

積雪による海水の諸特性の変化

小嶋 真輔、榎本 浩之（北見工業大学）

1.はじめに

オホーツク海沿岸に見られるような薄氷域では、絶えず海氷生成が行われており、周囲の海水変動に大きな影響を与えている。また、同沿岸部のような多雪域においては、薄氷上に雪が積もる。しかし、薄氷上の積雪が海氷成長に与える影響や、積雪自体の変質については未だ不明な点が多い。よって、本研究では水槽を用いた低温室における室内実験により人工的に海氷を生成し、その上に雪をのせて、薄い海氷において積雪が海氷成長に与える影響や、積雪自体の変質過程を観察した。河村（2000）による室内実験は積雪が氷化する際、海水の浸透による過程と融雪による過程の両方を考慮しているが、本研究では海水の浸透による過程のみを考慮した。

2.実験装置

本研究で使用した装置を図-1に示す。この装置の特徴は、水槽底部にエアの排出口を設けることにより、水中に対流を生じさせた点である。これによって、海氷生成初期には水面にフラジライスおよびグリースアイスが形成され、ある程度成長した海氷の構造は、天然の海氷の構造とほぼ等しくすることができた。

水面および氷表面の温度は、水面から14cm上方に取り付けた赤外放射温度計により測定し、水中および氷内部の温度は白金温度計センサーによって測定した。

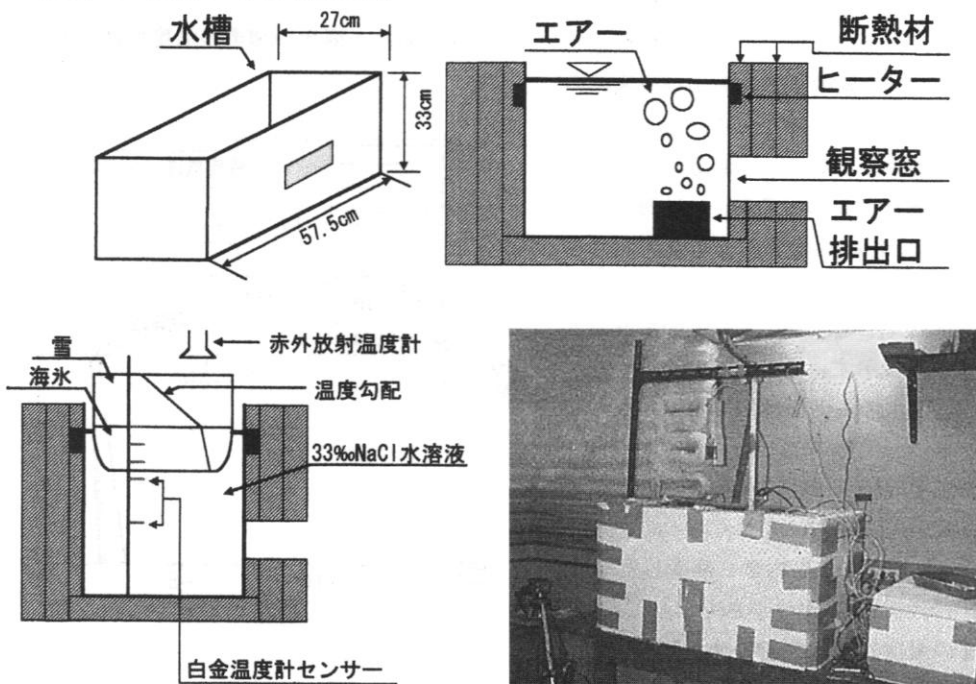


図-1 実験装置の概要

3.実験方法

本研究では2種類の実験を行った。これをそれぞれ条件1、条件2とする。双方とも氷厚が5cmに成長した時点で、海氷上に6cmの雪をのせた。ここで、双方の違いは海氷上にのせた雪の密度である。条件1では密度 $0.17(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$ の雪をのせ、条件2では密度 $0.40(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$ の雪を海氷上にのせて実験を行った。

海氷上に雪をのせたとき、その重みで喫水線が上昇するが、本研究はこの現象は生じない設定で行った。よって、積雪に海水がかぶるようなことは起こっていない。

4.実験結果および考察

条件1(積雪密度 $0.17(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$)についての、海水・海氷・積雪の温度の時間変化を図-2に示す。雪をのせた直後で、赤外放射温度計によって測定している雪面温度が大きく下降している。これは使用した雪が低温室の気温(-20°C)に十分なじんできていたためである。一方、白金温度計センサーにて測定している、積雪と海氷の境界面および海氷の内部では、温度の上昇が起きている。これは積雪の断熱効果によるものである。ここで、時刻 t_1 は海氷に雪をのせる前、 t_2 は海氷に雪をのせた直後、 t_3 は t_2 から約2日後の時刻を示している。

次に、時刻 t_1 、 t_2 、 t_3 における鉛直温度分布を図-3に示す。雪をのせた直後(t_2)において、海氷の表面温度が約 1.5°C 上昇している。また、雪をのせる前(t_1)よりも海氷内部の温度勾配が小さくなっており、積雪内部の温度勾配は非常に大きくなっている。しかし、雪をのせてから約2日経過した t_3 では、積雪内部の温度勾配は小さくなっており、海氷内部の温度勾配は雪をのせた直後(t_2)よりも大きくなっている。またこれは、無積雪時における海氷内部の温度勾配に近づいたとも言える。これより、海氷上に雪をのせて

から約2日後では、積雪が変質して断熱効果が減少したものと考えられる。断熱効果の減少は、積雪の熱伝導率の変化にあらわれ、積雪直後(t_2)での雪の熱伝導率は $0.30(\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$ であるのに対し、2日後(t_3)では $0.73(\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$ に増加している。

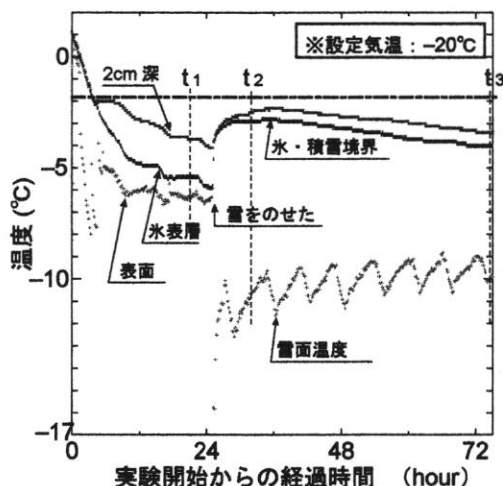


図-2 海水・海氷・積雪の温度の時間変化

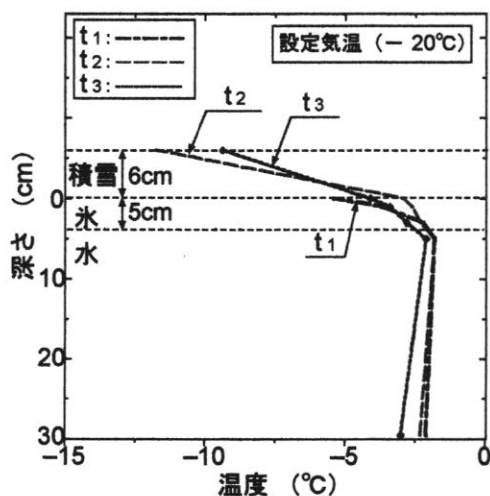


図-3 鉛直温度分布

次に、積雪の有無による成長速度の違いと密度の変化を図-4に示す。積雪があるとき、海氷の成長は遅れることがわかる。海氷上に密度 $0.17 \text{ (g} \cdot \text{cm}^{-3})$ の雪を 6cm のせた場合、結氷開始から約 3 日後で氷厚は 8.0cm となっている。しかし、積雪が 3.0cm 氷化していた。この時、積雪の氷化部も海水であると見なした場合、合計で 11cm となり、無積雪時の氷厚成長とほぼ等しくなる。故に、海氷上の積雪は断熱効果によって海氷成長を遅らせるだけではなく、自らが氷化することで氷厚の増加を補う効果があると考えられる。

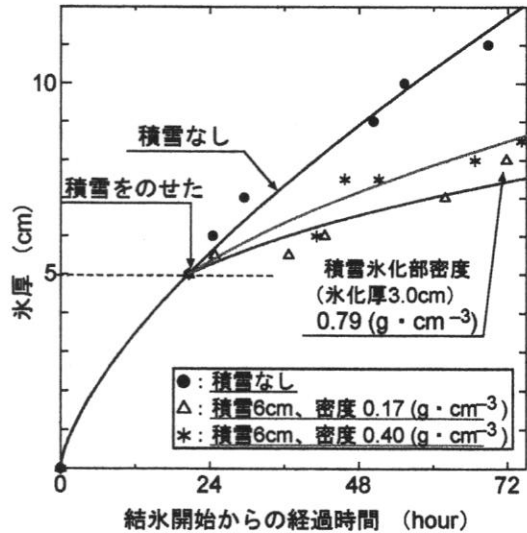


図-4 積雪の有無による成長速度の違いと密度の変化

5.まとめと今後の展望

海氷上に積雪をのせた直後では、雪の断熱効果により海氷内部の温度勾配が大きくなる。また、薄い海氷上の積雪は海水の浸透により氷化する。氷化した積雪は熱伝導率が上昇するため、積雪内部の温度勾配は小さくなる。そしてこのときの海氷内部の温度勾配は大きくなり、無積雪時のそれに近づく。このように、海氷上の積雪は断熱効果によって海氷の成長を遅らせる作用をするが、その一方で自らが氷化することにより氷厚の増加を補うという作用もする。

今後は水槽内の対流や塩水の塩分濃度など、条件を変えた実験を行っていく予定である。また、実験から得たデータをモデル計算や人工衛星による観測へ利用できないか、検討していく予定である。

6.参考文献

- 1)小野 延雄・石川 信敬・新井 正・若土 正暁・青田 昌秋, (1994) 雪氷水文現象 基礎雪氷学講座 IV 古今書院, 196p
- 2)河村 俊行, (2000) 多雪海域での特異な海氷成長過程の解明とその普遍性の検証 平成9年度～平成11年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))研究成果報告書
- 3)滝沢 隆俊, (1983) 海氷上の積雪の特性とゆき氷の形成, 低温科学, 物理篇, 第42輯, p157-162
- 4)長谷美 達雄, (1974) 薄い一冬氷の成長について, 低温科学, 物理篇, 第32輯, p207-219