

〔観測実施位置の概略図〕

注) 1. 左図は 1993 年 10 月 12 日～11 月 1 日、右図は 2003 年 10 月 9 日～11 月 7 日
 2. 上段より、P1(水深 5m)、P2(水深 5m)、P2(水深 20m)における水平流速の絶対値、潮位

図 3.3.18 観測結果の時系列

出典：西ノ首英之, 小松利光, 矢野真一郎, 斎田倫範 (2004)：諫早湾干拓事業が有明海の流動構造へ及ぼす影響の評価, 海岸工学論文集, 第 51 卷, 第 1 号, pp. 336-340

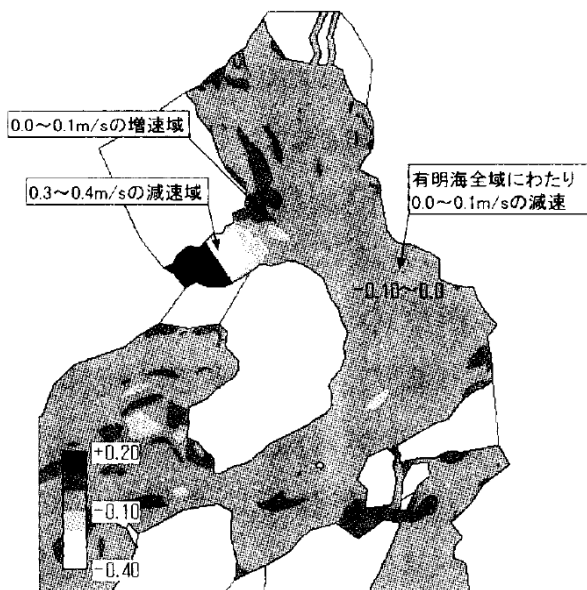


図 3.3.19 最大潮流速度の偏差分布（潮受堤防の影響）

出典：千葉賢，武本行正（2002）：諫早湾潮受け堤防の影響評価のための潮位観測値の分析と流況数値解析，四日市大学環境情報論文，第5巻，第1・2号合併号，pp39-70

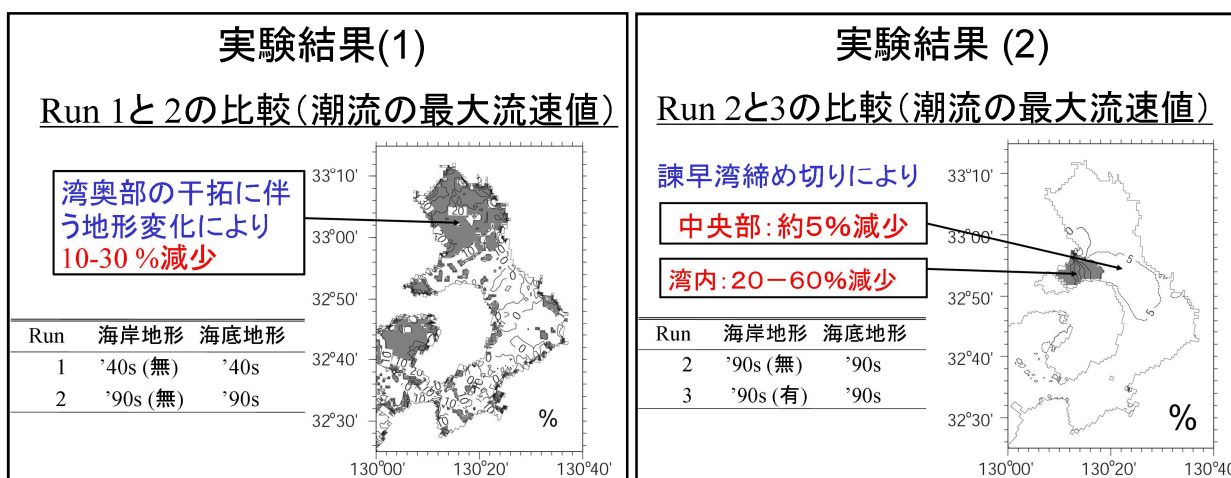
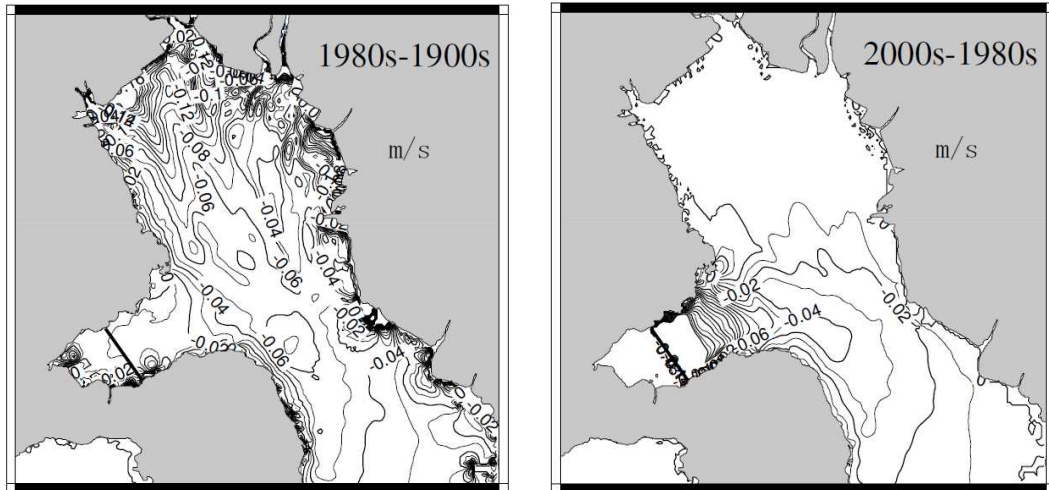
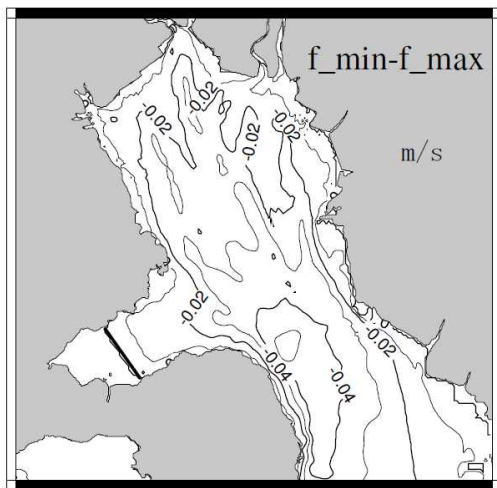


図 3.3.20 潮流流速の数値シミュレーション結果

出典：有明海・八代海総合調査評価委員会・環境省「委員会報告」(平成18年12月)



(a) 諫早湾干拓事業以前の干拓による流速の変化 (b) 諫早湾干拓事業による流速の変化



(c) 月の昇交点運動による潮汐振幅の極大期と極小期の流速の変化

図 3.3.21 数値シミュレーションによる各要因による流速の変化

出典：田井明・田中香（2014）：有明海の物理環境に関する漁業者を対象としたヒアリング結果と科学的知見の比較，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol. 70，No. 2

② 港湾による潮流流速への影響

滝川ら(2002)²¹⁾によると、熊本港建設による影響については、数値シミュレーションの結果、港の周辺で20~30cm/sの潮流流速の変化があり、潮位差への影響は港の周辺で±2cm程度との報告がある。

③ ノリ養殖施設による潮流流速への影響

滝川ら(2002)²³⁾によると、ノリ養殖施設の影響については、数値シミュレーションの結果、湾中央から湾奥にかけての海水の流動が小さくなる傾向にあること(図3.3.22)、最大潮流流速はノリ網設置地域で0.3~0.5m/sの減少、湾奥中央部で0~0.1m/sの増加が報告されている。また、有明海湾奥部における潮流と浮泥輸送に関する数値実験結果から、ノリ養殖域やその沖側前面部分ではノリ養殖施設の流体抵抗によって、潮流流速や浮泥濃度が低減、抵抗が小さい船通し部分で上昇し、ノリ養殖施設が潮流や浮泥輸送の空間構造に影響している可能性が示されている。なお、ノリ網の柵数については1960年代に急激に増加したのち、1970年以降は減少傾向にある。

山口ら(2009)²²⁾は、1985年から1998年の早津江川河口沖の観測データによる解析で、同観測地点における潮流の変化にはノリ養殖の影響が大きく、養殖期には平均で潮流流速が約23%弱まると報告している。

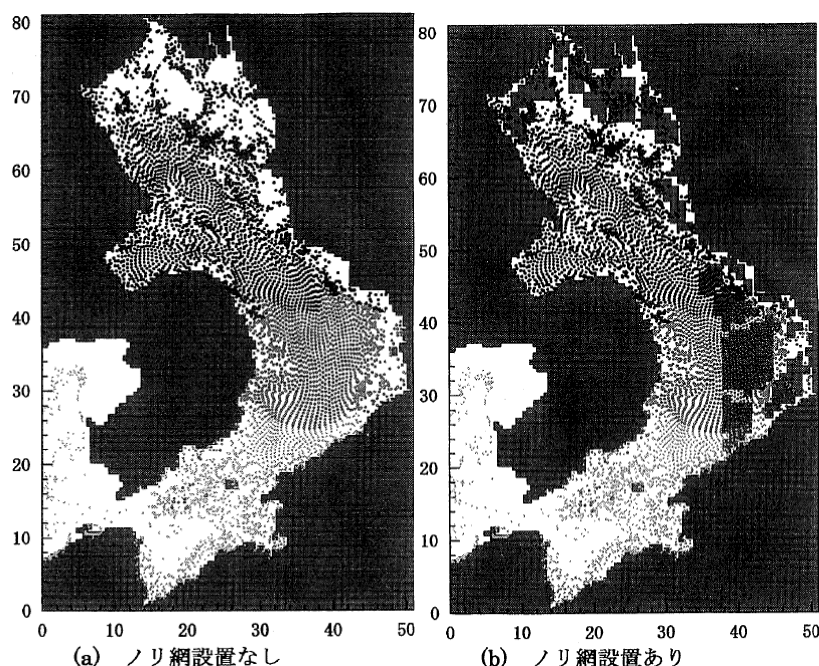


図 3.3.22 ノリ網設置の有無による流況変化(粒子追跡開始3潮汐後)

出典: 滝川清, 田淵幹修(2002): 有明海の潮汐変動特性と沿岸構造物の影響, 海岸工学論文集, 第49巻, pp.1061-1065

(2) 八代海の潮流等について

八代海は九州本土と天草諸島・長島に囲まれ、本渡瀬戸・三角瀬戸・満越瀬戸を通じて有明海と繋がり、長島瀬戸や黒之瀬戸を通じて東シナ海と繋がっている。外洋水は長島瀬戸と黒之瀬戸から流入し、流入量は黒之瀬戸に比べて長島瀬戸は4倍である。有明海と通じる三角瀬戸、満越瀬戸、本渡瀬戸では海水の交流は少ない。干満差は湾奥で4m以上となり、このため長島瀬戸での潮流流速は、大潮時には約8ノットにもなる。また、東流及び西流時に長島瀬戸等の湾口部で潮流流速が早く、北部海域ではその数分の1程度の潮流流速である。

数値シミュレーションによる夏季の平均流(2001年～2006年の各8月の平均場)をみると、表層では八代海湾中央部の東岸から湾奥部での平均流の流速が小さく、海水が停滞する傾向にあり、南西部の長島海峡からの流出と黒之瀬戸からの流入量が多い(図3.3.23)²³⁾。

また、これらの流況は、河川流入水によっても変動し、河川流量がある場合、満越瀬戸や長島瀬戸を通じて流出するような残差流となる。

なお、八代海については、1970年頃以降の潮流の変化を示す経年的な実測データは無かった。

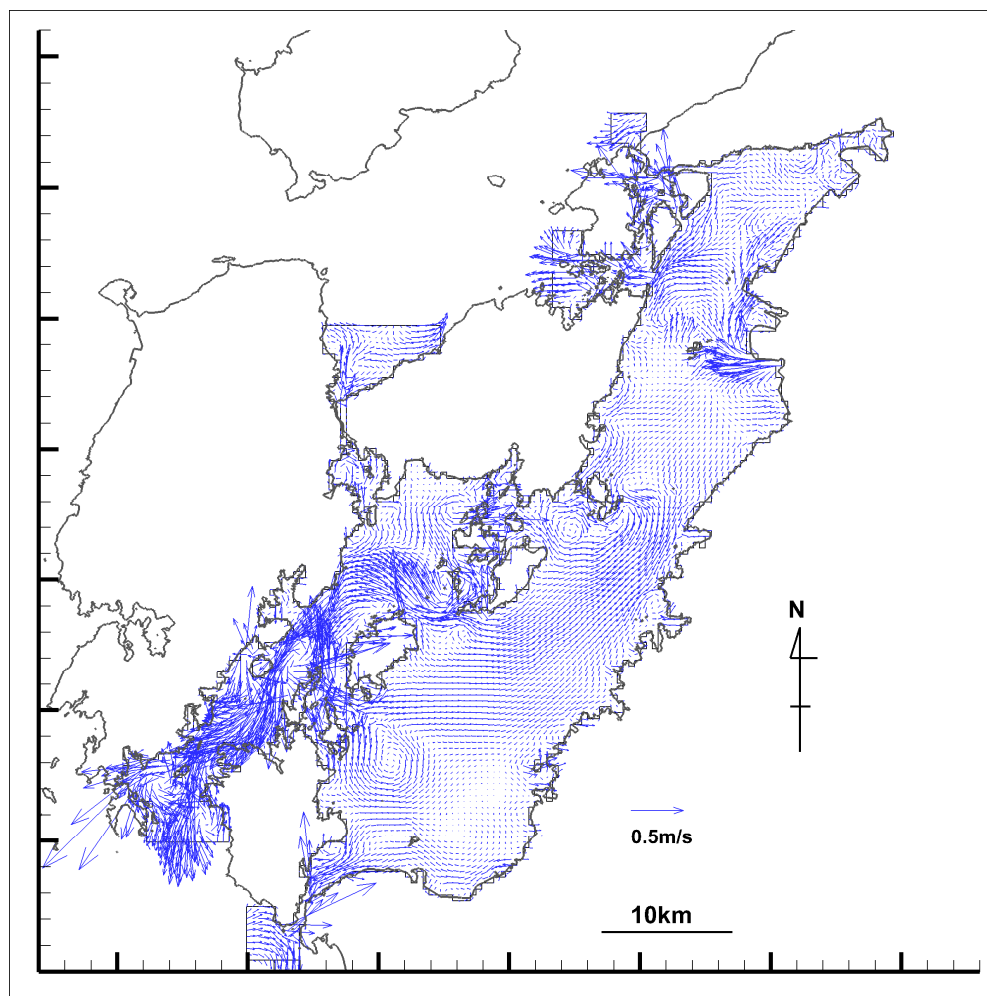


図 3.3.23 八代海における表層の平均流(平均的な夏季1ヵ月間:8月)

出典: いであ(株)・熊本大学「平成27年度八代海における環境管理方策の検討業務報告書」

田井ら (2011)²⁴⁾ によると、数値シミュレーションを用いて八代海における 1900 年代から 2000 年代の海岸線の改変に伴う潮流の変化について検討がなされた結果、湾内全域で潮流流速が低下しており、湾奥部で 30%程度、南部海域で 5~10%程度の減少が明らかとなった (図 3.3.24)。

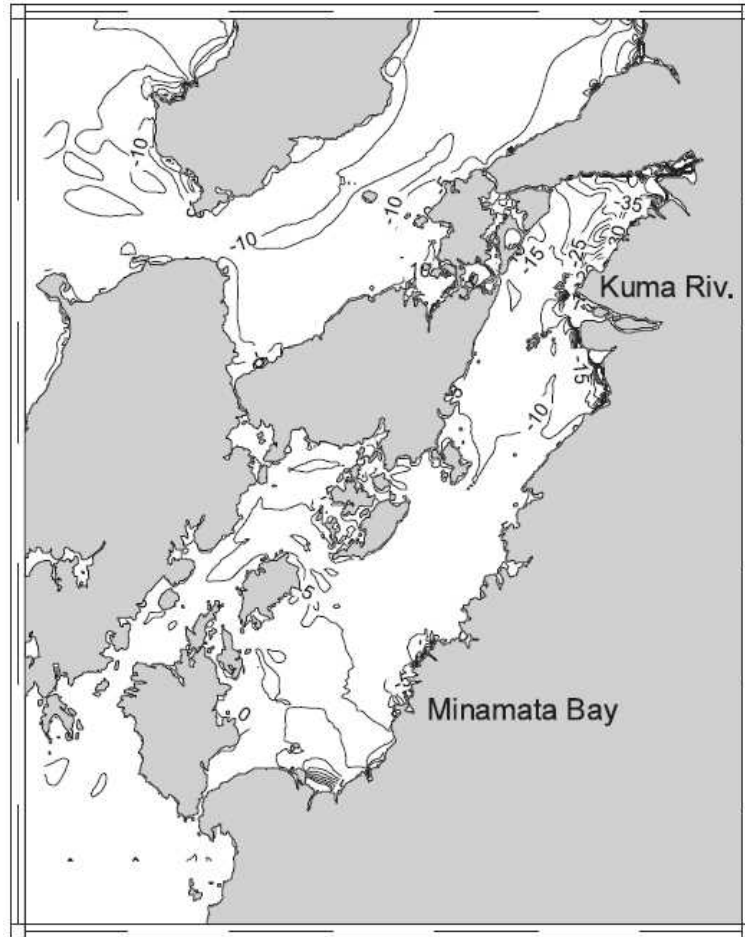


図 3.3.24 1900年代~2000年代の潮流振幅の変化率 (%)

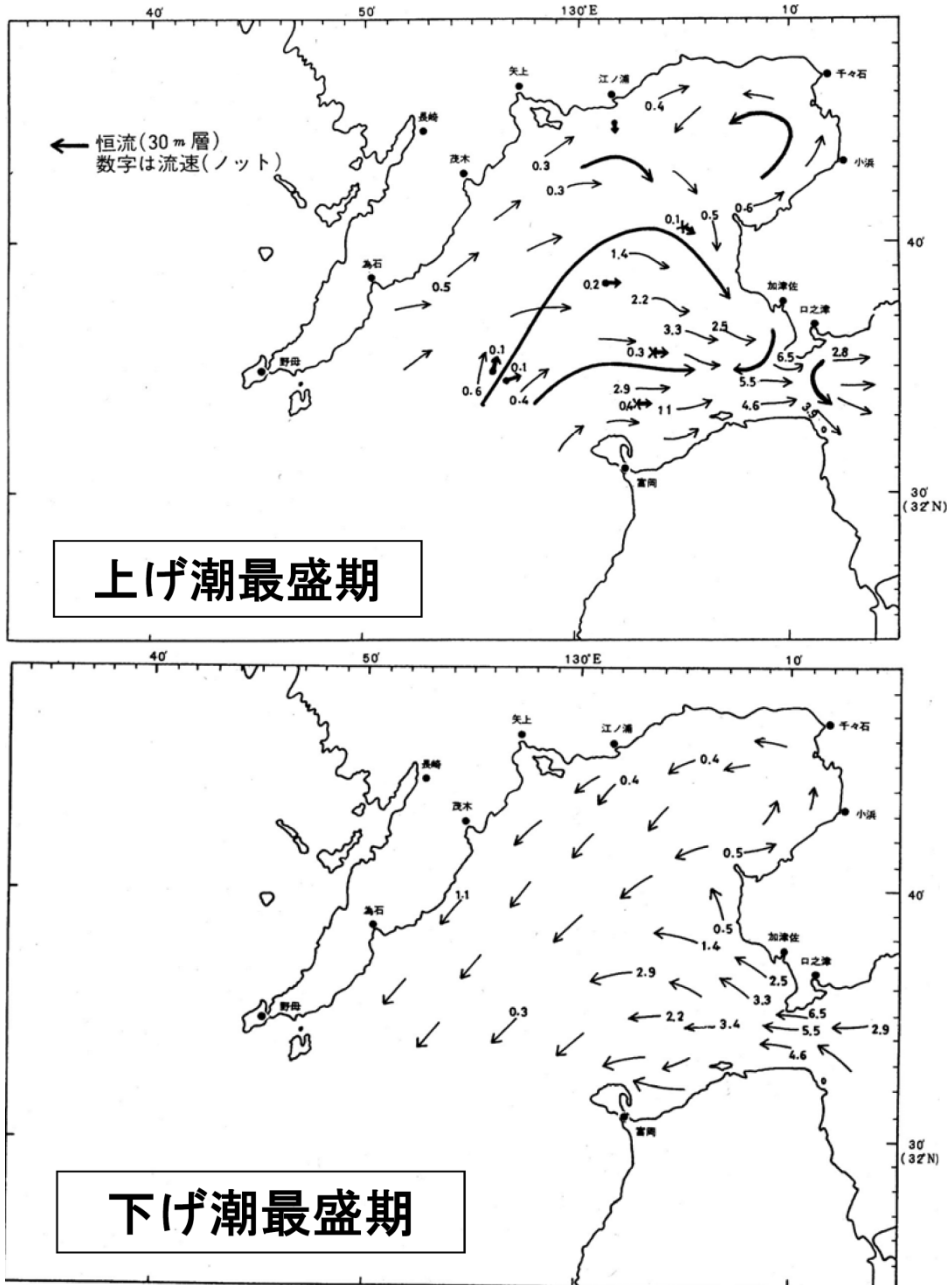
出典：田井明, 矢野真一郎, 多田彰秀, 上久保祐志, 矢野康平, 齋田倫範, 橋本彰博, 石原拓也 (2011) : 八代海における夏季の低塩分水塊の挙動ならびに過去の海岸線の変化による物理場の変化, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 67, No. 2

(3) 橘湾の流況について

橘湾は、有明海と外海水とを連結する海域であり、有明海から流出する河川系水の変動の影響を大きく受ける。

図 3.3.25 に示すとおり、下げ潮時に有明海から流出した海水は島原半島に沿って橘湾の湾奥部を左回りの環流となって通過していることがわかる。

このほか、橘湾の流況を示す研究はいくつかみられるものの（例えば、藤家ほか(2004)²⁵⁾、玉置ら(2009)²⁶⁾など）、橘湾内の海洋構造（水塊構造）の変動実態は解明されていないのが現状である。



注) 上図の細矢印は上げ潮最盛期の流況を表し、太矢印は1昼夜平均の恒流を表す。
 下図の細矢印は下げ潮最盛期の流況を表す。

図 3.3.25 橘湾における潮流と平均流(30m層)の概況

出典：第30回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料3(中田)

《まとめ》

海水面積、平均潮位の上昇ならびに潮汐振幅の減少は、潮流流速の減少につながる。

以下に示すとおり、潮汐・潮流の長期変化の主な要因としては月昇交点位置変化による影響が大きい。それ以外の変化については、1) 干拓・埋立て等による海水面積の減少並びに地形の変化、2) 平均潮位の上昇、3) 外洋の潮汐振幅の減少など様々な要因が複合的に作用することから、実際の潮汐・潮流の変化にかかる各種要因の影響の程度は明らかとなっていない。

[潮位の変動]

有明海では1日2回の満潮と干潮を迎える際の潮位差が大きく、潮位差は湾口から湾奥に向かって増大し、湾奥では大潮期には最大約6mに達する。年平均潮位差は湾奥ほど大きく、例えば、湾奥の大浦の年平均潮位差は1979年頃（潮位差約345cm）と1995年頃（同337cm）に極大、1988年頃（同325cm）に極小をもつ変動（1979年頃の極大と1988年頃の極小の差は20cm強、1988年頃の極小と1995年頃の極大の差は約12cm）が観測され、1979年頃と1995年頃の極大時を比較すると年平均潮位差が約9cm減少していた。

年平均潮位差の極大時と極小時の値の差（上述の20cm強、約12cmの差）には、月の軌道の昇交点の18.6年周期の変化（月昇交点位置変化）が最も大きな影響を及ぼしている。有明海で最も大きな分潮成分である M_2 分潮振幅の変動に関する知見によると、月昇交点位置変化の影響を除いた M_2 分潮振幅は、1970年代から現在までの過去40年間で減少しており、これが上述の極大年（1979年頃、1995年頃）における年平均潮位差の減少の主な要因と考えられる。

なお、 M_2 潮汐振幅の長期変化の要因については、1) 有明海内の海水面積の減少（内部効果）、2) 平均潮位の上昇（外部効果）、3) 外洋潮汐振幅の減少（外部効果）などが挙げられているが、その影響度合いに関する見解は異なっている。

平均潮位は、1970年以降、有明海及び外洋で上昇傾向が観測されており、八代海においても、データのある1980年以降、有明海と同様に平均潮位の上昇が観測されている。

[潮流の変化]

有明海の潮流に影響を及ぼす要因としては、1) 干拓・埋立て等による海水面積の減少並びに地形の変化、2) 平均潮位の上昇、3) 外洋の潮汐振幅の減少があげられる。これは、潮汐振幅に与える影響要因と同様であり、流体力学の基本原理である連続条件（体積保存則）から、潮汐振幅が減少すると潮流流速が減少していなければならないことに起因する。

有明海では、干拓・埋立て、海岸線の人工化（護岸化）、港湾等の人工構造物の構築、ノリ網の敷設（柵数は1970年頃をピークに減少）がなされてきた。

前述のとおり、外洋の平均潮位の上昇に伴って、有明海の内湾でも平均潮位の上昇がみられ、外洋の M_2 分潮振幅も内湾と同様に過去40年間で減少がみられる。

干拓による潮流流速への影響については、諫早湾から島原半島沿岸での流速の低

下を示す次のようなモニタリング又はシミュレーションによる観測結果や研究報告の知見がある。

- ・諫早湾内の潮流調査の実測結果(1989年(平成元年)及び1998年(平成10年)～2004年(平成16年))から、諫早湾の湾奥部、湾中部及び湾口部では堤防締切り後に潮流流速が低下する傾向がみられた。
- ・島原半島沿岸部の観測結果(1993年と2003年)から、潮流流速は約21～27%減少した。(ただし、これについては流れの分布の変化が影響した可能性も無視できない。)
- ・数値シミュレーションによると、潮流への諫早湾干拓事業の影響は諫早湾から島原半島沿いに限られ、有明海湾奥部に関しては諫早湾干拓事業による湾奥部の流速の変化は月の昇交点運動による潮汐振幅の変動の影響に比べて非常に小さい。

熊本港建設による影響については、数値シミュレーションの結果、港の周辺で20～30cm/sの潮流流速の変化があり、潮位差への影響は港の周辺で±2cm程度との報告がある。

ノリ養殖施設の影響については、有明海奥部における潮流流速の観測から、早津江川河口沖では養殖期に平均で流速が約23%弱まるとの報告がある。なお、ノリ網の柵数については1960年代に急増したのち、1970年以降は減少傾向にある。

平均流については、有明海では河川水の流入量の変動や風の影響が大きい。湾奥部では、全体として反時計回りの環流がみられ、夏季を中心に上層で流出、下層で流入のエスチュアリー循環(密度流)が発達し、上層では湾奥部から湾口部、下層では湾口部から湾奥部への流れとなっている。風による影響については、吹送流に関する既存の報告では、検討の対象期間によって、その影響の程度が異なる場合がある。

平均流は、地形など場所毎の条件に加え、河川水の流入、水温、風などの変動の影響を受けるため、長期的な変化とその要因を単純に評価することはできない。

八代海については、1970年頃以降の潮流・平均流の経年的な変化を示す実測データは無かった。

参考文献

- 1) 武岡英隆(2003): 有明海におけるM2潮汐の変化に関する論議へのコメント, 沿岸海洋研究, 第41巻, 第1号, pp. 61-64
- 2) 滝川清・田淵幹修(2002): 有明海の潮汐変動特性と沿岸構造物の影響, 海岸工学論文集, 第49巻, pp. 1061-1065
- 3) 田井明、斎田倫範、矢野真一郎、小松利光(2010): 潮汐振幅の全球的な長期変化, ながれ, 第29巻, pp. 427-431
- 4) 宇野木早苗(2004): 有明海の潮汐・潮流の変化に関わる科学的問題と社会的問題, 沿岸海洋研究, 第42巻, 第1号, pp. 85-94
- 5) 農林水産省九州農政局(2003)「諫早湾干拓事業開門総合調査報告書」

- 6) 田井明・矢野真一郎 (2008) : 外海を基準とした有明海の M2 潮増幅率の変動特性と諫早湾潮受け堤防建設による影響, 海の研究, 17(3), pp205-211
- 7) 滝川清・田中健路・森英次・渡辺枢・外村隆臣・青山千春 (2004) : 八代海の環境変動の要因分析に関する研究, 海岸工学論文集, 第 51 巻, pp916-920
- 8) 坪野孝樹・吉井匠・松山昌史・坂井伸一・多田彰秀 (2009) : 海陸風と海洋レーダで観測された諫早湾口周辺の表層の日周期潮流速, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. B2-65, No. 1, pp401-405
- 9) 小田巻実・大庭幸広・柴田宣昭 (2003) : 有明海の潮流新旧比較観測結果について, 海洋情報部研究報告, 第 39 号, pp. 33-61
- 10) 小松利光・矢野真一郎・齋田倫範・田井明 (2006) : 有明海の潮流ならびに物質輸送の変化に関する研究, 海岸工学論文集, 第 53 号, pp. 326-330
- 11) 独立行政法人水産総合研究センター 西海区水産研究所 (2004) 「第 9 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-2 行政特別研究 有明海の海洋環境の変化が生物生産に及ぼす影響の解明について」ほか
- 12) 万田敦昌・兼原壽生・青島隆・筒井博信・木下幸・中田英明・柳哲雄 (2006) : 有明海中央部における物質輸送過程の季節変動, 海の研究, 15(6), pp. 465-477
- 13) 井下恭次・藤家亘・矢永純一・武元将忠・小野英治・白谷栄作 (2016) : 有明海湾奥部に流入した筑後川河川水の挙動に及ぼす吹送流の影響について, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 72, No. 2
- 14) 農林水産省農村振興局 (2004) 「第 8 回有明海・八代海総合調査評価委員会 資料-3 諫早湾干拓事業 開門総合調査に係る補足説明」
- 15) 灘岡和夫, 花田岳 (2002) : 有明海における潮汐振幅減少要因の解明と諫早堤防締め切りの影響, 海岸工学論文集, 第 49 巻, pp. 401-405
- 16) 矢野真一郎・西村圭右 (2014) : 諫早湾干拓事業が与えた有明海の塩淡水バロクリニック構造への影響に関する検討, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 70, No. 2
- 17) 矢野真一郎・西村圭右・Camilla RANLUND (2015) : 諫早湾干拓締め切堤による鉛直混合能の変化が有明海の塩淡水成層構造に与えた影響, 土木学会論文集 B2 (海洋工学), Vol. 71, No. 2, pp1243-1248
- 18) 西ノ首英之, 小松利光, 矢野真一郎, 齋田倫範 (2004) : 諫早湾干拓事業が有明海の流動構造へ及ぼす影響の評価, 海岸工学論文集, 第 51 巻, 第 1 号, pp. 336-340
- 19) 千葉賢・武本行正 (2002) : 諫早湾潮受け堤防の影響評価のための潮位観測値の分析と流況数値解析, 四日市大学環境情報論文, 第 5 巻, 第 1・2 号合併号, pp39-70
- 20) 田井明・田中香 (2014) : 有明海の物理環境に関する漁業者を対象としたヒアリング結果と科学的知見の比較, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 70, No. 2, pp1014-1019
- 21) 滝川清・田淵幹修 (2002) : 有明海の潮汐変動特性と沿岸構造物の影響, 海岸工学論文集, 第 49 巻, pp. 1061-1065
- 22) 山口創一・濱田孝治・速水祐一・瀬口昌洋・大串浩一郎 (2002) : 有明海奥部筑後川河口沖における流れの季節および経年変動, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. B2-65, No. 1, 436-440
- 23) いであ(株)・熊本大学「平成 27 年度八代海における環境管理方策の検討業務報告書」
- 24) 田井明・矢野真一郎・多田彰秀・上久保祐志・矢野康平・齋田倫範・橋本彰博・石原拓也 (2011) : 八代海における夏季の低塩分水塊の挙動ならびに過去の海岸線の変化による物理場の変化, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 67, No. 2
- 25) 藤家亘・柳哲雄・玉置昭夫・松野健 (2004) : 富岡干潟におけるハルマンスナモグリ幼生の回帰戦略の数値モデルによる解析, 海の研究, 13(4), pp371-387
- 26) 玉置昭夫・万田敦昌・大橋智志・Sumit Mandal・浜口昌巳 (2009) : 橘湾および有明海湾口部の砂質干潟に生息するハルマンスナモグリ (十脚甲殻類スナモグリ科)・イボキサゴ (腹足類ニシキウズガイ科) 幼生の輸送, 沿岸海洋研究, 第 46 巻, 第 2 号, pp119-126

4. 水質

(1) 水質環境基準達成率の推移

ア) COD

COD の環境基準達成率ⁱ (図 3.4.1) について、有明海では、1974 年度 (昭和 49 年度) 以降、80%以上で推移している。八代海では、1996 年度 (平成 8 年度) までは達成率が高く、100%の年もあったが、それ以降は若干低下し、60~90%で推移している。橘湾ⁱⁱでは 30~100%と変動が大きいものの、100%の年が他の海域より多く見られる。

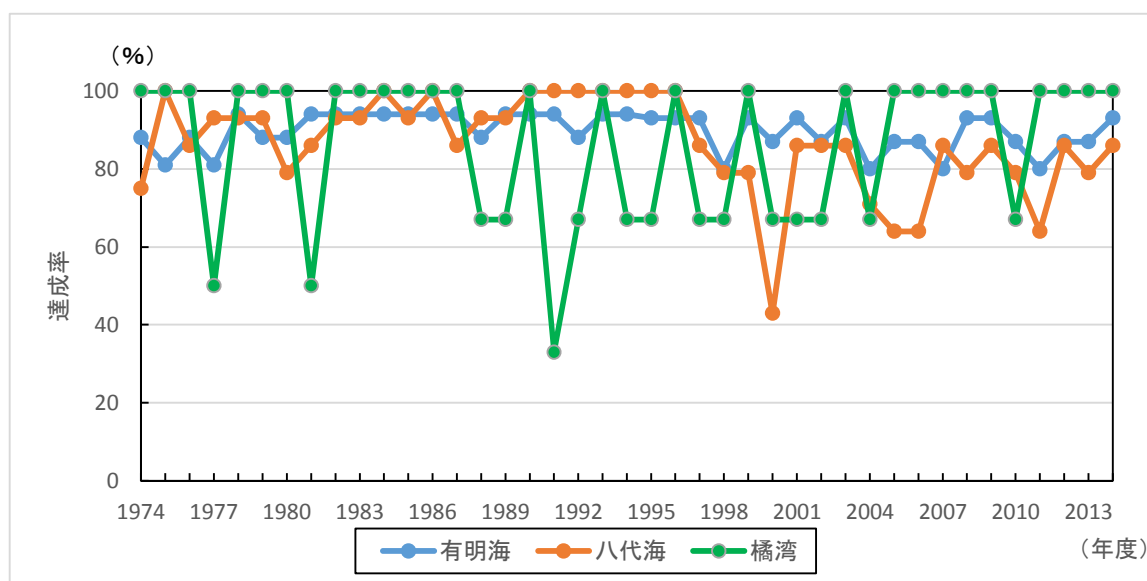


図 3.4.1 有明海、八代海及び橘湾の環境基準達成率の推移：COD

資料：「平成 26 年度公共用水域水質測定結果」(平成 27 年 12 月、環境省水・大気環境局)、公共用水域水質測定結果 (長崎県、熊本県)

イ) 全窒素及び全燐

全窒素及び全燐の環境基準の達成率ⁱ (図 3.4.2) については、有明海では、比較的達成率が低く、2006 年度以降は 40%で推移している。八代海では近年は 75~100%で推移している。なお、橘湾では全窒素及び全燐の類型指定はされていない。

ⁱ環境基準達成率 (%) = (達成水域数 / 類型指定水域数) × 100

全窒素及び全燐はともに環境基準を満足している場合に、達成水域とした。

ⁱⁱ橘湾は、「有明海及び八代海等を再生するための特別措置に関する法律」(平成 14 年法律第 120 号) による水域での環境基準達成率を算出した。橘湾の類型は全域 A 類型である。

全窒素（T-N）（図 3.4.3）については、有明海では 2007 年度以降 80%以上で推移しており、直近年の 2014 年度は 100%である。八代海では 2003 年度以降は全て 100%である。

全磷（T-P）（図 3.4.4）については、有明海では 2006 年度以降は全て 40%である。八代海では、2009 年度に一時的に 50%となったものの、その他の年は 75%以上で推移しており、直近年の 2014 年度は 100%である。

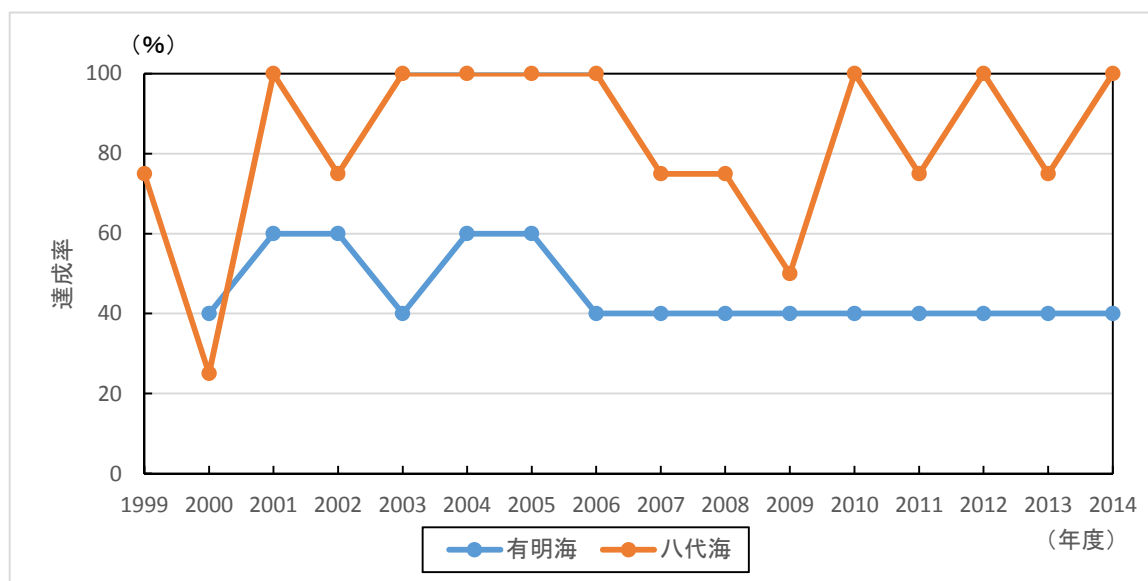


図 3.4.2 有明海及び八代海の環境基準達成率の推移：全窒素及び全磷

資料：「平成 26 年度公共用水域水質測定結果」（平成 27 年 12 月、環境省水・大気環境局）

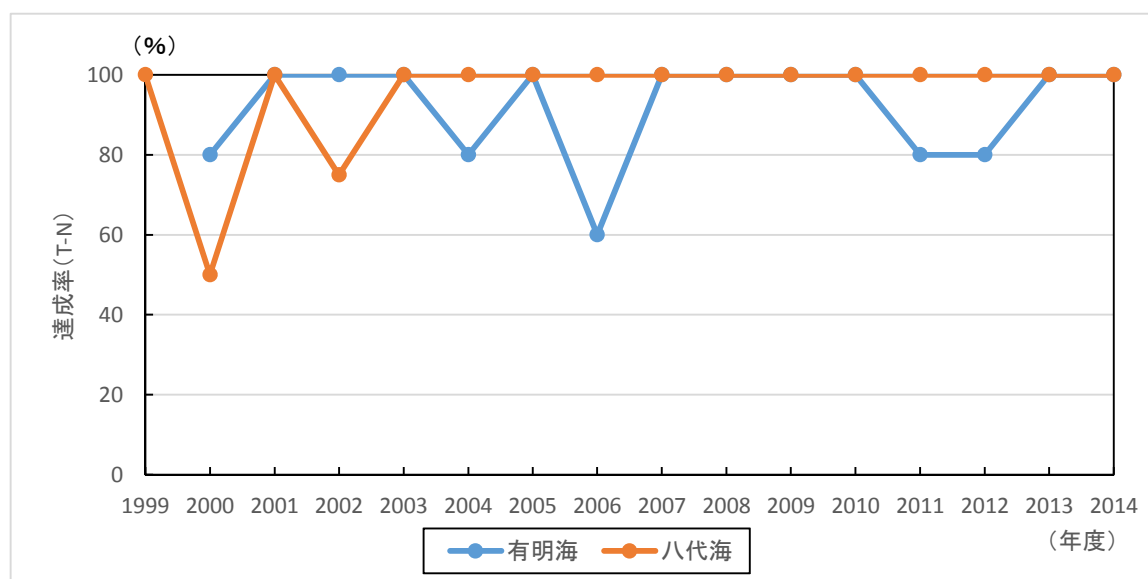


図 3.4.3 有明海及び八代海の環境基準達成率の推移：全窒素

資料：「平成 26 年度公共用水域水質測定結果」（平成 27 年 12 月、環境省水・大気環境局）

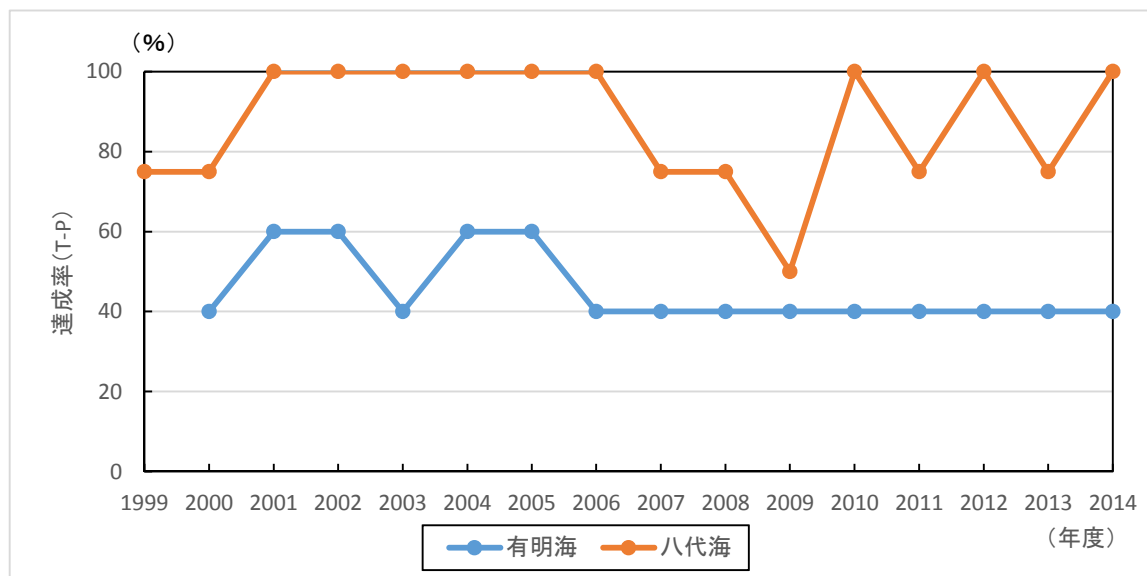
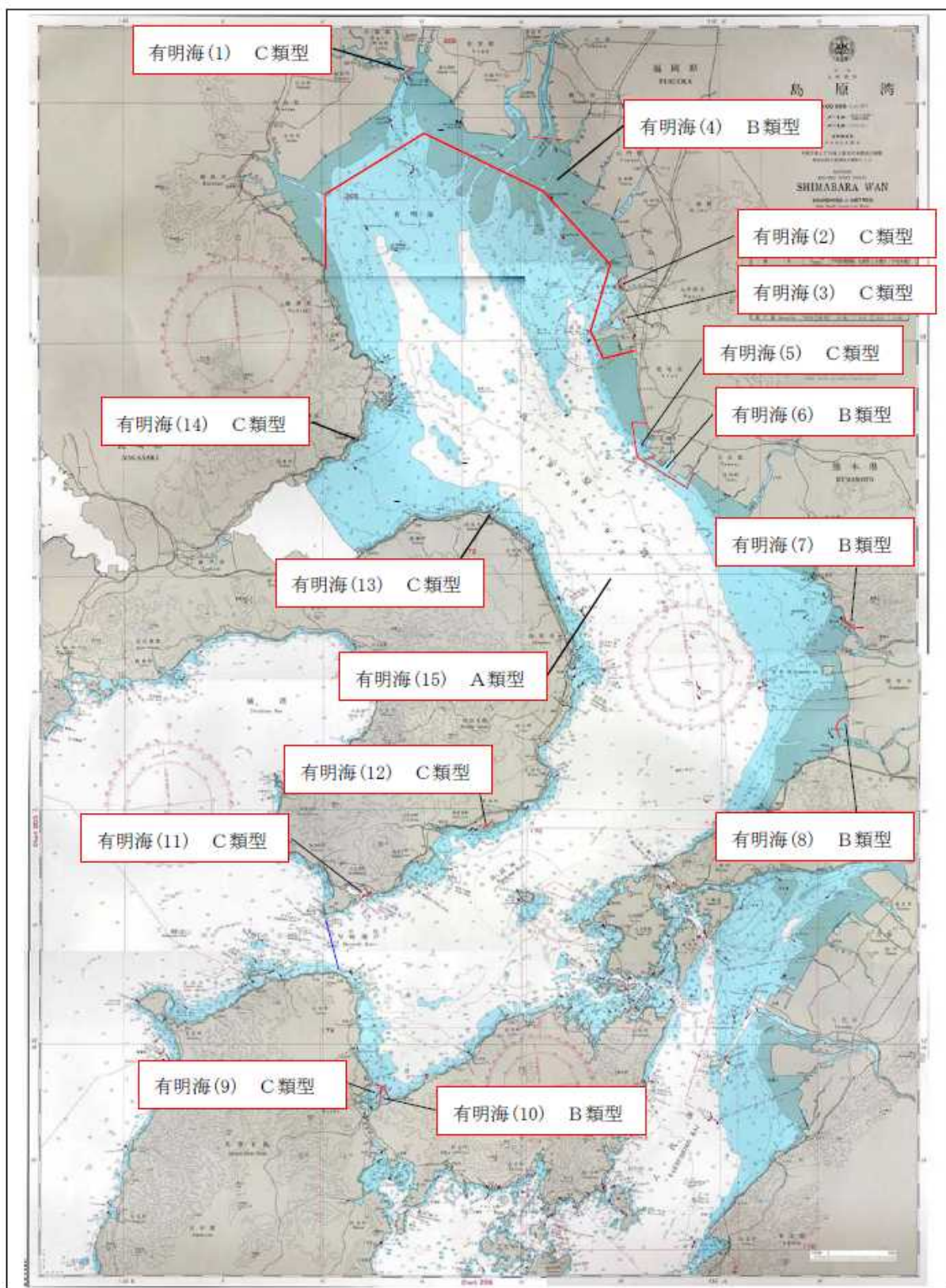


図 3.4.4 有明海及び八代海の環境基準達成率の推移：全磷

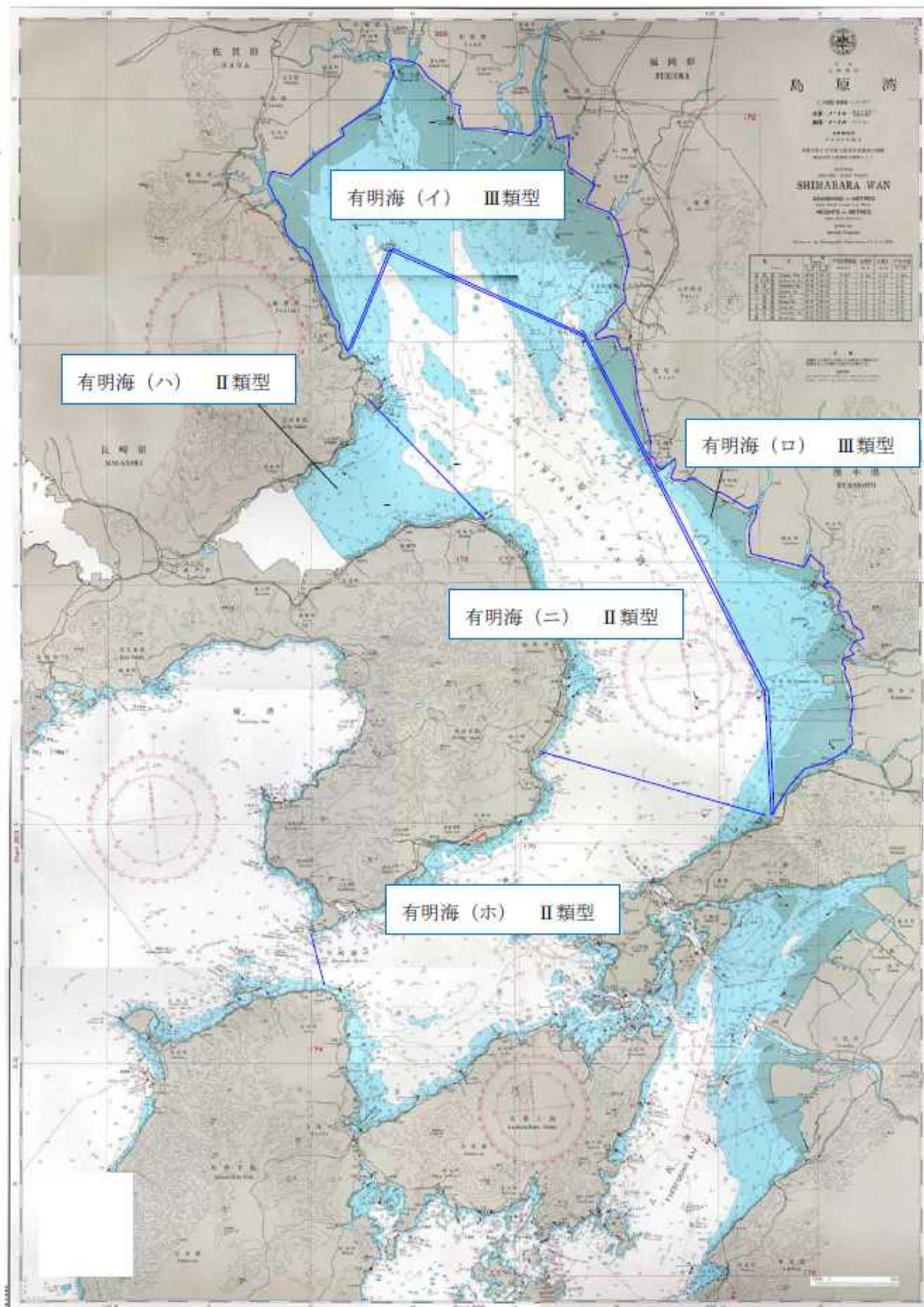
資料：「平成 26 年度公共用水域水質測定結果」（平成 27 年 12 月、環境省水・大気環境局）



<凡例>

□ COD の水域名 - COD 水域区分

図 3.4.5 有明海の COD の類型指定状況



<凡例>

□：全窒素、全りんの水域名 —：全窒素、全りん水域区分

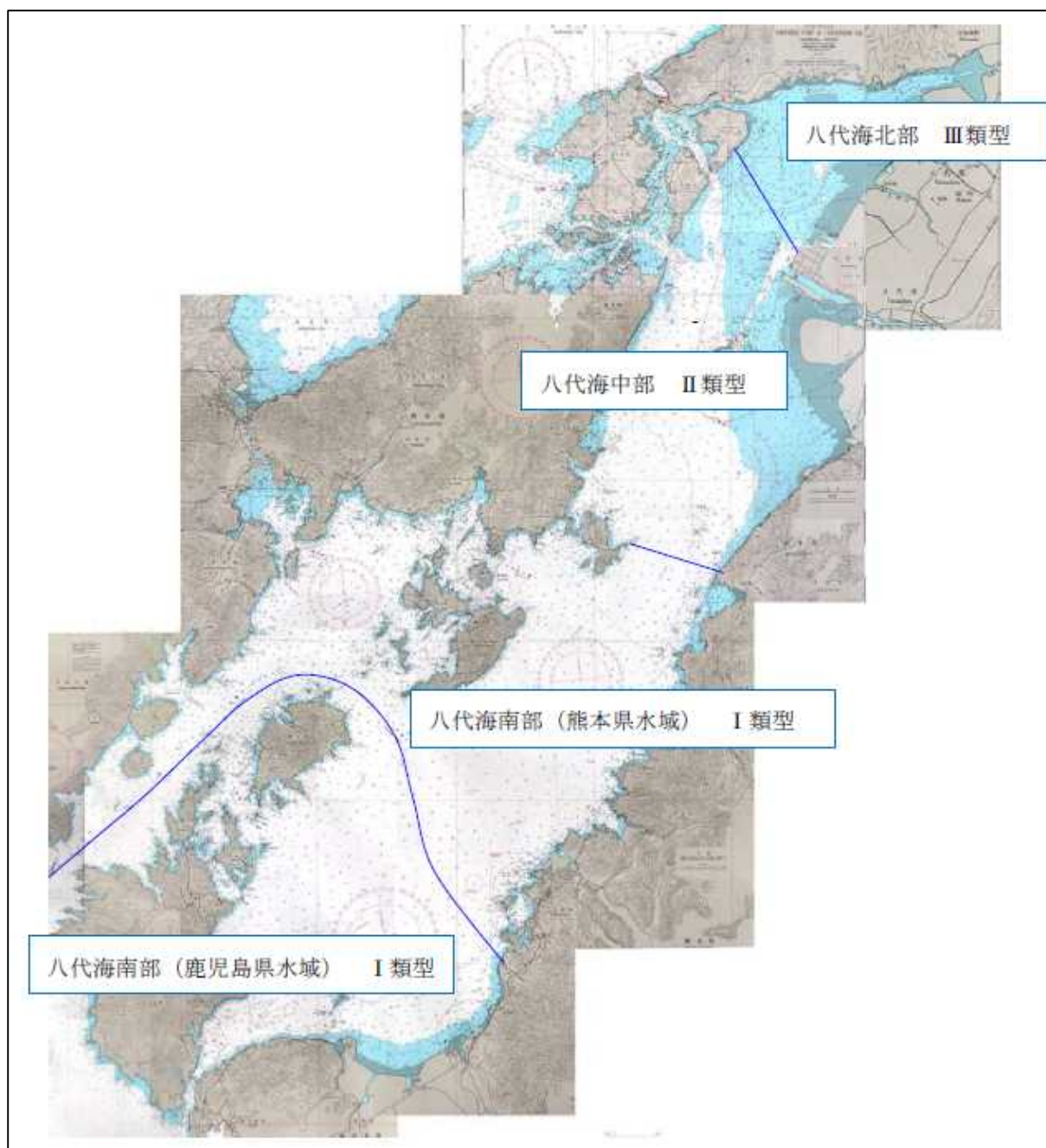
図 3.4.6 有明海の全窒素・全燐の類型指定状況



<凡例>

□ : COD の水域名 - : COD 水域区分

図 3.4.7 八代海の COD の類型指定状況



<凡例>

□ : 全窒素、全りんの水域名 — : 全窒素、全りん水域区分

図 3.4.8 八代海の全窒素・全磷の類型指定状況

(2) 水質の動向

1970年頃から現在までの水質の経年変化を公共用水域水質測定結果及び浅海定線調査結果から整理した。水質の主な変動傾向を表3.4.1から表3.4.4に示す。

なお、基本として1970年頃から現在までのデータを対象として整理しているが、この期間のデータがない項目については、データがある期間を対象として整理している（詳細は表3.4.5から表3.4.8、図3.4.11から図3.4.15のとおり。）。

表 3.4.1 有明海における水質の主な変動傾向

	水質の主な変動傾向
COD (上層)	直近5年間の年平均値は0.8~3.5mg/L。12測点のうち、4測点（有明海湾奥奥部の一部及び有明海諫早湾）で有意な減少傾向。1測点（有明海湾奥奥部の一部）で有意な増加傾向。他の7測点では有意な変化傾向はみられない。なお、統計的に有意ではないが、変化の割合が大きい減少傾向が1測点（有明海中央東部の一部）においてみられる。
T-N (上層)	直近5年間の年平均値は0.2~0.7mg/L。12測点のうち、2測点（有明海湾奥奥部の一部）で有意な減少傾向（特に1980年代前半の減少率が高い）。1測点（有明海湾口部の一部）で有意な増加傾向。他の9測点では有意な変化傾向はみられない。なお、統計的に有意ではないが、変化の割合が大きい増加傾向が1測点（有明海中央東部の一部）、減少傾向が1測点（有明海中央東部の一部）においてみられる。
T-P (上層)	直近5年間の年平均値は0.02~0.18mg/L。12測点のうち、3測点（有明海湾奥奥部の一部及び有明海湾口部）で有意な増加傾向。1測点（有明海湾奥奥部の一部）で有意な減少傾向。また、1測点（有明海湾奥奥部の一部）でも有意な増加傾向がみられるが、変化の割合は10年間で10%未満。他の7測点では有意な変化傾向はみられない。なお、統計的に有意ではないが、変化の割合が大きい増加傾向が2測点（有明海中央東部）、減少傾向が1測点（有明海諫早湾）においてみられる。4測点（有明海湾奥奥部及び有明海湾奥東部）において1980年代前半の減少率が高い傾向が見られた。
水温 (上層)	直近5年間の年平均値は17.5~20.0℃。12測点のうち、4測点（有明海湾奥奥部の一部及び有明海中央東部）で有意な昇温傾向。1測点（有明海湾口部の一部）で有意な降温傾向がみられるが、変化の割合は10年間で0.25℃未満。他の7測点では有意な変化傾向はみられない。
塩分 (上層)	直近5年間の年平均値は25.0~34.3。10測点のうち、3測点（有明海湾奥奥部の一部）で有意な上昇傾向がみられ、変化の割合は10年間で3%程度。他の7測点では有意な傾向はみられない。
SS (上層)	直近5年間の年平均値は1.0~82.8mg/L。7測点のうち、3測点（有明海湾奥奥部の一部及び有明海湾奥東部）で有意な減少傾向。他の4測点では有意な変化傾向はみられない。5測点（有明海湾奥奥部及び有明海湾奥東部）において1980年代前半の減少率が高い傾向が見られた。
透明度	直近5年間の年平均値は0.4~9.4m。11測点のうち、1測点（有明海中央東部の一部）で有意な上昇傾向。また、6測点（有明海湾奥奥部の一部、有明海湾奥西部、有明海中央東部及び有明海湾口部の一部）でも有意な上昇傾向がみられるが、変化率は10年間で10%未満。他の4測点では有意な変化傾向はみられない。

注) 1. 有意水準は5%(回帰検定)。「変化の割合が大きい」基準は変化の割合が10年間で10%(水温については0.25℃)以上。

2. CODの測定方法は、時期・測点により測定法（酸性法、アルカリ法）が異なる。
3. 熊本県のCODについては、酸性法で測定が行われている1998年以降を対象に回帰分析を行った。また、瀬詰崎沖（長崎）及び島原沖（長崎）のCODについても、酸性法で測定が行われている2000年以降を対象に回帰分析を行った。
4. 水温、塩分、COD、T-N、T-P、SSは公共用水域水質測定結果、透明度は公共用水域水質測定結果及び浅海定線調査結果から取りまとめた。

表 3.4.2 八代海における水質の主な変動傾向

	水質の主な変動傾向
COD (上層)	直近5年間の年平均値は0.9~2.8mg/L。3測点のうち、1測点（八代海湾口東部）で有意な増加傾向がみられるが、変化の割合は10年間で10%未満。他の2測点では有意な変化傾向はみられない。なお、統計的に有意ではないが、変化の割合が大きい増加傾向が1測点（八代海湾奥部）でみられる。
T-N (上層)	直近5年間の年平均値は0.1~0.5mg/L。3測点のうち、1測点（八代海湾口東部）で有意な減少傾向。他の2測点では有意な変化傾向はみられない。なお、統計的に有意ではないが、変化の割合が大きい減少傾向が1測点（球磨川河口部）でみられる。
T-P (上層)	直近5年間の年平均値は0.01~0.07mg/L。3測点のうち、1測点（八代海湾奥部）で有意な増加傾向。他の2測点では有意な変化傾向はみられない。なお、統計的に有意ではないが、変化の割合が大きい増加傾向が1測点（球磨川河口部）でみられる。
水温 (上層)	直近5年間の年平均値は18.7~21.5℃。3測点のうち、2測点（八代海湾奥部及び球磨川河口部）で有意な昇温傾向。他の1測点では有意な変化傾向はみられない。
塩分 (上層)	直近5年間の年平均値は27.1~33.2。全3測点において有意な変化傾向はみられない。
SS (上層)	直近5年間の年平均値は3.1~37.6mg/L。測点は熊本県の1ヶ所のみであり、有意な変化傾向はみられない。
透明度	直近5年間の年平均値は0.9~13.1m。3測点のうち、1測点（球磨川河口部）で有意な上昇傾向。1測点（八代海湾奥部）で有意な低下傾向。1測点（八代海湾口東部）では透明度がおおむね10m以上と高いものの年変動が大きく、有意な変化傾向はみられない。

- 注) 1. 有意水準は5%(回帰検定)。「変化の割合が大きい」基準は変化の割合が10年間で10%(水温については0.25℃)以上。
2. 熊本県のCODについては、酸性法で測定が行われている1998年以降を対象に回帰分析を行った。
 3. 公共用水域水質測定結果から取りまとめた。

表 3.4.3 橘湾における水質の主な変動傾向

	水質の主な変動傾向
COD (上層)	直近5年間の年平均値は1.0~1.9mg/L。6測点のうち、3測点(有喜漁港、加津佐漁港)で有意な増加傾向。1測点(小浜港)で有意な増加傾向、別の1測点(茂木港)では有意な減少傾向がみられるが、変化率は10年間で10%未満。他の2測点では有意な変化傾向はみられない。
水温 (上層)	直近5年間の年平均値は17.6~20.8℃。6測点のうち、1測点(為石漁港)で有意な昇温傾向。他の5測点では有意な変化傾向はみられない。なお、統計的に有意ではないが、変化の割合が大きい増加傾向が1測点(小浜港)でみられる。
塩分 (上層)	直近5年間の年平均値は30.7~34.3。全6測点において有意な変化傾向はみられない。
透明度	直近5年間の年平均値は3.2~10.5m。6測点のうち、加津佐港以外の5測点で有意な上昇傾向。1測点(加津佐港)では有意な変化傾向はみられない。

注) 1. 有意水準は5%(回帰検定)。「変化の割合が大きい」基準は変化の割合が10年間で10%(水温については0.25℃)以上。

2. 公共用水域水質測定結果から取りまとめた。

表 3.4.4 牛深港における水質の主な変動傾向

	水質の主な変動傾向
COD (上層)	直近5年間の年平均値は1.3~1.5mg/L。全2測点において有意な上昇傾向。
T-N (上層)	直近5年間の年平均値は0.1~0.2mg/L。2測点のうち、1測点で有意な減少傾向。なお、統計的に有意ではないが、変化の割合が大きい減少傾向が他の1測点でみられる。
T-P (上層)	直近5年間の年平均値は0.02mg/L。全2測点において有意な変化傾向はみられない。なお、統計的に有意ではないが、変化の割合が大きい増加傾向が1測点でみられる。
水温 (上層)	直近5年間の年平均値は19.6~21.8℃。2測点のうち、1測点で有意な昇温傾向。他の1測点では有意な変化傾向はみられない。
塩分 (上層)	直近5年間の年平均値は32.8~33.8。全2測点において有意な変化傾向はみられない。
透明度	直近5年間の年平均値は9.7~15.5m。特に牛深港地先ではおおむね透明度が10m以上と高いものの、年変動が大きく、港内と同じ程度の透明度となる場合もある。全2測点において有意な変化傾向はみられない。

注) 1. 有意水準は5%(回帰検定)。「変化の割合が大きい」基準は変化の割合が10年間で10%(水温については0.25℃)以上。

2. CODについては、酸性法で測定が行われている1998年以降を対象に回帰分析を行った。

3. 公共用水域水質測定結果から取りまとめた。

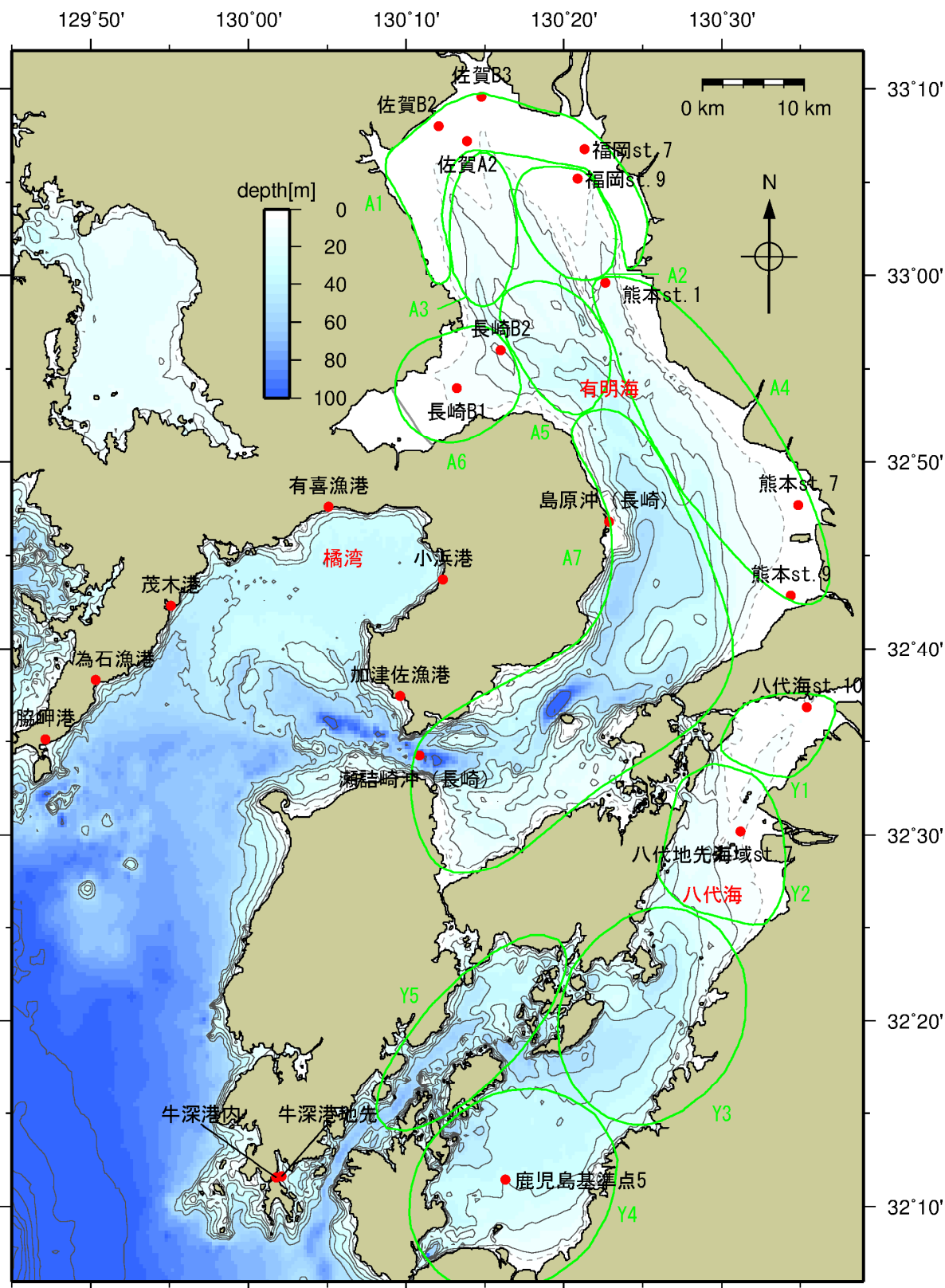


図 3.4.9 公共用水域水質測定結果の整理を行った測点

注) 図中の有明海、八代海の緑色の範囲は海域区分を示す。なお、海域区分の考え方等は「4章 2. 海域区分」に示す。

- | | | |
|----------------|----------------|----------------|
| A 1 海域…有明海湾奥奥部 | A 2 海域…有明海湾奥東部 | A 3 海域…有明海湾奥西部 |
| A 4 海域…有明海中央東部 | A 5 海域…有明海湾中部 | A 6 海域…有明海諫早湾 |
| A 7 海域…有明海湾口部 | Y 1 海域…八代海湾奥部 | Y 2 海域…球磨川河口部 |
| Y 3 海域…八代海湾中部 | Y 4 海域…八代海湾口東部 | Y 5 海域…八代海湾口西部 |

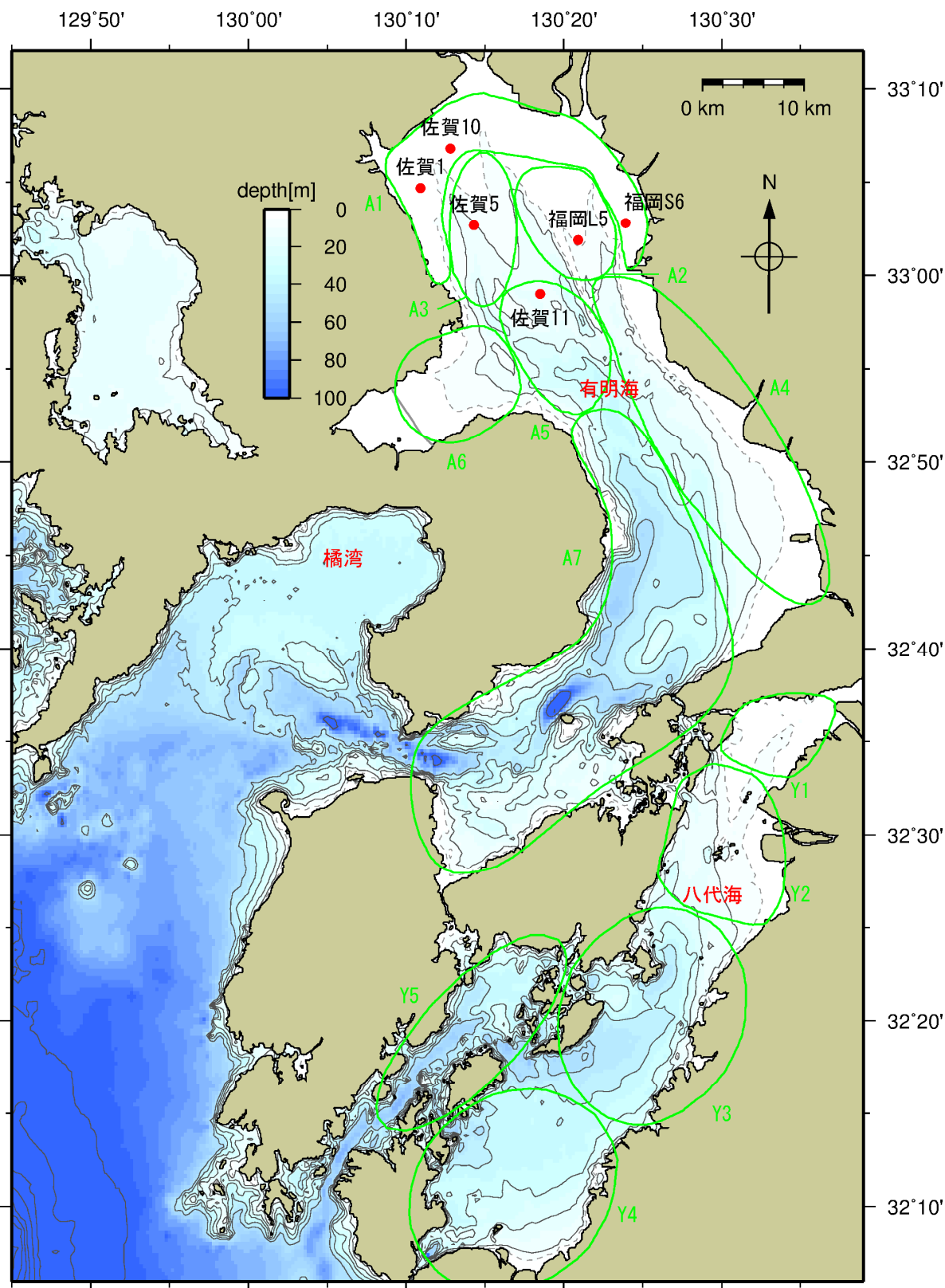


図 3.4.10 浅海定線調査結果の整理を行った測点

注) 図中の有明海、八代海の緑色の範囲は海域区分を示す。なお、海域区分の考え方等は「4章 2. 海域区分」に示す。

- | | | |
|----------------|----------------|----------------|
| A 1 海域…有明海湾奥奥部 | A 2 海域…有明海湾奥東部 | A 3 海域…有明海湾奥西部 |
| A 4 海域…有明海中央東部 | A 5 海域…有明海湾中部 | A 6 海域…有明海諫早湾 |
| A 7 海域…有明海湾口部 | Y 1 海域…八代海湾奥部 | Y 2 海域…球磨川河口部 |
| Y 3 海域…八代海湾中部 | Y 4 海域…八代海湾口東部 | Y 5 海域…八代海湾口西部 |

表 3.4.5(1) 回帰分析結果（公共用水域水質測定）：有明海

		COD	T-N	T-P	水温	塩分	SS
A1海域 (有明海湾奥奥部)	佐賀B2	--	-	+	-	+	--
	佐賀B3	--	-	++	-	+	-
	福岡 st.7	-	--	-	++	+	-
	佐賀A2	++	-	+	-	+	--
A2海域 (有明海湾奥東部)	福岡 st.9	-	--	--	+	-	--
A4海域 (有明海中央東部)	熊本 st.1	-**	--**	++**	++	-**	
	熊本 st.7	-**	-**	+**	++		
	熊本 st.9	--**	++**	++**	++		
A6海域 (有明海諫早湾)	長崎B1	--*	-*	-*	-*	+	
	長崎B2	--*	-*	--*	-*	-*	
A7海域 (有明海湾口部)	瀬詰崎沖(長崎)	-**	+	++	+	-	-
	島原沖(長崎)	+**	++*	++	-	-	-

- 注) 1. ■、■で網掛けしている項目は、有意水準 5%で有意な変化傾向が認められたことを示す。■はデータなし・不足等による評価対象外であることを示す。
2. 近似一次回帰式の傾きが 10 年間あたりで全データの算術平均の 10%以上の増加、減少(水温については 0.25℃の昇温、降温)がある場合は”++”、“--”とし、それに満たない場合は”+”、“-”とした。
3. 熊本県の COD については、酸性法で測定が行われている 1998 年以降を対象に回帰分析を行った。また、瀬詰崎沖(長崎)及び島原沖(長崎)の COD についても、酸性法で測定が行われている 2000 年以降を対象に回帰分析を行った。
4. 熊本県の T-N、T-P は 1999 年以降採水方法を変更したため、1999 年以降を対象に回帰分析を行った。
5. *を付したものは 1990 年前後から現在までの期間の評価であり、**を付したものは 2000 年前後から現在までの期間の評価を示す。なお、2000 年以降から測定が開始された項目のうち、データ数が少ない項目については評価対象外とした。

資料：公共用水域水質測定結果（福岡県、熊本県、長崎県、佐賀県）

表 3.4.5(2) 回帰分析結果（浅海定線調査、公共用水域水質測定）：有明海

		透明度
A1海域 (有明海湾奥奥部)	福岡S6	+
	佐賀1	+
	佐賀10	+
A2海域 (有明海湾奥東部)	福岡L5	+
A3海域 (有明海湾奥西部)	佐賀5	+
A4海域 (有明海中央東部)	熊本st.1	+
	熊本st.7	+
	熊本st.9	++
A5海域 (有明海湾央部)	佐賀11	+
A7海域 (有明海湾口部)	瀬詰崎沖(長崎)	+
	島原沖(長崎)	-

- 注) 1. ■、■で網掛けしている項目は、有意水準5%で有意な変化傾向が認められたことを示す。
 2. 近似一次回帰式の傾きが10年間あたりで全データの算術平均の10%以上の上昇、低下がある場合は“++”、“--”とし、それに満たない場合は“+”、“-”とした。

資料：公共用水域水質測定結果（福岡県、熊本県、長崎県、佐賀県）
 浅海定線調査結果（福岡県、熊本県、長崎県、佐賀県）

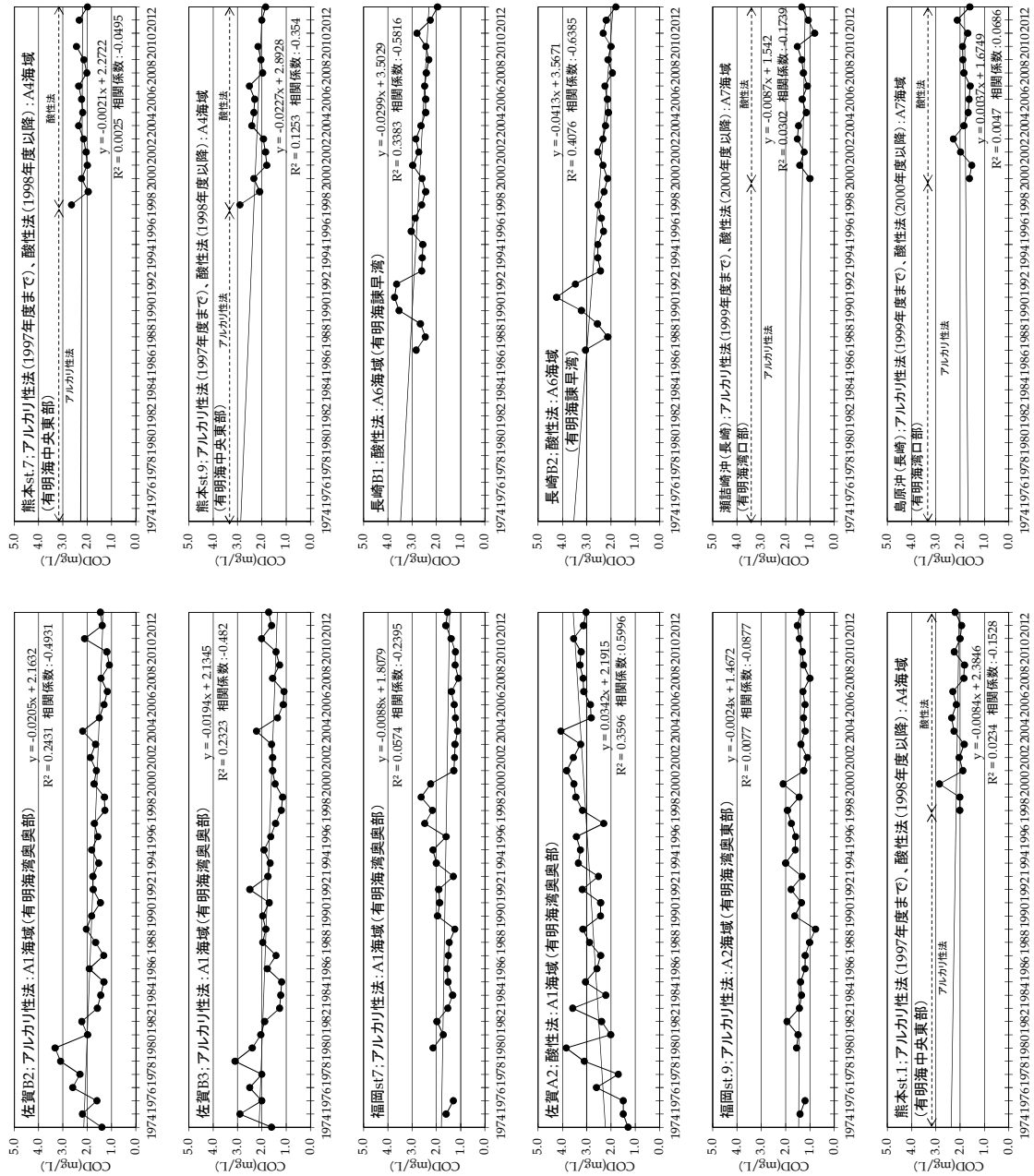


図 3.4.11(1) 水質の経年変化[有明海] : COD (上層年平均値)

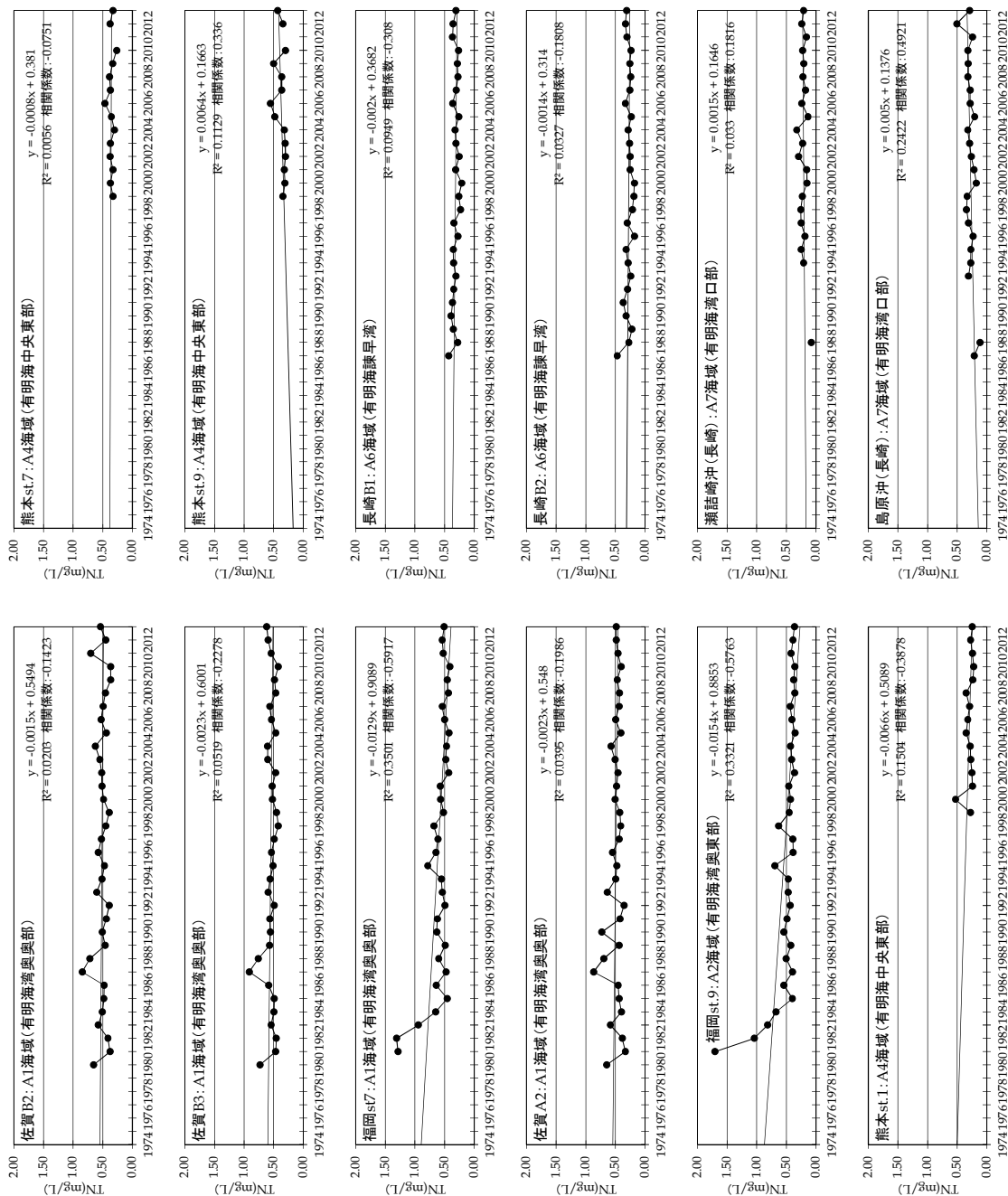


図 3.4.11(2) 水質の経年変化[有明海]: T-N (上層年平均値)

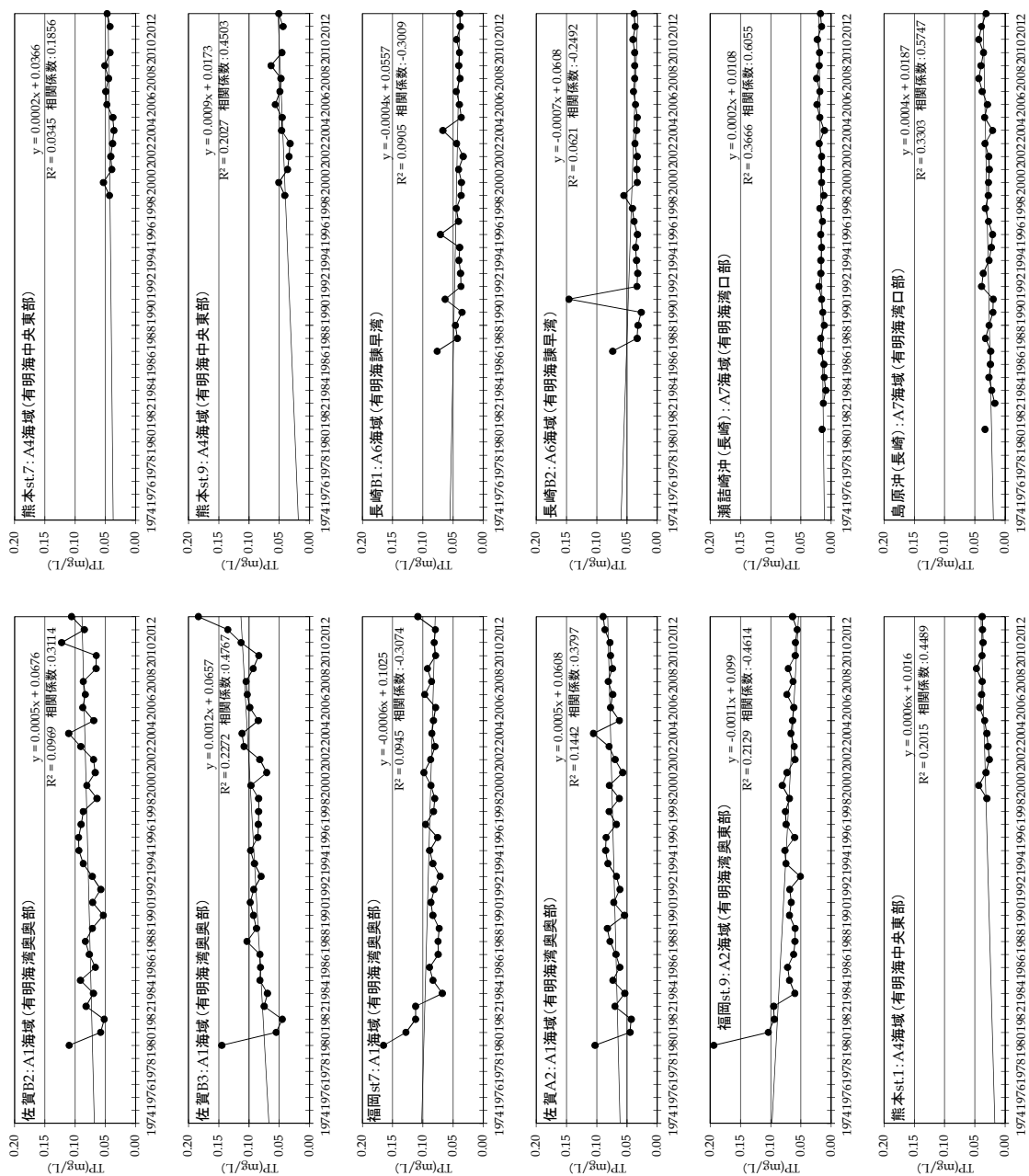


図 3.4.11 (3) 水質の経年変化[有明海]: T-P (上層年平均値)

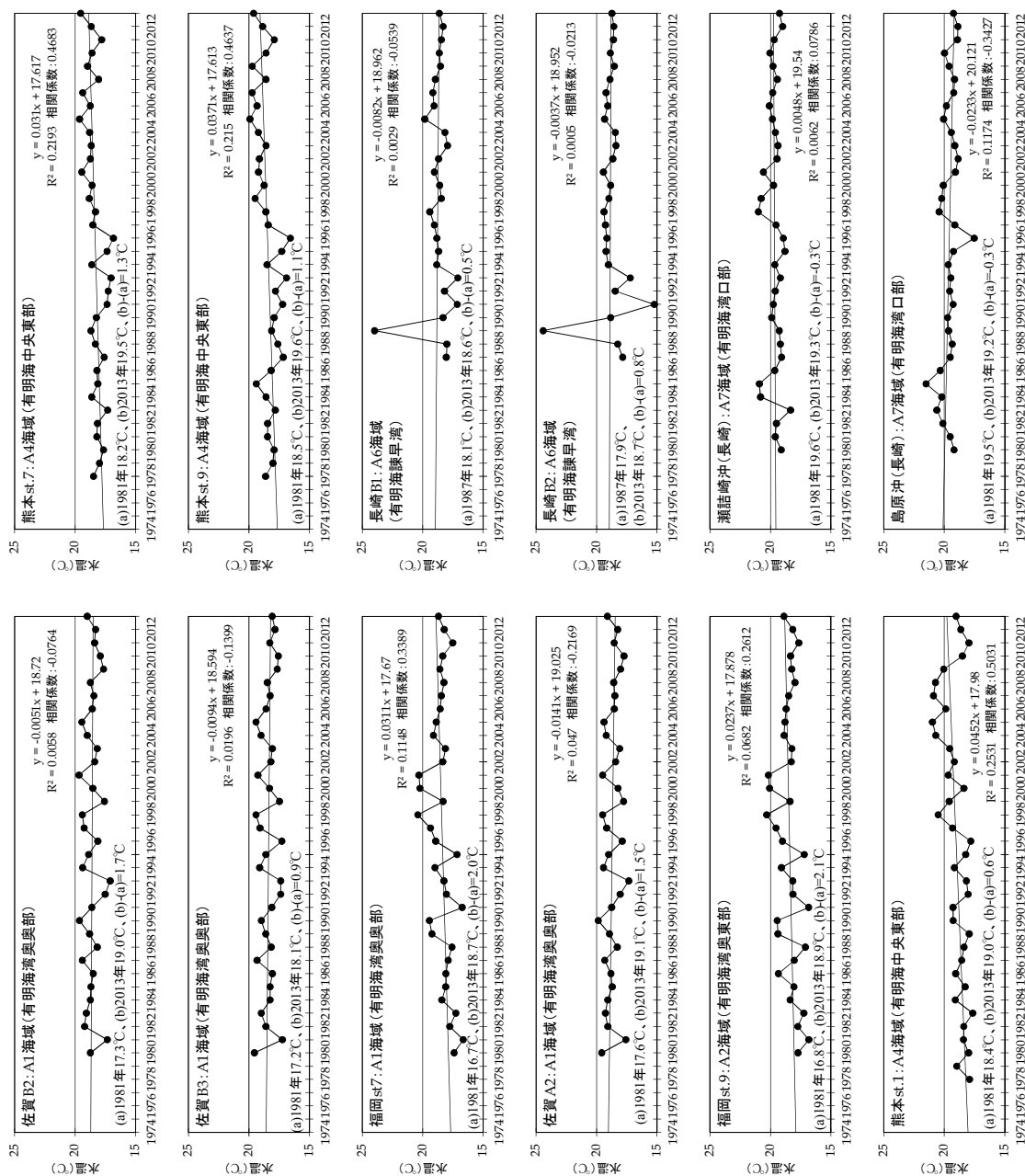


図 3.4.11(4) 水質の経年変化[有明海]：水温（上層年平均値）

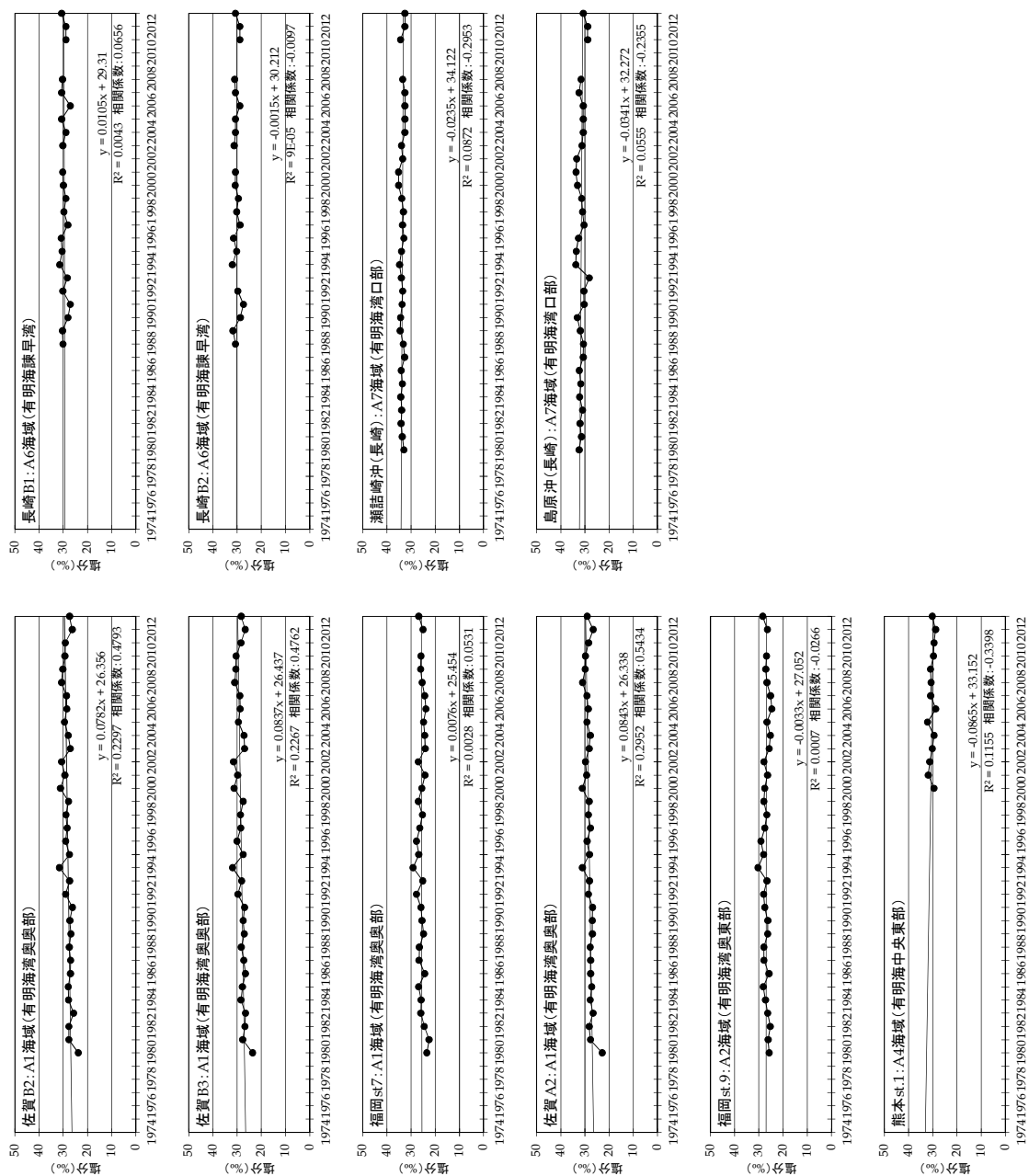


図 3.4.11(5) 水質の経年変化[有明海]: 塩分(上層年平均値)

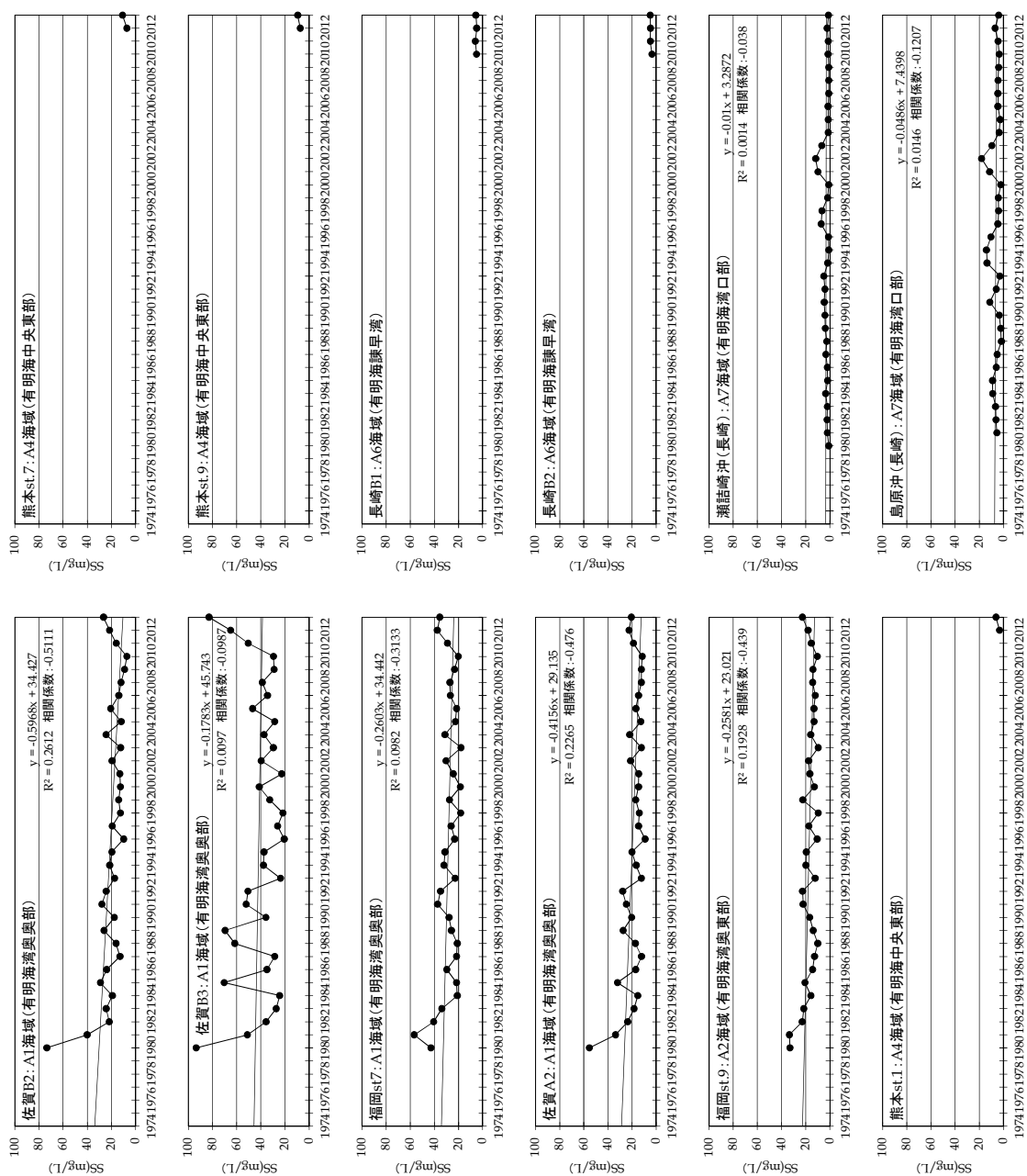


図 3. 4. 11 (6) 水質の経年変化[有明海] : SS (上層年平均値)

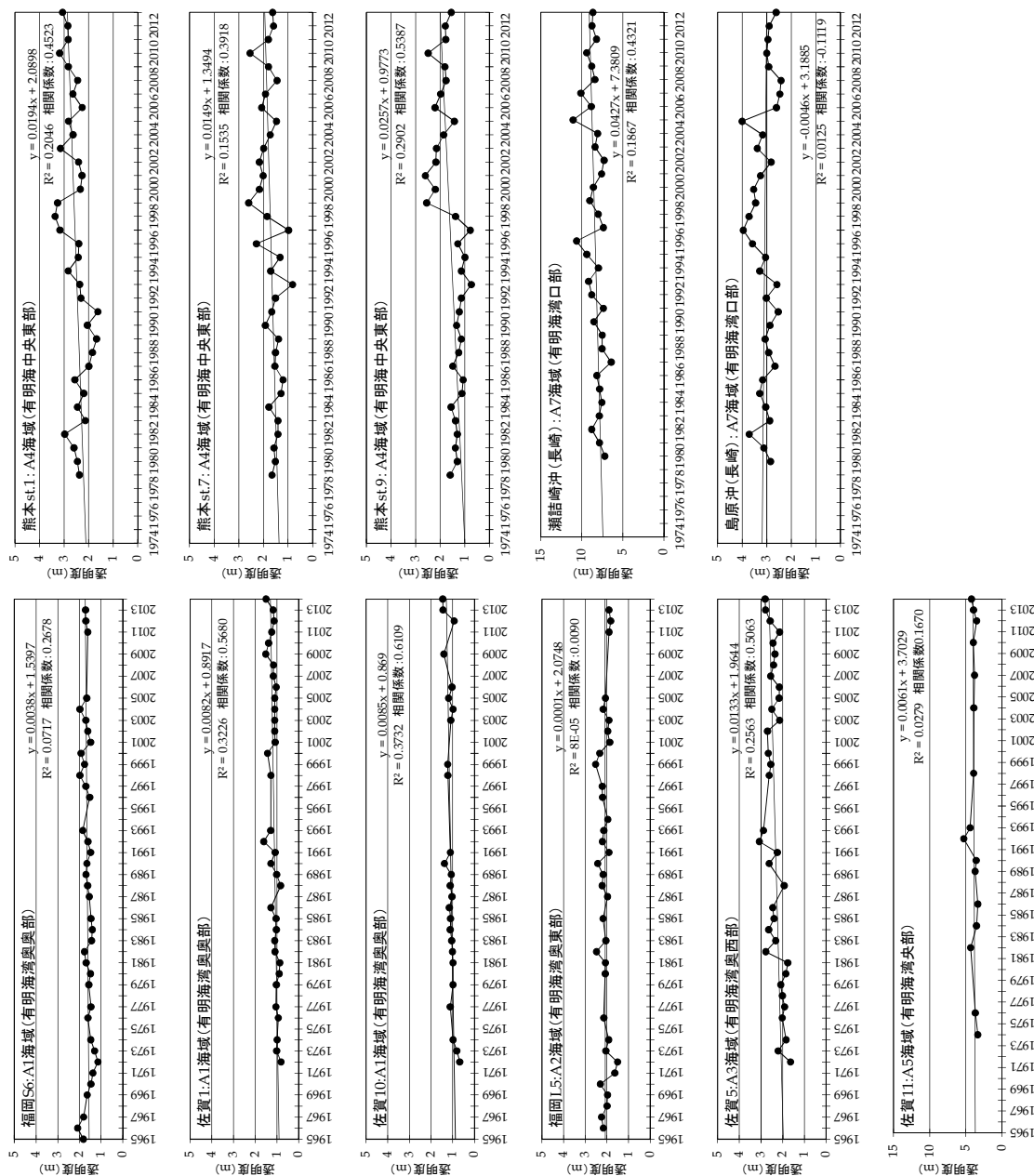


図 3.4.11(7) 水質の経年変化[有明海]: 透明度

表 3.4.6 回帰分析結果（公共用水域水質測定）：八代海

		COD	T-N	T-P	水温	塩分	SS	透明度
Y1海域 (八代海湾奥部)	八代海st.10 (熊本)	++**	+**	++**	++	**	-	--
Y2海域 (球磨川河口部)	八代地先海域 St.7(熊本)	-**	--**	++**	++	-**		++
Y4海域 (八代海湾口東部)	鹿児島基準点5	+	--**	-**	+	-		+

注) 1. ■、■で網掛けしている項目は、有意水準 5%で有意な変化傾向が認められたことを示す。■はデータなし・不足等による評価対象外であることを示す。
 2. 近似一次回帰式の傾きが 10 年間あたりで全データの算術平均の 10%以上の増加、減少(水温については 0.25℃の昇温、降温)がある場合は”++”、”--”とし、それに満たない場合は”+”、”-”とした。
 3. 熊本県の COD については、酸性法で測定が行われている 1998 年以降を対象に回帰分析を行った。
 4. 熊本県の T-N、T-P は 1999 年以降採水方法を変更したため、1999 年以降を対象に回帰分析を行った。
 5. *を付したものは 1990 年前後から現在までの期間の評価であり、**を付したものは 2000 年前後から現在までの期間の評価を示す。なお、2000 年以降から測定が開始された項目のうち、データ数が少ない項目については評価対象外とした。

資料：公共用水域水質測定結果（熊本県、鹿児島県）

八代海の水温・気温・東シナ海北部海面水温の時系列変動特性より、八代海の水温変動は東シナ海の海面水温の変動の影響を強く受けているとの報告がある¹⁾。

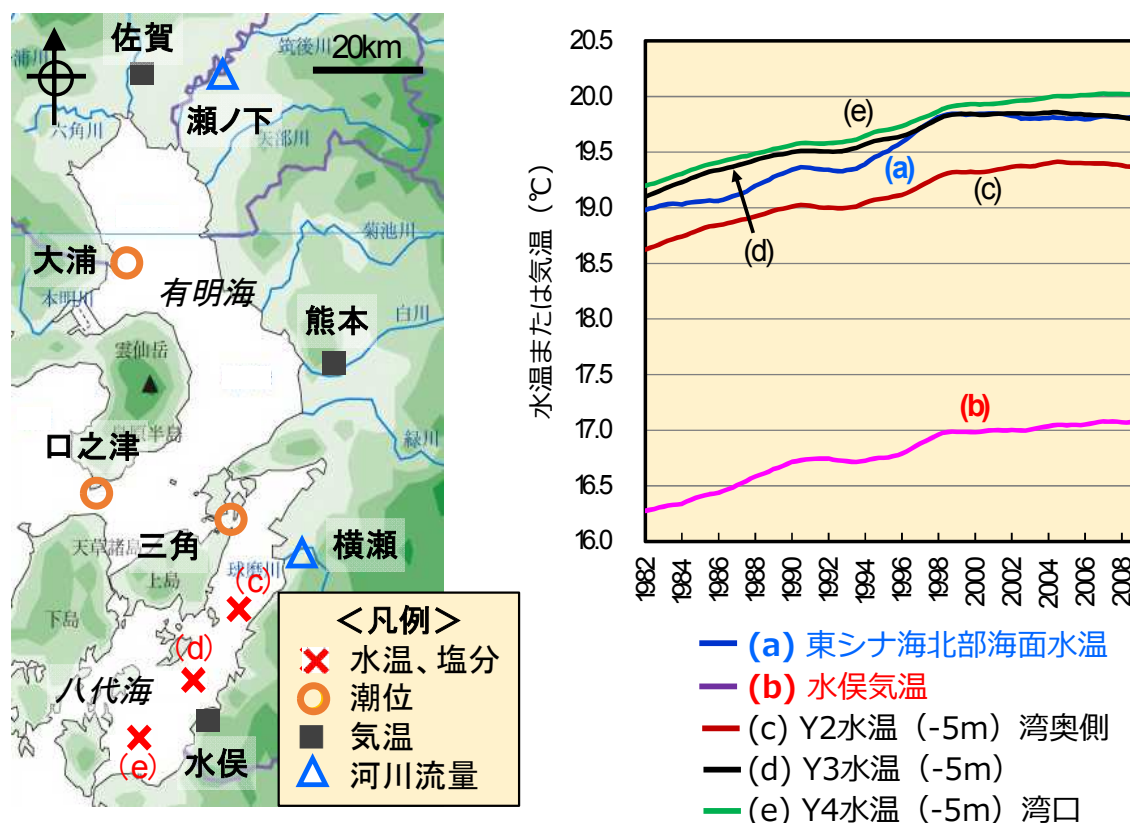


図 3.4.12 水温・気温・東シナ海北部海面水温の時系列変動特性

資料：滝川委員提供資料

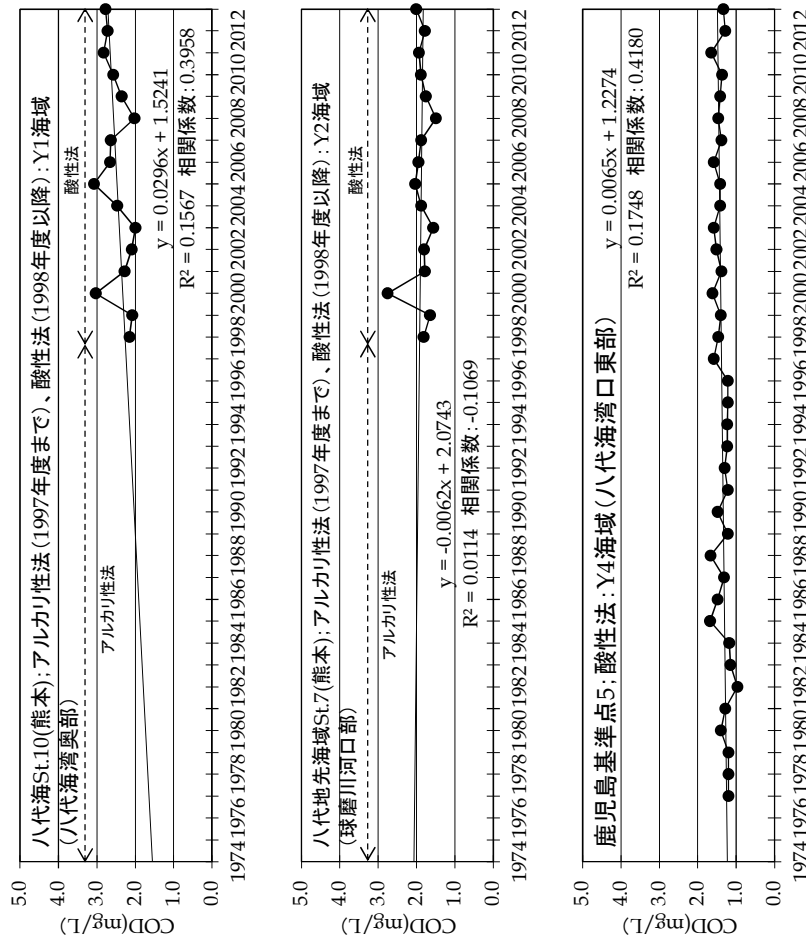
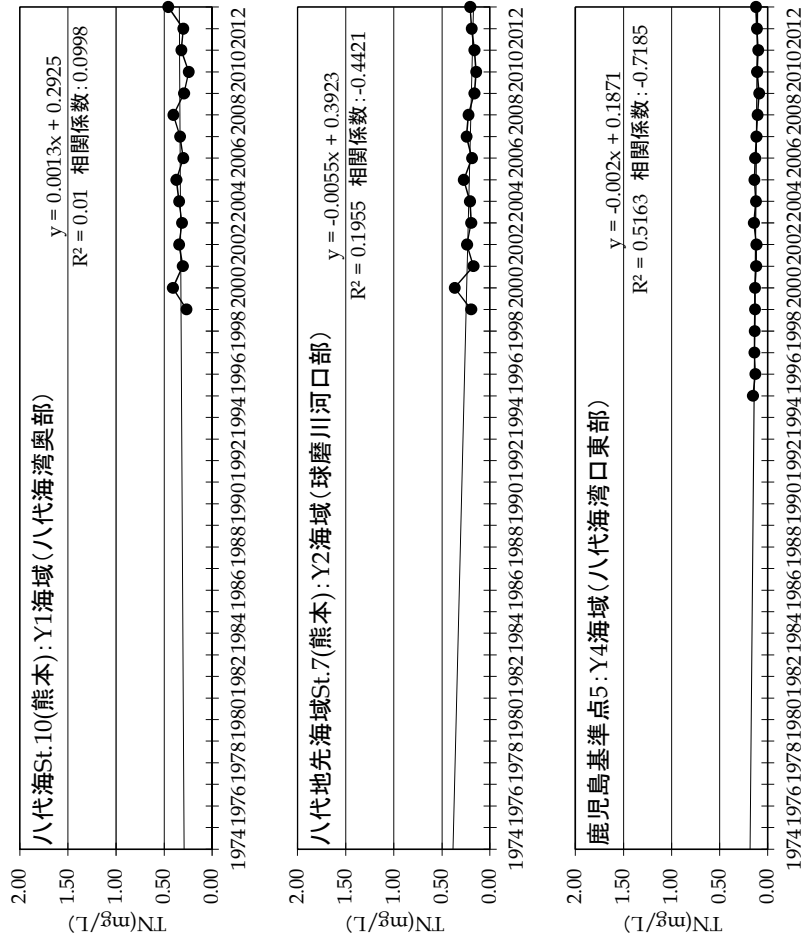


図 3.4.13(1) 水質の経年変化[八代海]: COD、T-N(上層年平均値)

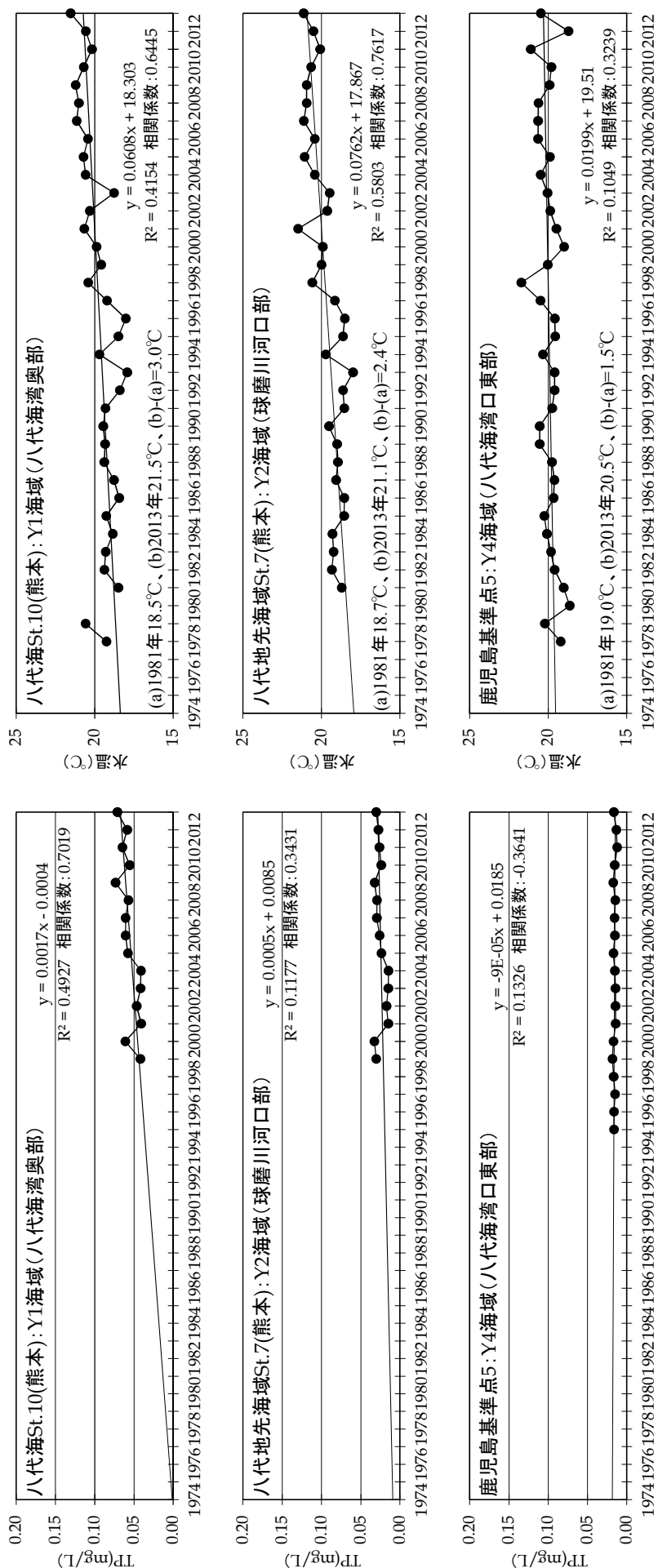


図 3. 4. 13(2) 水質の経年変化[八代海]: T-P、水温(上層年平均値)

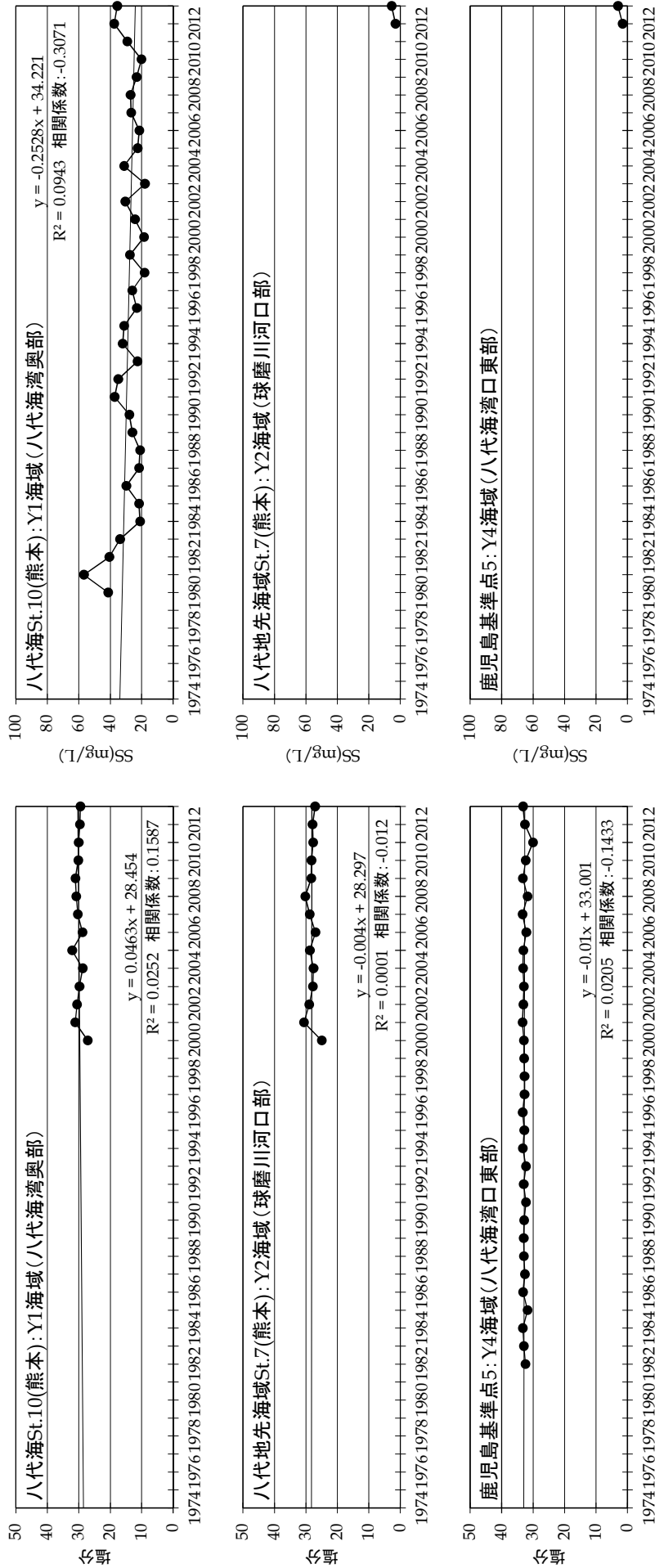


図 3.4.13 (3) 水質の経年変化[八代海]：塩分、SS(上層年平均値)

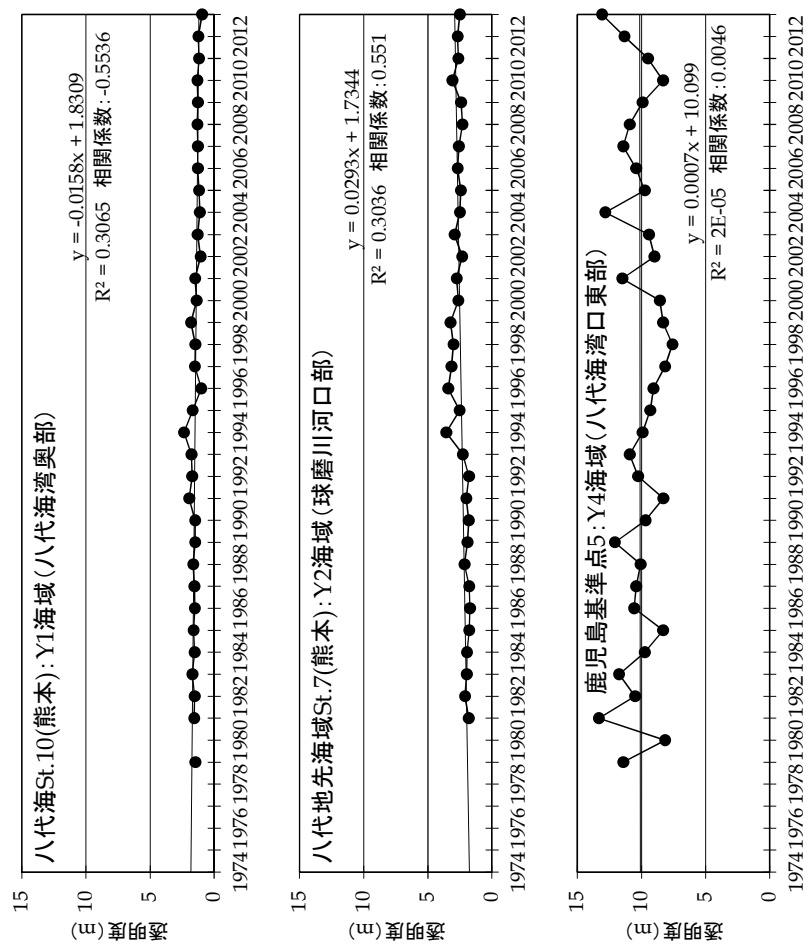


図 3. 4. 13 (4) 水質の経年変化[八代海]：透明度(上層年平均値)

表 3.4.7 回帰分析結果：橘湾

	COD	T-N	T-P	水温	塩分	SS	透明度
脇岬港	+			+	-**		++
為石漁港	+			++	+**		++
茂木港	-			+	+**		++
有喜漁港	++			+	-**		++
小浜港	+			++	-**		++
加津佐港	++			+	-**		-

- 注) 1. ■、■で網掛けしている項目は、有意水準 5%で有意な変化傾向が認められたことを示す。■はデータなし・不足等による評価対象外であることを示す。
2. 近似一次回帰式の傾きが 10 年間あたりで全データの算術平均の 10%以上の増加、減少(水温については 0.25℃の昇温、降温)がある場合は”++”、“--”とし、それに満たない場合は”+”、“-”とした。
3. *を付したものは 1990 年前後から現在までの期間の評価であり、**を付したものは 2000 年前後から現在までの期間の評価を示す。なお、2000 年以降から測定が開始された項目のうち、データ数が少ない項目については評価対象外とした。

資料：公共用水域水質測定結果（長崎県）

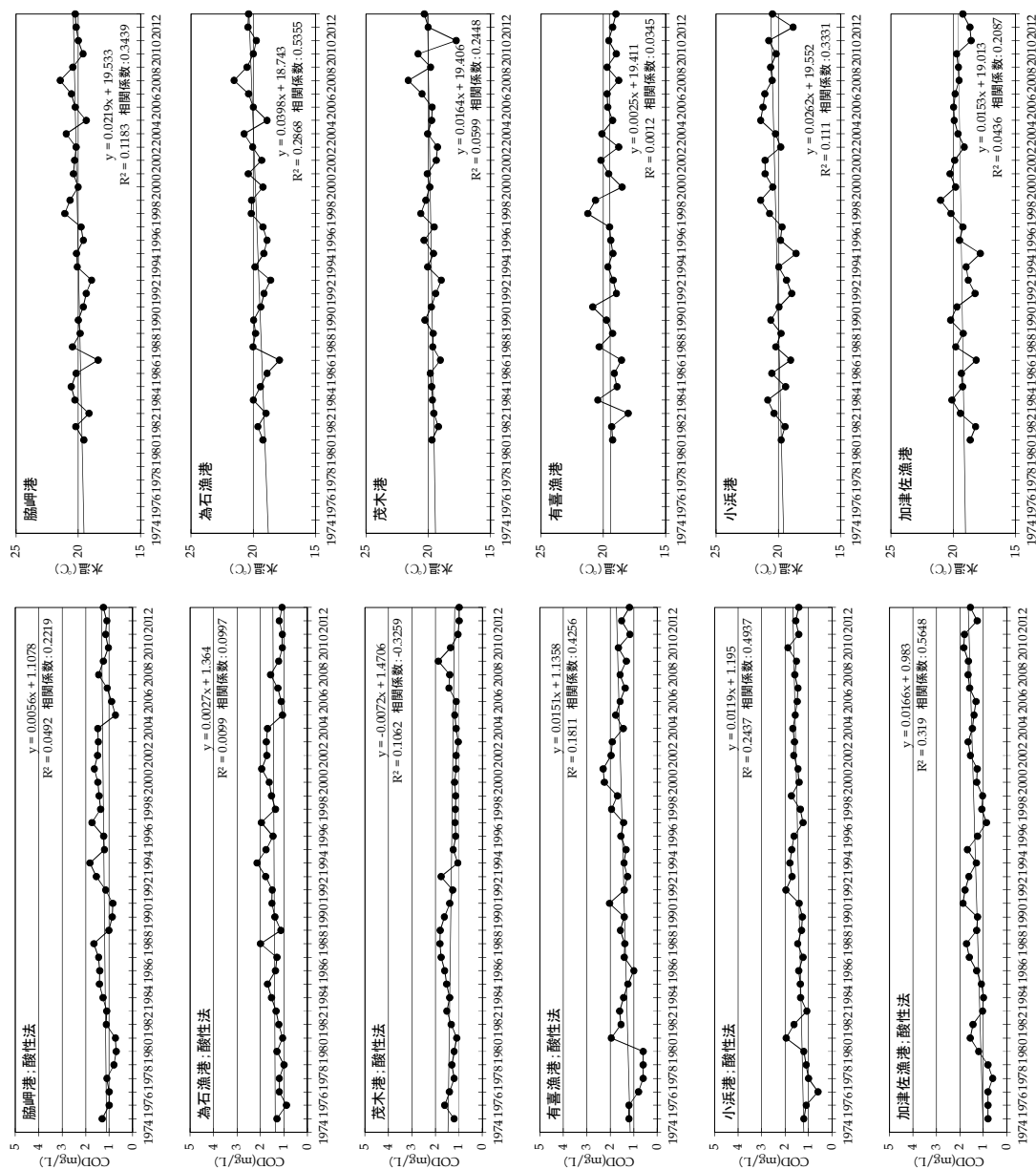


図 3.4.14(1) 水質の経年変化[橋湾] : COD、水温(上層年平均値)

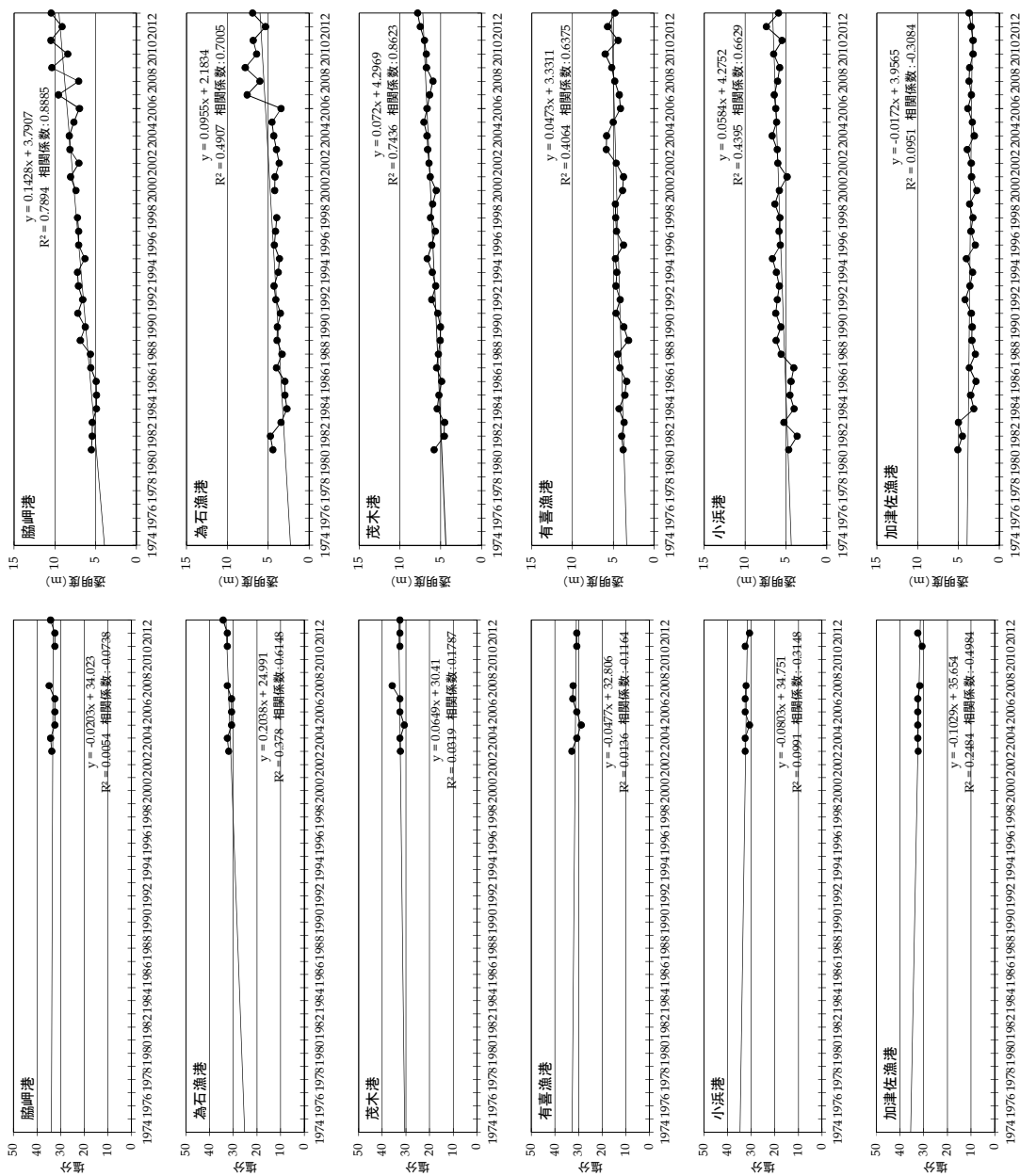


図 3.4.14(2) 水質の経年変化[橋湾]：塩分、透明度(上層年平均値)

表 3.4.8 回帰分析結果：牛深港

	COD	T-N	T-P	水温	塩分	SS	透明度
牛深港地先	++**	--**	++**	+	+		+
牛深港内	++**	--**	+	++	+		+

- 注) 1. ■、■で網掛けしている項目は、有意水準 5%で有意な変化傾向が認められたことを示す。■はデータなし・不足等による評価対象外を示す。
2. 近似一次回帰式の傾きが 10 年間あたりで全データの算術平均の 10%以上の増加、減少(水温については 0.25℃の昇温、降温)がある場合は”++”、“--”とし、それに満たない場合は”+”、“-”とした。
3. 熊本県の T-N、T-P は 1999 年以降採水方法を変更したため、1999 年以降を対象に回帰分析を行った。
4. *を付したものは 1990 年前後から現在までの期間の評価であり、**を付したものは 2000 年前後から現在までの期間の評価を示す。なお、2000 年以降から測定が開始された項目のうち、データ数が少ない項目については評価対象外とした。

資料：公共用水域水質測定結果（熊本県）

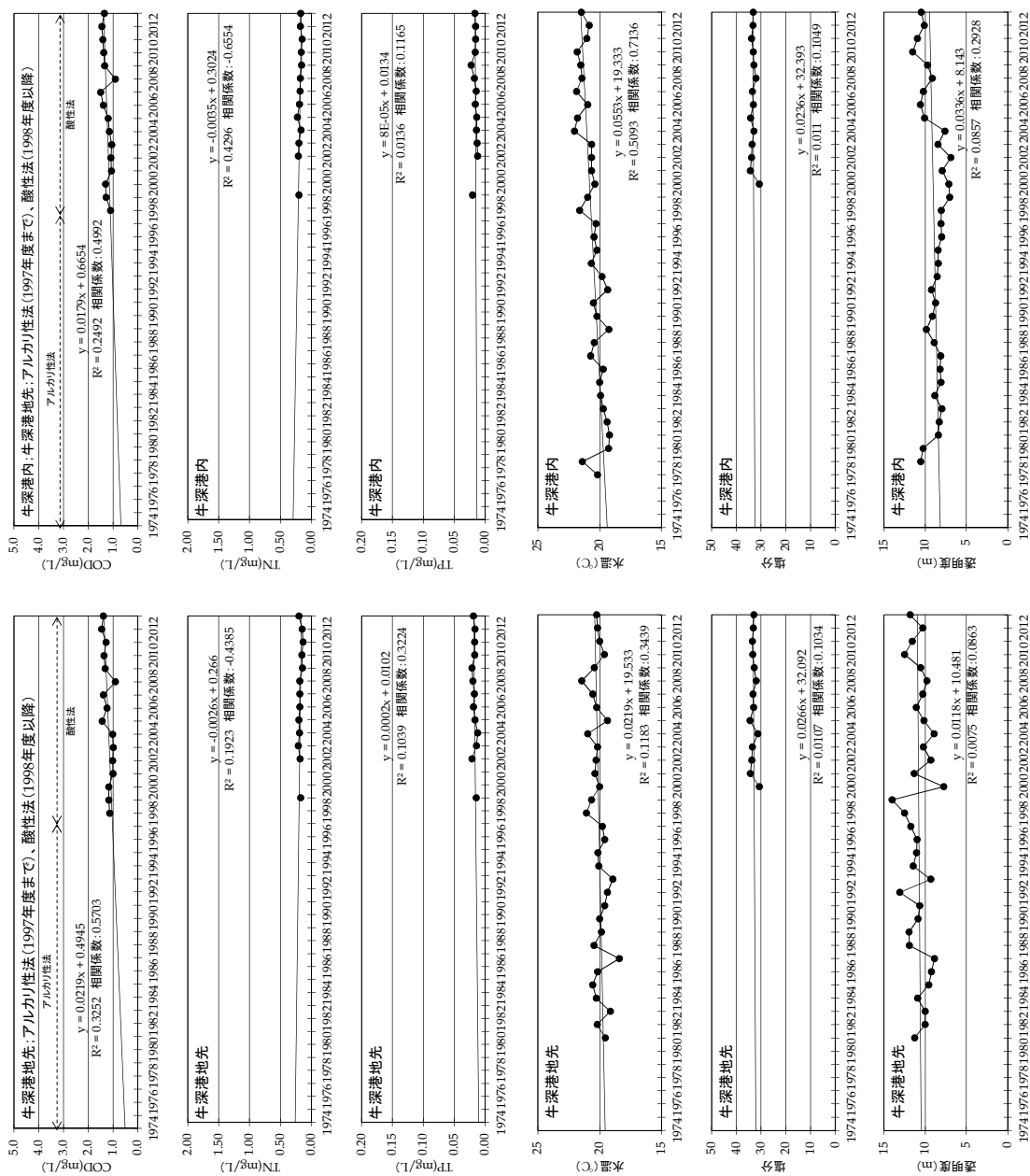


図 3.4.15 水質の経年変化[牛深港]

(3) まとめ

1970年頃から現在までの水質環境基準達成率(COD、全窒素及び全燐)の推移及び水質(公共用水域水質測定等)の主な経年変化については以下のとおりである。

[有明海]

- COD(上層)については、水質環境基準達成率は1974年度以降80%以上で推移しており、直近年の2014年度は93%である。12測点における直近5年間の年平均値は0.8~3.5mg/Lであり、1974年度から2013年度にかけて、4測点(有明海湾奥奥部の一部及び有明海諫早湾)で減少傾向、1測点(有明海湾奥奥部の一部)で増加傾向がみられる。
- 全窒素及び全燐の水質環境基準達成率は低く、2006年度以降は40%で推移している。

全窒素(T-N)(上層)については、水質環境基準達成率は2007年度以降80%以上で推移しており、直近年の2014年度は100%である。の12測点における直近5年間の年平均値は0.2~0.7mg/Lであり、1980年度から2013年度にかけて、2測点(有明海湾奥奥部の一部)で減少傾向、1測点(有明海湾口部の一部)で増加傾向がみられる。

全燐(T-P)(上層)については、水質環境基準達成率は2006年度以降40%で推移しており、直近年の2014年度も40%である。の12測点における直近5年間の年平均値は0.02~0.18mg/Lであり、1980年度から2013年度にかけて、3測点(有明海湾奥奥部の一部及び有明海湾口部)で増加傾向、1測点(有明海湾奥奥部の一部)でやや増加傾向、1測点(有明海湾奥東部)で減少傾向がみられる。

- 水温(上層)については、12測点における直近5年間の年平均値は17.5~20.0℃であり、1978年度から2013年度にかけて、4測点(有明海湾奥奥部の一部及び有明海中央東部)で昇温傾向、1測点(有明海湾口部の一部)でやや降温傾向がみられる。
- 塩分(上層)については、10測点における直近5年間の年平均値は25.0~34.3であり、3測点(有明海湾奥奥部の一部)でやや上昇傾向がみられる。
- SS(上層)については、7測点における直近5年間の年平均値は1.0~82.8mg/Lであり、1980年度から2013年度にかけて、3測点(有明海湾奥奥部の一部及び有明海湾奥東部)で減少傾向がみられる。
- 透明度については、11測点における直近5年間の年平均値は0.4~9.4mであり、1970年度から2014年度にかけて、1測点(有明海中央東部の一部)で上昇傾向がみられ、6測点(有明海湾奥奥部の一部、有明海湾奥西部、有明海中央東部及び有明海湾口部の一部)でやや上昇傾向がみられる。

[八代海]

- COD(上層)については、水質環境基準達成率は100%の年もあったが、近年は60

～90%で推移しており、直近年の2014年度は86%である。3測点における直近5年間の年平均値は0.9～2.8mg/Lであり、1974年度から2013年度にかけて、1測点（八代海湾口東部）でやや増加傾向がみられる。

- ・全窒素及び全燐ともに水質環境基準を達成している率は、近年は75～100%で推移しており、直近年の2014年度は100%である。

全窒素（T-N）（上層）については、水質環境基準達成率は2003年度以降100%で推移しており、直近年の2014年度は100%である。3測点における直近5年間の年平均値は0.1～0.5mg/Lであり、1980年度から2013年度にかけて、1測点（八代海湾口東部）で減少傾向がみられる。

全燐（T-P）（上層）については、水質環境基準達成率は2010年度以降75%以上で推移しており、直近年の2014年度は100%である。3測点における直近5年間の年平均値は0.01～0.07mg/Lであり、1980年度から2013年度にかけて、1測点（八代海湾奥部）で増加傾向がみられる。

- ・水温（上層）については、3測点における直近5年間の年平均値は18.7～21.5℃であり、1978年度から2013年度にかけて、2測点（八代海湾奥部及び球磨川河口部）で上昇傾向がみられる。
- ・塩分（上層）については、3測点における直近5年間の年平均値は27.1～33.2であり、1980年度から2013年度にかけて、全点で有意な変化傾向はみられない。
- ・SS（上層）については、1測点における直近5年間の年平均値は3.1～37.6mg/Lであり、1980年度から2013年度にかけて、有意な変化傾向はみられない。
- ・透明度については、3測点における直近5年間の年平均値は0.9～13.1mであり、1979年度から2014年度にかけて、3測点のうち1測点（球磨川河口部）で増加傾向、1測点（八代海湾奥部）で減少傾向がみられる。鹿児島県の1測点（八代海湾口東部）では、透明度がおおむね10m以上と高いものの年変動が大きかった。

[橘湾]

- ・COD（上層）については、水質環境基準達成率30～100%で推移しているが、ここ数年は100%となっている。6測点における直近5年間の年平均値は1.0～1.9mg/Lであり、1975年度から2013年度にかけて、2測点（有喜漁港と加津佐漁港）で増加傾向、1測点（小浜港）でやや増加傾向、1測点（茂木港）でやや減少傾向がみられる。
- ・全窒素及び全燐については、類型指定はされていない。
- ・水温（上層）については、6測点における直近5年間の年平均値は17.6～20.8℃であり、1981年度から2013年度にかけて、1測点（為石漁港）で昇温傾向がみられる。
- ・塩分（上層）については、6測点における直近5年間の年平均値は30.7～34.3であり、2003年度から2013年度にかけて、有意な変化傾向はみられない。
- ・透明度については、6測点における直近5年間の年平均値は3.2～10.5mであり、1981年度から2013年度にかけて、加津佐港以外の5測点で上昇傾向がみられる。

[牛深港]

- ・COD(上層)については、2 測点における直近 5 年間の年平均値は 1.3~1.5mg/L であり、1998 年度から 2013 年度にかけて、全 2 測点で増加傾向がみられる。
- ・全窒素(T-N)(上層)については、2 測点における直近 5 年間の年平均値は 0.1~0.2mg/L であり、1999 年度から 2013 年度にかけて、1 測点で減少傾向がみられる。
- ・全磷(T-P)(上層)については、2 測点における直近 5 年間の年平均値は 0.02mg/L であり、1999 年度から 2013 年度にかけて、有意な変化傾向はみられない。
- ・水温(上層)については、2 測点における直近 5 年間の年平均値は 19.6~21.8℃ であり、1979 年度から 2013 年度にかけて、1 測点で昇温傾向がみられる。
- ・塩分(上層)については、2 測点における直近 5 年間の年平均値は 32.8~33.8 であり、2000 年度から 2013 年度にかけて、有意な変化傾向はみられない。
- ・透明度については、2 測点における直近 5 年間の年平均値は 9.7~15.5m であり、1979 年度から 2013 年度にかけて、有意な変化傾向はみられない。

参考文献

-
- 1) 滝川委員提供資料