48 (7.72)	5.98 (4.43)	17.72	2/III
				SO ₄	1120 (830)	324 (240)	834 (654)	877 (649)	1310 (970)	934 (669)		
	II	12.0	13.0	Cl	3.05 (2.26)	2.17 (1.51)	3.02 (2.24)	3.05 (2.26)	3.13 (2.32)	2.89 (2.14)	17.10	2/III
				SO ₄	512 (379)	426 (315)	197 (146)	229 (170)	301 (223)	334 (247)		
				Cl	3.89 (2.88)	5.09 (3.77)	7.05 (5.22)	—	—	5.34 (3.96)	—	2/III
				SO ₄	601 (445)	1322 (980)	1281 (949)	—	—	1068 (791)		
1946	A	3.85	25.0	Cl	3.44 (2.55)	2.70 (2.00)	2.17 (1.61)	2.26 (1.67)	3.31 (2.45)	2.78 (2.06)	17.40	20/II
	B	7.00	14.5	Cl	4.36 (3.23)	3.96 (2.93)	3.03 (2.32)	3.17 (2.35)	5.49 (4.07)	4.02 (2.98)	17.62	25/II
				Cl	4.16 (3.08)	2.54 (1.88)	2.23 (1.65)	—	—	2.97 (2.20)		
			27.0	Cl	5.33 (3.95)	3.27 (2.42)	—	—	—	4.29 (3.18)	26/II	
				Thickness of Sea-ice in cm.	—	1.0	1.1	3.0	3.3	5.6		—
	Cl-contents in %	—	—	14.26 (10.56)	13.10 (9.70)	8.02 (5.94)	6.71 (4.97)	6.01 (4.45)	—	—		
Cl-contents of surface sea-water are	—	—	17.40~17.62 %					—	—			

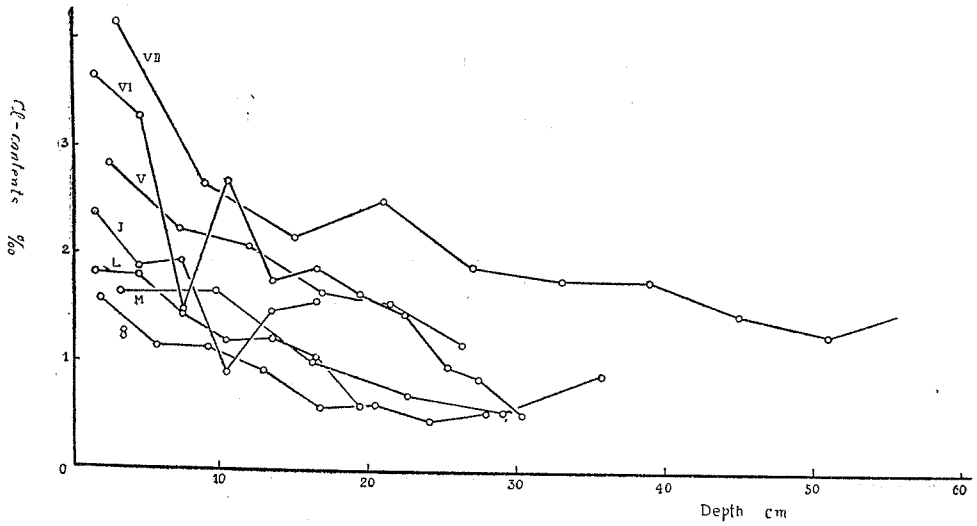
第 III 表 氷丘中 Cl' 及び SO₄'' 含量の測定値並びに補正值

Table. III. Measured and Reduced Value of Cl' and SO₄'' Contents of the Hammock-ice in Abashiri and Monbetsu.

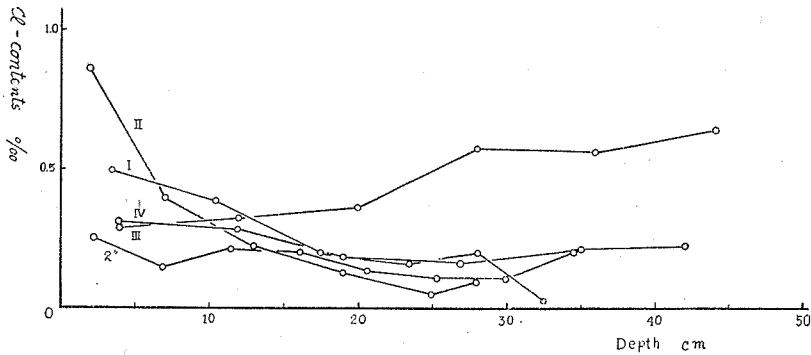
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ABASHIRI	Cl'-contents	0.45 (0.33)	0.59 (0.45)	0.66 (0.49)	0.69 (0.51)	0.42 (0.31)	0.35 (0.26)	0.62 (0.46)	1.19 (0.88)	0.58 (0.43)	1.07 (0.79)	1.11 (0.82)
	SO ₄ ''-contents	136 (101)	230 (170)	132.1 (97.9)	108.4 (80.3)	51.9 (38.4)	97.7 (72.3)	—	271 (201)	—	—	—
Mean Cl'-contents is		0.70 (0.52) %										
SO ₄ ''-contents is		146.8 (108.7) mg/lit.										
MONBETSU	Cl'-contents	1.86 (1.38)	0.63 (0.47)	0.86 (0.64)	0.93 (0.69)	0.92 (0.68)	1.55 (1.15)	1.86 (1.38)	—	—	—	—
	SO ₄ ''-contents	329 (244)	415 (307)	369 (273)	332 (246)	—	352 (261)	329 (244)	—	—	—	—
Mean Cl'-contents is		1.23 (0.91) %										
SO ₄ ''-contents is		353 (261.5) mg/lit.										



第 5 圖 海水中の鹽素量の垂直分布 (A)



第 6 圖 海水中の鹽素量の垂直分布 (B)

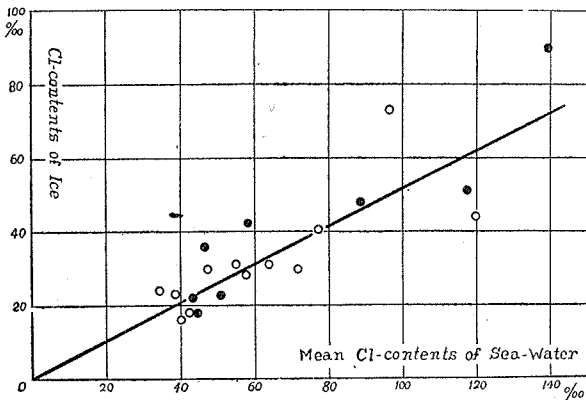


第 7 圖 海水中の鹽素量の垂直分布 (C)

III. 論 議

1) 塩素量の垂直分布に就ての 3 つの型

以上の結果から海水中の Cl の垂直分布をしらべて見ると、第 5, 6, 7 図に示す如く概ね 3 つの型に分けられることが判つた。これらを便宜上 A 型、B 型及び C 型と呼ぶことにする。A 型は筆者の一人福富が観測した上濃、中淡、下濃、即ち氷の上層で塩分濃く中層で淡く下層で再び濃くなる型で、B 型は MALMGREN, BRENNECKE の指摘した上濃下淡の型である。C 型は塩素量の著しく少ない場合を便宜上集めたもので、本質的には A 又は B 型と異なるものではない。之等の結果に就いて注目すべきことは、A 型は主に紋別、B 型、C 型は主に網走に於て観測せられたことである。兩地の海水の生成に就ての大きな相違は、紋別では観測点の附近には河の注入が殆どなく海水下の Cl 含量は概ね 17 ‰位で海底まで殆ど一様であつた。これに反して、網走では第 2 図に示した様に観測点の近くに大きな河が注入しているので、海水の直下には底層の Cl 含量約 17 ‰の海水との間に厚さ約 1 米で Cl 含量が 1~11 ‰の淡水



第 8 圖 海水の鹽素量とそれより生じた海水中の鹽素量との關係

に近い海水の薄い層が観測せられたことである。網走の沿岸は水深が 3~15 米位で風波による攪乱のために結氷前には港内の一部を除いては、海水表面には淡水層はおそらくは存在していなかつたのであろう。然し海水が張りつめて風波による海水の攪乱がなくなつた結果、塩分が少なく密度の小さい淡水層が(第 2 図参照)漸次発達したものと考えられるのである。又塩分の薄い海水から出来た海水は濃い海水から生じた海水より、他の条件が同じであれば当然 Cl 含量が少く

ら出来た海水は濃い海水から生じた海水より、他の条件が同じであれば当然 Cl 含量が少く

なることも第8図から期待されることであるから⁸⁾、紋別と網走との海水中の塩素量の垂直分布の相違は、紋別の海水は直接塩分の多い海水から生じたものであるから塩分含量が大であり、網走では結氷初期の氷即ち表層附近の氷は塩分量の多い海水から生じたものであり、その下層の氷は前記の塩分の薄い海水から晶出したものと考えて定性的には充分説明せられるのである。網走にはB, Cの2型があるが、この相違も全く同様に考えてB型は結氷前には海水表面に前記の淡水層が存在せず結氷後淡水層が発達した場合に生ずるものと考えられるが、C型は結氷前にも既に海水表面に淡水層が発達していた場合に生じたものと考えれば説明せられるであろう。実際に網走に就てC型の発達するのは第1, 2図に示した如く、網走川の注ぐ内港の中であり、結氷前に於ての風波の影響少く淡水層の発達は充分可能である。これに反しB型は港の外近くに見られることも以上の考えに良く一致するのである。これらの結果は亞庭湾大泊港附近の沿岸結氷に就いて福富の行つた測定の結果ともよく一致している。即ち、網走に於て見られるB型は所謂MALMGREN型とよく似ているが、その成因は異なり、主としてその氷が生成した海水の塩分濃度の変化に原因していると考えられるのである。勿論部分的には、時間的経過とともに塩分落下の影響やMALMGRENの主唱する冷却速度の影響が無視出来ないことは後に述べる通りである。兎に角以上の点に注意して見ると、日本近海の盛水期に於ける沿岸結氷中の塩分垂直分布は、河水の影響の多い沿岸では、C又はB型を呈し、河水の影響の少ない沿岸海水域ではA型を呈すると言うことが出来るであろう。

2) 水中の塩素量と氷の成長速度との関係

上に吟味したことにより水中の塩素量垂直分布に就てのB, C型とA型の相違は主として
i) 海水の生成した海水中の塩分量に原因することが判つたとして、次に起る問題は塩分一様な海水の凍結の結果如何にしてA型の様な塩素量の垂直分布を生ずるかということである。此の原因はMALMGRENやBRENNECKEの指摘せる如く ii) 海水生成当時の気温の高低, iii) 海水の厚さ, iv) 海水が生成されてからの経過時間即ち氷の古さ等によるものと考えられるのである。

先ず生成したばかりの薄い新氷や、海水の最底下部に新しく生じた部分に就ては iv) の影響は無視できるから、此等の新氷中の塩素量は ii) 及び iii) の原因に支配されると考えて差支えない。ii) 及び iii) の影響と言うのは換言すれば、氷の中に Brine の閉じ込められる量の多少は氷の成長速度の大小に因ると考えることが出来る。今氷の下端で dt 時間に新らしく生ずる氷の厚さを dI とし、氷の密度を ρ_i 、潜熱を l、熱傳導度を k、氷の最下底に於ける氷温の鉛直方面の傾斜を $\left(-\frac{d\theta}{dz}\right)_I$ とすれば、氷の成長速度 $\frac{dI}{dt}$ は、

$$\frac{dI}{dt} = \frac{k}{l\rho_i} \left(-\frac{d\theta}{dz}\right)_I \dots\dots\dots(1)$$

で示される筈であり、気温を T (海水の結氷点を 0 として負方向に測つた値とする)、氷の厚

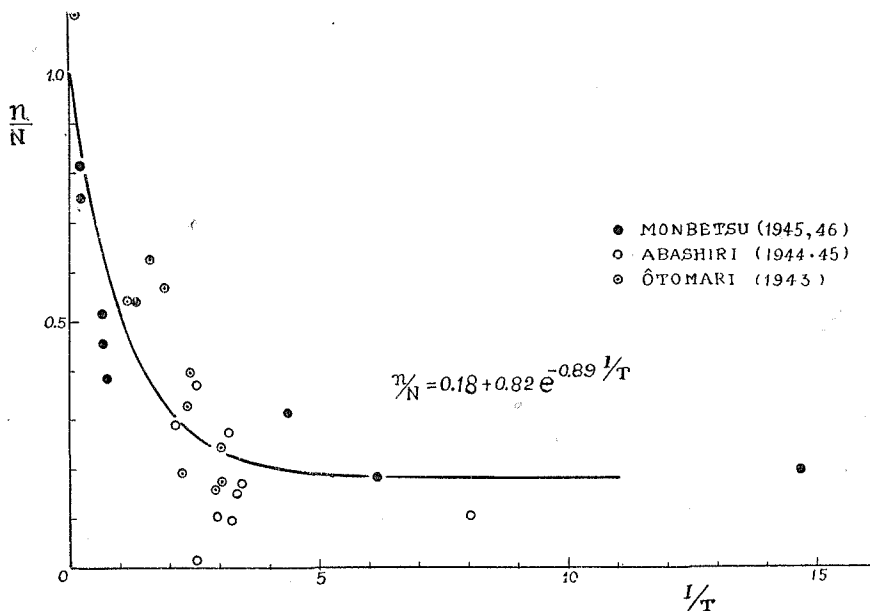
さを I とすれば、近似的には

$$\left(\frac{d\theta}{dz}\right)_I = \frac{T}{I} \dots\dots\dots(2)$$

であるから⁹⁾

$$\frac{dI}{dt} = \frac{k}{l\rho_i} \frac{T}{I} \dots\dots\dots(3)$$

なる近似的関係が存在する筈である。 $\frac{k}{l\rho_i}$ は近似的には常数であるから、ii), iii) の影響は $\left(\frac{T}{I}\right)$ の函数で示される筈である。従つて上に述べた様な新氷に就てその中の Cl 含量 n とその時の海水中の Cl 含量 N との比 n/N を求めて之を縦軸にとり、それに対応する T/I を計算して便宜上その逆数の値を横軸にとつてその関係を吟味すれば第9図が得られる。此の



第9圖 n/N と I/T の關係

兩者の關係は未だ測定の数が少ないので断定は出来ないが、近似的には図中に実線で示した如く

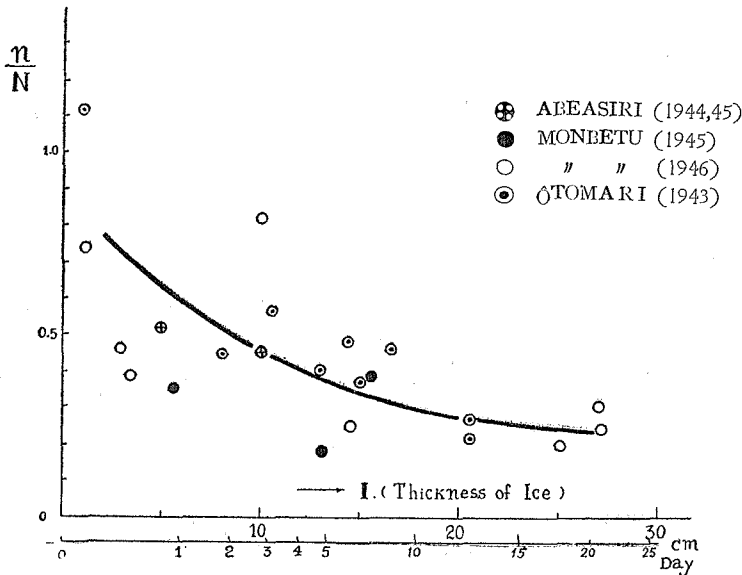
$$n/N = 0.18 + 0.82e^{-0.89 I/T} \dots\dots\dots(4)$$

なる実験式で表わすことが出来る。兎も角氷がうすくて氣温が低い場合即ち I/T が小さい場合(氷の成長速度が大なる場合に当る)には n/N の値が大で1に近づくが、逆に氷が厚くて氣温が比較的高い場合(成長速度が小なる場合に当る)には n/N の値は小となり 0.15~0.2 位の一定値に近づくことが判る。斯様に海水中の鹽分量が氷の成長速度と密接な關係があるのは、海水が凍結する際に放出された鹽分量が下方に拡散する速さと氷の成長の速さとの關係によりきまるものと筆者等は考へている。

3) 氷中の鹽素量の時間経過に対する減少

BRENNECKE によれば古い氷では下層程塩分の増加する場合のあることが注意せられている。又極地方の旅行者は、古い海水の表面に溜つた水又は古い海水の上層部は塩分が少いことを知つて居り屢々飲料として利用しているのである。塩分が30~35%の普通の沖の海水から生成せられた結氷の上層部は初めは可成り多く塩分を有することは前項に述べた如くであるが、これが長い時間の後には塩分が可成り減少すると考えられている。それでは時間の経過につれて定量的に如何なる割合で塩分が減少するのであろうか。又それは如何なる機構によるのであろうか。

筆者等の観察の結果及び福富が會つて大泊港附近の結氷に就て得た結果から、観測時の結氷の最上層部の塩素量 n とそれが生成された時の海水の塩素量 N との比 n/N を求め、これを縦軸にとり、観測時の氷厚 I を横軸にとつて点を plot すれば第10図が得られる。横軸には参考のために結氷生成以来氷厚が I となる迄の経過時間を別報第6図(網走に於ける氷



第10圖 n/N と氷厚の關係 (横軸は上が氷厚, 下は平均気温が -8°C (網走の例) の時に氷厚が I になる迄の経過時間)

各氷の結氷初期に於ける n/N の値は決して一定ではなく可成り異なつた値を示す筈であるが、兎に角平均的な傾向として図中実線で示した如く、最初 $n/N \div 0.8$ 位であつたものが時の経過につれて可成り速く減少し、25日位の後には $n/N \div 0.2$ 位までに低下したことが判るのであろう。即ち第10図の關係は、北海道オホーツク海沿岸地方の海水の最上層の塩分の時間に対する減少の一般的傾向を近似的に示すものであると考えられるのであるが、冬の初め生じた沿岸結氷中の塩素量が14% (海水を17%とした時) 位あつたものが次第に減少して、春季の解氷期位までには3~4% (凡そ $\frac{1}{4}$ に当る) 迄に減少するのである。

斯様な海水中の塩分の脱落の原因は何であるかと言うに、従来は重力による落下であると

厚増加曲線) により平均気温を -8°C として計算して記入しておいた。点はかなりばらついているが、観測時の氷厚が大なるものほど結氷最上層の n/N の値が小である傾向が見られる。結氷の初めの気温も又其後の気温も場所と時によつて変化しているので (平均温度は -8°C である), 観測した

か、細隙中の対流とかが考えられているが、大部分水面下にある氷の中の毛細管的な隙間に対して斯様な現象が起ることは考え難い様に思われる。筆者等は氣温の週期的変化（主として日週変化）に伴う氷温の週期的変化に依り、氷温が低下する時には細隙中の塩分の濃い Brine がそれより塩分のうすい下の海水中に押し出され、氷温が上昇する時には下の海水が細隙中に吸い込まれ、斯様な操作が繰返えされることによつて次第に Brine の塩分が減少することが主な原因ではないかと考えている。この問題に就ては後報に於て詳細に論ずることとする。

4) 氷丘の氷の鹽素含量

氷丘の氷は結氷が氷圧をうけて空中に押し出されて生じたものである。網走、紋別で観察した氷丘はその場所で生成せられたものもあるが、多くは流水として沖より流れて来たものである。従つて氷丘の歴史（出来た時日及び場所）を知ることは難かしい。斯様な氷丘の任意の個所を切り出してその中の Cl' 及び SO₄' 含量を測定した結果を第 III 表として示した。第 IV 表は垂直になつていた氷丘の中の Cl の高さに対する分布を示す。第 III 表によ

第 IV 表 氷中の鹽素量の垂直分布

高 サ (H cm)	93	70	50	30	10
鹽素量 (Cl %)	0.63	0.86	0.93	0.92	1.56

高 サ (H cm)		53	28	10
鹽素量 (Cl %)	No. 1	1.55	1.50	2.65
	No. 2	2.00	1.73	3.02

れば氷丘の鹽素含量は僅かに 0.35 ~ 1.86% でその平均は 0.97% であるが、筆者等の知る範囲の沿岸結氷の平均鹽素含量の 0.85 ~ 5.97 に較べると Cl' 含量が可成り少い。此の關係を実験的に確めるために

切出した結氷板を氷上に垂直に立て、約一週間空氣中に放置した時の Cl' 含量の時間に対する変化を測定した結果は第 V 表に示す如くである。之等の簡単な測定でも氷中の Brine が

第 V 表 Brine の滴下による海水中の鹽素量の変化

	採取時	1日後	2日後	7日後
No. 1	5.98%	2.89	2.40	—
2	4.29	3.12	—	—
3	2.86	—	—	2.08

重力又は他の原因によつて時間の経過につれて下方に移動し、氷の中の Brine の分布が変化することや鹽素量が漸次減少することが判る。之等の定量的な關係を知るためには更に

長時日の実験が必要である。

摘 要

昭和19, 20, 21, 23年の4カ年2月上旬~3月上旬北海道オホーツク海岸網走、紋別に於て行つた沿岸海水調査の一つとして行つた海水中の鹽素量及び硫酸塩の測定結果を報告し、多少の論議を行つた。尙今後精細に研究すべき点が多々残されていることは勿論であるが、その結果の概要を挙げれば以下の如くである。

1) 盛氷期に於ける北海道オホーツク海岸の沿岸結氷中の塩素量の垂直分布にはA, B, Cの3つの型があり, 河水の影響の多い沿岸水域ではB又はC型を呈し, 河水の影響の少ない沿海ではA型を示すものと考えられること。

2) 新氷又は氷の下層に新らしく生じた氷層の部分に就いて氷中の塩素量の多寡をきめる要因は, 下の海水中の塩素量及び氷の成長速度であることを指摘し, その間の近似的であるが定量的関係を知り得たこと。

3) 沿岸海水中の塩素量の時間の経過に対する減少の割合に就ても多少知り得たこと。

4) 氷丘の塩素含量をも多少調査したこと。

終りに臨み, 現地観測に当つては, 筆者等と同行した吉田敬一, 長島富雄, 故松村好基の3理学士, 齋藤光郎, 吉田英三, 櫻井常吉の3君, 松浦艶子, 半沢和子, 青木敬の3嬢の協力と現地の方々の援助に負う所が少くない。又研究に要した費用の一部は, 文部省科学研究費及び學術振興会研究費によつた。此処に記して厚く感謝の意を表する次第である。

文 献

- 1) PETERSON, O. Vega Expedition の結果から海水の Cl 含量と SO₄ 含量の比について研究せるもの (須田暁次博士の論文5) の紹介に依る。
- 2) Brennecke, W. Weddell 海の水氷に就き Cl 含量の垂直分布等を研究 (須田暁次博士の論文5) の紹介による)
- 3) Malmgren, .F. 1918-1925 On the Properties of Sea-ice, The Norwegian North Polar Expedition with the "Maud" 1918-1925. Scientific Results. 1. No. 5.
- 4) Wiese, W. Zur Kenntniss der Salze des Meereises. Ann. d. Hydro. u. Mari. Met. (海洋時報第5巻中の肥沼寛一氏の抄譯に依る)
- 5) 須田暁次 1932 根室港海水中の塩分に就て 海洋時報 4, 265.
- 6) 福富孝治 1943 海水の研究 (第1報) 亜庭灣の海水に就いての2, 3の考察. 日本海洋學會誌 3, 2. 79.
- 7) 函館海洋気象台 1945 海水観測結果報告 函館海洋気象台海洋報告 2, 91.
- 8) 福富孝治, 楠 宏, 田畑忠司 (1950) 海水の研究 (第8報) 網走, 紋別に於ける沿岸海水下の海水の温度塩分に就いて. 低温科学 3, 193.
- 9) 福富孝治, 楠 宏, 田畑忠司 (1950) 海水の研究 (第6報) 海水の氷厚増加に就いて, 低温科学 3. 171.

R é s u m é

As sea-ice has mosaic structure and some amounts of Cl. For this reason, the physical properties of sea-ice are moderately different from that of pure-ice. The writers studied on the vertical distribution of Cl-contents, on the relation between Cl-contents of sea-ice and those of the corresponding sea-water, on the relation between Cl-contents and the growth speed and on the time variation of Cl-content, from our results of observations carried out in 1944-1948 on the coastal land-ice at Abashiri

and Monbetsu in Okhotsk sea-coast of Hokkaido. The results are summerized as follows : —

(1) The coastal land-ices were classified in three types by the vertical distribution of Cl-contents and the causes were discussed. (2) The relation between Cl-contents in the lowest layer of sea-ice, those of underlying sea-water and the growth speed of ice was given by the next equation (see Fig. 9)

$$n/N = 0.18 + 0.82 e^{-0.891/T}$$

where n : Cl-contents of newly-formed ice or those of the lowest layer of ice in ‰

N : Cl-contents of the corresponding sea-water in ‰

I : thickness of ice in cm

T : mean air temperature in °C

(3) Cl-contents in the uppermost layer of ice decrease moderately in the lapse of time as shown in Fig. 10.