

# 知床半島ウトロを中心とした オホーツク海南西部の海氷勢力と沿岸の気象条件

小杉知史，高橋修平，堀 彰（北見工業大学）

## 1. はじめに

知床半島は北半球で最南端の海氷接岸地域である。これは2005年7月にユネスコ世界自然遺産に登録されるにあたり大きな理由であったわけであるが、近年の地球温暖化によってオホーツク海に浮かぶ海氷の量は減少し、これらの知床半島への接岸時期も遅れる傾向が出ているため、知床の自然環境の変化が懸念されている。

知床半島は海氷をせき止めていると言われている。オホーツク海北西部で生成された海氷は樺太海流によって南方へ流され、知床半島の西岸に接岸する。ここで海氷は溜められるため、温暖化による影響は大きいものと考えられる。そのため、本研究ではオホーツク海南西部における海氷データを海上保安庁により作成されている海氷速報図から作成し、まずはこの海氷データを用いて1995-2009年の年平均の海氷勢力を比較した。そして北海道沿岸の4地点（枝幸，紋別，網走及びウトロ）による海氷勢力の比較及び気温との関係、海氷が消失する際の気象条件について、知床半島ウトロを中心に報告する。

## 2. 海氷データ

海上保安庁で作成されている海氷速報図から海氷勢力を求め、海氷の基礎データとして使用した。海氷速報図はオホーツク海南西部における海氷密接度を0-10で示し、海上保安庁のデータだけでなく気象庁やJAXAなどのデータを集積した図となっており、北海道沿岸部の海氷密接度を得ることが出来る。

この海氷速報図から北緯43-47度，東経141-146度内に60点のポイントを取り、各点における海氷密接度を日々積算することによって1995-2009年の1-3月における海氷勢力を求めた。図1は求められた海氷勢力を图示したものであり、例として2009年のものを示した。この図の海氷密接度は0-1で示しており、密接度が1であった日数をカラーで示している。海氷は、樺太の東に沿って流れ南下し、その後方向を南東に変えて知床半島に向かう様に流れていくことがわかる。そのため海氷は知床半島沿岸に溜められ、接岸日数が多くなる。

図2に求められた各年の海氷勢力を年毎の平均値をまとめた。オホーツク海南西部に流れる海氷勢力を平均すると、1995-2001年にかけては増加傾向にあるが2003-2009年は反対に減少傾向にあることがわかる。

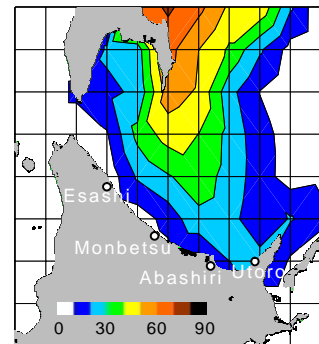


図1. 2009年の海氷勢力図。海氷密接度が1であった日数を示している。

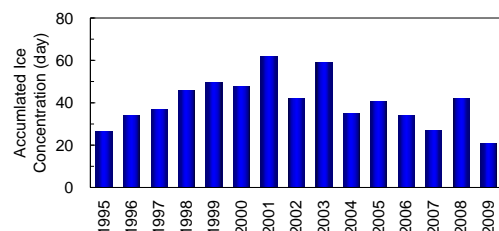


図2. 1995-2009年のオホーツク海南西部における海氷勢力の平均値。

### 3. 海水勢力の地域分布と気温

海水勢力をオホーツク海北海道沿岸部の4地点(北から枝幸, 紋別, 網走及びウトロ)で比較する。図3に, それぞれの地点における沿岸地点, 半径40km内及び半径80km内の3種類の海水勢力を示す。沿岸地点の海水勢力は, 各地点の1点の海水密接度を積算したものであり, 半径40km内の海水勢力は, 各地点から沖合い40kmまでの海水密接度の平均である。半径80km内の海水勢力も同様とした。

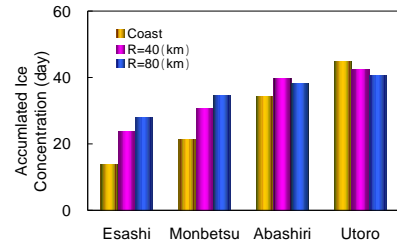


図3. 1995-2009年の海水勢力の地域分布。各地点の海水勢力は, 左から沿岸地点, 半径40km内, 半径80km内。

3種類の海水勢力全てにおいて, 枝幸から紋別, 網走, ウトロとオホーツク海沿岸を北から南へ向かうに従って大きくなっており, 枝幸, 紋別及び網走においては沖合いを含めると大きくなるが, ウトロにおいては反対に沿岸地点だけの海水勢力が沖合いを含めたものより大きくなっている。これらから, 知床半島では海水をせき止めていることがいえる。

図4は各沿岸地点の海水勢力と1-3月の平均気温を年毎にプロットして出来た相関図である。各地点の相関係数はウトロ:-0.88, 網走:-0.89, 紋別:-0.81, 枝幸:-0.75とどの地点も有意な相関関係にあり, 平均気温の上昇と海水勢力の減少の関係が認められる。網走, 紋別及び枝幸の平均気温と海水勢力は青田他(1993)が良い相関が取れたことを示しているが, 海水がせき止められるウトロについても同様の結果が得られた。

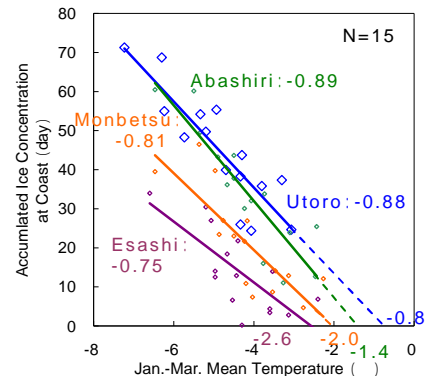


図4. 1995-2009年のオホーツク海沿岸の4地点(枝幸, 紋別, 網走及びウトロ)の沿岸地点における海水勢力と各地点における1-3月平均気温の相関図。地点名の横に示す数値は相関係数を示し, それぞれ近似線を引いた。

図4のウトロにおける近似線を延長すると, 海水勢力が0となるとする年の1-3月平均気温は-0.8となる(網走では-1.4, 紋別では-2.0, 枝幸では-2.6となる)。平年の1-3月平均気温が-4.9であることから4.1気温が上昇した場合は海水が接岸しなくなることが予測出来る。また2009年の1-3月平均気温が-3.1であることから, 今年の気温から2.3上昇した場合である。

青田(2002)は網走, 紋別及び枝幸の3地点年間平均気温が1930-2000年平均から4上昇すると沿岸の海水は結氷しないと予測した。また, 北海道オホーツク海沿岸の海水の面積が大きいと2月3月の旬平均気温は低下すること(青田・植松, 1989), さらに1988年に関し, オホーツク海沿岸に海水が接岸すると沿岸地域の気温が最大5低下したこと(中村, 1996)から海水が接岸すると気温が低下するといえるため, 海水接岸と気温の関係は相互に影響しているのは明確である。しかしこれらは小さなスケールでの影響である。スケールを大きくするとオホーツク海の海水面積は前年秋の北西部の熱収支に依存する(Ohshima *et al.*, 2006)。

本研究ではウトロで4.1気温が上昇した場合に海水が接岸なくなると説明した(網走で3.1, 紋別で2.5, 枝幸で2.1)。これは青田(2002)の結果に近いデータが得られたといえるだろう。

### 4. 海氷の消失と気象条件

海氷が接岸する条件はほとんどの年で北西からの卓越した風によるものである。そのため、本章では海氷が消失する条件について述べる。

表1に1995-2009年ウトロにおける海氷が消失した際の気象条件及びそれらをパターン分けした結果をまとめた。本研究では気温の上昇が影響して消失した場合を融解型とし、気温の上昇がなく南東または南西の卓越した風が影響して消失した場合を風型とし、風が吹いていた場合にも気温の上昇が起これば融解型とした。

これら融解型もしくは風型を年毎に当てはめていくと、1998-2003年は融解型であり、それ以降は風型の年が多い傾向にある。この傾向は近年の海氷の減少によるものだと考え、図5に、1995-2009年の各年のウトロにおいて海氷が消失した日とオホーツク海南西部における海氷勢力との関係を示した。さらにこの図にウトロにおける海氷の消失が風型であるのか融解型であるのかを示す。

風型の年は海氷が比較的早くなくなる年であり、オホーツク海南西部の海氷勢力自体が小さい年である。海氷が密接していないため風によって流されやすいのではないかと予測する。

また融解型の年は海氷が長い間接岸しており、海氷勢力が大きい。そのため風だけ流されず気温の上昇による融解が伴った海氷消失になる傾向にある。よってオホーツク海南西部における海氷勢力が40day以下である年は、気温が上昇していなくても風の強い日に海氷が消失してしまう可能性があるかと予測出来る(風型)。また反対に海氷勢力が40day以上である年は、気温が上昇するまで海氷が消失しない(融解型)。

この融解型について、海氷面の熱収支計算を行った。顕熱に関しては成瀬他(1970)、潜熱に関しては小島(1969)、長波放射熱に関してはKondo(1967)による経験式を用いた。これらの式に与えた数値は、海氷の表面温度は273.15K、表面の水蒸気圧は6.11hPa、海氷面のアルベドを変数として $\alpha=0.3$ (水の溜まっている状態)から0.65(積雪の無い状態)を入れ、その他はウトロにおけるアメダスデータを用いた。但し日射量及び雲量に関しては網走におけるそれらと日照時間の関係から導かれる近似式から求め、水蒸気圧に関しては網走における気温及び相対湿度の関係から導かれる近似式から、網走における相対湿度とウトロにおける気温を用いて求めたデータを使用した。

また、海氷の融解は表面だけではなく底面及び側面についても考えられるが、季節や海氷面積縮小による海水温の変化及び流速の変化は微小であるため、コンスタン

表1. ウトロにおける海氷の消失条件と消失パターン.

年	消失条件	消失パターン
1995	High Temp + SE wind	融解型
1996	SE wind + SW wind	風型
1997	SW wind	風型
1998	High Temp + SW wind	融解型
1999	High Temp + SE wind	融解型
2000	High Temp + SE wind + SW wind	融解型
2001	High Temp	融解型
2002	High Temp + SW wind	融解型
2003	High Temp + SW wind	融解型
2004	SW wind	風型
2005	High Temp	融解型
2006	SE wind	風型
2007	SW wind	風型
2008	High Temp	融解型
2009	SE wind + SW wind	風型

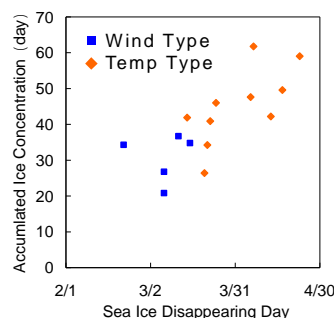


図5. 1995-2009年のウトロにおける海氷消失日とオホーツク海南西部における海氷勢力。四角は風型、菱は融解型。

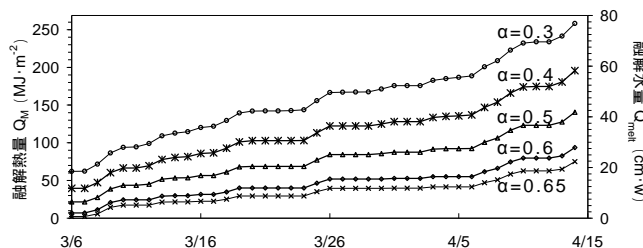


図6. 2008年のウトロにおける融解熱量及び融解水量。左に融解熱量 $Q_M$ ( $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ )、右に融解水量 $Q_{\text{melt}}$ ( $\text{cm} \cdot \text{w}$ )。

トに影響していると仮定した。図6の融解熱量  $Q_M$  は、顕熱、潜熱、長波放射熱及び短波放射熱の和であり、それらを  $80\text{kcal} \cdot \text{kg}^{-1}$  で除算することにより融解水量  $Q_{\text{melt}}$  を求めた。図6は2008年ウトロにおける融解水量を積算した図である。オホーツク海の平均海氷厚は40-50cmであるので、海氷の側面及び底面の融解を考慮すると  $\alpha=0.5$  の場合に現場でおおむね融解されたと説明出来る。

## 5. まとめ

海氷勢力はオホーツク海北海道沿岸を南下するに従って大きくなり、知床半島ウトロで最も大きい。

ウトロでの海氷勢力は半径40km内や半径80km内よりも沿岸地点で大きい。これらより、知床半島が海氷をせき止め、ウトロ沿岸の海氷接岸日数が多いと言える。ウトロの1-3月平均気温が平年より4.1上昇した場合は、ウトロに海氷が接岸しなくなる年である可能性がある。

海氷消失パターンには次の2通りがある。

「風型」：海氷の少ない年であり、気温が上昇する前の比較的早い段階で風に流されて消失する。

「融解型」：海氷が多い年であり、海氷が長い間接岸し、気温が上昇すると融解し消失する。熱収支計算によって現場で融解することが説明出来たと考える。

## 参考文献

- 青田昌秋・植松恵理子, 1989: 氷海の研究とオホーツク海, 地学雑誌, **98**, 600-612.
- 青田昌秋・石川正雄・村井克詞・平田稔雄, 1993: オホーツク海・北海道沿海の海氷密接度の長期変動. 海の研究, **2**, 4, 251-260.
- 青田昌秋, 2002: オホーツク海・北海道沿岸域における流氷勢力の減少傾向(1892-2000年). 月間海洋, **30**, 18-24.
- Ohshima, K.I., S.Nihashi, E.Hashiya, and T.Watanabe, 2006: Interannual Variability of Sea Ice Area in the Sea of Okhotsk: Importance of Surface Heat Flux in Fall. Journal of the Meteorological Society of Japan. **84**, 5, 907-919.
- 小島賢治, 1969: 融雪期における積雪表面の蒸発係数について. 低温科学, 物理篇, **27**, 399-403
- 小杉知史・高橋修平・堀彰, 2008: 知床半島における気象と海氷の関係. 北海道の雪氷, **27**, 49-52.
- 小杉知史・高橋修平・堀彰, 2008: 知床半島における海氷勢力と気象条件の関係. 寒地技術論文・報告集, **24**, 258-262.
- Kosugi, T., S.Takahashi, and A.Hori, 2009: Relation between Sea Ice Period and Meteorological Conditions from Sea Ice Data of Japan Coast Guard in Shiretoko Peninsula. PROCEEDINGS OF THE 24th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON OKHOTSK SEA & SEA ICE., 3-8.
- Kondo, J., 1967: Analysis of solar radiation and downward long-wave radiation data in Japan. The Science Report of the Tohoku University 5th Series Geophysics, **18**, 3, 91-124
- 中村圭三, 1996: 北海道オホーツク海沿岸における海氷による気温低下の定量的把握. 天気, **43**, 6, 383-390.
- 成瀬廉二・大浦浩文・小島賢治, 1970: 気温融雪の野外研究. 低温科学, 物理篇, **31**, 191-207.