

湾・灘ごとの水環境等の状況に係る整理【東部】

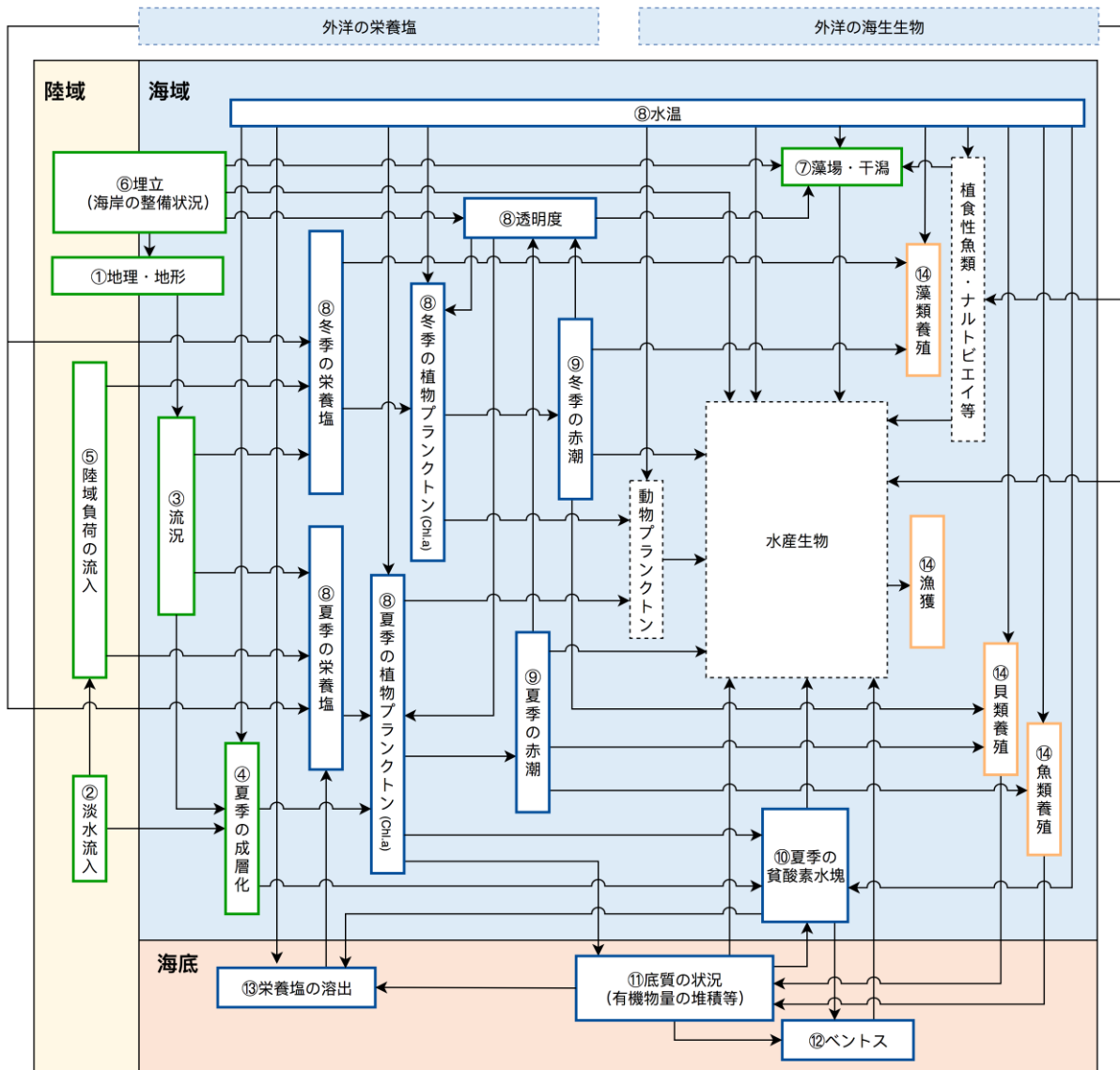
1. 瀬戸内海における水環境等に関する連関図	1
2. 紀伊水道	2
2-1 湾・灘の概況(海域の物理特性等の基礎情報)	2
(1) 地理・地形－整理項目①	2
(2) 流入河川・流域－整理項目②	3
(3) 流況－整理項目③	5
(4) 成層－整理項目④	6
(5) 発生負荷量－整理項目⑤	7
(6) 埋立及び護岸整備の状況－整理項目⑥	7
(7) 藻場・干潟の分布状況－整理項目⑦	10
2-2 水環境等の変化状況	11
(1) 水質－整理項目⑧	11
(2) 赤潮－整理項目⑨	25
(3) 底層 DO－整理項目⑩	27
(4) 底質－整理項目⑪	28
(5) 底生生物－整理項目⑫	30
(6) 底質からの栄養塩類の溶出量－整理項目⑬	32
2-3 水産生物の変化状況－整理項目⑭	33
(1) 漁獲量の変化	33
2-4 紀伊水道のまとめ	37
(1) 紀伊水道における各項目の整理	37
(2) 水環境等の状況と課題のまとめ	39
3. 大阪湾	40
4. 播磨灘	84
5. 備讃瀬戸	138



# 1. 瀬戸内海における水環境等に関する連関図

湾・灘ごとの水環境及び水産資源の現況や変化状況を整理する上で、栄養塩・プランクトンを中心とした水環境や水産資源と、それらを取りまく環境項目（影響要素）との関係を把握することが重要である。そこで、瀬戸内海における栄養塩、プランクトン及び水産生物を中心とした主な影響要素の連関図を図 1-1 に整理した。

本資料では、図中に示した整理項目①～⑭について現状及び変化状況を整理した。



注) 図中の①～⑭は本資料中の整理項目番号を示す。

- : 物理環境等
- : 水環境等
- : 水産関係

図 1-1 瀬戸内海における栄養塩、プランクトン及び水産生物を中心とした主な影響要素の連関図

## 2. 紀伊水道

### 2-1 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

紀伊水道は瀬戸内海東端に位置し、海域面積 1,938km<sup>2</sup>、平均水深 45.8m、容積 887 億 m<sup>3</sup> の海域であり、南部で太平洋、北部で大阪湾、播磨灘に接している。関係府県は、沿岸部の兵庫県、和歌山県、徳島県、流域の奈良県、香川県、愛媛県、高知県である。

海域の地形は最深部 70m ほどであり、やや東側(和歌山側)が深い。徳島県側では吉野川河口部を中心に比較的なだらかな地形となっている。

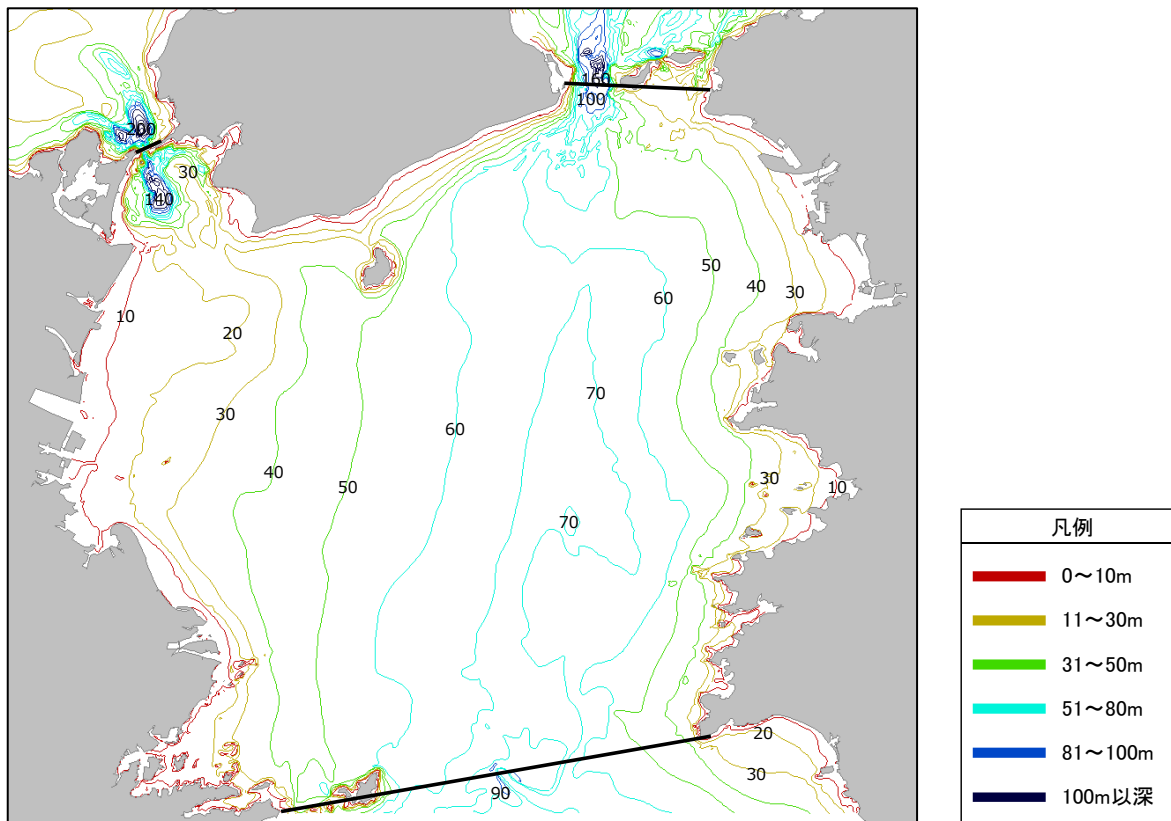


図 2-1 紀伊水道の水深分布

表 2-1 紀伊水道の海域緒元

海域区分	関係府県	海域面積 (km <sup>2</sup> )	平均水深 (m)	容積 (億 m <sup>3</sup> )
紀伊水道	兵庫県、奈良県、和歌山県、徳島県、 香川県、愛媛県、高知県	1,938	45.8	887

出典)環境省調べ

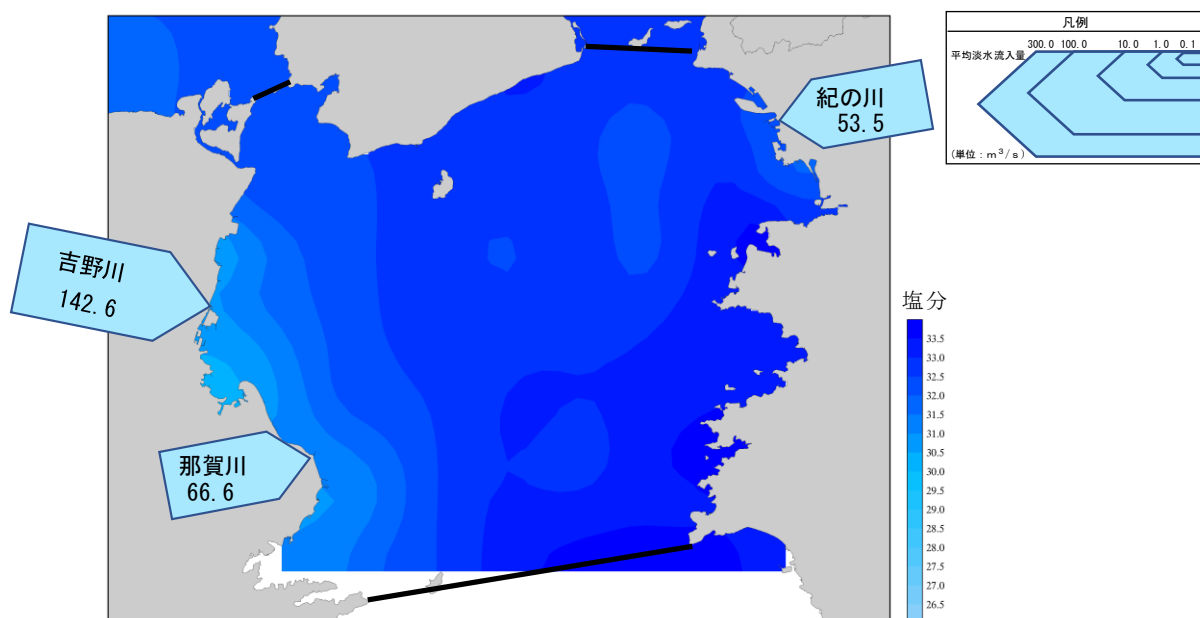
## (2) 流入河川・流域－整理項目②

紀伊水道に流入する一級河川は、東部に紀の川、西部に吉野川と那賀川がある(図 2-2)。流域面積は紀の川が約 1,800km<sup>2</sup>、吉野川が約 3,800km<sup>2</sup>、那賀川が約 900km<sup>2</sup>である。瀬戸内海の中でも陸域面積と一級河川からの流入量の大きい海域で、特に吉野川は、瀬戸内海に流入する一級河川の中で 2 番目に年平均流量が大きい。紀伊水道に流入する二級水系は 33 水系であり、流域面積は約 1,000km<sup>2</sup>である。紀伊水道に流入する河川流域の陸域総面積は約 6,600km<sup>2</sup>、人口は約 150 万人である。

紀伊水道では、西部海域の方が東部海域よりも塩分が低い傾向にある(図 2-2)。これは、河川流入量が西部海域の方が大きいことや東部海域に外海水が流入することが影響していると考えられる。

降水量の年平均値(1976～2016 年の平均)は(図 2-3)、和歌山で 1.4 千 mm/年 程度、徳島で 1.6 千 mm/年 程度であり、近年(2010～2016 年)の平均値は、和歌山、徳島ともに 1976～2016 年の平均値と比べて多い。また、2004 年など降水量の多い年には、吉野川、那賀川の流量が大きい。

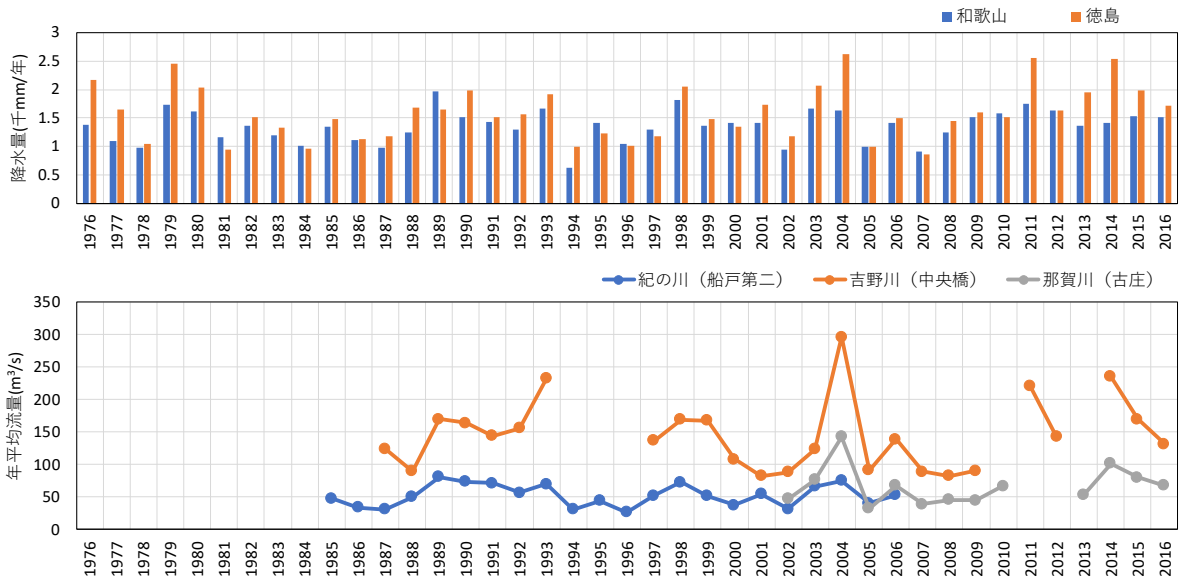
紀の川、吉野川及び那賀川の TN、TP 濃度は(図 2-4)、紀の川の方が吉野川、那賀川よりも高い傾向を示している。紀の川及び吉野川における TN 濃度は 1990 年代後半以降低下傾向を示し、那賀川では 1990 年代後半に低下した後、おおむね横ばいで推移している。TP 濃度は、いずれの河川も長期的にはおおむね低下傾向を示しているが、那賀川では 2004 年頃から 2012 年頃にかけてやや上昇している。



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。

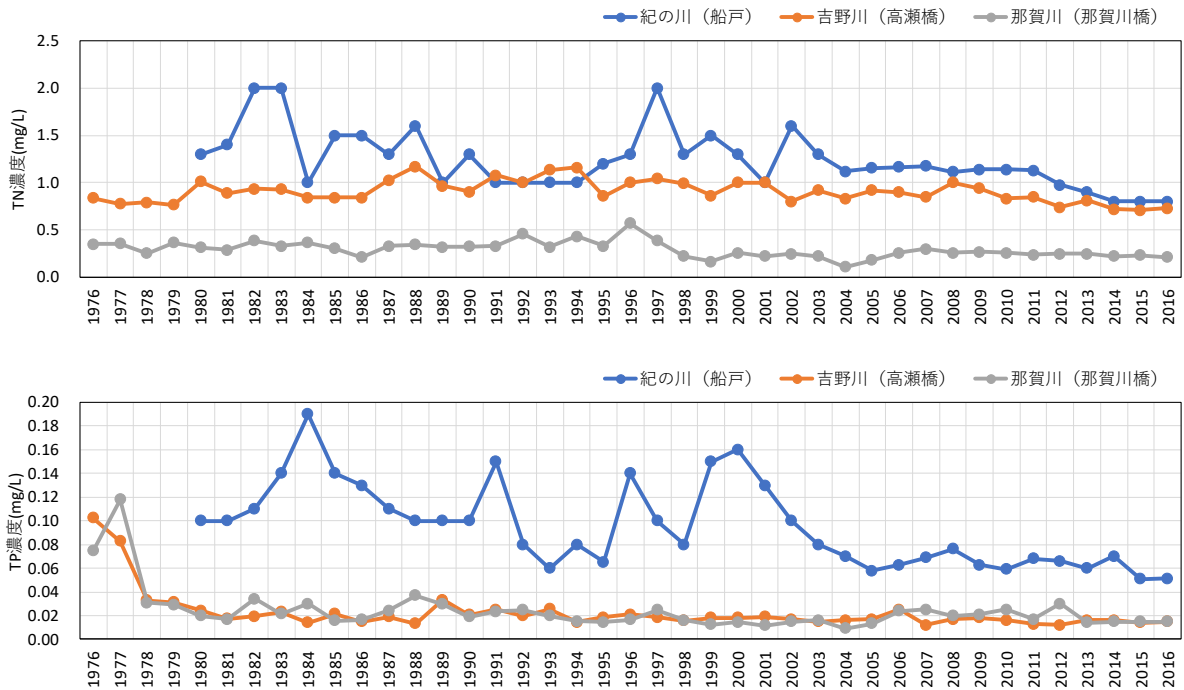
出典) 広域総合水質調査結果(環境省)及び浅海定線調査結果(和歌山県・徳島県)、「水文水質データベース」(国土交通省)より作成

図 2-2 上層の塩分分布及び一級河川の流入位置・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紀の川(船戸第二)では16.7km、吉野川(中央橋)では25.3km、那賀川(古庄)では7.2km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 2-3 一級河川の年平均流量及び代表地点(和歌山、徳島)における降水量の推移



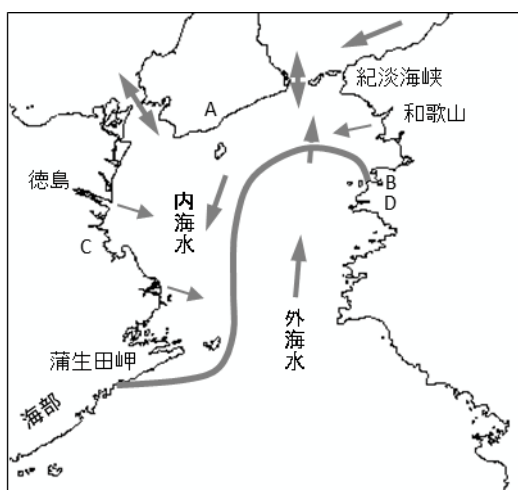
注) TN、TP は平水時のデータであるため、年平均流量と乗算しても年負荷量にはならない。  
 水質観測所は流量観測所の近傍の観測所である。  
 河川によって河口から観測所位置までの距離が異なる。それぞれの河口からの距離は紀の川(船戸)では16.4km、吉野川(高瀬橋)では17.8km、那賀川(那賀川橋)では7.05kmである。  
 出典)「水文水質データベース」(国土交通省)より作成

図 2-4 一級河川の TN、TP の年平均値の推移

### (3) 流況－整理項目③

紀伊水道の残差流は、紀伊半島沿いに北上し、四国側で南下する反時計回りの環流が顕著である。外海の高塩分水は、紀伊水道の東側を通過して北上し、紀淡海峡の下層を通過して、大阪湾西部下層に至る。一方、内海水は、西岸に沿って南下し、蒲生田岬を超えて海部沿岸へと岸沿いに伸びていく。この途中、鳴門海峡から来た海水、吉野川・那賀川等からの河川水と混ざり合う<sup>1</sup>。

また、紀伊水道への外海水流入は黒潮の離接岸に大きく影響を受ける。黒潮が離岸し、潮岬南方の黒潮流軸までの距離が 74km(40 海里)以上離れると、低温で高栄養の海水(陸棚斜面水とよばれる)が上昇し、紀伊水道の下層全体に広がる。一方、黒潮流軸の距離が 74km(40 海里)よりも近くなると、陸棚斜面水の紀伊水道への流入量が減少し、黒潮が潮岬に接岸(黒潮流軸までの距離が 20km 以下)すると、高温で貧栄養の海水(黒潮表層水とよばれる)が紀伊水道の全層を占める<sup>2</sup>。

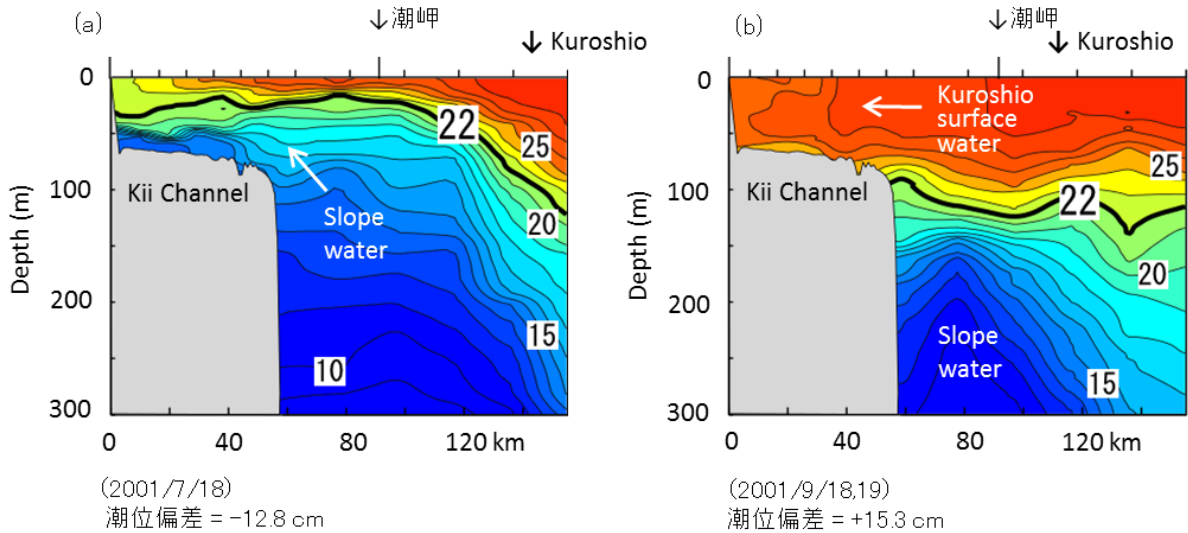


出典) 藤原建紀(2013):瀬戸内海の水温・塩分と海況変動. 瀬戸内海の気象と海象, 海洋気象学会,37-61.

図 2-5 紀伊水道の水塊構造と流れ

<sup>1</sup> 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,37-61.

<sup>2</sup> Toshinori Takashi, Tateki Fujiwara, Toshiaki Sumitomo and Wataru Sakamoto (2006): Prediction of slope water intrusion into the Kii Channel. Journal of Oceanography, 62(1), pp. 105-113.



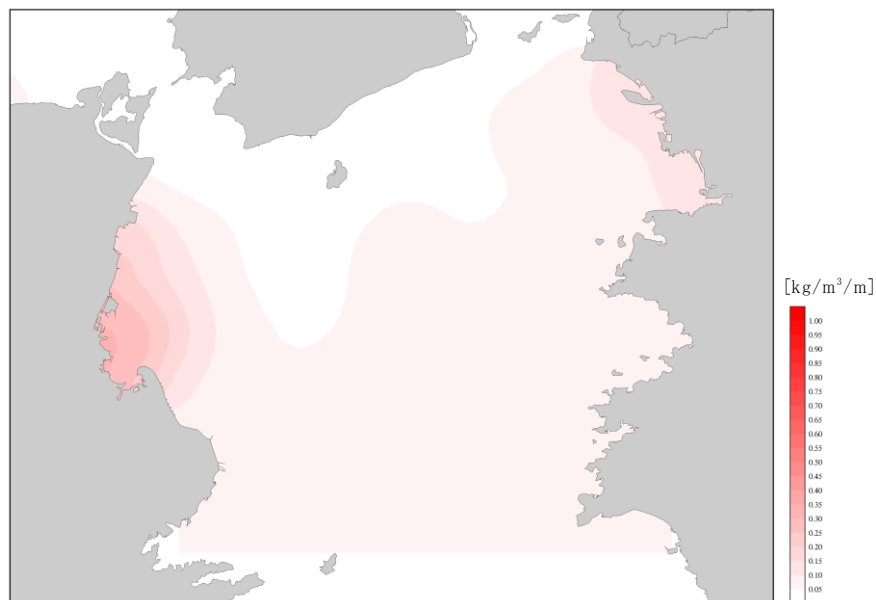
出典) 藤原建紀(2013): 瀬戸内海の水温・塩分と海況変動. 瀬戸内海的气象と海象, 海洋気象学会, 37-61.

図 2-6 陸棚斜面水の紀伊水道への流入(紀伊水道から南に延びる測線の水温)

(a)冷水が進入した時[2001年7月18日]、(b)暖水が進入した時[2001年9月18,19日]

#### (4) 成層—整理項目④

紀伊水道の夏季(7月)における鉛直方向の密度勾配の分布を図 2-7 に示す。夏季の鉛直方向の密度勾配は、一級河川の河口部付近で大きく、流れの速い海峡部では小さい傾向を示している。



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

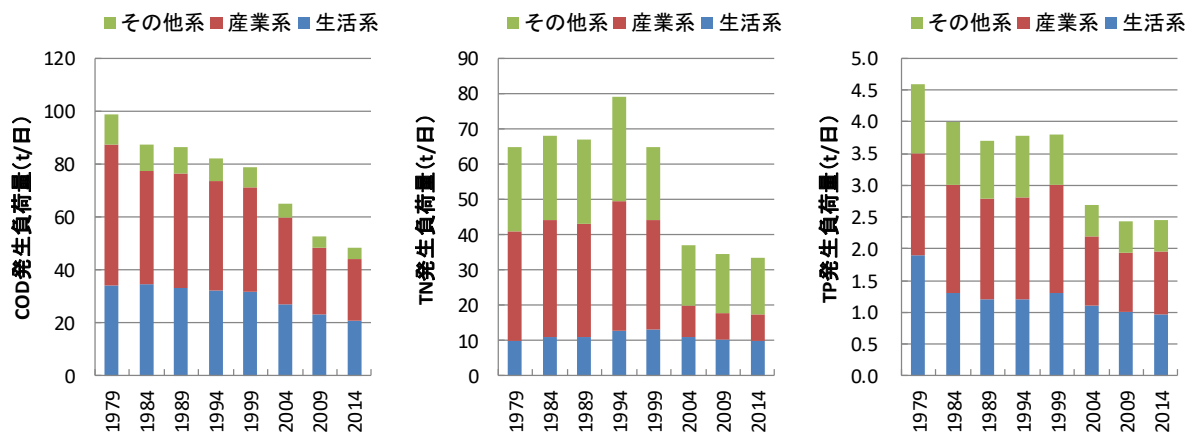
出典) 広域総合水質調査結果(環境省)及び浅海定線調査結果(和歌山県・徳島県)より作成

図 2-7 紀伊水道の夏季(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 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、特に 1994 年度から 2004 年度にかけて大きく減少している。TP の発生負荷量は 1979 年度以降減少傾向を示している。



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 2-8 紀伊水道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

紀伊水道における大規模な埋立事業の実施状況を表 2-2 に、和歌山県及び徳島県における埋立免許面積の推移を図 2-9 に示す。

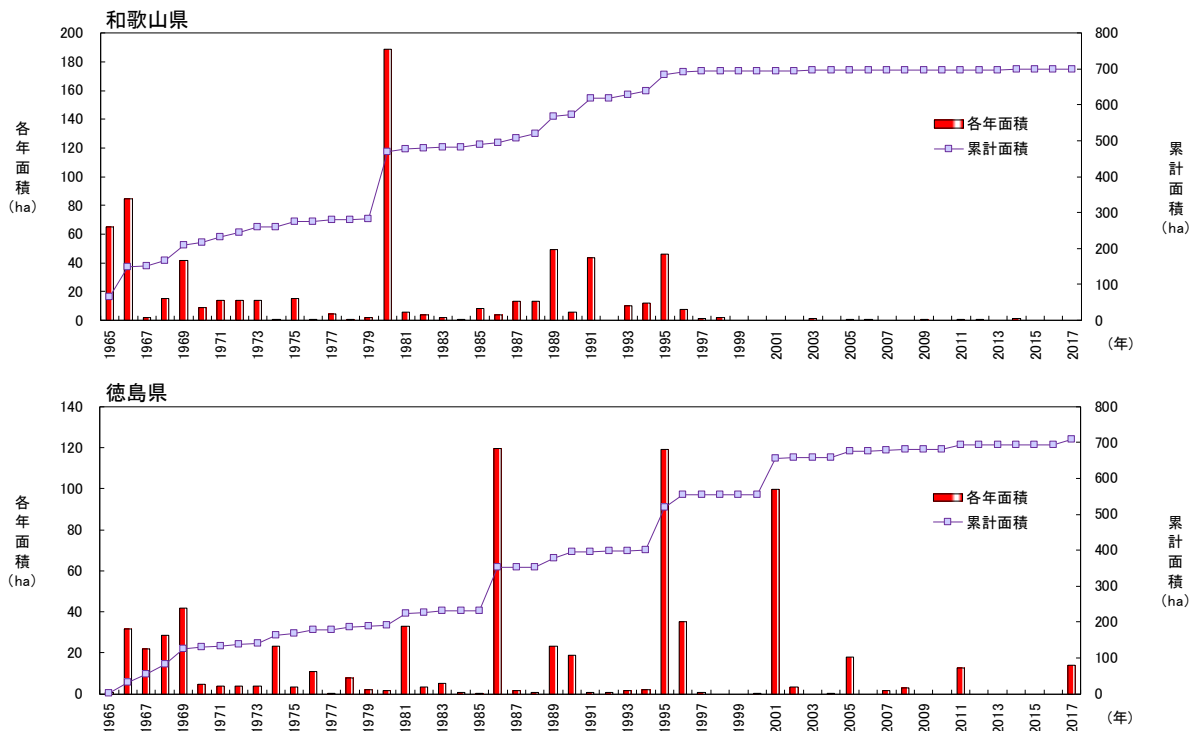
紀伊水道では、1980、1986、1994 及び 2001 年に大規模な埋立事業の埋立免許がなされている。

和歌山県の埋立免許面積は、1965、1966 及び 1980 年に 60ha 以上で、1995 年までは多くの年で 10ha 以上であるが、1996 年以降は低位で推移している。徳島県の埋立免許面積は、1986、1995 及び 2001 年には 100ha 程度、1966～1969、1974、1981、1989、1990、1996、2005、2011 及び 2017 年には 10～40ha 程度である。

表 2-2 紀伊水道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
紀伊水道	417	1980年	和歌山下津港北港地区	177	
		1986年	小松島港沖洲(外)地区	119	
		1994年	小松島港赤石地区	61	
		2001年	徳島空港周辺整備事業	60	

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



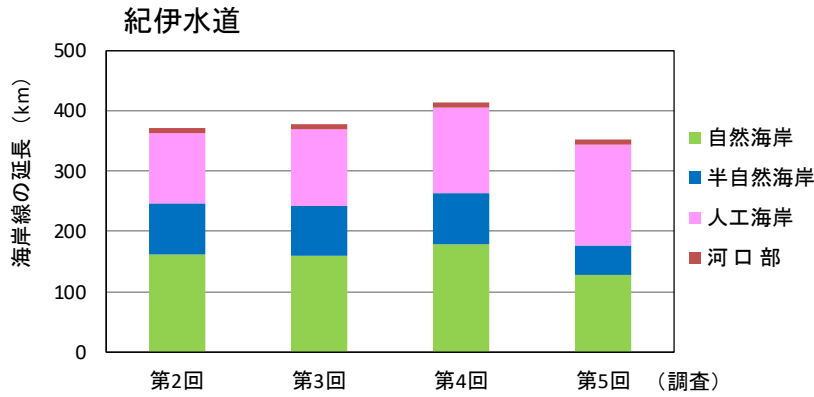
- 注)1. 1965年～1970年は1月1日～12月31日の累計  
 2. 1971～1973年は1月1日～11月1日の累計であり、図中の値は、3年間平均の数値を示した。  
 3. 1974年以降は前年の11月2日～当年の11月1日の累計  
 4. 紀伊水道以外の瀬戸内海の湾・灘を含む。

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 2-9 和歌山県及び徳島県における埋立免許面積の推移

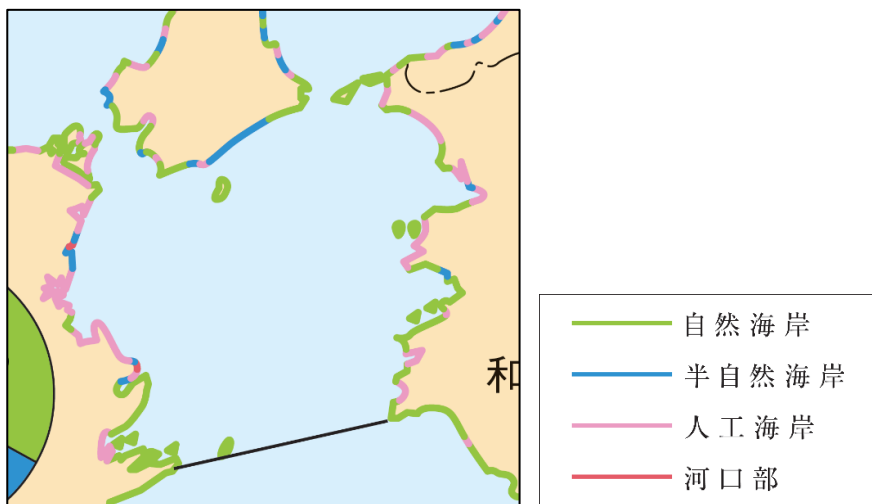
## 2) 護岸整備状況

海岸線については(図 2-10)、1993 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 66%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。



- 注) 1. 湾・灘の区分は自然環境保全基礎調査に準ずる。  
 2. 第 5 回は兵庫県での調査を行っていないため、第 5 回調査の海岸延長については兵庫県のデータは含まれていない。  
 3. 自然海岸: 海岸(汀線)が人工によって改変されずに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 2-10 紀伊水道における海岸線延長の推移



- 注) 第 5 回は兵庫県の調査を行っていないため、兵庫県のみの第 4 回調査結果を示している。  
 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 2-11 紀伊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・干潟の分布を図 2-12 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、藻場は主に淡路島南部、内海湾、橘湾及び湯浅湾に多く分布しており、干潟は、主に和歌浦湾、小松島湾に分布している。

2015～2017 年度調査によると、藻場は主に淡路島南部、内海湾、橘湾及び湯浅湾に多く分布しており、県別の面積は、和歌山県で 185ha、兵庫県で 358ha、徳島県で 257ha である。干潟は主に和歌浦湾、湯浅湾、小松島湾、橘湾に分布し、県別の面積は、和歌山県で 83ha、兵庫県で 1ha、徳島県で 119ha 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 2-12 紀伊水道の藻場・干潟分布の変化

## 2-2 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)

紀伊水道の COD は(図 2-15)、近年(2010 年度以降)では B 類型水域の和歌山下津港(南港区)を除く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 類型水域の湯浅湾および由良湾海域では 2004、2009 年度、有田川の河口では 2003 年度、和歌山下津港(その他の区域)では 1994、2004 年度、淡路島西部南部では 1992、2000～2005 年度、那賀川河口では 1992、1994～1995、1999～2002、2009 年度、B 類型水域の和歌山下津港(南港区)では 1994、1998、2011～2012、2014～2015、小松島港(B)では 1999 年度で未達成である。

TN は(図 2-16)、Ⅱ類型水域、Ⅲ類型水域ともに全ての年度・水域で環境基準を達成している。

TP は(図 2-17)、近年(2010 年度以降)ではⅡ類型水域、Ⅲ類型水域ともに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、Ⅱ類型海域の紀伊水道東部海域(二)では 1998～2000 年度、淡路島西部南部では 1996 年度、Ⅲ類型海域の紀伊水道東部海域(イ)では 1998 年度で未達成である。

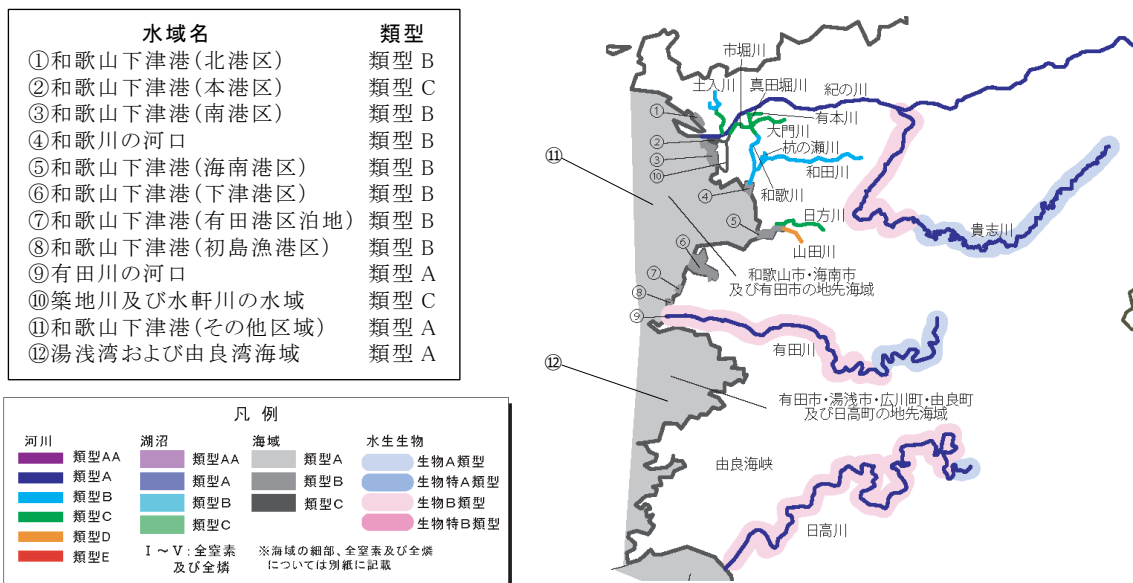


図 2-13(1) 紀伊水道における COD の類型指定(和歌山県)

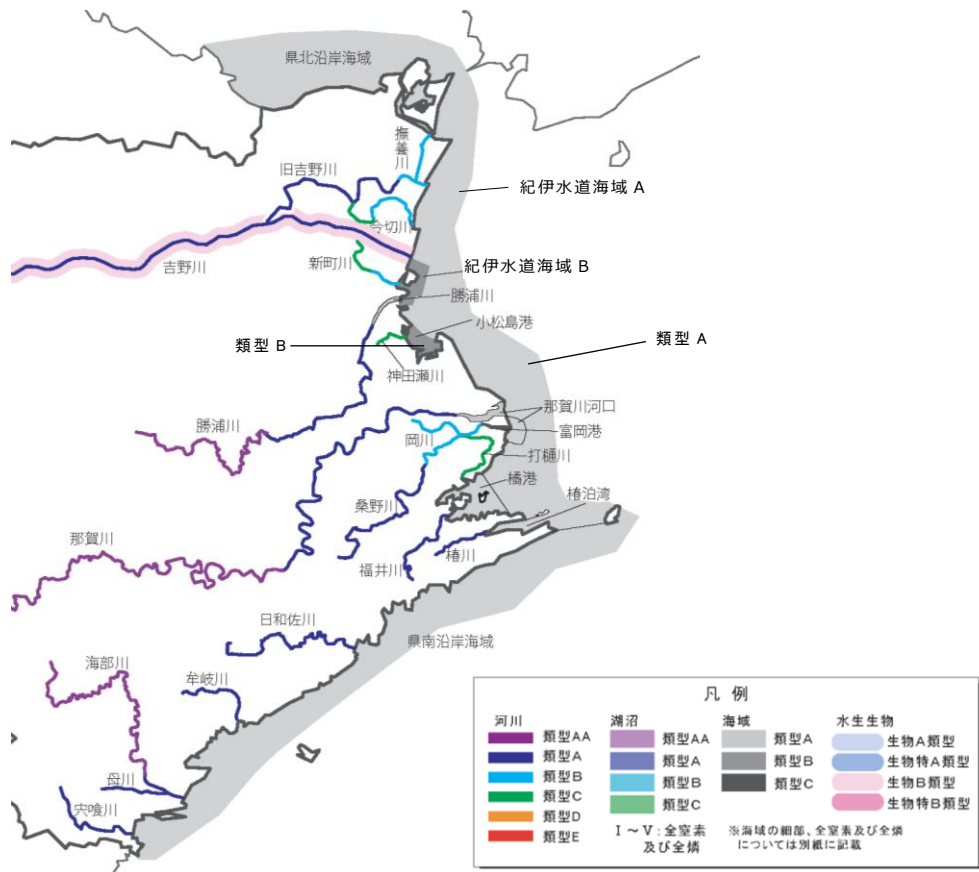


図 2-13(2) 紀伊水道における COD の類型指定(徳島県)

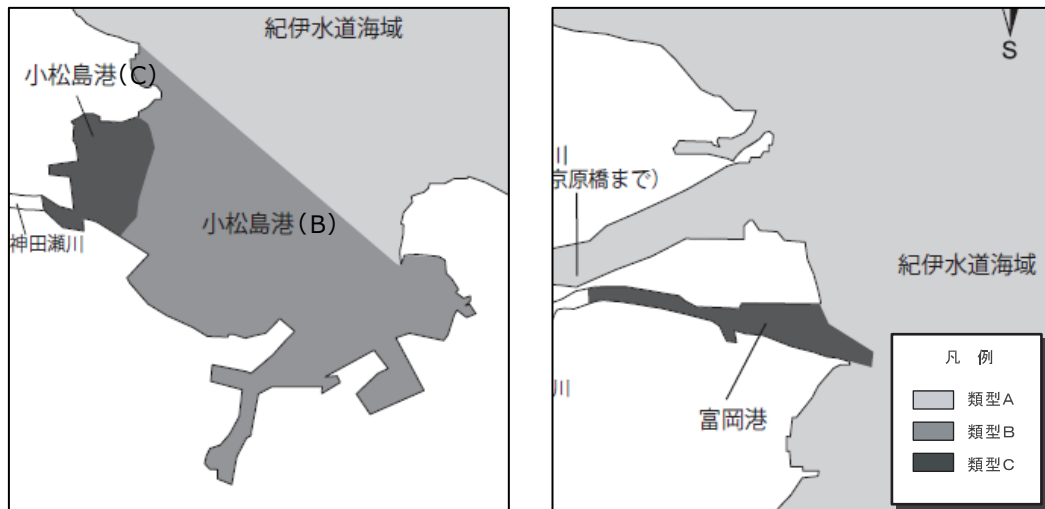


図 2-13(3) 紀伊水道における COD の類型指定(徳島県)



図 2-13(4) 紀伊水道における COD の類型指定(兵庫県)

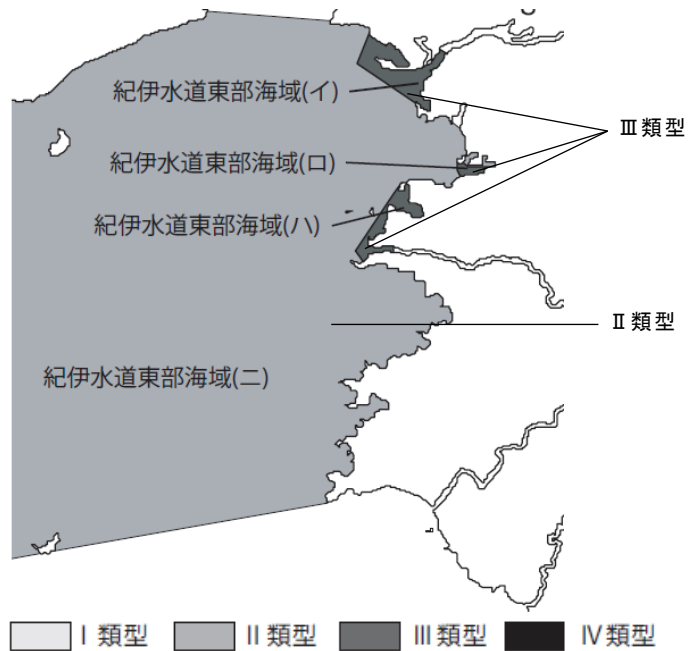


図 2-14(1) 紀伊水道における TN、TP の類型指定(和歌山県)



凡例 □ I 類型 □ II 類型 □ III 類型 □ IV 類型

図 2-14(2) 紀伊水道における TN、TP の類型指定(徳島県)

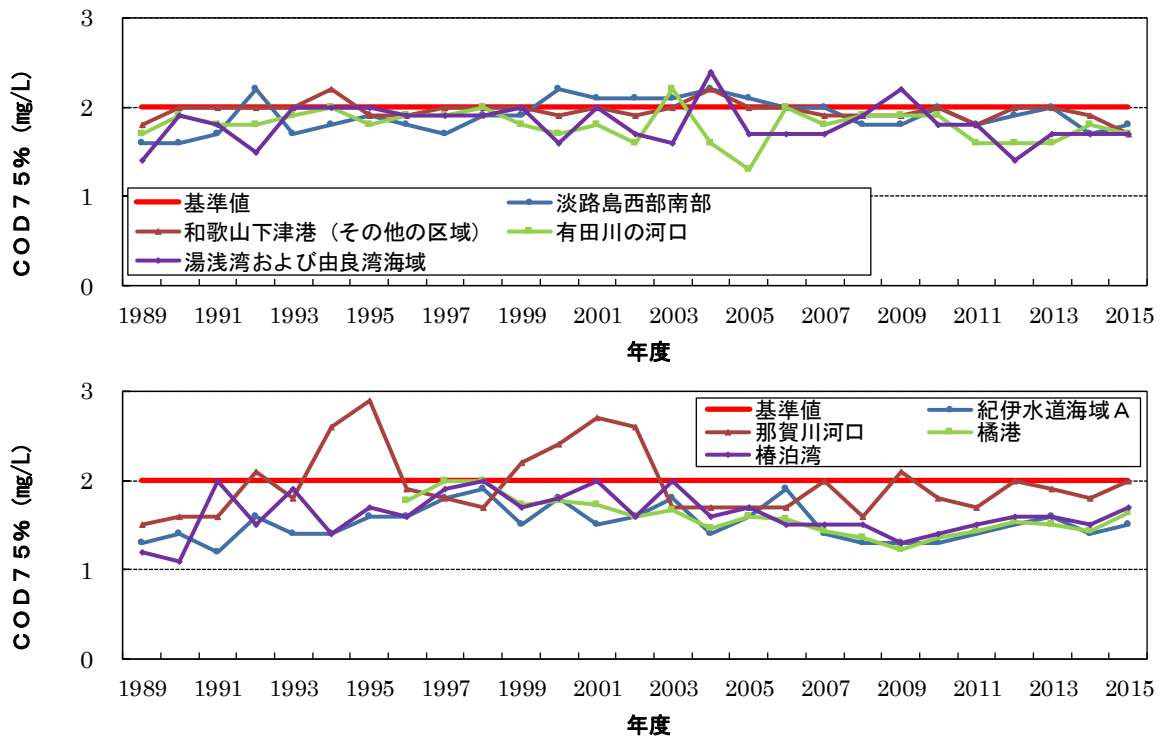


凡例 □ I 類型 □ II 類型 □ III 類型 □ IV 類型

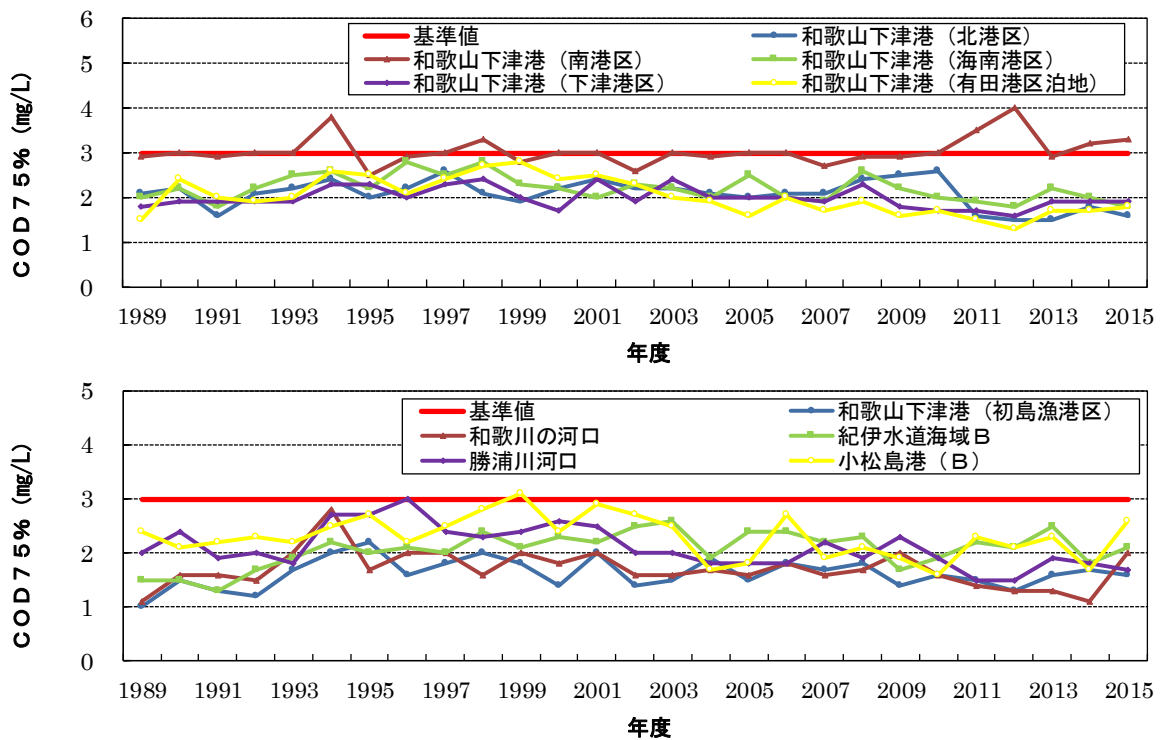
図 2-14(3) 紀伊水道における TN、TP の類型指定(兵庫県)



[A 類型水域]



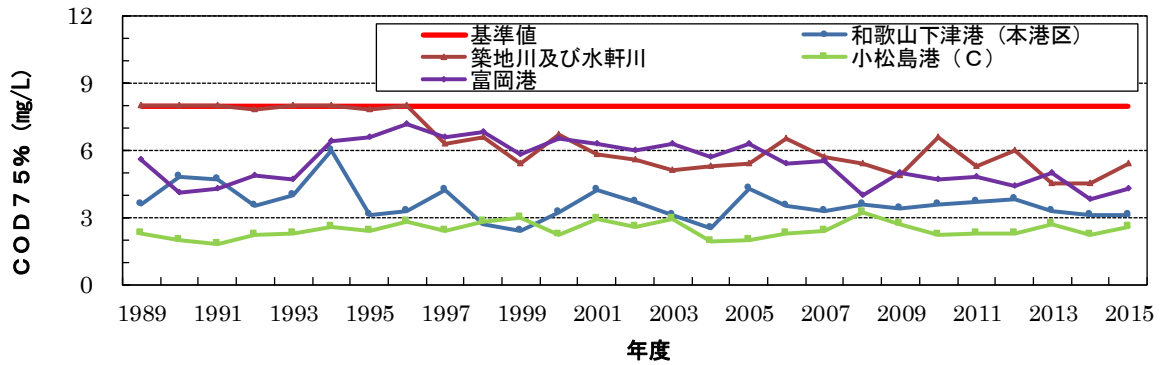
[B 類型水域]



注) 水域内の全測定地点におけるCOD75%値の最大値の推移

図 2-15(1) 紀伊水道におけるCOD75%値の最大値の推移

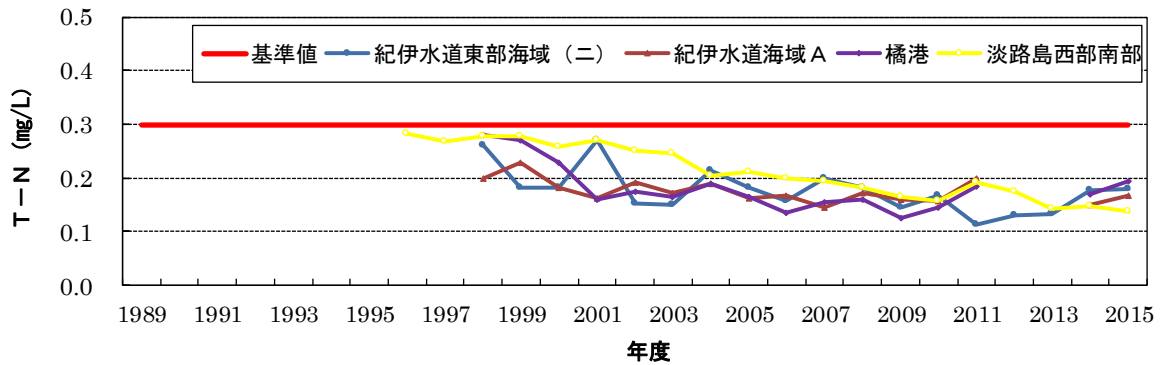
[C 類型水域]



注) 水域内の全測定地点における COD75% 値の最大値の推移

図 2-15(2) 紀伊水道における COD75% 値の最大値の推移

[II 類型水域]



[III 類型水域]

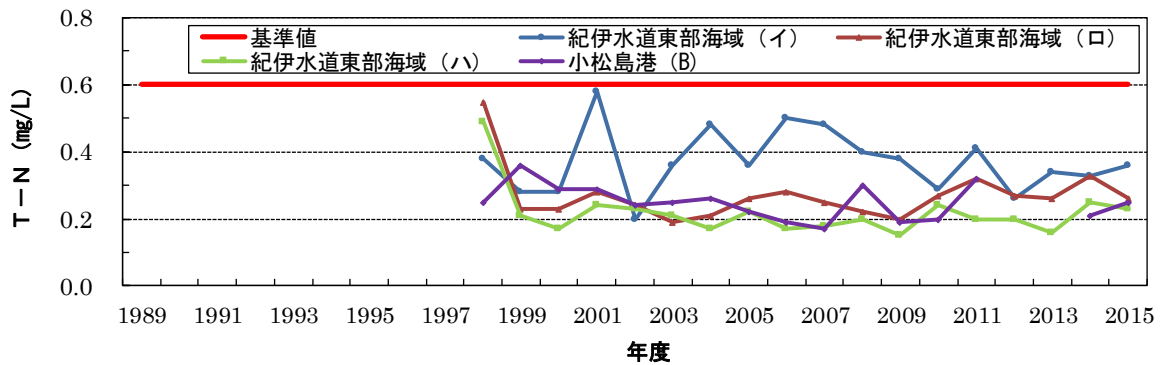
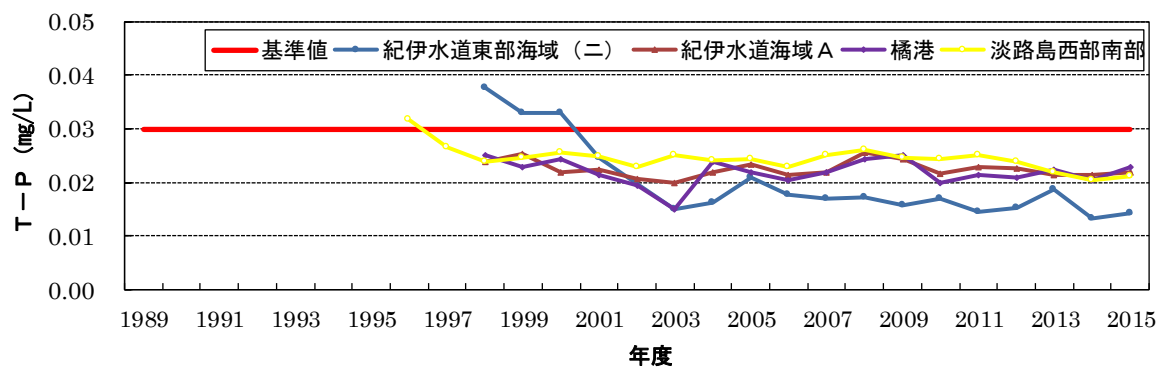


図 2-16 紀伊水道における TN の年度平均値の推移

[Ⅱ類型水域]



[Ⅲ類型水域]

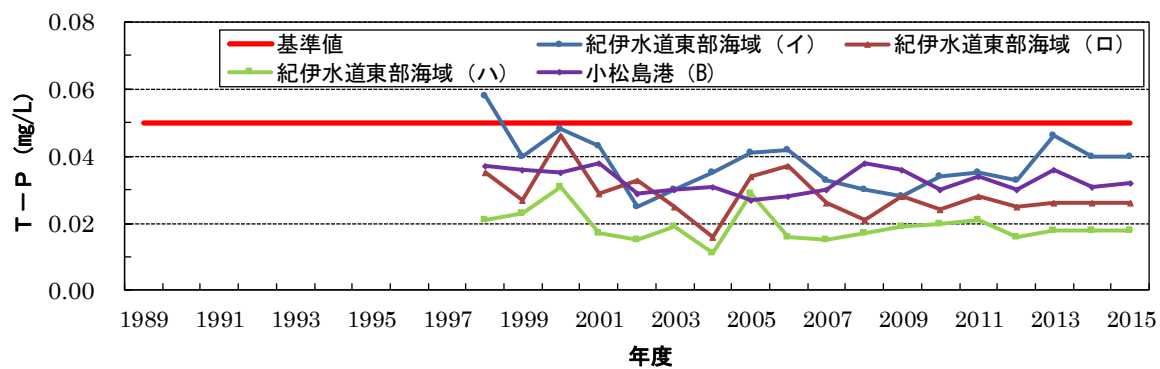


図 2-17 紀伊水道における TP の年度平均値の推移

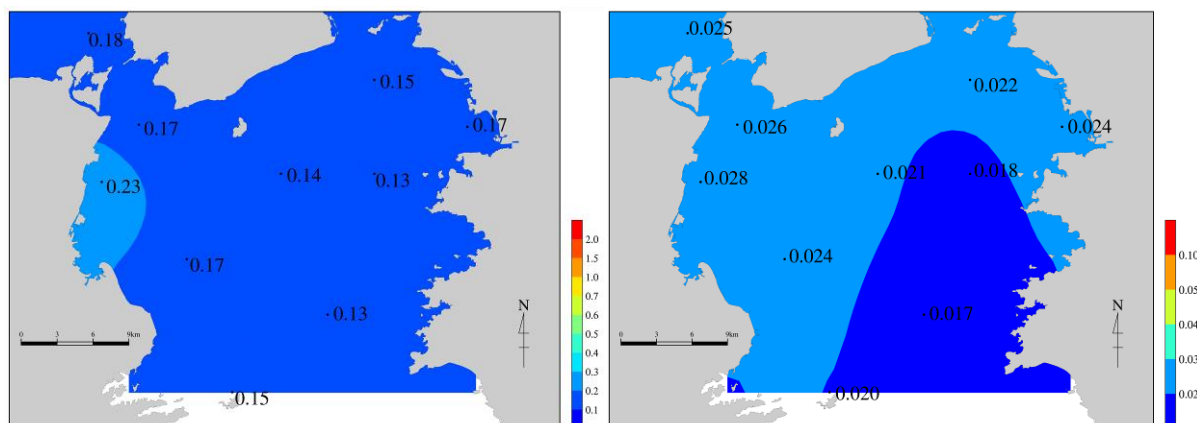
## 2) 紀伊水道の栄養塩類の現状

紀伊水道の TN、TP 濃度の分布を図 2-18 に示す。

TN、TP ともに、外洋水が流入する南東部海域での濃度が低く、吉野川河口周辺の西部海域の沿岸で濃度が高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 2-18 紀伊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。沿岸域及び沖合域における上層の窒素・りんの年度平均値の推移を図 2-20 に示す。

沿岸域では、TN の年度平均値は有意な変化傾向はみられず、TP の年度平均値は上昇傾向がみられる。DIN の年度平均値は 1975～1993 年度までは上昇傾向、1993～2010 年度までは低下傾向、それ以降は有意な変化傾向はみられない。DIP の年度平均値は有意な変化傾向はみられない。

沖合域では、TN、DIN 及び DIP の年度平均値は低下傾向がみられるが、TP の年度平均値は有意な変化傾向はみられない。

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 2-21 に示す。

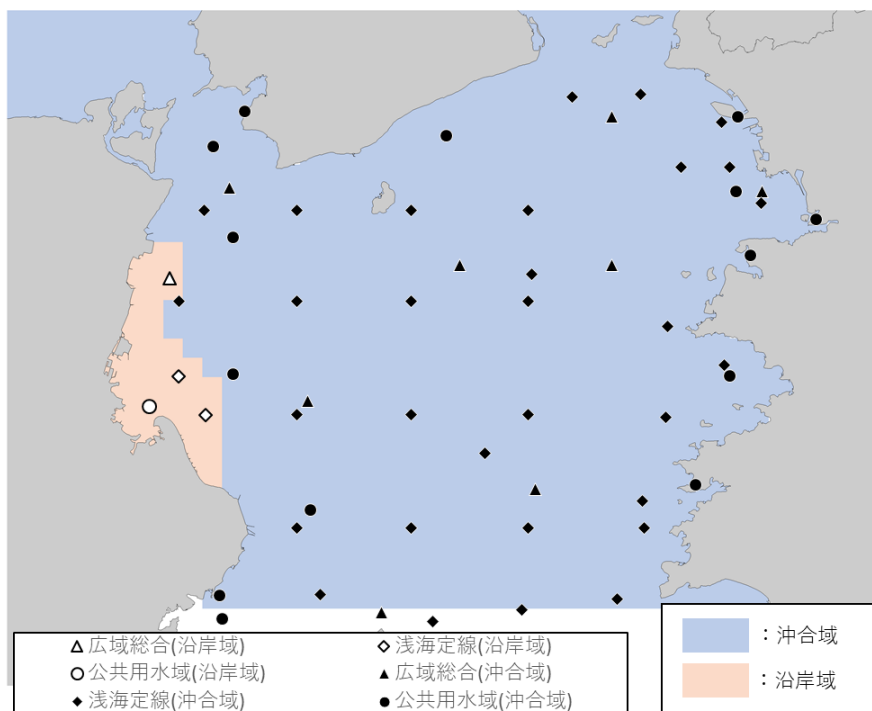
DIN 及び DIP は、夏季、冬季ともに沿岸域と沖合域はおおむね同程度の値であるが、夏季に比べて冬季の値が高い傾向を示している。また、冬季においては、DIP の沖合域を除き、主に 1990 年代以降に低下傾向を示している。

一方、クロロフィル a は冬季に比べて夏季の値が高い傾向を示しており、特に沿岸域で高い値を示しているものの、夏季のクロロフィル a に有意な変化傾向はみられない。

沿岸域における TP でみられた上昇傾向については、沿岸域にある調査地点(110)の TP の増加と塩分と低下に対応がみられることから(図 2-22)、陸域からの負荷流入の影響を受けている可能性が示唆される。

次に、紀淡海峡近傍(大阪湾側)及び紀伊水道南端(太平洋側)の調査地点の上層 DIN 濃度(年度平均値)の変化を図 2-24 に示す。2000 年頃まではおおむね紀淡海峡近傍(大阪湾側)の DIN 濃度が高い傾向を示している。大阪湾の DIN 濃度は紀伊水道より高く、紀伊水道北部における上層の栄養塩濃度は大阪湾からの海水流入の影響を受けていると考えられる。また、2000 年以降は紀伊水道南端(太平洋側)と同程度まで DIN 濃度が低下しており、大阪湾における DIN 低下の影響を受けていることが示唆される。

一方、夏季における下層 DIN の変化をみると(図 2-25)、紀伊水道南端(太平洋側)の方が高い値を示す年が多くみられる。夏季においては、黒潮が離岸した時に陸棚斜面水が大きく上昇し、低温で高栄養塩の海水が底層に流入することが報告されており<sup>4</sup>、夏季の下層における栄養塩濃度の変動は外洋水流入の影響を受けていると考えられる。



- 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、紀伊水道は沿岸域の面積が 5%、沖合域の面積が 95%で構成され、徳島県吉野川河口周辺が沿岸域に区分される。
2. 公共用水域水質測定結果は全窒素及び全りん的环境基準点のデータを使用した。

図 2-19 紀伊水道における海域区分及び調査地点

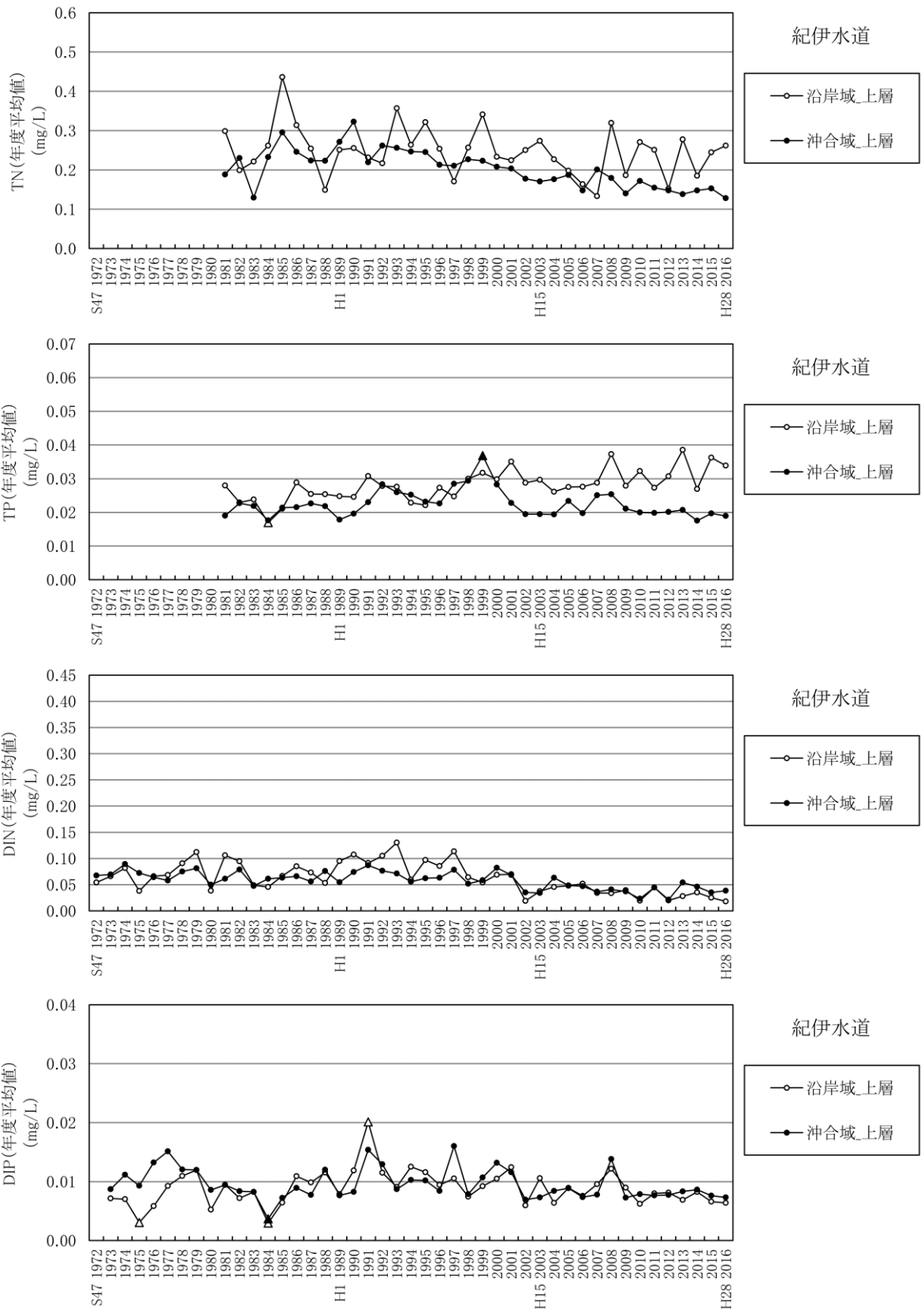
<sup>4</sup> 藤原建紀(2013):瀬戸内海の水温・塩分と海況変動. 瀬戸内海の気象と海象, 海洋気象学会, pp. 37-61.

表 2-3 紀伊水道の水質変化傾向

紀伊水道	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	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	-
	沖合域	低下	-0.0031 mg/L/年	～1992:上昇 1992～:低下 [全期間:低下]	-0.0032 mg/L/年	低下	-0.0036 mg/L/年
TP (上層)	沿岸域	上昇	0.0003 mg/L/年	上昇	0.0005 mg/L/年	有意な変化傾向なし	-
	沖合域	有意な変化傾向なし	-	～1999:上昇 1999～:有意な変化傾向なし [全期間:有意な変化傾向なし]	-	～1998:上昇 1998～:低下 [全期間:有意な変化傾向なし]	-
DIN (上層)	沿岸域	～1975:有意な変化傾向なし 1975～1993:上昇 1993～2010:低下 2010～:有意な変化傾向なし [全期間:有意な変化傾向なし]	-	～1993:有意な変化傾向なし 1993～:低下 [全期間:有意な変化傾向なし]	-	～1983:有意な変化傾向なし 1983～1989:上昇 1989～:低下 [全期間:低下]	-0.0019 mg/L/年
	沖合域	低下	-0.0008 mg/L/年	有意な変化傾向なし	-	低下	-0.0015 mg/L/年
DIP (上層)	沿岸域	有意な変化傾向なし	-	～1993:上昇 1993～:有意な変化傾向なし [全期間:上昇]	0.0001 mg/L/年	～1991:有意な変化傾向なし 1991～:低下 [全期間: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	-	有意な変化傾向なし	-

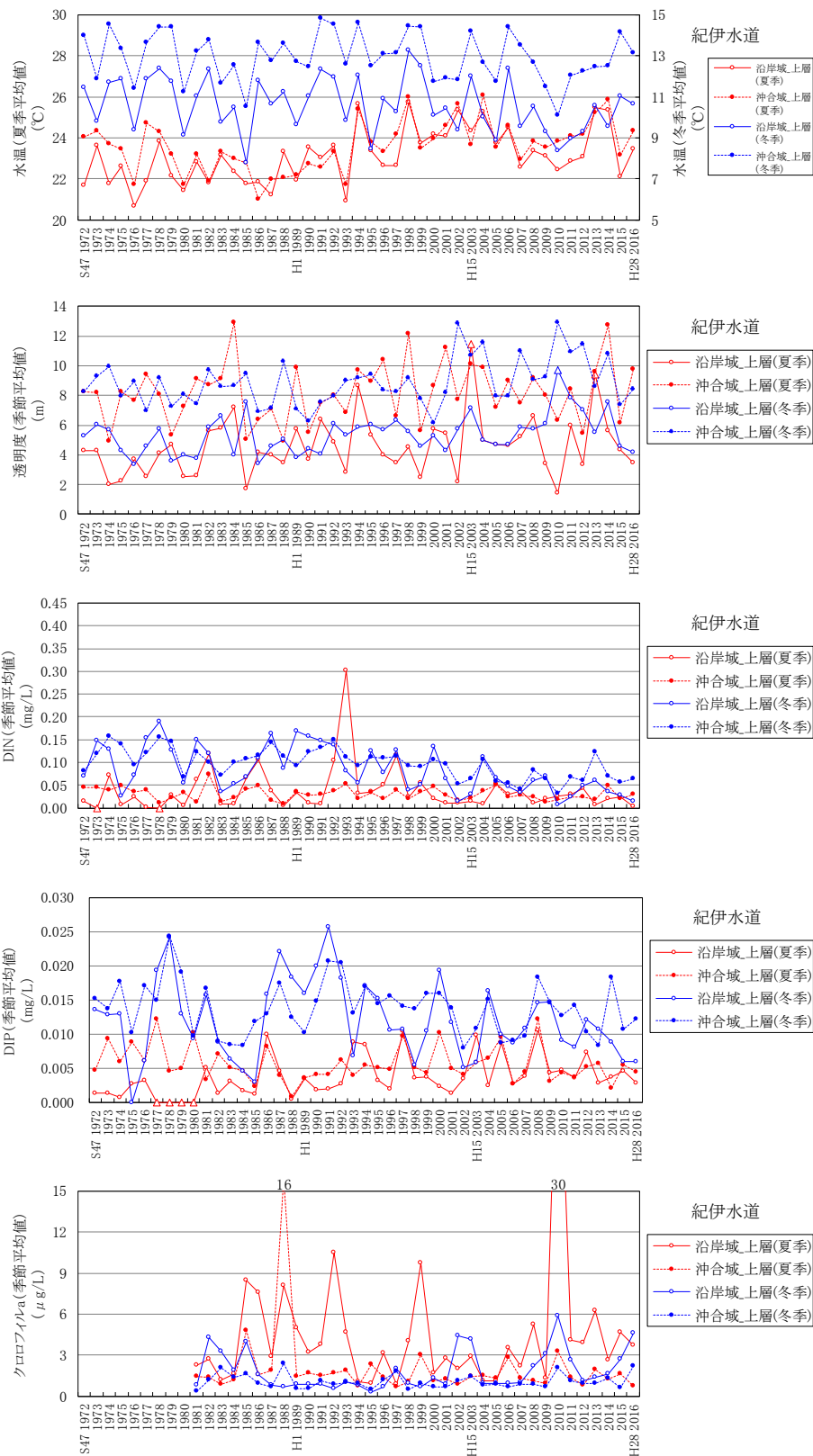
注) 1. 危険率 5%で有意な変化傾向について「上昇」「低下」と記載した。また、5カ年移動平均値と回帰曲線の残差等を用いた手法により変曲点が抽出された場合には、変曲点で区分した期間毎に変化傾向の評価を行った。

2. 夏季は6～8月、冬季は12～2月



注) 図中の△、▲は表 2-3 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(和歌山県・徳島県)より作成

図 2-20 紀伊水道における TN、TP、DIN、DIP の推移(年度平均値)



注) 図中の△、▲は表 2-3 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(和歌山県・徳島県)より作成

図 2-21 紀伊水道における水温、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)



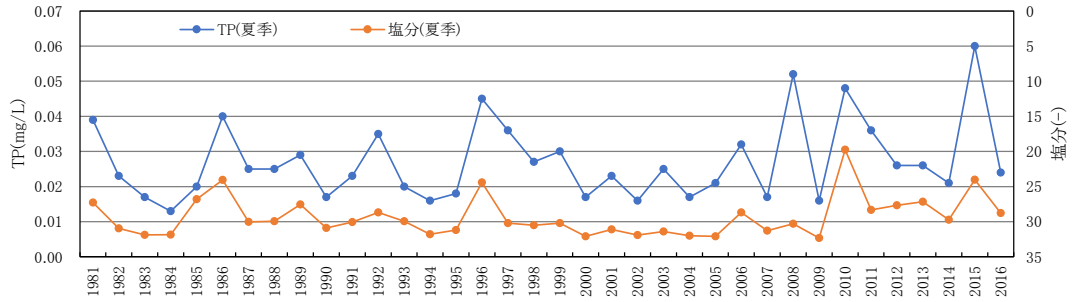


図 2-22 沿岸域の調査地点(広域総合\_地点 110)における夏季の TP と塩分の推移

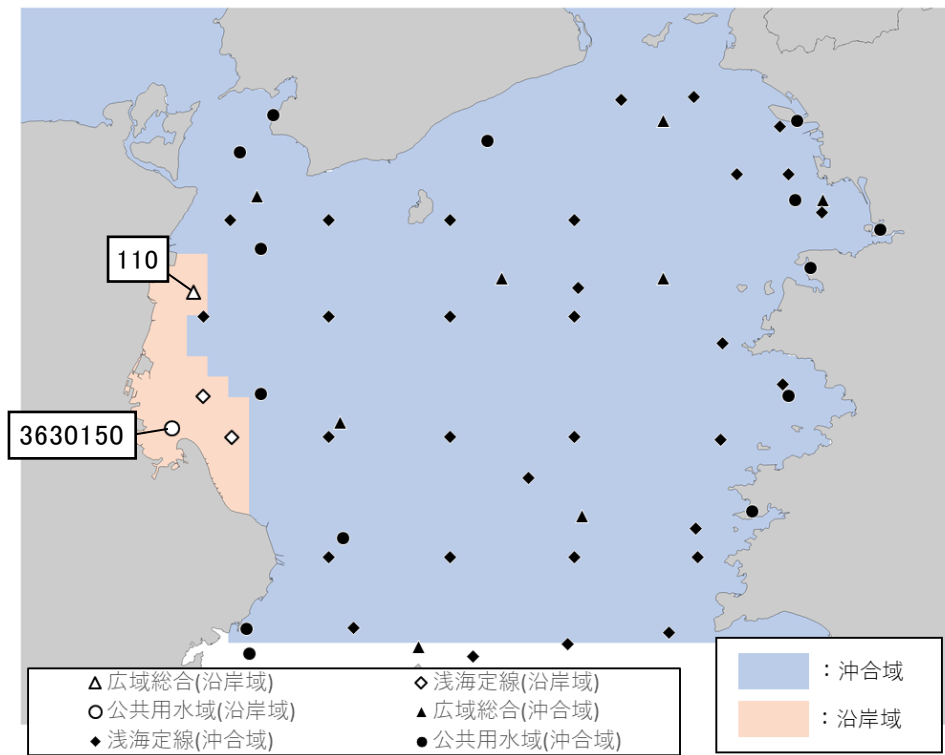
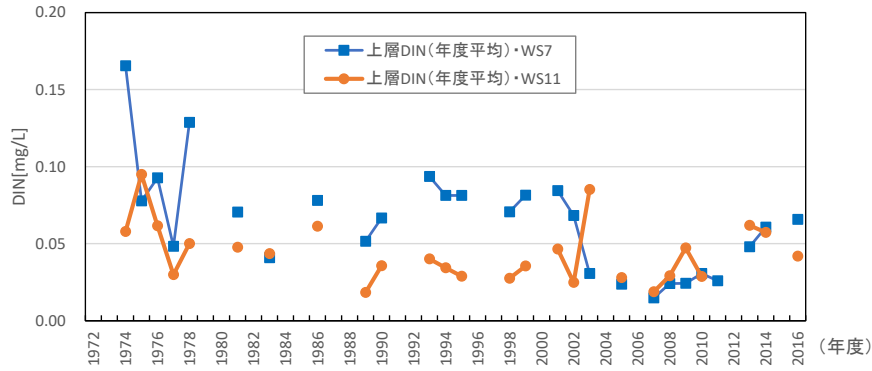
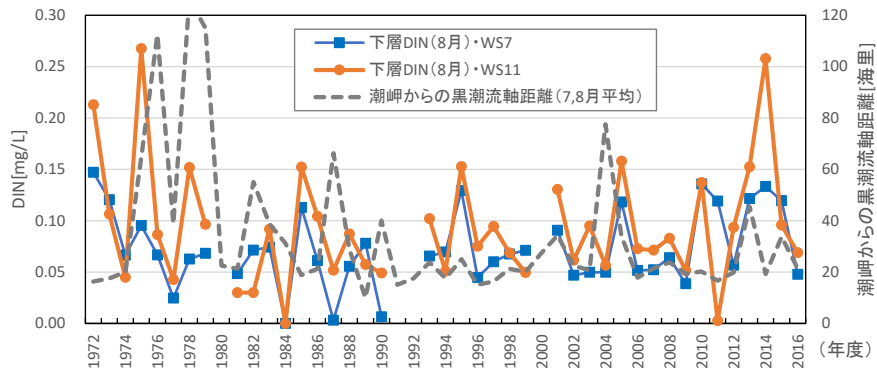


図 2-23 調査地点



出典) 浅海定線調査結果(和歌山県)より作成

図 2-24 紀淡海峡近傍[WS7]・紀伊水道南端[WS11]における上層 DIN の変化(年度平均値)



出典) 浅海定線調査結果(和歌山県)及び黒潮流軸数値情報(海上保安庁)より作成

図 2-25 紀淡海峡近傍[WS7]・紀伊水道南端[WS11]における下層 DIN 及び潮岬からの黒潮流軸距離の変化(夏季)

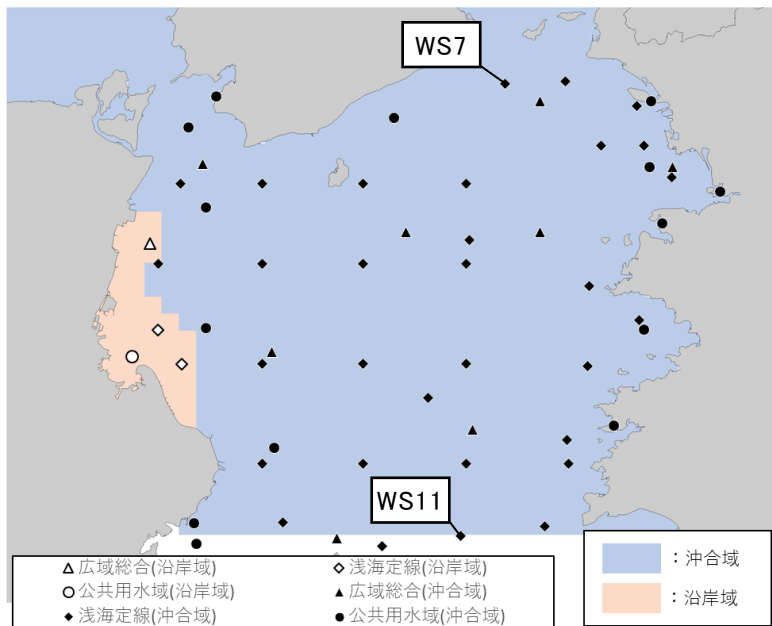


図 2-26 調査地点

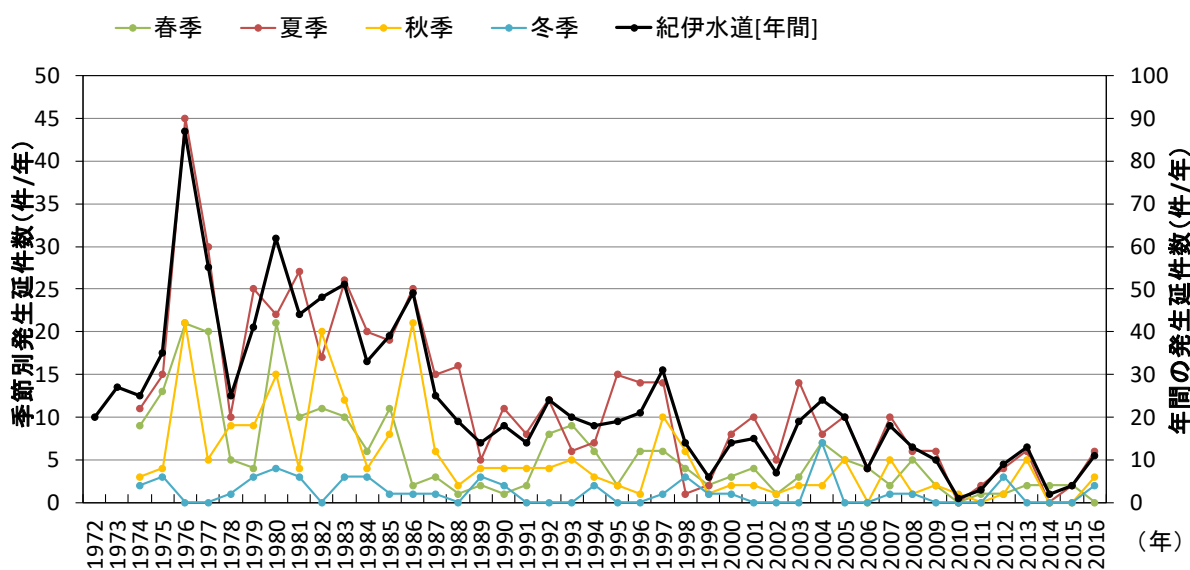
## (2) 赤潮－整理項目⑨

### 1) 赤潮の発生延件数

紀伊水道における赤潮の発生延件数の推移は図 2-27 に示すとおりであり、年間の赤潮発生延件数は、1976 年に最大値(87 件)を示した後減少しており、近年の発生延件数はおおむね 10 件以下となっている。

季節ごとの発生延件数をみると、夏季の件数が最も多く、1976 年に最大値(45 件)を示した後減少しており、近年はおおむね 5 件以下となっている。一方、冬季は発生延件数が最も少なく、2004 年を除き、4 件以下で推移している。

近年(2010～2016 年)における赤潮による漁業被害は、2013 年の春季に西部海域の沿岸で *Eucampia*(ユーカンピア)属による養殖ノリ・ワカメの色落ちが発生している。<sup>5</sup>



- 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。

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 2-27 紀伊水道における季節別の赤潮発生延件数の推移

<sup>5</sup> 水産庁瀬戸内海漁業調整事務所:瀬戸内海の赤潮.

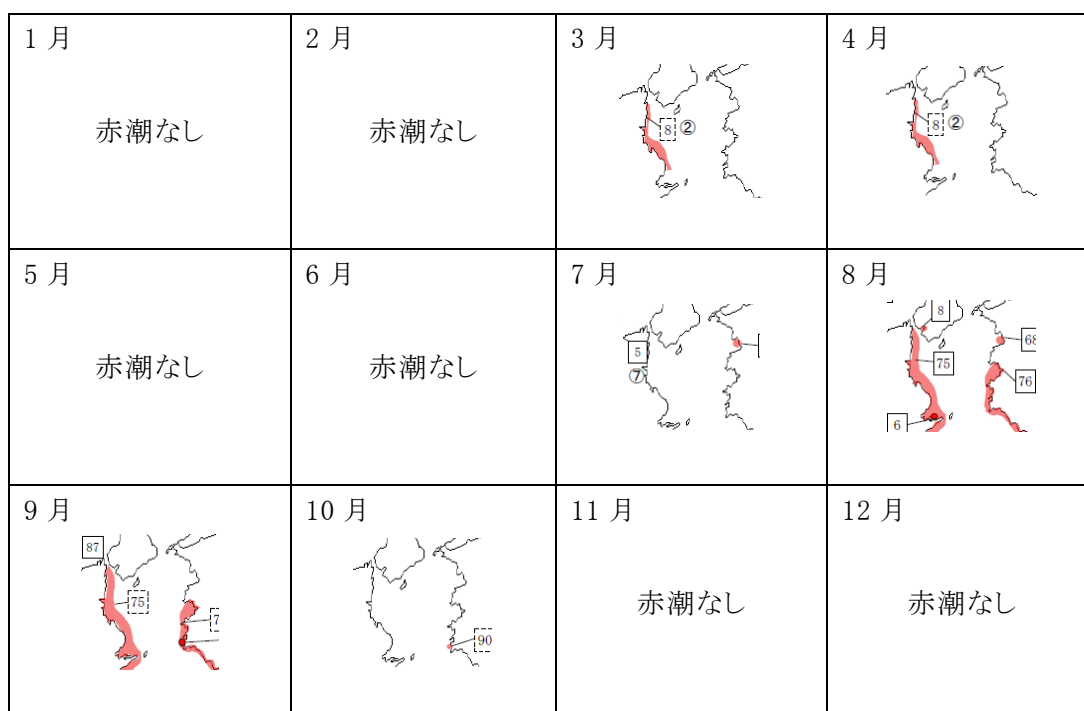
## 2) 赤潮の発生場所

近年の赤潮発生状況を良く表している 2013 年における各月の赤潮発生場所を図 2-28 に示す。

2013 年における紀伊水道の赤潮は、発生件数が 6 件\*で、3～4 月及び 7～10 月に主に西部海域の沿岸及び東部海域の沿岸で発生している。

赤潮の発生状況は年によって異なるものの、近年における赤潮の発生は、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 2-27 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

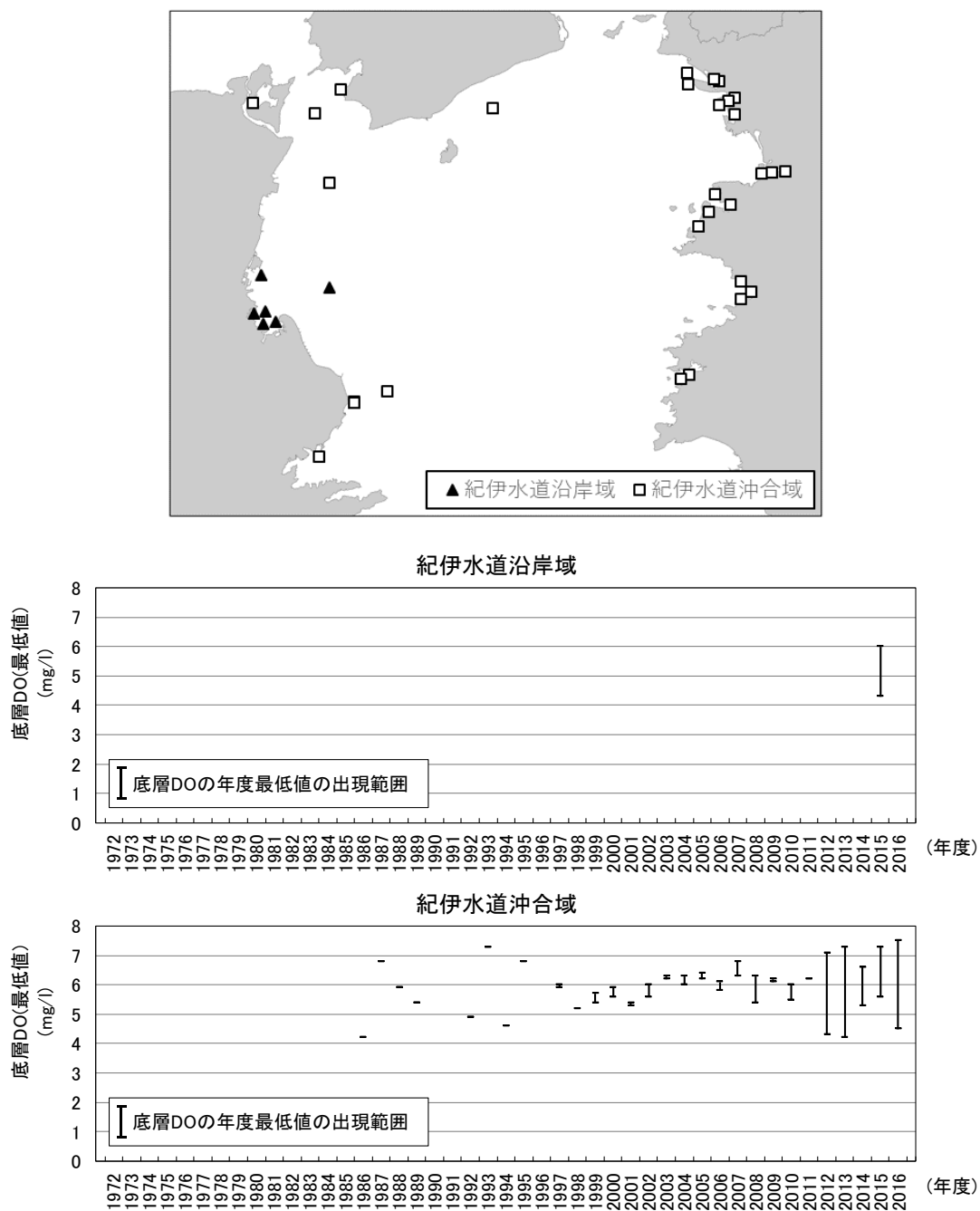
図 2-28 2013 年の紀伊水道における赤潮発生状況

(3) 底層 DO—整理項目⑩

1) 貧酸素水塊の発生状況

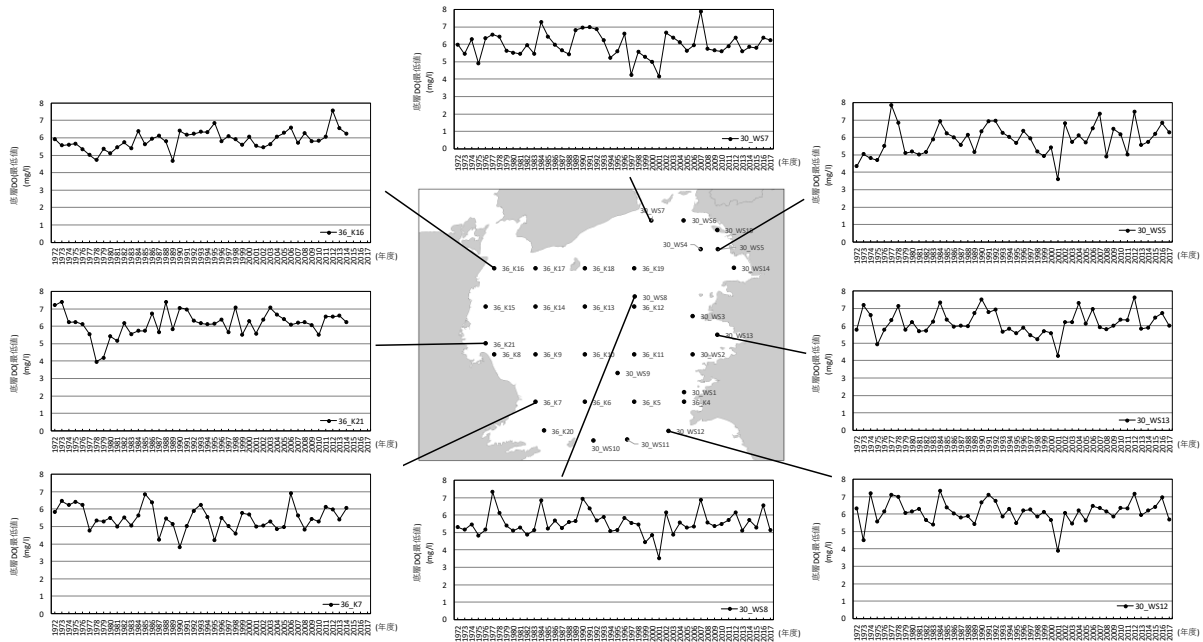
海域区分(前述の図 2-19 に示した沿岸域及び沖合域)ごとの底層 DO(年度最低値)の出現範囲の推移を図 2-29 に、浅海定線調査による底層 DO の推移を図 2-30 に示す。

紀伊水道では、底層 DO はおおむね 5mg/L 以上で推移している。



出典) 公共用水域水質測定調査結果(環境省)より作成  
 ※1986~2011 年度までは 0~2 地点、2012 年度からは 21~39 地点

図 2-29 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) 海底上 1mで測定  
 出典) 浅海定線調査結果(和歌山県・徳島県)より作成

図 2-30 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⑪

紀伊水道における泥分率及び TOC の分布をそれぞれ図 2-31①及び②に示す。

泥分率については、南西部及び北東部海域で高く、90%以上となる海域もみられる。一方、南東部海域や海峡部付近では低い分布傾向を示しており、おおむね 50%以下となっている。南西部海域では第 1 回から第 3 回かけて 80%以上の範囲が広がっており、北東部海域でも第 3 回から第 4 回にかけて 80%以上の範囲が広がっている。また、南東部海域では第 1 回から第 4 回にかけて 30%以上の範囲が広がっている。

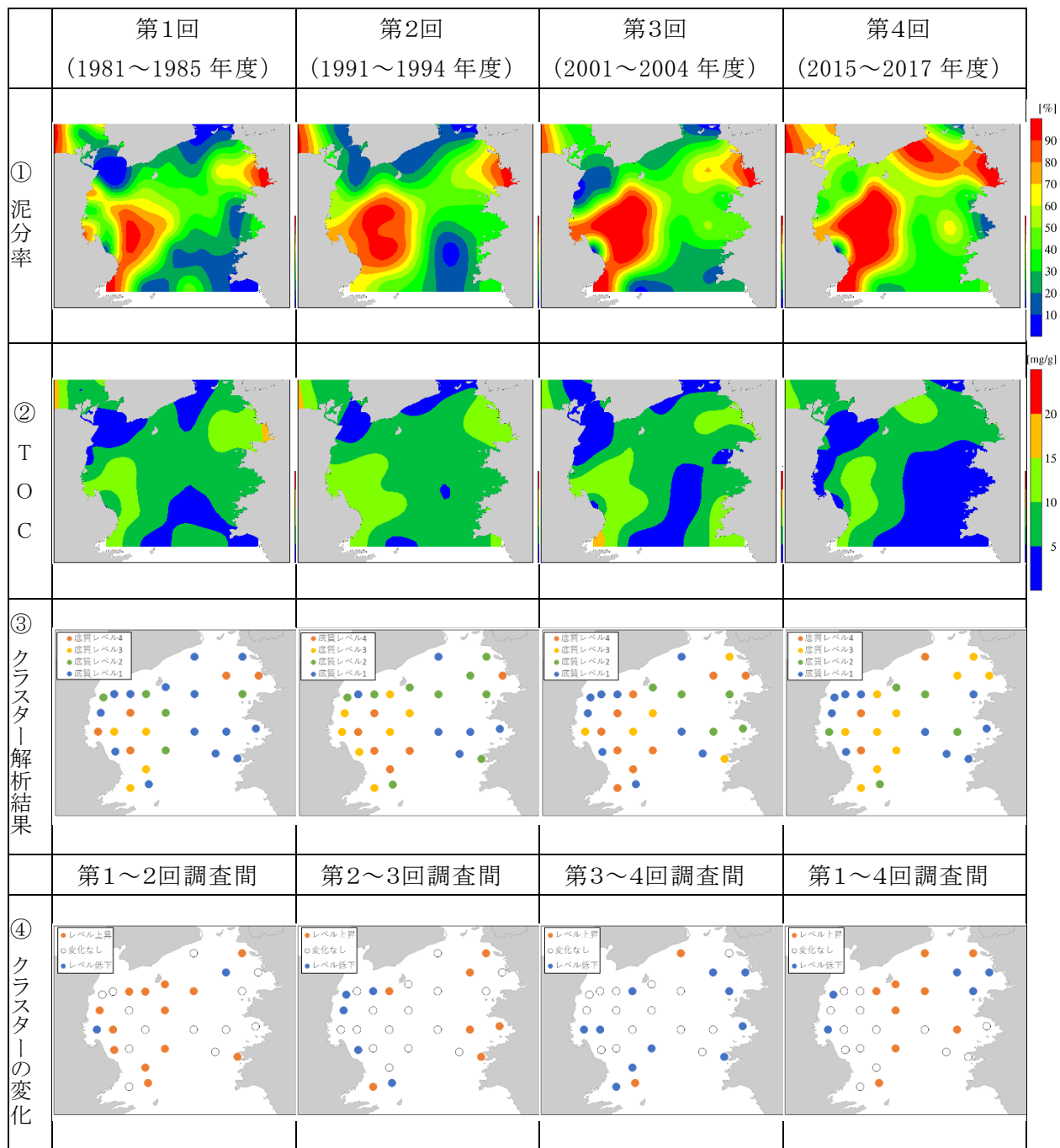
TOC については、泥分率と同様に南西部及び北東部海域で高く、南東部海域や鳴門海峡周辺で低い分布傾向を示している。紀の川及び吉野川河口部では第 3 回から第 4 回にかけて低下傾向がみられる。南東部及び鳴門海峡周辺の海域で、第 2 回から第 4 回にかけて 5mg/g 以下の範囲が広がっている。

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 2-32 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 2-31③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有機物量が多いことを示している。各底質レベルの地点数の変化をみると、第 1～2 回調査間で底質レベル 1 の地点数が大幅に減少している。また、第 3～4 回調査間の変化では底質レベル 4 の地点数は減少し、底質レベル 3 の地点数は増加している。

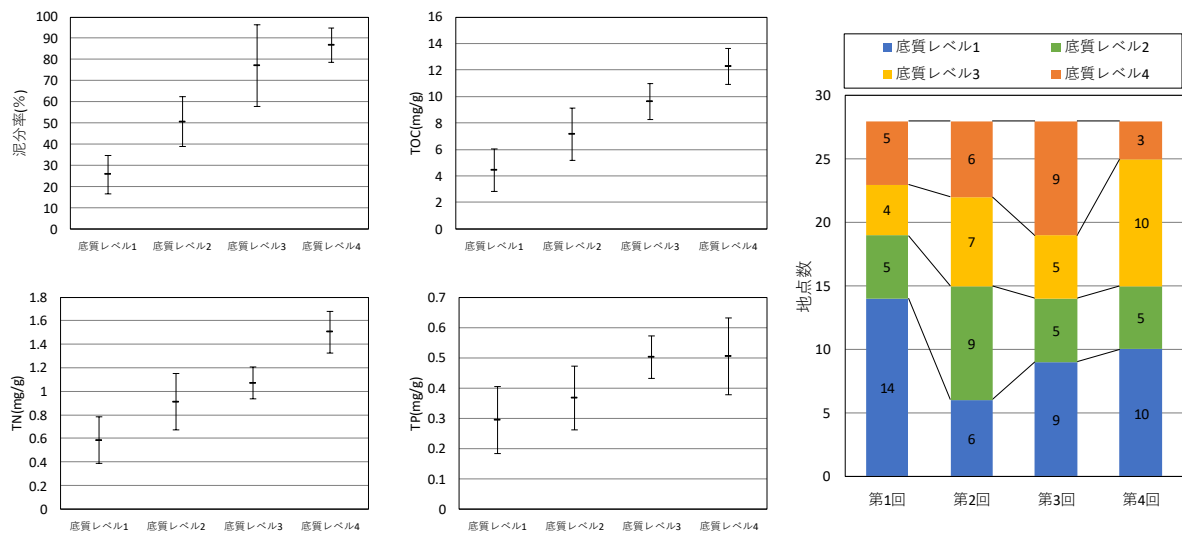
底質レベルが変化した地点の分布をみると、第 1～2 回調査間では西部海域で、第 3～4 回

調査間の変化では東部及び西部海域の沿岸部で底質レベルが変化する地点みられる。



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 2-31 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回瀬戸内海環境情報基本調査結果(2015~2017年度)により作成

図 2-32 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)(紀伊水道)

#### (5) 底生生物—整理項目⑫

紀伊水道における底生生物の種類数及び個体数の分布をそれぞれ図 2-33①及び②に示す。

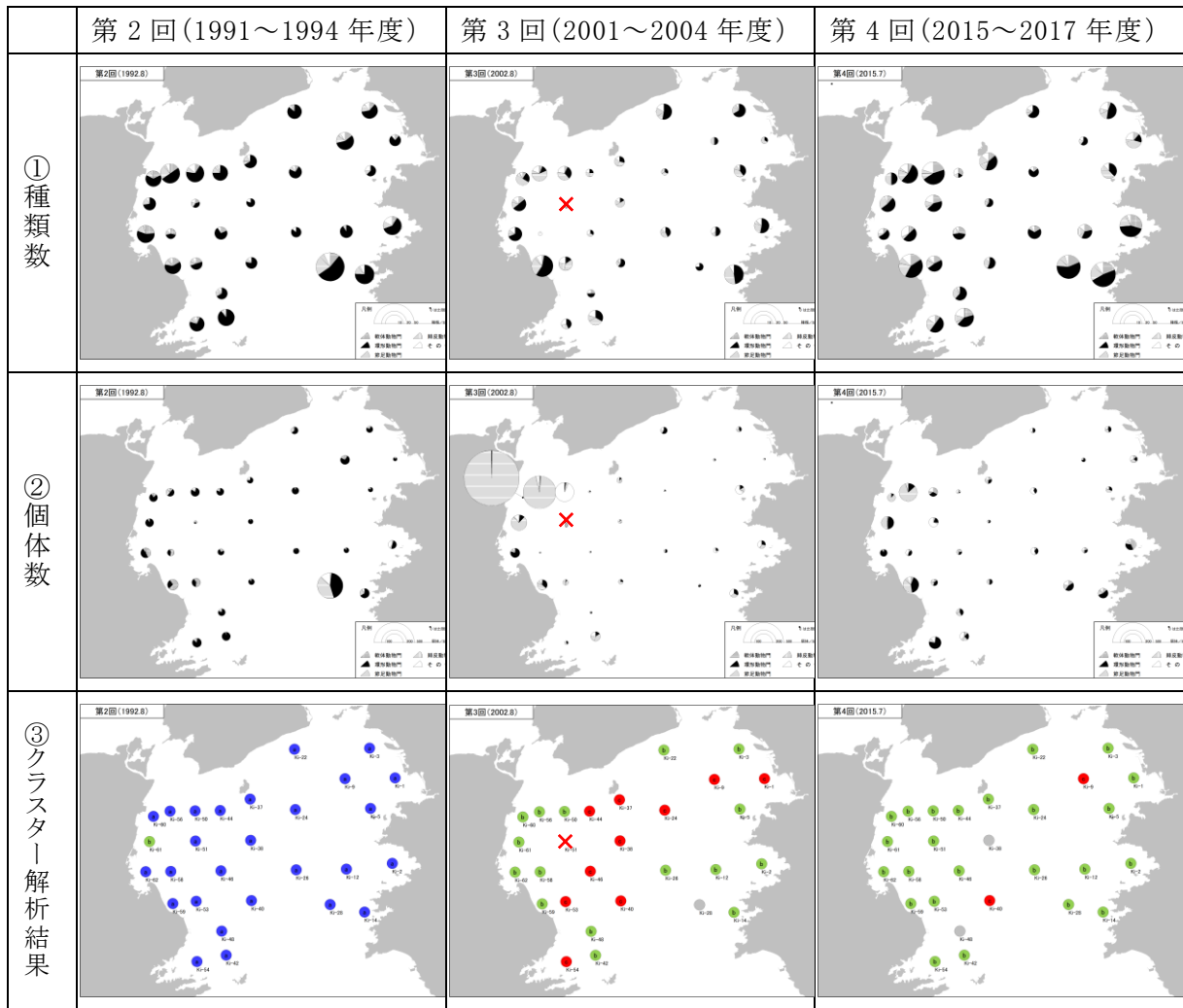
種類数は、各調査回とも沿岸部で 10~20 種類と多く、中央部で 10 種類以下と少ない分布傾向を示している。また、南東部海域では比較的多い傾向を示している。

個体数は、西部海域の沿岸で多く、紀の川河口部や中央部海域で少ない分布傾向を示している。特に、第3回では北西部海域で非常に多い個体数を示している。

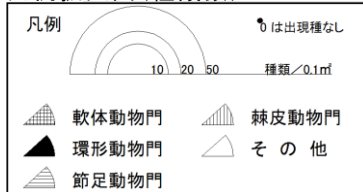
種別個体数を用いたクラスター解析結果に基づいて区分したクラスターごとの各調査項目の平均値や優占種等を表 2-4 に、クラスターの分布を図 2-33③に示す。

紀伊水道では、第2回調査、第4回調査はほとんどの地点が同じクラスターに分けられる結果となっている。第2回調査はほとんどの地点がクラスターa、第4回調査ではほとんどの調査点でクラスターbに分類され、クラスターの変化がみられる。

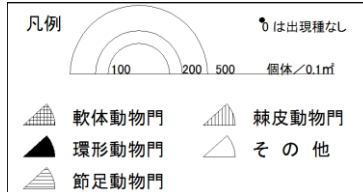




凡例拡大図(種類数)



凡例拡大図(個体数)



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 2-33 クラスター解析結果及び種類数、個体数の水平分布

表 2-4 クラスター毎の底質・優占種等(紀伊水道)

クラスター	調査回ごとの地点数			多様度H <sup>+</sup> (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	27	0	0	3.127	15.7	53.4	8.9	56.4	42.0	-	イトゴカイ科(11.81%) シズクガイ(7.29%) Chone sp.(5.69%)	イトゴカイ科(26地点) Ammotrypane sp.(16地点) 紐形動物門(16地点)
b	1	16	24	2.958	17.1	124.7	6.6	53.5	45.8	0.04	クビナガスガメ(62.11%) イトクスホシムシ属(9.18%) モロテゴカイ(1.31%)	イトクスホシムシ属(36地点) 紐形動物門(21地点) イカリナマコ科(18地点) クビナガスガメ(18地点)
c	0	10	2	2.154	5.8	10.8	9.7	80.5	19.4	0.03	イカリナマコ科(18.75%) Ophelina sp.(13.28%) ヤマトスナホリムシ(8.59%)	Ophelina sp.(8地点) イカリナマコ科(8地点) カキクモトデ(5地点) 紐形動物門(5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。

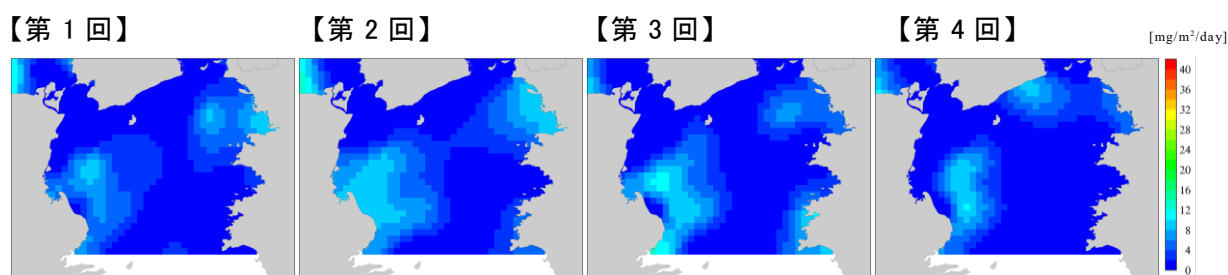
(6) 底質からの栄養塩類の溶出量－整理項目⑬

紀伊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 2-34、図 2-35 に、各調査回の溶出量と 2014 年度の発生負荷量の比較を図 2-36 に示す。

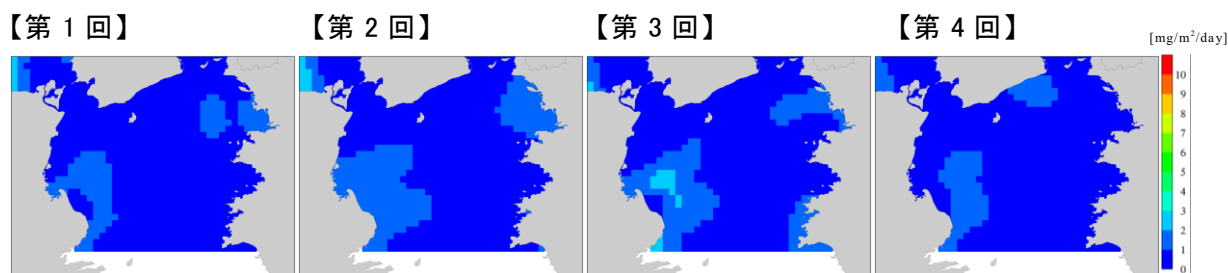
窒素溶出量については、南西部及び北東部海域で比較的大きい傾向を示している。紀の川、吉野川及び那賀川河口部では第 2 回から第 4 回にかけて溶出量の減少がみられる。

りん溶出量については、各調査回ともに窒素と同様の分布傾向であり、南西部及び北東部海域で比較的大きい傾向を示している。

紀伊水道における溶出量は、窒素・りんともに 2014 年度発生負荷量に比べて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 2-34 紀伊水道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 2-35 紀伊水道におけるりん溶出量(年平均値)の状況

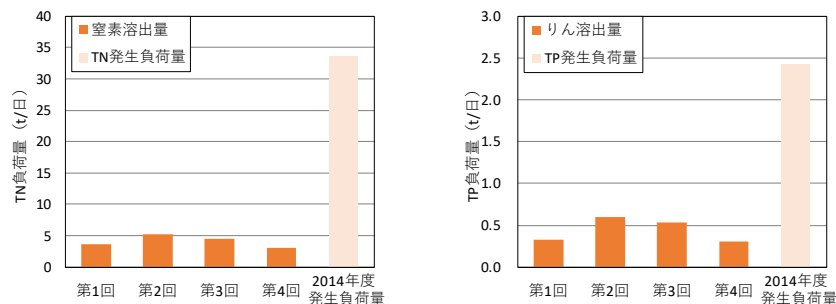


図 2-36 紀伊水道における各調査回の溶出量と 2014 年度発生負荷量との比較

## 2-3 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

水産庁の湾・灘区分による紀伊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2-37に示す。

紀伊水道の漁獲量は、1960年代から1980年代後半にかけて増加し、1985年に最大値に達した後、減少している。紀伊水道は外海と接続した水域であり、シラス・カタクチイワシ、タチウオ、マイワシといった交流型の魚種が漁獲の多くを占めており、漁獲量の変動はこれらの影響が大きい。1978年から1982年はマイワシの加入がみられ、この間、シラス・カタクチイワシの減少がみられる。その後、1980年代後半にかけてシラス・カタクチイワシが増加し、1985年の最大値はシラス・カタクチイワシ、タチウオが大きく影響している。アジ類は、1980年代から2000年代後半にかけて増加傾向を示したが、その後減少し、近年は1980年代と同程度の2,000トン前後で推移している。

#### 2) 海面養殖収穫量の変化状況

紀伊水道における区画漁業権の設定状況を図2-38に示す。紀伊水道ではノリ類やワカメ類の養殖が多く、外洋や海峡部に近い海域では魚類養殖もみられる。

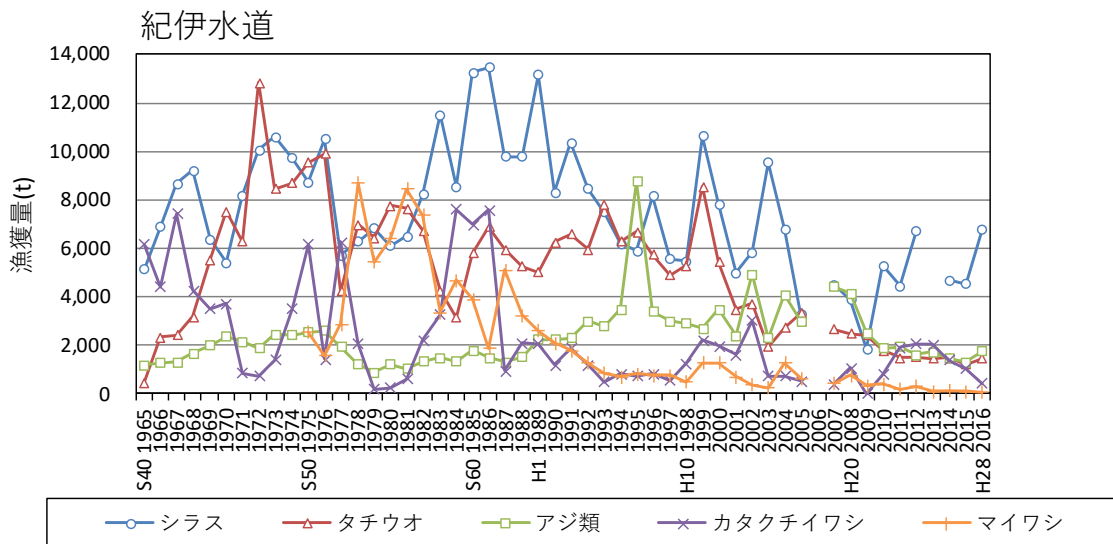
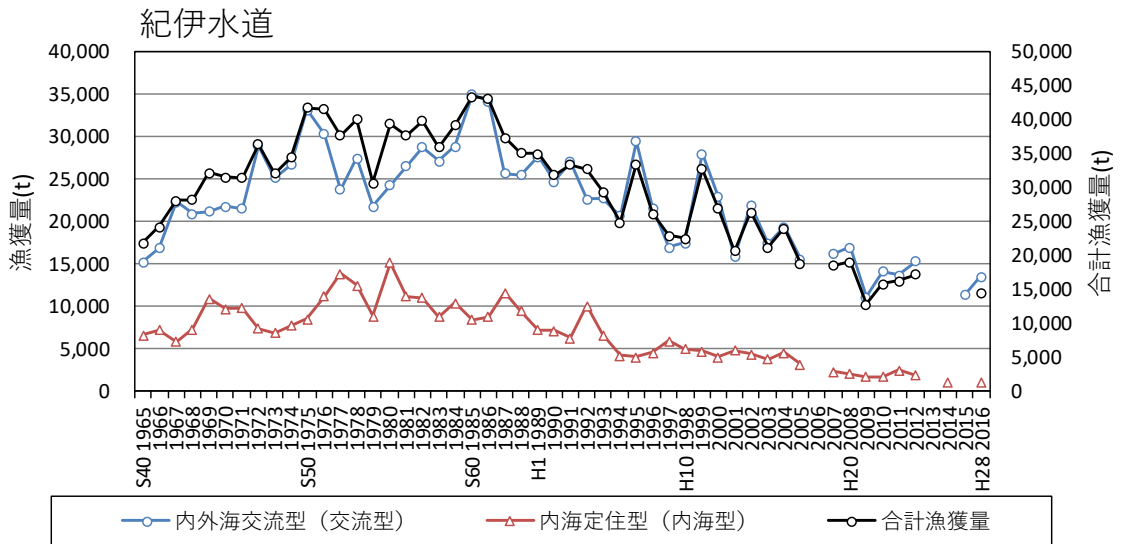
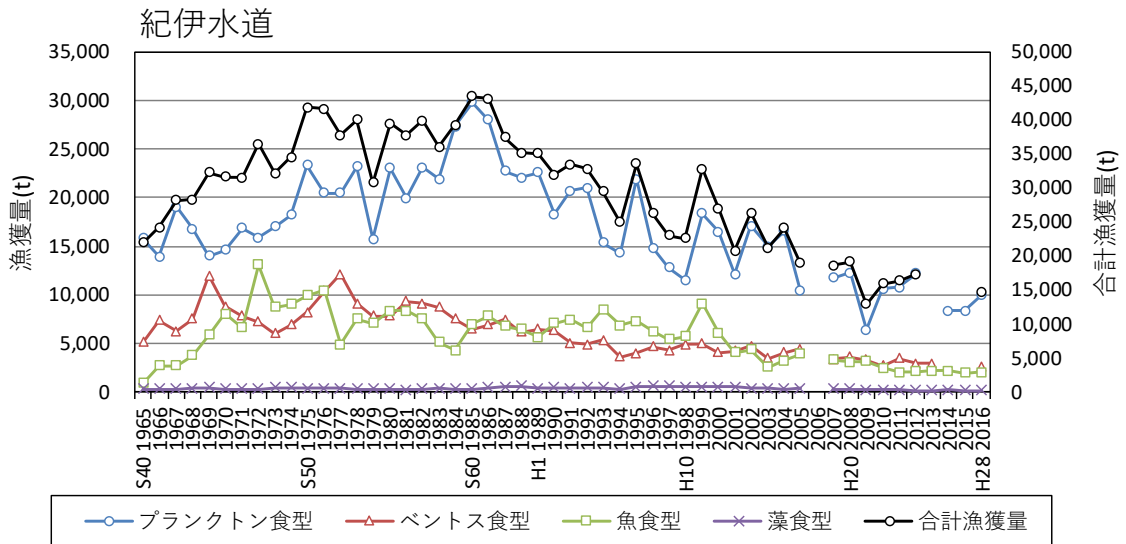
#### 【和歌山県(瀬戸内海区)】

和歌山県の養殖収穫量は、1983年から1986年にかけて増加した後、1995年にかけて減少し、その後は2006年以降再び減少している。ワカメ類は1970年代後半以降増加し、1986年に最大値を示した後、2000年前半にかけて減少している。一方、ブリ類は1970年代後半から1980年代後半にかけて減少した後、1990年代前半まで横ばいで推移し、その後増加している。ブリ類は近年秘匿だが、合計収穫量から鑑みるとブリ類は低位で推移していると考えられる。ノリ類は1970年代後半に増加し、1980年に最大値を示した後、1996年にかけて減少している。その他の養殖物は1980年代後半から増加しており、おおむねマダイやシマアジが多くを占めている。

#### 【徳島県(瀬戸内海区、播磨灘を含む)】

徳島県の養殖収穫量は、1970年代後半以降増加し、1991年に最大値を示した後、減少している。ワカメ類は1970年代後半以降増加し、1991年に最大値を示した後、2000年代前半頃にかけて減少し、その後は横ばいで推移している。ノリ類は1970年代後半以降増加し、2001年に最大値を示した後、減少している。徳島県では養殖ノリ、ワカメの色落ちが報告されている<sup>6</sup>。ブリ類は1970年代後半から1980年代前半にかけて減少した後、増加している。

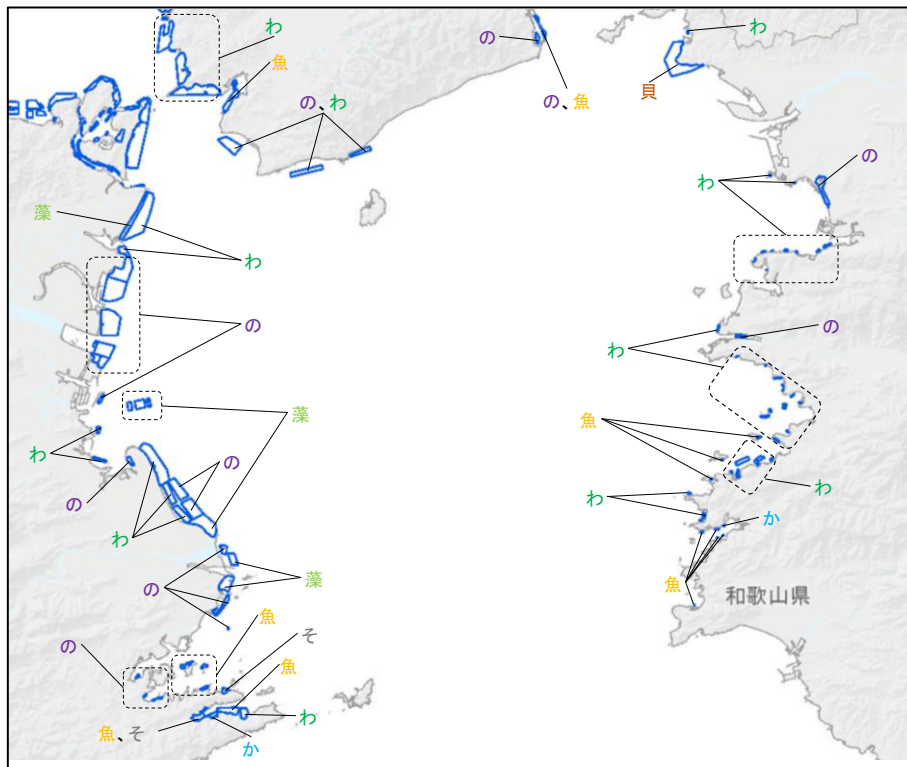
<sup>6</sup> 徳島県(2016):瀬戸内海の環境の保全に関する徳島県計画



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 2-37 紀伊水道における漁獲量の推移

[紀伊水道全域]



[鳴門海峡]

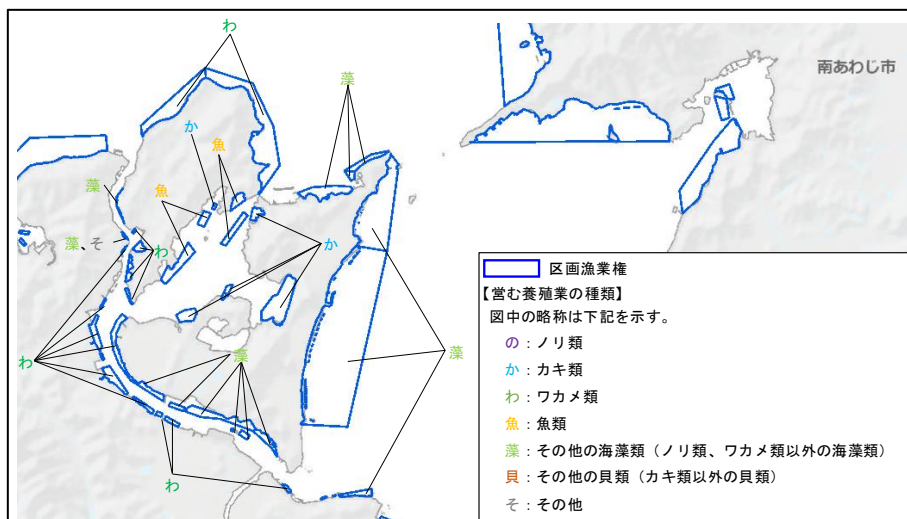
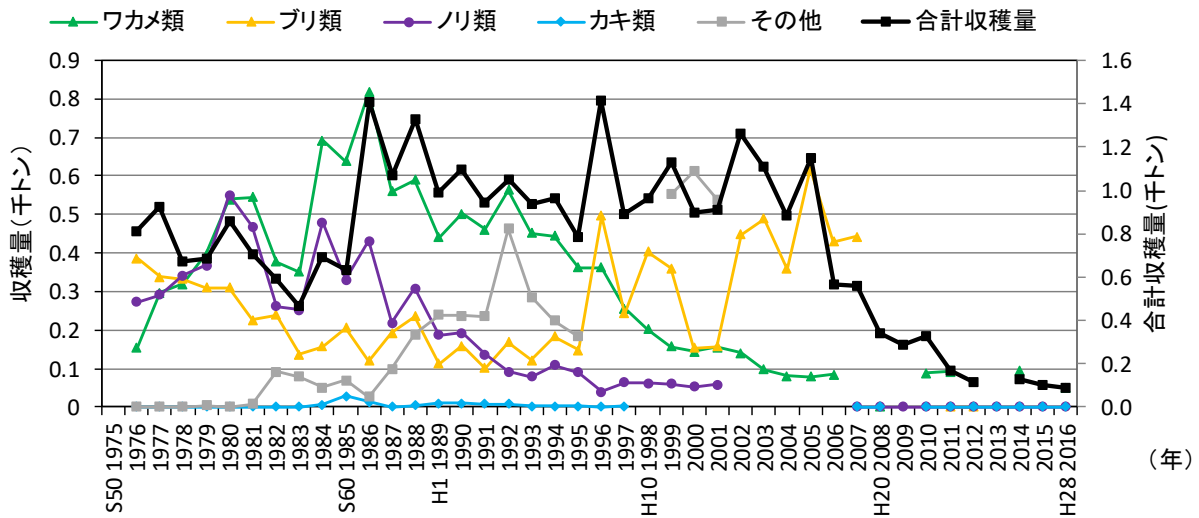


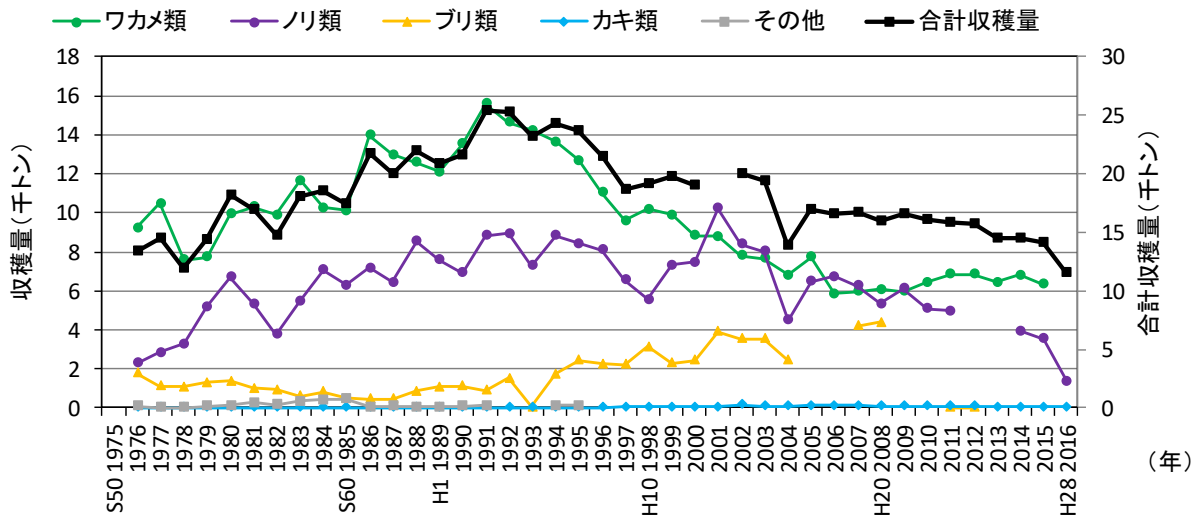
図 2-38 紀伊水道における区画漁業権の設定状況

【和歌山県(瀬戸内海区)】



注) カキ類は1998～2009年に、ノリ類は2002～2007年に、ブリ類は2008～2016年に、ワカメ類は2007～2009年、2012～2013年、2015年に、合計収穫量は2013年に秘匿となっている。  
 その他の養殖物は1996～1998年、2002～2016年に一部秘匿が含まれるため図中から除いた。

【徳島県(瀬戸内海区、播磨灘を含む)】



注) 1. ブリ類は2005～2006年、2009～2016年に、ノリ類は2012～2013年に、ワカメ類は2016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1992～1993年、1996～2016年に一部秘匿が含まれるため図中から除いた。  
 2. 播磨灘の収穫量を含む。

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)  
 1998～2002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](http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/index.html))より作成

図 2-39 養殖収穫量の推移(和歌山県・徳島県)

## 2-4 紀伊水道のまとめ

### (1) 紀伊水道における各項目の整理

表 2-5 紀伊水道における各項目の整理

①地理・地形	<ul style="list-style-type: none"> <li>・瀬戸内海南東端に位置し、南部で太平洋、北部で大阪湾、播磨灘に接している。水深は最深部 70m ほどであり、やや東側(和歌山側)が深い。徳島県側では吉野川河口部を中心に比較的なだらかな地形となっている。</li> </ul>
②河川流入・流域	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一級河川は、東部に紀の川、西部に吉野川と那賀川があり、特に吉野川の流量が大きい。</li> <li>・紀の川及び吉野川における TN 濃度は 1990 年代後半以降低下傾向を示し、那賀川では 1990 年代後半に低下した後、おおむね横ばいで推移している。</li> <li>・一級河川における TP 濃度は、いずれの河川も長期的にはおおむね低下傾向を示しているが、那賀川では 2004 年頃から 2012 年頃にかけて上昇傾向がみられる。</li> </ul>
③流況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外海の高塩分水は、紀伊水道の東側を通過して北上し、紀淡海峡の下層を通過して通過し、大阪湾西部下層に至る。一方、内海水は、西岸に沿って南下し、途中、鳴門海峡から来た海水、吉野川・那賀川等からの河川水と混ざり合う。</li> <li>・外海水の流入は黒潮の離岸に大きく影響を受ける。黒潮が離岸した時は陸棚斜面水が大きく上昇し、低温で高栄養塩の海水が底層に流入する。一方、黒潮が接岸した時は紀伊水道には高温で貧栄養の海水が全層に流入する。</li> </ul>
④夏季の成層	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一級河川の河口部付近で成層が発達しやすく、流れの速い海峡部では成層が発達しにくい傾向を示している。</li> </ul>
⑤陸域負荷の流入	<ul style="list-style-type: none"> <li>・TN の発生負荷量は 1994 年度以降減少傾向を示しており、特に 1994 年度から 2004 年度にかけて大きく減少している。TP の発生負荷量は 1979 年度以降減少傾向を示している。</li> </ul>
⑥埋立・護岸の整備状況等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海岸線については、1993 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 66%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。</li> </ul>
⑦藻場・干潟	<ul style="list-style-type: none"> <li>・藻場は、主に淡路島南部、内海湾、橘湾、湯浅湾に多く分布している。</li> <li>・干潟は、主に和歌浦湾、湯浅湾、小松島湾、橘湾に分布している。</li> </ul>
⑧水質	<p><b>【環境基準の達成状況】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・COD は、A 類型及び C 類型では全ての水域で環境基準を達成しているが、B 類型の一部の水域で環境基準を達成していない。</li> <li>・TN 及び TP はいずれの水域も環境基準を達成している。</li> </ul> <p><b>【水質の状況】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・TN、TP とともに、外洋水が流入する南東部海域での濃度が低く、吉野川河口周辺の西部海域の沿岸で濃度が高い傾向を示している。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>沿岸域においては、TP の年度平均値が上昇傾向を示しており、吉野川河口で塩分が低い時に TP の上昇傾向がみられる。一方、DIN の年度平均値は 1993～2010 年度で低下傾向を示している。TN については有意な変化傾向はみられない。沖合域においては、TN、DIN 及び DIP の年度平均値が低下傾向を示している。特に大阪湾からの海水流入の影響を受けているとされる紀淡海峡近傍で低下がみられる。</li> <li>クロロフィル a 濃度は夏季の濃度が高い傾向にあり、特に沿岸域における夏季のクロロフィル a 濃度が高い傾向を示している。</li> </ul>
⑨赤潮	<ul style="list-style-type: none"> <li>年間の赤潮発生延件数は、1970 年代後半以降減少し、近年はおおむね年間 10 件以下で推移している。</li> <li>近年における赤潮の発生は、地形が入り組んでいて海水の停滞性が強く、陸域からの負荷流入の影響を受けやすい沿岸部に限られている。</li> <li>近年(2010～2016 年)における赤潮による漁業被害は、2013 年の春季に西部海域の沿岸で <i>Eucampia</i>(ユーカンピア)属による養殖ノリ・ワカメの色落ちが発生している。</li> </ul>
⑩夏季の底層 DO	<ul style="list-style-type: none"> <li>底層 DO の年度最低値はおおむね 5mg/L 以上で推移している。</li> </ul>
⑪底質	<ul style="list-style-type: none"> <li>泥分率・TOC 等の底質項目は、鳴門海峡周辺や外洋に接する南東部海域で低く、南西部海域や北東部海域で高い分布傾向を示している。</li> <li>TOC は広い範囲で低下傾向を示している。</li> </ul>
⑫底生生物	<ul style="list-style-type: none"> <li>底生生物は種類数・個体数ともに沿岸部で多く、中央部海域で少ない傾向を示している。</li> <li>種類数や個体数に明瞭な変化傾向はみられないが、種構成の変化がみられる。</li> </ul>
⑬栄養塩の溶出	<ul style="list-style-type: none"> <li>特に吉野川周辺海域において 1990 年代以降減少傾向がみられる。</li> </ul>
⑭水産資源の状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>水産庁の湾・灘区分による紀伊水道の漁獲量は、1960 年代から 1980 年代後半にかけて増加し、1985 年に最大値に達した後、減少している。</li> <li>紀伊水道は外海と接続した水域であり、シラス・カタクチイワシ、タチウオ、マイワシといった交流型の魚種が漁獲の多くを占めている。</li> <li>和歌山県の養殖収穫量は、2006 年以降減少している。ワカメ類は 1986 年に最大値を示した後、2000 年前半にかけて減少し、ノリ類は 1980 年に最大値を示した後、1996 年にかけて減少している。一方、ブリ類は 1970 年代後半から 1980 年代後半にかけて減少した後、1990 年代前半まで横ばいで推移し、その後増加している。ブリ類は近年秘匿だが、合計収穫量から鑑みるとブリ類は低位で推移していると考えられる。</li> <li>徳島県(播磨灘を含む)の養殖収穫量は、1970 年代後半以降増加し、1991 年に最大値を示した後、減少している。ワカメ類は 1991 年に最大値を示した後、2000 年代前半頃にかけて減少し、ノリ類は 2001 年に最大値を示した後、減少している。徳島県では養殖ノリ、ワカメの色落ちが報告されている。ブリ類は 1970 年代後半から 1980 年代前半にかけて減少した後、増加している。</li> </ul>



## (2) 水環境等の状況と課題のまとめ

### 1) 状況と課題

- COD の環境基準達成状況をみると、A 類型及び C 類型の全ての水域で達成しているが、B 類型の一部の水域で近年達成していない年度もみられる。TN 及び TP では、いずれの水域も環境基準を達成している。
- 流域における全窒素・全りん の発生負荷量は経年的に減少している。海域における全窒素濃度は沖合域で低下傾向、沿岸域で横ばいを示している。全りん濃度は沿岸域で上昇傾向を示しており、吉野川河口で塩分が低い時に全りんの上昇傾向がみられる。また、DIN 濃度は低下傾向を示しており、特に大阪湾からの海水流入の影響を受けているとされる紀淡海峡近傍で低下がみられる。
- 底層 DO の年度最低値はおおむね 5mg/L 以上で推移している。
- 赤潮の発生件数は 1970 年代後半以降減少し、2010 年代はおおむね年間 10 件以下で推移している。近年の発生場所は、地形が入り組んでいて海水の停滞性が強く、陸域からの負荷流入の影響を受けやすい沿岸部に限られている。
- 底質の泥分率や有機物量は、鳴門海峡周辺や外洋に接する南東部海域で低く、南西部海域や北東部海域で高い分布傾向を示し、有機物量は広範囲で減少傾向を示している。底生生物の種類数・個体数は明瞭な変化傾向はみられないが、種構成の変化がみられる。
- 2013 年の春季には西部沿岸で *Eucampia* (ユーカンピア) 属の大型珪藻赤潮の発生等に伴う養殖ワカメやノリの色落ち被害が発生している。
- 水産庁の湾・灘区分による紀伊水道の漁獲量は 1985 年に最大値に達した後、減少しており、シラス・カタクチイワシ、タチウオ、マイワシといった交流型の魚種が漁獲の多くを占めており、漁獲量の変動はこれらの影響が大きい。

### 2) 総括

- 紀伊水道は外洋の影響を受けやすく、流況としては、外洋水が紀伊水道の東側を北上、内海水が西側を南下し、吉野川等の河川水と混ざりあう。
- 沖合域の全窒素濃度は低下傾向を示し、赤潮発生件数の減少や底質の有機物量の減少がみられ、底層 DO の年度最低値も高い値で推移している。
- 一方で、陸域からの負荷流入の影響を受けやすい沿岸部において、地形が入り組んでいて海水の停滞性が強い場所で、近年も局所的に赤潮が発生している。
- 冬季に大型の珪藻赤潮が発生していること等により養殖ワカメやノリの色落ち被害が発生している。
- 漁獲量はシラス・カタクチイワシ、タチウオ、マイワシといった交流型の魚種が多くを占めており、漁獲量の変動はこれらの影響が大きい。