

11. 周防灘

11-1 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

周防灘は瀬戸内海西部に位置し、海域面積 3,805km²、平均水深 24.1m、容積 917 億 m³の海域であり、東部で伊予灘に接し、西部は関門海峡を通じて響灘に接している。関係府県は、沿岸部の山口県、福岡県、大分県である。

海域の地形は、東部で水深が深く、西部に向かって浅くなり、西側の沿岸は水深 10m 以浅の水域が広くみられる。

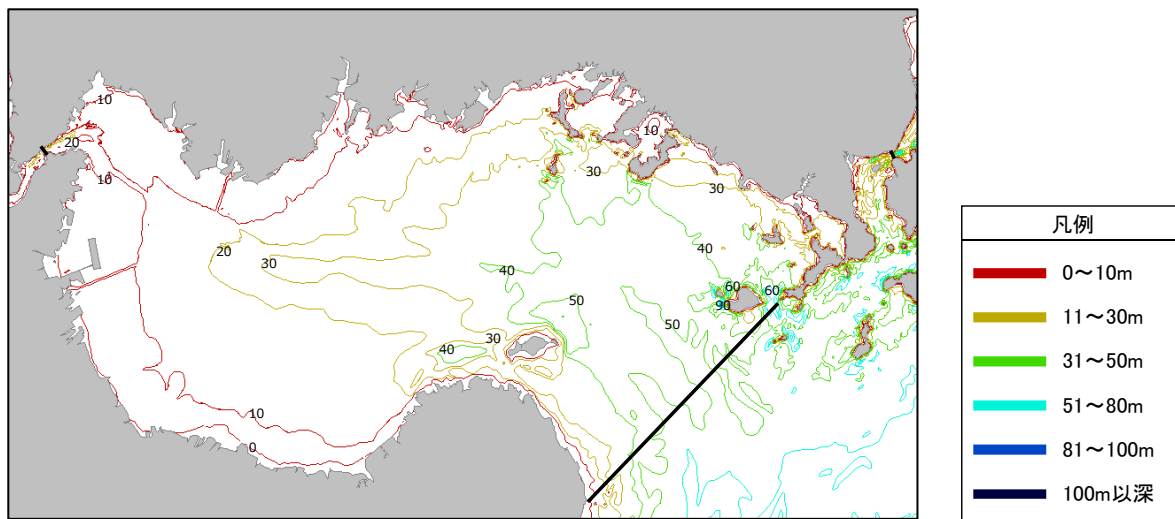


図 11-1 周防灘の水深分布

表 11-1 周防灘の海域緒元

海域区分	関係府県	海域面積 (km ²)	平均水深 (m)	容積 (億 m ³)
周防灘	山口県、福岡県、大分県	3,805	24.1	917

出典) 環境省調べ

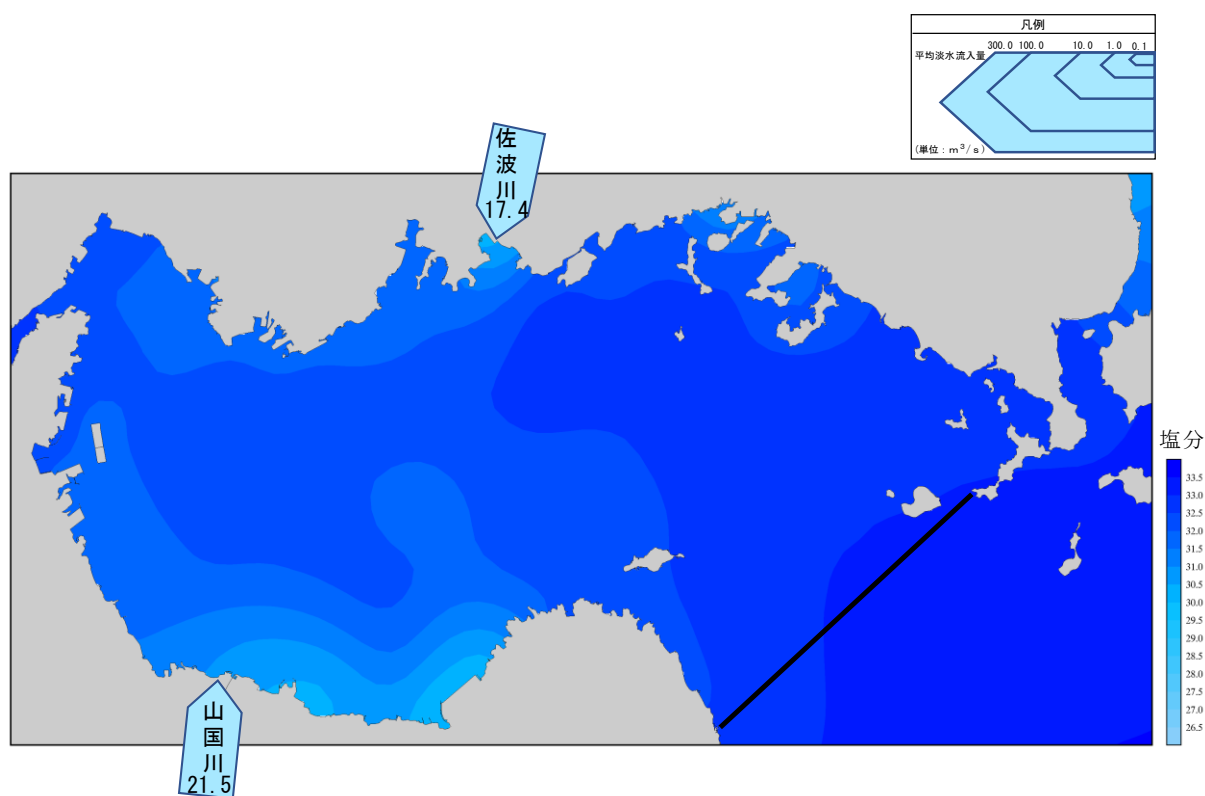
(2) 流入河川・流域－整理項目②

周防灘に流入する一級河川は、北部に佐波川、南部に山国川がある(図 11-2)。流域面積は佐波川が約 500km²、山国川が 500km²である。周防灘に流入する二級水系は 81 水系であり、流域面積は約 3,500km²である。周防灘に流入する河川流域の陸域総面積は約 5,200km²、人口は約 150 万人である。

周防灘では南部の方が北部よりも塩分が低い傾向にある(図 11-2)。

降水量の年平均値(1976～2016 年の平均)は(図 11-3)、防府で 1.7 千 mm/年 程度、行橋では 1.8 千 mm/年 程度であり、近年(2010～2016 年)の平均値は、防府、行橋ともに 1976～2016 年の平均値と比べて多い。また、1980 年などの降水量の多い年には、山国川の流量が大きい傾向を示している。

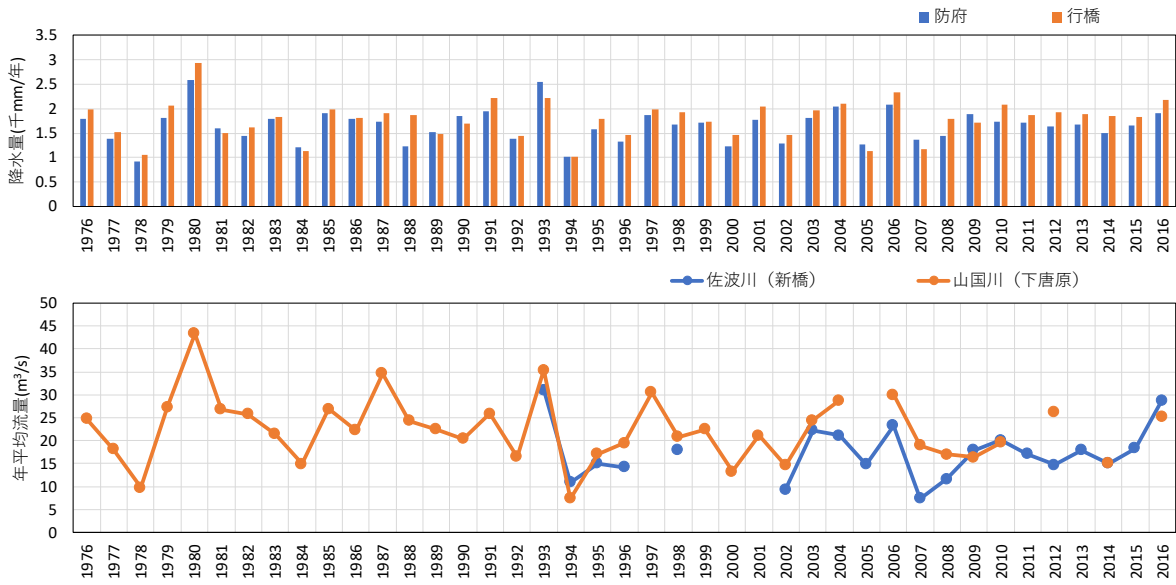
佐波川、山国川の TN、TP 濃度(図 11-4)は、1980～1982 年頃は山国川の方が佐波川よりも高いが、その後はおおむね同程度で推移している。山国川の TN 濃度は、1980～1982、1992 年に高い値を示しているが、1990 年代後半以降はおおむね横ばいで推移している。また、TP 濃度は 1979 年に高く、その後 1983 年まで低下した後、横ばいで推移している。佐波川の TN 濃度は 1978～2002 年頃まで緩やかな上昇傾向を示している、その後は緩やかに低下している。また、TP 濃度は、おおむね横ばいで推移している。



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。

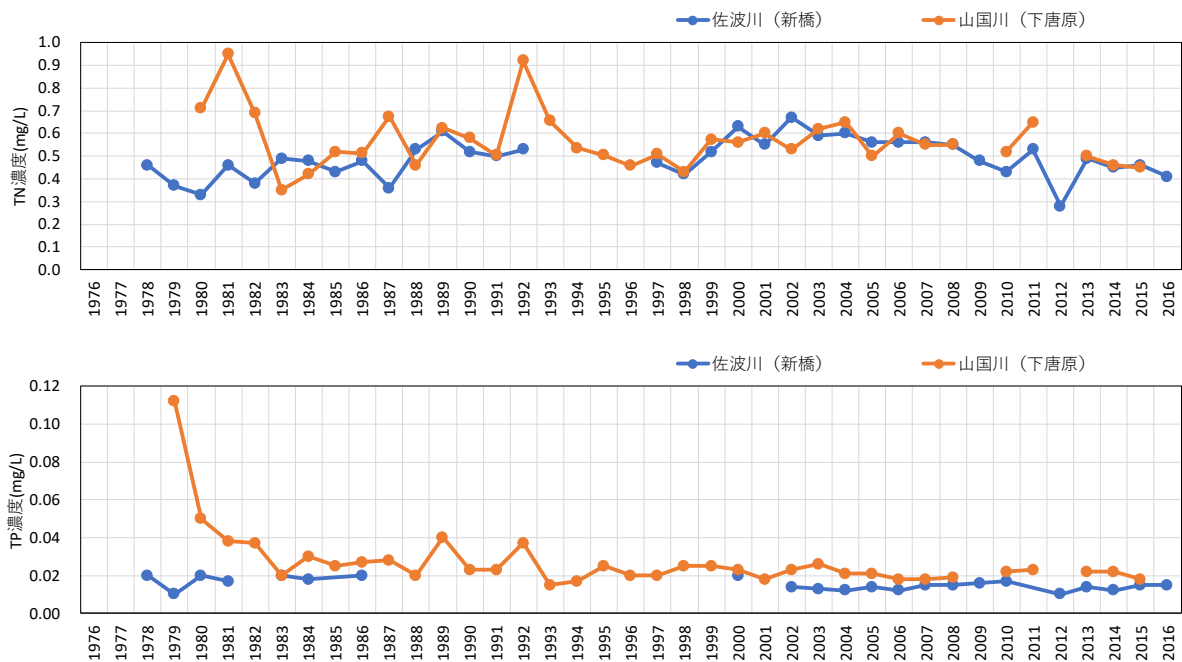
出典) 広域総合水質調査結果(環境省)及び浅海定線調査結果(山口県・福岡県・大分県)、「水文水質データベース」(国土交通省)より作成

図 11-2 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佐波川(新橋)では 8.0km、山国川(下唐原)では 5.8km 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 11-3 一級河川の年平均流量及び代表地点(防府、山口)における降水量の推移



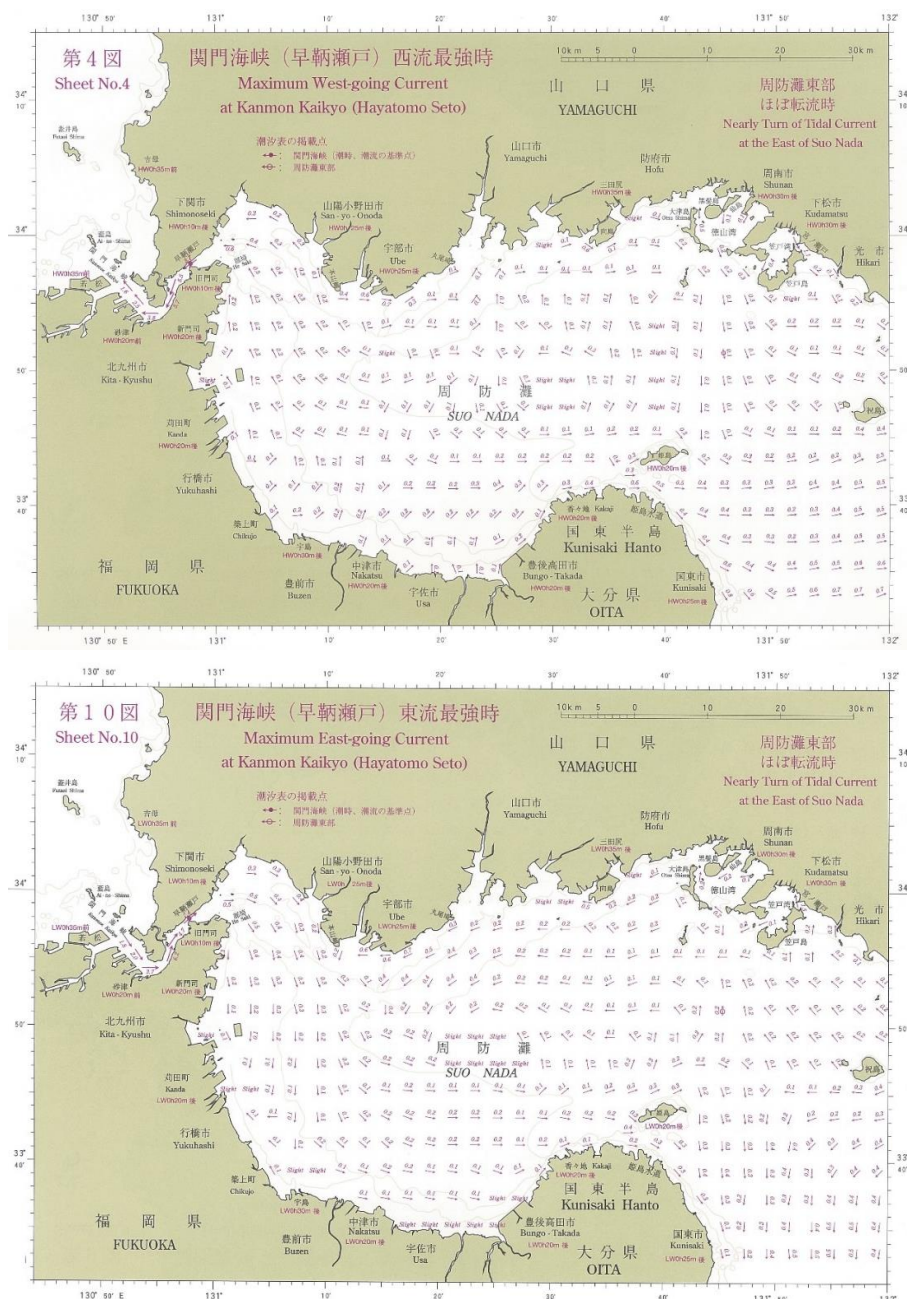
注) TN、TP は平水時のデータであるため、年平均流量と乗算しても年負荷量にはならない。
 水質観測所は流量観測所と同じ観測所である。
 河川によって河口から観測所位置までの距離が異なる。それぞれの河口からの距離は佐波川(新橋)では 8.0km、山国川(下唐原)では 5.8km である。
 出典)「水文水質データベース」(国土交通省)より作成

図 11-4 一級河川の TN、TP の年平均値の推移

(3) 流況—整理項目③

周防灘の潮流の大半は、豊後水道を上げ下げする潮流に依存している。一般に上げ潮流は西方に、下げ潮流は東方に流れる。最大流速は、関門海峡と姫島水道付近及び笠戸湾宮ノ瀬戸を除くと、大潮平均で1ノット(約0.5m/s)を超える海域は少ない。³

周防灘の残差流はおおよそ5cm/s程度で⁴、周防灘中央部に反時計回りの、南西部に時計回りの環流が存在する。

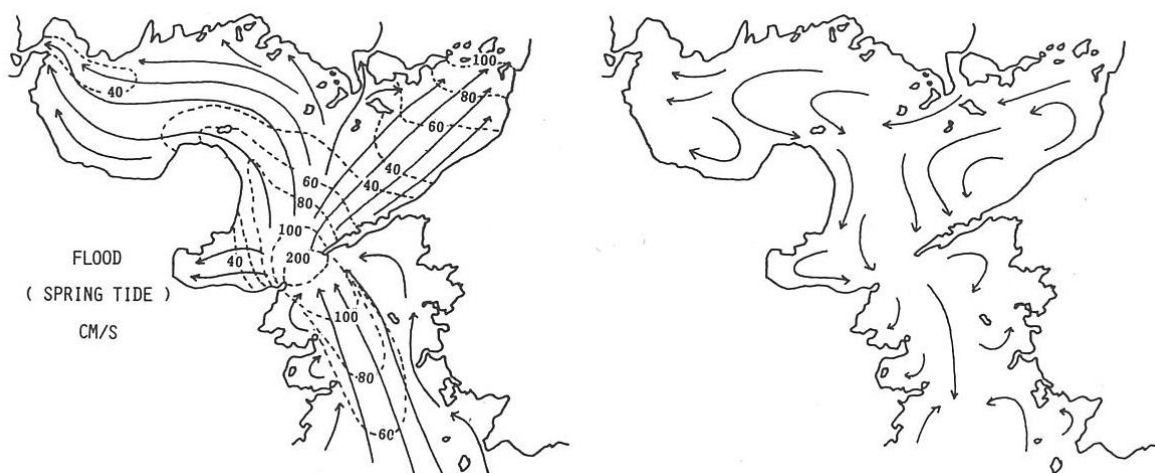


出典)海上保安庁(2006):周防灘及び付近潮流図。

図 11-5 周防灘の潮流(上図:関門海峡西流最強時、下図:関門海峡東流最強時)

³ 海上保安庁(2006):周防灘及び付近潮流図。

⁴ 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。

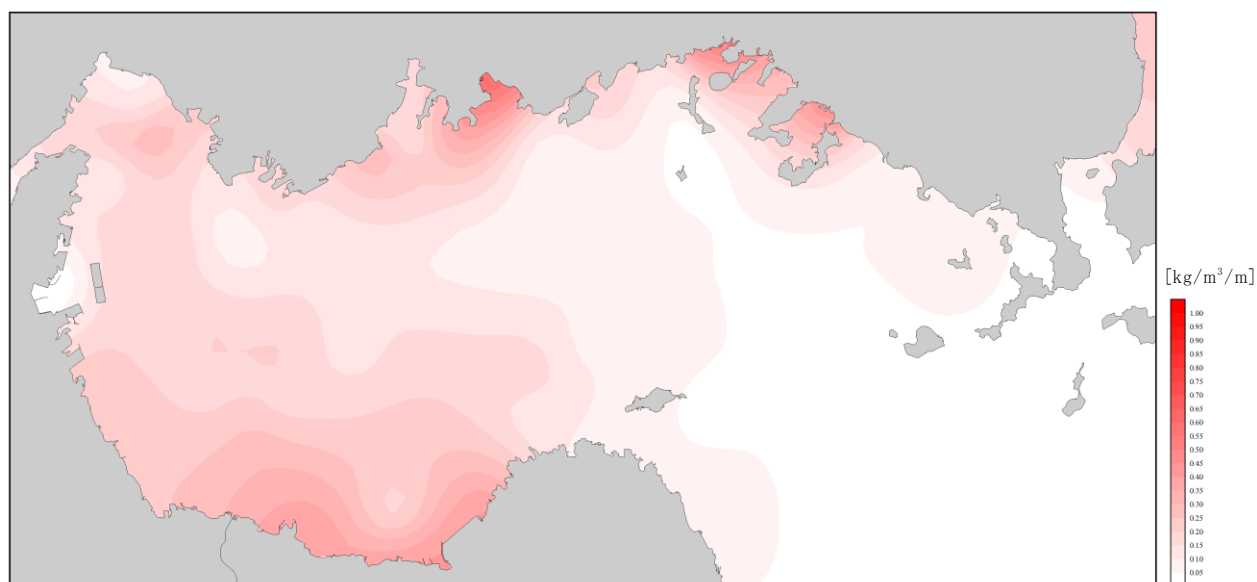


出典)柳哲雄(1985):瀬戸内海Ⅲ(A.伊予灘・周防灘・豊後水道、B.別府湾)Ⅱ物理. 日本全国沿岸海洋誌. 日本海洋学会沿岸海洋研究部会編, 東海大学出版会.709-714

図 11-6 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)

(4) 成層—整理項目④

周防灘の夏季(7月)における鉛直方向の密度勾配の分布を図 11-7 に示す。夏季の鉛直方向の密度勾配は、河川水が多く流入する一級河川の河口部付近の他、流速の遅い南西部海域で大き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。

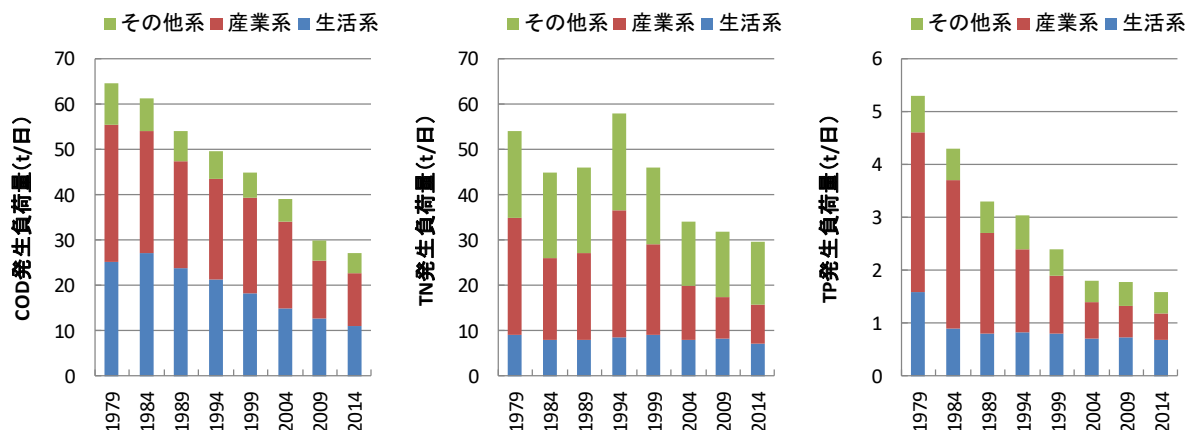
密度勾配 = 上層と下層の密度差 / 上層と下層の水深差

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(山口県・福岡県・大分県)より作成

図 11-7 周防灘の夏季(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、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 11-8 周防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

周防灘における大規模な埋立事業の実施状況を表 11-2 に、山口県、福岡県及び大分県における埋立免許面積の推移を図 11-9 に示す。

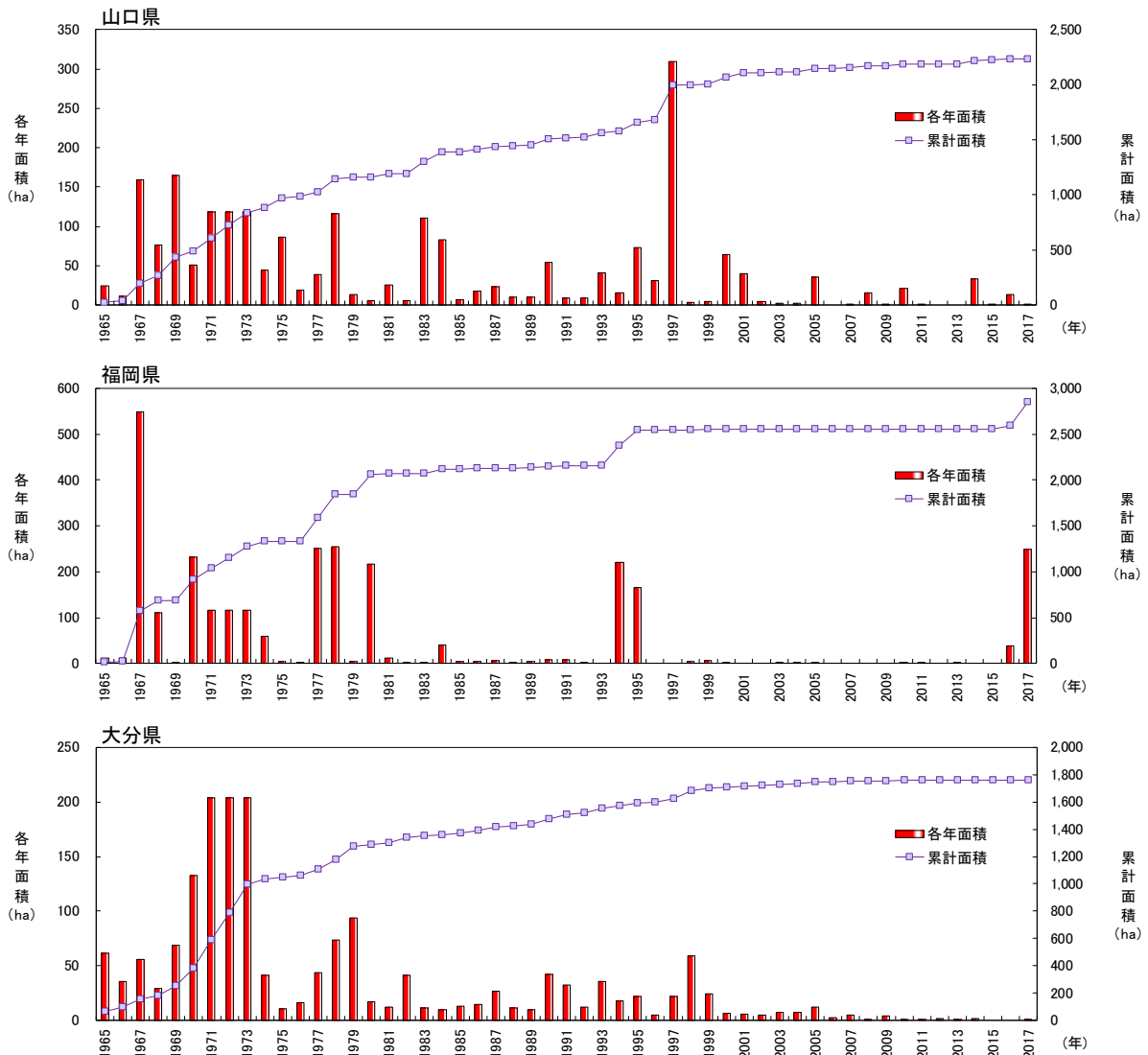
周防灘では、1977、1980、1994～1996、2017 年に大規模な埋立事業の免許がなされている。

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。福岡県の埋立免許面積は、1967 年が 500ha 以上、1970、1977、1978、1980、1994 年が 200ha 以上となっている。1996～2015 年はほとんど埋立免許がなされていないが、2017 年の埋立免許面積は 200ha 以上となっている。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。

表 11-2 周防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
周防灘	1,190	1977年	荻田港2号地地区	53	
		1977年	荻田港沖	153	
		1977年	三田尻港築地東地区	70	
		1980年	北九州港新門司北地区	205	
		1994年	北九州港新門司沖地区	220	
		1995年	荻田港新松山地区	160	
		1996年	宇部港東見初地区港湾整備事業	79	
		2017年	新門司沖土砂処分場(Ⅱ期)	250	

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



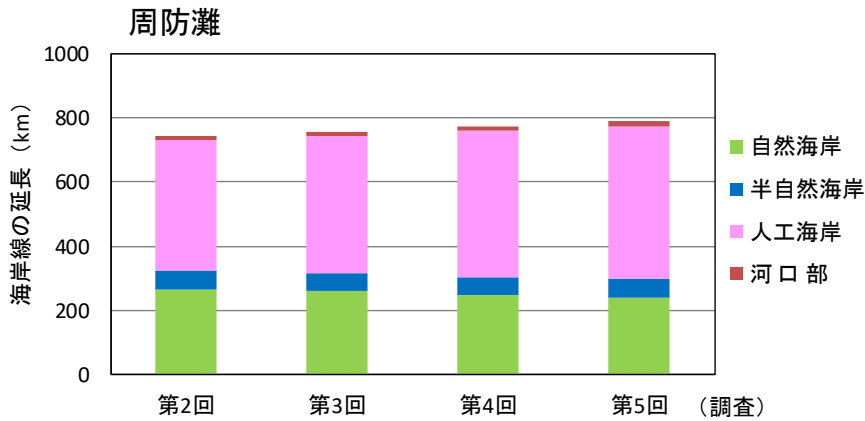
- 注)1. 1965年～1970年は1月1日～12月31日の累計
 2. 1971～1973年は1月1日～11月1日の累計であり、図中の値は、3年間平均の数値を示した。
 3. 1974年以降は前年の11月2日～当年の11月1日の累計
 4. 周防灘以外の瀬戸内海の湾・灘を含む。

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 11-9 山口県、福岡県及び大分県における埋立免許面積の推移

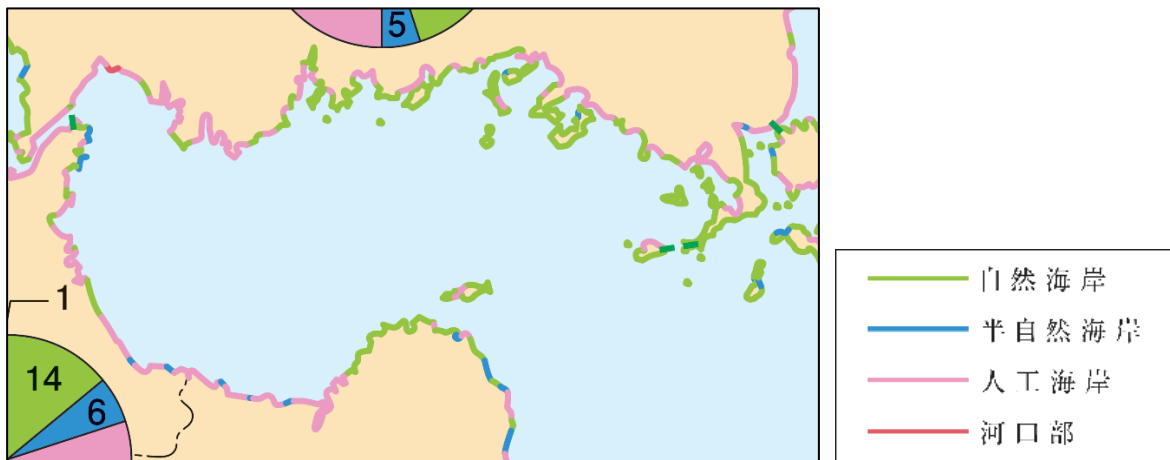
2) 護岸整備状況

海岸線については(図 11-10)、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40%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 11-10 周防灘における海岸線延長の推移



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

図 11-11 周防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 11-12 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、藻場は主に北東部海域の沿岸に多く分布しており、干潟は主に西部海域の沿岸に分布している。

2015～2017 年度調査によると、藻場は主に大海湾、山口湾、中津に多く分布しており、県別

の面積は、山口県で1,386ha、福岡県で22ha、大分県で517haである。干潟は主に西部海域の沿岸に分布し、県別の面積は、山口県で1,832ha、福岡県で1,827ha、大分県で2,883ha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 11-12 周防灘の藻場・干潟分布の変化

11-2 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)

周防灘のCODは(図11-15)、近年(2010年度以降)ではB類型水域の平生・上関海域(2)、笠戸湾・光海域(2)、笠戸湾・光海域(3)、笠戸湾・光海域(4)、三田尻湾・防府海域(3)、中関・大海海域(2)、中関・大海海域(3)及びC類型の全ての水域で環境基準を達成しているが、A類型では全ての水域で環境基準を達成していない。なお、B類型では2013年度以降は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、A類型水域については、平生・上関海域(1)では1993、2006～2008、2014～2015年度、笠戸湾・光海域(1)では1990～1993、1999、2002～2015年度、徳山湾海域(1)では1989～1992、1994、1996、1999～2015年度、三田尻湾・防府海域(1)では1989～1991、1993、1995～1998、2002～2015年度、中関・大海海域(1)では1992、1994、2002年度を除く全ての年度、山口・秋穂海域では1990～1995、1997～1999、2003～2015年度、宇部・小野田地先海域(乙)では1989、1998～1999年度を除く全ての年度、響灘及び周防灘と豊前地先海域では全ての年度、国東半島地先(水域)では1989～1991、1993～1995、1998～2001、2003、2005～2007、2012～2013年度で未達成である。B類型水域については、平生・上関海域(2)では1990、1993、2003～2004、2006、2008～2009年度、徳山湾海域(3)では1999、2003、2005～2010年度、三田尻湾・防府海域(3)では1990、1997年度、宇部・小野田地先海域(甲)では1997、2003、2012年度で未達成である。

TN、TPは、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(図11-16、図11-17)。

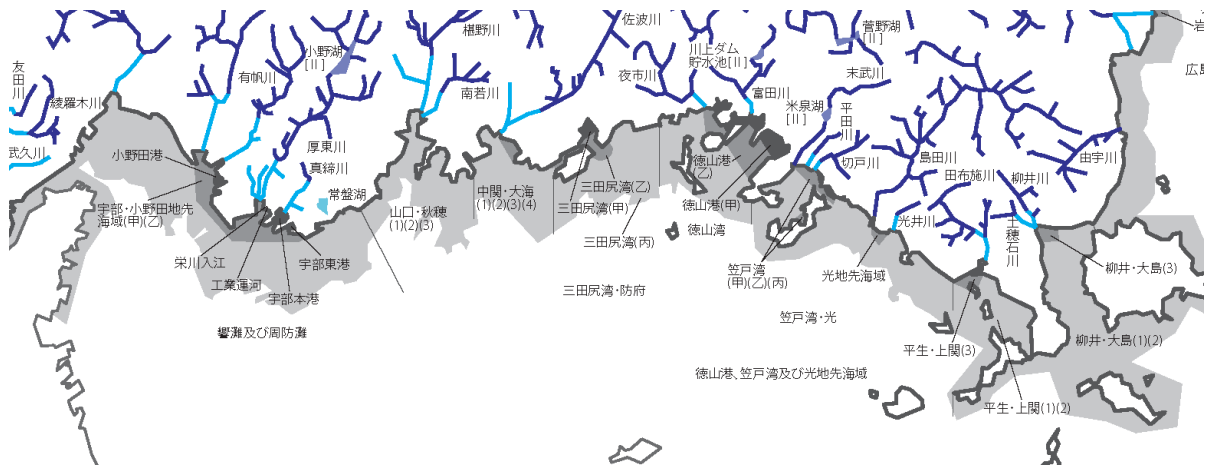


図11-13(1) 周防灘におけるCODの類型指定(山口県の全体図)

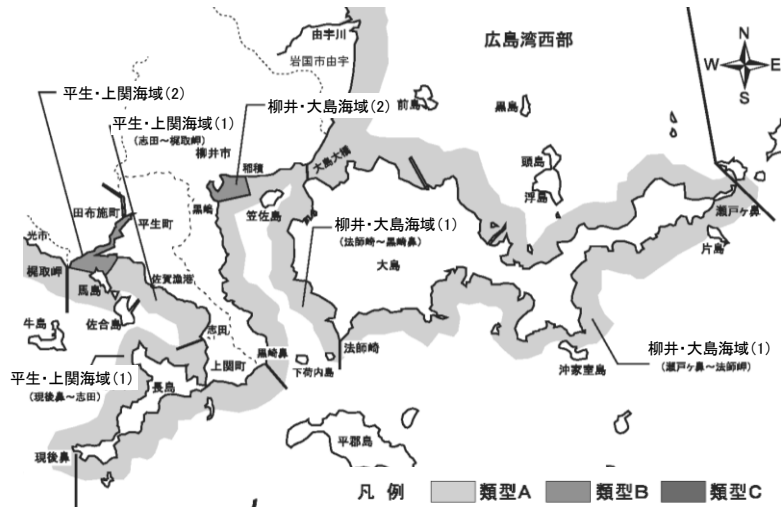


図 11-13(2) 周防灘における COD の類型指定(山口県)

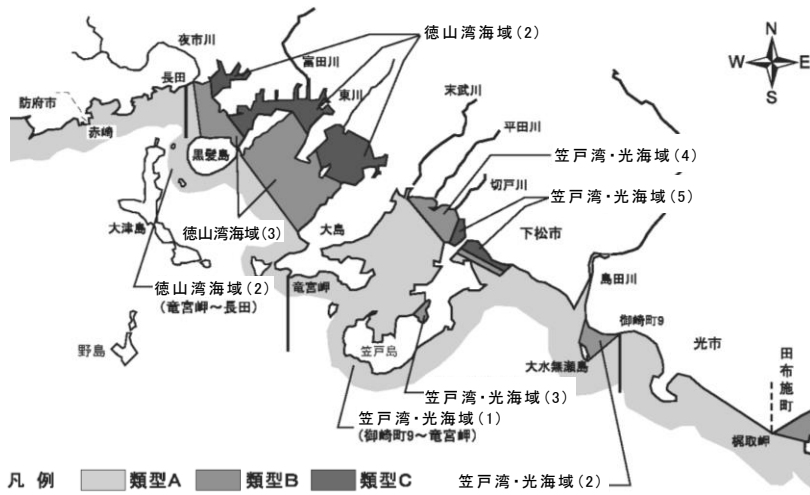


図 11-13(3) 周防灘における COD の類型指定(山口県)

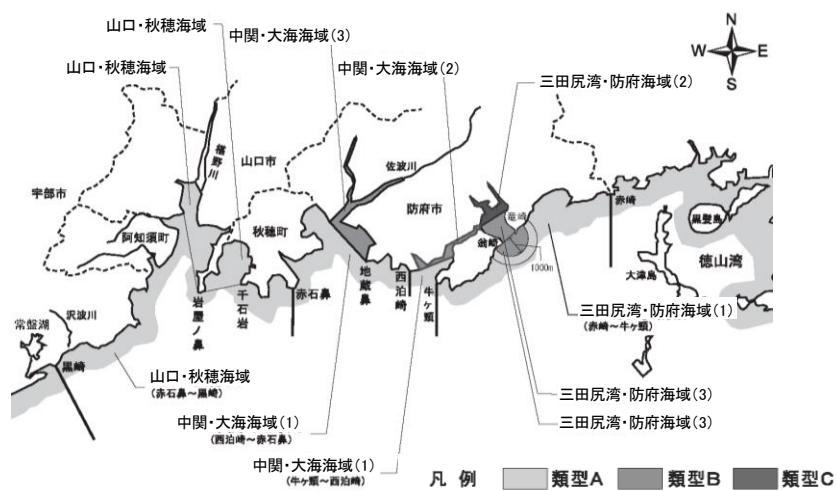


図 11-13(4) 周防灘における COD の類型指定(山口県)

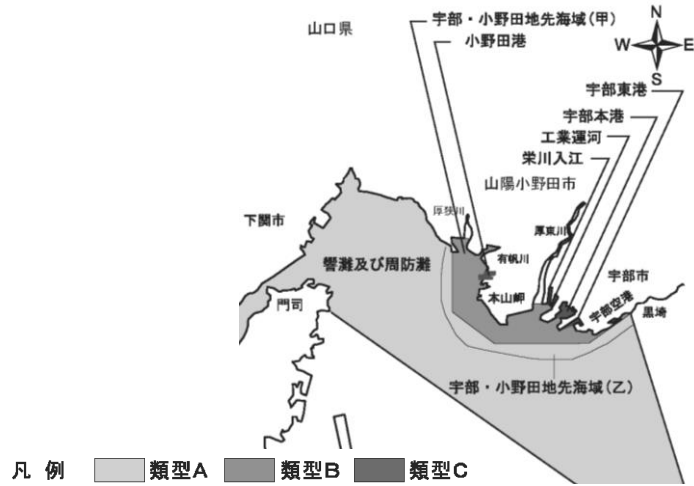


図 11-13(5) 周防灘における COD の類型指定(山口県)

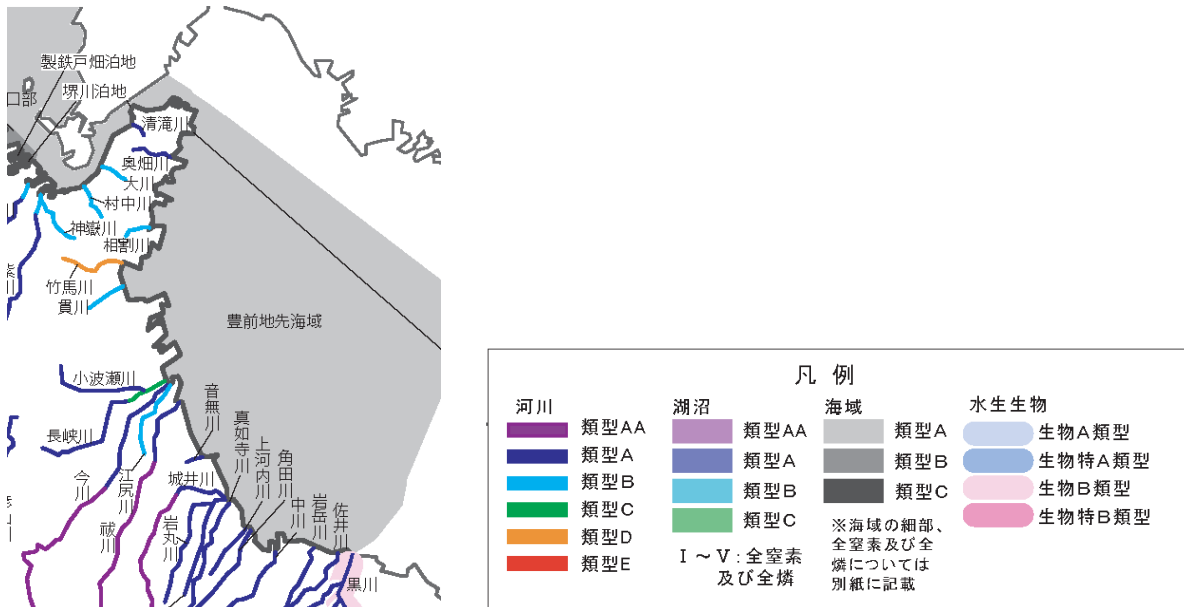


図 11-13(6) 周防灘における COD の類型指定(福岡県)

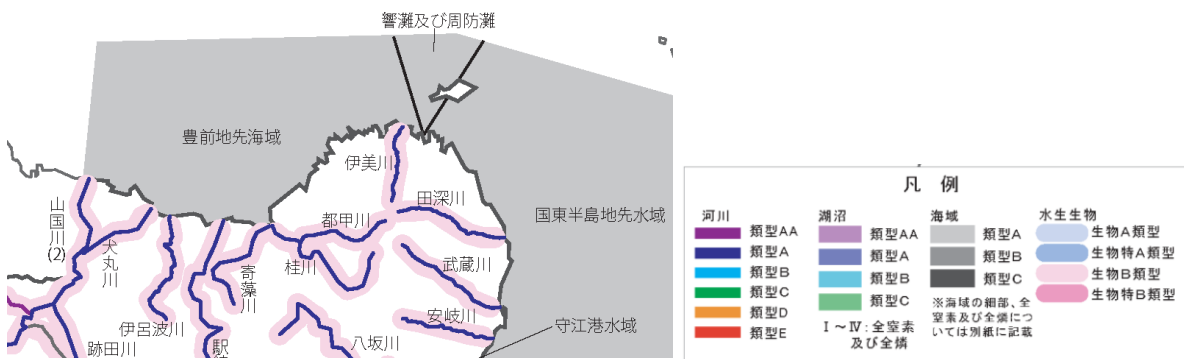


図 11-13(7) 周防灘における COD の類型指定(大分県)

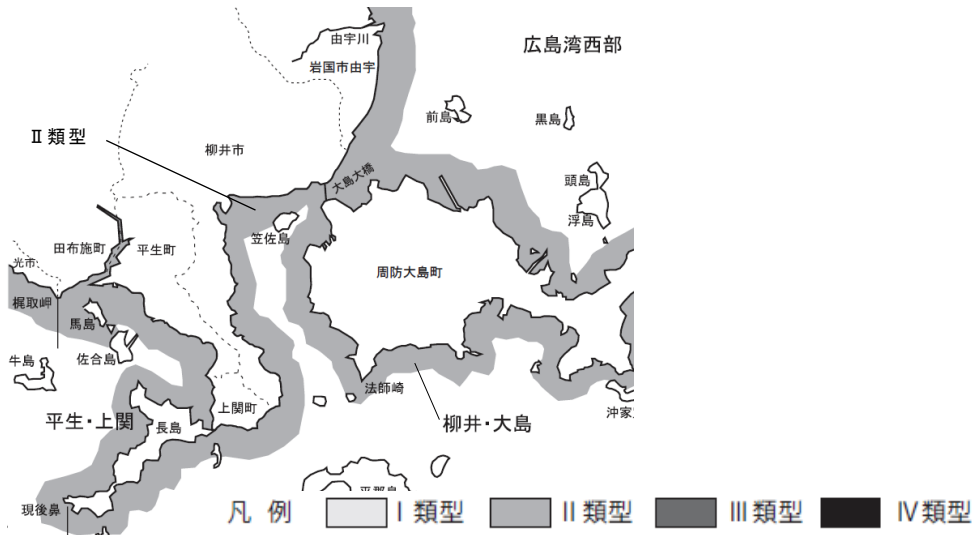


図 11-14(1) 周防灘における TN、TP の類型指定(山口県)

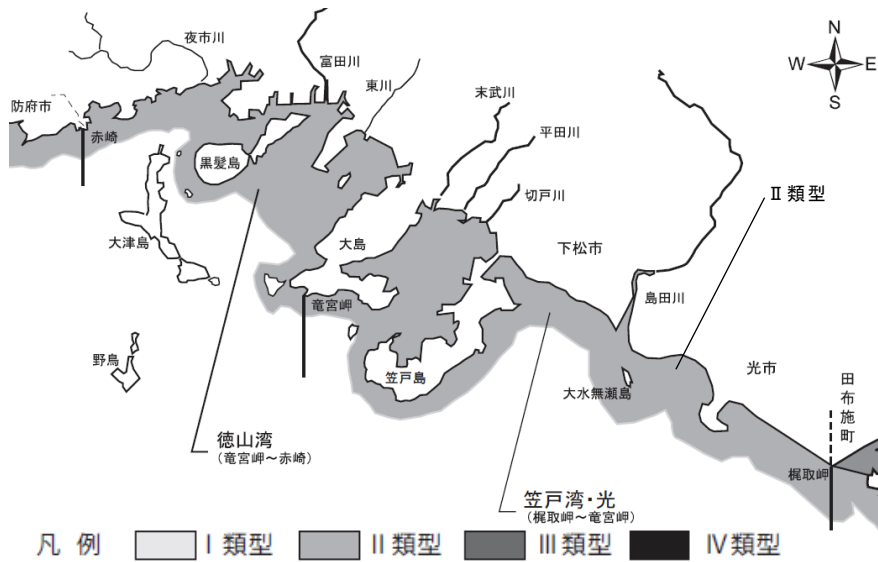


図 11-14(2) 周防灘における TN、TP の類型指定(山口県)

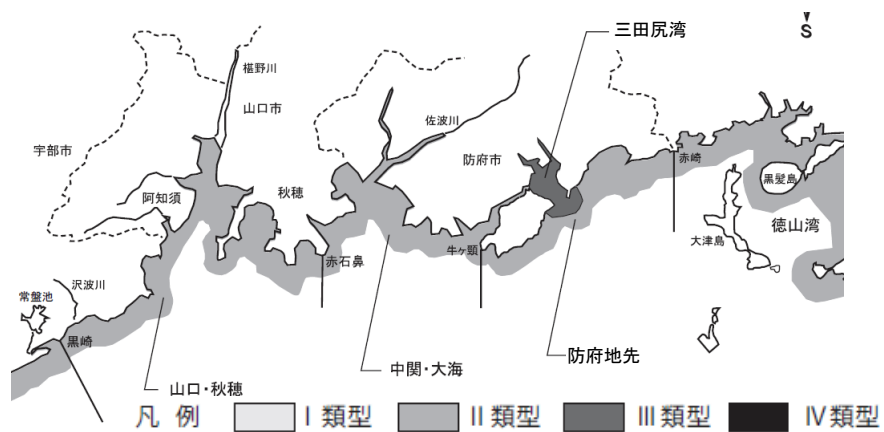


図 11-14(3) 周防灘における TN、TP の類型指定(山口県)

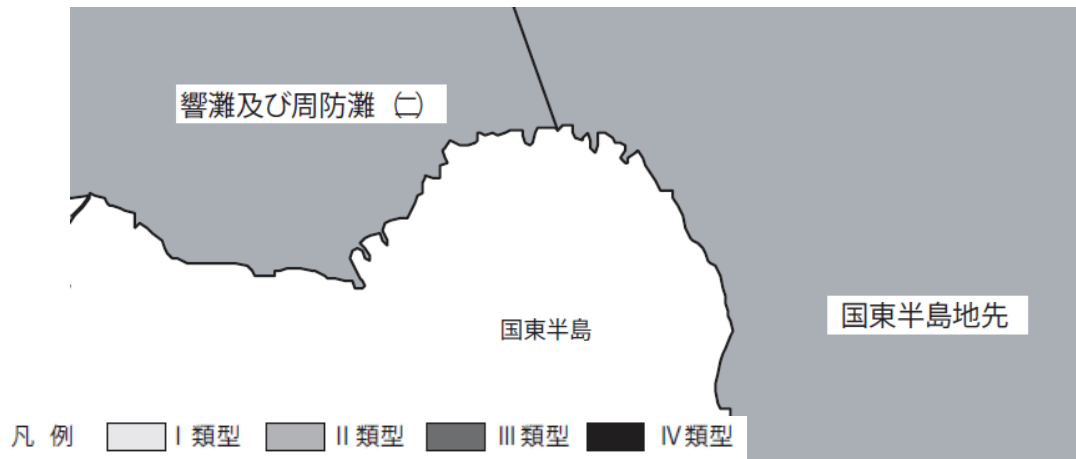


図 11-14(4) 周防灘における TN、TP の類型指定(大分県)

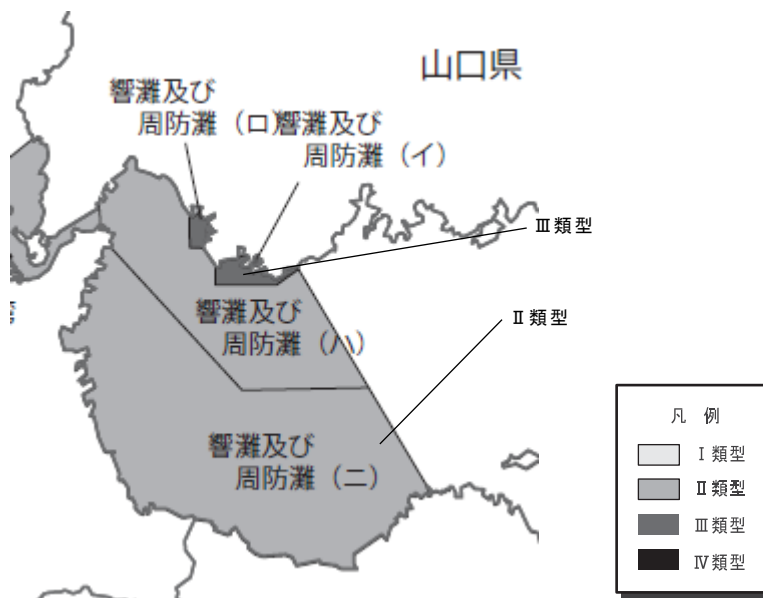
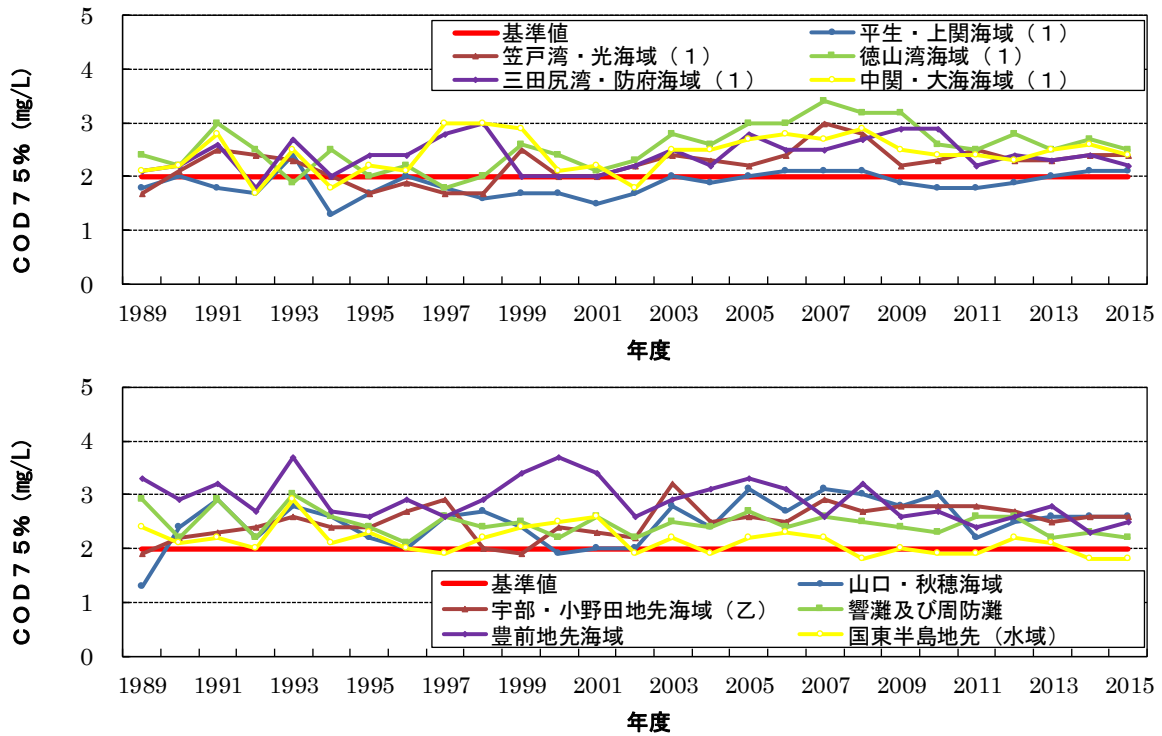
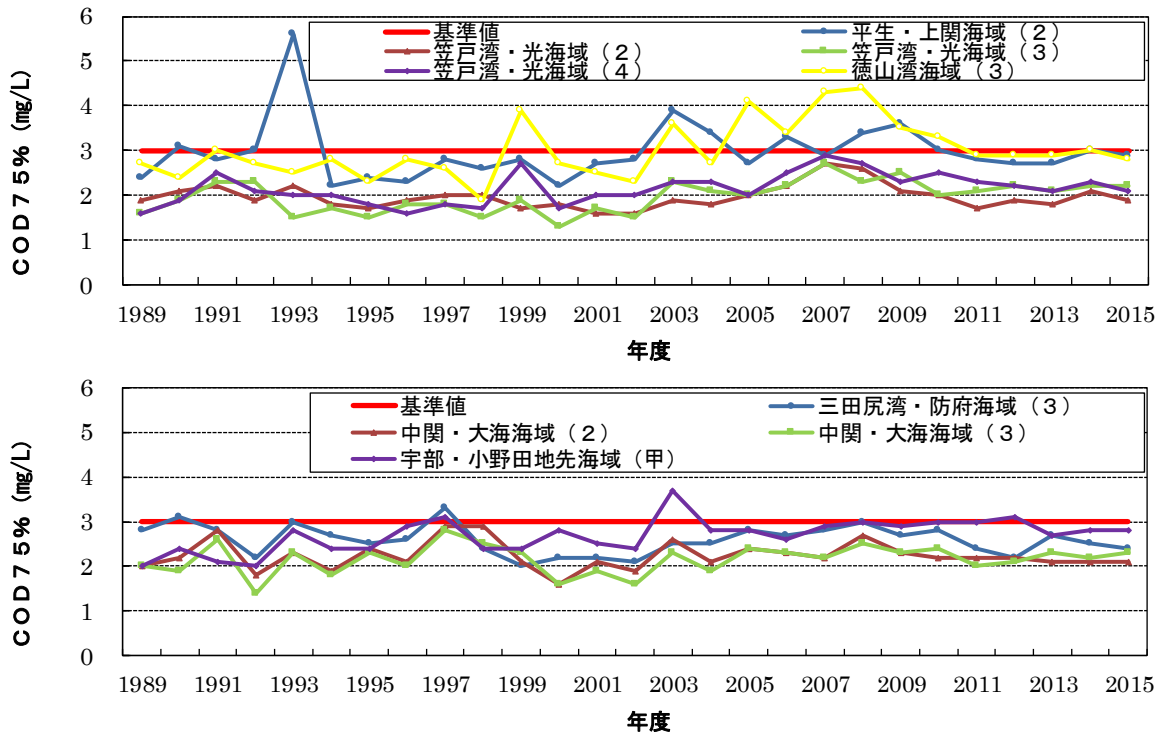


図 11-14(5) 周防灘における TN、TP の類型指定(山口県、福岡県、大分県)

[A 類型水域]



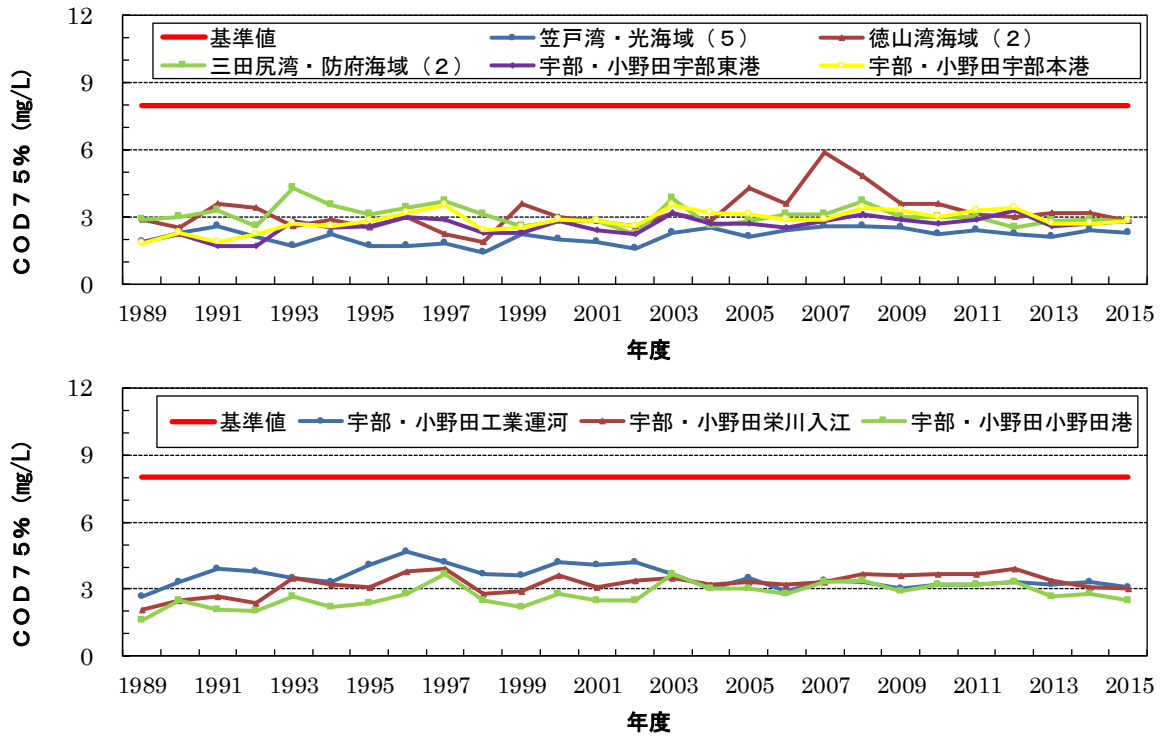
[B 類型水域]



注) 水域内の全測定地点における COD75% 値の最大値の推移

図 11-15(1) 周防灘における 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 11-15(2) 周防灘におけるCOD75%値の最大値の推移

[II 類型水域]

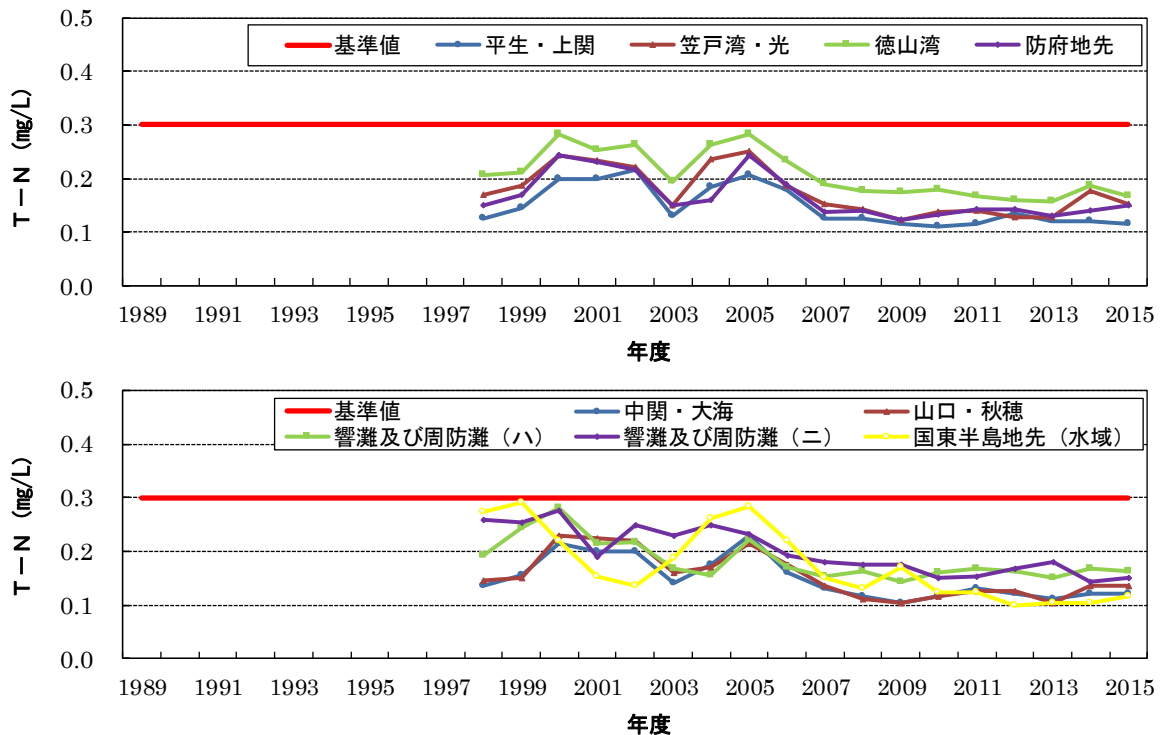


図 11-16(1) 周防灘におけるTNの年度平均値の推移

[Ⅲ類型水域]

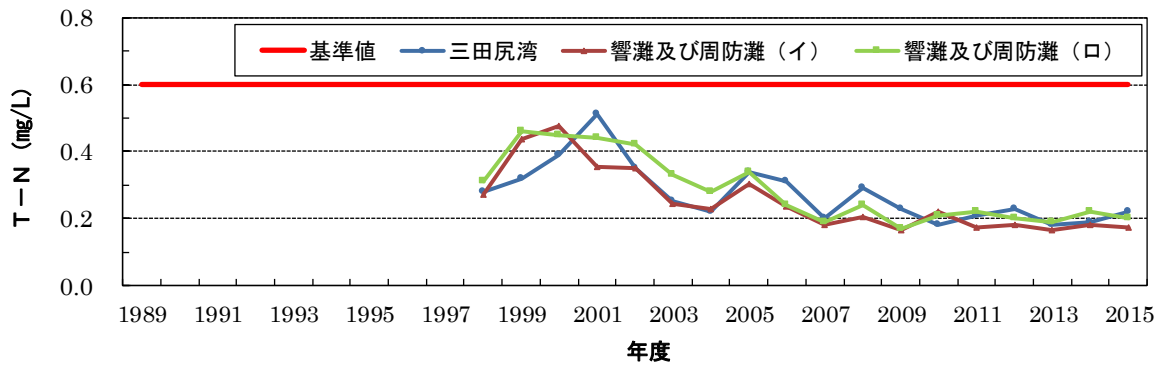
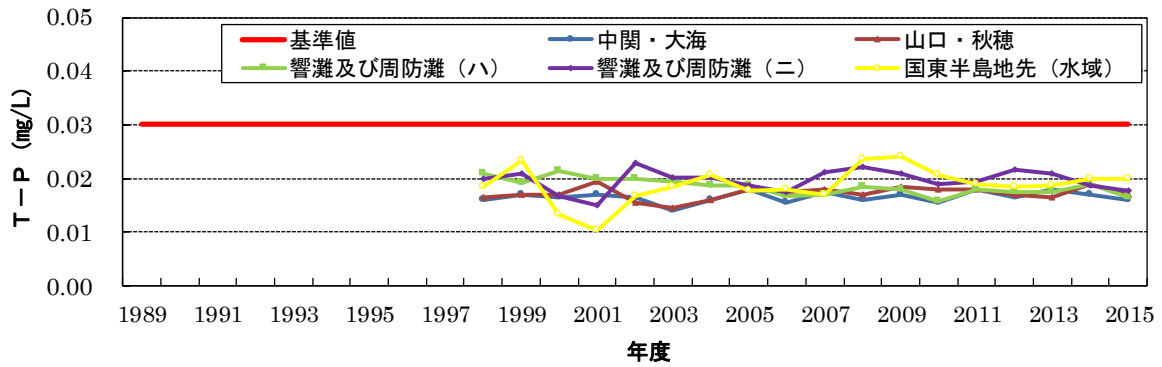
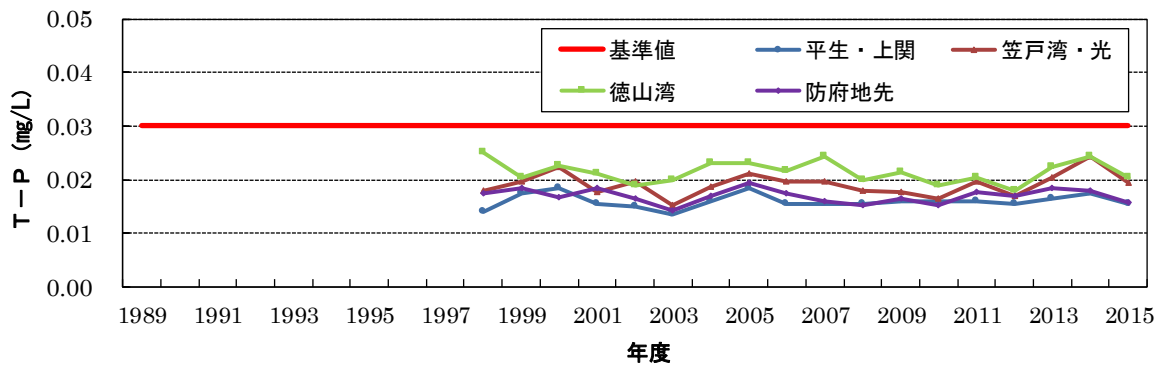


図 11-16(2) 周防灘における TN の年度平均値の推移

[Ⅱ類型水域]



[Ⅲ類型水域]

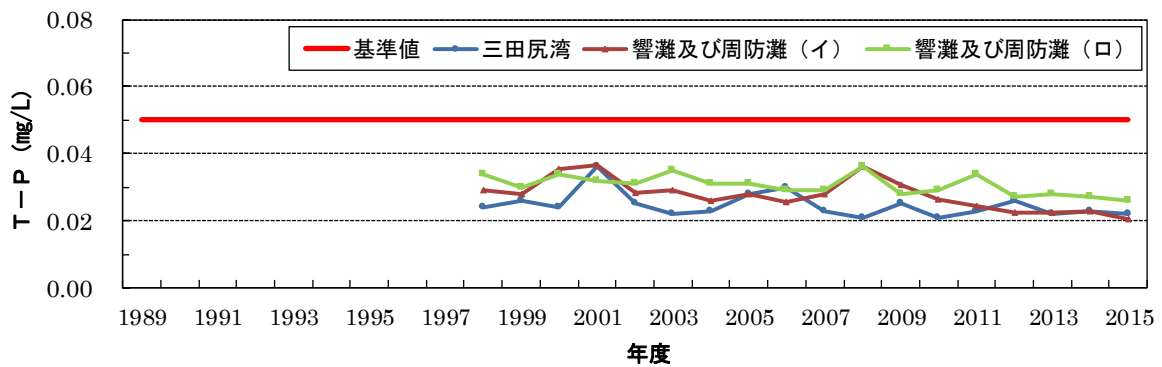


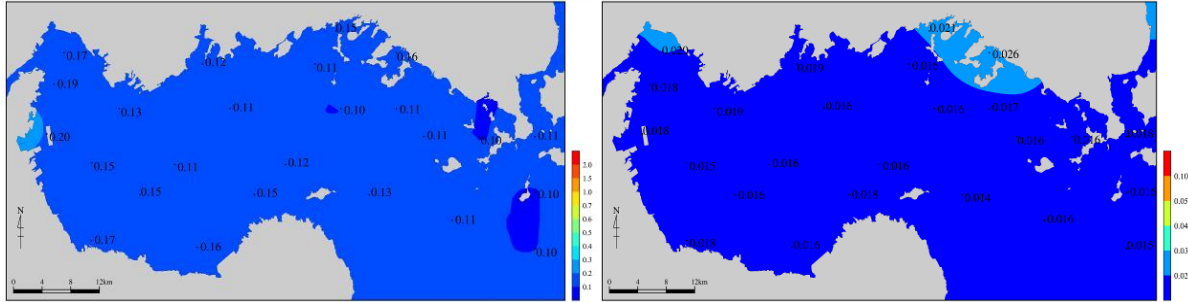
図 11-17 周防灘における TP の年度平均値の推移

2) 周防灘の栄養塩類の現状

周防灘の TN、TP 濃度の分布は図 11-18 に示すとおりであり、TN、TP ともに北東部や北西部海域の沿岸で他海域に比べて濃度がやや高い傾向がみられるが、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 11-18 周防灘における上層の 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 11-20 に示す。

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

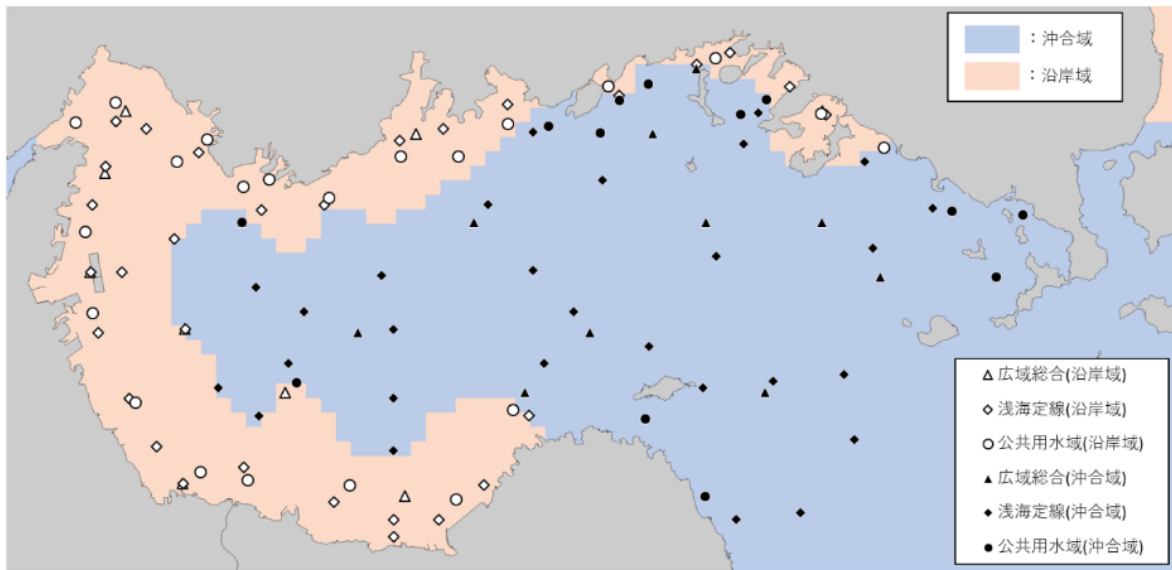
沖合域では、TN 及び DIN の年度平均値は低下傾向を示しているが、TP 及び DIP は有意な変化傾向はみられない。

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 11-21 に示す。

DIN は 1980 年代後半から 1990 年代までは夏季に比べて冬季の濃度が高い傾向を示しており、1980 年代前半以前及び 2000 年代以降はおおむね同程度で推移している。また、冬季は低下傾向を示している。

DIP は 1980 年代以降で夏季に比べて冬季の沖合域で濃度が高い傾向を示している。また、冬季の沖合域を除き、主に 1980 年代以降に上昇傾向を示している。

クロロフィル a は夏季、冬季ともに沿岸域で濃度が高い傾向を示しており、沖合域では夏季、冬季ともにおおむね同程度で推移している。また、冬季の沿岸域、沖合域ともに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、周防灘は沿岸域の面積が 34%、沖合域の面積が 66%で構成され、周防灘西部の沿岸や北東部の向島、大津島及び笠戸島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。

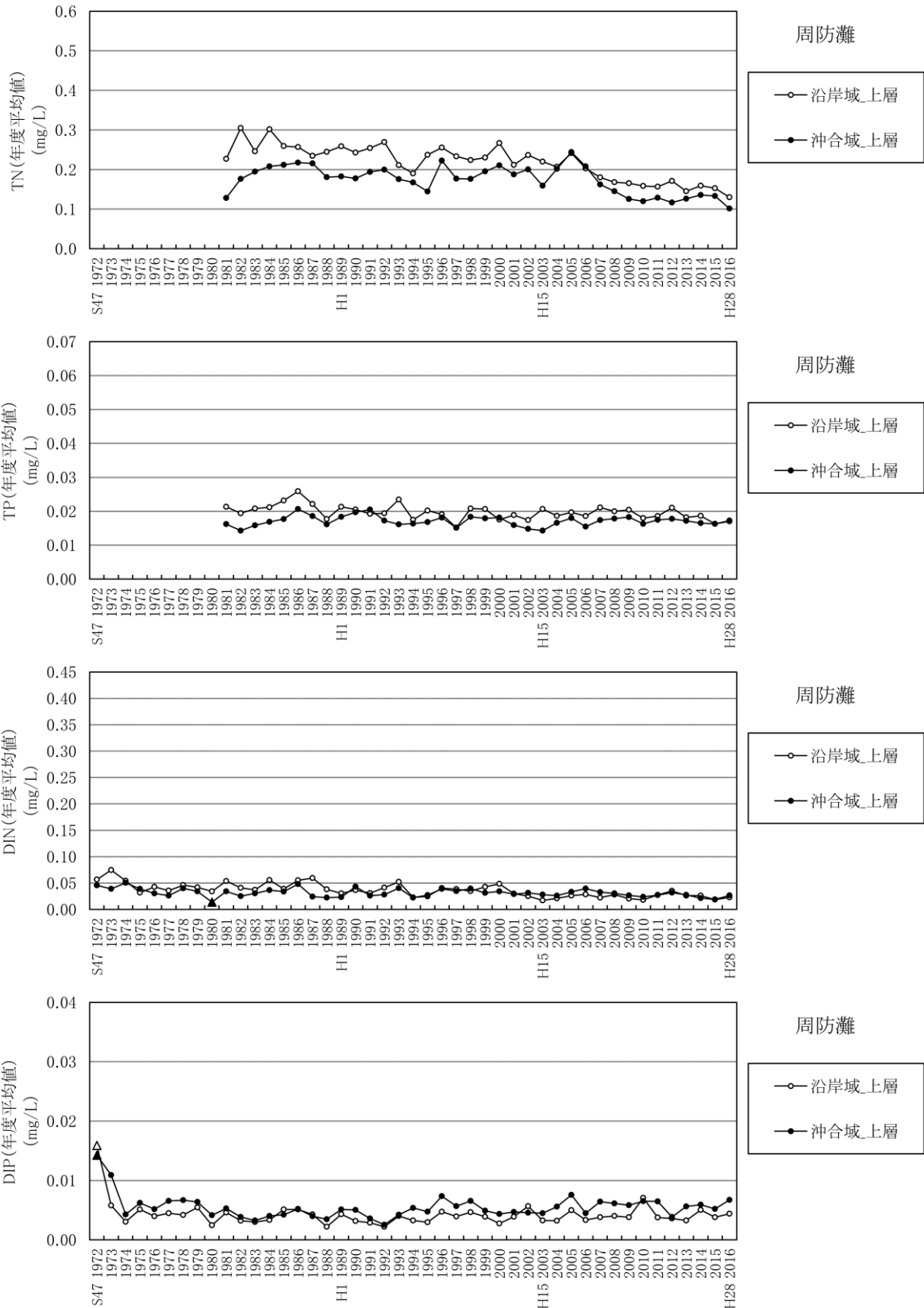
図 11-19 周防灘における海域区分及び調査地点

表 11-3 周防灘の水質変化傾向

周防灘	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	低下	-0.0036 mg/L/年	低下	-0.0035 mg/L/年	低下	-0.0030 mg/L/年
	沖合域	低下	-0.0018 mg/L/年	低下	-0.0017 mg/L/年	低下	-0.0016 mg/L/年
TP (上層)	沿岸域	低下	-0.0001 mg/L/年	有意な変化傾向なし	-	低下	-0.0001 mg/L/年
	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	-
DIN (上層)	沿岸域	低下	-0.0007 mg/L/年	～1978:有意な変化傾向なし 1978～2002:低下 2002～: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 1976～1997:上昇 1997～2003:低下 2003～:有意な変化傾向なし [全期間:低下]	-0.0007 mg/L/年
	沖合域	低下	-0.0003 mg/L/年	～1988:低下 1988～:有意な変化傾向なし [全期間:有意な変化傾向なし]	-	低下	-0.0004 mg/L/年
DIP (上層)	沿岸域	有意な変化傾向なし	-	～1988:有意な変化傾向なし 1988～:上昇 [全期間:低下]	-0.00004 mg/L/年	～1984:低下 1984～1997:上昇 1997～:有意な変化傾向なし [全期間:有意な変化傾向なし]	-
	沖合域	有意な変化傾向なし	-	～1977:有意な変化傾向なし 1977～1982:低下 1982～2010:上昇 2010～:低下 [全期間:有意な変化傾向なし]	-	有意な変化傾向なし	-

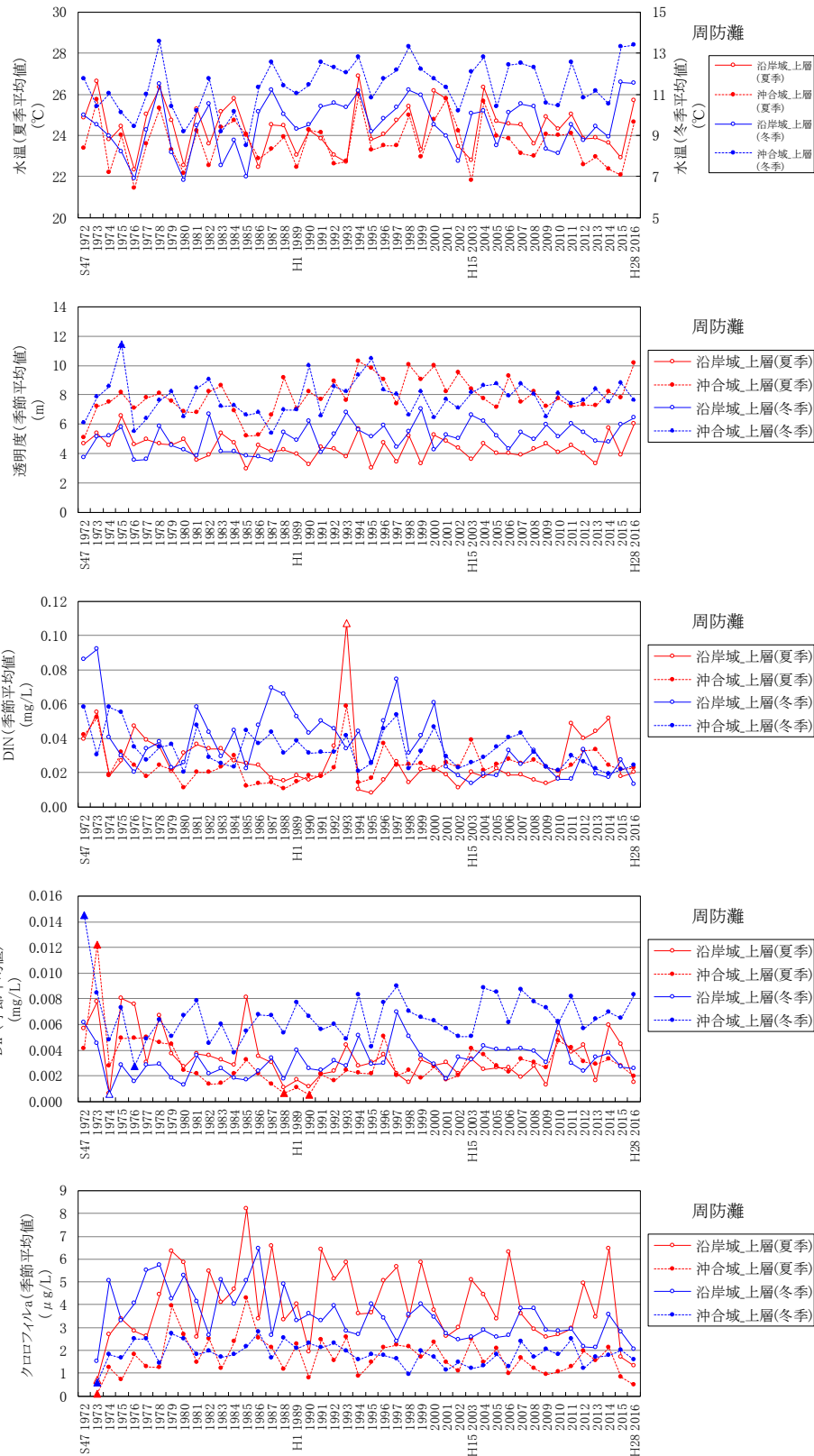
注) 1.危険率5%で有意な変化傾向について「上昇」「低下」と記載した。また、5カ年移動平均値と回帰曲線の残差等を用いた手法により変曲点が抽出された場合には、変曲点で区分した期間毎に変化傾向の評価を行った。

2.夏季は6～8月、冬季は12～2月



注) 図中の△、▲は表 11-3 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(山口県・福岡県・大分県)より作成

図 11-20 周防灘における TN、TP、DIN、DIP の推移(年度平均値)



注) 図中の△、▲は表 11-3 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(山口県・福岡県・大分県)より作成

図 11-21 周防灘における水温、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)

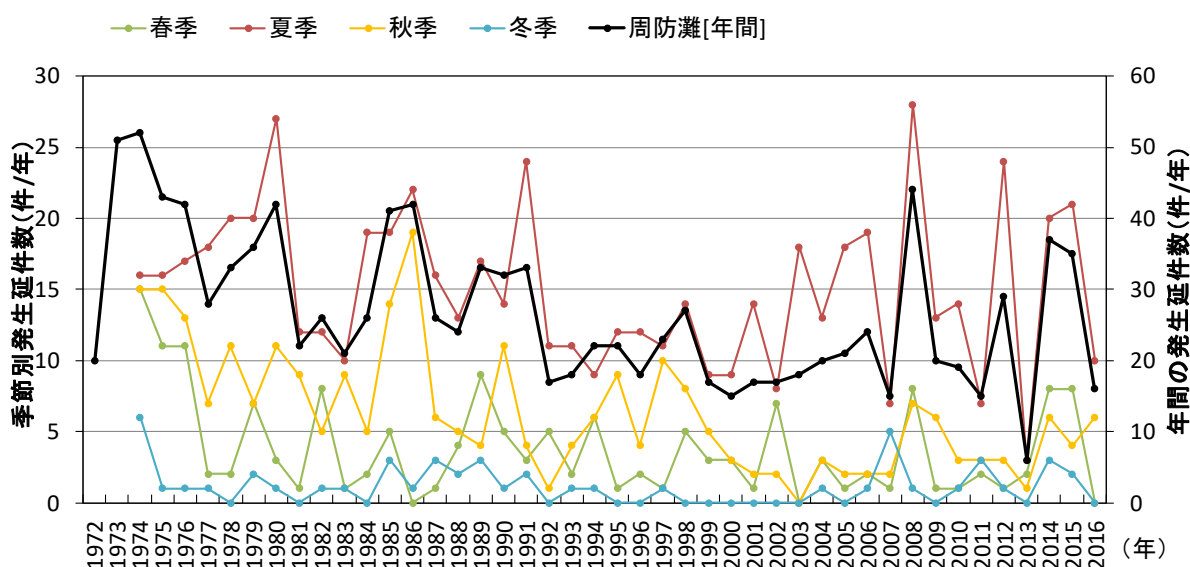
(2) 赤潮－整理項目⑨

1) 赤潮の発生延件数

周防灘における赤潮の発生延件数の推移は図 11-22 に示すとおりであり、年間の赤潮発生件数は、1974 年に最大値(52 件)を示した後、2000 年にかけて減少している。近年は 10～40 件程度と年による変動が大きい。

季節ごとに発生延件数をみると、夏季の件数が最も多く、1980 年にピークを示した後、2000 年にかけて減少した後、2008 年にかけて増加傾向を示しており、その後は年による変動が大きい。一方、冬季は発生延件数が最も少なく、1975 年以降は 5 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、2010～2016 年において、夏季を中心に沿岸域で *Chattonella*(シャトネラ)属、*Heterosigma*(ヘテロシグマ)属、*Cochlodinium*(コクロディニウム)属、*Karenia*(カレニア)属による養殖魚介類、蓄養魚介類及び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 11-22 周防灘における季節別の赤潮発生延件数の推移

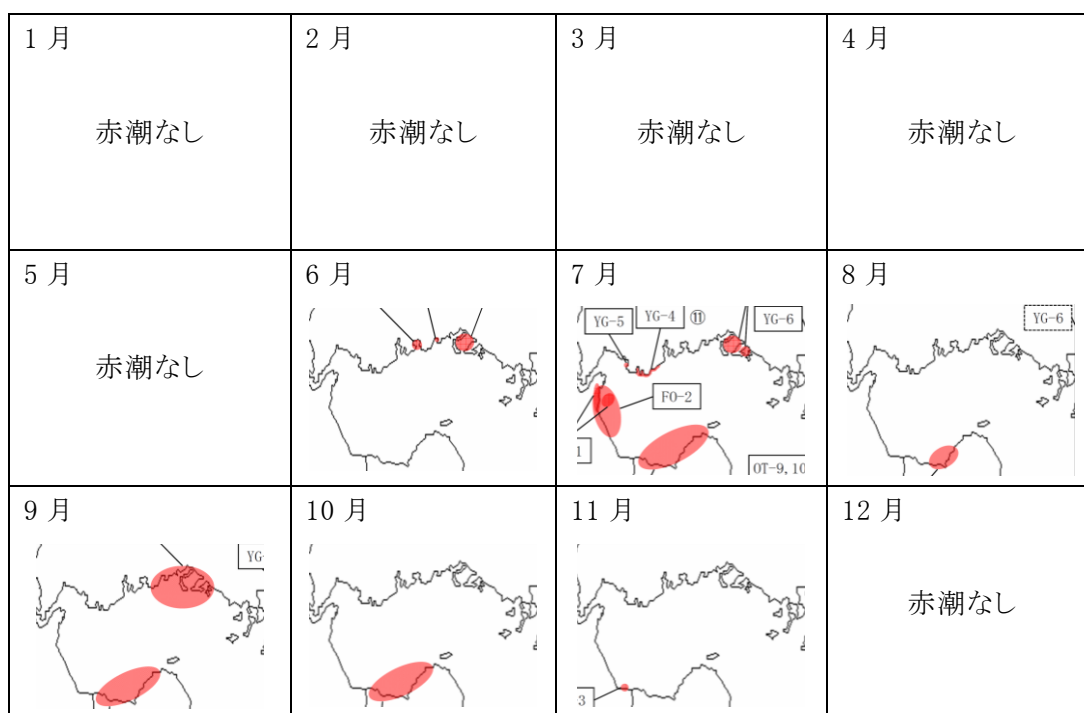
2) 赤潮の発生場所

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 11-23 に示す。

2016 年における周防灘の赤潮は、発生件数が 13 件※で、6～11 月に沿岸部で発生している。

赤潮の発生状況は年によって異なるものの、近年は主に周防灘の沿岸域で発生している。

※ここで示した発生件数は実件数であり、前述の図 11-22 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 11-23 2016 年の周防灘における赤潮発生状況

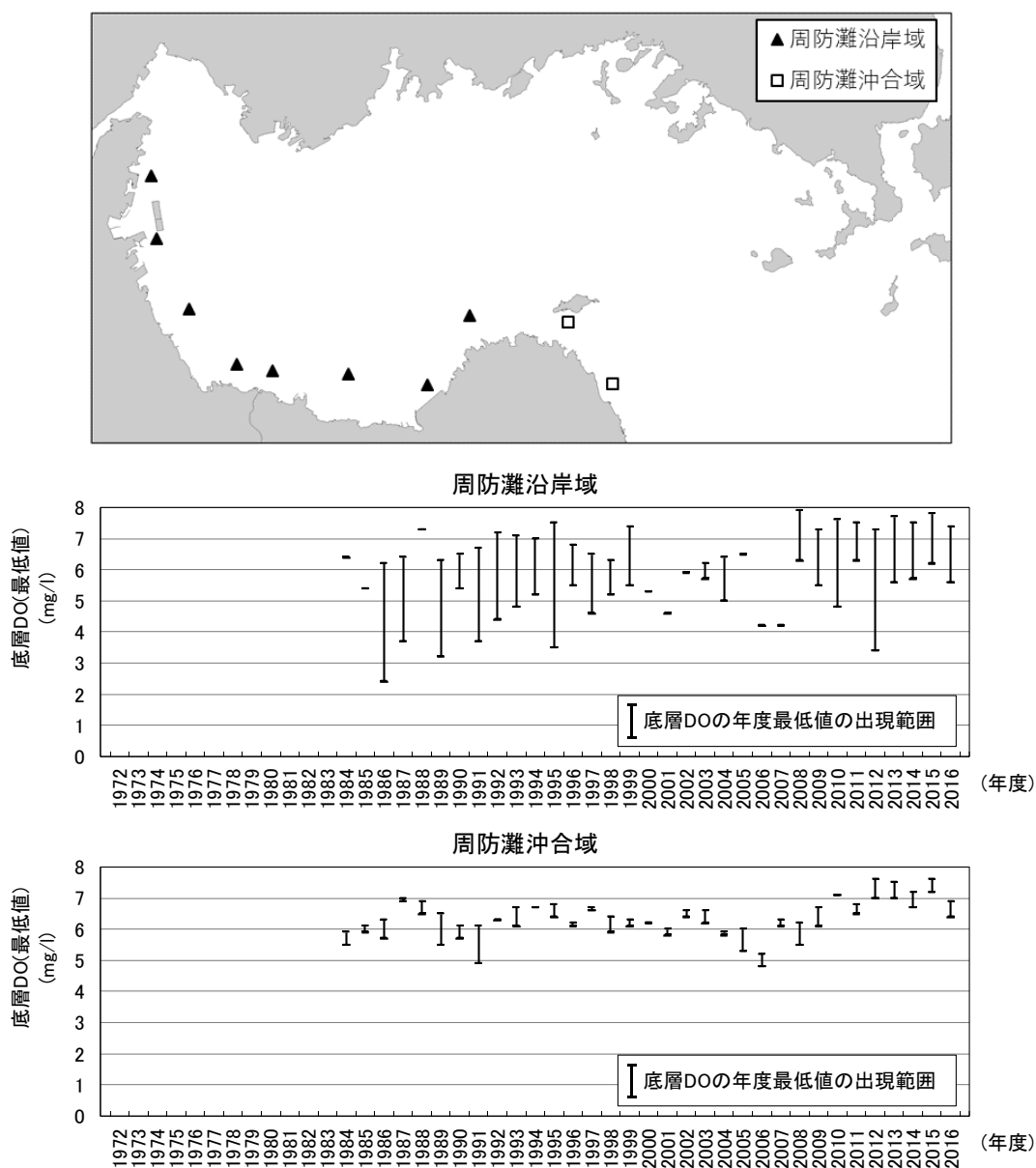
(3) 底層 DO—整理項目⑩

1) 貧酸素水塊の発生状況

海域区分(前述の図 11-19 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 11-24 に示す。

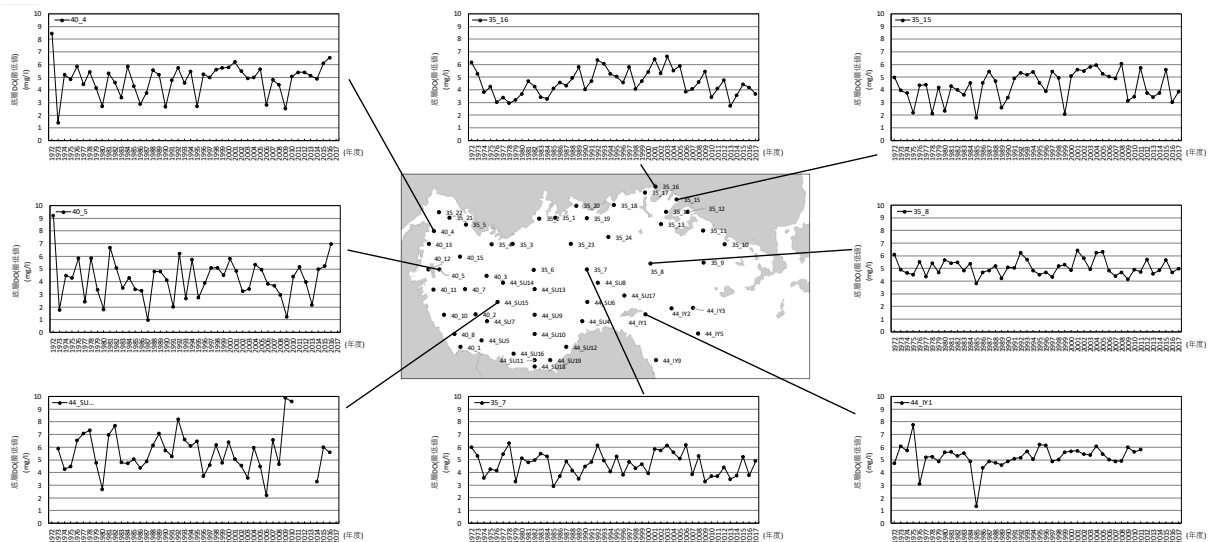
底層 DO は、沿岸域ではおおむね 3mg/L 以上、沖合域ではおおむね 5mg/L 以上で推移している。

また、浅海定線調査による底層 DO の推移をみると(図 11-25)、北東部沿岸や西部海域でおおむね 3mg/L 以上で推移し、沖合海域ではおおむね 4mg/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 11-24 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(山口県・福岡県・大分県)より作成

図 11-25 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

周防灘における泥分率及び TOC の分布をそれぞれ図 11-26①及び②に示す。

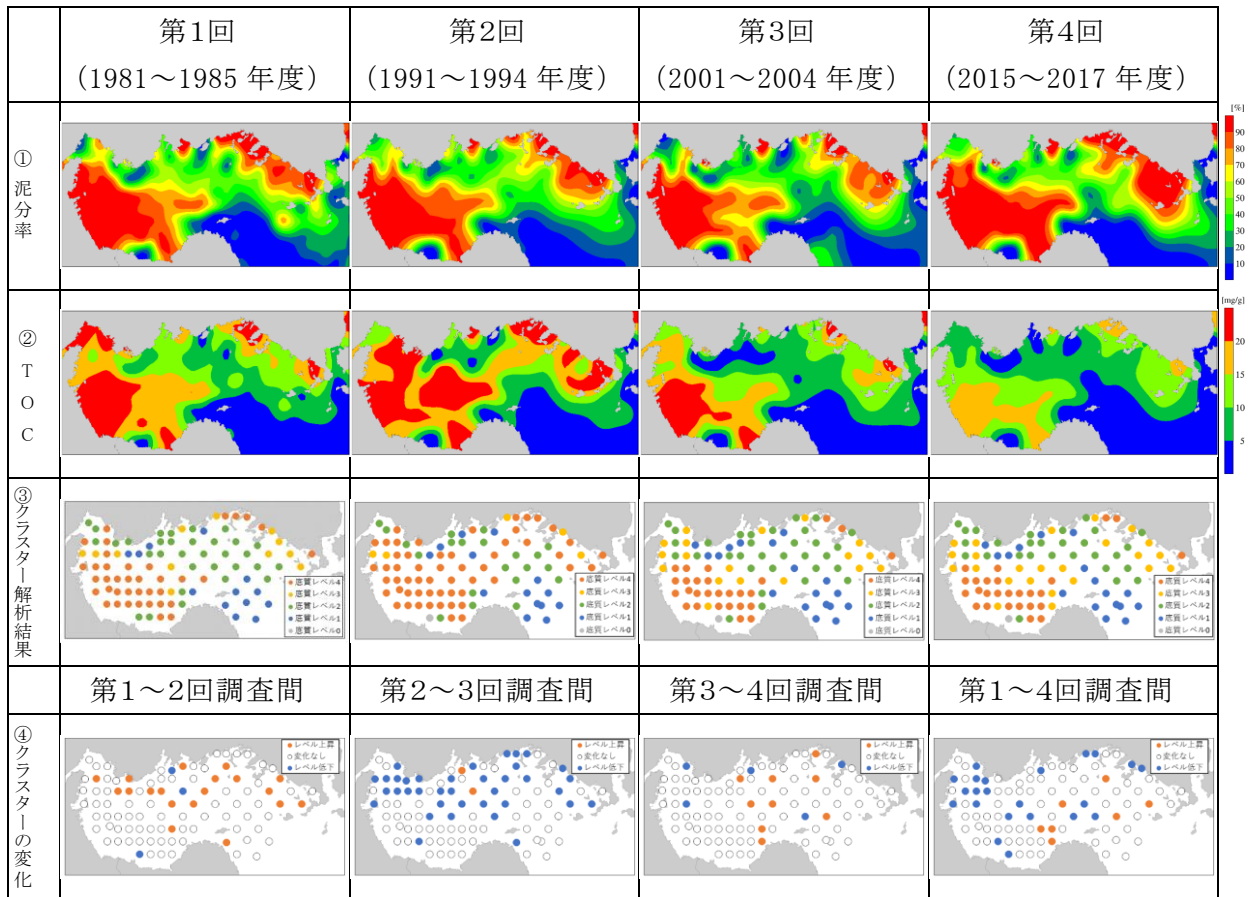
泥分率については、北東部海域の沿岸及び南西部海域で高く、広い範囲で 90%以上となっている。一方、南東部海域で低い分布傾向を示している。北東部海域では第 3 回から第 4 回にかけて上昇傾向がみられる。

TOC については、北東部海域の沿岸及び南西部海域で高く、南東部海域で比較的低い分布傾向を示している。北東部海域の沿岸及び南西部海域では第 1 回から第 3 回にかけて 20mg/g 以上の調査地点がみられるが、第 4 回ではみられない。また、北部海域では第 1 回から第 4 回にかけて低下傾向がみられる。

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 11-27 に、底質レベルの分布を及び底質レベルが変化した地点の分布を図 11-26③及び④に示す。

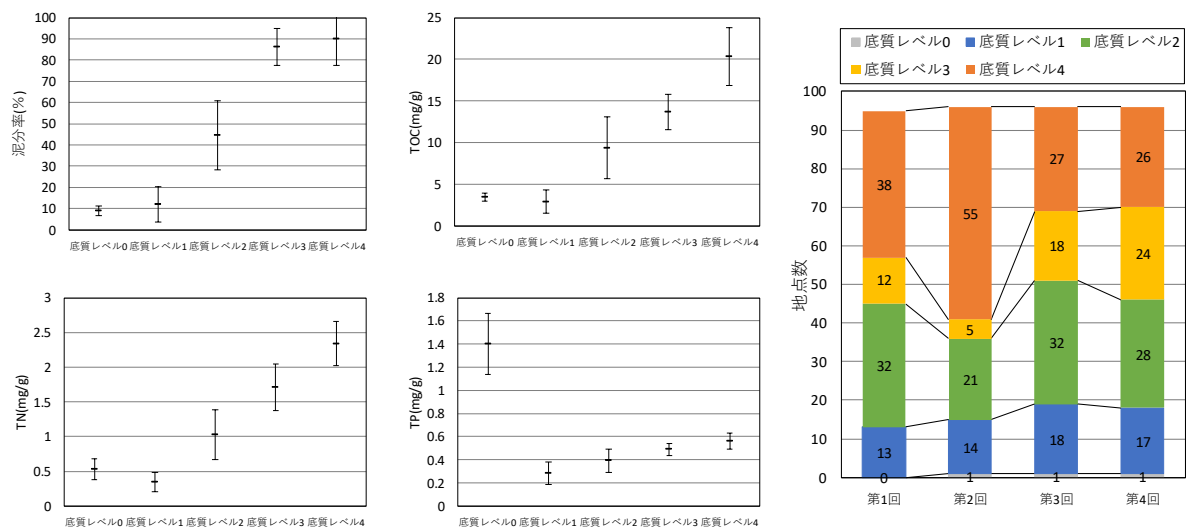
各底質レベルでの底質の平均値によると、泥分率、TOC、TN ではおおむね高い底質レベルほど平均値が高くなる傾向がみられるが、泥分率では底質レベル 0 と 1、底質レベル 3 と 4 の間に明瞭な差異がなく、TN では底質レベル 1 と 2 の間では明瞭な差異がみられない。各底質レベルの地点数の変化をみると、第 2～3 回調査間で底質レベル 4 の地点数が減少し、底質レベル 1～3 の地点数が増加している。

底質レベルが変化した地点の分布をみると、第 2～3 回調査の変化では、周防灘北部を中心に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 11-26 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 11-27 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)(周防灘)

(5) 底生生物－整理項目⑫

周防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 11-28①及び②に示す。

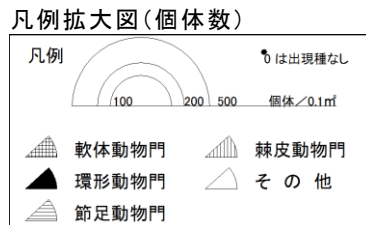
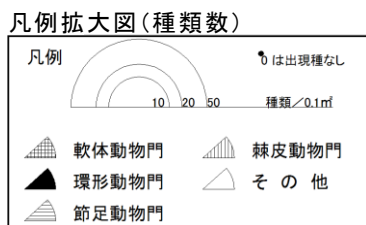
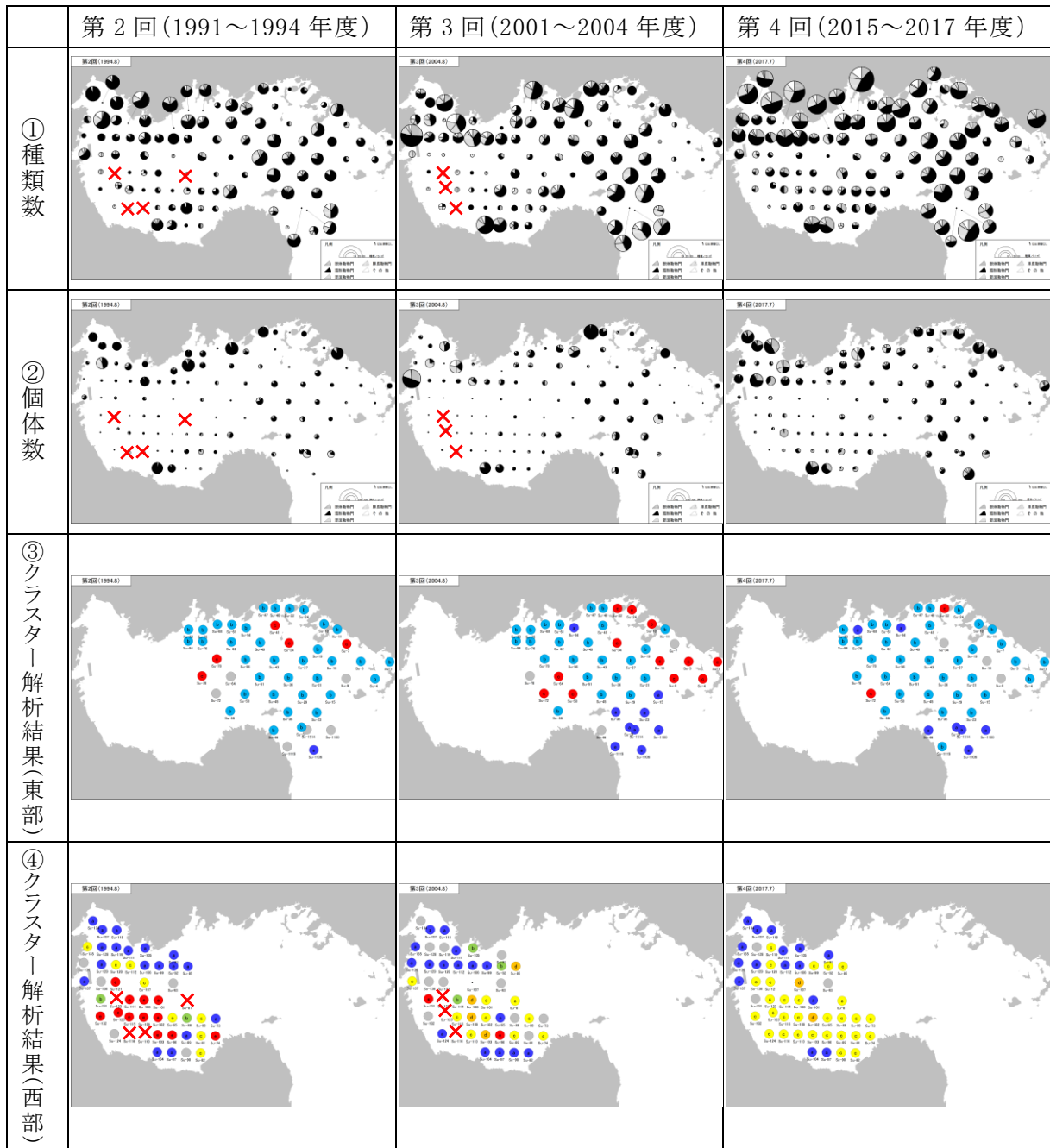
種類数は、北部海域及び東部海域で多く、南西部海域で少ない分布傾向を示している。周防灘全域で第 2 回から第 4 回にかけて増加傾向がみられる。

個体数は、種類数と同様に、北部海域及び東部海域で多く、南西部海域で少ない分布傾向を示している。周防灘全域で第 2 回から第 4 回にかけて増加傾向がみられる。また、南西部海域では、第 2 回、第 3 回に無生物地点がみられるが、第 4 回ではみられない。

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を表 11-4 及び表 11-5 に、クラスターの分布を図 11-28③及び④に示す。

周防灘(東部)では、いずれの調査回も多くの地点がクラスターb に分類される結果を示している。また、第 3 回調査以降、南東部では、クラスターbの地点に比べてやや種類数や多様度指数 H' が高いクラスターa がまとまって分布している。

周防灘(西部)では、北部と南部にクラスターが分かれる結果を示している。北部の多くの地点は、いずれの調査回でもクラスターa に分類され、南部では、第 2 回調査、第 3 回調査はばらつきが大きい、第 4 回調査はほとんどの地点がクラスターc に分類される。



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 11-28 クラスター解析結果及び種類数、個体数の水平分布

表 11-4 クラスター毎の底質・優占種等(周防灘東部)

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	9	7	3.918	26.6	67.7	2.7	10.6	84.4	0.01	ワラジムシ目(4.61%) ツノメエビ(4.18%) カキクモヒドテ(3.92%)	紐形動物門(13地点) マルソコシラエビ(12地点) カザリゴカイ科(10地点)
b	35	23	35	3.229	15.8	42.1	9.1	49.6	48.1	0.08	カタマガリギボシソノメ(14.56%) Lumbrineris sp.(5.45%) Notomastus sp.(4.91%)	Notomastus sp.(66地点) Glycinde sp.(54地点) 紐形動物門(50地点)
c	5	12	2	1.604	4.3	8.2	16.3	77.2	22.4	0.22	Notomastus sp.(20.26%) ヨコヤマキセワタガイ(18.30%) シズクガイ(7.19%)	Notomastus sp.(16地点) ヨコヤマキセワタガイ(7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 11-5 クラスター毎の底質・優占種等(周防灘西部)

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)	TOC (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	18	16	15	3.163	19.0	69.7	12.7	54.3	42.8	0.16	カタマガリギボシソノメ(7.51%) タケフシゴカイ科(7.45%) シズクガイ(5.6%)	Glycera sp.(37地点) 紐形動物門(37地点) モロテゴカイ(25地点)
b	2	3	0	1.908	5.0	9.0	16.4	84.0	15.8	0.23	Corophium sp.(20.00%) Melita sp.(13.33%)	Corophium sp.(3地点) Melita sp.(3地点)
c	8	9	29	1.838	5.9	15.8	15.8	87.4	12.4	0.37	シズクガイ(42.16%) フクロハネエラスピオ(5.27%) Notomastus sp.(4.58%)	シズクガイ(30地点) Notomastus sp.(21地点) フクロハネエラスピオ(20地点)
d	0	4	2	1.238	3.2	5.0	17.0	87.6	12.3	0.40	フクロハネエラスピオ(28.57%) キセワタガイ(17.86%) Nephtys sp.(14.29%)	フクロハネエラスピオ(5地点)
e	12	2	0	1.171	2.9	4.4	20.3	93.4	6.5	0.11	Nectoneanthes latipoda(51.61%) ゴイサギガイ(6.45%)	Nectoneanthes latipoda(14地点) ゴイサギガイ(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。

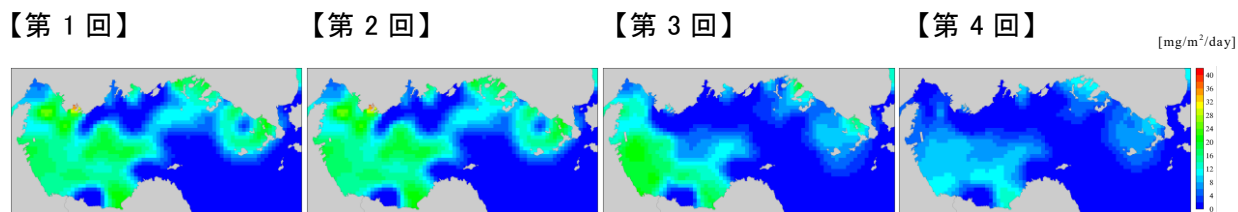
(6) 底質からの栄養塩類の溶出量－整理項目⑬

周防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 11-29 及び図 11-30 に、各調査回の溶出量と2014年度の発生負荷量の比較を図 11-31 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で大きく、北部海域及び南東部で小さい傾向を示している。西部海域では第1回から第4回にかけて減少傾向がみられ、特に第3回から第4回にかけては大きく減少している。

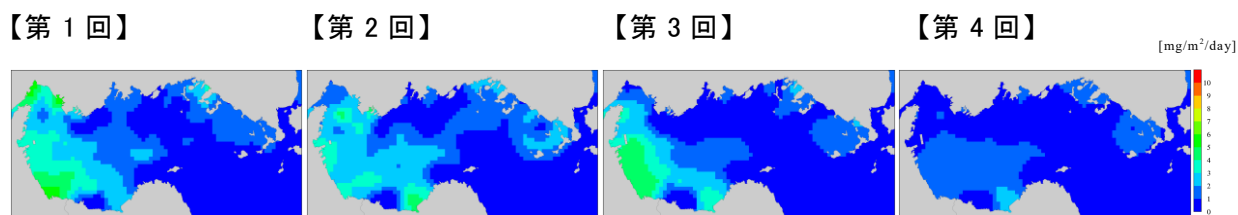
りん溶出量においても、窒素と同様に北東部海域の沿岸及び南西部海域で大きく、北部海域から南東部海域にかけて小さい傾向を示している。西部海域では特に第3回から第4回にかけて減少している。

周防灘における窒素溶出量は、第2回は2014年度発生負荷量より大きい値を示しているが、第4回は発生負荷量の約50%である。りん溶出量は、第1～2回は2014年度発生負荷量より大きい値を示しているが、第4回は発生負荷量の約90%である。



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 11-29 周防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 11-30 周防灘におけるりん溶出量(年平均値)の状況

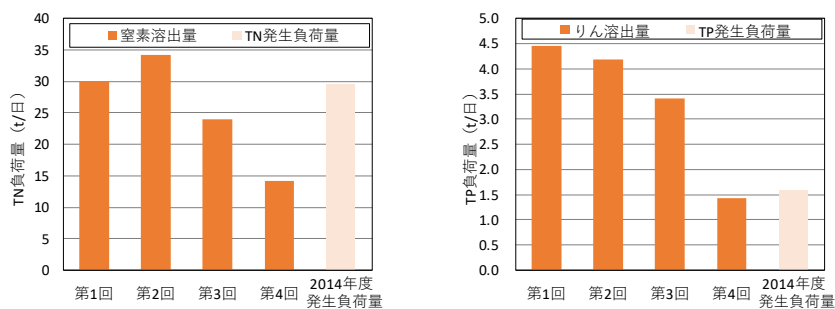


図 11-31 周防灘における各調査回の溶出量と2014年度発生負荷量との比較

11-3 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・灘区分による周防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11-32に示す。

周防灘の漁獲量は、1960年代から増加し、1972年に最大値に達した後、1976年にかけて減少し、その後1985年まで増加した後、減少している。漁獲量はおおむねアサリ類、その他貝類が優占している。1972年の最大値は、その他の貝類の短期的な急増・急減の影響で、その前後はモガイの漁獲がみられる。一方で、1985年のピークはアサリが漁獲量の大半を占めている。アサリ類は、1960年代から増加し、1985年にピークを示した後1986年から1991年までの短期間に急減し、その後近年まで低位で推移している。

2) 海面養殖収穫量の変化状況

周防灘における区画漁業権の設定状況を図11-33に示す。周防灘では西部海域に区画漁業権が多い。北部海域及び北西部海域ではノリ類の養殖が多く、西部海域及び南西部海域ではノリ類、カキ類が多い。また、南部や北東部海域ではその他の貝類の養殖が多くみられる。

【山口県(瀬戸内海区、広島湾を含む)】

山口県の養殖収穫量は、1980年に最大値を示した後1981年に急減し、その後は1990年代以降徐々に減少している。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。ノリの色落ちも報告されている⁵。

【福岡県(瀬戸内海区)】

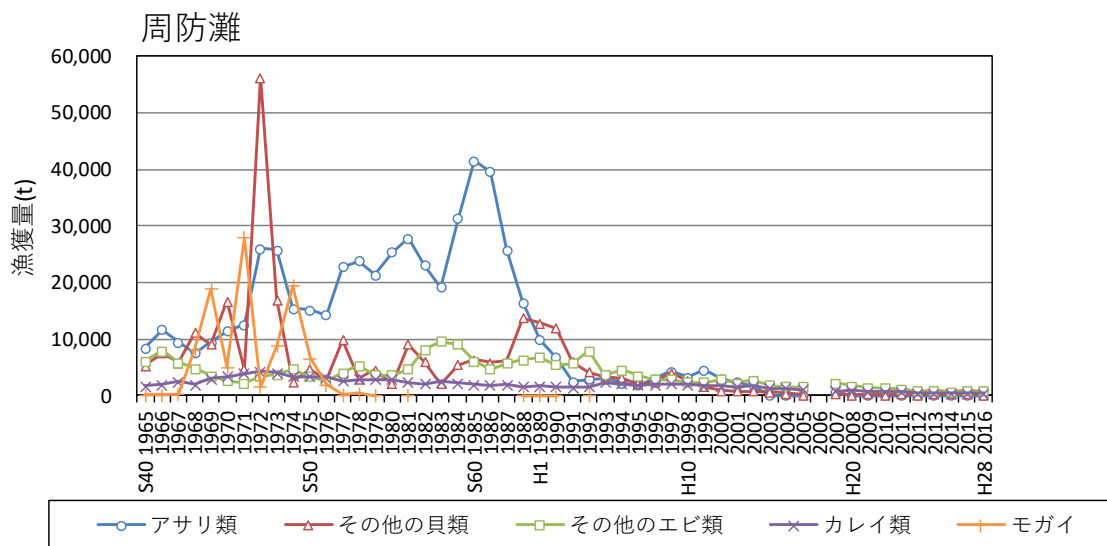
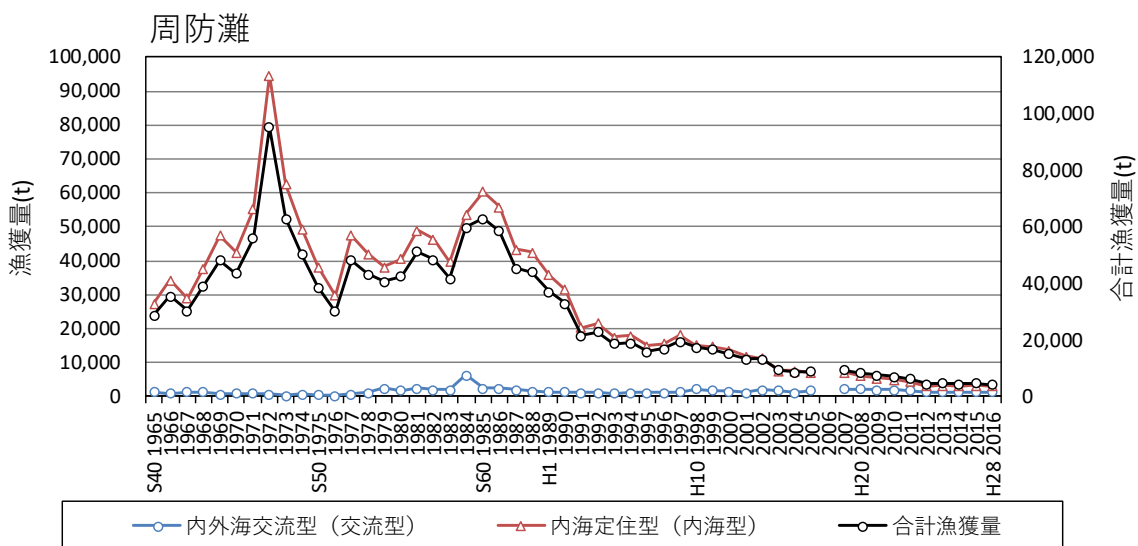
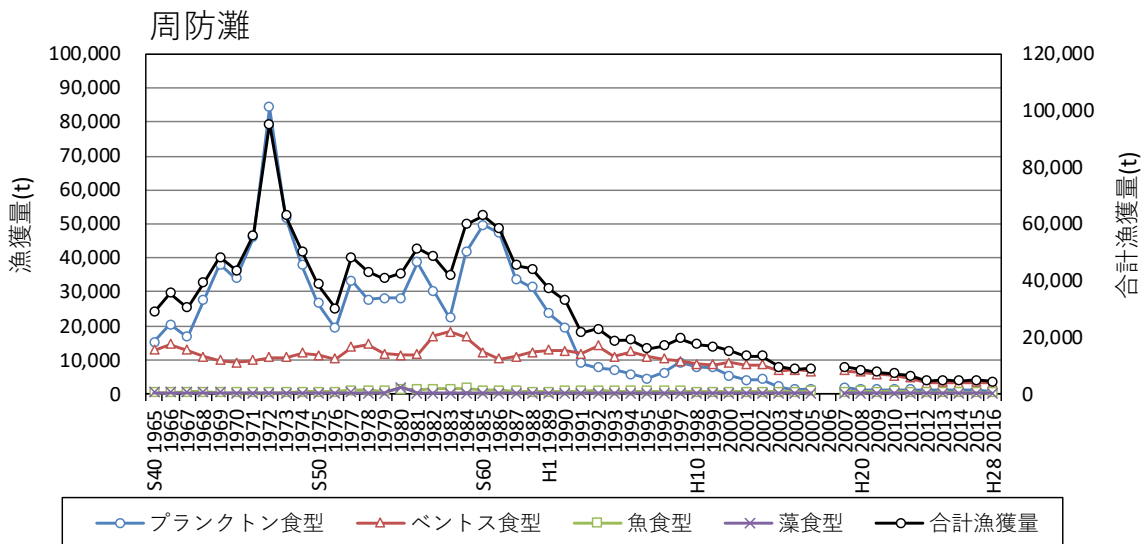
福岡県の養殖収穫量は、1980年に最大値を示した後、1990年代後半にかけて減少し、その後は横ばいで推移している。ノリ類は1980年に最大値を示した後、2000年代前半にかけて減少し、その後は横ばいで推移している。1980年代まではノリ類は収穫の多くを占めており、1980年代以前における収穫量の変動はノリ類の影響が大きい。一方、カキ類は1980年代後半から2003年頃にかけて増加した後、おおむね横ばいで推移している。

【大分県(瀬戸内海区、伊予灘を含む)】

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。ノリの色落ちも報告されている⁶。

⁵ 山口県漁業協同組合(2018):第12回瀬戸内海環境保全小委員会資料.

⁶ 大分県漁業協同組合(2018):第12回瀬戸内海環境保全小委員会資料.



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 11-32 周防灘における漁獲量の推移

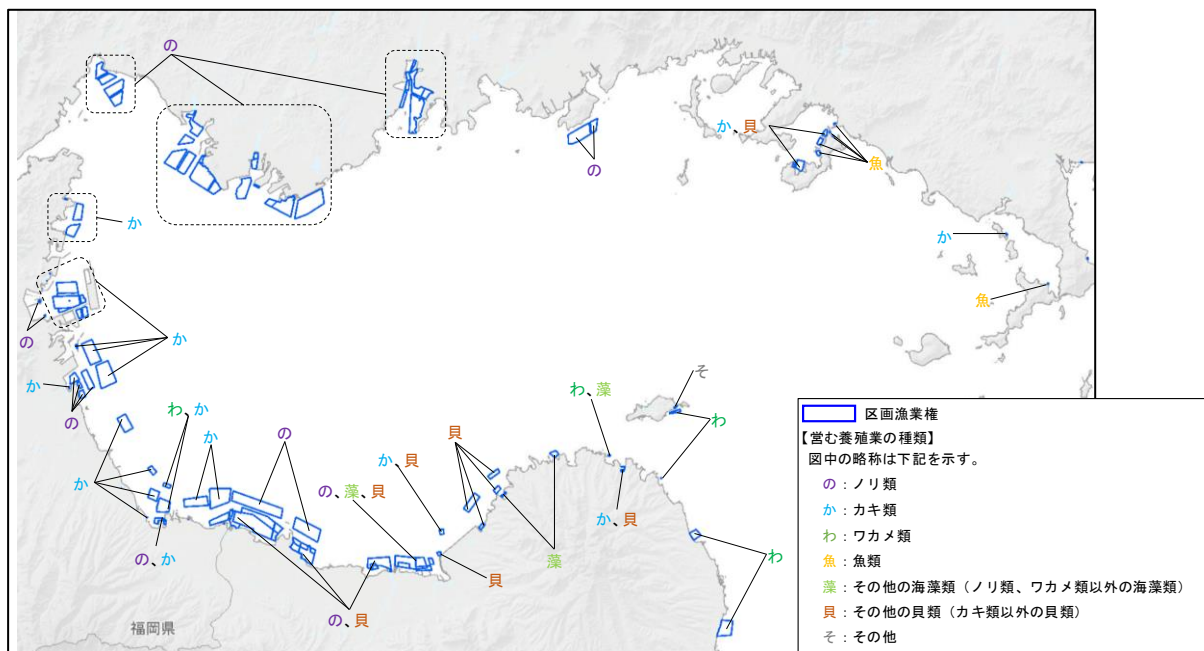


図 11-33 周防灘の区画漁業権の設定状況

【山口県(瀬戸内海区、広島湾を含む)】

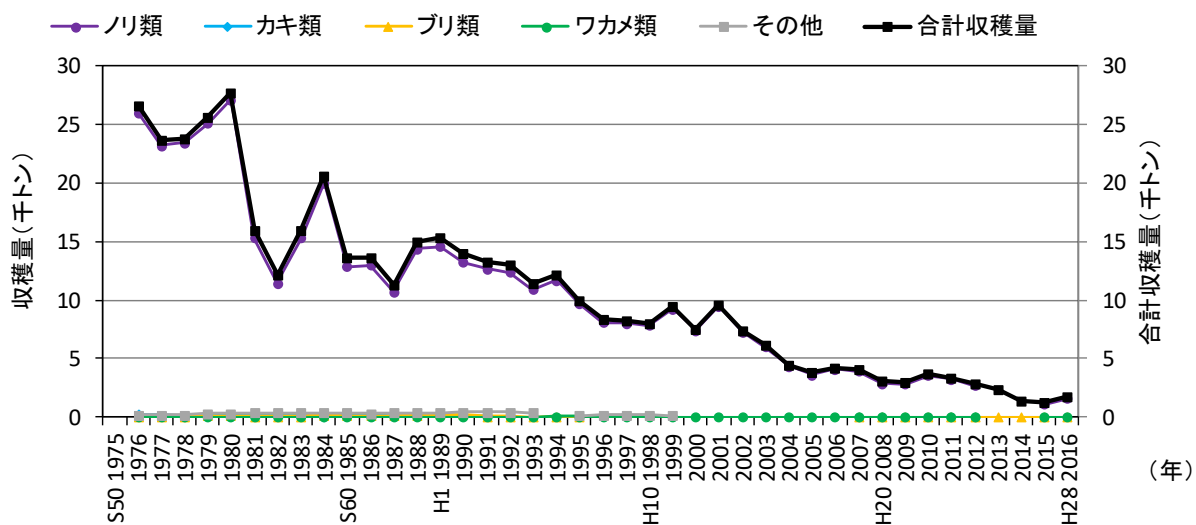
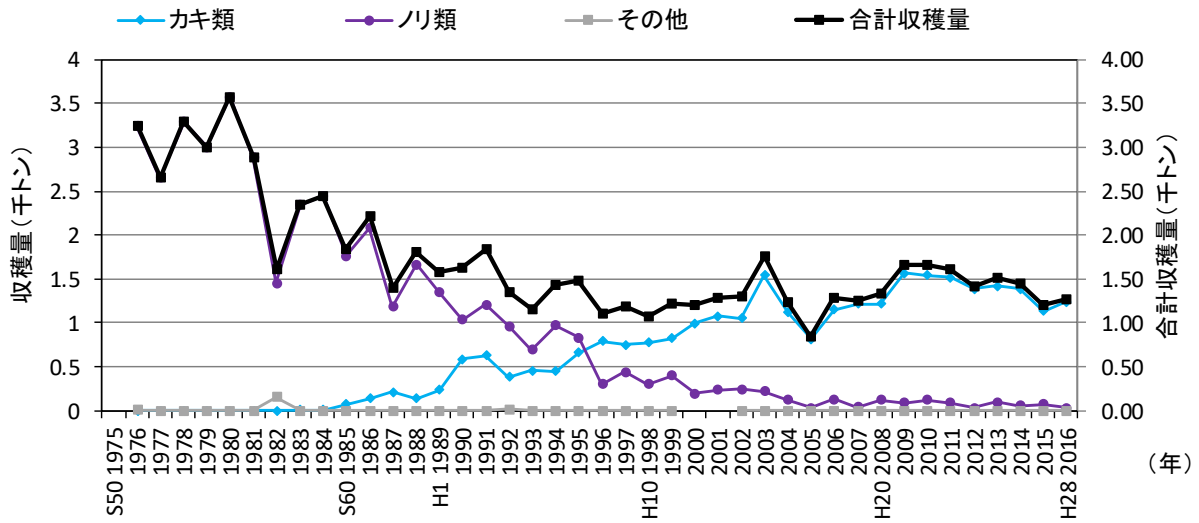


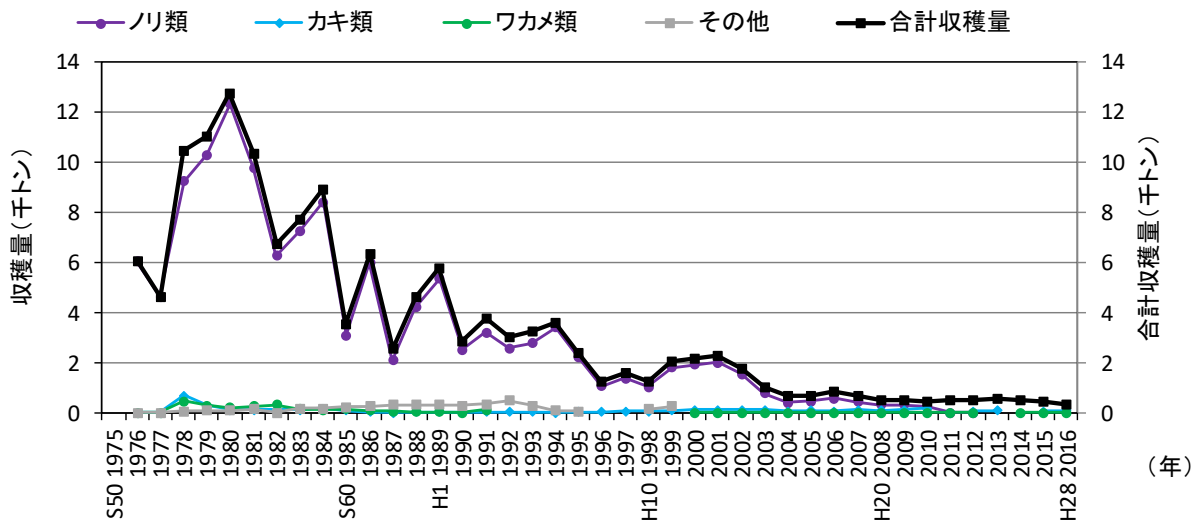
図 11-34(1) 養殖収穫量の推移(山口県)

【福岡県(瀬戸内海区)】



注) その他の養殖物は2001～2002年に一部秘匿が含まれるため図中から除いた。

【大分県(瀬戸内海区、伊予灘を含む)】



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. 伊予灘の収穫量を含む。

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 11-34(2) 養殖収穫量の推移(福岡県・大分県)

(2) アサリ

周防灘のアサリ類の漁獲量は、1960年代から増加し、1985年にピークを示した後1986年から1991年までの短期間に急減し、その後近年まで低位で推移している。周防灘において、1980年代の漁獲量の急減は漁業形態の変化等の影響が指摘されており、また、1980年代の漁獲量の変動した時期に栄養塩には大きな変化がみられない。その後、アサリ漁獲量は2002年までは低位で推移していたが、2003年に激減し、2006年から2007年に一旦回復したものの、それ以降はほとんど漁獲のない状況である。

周防灘のアサリの漁獲量とアサリの主な生息域の近傍の沿岸域における前年・前々年のアサリの親貝の成熟に重要である産卵期前の3～5月の平均のDIP濃度は、1991年から2002年頃にかけて類似した変動傾向を示していた(図11-35)。沿岸域のChl.a濃度は長期的にはおおむね横ばいで推移しており、アサリの漁獲量の変動と明瞭な関係はみられなかった(図11-36)。なお、Chl.a濃度については、アサリ漁場のデータがなく、アサリの主な生息域近傍の沿岸域の水質データを用いて解析をしているため、アサリ漁場の餌環境の状況を必ずしも表していない可能性がある。山口県水産研究センターの研究成果によると、山口県周防灘海域のアサリ干潟漁場では、底層海水に含まれる植物色素量(クロロフィルa量、フェオ色素)および海底面通過全色素量が大きいほど各干潟における放流アサリの生残率や肥満度が高い傾向がみられるといった、植物プランクトン量がアサリの成長や生残率、肥満度に関係があることが報告されている。

アサリ漁場における水質等のデータは不足しているため、アサリ漁場の餌環境の状況を把握するためには、アサリ漁場のデータが蓄積されることが望まれる。また、アサリの餌料としては、底生微細藻類も重要であると言われており、アサリの餌環境を確認するためには、底生微細藻類の変化についてもみることが重要と指摘されている。

また、アサリの変動要因については、漁場によっては、海水温や食害などの他の要因の影響も指摘されていることから、栄養塩類とアサリとの関係を明らかにするためには、それぞれの漁場において、他の要因もあわせて複合的に検討していくことが重要である。

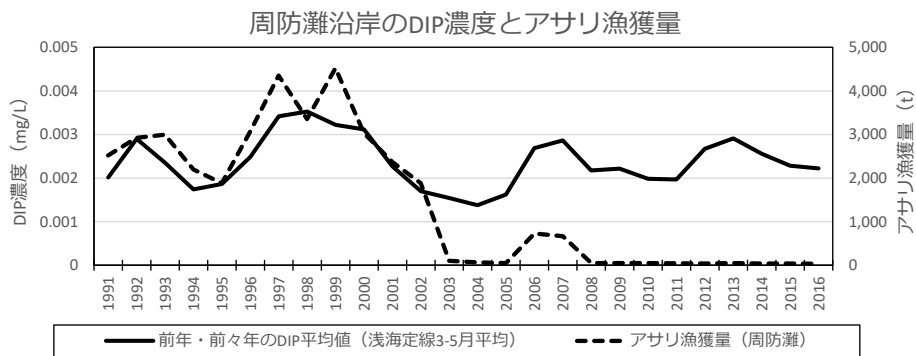
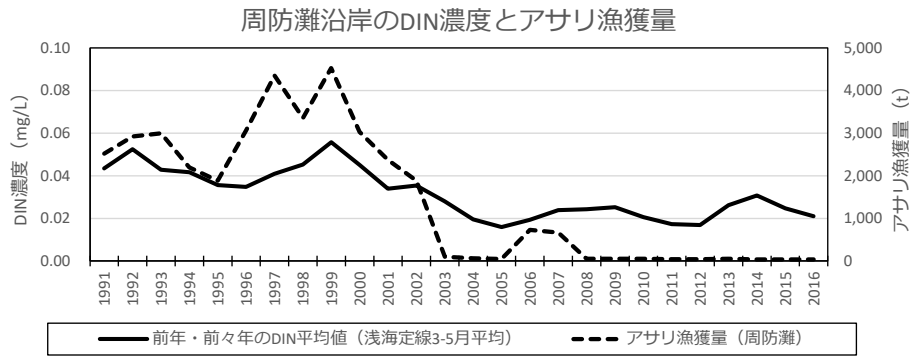


図 11-35 周防灘におけるアサリの年間漁獲量と沿岸の DIN 濃度・DIP 濃度 (前年・前々年の 3~5 月平均値)の推移

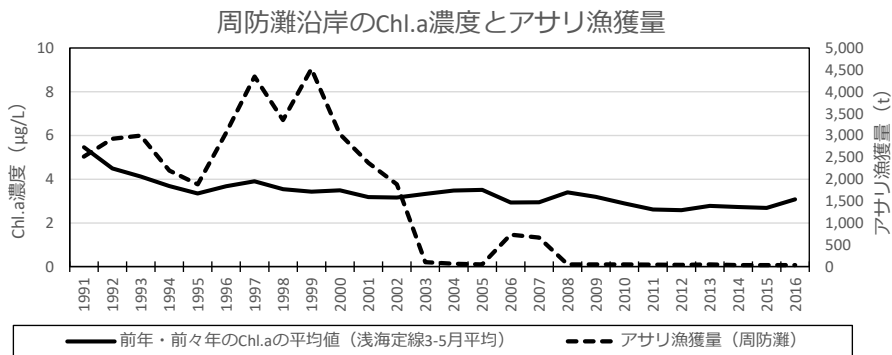


図 11-36 周防灘におけるアサリの年間漁獲量と沿岸の Chl.a 濃度 (前年・前々年の 3~5 月平均値)の推移

11-4 周防灘のまとめ

(1) 周防灘における各項目の整理

表 11-6 周防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、東部で伊予灘に接し、西部は関門海峡を通じて響灘に接している。海域の地形は、東部では水深が深く、西部に向かって浅くなり、西側の沿岸は水深 10m 以浅の水域が広くみられる。
②河川流入・流域	<ul style="list-style-type: none"> ・一級河川は、北部に佐波川、南部に山国川がある。 ・TN 濃度は、2000 年代以降低下傾向を示している。 ・TP 濃度は、おおむね横ばいで推移している。
③流況	<ul style="list-style-type: none"> ・潮流の大半は、豊後水道を上げ下げする潮流に依存している。一般に上げ潮流は西方に、下げ潮流は東方に流れる。最大流速は、関門海峡と姫島水道付近及び笠戸湾宮ノ瀬戸を除くと、大潮平均で 1 ノット(約 1.5m/s)を超える海域は少ない。 ・周防灘の残差流はおおよそ 5cm/s 程度で、周防灘中央部に反時計回りの、南西部に時計回りの環流が存在する。
④夏季の成層	<ul style="list-style-type: none"> ・河川水が多く流入する一級河川の河口部付近の他、流速の遅い南西部海域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 1994 年度以降減少傾向を示しており、TP の発生負荷量は 1979 年度以降減少傾向を示している。
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、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 40%である。
⑦藻場・干潟	<ul style="list-style-type: none"> ・藻場は、主に大海湾、山口湾、中津に多く分布している。 ・干潟は、主に西部海域の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 類型では全て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 とともに北東部海域や北西部海域の沿岸で他海域に比べて濃度がやや高い傾向がみられるが、水平的な濃度勾配は小さい。 ・TN、DIN は沿岸域、沖合域ともに低下傾向を示している。 ・TP の沿岸域では低下傾向を示している一方、TP の沖合域、DIP の沿岸域及び沖合域では有意な変化傾向はみられない。 ・クロロフィル a 濃度は夏季、冬季ともに沿岸域で高い傾向を示している。冬季のクロロフィル a 濃度は、沿岸域、沖合域ともに低下傾向を示している。
⑨赤潮	<ul style="list-style-type: none"> ・年間の赤潮発生延件数は、1974 年に最大値を示した後、2000 年にかけて減少している。近年は 10～40 件程度と年による変動が大きい。赤潮の発生は夏季に多い。

	<ul style="list-style-type: none"> ・赤潮の発生状況は年によって異なるものの、近年は主に沿岸部で発生している。 ・近年(2010～2016年)における赤潮による漁業被害は、2010～2016年において、夏季を中心に沿岸域で <i>Chattonella</i>(シヤトネラ)属、<i>Heterosigma</i>(ヘテロシグマ)属、<i>Cochlodinium</i>(コクロディニウム)属、<i>Karenia</i>(カレニア)属による養殖魚介類、蓄養魚介類及び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"> ・北東部沿岸や西部海域でおおむね 3mg/L 以上で推移し、沖合海域ではおおむね 4mg/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で高く、南東部海域で低い傾向を示している。 ・TOC は広い範囲で低下傾向を示している。
⑫底生生物	<ul style="list-style-type: none"> ・北部海域及び東部海域で種類数、個体数が多く、南西部海域で少ない分布傾向を示している。 ・全域で 1990 年代から 2010 年代にかけて種類数、個体数の増加がみられる。また、1990、2000 年代に無生物地点がみられるが、2010 年代にはみられない。
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で大きく、北部海域及び南東部海域で小さい傾向を示している。 ・西部海域において特に 2000 年代から 2010 年代にかけて減少している。
⑭水産資源の状況	<ul style="list-style-type: none"> ・水産庁の湾・灘区分による周防灘の漁獲量は、1960 年代から増加し、1972 年に最大値に達した後、1976 年にかけて減少し、その後 1986 年まで増加した後、減少している。 ・漁獲量はおおむねアサリ類、その他貝類が優占している。アサリ類は、1960 年代から増加し、1985 年に最大値を示した後 1986 年から 1991 年までの短期間に急減し、その後近年まで低位で推移している。 ・山口県(瀬戸内海区、広島湾を含む)のノリ養殖収穫量は、1980 年に最大値を示した後 1981 年に急減し、その後は 1990 年代以降徐々に減少しており、ノリの色落ちも報告されている。 ・福岡県(瀬戸内海区)のノリ養殖収穫量は、1980 年に最大値を示した後、2000 年代前半にかけて減少し、その後は近年まで低位で推移している。カキ類は 1980 年代後半から 2003 年頃にかけて増加した後、おおむね横ばいで推移している。 ・大分県(瀬戸内海区、伊予灘を含む)のノリ養殖収穫量は 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おり、ノリの色落ちも報告されている。

(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 類型の全ての水域で環境基準を達成していない。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、沖合域の全りん濃度を除き低下傾向を示している。また、DIN 濃度も低下傾向を示している。
- 底層 DO の年度最低値は、北東部海域の沿岸や西部海域でおおむね 3mg/L 以上で推移し、沖合海域ではおおむね 4mg/L 以上で推移している。
- 赤潮発生件数は 1970 年代後半から 1990 年代にかけて減少し、近年は年間 10～40 件程度と変動が大きい。沿岸域で局所的に発生することが多い。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において養殖魚介類等のへい死が発生している。
- 底質は北東部海域の沿岸及び南西部海域で泥分率が高く、有機物量が多い傾向を示している。有機物量は、広範囲に減少傾向がみられている。底生生物は、広範囲で種類数・個体数が増加傾向を示し、南西部海域では無生物地点が解消されている。
- 養殖ノリの色落ちの発生が報告されている。
- 水産庁の湾・灘区分による周防灘の漁獲量は、1960 年代から増加し、1972 年に最大値に達した後、1976 年にかけて減少し、その後 1986 年まで増加した後、減少している。アサリ類、その他貝類の漁獲が多く、これらの変動が 1970 年代・1980 年代の漁獲量に大きく影響している。アサリ類は、1960 年代から増加し、1985 年に最大値を示した後 1986 年から 1991 年までの短期間に急減し、その後近年まで低位で推移している。

2) 総括

- 周防灘は、東側で水深が深く、西側に向かって浅くなり、西側の沿岸は水深 10m 以浅であり、広範囲で干潟が存在している。国東半島沖合周辺及び関門海峡で流れが速い。
- 流れが比較的速い南東海域では底質の泥分率が低く、有機物量が少ないのに対し、流れが遅い北東部の沿岸及び南西部海域では泥分率が高く、有機物量が多い。
- 海域における全窒素・全りん濃度は、沖合域の全りん濃度を除き低下傾向を示している。また、DIN 濃度も低下傾向を示している。
- 赤潮発生件数は減少傾向がみられるものの、近年は年間 10～40 件程度と変動が大きく、夏季に沿岸域で局所的に発生することが多い。赤潮による漁業被害をみると、主に夏季を中心に沿岸域においてに養殖魚介類等のへい死が発生している。
- 底質の有機物量は、広範囲で減少傾向がみられ、底生生物も、広範囲で種類数・個体数が増加傾向を示し、南西部海域の無生物地点は解消されている。
- 周防灘の漁獲量は、アサリ類、その他貝類の漁獲が多く、これらの変動が 1970 年代・1980 年代の漁獲量に大きく影響している。アサリ類は、1960 年代から増加し、1985 年に最大値を示した後 1986 年から 1991 年までに急減し、その後近年まで低位で推移している。