

12. 豊後水道

12-1 湾・灘の概況(海域の物理特性等の基礎情報)

(1) 地理・地形－整理項目①

豊後水道は瀬戸内海南西部に位置し、海域面積 2,744km²、平均水深 71.8m、容積 1,970 億 m³ の海域であり、北部では伊予灘に接し、南部で太平洋に接続している。関係府県は、沿岸部の愛媛県、大分県である。

海域の地形は、全体的に水深が大きく、水深 60m 以深の水域が多くを占めており、速吸瀬戸の南側に約 350m の海釜が形成されている。

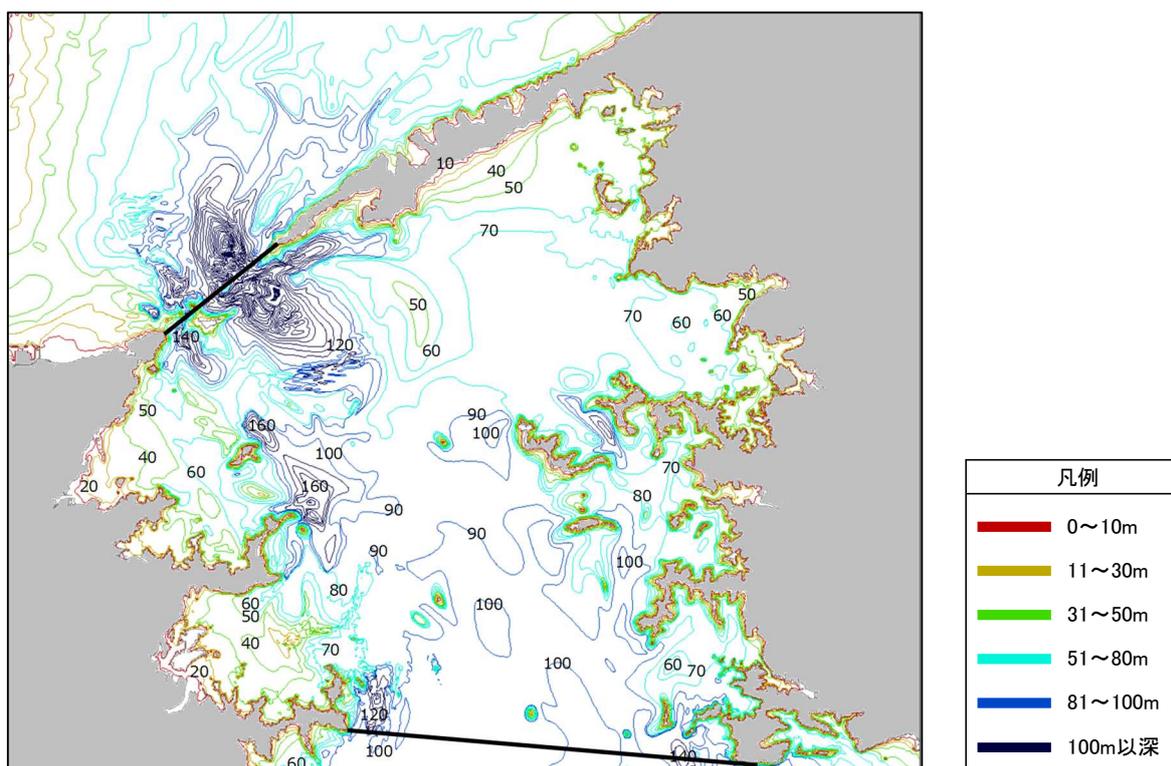


図 12-1 豊後水道の水深分布

表 12-1 豊後水道の海域緒元

海域区分	関係府県	海域面積 (km ²)	平均水深 (m)	容積 (億 m ³)
豊後水道	愛媛県、大分県	2,744	71.8	1,970

出典) 環境省調べ

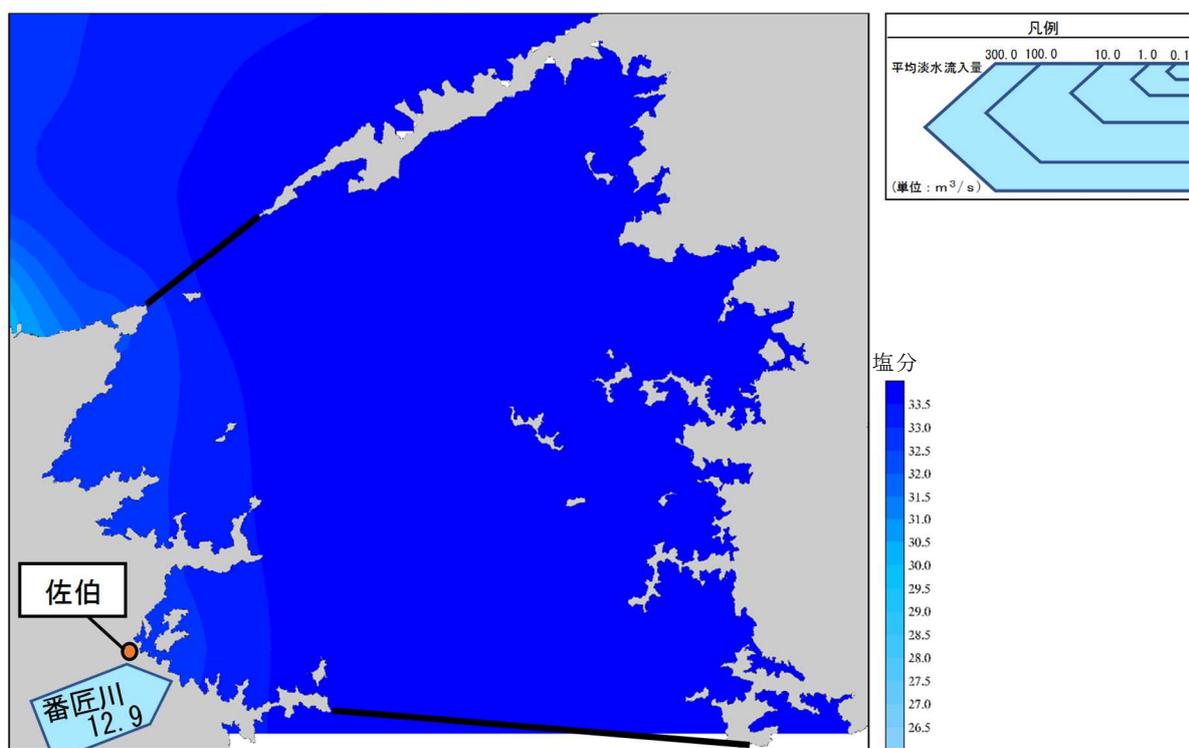
(2) 流入河川・流域－整理項目②

豊後水道に流入する一級河川は、西部に番匠川があり(図 12-2)、流域面積は約 500km²である。その他の地域には一級河川はない。豊後水道に流入する二級水系は 54 水系であり、流域面積は約 800km²である。豊後水道に流入する河川流域の陸域総面積は約 1,500km²、人口は約 30 万人である。

豊後水道では、西側の方が東側よりも塩分がやや低い傾向がある(図 12-2)。

佐伯の降水量の年平均値(1976～2016 年の平均)は(図 12-3)、2.1 千 mm/年 程度であり、近年(2010～2016 年)の平均値は、1976～2016 年の平均値と比べて多い。また、1993 年など降水量の多い年には、番匠川の流量が大きい傾向を示している。

番匠川の TN 濃度は 1978 年に高い値を示しているが、その後はおおむね横ばいで推移している(図 12-4)。また、TP 濃度は 1980、1981 年に高い値を示し、その後はおおむね横ばいで推移している(図 12-4)。

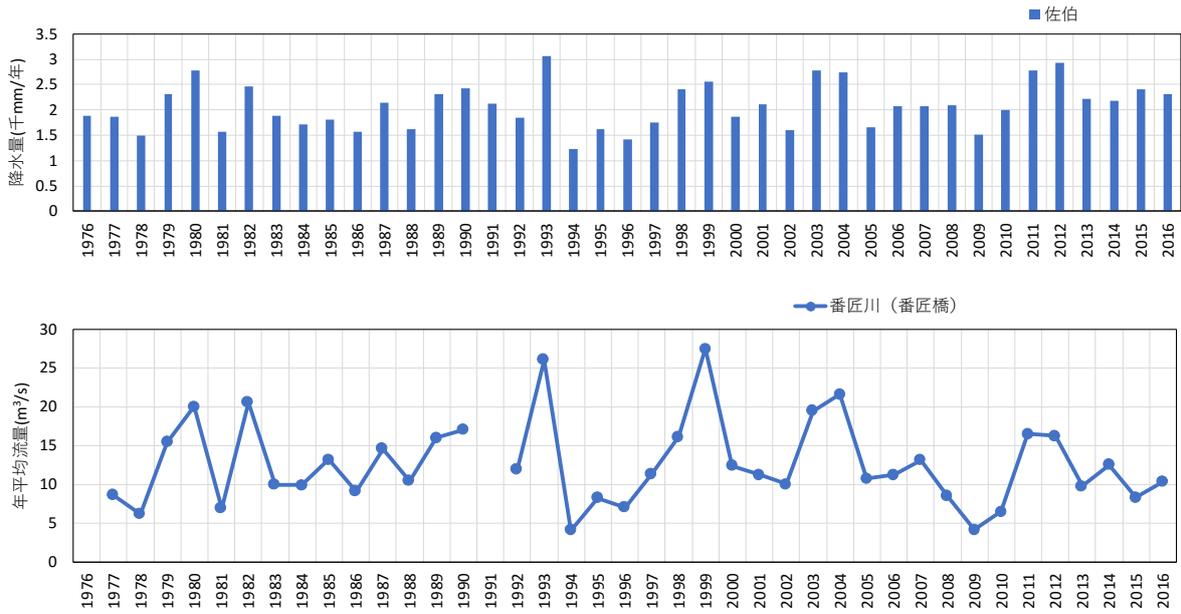


注)1. 河川流量は、年平均流量の過去 20 年間(1997～2016 年)の平均値。塩分は、年度平均塩分の過去 20 年間(1997～2016 年度)の平均値。

2. ●は気象観測所の位置(図 12-3 において整理した降水量の観測位置)を示す。

出典)広域総合水質調査結果(環境省)及び浅海定線調査結果(愛媛県)、「水文水質データベース」(国土交通省)より作成

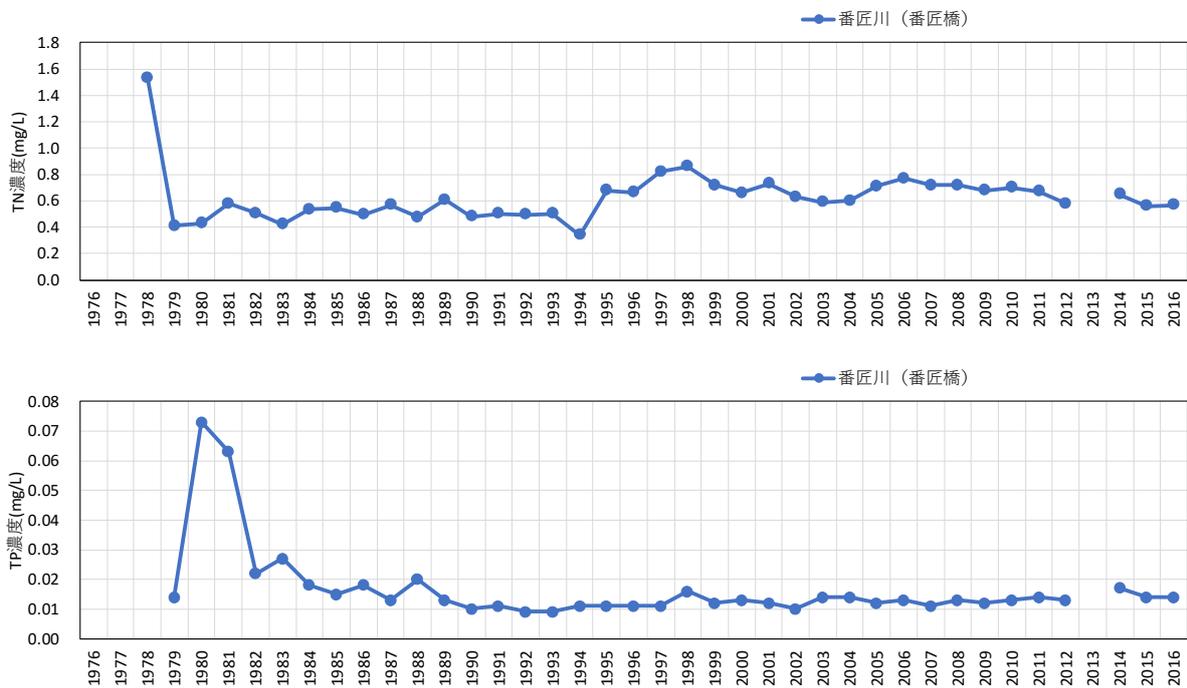
図 12-2 上層の塩分分布及び一級河川の流量



注) 1. 降水量については、流量観測所の近傍の代表地点の値を用いた。
 2. 河川によって河口から観測所位置までの距離が異なる。それぞれの河口からの距離は番匠川(番匠橋)では9.0kmである。

出典)「水文水質データベース」(国土交通省)、気象統計情報(気象庁 HP)より作成

図 12-3 一級河川の年平均流量及び代表地点(佐伯)における降水量の推移



注) 1. TN、TP は平水時のデータであるため、年平均流量と乗算しても年負荷量にはならない。
 2. 水質観測所は流量観測所と同じ観測所である。
 3. 河川によって河口から観測所位置までの距離が異なる。それぞれの河口からの距離は番匠川(番匠橋)では9.0kmである。

出典)「水文水質データベース」(国土交通省)より作成

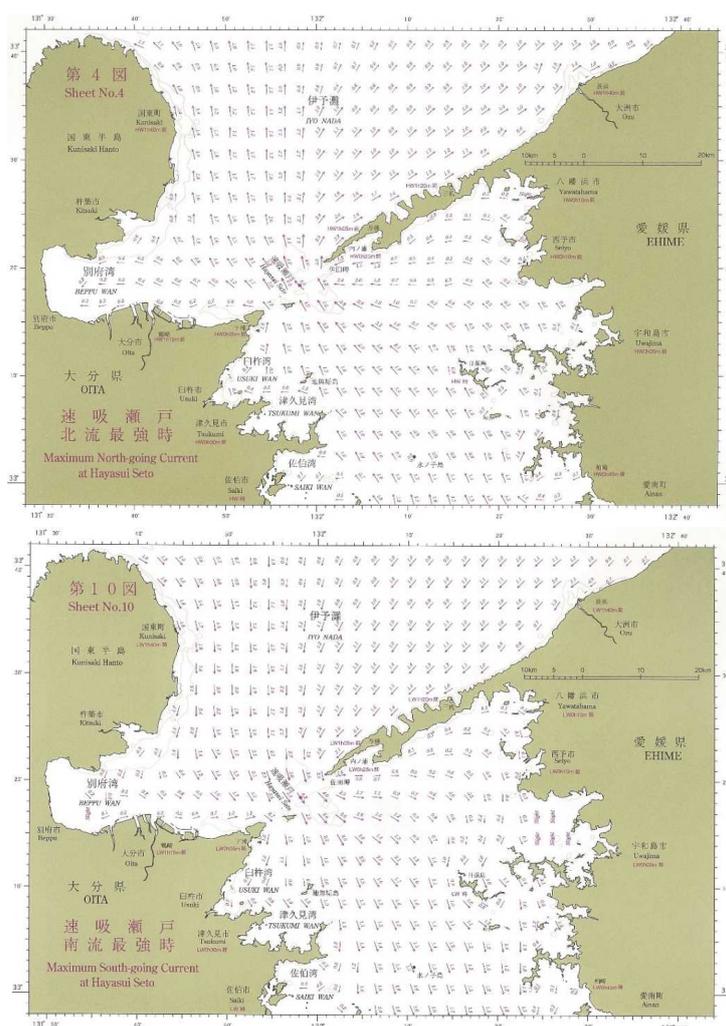
図 12-4 一級河川の TN、TP の年平均値の推移

(3) 流況－整理項目③

豊後水道で定常的に最も卓越する流動は南北に流れる潮流である。潮流の流速は速吸瀬戸では 2m/s を超える。¹ 中央部海域は流速が大きいが、沿岸部は地形が入り組み多くの内湾を有しているため流速が小さい。

豊後水道中央部の表層の残差流は南方向に流れている。

内海水の流出は西側(大分県側)からであり、夏季は中層から表層を通過して流出し、冬季は底層を通過して流出する。外洋水は東側(愛媛県側)から流入する⁷。また、黒潮を起源とする暖水が定期的に表層から侵入する「急潮」と、底部陸棚斜面から侵入する「底入り潮」があり、外洋水の影響を強く受ける海域である(図 12-7)。⁸

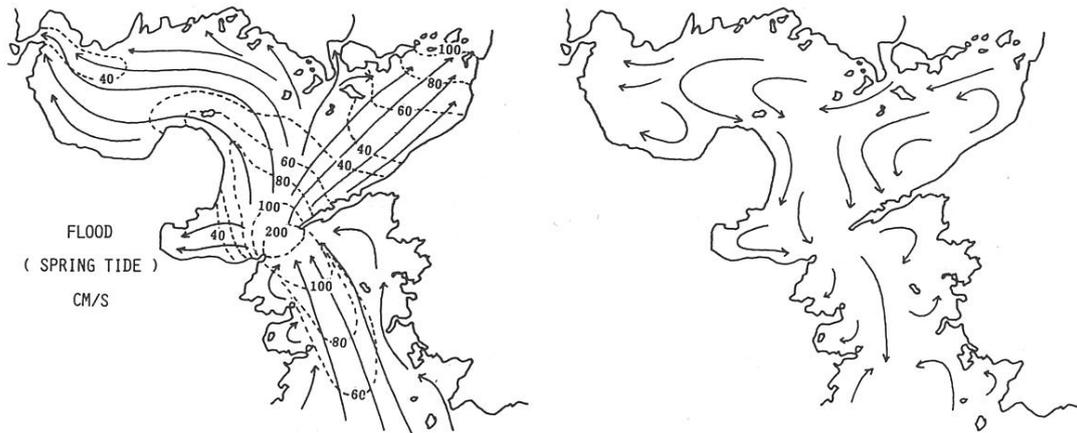


出典)海上保安庁(2006):豊後水道付近潮流図

図 12-5 豊後水道の潮流(上図:速吸瀬戸北流最強時、下図:速吸瀬戸南流最強時)

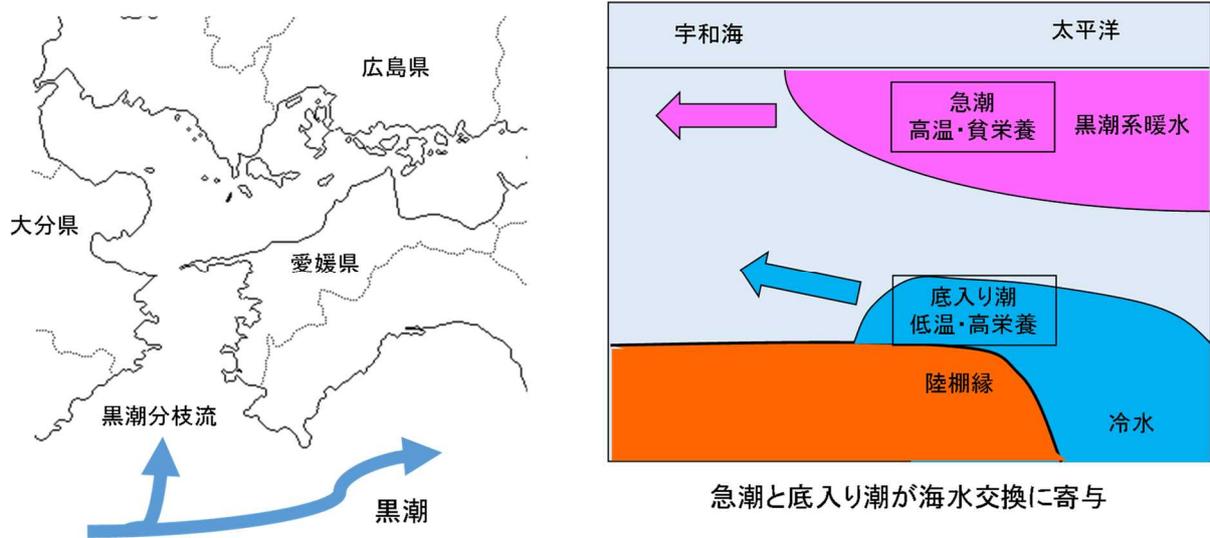
⁷ 藤原建紀(2013):瀬戸内海の水温・塩分と海況変動. 瀬戸内海の気象と海象, 海洋気象学会, pp. 37-61.

⁸ 愛媛県漁業協同組合(2018):第12回瀬戸内海環境保全小委員会資料.



出典)柳哲雄(1985):瀬戸内海Ⅲ(A.伊予灘・周防灘・豊後水道、B.別府湾)Ⅱ物理. 日本全国沿岸海洋誌. 日本海洋学会沿岸海洋研究部会編, 東海大学出版会, 709-714.

図 12-6 伊予灘・周防灘・豊後水道の流況
(左:大潮上げ潮最強時の潮流、右:表層の残差流模式図)

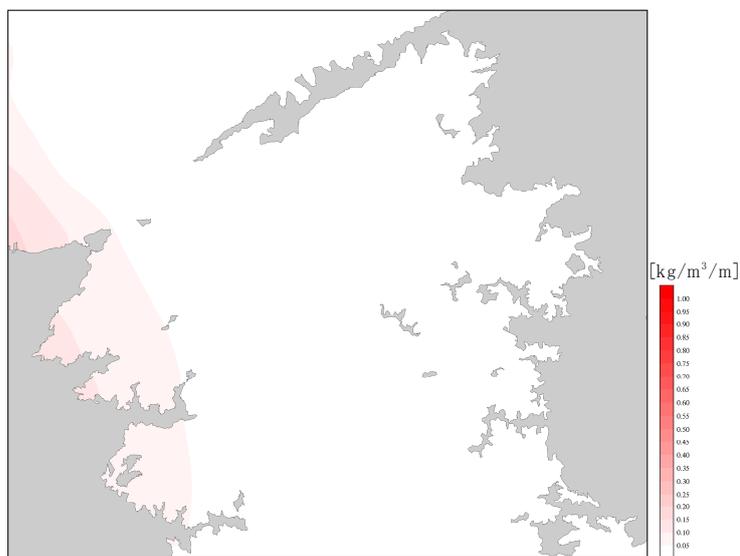


出典)愛媛県漁業協同組合(2018):第12回瀬戸内海環境保全小委員会資料.

図 12-7 豊後水道における外洋水の流入

(4) 成層－整理項目④

豊後水道の夏季(7月)における鉛直方向の密度勾配の分布を図 12-8 に示す。夏季の鉛直方向の密度勾配は、西部海域の沿岸で大きい傾向にある。



注) 密度勾配は、過去 20 年間(1997～2016 年)の夏季における上層と下層の平均密度の差を上層と下層の水深差で除したもの。

密度勾配=上層と下層の密度差/上層と下層の水深差

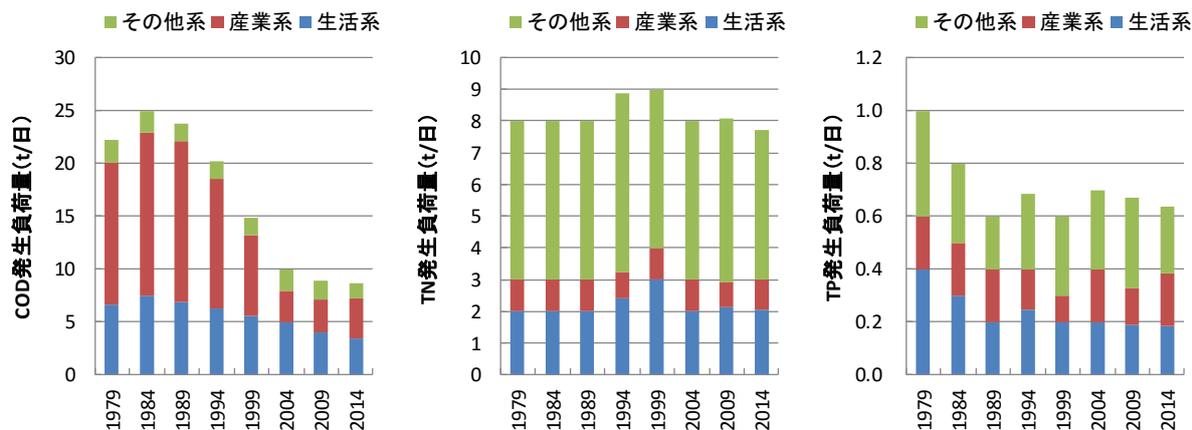
出典) 広域総合水質調査結果(環境省)及び浅海定線調査結果(愛媛県)より作成

図 12-8 豊後水道の夏季(7月)における鉛直方向の密度勾配の分布

(5) 発生負荷量－整理項目⑤

流域における COD の発生負荷量は 1984 年度以降減少傾向を示している。TN の発生負荷量は 1990 年代にやや高い値を示しているものの、おおむね横ばいで推移している。TP の発生負荷量は 1979 年度から 1988 年度にかけて減少した後、おおむね横ばいで推移している。

また、湾・灘ごとのデータがないため下記グラフには含まれていないが、愛媛県では養殖系の負荷量の割合が大きい。



注) 本集計は「201 人以上の浄化槽面源分」と「給仕養殖漁業(TN、TPのみ)」を含まない。

出典) 水質総量削減に係る発生負荷量等算定調査(環境省)より作成

図 12-9 豊後水道における発生負荷量の推移

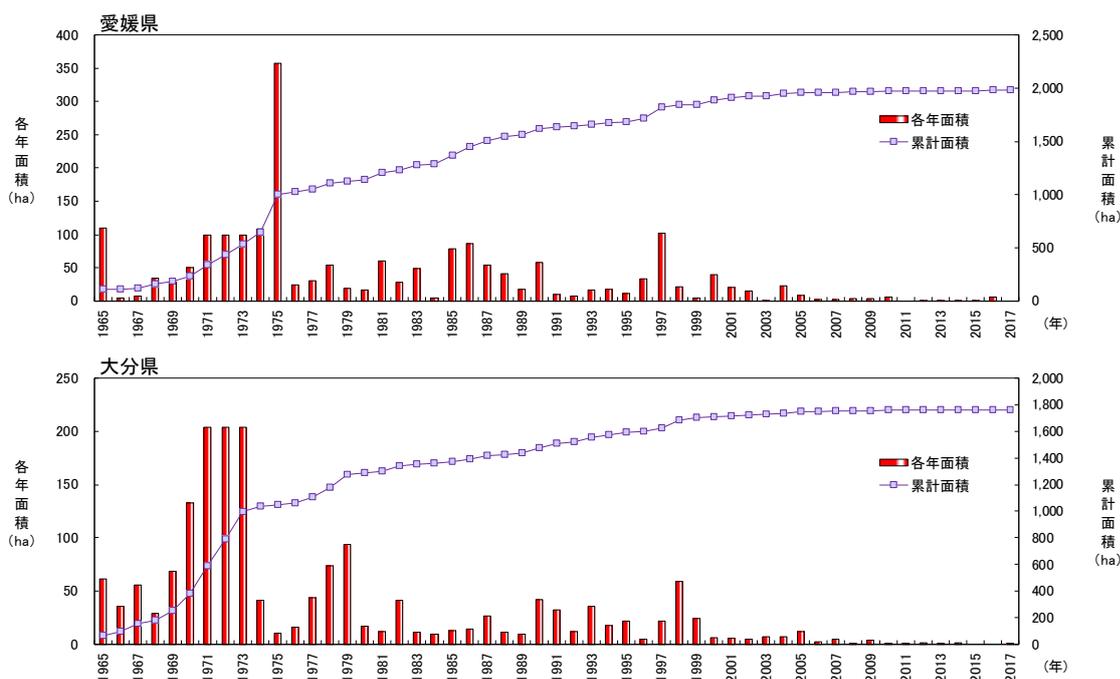
(6) 埋立及び海岸整備の状況－整理項目⑥

1) 埋立の状況

愛媛県及び大分県における埋立免許面積の推移を図 12-10 に示す。

豊後水道では、50ha 以上の大規模な埋立事業は行われていない。

愛媛県の埋立免許面積は、1975 年には 350ha 以上であるが、その後 2005 年までは 1～100ha 程度であり、2006 年以降は低位で推移している。大分県の埋立免許面積は、1973 年までの累計面積は 1,000ha 程度であり、その後埋立免許面積は徐々に減少し、2010 年以降は低位で推移している。

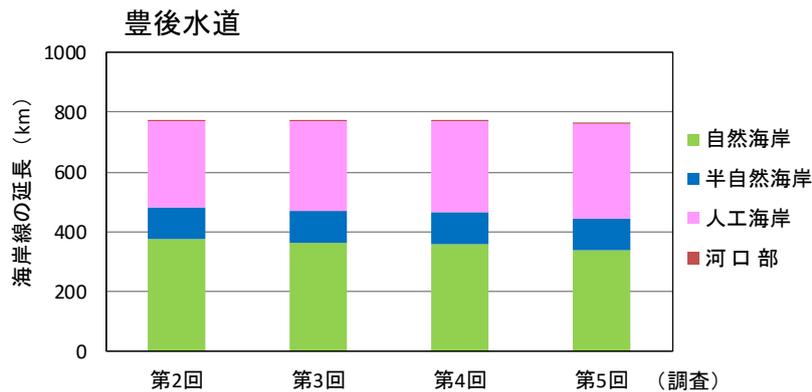


注)1. 1965～1970 年は 1 月 1 日～12 月 31 日の累計
 2. 1971～1973 年は 1 月 1 日～11 月 1 日の累計であり、図中の値は、3 年間平均の数値を示した。
 3. 1974 年以降は前年の 11 月 2 日～当年の 11 月 1 日の累計
 4. 豊後水道以外の瀬戸内海の湾・灘を含む。
 出典)「平成 29 年度瀬戸内海の環境保全 資料集」(瀬戸内海環境保全協会)より作成

図 12-10 愛媛県及び大分県における埋立免許面積の推移

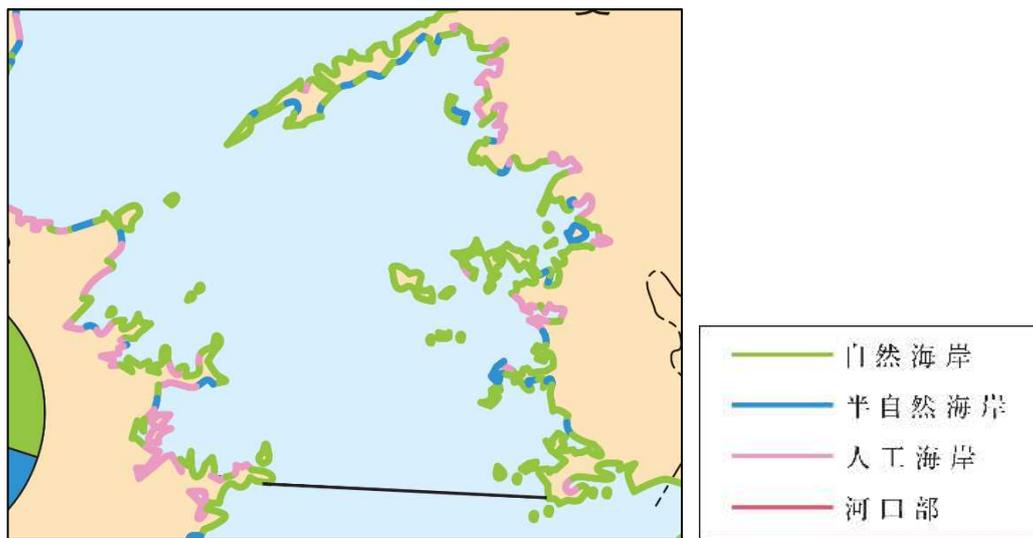
2) 海岸整備状況

海岸線については(図 12-11)、1996 年度時点の海岸延長に占める自然海岸、半自然海岸、河口部の割合が 58%であり、瀬戸内海のなかでは自然海岸が比較的多く残されている海域である。しかし、経年的には自然海岸の割合は減少傾向にある。



- 注) 1. 湾・灘の区分は自然環境保全基礎調査に準ずる。
 2. 自然海岸: 海岸(汀線)が人工によって改変されないで自然の状態を保持している海岸。
 半自然海岸: 道路、護岸、消波ブロック等の人工構造物が存在しているが、潮間帯においては自然の状態を保持している海岸。
 人工海岸: 港湾・埋立・浚渫・干拓等により人工的につくられた海岸。
 河口部: 河川法(河川法適用外の河川も準用)による「河川区域」の最下流端。
- 出典) 第2回(1978年度)、第3回(1984年度)、第4回(1993年度)及び第5回(1996年度)「自然環境保全基礎調査」(環境省)より作成

図 12-11 豊後水道における海岸線延長の推移



出典)「平成 29 年度瀬戸内海の環境保全 資料集」(瀬戸内海環境保全協会)より作成

図 12-12 豊後水道における海岸線の状況(第 5 回 自然環境保全基礎調査)

(7) 藻場・干潟の分布状況—整理項目⑦

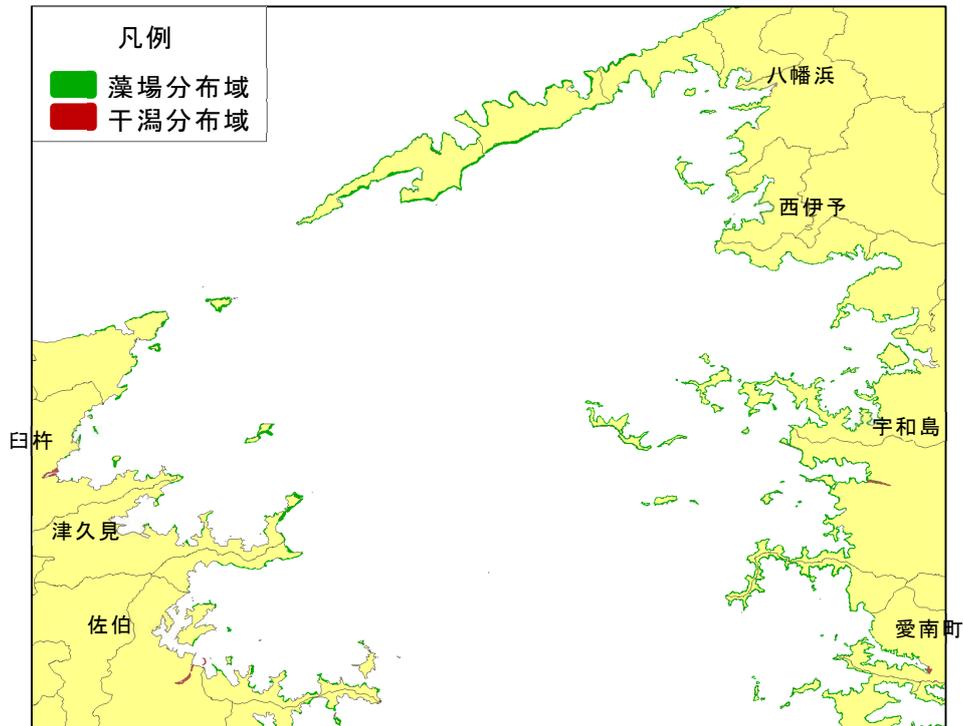
藻場・干潟の分布は図 12-13 に示す。ここで、1989～1992 年度調査と 2015～2017 年度調査では調査方法が異なることに留意する必要がある。

1989～1992 年度調査によると、藻場は臼杵、津久見、佐伯の湾奥部等を除き広範囲に分布しており、干潟は主に臼杵、宇和島、佐伯に分布している。

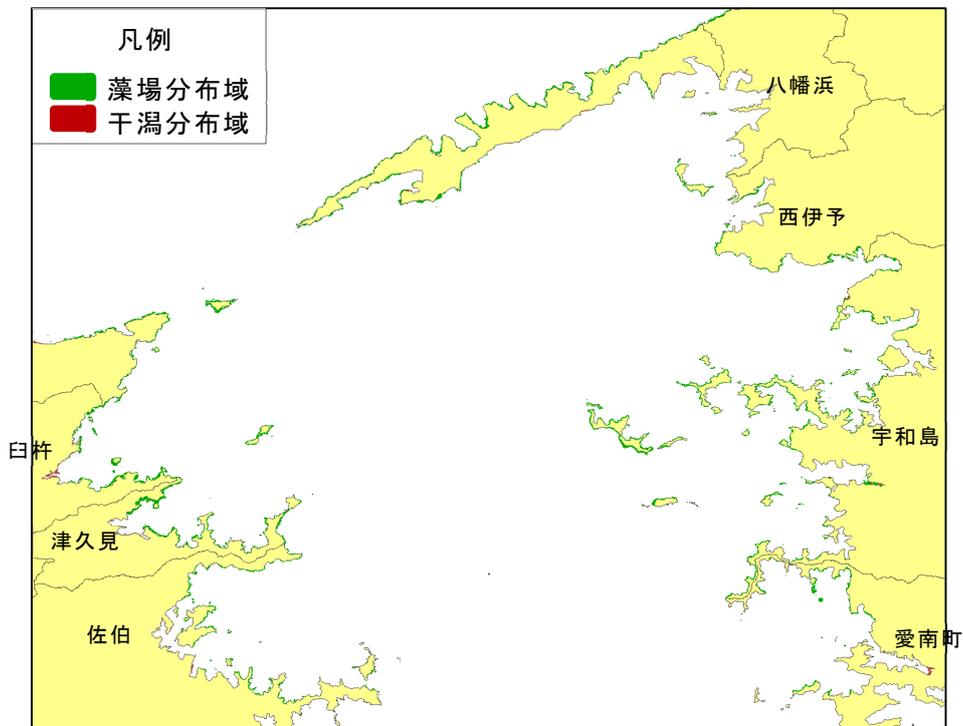
2015～2017 年度調査によると、藻場は臼杵、津久見、内ノ浦、西伊予、宇和島等に多く分布

しており、県別の面積は、愛媛県で 705ha、大分県で 519ha である。干潟は主に八幡浜、愛南町、臼杵に分布し、県別の面積は、愛媛県で 41ha、大分県で 28ha である。

[1989～1992 年度調査]



[2015～2017 年度調査]



注) 上図(1989～1992 年度調査):ヒアリング調査による藻場・干潟分布域
 下図(2015～2017 年度調査):衛星画像解析による藻場・干潟分布域
 1989～1992 年度調査と 2015～2017 年度調査では調査方法が異なることに留意
 出典)「第 4 回自然環境保全基礎調査」の GIS データ(環境省生物多様性センター)、「瀬戸内海における藻場・干潟分布状況調査」の GIS データ(環境省)を使用し、作成・加工した。

図 12-13 豊後水道の藻場・干潟分布の変化

12-2 水環境等の変化状況

(1) 水質－整理項目⑧

1) 環境基準との対比(COD・TN・TP)

豊後水道の COD は(図 12-16)、近年(2010 年度以降)では A 類型水域の佐伯湾(丁)及び北海部群東部地先水域、B 類型・C 類型の全ての水域で環境基準を達成している。過去の達成状況の推移をみると、A 類型水域の宇和海一般では 2006、2009 年度を除く全ての年度、佐伯湾(丁)では 1990、1993、1996、2000～2002、2004 年度、臼杵湾では 1990、1992～1995、1997～1998、2001～2005、2008、2013 年度、津久見湾では 1989、1993～2003、2005、2013 年度、B 類型水域の宇和島港では 1989、1994～1999、2003～2004、2008 年度で未達成である。

TN は(図 12-17)、近年(2010 年度以降)では II 類型の全ての水域で達成している。過去からの達成状況の推移をみると、II 類型水域の宇和海一般では 1999 年度、臼杵湾と津久見湾では 1998、2004 年度で未達成である。

TP は(図 12-18)、II 類型水域の全ての年度・水域で環境基準を達成している。

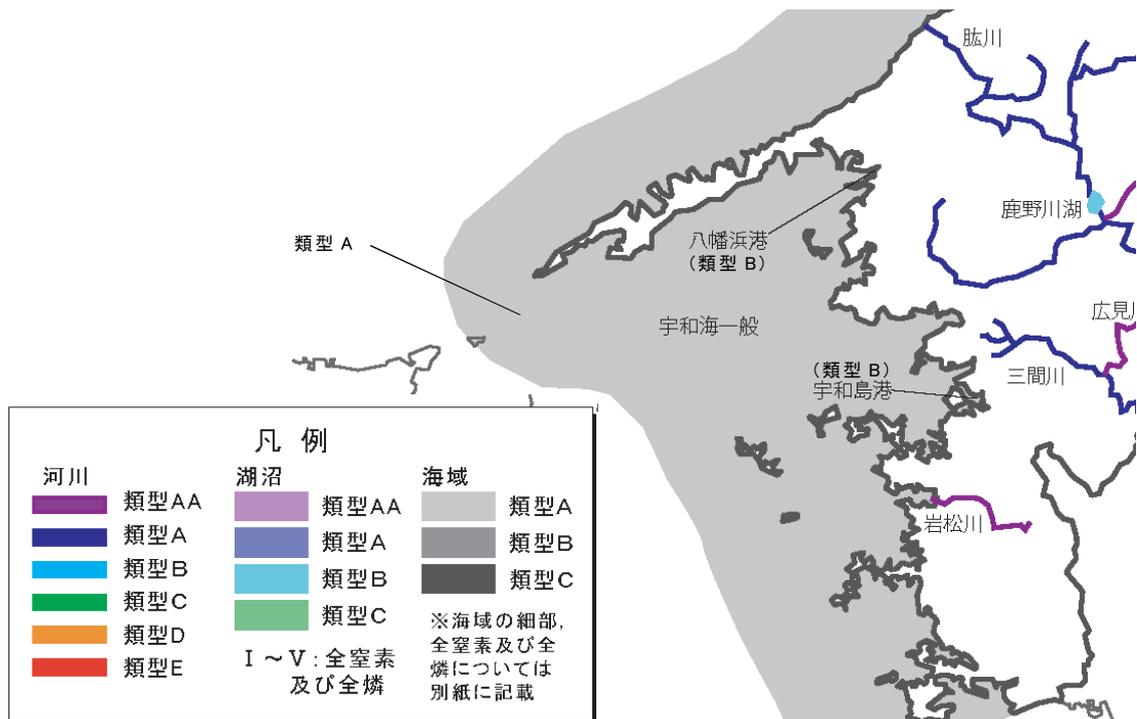


図 12-14(1) 豊後水道における COD の類型指定(愛媛県)

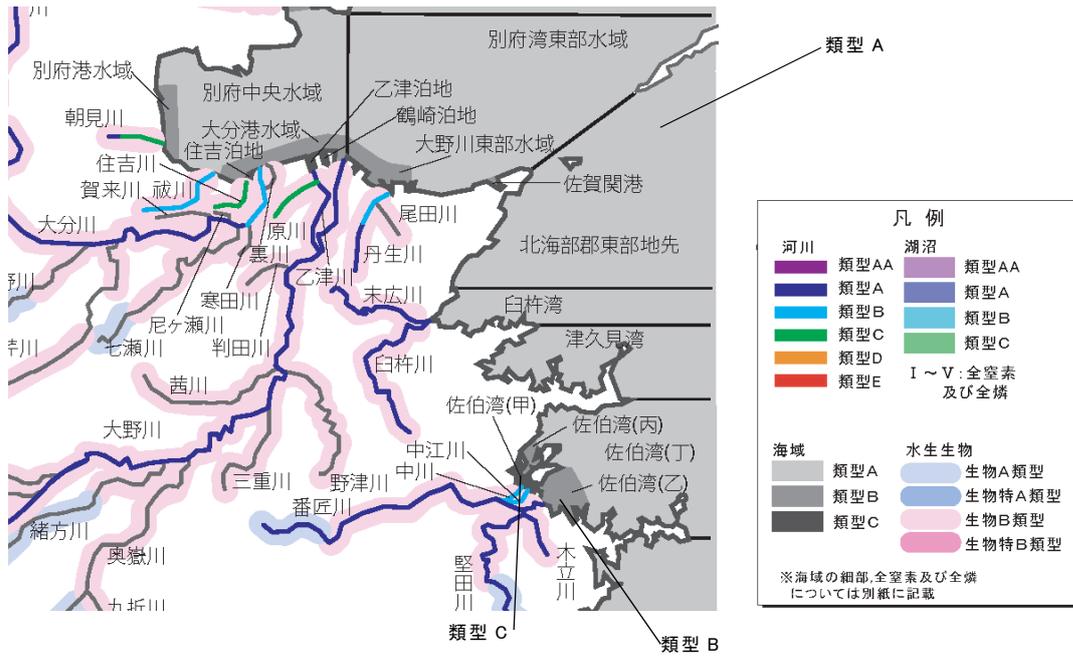


図 12-14(2) 豊後水道における COD の類型指定(大分県)

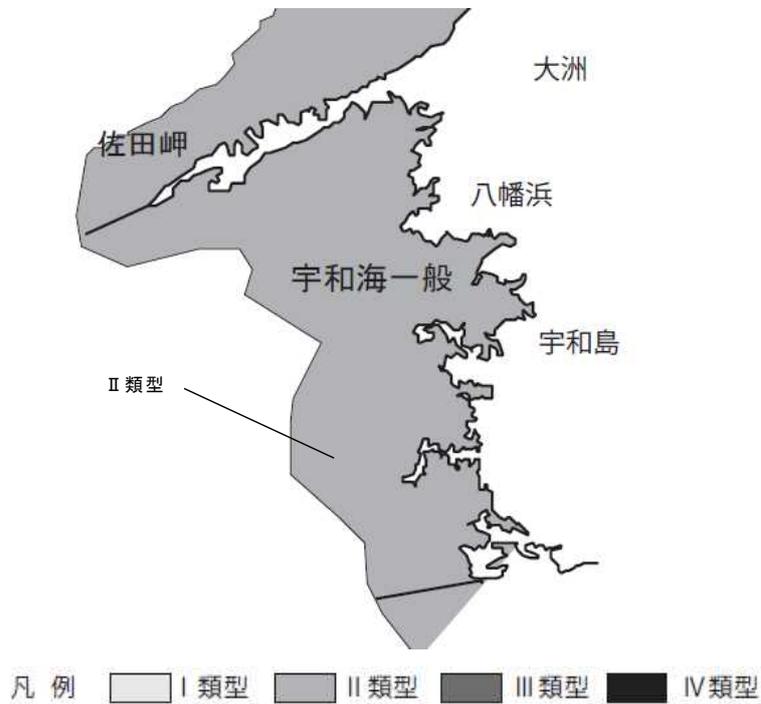
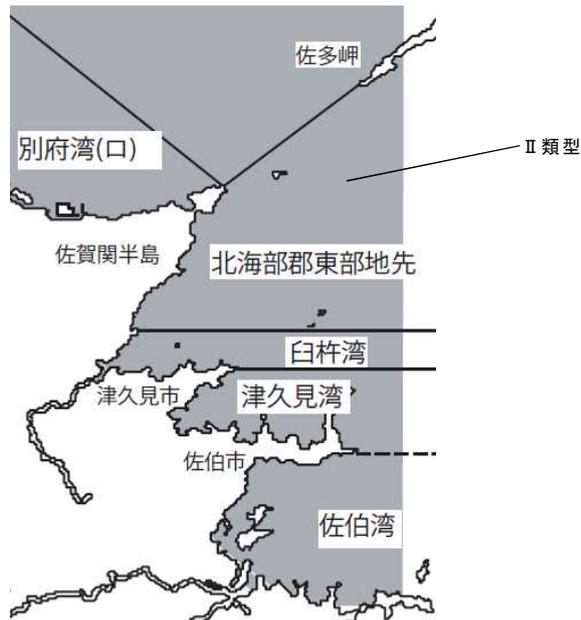
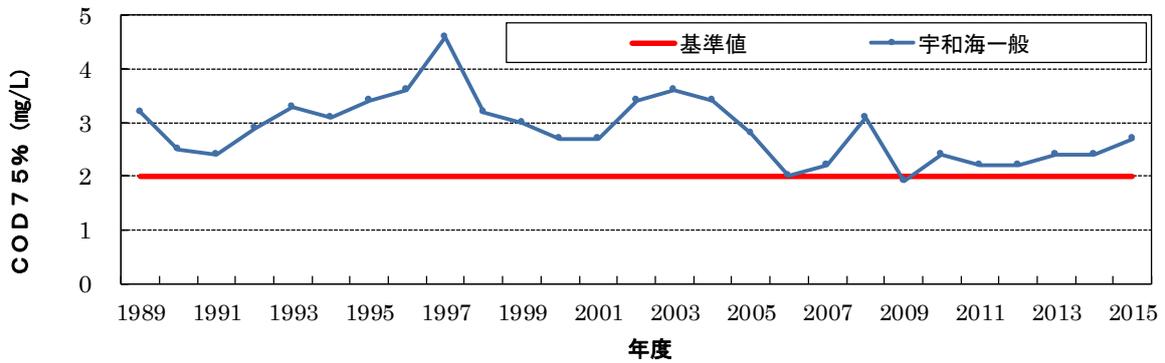


図 12-15(1) 豊後水道における TN、TP の類型指定(愛媛県)

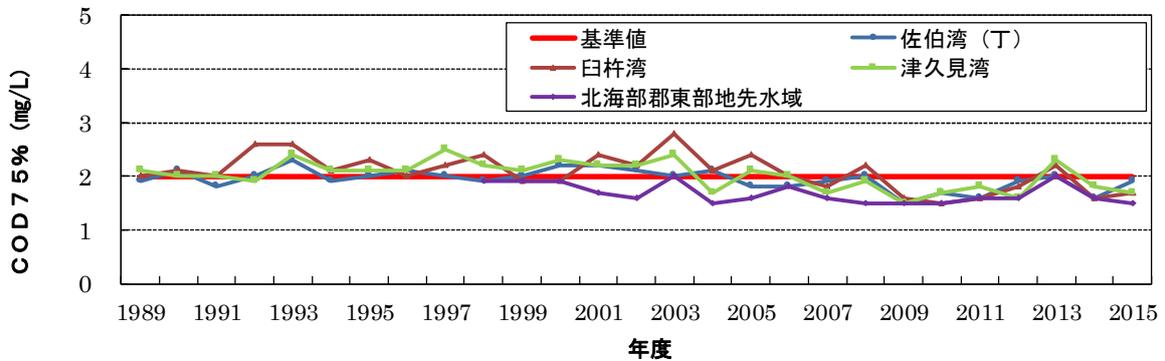


凡例 □ I 類型 □ II 類型 □ III 類型 □ IV 類型
 図 12-15(2) 豊後水道における TN、TP の類型指定(大分県)

[A 類型水域(愛媛県)]



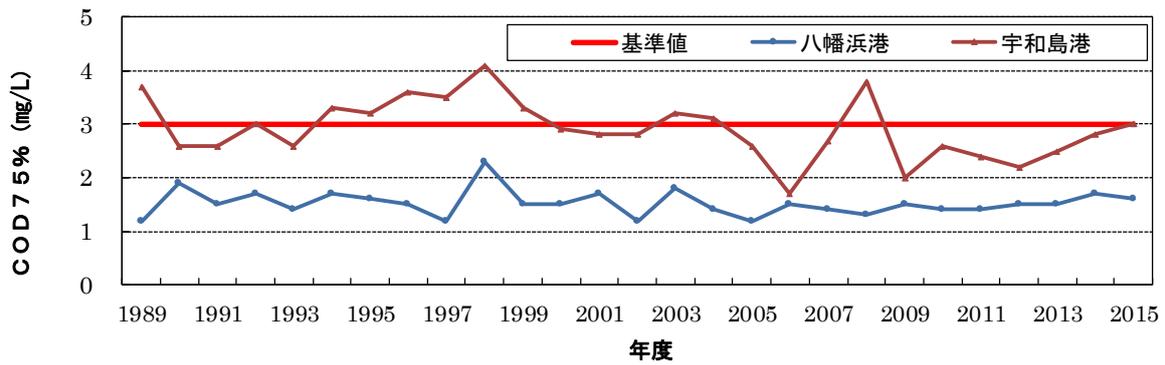
[A 類型水域(大分県)]



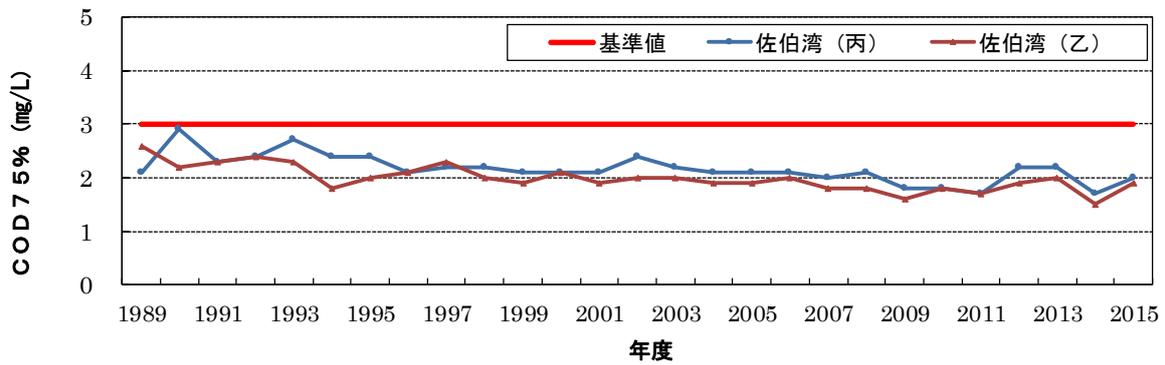
注) 水域内の全測定地点における COD75% 値の最大値の推移

図 12-16(1) 豊後水道における COD75% 値の最大値の推移

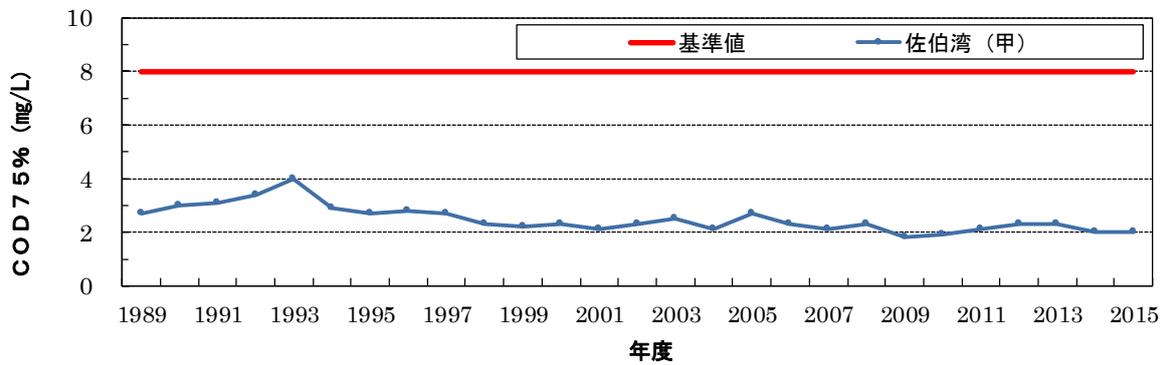
[B 類型水域(愛媛県)]



[B 類型水域(大分県)]



[C 類型水域(大分県)]



注) 水域内の全測定地点における COD75% 値の最大値の推移

図 12-16(2) 豊後水道における COD75% 値の最大値の推移

[II 類型水域(愛媛県)]

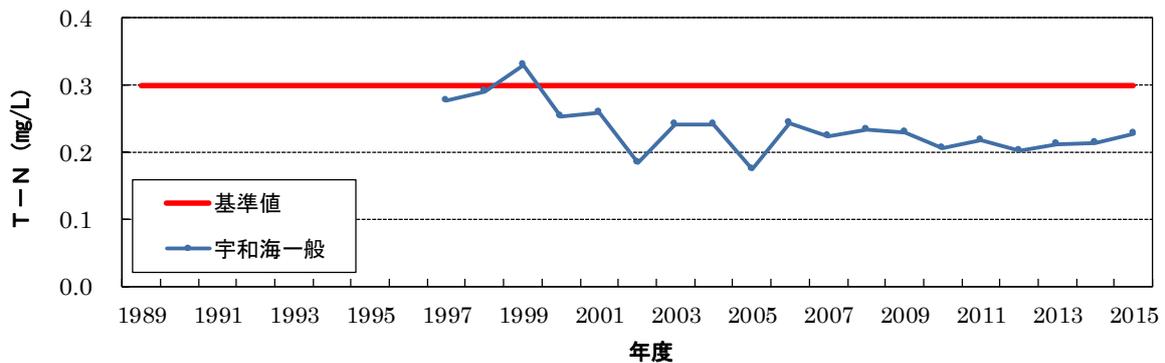


図 12-17(1) 豊後水道における TN の年度平均値の推移

[II 類型水域(大分県)]

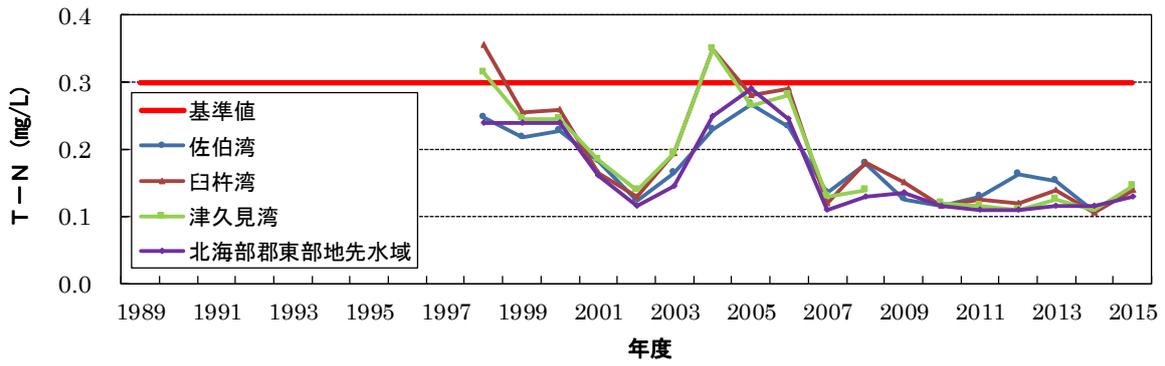
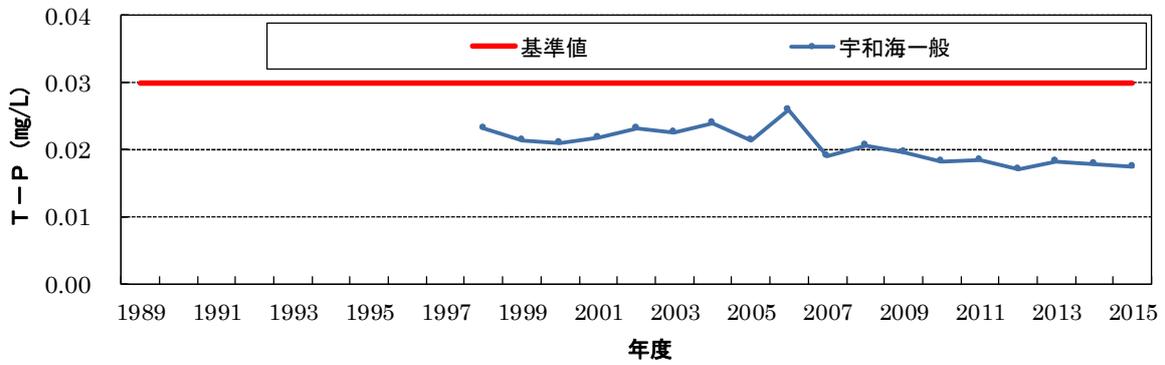


図 12-17(2) 豊後水道における TN の年度平均値の推移

[II 類型水域(愛媛県)]



[II 類型水域(大分県)]

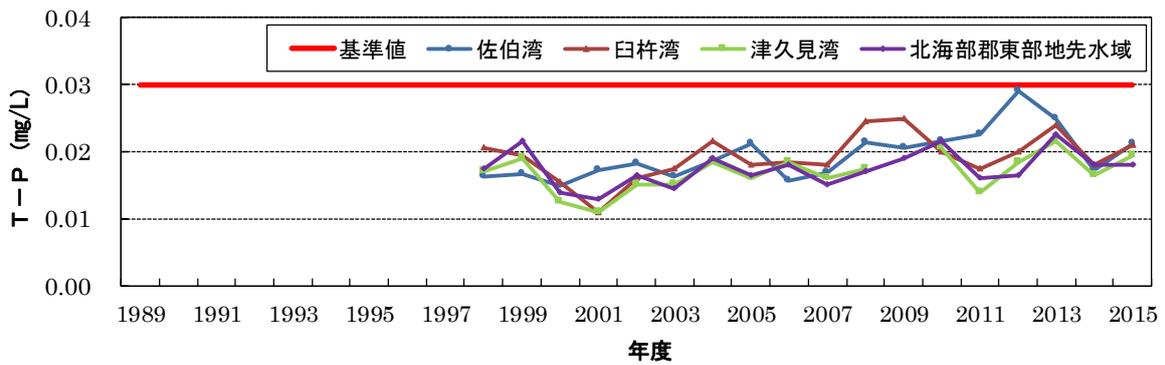
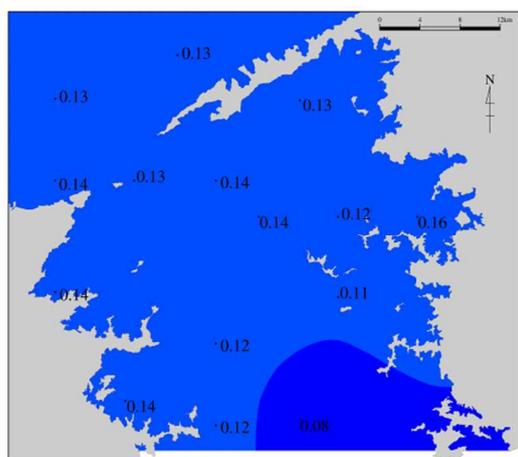


図 12-18 豊後水道における TP の年度平均値の推移

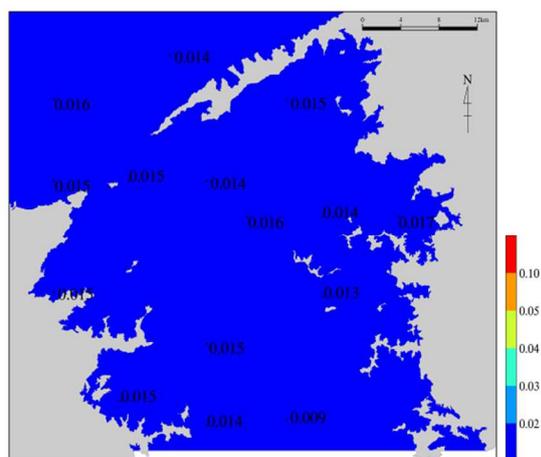
2) 豊後水道の栄養塩類の現状

豊後水道の TN、TP 濃度の分布は図 12-19 に示すとおりであり、TN、TP ともに外洋水が流入する南部海域での濃度が低い傾向を示しているが、水平的な濃度勾配は小さい。

[平成 21～24 年度の TN の平均値]



[平成 21～24 年度の TP の平均値]



出典) 広域総合水質調査結果(環境省)より作成

図 12-19 豊後水道における上層の TN、TP 分布

3) 栄養塩類等の変化状況

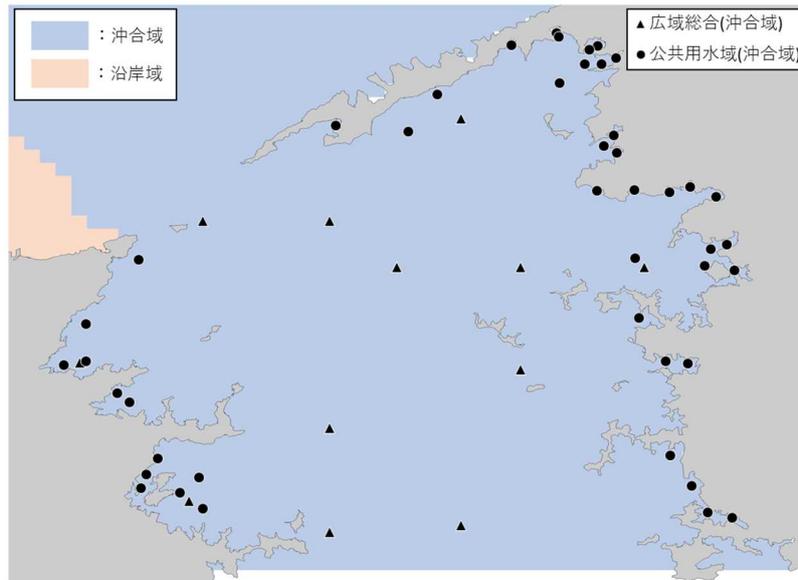
陸域からの負荷流入の影響の大きさによって海域を区分するため、便宜的に塩分を指標として沿岸域と沖合域に区分した。ただし、豊後水道は全域が沖合域に区分される。豊後水道における上層の窒素・リンの年度平均値の推移を図 12-21 に示す。

TN 及び DIN の年度平均値は有意な変化傾向はみられず、TP 及び DIP の年度平均値は低下傾向を示している。

次に、夏季と冬季における水温、透明度、DIN、DIP 及びクロロフィル a の推移を図 12-22 に示す。

DIN 及び DIP は夏季に比べて冬季の濃度が高い傾向を示している。また、DIP において夏季、冬季ともに低下傾向を示している。

一方、クロロフィル a は冬季に比べて夏季の濃度が高い傾向を示している。



- 注)1. 陸域からの負荷流入の影響度で海域を区分するために、塩分 30.6 未満を沿岸域、塩分 30.6 以上を沖合域と区分すると、豊後水道は全海域が沖合域に区分される。
2. 公共用水域水質測定結果は全窒素及び全りん環境基準点のデータを使用した。

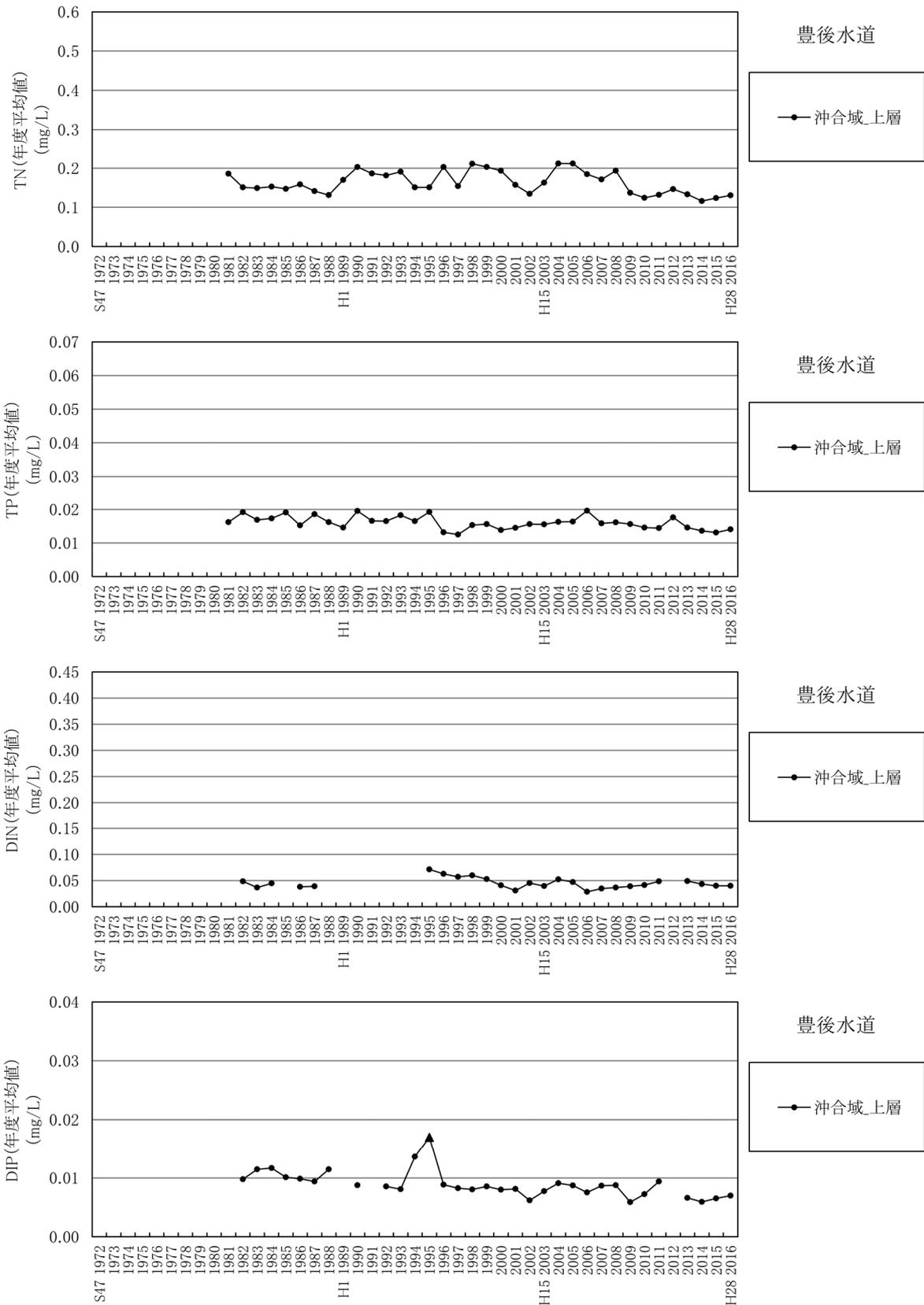
図 12-20 豊後水道における海域区分及び調査地点

表 12-2 豊後水道の水質変化傾向

豊後水道	海域区分	年度平均値		夏季平均値		冬季平均値	
		変化傾向	傾向の程度 (回帰直線の傾き)	変化傾向	傾向の程度 (回帰直線の傾き)	変化傾向	傾向の程度 (回帰直線の傾き)
TN (上層)	沿岸域						
	沖合域	有意な変化傾向なし	-	有意な変化傾向なし	-	有意な変化傾向なし	-
TP (上層)	沿岸域						
	沖合域	低下	-0.0001 mg/L/年	有意な変化傾向なし	-	低下	-0.0001 mg/L/年
DIN (上層)	沿岸域						
	沖合域	有意な変化傾向なし	-	低下	-0.0005 mg/L/年	有意な変化傾向なし	-
DIP (上層)	沿岸域						
	沖合域	低下	-0.0001 mg/L/年	~1995:上昇 1995~:低下 【全期間:低下】	-0.0001 mg/L/年	低下	-0.0001 mg/L/年

- 注)1. 危険率 5%で有意な変化傾向について「上昇」「低下」と記載した。また、5 年移動平均値と回帰曲線の残差等を用いた手法により変曲点が抽出された場合には、変曲点で区分した期間毎に変化傾向の評価を行った。

2. 夏季は 6~8 月、冬季は 12~2 月



注) 図中の△、▲は表 12-2 に示した変化傾向の評価にあたって外れ値と判定されたデータを示す。
 出典) 広域総合水質調査結果(環境省)及び公共用水域水質測定結果(環境省)より作成

図 12-21 豊後水道における TN、TP、DIN、DIP の推移(年度平均値)

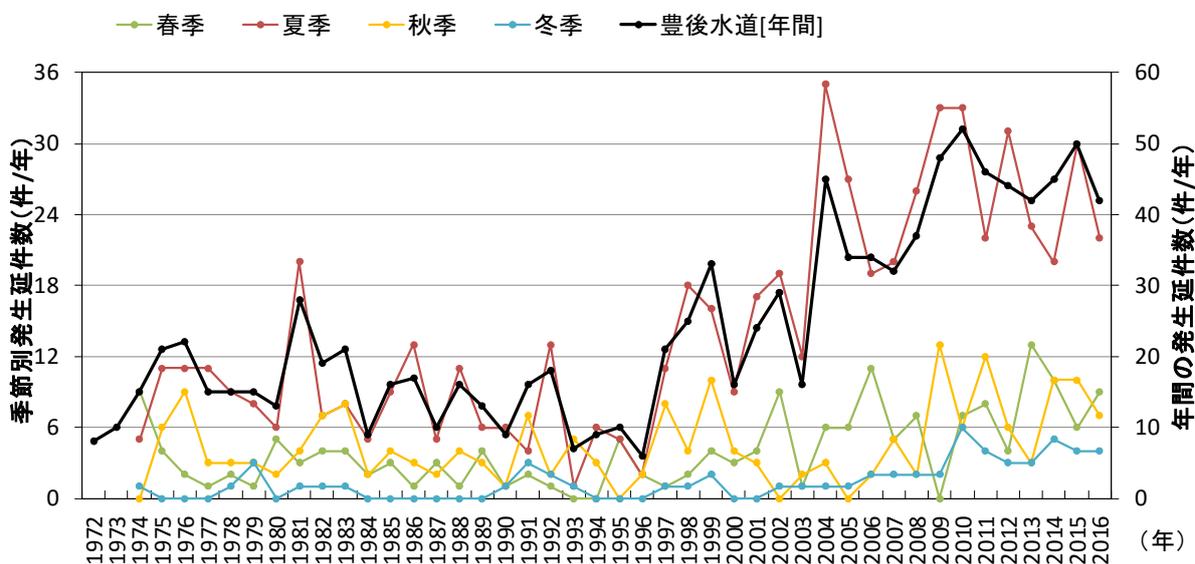
(2) 赤潮－整理項目⑨

1) 赤潮の発生件数

豊後水道における赤潮の発生延件数の推移は図 12-23 に示すとおりであり、年間の赤潮発生件数は、1975 年から 1996 年にかけて減少した後、増加傾向がみられ、2010 年に最大値 (52 件) を示した後、横ばいで推移している。

季節ごとの赤潮発生件数をみると、夏季の件数が最も多く、1996 年以降の増加傾向が他の季節に比べて顕著である。一方、冬季は発生延件数が最も少なく、2009 年以前は 3 件以下で推移し、その後は 5 件程度で推移している。

近年 (2010～2016 年) における赤潮による漁業被害は、2011～2015 年の春季～夏季に西部沿岸や東部沿岸で *Karenia* (カレニア) 属、*Heterosigma* (ヘテロシグマ) 属による養殖魚介類、畜養魚介類、天然魚介類のへい死が発生している。²

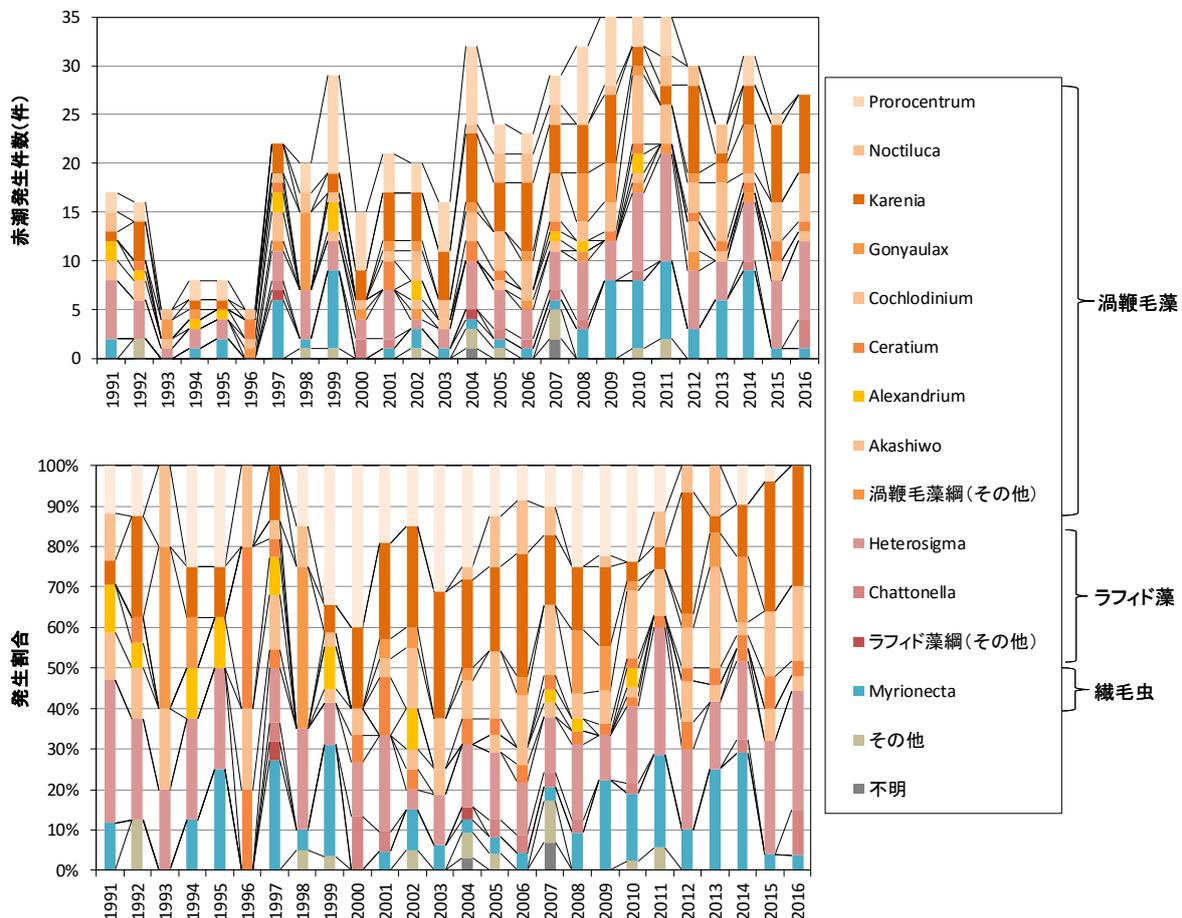


- 注) 1. 「瀬戸内海の赤潮 (水産庁瀬戸内海漁業調整事務所)」における湾・灘区分による。
 2. 赤潮発生件数は、湾・灘毎、月毎に件数を算定し、それらを合計したものである。複数湾・灘、複数月にまたがって発生した赤潮は、それぞれの湾・灘、それぞれの月で計上される。このため、実際の発生件数より多く計上されている場合がある。
 3. 春季:3～5 月、夏季:6～8 月、秋季:9～11 月、冬季:1～2 月及び 12 月
 出典)「瀬戸内海の赤潮 (水産庁瀬戸内海漁業調整事務所)」により作成

図 12-23 豊後水道における季節別の赤潮発生延件数の推移

赤潮の構成プランクトン別の発生件数及びその割合をみると、多くの年で渦鞭毛藻、*Heterosigma* (ヘテロシグマ) 属または *Myrionecta* (ミリオネクタ) 属の件数が多くなっている。

豊後水道において漁業被害を引き起こしている *Karenia* (カレニア) 属は 1997 年頃から多く発生している。



注) 1. 「瀬戸内海の赤潮(水産庁瀬戸内海漁業調整事務所)」における湾・灘区分による。
 2. 1991～2014 年の「瀬戸内海の赤潮」に出現した全ての種を対象とし、種毎に毎年の発生件数を計上した。「瀬戸内海の赤潮」には各赤潮を構成するプランクトンの種名が記載されており、場合によっては複数種が記載されている。その場合、全ての種において同等に発生件数を加算した。このため、図 12-24 の発生件数は図 12-23 に示す実際の赤潮発生件数とは異なる。
 なお、図 12-24 では種毎の発生件数を属レベルで集計している。また、期間中の発生件数が 10 件未満の種は属する綱の「属する綱(その他)」に、発生件数が 10 件未満の綱は「その他」に分類している。
 出典)「瀬戸内海の赤潮(水産庁瀬戸内海漁業調整事務所)」により作成

図 12-24 豊後水道における赤潮構成プランクトン別の発生件数と割合(年間)

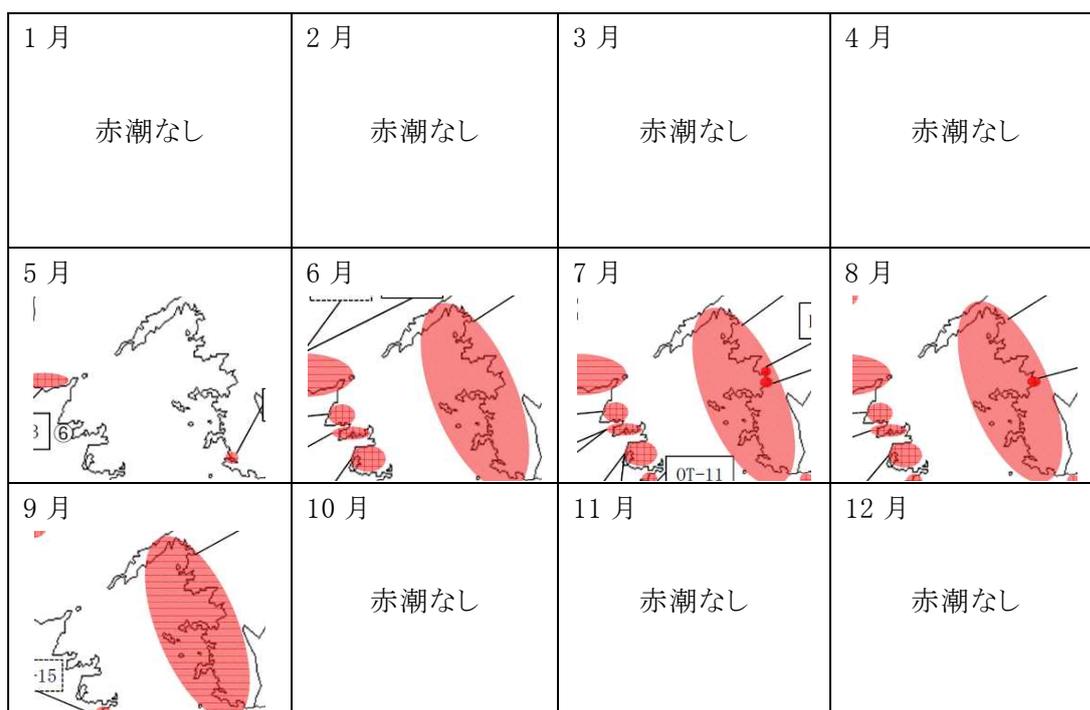
2) 赤潮の発生場所

近年の赤潮の発生状況を良く表している 2015 年における各月の赤潮発生図を図 12-25 に示す。

2015 年における豊後水道の赤潮は、発生件数が 10 件*で、5～9 月におおむね西部海域の沿岸及び東部海域の沿岸に発生している。

赤潮の発生状況は年によって異なるものの、近年における赤潮はおおむね西部海域の沿岸及び東部海域の沿岸に限られる。

※ここで示した発生件数は実件数であり、前述の図 12-23 で示した延件数とは異なる。



出典)「瀬戸内海の赤潮(水産庁瀬戸内海漁業調整事務所)」により作成

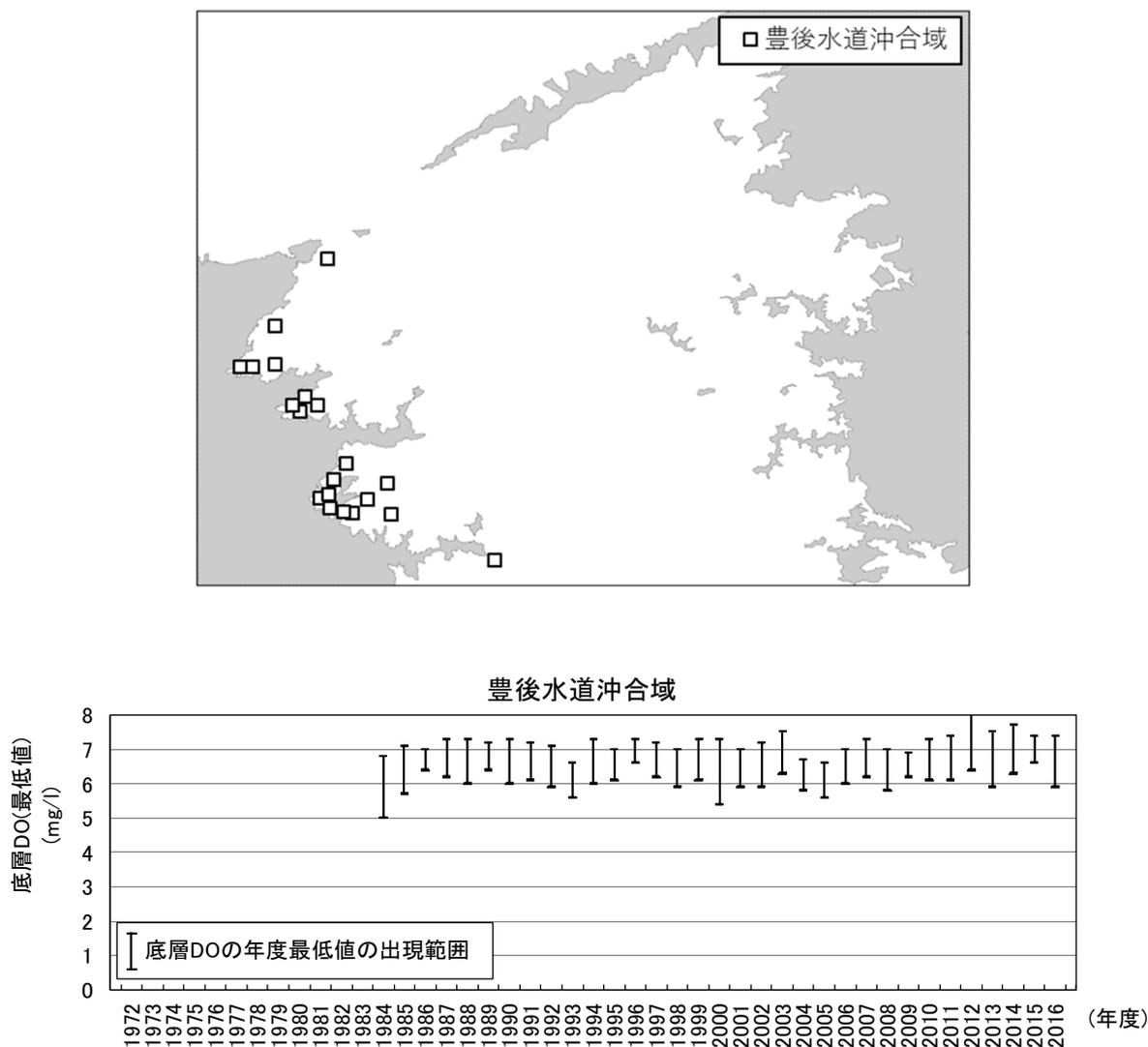
図 12-25 2015 年の豊後水道における赤潮発生状況

(3) 底層 DO—整理項目⑩

1) 貧酸素水塊の発生状況

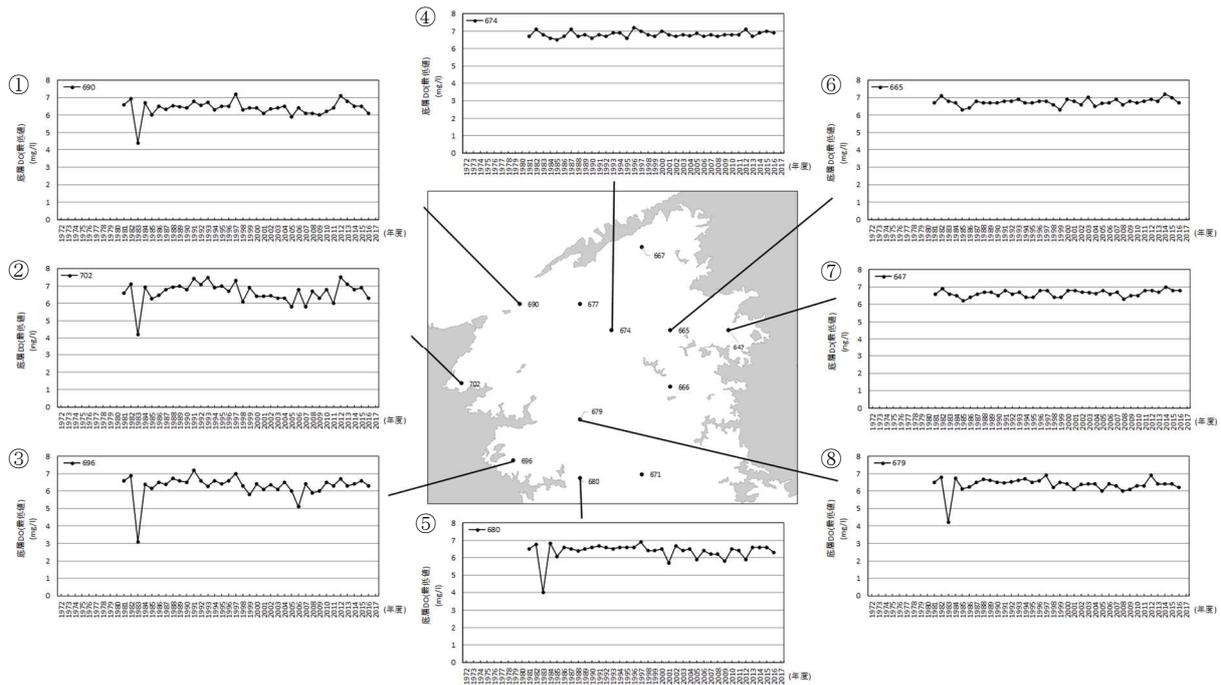
海域区分(前述の図 12-20 に示した海域。豊後水道は全ての海域が沖合域に区分)ごとの底層 DO(年度最低値)の出現範囲の推移を図 12-26 に、広域総合水質調査による底層 DO の推移を図 12-27 に示す。

豊後水道では、底層 DO はおおむね 6mg/L 以上で推移している。



出典) 公共用水域水質測定調査(環境省)より作成

図 12-26 公共用水域水質測定地点及び底層 DO 年度最低値の出現範囲の推移



注) ①、⑤、⑧は海面下 50m で測定
 ④、⑥、⑦は 2012 年度のみ海底上 1m、その他の年度は海面下 50m で測定
 ②は海面下 16m または海底上 5m で測定
 ③は海面下 30m または海底上 2m で測定
 出典) 広域総合水質調査結果(環境省)より作成

図 12-27 広域総合水質調査における底層 DO 年度最低値の推移

(4) 底質—整理項目①

豊後水道における泥分率及び TOC の分布をそれぞれ図 12-28①及び②に示す。

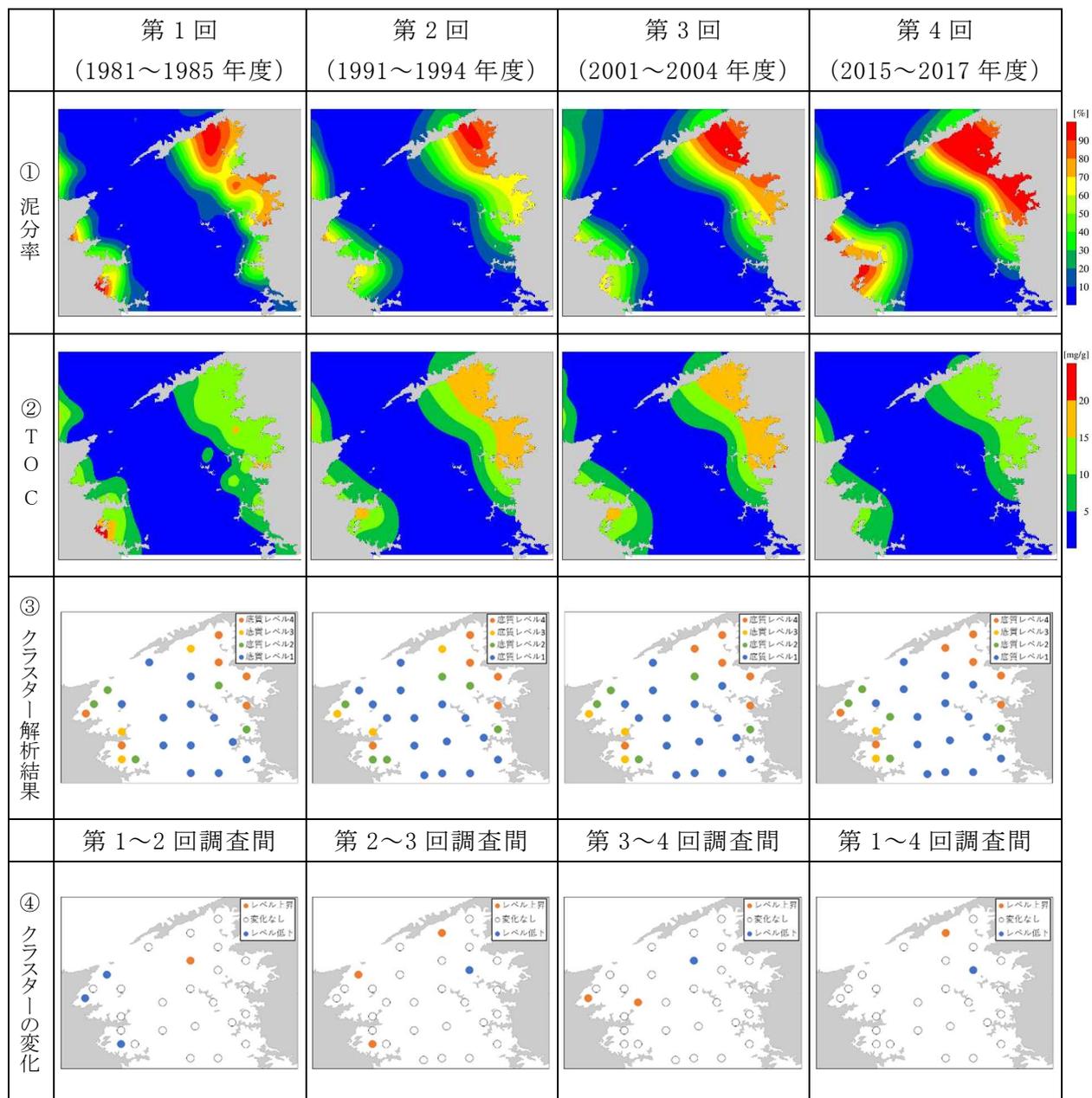
泥分率については、北東部海域の沿岸及び南西部海域の沿岸で高く、中央部海域は低い分布傾向を示している。南西部海域の沿岸では第 3 回から第 4 回にかけて上昇傾向がみられる。

TOC については、泥分率と同様に、北東部海域の沿岸及び南西部海域の沿岸で高く、中央部海域は低い分布傾向を示しており、北東部海域の沿岸では第 3 回から第 4 回にかけて減少傾向がみられる。

泥分率、TOC、TN、TP を用いたクラスター解析結果に基づき区分した各底質レベルでの底質の平均値と、各底質レベルの地点数の変化を図 12-29 に、底質レベルの分布及び底質レベルが変化した地点の分布を図 12-28③及び④に示す。

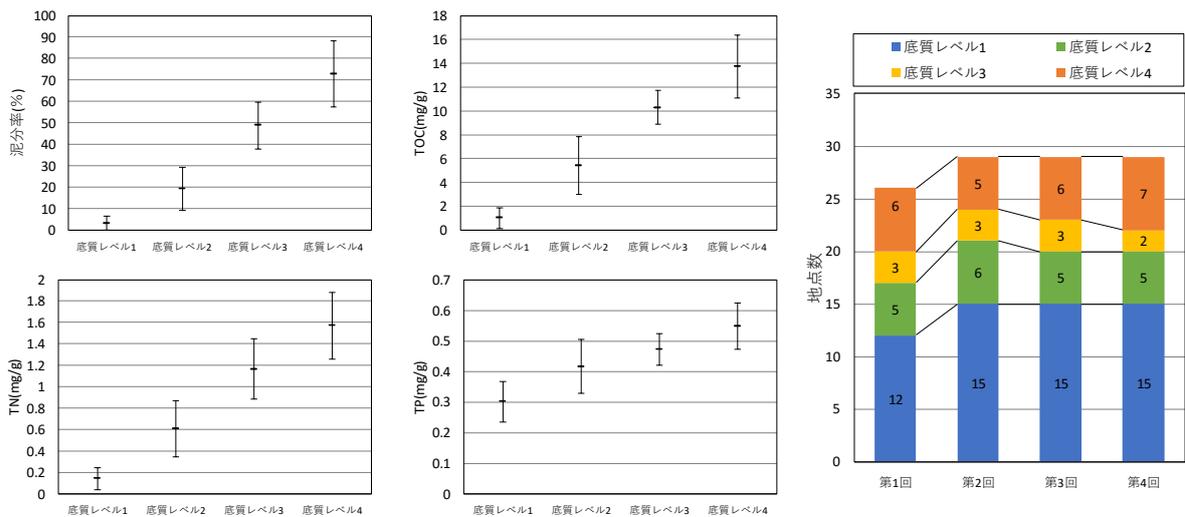
各底質レベルでの底質の平均値によると、おおむね高い底質レベルほど平均値が高くなる傾向がみられる。各底質レベルの地点数の変化をみると、第 2 回調査から第 4 回調査にかけて底質レベル 4 の地点数が増加している。

底質レベルが変化した地点の分布をみると、第 1~4 回調査間において底質レベルが変化する地点は少ない。



出典) 第 1 回(1981～1985 年度)、第 2 回(1991～1994 年度)、第 3 回(2001～2004 年度)及び第 4 回(2015～2017 年度)瀬戸内海環境情報基本調査結果により作成

図 12-28 泥分率、TOC の水平分布及びクラスター解析結果



注) エラーバーは標準偏差を示す。

出典) 第1回(1981～1985年度)、第2回(1991～1994年度)、第3回(2001～2004年度)及び第4回(2015～2017年度)瀬戸内海環境情報基本調査結果により作成

図 12-29 各底質レベルでの底質の平均値(左)と各底質レベルの地点数の変化(右)(豊後水道)

(5) 底生生物-整理項目⑫

豊後水道における底生生物の種類数、個体数の分布を図 12-30①及び②に示す。

種類数は、各調査回ともに中央部海域で多く、北東部海域の沿岸で少ない分布傾向を示しており、大きな変化はみられない。

個体数は、種類数と同様に中央部海域で多く、北東部海域の沿岸で少ない分布傾向を示しており、大きな変化はみられない。

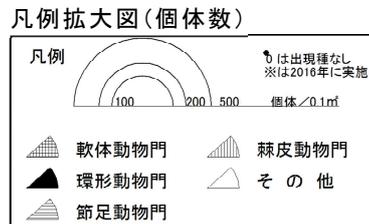
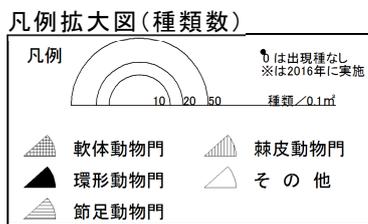
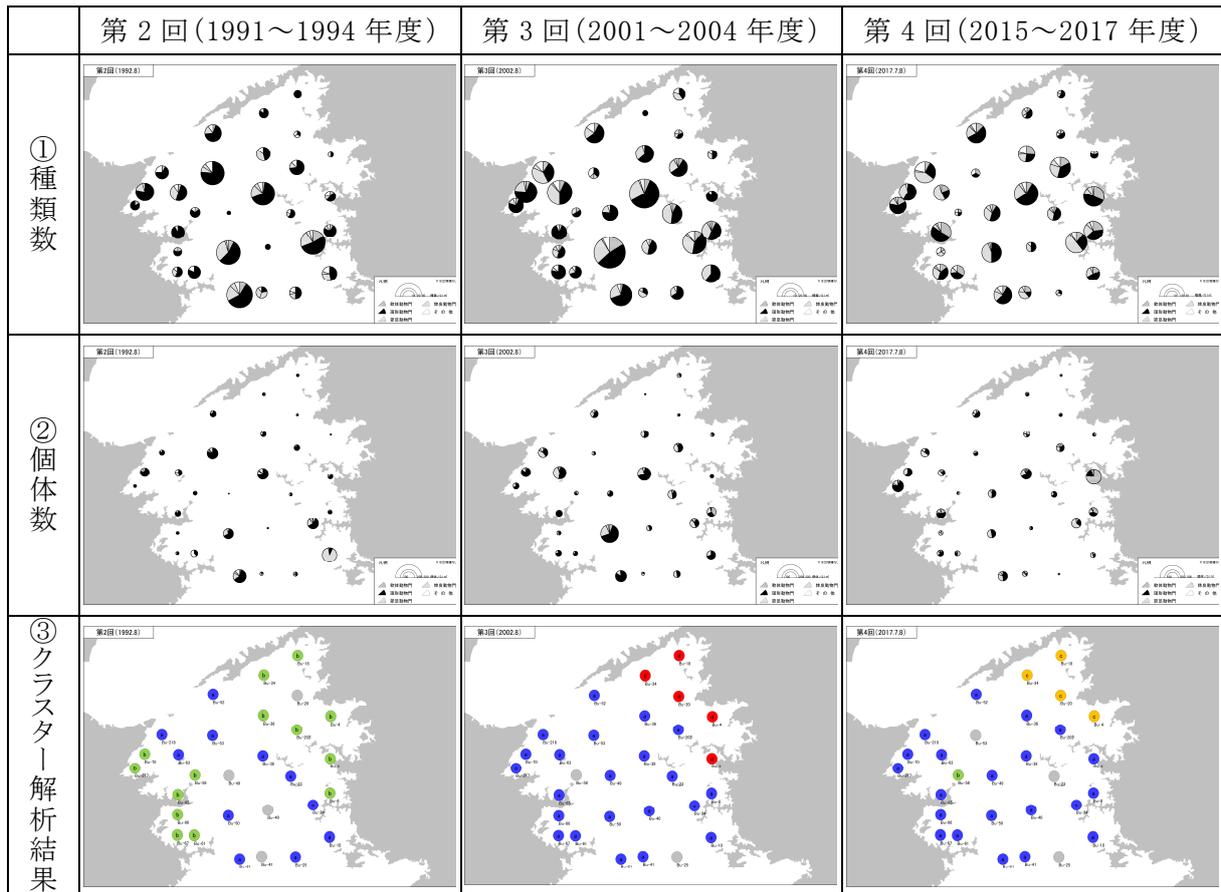
種別個体数を用いたクラスター解析結果に基づいて区分したクラスターごとの各調査項目の平均値や優占種等は表 12-3 に、クラスターの分布を図 12-30③に示す。

豊後水道では、中央部海域と沿岸部にクラスターが分かれる結果を示している。

中央部海域では、いずれの調査回もほとんどの地点で他のクラスターに比べて種類数、多様性指数 H' が高いクラスター a に分類される。

西部海域の沿岸は、第3回調査で、クラスター b からクラスター a に変化し、底生生物が増加している。

東部海域の沿岸では、第3回及び第4回調査において、中央～西部海域のクラスター a に比べて種類数や多様性指数 H' が低いクラスター c、d に分類されている。



出典) 第2回(1991~1994年度)、第3回(2001~2004年度)及び第4回(2015~2017年度)瀬戸内海環境情報基本調査結果により作成

図 12-30 クラスター解析結果及び種類数、個体数の水平分布

表 12-3 クラスター毎の底質・優占種等(豊後水道)

クラスター	調査回ごとの地点数			多様度H [†] (平均)	種類数 (平均)	個体数 (平均)	TOC (平均)	泥分率 (平均)	砂分率 (平均)	硫化物 (平均)	優占種	出現頻度の高い種
	第2回	第3回	第4回									
a	11	22	21	4.013	25.7	57.0	3.2	15.6	73.5	0.02	ソコシラエビ(4.35%) ハナシガイ科(3.89%) シリス亜科(3.07%)	紐形動物門(35地点) カザリゴカイ科(29地点)
b	14	0	1	2.611	8.9	16.3	9.2	36.9	60.1	0.00	イトゴカイ科(15.92%) ホシムシ綱(9.80%) Aricidea neosuecica nipponica(8.57%)	イトゴカイ科(13地点) 紐形動物門(7地点)
c	0	0	4	2.429	6.3	9.5	11.1	93.6	6.5	0.04	Aglaophamus sp.(21.05%) Sthenolepis sp.(15.79%) クチベニデガイ(15.79%)	Sthenolepis sp.(4地点)
d	0	5	0	2.412	6.4	8.2	15.4	72.4	27.6	0.03	Terebellides sp.(12.5%) メリタヨコエビ科(12.5%)	Terebellides sp.(4地点)

※硫化物は第2回調査で測定されていないため、第3回、第4回調査の平均値を示す。

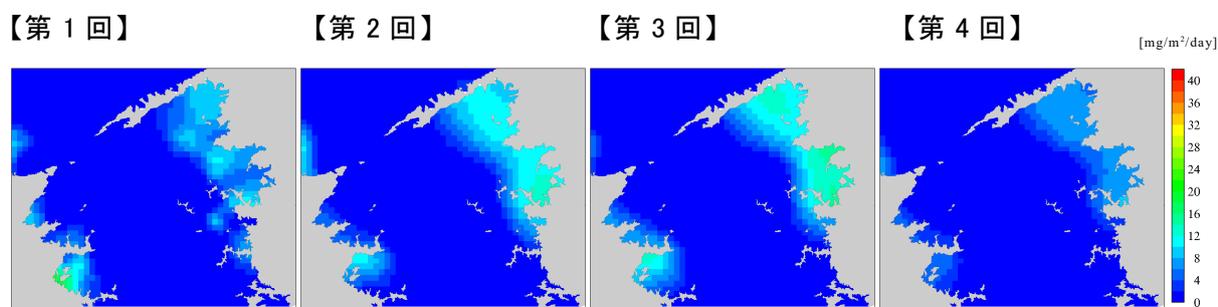
(6) 底質からの栄養塩類の溶出量－整理項目⑬

豊後水道における底質からの窒素溶出量及びりん溶出量の分布をそれぞれ図 12-31 及び図 12-32 に、各調査回の溶出量と 2014 年度の発生負荷量の比較を図 12-33 に示す。

窒素溶出量については、北東部海域の沿岸及び南西部海域の沿岸で比較的大きい傾向を示している。北東部海域の沿岸及び南西部海域の沿岸では第 3 回から第 4 回にかけて減少傾向がみられる。

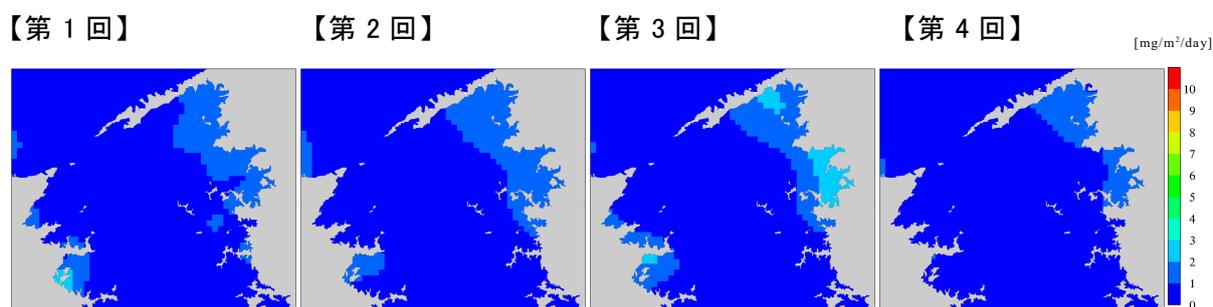
りん溶出量においても、窒素と同様に北東部海域の沿岸及び南西部海域の沿岸で比較的大きい傾向を示しており、北東部海域の沿岸及び南西部海域の沿岸では第 3 回から第 4 回にかけて減少傾向がみられる。

豊後水道における窒素溶出量は、2014 年度発生負荷量より小さい値を示している。りん溶出量については、第 3 回では 2014 年度発生負荷量より大きい値を示しているが、第 4 回では発生負荷量の 50%以下となっている。



出典) 1981～1985 年度、1991～1994 年度、2001～2004 年度及び 2015 年度の広域総合水質調査結果(環境省)、第 1 回(1981～1985 年度)、第 2 回(1991～1994 年度)、第 3 回(2001～2004 年度)及び第 4 回(2015～2017 年度)瀬戸内海環境情報基本調査結果(環境省)により算定

図 12-31 豊後水道における窒素溶出量(年平均値)の状況



出典) 1981～1985 年度、1991～1994 年度、2001～2004 年度及び 2015 年度の広域総合水質調査結果(環境省)、第 1 回(1981～1985 年度)、第 2 回(1991～1994 年度)、第 3 回(2001～2004 年度)及び第 4 回(2015～2017 年度)瀬戸内海環境情報基本調査結果(環境省)により算定

図 12-32 豊後水道におけるりん溶出量(年平均値)の状況

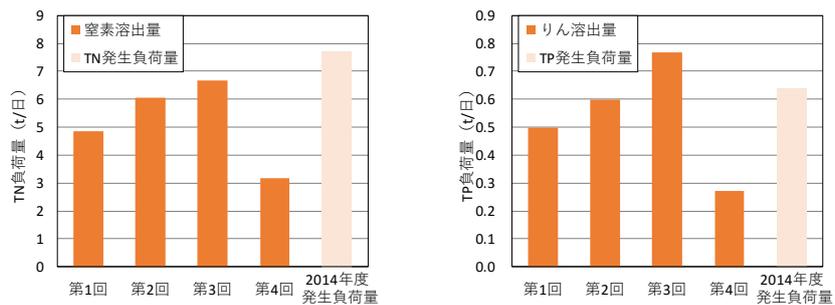


図 12-33 豊後水道における各調査回の溶出量と2014年度発生負荷量との比較

12-3 水産生物の変化状況-整理項目⑭

(1) 漁獲量の変化

1) 海面漁獲量の変化状況

豊後水道における食性ごと、生活圏ごと、代表種(1965～2016年の漁獲量合計の上位5種)ごとの漁獲量を図12-34に示す。豊後水道の漁獲量は、大分県及び愛媛県の漁獲量から瀬戸内海区の漁獲量を差し引いて算出している。

漁獲量は、1960年代から増加し、1985年に最大値に達した後、2002年にかけて減少し、その後2010年頃から増加している。漁獲量は交流型のサバ類、マイワシの魚種の影響が大きい。1985年の最大値は、マイワシの影響が大きい。マイワシの漁獲量はその後1994年にかけて減少し、その後は2014年まで低位で推移している。サバ類は1970年から1974年にかけて増加した後、1987年から1992年にかけて減少した。その後はアジ類と同程度の漁獲量でおおむね横ばいで推移している。

2) 海面養殖収穫量の変化状況

豊後水道における区画漁業権の設定状況を図12-35に示す。豊後水道では魚類養殖が多いが、北西部海域の沿岸や南東部海域の沿岸では、ワカメ類、藻類、貝類の養殖も多くみられる。

【愛媛県(南太平洋区)】

愛媛県の魚類養殖、真珠養殖、真珠母貝養殖の生産量は全国1位であり(表12-4)、我が国有数の養殖産地である。愛媛県の瀬戸内海区に比べると南太平洋区は魚類養殖が多い。愛媛県(南太平洋区)の養殖収穫量は、1980年代後半以降に増加し、2003年に最大値を示した後、2014年頃にかけて減少し、その後再び増加している。1980年代から1990年代にはブリ類は収穫の多くを占めているが、長期的に減少傾向を示している。また、タイ類は1980年代前半から2003年頃にかけて増加しており、1990年代後半からタイ類は収穫の多くを占めている。

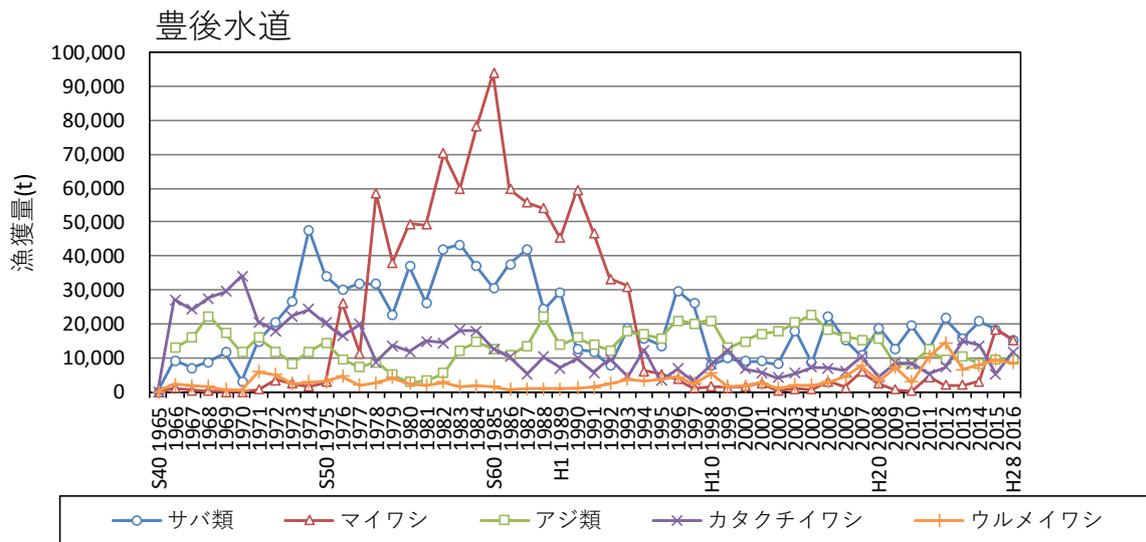
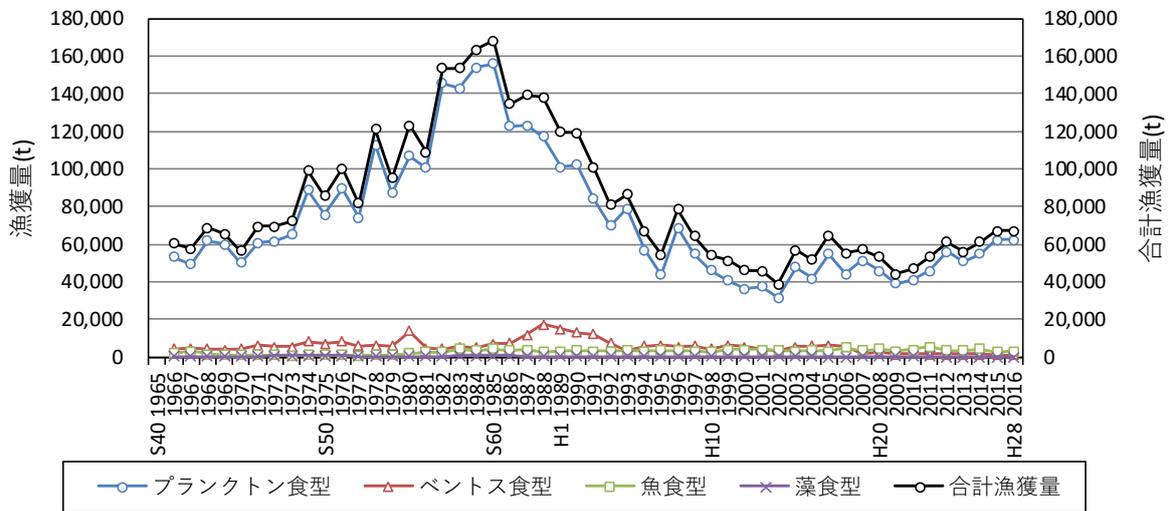
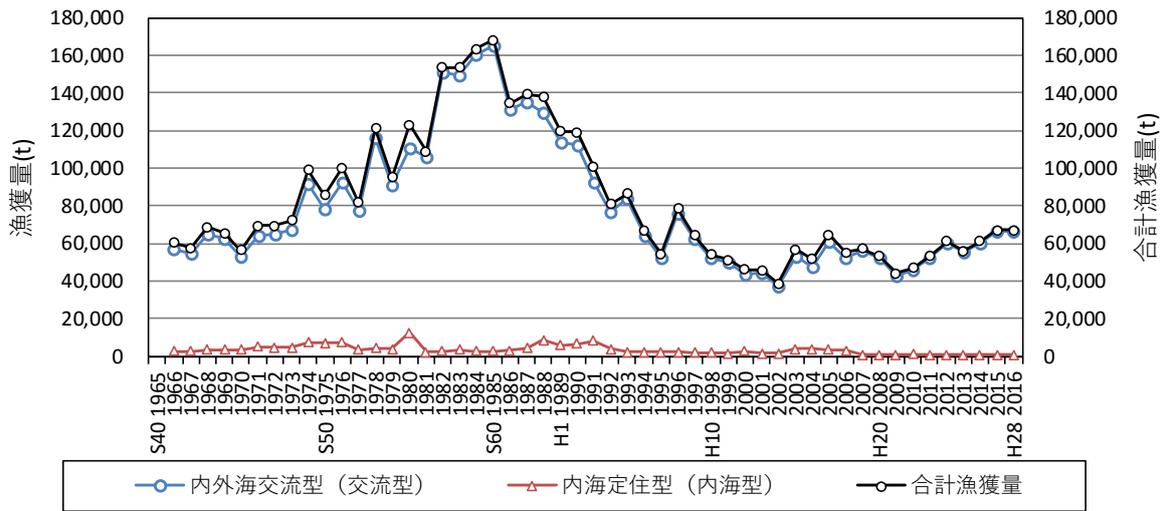
表12-4 愛媛県海面養殖生産量(2016年)

区分	生産量	全国順位	生産額	全国順位
魚類養殖	65,267トン	1位	552億円	1位
真珠養殖	7,617kg	1位	65億円	1位
真珠母貝養殖	1,200トン	1位	15億円	1位
のり養殖	3,316トン	11位	10億円	9位

出典)愛媛県漁業協同組合(2018):第12回瀬戸内海環境保全小委員会資料。

【大分県(南太平洋区)】

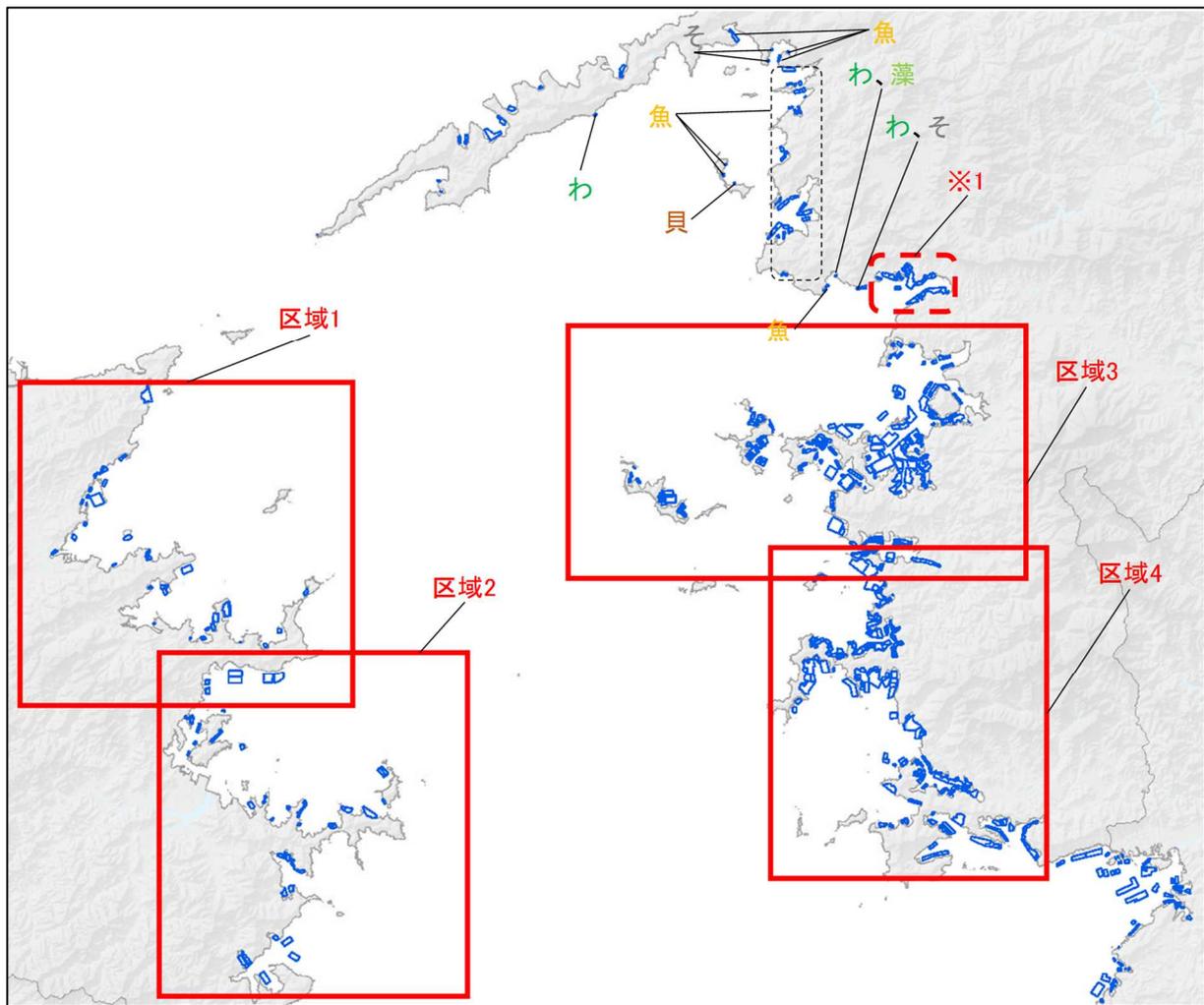
大分県の瀬戸内海区に比べると南太平洋区は魚類養殖が多い。大分県(南太平洋区)の養殖収穫量は1980年頃から2011年頃にかけて増加している。ブリ類が収穫の多くを占めており、収穫量の変動はブリ類の影響が大きい。



注) 豊後水道の漁獲量は、大分県及び愛媛県の漁獲量から瀬戸内海区の漁獲量を差し引いて算出した。
 出典) 水産庁資料により作成

図 12-34 豊後水道における漁獲量の推移

[豊後水道全域]



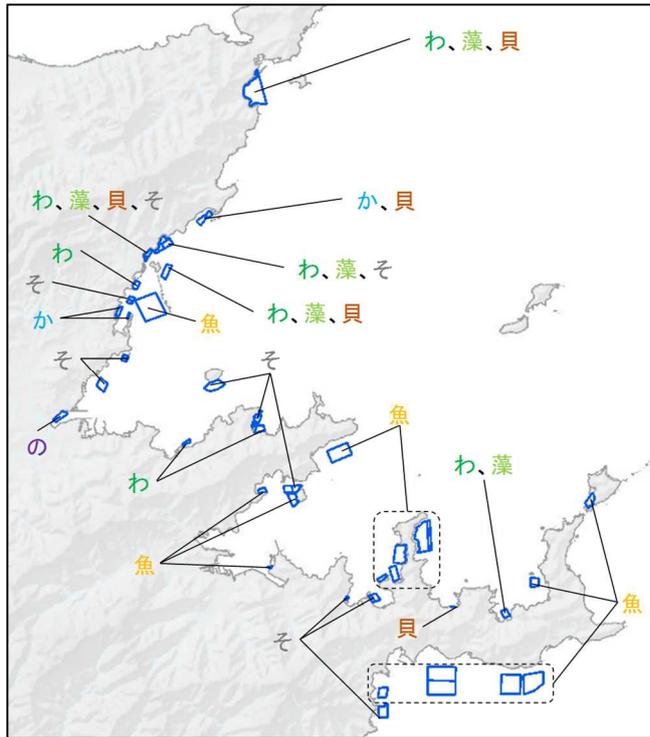
※1 の赤破線枠内はおおむね真珠養殖である。

出典)海洋台帳(海上保安庁)により作成

	区画漁業種
【営む養殖業の種類】	
図中の略称は下記を示す。	
	の：ノリ類
	か：カキ類
	わ：ワカメ類
	魚：魚類
	藻：その他の海藻類（ノリ類、ワカメ類以外の海藻類）
	貝：その他の貝類（カキ類以外の貝類）
	そ：その他

図 12-35(1) 豊後水道の区画漁業権の設定状況

[区域 1 の拡大図]

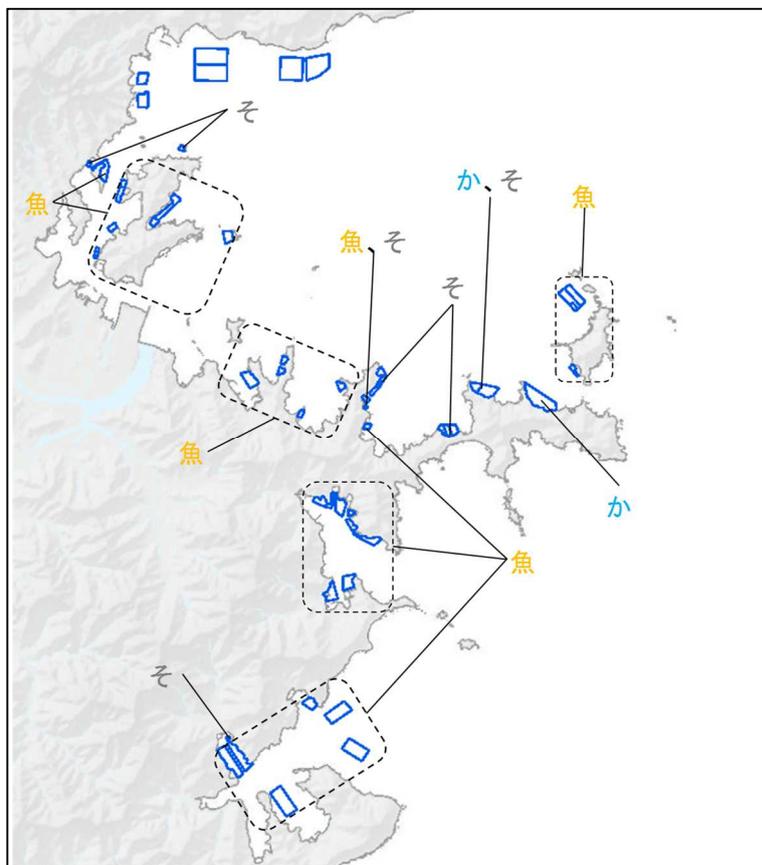


区画漁業権

【営む養殖業の種類】
 図中の略称は下記を示す。

- の：ノリ類
- か：カキ類
- わ：ワカメ類
- 魚：魚類
- 藻：その他の海藻類（ノリ類、ワカメ類以外の海藻類）
- 貝：その他の貝類（カキ類以外の貝類）
- そ：その他

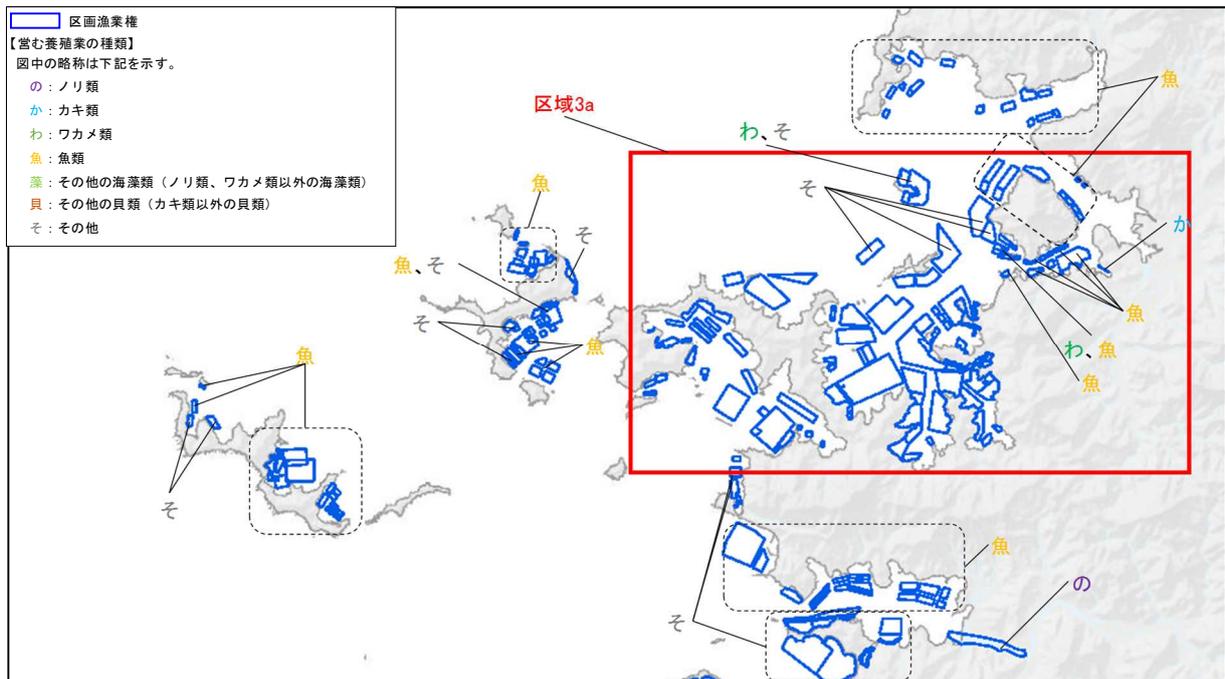
[区域 2 の拡大図]



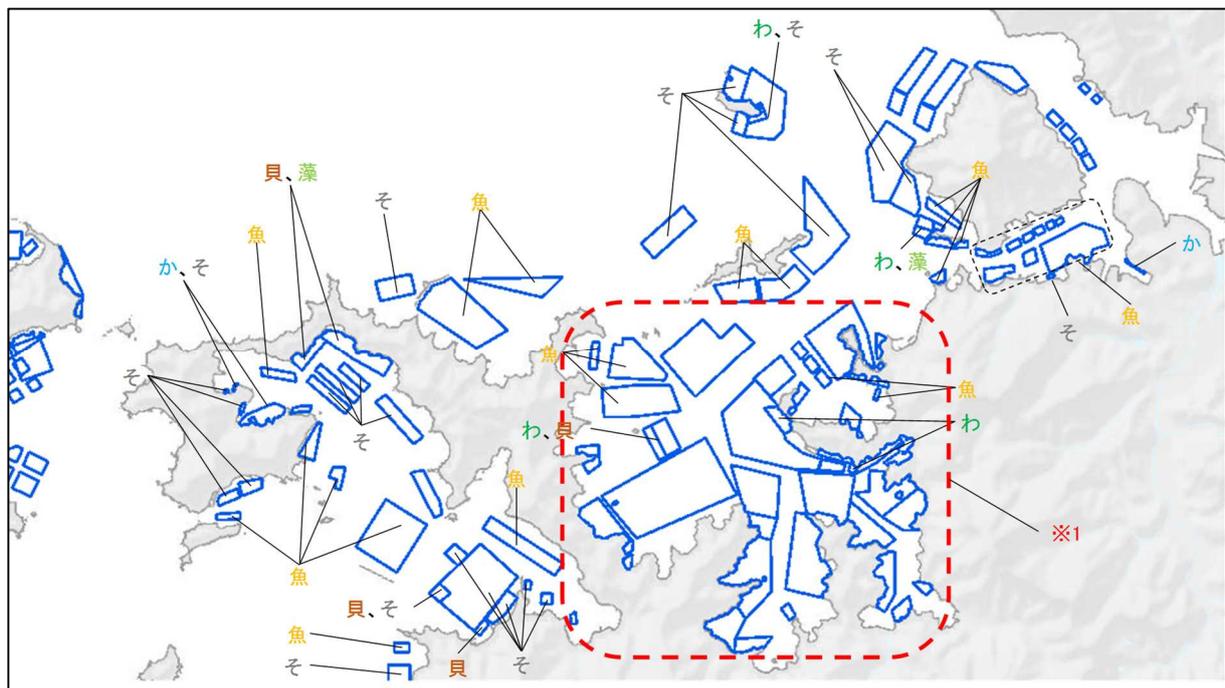
出典) 海洋台帳(海上保安庁)により作成

図 12-35(2) 豊後水道の区画漁業権の設定状況

[区域 3 の拡大図]



[区域 3a の拡大図]

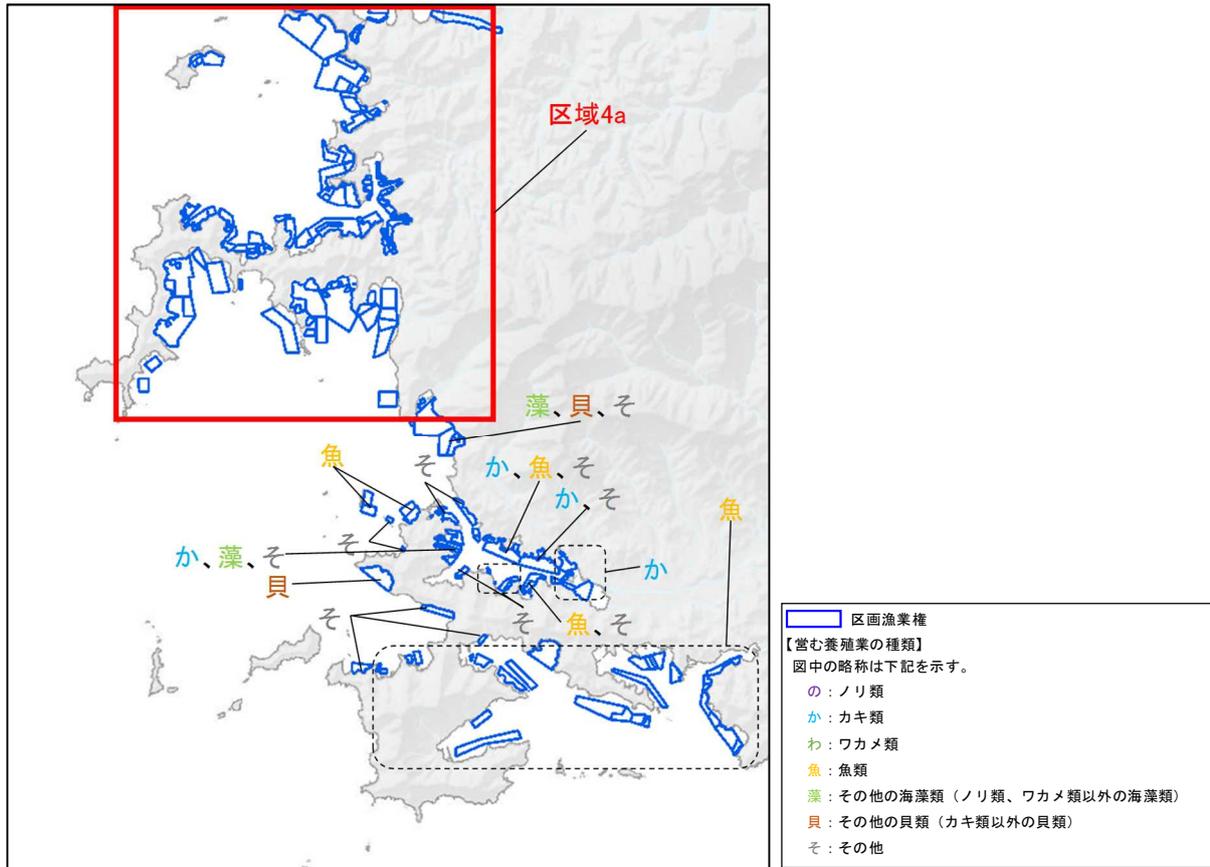


※1 の赤破線枠内における養殖種類が示されていない区画漁業権は、その他の養殖である。

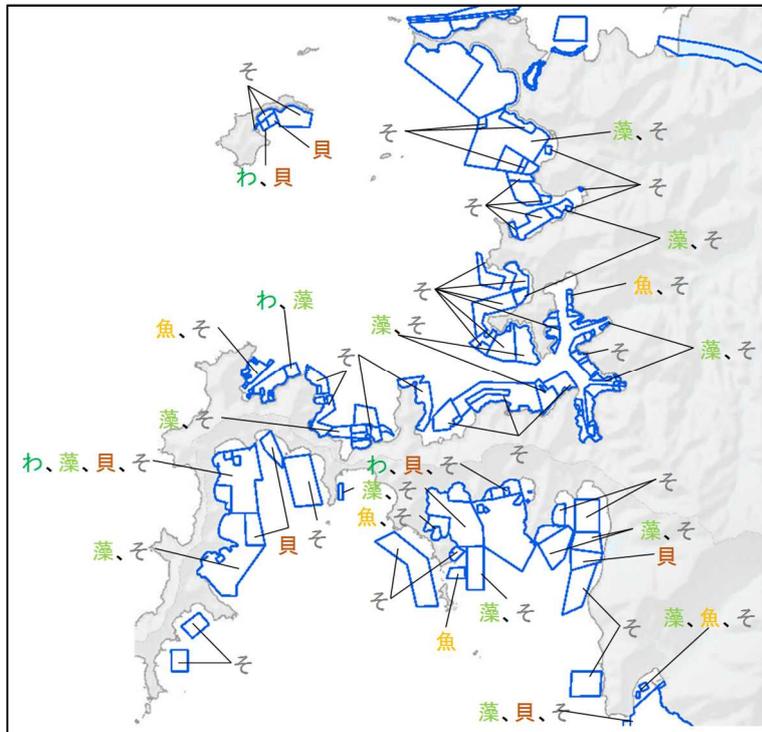
出典) 海洋台帳 (海上保安庁) により作成

図 12-35(3) 豊後水道の区画漁業権の設定状況

[区域 4 の拡大図]



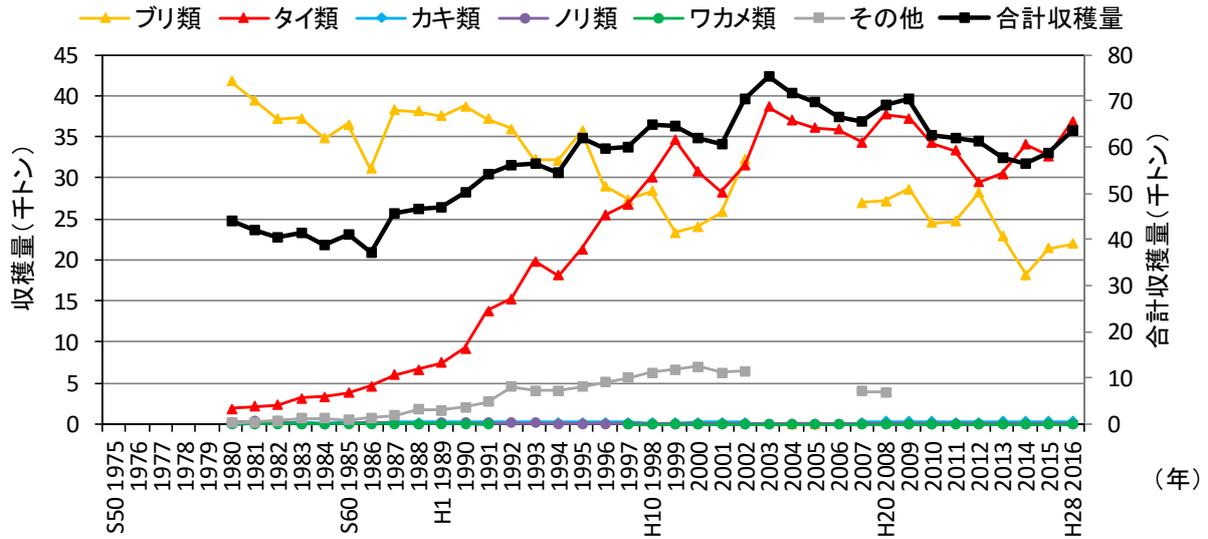
[区域 4a の拡大図]



出典) 海洋台帳(海上保安庁)により作成

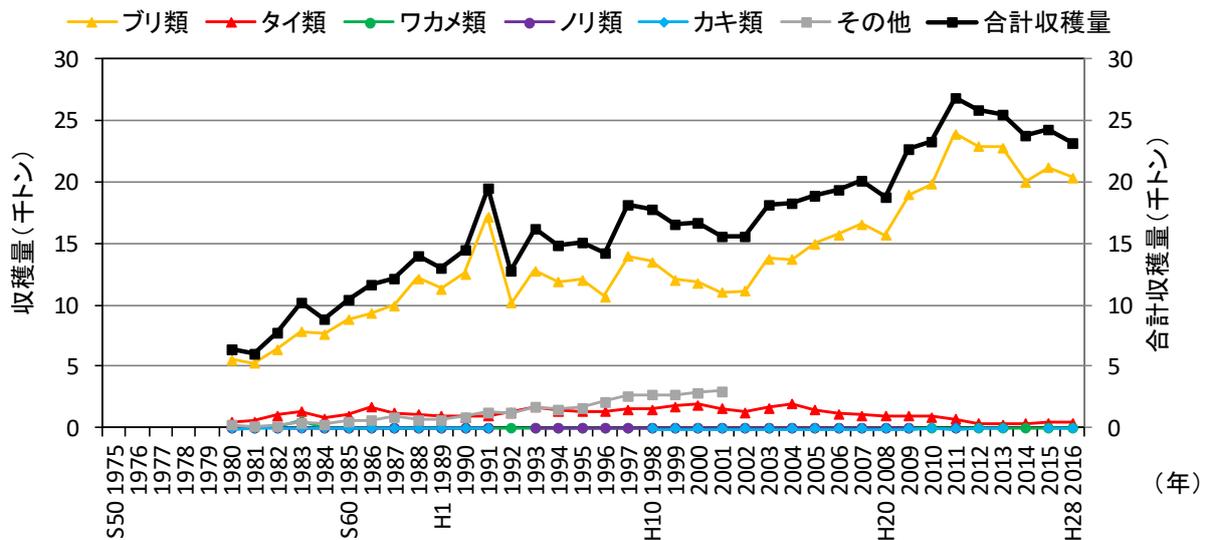
図 12-35(4) 豊後水道の区画漁業権の設定状況

【愛媛県(南太平洋区)】



注) ブリ類は2003～2006年に、カキ類は2003～2006年に、ワカメ類は1992～1996年に秘匿となっている。
その他の養殖物は2003～2006年、2009～2016年に一部秘匿が含まれるため図中から除いた。

【大分県(南太平洋区)】



注) ノリ類は1992年、2010～2016年に、カキ類は1992～1997年、2011年、2014年に秘匿となっている。
その他の養殖物は2002～2016年に一部秘匿が含まれるため図中から除いた。

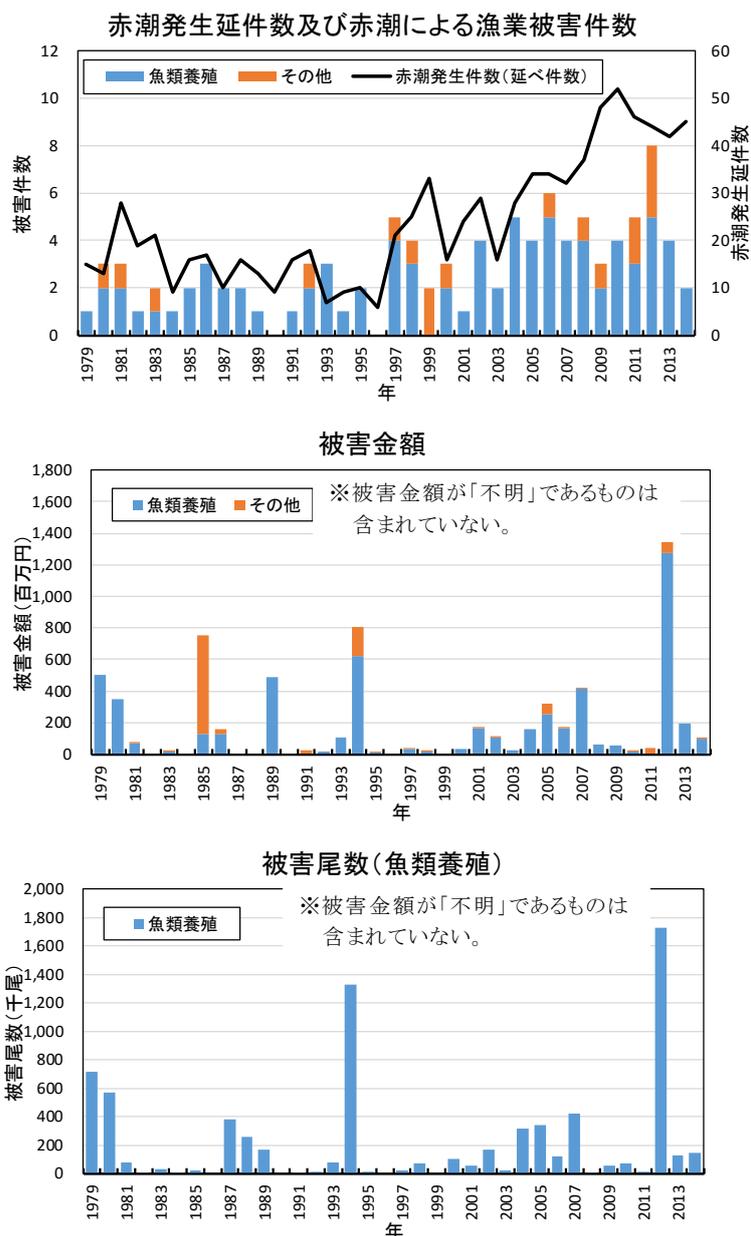
出典) 1980年:「瀬戸内海の漁業」(中国四国農政局統計協会協議会)
1981～1991年:「瀬戸内海地域の漁業」(中国四国農林統計協会協議会)
1992～1997年:「瀬戸内海地域における漁業動向」(中国四国農林統計協会協議会)
1998～2002年:「瀬戸内海区及び太平洋南区における漁業動向」(中国四国農林統計協会協議会)
2003年以降:「海面漁業生産統計調査」(農林水産省)
(http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html)より作成

図 12-36 養殖収穫量の推移(愛媛県・大分県)

(2) 赤潮による漁業被害

豊後水道における赤潮による漁業被害件数は(図 12-37)、1996 年以前は 0~3 件であったが、1997 年以降は 4 件以上出現する年が多くみられる。また、赤潮発生件数の長期的な変化傾向とおおむね対応している。

被害金額及び被害尾数(魚類養殖)は(図 12-37)、2012 年に最も多く、被害金額は約 15 億円、魚類養殖の被害尾数は約 170 万尾であった。



注) 1. 「瀬戸内海の赤潮(水産庁瀬戸内海漁業調整事務所)」における湾・灘区分による。
 2. 赤潮発生件数は、複数の月にまたがるものを各々計上した値である。
 出典)「瀬戸内海の赤潮」(水産庁瀬戸内海漁業調整事務所)より作成

図 12-37 赤潮発生件数及び赤潮による漁業被害件数、被害金額、魚類養殖の被害尾数の推移(豊後水道)

12-4 豊後水道のまとめ

(1) 豊後水道における各項目の整理

表 12-5 豊後水道における各項目の整理

①地理・地形	<ul style="list-style-type: none"> ・瀬戸内海南西部に位置し、北部では伊予灘に接し、南部で太平洋に接続している。海域の地形は、全体的に水深が大きく、水深 60m 以深の水域が多くを占めており、速吸瀬戸の南側に約 350m の海釜が形成されている。
②河川流入・流域	<ul style="list-style-type: none"> ・一級河川は、西部に番匠川があるが、東部には存在しない。 ・TN、TP 濃度は、1980 年代以降おおむね横ばいで推移している。
③流況	<ul style="list-style-type: none"> ・定常的に最も卓越する流動は南北に流れる潮流である。潮流の流速は速吸瀬戸では 2m/s を超える。 ・中央部海域は流速が大きい、沿岸部は地形が入り組み多くの内湾を有しているため流速が小さい。 ・中央部の表層の残差流は南方向に流れている。 ・内海水の流出は西側（大分県側）からであり、夏季は中層から表層を流し、冬季は底層を流す。外洋水は東側（愛媛県側）から流入する。また、黒潮を起源とする暖水が定期的に表層から侵入する「急潮」と、底部陸棚斜面から侵入する「底入り潮」があり、外洋水の影響を強く受ける海域である。
④夏季の成層	<ul style="list-style-type: none"> ・西部海域の沿岸で成層が発達しやすい傾向がみられる。
⑤陸域負荷の流入	<ul style="list-style-type: none"> ・TN の発生負荷量は 1990 年代にやや高い値を示しているものの、おおむね横ばいで推移している。TP の発生負荷量は 1979 年度から 1988 年度にかけて減少した後、おおむね横ばいで推移している。
⑥埋立・海岸の整備状況等	<ul style="list-style-type: none"> ・海岸線については、1996 年度時点の海岸延長に占める自然海岸、半自然海岸、河口部の割合が 58%であり、瀬戸内海のなかでは自然海岸が比較的多く残されている海域である。しかし、経年的には自然海岸の割合は減少傾向にある。
⑦藻場・干潟	<ul style="list-style-type: none"> ・藻場は、藻場は臼杵、津久見、内ノ浦、西伊予、宇和島等に多く分布している。 ・干潟は、主に八幡浜、愛南町、臼杵に分布している。
⑧水質	<p>【環境基準の達成状況】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・COD は、B 類型・C 類型では全ての水域で環境基準を達成しているが、A 類型では一部の水域で環境基準を達成していない。 ・TN 及び TP はいずれの水域も環境基準を達成している。 <p>【水質の状況】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・TN、TP とともに外洋水が流入する南部海域での濃度が低い傾向を示しているが、水平的な濃度勾配は小さい。 ・TN 及び DIN に有意な変化傾向はみられないが、TP 及び DIP は低下傾向を示している。

	<ul style="list-style-type: none"> ・クロロフィル a 濃度は冬季に比べて夏季が高い傾向を示している。
⑨赤潮	<ul style="list-style-type: none"> ・年間の赤潮発生延件数は、1990 年代後半から 2000 年代にかけて増加傾向がみられ、特に夏季において顕著である。 ・赤潮の発生状況は年によって異なるものの、近年における赤潮はおおむね西部海域の沿岸及び東部海域の沿岸で発生している。 ・近年(2010～2016 年)における赤潮による漁業被害は、2011～2015 年の春季～夏季に西部海域の沿岸や東部海域の沿岸で <i>Karenia</i>(カレニア) 属、<i>Heterosigma</i>(ヘテロシグマ) 属による養殖魚介類、畜養魚介類、天然魚介類のへい死が発生している。
⑩夏季の底層 DO	<ul style="list-style-type: none"> ・底層 DO の年度最低値はおおむね 6mg/L 以上で推移している。
⑪底質	<ul style="list-style-type: none"> ・泥分率・TOC 等の底質項目は、北東部海域の沿岸及び南西部海域の沿岸で高く、中央部海域で低い分布傾向を示している。 ・北東部海域の沿岸では 2000 年代から 2010 年代にかけて TOC の低下傾向がみられる。
⑫底生生物	<ul style="list-style-type: none"> ・種類数、個体数は中央部海域で多く、北東部海域の沿岸で少ない分布傾向を示しており、経年的には大きな変化はみられない。
⑬栄養塩の溶出	<ul style="list-style-type: none"> ・北東部海域の沿岸及び南西部海域の沿岸で比較的大きい傾向を示しており、北東部海域の沿岸及び南西部海域の沿岸では 2000 年代から 2010 年代にかけて減少傾向がみられる。
⑭水産資源の状況	<ul style="list-style-type: none"> ・漁獲量は、1960 年代から増加し、1985 年に最大値に達した後、2002 年にかけて減少し、その後 2010 年頃から増加している。漁獲量は交流型のサバ類、マイワシの魚種の影響が大きい。 ・1985 年の最大値は、マイワシの影響が大きいですが、マイワシの漁獲量はその後 1994 年にかけて減少し、その後は 2014 年まで低位で推移している。 ・サバ類は 1970 年から 1974 年にかけて増加した後、1987 年から 1992 年にかけて減少している。 ・豊後水道は我が国有数の養殖産地であり、愛媛県、大分県ともに瀬戸内海区に比べると南太平洋区は魚類養殖が多い。 ・愛媛県(南太平洋区)の養殖収穫量は、ブリ類とタイ類が多くを占めており、タイ類は 1980 年代から 2000 年代前半にかけて増加しているが、ブリ類は長期的に減少傾向を示している。 ・大分県(南太平洋区)の養殖収穫量は、ブリ類が多くを占めており、1980 年代から 2000 年代頃にかけて増加している。 ・赤潮による漁業被害件数は、1990 年代後半以降増加している。

(2) 水環境等の状況と課題のまとめ

1) 状況と課題

- COD の環境基準の達成状況をみると、B 類型・C 類型の全ての水域で達成しているが、A 類型の一部の水域で達成していない。TN 及び TP ではいずれの水域も環境基準を達成している。
- 海域における全窒素濃度は有意な変化傾向はみられないが、全りん濃度は低下傾向を示している。
- 底層 DO の年度最低値はおおむね 6mg/L 以上で推移している。
- 赤潮発生延件数は、1990 年代後半から 2000 年代にかけて増加傾向がみられ、特に夏季に大きく増加しており、沿岸部で局所的に発生している。近年の赤潮による漁業被害をみると、夏季を中心に沿岸部で *Karenia*(カレニア) 属、*Heterosigma*(ヘテロシグマ) 属による養殖魚介類等のへい死が発生している。
- 北東部海域の沿岸及び南西部海域の沿岸では、底質の泥分率が高く、有機物量も多いが、これらの海域では有機物量が減少傾向を示している。底生生物の種類数、個体数は中央部海域で多く、北東部海域の沿岸で少ない分布傾向を示しており、経年的には明瞭な変化傾向はみられない。
- 愛媛県及び大分県は日本有数の養殖産地であり、豊後水道では魚類養殖場が多い。
- 愛媛県南太平洋区の養殖収穫量において、ブリ類は 1980 年代から 1990 年代に収穫の多くを占めていたが、長期的に減少傾向を示している。また、タイ類は 1980 年代前半から 2003 年頃にかけて増加しており、1990 年代後半からタイ類は収穫の多くを占めている。大分県南太平洋区の養殖収穫量は 1980 年代から長期的に増加しており、ブリ類が収穫の多くを占めている。
- 漁獲量は、1960 年代から増加し、1985 年に最大値に達した後、2002 年にかけて減少し、その後 2010 年頃から増加している。漁獲量は交流型のサバ類、マイワシの魚種の影響が大きい。

2) 総括

- 豊後水道は、黒潮を起源とする暖水が定期的に表層から侵入する「急潮」と、底部陸棚斜面から侵入する「底入り潮」があり、外洋水の影響を強く受ける。外洋水は東側から流入し北上し、内海水は西側を南下する。中央部海域は潮流が卓越し流れが速いのに対し、沿岸部は地形が入り組み多くの内湾を有して海水の停滞性が強い。
- 海域における全窒素濃度は有意な変化傾向はみられないが、全りん濃度は低下傾向を示している。
- 赤潮発生延件数は、1990 年代後半から 2000 年代にかけて増加傾向がみられ、特に夏季に大きく増加しており、沿岸部で局所的に発生している。
- 愛媛県及び大分県は日本有数の養殖産地であり、東部沿岸及び西部沿岸に魚類養殖場が多い。
- 愛媛県南太平洋区の養殖収穫量において、ブリ類は 1980 年代から 1990 年代に収穫の多くを占めていたが、長期的に減少傾向を示している。また、タイ類は 1980 年代前半から 2003 年頃にかけて増加しており、1990 年代後半からタイ類は収穫の多くを占めている。大分県南

太平洋区の養殖収穫量は 1980 年代から長期的に増加しており、ブリ類が収穫の多くを占めている。

- 近年の赤潮による漁業被害をみると、夏季を中心に沿岸部で *Karenia* (カレニア) 属、*Heterosigma* (ヘテロシグマ) 属による養殖魚介類等のへい死が発生している。