

湾・灘ごとの水環境等の状況に係る整理【西部】

10. 伊予灘	1
11. 周防灘	36
12. 豊後水道	76
13. 響灘	115
【参考】使用データについて	145

10. 伊予灘

10-1 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

伊予灘は瀬戸内海西部に位置し、海域面積 4,009km²、平均水深 55.7m、容積 2,232 億 m³ で、瀬戸内海の中で最も海域面積の大きい海域であり、北東部で安芸灘及び広島湾に、北西部で周防灘に、南西部で豊後水道に接している。関係府県は、沿岸部の山口県、愛媛県、大分県である。

海域の地形は、南部の速吸瀬戸付近で水深が大きく、関崎と佐田岬を結ぶ線上に、水深約 150m の尾根が存在し、その北側に最深部約 450m の海釜が形成されている。本海域の中央部の水深はおおむね 40～60m 程度で、西部の大分県沿岸では水深 20m 以浅の水域もみられる。

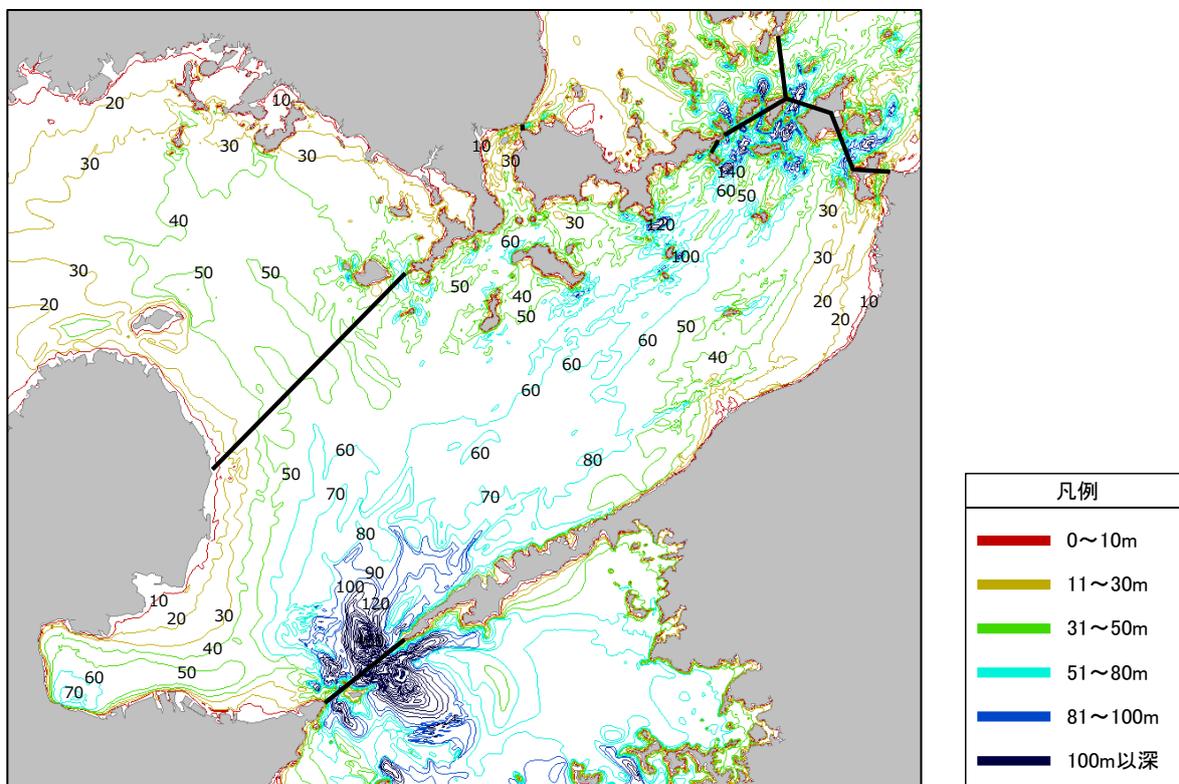


図 10-1 伊予灘の水深分布

表 10-1 伊予灘の海域緒元

海域区分	関係府県	海域面積 (km ²)	平均水深 (m)	容積 (億 m ³)
伊予灘	山口県、愛媛県、大分県	4,009	55.7	2,232

出典) 環境省調べ

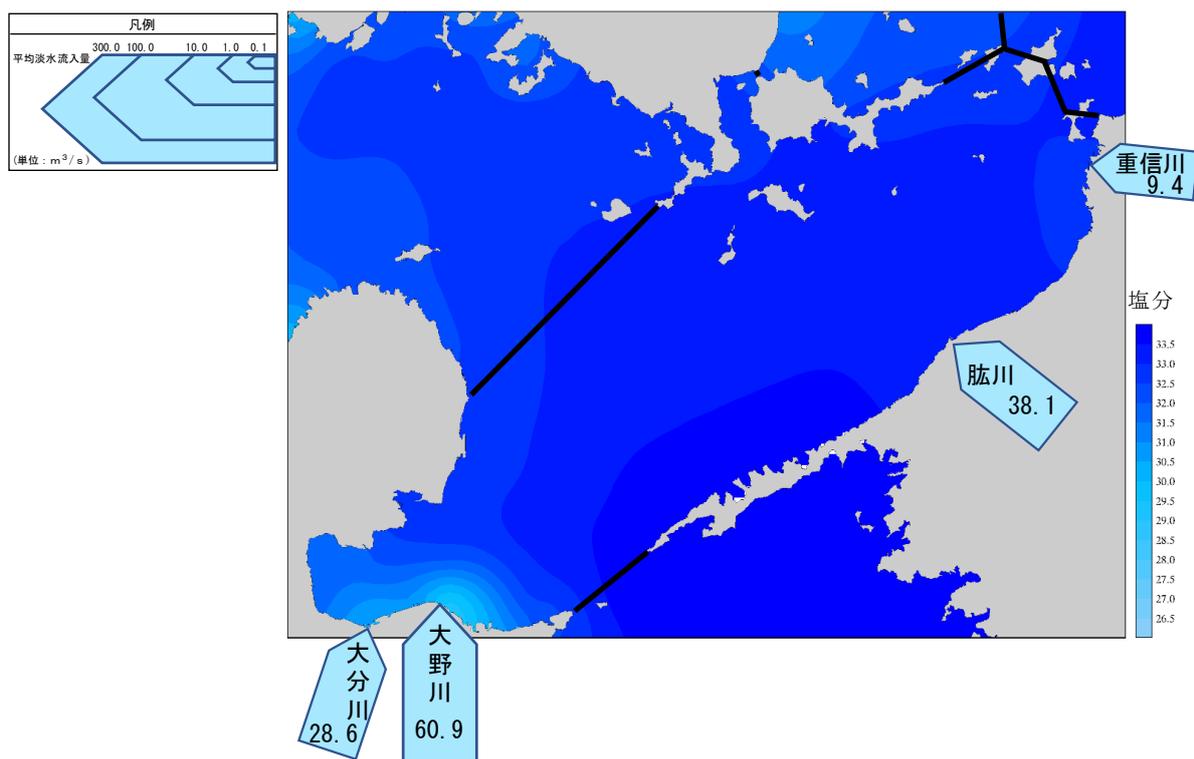
(2) 流入河川・流域－整理項目②

伊予灘に流入する一級河川は、東部に重信川と肱川、西部に大分川と大野川がある(図 10-2)。流域面積は重信川が約 400km²、肱川が約 1,200km²、大分川が約 700km²、大野川が約 1,500km²である。伊予灘に流入する二級水系は 84 水系であり、流域面積は約 900km²である。伊予灘に流入する河川流域の陸域総面積は約 4,900 km²、人口は約 140 万人である。

伊予灘では、河川流入量の多い南西部の塩分が低い傾向がある(図 10-2)。

降水量の年平均値(1976～2016年の平均)は(図 10-3)、長浜で 1.4 千 mm/年 程度、松山では 1.4 千 mm/年 程度、大分では 1.7 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長浜で少なく、松山、大分ともに多い。また、1993年など降水量の多い年には、大野川の流量が大きい傾向を示している。

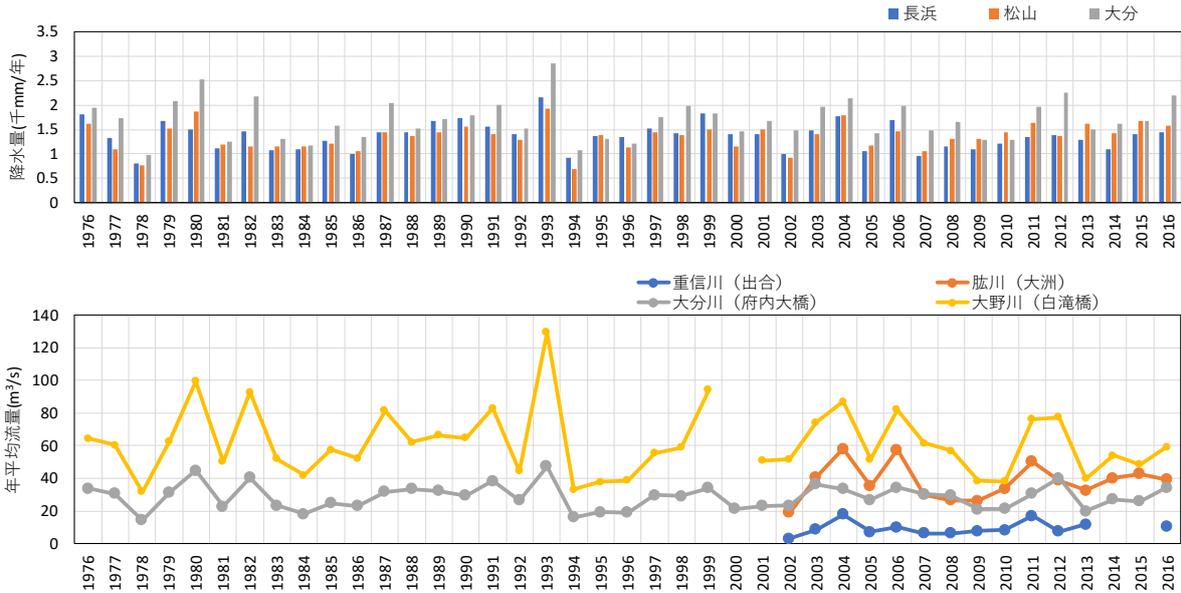
重信川、肱川、大分川及び大野川の TN、TP 濃度(図 10-4)は、重信川の方が肱川、大分川及び大野川よりも高い。重信川の TN 濃度は 1982～1986年に上昇した後、1990年代まではおおむね横ばいで推移しているが、2000年代以降は低下傾向がみられる。また、TP 濃度は 1994年以降低下傾向を示している。肱川、大分川及び大野川の TN、TP 濃度は、おおむね横ばいで推移している。



注) 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。

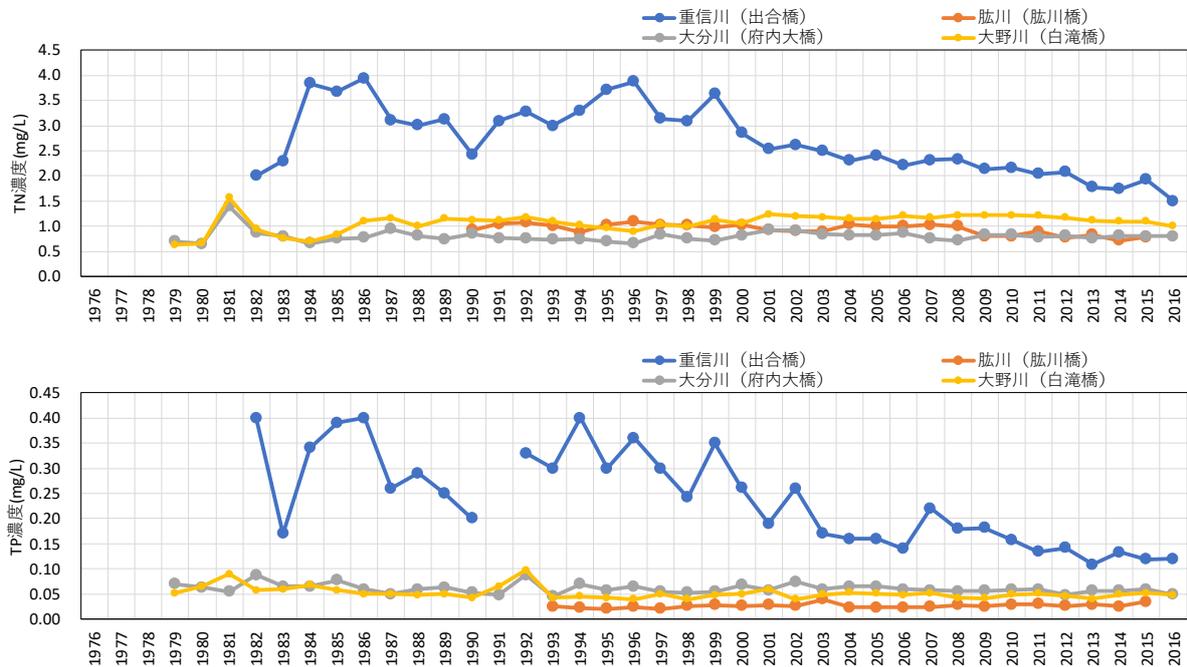
出典) 広域総合水質調査結果(環境省)及び浅海定線調査結果(大分県)、「水文水質データベース」(国土交通省)より作成

図 10-2 上層の塩分分布及び一級河川の流量



注) 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。
 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重信川(出合)では3.1km、肱川(大洲)では21.0km、大分川(府内大橋)では6.8km、大野川(白滝橋)では14.8km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 10-3 一級河川の年平均流量及び代表地点(長浜、松山、大分)における降水量の推移



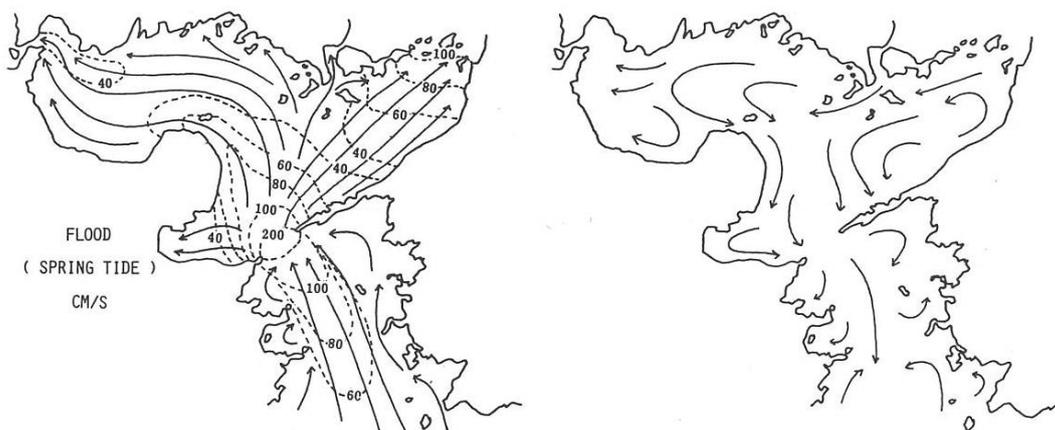
注) TN、TP は平水時のデータであるため、年平均流量と乗算しても年負荷量にはならない。
 水質観測所は流量観測所と同じ観測所または近傍の観測所である。
 河川によって河口から観測所位置までの距離が異なる。それぞれの河口からの距離は重信川(出合橋)では3.1km、肱川(肱川橋)では18.3km、大分川(府内大橋)では6.8km、大野川(白滝橋)では14.8kmである。
 出典)「水文水質データベース」(国土交通省)より作成

図 10-4 一級河川の TN、TP の年平均値の推移

(3) 流況－整理項目③

伊予灘で定常的に最も卓越する流動は潮流である。潮流の流速は速吸瀬戸では 2m/s を超え、釣島水道では 1m/s を超えるが、伊予灘中央部、別府湾などでは 0.4m/s 以下となる。¹

伊予灘の残差流の流速はおおよそ 5cm/s 程度で、伊予灘東部と西部に反時計回りの環流が存在する。



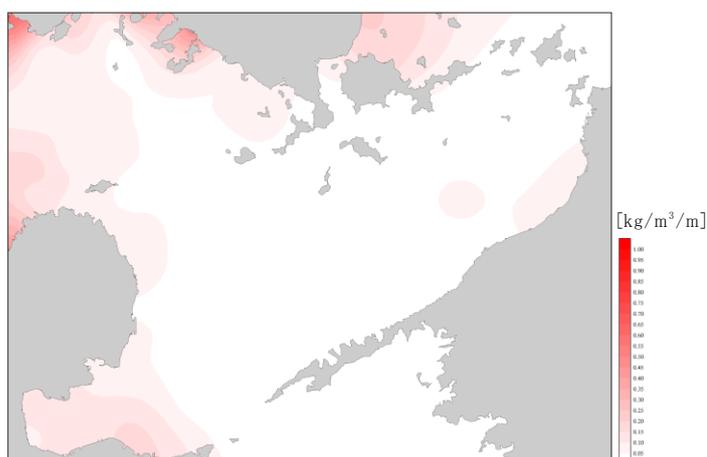
出典)柳哲雄(1985):瀬戸内海Ⅲ(A.伊予灘・周防灘・豊後水道、B.別府湾)Ⅱ物理. 日本全国沿岸海洋誌. 日本海洋学会沿岸海洋研究部会編, 東海大学出版会, 709-714.

図 10-5 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)

(4) 成層－整理項目④

伊予灘の夏季(7月)における鉛直方向の密度勾配の分布を図 10-6 に示す。夏季の鉛直方向の密度勾配は、一級河川から河川水が流入し、海水の停滞性が強い別府湾で大きく、流れの比較的速い東～中央部海域では小さい傾向がある。



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

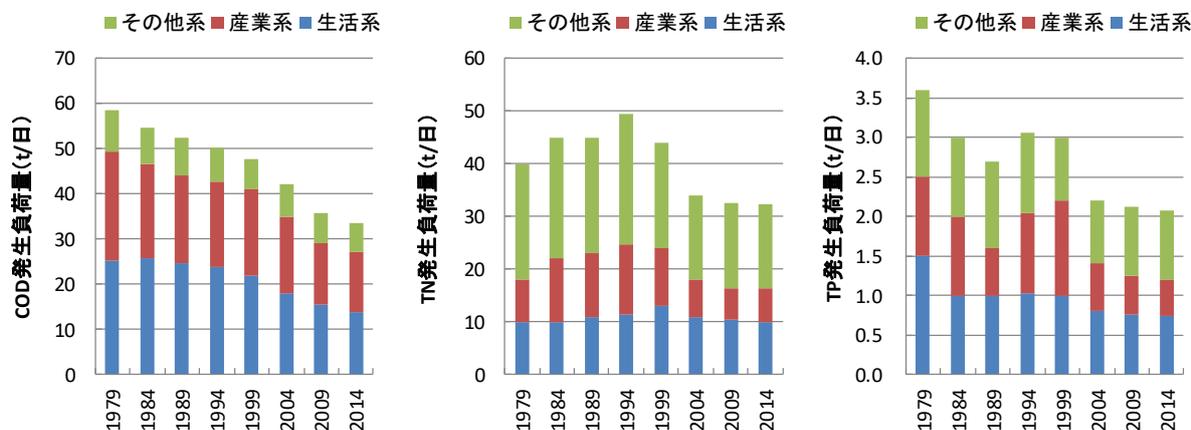
出典)広域総合水質調査結果(環境省)及び浅海定線調査結果(大分県)より作成

図 10-6 伊予灘の夏季(7月)における鉛直方向の密度勾配の分布

¹ 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.

(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 1979 年度以降減少傾向を示している。TN の発生負荷量は 1994 年度以降減少傾向を示しており、TP の発生負荷量は主に 1979～1984 年度の期間と 1999～2004 年度の期間に減少している。



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 10-7 伊予灘における発生負荷量の推移

(6) 埋立及び護岸整備の状況－整理項目⑥

1) 埋立の状況

伊予灘における大規模な埋立事業の実施状況を表 10-2 に、山口県、愛媛県及び大分県における埋立免許面積の推移を図 10-8 に示す。

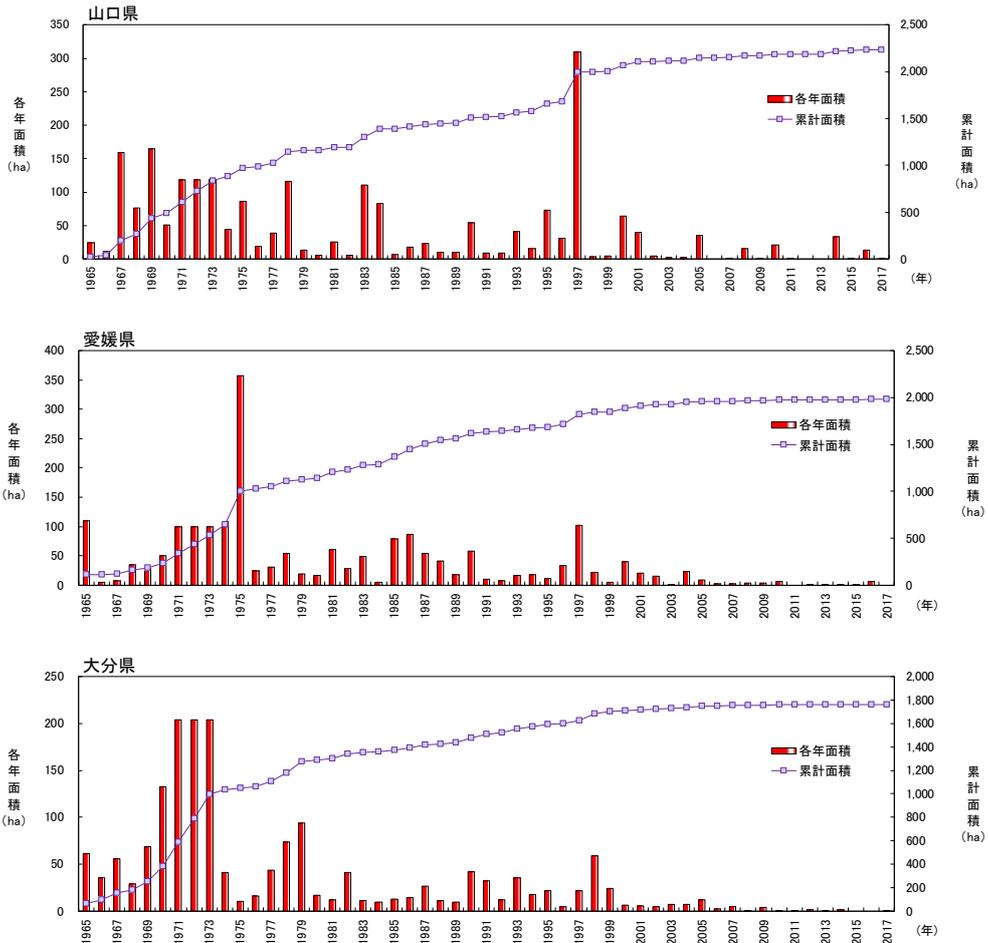
伊予灘では、1974 年に大規模な埋立事業の埋立免許がなされている。

山口県の埋立免許面積は、1967、1969、1971～1973、1978、1983、1997 年では 100ha 以上であるが、その後埋立免許面積は徐々に減少している。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 1000ha 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。

表 10-2 伊予灘における大規模埋立事業

湾・灘名	埋立免許面積 (ha)	免許年	事業実施地区・事業名称	埋立免許面積 (ha)	特定海域の指定有無
伊予灘	65	1974年	柳井港柳井地区	65	

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

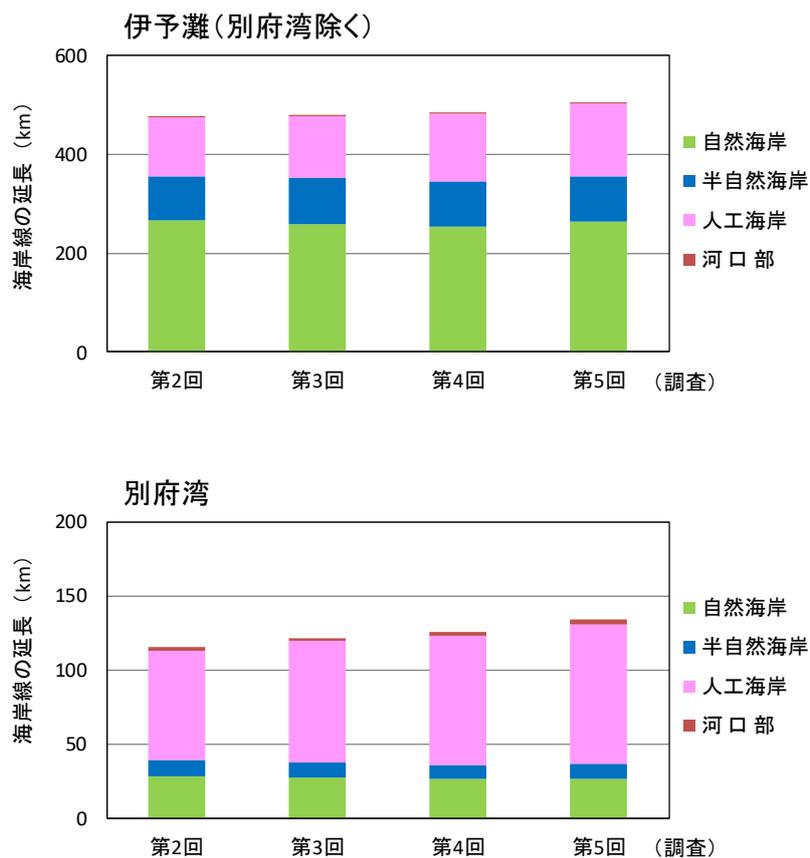


注)1. 1965年～1970年は1月1日～12月31日の累計
 2. 1971～1973年は1月1日～11月1日の累計であり、図中の値は、3年間平均の数値を示した。
 3. 1974年以降は前年の11月2日～当年の11月1日の累計
 4. 伊予灘以外の瀬戸内海の湾・灘を含む。
 出典)「平成29年度瀬戸内海の環境保全 資料集」(瀬戸内海環境保全協会)より作成

図 10-8 山口県、愛媛県及び大分県における埋立免許面積の推移

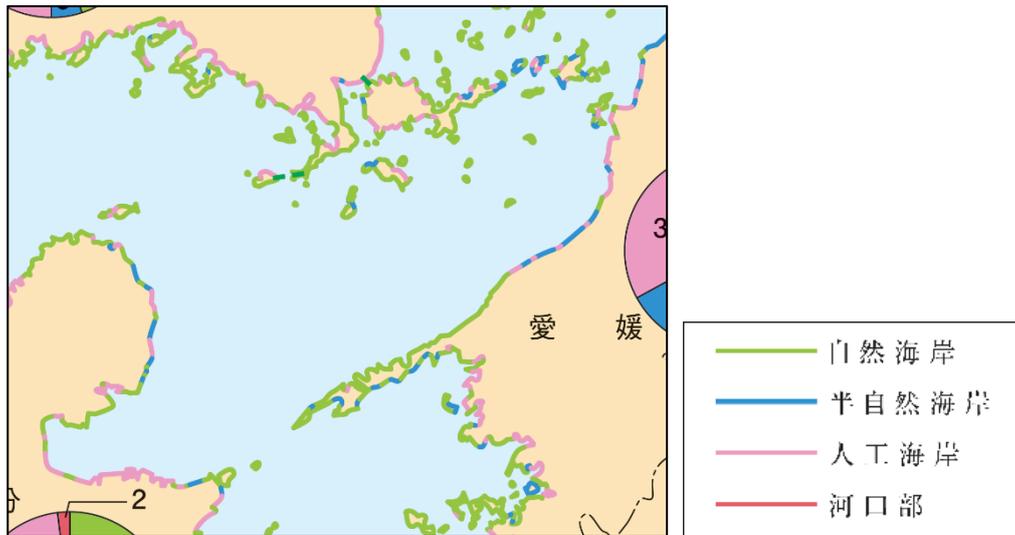
2) 護岸整備状況

海岸線については(図 10-9)、別府湾を除く伊予灘では、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 71%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。一方、別府湾では 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 30%である。



- 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 10-9 伊予灘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 10-10 伊予灘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 10-11 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、藻場は主に島嶼部沿岸、国東半島沿岸、愛媛県沿岸に多く分布しており、干潟は主に柳井、周防大島、松山、日出、杵築沿岸に分布している。

2015～2017 年度調査によると、藻場は主に島嶼部沿岸、国東半島沿岸、愛媛県沿岸に多く分布している。干潟は主に柳井、周防大島、松山、大洲、日出、杵築沿岸に分布し、県別の面積は、山口県で 135ha、愛媛県で 87ha、大分県で 372ha 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

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 10-11 伊予灘の藻場・干潟分布の変化

10-2 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)

伊予灘のCODは(図10-14)、近年(2010年度以降)ではA類型水域の柳井・大島海域(1)及び別府湾東部、B類型の全ての水域、C類型の全ての水域で環境基準を達成している。過去からの達成状況の推移をみると、A類型水域の伊予灘一般では1991、1995～1998、2002、2004、2012～2015年度、柳井・大島海域(1)では、1993、2008年度、国東半島地先(水域)では1989～1991、1993～1995、1998～2001、2003、2005～2007、2012～2013年度、別府湾中央水域では1989～1993、1995～2000、2002～2004、2006、2008、2012～2013、2015年度、別府湾東部では2001～2002、2008年度、B類型水域の吉田浜船溜り(乙)では1990～1991年度、松前港では1989、1991、1996～1997年度、大分港水域では1993、1995、2002、2006年度、大野川東部では2006年度、別府港水域では1993、1998、2006、2008年度で未達成である。

TNは(図10-15)、近年(2010年度以降)ではII類型の全ての水域で環境基準を達成している。過去からの達成状況の推移をみると、別府湾(イ)では1998年度で未達成である。

TPは(図10-16)、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。

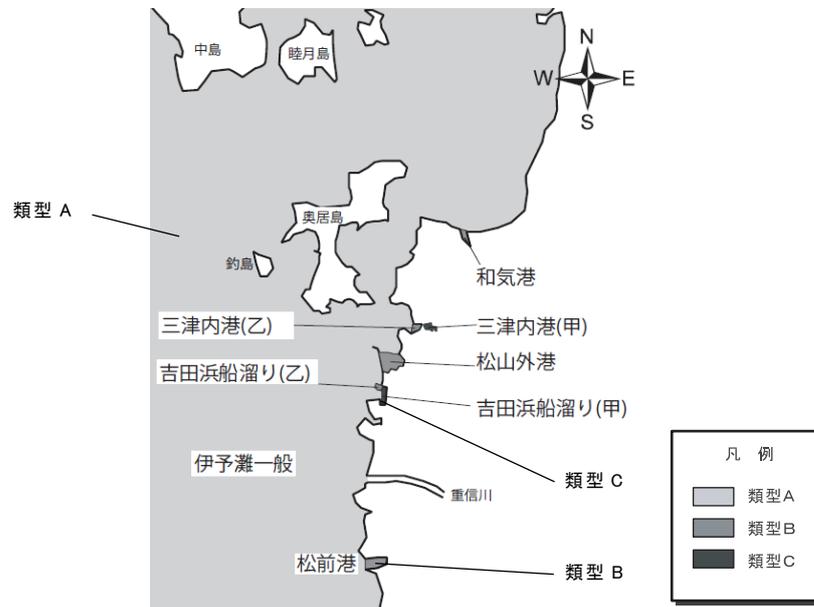


図10-12(1) 伊予灘におけるCODの類型指定(愛媛県)

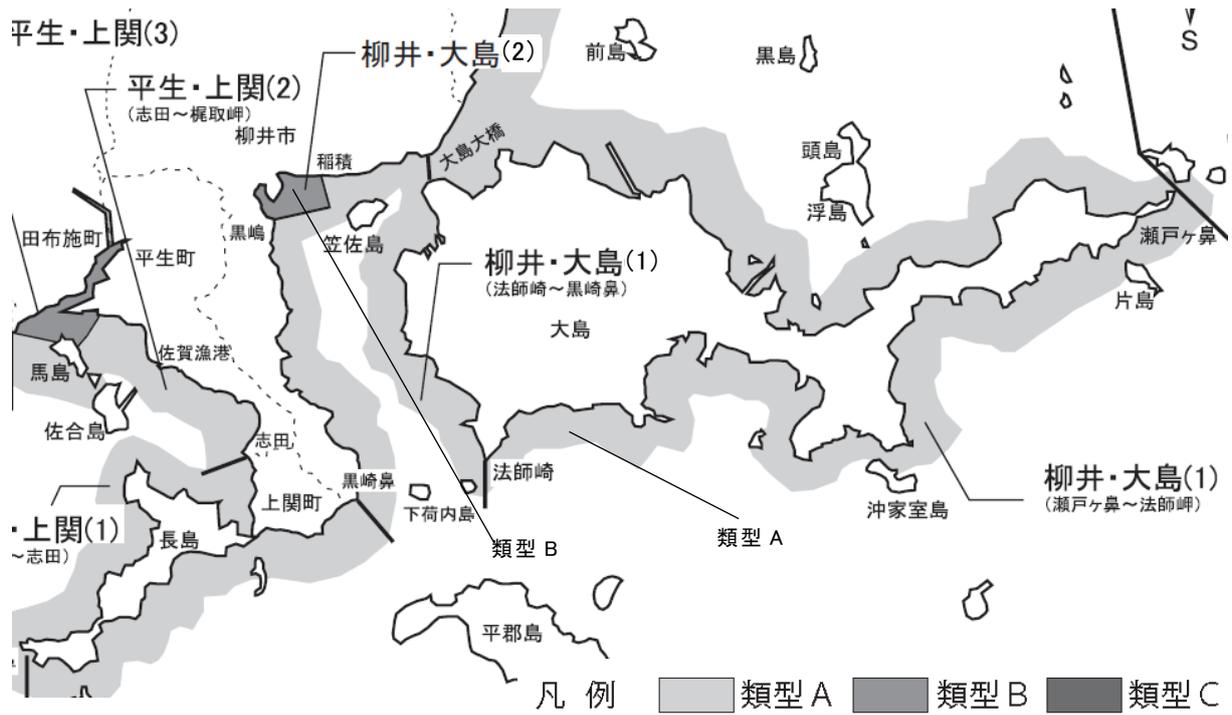


図 10-12(2) 伊予灘における COD の類型指定(山口県)

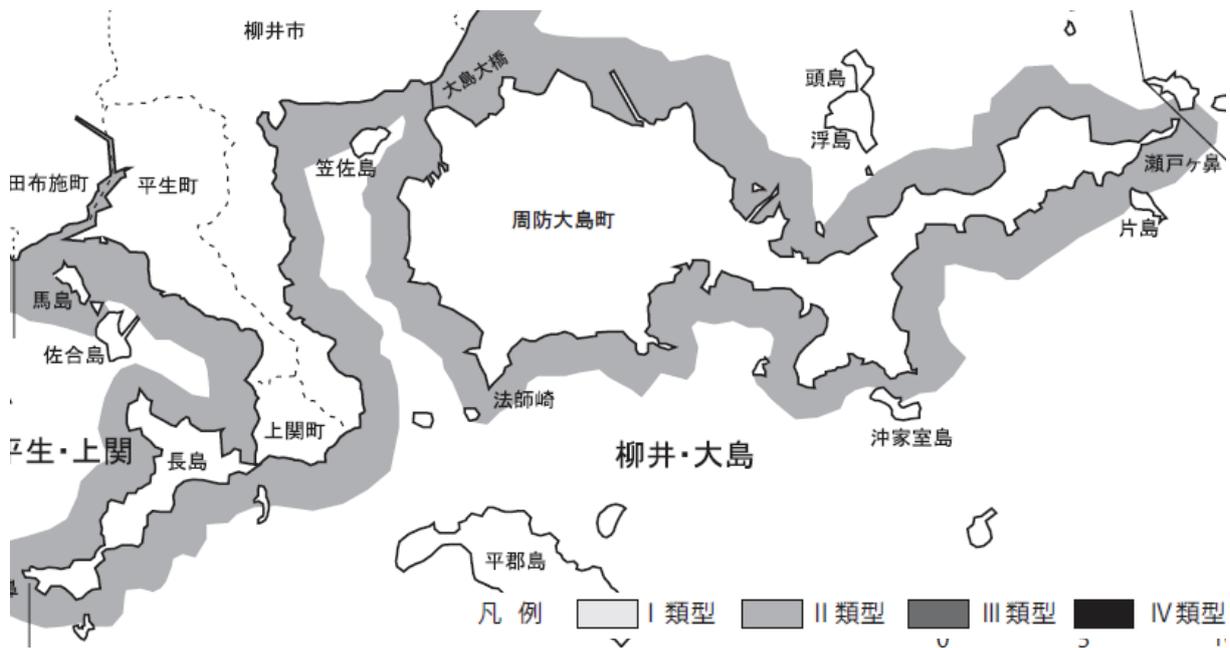


図 10-12(3) 伊予灘における COD の類型指定(大分県)



凡例 □ I 類型 □ II 類型 □ III 類型 □ IV 類型

図 10-13(1) 伊予灘における 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 10-13(2) 伊予灘における TN、TP の類型指定(山口県)

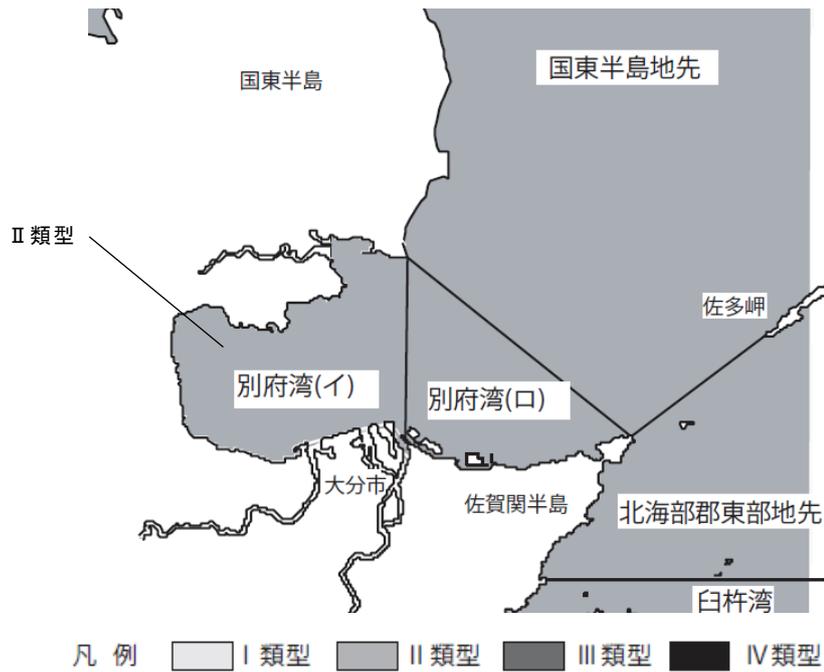
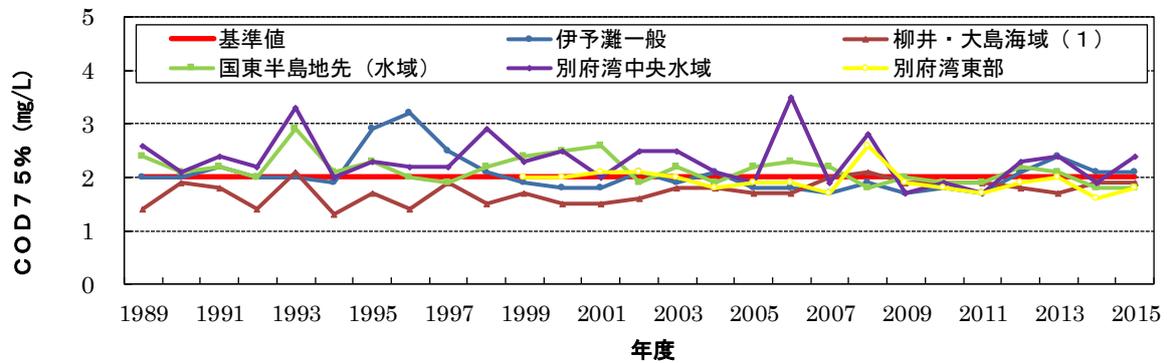


図 10-13(3) 伊予灘における TN、TP の類型指定(大分県)

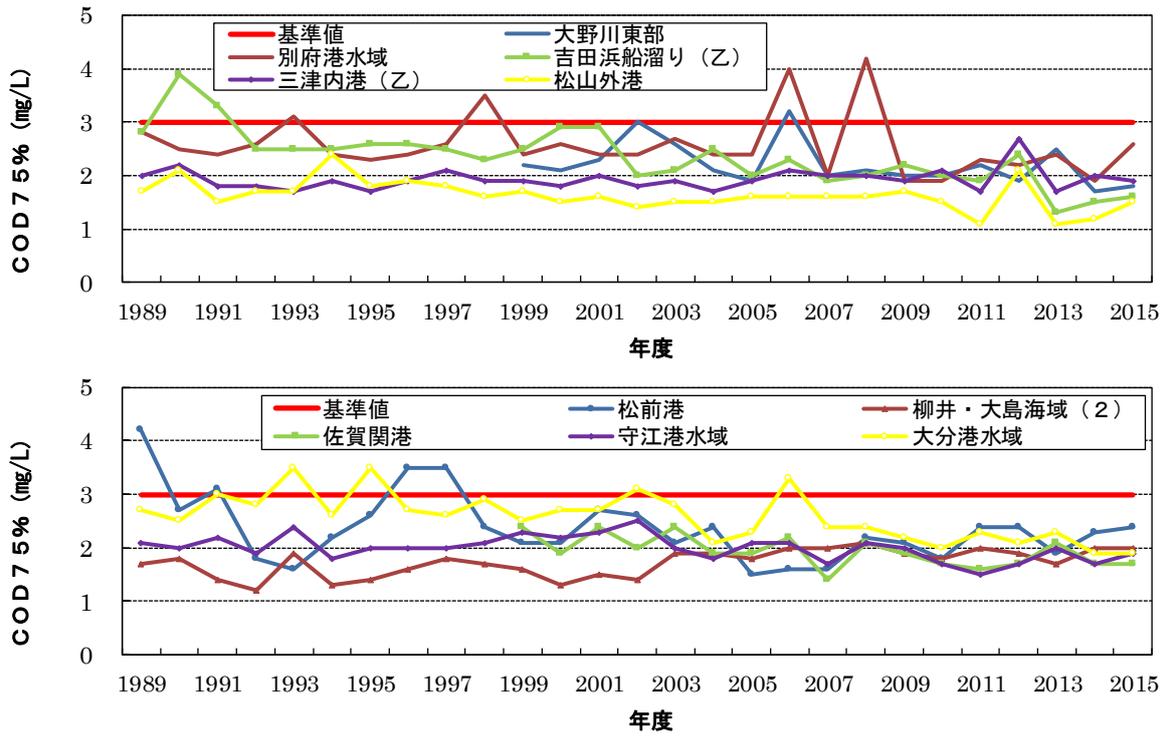
[A 類型水域]



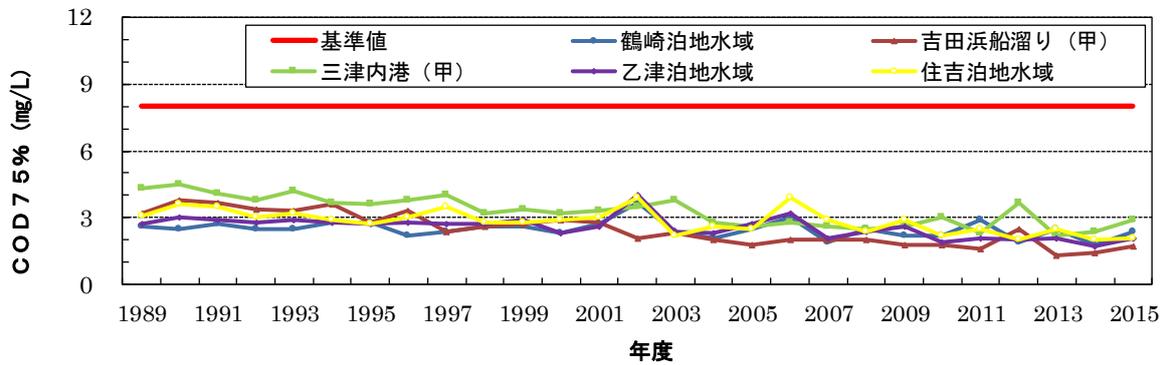
注) 水域内の全測定地点における COD75% 値の最大値の推移

図 10-14(1) 伊予灘における COD75% 値の最大値の推移

[B 類型水域]



[C 類型水域]



注) 水域内の全測定地点における COD75% 値の最大値の推移

図 10-14(2) 伊予灘における COD75% 値の最大値の推移

[Ⅱ類型水域]

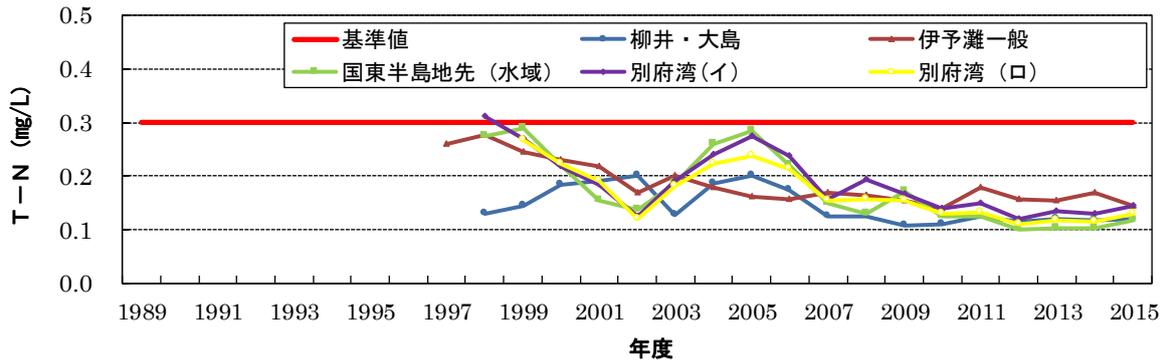


図 10-15 伊予灘における TN の年度平均値の推移

[Ⅱ類型水域]

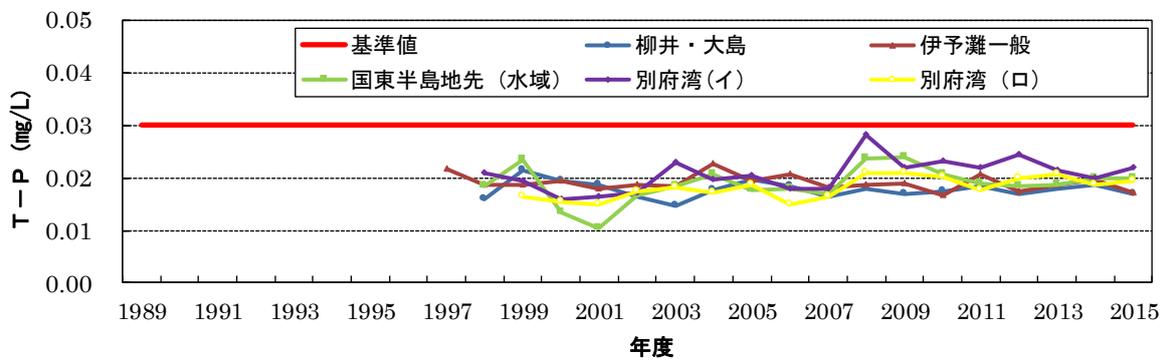
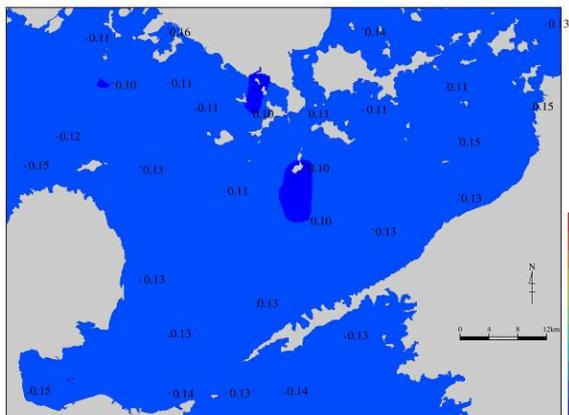


図 10-16 伊予灘における TP の年度平均値の推移

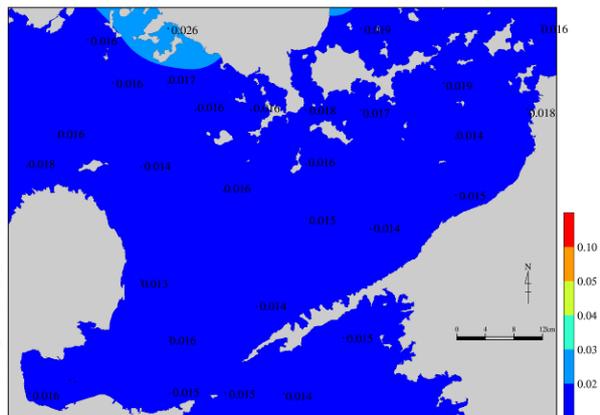
2) 伊予灘の栄養塩類の現状

伊予灘の TN、TP 濃度の分布は図 10-17 に示すとおりであり、TN、TP ともに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 10-17 伊予灘における上層の 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。沿岸域及び沖合域における上層の窒素・リンの年度平均値の推移を図 10-19 に示す。

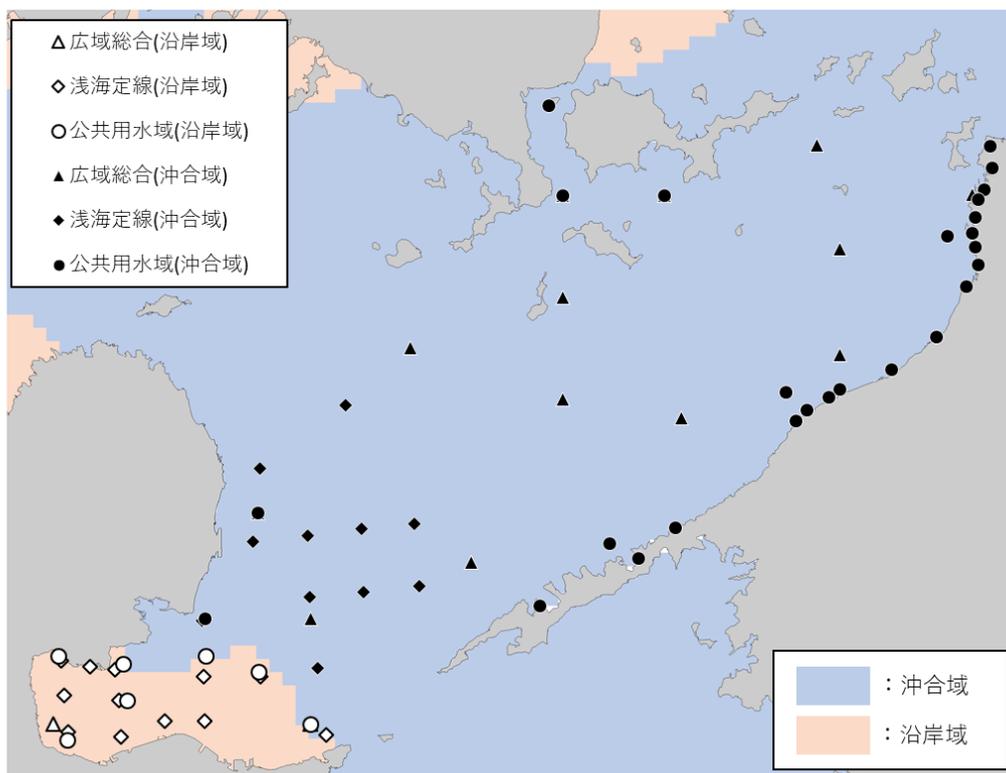
沿岸域では、TN の年度平均値は 1996 年度までは上昇傾向、1996 年度以降は低下傾向がみられるが、TP の年度平均値は有意な差はみられない。DIN の年度平均値は 1986 年度までは低下傾向、1986～1993 年度は上昇傾向、1993 年度以降は低下傾向を示している。DIP の年度平均値は、1976～1985 年度は低下傾向、1985～2010 年度は上昇傾向を示している。

沖合域では、TN 及び TP 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 10-20 に示す。

DIN 及び DIP は、夏季の DIP を除き、沿岸域と沖合域はおおむね同程度の値であるが、夏季に比べて冬季の濃度が高い傾向を示している。また、DIN については冬季の沖合域を除き、主に 1990 年代以降に低下傾向を示している。

クロロフィル a は、夏季の沿岸域で高い傾向を示しており、夏季の沿岸域では大きく変動しながら低下傾向を示している。



- 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、伊予灘は沿岸域の面積が 9%、沖合域の面積が 91%で構成され、別府湾が沿岸域に、別府湾を除く伊予灘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リンの環境基準点のデータを使用した。

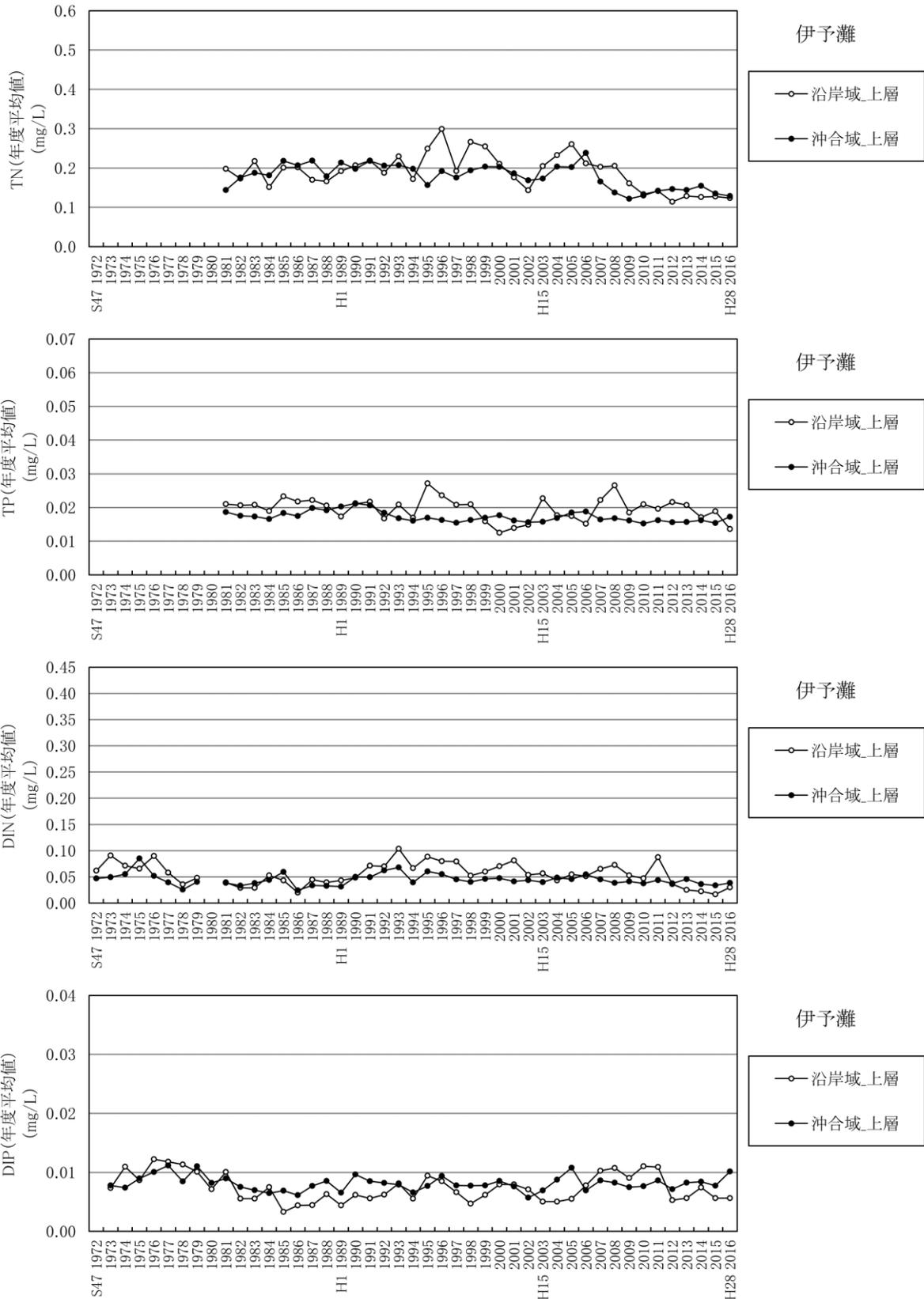
図 10-18 伊予灘における海域区分及び調査地点

表 10-3 伊予灘の水質変化傾向

伊予灘	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	～1996:上昇 1996～:低下 [全期間:低下]	-0.0016 mg/L/年	～2003:有意な変化傾向なし 2003～:低下 [全期間:低下]	-0.0018 mg/L/年	～2004:上昇 2004～2013:低下 2013～:有意な変化傾向なし [全期間:有意な変化傾向なし]	-
	沖合域	低下	-0.0016 mg/L/年	低下	-0.0019 mg/L/年	低下	-0.0019 mg/L/年
TP (上層)	沿岸域	有意な変化傾向なし	-	～2008:有意な変化傾向なし 2008～:低下 [全期間:有意な変化傾向なし]	-	有意な変化傾向なし	-
	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	～1986:低下 1986～1993:上昇 1993～:低下 [全期間:有意な変化傾向なし]	-	～1993:有意な変化傾向なし 1993～2008:低下 2008～:有意な変化傾向なし [全期間:有意な変化傾向なし]	-	～1983:有意な変化傾向なし 1983～1997:上昇 1997～2012:低下 2012～:上昇 [全期間:低下]	-0.0007 mg/L/年
	沖合域	有意な変化傾向なし	-	～1979:有意な変化傾向なし 1979～1995:上昇 1995～:低下 [全期間:有意な変化傾向なし]	-	有意な変化傾向なし	-
DIP (上層)	沿岸域	～1976:有意な変化傾向なし 1976～1985:低下 1985～2010:上昇 2010～:有意な変化傾向なし [全期間:有意な変化傾向なし]	-	～1976:有意な変化傾向なし 1976～1984:低下 1984～1997:有意な変化傾向なし 1997～2010:上昇 2010～:有意な変化傾向なし [全期間:有意な変化傾向なし]	-	～1979:有意な変化傾向なし 1979～1985:低下 1985～:有意な変化傾向なし [全期間:低下]	-0.0001 mg/L/年
	沖合域	有意な変化傾向なし	-	～1986:低下 1986～:有意な変化傾向なし [全期間:低下]	-0.0001 mg/L/年	有意な変化傾向なし	-

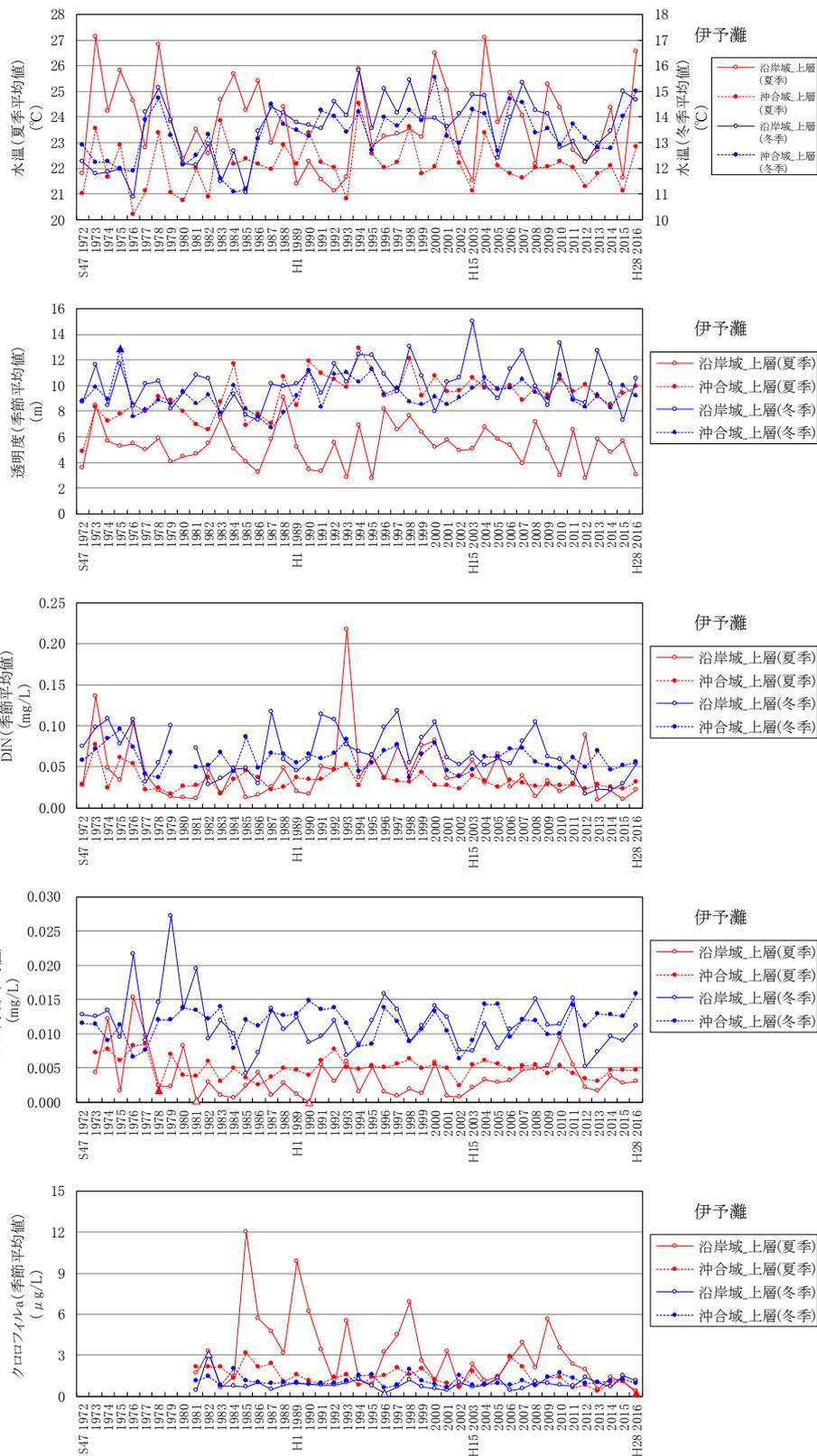
注) 1. 危険率 5%で有意な変化傾向について「上昇」「低下」と記載した。また、5カ年移動平均値と回帰曲線の残差等を用いた手法により変曲点が抽出された場合には、変曲点で区分した期間毎に変化傾向の評価を行った。

2. 夏季は6～8月、冬季は12～2月



注) 図中の△、▲は表 10-3 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)、公共用水域水質測定結果(環境省)及び浅海定線調査結果(大分県)より作成

図 10-19 伊予灘における TN、TP、DIN、DIP の推移(年度平均値)



注) 図中の△、▲は表 10-3 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)、公共用水域水質測定結果(環境省)及び浅海定線調査結果(大分県)より作成

図 10-20 伊予灘における水温、透明度、DIN、DIP、クロロフィル a の推移
 (夏季平均値・冬季平均値)

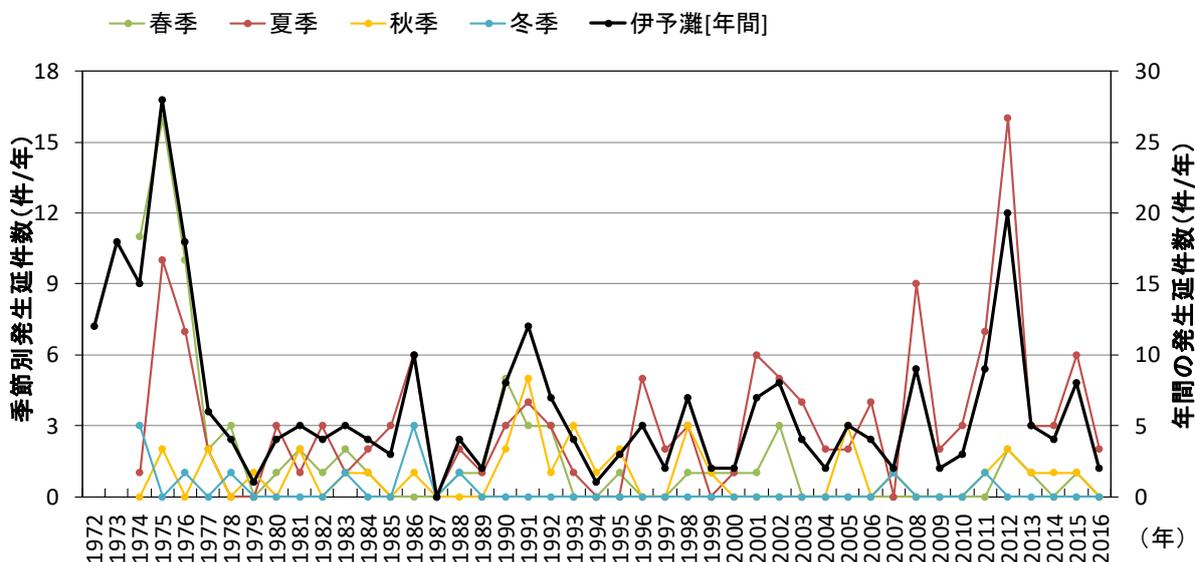
(2) 赤潮－整理項目⑨

1) 赤潮の発生延件数

伊予灘における赤潮の発生延件数の推移は図 10-21 に示すとおりであり、年間の赤潮発生件数は、1975 年に最大値(28 件)を示した後、1979 年にかけて減少し、近年は 2012 年を除き 10 件以下で推移している。

季節ごとの発生延件数をみると、夏季の件数が最も多く、2000 年代以降増加しており、2012 年に最大値(16 件)を示している。また、夏季に次いで春季の発生延件数も多く、1975 年に最大値(16 件)を示した後、1979 年にかけて減少し、その後 5 件以下で推移している。冬季の発生延件数が最も少なく、近年は 2007 年と 2011 年に各 1 件発生しているだけである。

近年(2010～2016 年)における赤潮による漁業被害は、2014 年の夏季、2015 年の春季に別府湾で *Karenia*(カレニア)属による蓄養魚介類や天然魚介類のへい死が発生している。



- 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. 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 10-21 伊予灘における季節別の赤潮発生延件数の推移

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 2016 年における各月の赤潮発生図を図 10-22 に示す。

2016 年における伊予灘の赤潮は、発生件数が 2 件※で、7 月に別府湾で発生している。

赤潮の発生状況は年によって異なるものの、近年は別府湾や別府湾周辺海域で発生している。

※ここで示した発生件数は実件数であり、前述の図 10-21 で示した延件数とは異なる。

1 月 赤潮なし	2 月 赤潮なし	3 月 赤潮なし	4 月 赤潮なし
5 月 赤潮なし	6 月 赤潮なし	7 月※ 	8 月 赤潮なし
9 月 赤潮なし	10 月 赤潮なし	11 月 赤潮なし	12 月 赤潮なし

※ 同様の海域で終息日が異なる赤潮が 2 件あった。

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 10-22 2016 年の伊予灘における赤潮発生状況

(3) 底層 DO—整理項目⑩

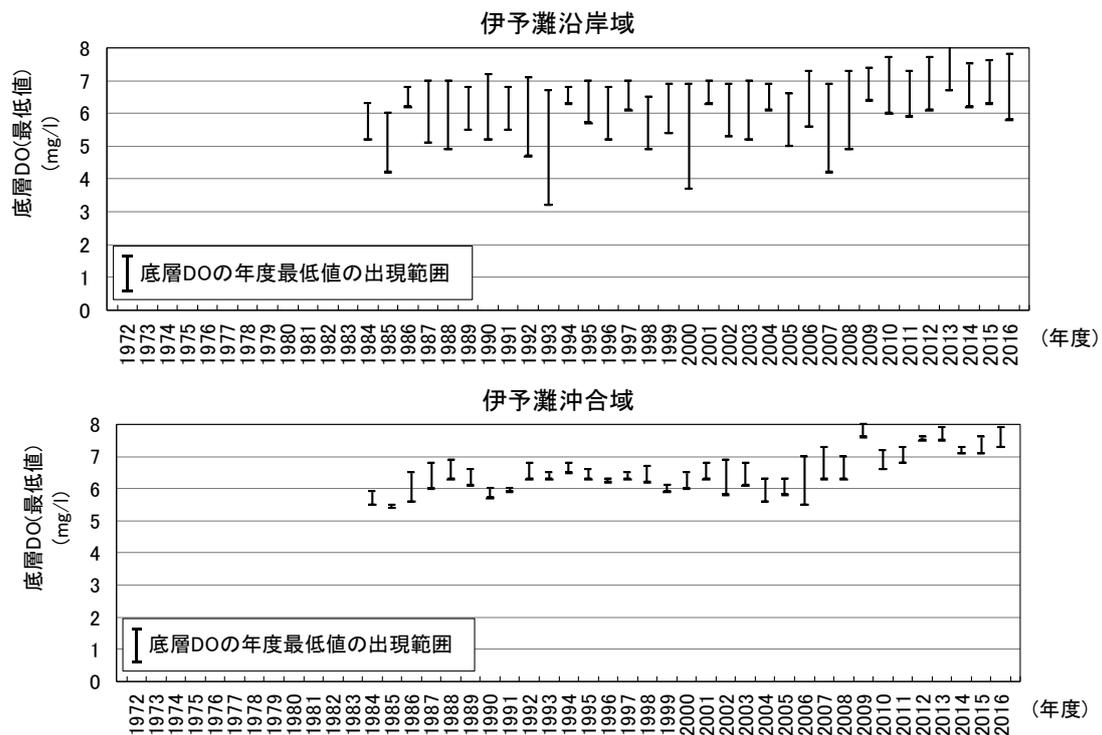
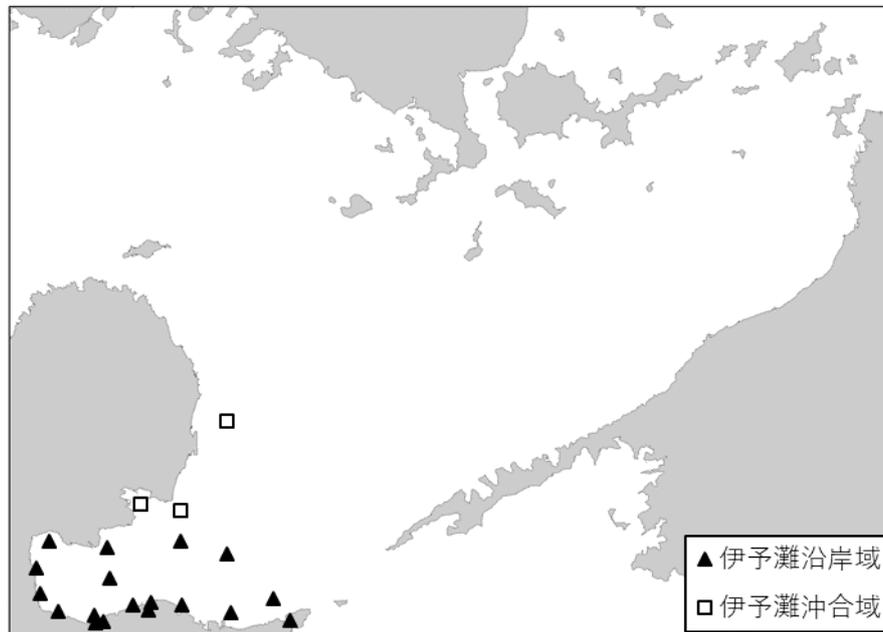
1) 貧酸素水塊の発生状況

海域区分(前述の図 10-18 に示した沿岸域及び沖合域)ごとの底層 DO(年度最低値)の出現範囲の推移を図 10-23 に示す。

沿岸域の底層 DO はおおむね 4mg/L で推移し、近年はおおむね 6mg/L 以上で推移している。沖合域では、おおむね 6mg/L 以上で推移し、2007 年頃から上昇傾向がみられる。

また、広域総合水質調査及び浅海定線調査による底層 DO の推移をみると(図 10-24)、別府湾では南東部を除きおおむね 3mg/L 以上で推移し、中央～東部海域ではおおむね 5mg/L 以上で推移している。別府湾南東部で 1mg/L を下回る地点がみられるが、水深約 60m から 70 数 m にわたる窪地であるため、夏季を中心に底層部に水温躍層が形成され、上層からの酸素供

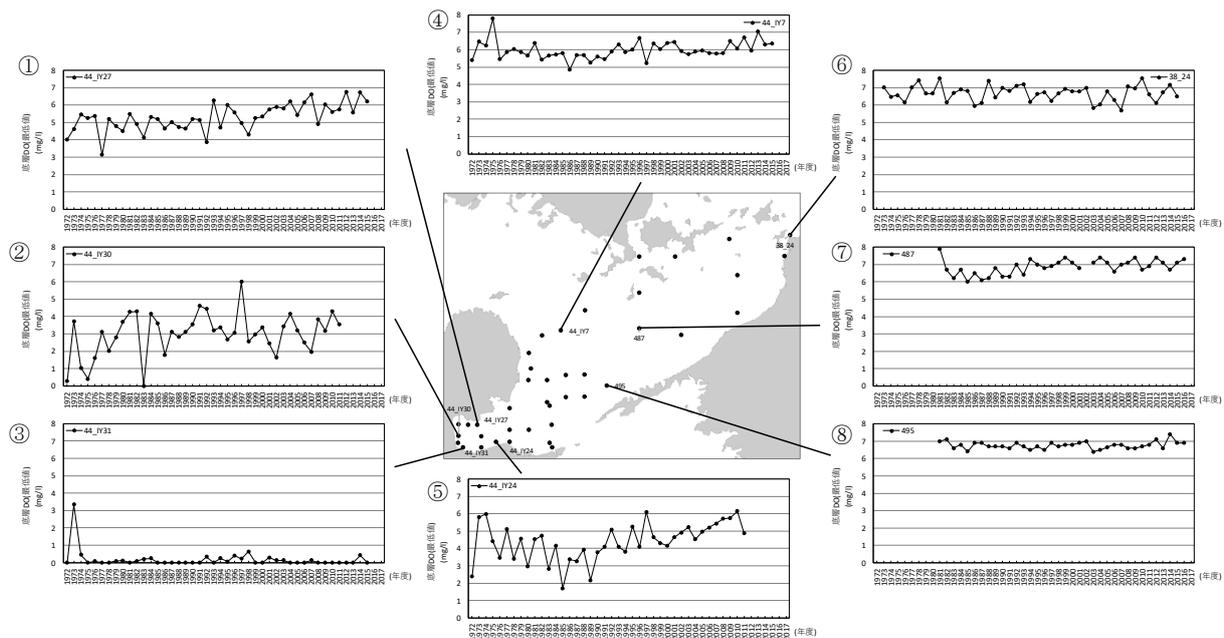
給がなくなり、躍層上端から堆積物直上までの 10 数 m が無酸素状態になることが指摘されている。²



出典) 公共用水域水質測定調査(環境省)より作成

図 10-23 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

² 塩沢孝之・川名吉一郎・星加章・谷本照己・滝村修(1977):別府湾海水中の重金属の鉛直分布とその季節変動. Journal of the Oceanographical Society of Japan, Vol.33, 350-356.



注) ①、②、③、④、⑤、⑥は海底上 1m で測定
 ⑦は 2001 年度以前は海面下 50m、2003 年度以降は海底上 1m で測定
 ⑧は 2012 年度のみ海底上 1m、その他の年度は海面下 50m で測定
 出典) 広域総合水質調査結果(環境省)、浅海定線調査結果(大分県)より作成

図 10-24 広域総合水質調査及び浅海定線調査における底層 DO 年度最低値の推移

(4) 底質－整理項目①

伊予灘における泥分率及び TOC の分布をそれぞれ図 10-25①及び②に示す。

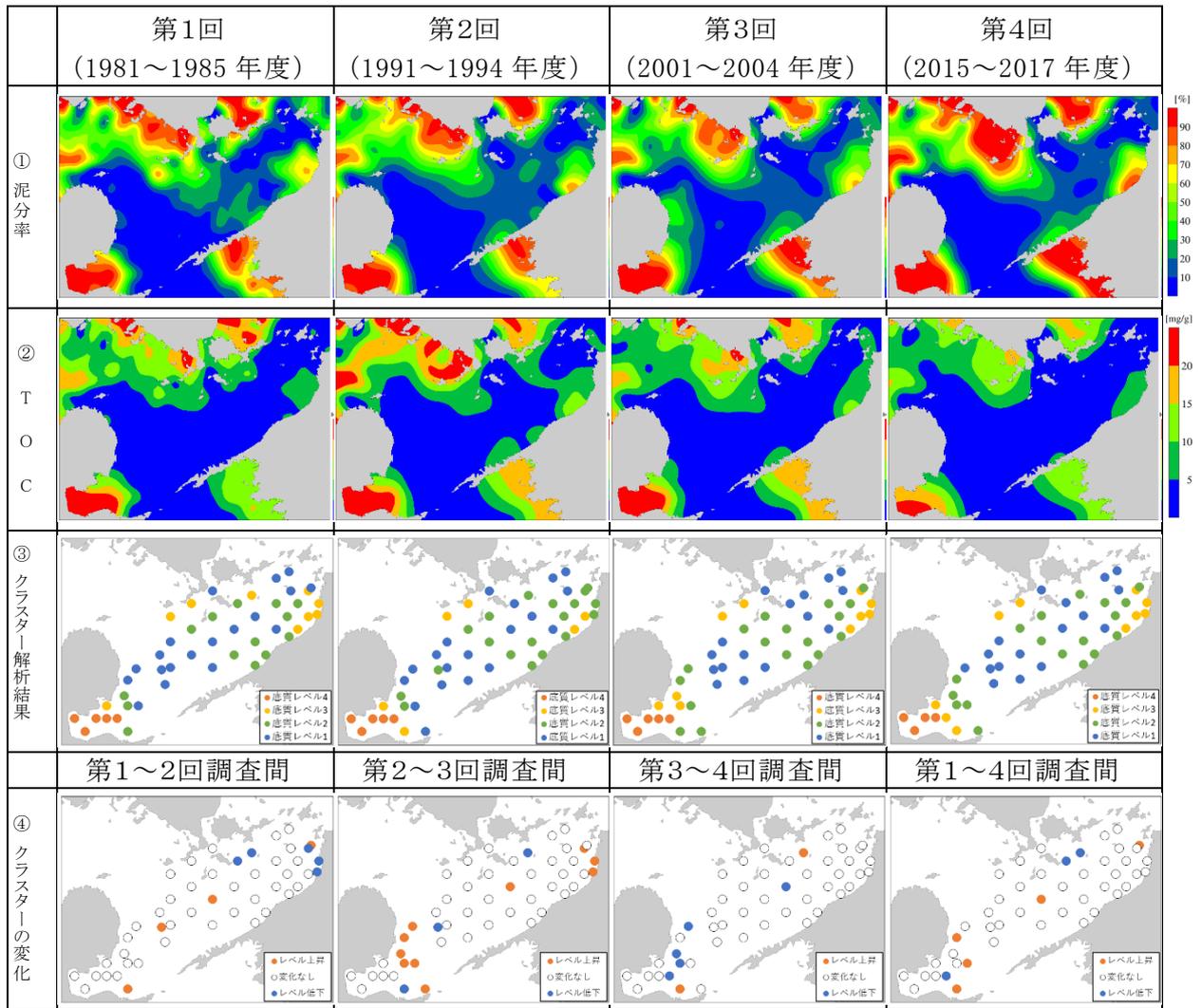
泥分率については、別府湾で高く、おおむね 90%以上となっている。一方、東部から中央部海域において低い分布傾向を示しており、広い範囲で 20%以下となっている。重信川河口部では第 3 回から第 4 回にかけて上昇傾向がみられる。一方、中央部海域及び別府湾では大きな変化はみられない。

TOC については、別府湾で高く、東部から中央部海域で低い分布傾向を示している。別府湾の北部では第 3 回から第 4 回にかけて減少傾向がみられる。一方、東部から中部海域では大きな変化はみられない。

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 10-26 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 10-25③及び④に示す。

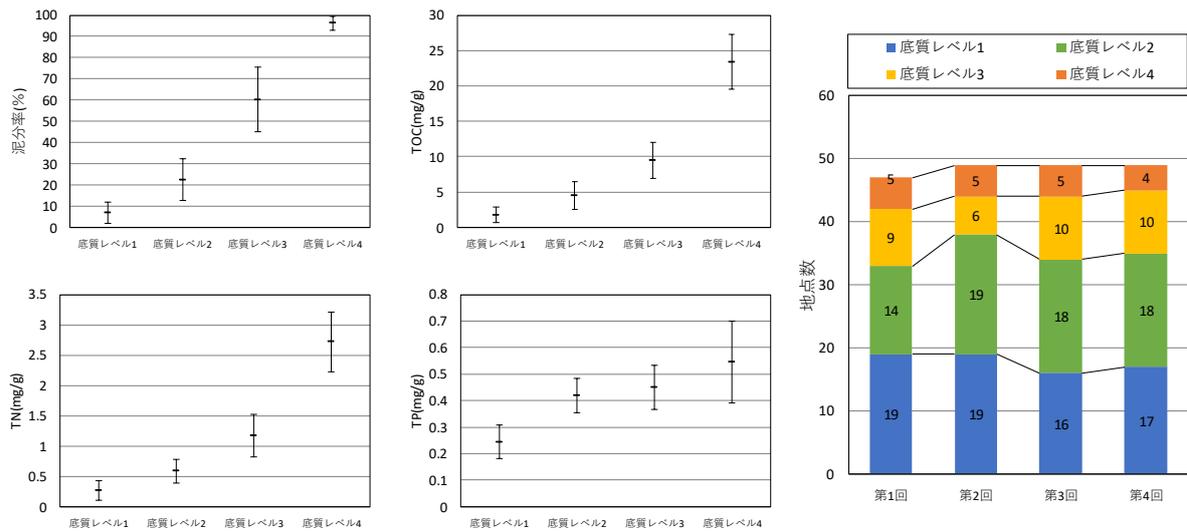
各底質レベルでの底質の平均値によると、おおむね高い底質レベルほど、平均値が高くなる傾向がみられるが、TP の底質レベル 2 と 3 の間では明瞭な差異がみられない。各底質レベルの地点数の変化をみると、第 2～3 回調査間で底質レベル 1 の地点数が減少し、底質レベル 3 の地点数が増加している。

底質レベルが変化した地点の分布をみると、第 3～4 回調査の変化では、西部海域で底質レベルが変化する地点がみられる。



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 10-25 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 10-26 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)(伊予灘)

(5) 底生生物—整理項目⑫

伊予灘における底生生物の種類数、個体数の分布をそれぞれ図 10-27①及び②に示す。

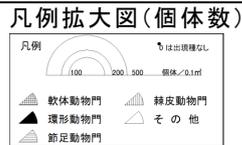
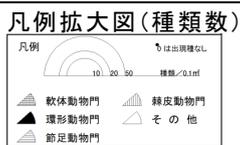
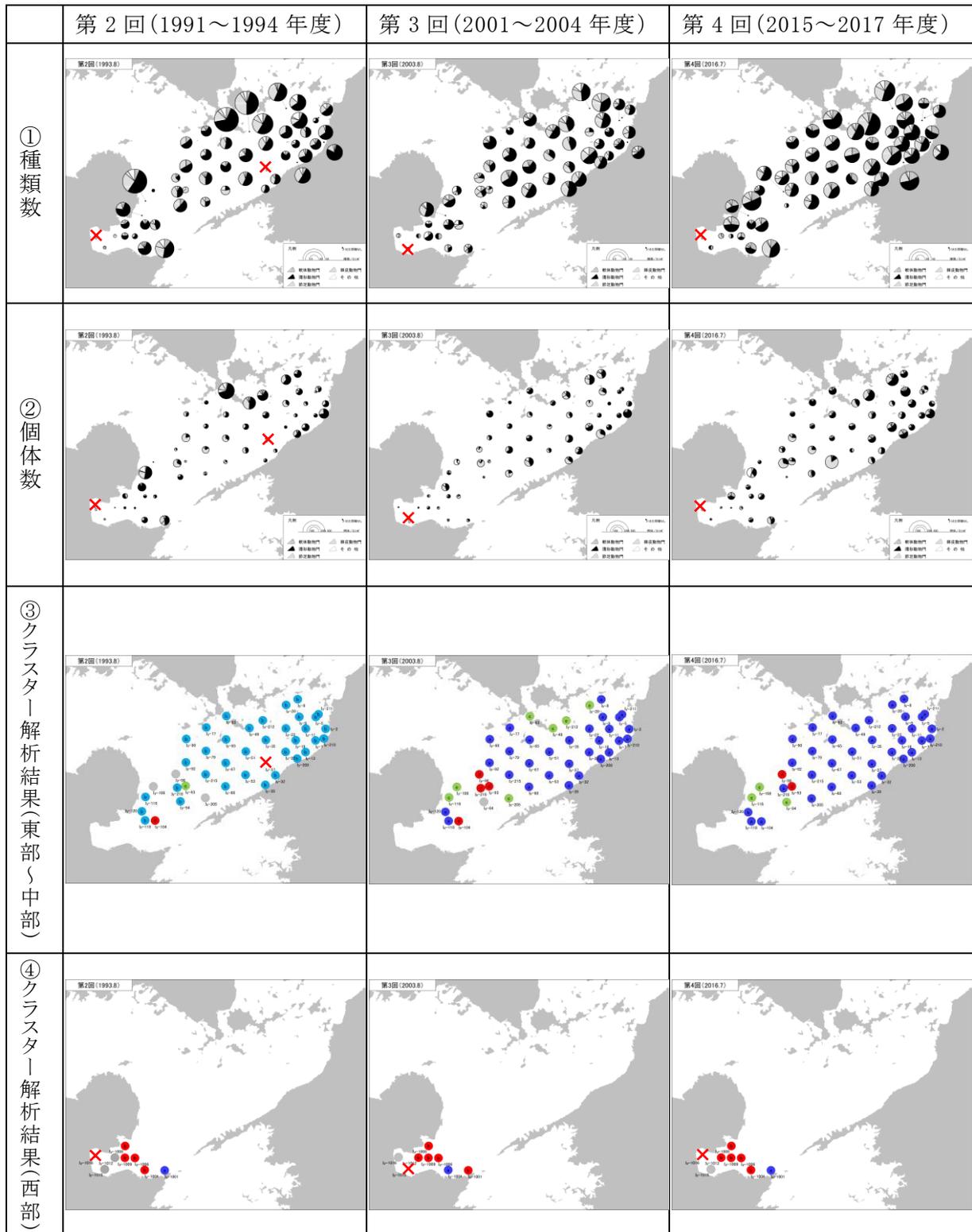
種類数は、各調査回ともに東部海域で多く、別府湾で少ない分布傾向を示している。中央部海域では第2回から第3回にかけて増加傾向がみられ、東部海域では第3回から第4回にかけて増加傾向がみられる。

個体数は、種類数と同様の傾向を示しており、東部海域で多く、別府湾で少ない。特に別府湾奥部では無生物地点がみられる。

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を表 10-4 及び表 10-5 に、クラスターの分布を図 10-27③及び④に示す。

東部から中央部海域においては、第2回調査ではほとんどの地点がクラスターbに分類され、第3回、第4回調査ではクラスターaに分類される地点が多い。

別府湾では、ほとんどの地点が東～中央部海域に比べて種類数、多様度指数 H' が低いクラスターaに分類されており、各調査回ともに無生物の地点が出現している。



注) ×は無生物地点を示す。

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 10-27 クラスタ解析結果及び種類数、個体数の水平分布

表 10-4 クラスター毎の底質・優占種等(伊予灘東部～中部)

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	0	29	36	3.743	22.0	54.8	4.2	27.2	69.7	0.02	カザリゴカイ科 (7.03%) ツノメエビ (6.72%) ドロココエビ (3.91%)	カザリゴカイ科 (39地点) Notomastus sp.(38地点) 紐形動物門(37地点)
b	35	0	0	3.603	21.8	58.2	4.8	21.1	75.2	-	モヨウツノメエビ (9.95%) カザリゴカイ科 (4.17%) Lumbrineris latreilli(3.70%)	ニホンスナモグリ (23地点) モヨウツノメエビ (2地点)
c	1	7	3	3.236	18.4	44.6	2.2	8.9	68.2	0.01	ナメクジウオ (16.16%) ソコシラエビ (7.68%) クモヒトデ綱 (6.46%)	ナメクジウオ (8地点) クモヒトデ綱(6地点) ソコシラエビ(6地点) 紐形動物門(6地点)
d	1	4	2	2.907	13.3	34.4	1.2	8.4	90.7	0.01	Urothoe sp. (43.75%) 紐形動物門 (5.83%) Lysilla sp. (4.17%)	Urothoe sp. (6地点) タデホシムシ科(4地点) 紐形動物門 (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。

表 10-5 クラスター毎の底質・優占種等(伊予灘西部)

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	1	1	1	3.929	26.0	55.7	3.6	13.4	77.3	0.01	Ophiura sp. (14.37%) Onuphis sp. (6.59%)	-
b	4	5	5	2.294	8.1	15.8	16.2	82.4	17.1	0.08	シズクガイ(16.893%) イカリナマコ科 (10.50%) エーレルシスビオ(8.22%)	シズクガイ(7地点) Notomastus sp.(6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。

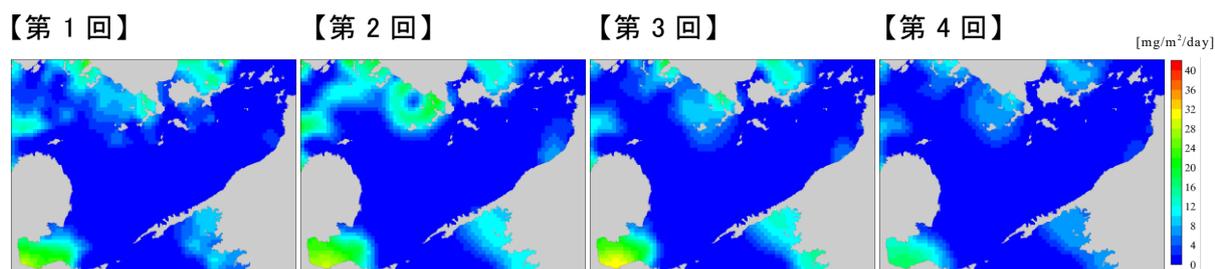
(6) 底質からの栄養塩類の溶出量－整理項目⑬

伊予灘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 10-28 及び図 10-29 に、各調査回の溶出量と2014年度の発生負荷量の比較を図 10-30 示す。

窒素溶出量については、別府湾で大きく、東～中央部海域で小さい傾向を示している。別府湾では第3回から第4回にかけて減少傾向がみられるが、東～中央部海域では大きな変化はみられない。

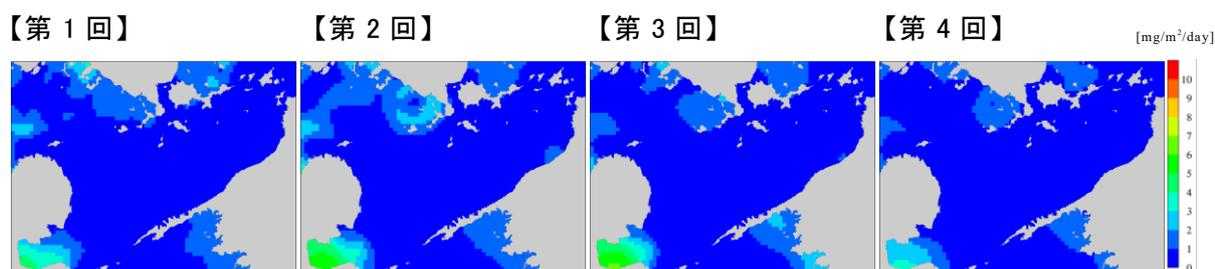
りん溶出量においても、窒素と同様に別府湾で大きく、東～中央部海域で小さい傾向を示しており、別府湾では第3回から第4回にかけて減少傾向がみられる。

伊予灘における溶出量は、窒素、りんともに2014年度発生負荷量より小さい値を示している。



出典) 広域総合水質調査結果(環境省)、瀬戸内海環境情報基本調査結果(環境省)により算定

図 10-28 伊予灘における窒素溶出量(年平均値)の状況



出典) 広域総合水質調査結果(環境省)、瀬戸内海環境情報基本調査結果(環境省)により算定

図 10-29 伊予灘におけるりん溶出量(年平均値)の状況

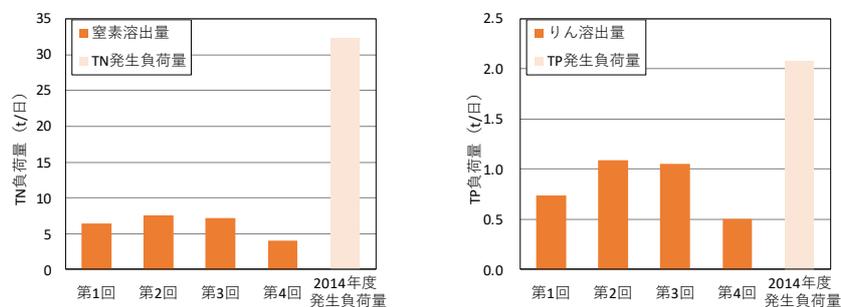


図 10-30 伊予灘における各調査回の溶出量と2014年度発生負荷量との比較

10-3 水産生物の変化状況－⑭

(1) 漁獲量の変化

1) 海面漁獲量の変化状況

水産庁の湾・灘区分による伊予灘における食性ごと、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10-31に示す。

伊予灘の漁獲量は、1960年代頃から増加し、1978年に最大値に達して以降、長期的に減少を続けている。漁獲量は交流型のカタクチイワシ・シラス、タチウオなどと、内海型のエビ類、カレイ類などの魚種の影響が大きい。主要な魚種であるカタクチイワシは、1970年に最大値に達した後、1998年にかけて減少し、その後横ばいで推移している。シラスは1980年代前半から2000年代にかけて増加し、その後おおむね横ばいで推移している。また、エビ類は1979年以降、長期的に減少し続けている。

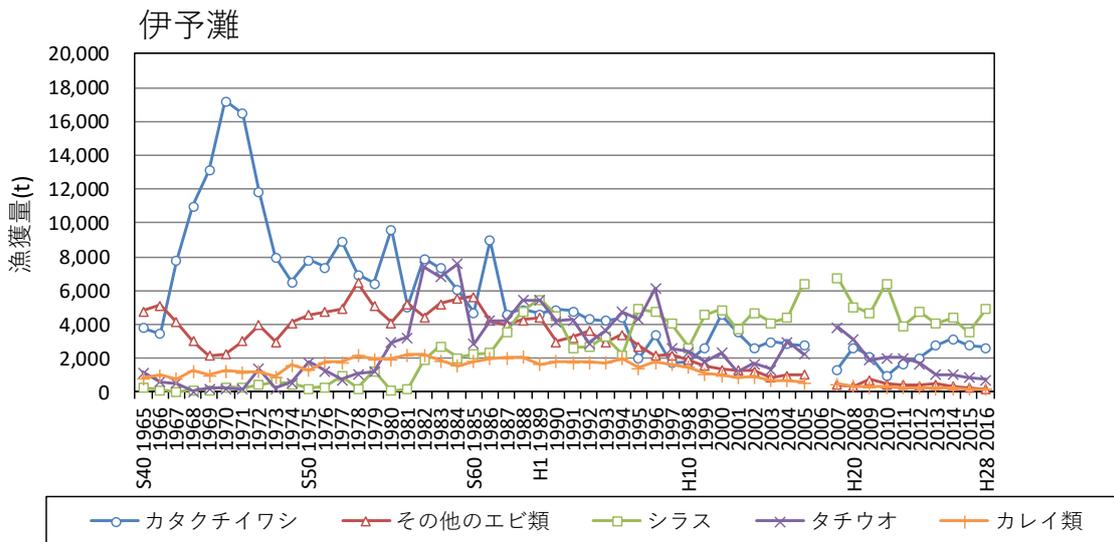
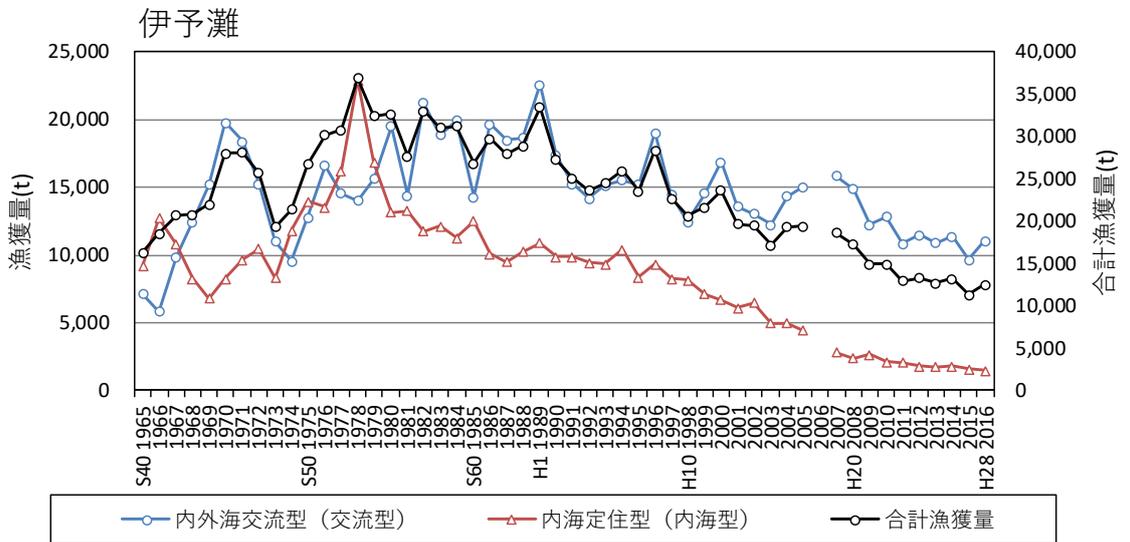
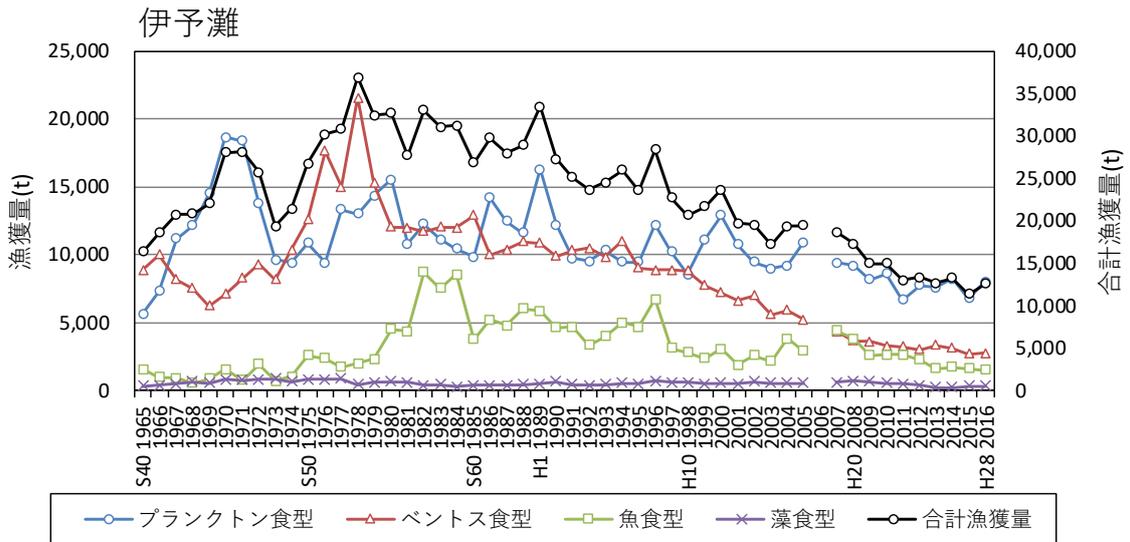
2) 海面養殖収穫量の変化状況

【愛媛県(瀬戸内海区、湍灘・安芸灘を含む)】

愛媛県の養殖収穫量は、1980年代に増加し、1990年代以降減少している。ノリ類は収穫の多くを占めており、収穫量の変動はノリ類の影響が大きい。

【大分県(瀬戸内海区、周防灘を含む)】

大分県の養殖収穫量は1970年代後半に増加し、1980年に最大値を示した後、2000年代後半にかけて減少している。ノリ類は収穫の多くを占めており、収穫量の変動はノリ類の影響が大きい。



注) 水産庁による瀬戸内海の湾・灘区分に基づく。
 出典) 水産庁資料により作成

図 10-31 伊予灘における漁獲量の推移

[伊予灘全域]

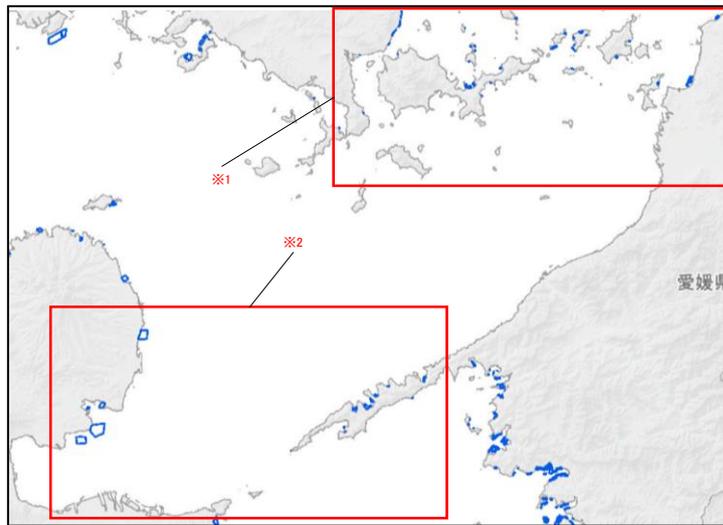
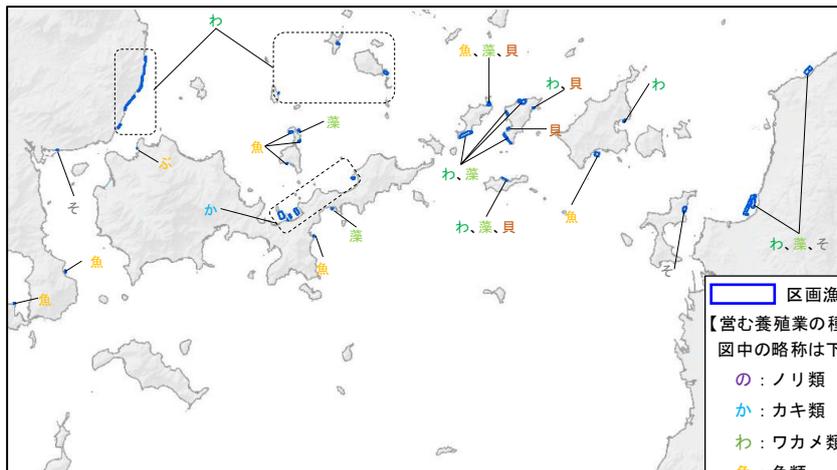
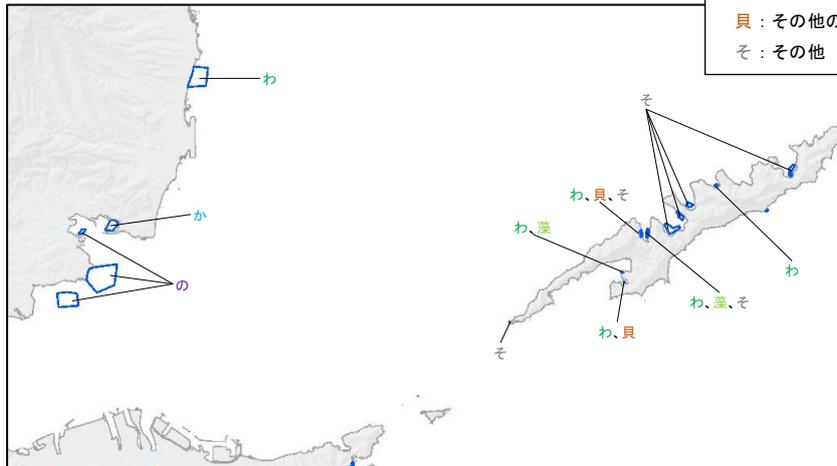


図 10-32(1) 伊予灘における区画漁業権の設定状況

[※1の拡大図]



[※2の拡大図]



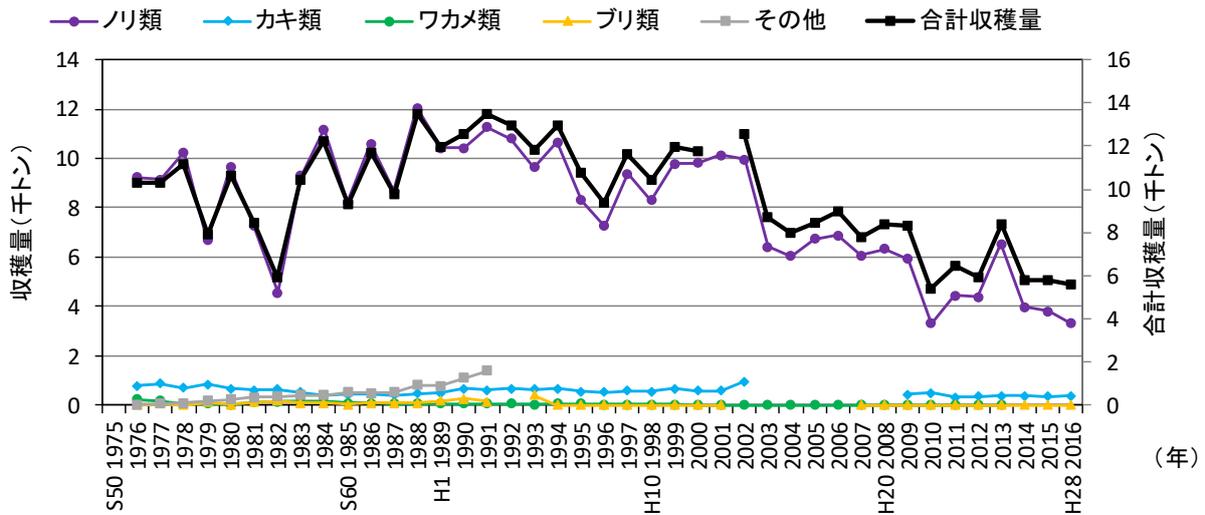
区画漁業権

【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

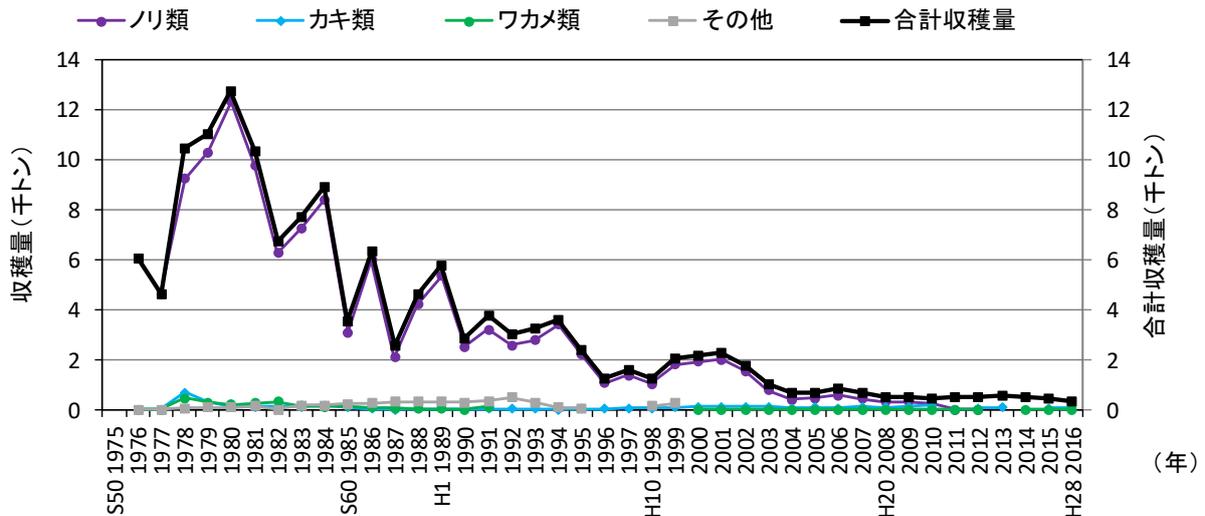
図 10-32(2) 伊予灘における区画漁業権の設定状況

【愛媛県(瀬戸内海区、燧灘・安芸灘を含む)】



- 注) 1. ブリ類は 1992 年、2002～2006 年に、ワカメ類は 2008 年、2014～2016 年に、カキ類は 2003～2008 年に、合計収穫量は 2001 年に秘匿となっている。
 その他の養殖物は 1992～2016 年に一部秘匿が含まれるため図中から除いた。
 2. 燧灘、安芸灘の収穫量を含む。

【大分県(瀬戸内海区、周防灘を含む)】



- 注) 1. ノリ類は 2011～2016 年に、ワカメ類は 1992～1999 年、2013 年に、カキ類は 2011 年、2014 年に秘匿となっている。
 その他の養殖物は 1996～1997 年、2000～2016 年に一部秘匿が含まれるため図中から除いた。
 2. 周防灘の収穫量を含む。

出典) 1976 年:「瀬戸内海漁業灘別統計表」(岡山農林統計協会)
 1977～1980 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)
 1998～2006 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)
 2007 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 10-33 養殖収穫量の推移(愛媛県・大分県)

10-4 伊予灘のまとめ

(1) 伊予灘における各項目の整理

表 10-6 伊予灘における各項目の整理

①地理・地形	<ul style="list-style-type: none"> ・瀬戸内海西部に位置し、北東部で安芸灘及び広島湾に、北西部で周防灘に、南西部で豊後水道に接している。海域の地形は、南部の速吸瀬戸付近で水深が大きく、関崎と佐田岬を結ぶ線上に、水深約 150m の尾根が存在し、その北側に最深部約 450m の海釜が形成されている。本海域の中央部の水深はおおむね 40～60m 程度で、西部の大分県沿岸では水深 20m 以浅の水域もみられる。
②河川流入・流域	<ul style="list-style-type: none"> ・一級河川は、東部に重信川と肱川、西部に大分川と大野川がある。 ・TN 濃度は、重信川において 2000 年代以降に低下傾向がみられる。 ・TP 濃度は、重信川において 1990 年代後半以降に低下傾向がみられる。
③流況	<ul style="list-style-type: none"> ・定常的に最も卓越する流動は潮流である。潮流の流速は速吸瀬戸では 2m/s を超え、釣島水道では 1m/s を超えるが、伊予灘中央部、別府湾などでは 0.4m/s 以下となる。
④夏季の成層	<ul style="list-style-type: none"> ・一級河川から河川水が流入し、海水の停滞性が強い別府湾で成層が発達しやすい傾向にある。
⑤陸域負荷の流入	<ul style="list-style-type: none"> ・TN の発生負荷量は 1994 年度以降減少傾向を示しており、TP の発生負荷量は主に 1979～1984 年度の期間と 1999～2004 年度の期間に減少している。
⑥埋立・護岸の整備状況等	<ul style="list-style-type: none"> ・海岸線については、別府湾を除く伊予灘では、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 71%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。 ・別府湾では、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 30%である。
⑦藻場・干潟	<ul style="list-style-type: none"> ・藻場は、主に島嶼部沿岸、国東半島沿岸、愛媛県沿岸に多く分布している。 ・干潟は、主に柳井、周防大島、松山、大洲、日出、杵築沿岸に分布している。
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 類型の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 ともに水平的な濃度勾配は小さい。 ・沖合域では、TN、TP の年度平均値は低下傾向を示している。 ・沿岸域(別府湾)では、TN 及び DIN の年度平均値が 1990 年代以降に低下傾向を示している。 ・夏季のクロロフィル a 濃度は別府湾で高い傾向を示しており、別府湾における夏季のクロロフィル a は、大きく変動しながら低下傾向を示している。

⑨赤潮	<ul style="list-style-type: none"> ・年間の赤潮発生件数は、1975年に最大値を示した後、1979年にかけて減少し、近年は2012年を除き10件以下で推移している。 ・赤潮の発生状況は年によって異なるものの、近年は別府湾や別府湾周辺海域で発生している。 ・近年(2010～2016年)における赤潮による漁業被害は、2014年の夏季、2015年の春季に別府湾で <i>Karenia</i>(カレニア)属による蓄養魚介類や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、別府湾では窪地形状の南東部を除きおおむね 3mg/L 以上で推移し、中央～東部海域ではおおむね 5mg/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、別府湾で高い傾向を示している。 ・別府湾で TOC が低下する傾向を示しており、特に 2000 年代から 2010 年代にかけて顕著である。
⑫底生生物	<ul style="list-style-type: none"> ・種類数、個体数ともに東部海域で多く、別府湾で少ない傾向を示しており、別府湾奥部では無生物地点がみられる。 ・東～中央部海域では種類数や個体数が増加しているが、別府湾では大きな変化はみられず、依然として無生物地点が出現している。
⑬栄養塩の溶出	<ul style="list-style-type: none"> ・別府湾で多く、東～中央部海域で小さい傾向を示している。 ・別府湾では 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"> ・水産庁の湾・灘区分による伊予灘の漁獲量は、1960 年代頃から増加し、1978 年に最大値に達して以降、長期的に減少を続けている。 ・主要な魚種であるカタクチイワシは、1970 年に最大値に達した後、1998 年にかけて減少し、その後横ばいで推移している。 ・シラスは 1980 年代前半から 2000 年代にかけて増加し、その後おおむね横ばいで推移している。 ・エビ類などの内海型の漁獲量は 1979 年以降、長期的に減少し続けている。

(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。
- 陸域における全窒素・全りん濃度の発生負荷は経年的に減少している。海域における全窒素・全りん濃度は、沿岸域の全りん濃度を除き低下傾向を示している。また、沿岸域(別府湾)の夏季のクロロフィル a 濃度も低下傾向を示している。
- 底層 DO の年度最低値は、別府湾では窪地形状の南東部を除きおおむね 3mg/L 程以上で推移し、中央～東部海域ではおおむね 5mg/L 以上で推移している。
- 赤潮発生件数は 1970 年代後半に減少し、近年は 2012 年を除きおおむね年間 10 件以下である。近年の発生場所は、別府湾及び別府湾周辺海域に限られている。
- 底質は別府湾で泥分率が高く、有機物量が多いが、有機物量は減少傾向を示している。底生生物については、東～中央部海域で種類数・個体数が増加する傾向を示している一方、別府湾では大きな変化はみられず、依然として無生物地点が出現している。
- 水産庁の湾・灘区分による伊予灘の漁獲量は、1960 年代頃から増加し、1978 年に最大値に達して以降、長期的に減少している。主要な魚種であるカタクチイワシは、1970 年に最大値に達した後、1998 年にかけて減少し、その後横ばいで推移している一方、シラスは 1980 年代前半から 2000 年代にかけて増加し、その後おおむね横ばいで推移している。

2) 総括

- 伊予灘は、潮流が卓越しており、特に速吸瀬戸や釣島水道付近の流れが速い。一方、別府湾は海水の停滞性が強く、一級河川が流入しており、塩分が低い。
- 全窒素・全りん濃度は沿岸域の全りん濃度を除き低下傾向を示しており、別府湾では夏季のクロロフィル a も低下傾向を示している。
- 比較的流れが速い東～中央部海域では、近年赤潮の発生はみられず、底質の泥分率は低く、有機物量も少ない。
- 別府湾は、夏季を中心に局所的に赤潮が発生している。底質の泥分率が高く、有機物量が多いが、有機物量については減少傾向を示している。
- 底生生物は東～中央部海域で種類数・個体数が増加を示しているが、別府湾奥は種類数・個体数が極端に少なく、無生物地点も存在している。
- 水産庁の湾・灘区分による伊予灘の主要な魚種であるカタクチイワシは、1970 年に最大値に達した後、1998 年にかけて減少している。一方、シラスは 1980 年代前半から 2000 年代にかけて増加し、その後おおむね横ばいで推移している。