

北大工学部 学生員 西谷 一典
西松建設 岩永 克也
北大工学部 正員 佐伯 浩

1. 緒言

北海道のオホーツク海沿岸や東部沿岸の各港は冬季間凍結し、流氷によって閉ざされる。また、海水が海洋・海岸構造物や漁業施設に及ぼす被害も無視できない。そこで海水の強度やそれを左右する海水の構造や氷厚増加の過程を知ることが必要となる。本研究は特に氷厚増加に着目して海水の成長機構について考察したものである。

2. 実験装置及び測定方法

北大開成科学実験所の低温室において図-1に示すような側面・底面を50mmのスタイロフォームで断熱し、水面のみで熱交換が行われるようにしたビニル水槽を用い、気温を-5、-10、-20℃に保ち、実験を行った。水温は水面、水深10、50cmの3点に白金測温抵抗体を設置し、電子記録計により自記させた。氷厚はU字型のスチールパイプを用いた氷厚測定器により約24時間ごとに5点について測定した。塩分濃度は32‰とした。氷の塩分濃度は融解後、電気伝導度計により測定した。グレインの大きさは水平方向に切断した薄刃を偏光板を通して撮影した写真から測定し、等面積の円の直径をもってグレインの大きさとした。

3. 実験結果と考察

(1) グレインの大きさ グレインの平均的な大きさは成長につれて次第に大きくなる。換言すれば深い位置のグレイン程、大きいことがわかった。(図-2)このことは成長速度にかわりがあると考えられる。即ち、結氷が始まるには核の生成過程が必要であるが、急激に冷却されると核が多数生成され、それぞれが成長するため個々のグレインは大きくなれないが、ゆっくり冷却されると核は徐々に生成され、先に生成された核は他の核に優先して成長するため、個々のグレインが大きくなると思われる。事実、同じ深さでの大きさを比較した場合、-5℃で成長させたものの方が-20℃で成長させたものより大きいことが確認できた。

(2) 塩分濃度 図-3はある厚さまで成長した海水の塩分濃度の鉛直分布(実線)と、その氷がさらに成長した後の塩分濃度の鉛直分布(破線)を示したものである。横軸には海水の塩分濃度と塩水の塩分濃度の比

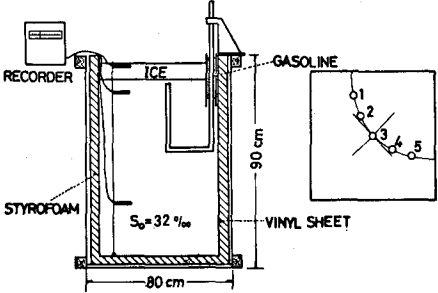


図 - 1

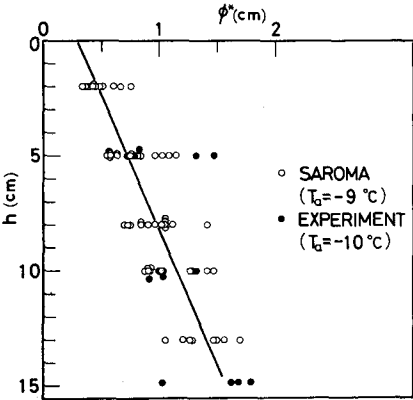


図 - 2

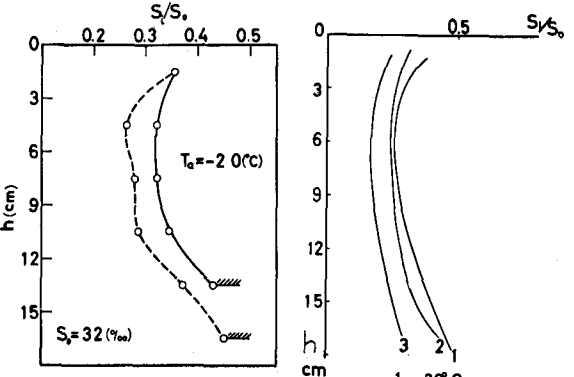


図 - 3

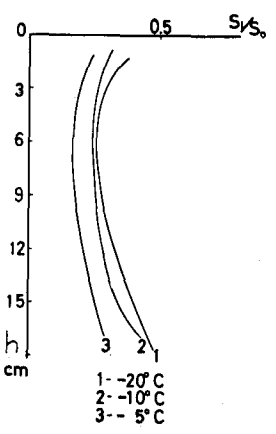
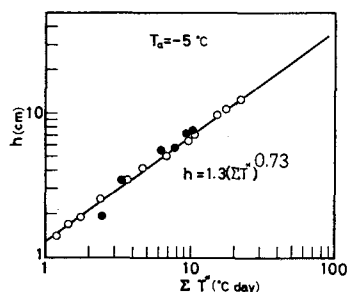
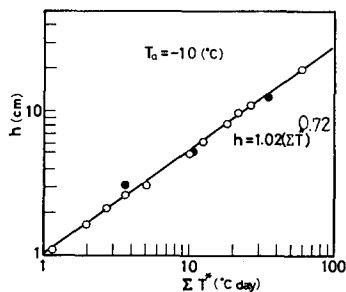


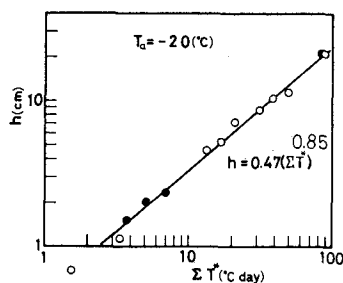
図 - 4



(a)



(b)



(c)

図-5

をとっている。成長中にもかかわらず、数日の時間経過により塩分濃度は減少している。このような海水中の塩分量の脱落は Brine 量の重力による降下、氷温低下に伴い Brine から純氷が析出し、純氷の体積が増すことによる圧迫による Brine の降下等が考えられる。図-4 に気温が -5, -10, -20°C のそれぞれの場合の海水の塩分濃度の鉛直分布を示す。気温が低い程、即ち、成長速度が大きい程 Brine の取り込み量が多くなり、塩分量は多くなる。

(3) 氷厚増加と積算寒度 -5, -10, -20°C のそれぞれの気温について積算寒度と氷厚に関する実験式を求めた結果、次式を得た。

$$T_a = -5^\circ\text{C} \quad h = 1.30 (\Sigma T^*)^{0.73} \quad (\text{図-5(a)(b)(c)})$$

$$T_a = -10^\circ\text{C} \quad h = 1.02 (\Sigma T^*)^{0.72}$$

$$T_a = -20^\circ\text{C} \quad h = 0.47 (\Sigma T^*)^{0.85}$$

h : 氷厚 (cm) ΣT^* : 積算寒度 (°C day)

以上のように気温によって実験式はそれぞれ異なり、同じ積算寒度では気温が高い程氷厚は大きくなる。この理由の一つとしては、今、積算寒度として気温と結氷温度との差をとっているが、熱移動は氷表面の温度と成長点での温度（結氷温度）との温度勾配によって生ずるものであり、ここで氷の表面温度と気温との比 T_s/T_a をとり積算寒度との関係を見ると図-6 に示すように気温の高い方がより 1 に近くなっており、気温が高い場合は氷の表面温度はすみやかに気温に近づくが、気温が低い場合はなかなか近づかない為とすることができ。また、(2) で述べたように気温が低いと Brine の取り込み量が多く、その結果、熱伝導率が小さくなることも一因として考えられる。

(4) 経験式との比較 我々の示した実験式は Anderson や Zubov による経験式と比較的良好な近似を見た。Zubov が北氷洋の氷の観測より、Anderson は薄い氷の成長に関する資料より示した式である。

4. 現地への適用

釧路・網走の実測値に対して適用を試みた。オホーツク沿岸の 1~2 月の平均気温は約 -10°C であるので、 $T_a = -10^\circ\text{C}$ の実験式をあてはめるとよい一致を見た。(図-8)

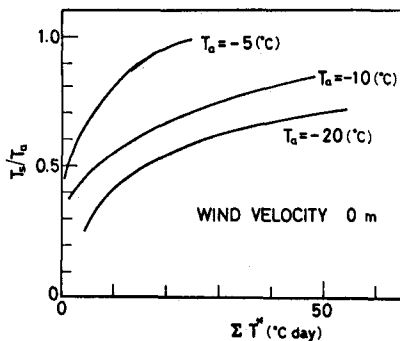


図-6

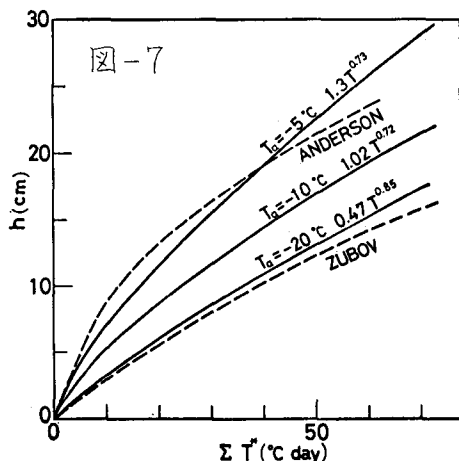


図-7

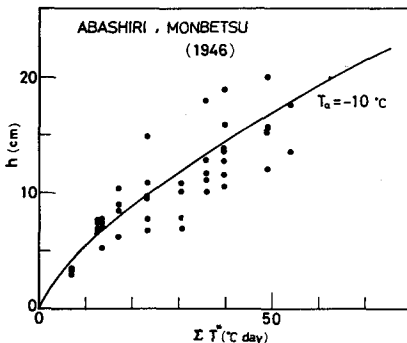


図-8