

海水成長における放射特性の変化

滝沢厚詩, 石川信敬, 白澤邦男, 河村俊行, 石川正雄, 高塚徹, 大坊孝春
(北海道大学低温科学研究所)

1. はじめに

冬季の高緯度地域において海洋が海面から海氷面へと変化すると、海洋からの熱は遮断され、またアルベドが増加することで吸収日射量も減少するなど、大気海洋間の熱交換に影響が現れる。さらに反射率や減衰率も海氷の成長過程において変化することが考えられる。しかし薄氷期での連続的な放射観測の例が少ないため、放射特性の氷厚依存性は明らかにされていない。そこで今回は '99 年冬季に行ったサロマ湖・バルト海、2ヶ所の季節海水域における野外観測によって、日射の反射・減衰について氷厚値との関係を調査したので、その結果を報告する。

2. 観測内容

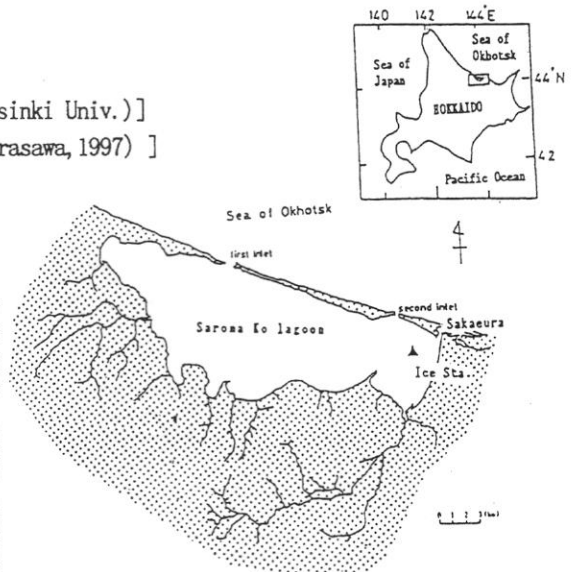
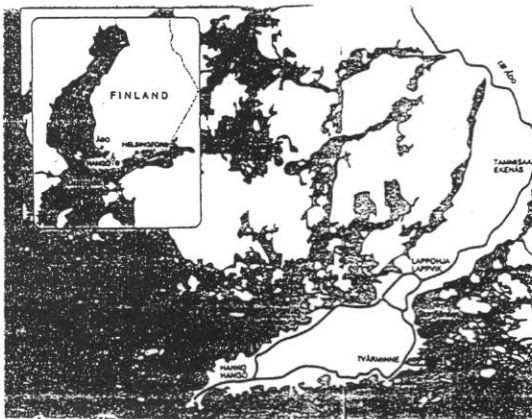
観測はまず 1999 年 2 月中旬に北海道サロ

マ湖の栄浦、次に 1999 年 3 月中旬にバルト海沿岸のフィンランド・トバルミン (図 1) にて行った。両地点とも 2 月を中心として冬季には数十 cm 厚の一年氷がはり、塩分濃度ではサロマ湖が外海とほぼ同じ 30‰前後なのに対し、バルト海は数‰と薄いため、後者の方が海域内に安定した結氷がみられ、結氷期間も長い。

海氷上では 2 m × 2 m の開水面 (プール) を作成し、このプール上に測器を設置して、全天日射量、反射量、赤外放射量、等を測定した。空中、及びプール内には、日射の減衰を調べるため、小型照度計を設置した。一方、手動によるアルベド・波長別反射率の測定をスペクトロメータ、アルベドメータによりプール面で、及び比較のために周辺の海氷上の積雪面、除雪した裸氷面でも日数回、行った。氷厚値は日一回のサンプル切出しにより調べた。

図 1 観測地点の地図

[左図: バルト海、●がプール観測点 (Helsinki Univ.)]
[右図: サロマ湖、▲がプール観測点 (Shirasawa, 1997)]



3. 結果

観測期間中のプールにおける氷厚の時系列変化を図2に示す。ここでは測定から得た氷厚値に加え、積算寒度による推定値を示した。あわせて照度計の設置位置も記す。観測期間はバルト海の方が長いが、氷厚は両地点とも10cm厚程度まで達した。

次にバルト海における表面状態の異なる面でのアルベドの推移を図3に示す(値は南中時の平均値。以後も放射成分に関する結果は日変動を除くために南中時の観測値を基に示す)。ここでは積雪・裸氷面とも緩やかに減少、又はほとんど変化がみられないのに対し、プール面のみはアルベドが増している。さらに両地点でのプールのアルベドを、各氷厚に対する値の変化として詳しく図4

に表わす。同地点での2種類の値は、対象

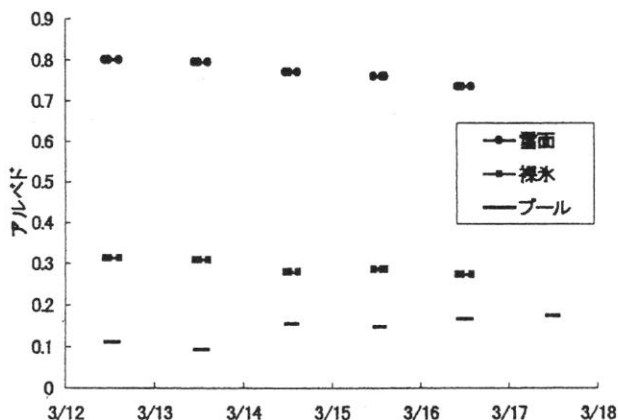
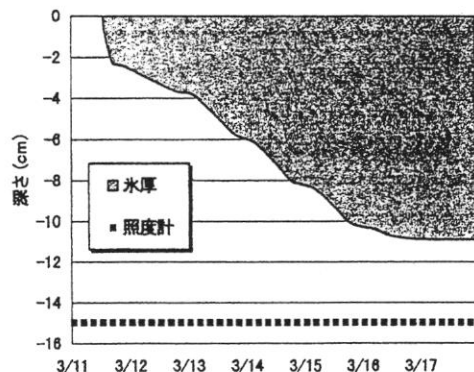
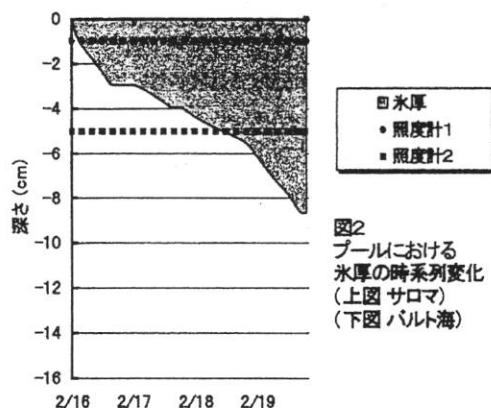


図3 各表面におけるアルベド (バルト海)

波長域の異なる測器による結果である。それぞれのアルベドは氷厚の増加に伴って増しており、両地点を比較すると、サロマ湖の氷厚が1~6cm厚の期間において、特に可視域を対象にした値での増加が著しい。この期間、サロマでは降雪がみられ、翌朝の測定時には除雪して観測を再開したが、プール表面には雪ごおりがみられ、アルベドの大きな増加にはその影響が考えられる。一方、バルト海では観測期間の大半で晴天が続き、アルベドの増加もサロマに比べ緩やかなものになっている。

次に波長帯別にみた平均反射率の氷厚に対する推移を図5に示す。400nm-700nmを可視域、700nm-1050nmを近赤外域として大別している。海水面から結氷初期までの段階では両波長帯ともほとんど差はなく、0.03~0.05%と小さい値であった。しかし海水が成長するにつれ、反射率は増加していき、近赤外に比べ可視域の方がより増加分が大きく、両者の差は氷厚増加とともに大きくなっていった。また、この傾向はサロマ湖の場合で特に顕著であり、前述のアルベドの結果同様に、表面での雪ごおりの影響が考えられる。

次に各照度計の値から求めた薄氷の減衰係数の値を、氷厚に対する変化として図6に示す。まずサロマ湖の場合、0.11~0.12

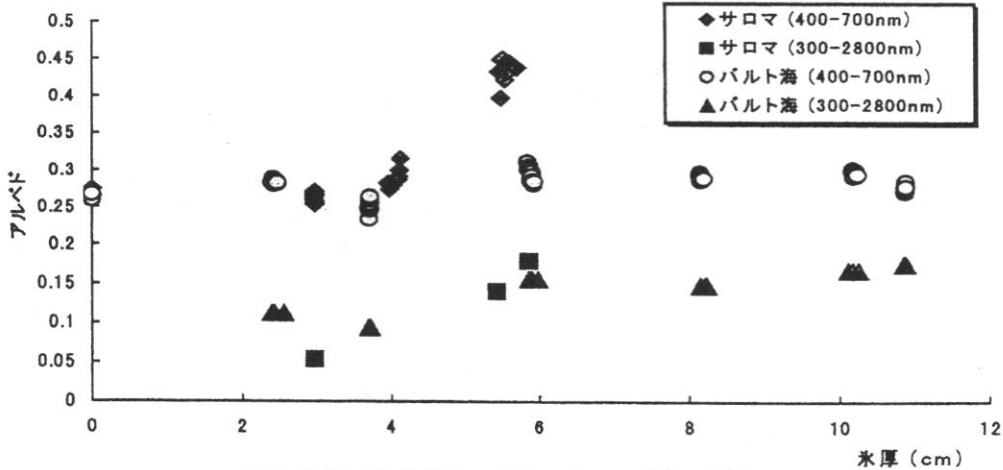


図4 氷厚に対するプール面でのアルベドの変化
(凡例()内は対象波長域)

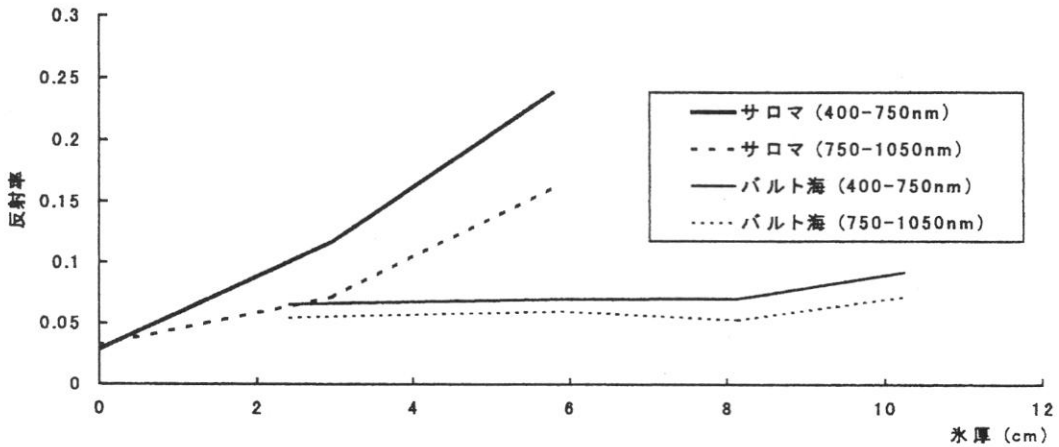


図5 氷厚に対するプールでの波長帯反射率の変化

とほぼ氷厚の変化によらず一定の値を保っている。この減衰係数が 0.1 前後という結果は、過去のサロマ湖における薄氷の観測例 (石川ほか(1984), Ishikawa(1998)) とほぼ同じであった。一方、バルト海でも値に変動があるものの氷厚に対する依存性は特に現れていない。また、バルト海の値の方がサロマ湖に比べ低くなっている。今回、減衰に関しては海氷内部での散乱及び吸収成分との分離を行っていない。両地点を比較した場合、減衰係数や反射率においてサロマの結果の方が高い値であった事などの

特徴は、散乱と吸収の特性を分離することにより説明がつくと思われる。

図7では観測プール近くのより厚い一年氷 (40 cm厚) での測定結果から求めた減衰係数の時系列変化を示した。期間中は薄氷の場合ほど氷厚の変動はなかったと思われる。内部の減衰係数にはばらつきがみられるものの、いずれもプールの値よりは低い。層毎ではそれぞれ異なった値を保っており、何らかの層構造の違いが影響を及ぼしていると考えられる。

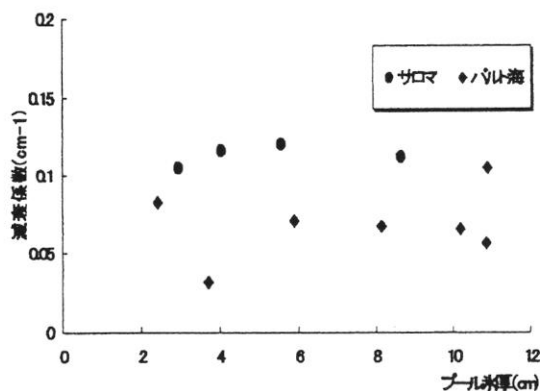


図6 氷厚に対する海水の減衰係数の変化

4. まとめ

海氷成長に伴う放射特性の変化を明らかにするため、プール観測を行った。氷厚の増加に伴って海氷のアルベドは増加をみせ、その傾向は可視域で顕著であった。また海氷の減衰係数は、氷厚増加に対し、あまり変化をみせなかった。

2地点での海氷は同程度の氷厚であったが、両者の放射特性には違いがみられた。一方、より厚い氷の場合、光の減衰には層毎の違いがみられた。これらより放射特性は氷厚だけでなく、海氷内部の層構造にも大きく依存するものと考えられ、同じ海域

内であっても、海氷状態により違った性質をもつと思われる。今後は室内実験の結果も加えながら、より多くのサンプルデータを蓄積し、屋外観測の結果を裏付けていきたい。また特に海氷の層構造について注目し、放射特性に影響を与えるパラメーターを調べていく予定である。

参考文献

- 1) 石川 信敬ほか (1984) 薄い薄氷上における熱収支特性 雪氷, 46, 109-119.
- 2) N, Ishikawa. (1998) Changes of the heat and radiation properties with sea ice growth. Proceedings of the 13th International Symposium on Okhotsk Sea and Sea Ice, Mombetsu, Hokkaido, Japan, pp.106-111.

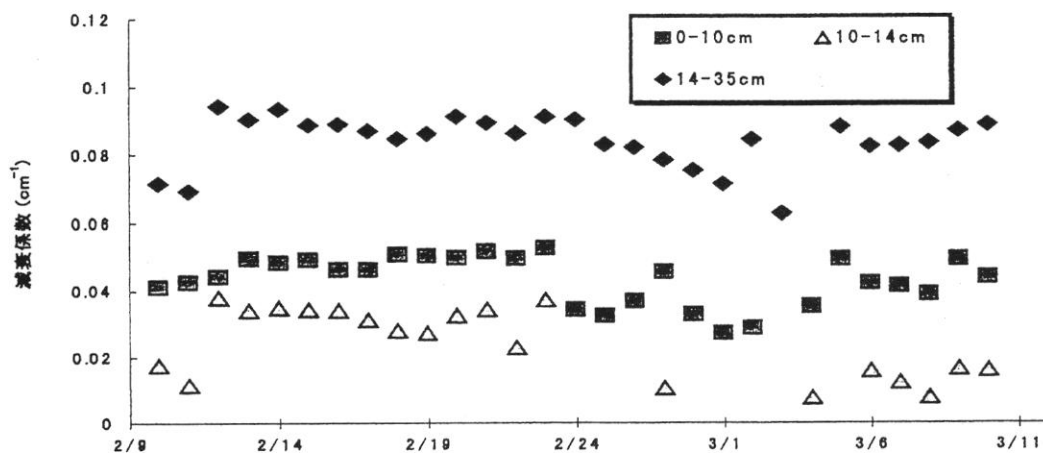


図7 サロマ：海氷(40cm厚)における減衰係数の時系列変化