

いため、本種赤潮の発生に強く関与している可能性が考えられ、これまでの発生シナリオを支持するものとなった。

次に、これまでの赤潮発生・非発生に関わる環境条件に加え、大規模発生・小規模発生に関する環境条件の抽出を行った。類型化は、*K. mikimotoi* の最高細胞密度が 5,000 cells/mL 以上の年を大規模発生年、それ未満を小規模発生年とした。その結果、大分県佐伯湾における *K. mikimotoi* 赤潮の大規模発生年に関わる環境条件を表 19 に示した。特に、5 月の降水量が少なく、4 月・5 月の日照時間が長い条件、すなわち mL レベルで初期遊泳細胞が確認される直前である 4 月・5 月の晴天が続く条件が、赤潮発生規模に関わることを示唆された。これを基にすると、以下のような大分県佐伯湾における *K. mikimotoi* 赤潮発生シナリオ（図 34）が考えられる。

本海域の赤潮観測において *K. mikimotoi* 遊泳細胞が早期に観測される年は、赤潮が発生する確率が高い。4・5 月に晴天が続く条件は、シストを形成しない本種にとって赤潮のシードポピュレーションとなる遊泳細胞が物理的・生物的に個体群密度を維持しやすく、個体群密度が多いほど本種赤潮が大規模発生に繋がることが考えられた。

愛媛県海域（岩松湾）

本年は *K. mikimotoi* 赤潮の非発生年となったが、豊後水道東部（宇和海）に位置する岩松湾では、これまでに作成した予察モデルの多くは「発生年」となり、十分に的中したとは言えなかった（表 20）。宇和海における *K. mikimotoi* 赤潮の主な発生時期は 6 月下旬から 8 月上旬であるが、本年は、2～4 月の高感度調査により本種遺伝子が検出されており、シードポピュレーションとなる遊泳細胞は存在していたと考えられた。また、本年は、3 月の平均日照時間が比較的長く、5 月下旬の気温も高めに推移しており、梅雨入りが観測史上最も遅かったものの入梅後は雨天が断続的に続き、カレニア赤潮の発生には好条件と考えられていたが、4 月、5 月の調査では遺伝子は検出限界未満となり、遊泳細胞もほとんど確認されることなくシーズンを終了した。このことについては、通常、豊後水道では春季から秋季にかけて急潮の発生が見られるが、4 月と 5 月に発生した急潮により効果的に海水交換が行われた可能性が高いと考えられる。

次に、これまでの赤潮発生・非発生に関わる環境条件に加え、大規模発生・小規模発生に関する環境条件の抽出を行った。赤潮大規模発生基準を最高細胞密度 10,000 cells/mL を目安とした。その結果、愛媛県宇和海（岩松湾）海域における *K. mikimotoi* 赤潮の大規模発生年に関わる環境条件を表 21 に示した。

1 月の風速と 3 月と 5 月下旬の平均日照時間が、赤潮発生規模に関わることを示唆された。これを基に以下のような愛媛県宇和海（岩松湾）海域における *K. mikimotoi* 大規模赤潮の発生シナリオ（図 35）が考えられる。

本海域において、1 月と 3 月の気温が高いほど、*K. mikimotoi* の遊泳細胞が早期に観測される傾向がある。さらに、5 月～6 月の海水交換が弱いと遊泳細胞が維持され、5 月下旬の多日照と 6 月の高水温によりカレニア赤潮が発生すると考えられる。シストを形成しない本種のシードポピュレーションとなる遊泳細胞が物理的・生物的に個体群密度を維持しやすく、個体群密度が多いほど、後に多日照や高温等の好条件となることで大規模赤潮の発生に繋がると考えられた。

高知県海域（浦ノ内湾）

本年は *K. mikimotoi* 赤潮の発生年となったが、これまで作成した予察モデルの多くは「非発生年」となり、十分に的中したとは言えなかった（表 22）。作成した予察モデルが十分に的中しなかった要因として、本年の *K. mikimotoi* 赤潮の発生が非常に早期であったことが考えられた。作成した予察モデルは、主に当該海域で赤潮を形成する梅雨時期（6、7 月）を対象としたものであるが、本年は赤潮の確認日が 5 月 1 日であり、1 ヶ月以上のズレがあった。予察モデルの中での的中率の高い環境要因は 5 月以降のものが多いことから、本年における発生を十分に的中できなかったと考えられた。高感度調査では、本種遺伝子が冬季～春季において常に検出されており、濃縮検鏡においても遊泳細胞が確認され、赤潮のシードポピュレーションは存在していた。また、本年は暖冬の影響で浦ノ内湾内の海水温が比較的高く保たれていたことや冬季～春季にかけて競合する珪藻類の生育が不調であり、*K. mikimotoi* が増殖しやすい条件が整っていたと考えられた。

次に、これまでの赤潮発生・非発生に関わる環境条件に加え、大規模発生・小規模発生に関する環境条件の抽出を行った。赤潮大規模発生基準は、最高細胞密度 10,000 cells/mL を目安とした。その結果、高知県浦ノ内湾における *K. mikimotoi* 赤潮の大規模発生年に関わる環境条件は 11 項目得られた（表 23）。特に、4 月に中層の DIN が高い条件、5 月に中層から底層にかけて塩分が低い条件、6 月の降水量が多い条件が *K. mikimotoi* の赤潮発生規模に関わっていることが示唆された。これを基にすると、以下のような高知県浦ノ内湾における *K. mikimotoi* 赤潮発生シナリオ（図 36）が考えられる。

本海域において、*K. mikimotoi* 遊泳細胞の観測が早い年は大規模・長期化し、観測が遅い年は赤潮を形成しても小規模・短期化する傾向がある（表 24）。近年における本種の遊泳細胞の観測は、これまでの発生時期と比べ早い傾向にあり、赤潮の形成時期も早期化している。従前の発生時期と異なることから、これまで作成した予察モデルが的中しない事例が発生している。また、上述した発生シナリオの作成に用いたデータは早期化する以前のものが多いことから、早期化する赤潮を発生シナリオから予測することは難しいと考えられる。しかし、このように早期化する赤潮に関するデータは数年分しかなく、予察や発生シナリオの改良に用いるには十分とはいえない。一方で、短期予察によって発生を予測できる事例もあることから、新たな予察手法について検討する必要があると考えられる。

高知県海域（宿毛湾）

本年は *K. mikimotoi* 赤潮の非発生年となり、遊泳細胞も最高で 3 cells/mL を確認するにとどまった。当該海域において本種についての予察モデルは構築されておらず、検証には至っていない。過去の発生事例から、隣接する海域における *K. mikimotoi* 赤潮の発生後に当該海域で発生する傾向がみられており、隣接海域からの移入・集積が当該海域における一因と考えられている。本年度は、隣接海域においても *K. mikimotoi* 赤潮が確認されておらず、当該海域においても低密度であったことから、当該海域と隣接海域の発生状況は密接に関わりあっていると考えられた。高感度調査では、本種遺伝子が 4 月から 5 月にかけて検出されたが、遊泳細胞の初認は 8 月であった。他事業における遺伝子調査では、当該海域において平成 30 年以降、周年にわたり低レベルで *K. mikimotoi* が検出されている。そのため、シードポピュレーション

ョンとなる遊泳細胞の存在が示唆されるが、増殖は確認されていない。当該海域は増殖条件が整い難い環境であると考えられるが、詳細は不明であり、今後の課題である。

広島県海域（広島湾）

広島湾では、最高細胞密度が 500 cells/mL 以上の年を「発生年」として解析を行った。本年の *K. mikimotoi* 赤潮は、これまでに作成した予察モデルでは「発生年」とされたが実際には非発生となり、予察は的中しなかった（表 25）。*K. mikimotoi* は、冬季～春季の濃縮検鏡において、昨年の 12 月上旬に 0.01 cells/mL 確認されたが、その後は、濃縮検鏡では確認されず、さらに、本年の 3 月から 6 月に 4 回実施した PCR 法を用いた高感度調査でも全く検出されなかった。よって、シードポピュレーションとなる遊泳細胞は非常に低密度であり、そのため夏季に赤潮として観測されるほど増殖せず、非発生となったと考えられた。このことから、従来の環境項目による予察に加えて、冬季から春季の PCR 法による高感度調査が予察手法として有効である可能性が示唆された。

一方、2018 年は予察モデルの多くの項目で「発生年」とされ、実際に赤潮が発生し、予察は的中した。抽出された項目を見ると、4 月の気温が高く、5 月の表層 DIP 濃度が低い年に発生する傾向がみられた（表 25）。

広島湾については、2016 年度に、1988 年から 2015 年の環境データを用いた判別分析を実施している。その分析結果から、4 月から 5 月の気温が高め、6 月の水温が高めの年に発生するという内容が、2017 年度に作成された発生シナリオに組み込まれた。しかし 2018 年度に実施した解析期間の比較、および「発生年」の遡り解析から、解析期間が変わると抽出される項目が異なることが指摘され、実際に 2017 年度に作成された発生シナリオで言及されている 5 月の気温と 6 月の水温は、本年度に実施した 2002 年から 2017 年の環境データを用いた解析では抽出されなかった。そのため、2017 年度に作成された発生シナリオの補正が必要だと考えられた。

次に、これまでの赤潮発生・非発生に関わる環境条件に加え、大規模発生・小規模発生に関する環境条件の抽出を行った。広島湾では、最高細胞密度が 5,000 cells/mL 以上の年を「大規模発生年」とした。広島湾における *K. mikimotoi* 赤潮の大規模発生に関わる環境条件を表 26 に示した。*t* 検定および *U* 検定の両方で有意差が示された項目に着目すると、特に 5 月の表層と 5m 層の DIP 濃度および 5 月の合計日照時間がいずれも低いことが大規模発生となる条件となっていた。以上を基にすると、次のような広島湾における *K. mikimotoi* 赤潮発生シナリオ（図 37）が想定される。

K. mikimotoi は 4 月の気温が高め、5 月の表層 DIP 濃度が低めの年に、7 月の穏やかな天候・海況の中で日周鉛直移動を繰り返しながら増殖し、降水量の増加と日射量の低下および珪藻の細胞密度の低下時に急激に増殖あるいは特定の水深に集積して赤潮となる。さらに、5 月の表層と 5m 層の DIP 濃度および 5 月の合計日照時間がいずれも低い場合に大規模発生につながると考えられた。ただし、本年のように春先のシードポピュレーションが PCR 法による高感度調査で検出されないレベルで低密度な場合については、その時点で赤潮が発生しないといえる可能性がある。これについては、春先のシードポピュレーションと、赤潮発生との関連について今後検証する必要があると考えられた。

まとめ

これまで開発した予察技術を用いて各海域の予察を行った結果、多くの海域で十分に的中したとは言えない結果となった。今年度の赤潮発生・非発生には、赤潮発生直前の環境条件が強く関与していると考えられるため、中長期予察に加えて、赤潮発生直前の気象条件および遊泳細胞の監視が必要であると考えられる。また、平成30年度に実施した遡り解析の結果、長期的な気候変動や海洋モニタリングの変化が影響し、判別率が下がる項目があることが明らかとなっている（黒田ら 2019）。このように、これまで用いてきた的中率が高い予察式であっても、気候変動等により的中しなくなる可能性があり、今後もモニタリングを継続し、環境の変化と赤潮発生との関係性を注視していく必要がある。一方で、今年度も的中し、これまでの的中率も高い項目もあり、それらの項目は *K. mikimotoi* 赤潮の発生に強く関与している可能性が考えられ、これまでの予察シナリオを支持するものとなった。

また、各海域で赤潮発生規模に関与する環境要因の抽出を行った。その結果、広島県・山口県・福岡県・高知県では、赤潮発生直前の4月～6月の降水量が多い条件や低日照条件が類似した項目としてあげられ、カレンシアの増殖に有利な条件が揃うと大規模化しやすい傾向が認められた。また、大分県・愛媛県を含む豊後水道海域では、初期遊泳細胞が確認され始める前の3月～5月に晴天が続く条件が類似した項目としてあげられ、シードポピュレーションとなる遊泳細胞の維持、増殖に発生規模に関与している可能性が示唆された。今後引き続き、モニタリングを続けることによりデータを蓄積していき、赤潮に関与する新たな環境項目の探索や、環境変化と赤潮発生との関係性を注視することにより、精度の高い予察技術の開発および現場海域をより反映した赤潮発生シナリオの構築が期待される。

引用文献

- 馬場俊典, 檜山節久, 神菌真人, 江藤拓也, 岩尾昂, 樋下雄一, 小泉喜嗣, 高島景, 内田卓志, 本城凡夫. 西部瀬戸内海における赤潮渦鞭毛藻 *Gymnodinium mikimotoi* 遊泳細胞の越冬について. 日本プランクトン学会誌, 1994; **41** : 69-71.
- Erga SR, Omar AM, Singstad I, Steinseide E. An optical detection system for the study of fine-scale vertical displacement of microalgae in an artificial water column. *Journal of Phycology*, 1999; **35**, 425-432.
- Erga SR, Olseng CD, Aarø LH. Growth and diel vertical migration patterns of the toxic dinoflagellate *Protoceratium reticulatum* in a water column with salinity stratification: the role of bioconvection and light. *Marine Ecology Progress Series*, 2015; **539**, 47-64.
- 速水祐一, 扇山舟, 山田正徳, 山田政彦, 竹村公宏, 武岡英隆. 宇和海・北灘湾におけるクロロフィル a 濃度の季節・経年変化. 水産海洋研究, 2005; **69** : 1-9.
- Honjo T, Yamaguchi M, Nakamura O, Yamamoto S, Ouchi A, Ohwada K. A relationship between winter water temperature and the timing of summer *Gymnodinium nagasakiense* red tides in Gokasho Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 1991; **57**: 1679-1682.
- 兼田淳史, 小泉喜嗣, 高橋大介, 福森香代子, 郭新宇, 武岡英隆. 2007年宇和海下波湾における有害渦鞭毛藻 *Karenia mikimotoi* 赤潮の底入り潮の発生による消滅. 水産海洋研究, 2010; **74** : 167-175.

- 小泉喜嗣, 河野芳巳. 夏季の下波湾の珪藻プランクトン増殖機構に対する急潮の影響. 沿岸海洋研究ノート, 1994; 32 : 81-89.
- 黒田麻美, 村田憲一, 加川真行, 工藤孝也, 吉村栄一, 和西昭仁, 馬場俊典, 國森拓也, 俵積田貴彦, 恵崎摂, 井口大輝, 中里礼大, 木村聡一郎, 岩野英樹, 菅沼倫美, 平井真紀子, 谷口越則, 吉江直樹, 郭新宇, 清水園子, 松原孝博, 武岡英隆, 山口晴生, 外丸裕司, 坂本節子, 鬼塚 剛. 有害赤潮プランクトンの出現動態監視および予察技術開発②瀬戸内海西部・豊後水道海域・土佐湾海域. 平成 30 年度漁場環境改善推進事業「赤潮被害防止対策技術の開発」報告書, 水産庁, 東京. 2019 ; 50-99.
- 宮川博妃, 茅野昌大, 和西昭仁, 馬場俊典, 俵積田貴彦, 恵崎摂, 井口大輝, 大竹周作, 岩野英樹, 木村聡一郎, 菅沼倫美, 山田英俊, 久米洋, 村田憲一, 黒田麻美, 東谷福太郎, 吉江直樹, 郭 新宇, 清水園子, 武岡英隆, 松原孝博, 鬼塚剛. 魚介類の斃死原因となる有害赤潮等分布拡大防止のための発生モニタリングと発生シナリオの構築①瀬戸内海西部・豊後水道海域. 平成 29 年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業 赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業報告書「瀬戸内海等での有害赤潮発生機構解明と予察・被害防止等技術開発」, 水産庁, 東京. 2018 ; 39-97.
- 佐藤利幸, 本田清一郎, 池内仁. 福岡湾における *Gymnodinium mikimotoi* 栄養細胞の季節変化. 福岡水技研報, 1996; 5 : 51-58.
- Shikata T, Sakamoto S, Onitsuka G, Aoki K, Yamaguchi M. Effects of salinity on diel vertical migration behavior in two red-tide algae, *Chattonella antiqua* and *Karenia mikimotoi*. Plankton and Benthos Research, 2014; 9, 42-50.
- 山口晴生. 有害・有毒藻の光応答増殖. 日本プランクトン学会報, 2017; 64, 35-39.
- Yamaguchi H, Hirano T, Yoshimatsu T, Tanimoto Y, Matsumoto T, Suzuki S, Hayashi Y, Urabe A, Miyamura K, Sakamoto S, Yamaguchi M, Tomaru Y. Occurrence of *Karenia papilionacea* (Dinophyceae) and its novel sister phylotype in Japanese coastal waters. Harmful Algae, 2016; 57, 59-68.
- Yamaguchi H, Sai K. Simulating the vertical dynamics of phosphate and their effects on the growth of harmful algae. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2015; 164, 425-432.
- 山口一岩, 三好慶典, 加三千宣, 槻木玲美, 武岡英隆, 多田邦尚. 東部瀬戸内海の表層堆積物における生物起源珪素の分布と収支: 全有機態炭素・全窒素・全リンとの比較. 沿岸海洋研究, 2011; 49 : 69-77.
- 山口峰生, 本城凡夫. 有害渦鞭毛藻 *Gymnodinium nagasakiense* の増殖におよぼす水温, 塩分および光強度の影響. 日本水産学会誌, 1989; 55 : 2029-2036.
- 山口峰生. *Gymnodinium nagasakiense* の赤潮発生機構と発生予知に関する生理生態学的研究. 南西海区水産研究所研究報告, 1994; 27: 251-394.
- Sverdrup, HU, Johnson MW, Fleming RH. *The Oceans: Their physics, chemistry, and general biology*. Prentice-Hall, New York. 1942.

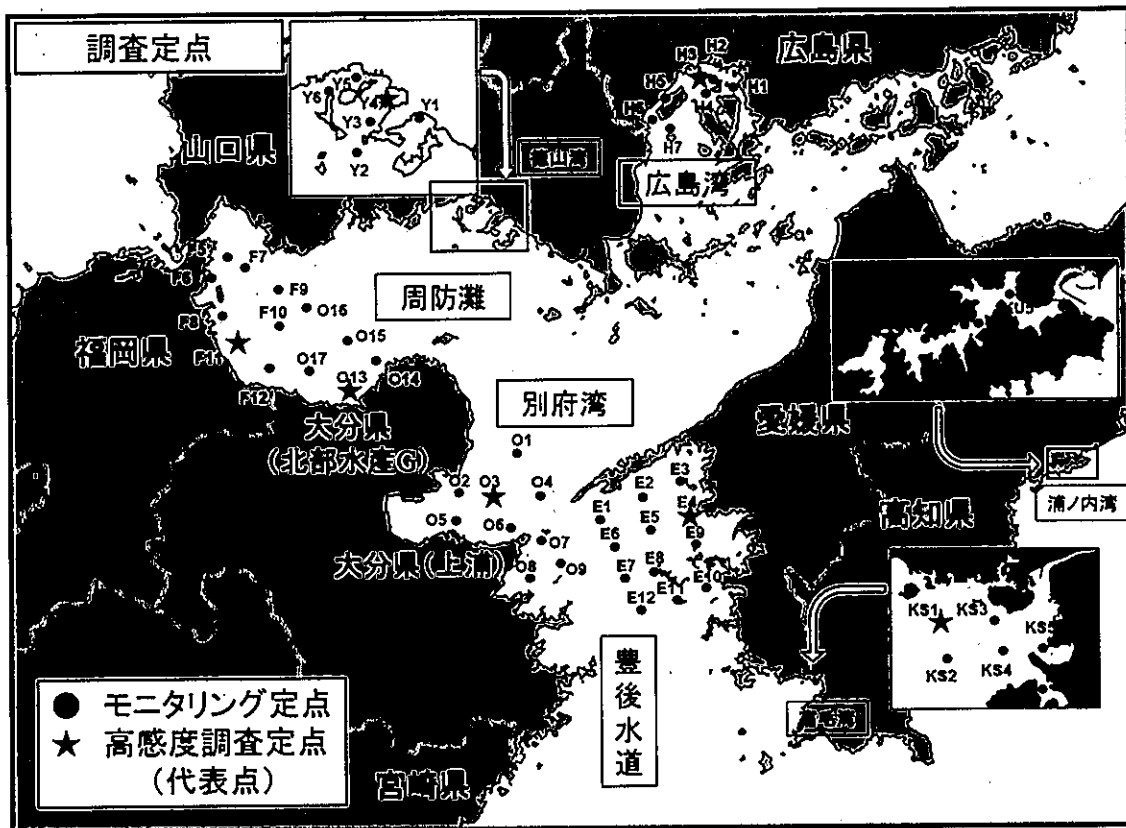


図1 モニタリング調査，高感度監視調査の定点

表1 モニタリング調査の観測分析項目と検鏡対象プランクトン

海域		周防灘				豊後水道・別府湾・宿毛湾			浦ノ内湾
担当県		広島県	山口県	福岡県	大分県(浅海)	大分県(上浦)	愛媛県	高知県	高知県
調査点数		7	6	8	5	8(3+6)	12	6	5
観測層(m)		0.5, 5, B-1	0.5, 5, B-1	0.5, 5, B-1	0.5, 5, (10,) B-1	0.5, 10	0.5, 10	0, 2, 5, 10	0, 2, 5, 10, B-1
調査回数		6	4	4	4	5	5	7	18
観測分析項目	水温	○	○	○	○	○	○	○	○
	塩分	○	○	○	○	○	○	○	○
	透明度	○	○	○	○	○	○	○	○
	NH4-N	○	○	○(代表点)	○	○	○	○	○
	NO2-N	○	○	○(代表点)	○	○	○	○	○
	NO3-N	○	○	○(代表点)	○	○	○	○	○
	PO4-P	○	○	○(代表点)	○	○	○	○	○
	クロロフィルa	○	○	○(代表点)	○	○	○	○	○
	DO	○	○	○	○	○	○	○	○
検鏡対象プランクトン	<i>Karenia mikimotoi</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Chattonella antiqua</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Chattonella marina</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Chattonella ovata</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Heterosigma akashiwo</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Heterocapsa circularisquama</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	珧藻類	○(表層)	○	○	○(代表点)	○(代表点)	○	○(代表点)	○

表2 測定・分析方法

調査・分析 項目	方法(機器)	広島湾	周防灘				豊後水道・別府湾・杵毛湾・浦ノ内湾		
		広島県	山口県	福岡県	大分県 (浅海)	大分県 (上浦)	愛媛県	高知県	
水温・塩分	多項目CTD	○	○	○	○	○	○	○	
透明度	透明度板	○	○	○	○	○	○	○	
NH4-N	インドフェノール青吸光度法	○	○	○	○	○	○	○	
NO2-N	ナフチルエチレンジアミン吸光度法	○	○	○	○	○	○	○	
NO3-N	銅カドミウムカラム還元 ナフチルエチレンジアミン吸光度法	○	○	○	○	○	○	○	
PO4-P	モリブデン青(アスコルビン酸還元) 吸光度法	○	○	○	○	○	○	○	
クロロフィルa	アセトン抽出吸光度法	○ (アセトン抽出後実施)	○	○	○			○	
	DMF抽出蛍光法					○	○		
DO	ウィンクラー法				○	○	○		
	溶存酸素計	○	○	○				○	

表3 高感度調査の観測分析項目と検鏡対象プランクトン

海域		広島湾	周防灘			豊後水道・別府湾・杵毛湾			浦ノ内湾
担当県		広島県	山口県	福岡県	大分県 (浅海)	大分県 (上浦)	愛媛県	高知県	高知県
調査点数		1	1	1	1	1	1	1	1
観測層(m)		0.5, 5, B-1	0.5, 5, B-1	0.5, 5, B-1	0.5, 5, B-1	0.5, 10	0.5, 10	0.5, 10	0.5, 10
調査回数		4	4	4	4	4	4	4	4
観測分析 項目	水温	○	○	○	○	○	○	○	○
	塩分	○	○	○	○	○	○	○	○
	透明度	○	○	○	○	○	○	○	○
	NH4-N	○	○	○	○	○	○	○	○
	NO2-N	○	○	○	○	○	○	○	○
	NO3-N	○	○	○	○	○	○	○	○
	PO4-P	○	○	○	○	○	○	○	○
	クロロフィルa	○	○	○	○	○	○	○	○
	DO	○	○	○	○	○	○	○	○
検鏡対象 プランクトン (100倍濃縮)	<i>Karenia mikimotoi</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Chattonella antiqua</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Chattonella marina</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Chattonella ovata</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Heterosigma akashiwo</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Heterocapsa circularisquama</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	珧藻類	○	○	○	○	○	○	○	○
PCR解析 対象 プランクトン	<i>Karenia mikimotoi</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Chattonella</i> spp.	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Heterosigma akashiwo</i>	○	○	○	○	○	○	○	○
	<i>Heterocapsa circularisquama</i>	○	○	○	○	○	○	○	○

表 4 調査実施日 (モニタリング調査, 高感度監視調査)

調査名	海域	担当県	4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月			11月			12月			1月			2月			3月			合計 調査 回数
			上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬							
モニタリング 調査	広島湾	広島県							14日			12日	23日	9日	20日			18日																	6				
		山口県						5日	11日					9日																				4					
	周防灘	福岡県			7日				3日				3日	1日																				4					
		大分県 (北部水産C)							3日	20日			10日	22日																				4					
		大分県 (水産研究部)				17日			14日			3日	23日	16日																				5					
	豊後水道 ・別府湾	愛媛県				15日 16日 22日		14日 4日 21日				23日 9日		8日 9日																					5				
	宿毛湾						22日		13日				25日	20日			13日			25日				26日										7					
	浦の内湾	高知県				15日		5日 19日	11日 25日	4日 16日 23日	5日 16日 23日	22日 28日	18日	16日			18日				16日			27日			4日							18					
	広島湾	広島県	2日		7日			3日																											4				
		山口県	3日		8日			5日																												4			
高感度監視 調査	周防灘	福岡県	3日		7日			3日																											4				
		大分県 (北部水産C)	3日		7日			3日																											4				
		大分県 (水産研究部)	3日		7日			3日																											4				
	豊後水道 ・別府湾	愛媛県		19日		17日			14日																										4				
		宿毛湾			22日		15日		4日																										4				
	浦の内湾	高知県			23日			22日		13日																									4				

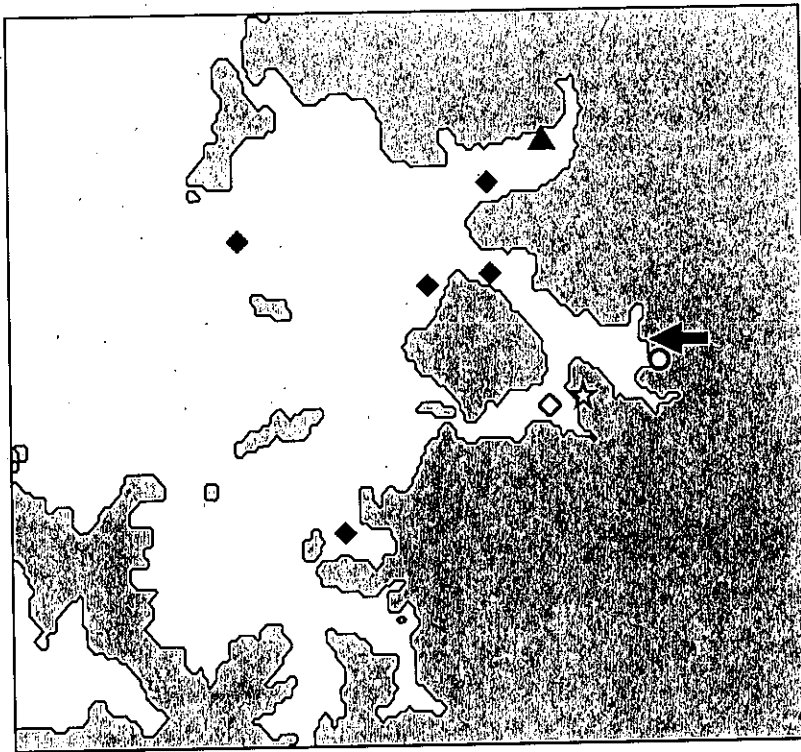


図2 宇和島湾内の調査定点（◇は重点調査点 U6，▲は吉田湾の採泥地点），気象観測所（○は気象庁宇和島特別地域気象観測所，☆は光量子計設置場所），および須賀川河口位置（黒矢印）

表5 塩分低下実験に用いた *Karenia mikimotoi* 培養の性状

培養	細胞密度 (cells/mL)	平均細胞蛍光強度	細胞直径 (平均値, μm)
28日目_100cells/mL区_完全SWM-3培地	75,300	8,900	20
28日目_100cells/mL区_ -N10%_SWM-3培地	23,800	7,800	23
31日目_10cells/mL区_完全SWM-3培地	76,800	7,500	20
31日目_10cells/mL区_ -N10%_SWM-3培地	27,900	9,100	23

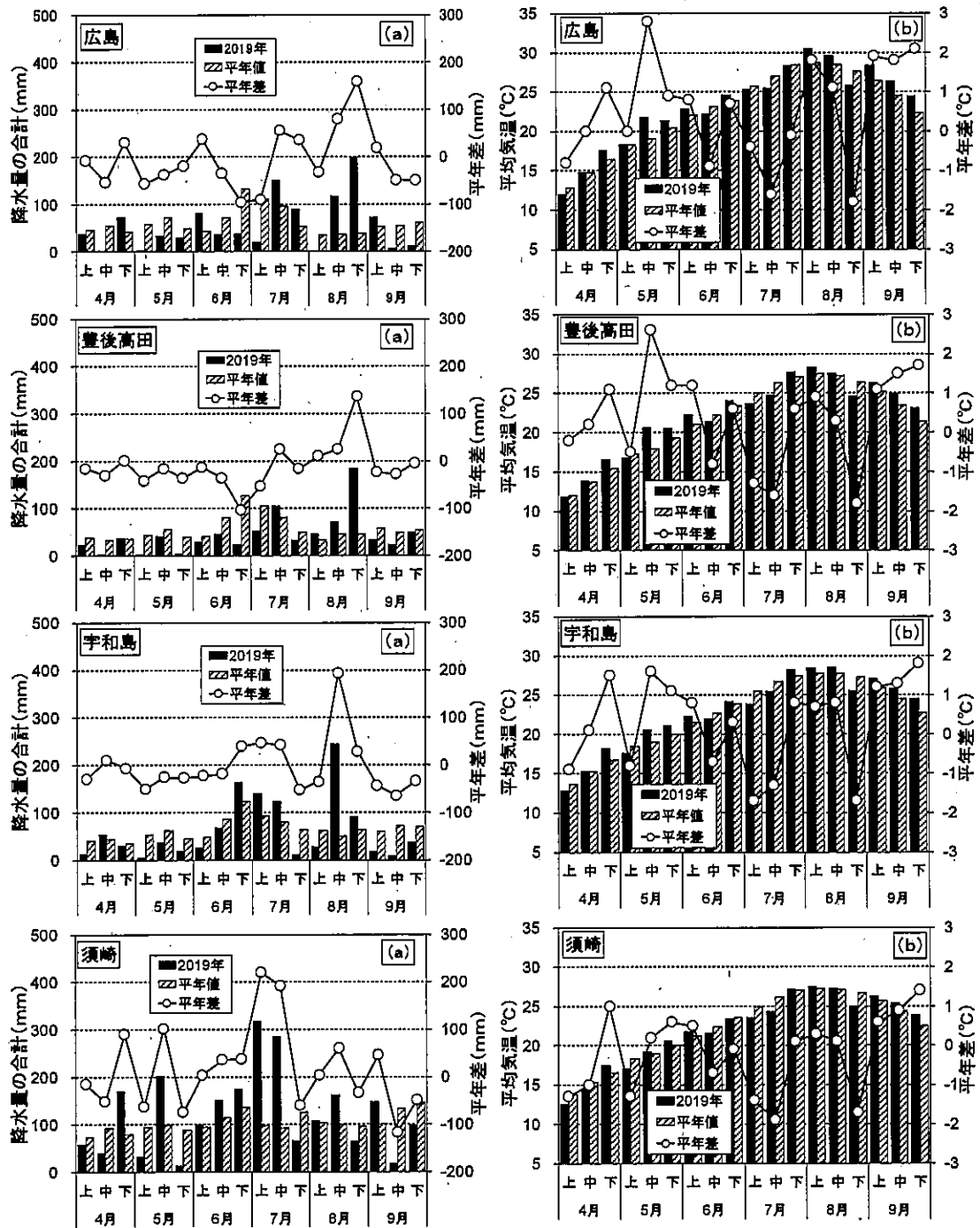


図3 2019年の旬別気象データと平年偏差の推移
(a) 旬降水量, (b) 旬平均気温

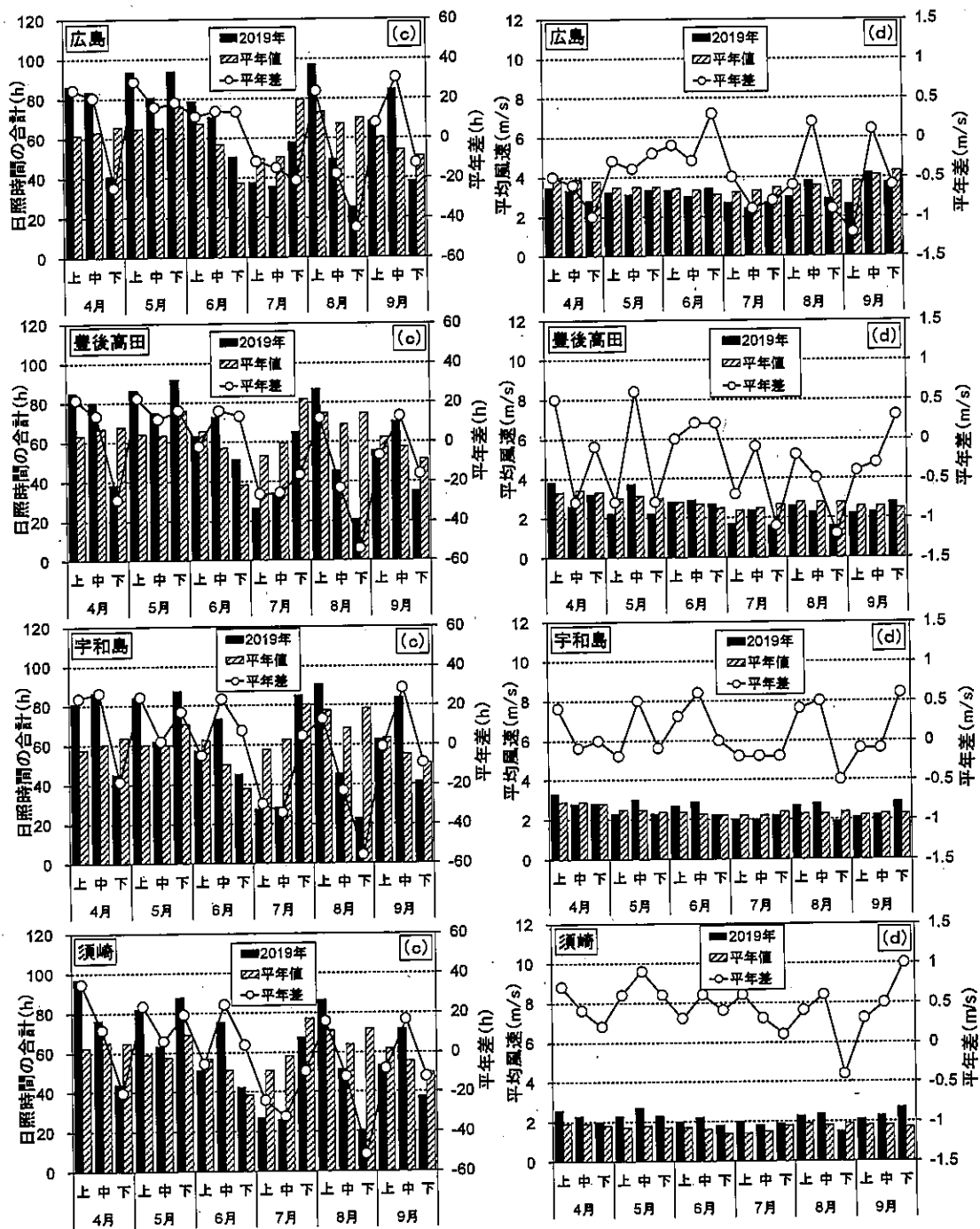


図3 2019年の旬別気象データと平年偏差の推移
(c) 旬日照時間, (d) 旬平均風速

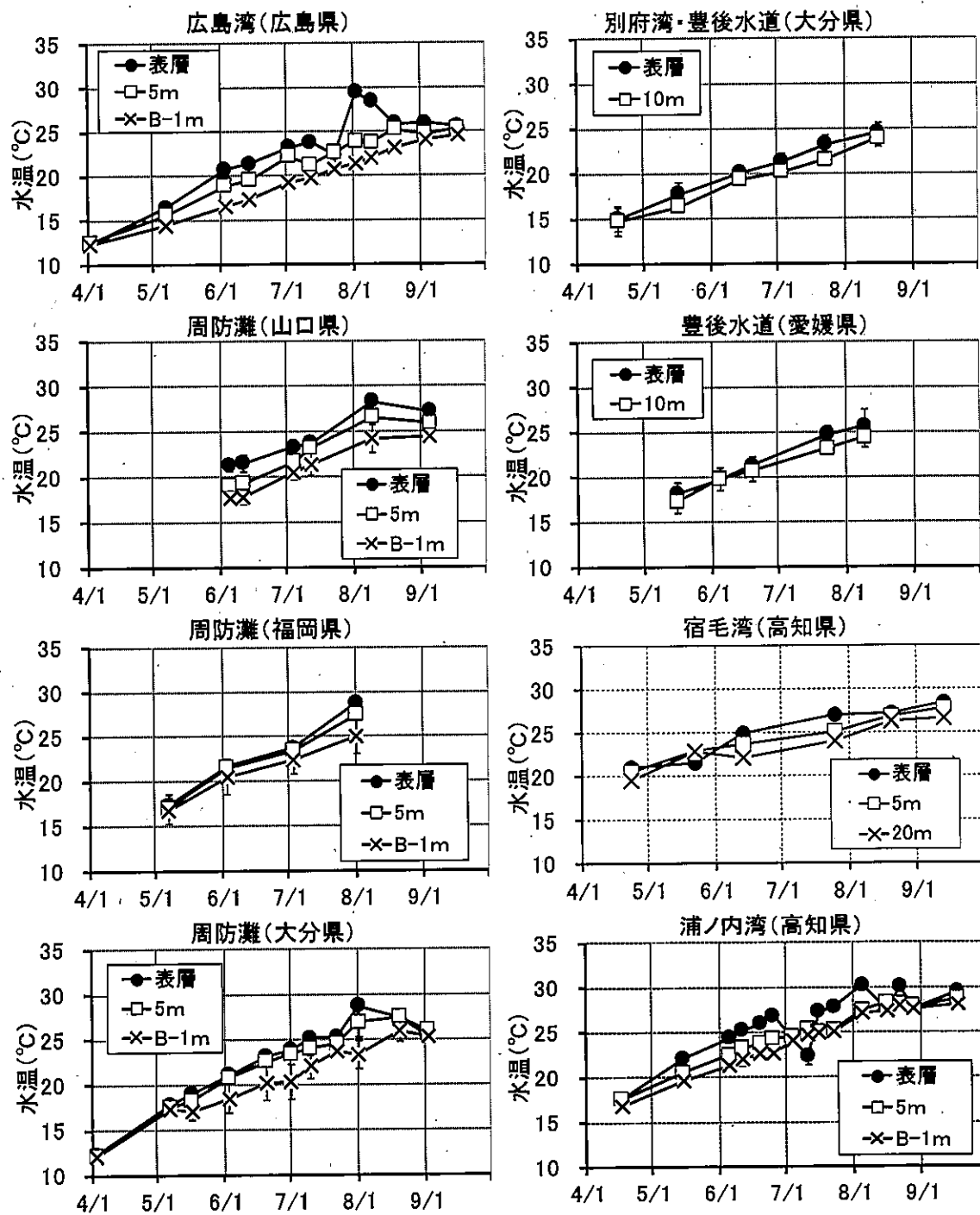


図4 各県海域における水温の推移

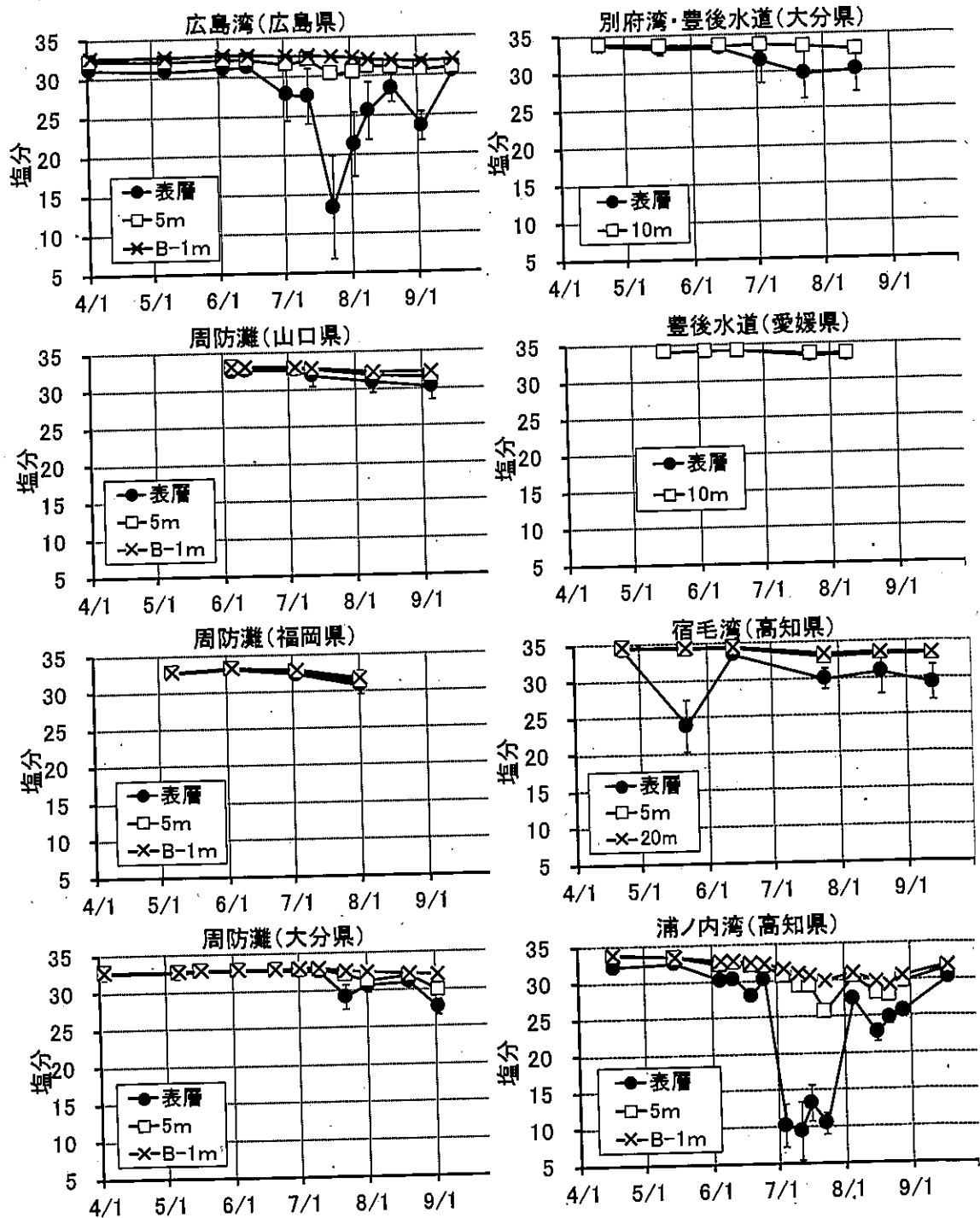


図5 各県海域における塩分の推移

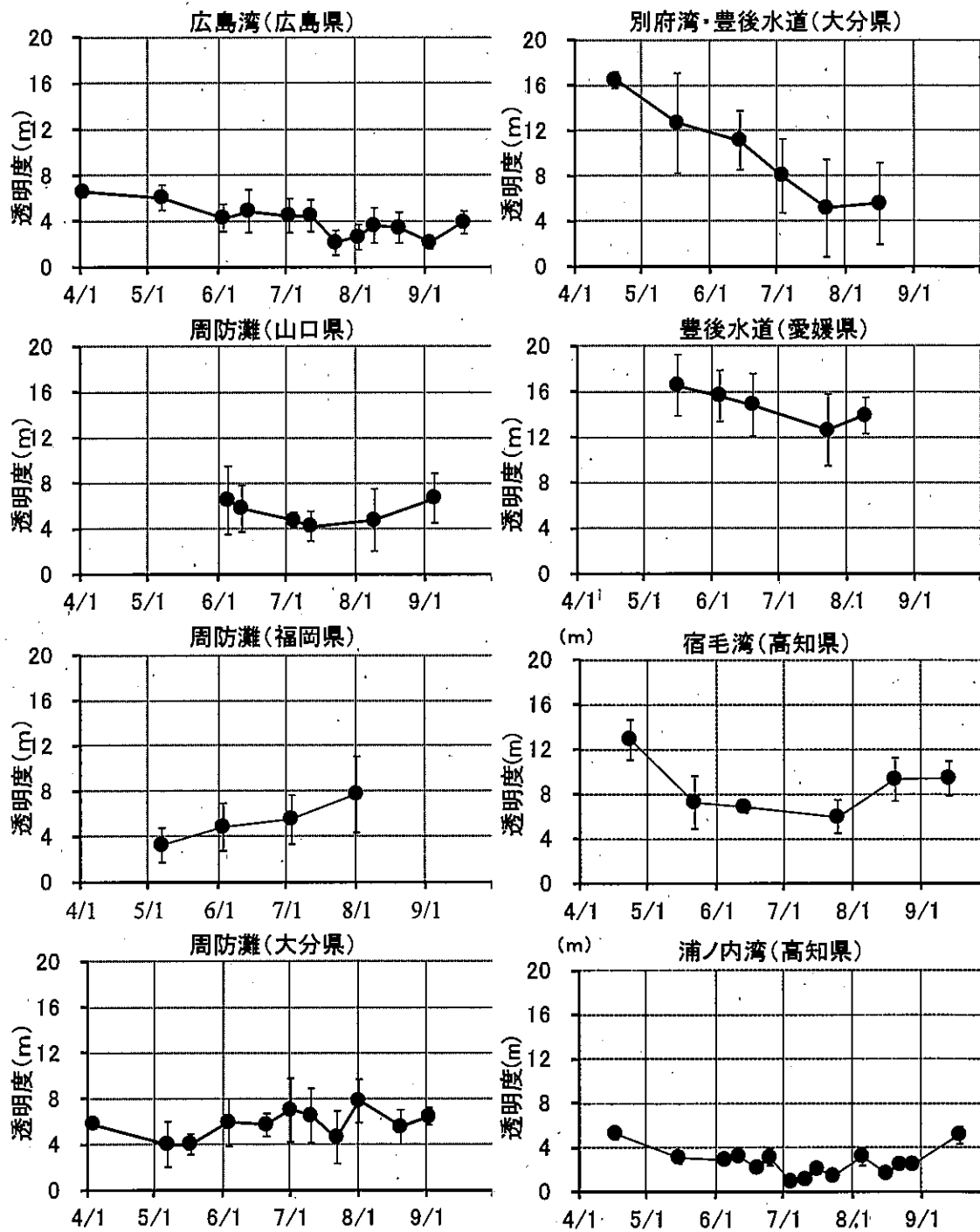


図6 各県海域における透明度の推移

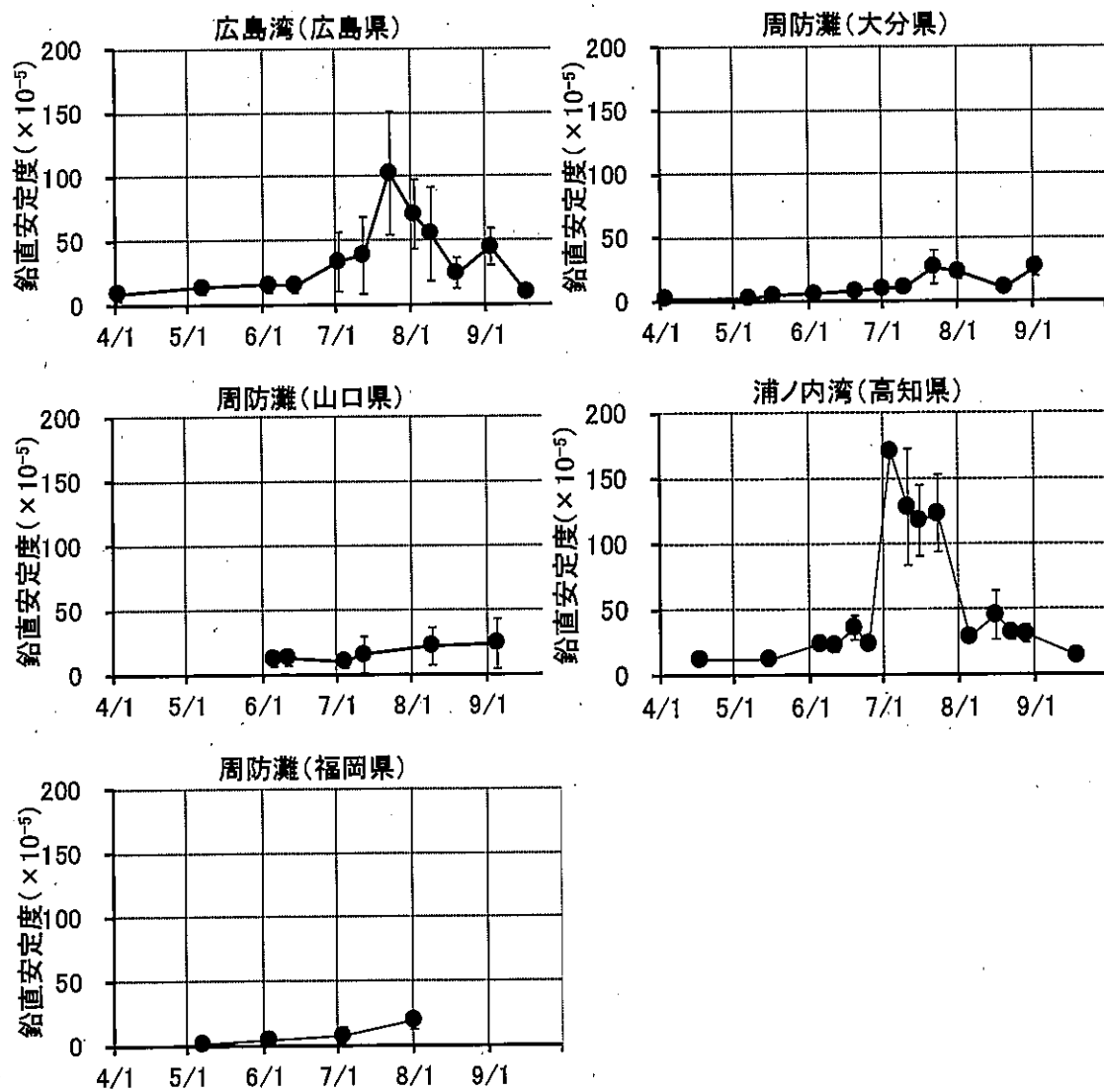


図7 広島湾, 周防灘, 浦ノ内湾における鉛直安定度の推移

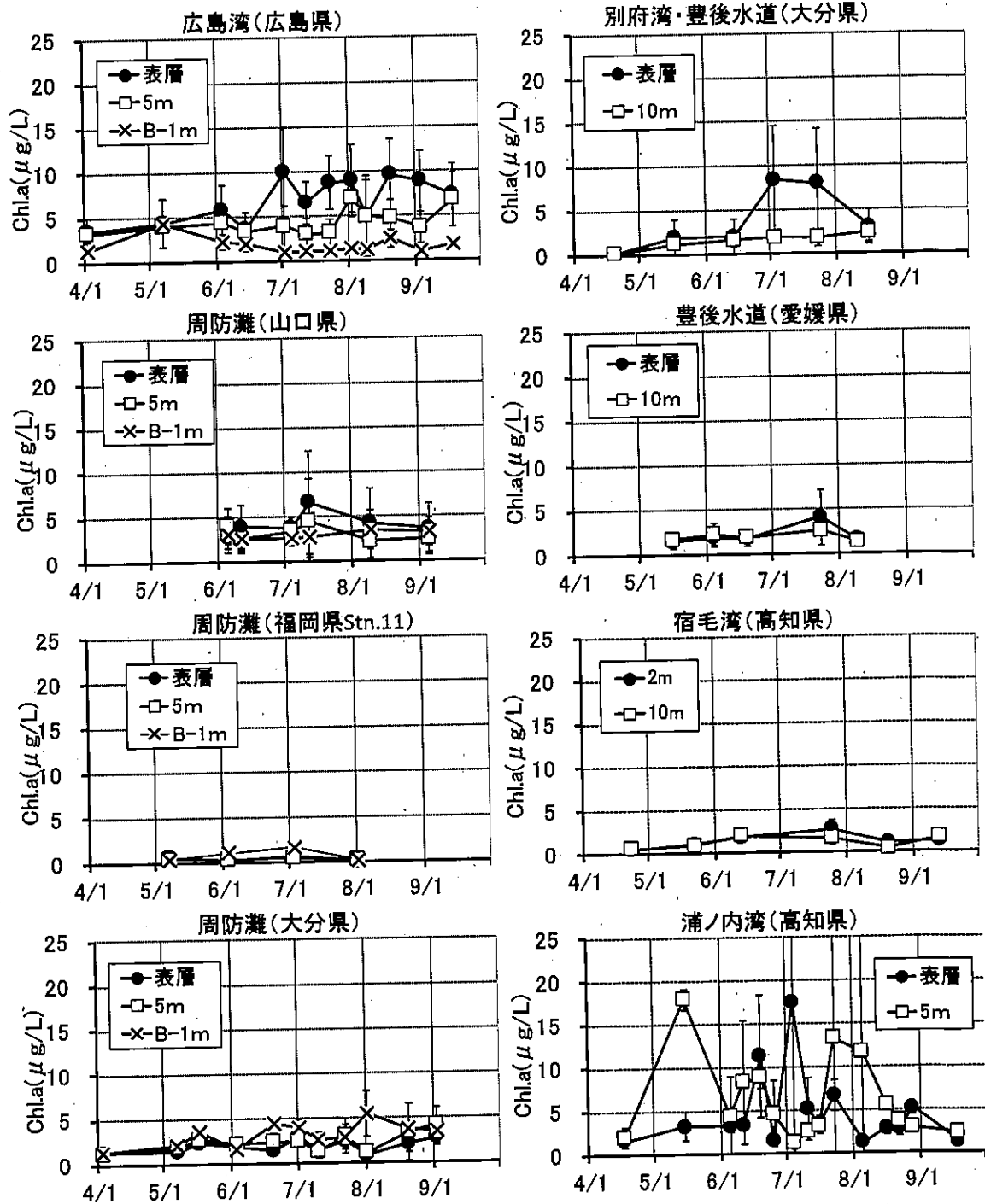


図8 各県海域におけるクロロフィルaの推移

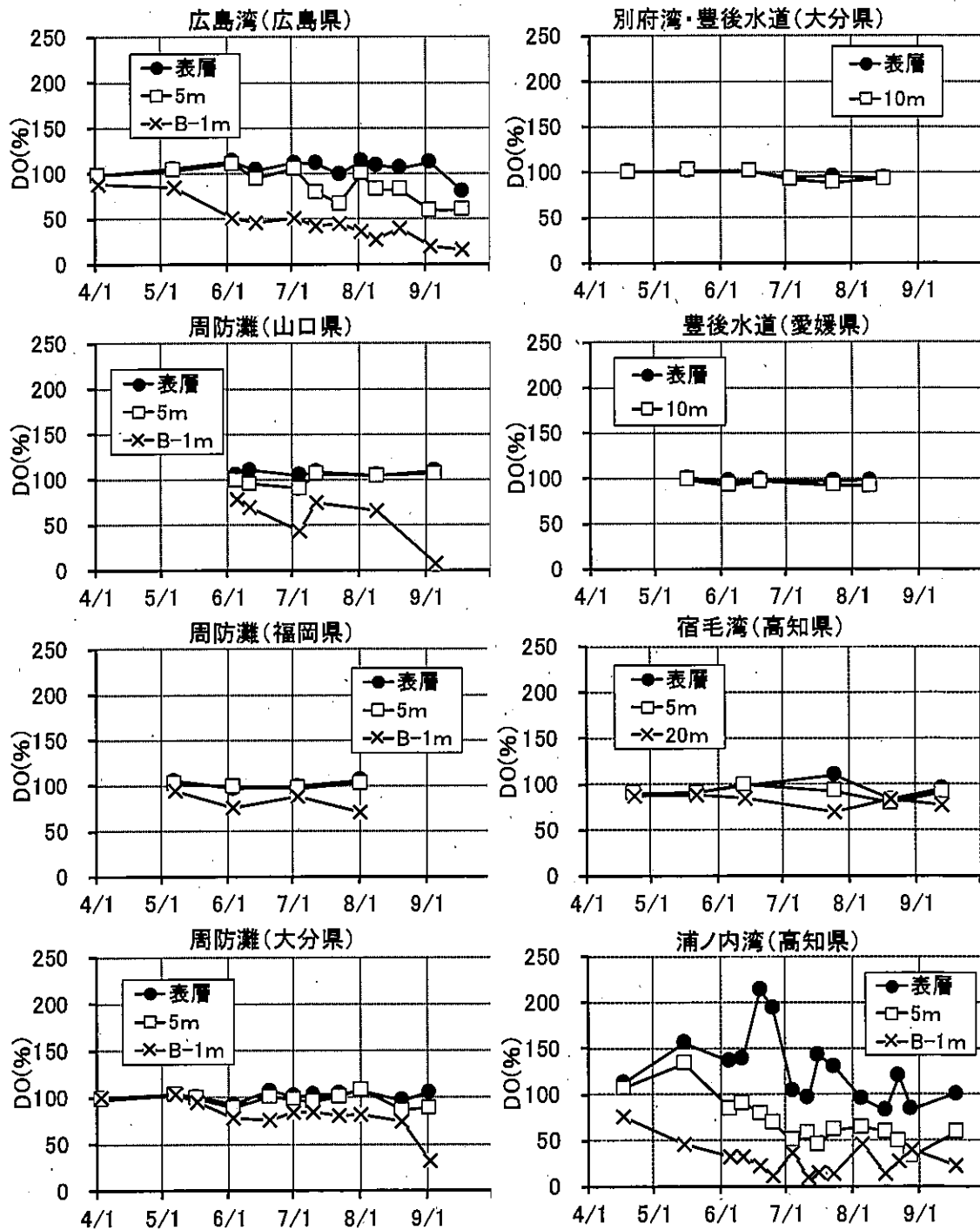


図9 各県海域における溶存酸素飽和度(最低値)の推移

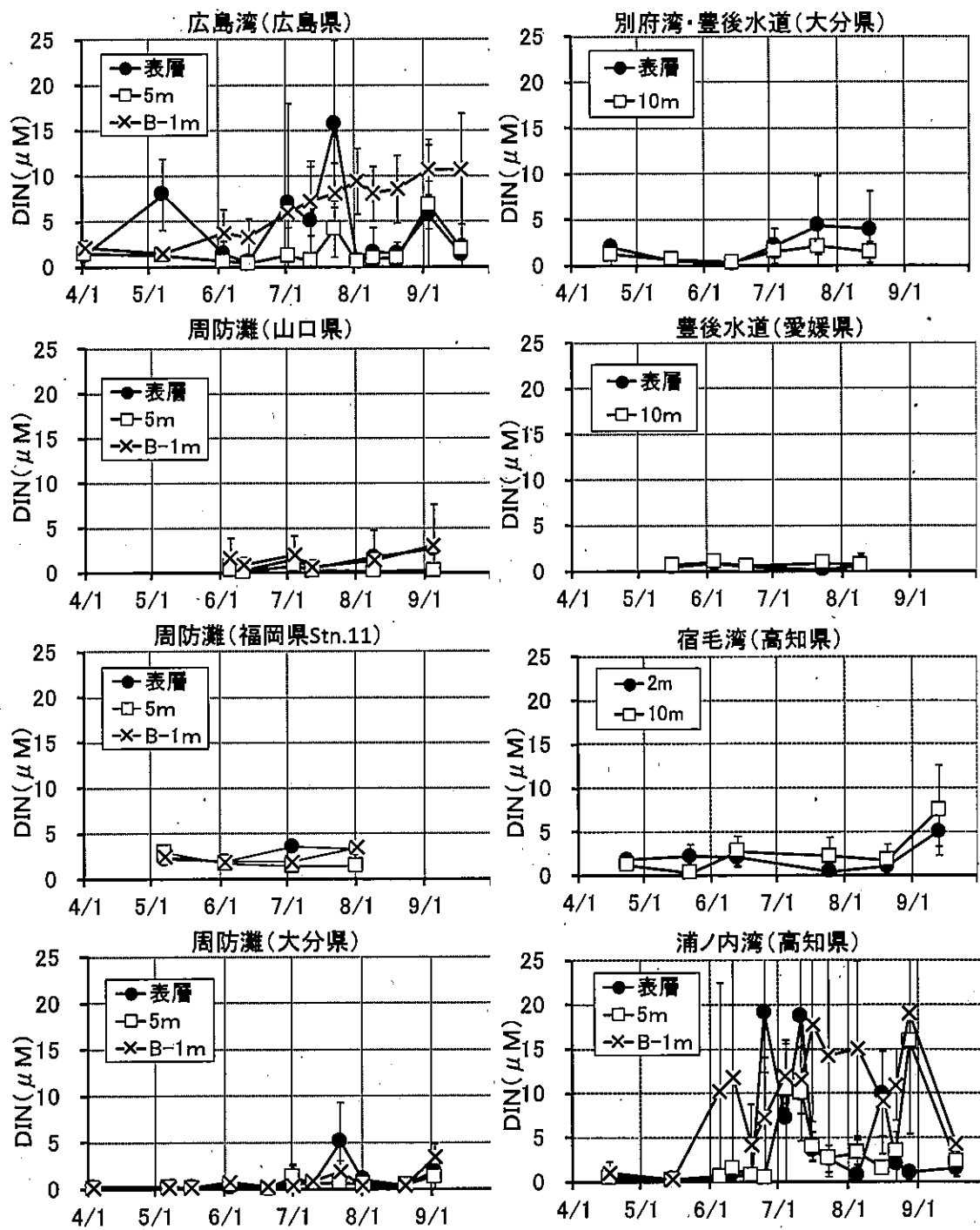


図 10 各県海域における DIN の推移

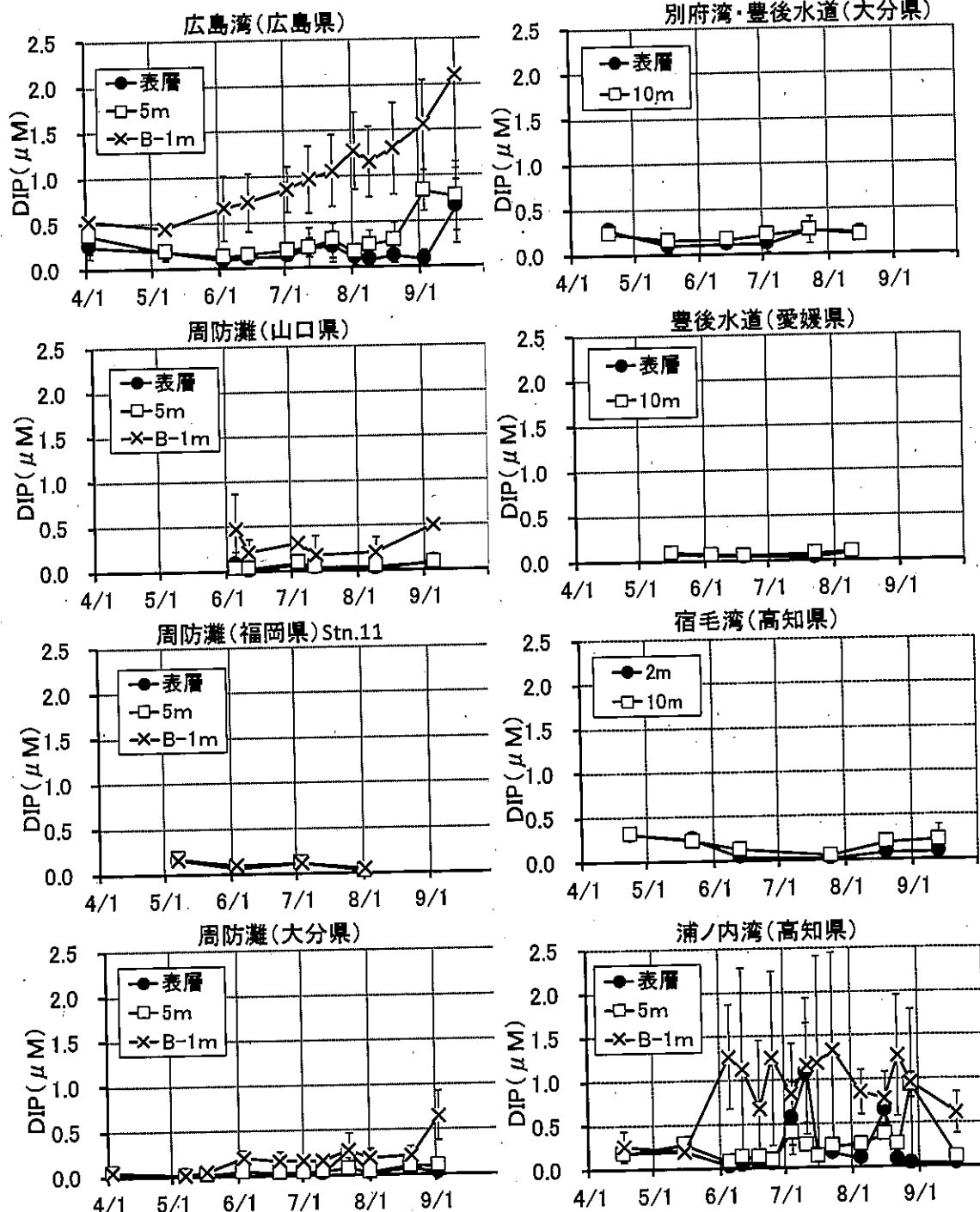


図 11 各県海域における DIP の推移

表6 各県海域における水質データの平年偏差（標準化）

海域	担当県	月	水温	塩分	DIN (μM)	DIP (μM)	クロロフィルa ($\mu\text{g/L}$)	透明度	酸素飽和度 (%)	鉛直安定度	珪藻類
広島湾	広島県	5	1.5	-0.1	1.6	0.0	1.0	0.8	2.2	-1.4	
		6	2.1	0.3	0.1	-0.1	0.8	-0.1	3.3	-0.6	-0.5
		7	1.9	0.4	-0.2	-0.1	-0.4	1.7	3.8	-1.0	-0.7
		8	0.5	-0.2	-0.3	0.0	0.0	-0.8	3.8	1.3	3.9
		9	-0.3	1.5	1.6	1.4	-0.6	-1.4	0.6	0.8	0.7
徳山湾	山口県	5	0.8	0.0	0.5	-1.0	-1.0	1.5	2.7	-0.4	1.2
		6	0.6	0.6	-1.2	-1.0		1.7	1.8	0.2	-0.0
		7	0.5	1.0	-0.2	-1.2	-1.1	1.3	3.9	-2.6	-0.6
		8	1.1	-0.3	-1.8	-0.6	-1.0	-0.8	2.4	-1.8	-0.4
		9	-0.2	-1.2	-1.0	-0.6	-1.8	1.6	2.1	0.1	-0.7
周防灘	福岡県	5	0.3	0.4	2.8	1.7	-0.9	-0.6	0.1	-0.8	1.7
		6	0.8	1.5	1.5	0.1	-0.8	0.3	0.0	-0.5	0.1
		7	-0.4	1.9	0.4	-0.2	-1.1	0.1	0.5	-1.0	-0.3
		8	-0.2	-0.4	0.8	-0.7	-0.6	0.9	0.8	0.3	1.1
		9	-0.4	-1.1	5.4	-0.1	-0.6	0.2	-1.0	3.0	
	大分県 北部水産 G	5	0.4	0.3	-0.8	-2.4	-0.4	-1.4	0.5	-1.5	1.3
		6	0.6	0.7	0.2	-0.6	0.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.4
		7	0.3	1.6	-0.5	-0.8	-0.4	0.1	0.7	-1.3	-0.4
		8	0.6	-1.0	-0.4	-1.0	-0.6	0.1	0.4	0.7	-0.3
		9	-1.3	-3.6	0.3	-0.7	1.9	0.8	-1.2	1.2	0.0
別府湾	大分県 水産研究 部	5	-0.4	-0.4	-0.8	-0.1	4.8	0.3	1.4		5.5
		6	0.2	0.2	-0.6	-0.1	0.1	1.0	1.1		-0.5
		7	-0.4	0.9	0.3	0.4	0.1	0.3	-0.3		0.1
		8	1.2	-0.1	0.1	0.0	1.5	-0.9	-0.0		-0.6
豊後 水道	大分県 水産研究 部	5	-0.7	-0.7	-0.4	-0.1	0.7	0.9	0.8		-0.4
		6	-0.4	0.7	-0.9	-0.7	2.1	0.1	1.5		12.2
		7	-0.3	0.8	-0.1	-0.1	0.8	-0.2	-0.3		-0.3
		8	1.4	-1.5	0.1	-0.1	-0.1	-1.3	1.1		0.6
	愛媛県	5	-0.9	-0.8	-1.3	-0.3		1.4	1.2		-2.2
		6	-0.0	0.7	-0.9	-0.4	0.3	1.9	2.2		-0.6
		7	1.5	-0.5	-1.2	-0.4	0.2	0.5	1.3		-0.6
		8	0.6	-0.8	-1.1	-0.6	3.5	0.1	3.9		6.4
宿毛湾	高知県	5	1.6	0.4	1.3	1.6	-0.6	-0.9	-0.2		
		6	0.0	1.7	-0.3	-0.7	-0.3	-0.1	0.5		
		7	-2.2	-0.0	-1.1	-1.0	0.8	-0.7	-2.8		
		8	-1.2	-0.3	-1.2	-1.1	-0.6	0.5	0.0		
		9	2.3	0.1	-0.4	-1.0	-0.4	-0.5	-3.2		
		10	-1.2	-12.0	1.4	1.3	-0.8	-0.1	0.0		
		11	-1.0	0.3	1.3	2.3	-0.5	-1.3	-1.9		
		5	0.2	1.9	-0.5	0.5	13.2	1.1	1.3	-0.4	-1.9
		6	-1.7	1.4	-0.6	-0.5	-1.3	-0.1	-1.1	-0.1	-0.7
		7	0.0	1.3	4.5	0.2	-0.8	-1.2	-0.6	欠測	-0.9
		8	-0.8	0.1	0.2	-0.4	-1.0	0.8	-5.2	-0.3	-0.8
浦ノ内 湾	高知県	9	-0.0	0.5	-0.8	-1.5	-1.7	1.7	-0.1	-0.7	-0.9
		10	0.2	0.6	-0.9	1.4	-0.5	4.0	-0.1	-0.8	-1.3
		11	-2.1	1.2	1.4	0.1	-0.3	-0.6	0.4	-0.7	-0.9
		12	-0.2	0.6	-0.9	-0.8	0.8	0.4	-0.3	-0.3	-0.7
		1	2.0	0.8	4.8	4.0	-1.8	2.7	-0.2	-0.4	-0.7

表7 平年偏差の算出に用いたデータ期間, 対象調査点, 対象水深

表7 平年偏差の算出に用いたデータ期間、対象調査点、対象水深

	海域	担当県	水温	塩分	DIN (μM)	DIP (μM)	クロフィルa ($\mu\text{g/L}$)	透明度	酸素 飽和度 (%)	鉛直 安定度	珪藻類
データ 期間	広島湾	広島県	H21-H30								H23-H30
	徳山湾	山口県	H21-H30								H26-H30
	周防灘	福岡県									
		大分県 北部水産G									
	別府湾	大分県 水産研究部	H21-H30						H25-H30		
	豊後 水道	大分県 水産研究部	H21-H30		H25-H30	H21-H30					
		愛媛県	H21-H30		H25-H30	H21-H30					
	宿毛湾	高知県	H21-H30	H23-H30	H24-H30	H21-H30	H21-H30				
浦ノ内湾	H21-H30										
対象 調査点	広島湾	広島県	H1,3,4,5								
	徳山湾	山口県	Y4								
	周防灘	福岡県	F5-F12								F5-F12 (H21~24 はF6)
		大分県 北部水産G	O13,14,17								O13
	別府湾	大分県 水産研究部	O1-O6(5月はO3のみ)							O3 O9 E1-E12	
	豊後 水道	大分県 水産研究部	O7-O9(5月はO9のみ)								
		愛媛県	E1-E12								
	宿毛湾	高知県	KS1								
浦ノ内湾	KU1										
対象 水深	広島湾	広島県	5m						B-1m	0m	
	徳山湾	山口県								0.5,B-1m	
	周防灘	福岡県									
		大分県 北部水産G	10m							0.5,10m	
	別府湾	大分県 水産研究部									
	豊後 水道	大分県 水産研究部								10m	
		愛媛県								10m	
	宿毛湾	高知県	5m	2m	20m						
浦ノ内湾	5m					B-1	0.5m				