

# オホーツク海の海洋 - 海氷相互作用に関する研究

大気海洋圏環境科学専攻 極域大気海洋学講座 博士課程 3 年

小野 純 (指導教官: 大島慶一郎)

## 1. 研究背景

オホーツク海は、北半球最南端に位置する季節海水域であり、地球温暖化の影響が最も顕著に現われる海域であるとさえ言われている。最近の研究から、オホーツク海中層では、昇温化 ( $0.5^{\circ}\text{C}/50\text{ yr}$  程度) が起こっていると指摘されている (Itoh et al., 2006)。その原因として、オホーツク海北西陸棚域での海氷生成に伴う冷たい高密度陸棚水の生成量が減少していることが考えられている。また、この高密度陸棚水の流出に伴って、生物生産を律速すると考えられている鉄などの物質が効果的に中層に運搬され、それには潮汐による鉛直混合の役割が重要であると指摘されている [Nakatsuka et al. 2004]。また、クリル列島周辺では、潮汐の 18.6 年振動が潮汐混合の変調・北太平洋中層水循環を通じて、大規模な海洋・気候変動を引き起こしているという指摘もある (安田ら, 2005 年度春の海洋学会要旨)。このように、オホーツク海における潮位・潮流の特性を知ることは、オホーツク海のみならず、北太平洋を含めた海洋・気候変動を考える上でも重要である。これまで、数値シミュレーションや限られた観測によって、潮汐・潮流について調べられているものの、実測に基づいた研究は十分に行なわれていない。日米露共同による戦略的基礎研究「オホーツク海水」では、1998 年から 2 年間にわたって、長期係留観測を行なった (図 1)。

## 2. 目的

本研究の目的は、観測から潮位・潮流場を明らかにするとともに、それを再現できる数値モデルを開発し、潮位・潮流が海洋 - 海氷に与える影響を明らかにすることである。本研究では、2003 年度に Kashevarov Bank における潮流特性とその海洋 - 海氷に与える影響 (Ono et al., 2006) について、2004 年度にサハリン東岸沖における潮流特性と日周潮陸棚波について明らかにした。2005 年度は、サハリン東岸沖での潮流と海水および水温との関係を解析し、これまでに得られた観測結果を基に、数値モデルを用いた研究を行なったので、報告する。

## 3. 潮流に与える海水の影響

サハリン東岸沖の北部陸棚上 (M1) において、潮流に与える海水の影響を調べた。M1 での水深 44m における東西・南北の流速の時系列から、日周期変動の振幅は 1-3 月に小さくなっていることがわかる (図 2a と 2b)。これは海水密接度が高い時期と一致する (図 2d)。次に、流速の時系列を 28 日間のデータに分けて調和解析を行ない、 $K_1$  と  $O_1$  の季節変化を調べた。 $K_1$  と  $O_1$  の潮流楕円の長軸長は 1-3 月に減少していることがわかる (図 2c)。この結果は、海水密接度が高い場合、海水は潮流 (日周潮陸棚波) を弱める効果があることを示唆する。

## 4. 潮流による熱輸送

各係留点において、潮流と水温の関係を調べた結果、サハリン東岸沖の最北端 (M7) では、日周期および大潮小潮に伴う約 14 日周期の水温変動が顕著であり、大潮時の水温は、結氷温度付近まで達する (図省略)。そこで、水温と冲向き流速の潮汐成分を用いて、潮流による熱輸送量を見積もった。冲向き方向の潮流と水温は負の相関が高く、潮流によって有意な負の熱輸送が起こっていることが示された (図 3)。その量は、渦による熱輸送量に匹敵する (表 1)。特に、1-2 月の潮流による冲向きの熱輸送量は、約  $-20\text{kW m}^{-2}$  と見積もられ (表 1)，渦による輸送量を上回る。これは、潮流 (日周潮陸棚波) が、オホーツク海の北西陸棚域で生成される高密度陸棚水の輸送・変質過程に大きな役割を果たしている可能性を示唆する。

## 5. 潮汐数値シミュレーション

これまでの観測結果を基に、潮汐数値シミュレーションを行なった。本研究で使用したモデルは、 $\sigma$  座標系の Princeton Ocean Model である。モデル領域は、北太平洋の一部を含むオホーツク海全体である。東西と南北の水平解像度は、 $1/12^{\circ} \times 1/12^{\circ}$  (およそ  $5.5\text{ km} \times 9.25\text{ km}$ ) である。海底地形データは、ETOPO5 を使用した。東と南は開境界であり、北太平洋の領域は、速度の順圧成分と傾圧成分両方に摩擦によるダンピングをかけている。モデルは、初期は静止状態で、東と南の開境界に与えた約 1 日周期の潮位振動 ( $K_1, O_1$ ) で駆動される。14 日間の積分を行なった後の 2 日間の出力結果を解析した。また、夏と冬の成層を与えたシミュレーションは、北緯  $53^{\circ}$  付近の CTD 観測で得られた 1998 年 9 月 (夏) と中層フロートで得られた 2000 年 12 月 (冬) の水温と塩分を水平一様に与えて、北太平洋域の水温と塩分に緩和時間 1 日のリストアリングを行なっている。図 4 は、数値シミュレーションによって得られた  $K_1$  周期の潮流楕円分布を示す。モデルは、順圧の場合 (図 4a) に比べて、成層を考慮した場合 (図 4b と 4c) に、Kashevarov Bank およびサハリン東岸の北部陸棚上における潮流楕円の大きさ、形、回転方向を比較的良く再現した。しかしながら、夏 (図 4c) と冬 (図 4b) の密度成層を与えた結果の比較から、成層は  $K_1$  潮流の季節変化には影響を与えないことが示唆された。

## 6. 今後の課題

今後は、数値モデルを用いて、日周潮陸棚波の生成と減衰のメカニズムに注目し、観測から示されたサハリン東岸に沿って南へ伝播する日周潮陸棚波が北緯52°を境に大きく減衰する原因を調べ、潮流が高密度陸棚水の輸送・変質過程に与える影響を評価したい。

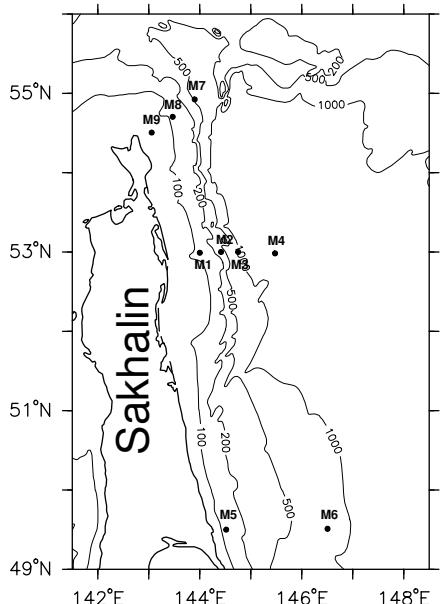


図 1. オホーツク海の海底地形と M1–M9 の係留観測点.

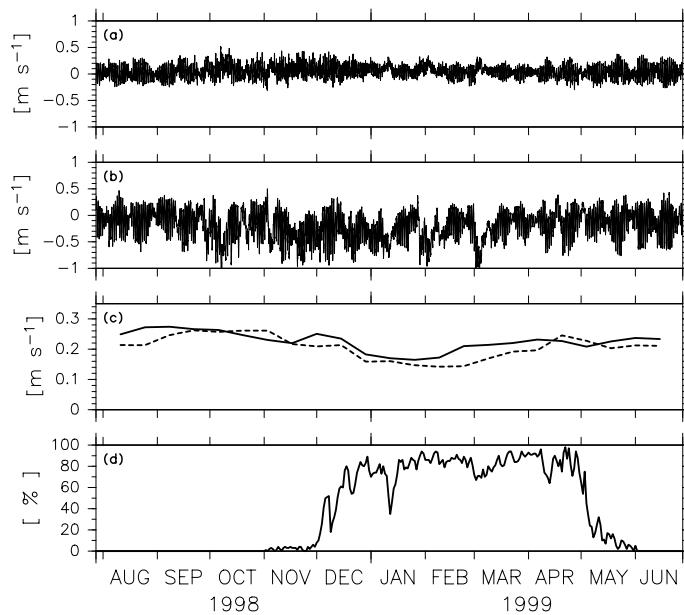


図 2. M1 の水深 44m における (a) 東西と (b) 南北の流速成分, (c)  $K_1$ (実線) と  $O_1$ (点線) の潮流楕円の長軸長, (d) M1 付近の平均海水密接度の時系列.

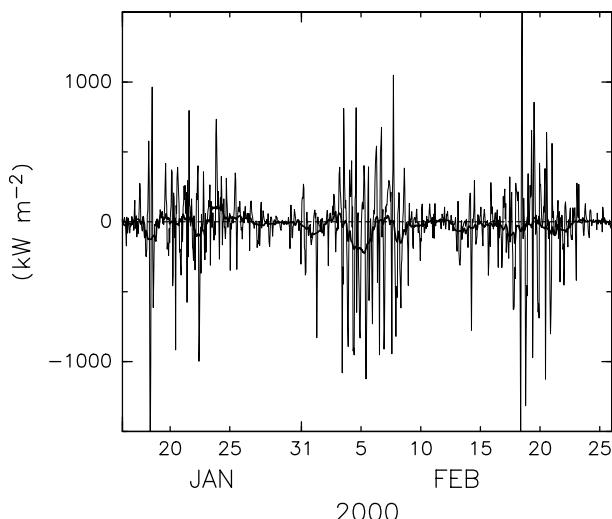


図 3. サハリン東岸沖の最北端 (M7) での潮流による沖向き熱輸送の時系列. 太い実線は、25 時間の移動平均をかけている.

表 1: サハリン東岸沖の最北端 (M7) での渦と潮流による冲向き熱輸送量の比較.

期間	深さ (m)	渦	潮流
1999/9–11	430	-19.00	<b>-11.6</b>
2000/1–2	390	- 1.64	<b>-21.6</b>
2000/4–6	570	-44.88	<b>-42.4</b>

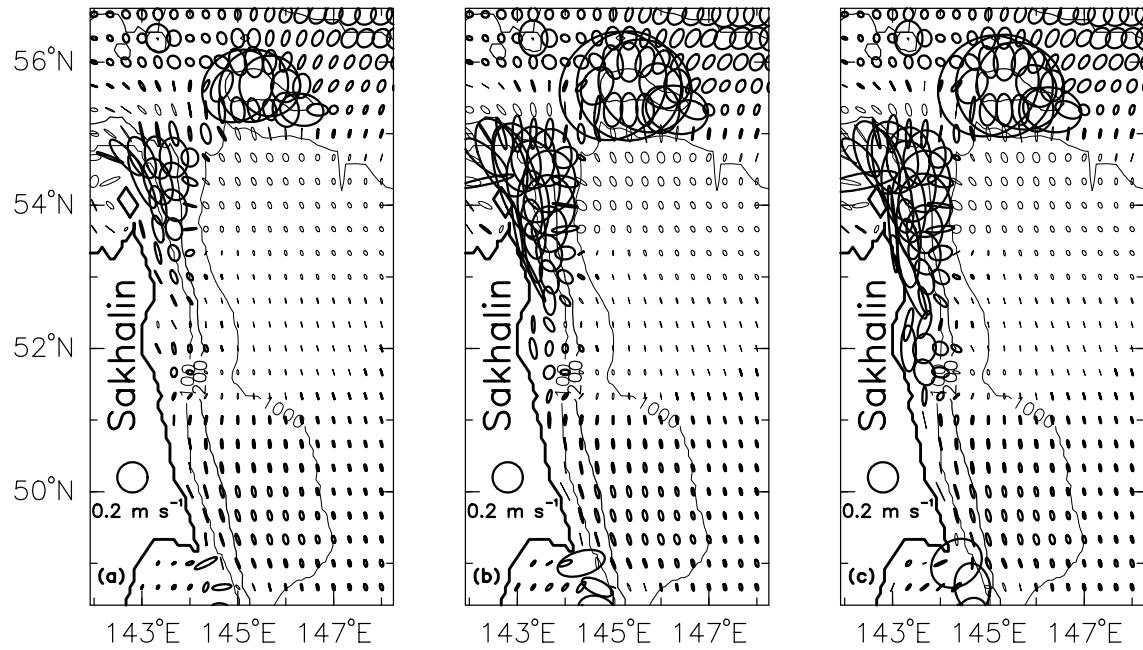


図 4. 数値シミュレーションによって得られた  $K_1$  周期の潮流楕円分布. (a) 順圧の場合, (b) 冬と (c) 夏の密度成層を与えた場合の結果. 潮流楕円の回転方向は, 太い実線(時計回り)と細い実線(反時計回り)で示している.

## 平成 17 年度の成果

### 学会発表

小野純（北大院・地球環境）, 大島慶一郎（北大低温研）, 深町康（北大低温研）, 水田元太（北大院地球環境）, 若土正暉（北大低温研）; 「カラフト東岸沖における潮流特性と日周潮陸棚波」 2005 年度 日本海洋学会春季大会, 東京, 2005 年 3 月 28 日

**Ono, J., Ohshima, K.I., Mizuta, G., Fukamachi, Y., Wakatsuchi, M:** Diurnal Coastal Trapped Waves on the Eastern Shelf of Sakhalin in the Okhotsk Sea, 2006 Ocean Sciences Meeting, Honolulu, Hawaii, USA, 20-24 February, 2006.

### 論文

**Ono, J., Ohshima, K.I., Mizuta, G., Fukamachi, Y., Wakatsuchi, M., 2006:** Amplification of diurnal tides over Kashevarov Bank in the Sea of Okhotsk and its impact on water mixing and sea ice, Deep-Sea Research I 53, 409-424.