有明海再生機構主催
有明海市民講座

平成27年3月4日（水）

第4回

有明海の環境の現状1
浅海定線調査を読む−その2

有明海再生機構　理事長

荒牧 軍治

この有明海市民講座の実施に当たっては「福岡都市圏広域行政事業組合流域連携基金の助成を受けて実施いたしております。

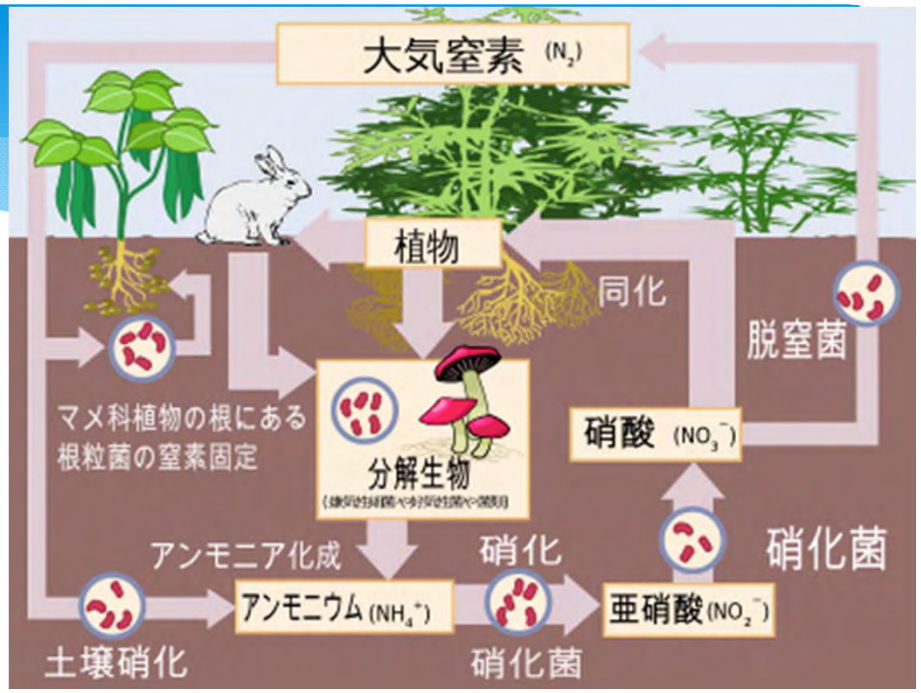
窒素循環

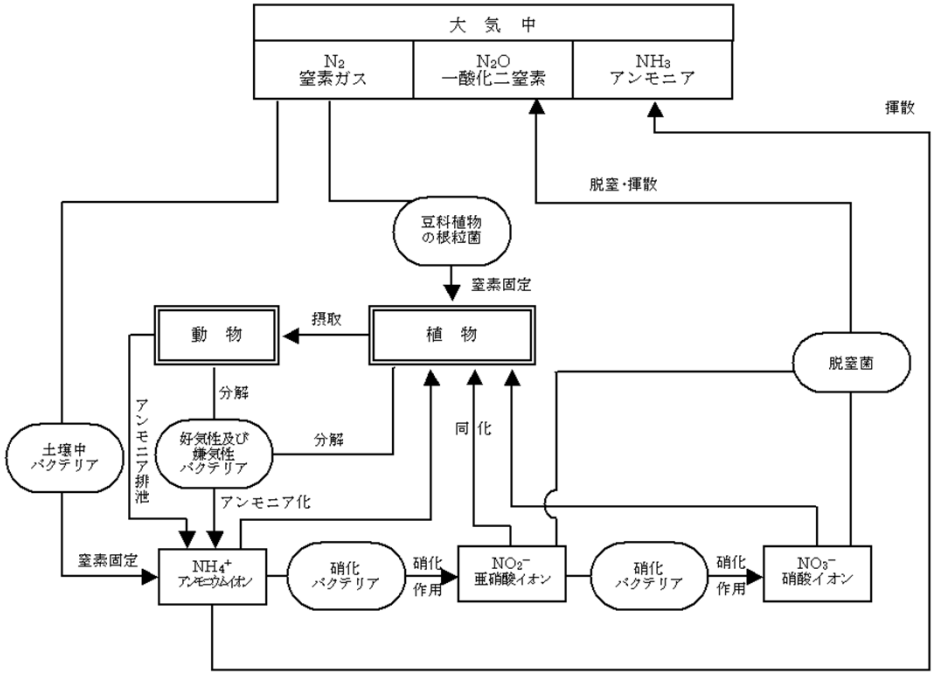
窒素及び窒素を含む物質は大気、土壌、水、生物等の間で循環している→窒素循環

窒素は**タンパク質**を構成する要素であり、さらに言えばタンパク質を構成する**アミノ酸**の要素である。さらには**DNA**や**RNA**のような核酸にも含まれている。つまり窒素は**生物にとって不可欠の存在**であり、比較的多量に存在することが生物群集の成立には必要とされる。

主役は土壌内の**窒素固定能力を持ったバクテリア**であり、例えばマメ科植物の根にある根粒菌も**窒素固定**を行う

動植物に使われた窒素は、腐食動物や分解者が動植物の排泄物や死体を分解し、窒素は**アンモニア(NH3)**に姿を変える。土壌内の**亜硝酸菌がアンモニアを亜硝酸塩(NO2-)**に変化させる。**硝酸菌**が亜硝酸塩を**硝酸塩**に変化させ、再び生物が利用可能な形になる。一部の硝酸塩は**脱窒**のプロセスを経て**窒素ガス**に変化する。





全窒素

- 総窒素(T-N)
  - 有機態窒素(O-N)
    - 粒子性有機態窒素(PO-N)
    - 溶解性有機態窒素(PO-N)
    - → ケルダール窒素(K-N)
  - 無機態窒素(I-N)
    - アンモニウム態窒素(NH_4-N)
    - 亜硝酸態窒素(NO_2-N)
    - 硝酸態窒素(NO_3-N)
    - → 溶解性総窒素(DT-N)

有機態窒素

有機物に含まれる窒素
（タンパク質やアミノ酸）

溶存態無機窒素

DIN（Dissolved Inorganic Nitrogen）

アンモニア態窒素（NH_4-N）

水中に存在するアンモニア性窒素の多くは、下水、屎尿、工場排水などに由来する蛋白質や有機窒素化合物が腐敗、分解する過程で発生した物である。酸素の多いきれいな水には硝酸性窒素の割合が多く、排水などの流入する汚れた水には、有機態窒素やアンモニア性窒素が多い。

亜硝酸態窒素（NO_2-N）

亜硝酸性窒素とは亜硝酸塩をその窒素量をもって表したものです。水中の亜硝酸性窒素は主に各種工場排水、肥料、し尿、下水などの混入によるアンモニア性窒素の酸化過程で生ずるものであるから、水の汚染を推定する重要な一指標となる。

硝酸態窒素（NO_3-N）

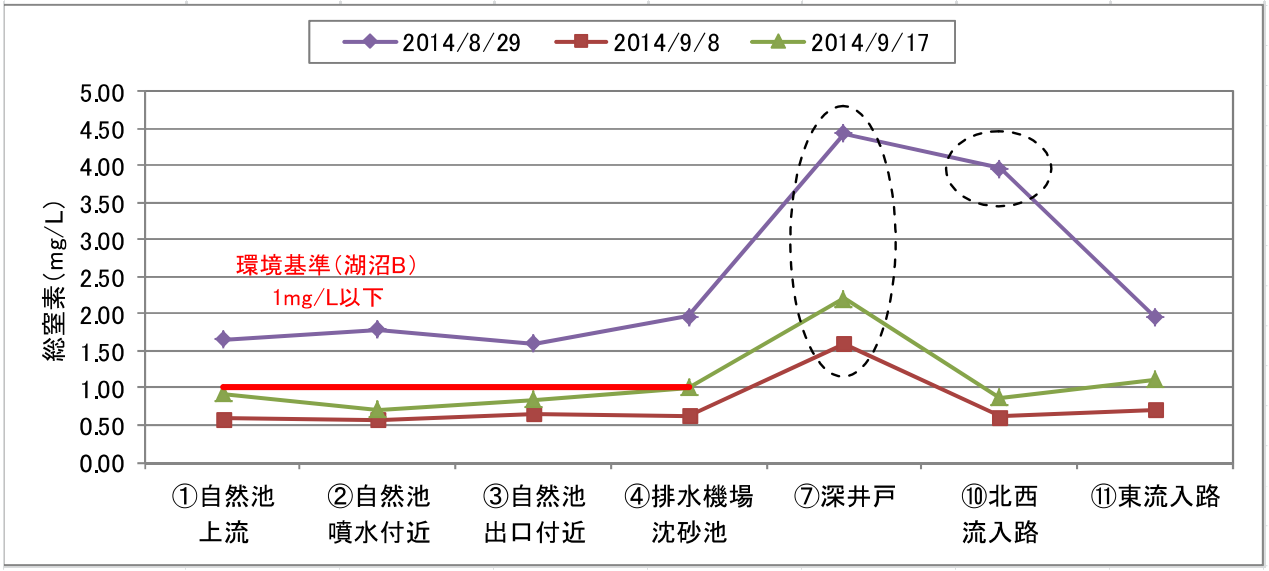
硝酸性窒素は、アンモニウムイオン・亜硝酸イオンの酸化により生成し、酸素の多い水中に安定に存在する。きれいな上流の河川水・地下水・湧水中の窒素化合物は主に硝酸性窒素の形で存在している。水道水の水質基準では硝酸・亜硝酸性窒素の合計が10mg/l以下であることが定められている

森林公園自然池の総窒素

(4) T-N(総窒素)

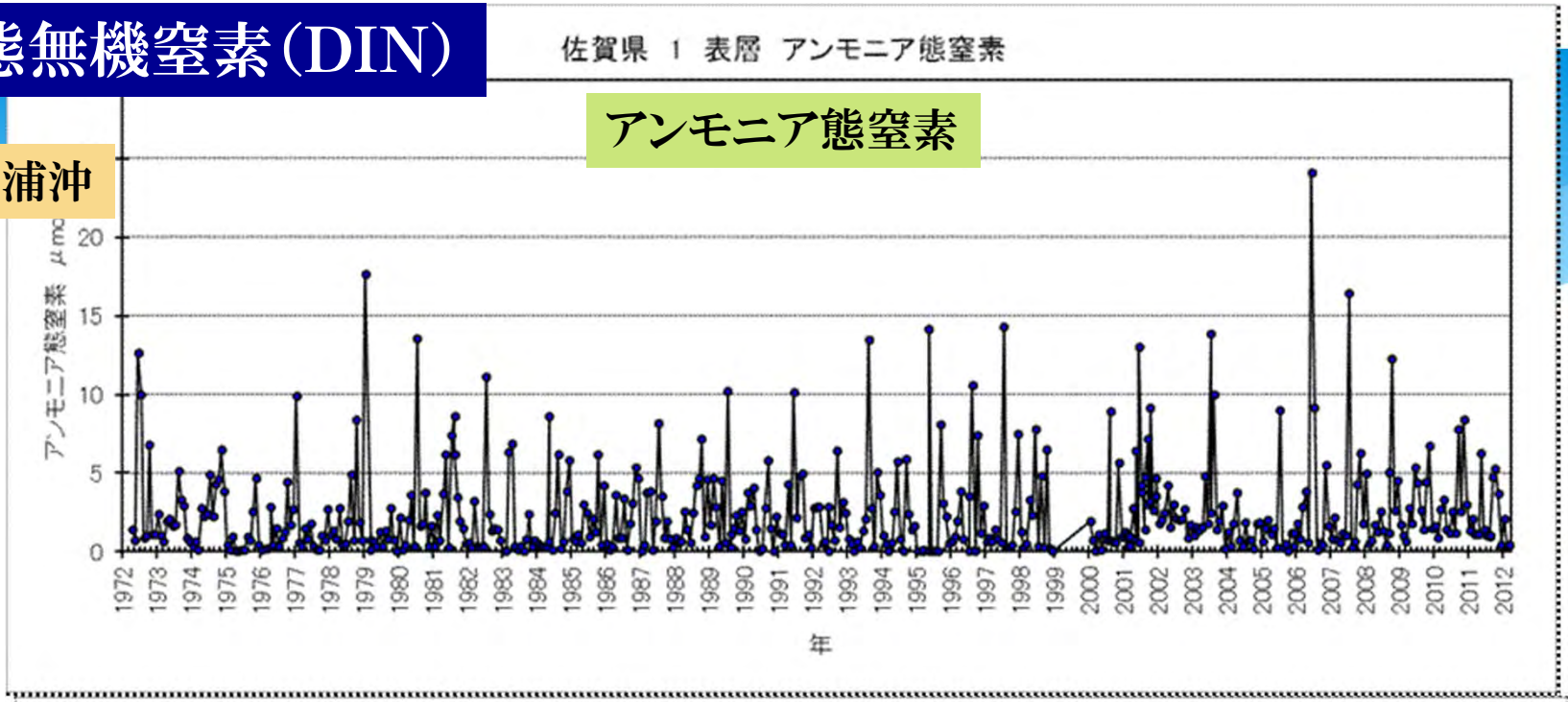
* 環境基準を湖沼域の調査地点(①～④)のほぼ全て(2/3)のデータが満足
* 「⑦深井戸」及び「⑩北西流入路」の8月29日のデータが他地点よりも高い

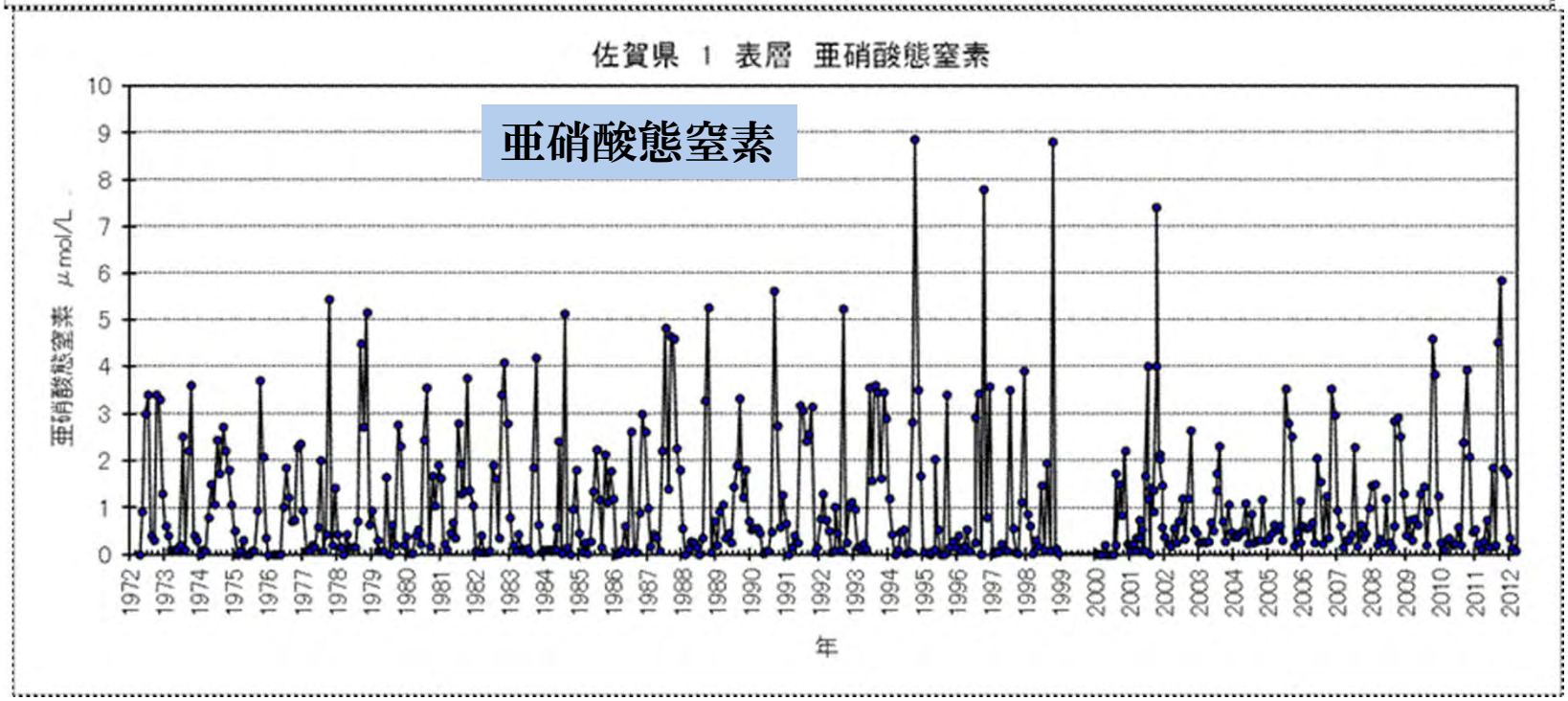
調査日	①自然池 上流	②自然池 噴水付近	③自然池 出口付近	④排水機場 沈砂池	⑦深井戸	⑩北西 流入路	⑪東流入路
2014/8/29	1.65	1.79	1.60	1.96	4.44	3.96	1.97
2014/9/8	0.59	0.58	0.65	0.63	1.60	0.61	0.71
2014/9/17	0.93	0.71	0.84	1.00	2.21	0.87	1.11

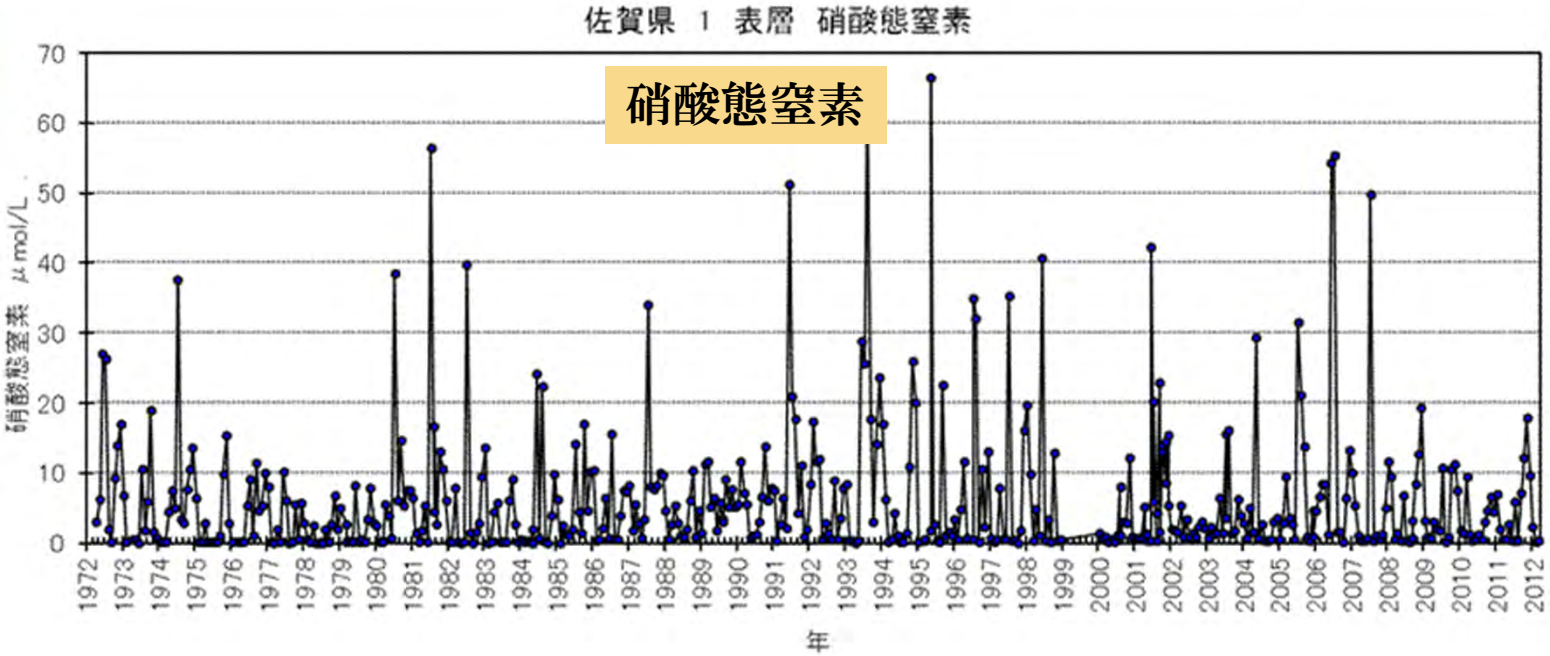


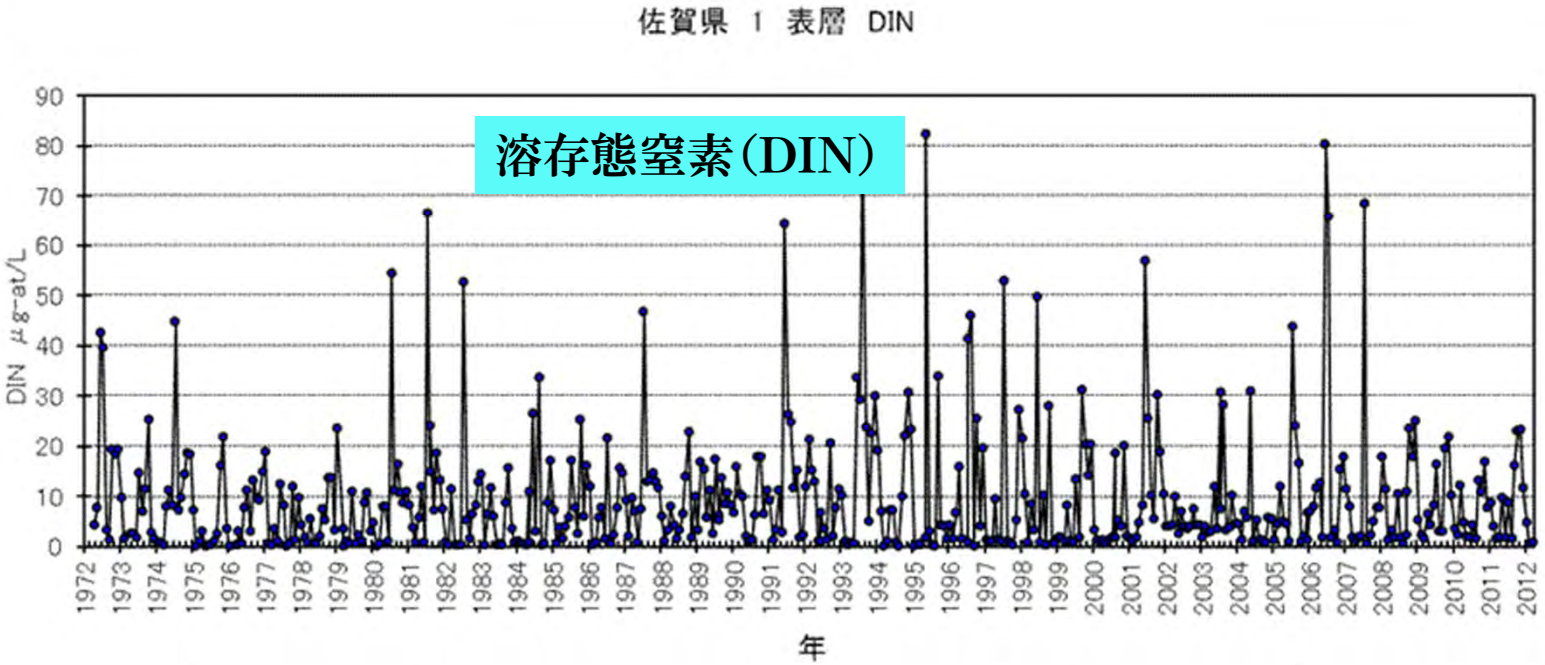
溶存態無機窒素(DIN)

肥前七浦沖

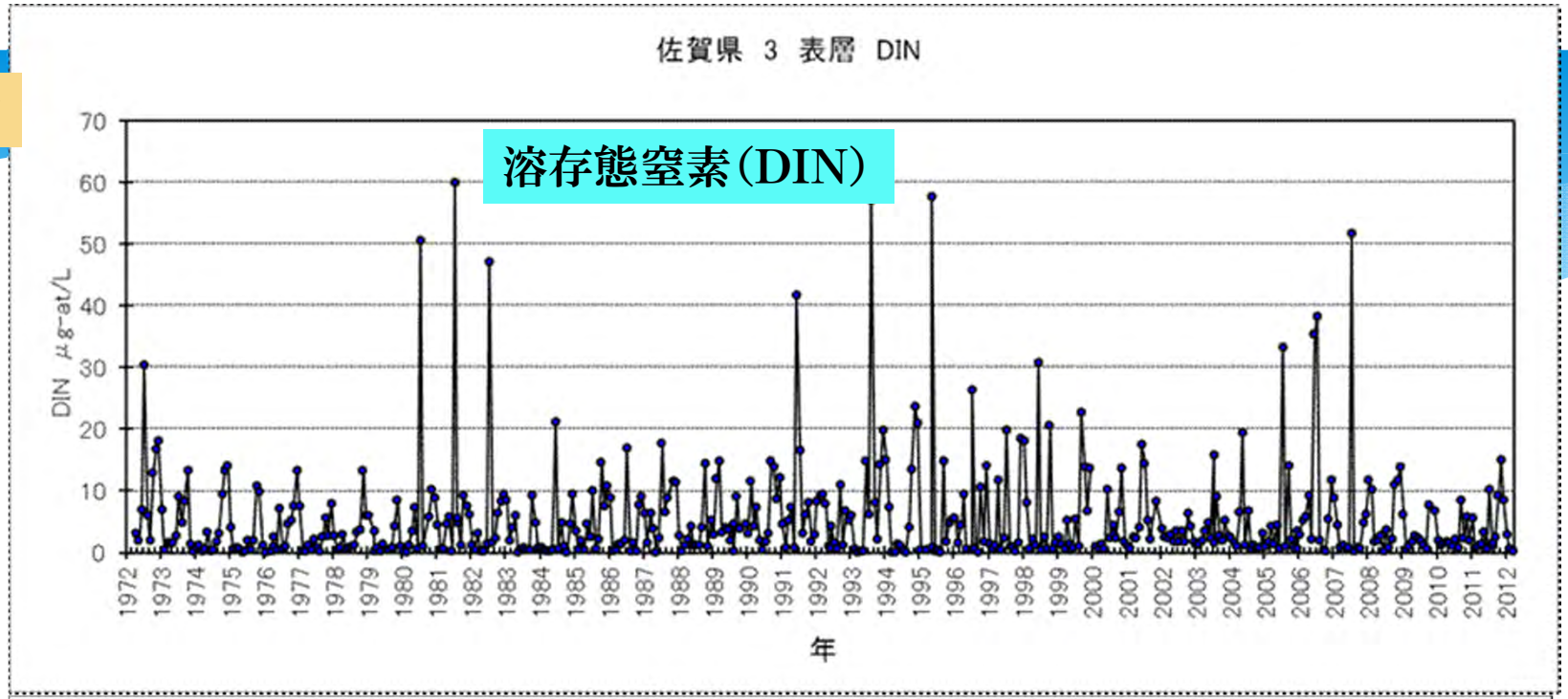




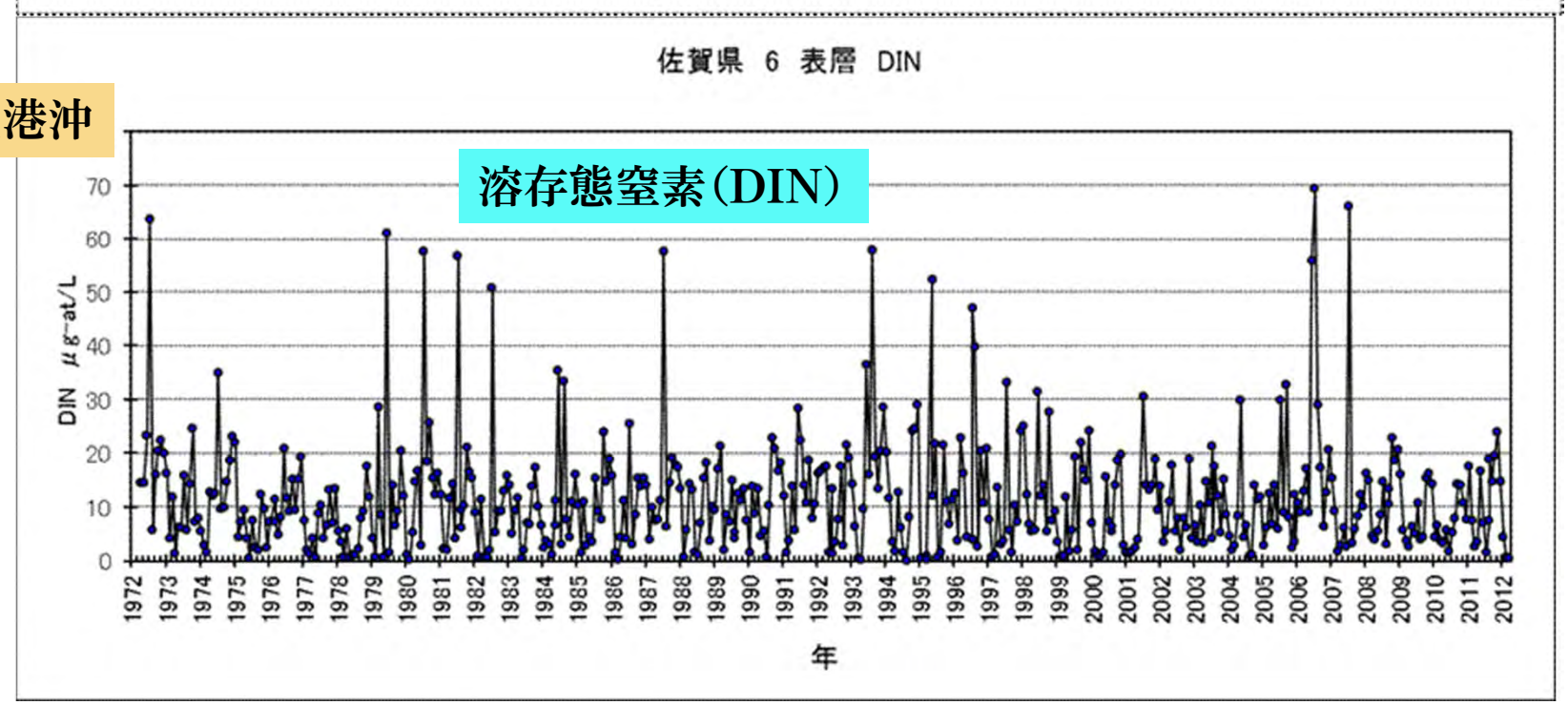

佐賀県 1 表層 硝酸態窒素
硝酸態窒素
硝酸態窒素 μmol/L
年


佐賀県 1 表層 DIN
溶存態窒素(DIN)
DIN μg-at/L
年

太良沖

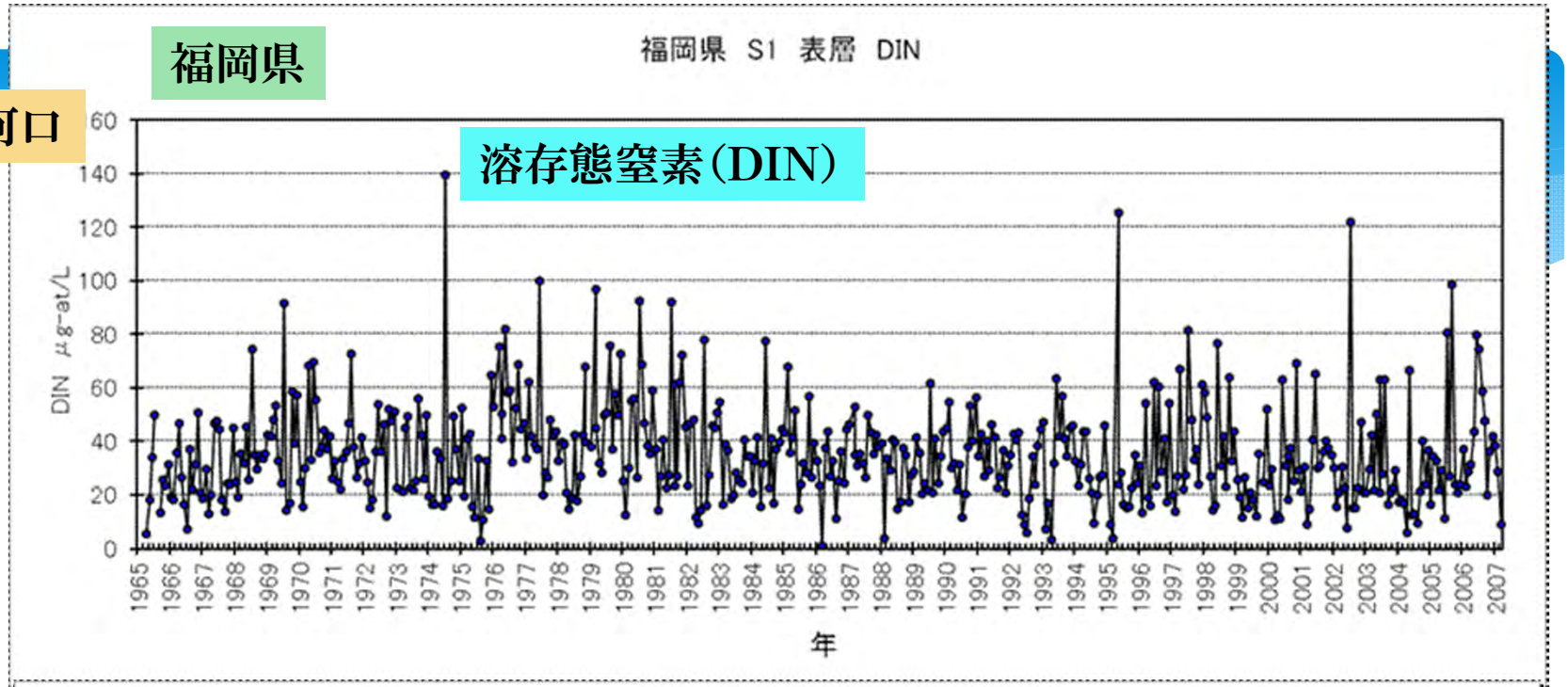

佐賀県 3 表層 DIN
溶存態窒素(DIN)
DIN μg-at/L
年

佐賀空港沖

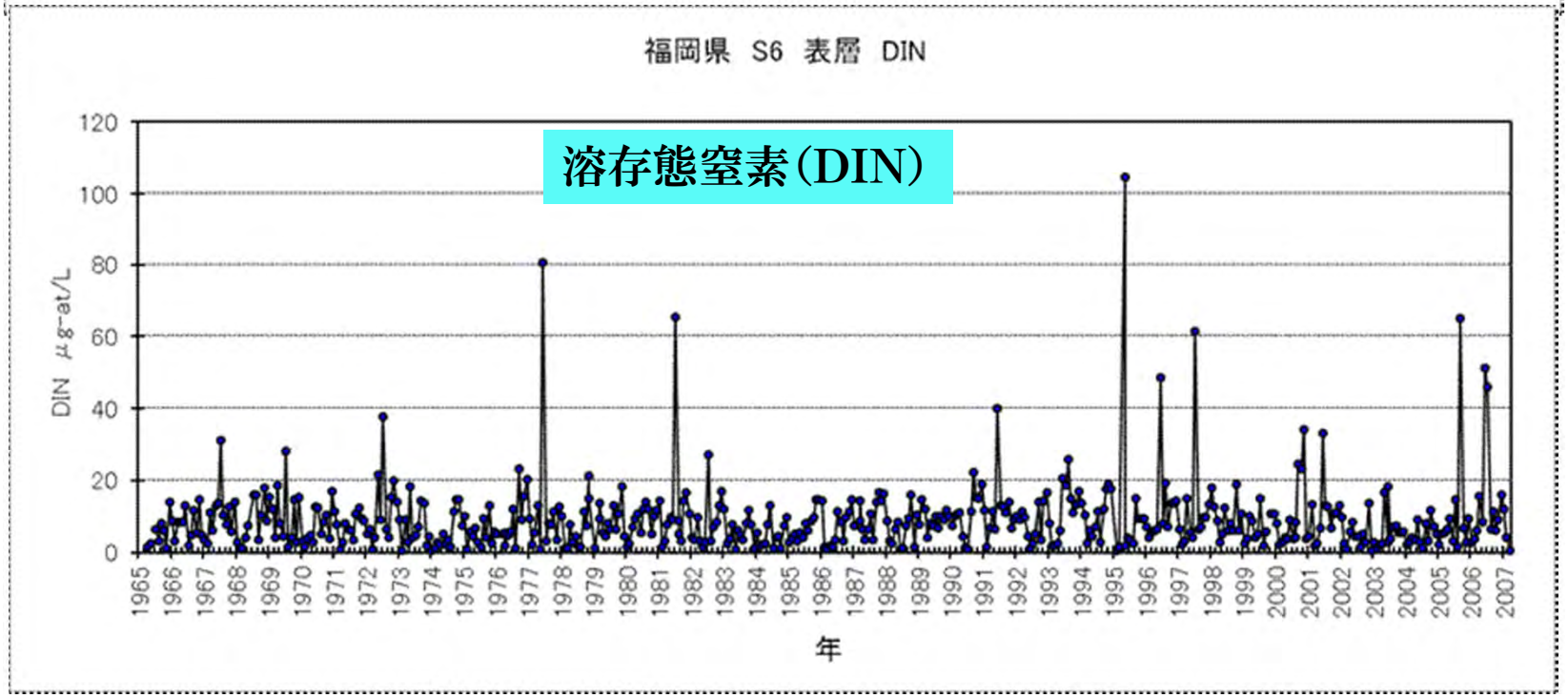

佐賀県 6 表層 DIN
溶存態窒素(DIN)
DIN μg-at/L
年

福岡県

筑後川河口



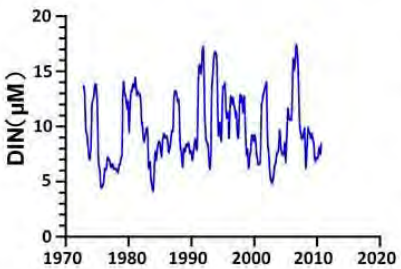
荒尾沖



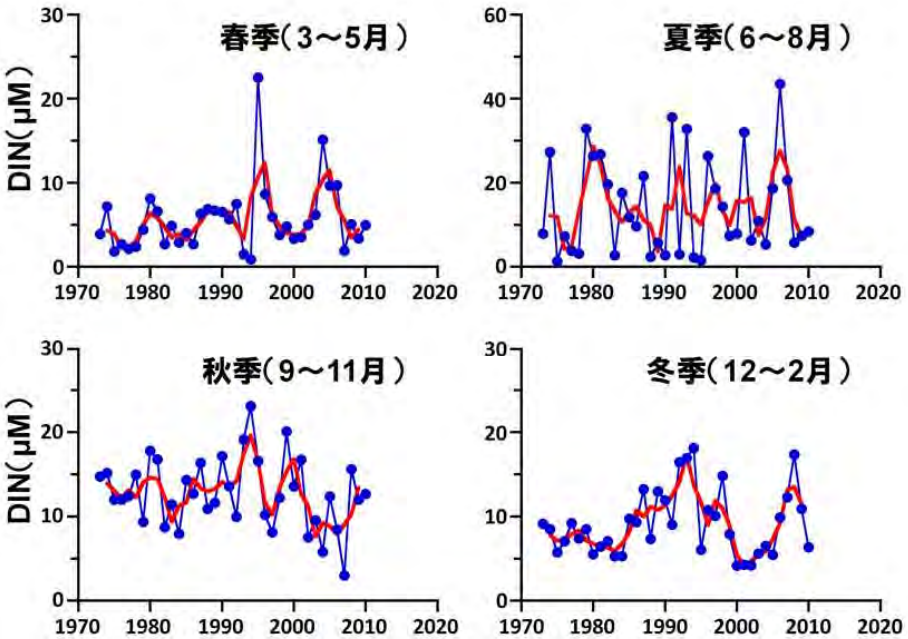
有明海湾奥海域である国営干拓沖においては年変動が大きく、特に長期変動は認められない。

本当のようです

溶存態無機窒素濃度(DIN)の長期変動傾向(国営干拓沖)



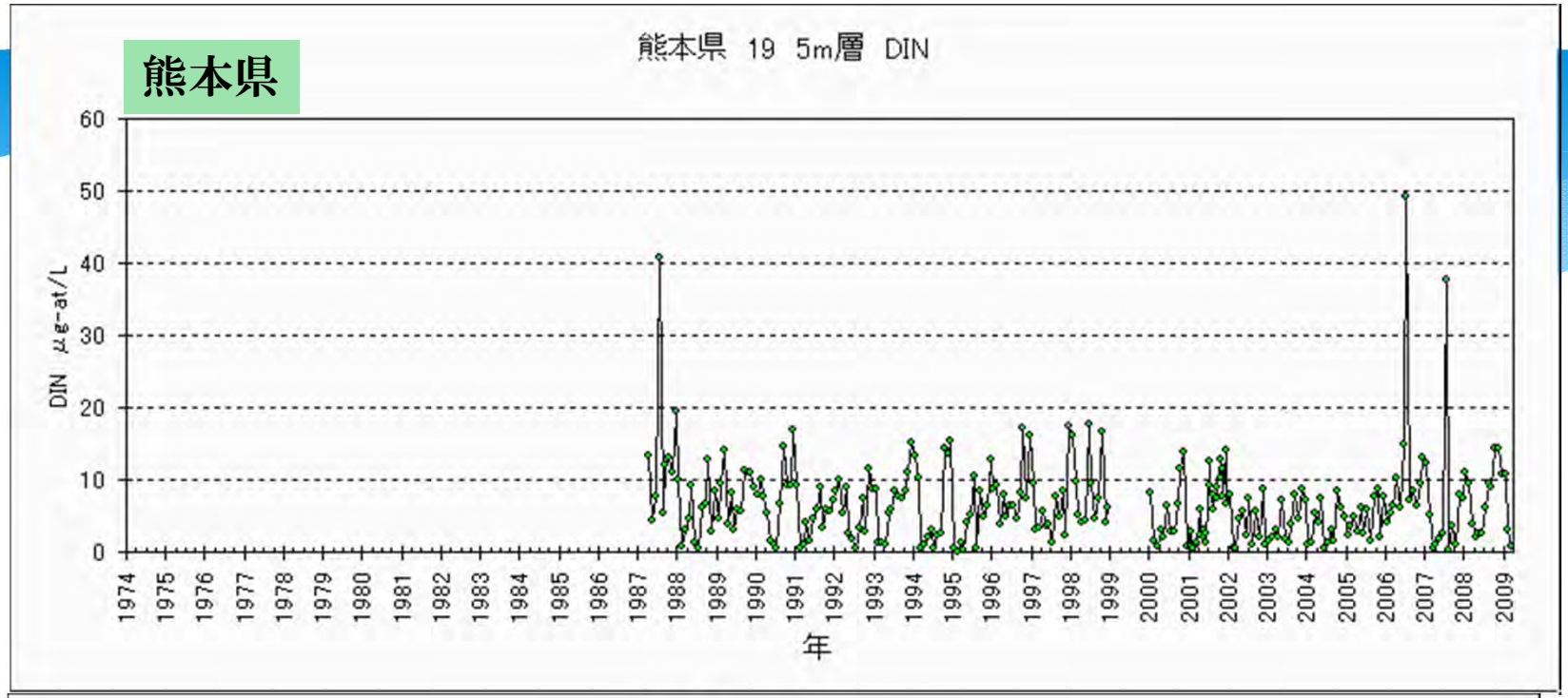
国営干拓沖定点(St.10)における表層の溶存態無機窒素(DIN)濃度の12ヶ月移動平均の経年変化

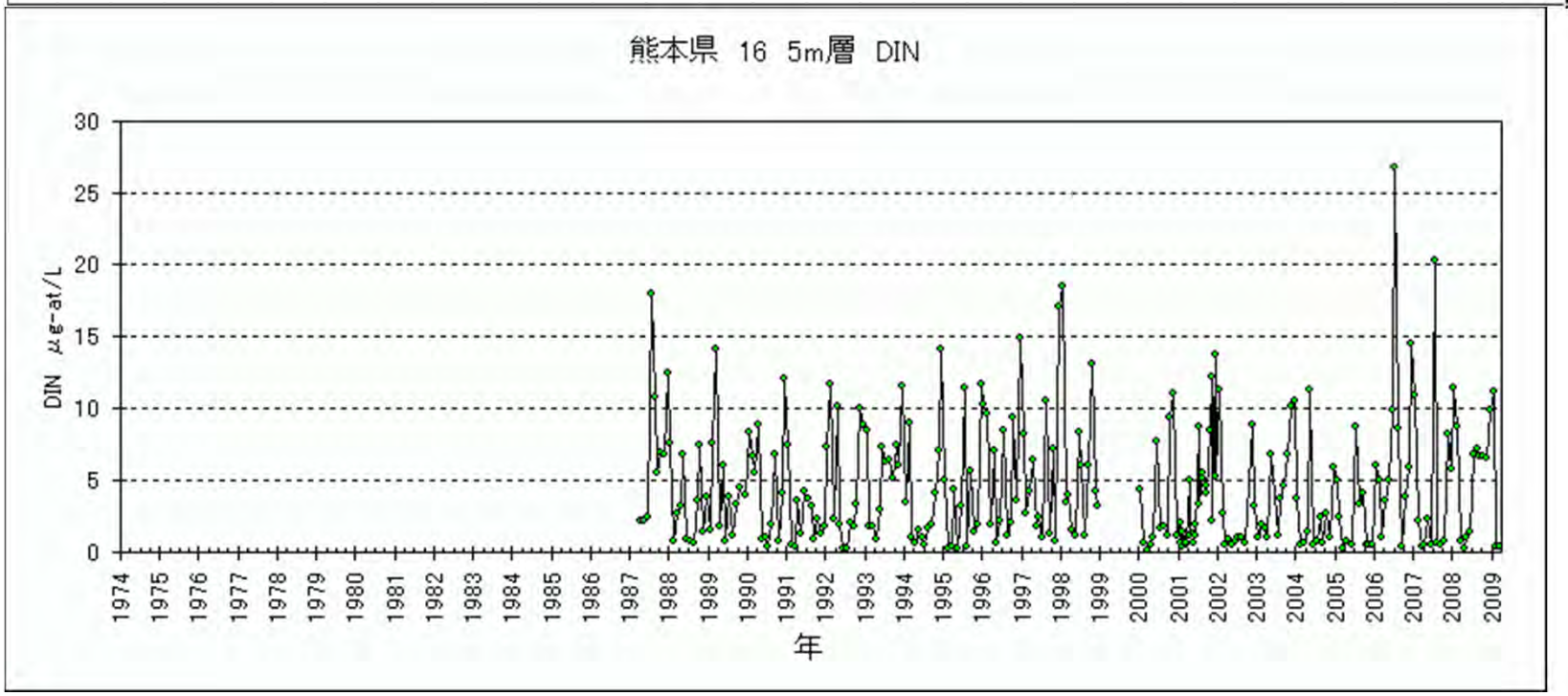


国営干拓沖定点(St.10)表層における季節別の溶存態無機窒素(DIN)濃度の経年変化。赤線は3ヶ年移動平均。

佐賀県有明水産振興センター(2013)をもとに作成

熊本県

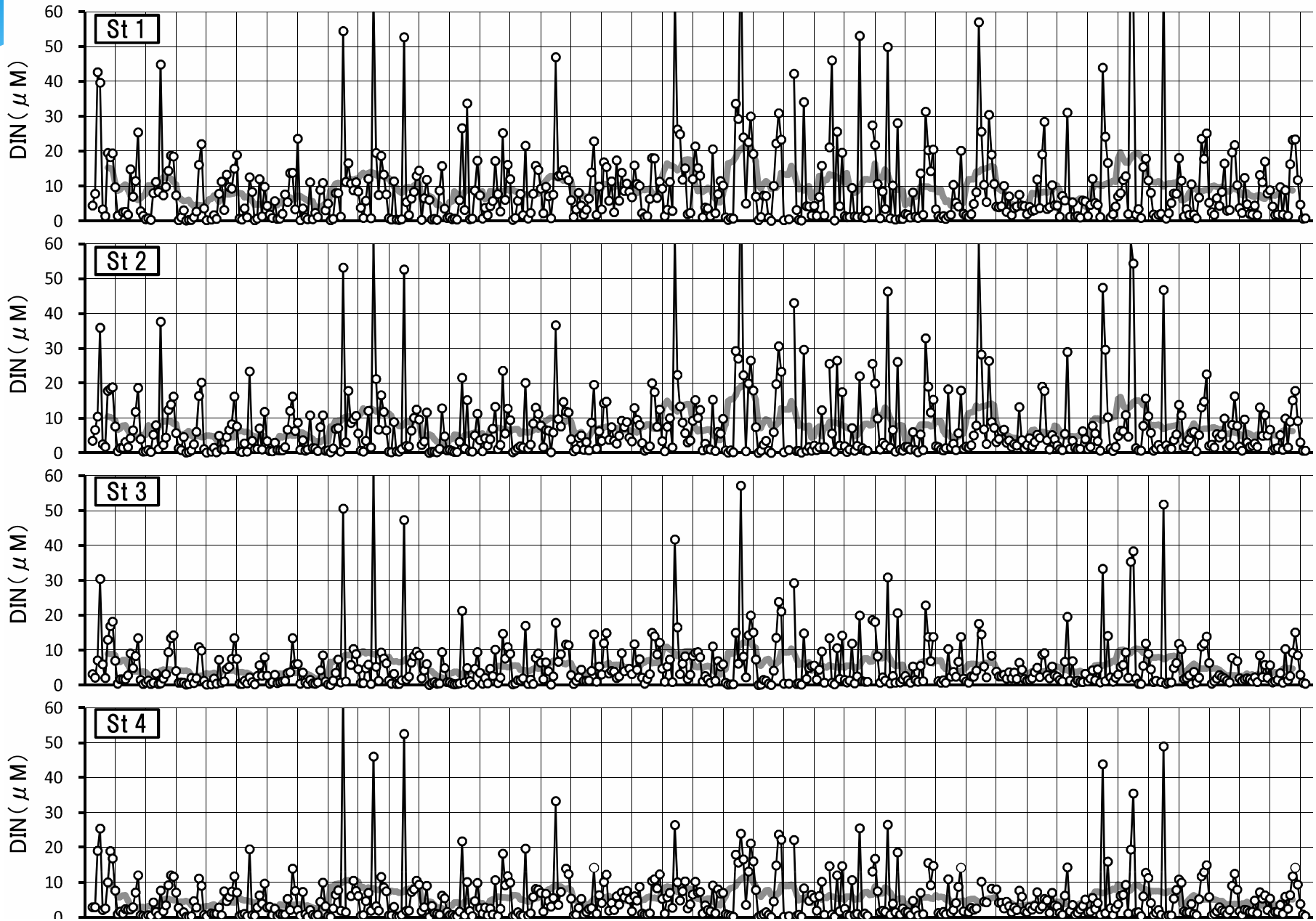

熊本県 19 5m層 DIN
DIN μg-at/L
0
10
20
30
40
50
60
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
年

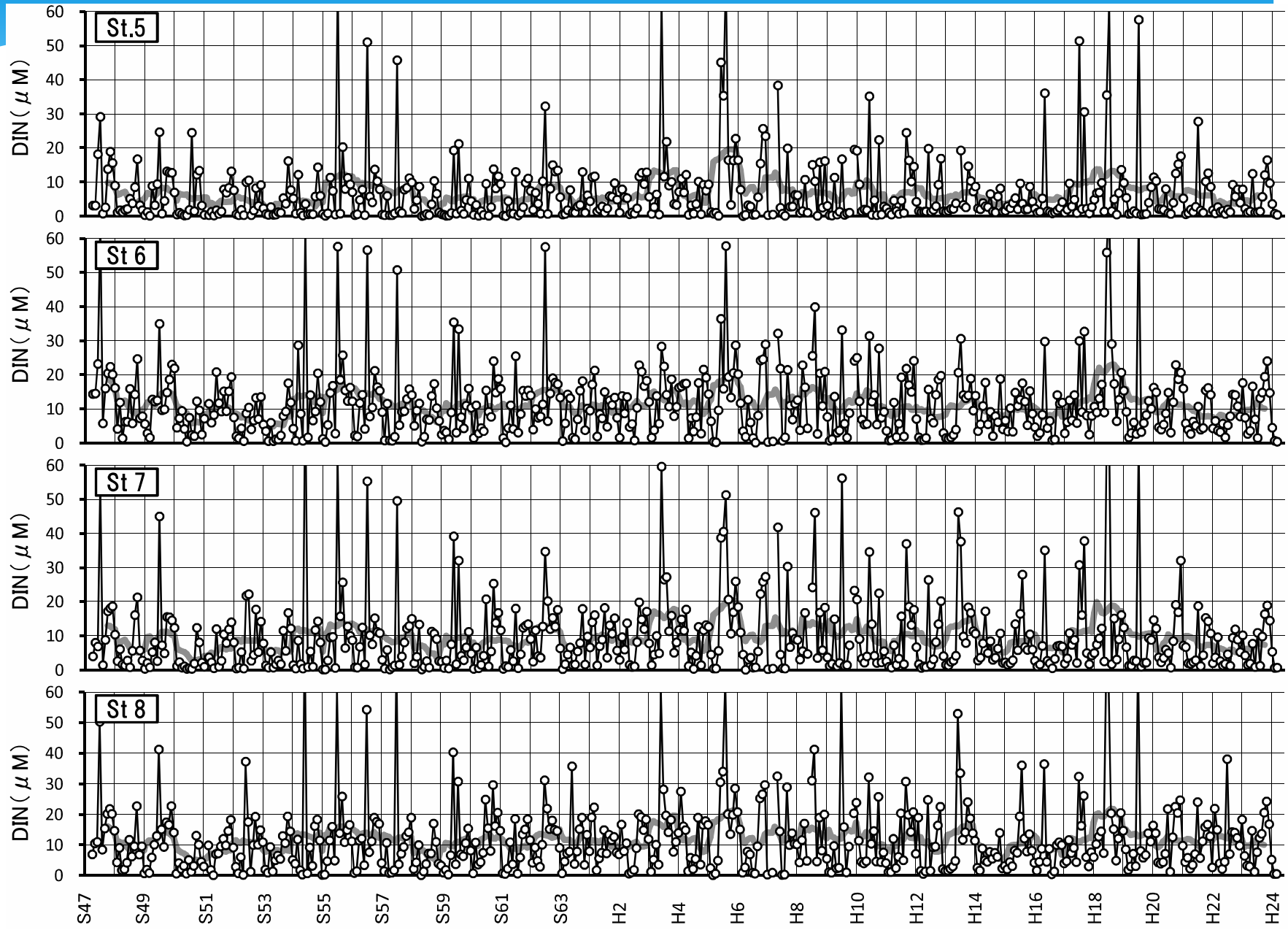

熊本県 16 5m層 DIN
DIN μg-at/L
0
5
10
15
20
25
30
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
年

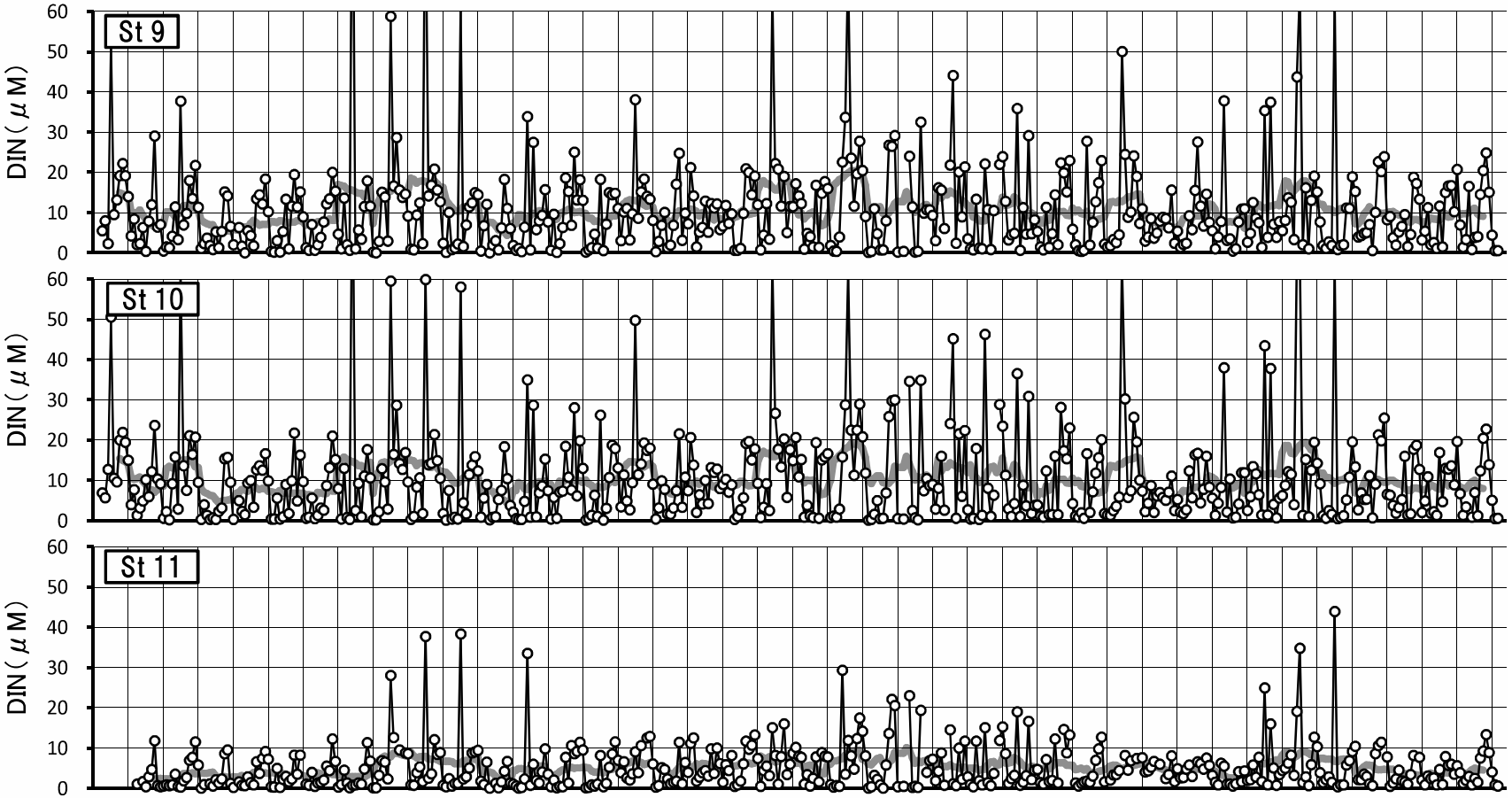
溶存態無機窒素（DIN）

佐賀県

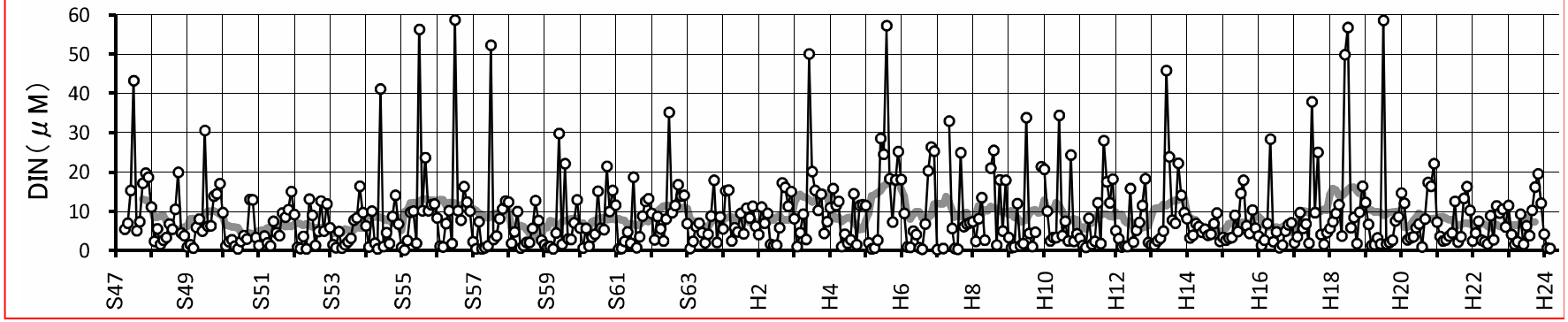
各点の値と変動を読む




St.5
St 6
St 7
St 8
DIN（μM）
0
10
20
30
40
50
60
S47
S49
S51
S53
S55
S57
S59
S61
S63
H2
H4
H6
H8
H10
H12
H14
H16
H18
H20
H22
H24

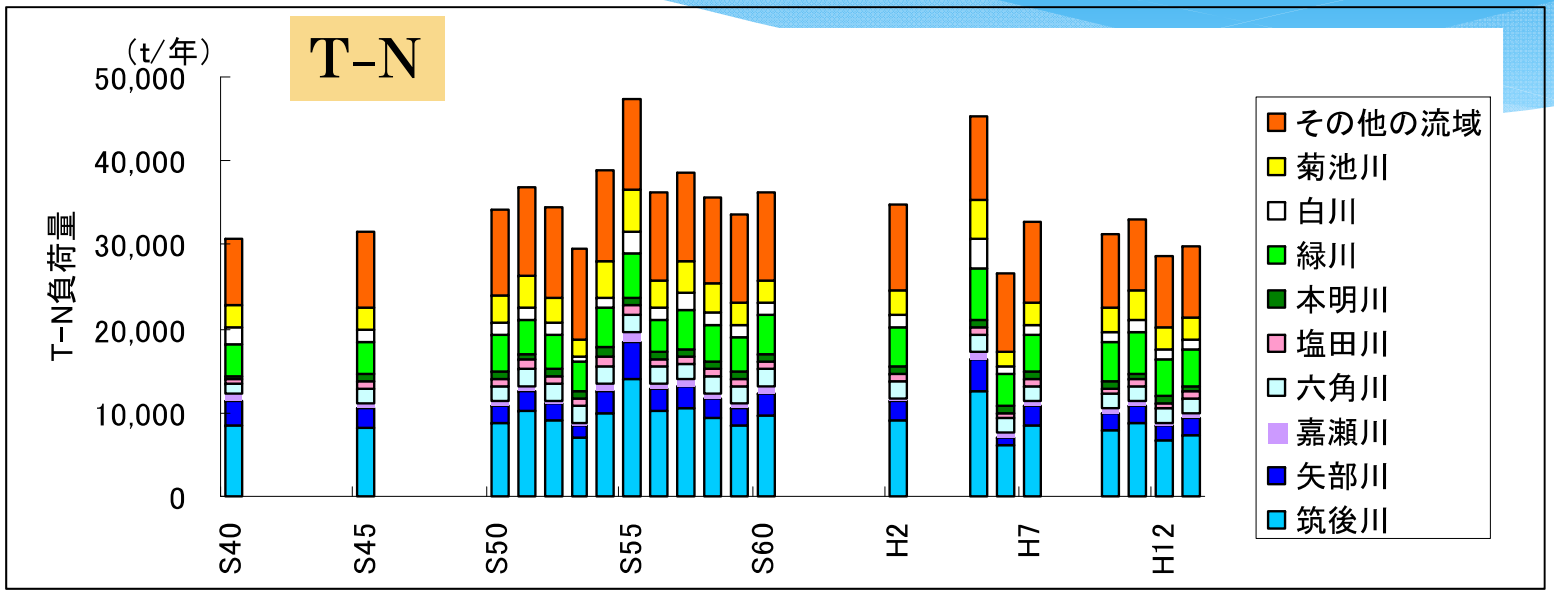


浅海定線平均値（St.1～St.11）

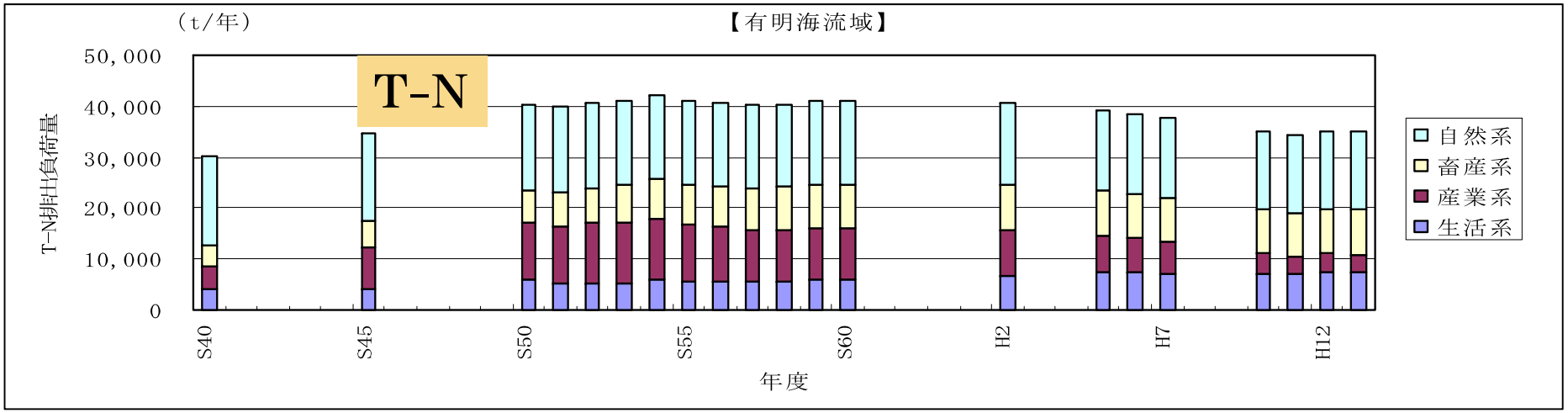


窒素はどこから流入するか

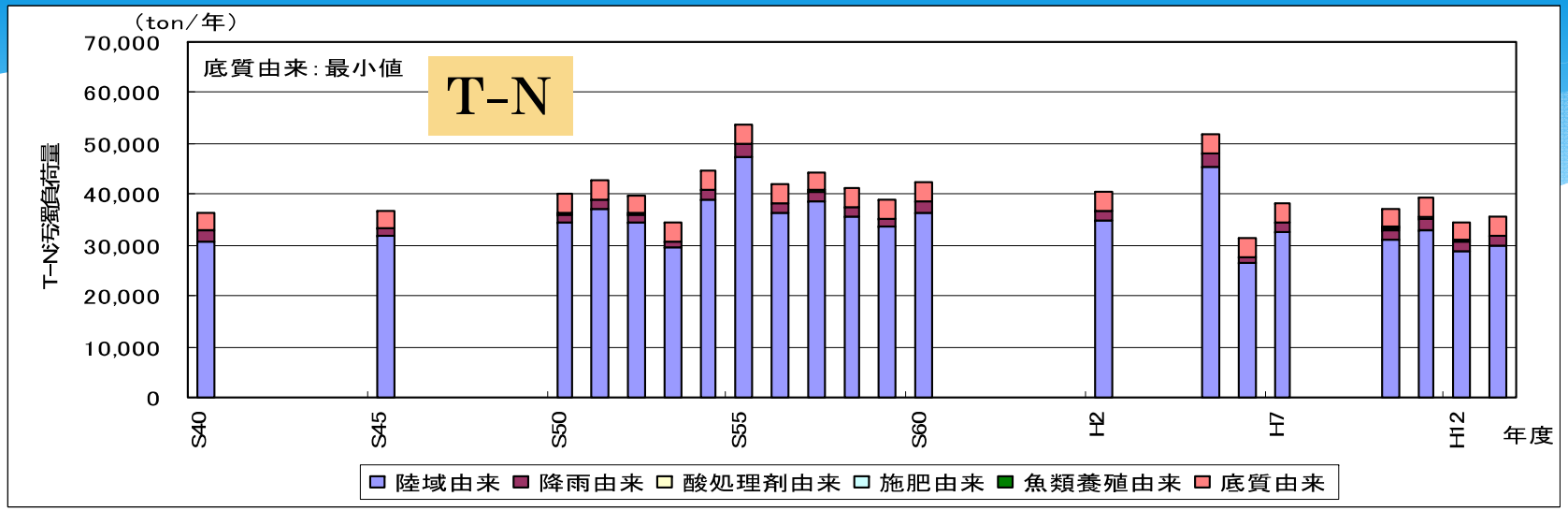
環境省有明海・八代海等総合調査評価委員会報告書が示した負荷源

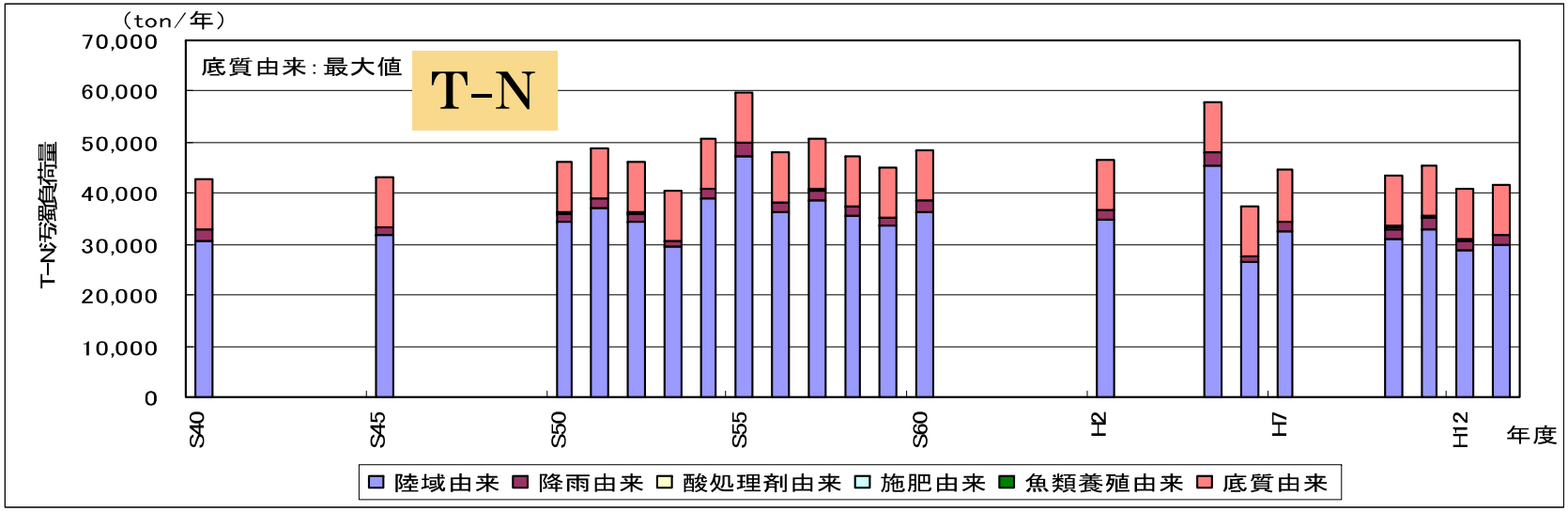


陸域からの流入負荷量



有明海流域の排出負荷量





注）T-N は底質からの N の溶出調査結果の最小値と最大値

有明海への直接負荷を含めた汚濁負荷量（T-N）

有機物汚濁

炭素と酸素を含む化合物（一酸化炭素、二酸化炭素以外）
生物がつくる炭水化物、脂肪、タンパク質等

有機物　陸域由来（流入）
　　海域由来（生産）

有機物大量流入→バクテリアによる分解→酸素消費→嫌気的（酸素が少ない）
→腐敗（硫化水素の発生）→生物生育不適

<u>量を示す指標</u>

生物化学的酸素要求量　BOD（<u>B</u>iochemical <u>O</u>xygen <u>D</u>emand）

バクテリア類が有機物を分解する際に必要な酸素量（大きいほど汚れている）
→短時間の分解を期待する川（流れる）の水質指標に用いられる

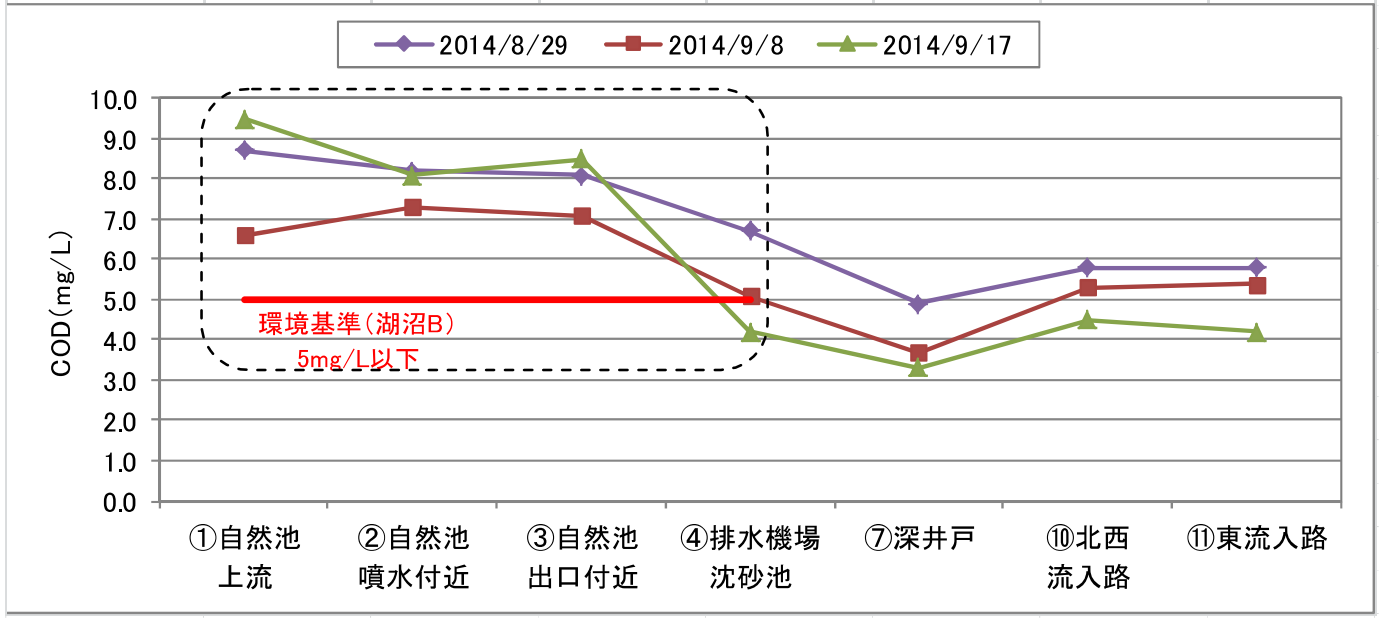
化学的酸素要求量　COD（<u>C</u>hemical <u>O</u>xygen <u>D</u>emand）

有機物を強制的に参加させる際に必要な酸素量（大きいほど汚れている）
→被酸化物（酸化させるもの）には有機物＋亜硝酸塩、硫化物などの無機物
→主として有機物なので有機物汚濁の指標とする
→長期間の分解を考慮する湖・閉鎖性海域の水質指標に用いられる

(3) COD（化学的酸素要求量）

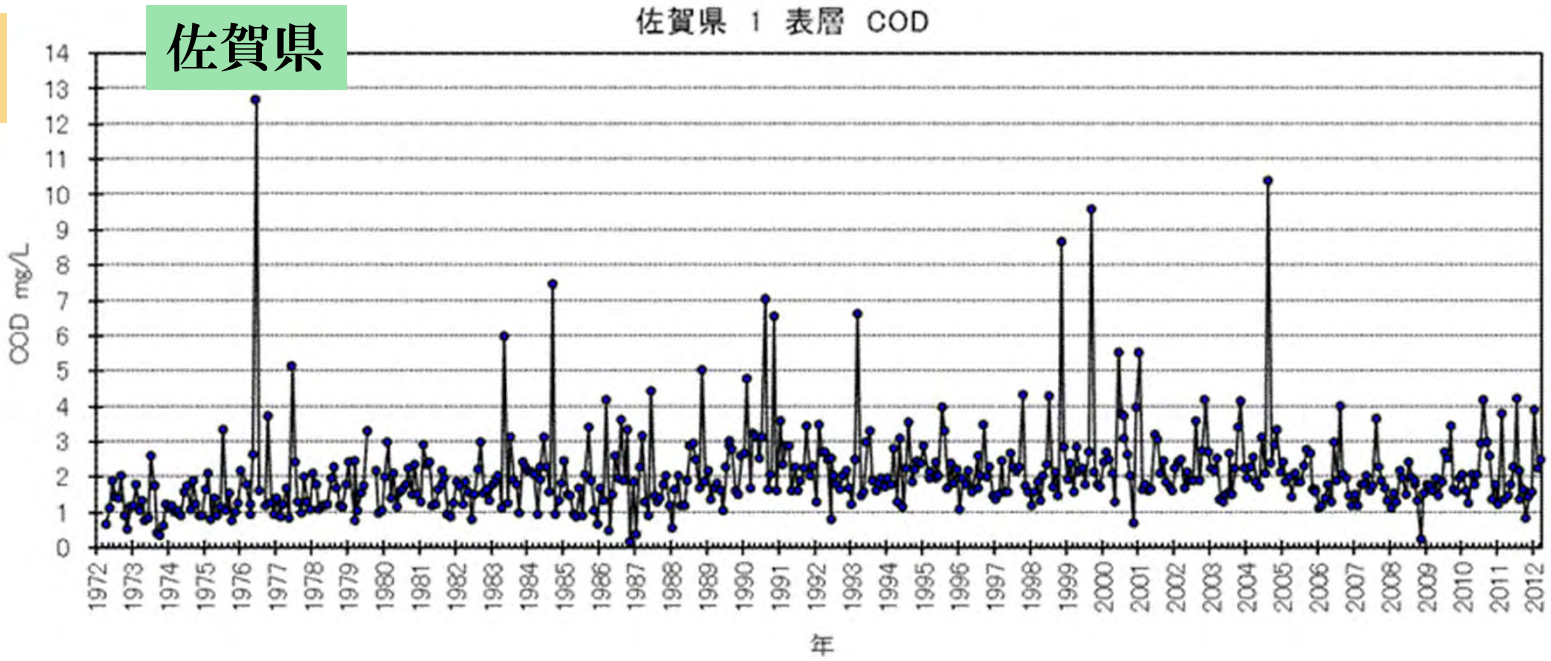
* 環境基準は、自然池内（①～③）及び排水機場沈砂池（④）では、全てまたはほぼ全て(1/3)のデータが満足していない
* 自然池内の調査地点のデータが他地点よりも高い

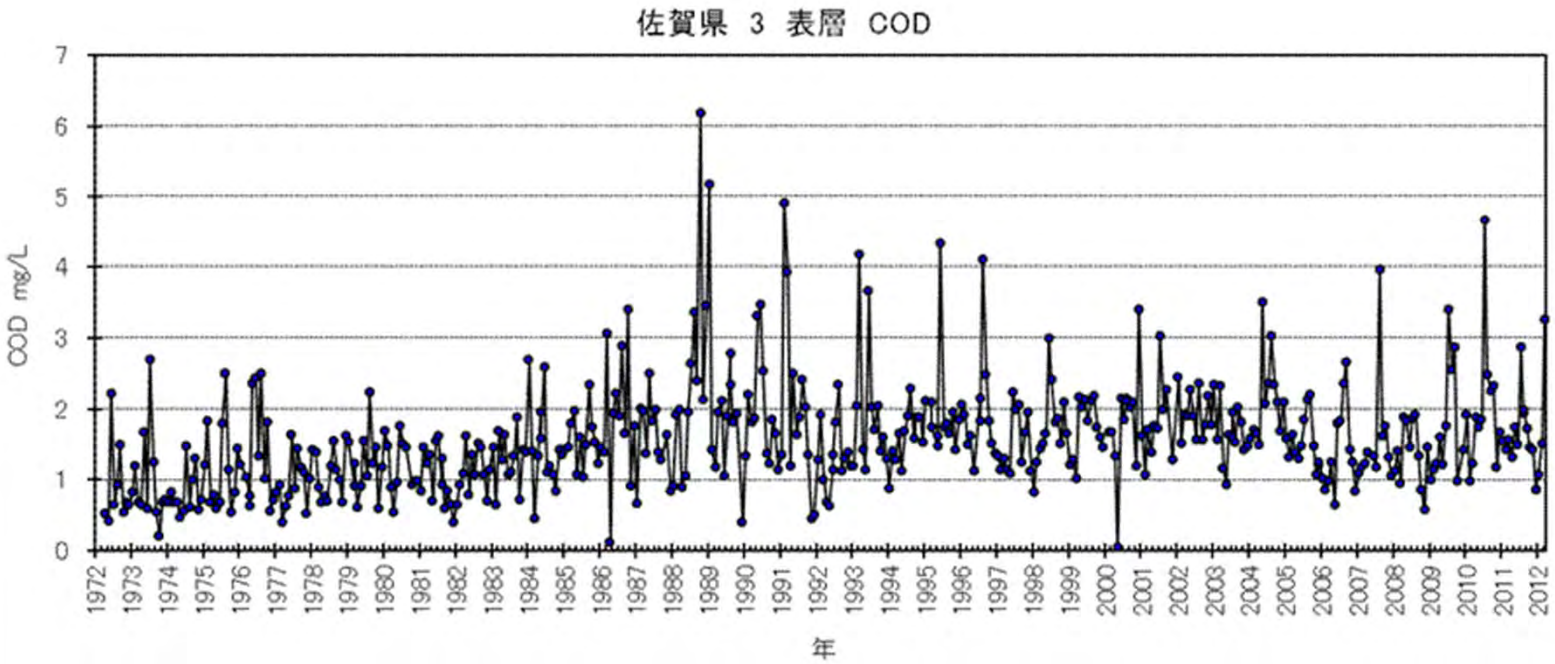
調査日	①自然池上流	②自然池噴水付近	③自然池出口付近	④排水機場沈砂池	⑦深井戸	⑩北西流入路	⑪東流入路
2014/8/29	8.7	8.2	8.1	6.7	4.9	5.8	5.8
2014/9/8	6.6	7.3	7.1	5.1	3.7	5.3	5.4
2014/9/17	9.5	8.1	8.5	4.2	3.3	4.5	4.2



COD

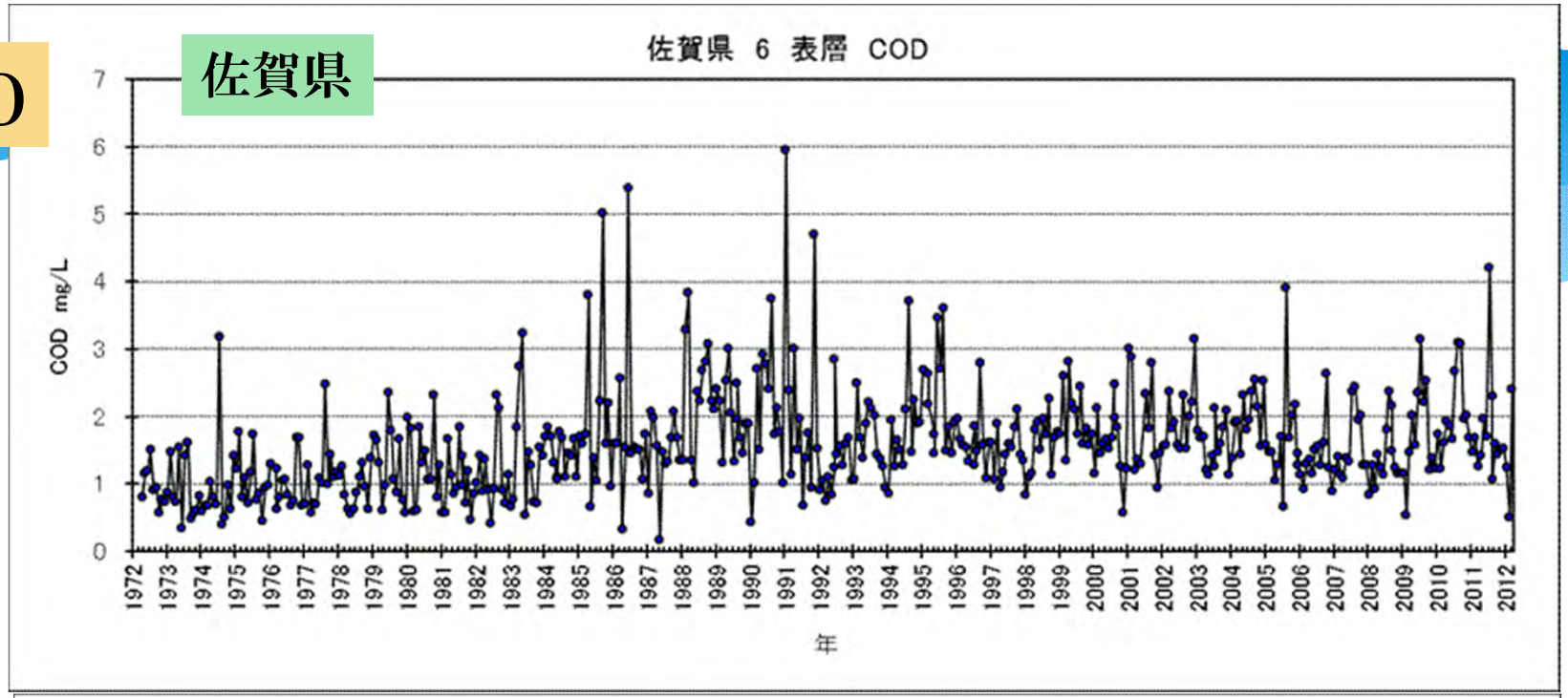
佐賀県

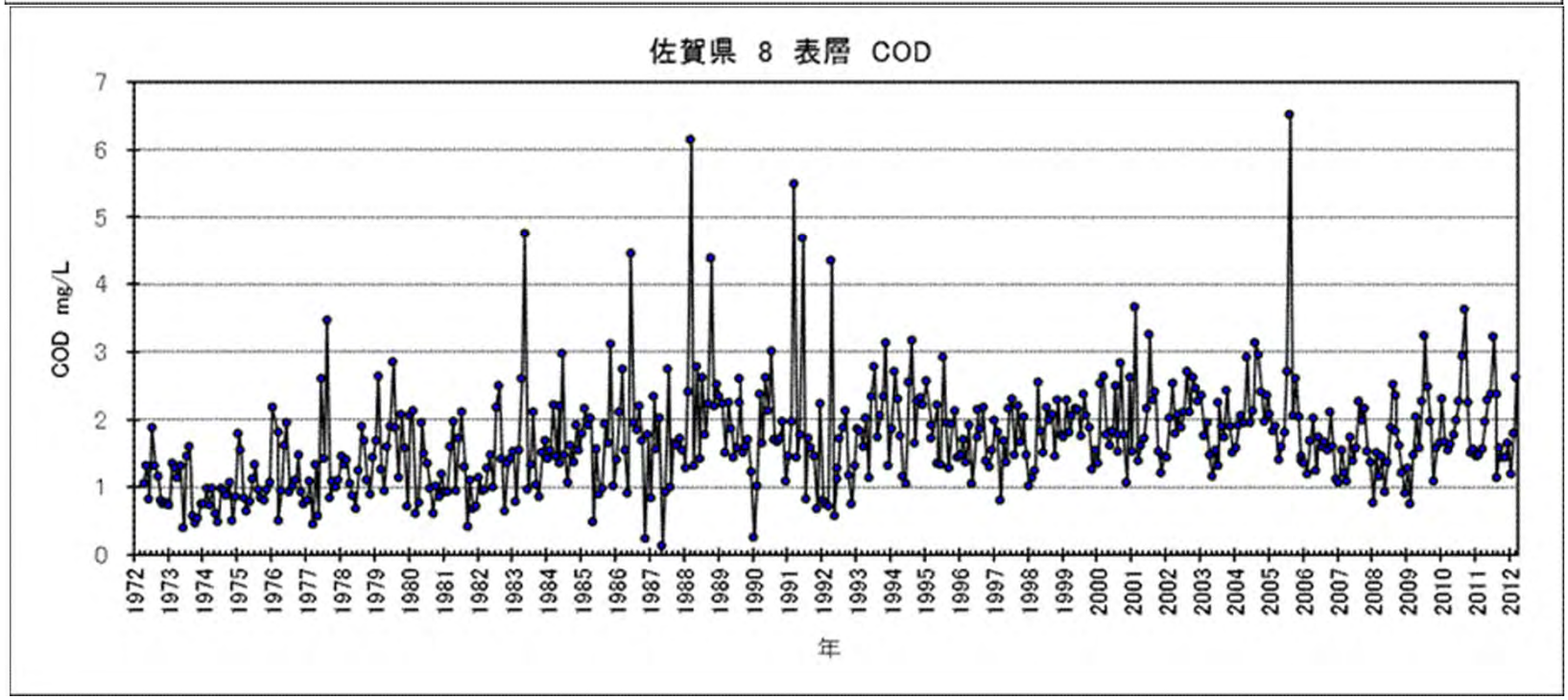




COD

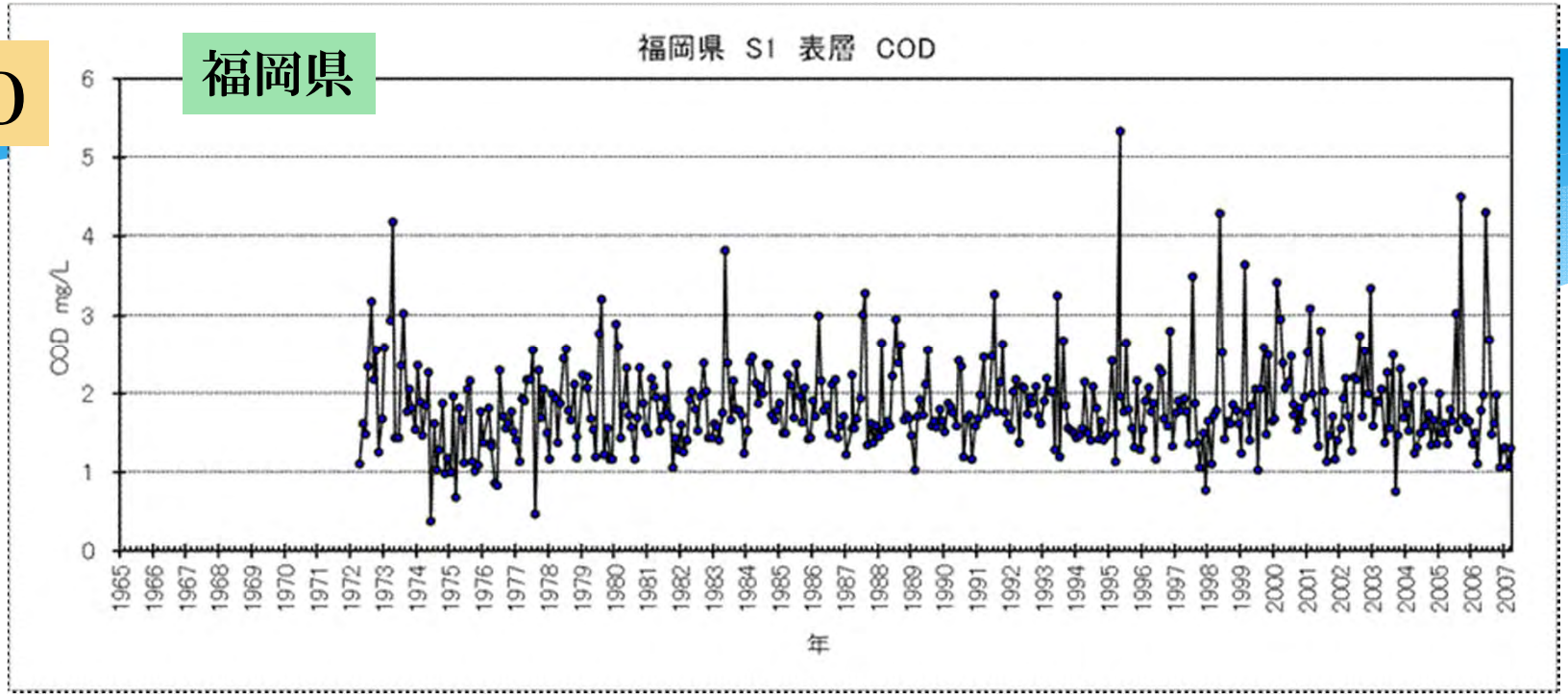
佐賀県

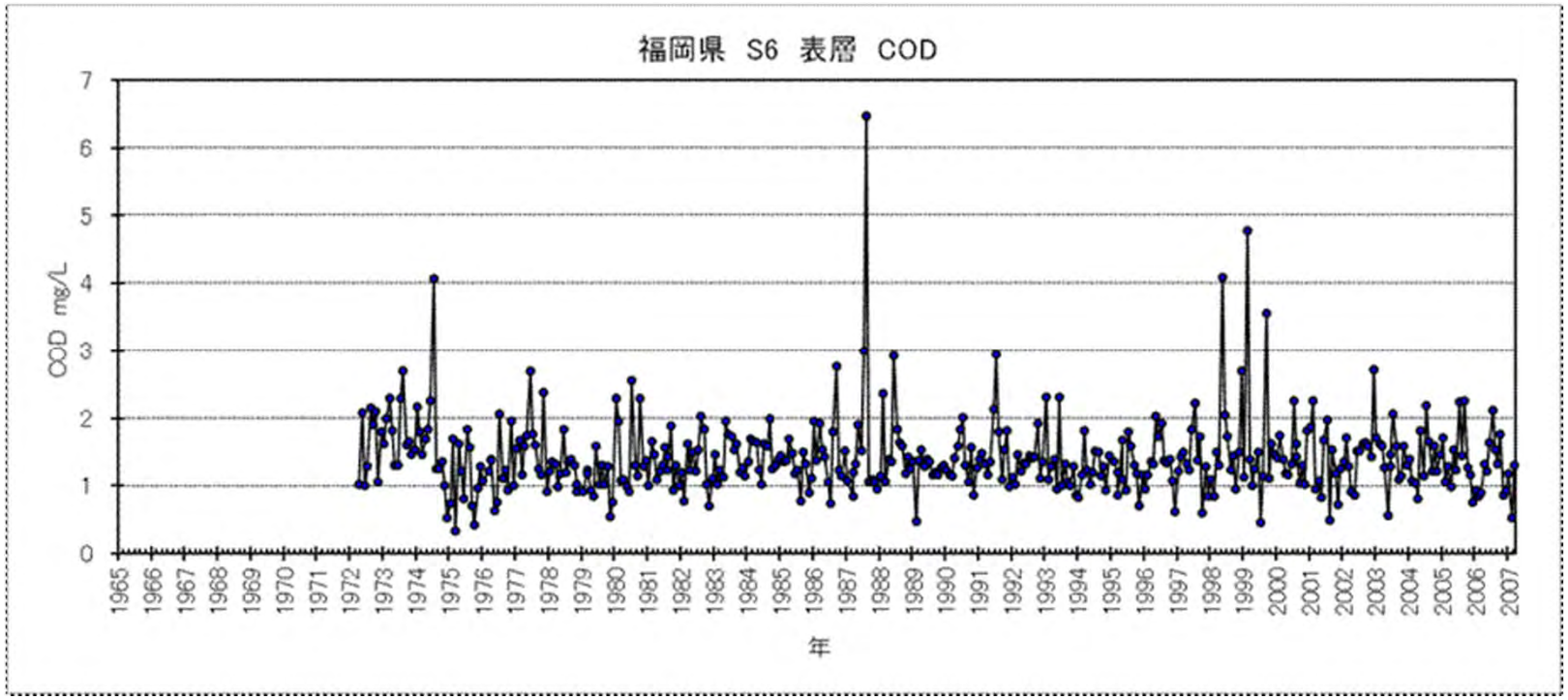




COD

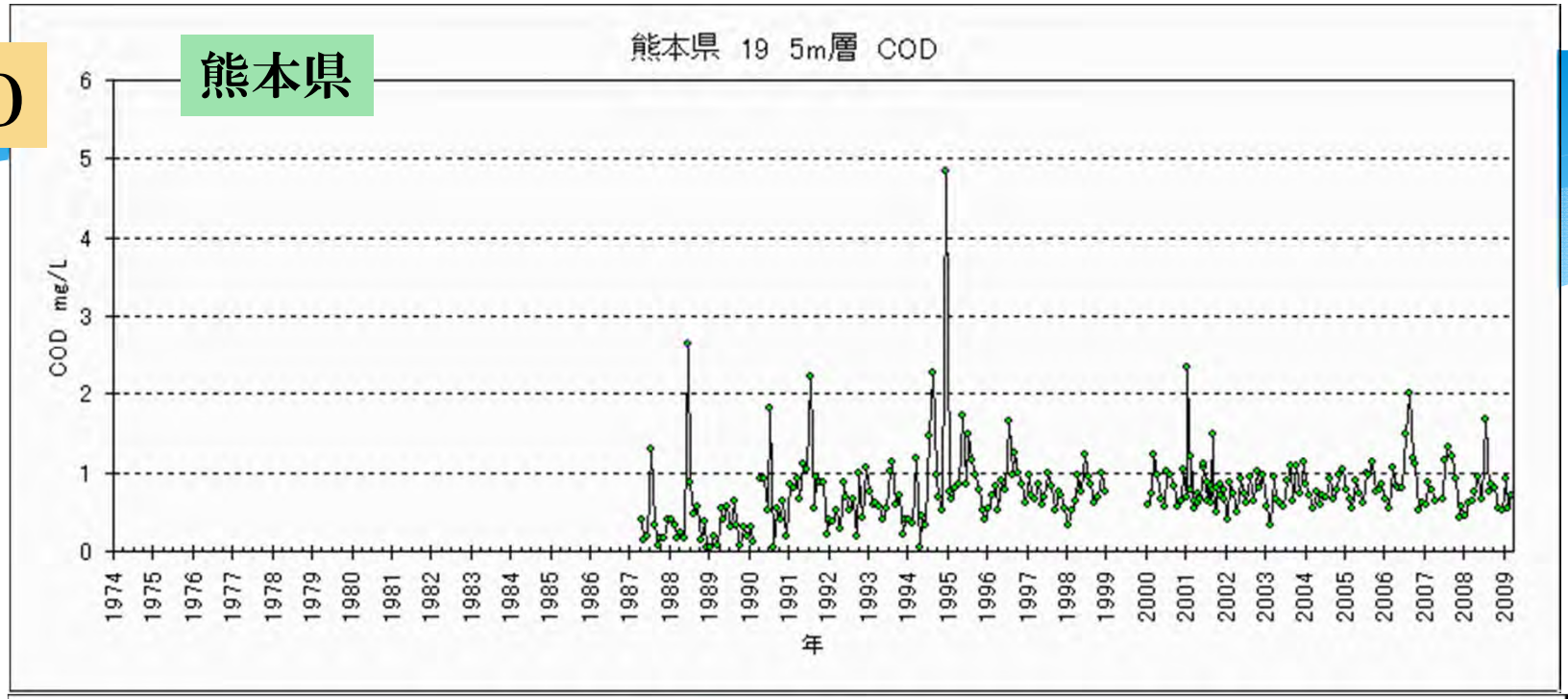
福岡県

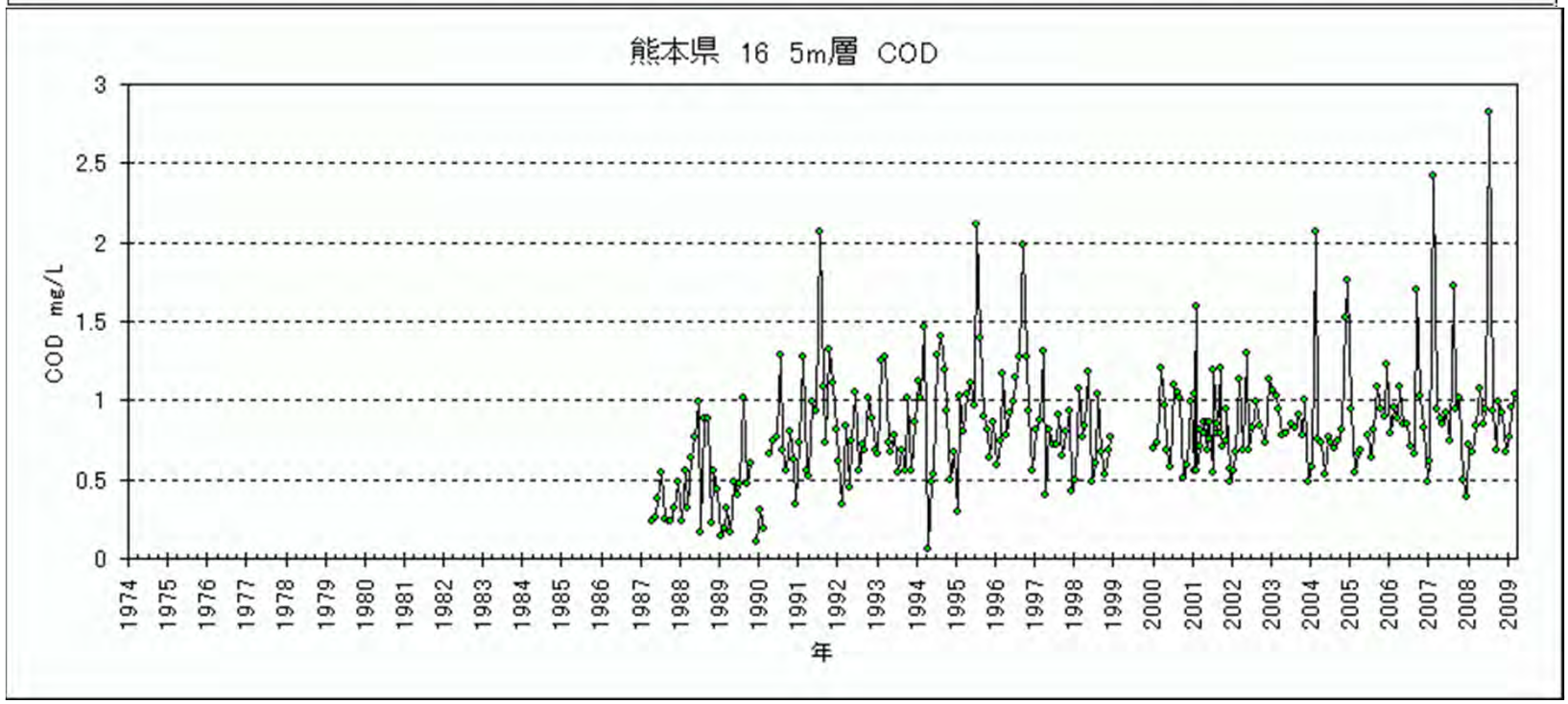




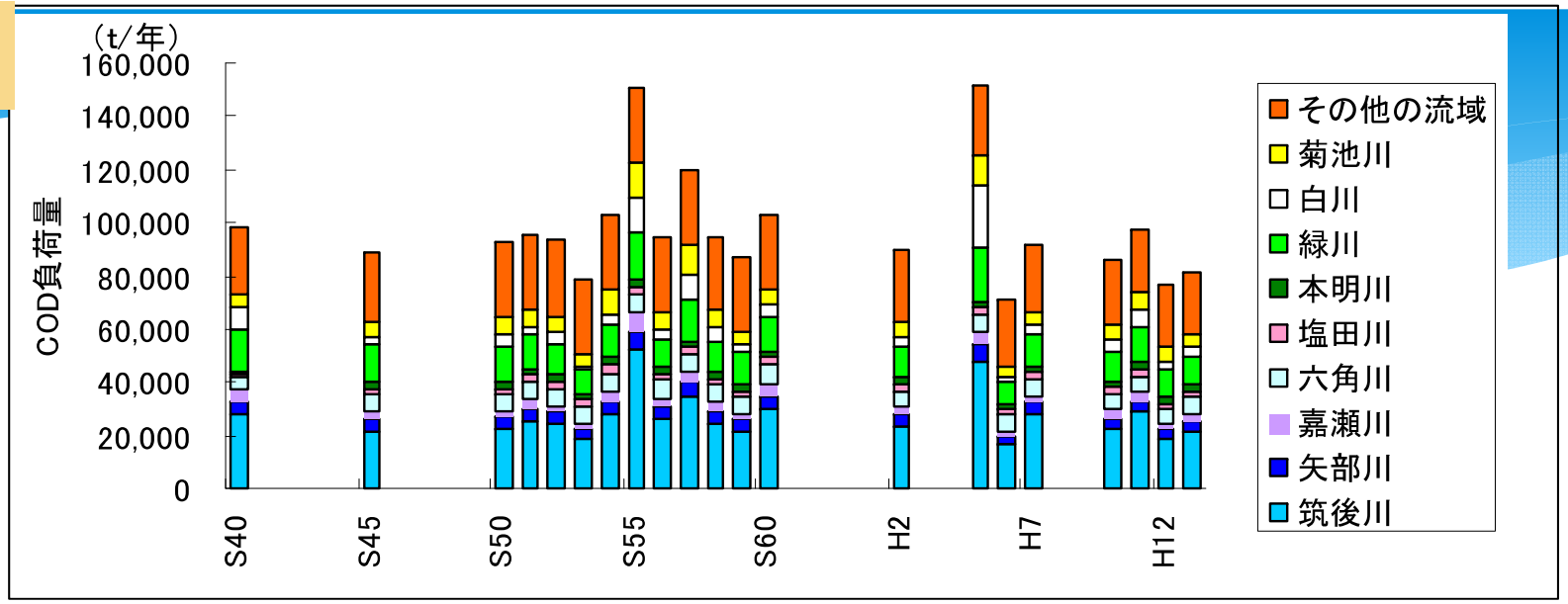
COD

熊本県

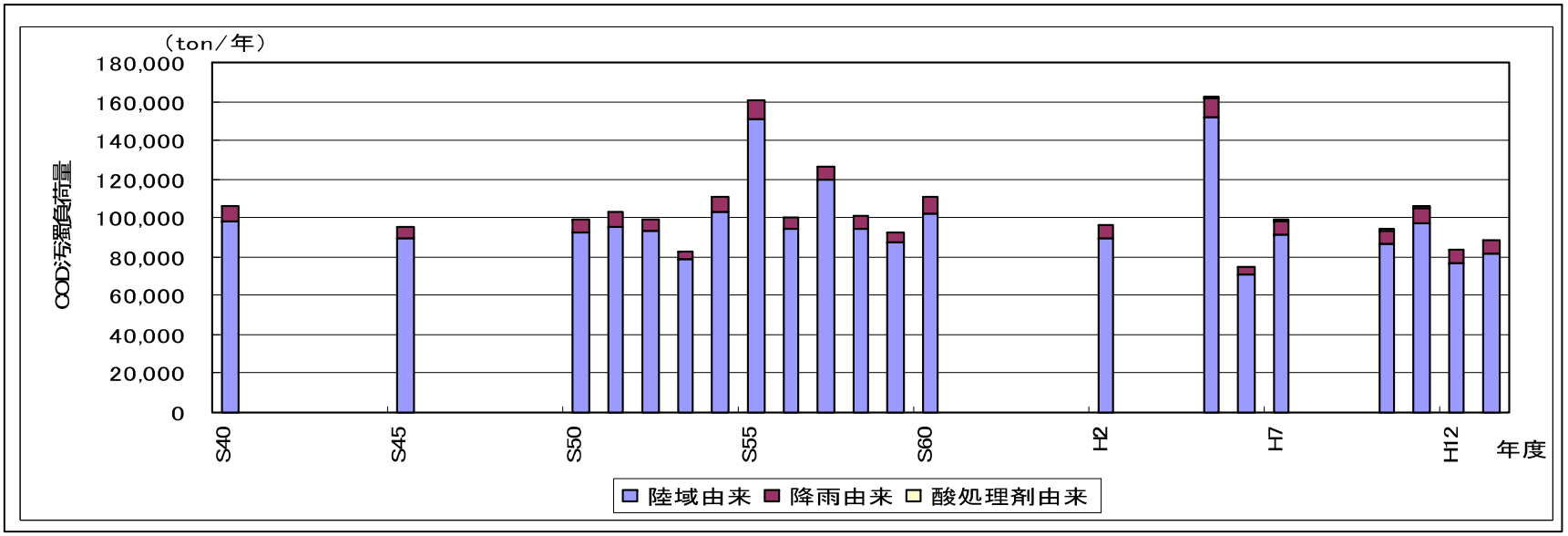




COD

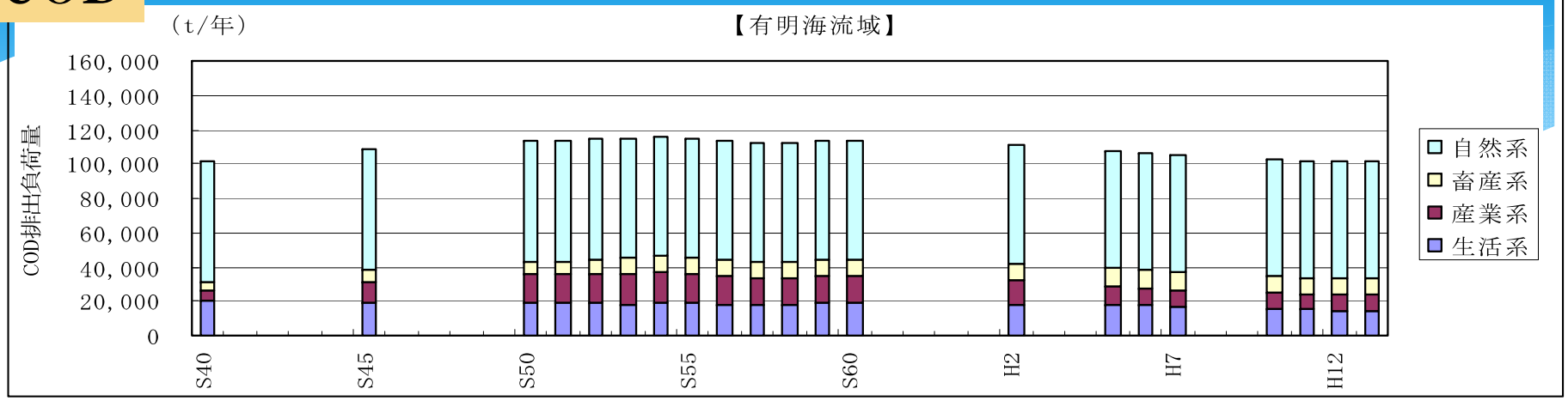


有明海の流入負荷量の変遷



有明海への直接負荷を含めた汚濁負荷量

COD



有明海の排出負荷量（COD）の変遷

COD は自然系(60～70%)の割合が高い

産業系が減少した分、減少傾向にある

プランクトン沈殿量

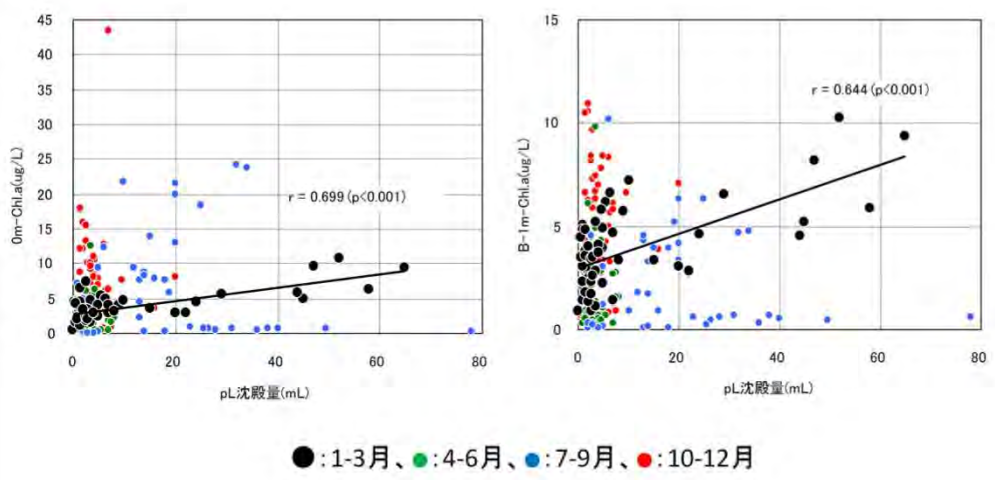
プランクトン沈殿量は目合い 0.1mm のプランクトンネットを 5m の鉛直曳きにより得られた値

動物プランクトンと大型の植物プランクトンの量を表す指標

クロロフィル濃度

葉緑素の濃度を測定するので植物プランクトンの量を示し指標になる

冬期(1～3月)のプランクトン沈殿量とクロロフィル濃度 との間には高い相関があり(大型の珪藻が冬期に優占するため)、この時期であれば植物プランクトン濃度の指標として評価できることが判明した



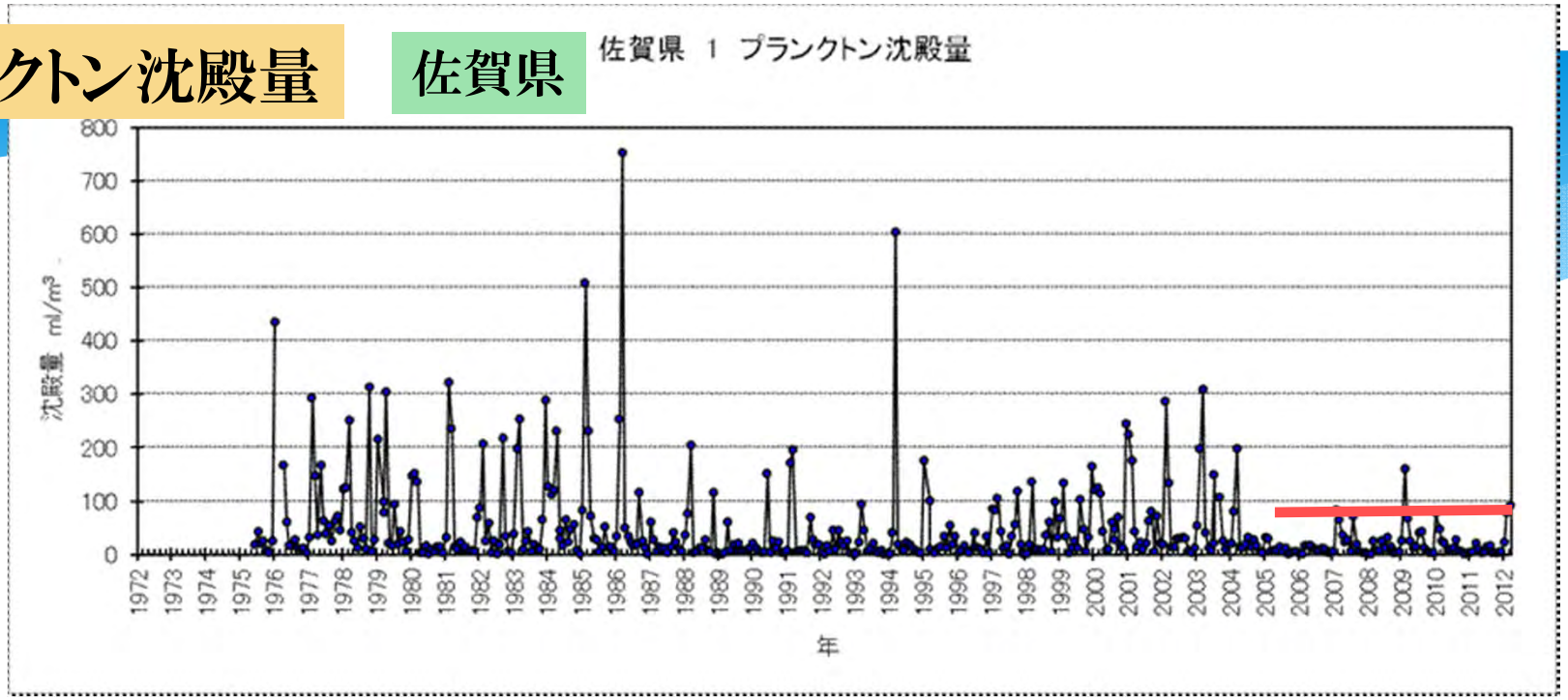
プランクトン沈殿量とクロロフィル濃度との関係

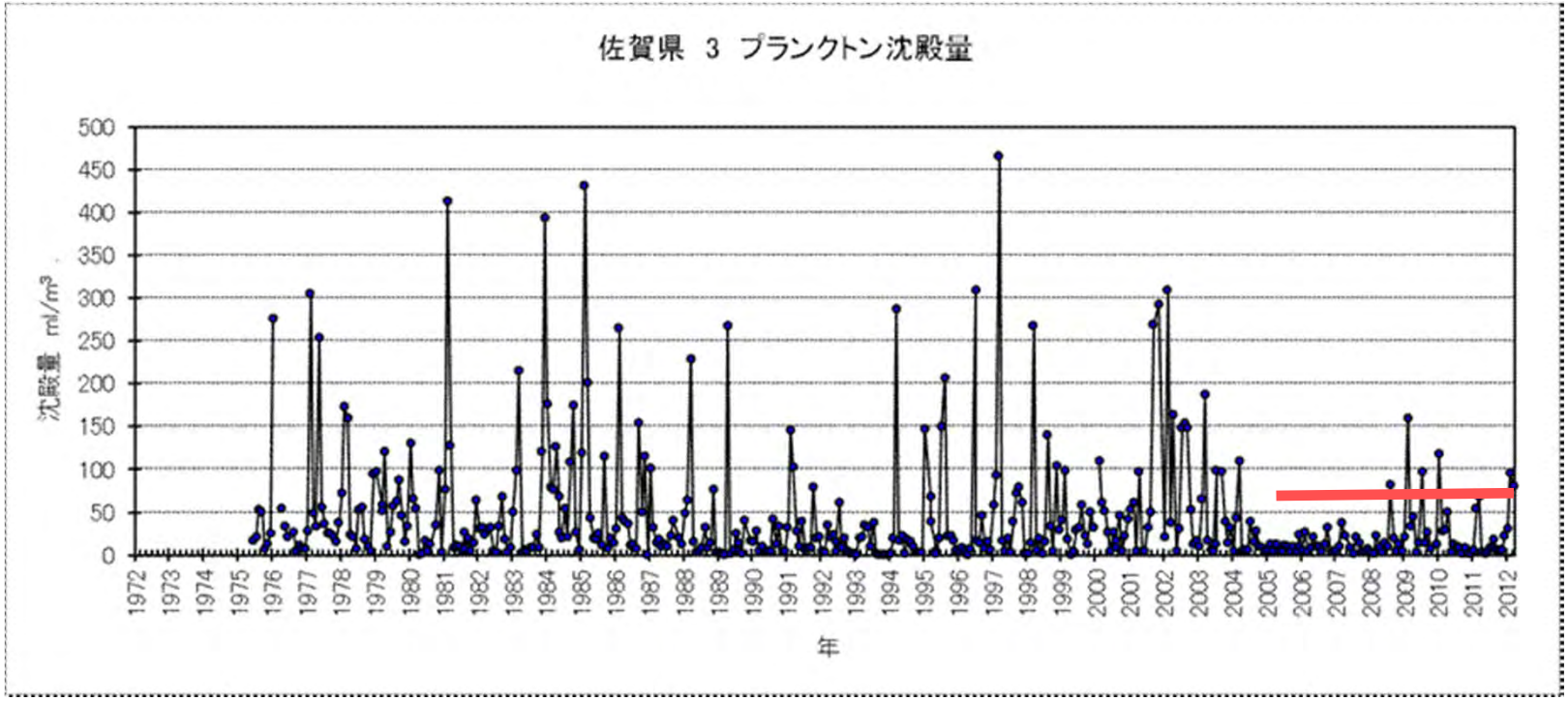
2005-2006年度にかけて有明海福岡県海域で取得された浅海定線データを整理したもの

資料: 平成12年~平成13年度福岡県水産海洋技術センター
有明海研究所事業報告書

プランクトン沈殿量

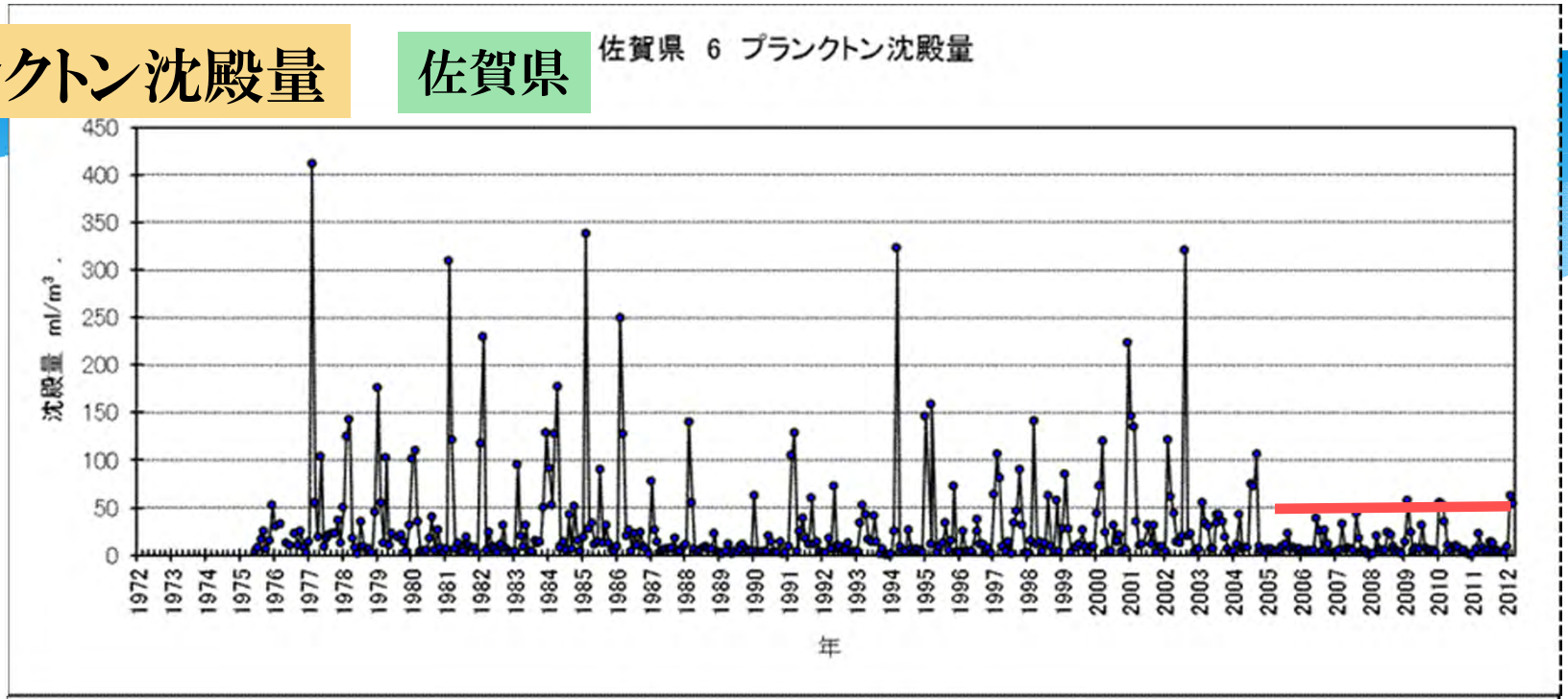
佐賀県

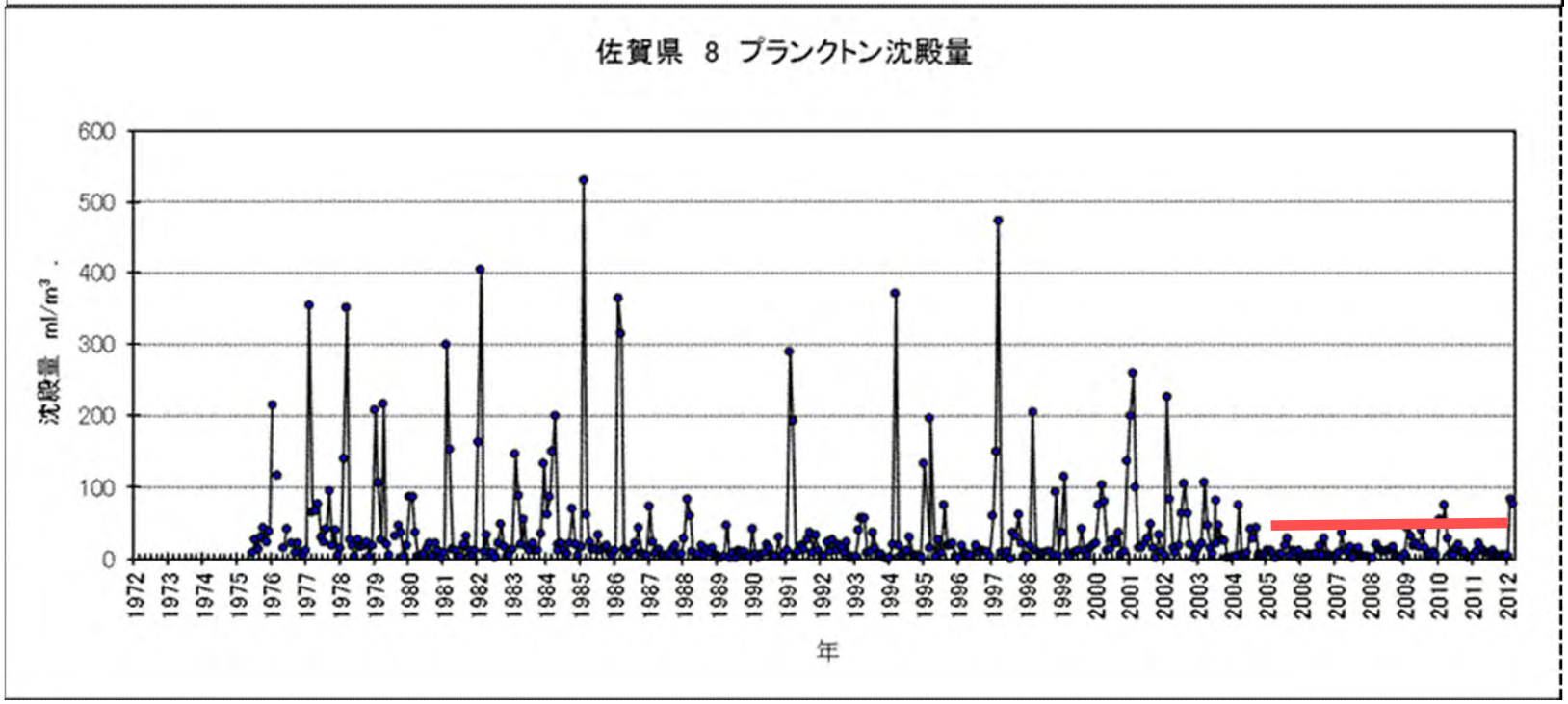




プランクトン沈殿量

佐賀県

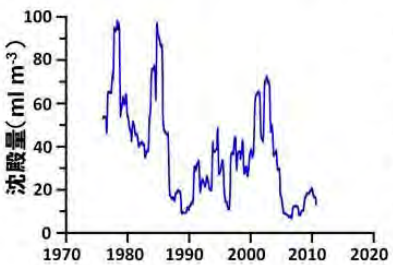




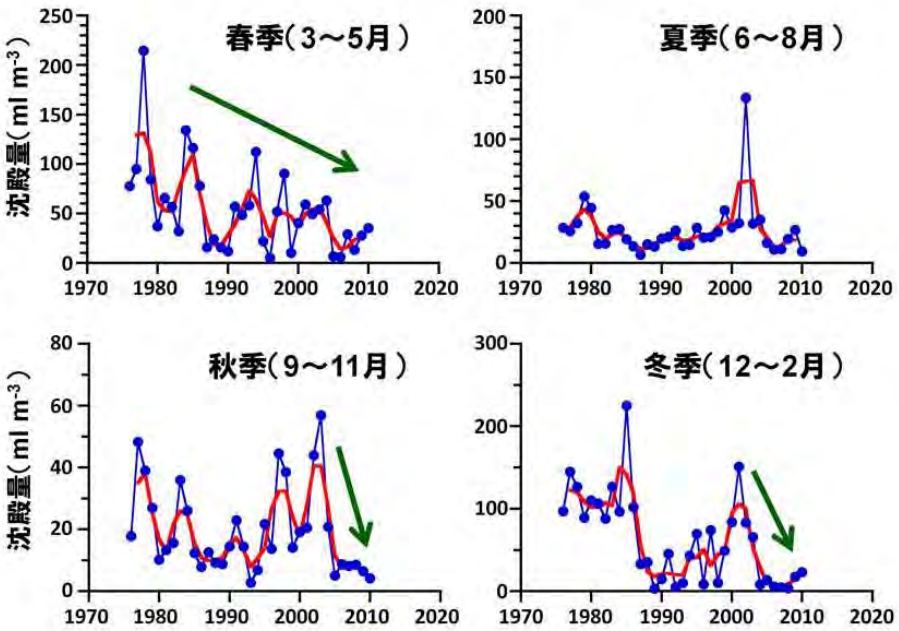
有明海湾奥海域である国営干拓沖において、特に春期はフ゜ラン クトン沈殿量低下が明瞭である。また、2005年以降は、秋期から冬期にかけてもプランクトン沈殿量が著しく低く、大型珪藻などの出現量が低下していることが推察される。

本当のようです

プランクトン沈殿量の長期変動傾向(国営干拓沖)



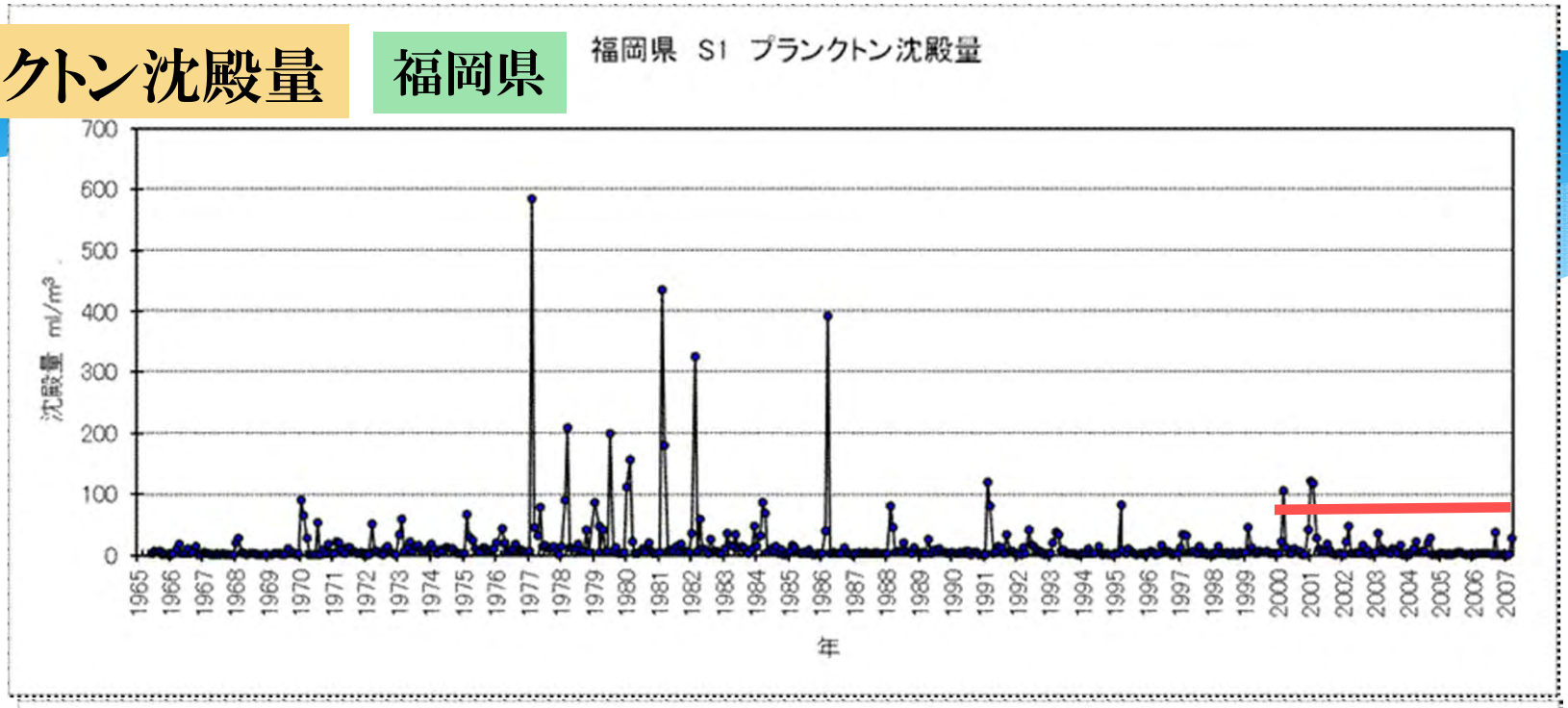
国営干拓沖定点(St.10)におけるプランクトン沈殿量の12ヶ月移動平均の経年変化

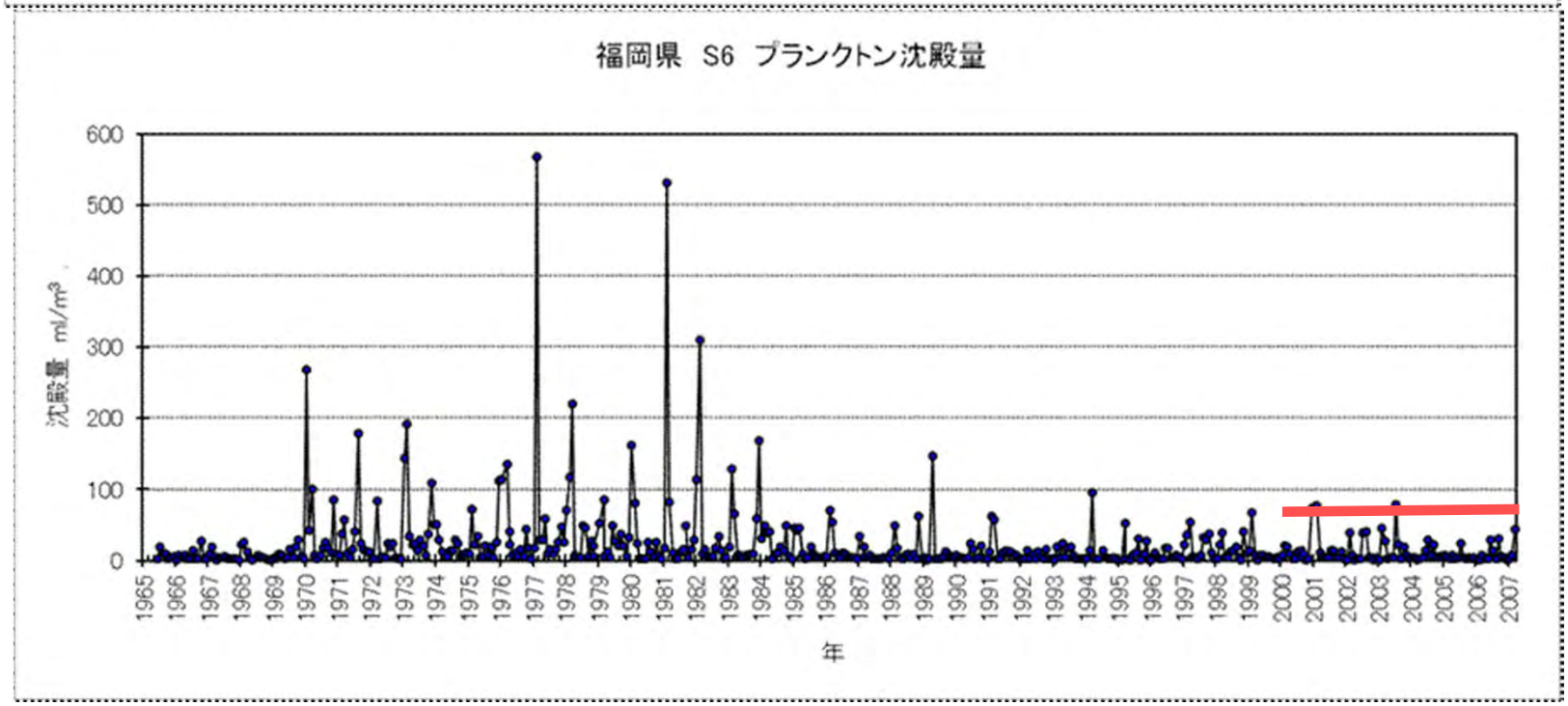


国営干拓沖定点(St.10)における季節別のプランクトン沈殿量の経年変化。赤線は3ヶ年移動平均。

佐賀県有明水産振興センター(2013)をもとに作成

プランクトン沈殿量　福岡県

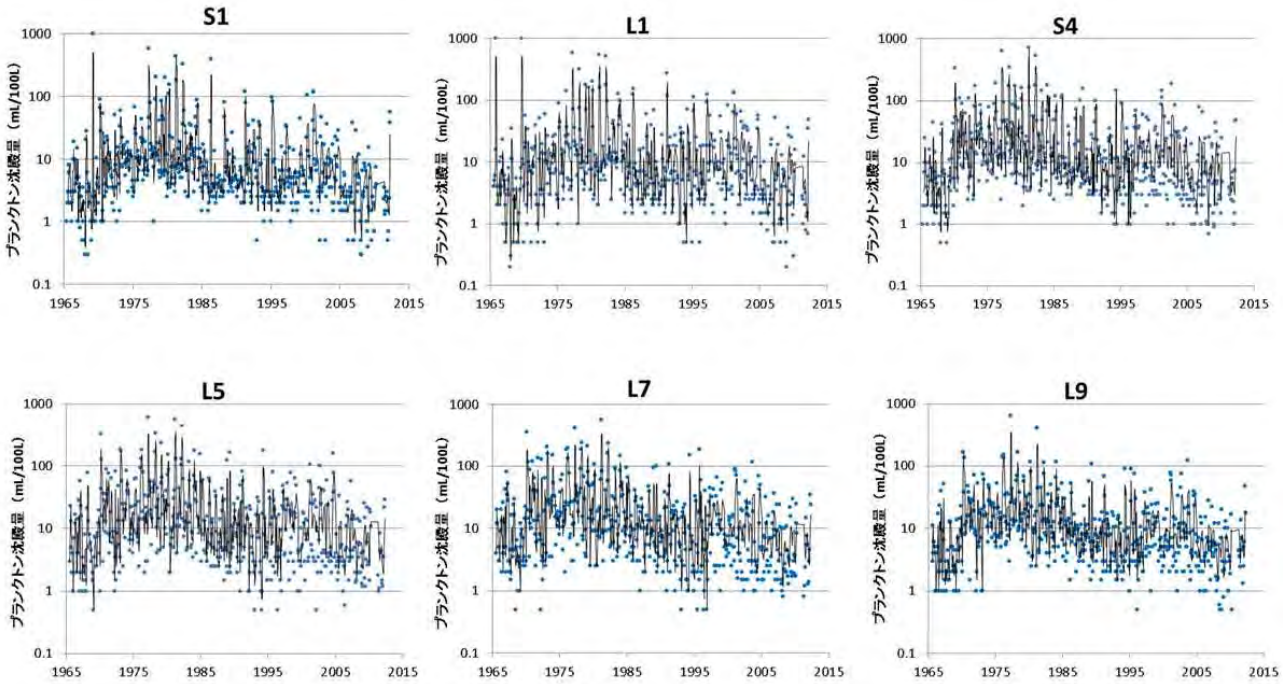




すべての定点で〝調査開始1965年から1980年代まで急激にプランクトン沈殿量が上昇した後、徐々に漸減傾向になっている。特に2000年 以降に減少傾向が顕著

二枚貝漁獲量が多かった時期とプランクトン沈殿量の傾向が類似していることから、餌料環境の低下が示唆される

本当か？

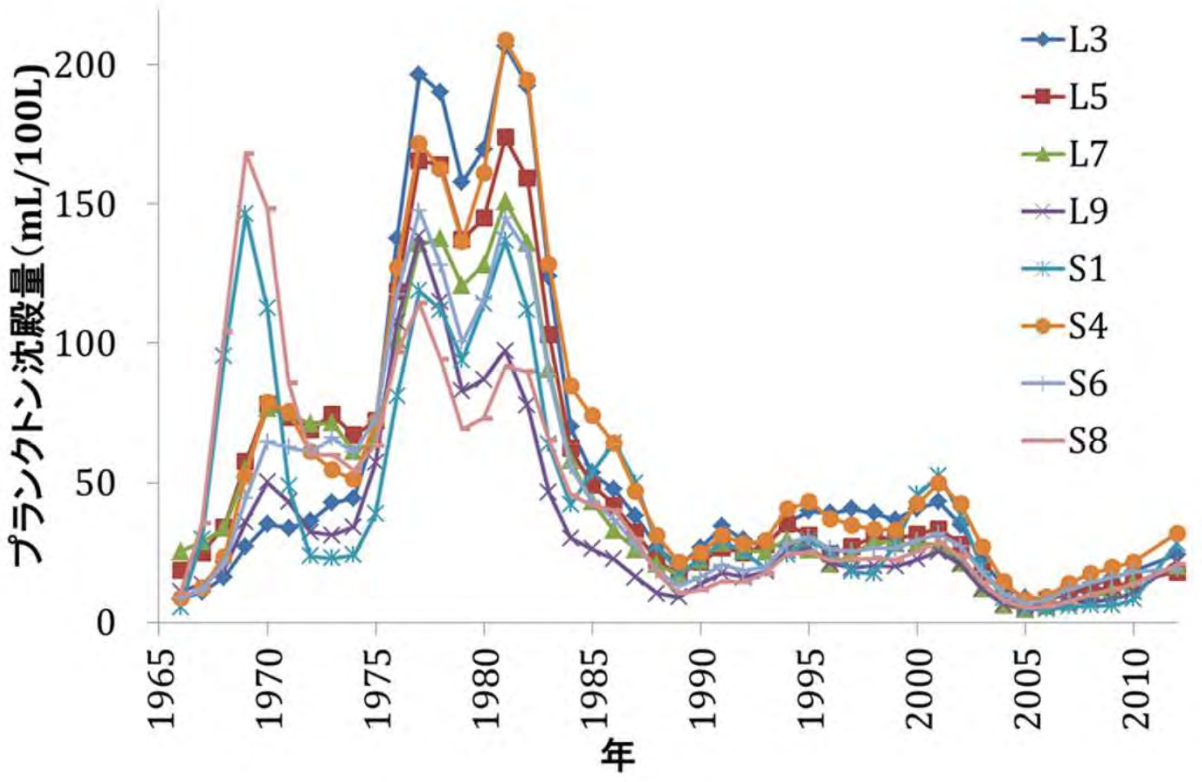


第2回生物水産資源小委「二枚貝減少要因解明」より

福岡県海域におけるプランクトン沈殿量の経年変化

沈殿量のデータを対数表示とし、4区間の移動平均を実線で示した

すべての定点で、1970年代中頃から1980年代中頃まで、クロロフィル濃度が極めて高い期間が認められた。近年はプランクトン沈殿量が低めに推移し、特に2005年以降は極めて低位で推移している。

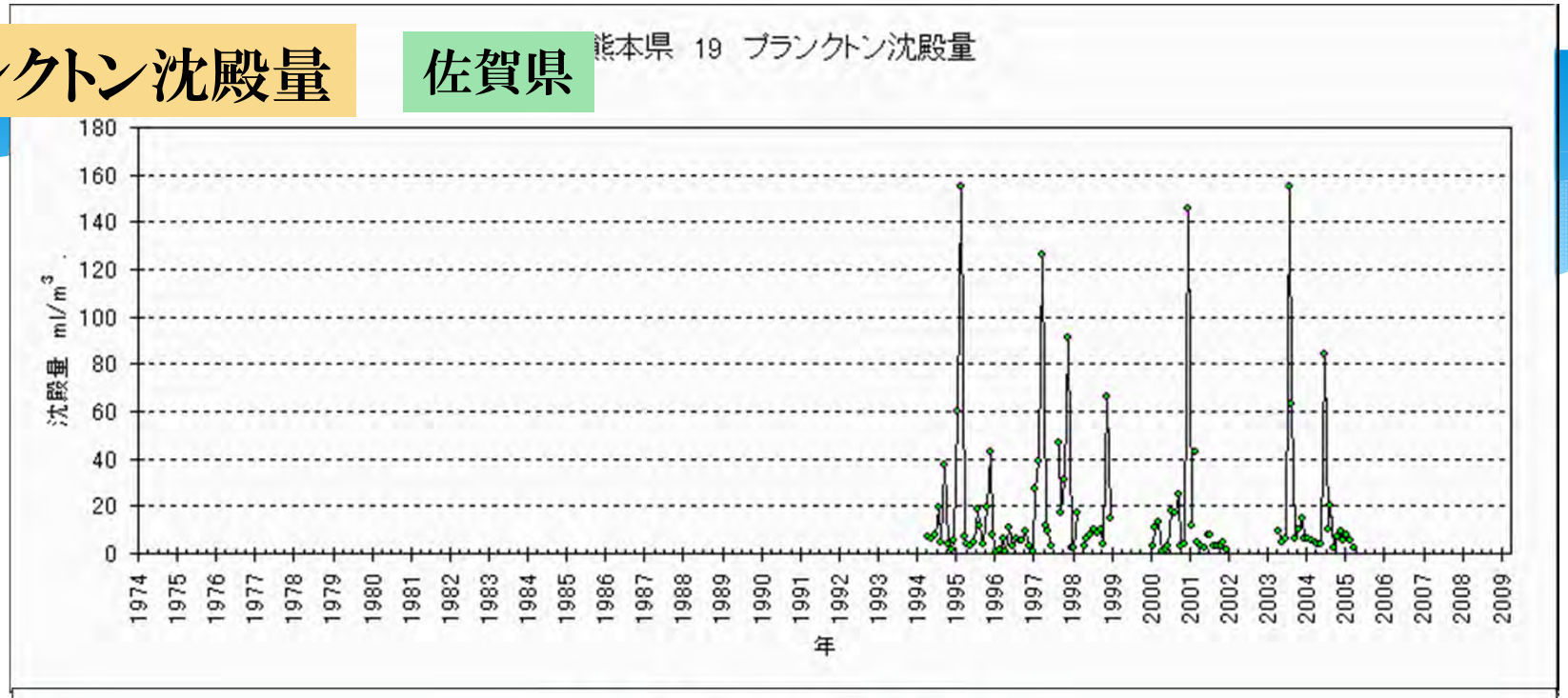


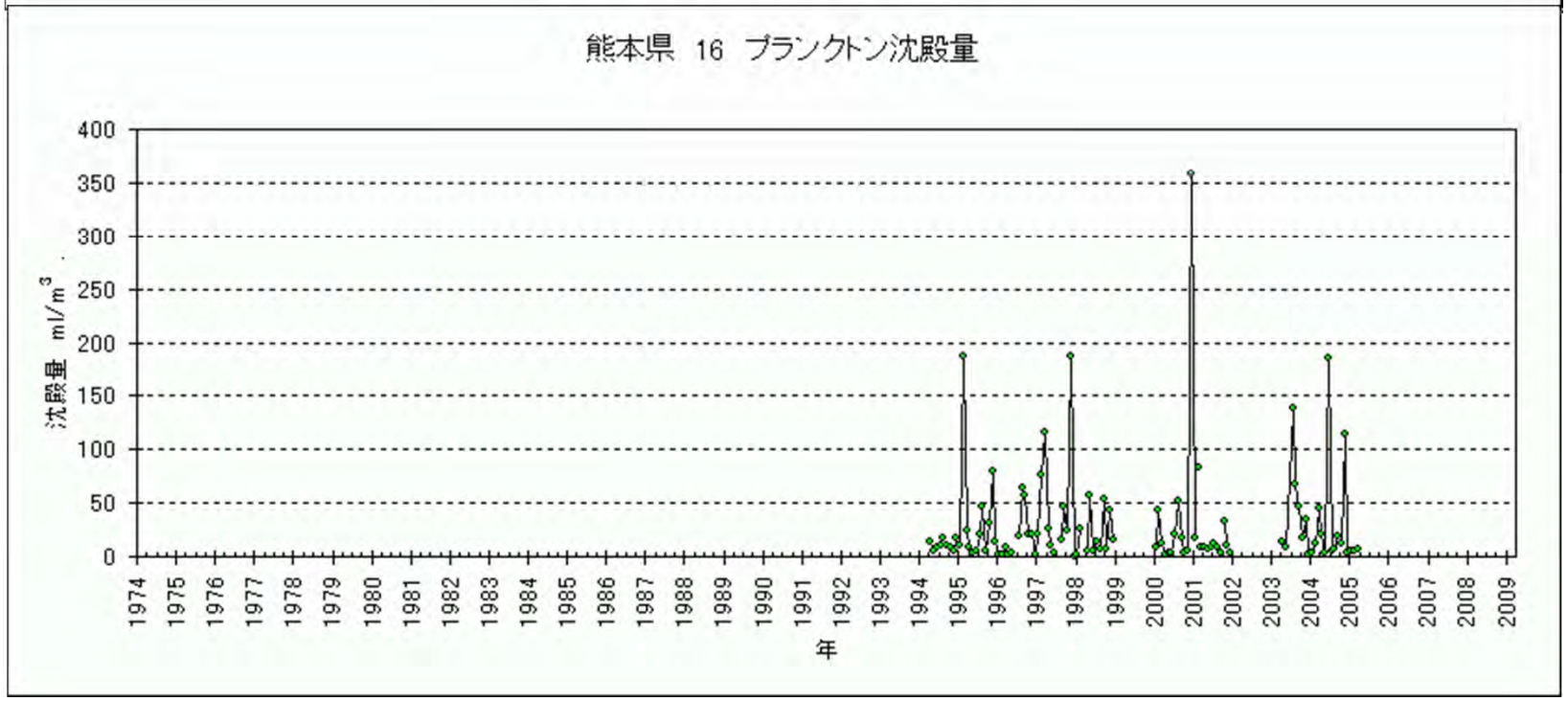
福岡県海域冬期(1～3月期)のプランクトン沈殿量の経年変化

資料: 福岡県水産海洋技術センター有明海研究所「昭和41~平成23年度浅海定線調査事業」より

プランクトン沈殿量

佐賀県

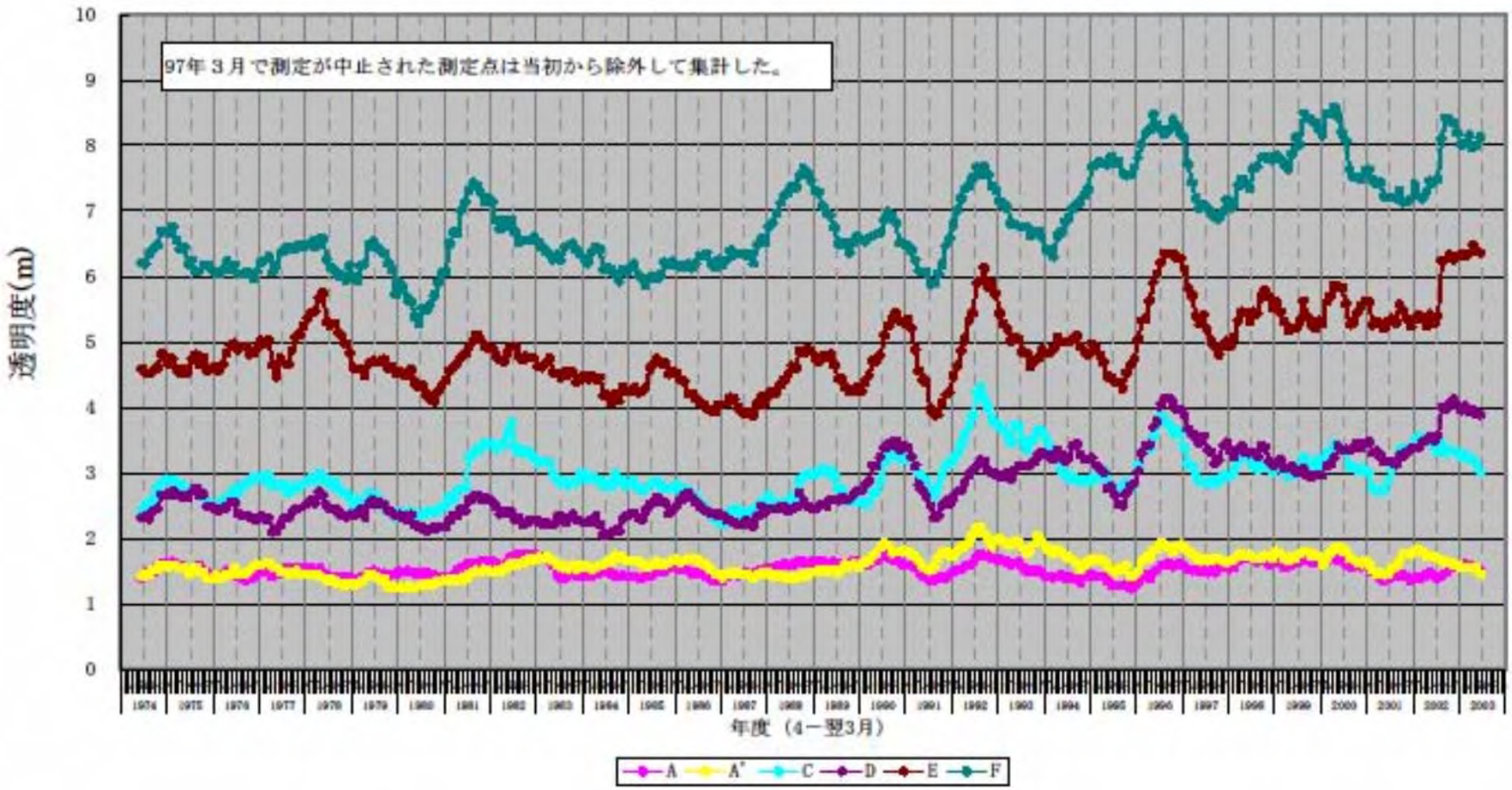




透明度

環境省有明海・八代海等総合調査評価委員会報告書が示した透明度

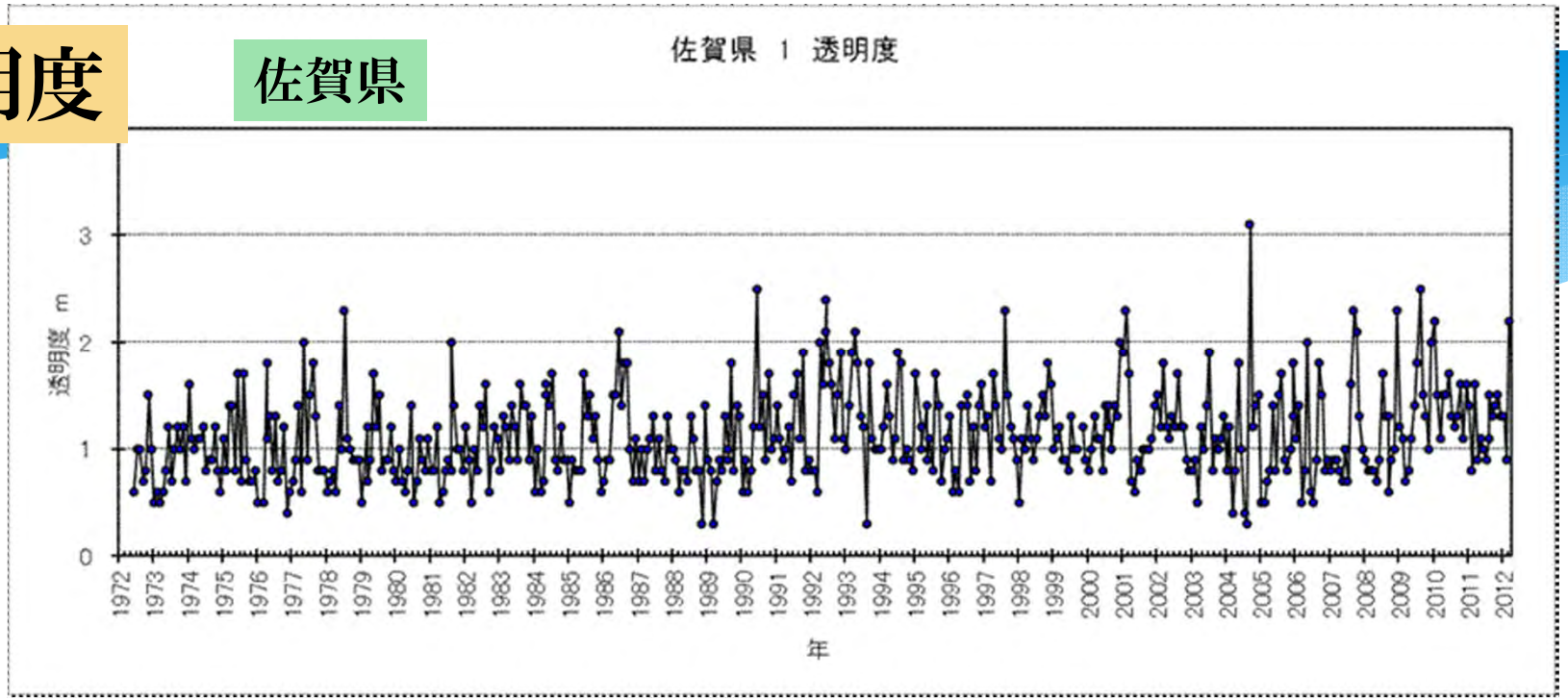
（別図）透明度の経年変化（各定点の平均値の経年変化、12ヶ月移動平均）

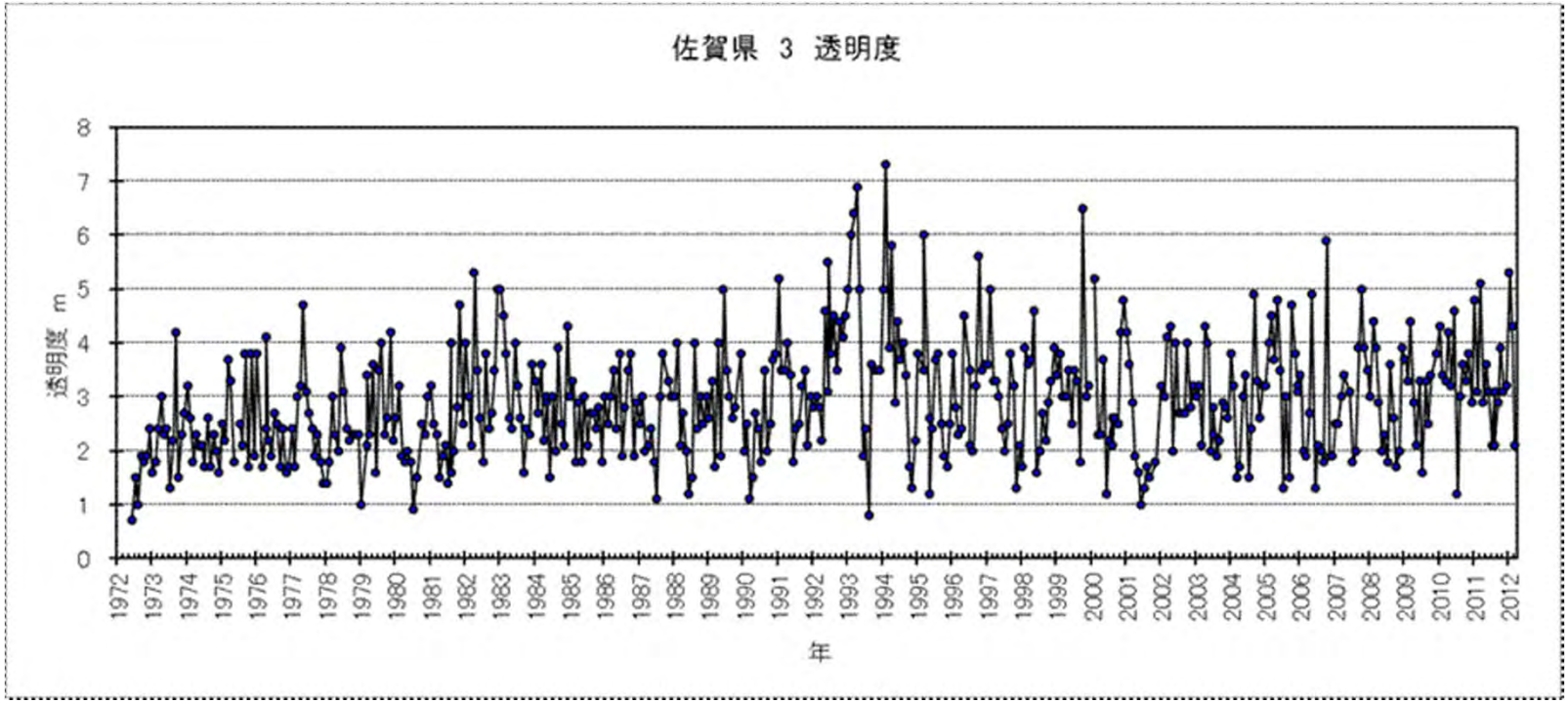


注）Ａ：福岡県沖、Ａ′：佐賀県沖、Ｃ：諫早湾沖～対岸に至る範囲、Ｄ：長洲町～三角に至る熊本県沖、Ｅ：有明町から布津町に至る島原沖、Ｆ：湾口部

透明度

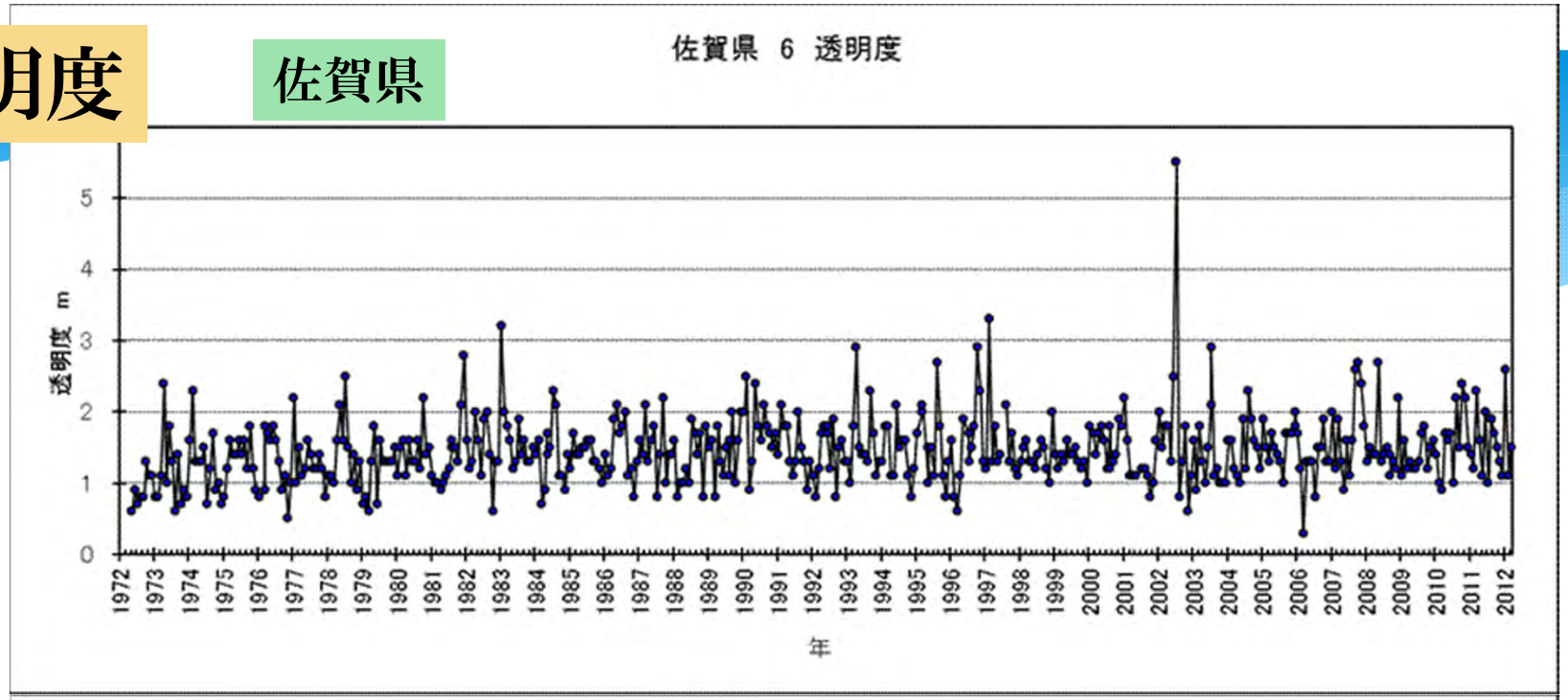
佐賀県

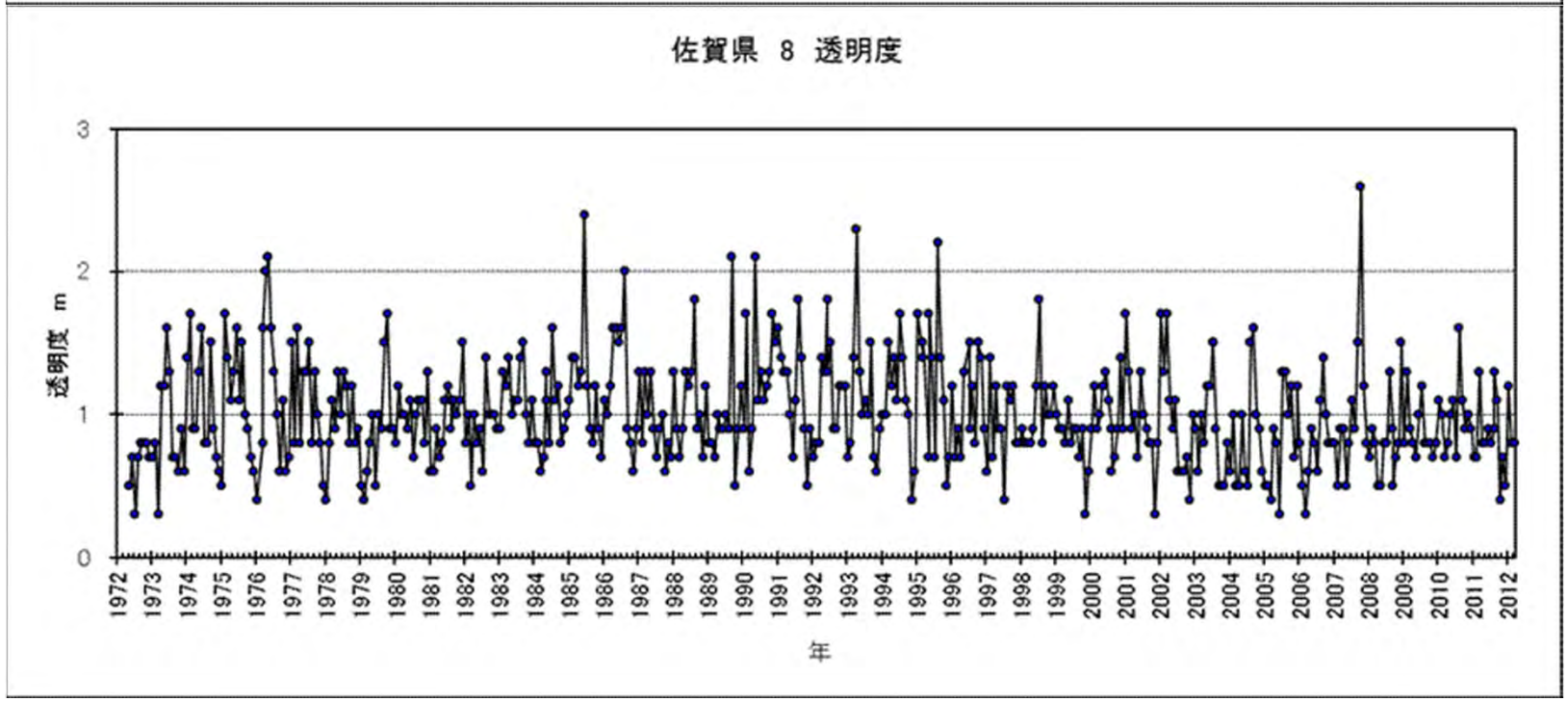




透明度

佐賀県

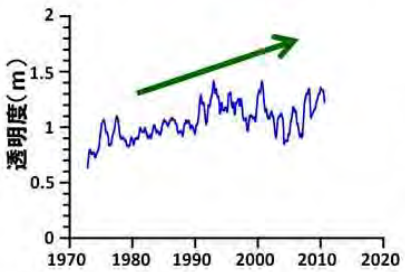

佐賀県 6 透明度
透明度 m
0
1
2
3
4
5
1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012
年


佐賀県 8 透明度
透明度 m
0
1
2
3
1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012
年

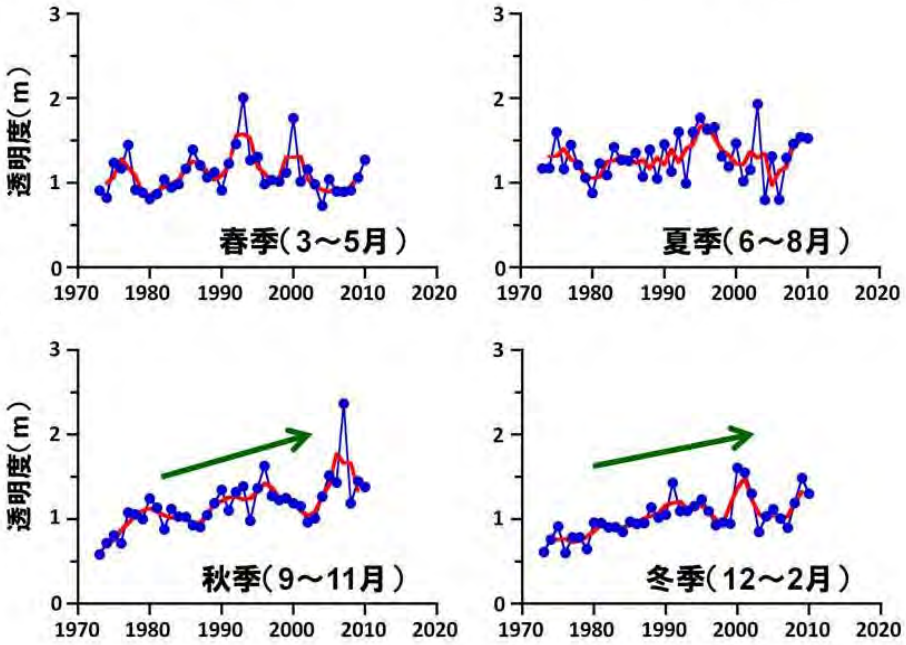
有明海湾奥海域である国営干拓沖において、1970年代以降、透明度が長期的に上昇を続けている。春期と夏期は長期変動が認められないが、秋期と冬期に上昇が明瞭である。

本当のようです

透明度の長期変動傾向(国営干拓沖)



国営干拓沖定点(St.10)における透明度の12ヶ月移動平均の経年変化

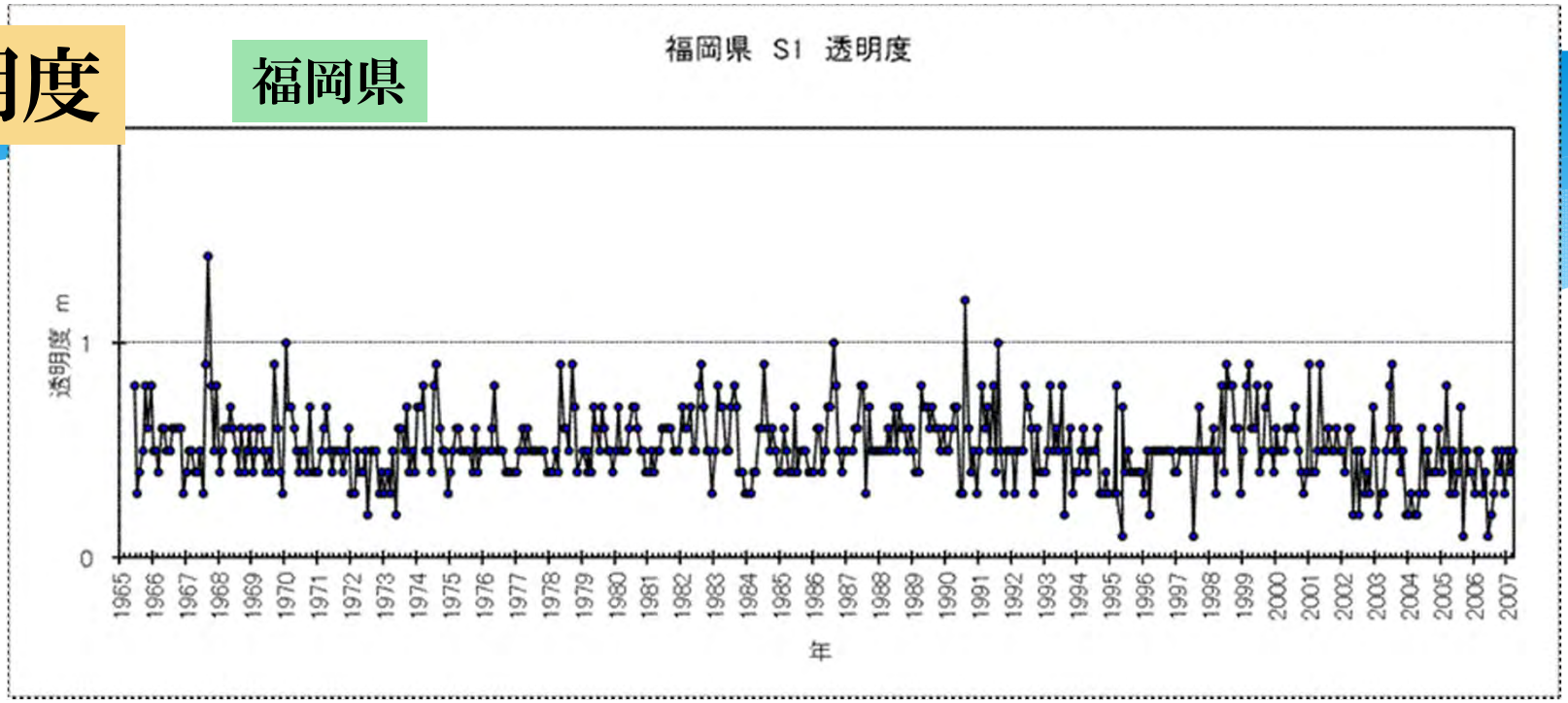


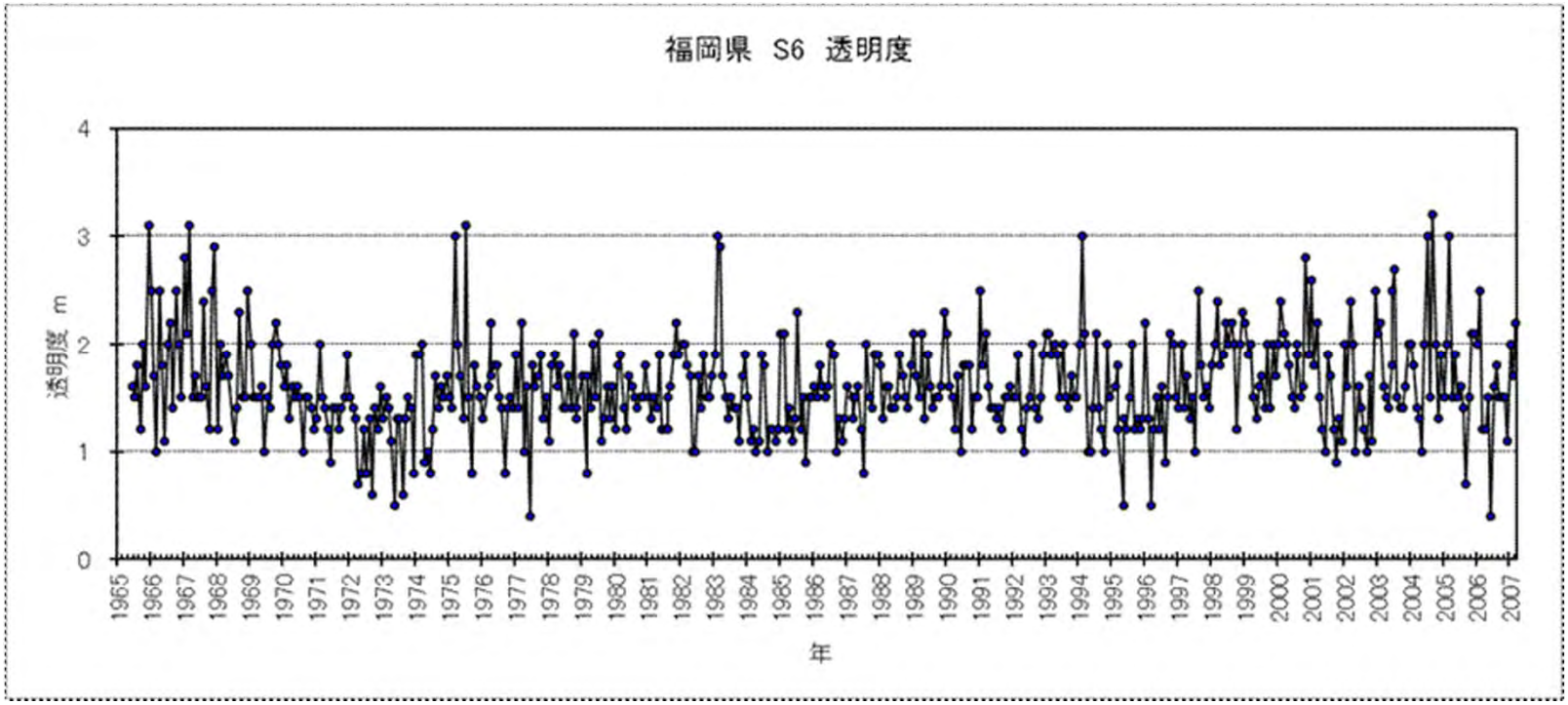
国営干拓沖定点(St.10)における季節別の透明度の経年変化。赤線は3ヶ年移動平均。

佐賀県有明水産振興センター(2013)をもとに作成

透明度

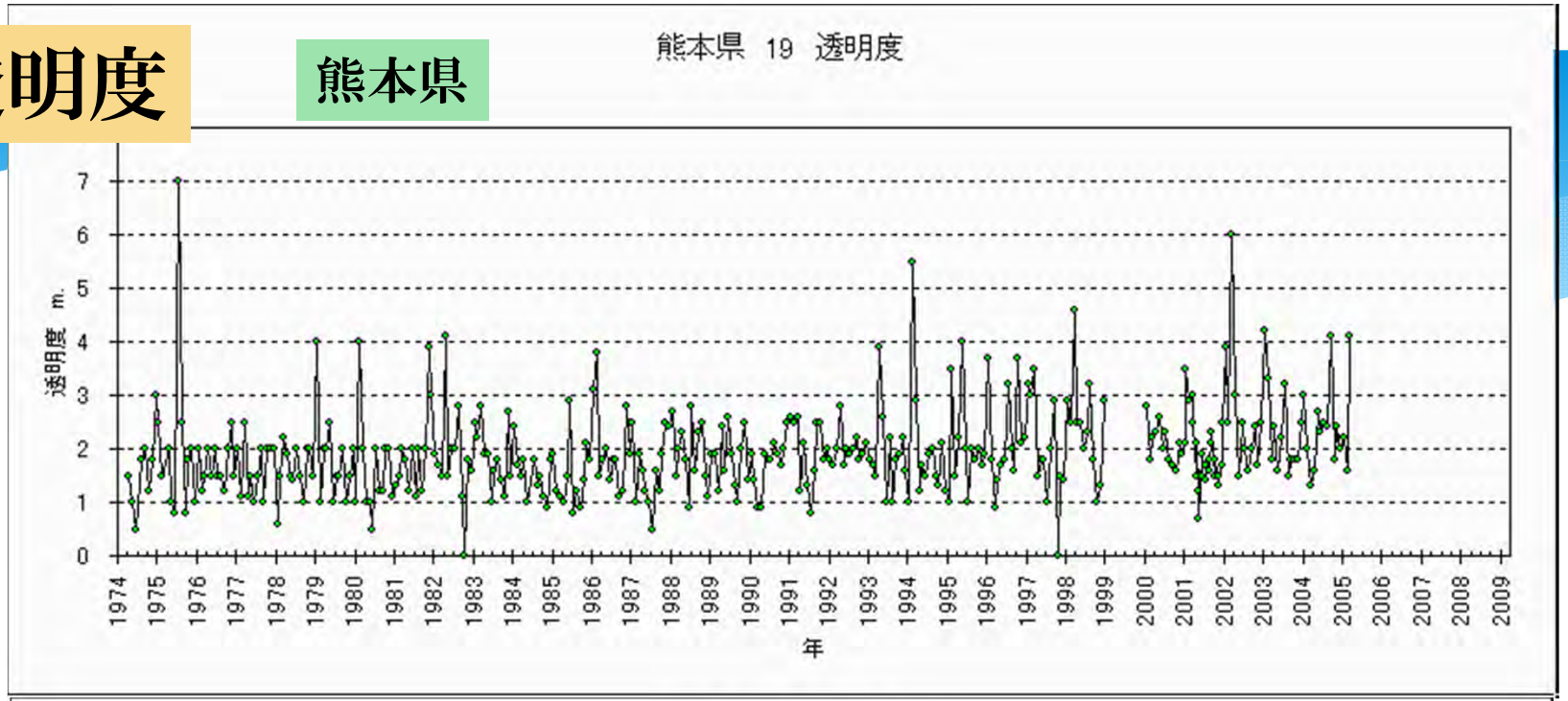
福岡県

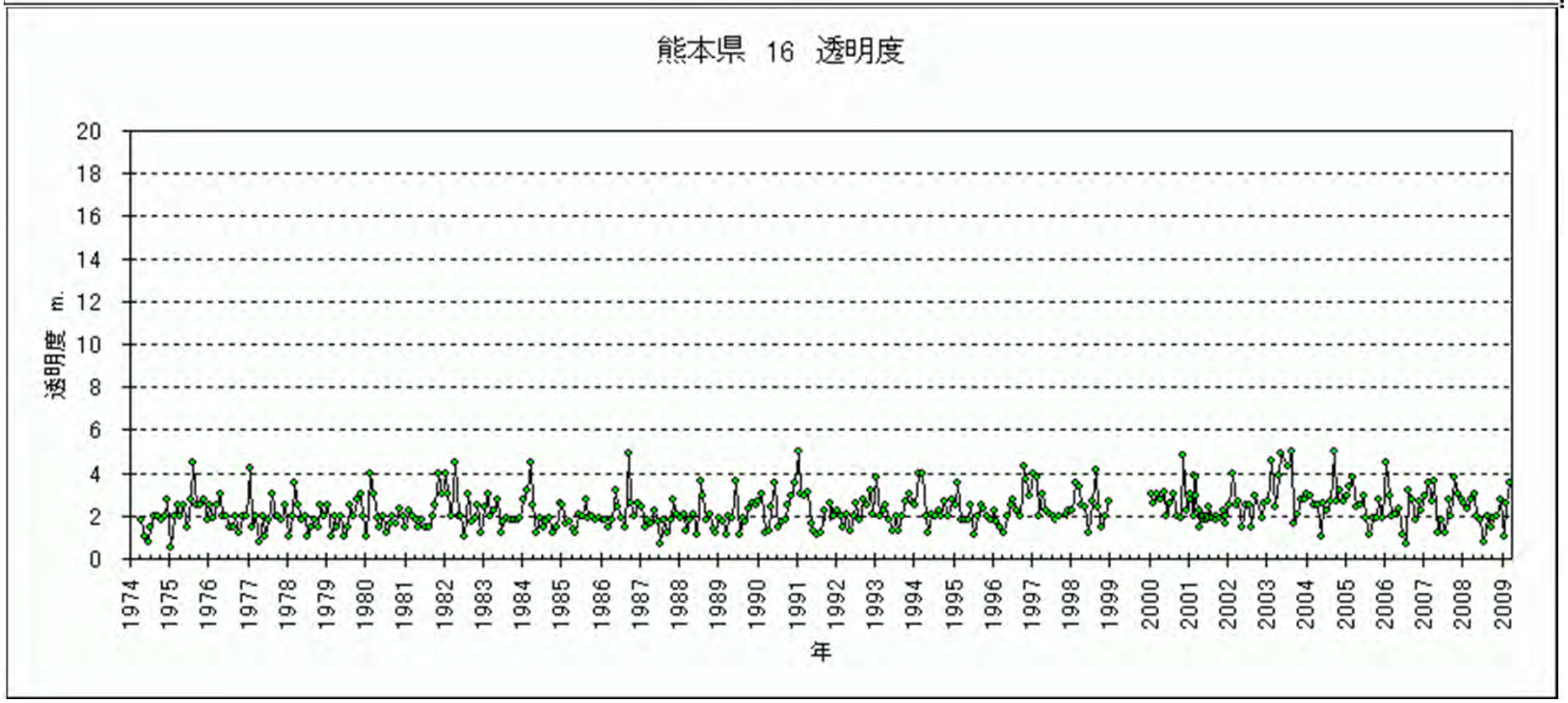

福岡県 S1 透明度
透明度 m
0
1
1965 1966 1967 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007
年

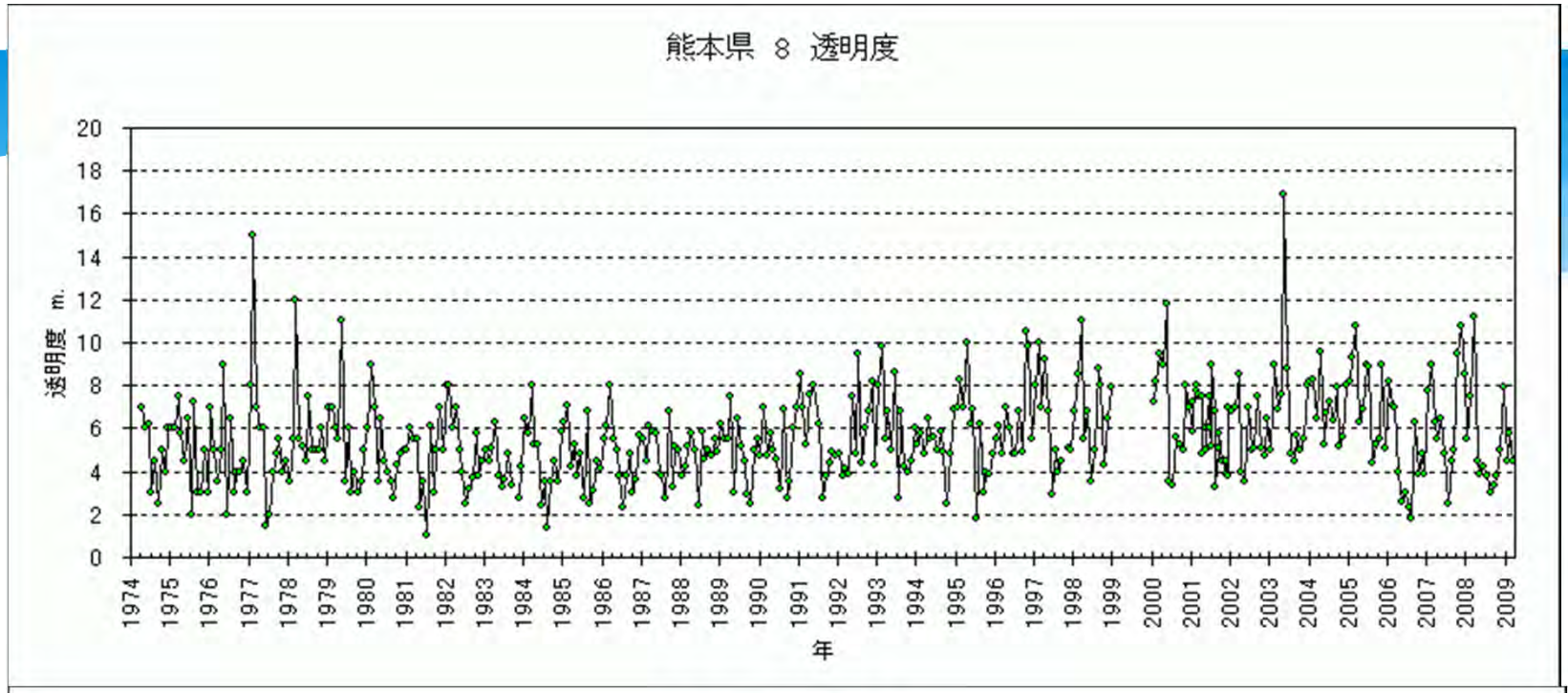

福岡県 S6 透明度
透明度 m
0
1
2
3
4
1965 1966 1967 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007
年

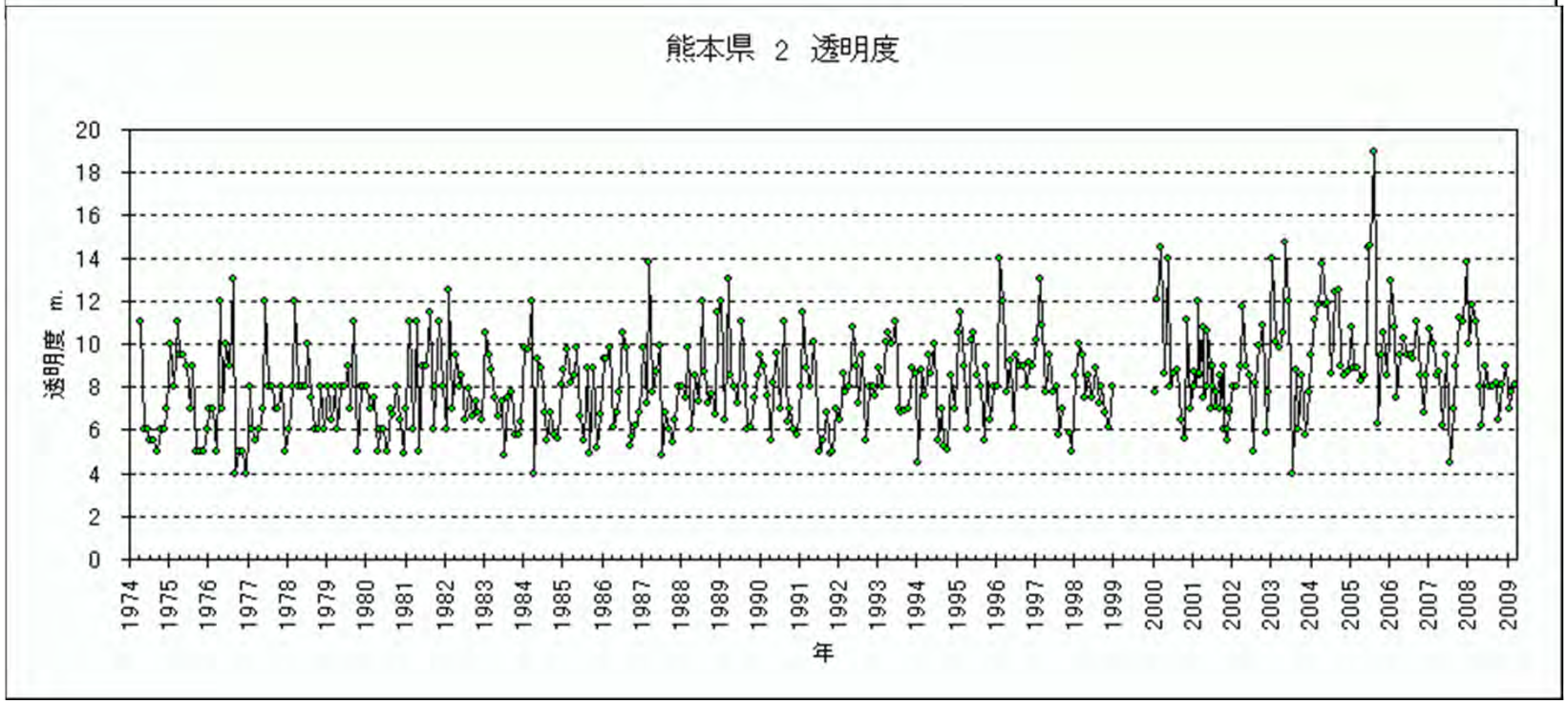
透明度

熊本県






熊本県 8 透明度
透明度 m.
年


熊本県 2 透明度
透明度 m.
年

環境要因の季節変動

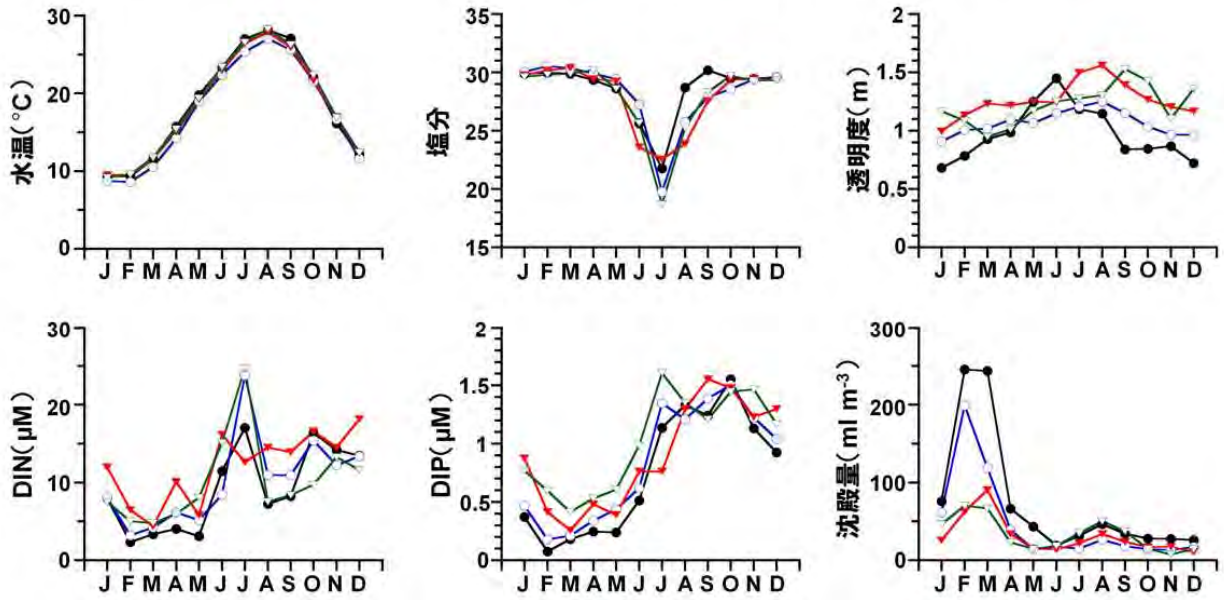
環境省有明海・八代海等総合調査評価委員会
生物・水産資源・環境問題検討作業小委員会

水温の上昇(1℃前後)は冬期から春期にのみ認められる
透明度の上昇は冬期、秋期に明瞭である。
溶存態無機リン(DIP)については、2000年代に入って秋期を除く 期間で上昇が認められる。

プランクトン沈殿量は、1990年代以降、冬期から春期に顕著に低下している。

佐賀県白石沖

環境要因の季節変動(国営干拓沖)



国営干拓沖定点(St.10)における水温(表層), 塩分(表層), 透明度, 溶存態無機窒素(DIN)濃度(表層), 溶存態無機リン(DIP)濃度(表層)およびプランクトン沈殿量の推移。●:1973～79年の平均値, ○:1980～89年の平均値, ▼:1990～99年の平均値, ▽:2000～09年の平均値。

環境要因の季節変動

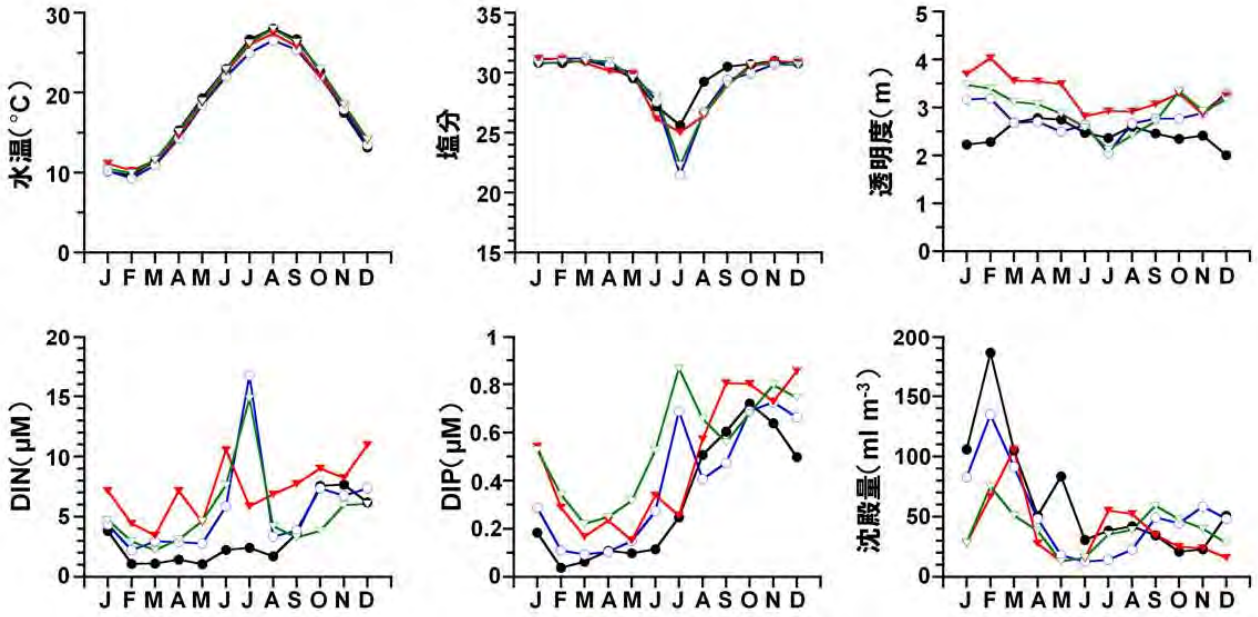
環境省有明海・八代海等総合調査評価委員会
生物・水産資源・環境問題検討作業小委員会

水温の上昇(1℃未満)は冬期にのみ認められる。塩分についての変化が認められない。
透明度の上昇は秋期から冬期にかけて明瞭である。
溶存態無機窒素(DIN)については、1970年代の2～8月にかけて 低かったことが伺える。

存態無機リン(DIP)については、1970～1980年代の1～6月にかけて低かったことが伺える。

プランクトン沈殿量は、1990年代以降、1～3月にかけて顕著に低下している。

環境要因の季節変動(大浦沖)



大浦沖定点(St.3)における水温(表層)，塩分(表層)，透明度，溶存態無機窒素(DIN)濃度(表層)，溶存態無機リン(DIP)濃度(表層)およびプランクトン沈殿量の推移。●:1973～79年の平均値，○:1980～89年の平均値，▼:1990～99年の平均値，▽:2000～09年の平均値。

赤潮発生

●環境省評価委員会報告書

締切以降、増加しているように見える

件数・規模の増大

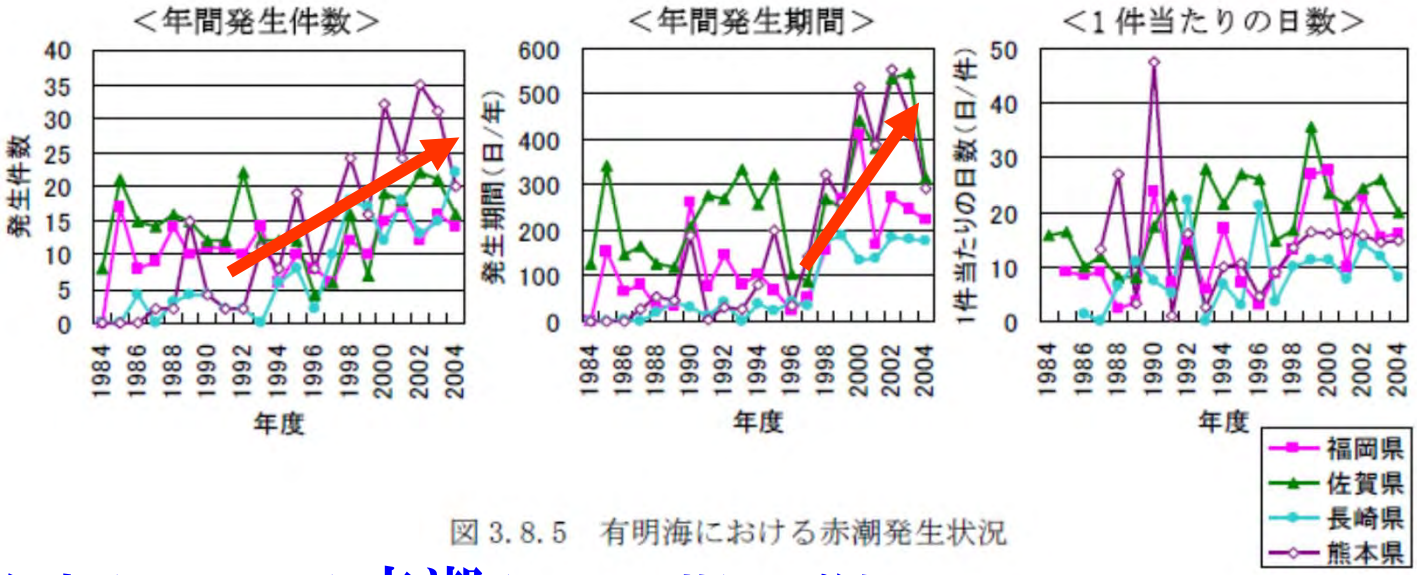


図 3.8.5　有明海における赤潮発生状況

有害（シャトネラ）赤潮（ラフィド藻）の増加

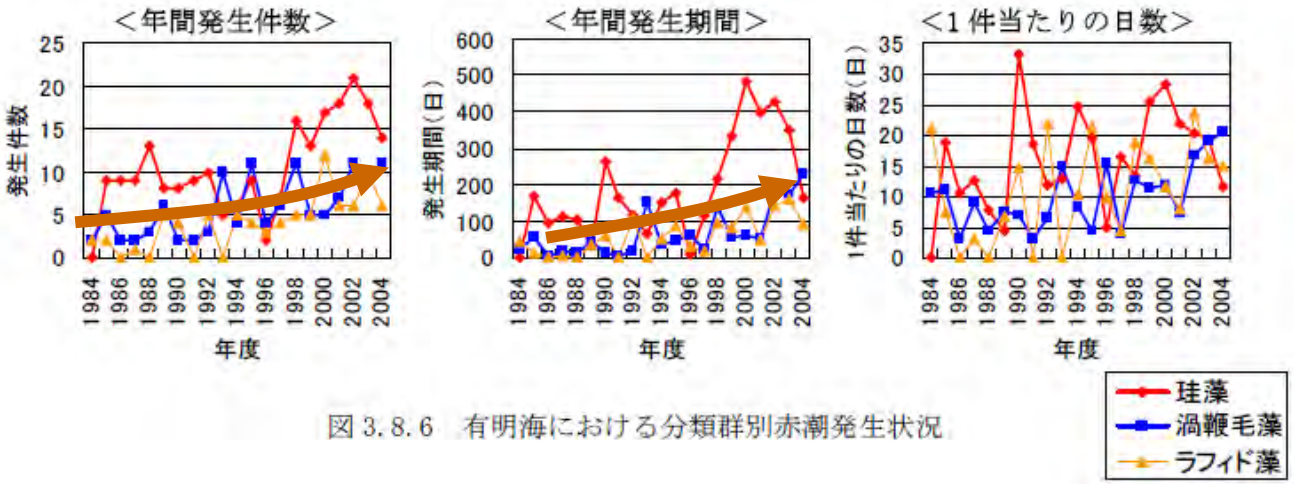


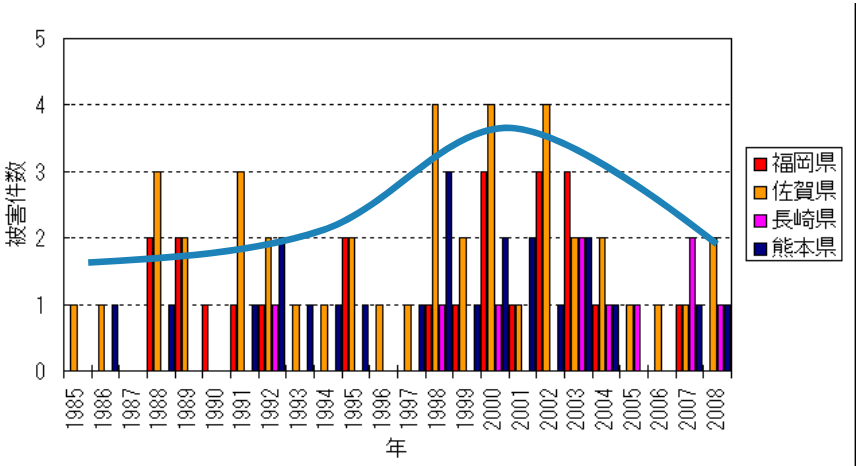
図 3.8.6　有明海における分類群別赤潮発生状況

調査期間を延長すると違う見え方がする

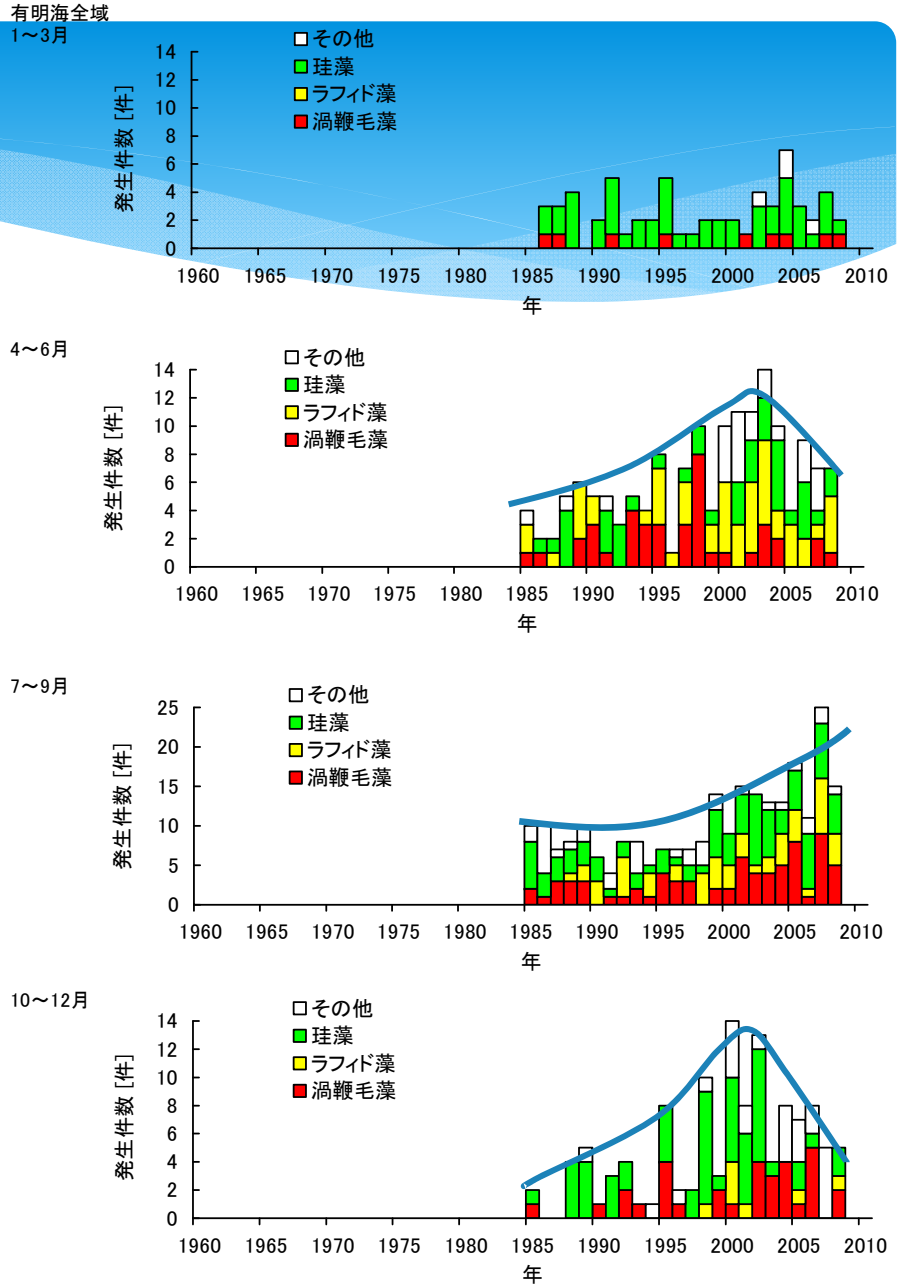
2000年以降の赤潮発生

夏季：高止まり

それ以外の季節：減少傾向

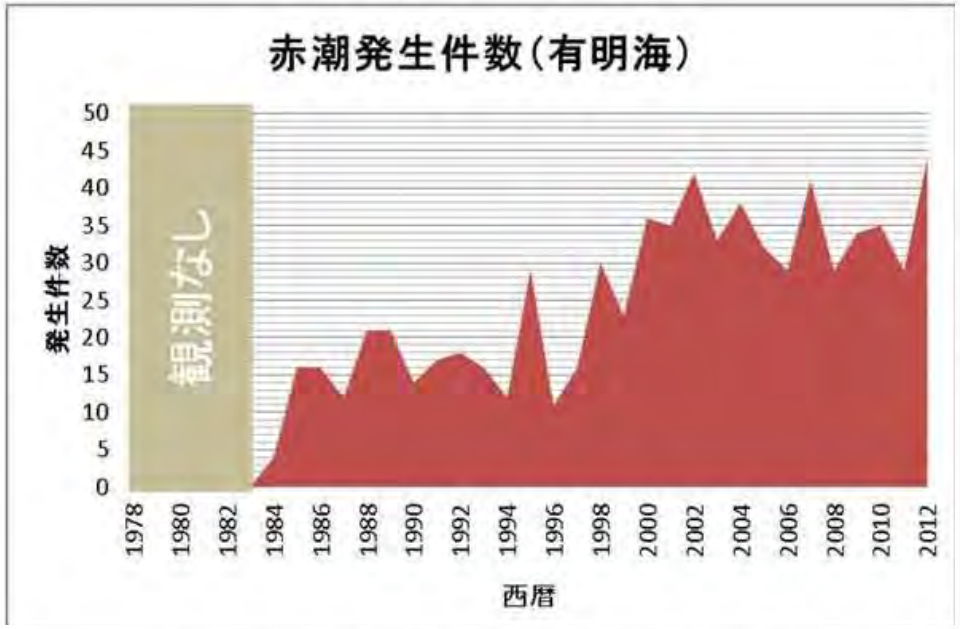


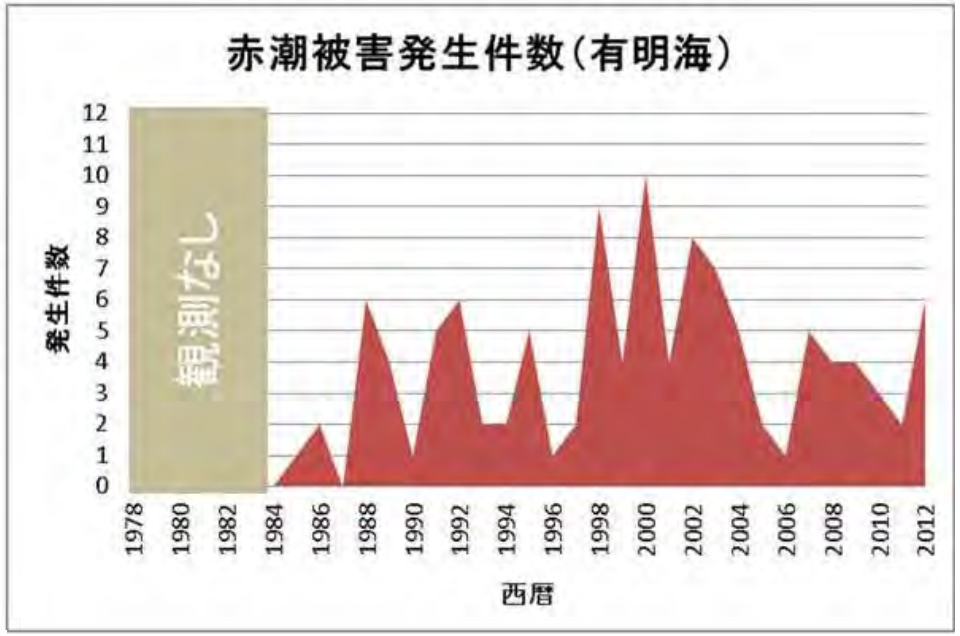
有明海における赤潮被害件数



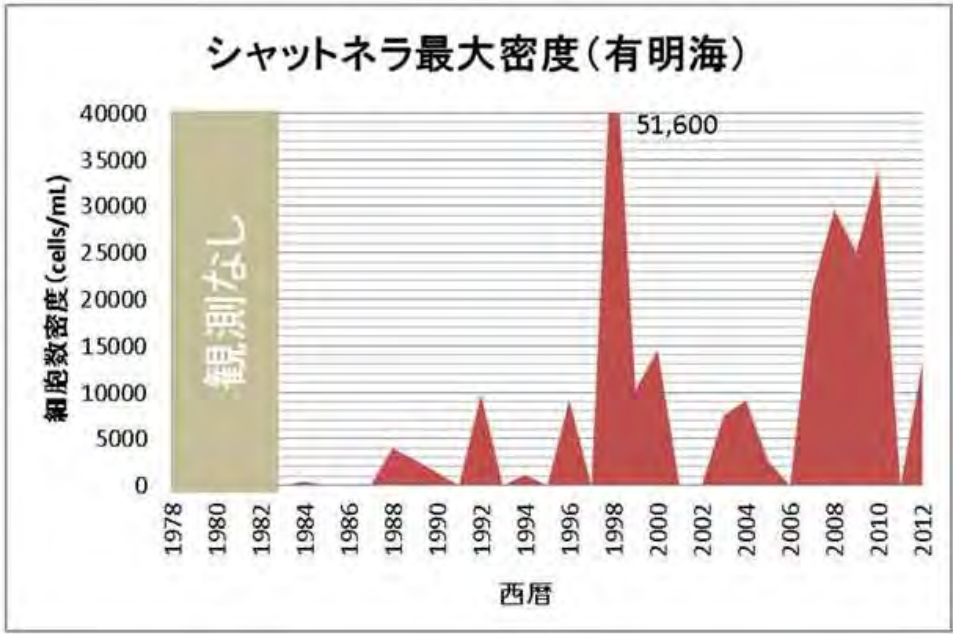
注）赤潮の構成種は「種類1」として示されている種を示し，「その他」はクリプト藻類、ミドリムシ類、微細藻類、繊毛虫類及び不明を含む．

有明海における季節別赤潮発生件数


赤潮発生件数（有明海）
観測なし
発生件数
西暦


赤潮被害発生件数（有明海）
観測なし
発生件数
西暦

シャットネラ赤潮発生件数（有明海）
観測なし
発生件数
西暦


シャットネラ最大密度（有明海）
51,600
観測なし
細胞数密度(cells/mL)
西暦

有明海における1998年以降の赤潮発生件数(冬季)の増加に関する考察

- 赤潮発生件数のほとんどは冬季の珪藻赤潮で占められている
- 水産庁の報告資料を精査すると、1998年から冬季の珪藻赤潮、ノリの色落ち被害の報告が急増していることが確認できた
- 赤潮として着色が認められない程度の細胞密度でも赤潮発生、ノリの色落ち被害報告が認められる。自治体に確認したところ、珪藻の出現は昔からこの程度認められたが、近年は色落ち被害が出ることから、1998年ぐらいから密に報告をするようになったという事実を確認した。

事実関係を整理すると、1998年から以前ではノリの色落ちが発生しない珪藻類密度でも漁業被害が発生するため、報告頻度が上昇したと判断された。従って、1998年以降の珪藻赤潮増加は、いわゆる「発見の機会増大」であると推定された。

ご清聴ありがとうございました