

## 特集「新海洋データ同化システム (MOVE/MRI.COM) による海洋情報の高度化」

### 海洋データ同化システム MOVE/MRI.COM 出力における 親潮指標の再点検\*

小野 越郎\*\*<sub>※1</sub>・中村 辰男\*\*<sub>※1</sub>

#### 要 旨

MOVE/MRI.COM の出力から従来の知見の延長上にある親潮像を引き出す一方で、海況の詳細な表現を適切に活用するため、親潮を巨視的な「親潮本体」の変動と小規模で局所的なストリーマや冷水域などに分けて考えることとした。巨視的な親潮本体の変動は時間的及び空間的に平滑化した MOVE の出力でとらえることができる。一方、小規模な現象は塩分の指標を導入することにより、詳細にとらえることが可能である。

#### 1. はじめに

親潮は北太平洋西部亜寒帯循環の南西部にあたる海流である。親潮は北日本の太平洋側の気候(気象)に影響を与えており、その変動は北海道周辺及び本州東方海域の漁場形成にもかかわっている。このため、函館海洋気象台が提供する海況情報では、親潮の動向が重要なテーマとなっている。

吉田(1992)は、短期的な気象条件の変化の影響を受けにくい100m深の水温が5℃以下の領域で親潮を定義し、親潮の沿岸寄りの分枝には春先に最も南下して面積も拡大し、冬季にかけて徐々に北へ後退する、明りような季節変動があることを示した。気象庁の「海洋の健康診断表」においても親潮の指標は100m深の水温が5℃以下として定義しており、季節変動の特徴についても総合診断表で吉田(1992)と同様の解説をしている。

また、長期的な変動についても、親潮の沿岸寄りの分枝の南限緯度の変動が大気大循環と関連していることが指摘されている(Hanawa, 1995)。

こうした客観解析を導入する以前の研究においては、100m深水温データの空白域を補うために、海面水温場との対応から100m深水温を推定するなどの工夫が必要であった。その後、2001年1月から観測データでは補えない空白域の海況を表現するためにCOMPASS-Kという同化システムが導入された。さらに、2008年3月より北太平洋海洋データ同化システム: MOVE/MRI.COM-WNP(以下、MOVE)が導入された。COMPASS-KやMOVEの導入によって客観的な手法でデータの空白域は解消され、時間的にも空間的にも解像度の高い海況情報の提供が可能になった。

\* Reconfirmation of references of Oyashio represented by MOVE/MRI.COM-WNP

\*\* Etsuro Ono and Tatsuo Nakamura

Oceanographical Division, Hakodate Marine Observatory (函館海洋気象台・海洋課)

現所属 ※1 地球環境・海洋部海洋気象課

しかし、中村・佐々木 (2009) は、MOVE で表現される親潮は夏季に面積の極大が現れるなど、従来の知見とは異なった季節変動を示すことを指摘し、MOVE が細長い帯状のストリーマやパッチ状に分布する冷水域までを詳細にとらえることが一因であるとした。したがって、MOVE の出力から従来の知見の延長上にある親潮像を引き出す一方で、海況の詳細な表現を適切に活用するための工夫が必要となっている。

本報告では、季節から数十年にわたる時間スケールを持つ、北太平洋西部亜寒帯循環の一部をなす巨視的な「親潮本体」の変動と、数日から数週間単位の時間スケールを持つ小規模で局所的なストリーマや冷水域などの変動とを分けて考えることとした。まず、巨視的な親潮本体の変動を抽出することについては、時間スケールが短く空間的にも小規模な現象を平滑化し、あえて COMPASS-K とほぼ同等になるまで解像度を低下させることを試みた。一方、小規模な現象については、100m 深水温 5℃以下という従来の指標とともに、水塊としての親潮水の特徴である塩分プロファイルに着目して、親潮水の詳細な分布の把握を試みた。さらに、これらの試みの中で見いだされた MOVE のデータ同化及び再計算のタイミングと速報的な海況情報の扱いの問題点についても若干の考察を加える。

## 2. 従来の親潮像と異なる例

COMPASS-K では格子点間隔が 0.25 度であるのに対して、MOVE では 0.1 度まで解像度が向上した。このため、従来には見られなかった詳細な部分まで見えるようになり、COMPASS-K によって表現される親潮と MOVE のそれとでは、多くの違いが見られるようになった。

この章では、COMPASS-K と MOVE で親潮水の分布や親潮の描像が大きく異なる事例を示す。

### 2.1 100m 深水温分布

気象庁が発表する「海洋の健康診断表」では、100m 深の水温の平面図を基礎資料とし、「100m 深水温が 5℃以下」という指標を用いて親潮の情報を提供している。以下では、従来の「海洋の健

康診断表」で使われてきた COMPASS-K の 100m 深の水温分布図と MOVE の 100m 深の水温分布図の違いを比較する。

第 1 図に、同日の COMPASS-K が示す 100m 深の水温分布図と MOVE が示す 100m 深の水温分布図を並べて示した。MOVE が示す親潮の主な特徴として、1) 帯状のストリーマとして細かい冷水が表現されており、COMPASS-K に比べて 5℃以下のコンターが、より南側に位置している 2) 非常に細かい 5℃以下の冷水域が、しばしば、より南側に表現されることがある、などといった点が挙げられる。

また、第 2 図のように、COMPASS-K と MOVE で大きく異なる表現となることもある。

### 2.2 親潮の面積の季節変動

「海洋の健康診断表」では、「親潮の面積」及び「親潮の南端」の二つを用いて親潮の勢力を表現している。

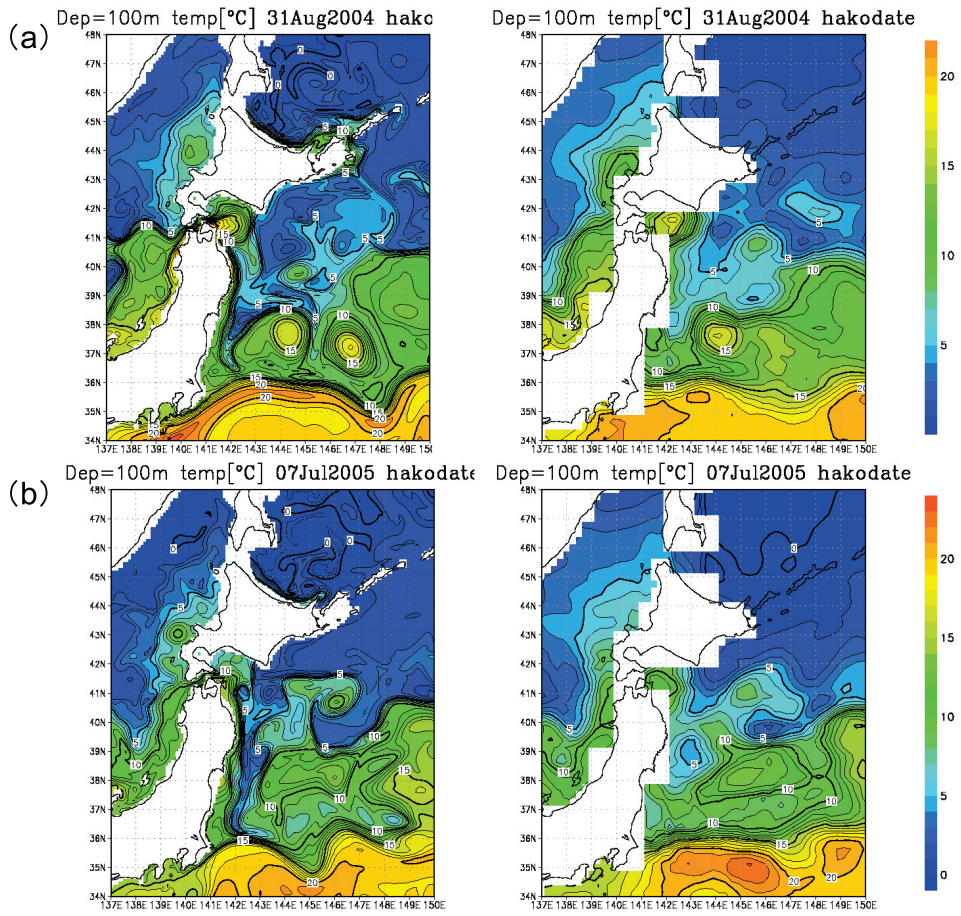
まず、面積についてであるが、ここでは「東経 141 度～148 度、北緯 43 度以南における、深さ 100m の水温が 5℃以下の領域の面積」と定義してある。

第 3 図はこの定義に従って求めた、親潮の面積の 1985 年から 2007 年までの COMPASS-K による客観解析及び MOVE の半旬平年値の比較である。それぞれ、太い実線が客観解析値、その上下の太い破線が 1985～2007 年に出現した親潮の面積の大きい順に上位 1/3 及び下位 1/3 を除いた最大値・最小値、×が MOVE の出力値を表している。ここでの MOVE の出力結果から、1) 季節を通して COMPASS-K の面積より大きい場合がしばしば見られる、2) 4 月ころの極大の後、夏季に再び面積の極大がある、といった特徴が分かる。特に 2) の夏季の面積増大に関しては、従来の知見では考えられなかったものである。

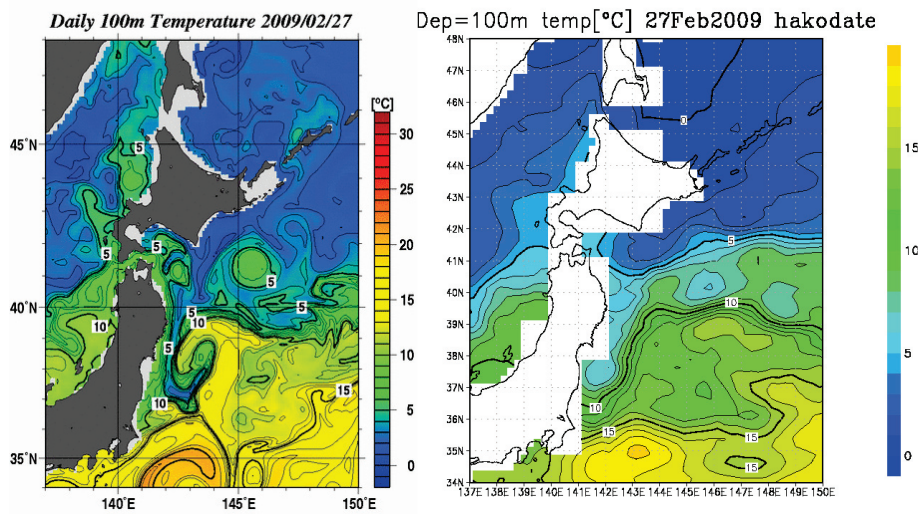
### 2.3 親潮の南端の季節変動

親潮の南端は、面積の場合と同じ海域において「深さ 100m の水温が 5℃の最南端」と、定義している。

第 4 図は 1985 年から 2007 年までの客観解析及



第1図 (a) 2004年8月31日及び (b) 2005年7月7日の100m 深水温の分布図  
 左: MOVE/MRI.COM  
 右: COMPASS-K

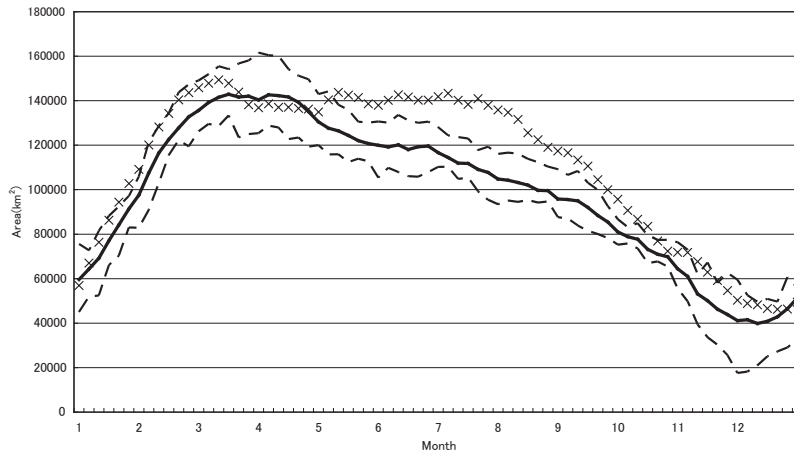


第2図 2009年2月27日の100m 深水温の分布図  
 左: MOVE/MRI.COM  
 右: COMPASS-K

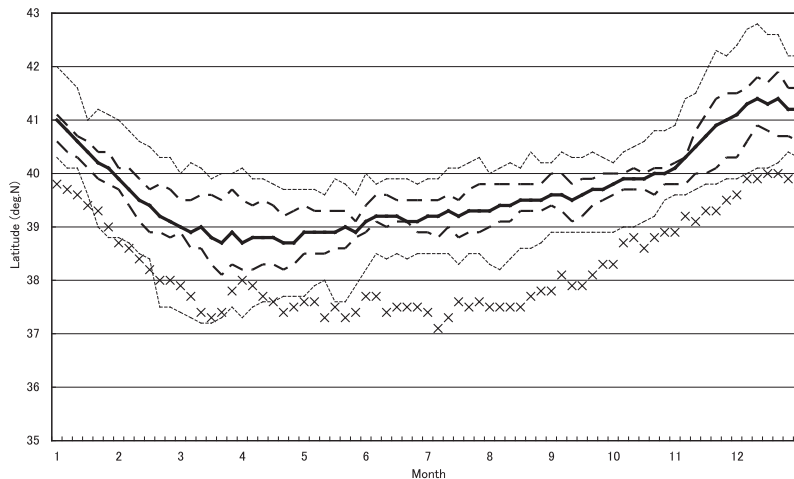
び MOVE の半旬平年値の比較である。それぞれ、太い実線が客観解析値、その上下の太い破線が 1985～2007 年に出現した親潮の南端の上位 1/3 及び下位 1/3 の事例を除いた範囲、最も外側の細い破線は上位 1/10 及び下位 1/10 の事例を除いた

範囲、×が MOVE の出力値である。

前節で指摘したとおり、南端の季節変動が従来の客観解析に比べて緯度で 1 度以上南寄りに位置している。特に夏季の南端の差が大きい。



第 3 図 COMPASS-K 及び MOVE/MRI.COM が示す親潮の面積の季節変動  
1985 年から 2007 年までの半旬平年値で示した。  
太い実線：COMPASS-K の客観解析の旬平均  
太い破線：1985～2007 年に出現した親潮の面積の大きい順に上位 1/3 及び  
下位 1/3 の事例を除いた範囲  
× : MOVE/MRI.COM の旬平均



第 4 図 COMPASS-K 及び MOVE/MRI.COM が示す親潮の南端緯度の季節変動  
1985 年から 2007 年までの半旬平年値で示した。  
太い実線：COMPASS-K の客観解析の旬平均  
太い破線：1985～2007 年に出現した親潮の南端の上位 1/3 及び下位 1/3 を除  
いた最大値・最小値の旬平均  
細い破線：上位 1/10 及び下位 1/10 の事例を除いた範囲  
× : MOVE/MRI.COM の旬平均

### 3. 平滑化の導入

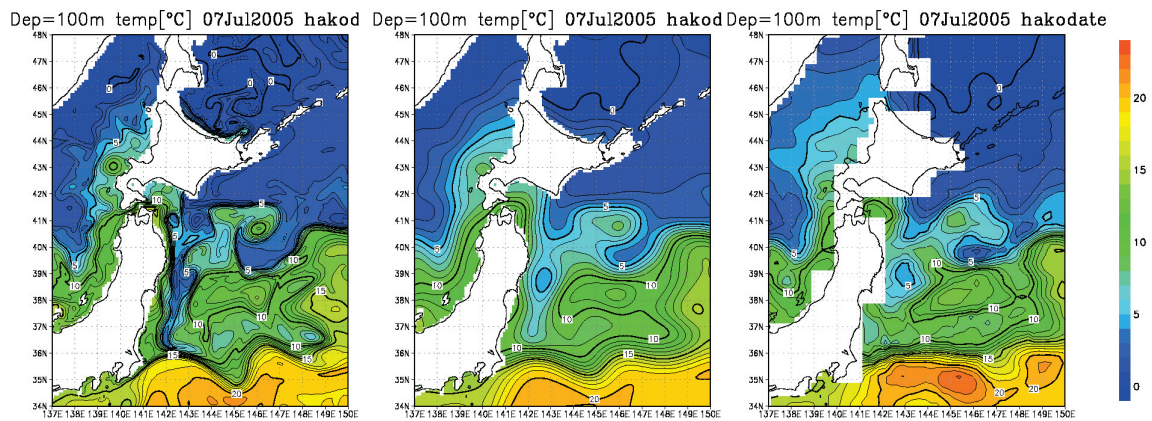
2章で述べたように、MOVEは高い解像度によって、これまで知られていた親潮の季節変動及び分布パターンとは異なる親潮像を示した。北太平洋西部亜寒帯循環と関連している、親潮の巨視的な変動に着目するのであれば、帯状のストリーマや細かな冷水域などの複雑な海況までを含めるのではなく、小規模な現象をフィルタリングする必要があると考えられる。また、時間的にも日々の細かな変化を取り除いて、長いスケールに対応させるのが望ましいと考えられる。そこで、この章では、大規模な循環と関連した勢力としての親潮を記述する試みとして、MOVEのデータセット

をあえて空間的及び時間的に平滑化した100m深の水温分布図と、それによって決定した親潮の季節変動について調べた。

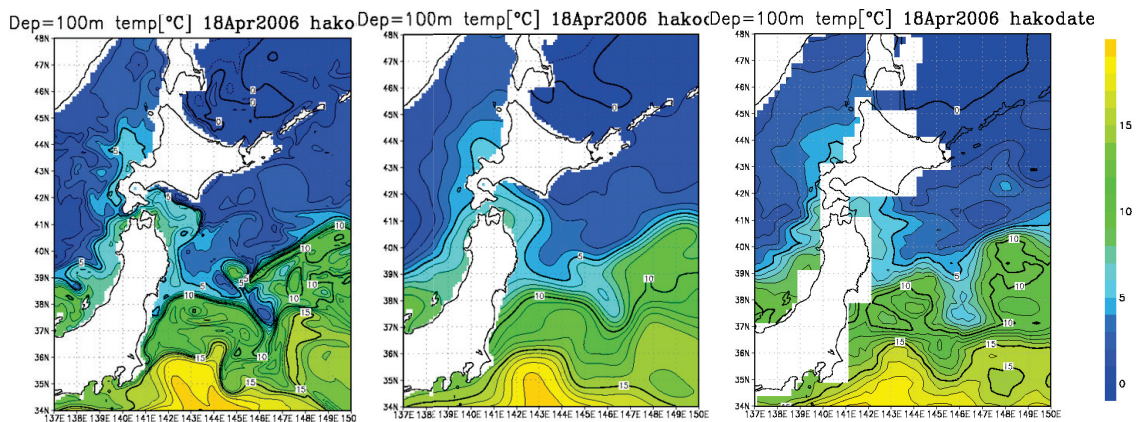
#### 3.1 平滑化したMOVEの示す親潮像

第5図及び第6図では平滑化なしのMOVE、平滑化したMOVE及びCOMPASS-Kの客観解析の100m深の水温分布図を並べて比較している。

平滑化の方法は、「海洋の健康診断表」で親潮の南端などの位置情報を0.5度単位で記述することを考慮に入れて、空間的には50km(≒0.5度)四方、月診断のサイクルを考慮に入れて、時間的には15日の移動平均とした。



第5図 2005年7月7日の100m深水温の分布図  
左：MOVE/MRI.COM 中：平滑化 MOVE 右：COMPASS-K



第6図 2006年4月18日の100m深水温の分布図  
左：MOVE/MRI.COM 中：平滑化 MOVE 右：COMPASS-K

第 5 図では MOVE によって表現された帯状のストリーマが、平滑化によってかなり緩和されている。100m 深水温が 5℃以下という親潮指標によって決定した親潮の描像は、COMPASS-K の客観解析の 100m 深の水温分布図から同指標で決定した親潮の描像にかなり近い表現となっている。

第 6 図では平滑化なしの MOVE が示した孤立した 5℃以下の冷水塊が平滑化によって消えている。この事例も平滑化によって親潮の描像が COMPASS-K に近いものになったといえる。

### 3.2 平滑化した MOVE における季節変動

第 7 図は、2.2 節でも示した 1985 年～2007 年の客観解析による親潮面積の季節変動のグラフ（第 3 図と同じもの）に、空間的・時間的に平滑化した MOVE から計算された面積のデータを重ねている。親潮の面積は、第 3 図の場合と同様に定義しており、1985 年～2007 年までの平滑化した MOVE の半月平均のプロットを◆で表している。

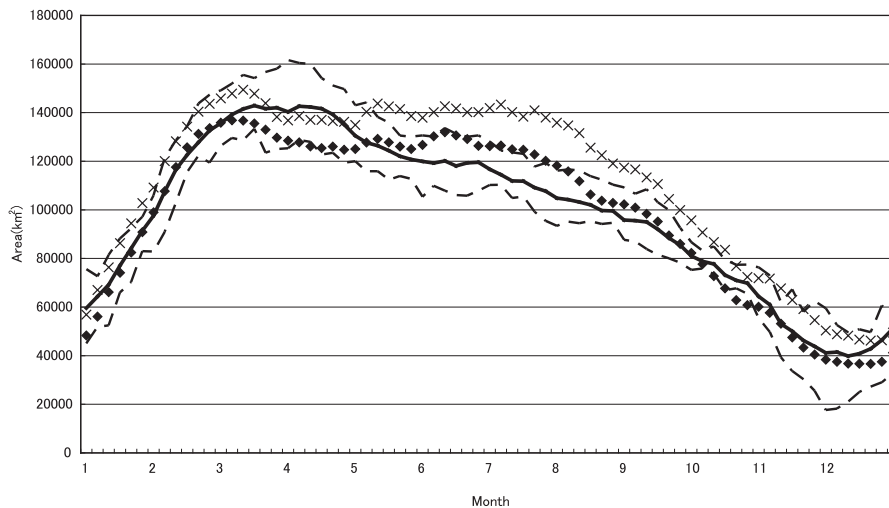
平滑化した MOVE のデータから算出された親潮の面積は、夏季の半月平均面積もおおむね

1985 年から 2007 年に現れる従来の客観解析の値の上位・下位 1/3 位内に入っている。MOVE で表現された小規模な現象が、平滑化である程度取り除かれることによって、季節変動は従来の知見により近くなっている。

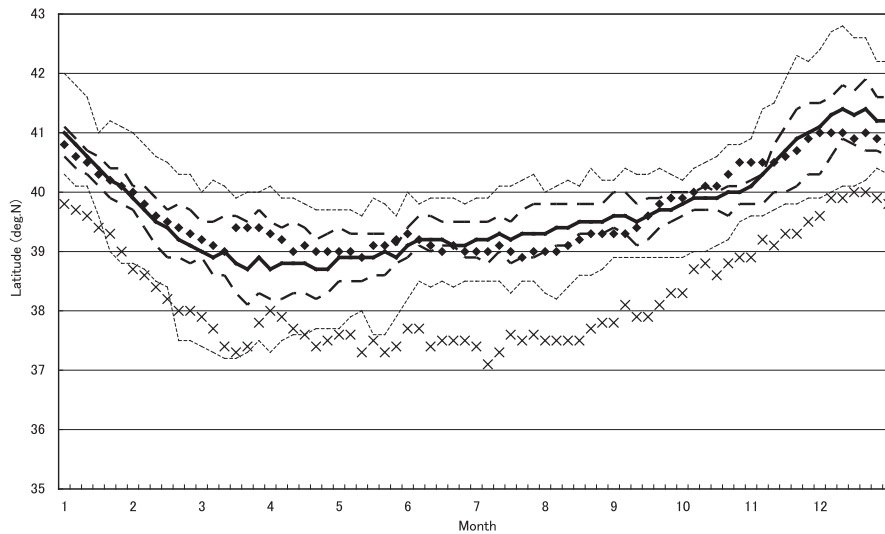
次に、第 8 図は 1985 年～2007 年の半月平均による親潮の南端の季節変動のグラフ（第 4 図）に、空間的・時間的に平滑化した MOVE から定めたデータを重ねている。親潮の南端は第 4 図の場合と同様に定義しており、1985 年～2007 年までの平滑化した MOVE のプロットを◆で表している。

平滑なしの MOVE では全体を通して、従来の客観解析より緯度で一度以上南に位置するケースが多かったが、平滑化することによって、そのほとんどが従来の南端の半年並の範囲に入るほど近いものになった。

以上より、時間的・空間的に平滑化した MOVE の出力結果を用いて、「親潮の面積」や「親潮の南端の緯度」を決定することによって、巨視的に見た親潮勢力の変動として、過去の統計データと同等に扱うことが可能になると考えられる。



第 7 図 平滑化した MOVE における親潮の面積の季節変動  
1985 年から 2007 年までの半月平均値（◆）を第 3 図に重ねている。



第8図 平滑化した MOVE における親潮の南端緯度の季節変動  
1985年から2007年までの半月平均値(◆)を第4図に重ねている。

#### 4. 塩分指標の導入

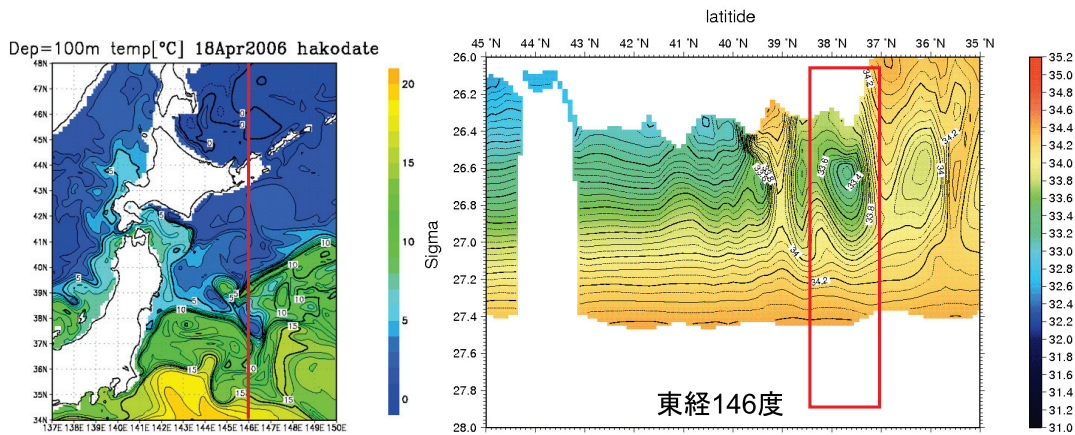
塩分データは、多くのアルゴフロートが運用されるまで(2007年に3000台に達した)は水温データに比べその数が非常に少なく、提供する海況資料として利用されることはほとんどなかった。しかし、MOVEは水温だけでなく塩分についても詳細な分布を表現しており、楳田ら(2009)は、北海道南方ではCOMPASS-Kに比べ親潮域の低温低塩分バイアスは大幅に改善された、と述べている。そこで、これまで親潮の水温の特徴に着目して親潮を判別してきたが、親潮の塩分の特徴にも着目し、MOVEによる塩分の表現から親潮を判別することを試みた。

親潮水の特徴として、「純粋な親潮の鉛直プロファイルには塩分極小が存在しない」ことがあげられる(大谷, 1989; 吉田, 1988)。一方で、混合域以南の海域には「北太平洋中層水」が存在し、ポテンシャル密度  $26.8 [\sigma_\theta]$  付近に塩分極小を持つことが知られている(Yasuda *et al.*, 2001)。つまり、塩分の鉛直方向のプロファイルに塩分極

小があるかないかによって、親潮水であるかどうかを判断することが可能なはずである。そこで、縦軸にポテンシャル密度  $[\sigma_\theta]$ 、横軸に緯度をとった南北方向の断面図における塩分極小の有無に着目した。

第9図に2006年4月18日の100m深水温分布図及び東経146度に沿った塩分の南北断面図を示す。北緯38度・東経146度付近に見られる孤立した水温  $5^\circ\text{C}$  以下の冷水域に着目すると、この冷水域の位置に相当する北緯38度付近には  $\sigma_\theta$  26.6 付近に塩分極小が見られる。つまり、通常用いている水温の指標では親潮と判断されてしまう孤立した冷水域は、塩分プロファイルを観察することで純粋な親潮ではないことが分かった。

このように、細かな冷水域など詳細な情報を提供する場合は、塩分極小の存在を指標として水塊の特徴をとらえ、親潮水と判断することが妥当かどうか、確認することができる。



第 9 図 2006 年 4 月 18 日の 100m 深水温の分布図及び東経 146 度に沿った塩分の鉛直プロファイル  
100m 深水温分布図上の赤線は東経 146 度で、鉛直プロファイル上の赤線は孤立した冷水域に相当する部分である。

### 5. MOVE の解析結果への観測値の反映経過について

MOVE では過去のある日からデータ同化を行うことにより初期条件を取得し、その初期条件から未来の状態を予測している。その 5 日間の一連の作業を解析予報サイクルといい、この解析予報サイクルを繰り返すことにより日々の海況情報を求めている（石崎ら、2009）。しかしながら、100m 深の平面水温図は、取得する日が異なると、違う解析予報サイクルで作成されたものの場合変わってしまうことがある。当日の観測結果を、全く使用しないサイクル、早期に入手したデータだけを使用するサイクル、そして、より多くのデータを使用するサイクルなどがあり、それぞれで結果が変わってしまうためである。以下では、観測データと MOVE の出力を比較するなど、現実と一致しない事例を示す。

#### 5.1 2009 年 6 月の事例

第 10 図 2009 年 6 月の「三陸・常磐・房総 5 県共同 100m 深水温速報」（2009 年 6 月 24 日発行）の 100m 深水温分布図を示す。この図は観測船で得られた水温データによるもので、岩手県から宮城県沿岸の観測は 2009 年 6 月 1 日から 4 日の間

に行われている。

気象庁が親潮の指標としている、100m 深の水温 5°C の等温線は岩手沿岸の北緯 39 度以北に位置している。また、東経 142 度から 143 度、北緯 38 度から 39 度には水温が 5°C 以上 8°C 以下の領域が広がっている。

第 10 図と比較するため、2009 年 6 月 9 日時点に取得（閲覧）した MOVE の 100m 深の水温分布図を第 11 図に示す。東経 142 度から 143 度、北緯 38 度から 39 度の範囲に 5°C 以下の孤立した冷水域が存在し、その中心部の水温は 3 度以下となっている。つまり、6 月初めの時点における MOVE の出力 ([http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/db/hakodate/daily/t100\\_h.html](http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/db/hakodate/daily/t100_h.html)) は直近の観測データを反映しておらず、親潮の分布する領域も、南限緯度も実際の海況とは違っていたといえる。

最後の解析予報サイクルが終了するまで約 50 日かかるため、最後のサイクル終了後の 8 月になって MOVE の出力を取得した（第 12 図）。東経 142 度から 143 度、北緯 38 度から 39 度の範囲に見られた孤立した冷水域は消失しており、ほぼ 39 度以北に親潮が分布する、茨城県水産試験場の観測結果により近い描像となった。

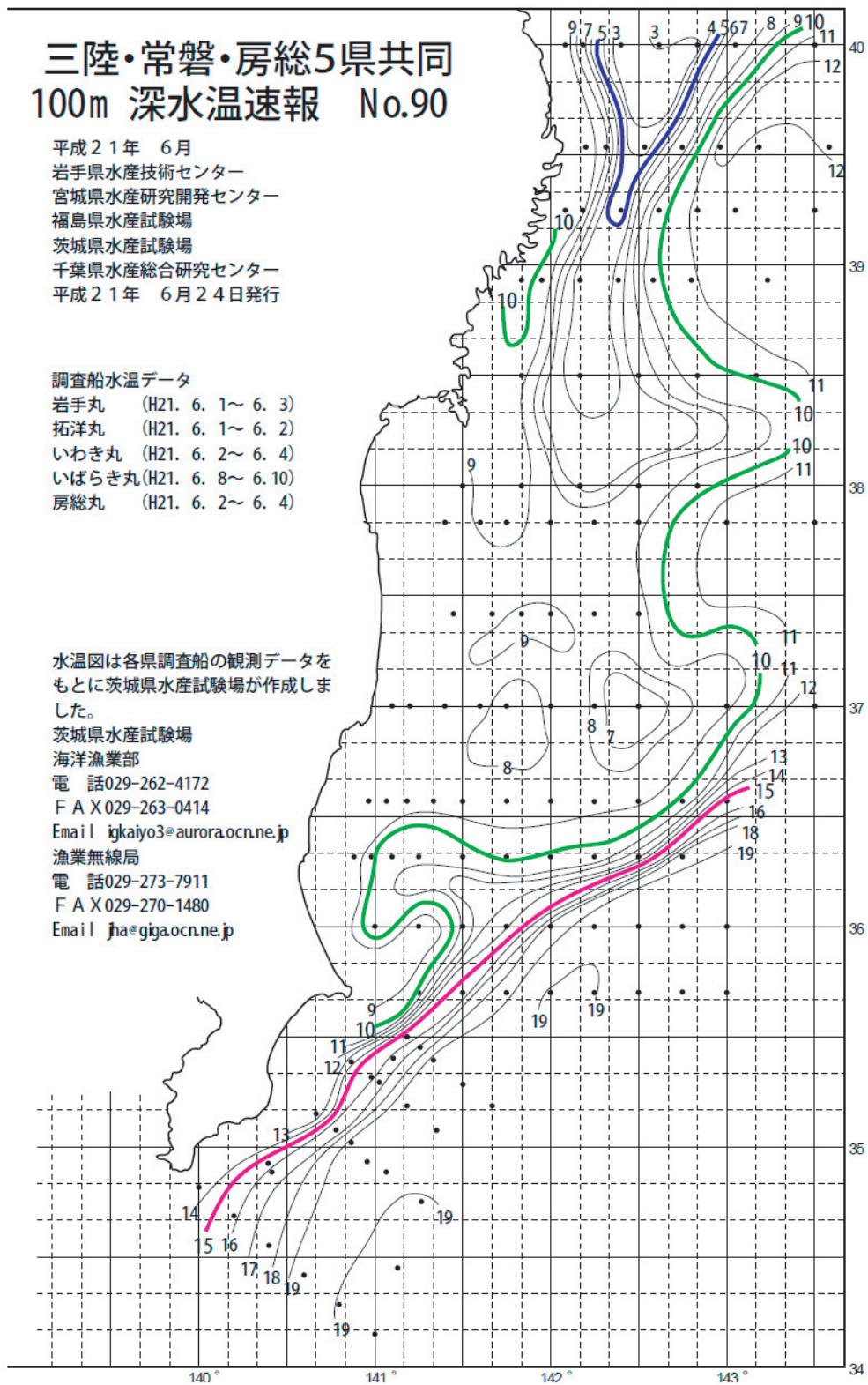


# 三陸・常磐・房総5県共同 100m 深水温速報 No.90

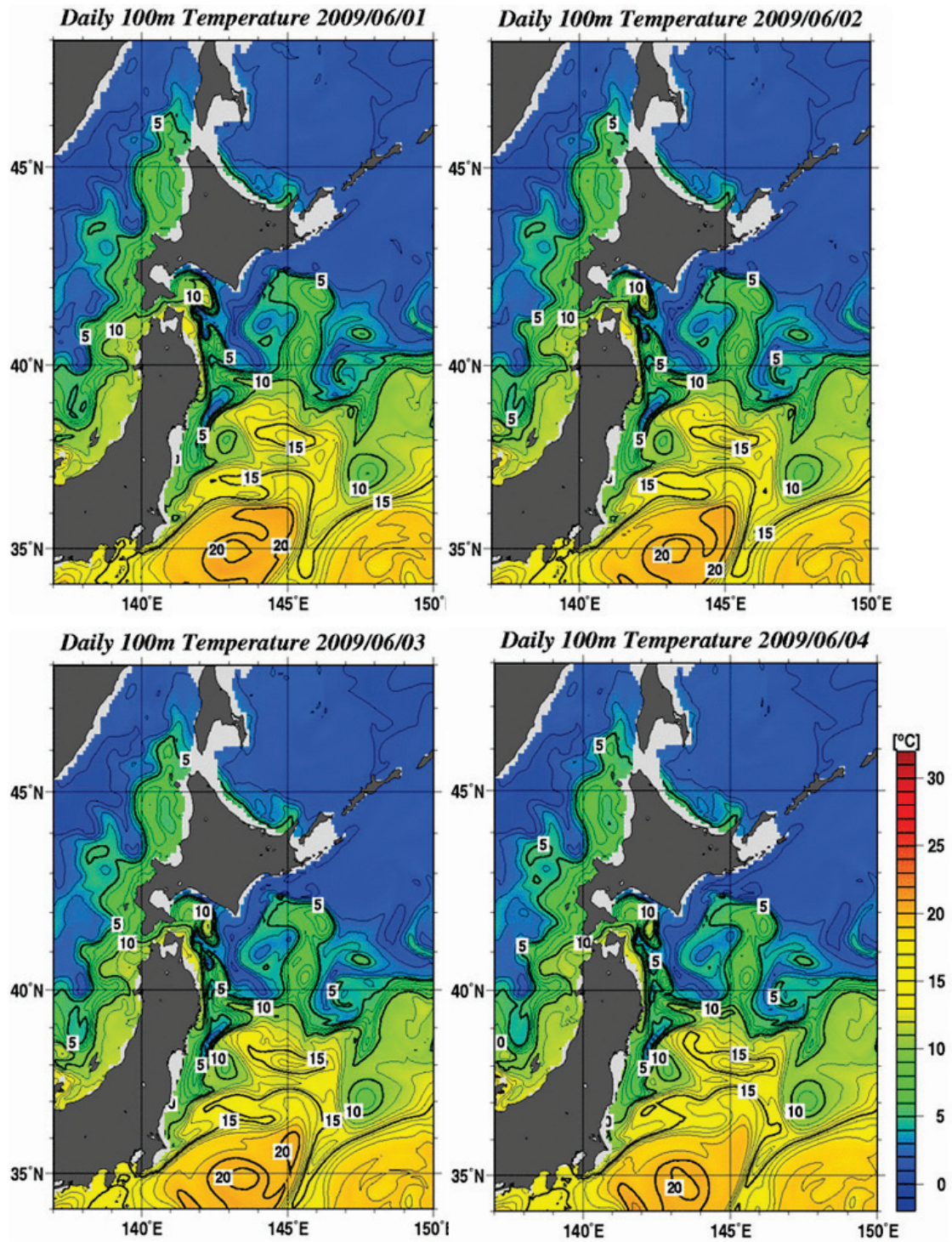
平成21年 6月  
 岩手県水産技術センター  
 宮城県水産研究開発センター  
 福島県水産試験場  
 茨城県水産試験場  
 千葉県水産総合研究センター  
 平成21年 6月24日発行

調査船水温データ  
 岩手丸 (H21. 6. 1～6. 3)  
 拓洋丸 (H21. 6. 1～6. 2)  
 いわき丸 (H21. 6. 2～6. 4)  
 いばらき丸 (H21. 6. 8～6. 10)  
 房総丸 (H21. 6. 2～6. 4)

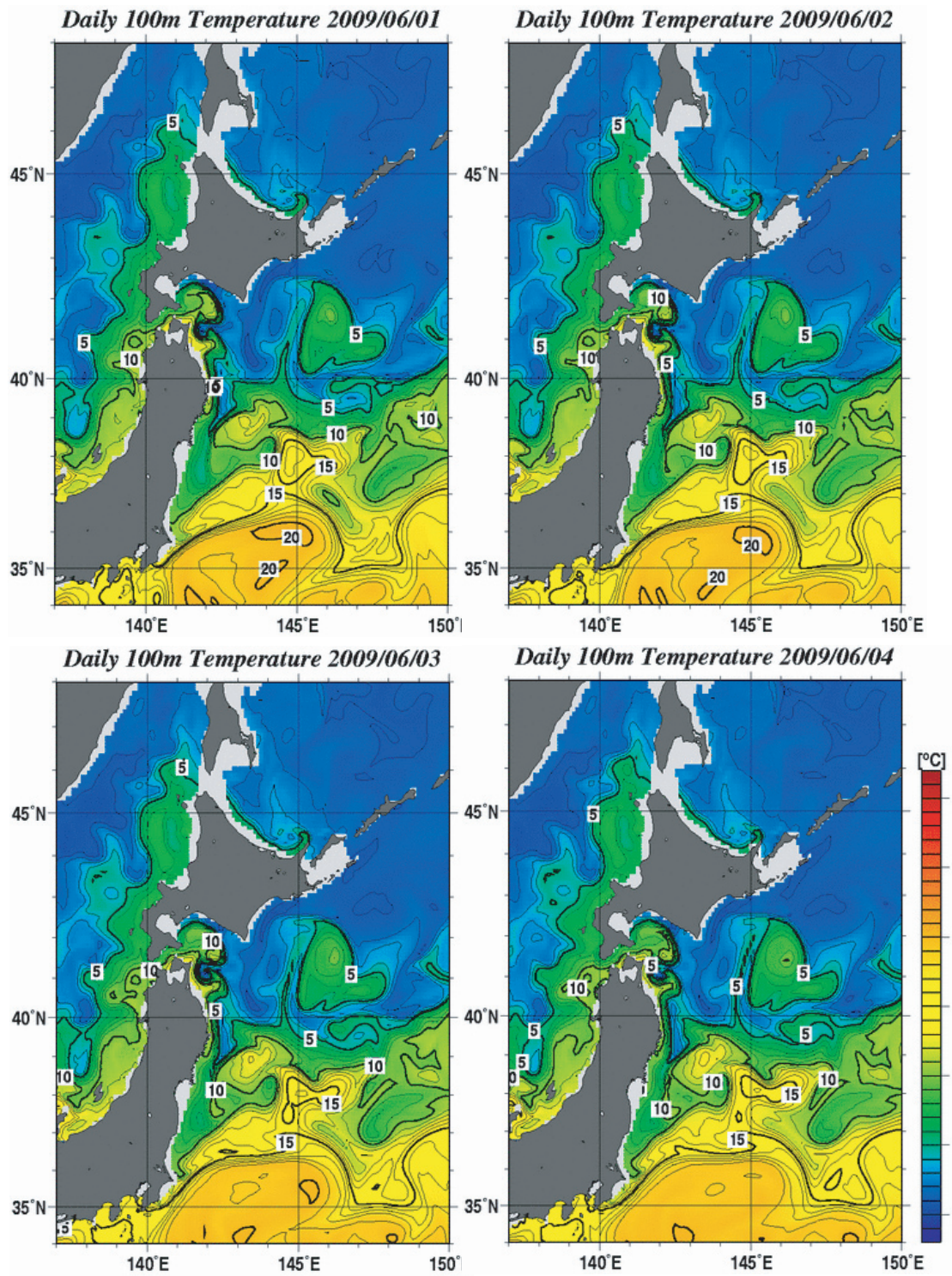
水温図は各県調査船の観測データをもとに茨城県水産試験場が作成しました。  
 茨城県水産試験場  
 海洋漁業部  
 電話029-262-4172  
 F A X 029-263-0414  
 Email igkaiyo3@aurora.ocn.ne.jp  
 漁業無線局  
 電話029-273-7911  
 F A X 029-270-1480  
 Email jha@gjga.ocn.ne.jp



第10図 三陸・常磐・房総5県共同 100m 深水温速報 平成21年6月の観測結果



第11図 2009年6月1日～6月4日における100m深水温の分布図 (MOVE/MRI.COM)  
2009年6月9日時点の出力結果.

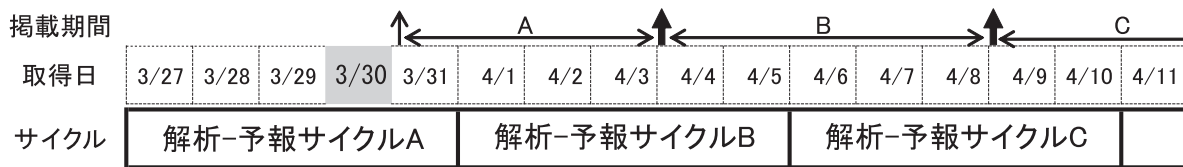


第12図 2009年6月1日～6月4日における100m深水温の分布図 (MOVE/MRI.COM)  
2009年8月以降の出力結果.

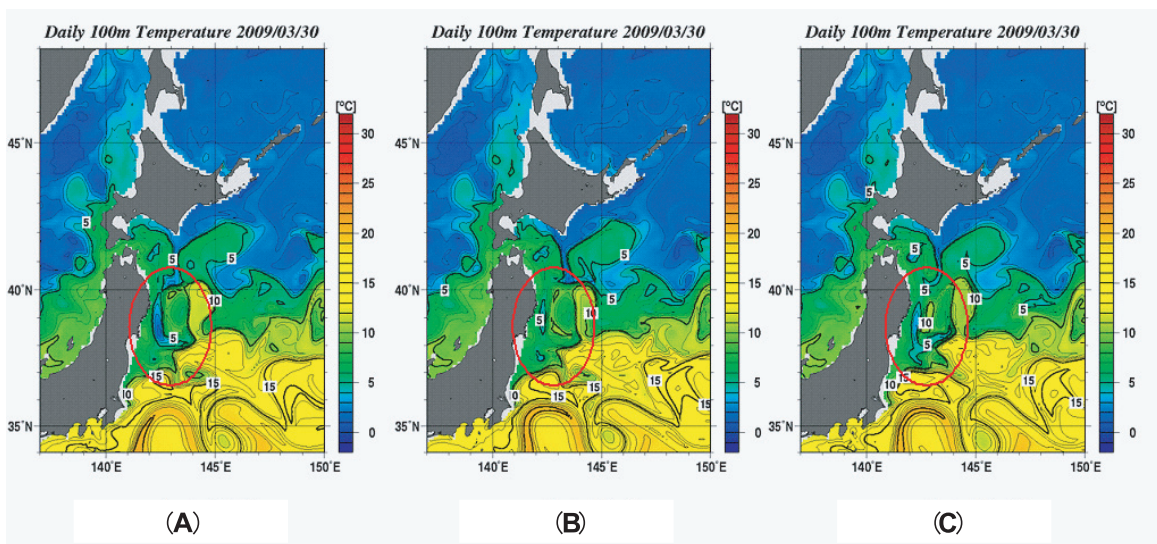
5.2 2009年3月の事例

ここでは MOVE による 2009 年 3 月 30 日の 100m 深水温解析結果を違う日に取得した結果を比較することで、解析予報サイクルによる違いを考察する。100m 深水温図を取得する日と図の掲載期間及び解析予報サイクルとの関係を第 13 図に示す。それぞれの掲載期間に取得した水温分布図を第 14 図に示す。また、3 月 30 日の 100m 深水温図を更新する時期を上向き矢印で示し、太い矢印が当日の観測値を用いた解析図を、細い矢印が当日の観測値を含まない予測図を、それぞれ 100m 深水温図として更新することを示している。解析予報サイクル A の結果を反映した解析図の掲載期間は A であり、サイクル B, C についても同様である。解析予報サイクル A の結果である第 14 図 (A) では、5℃以下の冷水域が岩手県から宮城県沿岸に位置しているが、最初に当日の観

測値を取り入れた解析予測サイクル B の結果である第 14 図 (B) ではその冷水域は大きく縮小し、その次の解析予測サイクル C の結果である第 14 図 (C) では再び拡大している。この 3 つの図の中では、より多くの観測データを取り入れた解析図である第 14 図 (C) が最も現実に近いものと考えられる。また、第 14 図 (C) の岩手県から宮城県沿岸に位置している 5℃以下の冷水域のような小規模な領域に注目した場合、第 14 図 (C) が正しいとすると、第 14 図 (B) は事実と異なることになり、第 14 図 (B) が正しいとすると、第 14 図 (A)・(C) は事実と異なることになる。このように解析結果が解析予報サイクルの違いによって大きく変化する原因は、データの入電状況や同化システムの課題も含まれるものと考えられる。



第 13 図 2009 年 3 月 30 日の 100m 深水温図を取得する日と図の掲載期間及び解析予報サイクルとの関係  
太い上向き矢印が解析図、細い上向き矢印が予測図の、それぞれ更新の時期を示す。



第 14 図 2009 年 3 月 30 日における 100m 深水温の分布図 (面積の変化した 5℃以下の冷水域を実線で囲んでいる)

図下のアルファベットは第 13 図の掲載期間と対応している。

## 6. まとめ

MOVE の導入により、北海道周辺から本州東方海域の海況が非常に詳細に表現されるようになった。しかし、MOVE が表現する親潮の季節変動は従来の知見と異なっていた。その原因は、数日から数週間単位の時間スケールを持つ、小規模で局所的なストリーマや冷水域などまでが親潮域として扱われるためと考えられた（中村・佐々木, 2009）。

そこで、季節から数十年にわたる時間スケールを持つ「親潮本体」の変動を、数日から数週間単位の時間スケールを持つストリーマや冷水域などの変動と区別して扱うことを試みた。時間的及び空間的に平滑化した MOVE の出力で表現される親潮の季節変動を観察したところ、従来の知見と比較的よく整合することが分かった。

一方、小規模な現象に対しては、100m 深水温 5℃以下という従来の指標とともに、親潮水の特徴である塩分のプロファイルに着目することとした。経度線に沿った塩分の断面図を作成し、塩分極小の有無を観察することによって、ストリーマや孤立した冷水塊が親潮水か否かを判断できることが分かった。

また、「海洋の健康診断表」における旬診断では発表日前日の MOVE の出力結果を示し、観測船のデータや衛星データなどを含めて総合的に判断しながら情報を提供しているが、詳細な水塊の分布に注目しようとした場合、5.1 節、5.2 節で述べたような事例では、観測事実とは一致しない情報を提供してしまう可能性がある。したがって、海況情報を発表する際には、解析予報サイクルの違いによっては事実と異なる結果となりうることを理解し、解析図が観測データをどの程度取り入れた解析予報サイクルの出力であるかを確認することが重要であり、その上で、中層フロートや観測船のデータ、衛星データなどから事実関係を確認し、解析図が正しいかどうか判断する必要がある。しかし、第 14 図の冷水域のように細かな領域になればなるほど、その領域に観測データが存在する可能性は低くなるため、速報的な情報提供時には厳重な注意が必要である。

このように、MOVE の表現する小規模な現象

は、直近の観測データを反映していないケースもあり、また、解析予報サイクル（5 日間）ごとに解析結果が大きく変わることがある。最新の解析に基づく海況情報を提供するためには、以下のような注意が必要である。

現行の「海洋の健康診断表」には、毎月末に行う旬診断と毎月 20 日に行う前月の月診断の二種類がある。旬診断のページに掲げている図は、診断発表前日のスナップショットであり、月診断のページに掲げている図は前月の月平均の海況図である。これは、本来旬診断には旬平均の図を、月診断には月平均の図を掲げるべきところだが、旬診断の場で速報的に最新の海況情報を提供する場としても活用している。

旬診断で局所的な冷水域などについて記述する場合は、解析図が大きく変化する事例が見られ、観測船や中層フロートのデータ、衛星画像との比較による確認が必須と思われる。

月診断の段階では、より多くの観測データを同化した確定的な海況図が得られているので、可能な限り詳細な海況について記述すべきである。このとき、帯状のストリーマやパッチ状に分布する冷水域が親潮水であるか否かの判断基準として、100m 深水温 5℃以下という指標に加え、経線に沿った断面図を用いた塩分極小の有無や塩分 34.0 の等値線の立ち上がりに着目することも有効と考えられる。

今後、旬診断と月診断の役割分担を十分に意識し、MOVE の出力に基づくより有効な海況情報の提供につなげていきたい。

## 参 考 文 献

- Hanawa, K. (1995) : Southward penetration of the Oyashio water system and the wintertime condition if midlatitude westerlies over the North Pacific. Bull. Hokkaido Natl. Fish. Res. Inst., **59**, 103-120.
- 石崎士郎・曾我太三・碓氷典久・藤井洋介・辻野博之・石川一郎・吉岡典哉・倉賀野連・蒲池政文 (2009) : MOVE/MRI.COM の概要と現業システムの構築. 測候時報, **76**, 特別号, S1-S15.
- 榎田貴郁・菅野能明・今泉孝男・石崎士郎・木村未夏・大森正雄・吉岡典哉・服部宏之・斎藤幸太郎・倉賀野連 (2009) : 日本近海における MOVE/MRI.COM-WNP の検証. 測候時報, **76**, 特別号, S17-S36.
- 茨城県水産試験場 (2009) : 三陸・常磐・房総5県共同100m深水温速報 (<http://www.pref.ibaraki.jp/bukyoku/nourin/suishi/honjyo/kasousuionzu/21-90.pdf>, 2009年6月24日参照).
- 中村辰男・佐々木勇一 (2009) : MOVE/MRI.COM-WNP が表現する親潮及び津軽暖流の特徴. 測候時報, **76**, 特別号, S83-S95.
- 大谷清隆 (1989) : 親潮水形成に係わるオホーツク海の役割. 海と空, **65**, 63-83.
- Yasuda, I., Y. Hiroe, K. Komatsu, K. Kawasaki, T. M. Joyce, F. Bahr and Y. Kawasaki (2001) : Hydrographic structure and transport of the Oyashio south of Hokkaido and the formation of North Pacific Intermediate Water. J. Geophys. Res., **106**, C4, 6931-6942.
- 吉田隆 (1988) : 二つの親潮起源水と, 親潮水域内でのそれらの分布. 海と空, **64**, 1-8.
- 吉田隆 (1992) : 親潮水の分布の平均的な季節変動. 海と空, **68**, 39-48.