氷海－波浪水槽実験における塩分濃度分布の特性

岩手大学　学生会員　○越田尚樹，正会員　小笠原敏記，堺茂樹

1. はじめに

地球温暖化の“加速器”と呼ばれる北極海では，海氷分布や生成過程に変化が見られるようになって来た．多年氷のニラスと呼ばれる壊れにくいシート状の氷からパンケーキアイスと呼ばれる円盤状の氷へと氷況が変化し，日本の面積の約 3 倍もの海面が露出するようになった．海氷が減少する極域での海氷の生成・成長過程における塩分濃度分布の特性は未解明と言える．

そこで本研究では，氷海－波浪水槽を用いた実験を実施し，グリースアイスおよびパンケーキアイスのそれぞれの氷況下における塩分濃度分布の特性を明らかにする．特に，海水中の塩分濃度を支配する因子を明確にする．

2. 実験の概要

実験は，冷凍室内に設置されたプランジャー式造波水槽（$^{L}17\times^{H}1.2\times^{W}0.5$m）を用いた．水深を 80cm とし，塩分濃度を約 3.5%に設定した．実験終了時にグリースアイスおよびパンケーキアイスの氷況になるように，周期 T を 0.8 秒および 1.5 秒の規則波とし，それぞれ 34 時間および 30.5 時間の観測を行った．室温および水温は，造波板（x=0）から 10m の位置にプラチナ式プローブ（testo 製）を設置し，水面から上方に 10cm，下方に 5，40，75cm の位置で 10 分間隔の計測を行った．塩分濃度は，水温の計測位置と同じ場所で，2 時間間隔で注射器を用いてサンプルを採取し，塩分分析計（東亜 DKK 製）を用いて解析した．同時に，氷厚も計測した．なお，**表-1** は各氷況の波形諸量を示す．なお，H は入射波高であり，x=4m の位置における造波開始から 1 分後の安定状態での 1 分間の平均値である．

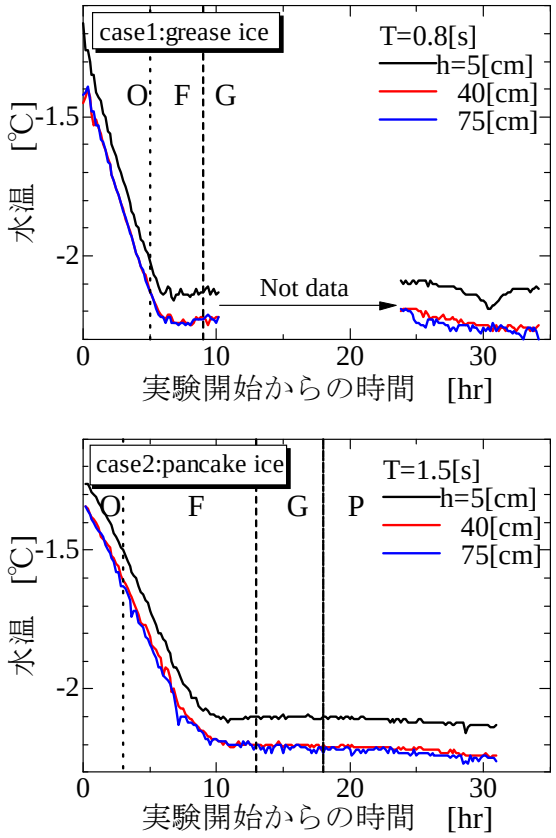
3. 実験結果

図-1 は，各氷況下での水温の時間変化を示す．なお，図中の Case1 はグリースアイス，Case2 はパンケーキアイスの氷況であり，O は開水状態，F は海面にフラジルアイスが生成された状態，G はグリースアイス，P はパンケーキアイスを意味する．両氷況下の水温は同様な時間変化を示し，－2℃を下回るまで徐々に低下し，－2.2℃付近になると変化が小さくなる．水深 h=40cm および 75cm では，水温は概ね同じ値で変化するが，海面下 h=5cm では，両位置の水温よりも高い傾向を示す．この原因として，大気からの冷却と海面からの潜熱の放出による熱交換の影響が現れた可能性が考えられる．

図-2 は，実験開始からの塩分濃度の時間変化を示す．Case1 では，塩分濃度は開水状態からフラジルアイス状態になるまで増加し，フラジルアイスからグリースアイスになると若干減少するが，その後，再び増加する．

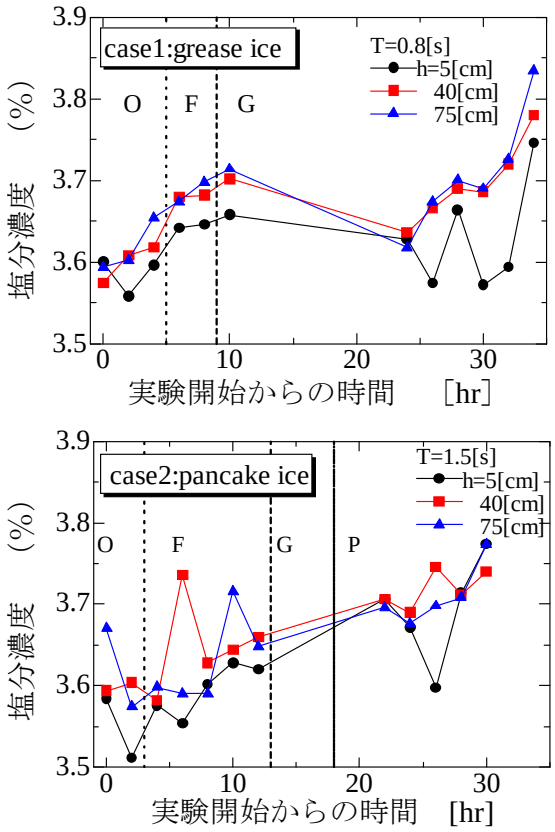
表－1 各氷況の波形諸量と平均気温 T_a

Ice condition	T [s]	H [cm]	T_a [℃]
Grease ice	0.8	4.51	-8.7
Pancake ice	1.5	4.43	-7.8



図－1 各氷況下における水温の時間変化

キーワード：グリースアイス，パンケーキアイス，海氷，塩分濃度
岩手県盛岡市上田 4-3-5　岩手大学工学部社会環境工学科・e-mail：togasa@iwate-u.ac.jp

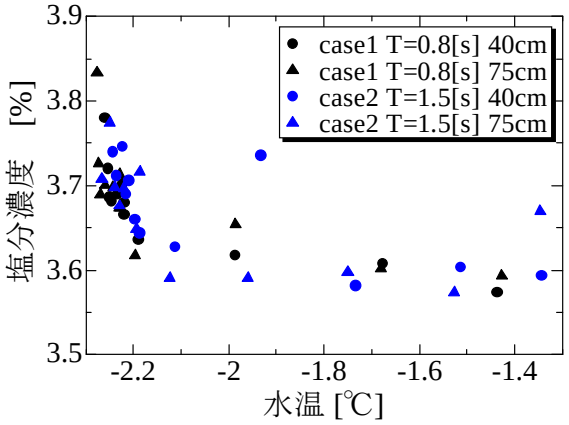


図－2 氷況下における塩分濃度水温の時間変化

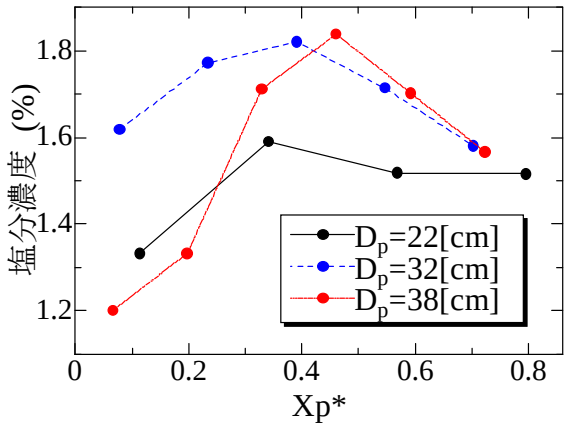
Case2 では，開水状態からパンケーキアイスまで段階的に氷況が変化する過程において，徐々に増加する．異なる氷況下，つまり，波浪条件によって，塩分濃度の時間的推移が異なると言える．特に，20 時間以降の定常な氷況下では，塩分濃度の増加傾向に違いが見られる．そこで，氷況が安定した状態からの塩分濃度の値（h=40，75cm の値）を用いて，一次関数の回帰式を適用させ，グリースアイスおよびパンケーキアイスの単位時間当たりの塩分濃度を求めた．その結果，単位時間当たりの塩分濃度はそれぞれ 1.5×10^{-2}℃/hr および 0.7×10^{-2}℃/hr となり，グリースアイスはパンケーキアイスに比べて海水中の塩分濃度をより速く高め，2 倍を越えるような増加率になることがわかる．

また，水深 h=5cm での塩分濃度は，両ケースとも他の水深の値よりも比較的変動する傾向を示す．これは，海面で氷が生成されることによる影響と推察される．

図-3 は，h=40cm および 75cm での水温と塩分濃度の関係を示す．塩分濃度は水温が－2.2℃より高い状態では，3.6%付近に分布するが，それよりも低い状態では，わずかな水温の低下に伴い急激に増加する．つまり，水温－2.2℃が海水中の塩分濃度を変化させる臨界温度



図－3 水深 40cm および 75cm における水温と塩分濃度の関係



図－4 パンケーキアイスの塩分濃度分布

ではないかと推察される．この温度は，フラジルアイスが海水中で発生する温度と一致しており（小笠原ら，2011），フラジルアイスの生成に伴い塩分濃度の高い海水が生じるためと推察され，重要な温度と考えられる．

次に，パンケーキアイスの塩分濃度特性を検討するため，造波停止後，パンケーキアイスを水槽から取り出し，その氷端から中央まで 5cm 間隔で氷を採取して，その塩分濃度を求めた．その結果を**図-4** に示す．なお，横軸は採取した位置を各パンケーキアイスの直径 D_p で割った値 x_{p*}である．氷盤の大きさに依らず，氷盤中央（x_{p*}=0.5）で塩分濃度が高くなる．この要因として，パンケーキアイスの断面はフラジルアイスを何層も重ねた形状であるため，氷盤内部ほど，氷盤同士の衝突で押し固められて塩分濃度の高い海水が閉じ込められたためではないかと推測される．

参考文献

小笠原ら，フラジル･パンケーキアイス氷況下における海面温度分布の特性，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.67，No.2，2011，I_1201-1205.