

環境研究総合推進費
平成29年度研究成果発表会

S-13-1 「閉鎖性海域・瀬戸内海における栄養塩濃度管理」

広島大学 西嶋 渉



広島大学

2/23

(窒素、りんについては第5次(2002年)より追加)

[illegible]

河川・工場・事業場・下水処理場

窒素・リンの流入

窒素・リン濃度の増大

藻類の大量増殖

赤潮の発生等

魚介類の種の変化

漁場の変化

魚介類の斃死

悪臭の発生

藻類の大量増殖

透明度の低下

水生植物の生育環境の悪化
親水環境の悪化(親水機能の低下)

魚介類の種の変化

漁場の変化

魚介類の斃死

悪臭の発生

有機物の増大

COD濃度の増大

底質の悪化

DOの低下

貧酸素水塊の発生
青潮・苦潮の発生

魚介類の種の変化

漁場の変化

魚介類の斃死

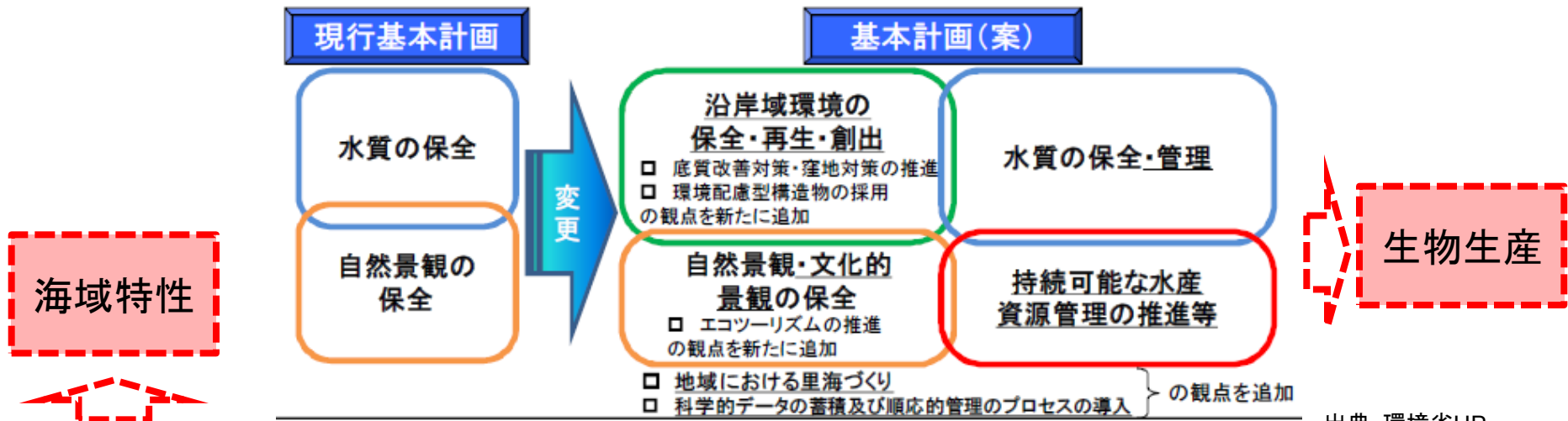
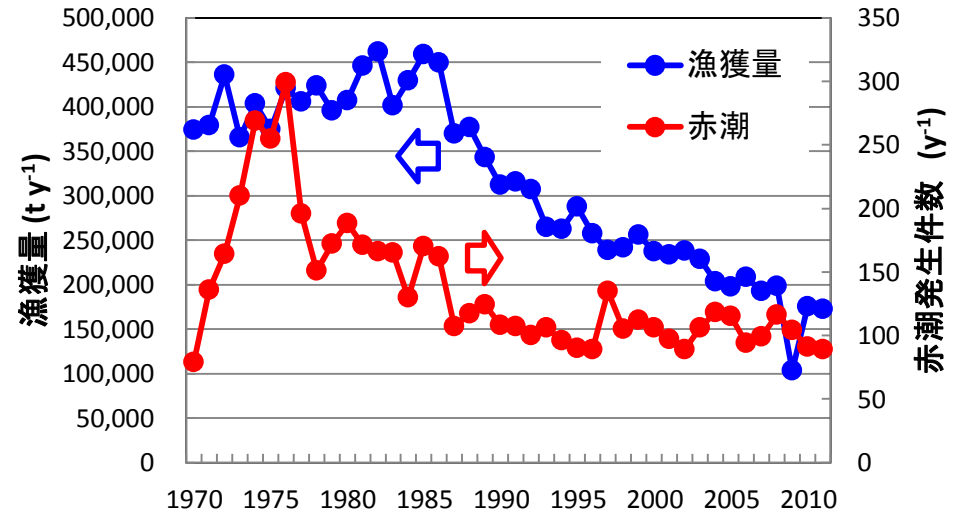
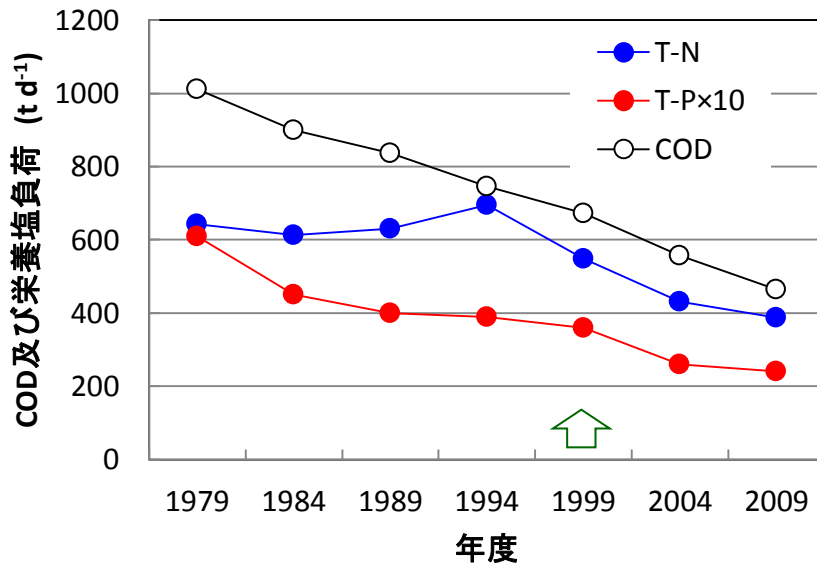
悪臭の発生

白杵
佐伯
宇和島
高知
徳島
土佐清水

出典：第7次水質総量削減の在り方について（答申）を加筆

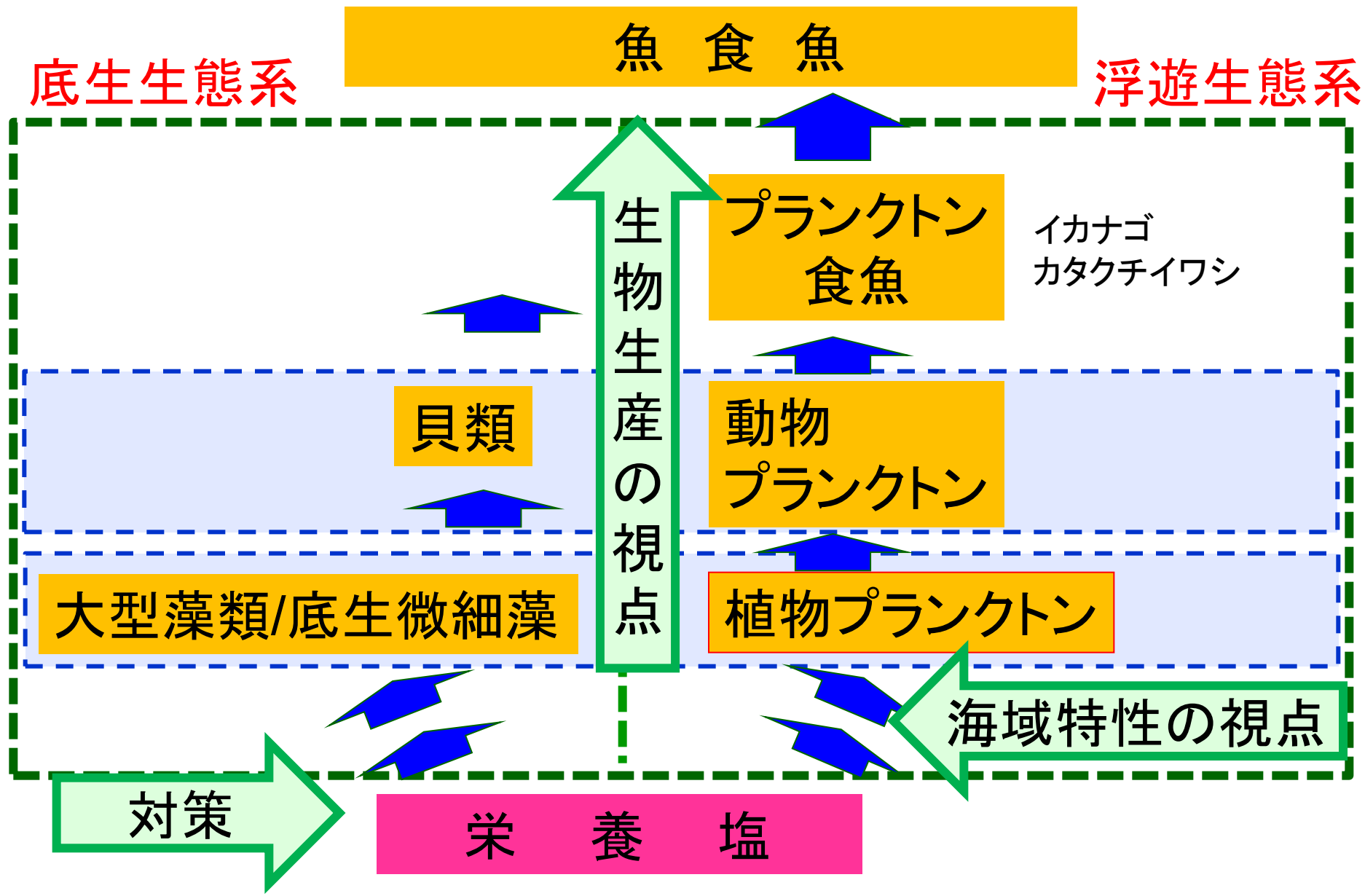
瀬戸内海環境保全特別措置法の一部改正(H27)

3/23



出典: 環境省HP

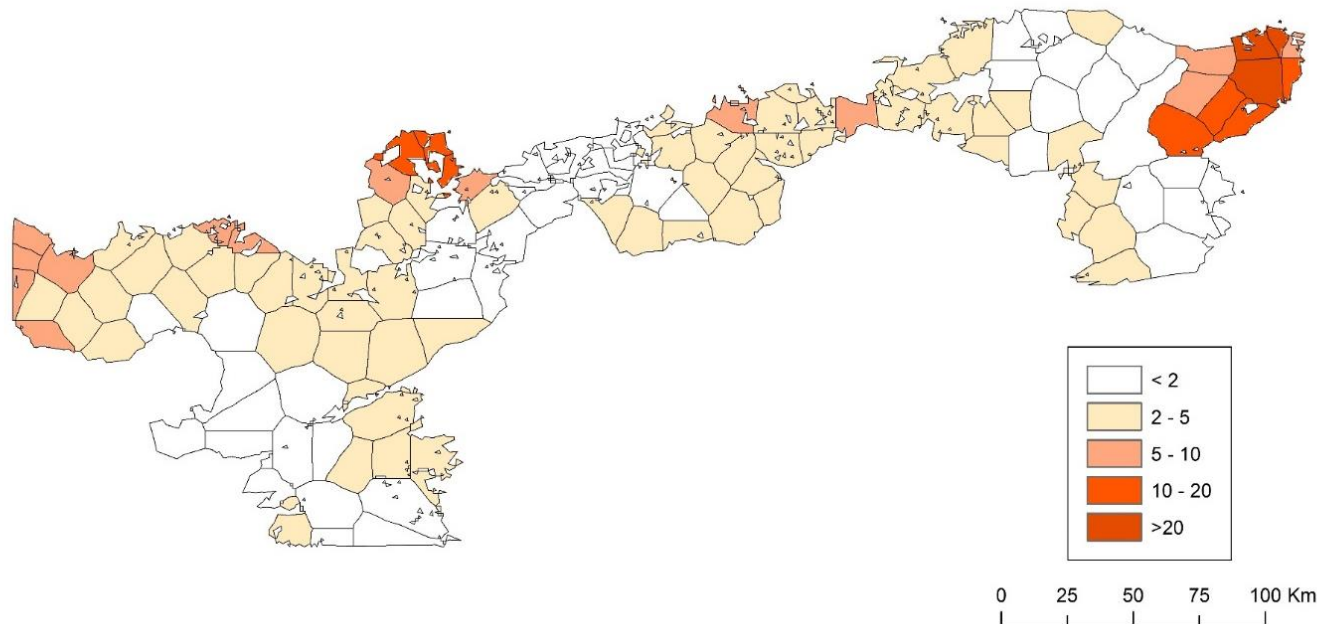
湾・灘ごとや季節ごとの課題に対応し、多面的な価値・機能が最大限発揮された「豊かな瀬戸内海」を目指す



生物生産

- 富栄養化が顕著であった1981-85年度のChl-a濃度を基準とした変化を検証

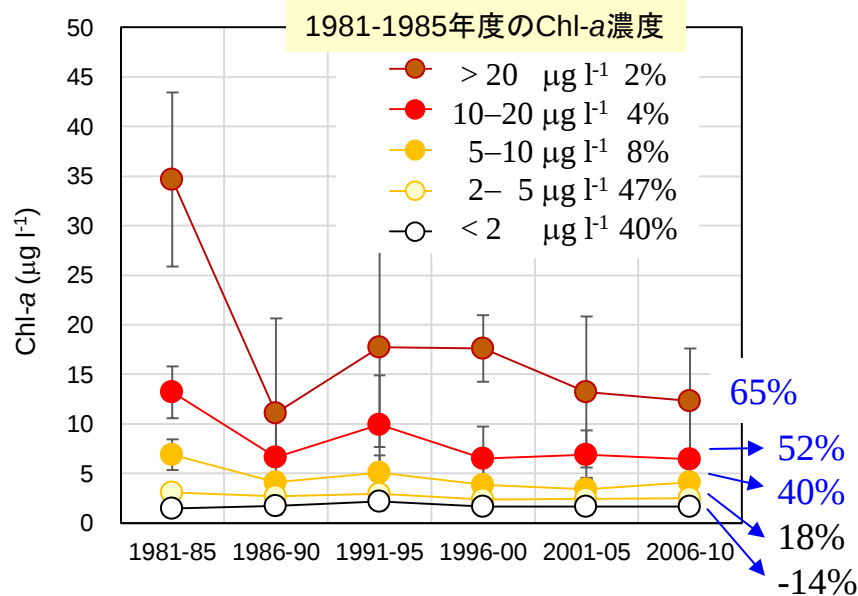
Chl-a	Area(%)
$< 2 \mu\text{g l}^{-1}$	40
$2-5 \mu\text{g l}^{-1}$	47
$5-10 \mu\text{g l}^{-1}$	8
$10-20 \mu\text{g l}^{-1}$	4
$> 20 \mu\text{g l}^{-1}$	2



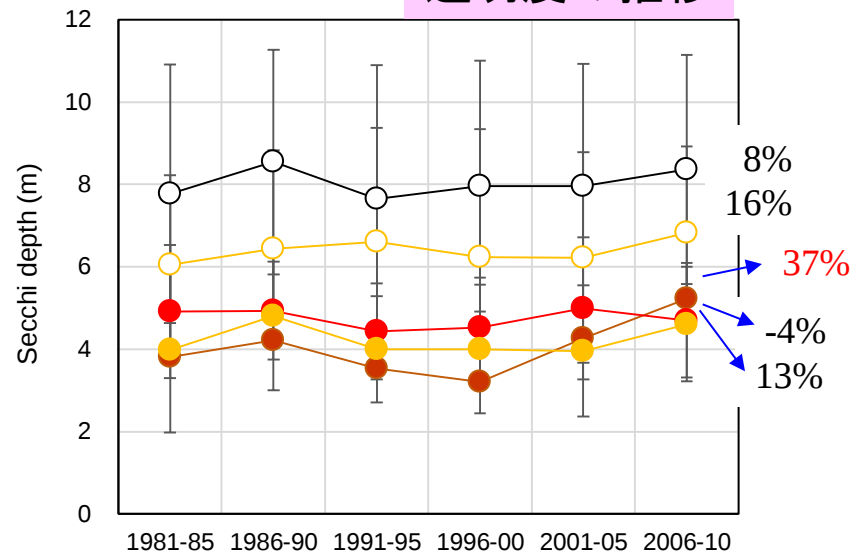
Chl-a濃度、透明度、基礎生産の変化

7/23

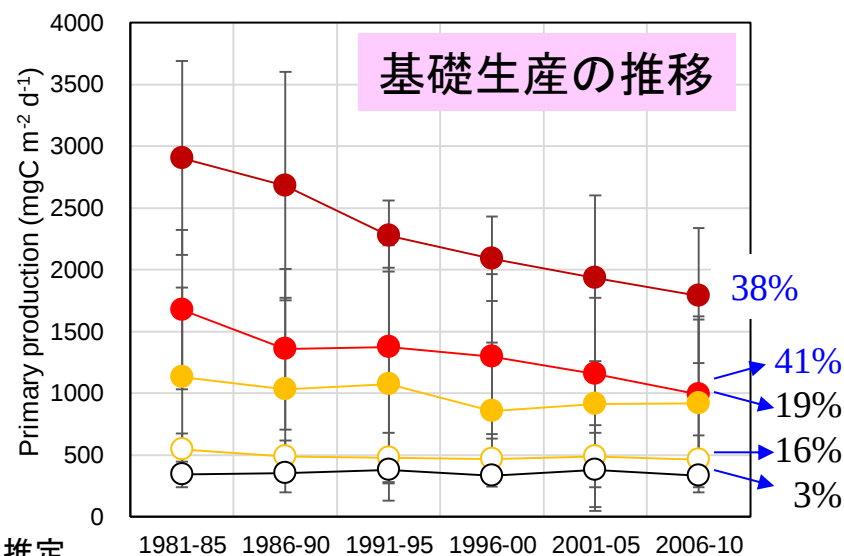
1981-1985年のChl-a濃度でグループ化した海域での評価



透明度の推移



基礎生産の推移

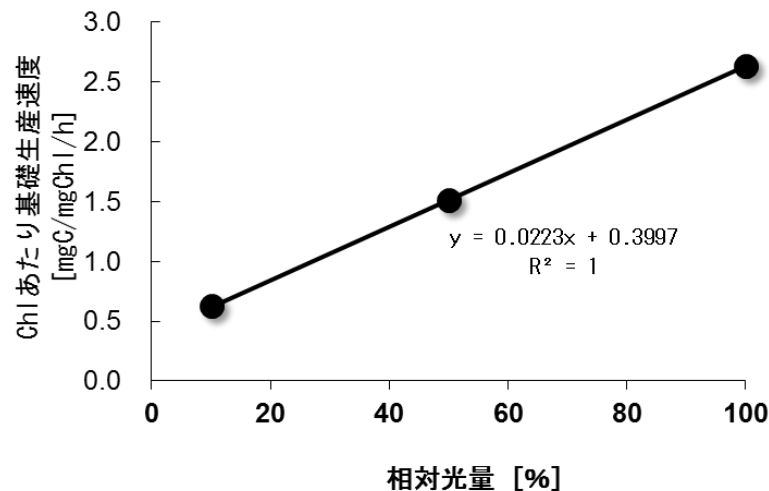
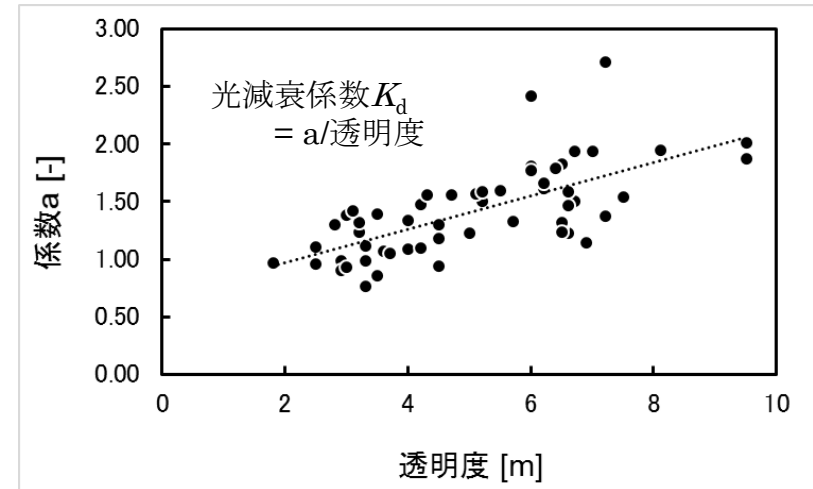
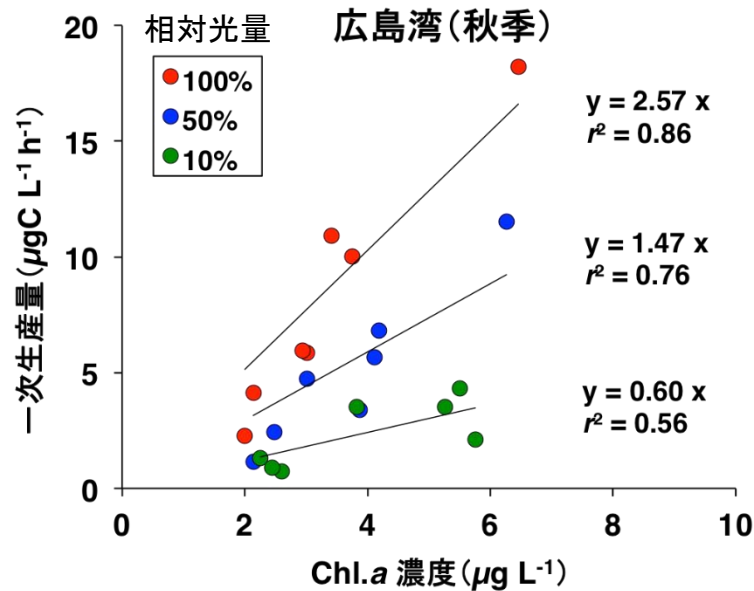


使用データ: 広域総合調査121地点秋データ

表面Chl-a濃度と透明度から広島湾調査結果から得られた計算式により推定
数字は平均値

瀬戸内海全体の過去から現在の基礎生産の推定

8/23

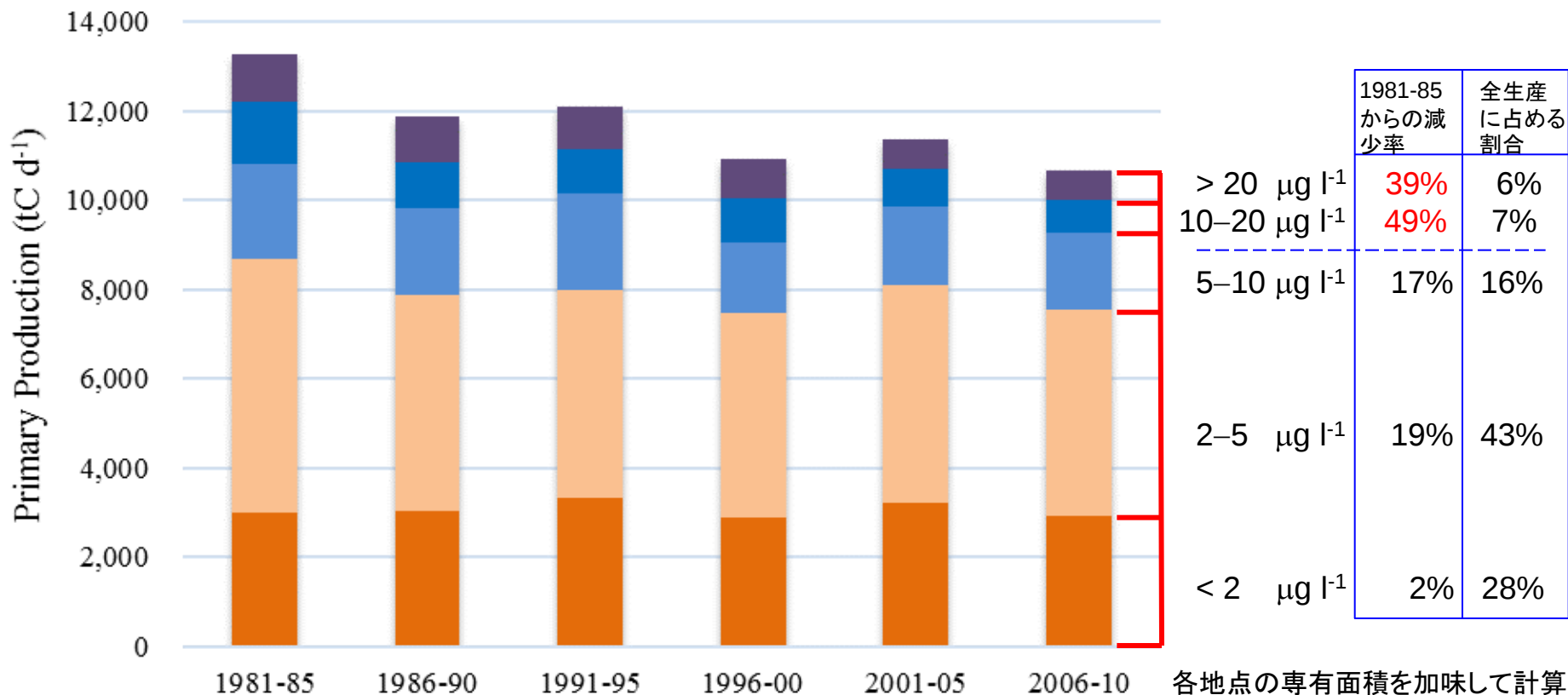


Chl-a濃度と透明度から基礎生産速度を推定する

広島湾の調査で得られた関係式を用いて、広域総合調査(1981～、124か所:環境省)のデータから、瀬戸内海全体の過去から現在までの基礎生産の変化を推定する

Chl-a濃度別の基礎生産の整理(面積)

9/23



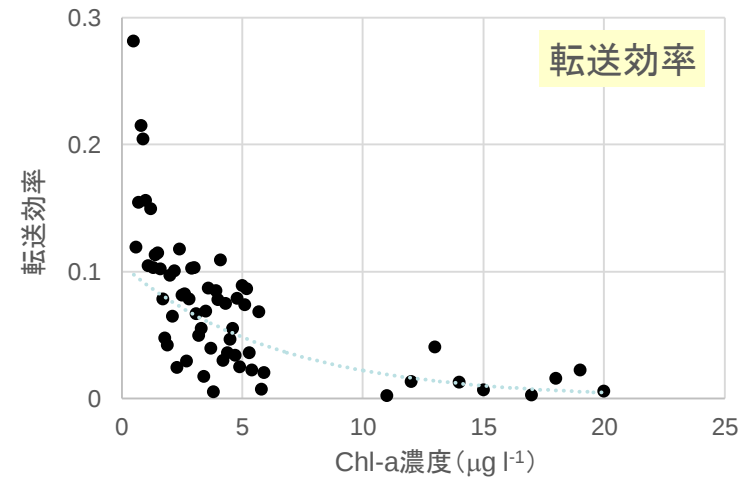
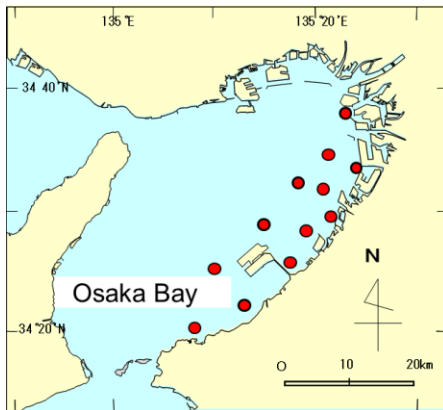
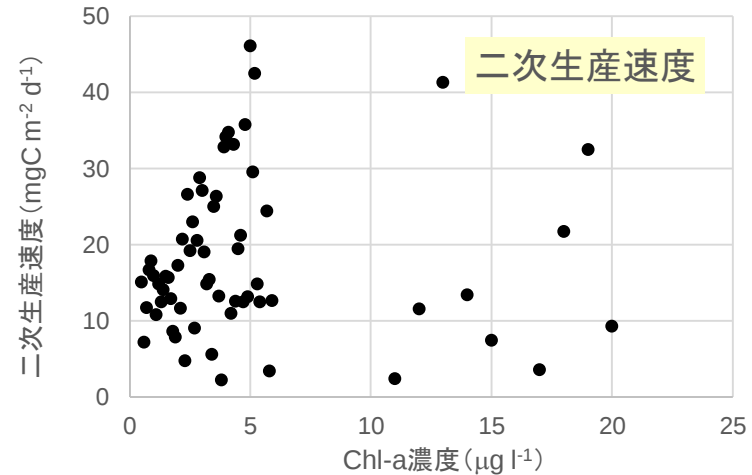
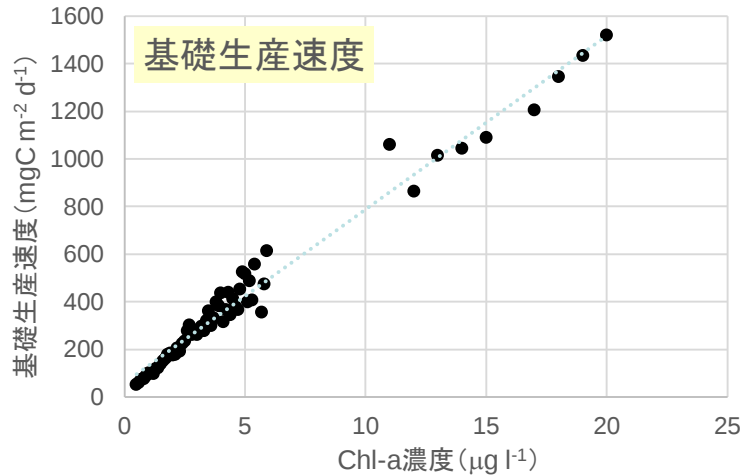
瀬戸内海全体では1981-85年比で基礎生産(2006-10年)は**20%減少**
1984年比で窒素及びリン負荷量(2009年)は、**40%、61%減少**

基礎生産の大きな減少は高Chl-a濃度(>10 μg l⁻¹)の海域で起こっている(**45%**)
海域の87%を占める低Chl-a濃度(<10 μg l⁻¹)の海域ではChl-a濃度及び基礎生産の低下は小さい(**14%**)

瀬戸内海全体への栄養塩負荷は、大阪湾を除くと5~40%は太平洋からの栄養塩負荷(石井、柳、2004)

大阪湾のChl-a濃度別転送効率

10/23



調査: 1980年～2014年(2002年～2005年欠損) 11月データ

採水: 水深1m層

一次生産: 表層Chl-a、透明度から推定

二次生産: 肉食性を除くカイアシ類の炭素量と水温から推定算出
(Uye1997、Nagano2002)

Chl-a濃度 $0.1\mu\text{g l}^{-1}$ 刻みの平均値として算出

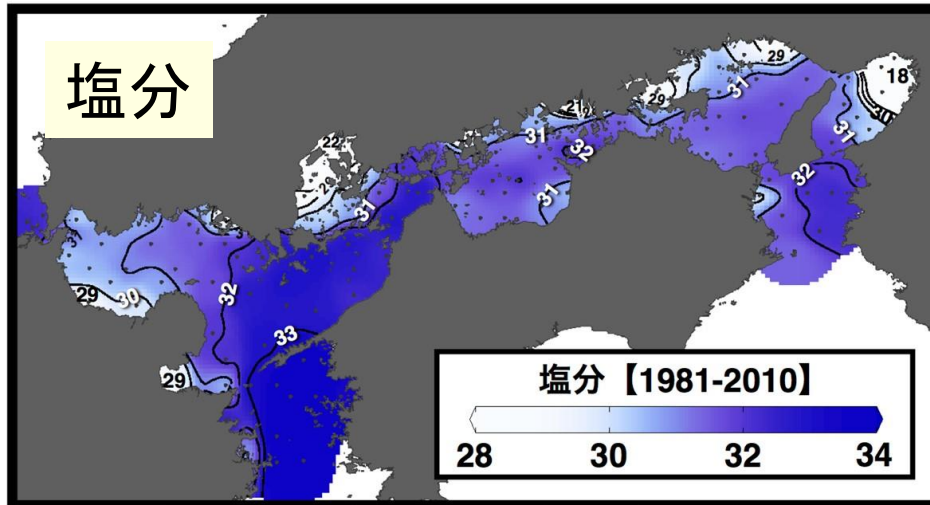
$$\text{転送効率} = \frac{\text{二次生産速度}}{\text{基礎生産速度}}$$

海域特性（地域性）

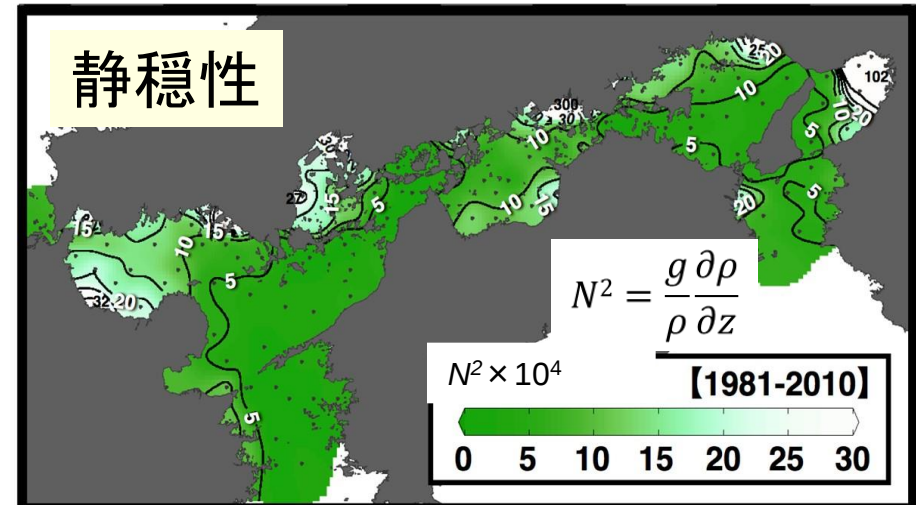
植物プランクトンの増殖に関係した海域特性(夏)

12/23

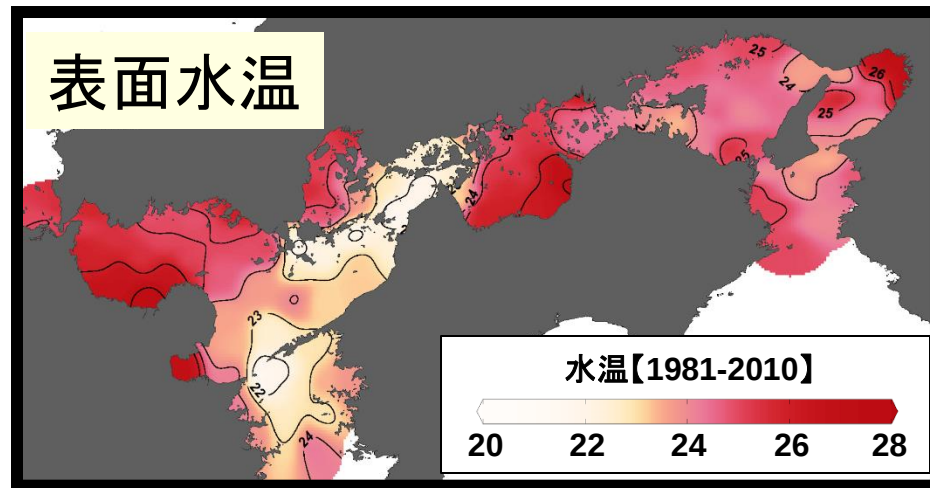
塩分



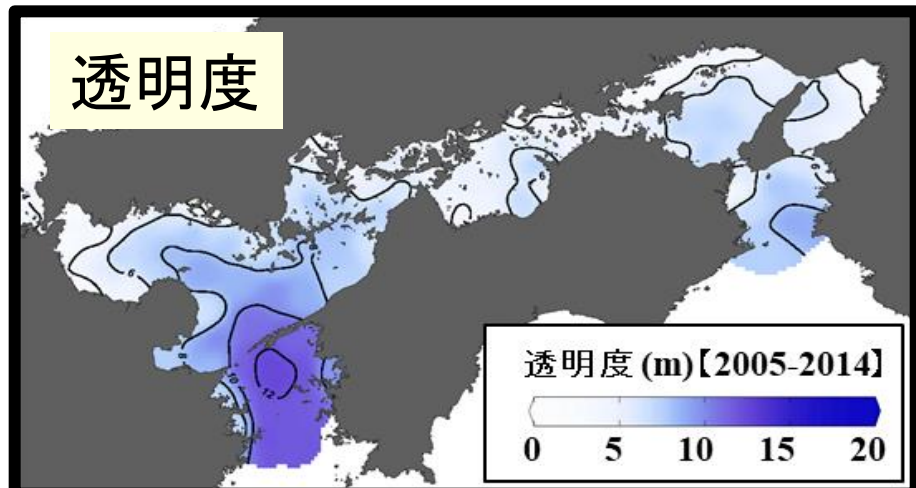
静穏性



表面水温



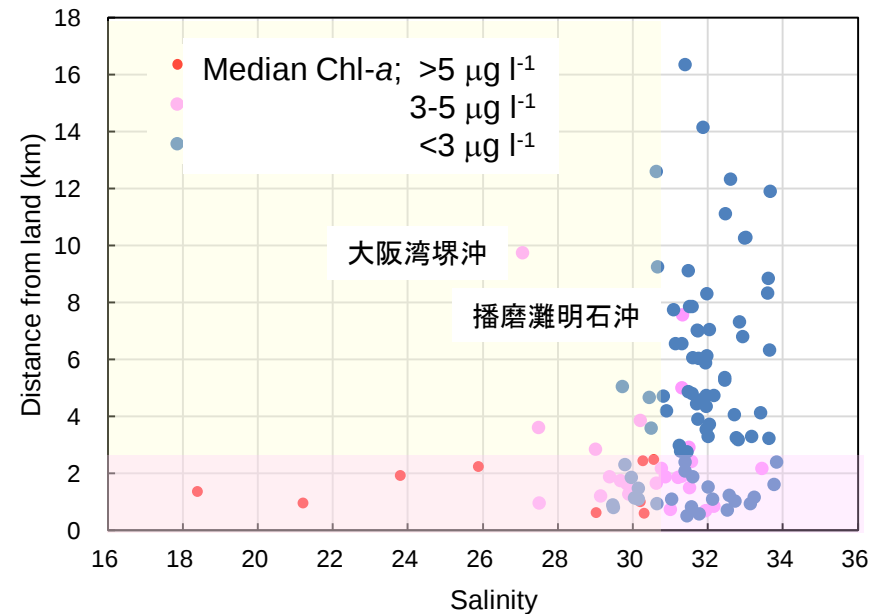
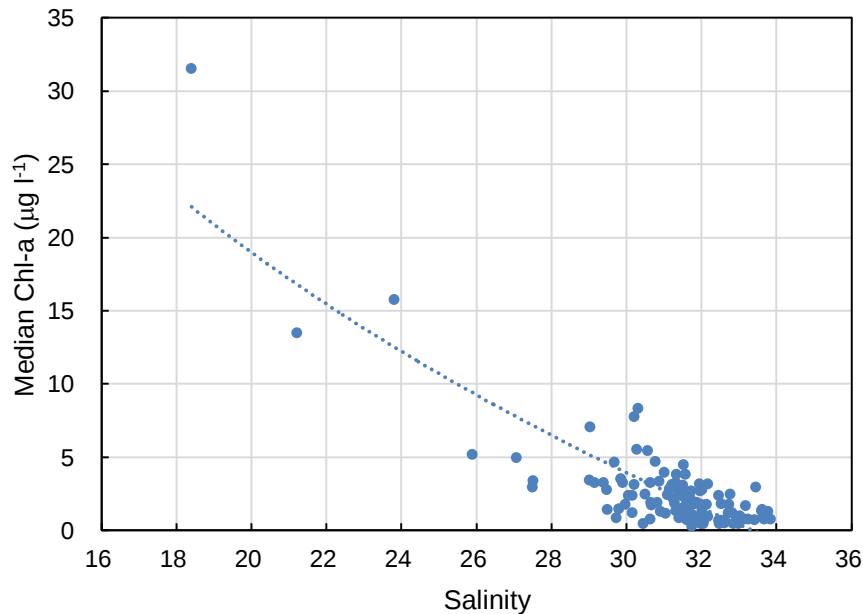
透明度



塩分及と夏季Chl-a濃度の関係

13/23

2003-2012の夏季Chl-a濃度の中央値



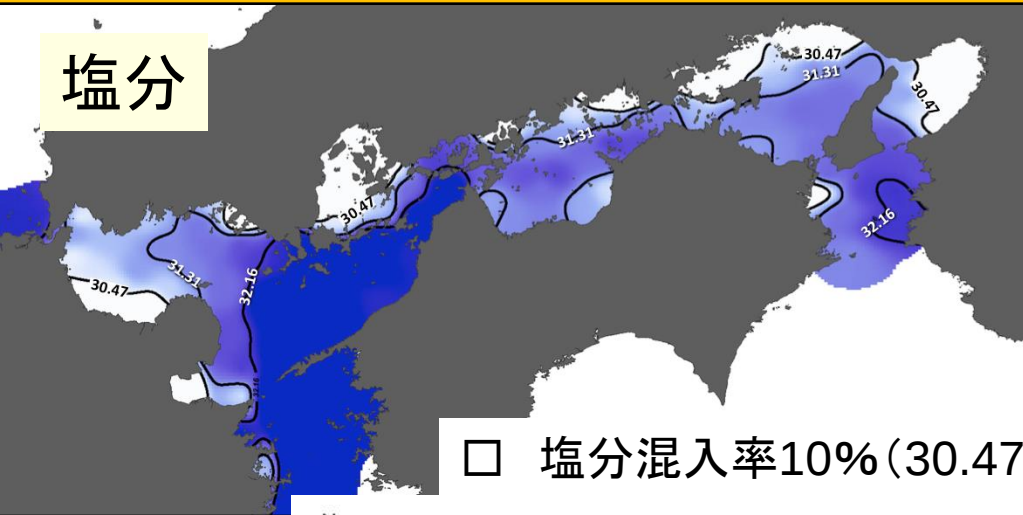
使用データ: 広域総合調査 (沿岸から0.5 km以内の地点を除く)

塩分が最もその海域のChl-a濃度と相関が高く、淡水の混入率10% (塩分30.47) かつ沿岸から2.5 kmの沿岸域でChl-a濃度が高くなる傾向にある。

淡水流入が大きい沿岸域では依然として対策が必要

14/23

塩分



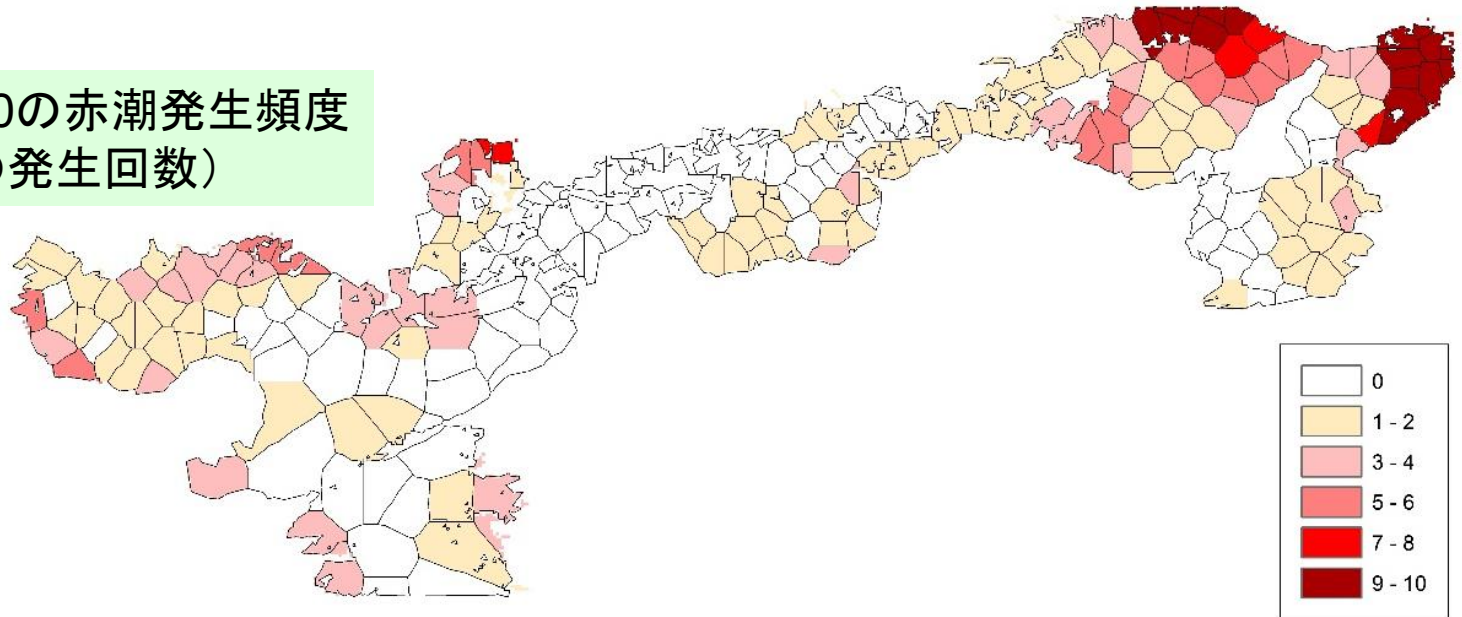
□ 塩分混入率10%(30.47)



このバランスをどうとるか？

過度な陸域からの栄養塩の削減は
海域の生産性を落としてしまう。

2001-2010の赤潮発生頻度
(10年間の発生回数)



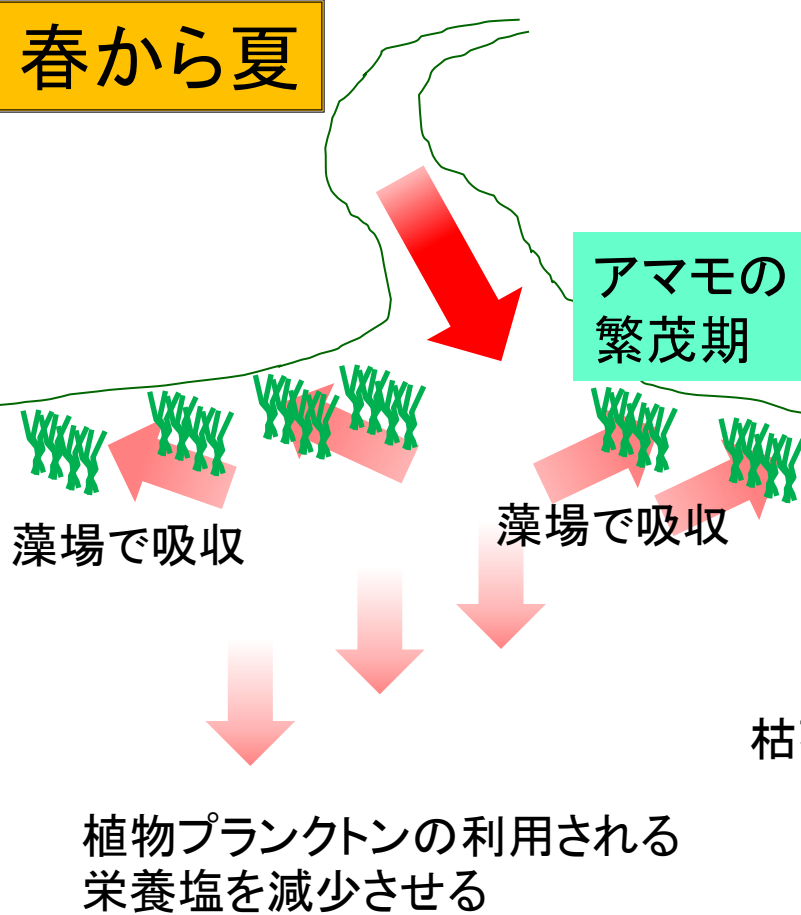
出典: 瀬戸内海の赤潮(瀬戸内海漁業調整事務所)の分布マップから作成
ただし、分布は正確に発生海域を表している訳ではない

管理・対策

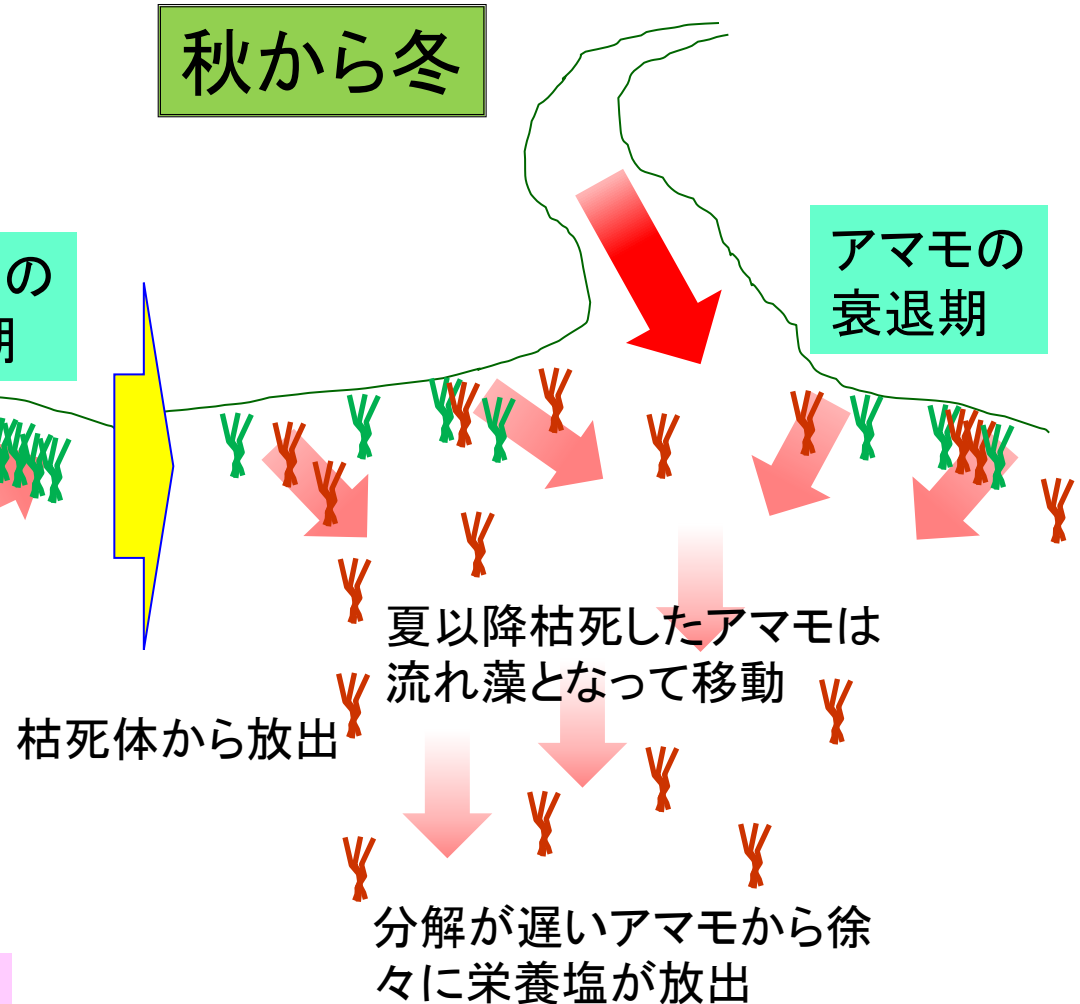
春から夏に繁茂期を迎えるアマモの活用

16/23

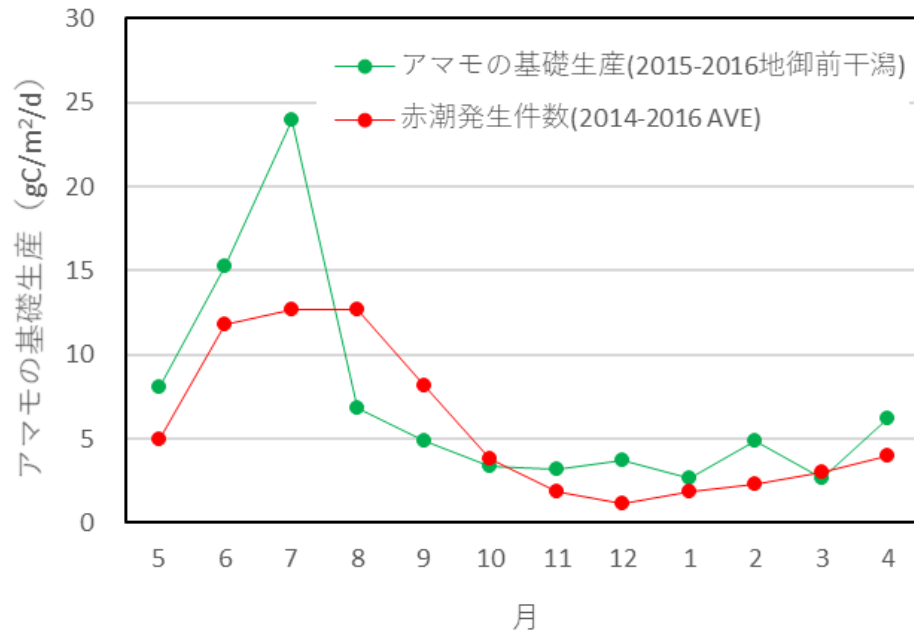
春から夏



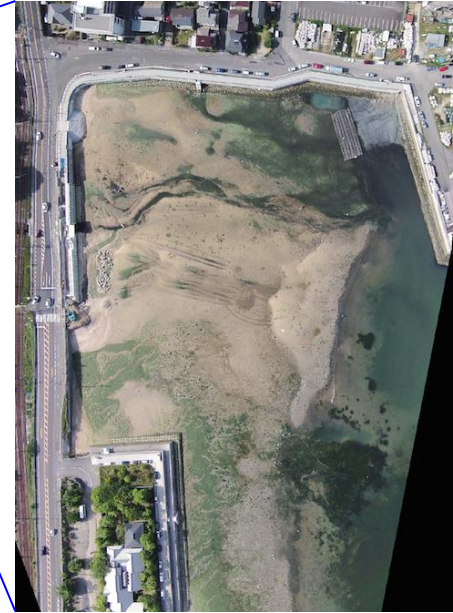
秋から冬



赤潮出典: 瀬戸内海の赤潮(瀬戸内海漁業調整事務所)



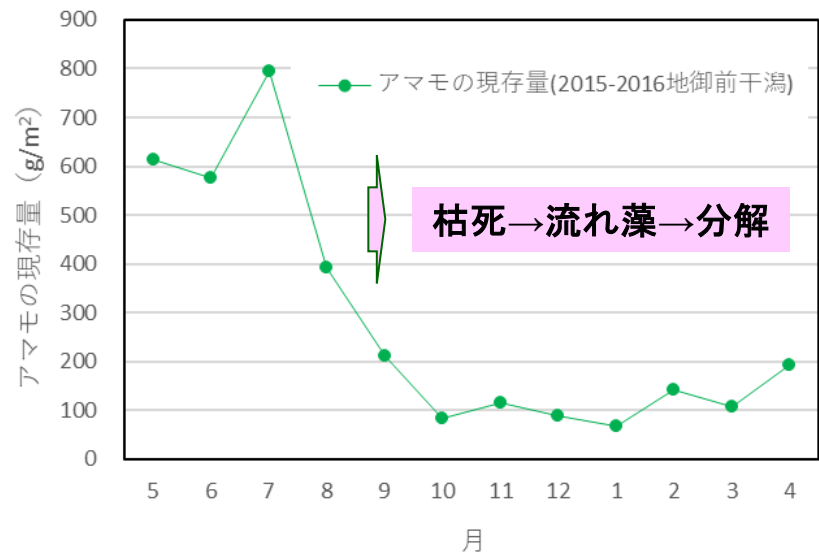
赤潮発生件数



春から夏: 栄養塩を吸収して繁茂
赤潮の発生時期と一致

夏から秋: 枯死して流れ藻となって
周辺海域に分散

漂着先で分解・栄養塩を放出



アマモ繁茂期における栄養塩吸収の見積もり

18/23

バイオマス、N含量、成長率(文献値)から計算

地御前アマモ(5~8月)
2,200-7,800 $\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$
(水深1~4 m, 透明度3 m)

$\Rightarrow$ C:N = 1:0.06
N:P = 16:1 $\Rightarrow$

地御前アマモ(5~8月)
132-468 $\text{mgN m}^{-2} \text{d}^{-1}$
8.3-29.3 $\text{mgP m}^{-2} \text{d}^{-1}$

他報告事例(成長量の実測/現場チャンパー)

山口県柳井湾: 3,900 $\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (1993)

伊豆鍋田湾: 2,900 $\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (1979)

伊勢湾: 3,570 $\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (2015)



アマモ場の生産は
大きい

植物プランクトンによる生産量
広島湾調査(2015)

生島湾アマモ(5月)
160 $\text{mgN m}^{-2} \text{d}^{-1}$

陸域からの栄養塩負荷(2009)

アマモ場面積

窒素負荷 387 tN d^{-1}
リン負荷 24 tP d^{-1}

22,653 ha (1960s)
6,381 ha (1989-90)

1989-90アマモ場面積

8.4~29.9 tN d^{-1} (2.2~7.7%)
0.53~1.87 tP d^{-1} (2.2~7.8%)

1960アマモ場面積

29.9~106.0 tN d^{-1} (7.7~27.4%)
1.88~6.64 tP d^{-1} (7.8~27.8%)

アマモ場の
回復

基礎生産速度 ($\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$)	沿岸域 (H1-4)	沖合 (H5,6)
夏季	919	443
年間	530	313

- 1980年代からの基礎生産の減少は約2割に達すると推計されたが、減少はChl-a濃度が高かった海域で顕著であった。
- Chl-a濃度が高いほど二次生産への転送効率が低くなっており、Chl-a濃度が高い海域での基礎生産の減少は、二次生産への影響を限定的であり、むしろ底質悪化を抑制する効果があったと推定される。
- しかし、依然として淡水の流入が大きい沿岸域では赤潮の発生も報告されている。従って今後、Chl-a濃度が高くなりやすい沿岸域に絞って対策をとることが重要であるが、植物プランクトン量が高くなりやすい春から夏にかけて繁茂するアマモによる栄養塩吸収は造成が可能な海域においては有効な対策となり得るのではないか。