

はじめに

日本南岸の黒潮流路は1991年以来非大蛇行流路をとっていたが、2004年夏より大蛇行流路に移行したと見られる。地球環境フロンティア研究センター(海洋研究開発機構)は、日本南岸の黒潮流路変動の予測を主な目的として日本沿海予測可能性実験(JCOPE)を行っている。近年、短期的な黒潮流路変動における中規模渦との相互作用が注目され、類似した過程が大循環シミュレーションでも再現されており(Miyazawa et al. 2004)、今回の大蛇行発生と中規模渦の関連も注目される場所である。従来より黒潮流路変動の現況把握は日本南岸の潮位データや各種衛星データ、現場観測データ等によって行われている。今回の流路変動に対して、これらのデータに加えデータ同化と渦解像海洋大循環モデルを用いたJCOPE海洋変動予測システム(宮澤と山形 2003)による解析を試みた。JCOPEシステムのプロダクトは、常に観測データを同化し続けることで現況推定値とみなすことができる再解析データと、一定時間間隔の再解析データを初期値としデータ同化を行わず気候値外力によってモデルを駆動して作成した予測データから成る。まず再解析データによって現象発展の具体的な過程を把握し、それぞれの局面における力学機構については予測データを調べることで有効な解析の方法である。

再解析データ

再解析データから、2003年11月初めに九州南東沖で生じた小蛇行が2004年4月には東進を始め、約4ヶ月の遷移期間を経て2004年8月に紀伊半島沖で大蛇行流路に発展した様子が確認できた。こうした遷移の過程は、従来調べられている大蛇行の遷移過程と類似している(Kawabe 1995)。さらに再解析データを調べると、大蛇行の発生に先立ち、北緯20度付近の亜熱帯前線海域において大規模な高気圧性渦が2回西進し、それぞれ2003年10月と2004年4月には台湾の東方で黒潮に合流する位置に達していることがわかった(図1)。我々が以前行った大循環シミュレーションは、南西諸島域から伝播した高気圧性渦が四国沖再循環渦を強化し(Kagimoto and Yamagata 1997)、さらに黒潮の蛇行発生に寄与することを示唆しており(Miyazawa et al. 2004)、今回の流路変動におけるこれらの高気圧性渦の振る舞いと大蛇行の関連が注目される。

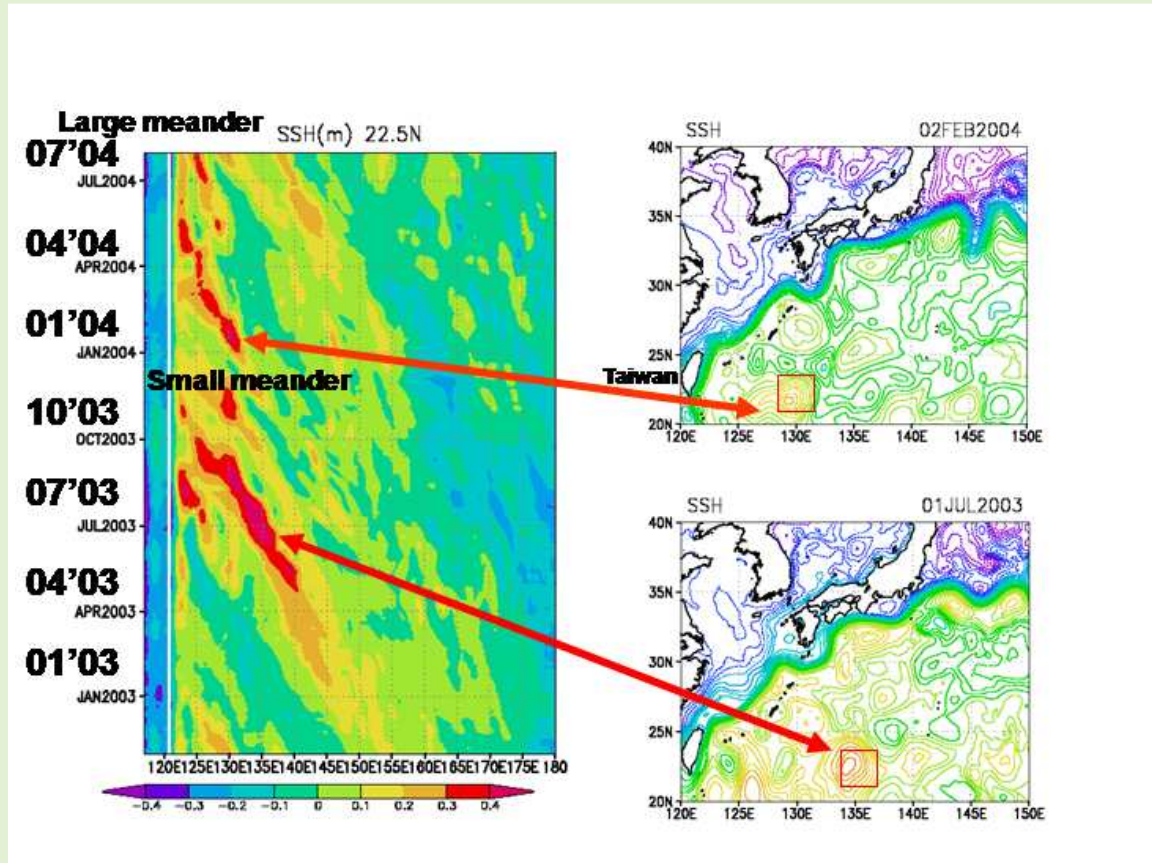


図 1. JCOPEシステムの海面高度再解析値。左: 22.5°Nにおける海面高度再解析値の経度-時間変化。右上: 2004年2月2日の海面高度再解析値。右下: 2003年7月1日の海面高度再解析値。矩形領域は粒子放流実験の初期位置を示す。

九州沖黒潮小蛇行の発生

亜熱帯前線海域の高気圧性渦が下流の黒潮にどのような影響を与えたのか具体的に調べるために、亜熱帯前線海域において高気圧性渦が位置する2°×2°の矩形領域内の水深100mの格子点に1個ずつ計576個の粒子を置き、再解析データの流れ場による粒子の移動を追跡した。2003年10月にこの高気圧性渦が黒潮に合流するまで粒子は高気圧性渦と一体となって移動した。渦が黒潮と合流した後、黒潮や周辺の流れによる移流により粒子は複雑な挙動をする。図2左に、2003年7月1日の高気圧性渦の位置(図1右下参照)から出発した粒子の挙動を示す。2003年11月1日前後に粒子の一部がトカラ海峡を通り九州南東沖に達しつつあることがわかる。2003年10月29日からの予測実験は、この時期にトカラ海峡を通過した高気圧性渦が九州南東沖に進入するとともに黒潮の小蛇行を生じさせることを示唆している(図2右)。粒子放流実験は、2003年11月の黒潮の小蛇行発生に関連するとみられる高気圧性渦の起源が4ヶ月前の亜熱帯前線海域までたどれることを示している。

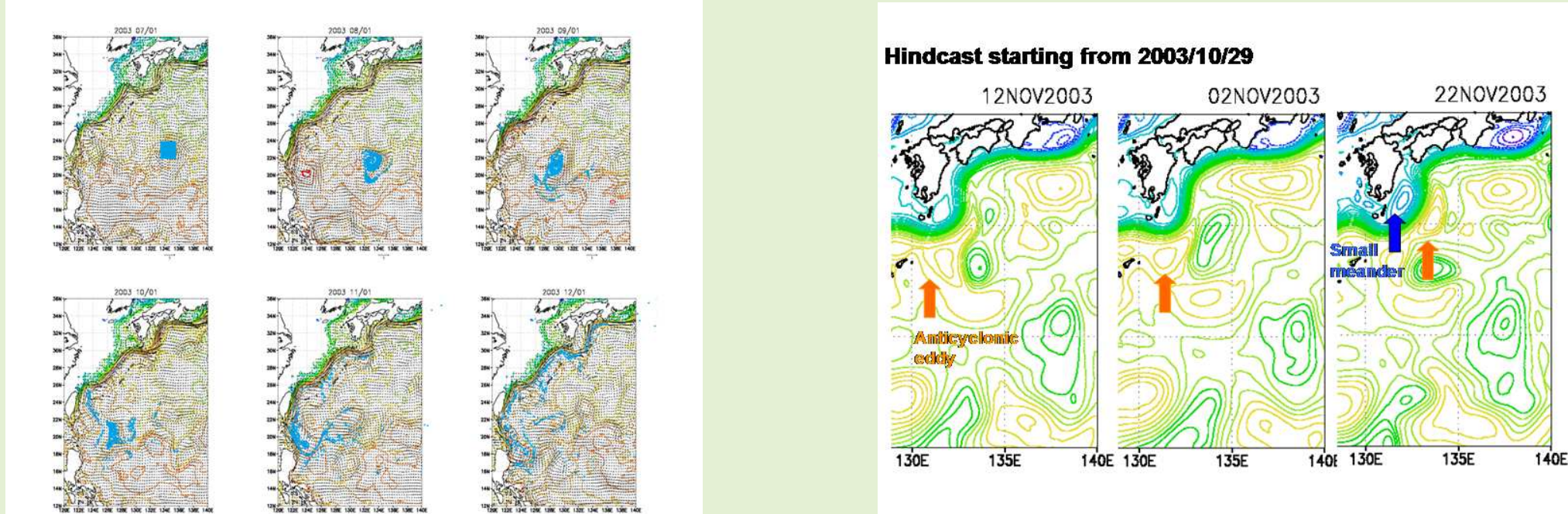


図 2. 左: 2003年7月1日に放流した場合の粒子放流実験の結果。再解析値の水深100mにおける流れと水温分布を合わせて示す。右: 2003年10月29日に初期化した場合の海面高度予測結果。

九州沖黒潮小蛇行の停滞

黒潮小蛇行はその後振幅の消長を繰り返しながら九州沖に停滞する。JCOPE予測システムにおいても、例えば2004年1月31日に初期化した予測結果は小蛇行の停滞を予測している(図3)。

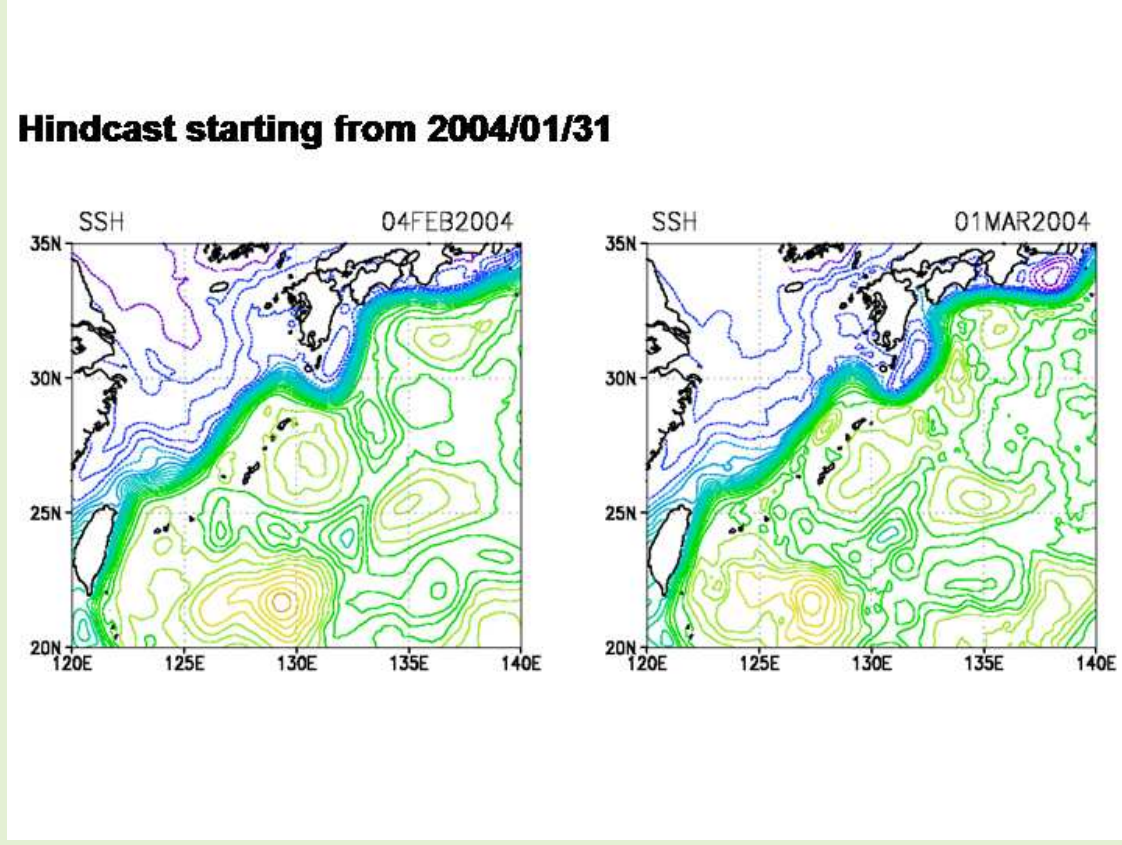


図 3. 2004年1月31日に初期化した場合の海面高度予測結果

九州沖黒潮小蛇行の東進

停滞していた黒潮小蛇行は2004年の4月以降には東進を開始する。このことと、2004年2月に亜熱帯前線海域で見られた高気圧性渦との関連を調べるために、粒子を2004年2月2日の高気圧性渦の位置(図1右上参照)から放流した。粒子の4ヶ月後(2004年6月1日)の分布(図4左)は、粒子の一部がこの時期にトカラ海峡を通過し始めることを示している。さらに2004年5月1日から予測実験を行うと、トカラ海峡を通過した高気圧性渦が黒潮の再循環渦と合体する現象が、黒潮小蛇行の東進及び振幅の増幅と並行して生じた(図4右)。2004年5月にトカラ海峡を通過した高気圧性渦によるトカラ海峡の流速の増加は観測にも見られる(図5)。

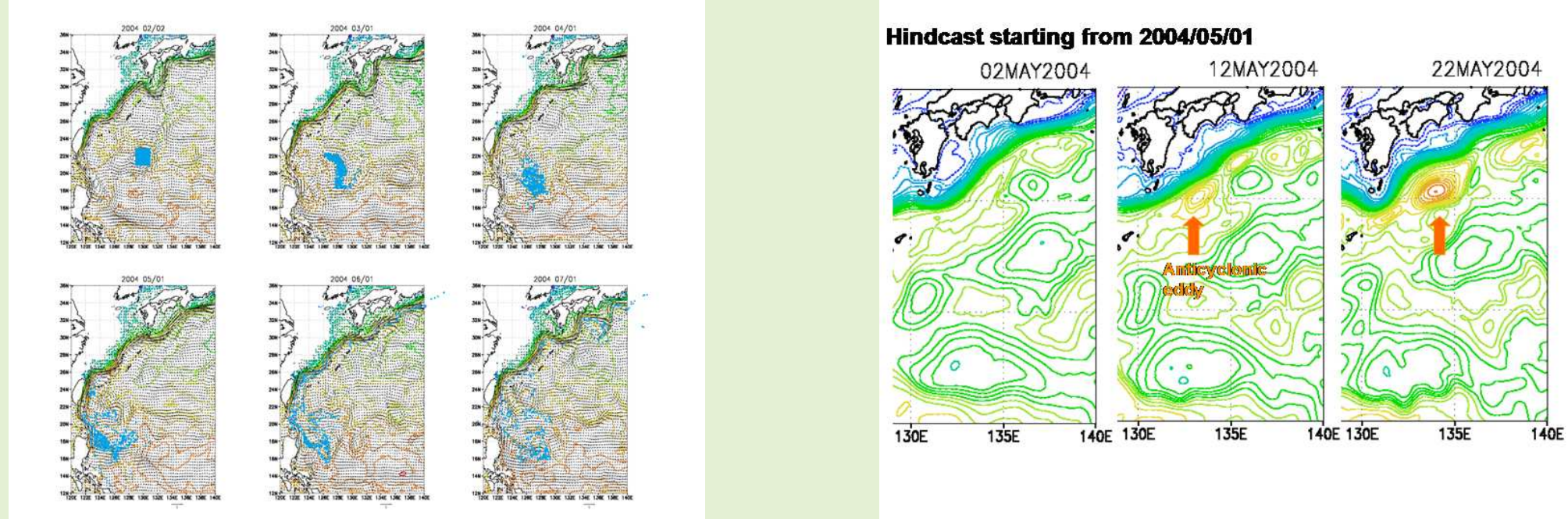


図 4. 左: 2004年2月1日に放流した場合の粒子放流実験の結果。再解析値の水深100mにおける流れと水温分布を合わせて示す。右: 2004年5月1日に初期化した場合の海面高度予測結果。

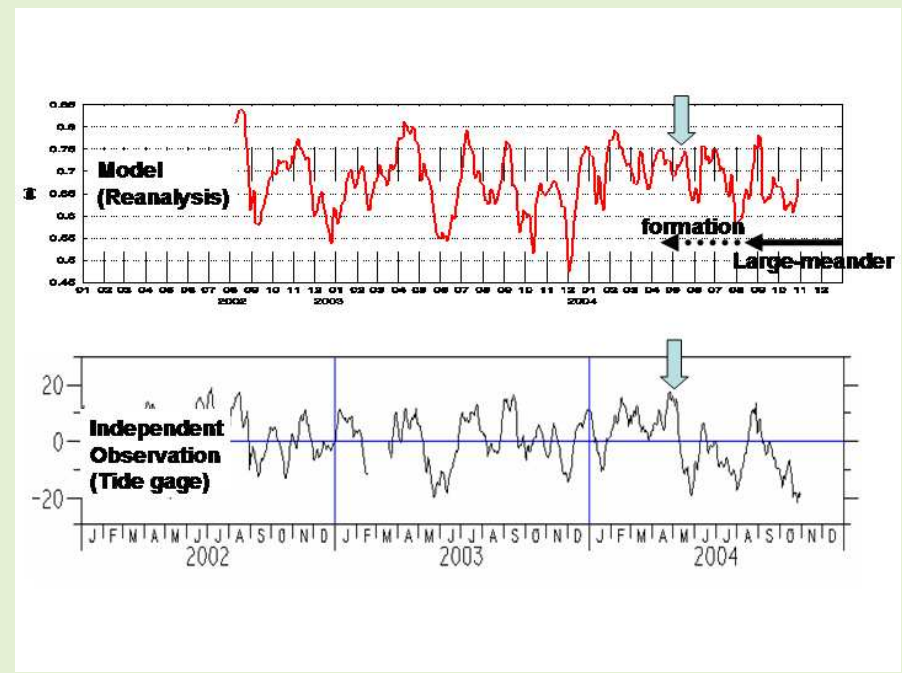


図 5. 名瀬-西之表の水位差の時間変化。上: JCOPE再解析値(2日平均値の差)。下: 観測値(日平均各種補正済値の差、東大海洋研ウェブサイトより)。

黒潮大蛇行の形成

今回の大蛇行については、2004年5月初めからシステムは約1ヶ月早めにその発生を予測する傾向があり、振幅の予測においても、1週間毎に更新する初期値に依存する結果のばらつきが見られた。2004年6月26日の初期値から出発した予測を見ると、蛇行の東進と成長の速度を過大に予測している(図6)。以降、1週間毎に更新する2ヶ月後の予測については、2005年3月末現在に至るまで2ヶ月後の大蛇行の持続をほぼ安定して予測している。

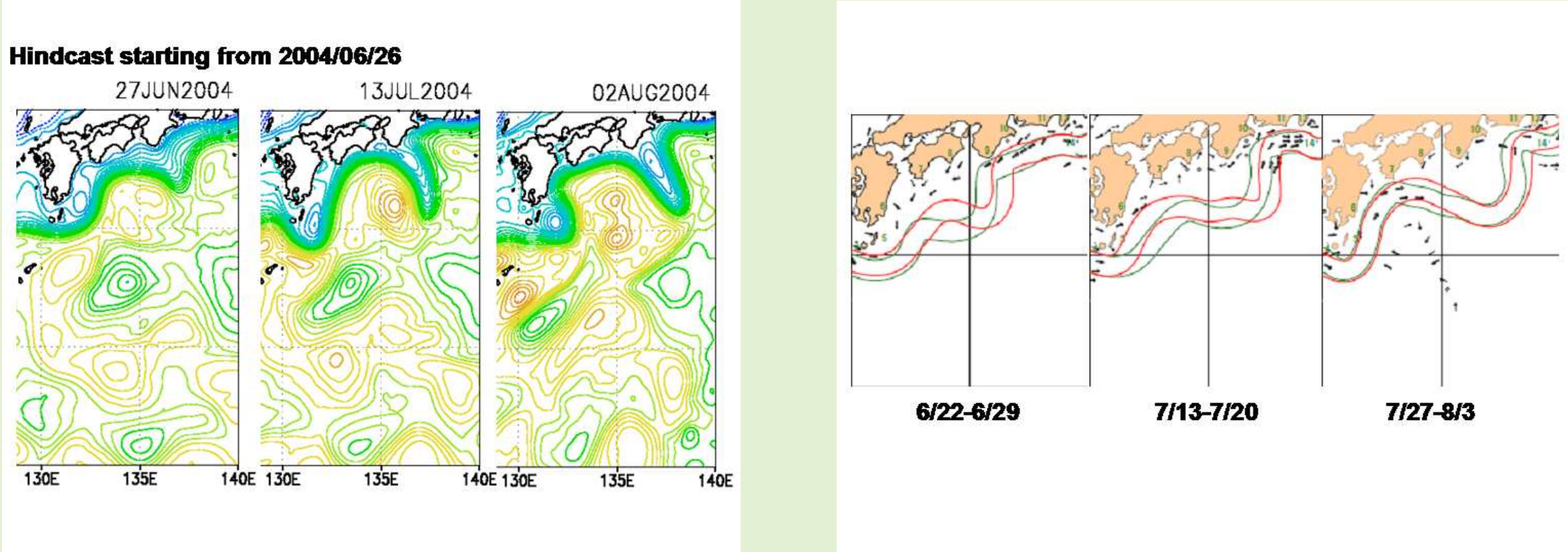


図 6. 左: 2004年6月26日に初期化した場合の海面高度予測結果。右: 同時期の黒潮流路実況(海上保安庁海洋速報より。黒線は1週間前の流路)。

まとめ

JCOPE予測システムのプロダクトは、亜熱帯前線海域を西進する大規模な高気圧性渦と黒潮の相互作用が今回の大蛇行形成に関連していることを示唆している。今後は、個々の過程の力学機構の解明に加え、こうした高気圧性渦の成因についても調べる予定である。また、大蛇行の予測結果に見られたような予測誤差を減らし予測の精度をさらに向上させるために、種々の観測データとシステムのプロダクトを詳細に比較し(瀬藤らのポスター発表参照)、さらなるシステムの改良を図る必要がある。