

オホーツク海における海水-海洋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1年 小野 純 (指導教官 大島慶一郎 助教授)

研究成果

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氷域であり、地球温暖化の影響が最も顕著に現れる海域であるとさえ言われている。海氷は大気-海洋間の熱や物質の交換を妨げる断熱材として働き、大気循環および海洋循環に大きな影響を与えると考えられている。北西部の陸棚域は、海氷が生成されては、沖に流されることを繰り返し、大量の高密度水が沈み込み、北大平洋中層水の起源となっている。一方、オホーツク海は潮汐・潮流が強い海域でもあり、ブツソル海峡を介しての海水交換過程には、潮汐混合が重要であると示唆されている。また、Kashevarov Bank(以下 KB) では、振幅が約 1m/s にも達する潮流の極めて強い海域であるために、潮汐による鉛直混合が強く、夏は冷源・冬は熱源となり、海面水温や海氷分布に大きな影響を与えられる。しかしながら、これまでに KB 上で行われた観測は少なく、海洋および海氷に与える影響については、実測に基づいた理解は十分に得られていない。そこで本研究では、海氷-海洋相互作用に関する研究の手始めとして、局所的ながらも特徴的な海域である KB 上において、潮流が海洋および海氷に与える影響について調べることにした。

2. 観測とデータ

日米露共同による戦略的基礎研究「オホーツク海氷」の一環として、1999年9月から2000年6月まで、KB 頂上付近 (N55.38°, E145°, 水深約 126m) において、流速・水位を測る ADCP と海底における水温・塩分を測る CT 計による海底設置方式の初めて冬を含む長期連続観測が行われた。これらの係留観測データに加えて、CTD 観測および表層ドリフター観測のデータも使用した (図 1 参照)。また、海氷データは、時間解像度 1 日、空間解像度 25km×25km の SSM/I の海氷密接度を使用した。

3. 結果と考察

3.1 潮流特性

流速および水位は日周潮が卓越し、大潮-小潮の変化が明瞭であった (図 2 参照)。流速の振幅は約 1m/s にも達していた。流速の全時系列データを用いた主要 8 分潮による調和解析から、 K_1 (23.93h) と O_1 (25.82h) の日周潮が卓越していることが示された。それらの潮流楕円は、等方的で時計回りの回転をしていた。また、鉛直方向にはほぼ一様な構造であった (図 3 (a) 参照)。これらの観測結果と成層した海洋中における海山捕捉波の理論解を比較した結果、方位波数 1、動径波数 0、周波数 $\omega = 0.638f$ で励起される海山捕捉波の空間構造と良く似ていた (図 3 (b) 参照)。この周波数が KB 上における日周潮流の周波数 ($\omega_{K_1} = 0.608f$, $\omega_{O_1} = 0.563f$) に近いので、共振が起こり、極めて強い日周潮流が励起されると考えられる。

3.2 残差流の構造

KB 上の時計回りの残差流は、大潮-小潮と同期して大潮時に 0.1-0.12m/s と大きくなることがわかった (図 4 参照)。特に、成層の強い秋に残差流が大きくなることが示唆された。

3.3 潮流の水温場への影響

海底における水温は、日周期変動が卓越し、それに伴って大潮-小潮の変動も明瞭であった (図 5 参照)。また、大潮時に秋は水温が低くなり、冬は高くなる季節変動も示された。この特徴は、表層ドリフターから得られた水温変動にも見られた。次に、このような KB 上の水温変動のメカニズムを簡略化したモデルで考察した。その結果、KB の表層、海底および周囲の海水が潮流によって混合することが重要であることがわかった (図 6 参照)。

3.4 潮流の海氷への影響

潮流が海氷密接度に与える影響について定量的に解析した。海氷密接度は大潮-小潮に対して、1日遅れで最も相関が高く(0.70)、潮流の影響を受けていることがわかった。また、大潮時の方が密接度は低くなり、小潮時との密接度差は、KB 南西部で約 12-18%にも及んでいた(図7参照)。これに伴って大気海洋間の熱フラックスも大潮-小潮の影響を受けることが示唆される。

4. 今後の展望

今後は、これらの観測結果を基に、オホーツク海全体に注目し、モデルを用いた海氷と海洋の相互作用に関する研究を行なう。特に、潮汐・潮流を組み込み、海洋循環および海氷の生成・融解過程に与える影響について明らかにする。さらに、大気および生態系を組み込んだ複合的な研究を行ないたいと考えている。

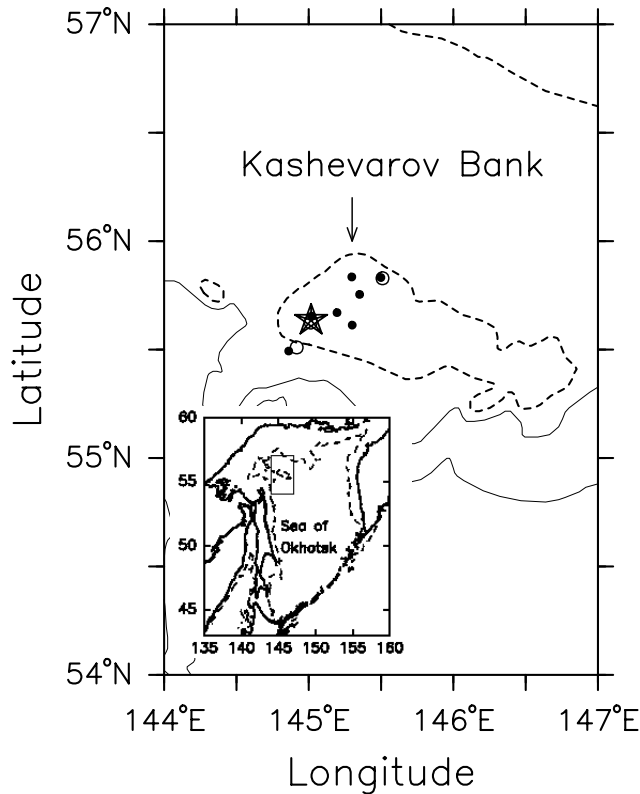


図 1: オホーツク海および KB 付近の海底地形。点線は水深 200m の等深線を表す。★は水深約 126m の係留観測地点、○と●は 1999 年 9 月と 2000 年 6 月の CTD 観測地点を表す。

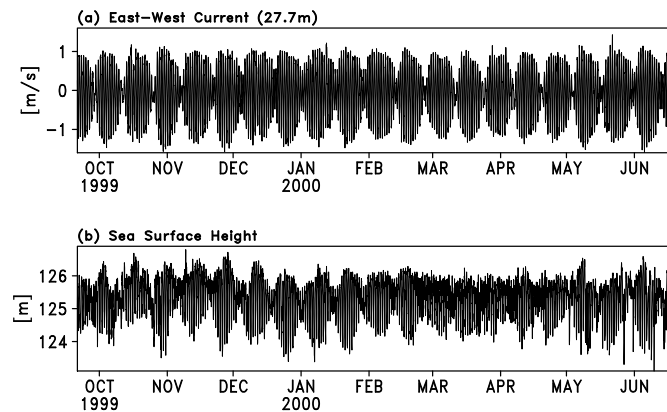


図 2: 係留観測から得られた 1999 年 9 月 21 日から 2000 年 6 月 19 日までの (a) 水深約 27.7m における東西流速と (b) 水位の時系列。

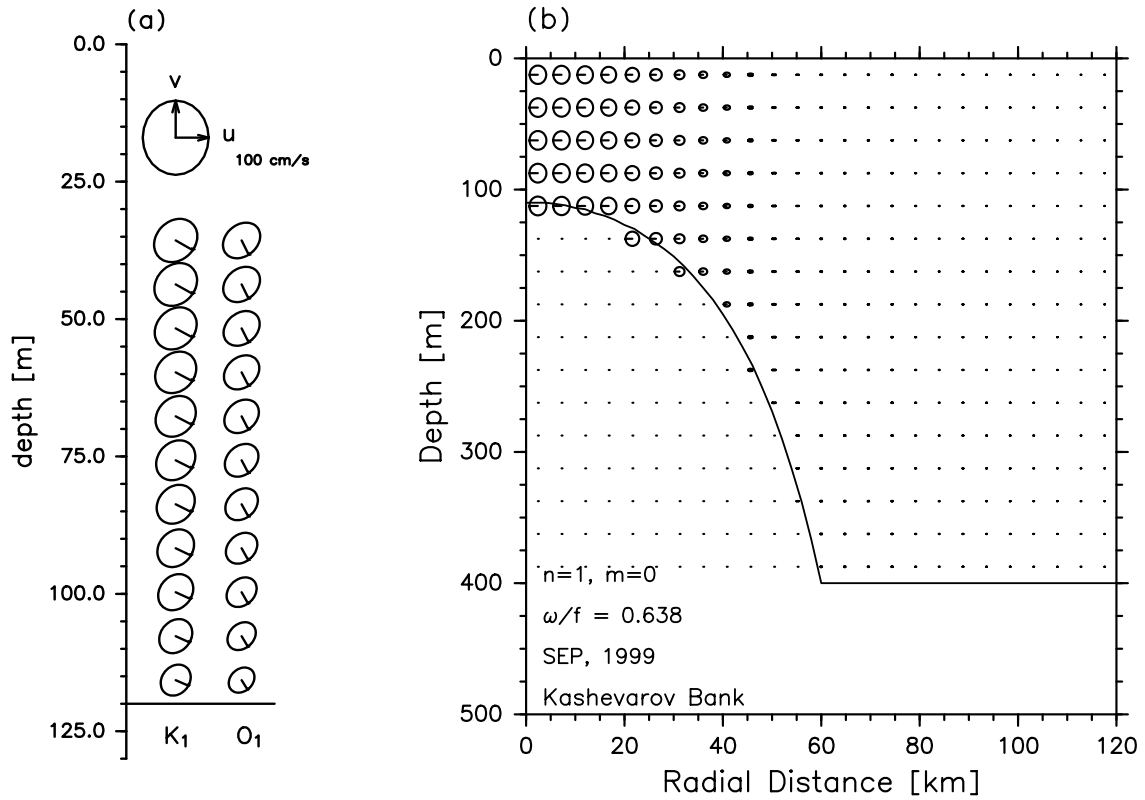


図 3: (a) 係留観測の流速データを調和解析して得られた K_1 (23.93h) と O_1 (25.82h) の潮流楕円分布. (b) 海山捕捉波の解析モデルから得られた方位波数 1, 動径波数 0, 周波数 $\omega = 0.638f$ の潮流楕円分布. f はコリオリパラメータで, $1.2 \times 10^{-4} s^{-1}$ である. また, すべての潮流楕円は等方的で時計回りの回転をしている.

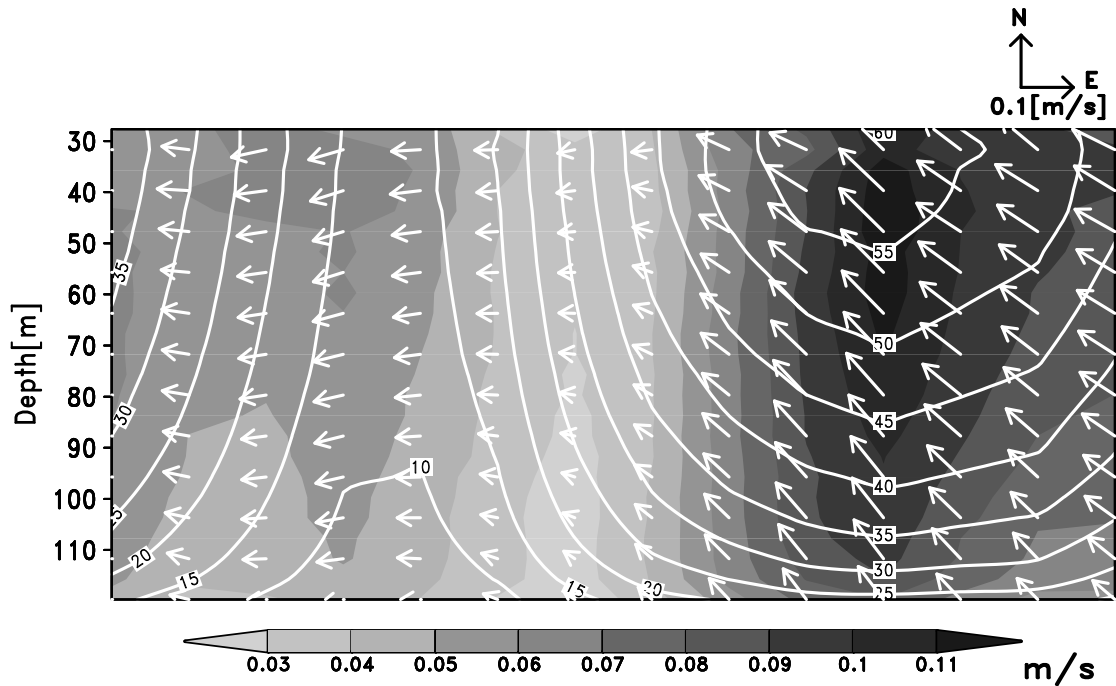


図 4: 大潮小潮の 14 日周期で合成した残差流のコンポジット図. ベクトルは残差流の大きさと向き, シェードは残差流の大きさ, コンターは潮汐成分も含めた単位質量あたりの運動エネルギーを示している.

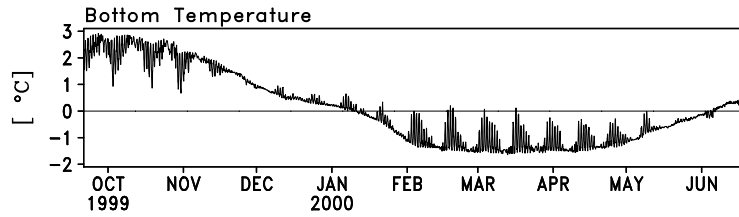


図 5: 係留観測から得られた 1999 年 9 月 21 日から 2000 年 6 月 19 日までの海底 (水深約 126m) における水温の時系列.

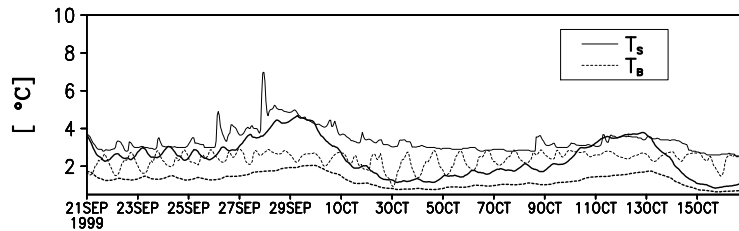


図 6: 簡略化モデル (太線) と観測 (細線) から得られた表層水温 (実線) と海底における水温 (点線) の時系列.

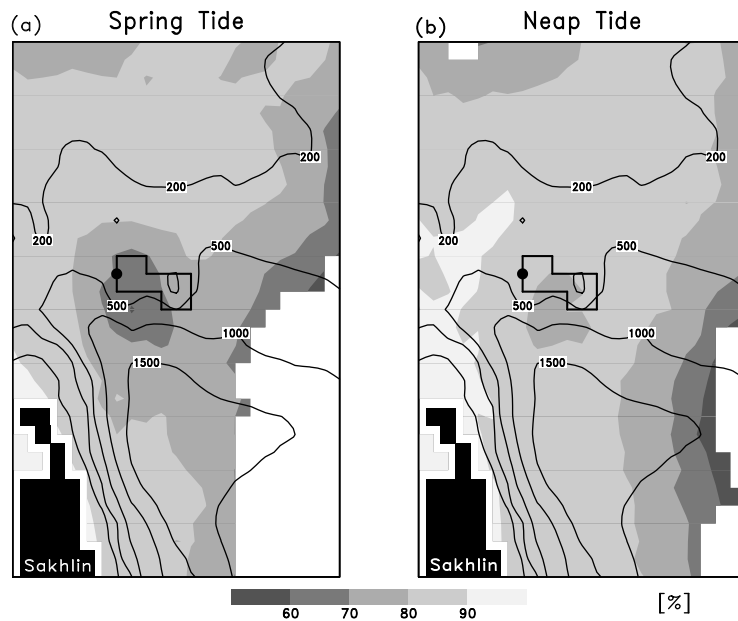


図 7: 海水密度度のコンポジット図, (a) 大潮時, (b) 小潮時に対応する. 太い実線は KB の 200m の等深線を表し, 細い実線は ETOPO5 の海底地形を示している. ●は係留観測地点に相当するグリッドである.

論文・学会発表

Inoue, J., J. Ono, Y. Tachibana, M. Honda, K. Iwamoto, Y. Fujiyoshi and K. Takeuchi, 2003: Characteristics of Heat Transfer over the Ice Covered Sea of Okhotsk during Cold-air Outbreaks. *J. Meteor. Soc. Japan*, **81** (5), 1057-1067.

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), 若土正暁 (北大・低温研); 「オホーツク海 Kashevarov Bank において, 潮流が海水に与える影響」第 25 回極域気水圏シンポジウム, 東京, 2002 年 11 月 20 日

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, WHOI), 若土正暁 (北大・低温研); 「オホーツク海 Kashevarov Bank における潮流観測と海山捕捉波」2003 年度日本海洋学会春季大会, 東京, 2003 年 3 月 28 日