

宗谷海峡の流れを測る

江淵 直人

(北海道大学 低温科学研究所)

1. はじめに

宗谷海峡には、日本海からオホーツク海へ向つて宗谷暖流が流れていることが知られています。図1は、オホーツク海南部の海流の様子を模式的に描いたものです。宗谷暖流はオホーツク海に入ると岸に沿って南東方向へ流れ、知床岬沖へと達します。宗谷暖流によって、対馬暖流を起源とする日本海の高温・高塩分の水がオホーツク海へ運ばれ、オホーツク沿岸の気候や漁業に大きな影響を与えていると考えられています。図2は、人工衛星で観測した海面水温の分布図の一例です。温度が高い海域を濃い黒で表しています。高温（黒色）の帯が宗谷海峡からオホーツク沿岸に沿って南東に伸びている様子が捉えられています。

宗谷暖流は季節的に大きく変動し、夏季には強く、冬季には弱いことが知られています。冬季には、宗谷暖流に代って、低温・低塩分の東樺太海流が卓越し、流氷もこの東樺太海流に乗ってオホーツク海北部から運ばれてきます（図1）。

宗谷海峡はその北半分がロシア領であること、また、秋季から冬季にかけて気象条件が非常に厳しいこと、漁業活動が活発で係留観測が難しいこと、などから、宗谷暖流の観測データは非常に限られており、その正確な流量や季節変動、経年変動などの変動特性はほとんど明らかにされていません。上で述べた宗谷暖流の特徴は非常に限られた観測結果から導かれたものでした（例えば青田、1975, 1984; 松山他, 1999; Tanaka and Nakata, 1999）。

北海道大学低温科学研究所では、道立中央水産試験場、同稚内水産試験場、北海道大学水産科学研究院などと共同で、漂流ブイ、海底設置型超音波ドップラーフロード、短波海洋レーダ、人工衛星観測などの最新の観測手法を組み合わせて、宗谷暖流の変動特性の解明に向けた観測を行っています。本講演では、いろいろな手法を用いた宗谷暖流の観測とその結果としてこれまでに明らかになった宗谷暖流の特性について紹介します。

2. 漂流ブイ観測

流れを測る最も単純な方法として思いつくのは、浮きを浮べてその動きを追跡する方法です。小型の球形のブイに、カーナビなどに用いられているGPS受信機と衛星通信用の送受信機を載せたものを使用しています。GPSによってブイの位置を計測し、そのデータを通信衛星経由で1時間毎に送信します。図3は、宗谷海峡付近で投入したブイの軌跡の一例です。3基のブイは、宗谷暖流に乗り、岸に沿って南東へほぼ同じ軌跡を辿って、5～6日で知床半島沖へ達しています。毎時のブイの移動距離を測ることで、その場の流速を推定することができます。

3. 海底設置型超音波ドップラーフロードによる鉛直構造の観測

図3のような漂流ブイによる観測は、簡便で、流路を視覚的に捉えることができる反面、時間的

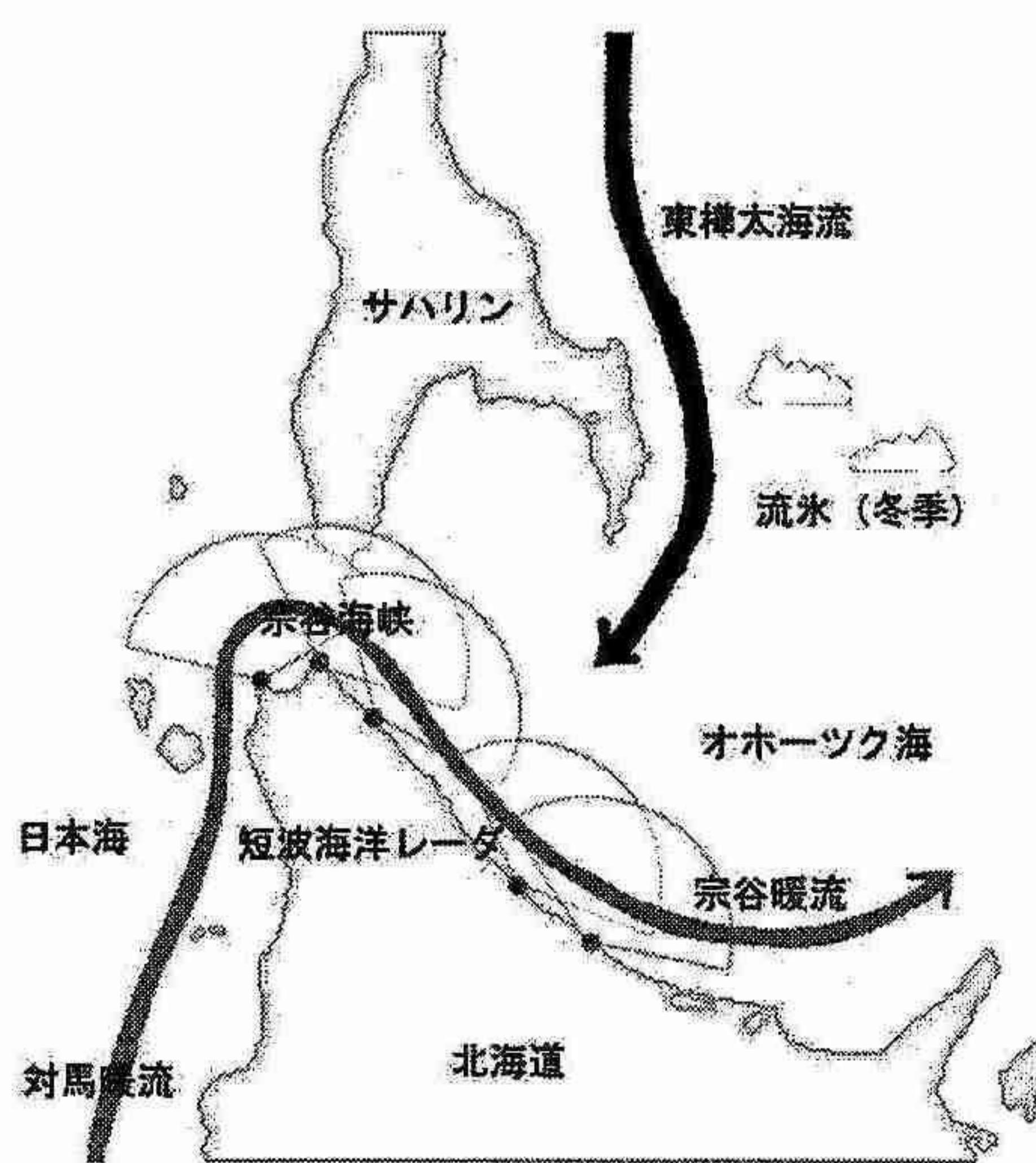


図1. オホーツク海南部の海流の模式図

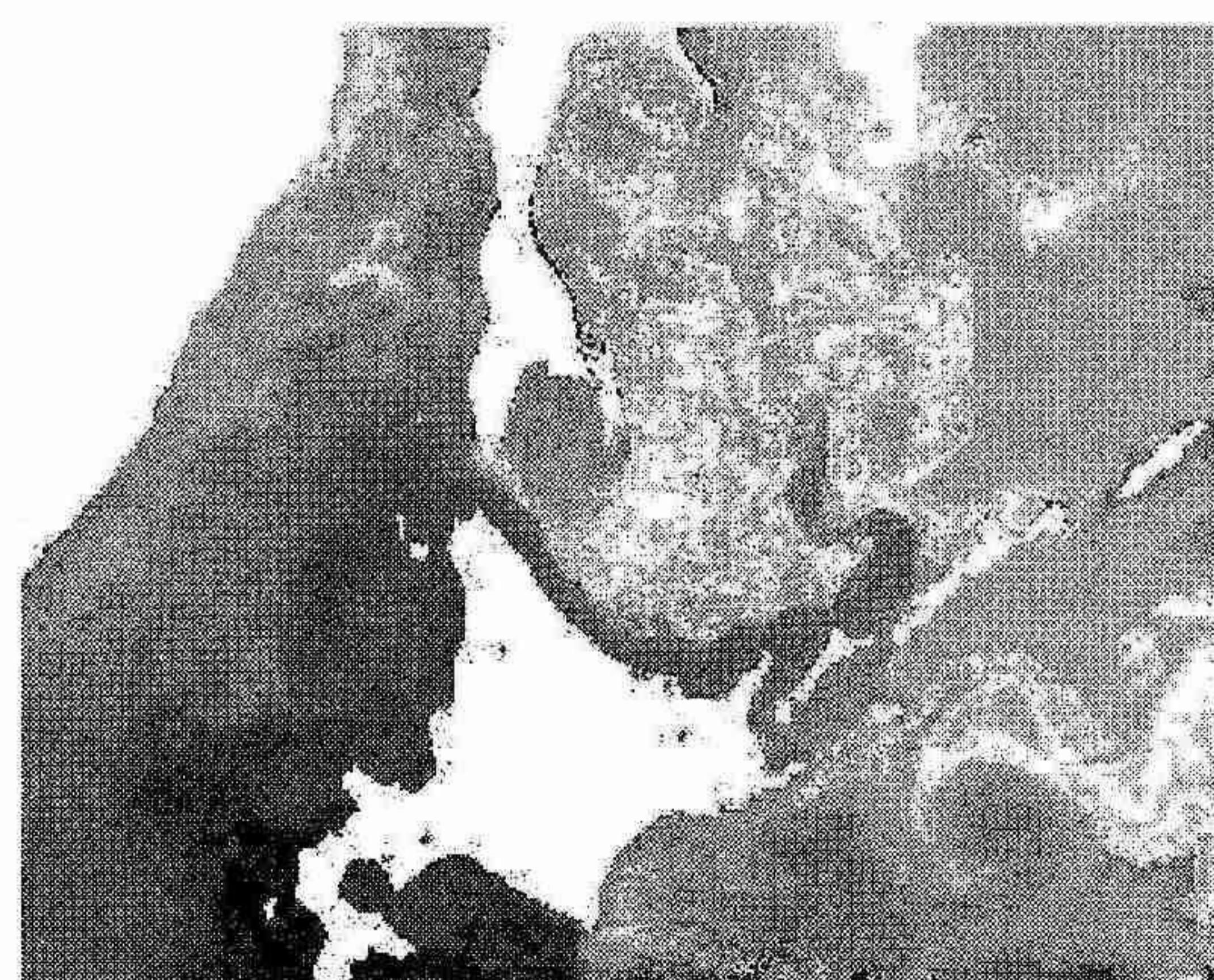


図2. NOAA衛星によって観測された海面水温場の一例（1998年9月28日、北海道大学水産科学研究院斎藤研究室提供）

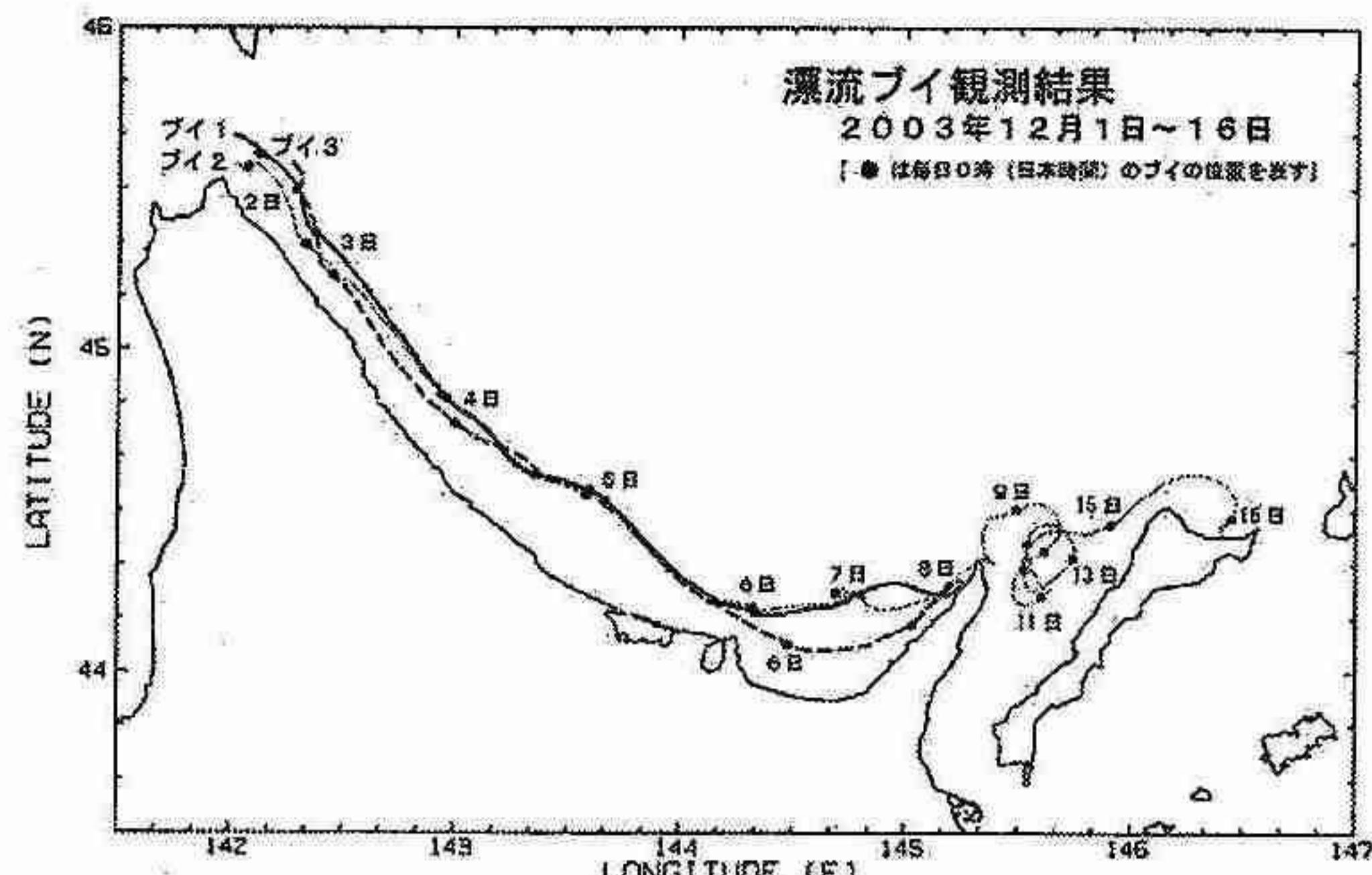


図3. 衛星追跡型漂流ブイによる観測例

な変動特性を調べるために連続的な観測を行うには不向きです。通常の海洋観測では、海底のアンカーから浮きの浮力で立ち上げたワイヤーに流速計、水温・塩分計などを取り付けた係留系と呼ばれるシステムがよく使われています。しかしながら、宗谷海峡域やオホーツク沿岸域では、漁業が盛んなため係留系を使った長期観測は困難です。そこで、海底設置型の耐トロール式超音波ドップラーフロー流速計を用いて、浜頓別沖約29km（水深約91m）の宗谷暖流の強流域において、1年間の連続観測を行いました。超音波ドップラーフロー流速計は、超音波を4方向に出し、反射波のドップラーシフトを利用して、流速・流向を深さ方向に連続的に測ることができます。

図4に観測例として、2004年5月から2005年5月までの日平均流速ベクトルを水深毎に示しました。横軸が日付、各棒の長さが流速（スケールは図左上）、棒の方向が流向（上が北向き）です。上から順に水深13m, 25m, 37m, ... と深さ12mごとの流速・流向を表しています。夏から秋にかけては、ほぼ全層で南東向きの流れが観測され、

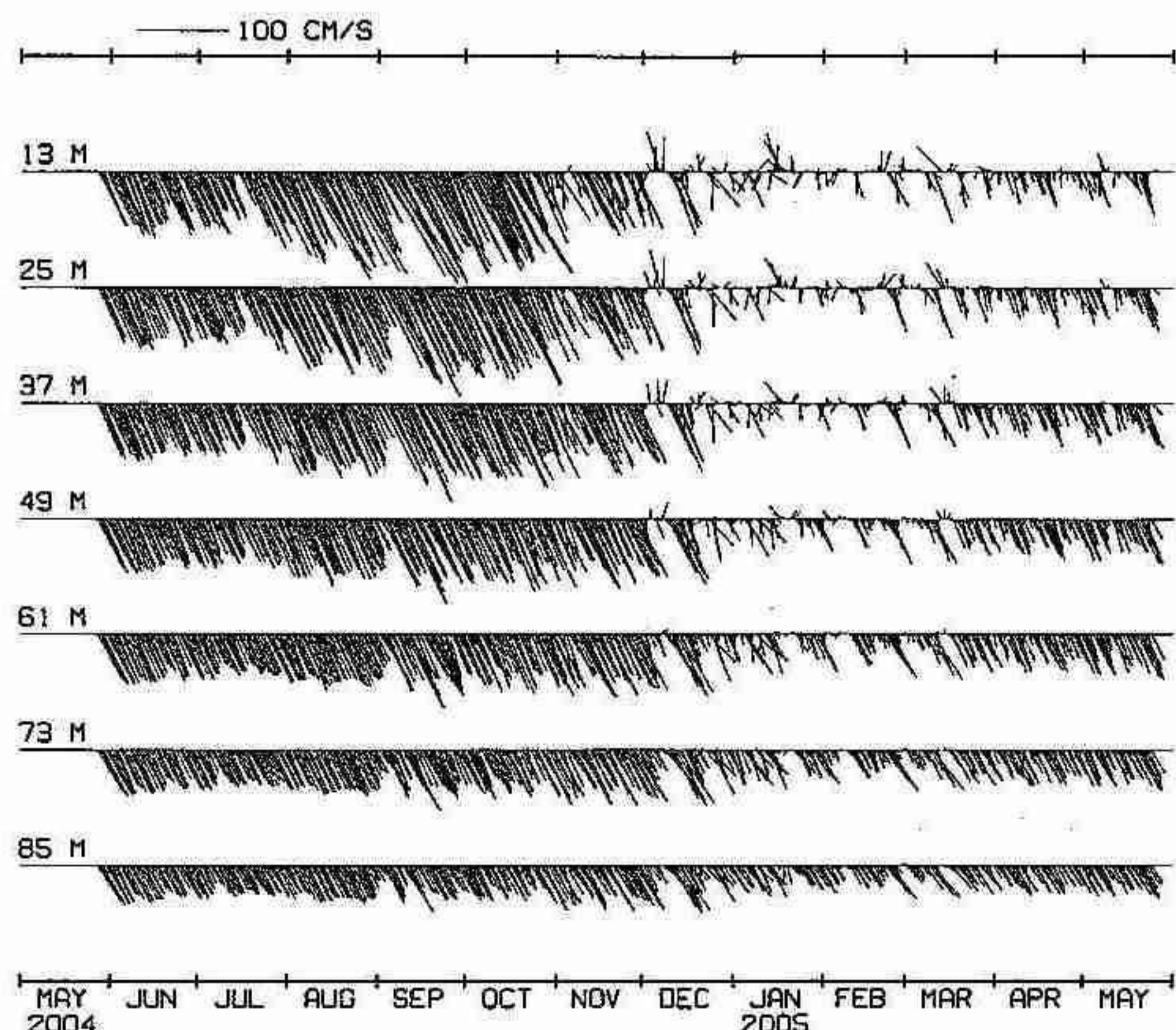


図4. 海底設置型超音波ドップラーフロー流速計による観測例

表層ではその大きさは1m/s程度に達します。冬には50m深以浅の上層では、南東流がほとんど見られないのに対し、それより深い層では、弱いながらも南東流が連続的に観測されています。宗谷暖流の最強流部において流速場の鉛直構造が1年を通して観測されたのはこれが初めてです。

4. 短波海洋レーダによる表層流速場観測

海底設置型の超音波ドップラーフロー流速計による観測は、空間的には1点に限られます。時間的に連続な鉛直構造の情報を得ることができます。これに対して、表層の流速・流向を面的に捉えることができるのが短波海洋レーダです。短波海洋レーダは、陸上に設置した複数のレーダ局から短波帯の電波を海面に向けて発射し、海面から反射された信号のドップラーシフトを利用して表層数mの流速・流向を測るもので、図5に示したように宗谷海峡からオホーツク沿岸に5局（ノシャップ岬、宗谷大岬、猿払、雄武、紋別）を配置して、2003年8月から毎時観測を続けています。短波海洋レーダで観測された流速・流向のデータは、漂流ブイ観測や超音波ドップラーフロー流速計の観測データともよく一致することを確認しています（Ebuchi et al., 2005）。

図6に観測された流速場の一例として2003年8月の月平均流速場を示しました。宗谷海峡から猿払沖へ南東方向に流れる宗谷暖流が捉えられています。最大流速は、浜鬼志別沖約30kmで1m/s程度に達しています。また、サハリン西岸では、南下流が宗谷海峡に達している様子が見られます。この南下流は、Ohshima (1994)などの数値モデル実験によってその存在が予測されていましたが、連続的な観測で確認されたのは初めてです。

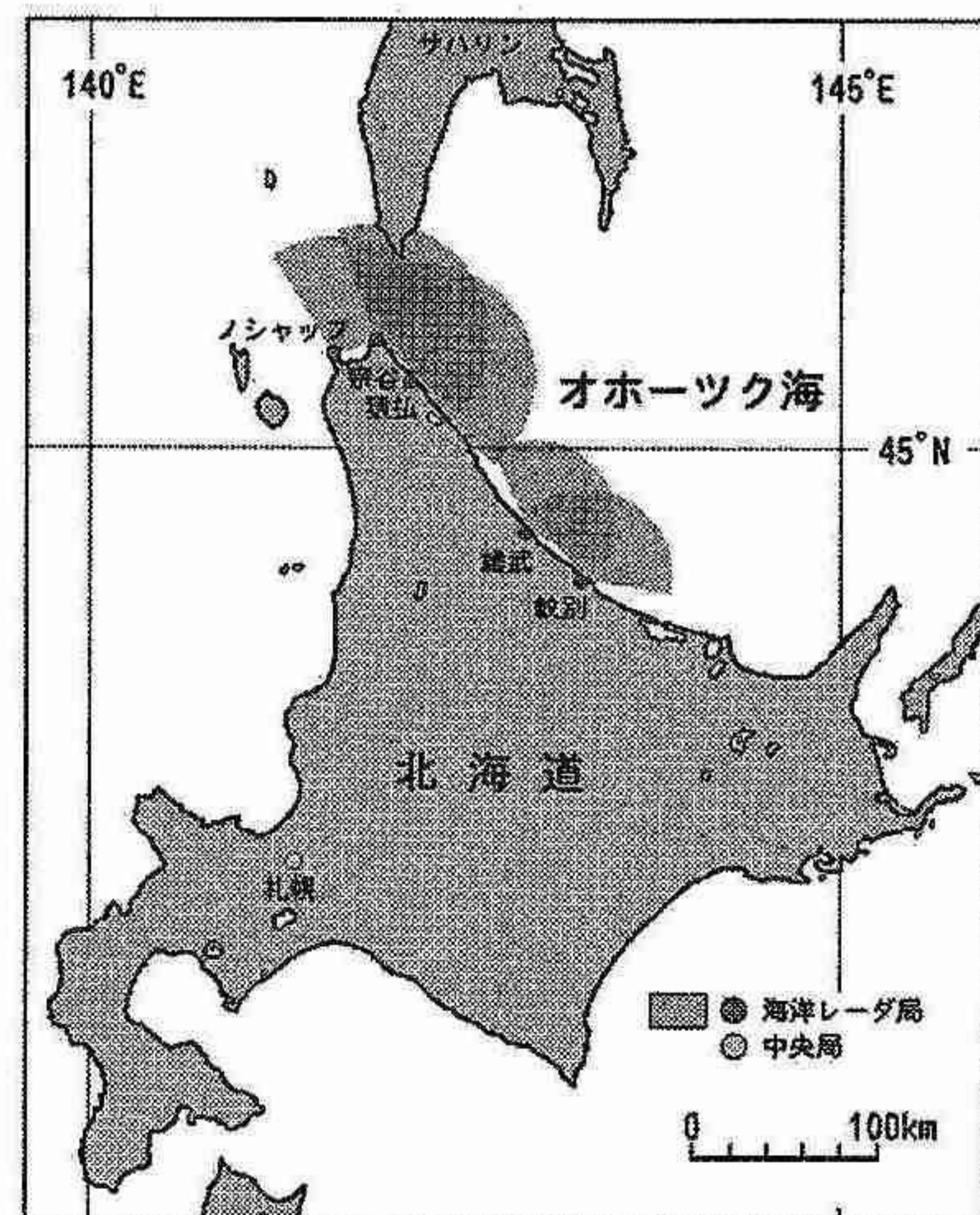


図5. 短波海洋レーダ局の配置

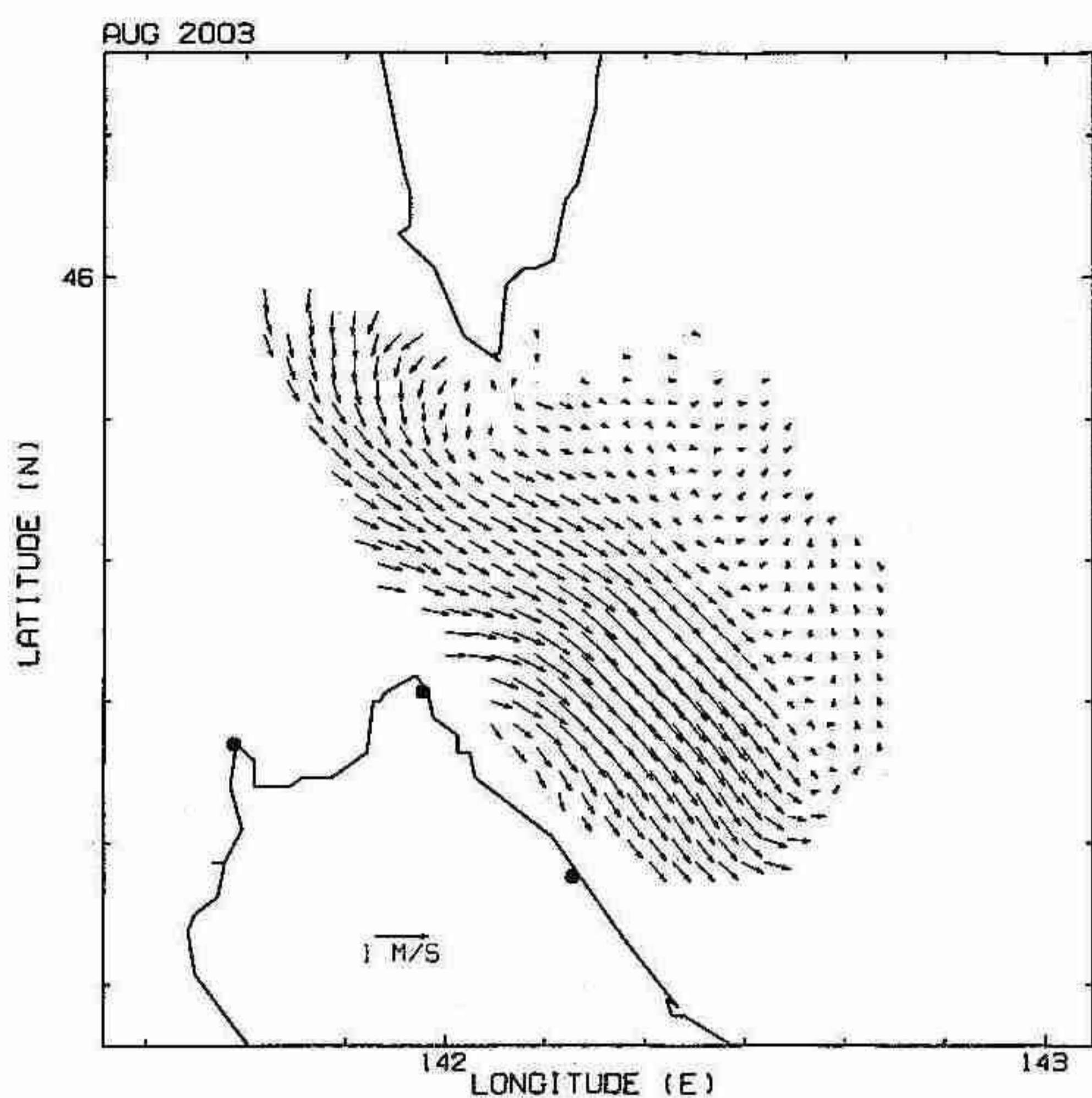


図6. 2003年8月の平均流速ベクトル場

図7は、浜鬼志別沖のラインを横切る南東流成分の月平均プロファイルを2003年8月から1年分示したものです。縦軸が岸からの距離、横軸が南東流の強さを表しています。宗谷暖流は幅約40kmにわたり、最大流速は岸から20~30kmに存在することが分ります。また、最大流速は、9月に最大となり、1m/sを超える値を示しています。12月から急激に流速が小さくなり、1月~2月にはほとんど南東流は見られなくなっています。これらの特徴は、図4に示した超音波ドップラーフロード流速計の観測結果ともよく一致しています。超音波ドップラーフロード流速計によって観測された流れの鉛直構造と短波海洋レーダによって観測された表層流速の面的な分布を組み合わせて解析することにより、宗谷暖流の3次元的な構造とその季節変化を明らかにすることが可能になりました。

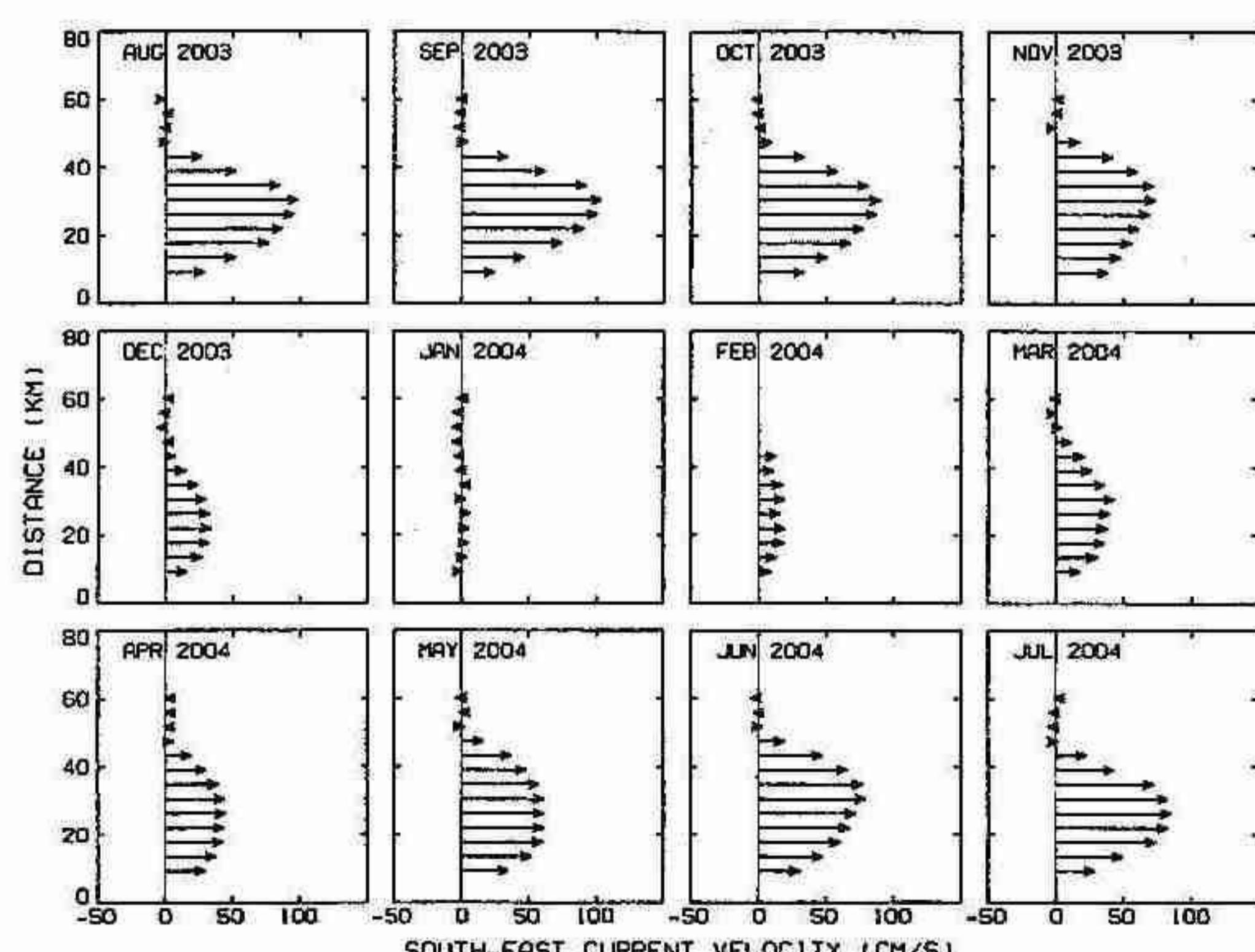


図7. 浜鬼志別沖のラインを横切る南東流成分の月平均プロファイル

5. おわりに

本稿では、最新の観測手法を組み合わせて宗谷暖流の時空間変動を捉える我々の試みの一端を紹介しました。紙数の関係で紹介できなかった船舶観測や沿岸潮位観測、人工衛星を使った観測などによるデータも取り込んで、宗谷暖流の変動特性の解明を目指しています。また、これらの観測データと数値モデルを組み合わせてオホーツク海の海流系のメカニズムを明らかにするとともに、海況予測の可能性を探っていきたいと考えています。これらの研究の発展として、将来的には水産資源の変動予測や油汚染対策などにも役立つ海況情報が提供できるようになるものと考えています。

北海道大学低温科学研究所では、地球環境変動における環オホーツク地域の役割を評価することを目標として平成16年4月に環オホーツク観測研究センターを設立しました。このセンターでは、オホーツク海とその周辺における大気-海洋-海水-陸域相互作用と気候変動、大気-雪氷-植被相互作用系のダイナミクス、陸域水系から海洋にもたらされる栄養塩・必須微量元素等の供給機構と生物生産性、などを主要な研究テーマとして、ロシア、中国など関係諸国と国際ネットワークを構築し、環オホーツク地域の環境条件の長期モニタリングおよび素過程解明のための現場観測を行うとともに、数値モデルを利用して海水の短期・長期変動の予測や気候変動による環オホーツク地域へのインパクトの研究などを進めています。このセンターの研究の一環として、宗谷暖流を含むオホーツク海の海流・海況や海洋環境のモニタリングとモデリングに取り組んでいく予定です。

謝辞

本稿で紹介した観測の一部は北海道立中央水産試験場、稚内水産試験場との共同研究として行われています。短波海洋レーダ局の設置に関して、北海道稚内土木現業所、網走土木現業所、紋別市、雄武町、猿払村、宗谷漁協、猿払漁協、紋別漁協、稚内市青少年科学館、稚内市江戸正治氏のご協力をいただきました。また、海底設置型 ADCP の設置に関して、頓別漁協ならびにケガニ部会のご協力をいただきました。関係各位に心より謝意を表します。

参考文献

- 青田昌秋, 1975, 低温科学, 33, 151-172.
- 青田昌秋, 1984, 沿岸研究ノート, 22, 30-39.
- Ebuchi, N., Y. Fukamachi, K.I. Ohshima, K. Shirasawa, M. Ishikawa, T. Takatsuka, T. Daibo, and M. Wakatsuchi, 2005, J. Oceanogr., 61 (in press).
- 松山優治・青田昌秋・小笠原勇・松山佐和, 1999, 海の研究, 8, 333-338.
- Ohshima, K.I., 1994, J. Geophys. Res., 99, 9928-9940.
- Tanaka, I., and A. Nakata, 1999, PICES Sci. Rep., 12, 173-176.