
報 告

日本沿岸海洋モデリングにおける 流域雨量指数の有用性に関する検証

浦川 昇吾 *1・山中 吾郎 *1・平原 幹俊 *2・
坂本 圭 *1・辻野 博之 *1・中野 英之 *1

要 旨

気象研究所海洋・地球化学研究部では「日本沿岸海況監視予測システム」を開発中である。同システムにおける沿岸海洋の正確なモデリングのためには、高品質な河川流量データが必要不可欠である。当研究部では河川流量データとして気象庁予報部予報課により作成されている流域雨量指数の活用を検討している。流域雨量指数に基づく一級河川流量は観測に比べやや過大評価となるものの、季節変動パターンを良く再現している。また観測の困難な中小河川の寄与を取り入れることが可能になる。そこで本研究では沿岸海洋モデル MRI-COM-Seto（以後瀬戸内海モデル）を用い、流域雨量指数の有用性に関する試験的感度実験を行った。その結果、流域雨量指数に基づく河川流量を課した場合、瀬戸内海海面塩分場の季節変動が再現でき、海面塩分場の再現性が向上することが示された。また、将来的に必要な沿岸海況予測の際には、30 時間後までの流域雨量指数予測値を利用することができる。しかしながら、現在流域雨量指数には融雪水の寄与が含まれていない。従って、融雪水が重要となる東北地方日本海側等では今のところ取り扱いに注意が必要であるが、流域雨量指数は総じて日本沿岸海洋モデリングにとって有用性の高いデータセットであると言える。

1. はじめに

気象研究所海洋・地球化学研究部では「日本沿岸海況監視予測システム」の開発が行われている。このシステムは全球を計算対象としつつも、ネスティング手法の導入により日本列島を含む海域を水平解像度 2km の高解像度で表現する海洋モデルであり、「沿岸海況の監視・予測情報の高度化と、異常潮位などの沿岸防災に関する情報の発表に資することを目的として開発され」ている（坂本ほか、2014）。このような沿岸海洋シミュレーショ

ンにとって重要な要素の 1 つに、河川による海洋への淡水流入が挙げられる。河川による大量の淡水流入は沿岸域の塩分場に影響を与え、浮力を供給する。エスチュアリー循環と呼ばれる汽水域に特有な循環形成にもつながる。また河川による陸面からの栄養塩や鉄などの物質輸送は沿岸海洋の生態系に大きな影響を与える。従って、良質な河川流量データの確保と利用は日本沿岸海洋モデリングの高度化にとって必要不可欠な問題である。

日本沿岸海況監視予測システムに先駆けて開

*1 気象研究所, *2 地球環境・海洋部海洋気象情報室

発された瀬戸内海モデルでは、日本河川協会提供の「雨量・流量年表データベース」に基づく一級河川流量が与えられている（坂本ほか, 2015; Sakamoto et al., 2016）. 坂本ほか（2015）並びに Sakamoto et al. (2016) はこれら主要河川からの淡水流入が塩分場など瀬戸内海の海況に大きなインパクトを持つことを示している.

一方、瀬戸内海モデルでは一級河川以外の河川からの淡水流入は考慮されていない. しかし、これら中小河川からの淡水流入も軽視はできない. 例えば山口県から瀬戸内海に流れ込む二級河川の1つである錦川は 885km² の流域面積を持つ. この面積は、同じく山口県から瀬戸内海に流れ込む一級河川である小瀬川、佐波川の流域面積（それぞれ 330, 423km²）の和よりも大きい（http://home.hiroshima-u.ac.jp/er/EV_SNK_K.html, 2014年10月21日閲覧）. このことは一級河川、二級河川という行政上の区分に従って海洋モデルに導入する河川の採否を決めることの危険性を示唆している. 数値モデルを用いた研究によっても中小河川の重要性が指摘されている. 例えば Nakada et al. (2012) は中小河川の流量を計算する水文モデルを海洋モデルに結合し、噴火湾を対象とした数値実験を行った. 中小河川による淡水流入を正確に表現することで、噴火湾の塩分場及び流れ場の再現性が向上することを彼らは示している. さらに、Urakawa et al. (2015) は日本沿岸域を対象とした数値モデル実験を行い、河川水が日本沿岸海況に与える影響を調査した. 彼らが用いた河川流量日別平均気候値は、水平解像度 10km の水文モデルを利用した 1976 ~ 2004 年の河川流量シミュレーション結果（Yoshimura et al., 2008）に基づいている. 彼らの研究も一級河川以外の河川が日本沿岸域の塩分場に大きな影響を与えることを示している. これらのことから、二級河川以下の中小河川を含めた河川流量データセットを用いることは、日本沿岸海洋モデリングの高度化にとって必要であると考えられる.

しかし、中小河川の流量データを一級河川のように観測に基づいて整備することは容易ではない. また「日本沿岸海況の予測」という観点に立てば、河川流量の予測値も含むデータが将来的に

必要になる. これらの課題に対処するためには、上記2研究のように水文モデルを活用すればよい. 気象研究所海洋・地球化学研究部では気象庁予報部予報課によって作成される「流域雨量指数」の活用を検討している. 本稿では海洋モデルへの外力という観点から流域雨量指数に基づく河川流量と既存データの比較を行い、日本沿岸海況監視予測システム向け外力としての有用性について検証を行う.

本論文の以降の構成は以下のとおりである. 第2章では雨量・流量年表データベースから作成された一級河川流量データや流域雨量指数など本研究で用いるデータセットについて述べる. また瀬戸内海モデルを用いて行った数値実験の設定についてもここに記述する. 第3章では流域雨量指数の有用性に関する検証結果について述べる. まず初めに一級河川流量の観測データとの比較から、海洋への淡水供給量等の妥当性について検証する. 次に流域雨量指数に基づく河川流量データを課した瀬戸内海モデル感度実験結果を紹介し、流域雨量指数の利用が沿岸海洋モデリングに与える影響について評価する. 最後に上記結果をまとめ、流域雨量指数の有用性について議論する（第4章）.

2. データセットとモデルの設定及び感度実験

2.1 雨量・流量年表データベースに基づく一級河川流量データ

公益社団法人日本河川協会発行の雨量・流量年表データベースは1938年から2003年までの雨量・流量年表データを収録している. このうち比較的良くデータが整備されている1994~2003年の10年間を利用対象とした. 数ある一級水系流量観測点のうち最も河口に近い観測点を選択し、その日別平均データから一級河川流量の月別平均気候値データを作成した（以後、一級河川流量観測データと呼ぶ）. 雨量・流量年表データベースの一部には入力ミス等による誤データが存在することが知られている（岡元ほか, 2009）. 一級河川流量観測データ作成時には、元データに極端な値、不自然な値が含まれていないかを確認し、状況に応じて対処を行っている. 1994~2003年の各年

における各一級河川の年平均流量は、欠損値処理の違いに起因する僅かな誤差を除けば、国土交通省水文水質データベース (<http://www1.river.go.jp>, 2014年10月15日閲覧) に掲載されているものと一致することを確認してある。

2.2 流域雨量指数 (JMA Runoff Index: JMARI)

流域雨量指数の詳細については田中ほか(2008)を参照されたい。ここでは本研究に関連する部分の概要のみを抜粋して記述する。

流域雨量指数は洪水に関する予測精度向上を目指して開発が進められてきた指数であり、2008年5月28日に洪水警報・注意報の発表基準値の1つとして正式に導入されている。流域雨量指数は「河川流域での降水が下流域に与える影響を、解析雨量や降水短時間予報を入力データとして土壌から河川への流出過程と河川に沿った流下過程を計算することにより指数化したもの」であり、その二乗値が河川流量に相当する。計算対象となる河川は、2009年2月現在で国土数値情報に登録されている全国の河川(21,408河川)のうち、流路延長が15km以上の河川を基本とした3,986の河川である(田中ほか, 2008)。日本全国を覆う5km格子と河川流路が交わる下流側の地点で河川ごとに指数値の出力がなされている。出力地点の位置情報は約1km格子の基準地域メッシュで指定される。日本全国を覆う5km格子の中には計算対象となる河川が存在しない格子も存在する。そこでは仮想的な河川を設定し、格子内の降水を別格子の河川に流出させている。この作業により、河川への流出前に蒸発してしまう初期損失分を除いた全陸上格子への降水が、全ていずれかの河川に注ぎ込むことになる。解析雨量を用いた指数の時間解像度は1時間である。ここでは河口域の流域雨量指数値のみに着目し、その二乗値として計算される河川流量を海洋への淡水注入量とみなす。

現在、流域雨量指数は気象庁メソスケールモデル(MSM)降水量ガイダンスを用いて30時間後までの予測値を算出している。従って、流域雨量指数の活用は、将来的な沿岸海況予測において利点となり得る。予測値並びに予測値を用いた沿岸

海況予測結果の検証は海面高度偏差への影響も含めて今後の課題である。

流域雨量指数の計算にあたってはいくつかの仮定がなされている。例えば融雪水の影響や積雪による降水の滞留等の効果は考慮されていない。ダムや水門などの人為的な流水制御や海の干満による流出・流入も考慮されていない。利用の際にはこれらの点に注意が必要である。

流域雨量指数は1990年12月31日からのデータが提供されている。本研究では一級河川流量観測データとの比較の都合上、1994～2003年の10年間を解析の対象とした。この期間の月別平均気候値を算出し、データ検証並びに後述の瀬戸内海モデル感度実験に利用した。今後、流域雨量指数の二乗値により計算される河川流量を「JMARI河川流量」と呼ぶ。

2.3 瀬戸内海モデルの設定と感度実験

本研究で用いた瀬戸内海モデルの設定は坂本ほか(2015)、Sakamoto et al. (2016)のものと同様である。第1表に主な設定を抜粋して表記した。そのほか詳細については上記参考文献を参照されたい。本研究では表記モデル設定下で河川流量データを変えて行われた4つの感度実験について解析する。このうち2実験は坂本ほか(2015)にて行われた実験CTL及びNORIVERである。前者では一級河川流量観測データ(月別平均気候値)が外力に用いられ、後者では河川による淡水注入は考慮されていない。これら2実験に併せて、JMARI河川流量データを課した実験JMARI-ALLと、そのうち一級河川による寄与のみを与えた実験JMARI-ISTの2実験を新たに行った。実験期間は、実験CTL並びにNORIVERが2009～2011年の3年間、実験JMARI-ALL並びにJMARI-ISTが2009年の1年間である。共通する2009年を解析対象とし、海面塩分の再現性について議論する。

2.4 日本海洋データセンター(JODC)海面塩分データセット

瀬戸内海モデルの結果検証には、瀬戸内海での高品質な海面塩分観測データが必要となる。しかし、塩分は温度に比べて相対的に観測数が少ない。

第 1 表 瀬戸内海モデルの主な設定 (GSM: 気象庁全球スペクトルモデル同化サイクルデータ, MSM: 気象庁メソスケールモデル同化サイクルデータ).

モデル名	MRI.COM-Seto
数値モデル	MRI.COM Ver. 3.2
水平解像度	1/33° × 1/50° (約2km)
鉛直解像度	4-600m (50層) (水深は32m以上)
領域	129-138° E, 28-35.2° N
グリッド数	301 × 364 × 50 = 5,475,200
トレーサー移流	SOM (Prather, 1986)
水平粘性・拡散	Smagorinsky 倍調和型 (Griffies and Hallberg, 2000) (粘性は沿岸で強化)
混合層スキーム	Noh and Kim (1999)
潮汐	なし。ただし, Lee et al. (2006)を簡略化した潮汐混合パラメタリゼーションを導入
ネスティング	一方向オフライン
側面境界	MOVE/MRI.COM-WNP 4DVAR
海面境界	海上風, 気温, 露点温度, 海面気圧: MSM 放射, 降水: GSM (放射は1日平均値を使用)
緩和条件	海面塩分を29.2日で平年値に緩和
時間ステップ	2.5分

河川からの淡水供給に起因する低塩分水の広がり等を検証するには面的なデータを用いることが好ましいが, 観測に基づく格子データには瀬戸内海のように比較的小さな内湾のデータは含まれていないことも多い。JODCが公開している1度メッシュ塩分統計では, 瀬戸内海海面塩分月別平均気候値が提供されているが, その水平解像度は1度である。水平解像度約2kmである瀬戸内海モデルの結果検証には, 更に高解像度なデータセットを用いることが好ましい。そこで本研究では試験的な試みとして, JODCより1961年から2010年までの海洋観測データ(各層データ)を入手し, 独自に水平解像度0.1度の海面塩分月別平均気候値データセットを構築した。各格子にて5年以上の観測実績がある点のみを有効とした。5年という閾値は気候値計算にとって十分な年数ではない。しかし海洋の塩分観測データは非常に少ないため, 必要年数を増加させた場合, 瀬戸内海のほとんどの海域で塩分が欠損し, 参照データとしてそもそも成り立たない。今回は各格子のデータの質よりもデータ全体の面的な広さを重視し, 5年の閾値を設定した。他にもデータ作成にあたって気象条件の差異を全く考慮していない点に注意したい。沿岸域の海面塩分値は観測日前後の降水状況等にも強く依存すると推察される。必要年数を短く設定しているため, 観測実績の少ない格子では気象条件の偏りが大きなバイアスにつながり得る。このように, 今回作成したデータセットは誤差を多く含み得ることを予め申し添えておく。

3. 結果

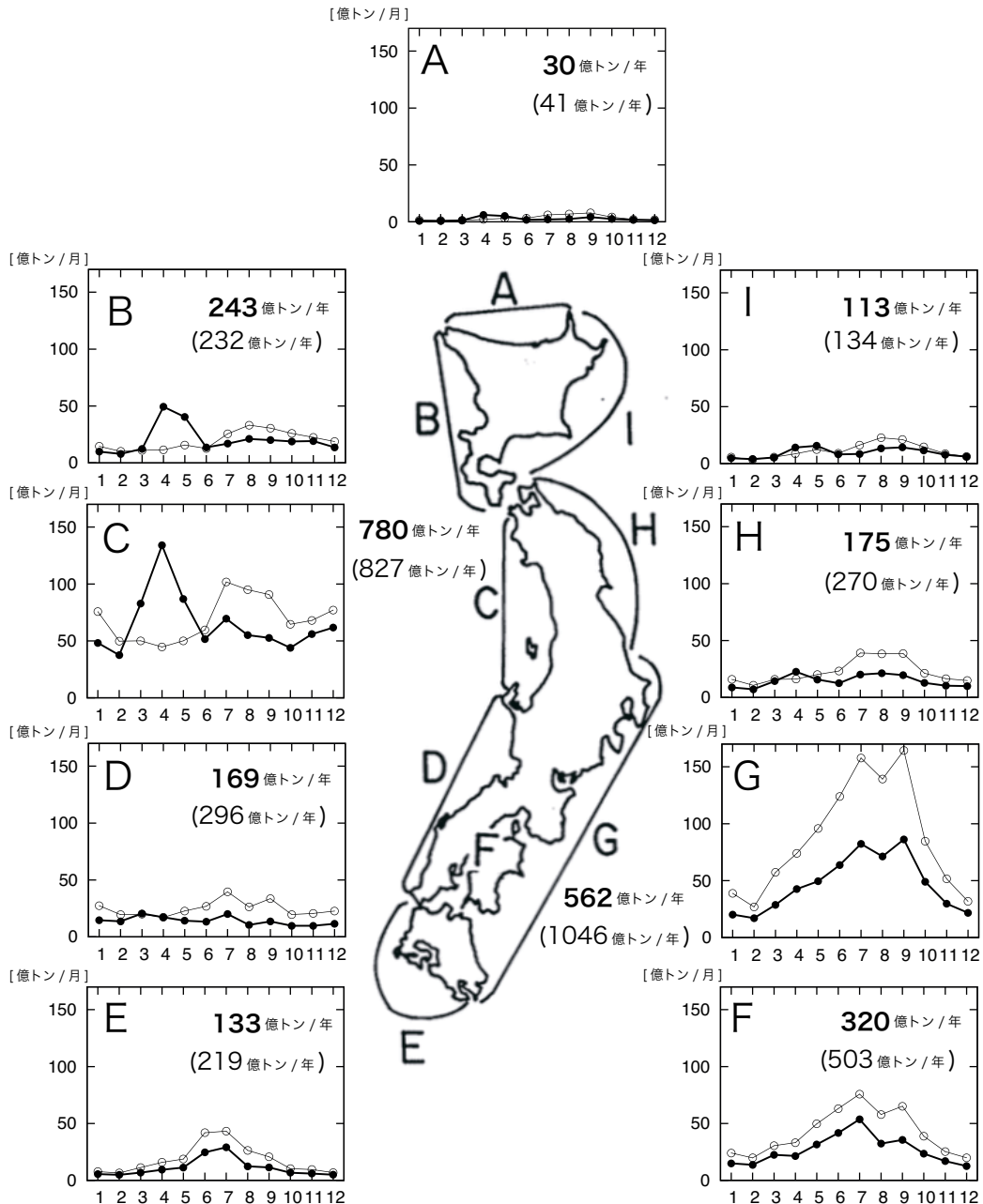
3.1 JMARI 河川流量データの検証

1994～2003年の期間における一級河川流量観測データの総流量は8,005m³/sである。一方, JMARI一級河川流量総量は11,306m³/sであり, 観測値に比べて約4割大きな値となっている。前者は一級河川の流量そのものであるのに対し, 後者は外力として与えられた雨量から初期損失分を減じた有効雨量が河川に収束した際の流量になる。そこには例えば流下過程で伏流し地下水となるものも含まれていると考えられるため, JMARI河川流量データに基づく見積りが一級河川流量観測データに基づく見積りを上回ることはむしろ妥当であると考えられる。谷口(2000)によれば, 陸域から海洋への全淡水流出量に対して地下水による流出量が占める割合は, 0.01%から31%と大きな幅を持っており, 平均的には数%から10%の割合を占めると考えられている。JMARI河川流量データによる見積りは本件を考慮してもなお大きい。一方で一級河川流量観測データには欠測値も少なくはなく, これに基づく見積りが必ずしも正確なわけではない。例えば1994～2003年における相模川水系の流量データは整備されておらず, 上記見積りには含まれていない。いずれにしても両者の差は3割から4割程度である。海洋流出後の拡散過程など海洋モデル側の不確定性を考慮すれば, JMARI河川流量データは日本沿岸海洋モデルの外力として実用的であると言える。

前述のとおり，流域雨量指数からは一級河川以外の河川からの流量も算出することができる．1994～2003年の期間における二級河川総流量は2,250m³/sであり，そのほか河川の総流量は2,494m³/sである．一級河川以外の河川からの寄与は計4,744m³/sとなり，これは一級河川総流量の4割強に相当する．全河川流量16,051m³/sの3割を占めており，決して無視できるものではない．

流域雨量指数を活用することによって，これら中小河川の効果を取り込むことが可能となり，日本沿岸海況監視予測システムの精緻化が実現できる．

JMARI 河川流量データの季節変動の再現性を確認するため，先行研究である長沼（2000）同様，日本沿岸域を9つの領域に分け，そこでの一級河川流量を計算した（第1図）．1994～2003年



第1図 領域毎の一級河川流量積算値の季節変動．1993-2004年の10年間平均．太線並びにグラフ右肩太字数値が一級河川流量観測データ，細線並びにグラフ右肩細字数値が流域雨量指数に基づくJMARI河川流量データ．グラフの単位は億トン毎月，グラフ右肩（C並びにGは欄外記載）数値の単位は億トン毎年．領域を示す日本地図とその沿岸の図のみ長沼（2000）の図を使用．

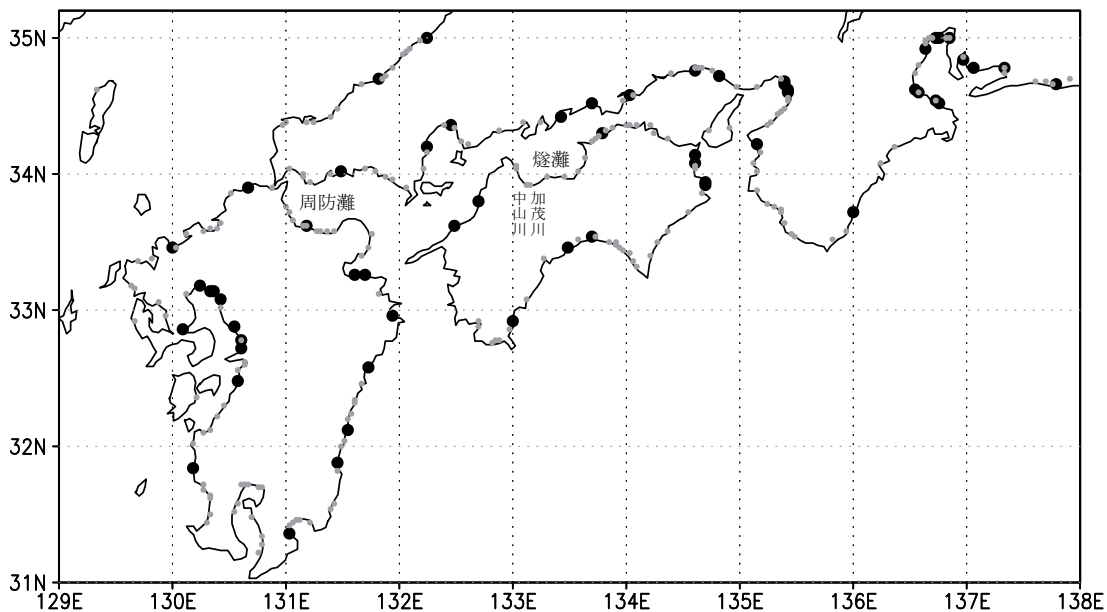
の 10 年間のデータを用いて、JMARI 河川流量データと観測データを比較した。長沼 (2000) に合わせ、単位が億トン毎月もしくは億トン毎年となっていることに注意されたい。領域 B を除いて、JMARI 河川流量データの方が年間流出量を大きく見積る傾向がある。特に領域 G での差が大きい。概ね年間を通して JMARI 河川流量データの方が大きな値を示すが、特に 7 月から 9 月にかけて両者の差が大きくなる傾向にある。絶対値には一定の差があるものの、その季節変動パターンは良く一致している。一方、領域 B では JMARI 河川流量データの方がより少ない年間流出量を示す。一級河川流量観測データでは春季に多量の出水が認められるが、JMARI 河川流量データにはそのような出水は存在せず、これが年間流出量の差の原因となっている。領域 C においても同様に、一級河川流量観測データに基づく見積りにのみ春季に多量の出水が認められる。これら春季の出水は融雪水に起因するものと考えられる。前述のとおり流域雨量指数の計算には融雪水の効果は考慮されておらず、これに伴う出水が再現されていない。Urakawa et al. (2015) は春季融雪水による出水に伴

い、領域 C において沿岸に河川水の影響を受けた低塩分水が出現することを示唆している。また春季に領域 C 沿岸域において融雪水の影響を受けた低温水が出現することが観測によって捉えられている (長沼, 2000)。これらの海域においては JMARI 河川流量の取り扱いに注意を払う必要があると考えられる。

3.2 瀬戸内海モデルを用いた有用性の検証

JMARI 河川流量データには一級河川以外の中小河川の寄与も含まれるため、河口数が大幅に増加する。第 2 図において JMARI 河川流量データでの河口位置を示す。中小河川を考慮することにより、瀬戸内海に対する局所的な淡水供給箇所数も大きく増加することがわかる。

瀬戸内海モデルの計算対象領域における河川の年平均流量を計算すると、一級河川流量観測データで $2.73 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$ 、JMARI 河川流量データで $6.36 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$ (うち $4.44 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$ は一級河川による) となる。時間変化に着目すれば、夏季に河川からの出水量が増大するという大まかな季節変動は両者で一致している (図 1 の F 参照)。



第 2 図 流域雨量指数の河口位置。黒丸は一級河川の河口位置を、灰色の丸は一級河川以外の河口位置を示す。

第 3～6 図には、それぞれ 3, 6, 9, 12 月の平均海面塩分場を示す。(a) から (d) は 2009 年の瀬戸内海モデル感度実験の結果であり、(e) は 1961～2010 年の JODC 海洋観測データに基づく月別平均海面塩分値である。坂本ほか (2015) でも示されているとおり、実験 NORIVER では瀬戸内海沿岸域に低塩分水は存在していないが、他の 3 実験では一級河川の河口付近において 32 を下回る非常に低塩分な水が局在していることが明瞭にわかる。この低塩分水は 3 実験のいずれにおいても河川流量の増加を受けて夏季に最も発達し、その後衰退していく。前節で示したとおり、瀬戸内海は融雪水の効果を考慮しなくともよい海域であるため、JMARI 河川流量データでも沿岸低塩分水の季節変動を再現することが可能である。

沿岸低塩分水が最も発達する 9 月 (第 5 図) に着目すると、実験 JMARI-1ST の海面塩分分布は実験 CTL のものと類似しているが、JMARI 河川流量データは一級河川流量観測データに比べ多くの淡水を供給するため、河口付近での塩分値が実験 CTL よりも更に低くなっている。実験 JMARI-ALL ではこれに加えて二級河川などの中小河川の影響も及び、沿岸域の塩分値は更に低下することが示されている。例えば周防灘では非一級河川河口域において低塩分水が局在して様子が確認でき、周防灘中心部の塩分値も低下していることがわかる。燧灘においても中山川・加茂川の河口付近で低塩分水が確認できる。JODC 海洋観測データに基づいて構築されたデータセットにおいても瀬戸内海沿岸域に非常に低塩分な水が存在していることがわかる (図 3～6 の e)。周防灘や燧灘で、これらの低塩分水は CTL, JMARI-1ST, JMARI-ALL の 3 実験よりも低い海面塩分値を示しているが、前述のとおり、実験 JMARI-ALL において周防灘や燧灘では非一級河川からの淡水供給により海面塩分の低下が確認されている。従って、上記結果は非一級河川が上記海域での海況再現性向上に寄与することを示唆している。

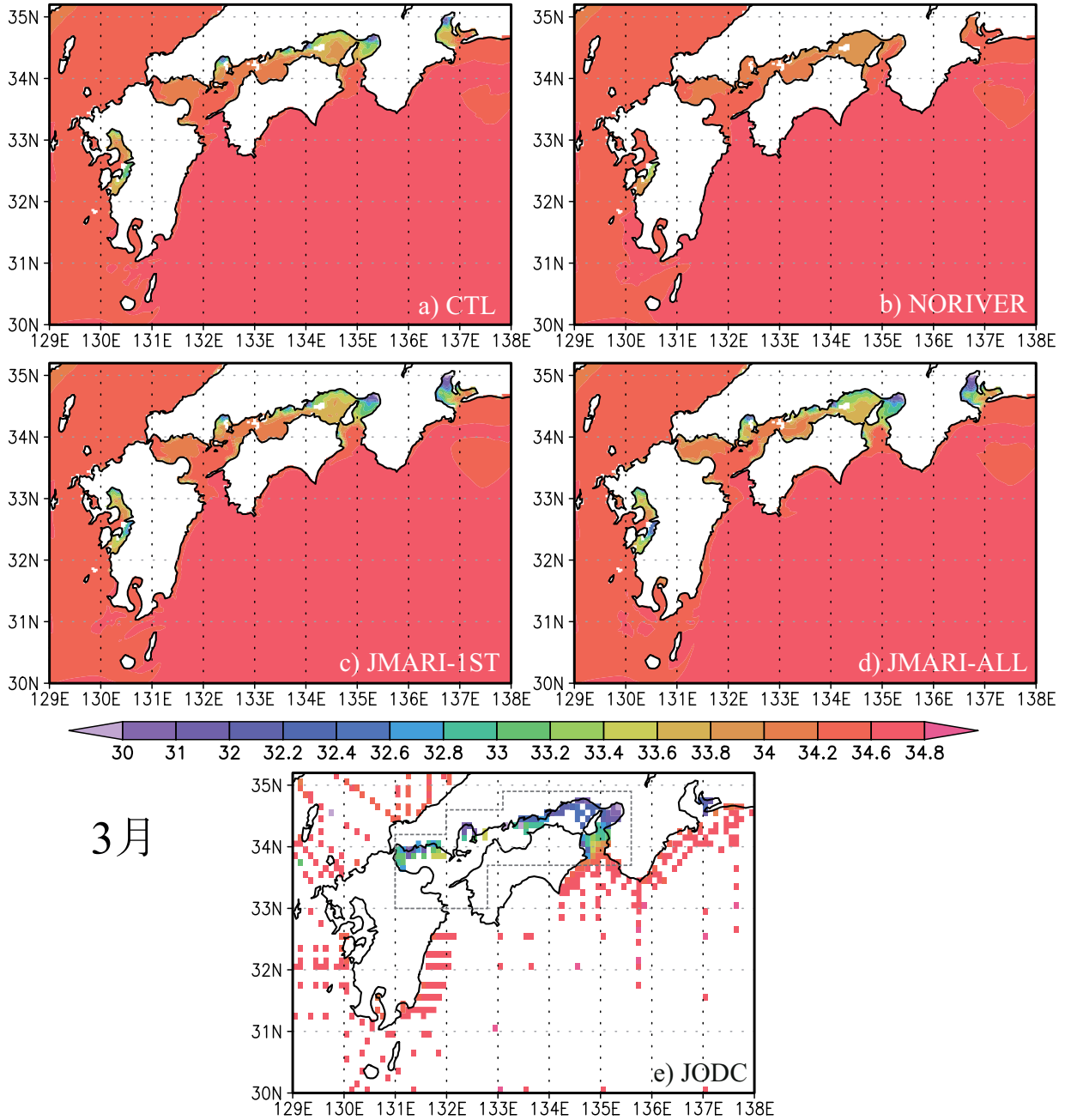
河川流量データ導入の効果を定量的に評価するため、図 3～6 の e の灰色破線で囲まれた瀬戸内海領域において、JODC 海面塩分値からのモデル

バイアス年平均値を計算した。実験 WORIVER, CTL, JMARI-1ST, JMARI-ALL の順にそれぞれ 1.71, 1.34, 1.15, 0.94 となり、JMARI 河川流量データの利用により高塩バイアスが確かに軽減されている。また実験 JMARI-ALL は JMARI-1ST に比べて 2 割ほどバイアスが小さい。中小河川を考慮することによって、沿岸海況の再現性が向上することを示唆する結果である。ただし前述のとおり、独自に作成した JODC 海面塩分データセットは大きな誤差を含み得る。観測データに乏しい現状では海洋モデルによる沿岸塩分場の再現性検証にも限界がある。海洋モデルの精度向上のためには、海洋モデルの高度化はもちろんのこと、沿岸域の塩分観測の充実も必要不可欠である。

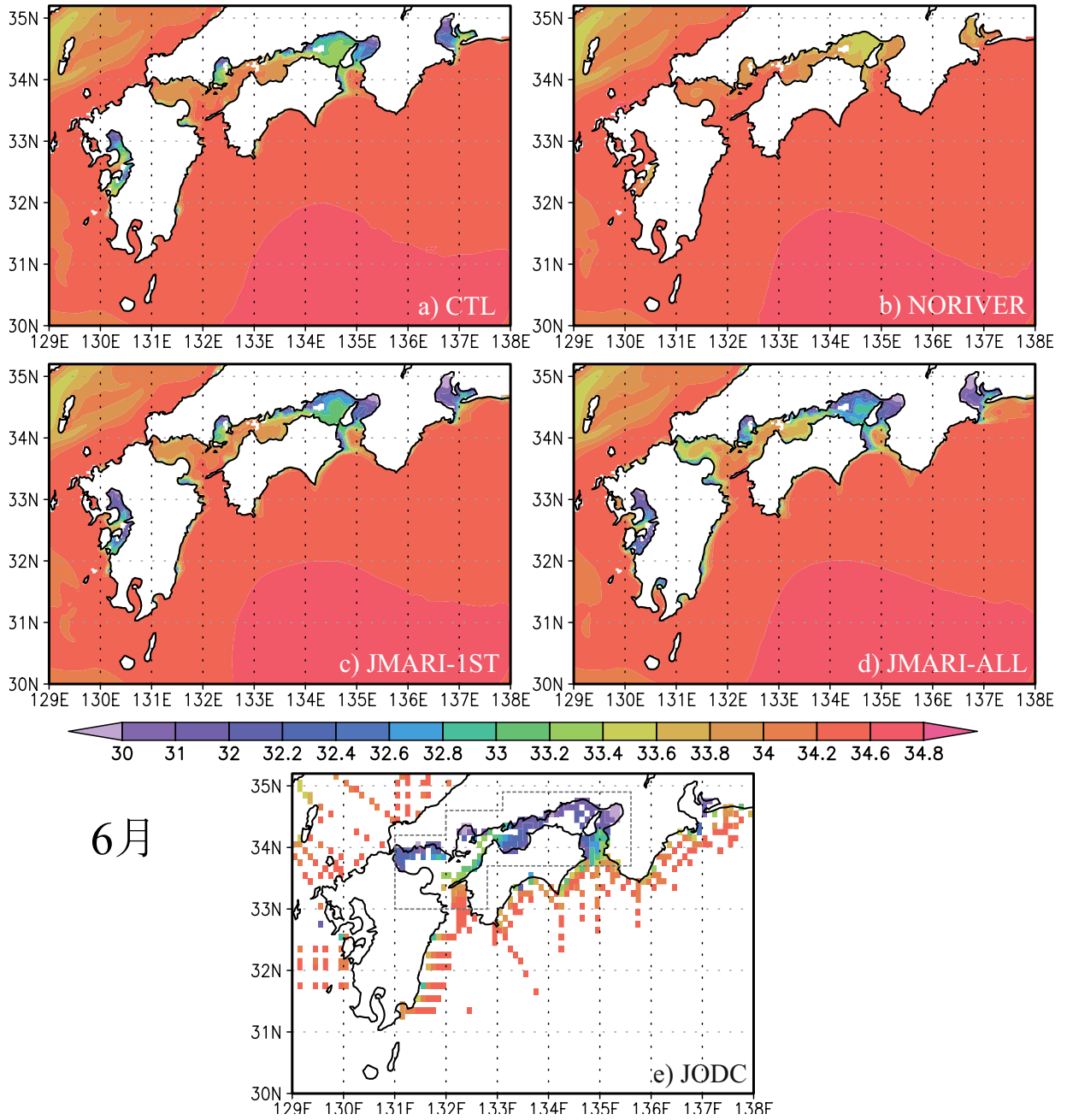
4. まとめ

気象研究所海洋・地球化学研究部では「日本沿岸海況監視予測システム」の開発を進めている。日本沿岸域の正確な海洋モデリングには高品質な河川流量データの利用が不可欠である。気象研究所海洋・地球化学研究部では気象庁で洪水警報・注意報の発表基準値の 1 つとして利用されている「流域雨量指数」の活用を検討している。本研究では日本沿岸海況監視予測システム向け外力としての気象庁流域雨量指数に基づいた JMARI 河川流量の有用性を検証した。

海洋に対する淡水供給量の妥当性を評価するため、JMARI 河川流量データと雨量・流量年表データベースに基づき作成された一級河川流量観測データとの比較を行った。1994～2003 年の 10 年間を解析対象とし、その平均値を比較した。一級河川からの総流量は JMARI 河川流量データの方が一級河川流量観測データの値を約 40% 上回る結果となった。現在のところ流域雨量指数では融雪水が考慮されていないため、北海道並びに東北地方の日本海側において、春季の融雪水に伴う多量の出水が再現されていない。その流量差は一級河川流量観測データに基づく年間流量のおよそ 10% に相当する。一方で一級河川流量観測データベースは河川流量そのものの観測値であるのに対し、JMARI 河川流量データには河川流量に加えて地下水の寄与も含まれると考えられる。陸面

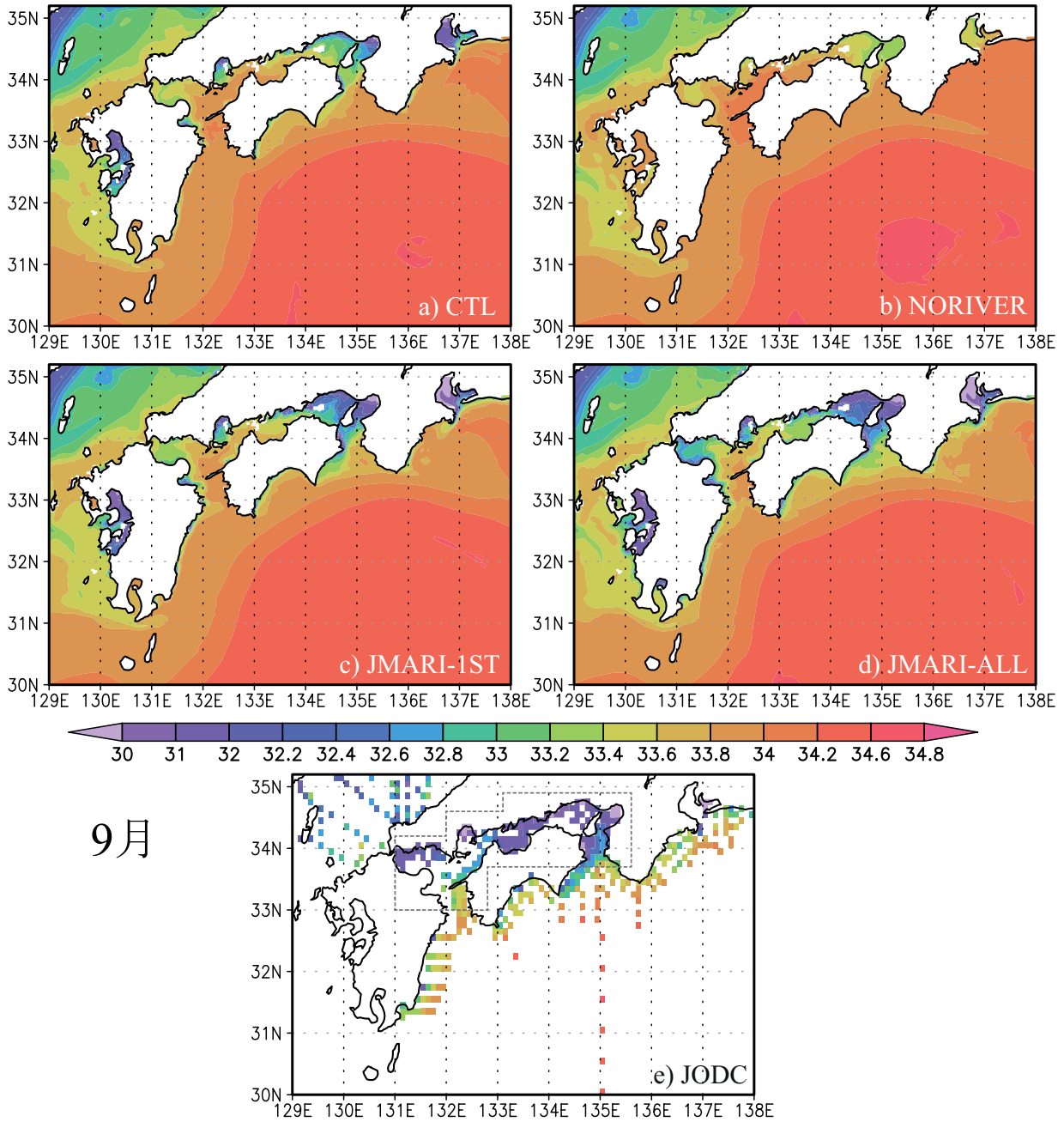


第3図 (a-d) 2009年3月平均海面塩分場及び (e) JODC 海面塩分3月平均気候値。図eの灰色破線で囲まれた領域において、モデル結果バイアスの年平均値を計算。



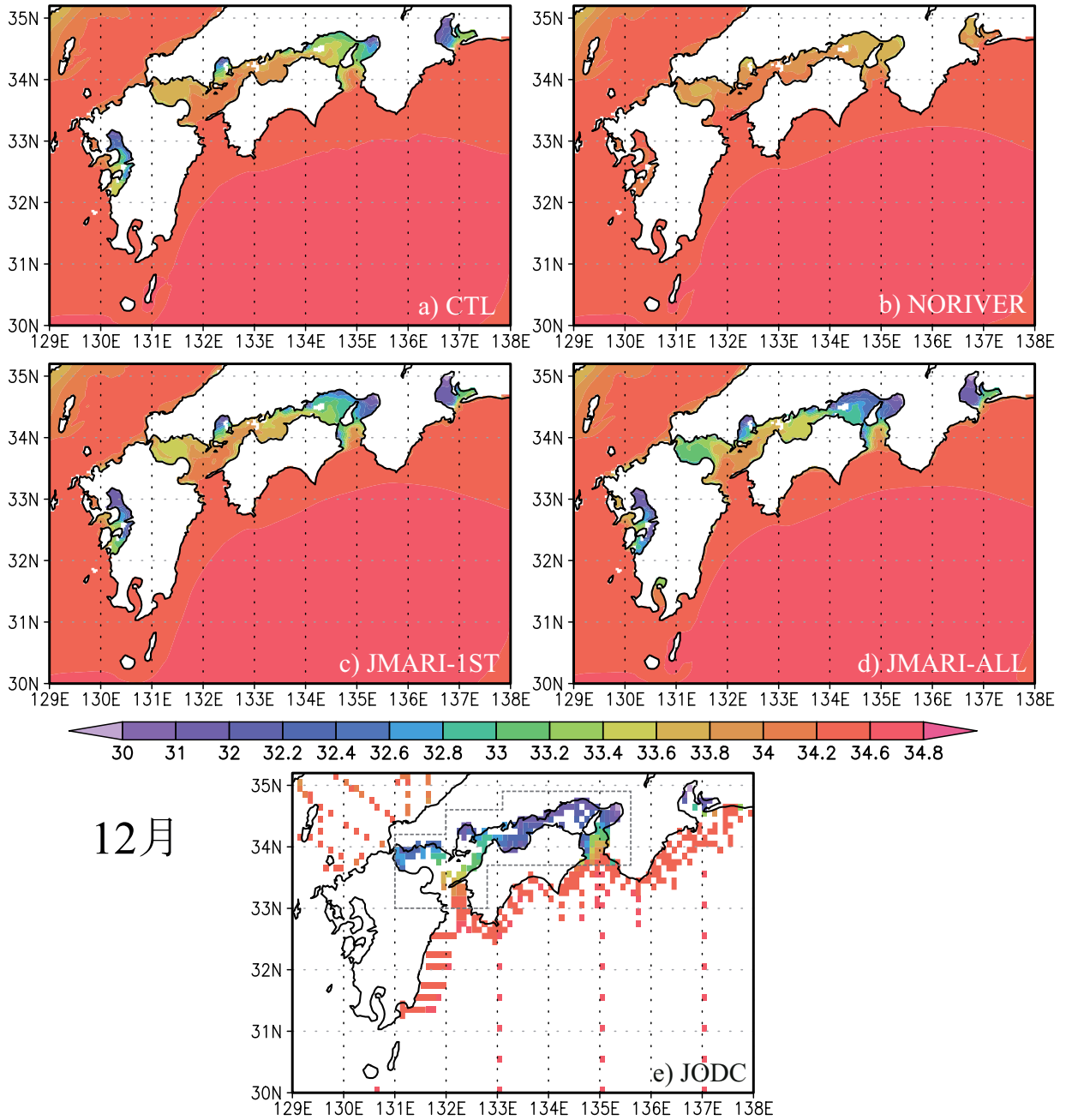
6月

第4図 第3図と同じ。ただし2009年6月の結果。



9月

第5図 第3図と同じ。ただし2009年9月の結果。



第6図 第3図と同じ。ただし2009年12月の結果。

から海洋への淡水流出量のうち地下水の寄与は数%から10%程度と考えられている。これらを考慮すれば、やはり流域雨量指数に基づく見積りと一級河川流量観測データに基づく見積りの差は4割程度となる。海洋流出後の河川水の拡散過程など海洋モデル側の諸問題を考慮すれば、この程度の差は大きなものではないと考えられる。一方で、一級河川総流量の季節変動パターンは、前述の融雪水出水を除けば両者間で良く一致している。

JMARI 河川流量データには、一級河川流量観測データに存在しない一級河川以外の河川流量も含まれている。これら中小河川による淡水流出量は JMARI 河川流量総量の3割を占め、日本沿岸域の海況に与える影響は大きいと予想される。流域雨量指数を利用することで、それらの影響を反映させることが可能となる。

流域雨量指数の利用が沿岸海洋モデリングに与える影響を評価するため、瀬戸内海モデルを用い、河川流量データに対する感度実験を行った。瀬戸内海モデルの計算対象領域(瀬戸内海以外も含む)における河川年平均流量は、一級河川流量観測データが $2.73 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$ 、JMARI 河川流量データが $6.36 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$ (うち $4.44 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$ が一級河川の寄与) である。これらを課したモデル実験結果の妥当性を評価するため、JODC 各層データから水平解像度 0.1 度の海面塩分月別平均気候値データセットを構築した。この JODC 海面塩分データセットと、モデル実験 2009 年 3 月、6 月、9 月、12 月の月別平均海面塩分をそれぞれ比較し、瀬戸内海での海面塩分バイアス年平均値を計算した。河川による淡水供給を課さない場合 1.71 であったものが、一級河川流量観測データを用いた場合は 1.34、JMARI 河川流量のうち一級河川の寄与のみを課した場合 1.15、全ての河川からの寄与を課した場合は 0.94 となった。この結果は流域雨量指数の有用性の高さを示唆するとともに、沿岸海況の再現性向上に対して中小河川が大きな寄与を持つことを示唆している。一方で、実験結果検証のために作成した JODC 海面塩分データセットは大きな誤差を含み得るものであることに注意しなければならない。沿岸海洋モデリングの進展のためには、海洋モデルの高度化のみならず、検証材料

となる沿岸観測データの更なる拡充も不可欠である。

本研究では対象としなかったが、集中豪雨に伴う急激な出水増加など、河川流量は短時間のうちに激しく変動する。将来的にはこのような極端現象が沿岸海況に与える影響を評価する必要がある。雨量・流量年表データベース記載の日別平均河川流量を用いて、そのような研究を行うことも可能である。しかし河川流量の観測値には欠損値が少なくない。例えば 1994 ~ 2003 年の相模川流量観測データは存在しない。一方で流域雨量指数には欠損値が存在せず、かつ 1 時間ごとという高い時間解像度を持つ。本稿では一連の研究の第一段階として、JMARI 河川流量データを用いて瀬戸内海海面塩分場の季節変動が正しく再現されることを示した。流域雨量指数に基づく河川流量を用いたハインドキャスト実験を行い、河川流量短時間変動の影響を調査することは今後の大きな課題の1つである。唯一の懸念として、流域雨量指数には融雪水の効果が含まれていない点が挙げられる。現在、流域雨量指数の計算において MSM 陸面モデルである SiB の積雪深や融雪量を取り込む開発が進行中である。融雪水の取り込みが実装された場合、北海道並びに東北地方の日本海側における河川流量の再現性が向上すると期待され、日本沿岸海況監視予測システムの外力としての有用性が更に高まる。また流域雨量指数は MSM 降水量ガイダンスを用いて 30 時間後までの予測値を算出している。流域雨量指数を利用することで、日本沿岸海況の予測に必要な河川流量の予測値も容易に取得することができる。以上のことから、流域雨量指数は日本沿岸海況監視予測システムの外力として有用性の高いデータであり、積極的な活用が望まれると言える。

謝辞

研究にあたり、気象庁地球環境・海洋部海洋気象課沿岸防災情報調整官野崎太氏、気象庁予報部予報課気象防災推進室洪水情報係長太田琢磨氏、気象庁地球環境・海洋部海洋気象課海洋気象情報室海況班海洋モデル応用係長石崎士郎氏には様々

なご教示をいただいた。心から感謝の意を表します。(所属ほかは2014年度海洋気象技術検討会当時)

参 考 文 献

- Urakawa, L. S., M. Kurogi, K. Yoshimura and H. Hasumi (2015): Modeling low salinity waters along the coast around Japan using a high-resolution river discharge dataset. *J. Oceanogr.*, **71**, 6, 715-739.
- 岡元宏薫・梶井剛・河村明・天口英雄 (2009) : 一級水系代表観測点における流量年表データベースの信頼性について, 第36回土木学会関東支部技術研究発表会講演要旨集, **36**, 2, II-35.
- 坂本圭・山中吾郎・辻野博之・中野英之・平原幹俊 (2014) : 水平解像度 2 km の瀬戸内海モデル瀬戸内海モデル及び日本沿岸モデル MRI-COM-JPN の開発, 測候時報, **81**, S63-S75.
- 坂本圭・山中吾郎・辻野博之・中野英之・浦川昇吾・碓氷典久・平原幹俊・小川浩司 (2015) : 日本沿岸海況監視予測システムに向けた瀬戸内海モデルの開発, 測候時報, **82**, S55-S66.
- Sakamoto, K., G. Yamanaka, H. Tsujino, H. Nakano, S. Urakawa, N. Usui, M. Hirabara and K. Ogawa (2016): Development of an operational coastal model of the Seto Inland Sea, Japan. *Ocean Dyn.*, **66**, 1, 77-97.
- 田中信行・太田琢磨・牧原康隆 (2008) : 流域雨量指数による洪水警報・注意報の改善. 測候時報, **75**, 2, 35-69.
- 谷口真人 (2000) : グローバルな観点からの地下水研究の現状と課題—地下水研究の時空間方向へのスケールアップ—. *水文・水資源学会誌*, **13**, 6, 476-485.
- Nakada, S., Y. Ishikawa, T. Awaji, T. In, S. Shima, T. Nakayama, T. Isada and S.-I. Saitoh (2012): Modeling runoff into a Region Of Freshwater Influence for improved ocean prediction: Application to Funaka Bay. *Hydrological Research Letters*, **6**, 47-52.
- 長沼光亮(2000):生物の生息環境としての日本海. 日本海区水産研究所研究報告, **50**, 1-42.
- Yoshimura, K., T. Sakimura, T. Oki, S. Kanae and S. Seto (2008): Toward flood risk prediction: a statistical approach using a 29-year river discharge simulation over Japan. *Hydrological Research Letters*, **2**, 22-26.