

内海の生態系維持に必要な水質(栄養量)

藤原建紀 京都大学名誉教授 Email: jzt04155@nifty.com

2019_11_14(木)環境保全セミナー, ラッセホール 55分



【はじめに】

農業では、畑や田んぼに 窒素N・リンPなどを 肥料(生物からみると栄養)としてまく。
一方、沿岸海域の 窒素N・リンPは 陸域から河川等を通じて 供給される。

陸から入る窒素・リンはこの30年で1/2～1/3に減った。

現在の窒素流入量は 昭和30年代の量 にまで減った。

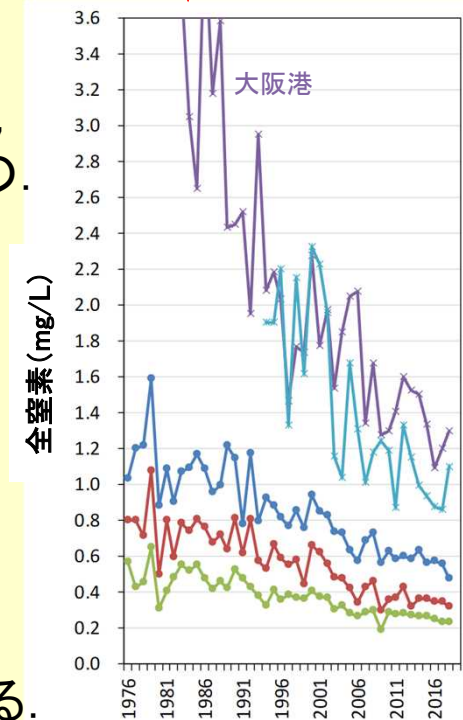
このため 瀬戸内海・兵庫県海域では 窒素濃度が 減りすぎ まで至った。

兵庫県では 海域の窒素・リン濃度の下限値を定める条例を作った。

国の定める環境基準を 濃度の上限とし、県の条例で下限値を定め、
この上限と下限の間で 海域の窒素・リン濃度をコントロールするもの。

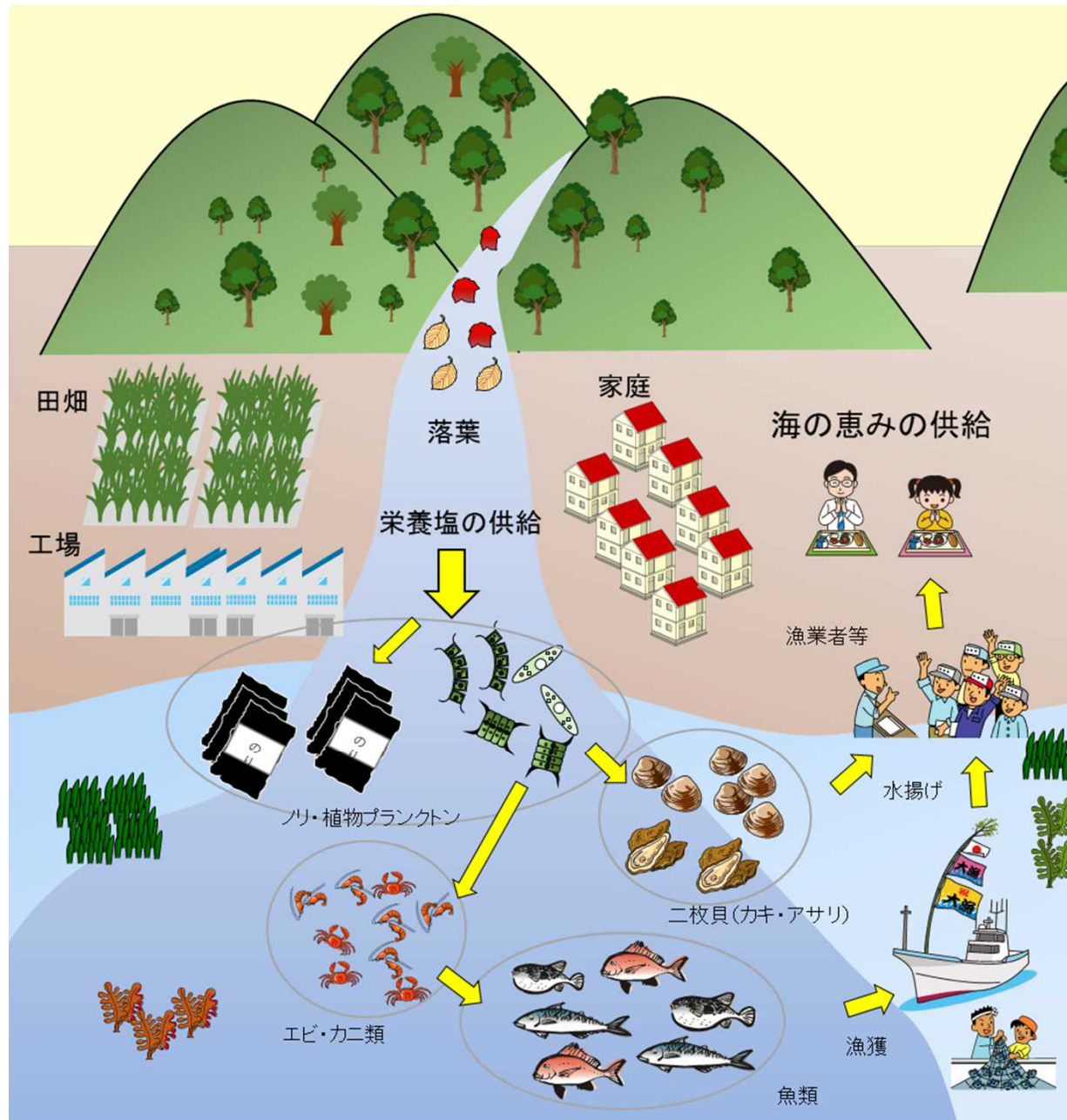
本発表では 全窒素TNを指標として 下記のことを示す。

1. 大阪湾・播磨灘に流入する窒素は大きく減っている。
2. 内海の窒素濃度の低下により 漁獲量も減ることを
食物連鎖の 栄養段階別に示す(植物P → 動物P → 魚類)。
3. 内海の窒素濃度が 0.2 mg/L 以下になると、
海岸生物が 内湾型 から 外海型(貧栄養型)へと急激に相転移する。
4. 内海の生物生育に 最低限必要な 窒素濃度(0.2 mg/L) の直接測定。
5. まとめ: 貧栄養化で起きること。



栄養(窒素・リン)は「きれい」「きたない」とは別のもの

河川等を通じて供給された栄養(窒素 N, リン P)は、河口付近で植物プランクトンになり、カキやアサリのエサとなる。

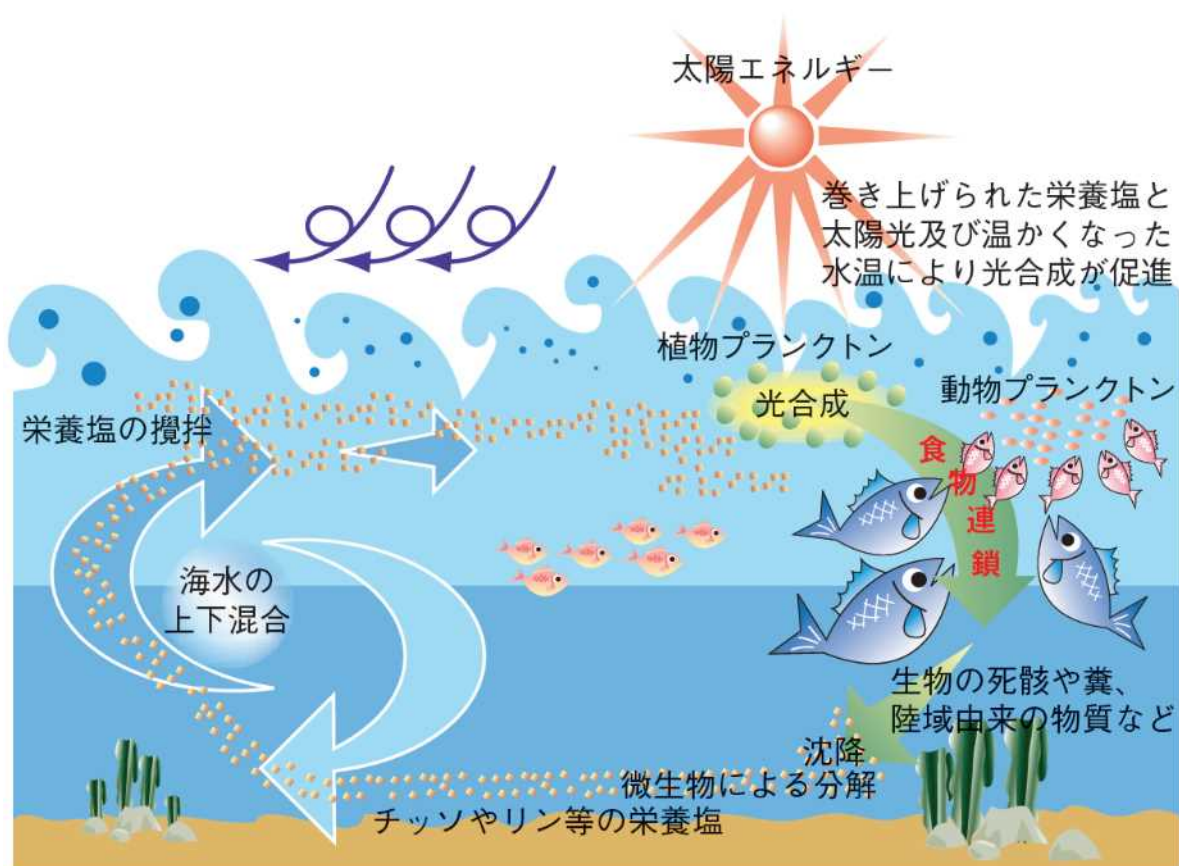


窒素 N, リン P, カリウム K (海では豊富にあるので栄養とは言わない)

内湾は、陸域から供給される栄養塩が豊富であり、かつ水深が浅く、底層にたまった栄養塩が表層と混ざりやすいため、豊富な水産資源をはぐくみます。

例えば、瀬戸内海の面積は、我が国 排他的経済水域等の 0.4% ですが、漁業生産量は全体の5%を占めています。

【水産資源の再生産システム】



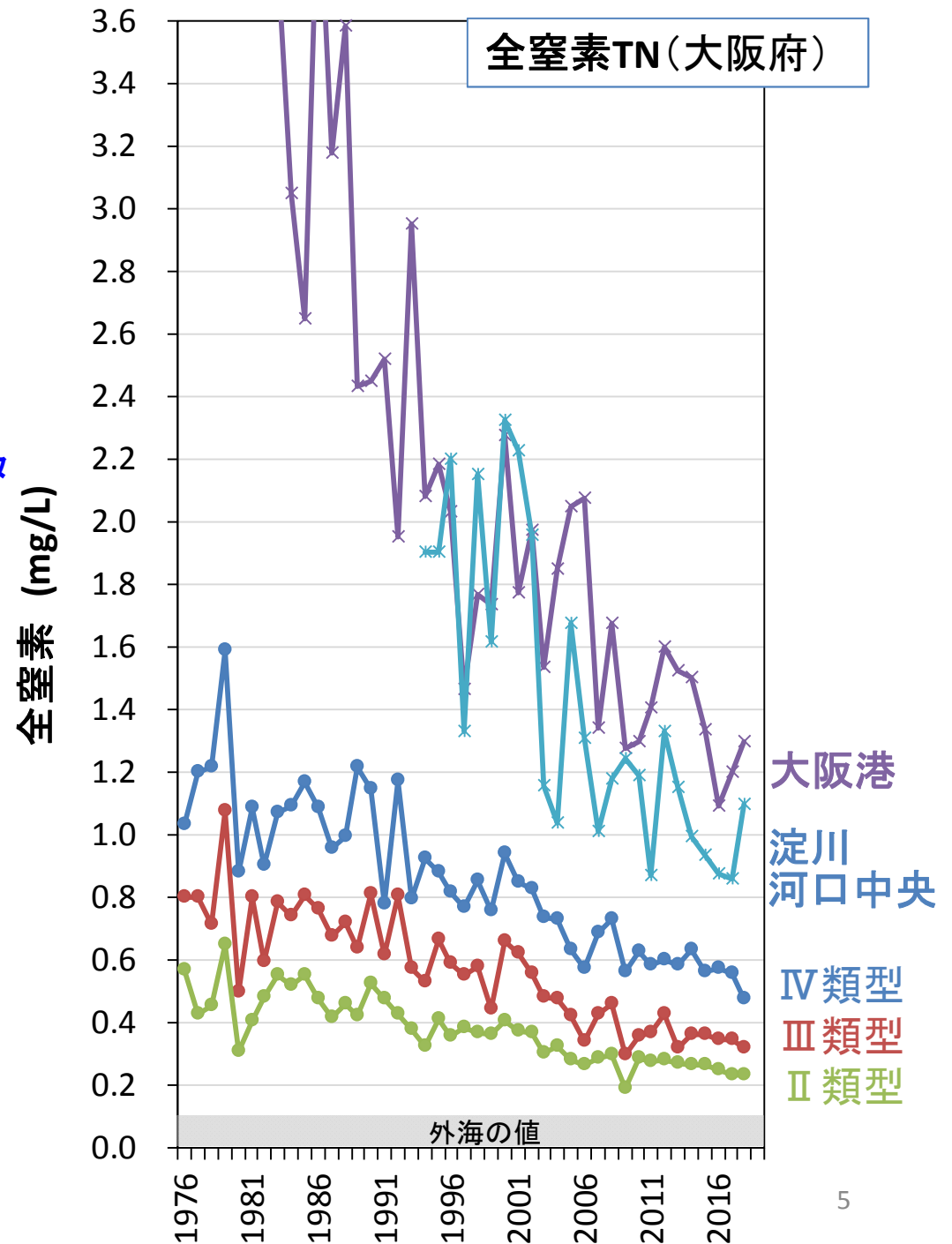
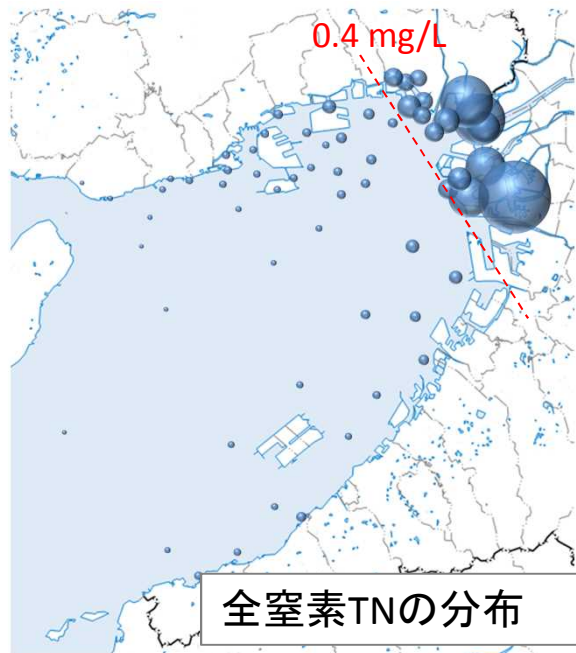
出典:水産白書H22
第1章特集から
p.13, 20

【陸から入る窒素・リン量は、著しく減った】

大阪港・淀川河口の全窒素TN濃度が1/3以下に減って、海域のTN濃度(右図は大阪府)は経年的に減り続けている。

Ⅱ 類型海域のTNは大阪府海域でも0.2 mg/Lに近づいている。

TNは最も大きく変化した水環境パラメータ(この影響を見落としてはいけない)



加古川の窒素濃度は、昭和30年代(1955年)にまで減っている。

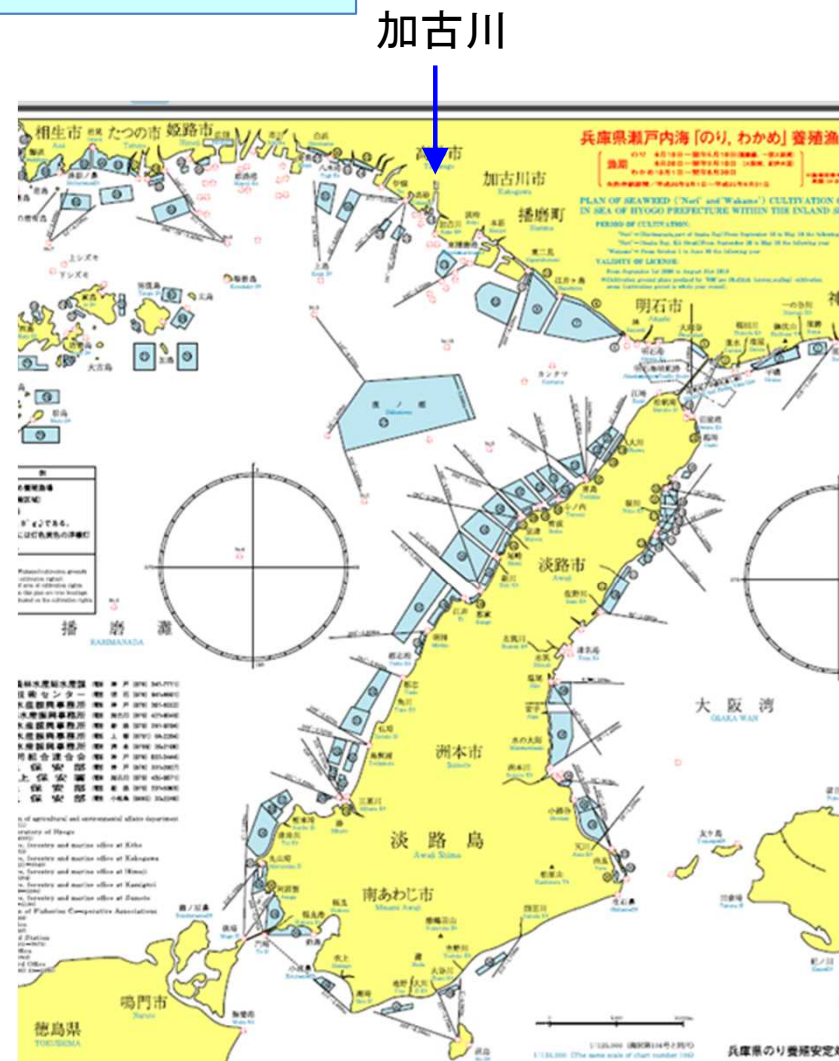
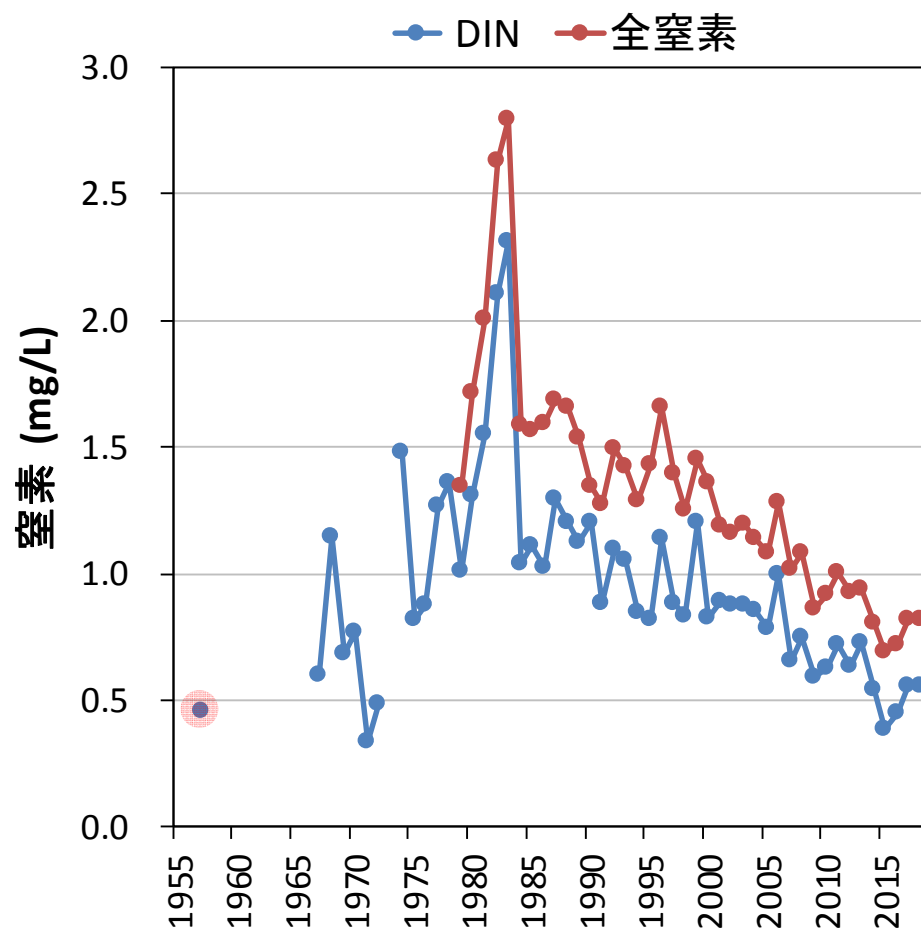


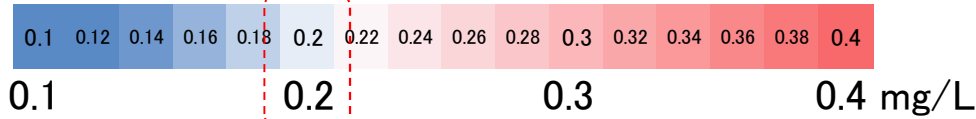
図1 加古川最下流(淡水部)における水質経年変化
池尻:加古川橋

● 印は小林純による昭和32年度(1957)の値

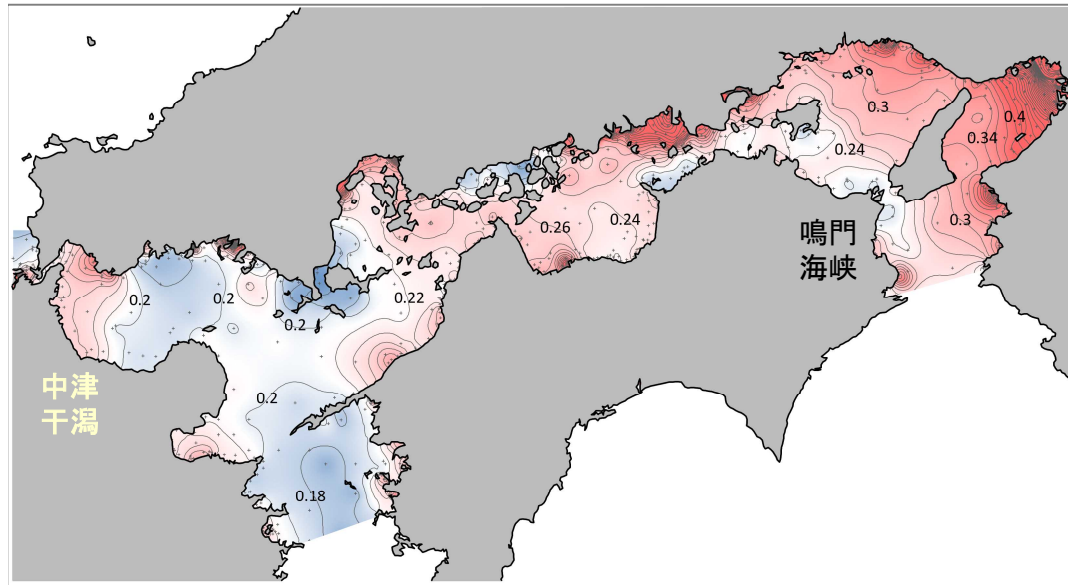
低濃度

TN カラースケール (mg/L)

高濃度

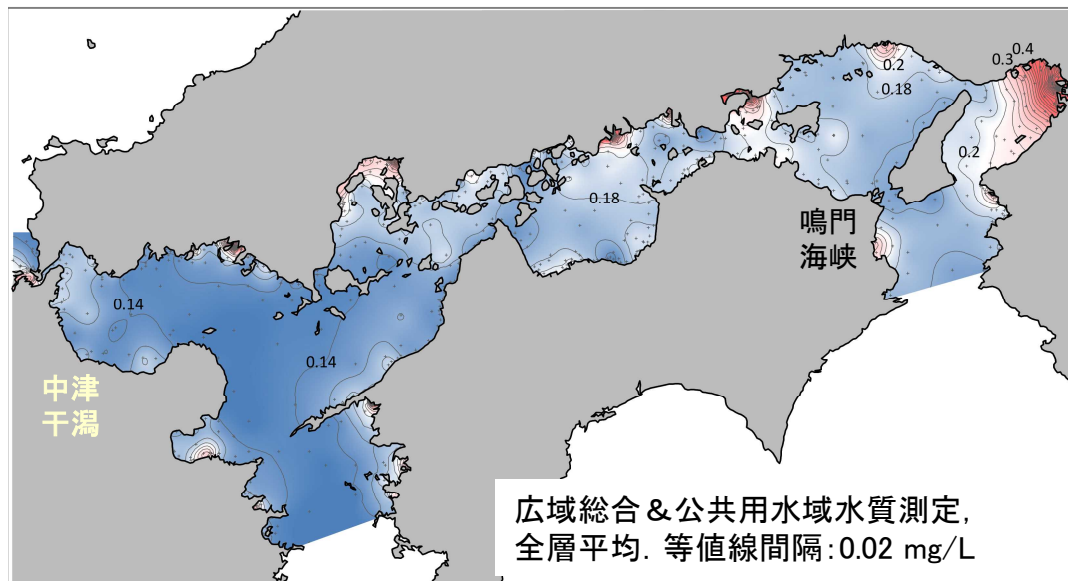


全窒素TN(mg/L)の変化 (20年間)



【1997年度のTN分布】

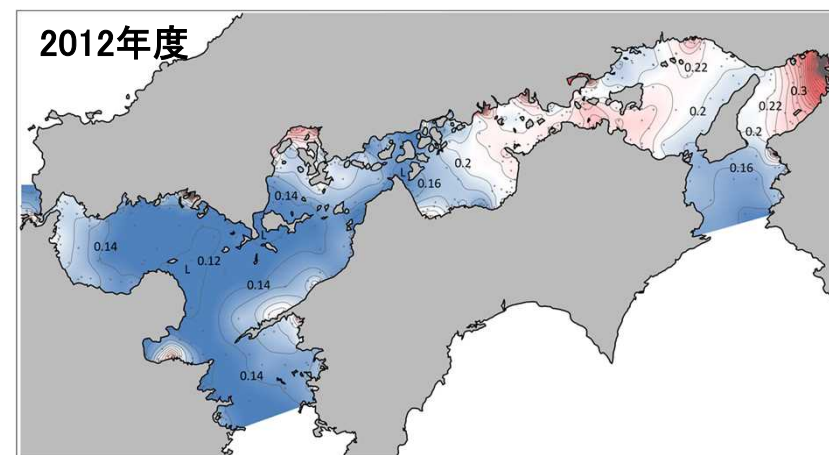
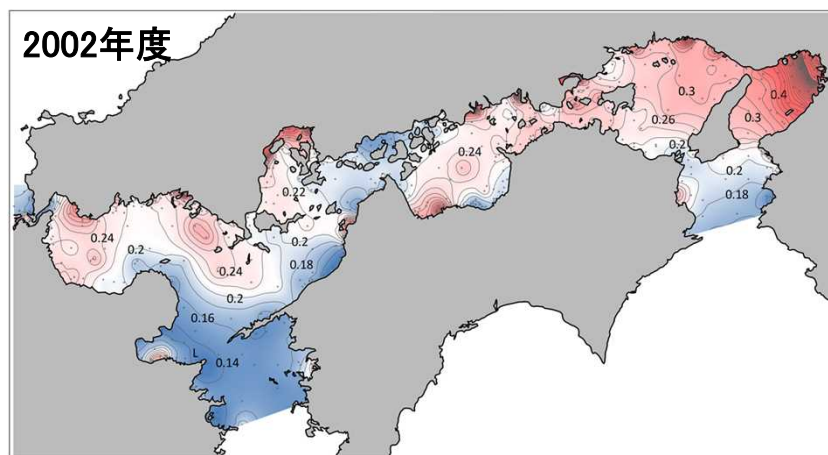
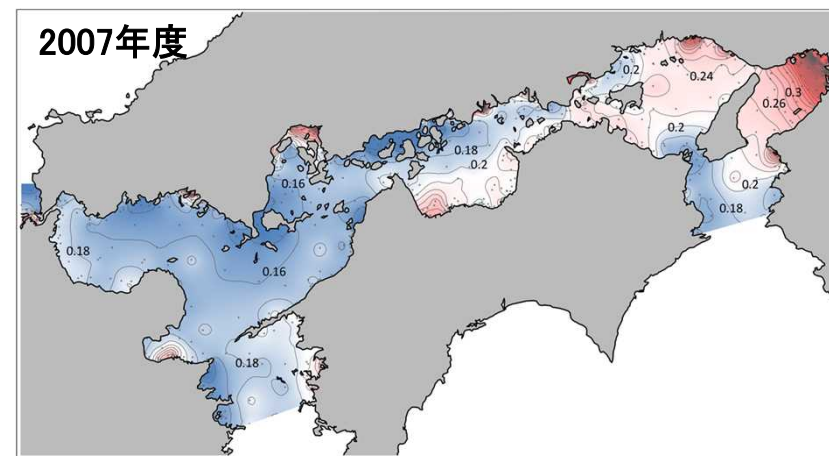
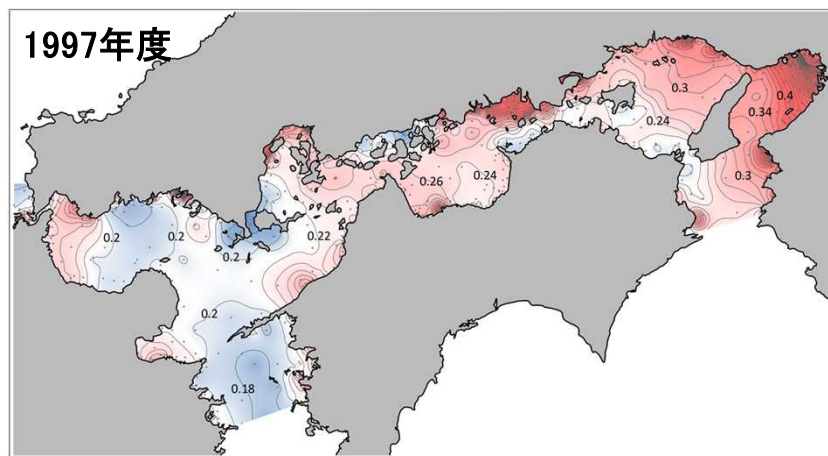
瀬戸内海の大部分で、
TN が 0.2 mg/L 以上



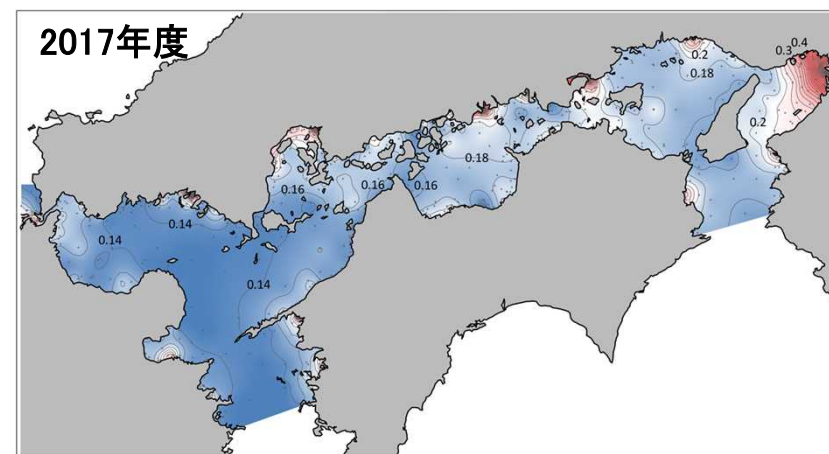
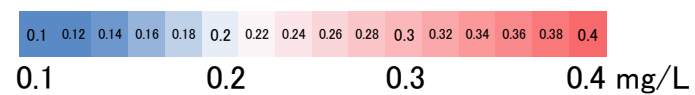
【2017年度には、

TN が 0.2 mg/L 以下の海域(青色)が、
瀬戸内海のかな部分を占めるように
なった..

大分県・中津干潟(かつてアサリ
の大産地)のTNが 0.2 mg/L以下に
なった.

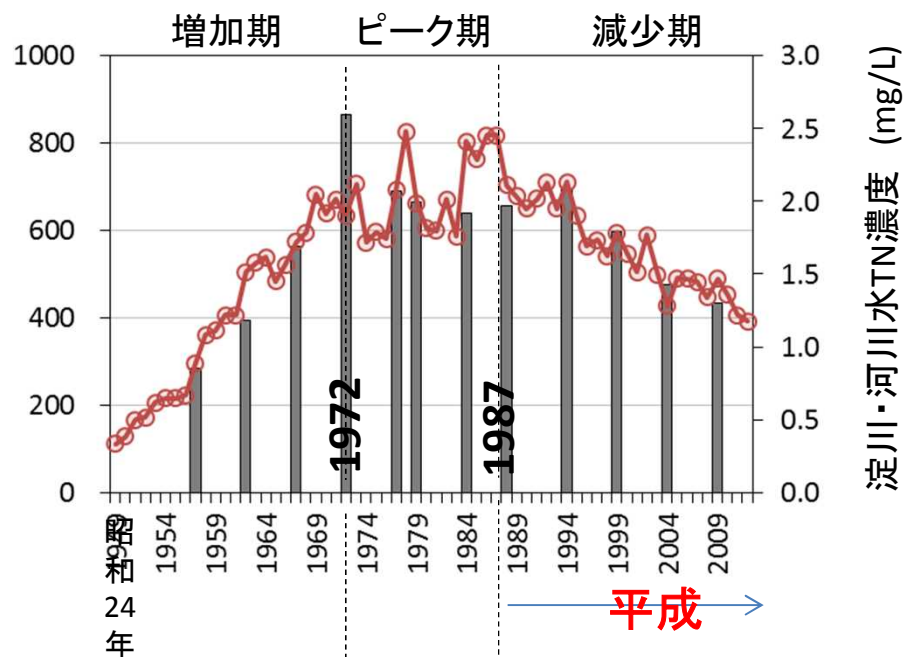


全窒素TN: 5年ごと



瀬戸内海への窒素流入量 (トン/年)

瀬戸内海へのTN負荷量
(トン/年)



漁獲量の変遷

瀬戸内海の漁獲量は、
窒素負荷増加期に、埋立が進行するに
もかかわらず、**年ごとに上昇した**。

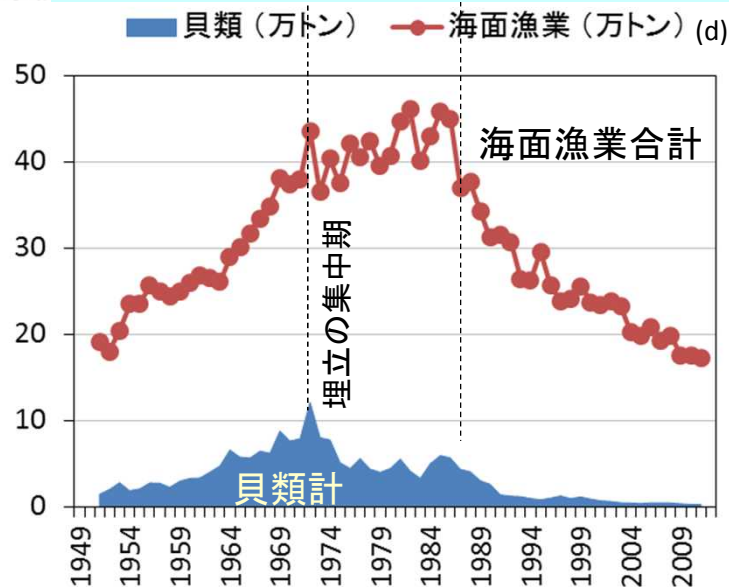
平成以降の負荷量減少期は、浅海域の
埋立が抑制されているのに、漁獲量は
年ごとに減少している。

平成以降の水環境変化では、**TN濃度の
低下**が突出して顕著。

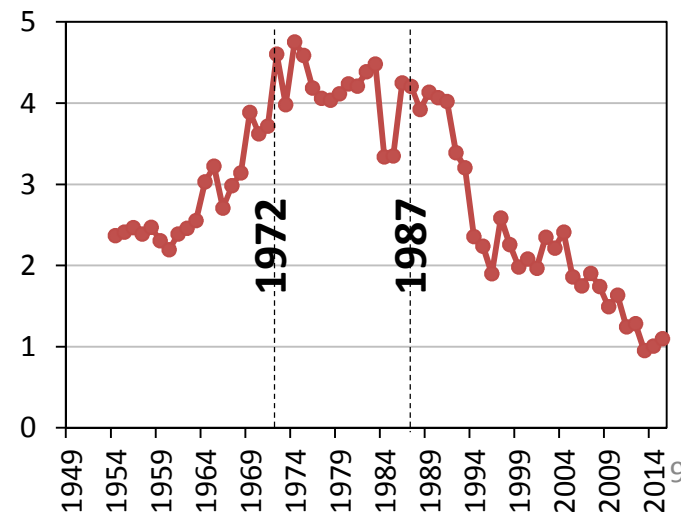
**TN濃度は、漁獲量の長期的な増加・減
少を説明できる唯一のパラメータ**

瀬戸内海の漁獲量 (万トン/年)

瀬戸内海の漁獲量
(万トン/年)



琵琶湖・魚類の漁獲量
(千トン/年)



生態学には**マクロな見方**が必要 (E. P. オダム)

重要なのは、「平成以降、**多くの魚種**が減少していること」。(増えている魚種も少数ながらいる)

【20年ほど前】

研究室に漁師の奥さんからTELあり:

「**多くの魚種**が同時に減っていくのは、尋常ではない」「調べてほしい」

岡山県水試の松村 眞作場長から:

植プラが多いときは ノリが**不良**だが カキが**良**く、
植プラが少ないときは ノリが**良**いが カキが**不良**だった。

- ・植プラは、栄養を独占する.
- ・植プラは、カキのエサ.

最近は **どちらも不良**になってきた.



カキ良好



ノリ良好



カキ不良

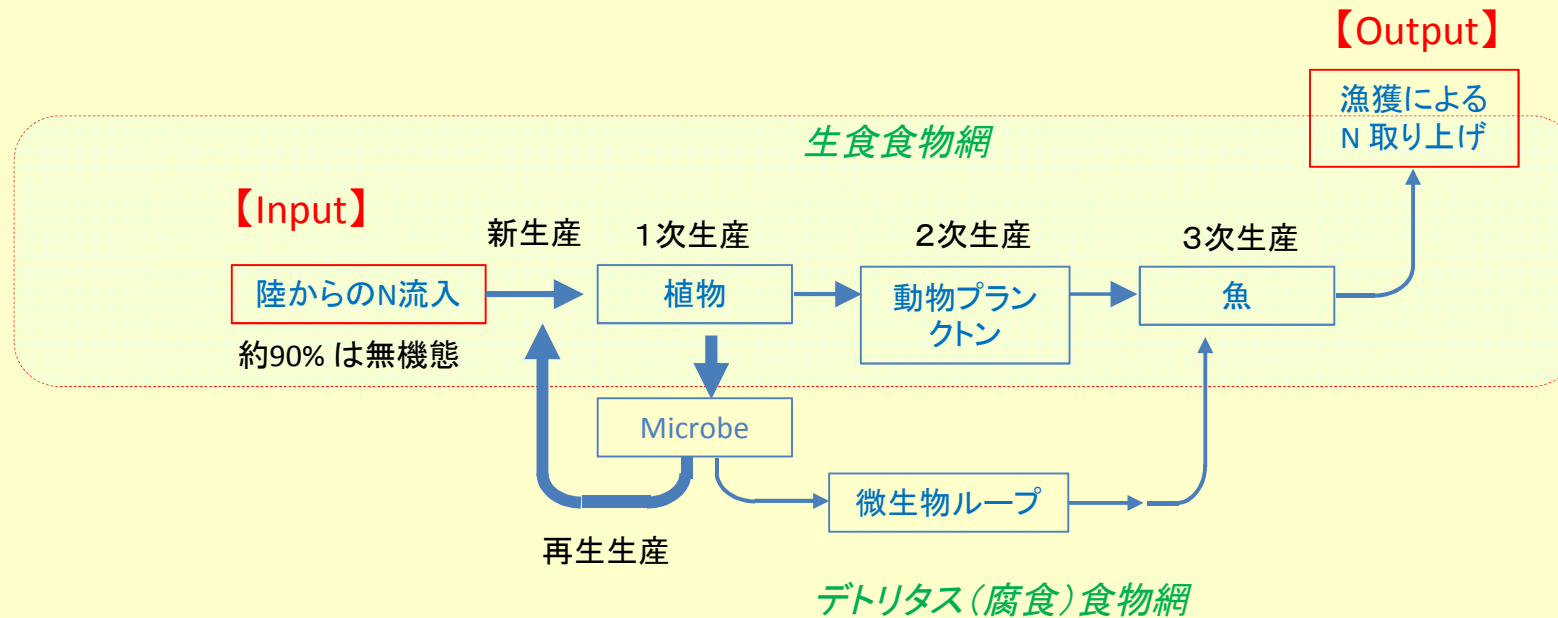


ノリ不良

昔は

色落ちノリ =
黄化症ノリ

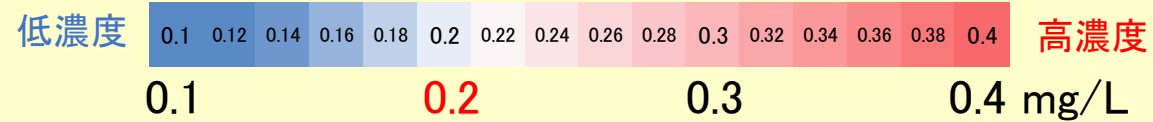
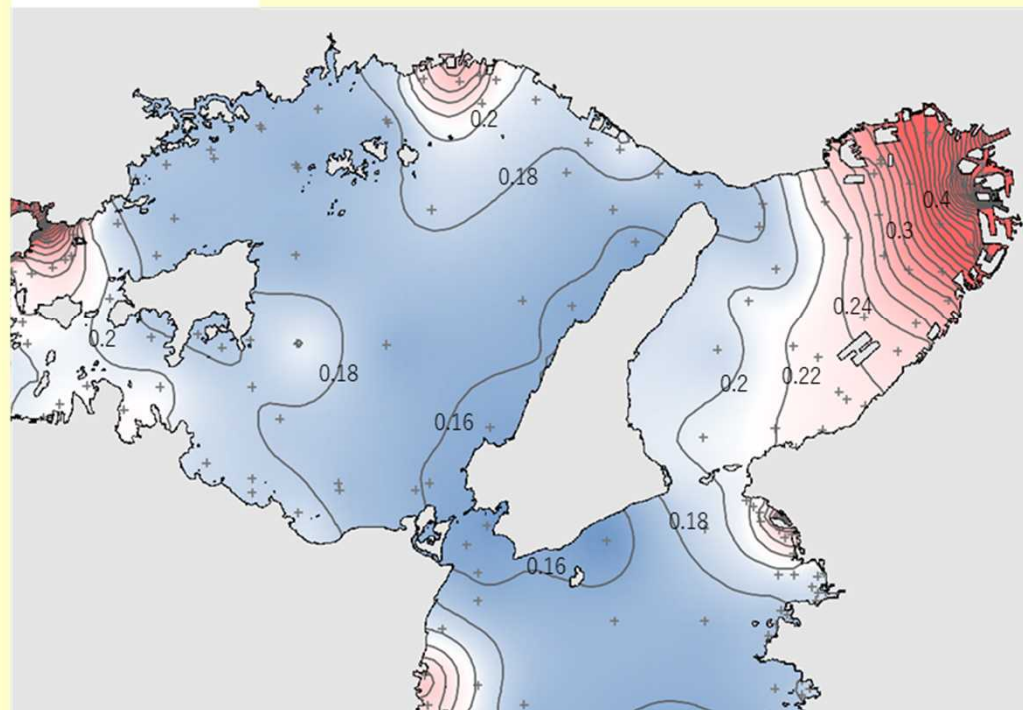
2. 内海の窒素濃度の低下により 漁獲量も減ることを
食物連鎖の 栄養段階別に示す（植物P → 動物P → 魚類）



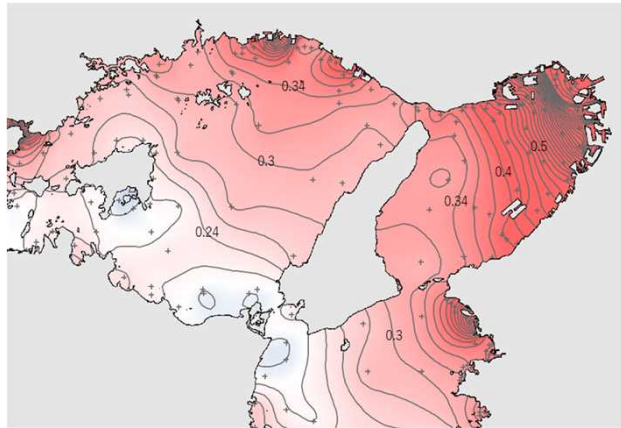
約10倍に増幅することに注意！

全窒素TN: 5年ごと (アニメーション)

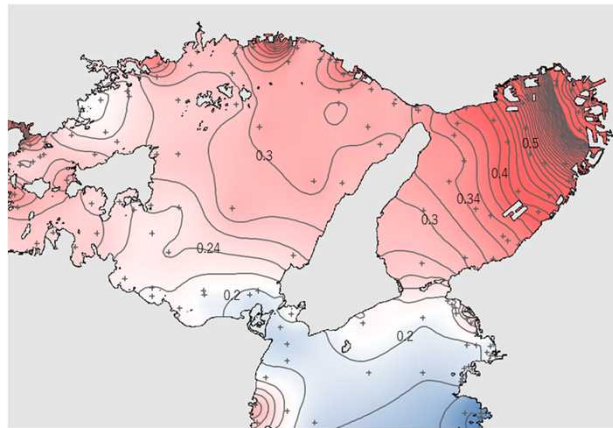
2017年度



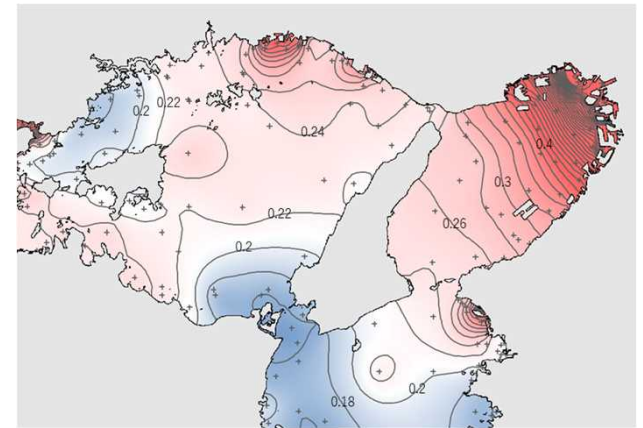
全窒素TN: 5年ごと



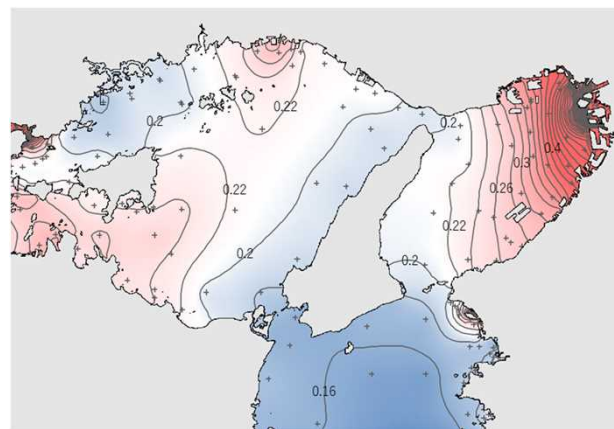
1997年度



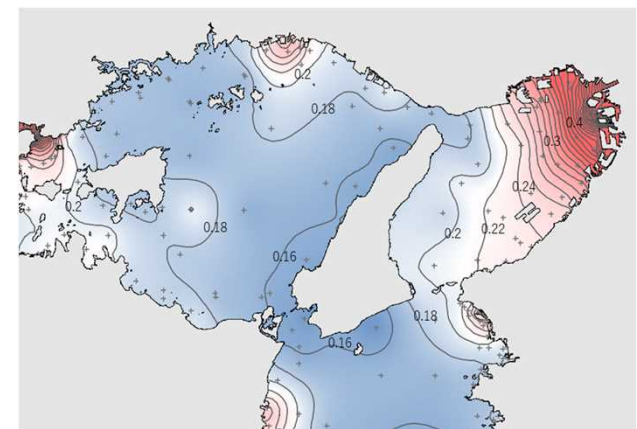
2002年度



2007年度



2012年度



2017年度

2012年度以降, 貧栄養海域(青色)が急激に広がった.

【大阪湾の1次生産と2次生産】

動物プランクトンデータ(毎月)の解析 (大阪府公共用水域測定)

大阪府公共用水質測定では、水質・クロロフィルaとともに、植物プランクトンおよび動物プランクトンの計数が、毎月行われており、そのデータは公表されている。

このデータに基づいて、植物プランクトン量と、動物プランクトン量の経年変化を調べた。

植物プランクトン量は、クロロフィルaを指標とした。

動物プランクトンは、種別に炭素量に換算して生物量(バイオマス)を調べた。

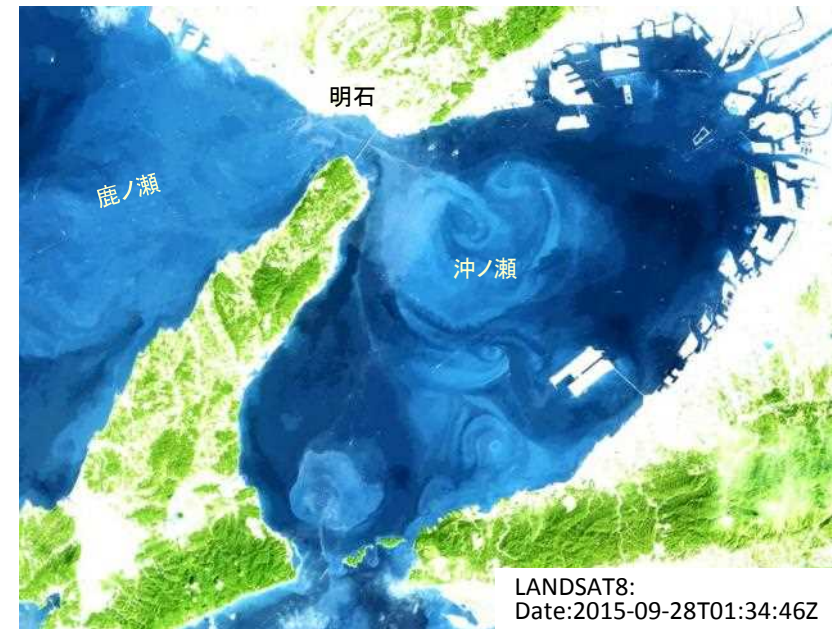
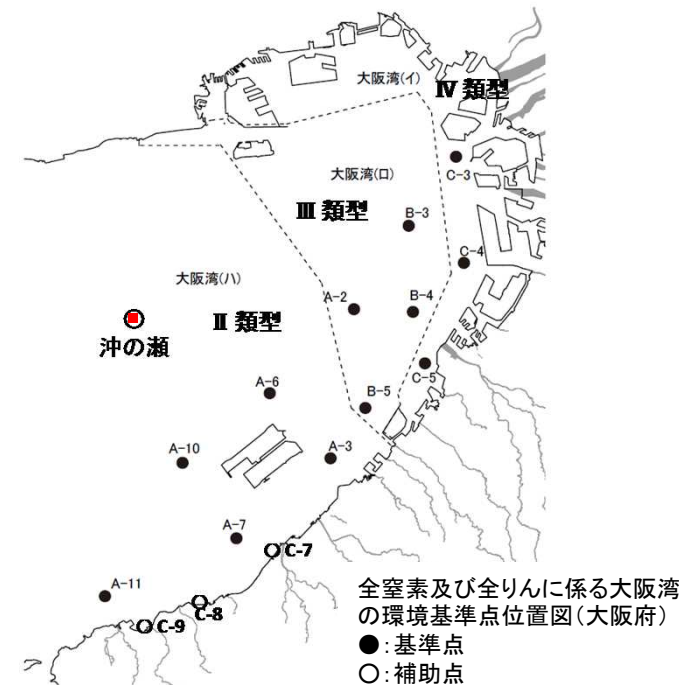
動物プランクトンでは、「魚介類のエサ」として特に重要なカイアシ類について本資料に示した。

【結果】

植物プランクトン、動物プランクトンとも、生物量のピークの高さが減少する形で、減少していた。カイアシ類・繊毛虫・二枚貝幼生も減少が明瞭であった。

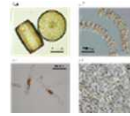
Ⅱ 類型海域のカイアシ類量は、2012年以降は、1990年代の約1/2になった。また、カイアシ類量のピーク時期の季節が遅くなり、イカナゴの成長期のカイアシ類量は、約3分の1と、大きく減少した。

イカナゴの、胃内容物重量が年と共に減少し、たくさん食べているイカナゴが、ほとんどいなくなった。

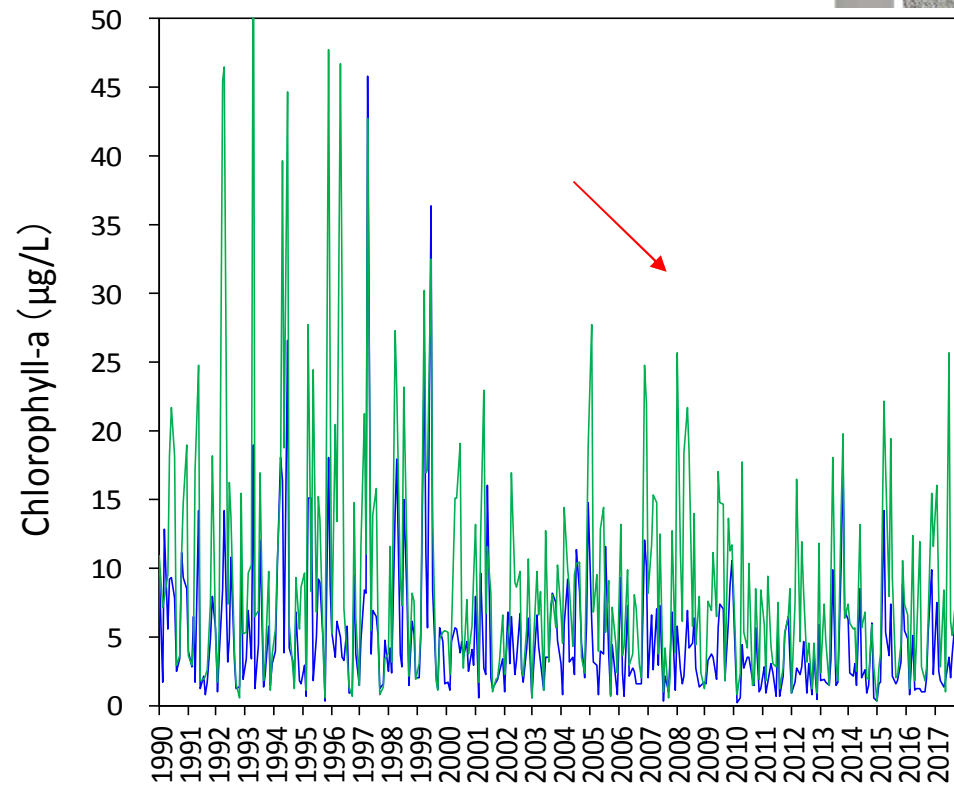


【植物プランクトン】

Chlorophyll-a

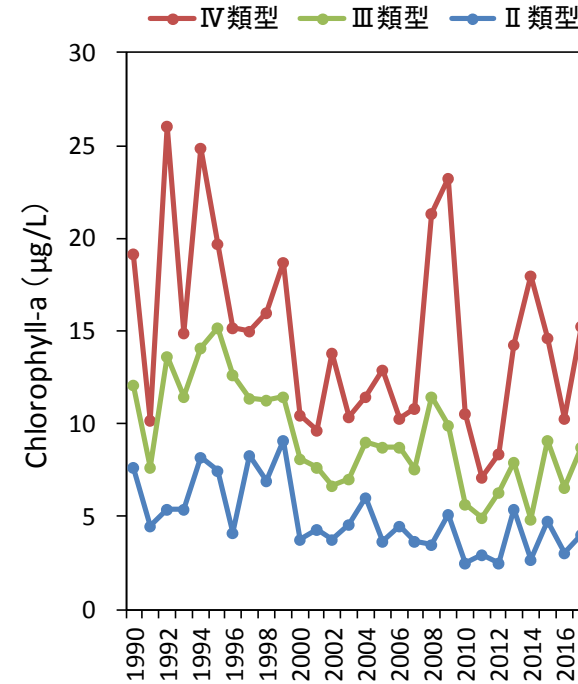


Ⅱ 類型 Ⅲ 類型

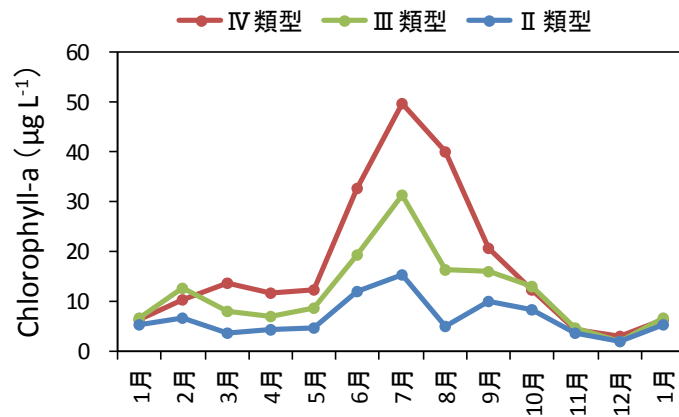


ピークの高さが小さくなってきた

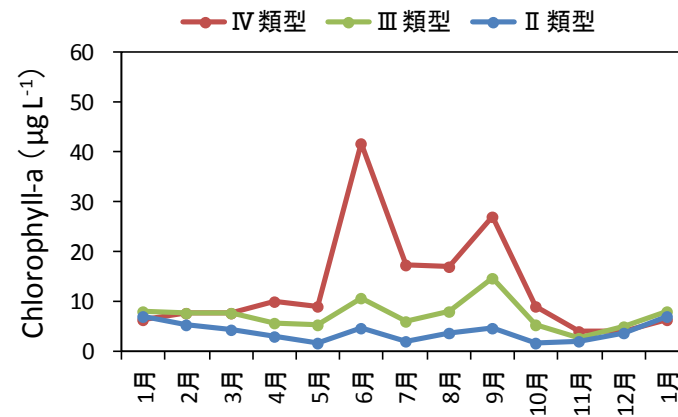
【植物プランクトン・年度平均】



【1990～1999】



【2012～2017】



【季節変動】

夏季の1ピークから、
春・秋のブルーム
グ(2ピーク型)へ

【纖毛虫】

Ciliate



ピークの高さが減る形で減少

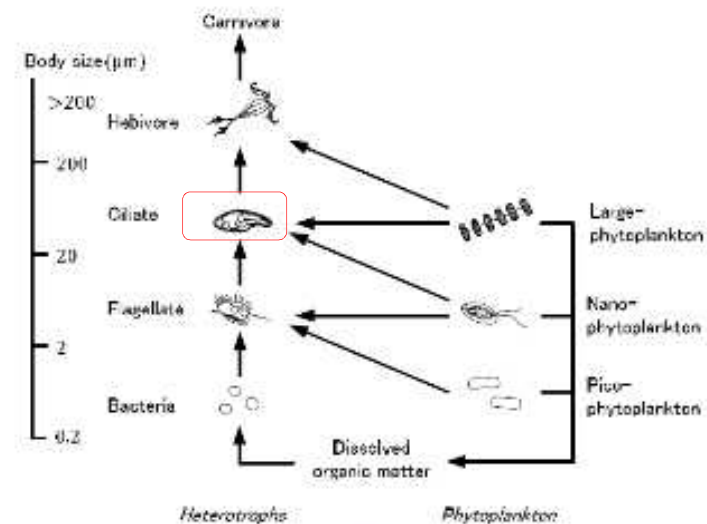
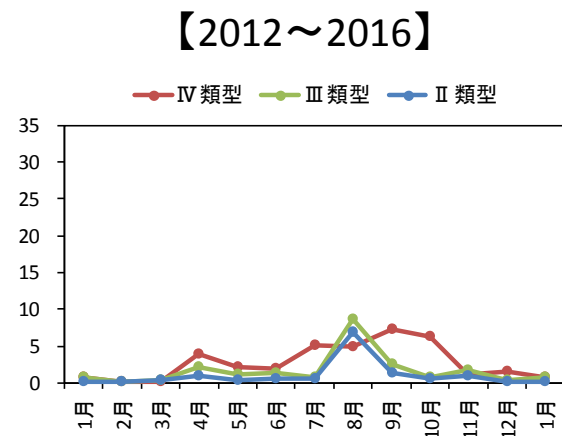
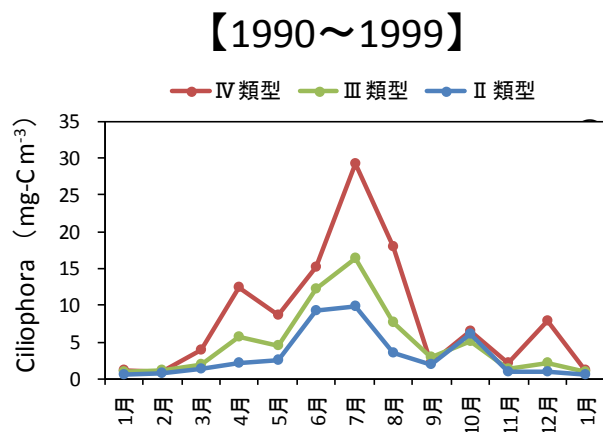
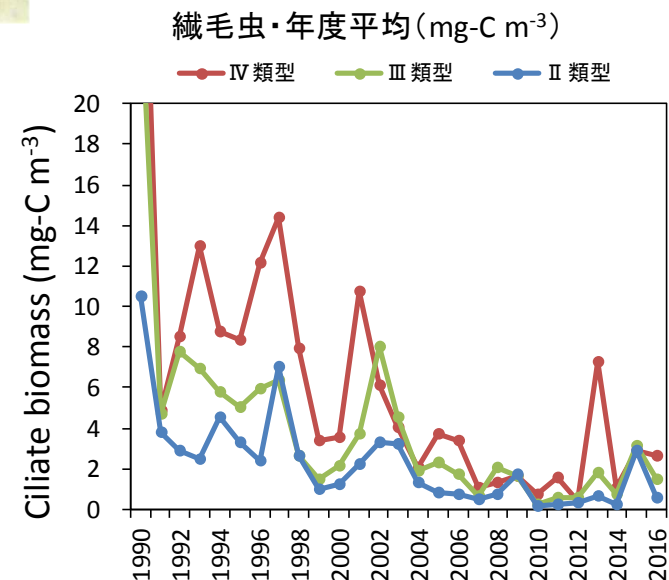
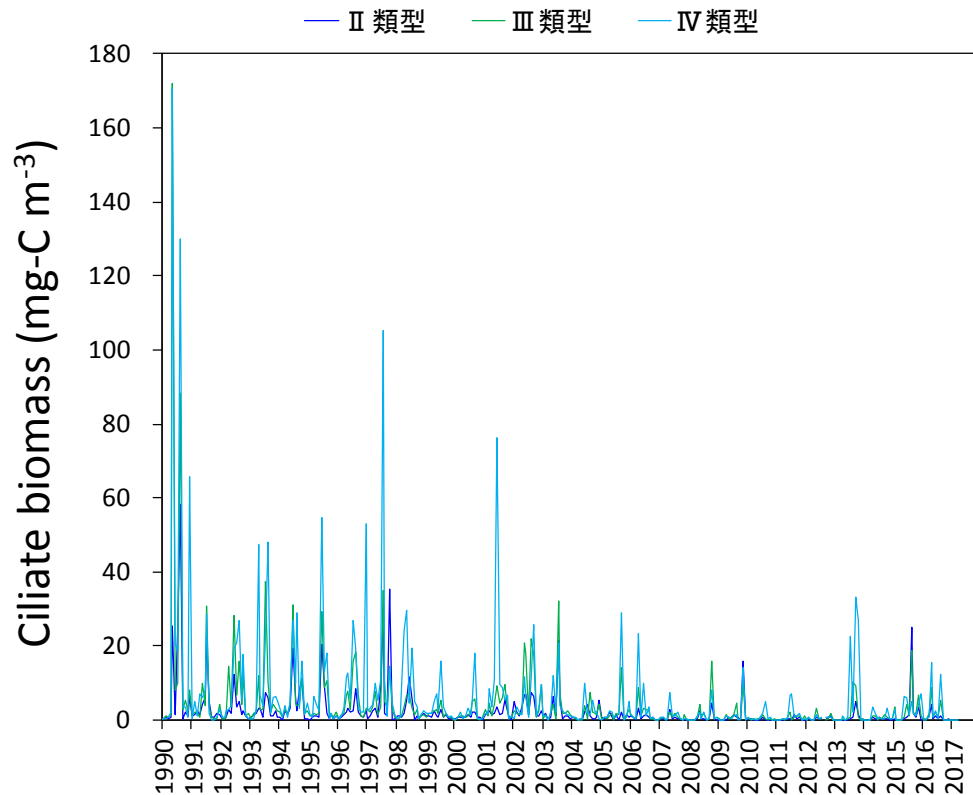
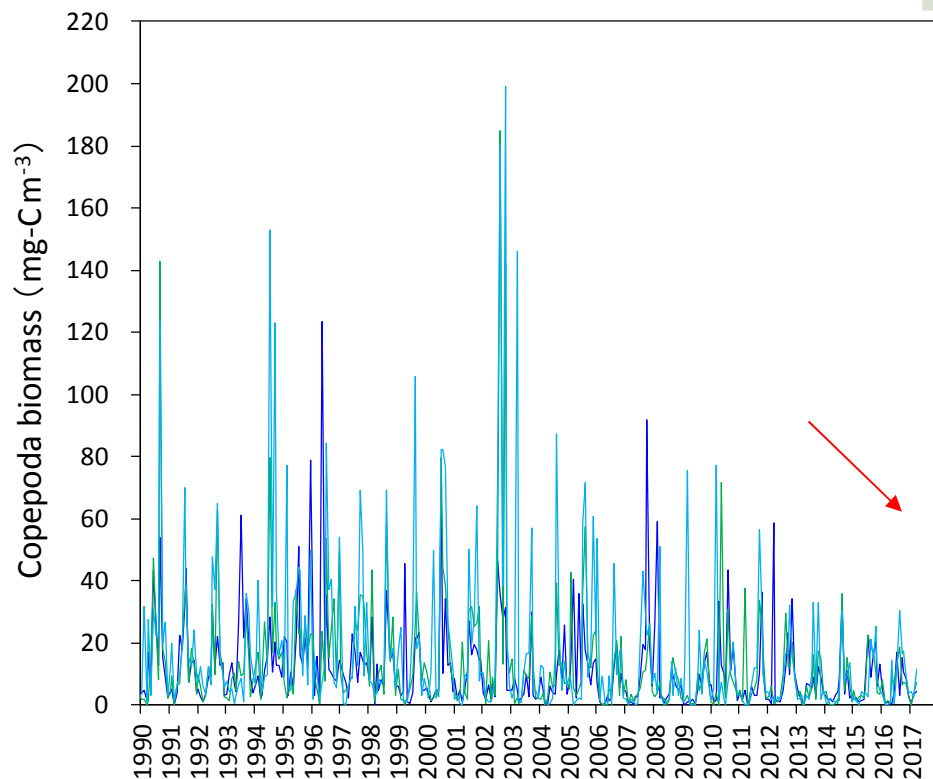


図-1.1 微生物ループの概念：Fenchel(1981)6 占谷(1999)を改変

【動物プランクトン・カイアシ類】 Copepoda



Ⅱ 類型 Ⅲ 類型 Ⅳ 類型

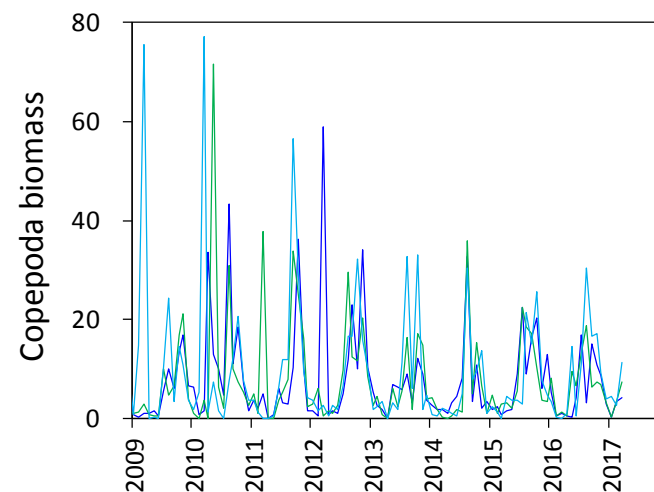


カイアシ類は、魚類のエサとして特に重要.

2012年度からピークが極端に小さくなっている.

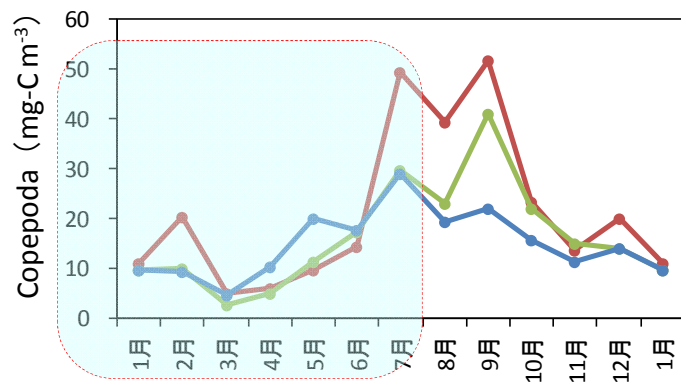
【2009年以降を拡大】

Ⅱ 類型 Ⅲ 類型 Ⅳ 類型



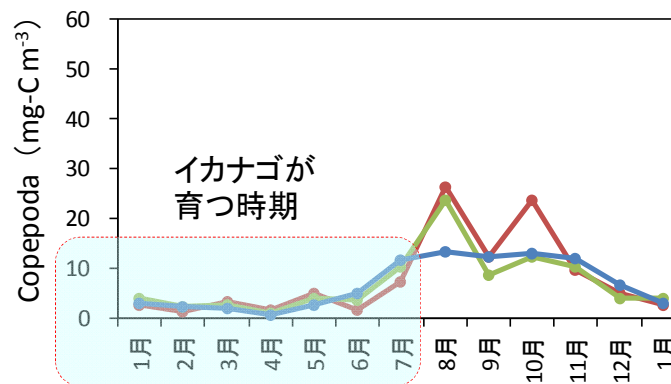
【1990～1999】

Ⅳ 類型 Ⅲ 類型 Ⅱ 類型



【2012～2016】

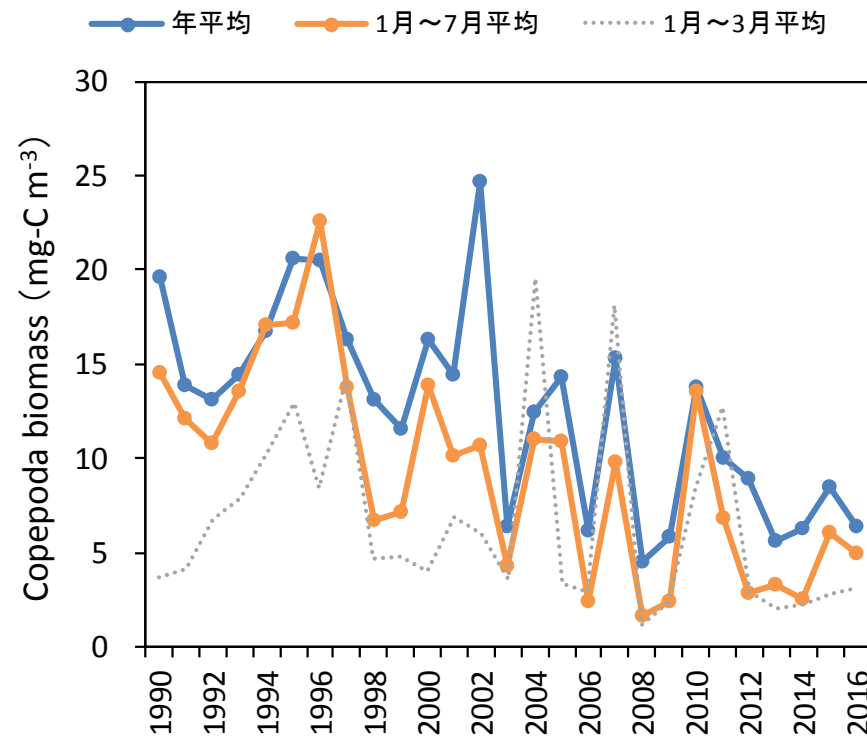
Ⅳ 類型 Ⅲ 類型 Ⅱ 類型



ピークの時期が遅くなった.
1月から7月の現存量が著しく小さくなった.

【カイアシ類 現存量の経年変化】

カイアシ類の現存量は低下している。
特に、年の前半(1月～7月)の現存量は著しく低下している。



カイアシ類・現存量 経年変化
(Ⅱ・Ⅲ類型海域平均)

イカナゴ

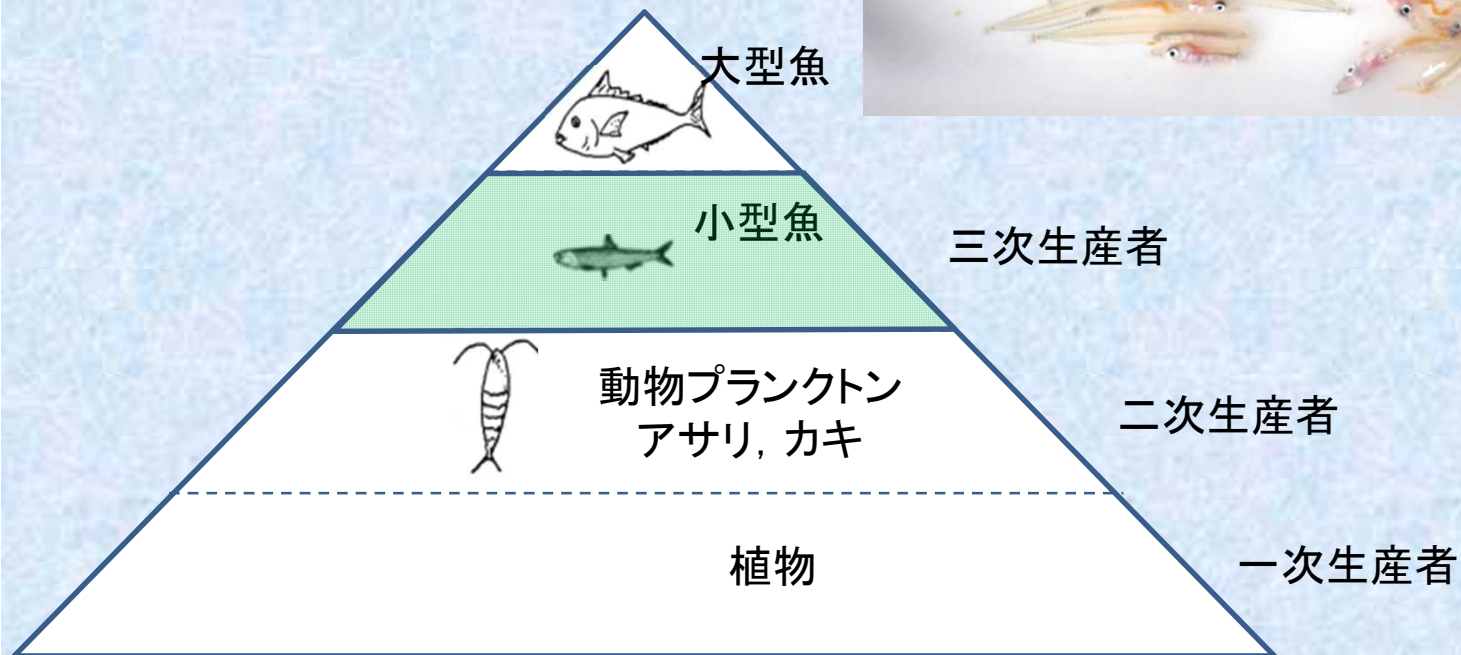


2015年3月18日
明石:魚の棚商店街

【3次生産者の変化】

イカナゴは、
エサ(カイアシ類)を十分に食べて
いるか？

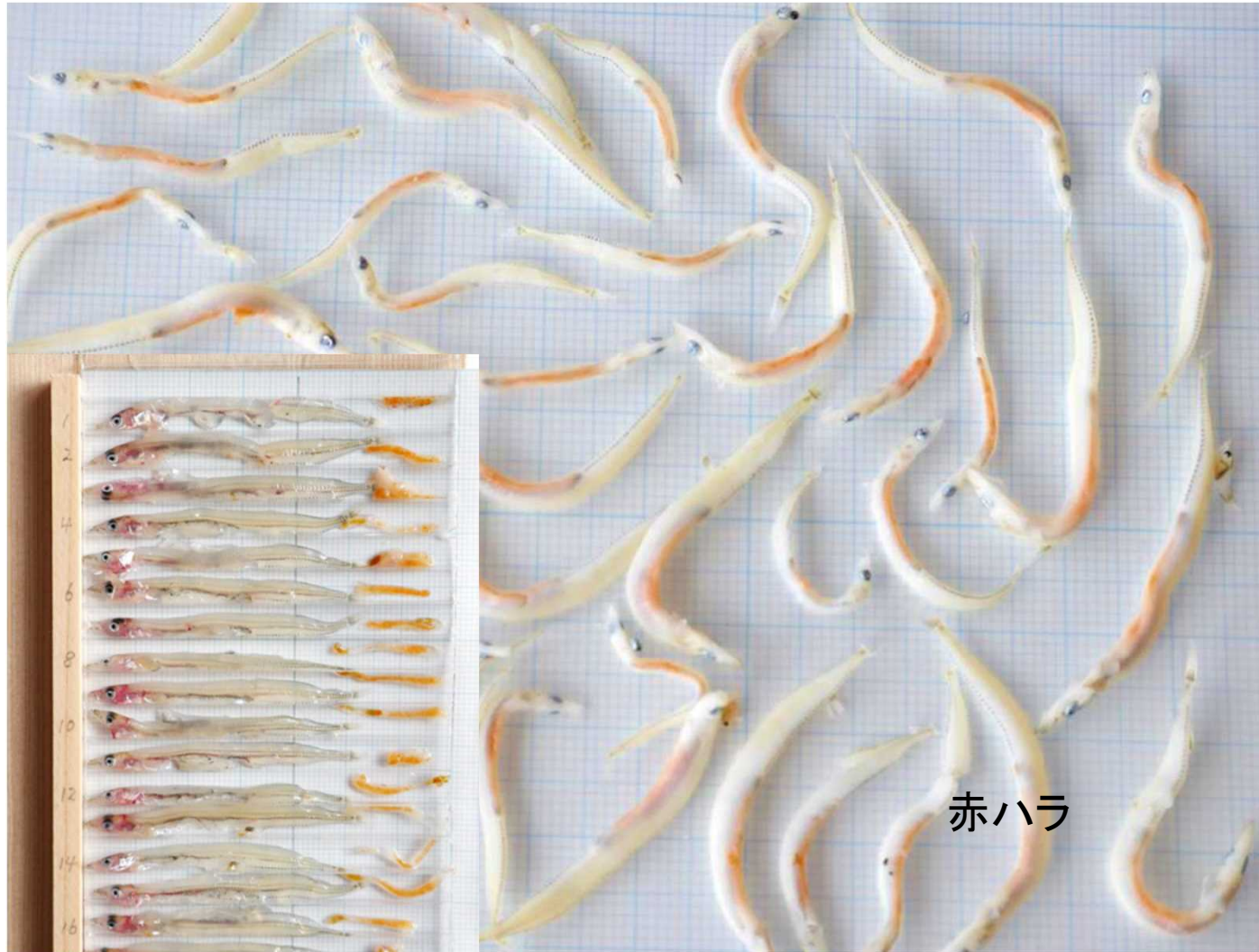
(イカナゴは、瀬戸内海の漁獲量、
第2位の魚種)



イカナゴはカイアシ類(エビ・カニの仲間の動物プランクトン)を食べている。
イカナゴをゆでると、腹の中のカイアシ類が赤く変わる: これを「赤ハラ」という。

赤ハラのイカナゴがめっきり減った。

このことは、空胃かそれに近いイカナゴが増えていることを示している。



【イカナゴの
胃内容物重量の測定】



1. イカナゴ検体



2. 消化管を取り出したところ



3. 胃と腸を切り離したところ



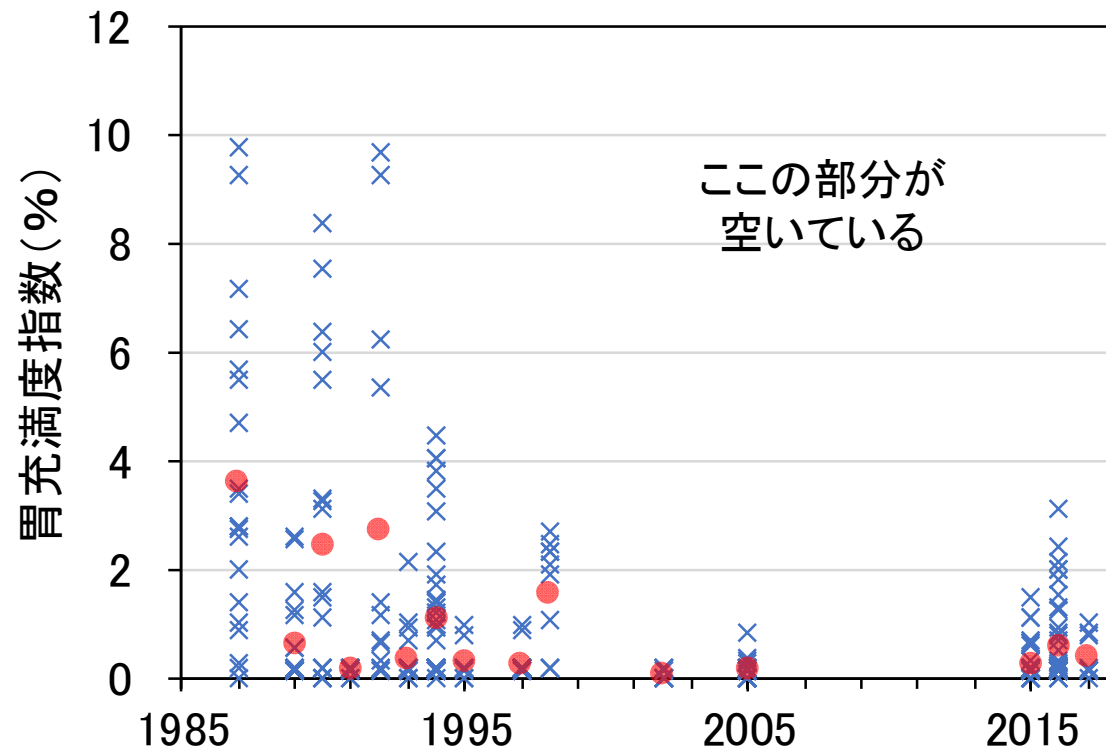
4. 切開した胃と、取り出した
内容物(ほぼ空胃の例)

「兵庫県水産技術センター提供」

まんぷく のイカナゴがいなくなった

胃内容物重量が年と共に減少し、たくさん食べているイカナゴがいなくなった

イカナゴの $\text{胃内容物重量} / (\text{体重} - \text{胃内容物重量}) \times 100$



イカナゴ親魚が痩せると、
1尾あたりの産卵数が減り、
再生産倍率が減少し、
資源量が低下していく。

→ イカナゴが とれなくなる。

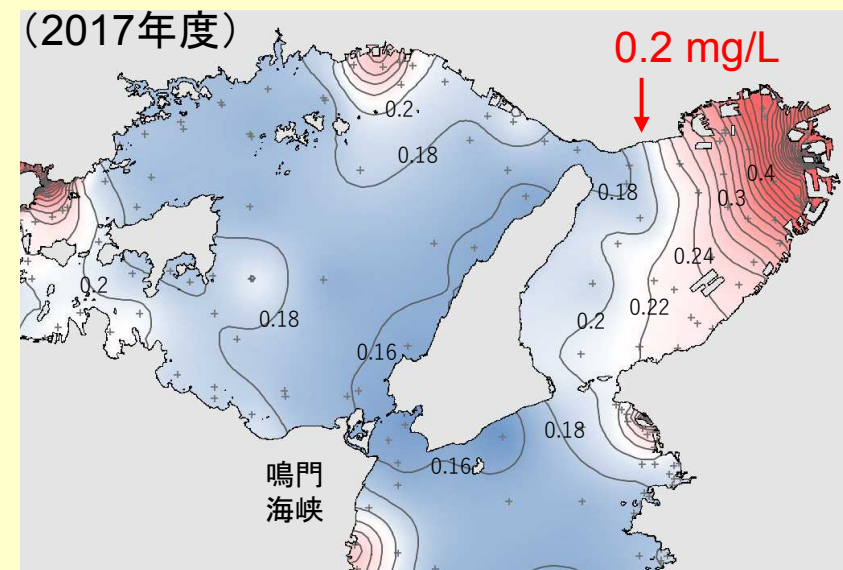
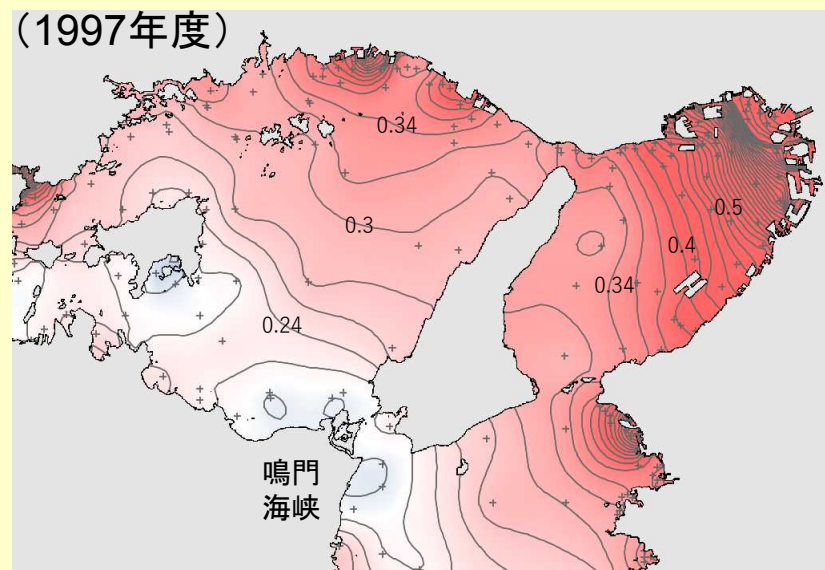
× 検体値

● 平均値

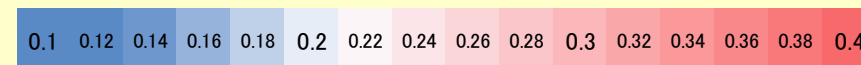
全長47-55 mm標本

「兵庫県水産技術センター提供」

3. 内海の窒素濃度が 0.2 mg/L 以下になると、
海岸生物が 内湾型 から 外海型（貧栄養型）へと急激に相転移する。



【全窒素TNの濃度】



0.1

0.2

0.3

0.4 mg/L

低濃度

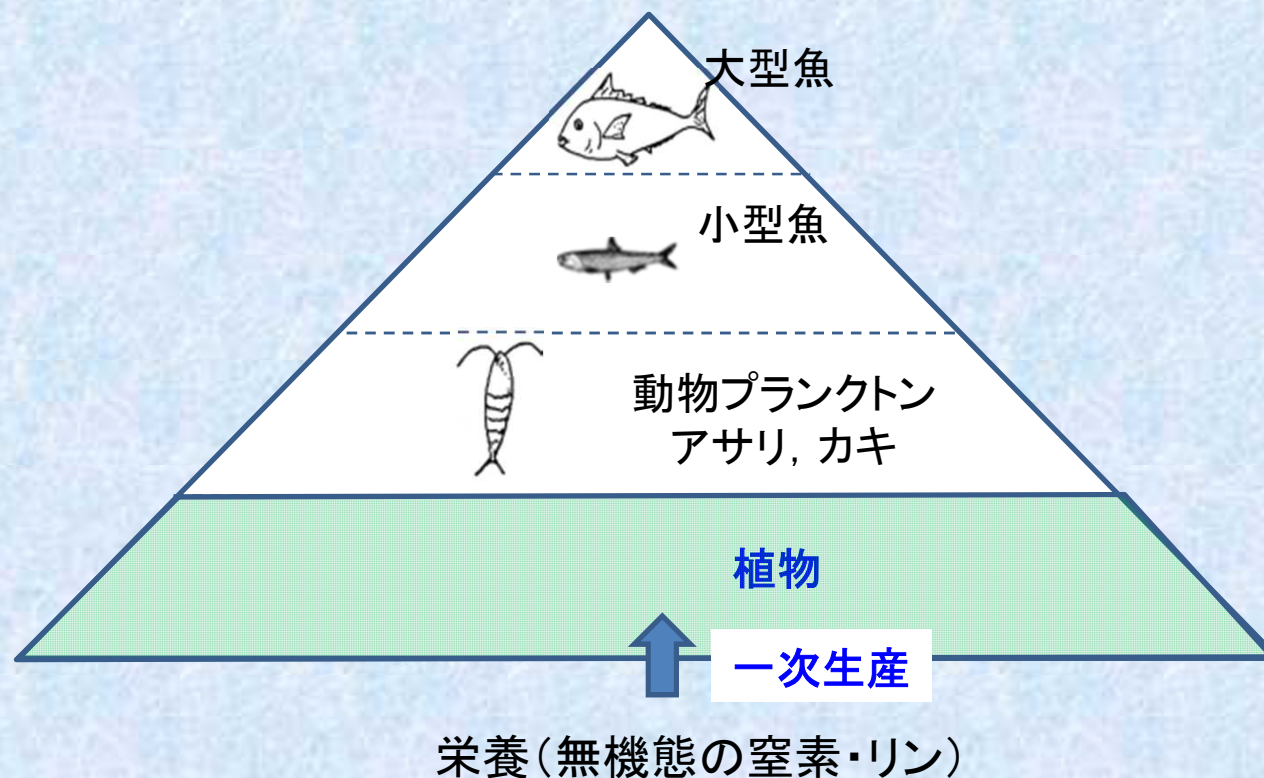
高濃度

生態ピラミッドの各段階で、貧栄養化の影響をみていく

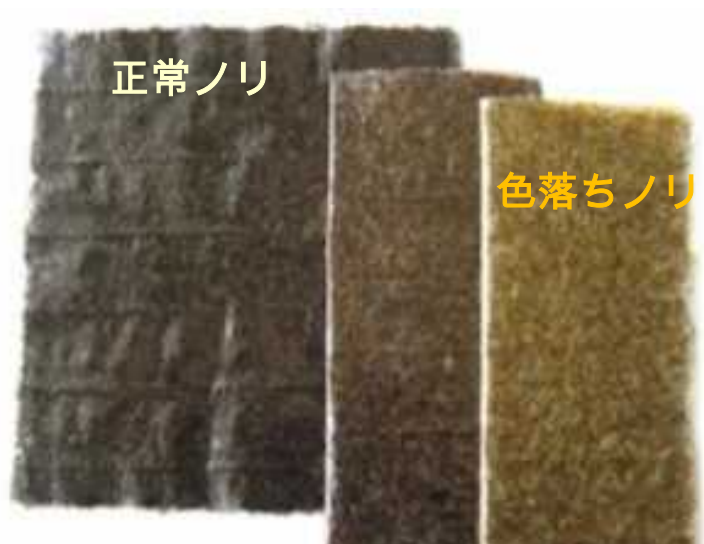
【一次生産の変化】

一次生産で作られる有機物の量が大きく減っただけでなく、質も変化していた。（いままで、見落とされてきた）

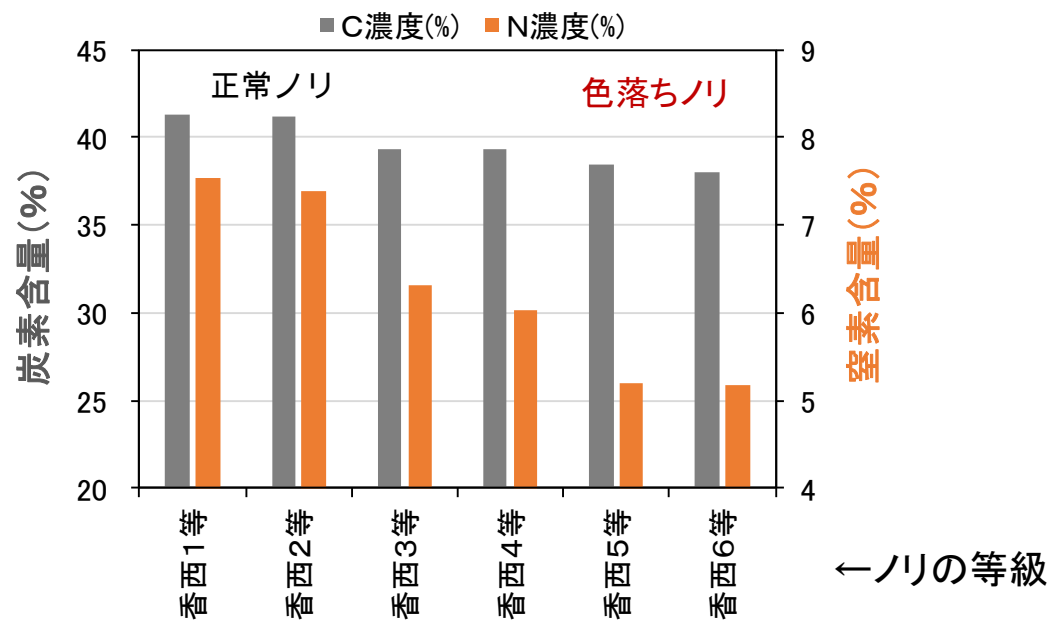
海域の貧栄養化で、栄養価の低い有機物に変わる



栄養不足で ノリが色落ち → 窒素欠乏症 (植物の 黄化症 といわれる)



窒素不足



植物の窒素(N)欠乏について

窒素が不足すると、細胞中の原形質が生成されにくくなり、葉緑素が少なくなると、しだいに葉が黄色く小さくなり枯れていき、植物全体の緑色が少なくなる。これを**黄化症**(おうかしょう)といい、施肥の診断の目安となっている。

厚生労働省認定教材:「土・肥料及び作業法」



上段左より

- ◀ ① Mg 欠乏, ② Ca 欠乏,
- ◀ ③ Fe 欠乏, ④ S 欠乏

下段左より

⑤ N 欠乏…葉の色がうすくなり、
全体の成長が止まる。

⑥ P 欠乏, ⑦ K 欠乏

⑧ 正常…コントロールとして
比較せよ。

高校: 化学Ⅱ教科書(啓林館)より

神戸市須磨区 須磨海水浴場

JR須磨駅

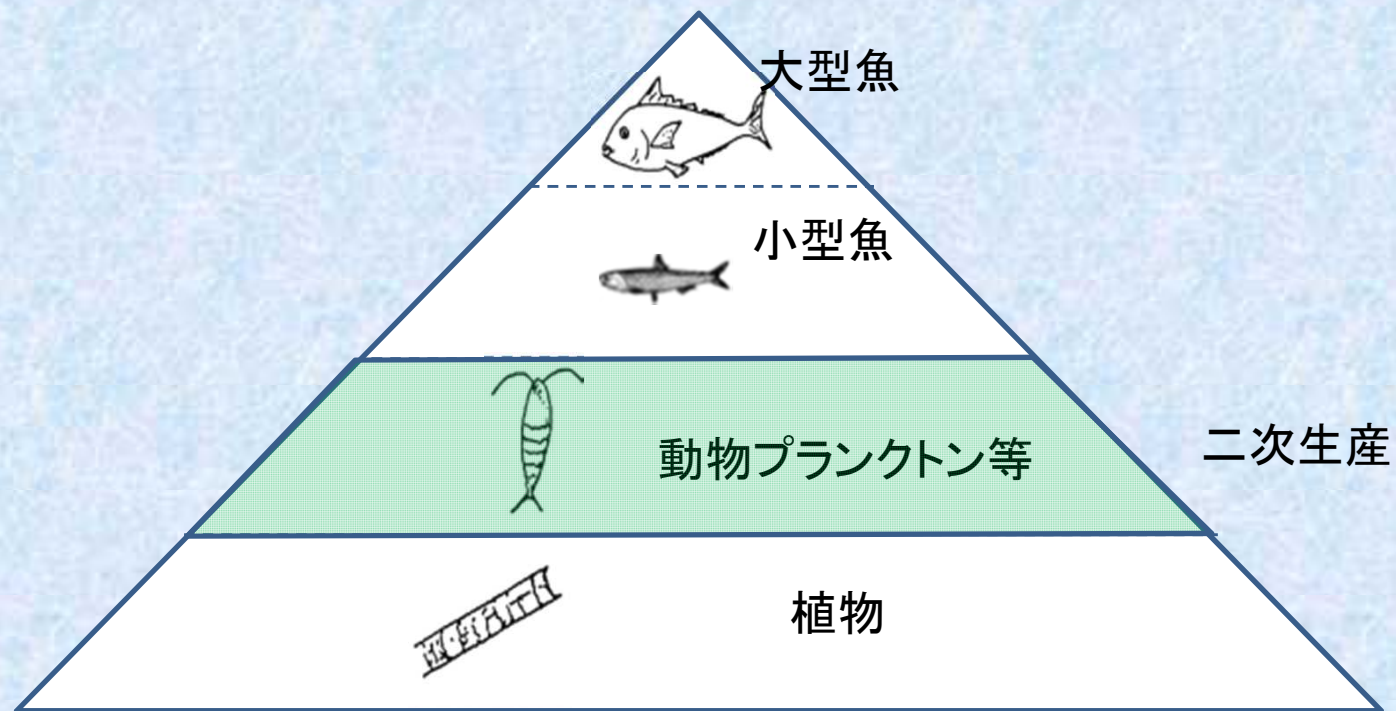


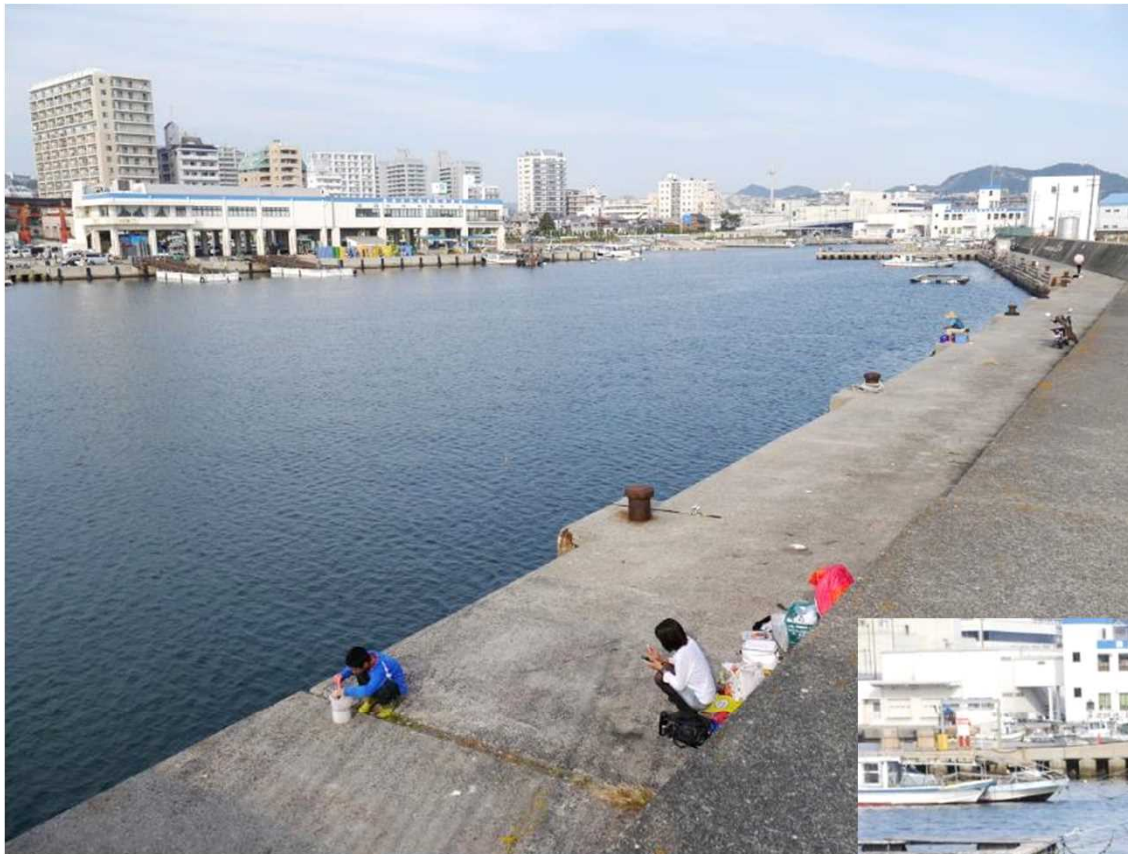
海藻がカジメやアカモクになった(外海型).

2010年1月3日撮影

「生き物一斉調査」でみた生き物の変化

カキ(貝)が 内海性の マガキ から
外海性の ケガキ になった





【神戸市西部の垂水漁港】(明石海峡に面する)

岸壁をのぞき込むと、一面にカキが付着しているのがみられます。



2014/10/26

異歯亜綱

2枚の殻のかみ合わせの部分にある交歯が複数の異なる歯に分化する。外套膜が癒合して水を出し入れする水管が発達する。閉殻筋は前後に2つある。

イタヤガイ目

1～2個の強い交歯をもつか、全く無い。二枚貝には珍しい自由生活のイタヤガイ、ツキヒガイの仲間を含む。

▶ マガキ *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793)

イタボガキ科

殻長15cm。左殻で岩に固着する。内湾性で、富栄養の海域に普通に出現する。殻表面は栓皮茸（ひわだぶき）状（矢印）。潮間帯から潮下帯の砂礫底にカキ礁を作る。夏が産卵期で、養殖のマガキは貝殻などにベリジャー幼生を付着させるところからスタートし、潮通しがよく、栄養条件のいいところで筏（いかだ）に吊るして育て上げる。

すみ場所：潮間帯や潮下帯の岩礁に生息。

分布：北海道以南。サロマ湖など北方の個体は巨大になることが知られている。



(石田)

マガキ：

内湾性で、**富栄養**の海域に普通に出現する。

（養殖されるカキです。）



▶ ケガキ *Saccostrea kegaki* Torigoe & Inaba, 1981

イタボガキ科

殻長8cm。岩に固着する。弱内湾性で、貧栄養の海域に普通に出現する。小さいときは、殻周縁が紫色に染まり、管状突起がトゲ状に立ち上がるのが顕著である（矢印）。

すみ場所：潮間帯や潮下帯の岩礁に出現する。

分布：本州以南、南西諸島にも分布。

(山西)

ケガキ：

弱内湾性で、**貧栄養**の海域に普通に出現する。

（瀬戸内海では和歌山県など外海に面した海だけでみられていました）



現在, 垂水漁港にも, 両方のカキがいました.

(左): マガキ

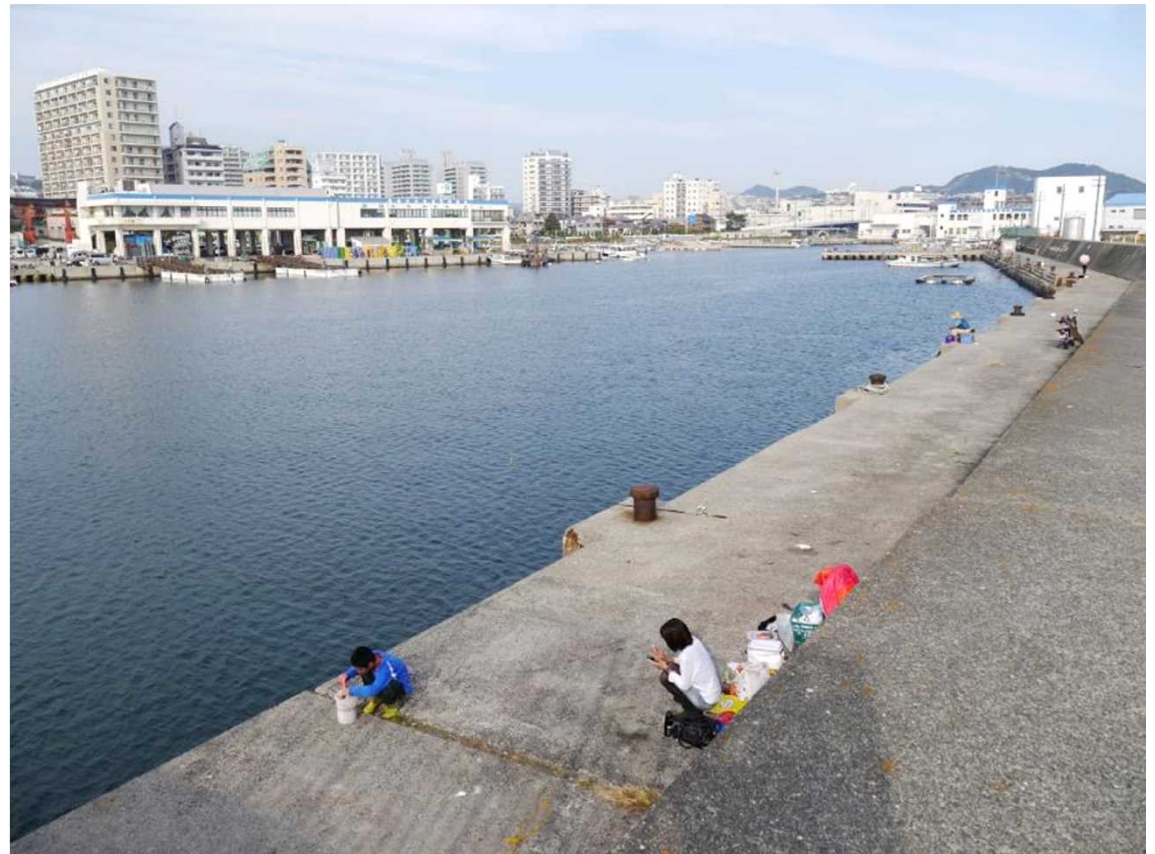
(下): ケガキ (毛ガキ?)

管状突起がトゲ状に立ち上がっている.
(毛のようにも見える)



しかし、垂水漁港の開口部に近づくと、ケガキがほとんど.

死んだマガキの上にケガキが生えているものもあって、比較的最近にケガキに変わったと考えられます.

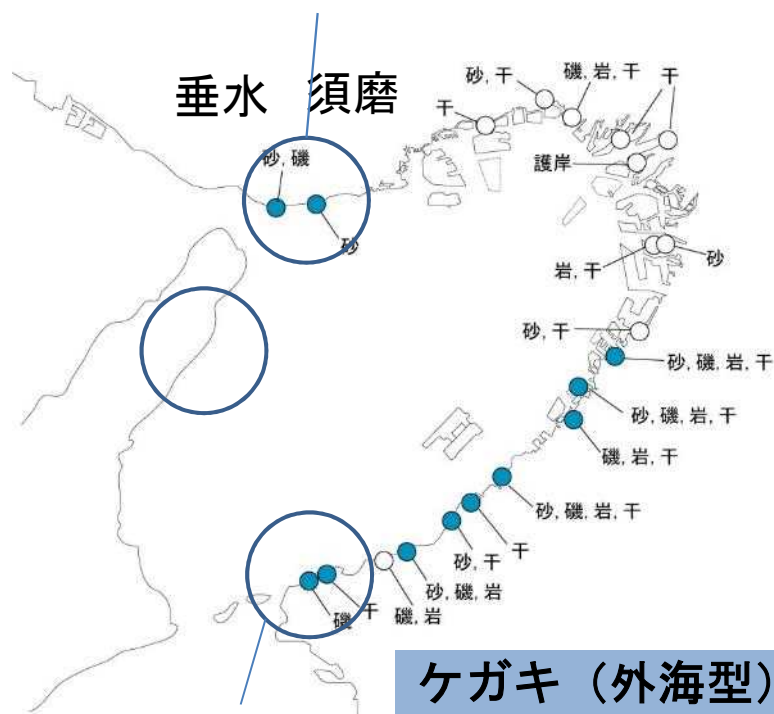


2014/10/26

現在の ケガキ と マガキ の分布

大阪湾西部から 外海形の ケガキ に変わってきた

H21年ごろから



H13年から



マガキ（内湾型）

■第7回大阪湾生き物一斉調査（H26年5月）

http://kouwan.pa.kkr.mlit.go.jp/kankyo-db/life/life_image.asp

「大阪湾の自然と再生」(大阪湾海岸生物研究会調査)

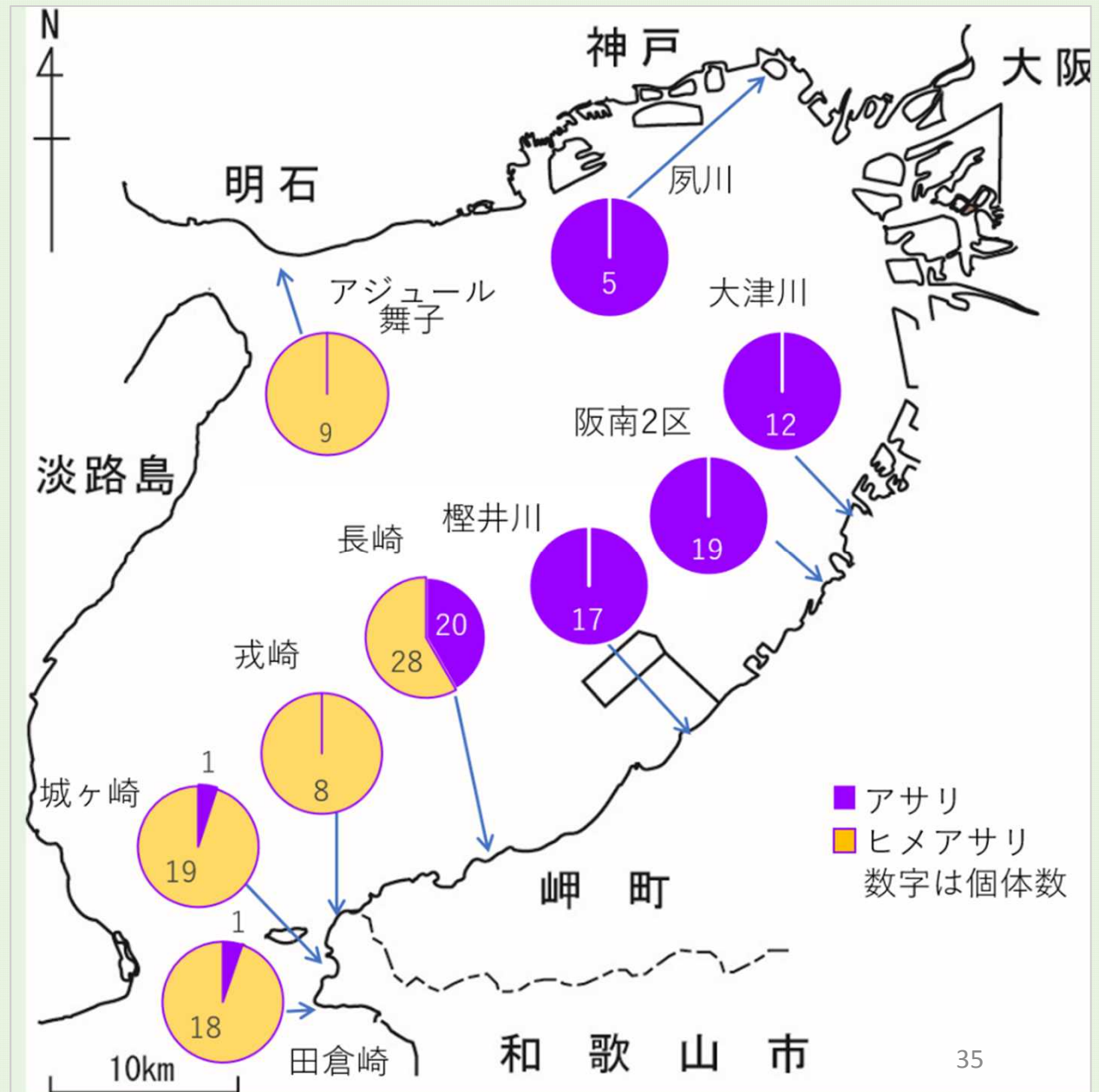
全窒素が 0.2mg/L以上では **アサリ・マガキ** :内湾型
以下では **ヒメアサリ・ケガキ** :外海型

大阪湾の
アサリと
ヒメアサリ
(2015-2016年
の調査結果)

加太から岬町, 神戸市
西部では外洋性の
ヒメアサリが優勢.

湾内部の西宮から泉南市
までは
アサリのみ.

山西良平先生作成



【アサリとヒメアサリ】

見た目はそっくり. **ヒメアサリ**は浮遊物(エサ)を効率よく採れる器官を持っている.

ヒメアサリの入水管を顕微鏡で観察

してみると、先端に生えた触手(入水管口触手)にたくさん突起が発達し、まるで樹の枝のような複雑な形状をしているのがわかります(図4-B)。

一方、アサリの入水管口触手は単純な棒状で、このように枝分かれした構造はみられません。

このような例は、内湾性のハマグリとその近縁種で外洋に面した砂浜に棲むチョウセンハマグリでも報告されており、この場合、チョウセンハマグリの入水管口触手にだけ樹状構造がみられます。

黒潮生物研究財団 CURRENT,
Vol.2, No.2, 2001

【外海型生物は少ないエサに適
応している.】

外海型ろ過食者は、
効率よく懸濁物を取り込める
器官を持っている.

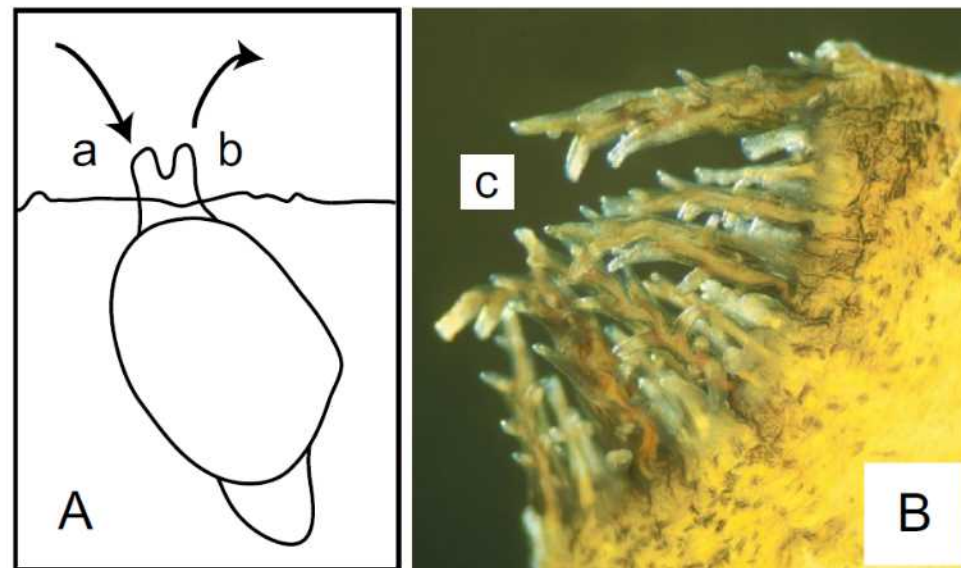


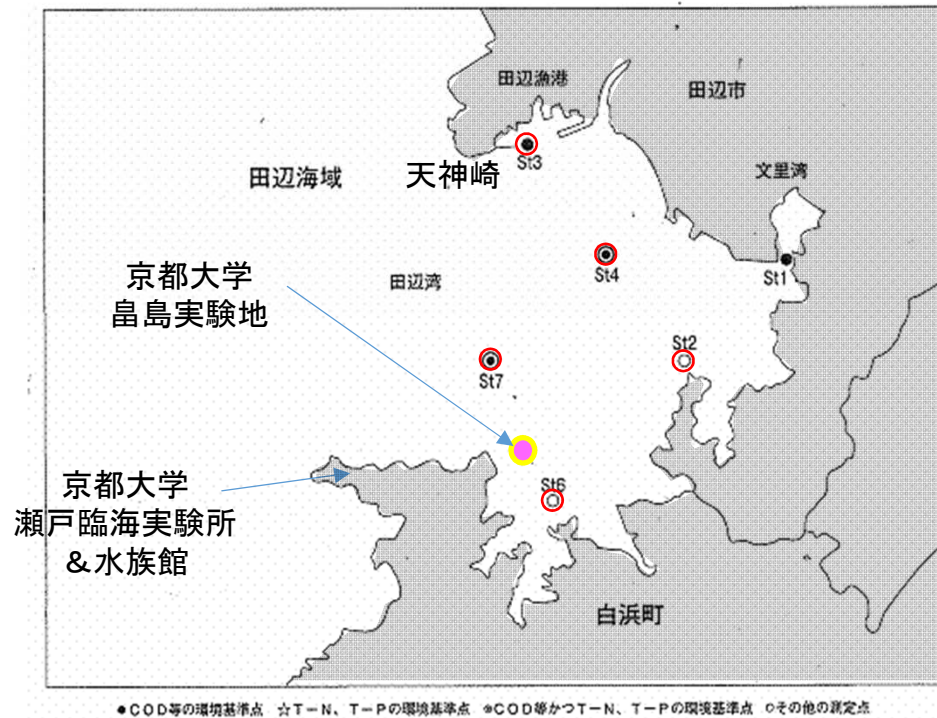
図 4 マルスダレガイ科二枚貝の模式図
とヒメアサリの入水管先端部

a:入水管 b:出水管 c:入水管口触手

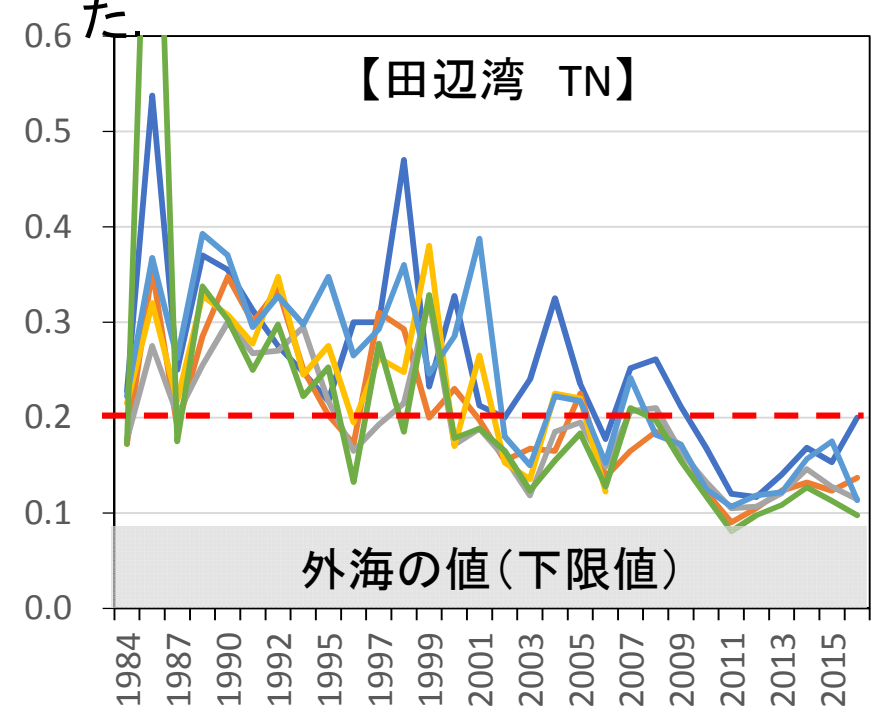
田辺湾：今はとてもきれいな海，30年前 富栄養化していたことは，誰も知らないかもしれない。



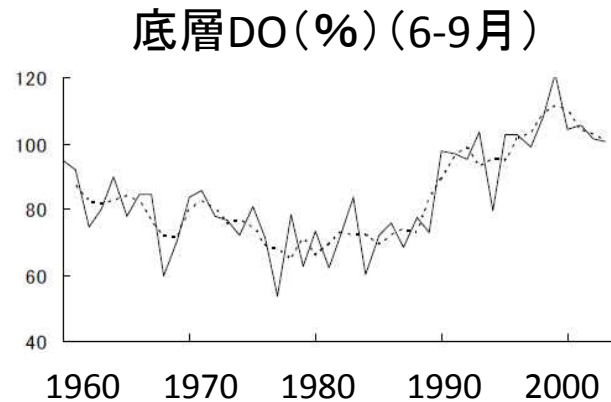
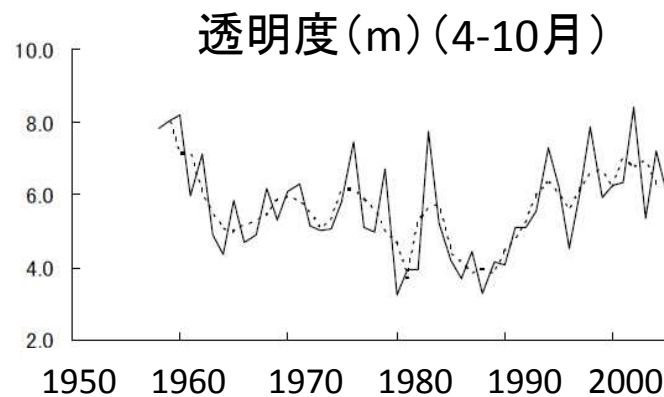
田辺海域(たなべかいき)



田辺湾: 2000年頃から,
TN が 0.2 mg/L 以下になっ
た。



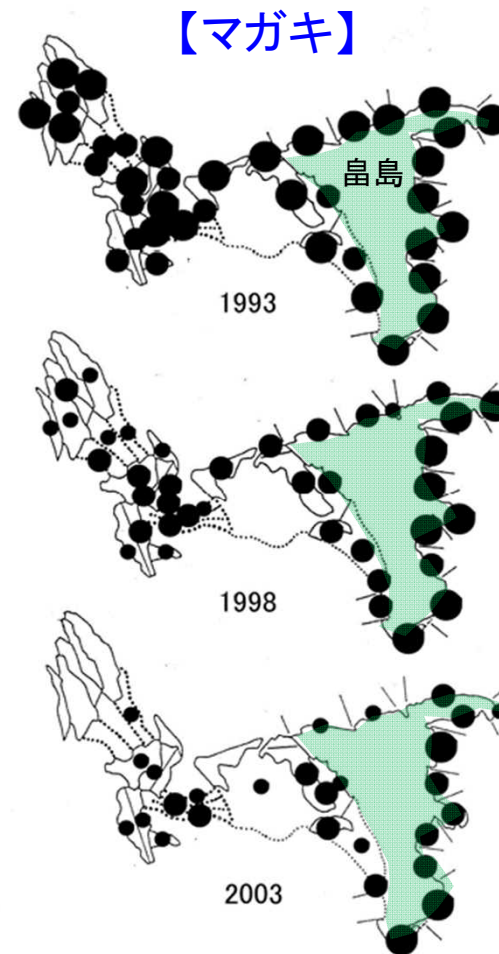
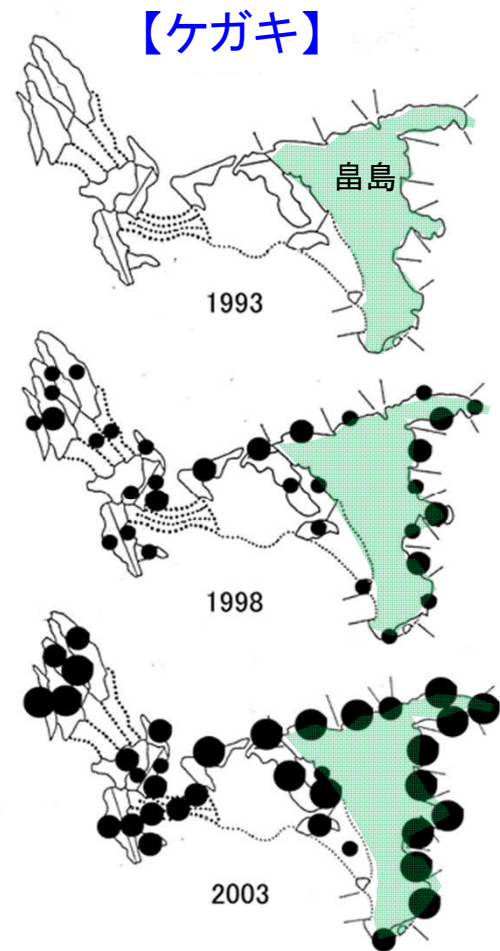
「海岸生物群集一世紀間調査」(京大瀬戸臨海実験所)
2018年4月:半世紀分がまとめられた。



- 田辺漁港区・田辺湾海域 St-3
- 田辺湾海域・田辺湾海域 St-2
- 田辺湾海域・田辺湾海域 St-4
- 田辺湾海域・田辺湾海域 St-5
- 田辺湾海域・田辺湾海域 St-6
- 田辺湾海域・田辺湾海域 St-7

全湾平均値

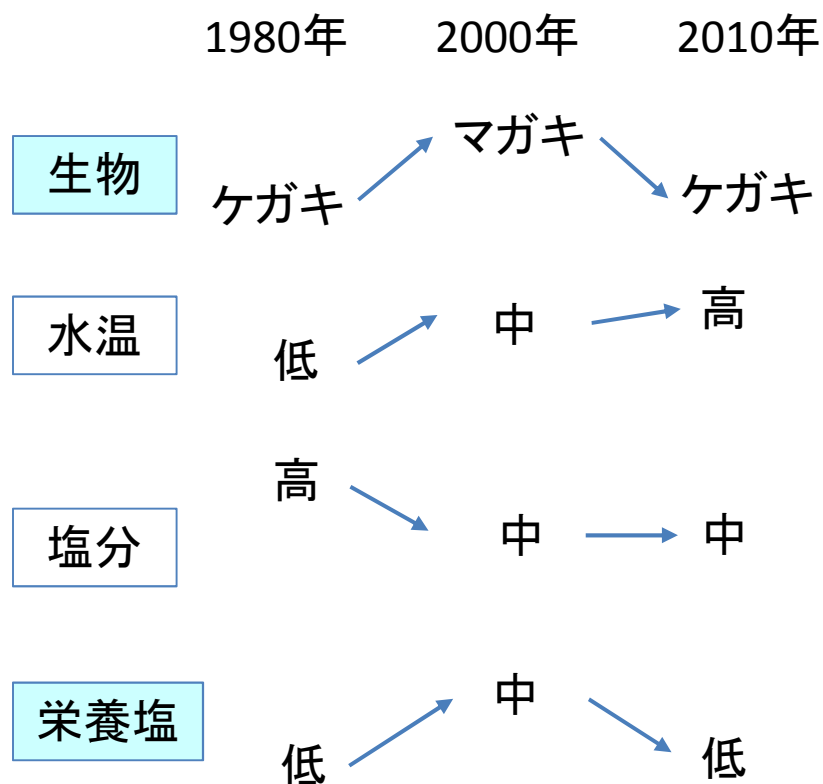
紀伊半島の外海に面する 田辺湾では, 2000年頃, マガキからケガキに遷移



大垣俊一(2011)「浅海生物相の長期変動－紀州田辺湾の自然史」
図3－7 島でのカキ類の分布変化

海岸生物相の変化を、**水温上昇**だけで 説明しようとすることが多い。
マガキ ⇔ ケガキ の変化も説明できるだろうか？

大阪湾南端の海岸では、1980年代前半、マガキではなく、**ケガキ**だった*。
このころ温暖化していたか？ → No. 寒冷化していた。



1980年代は、窒素・リン負荷量は現在よりも大きかったが、気象要因によって瀬戸内海の海水交換が大きく、瀬戸内海の外海に近い部分は、高塩分、**貧栄養な外海水**によって占められていた。

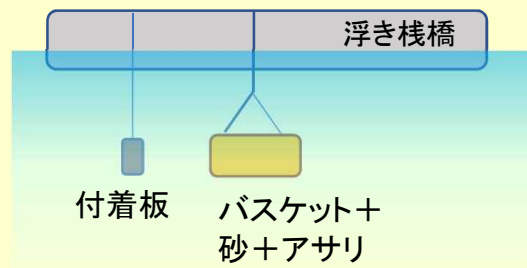
★ カキの変化に対応しているのは、**栄養塩濃度**

* 上甫木編・著「大阪湾の自然と再生」(2008)

4. 内海の生物生育に最低限必要な窒素濃度(0.2 mg/L)の直接測定.

アサリが育たない原因はいくつもある.

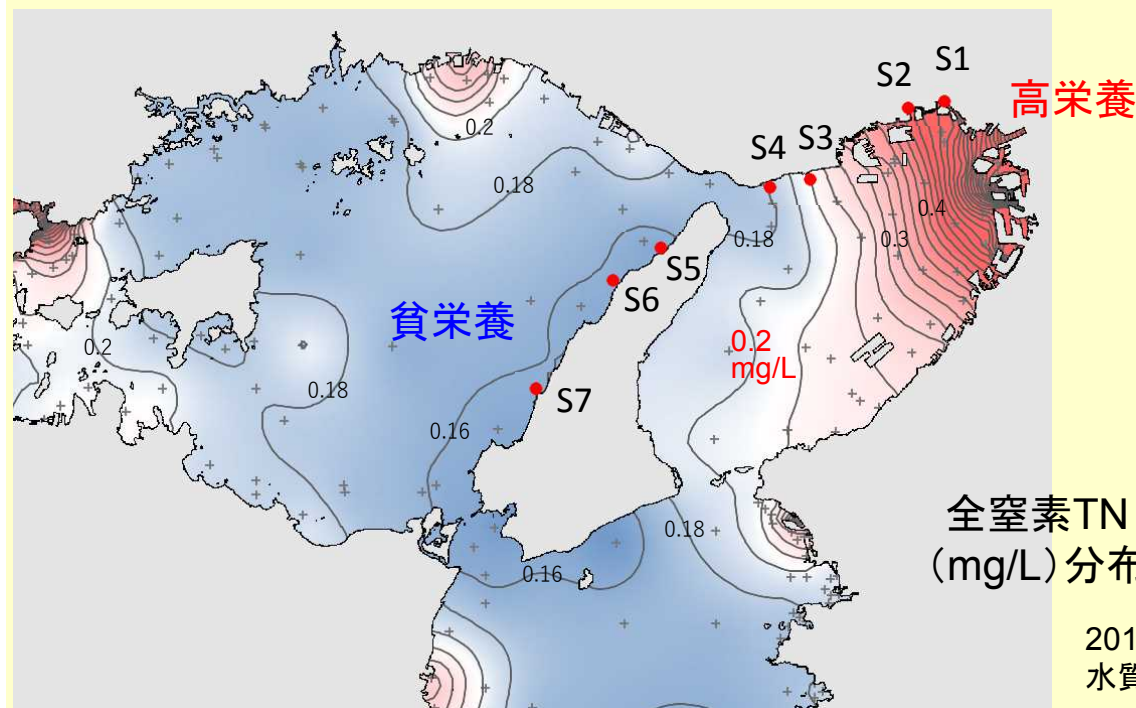
原因が水質にあるかどうか 直接 明らかにする 診断調査でもある.



- TN濃度の高い 大阪湾北東部から、
低い播磨灘に至る 7測点において、
- ★ アサリを飼育する.
 - ★ 付着板をつるして付着生物を調べる.
 - ★ 砂中の発生する底生生物を調べる.

海産生物生育に必要な 水質 を調べる.

(底質(砂)は各測点共通)



- S1: 神戸大学深江港
- S2: 新西宮ヨットハーバー
- S3: 須磨浦漁港
- S4: 垂水漁港
- S5: 富島漁港
- S6: 尾崎漁港
- S7: 鳥飼漁港

2017年度 広域総合&公共用水域
水質測定:全層平均

【2ヶ月間育てたアサリ】（2017年11月～2018年1月）

Stn. S4（垂水漁港）
クロロフィル濃度が低い。
アサリの身がやせ細っている。

3.6倍

軟体部の平均重量：0.9 g →

Stn. S1（新西宮ヨットハーバー）
クロロフィル濃度が高い。
アサリは非常によく育っている。

軟体部の平均重量：3.2 g



Stn. S4 垂水
肥満度：9.2
ランク：D



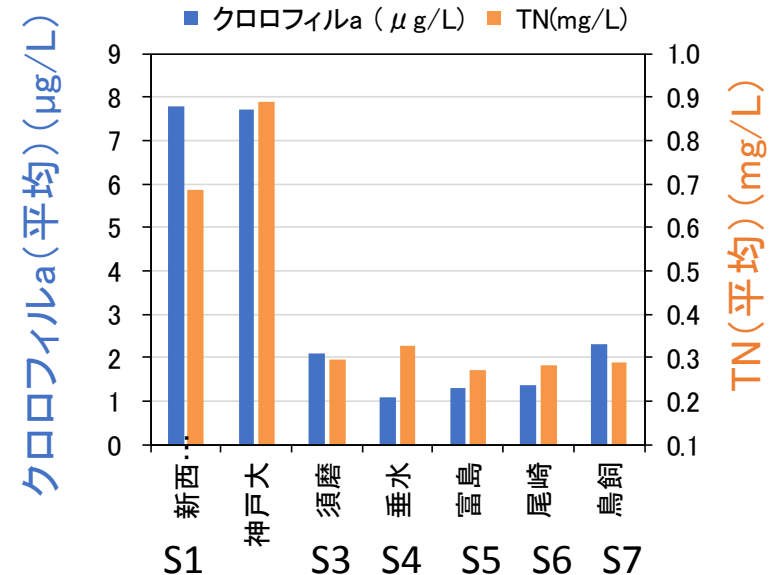
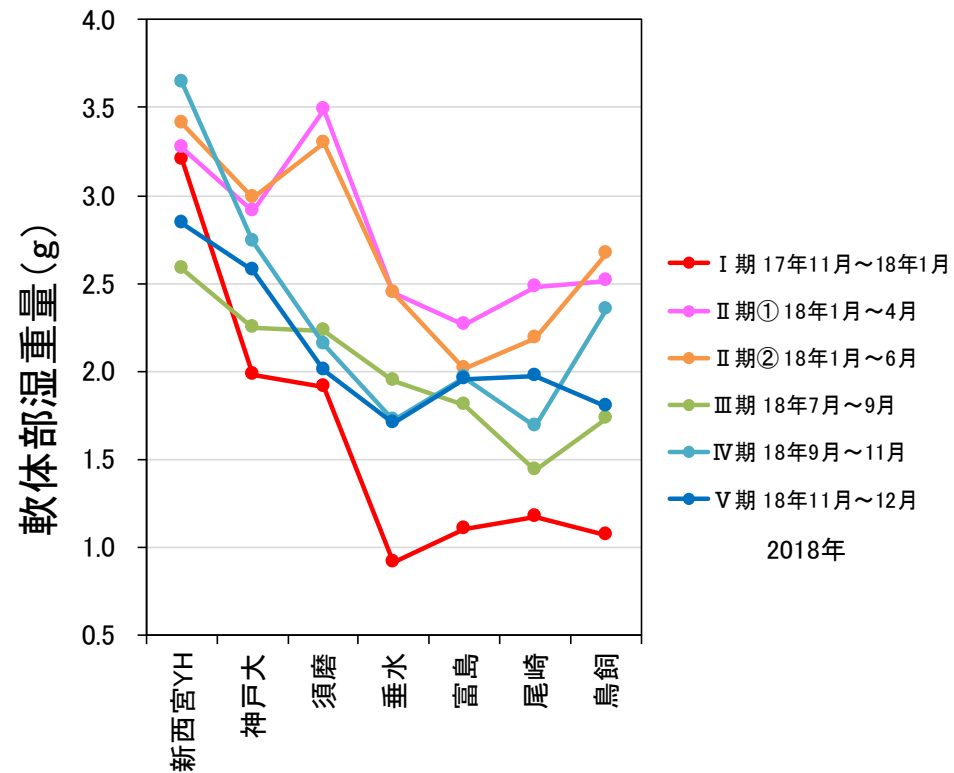
Stn. S1 新西宮YH
肥満度：23.2
ランク：A

【アサリ実験のまとめ】

栄養豊富で植物プランクトンが多い大阪湾北東部では、どの季節でも、アサリの身が大きく、よく育っていた。

一方、クロロフィルa濃度が2 $\mu\text{g/L}$ 以下が続く垂水以西では、春季以外は、身が小さく痩せており、活力が低い状態であった（肥満度が12以下）。

やせたアサリは、餓死するよりも前に、気象擾乱（高温、高波等）で死にやすくなることに注意。



【設置10日後の付着板】



Stn. 5 淡路島富島
(低栄養海域)



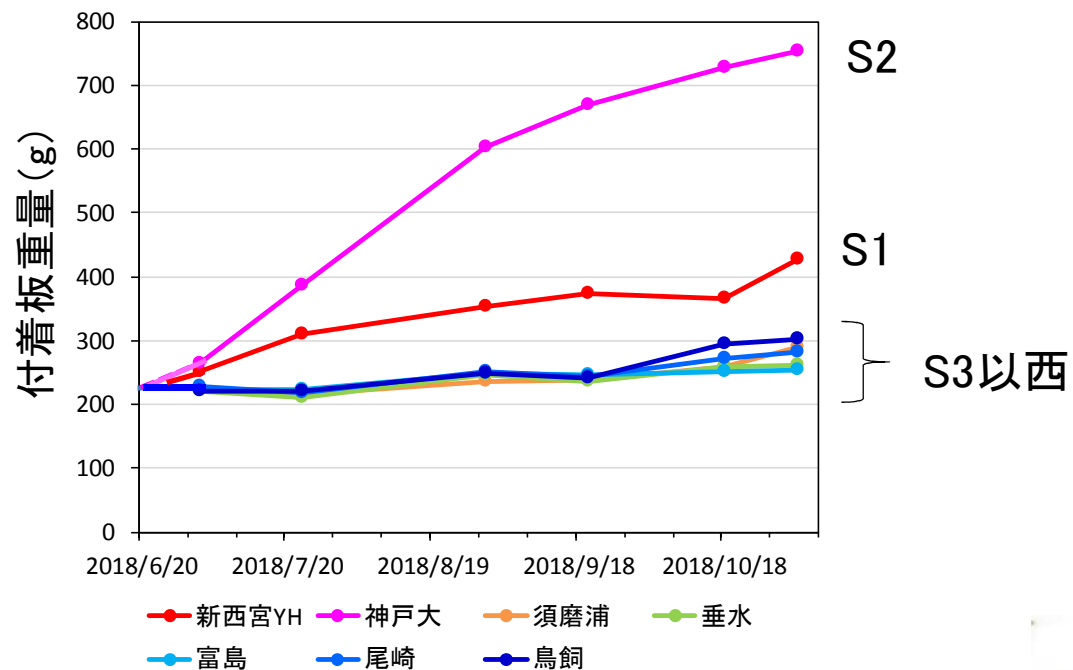
Stn. 2 神戸大学深江港
(高栄養海域)

TN > 0.3 mg/L の海域では、
多くの着生スポットが現れ
た。このことは、肥沃な海で
は、多くの幼生が浮遊してい
ることを示唆。

高栄養海域(右)では、約4800個
体(16個/cm²)のフジツボ等の幼
生が付着し、成長を始めている。

一方、低栄養海域(左)では、
付着は全体でわずか3個体。

図1 付着板



付着生物群集の重量増加

付着生物量の増加に伴って、付着板の重量が時間と共に増加した。

測点S1およびS2での増加は著しく、設置直後から重量の増加が始まった。

一方、測点S3以西では、重量の増加は極めて緩やかであった。

図2 付着板重量の変化



神戸市垂水・淡路市富島

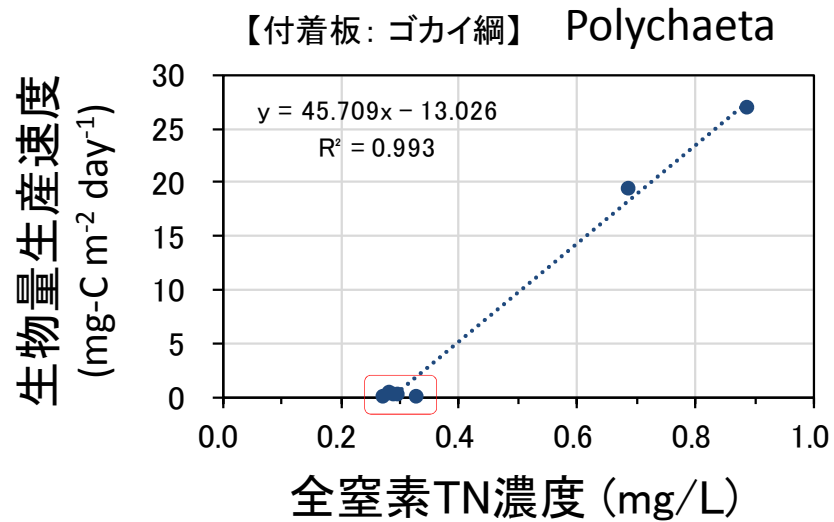


西宮市新西宮YH・神戸市深江

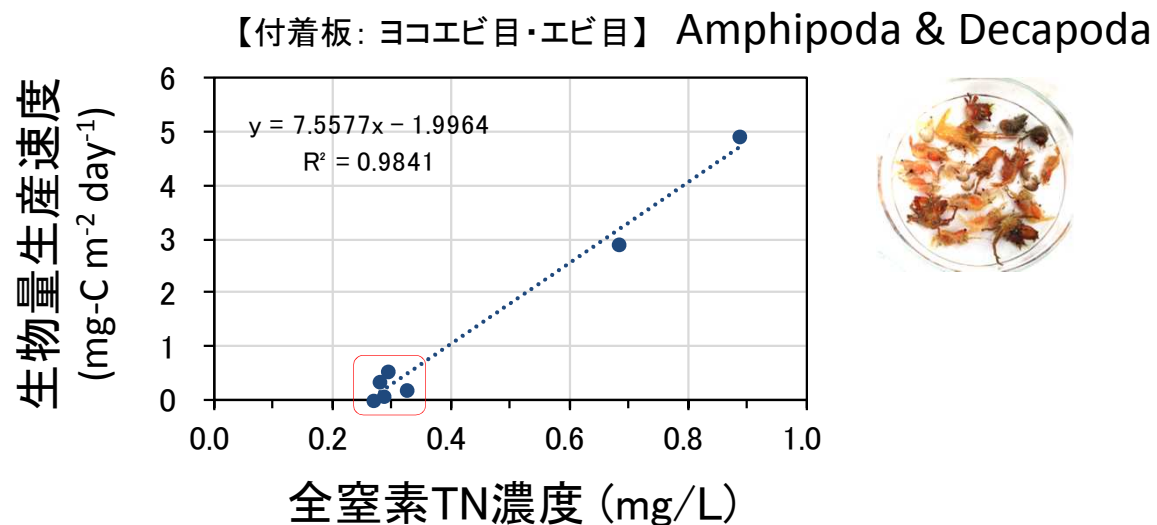
【2次生産のうち、
魚類に好適なエサ生物^(注)
の生産速度】

(設置5ヶ月後の付着板の生物量)

(注) 魚礁のB/C算定マニュアル



生産量は、
海水の全窒素TN濃度が
0.3 mg/L付近で、
ほぼゼロとなった。

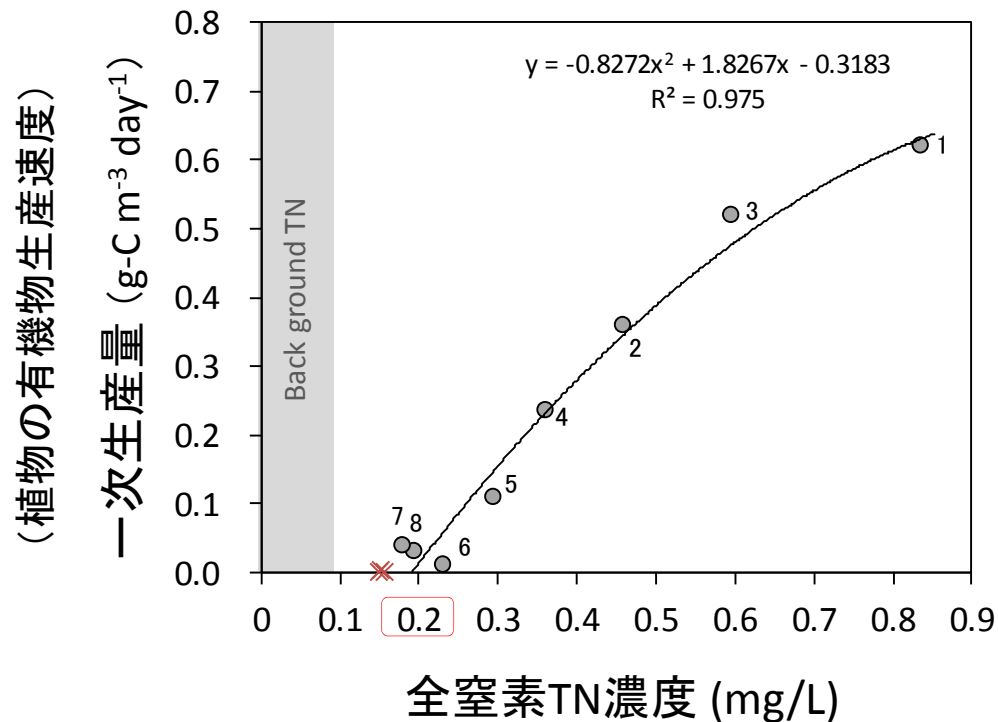


【調査海域の一次生産量】

(植物の生産速度)

TN = 0.2 mg/Lは critical value

(劇的な違いの起きる境目の値)



一次生産量計算式

(生態系数値モデルで使われる式を使用, ただしパラメータは実測値)

$$\text{一次生産量} = \text{Chlorophyll} \cdot G_{\max} \cdot f_1(\text{日射量}) \cdot f_2(\text{DIN, DIP})$$

Steel's eq. M.M eq.

All parameters are known: measured.

全窒素TN濃度が下がると, 一次生産量が低下し, TN = 0.2 mg/Lで切片となる.

TN が 0.2 mg/L以上 と 以下では異なった生態系になる.

前者は内海性, 後者は外海性生態系.

- 1: 甲子園浜
- 2: 第4工区南沖合(1)
- 3: 六甲大橋
- 4: ポートアイランド東第6防波堤北
- 5: 苅藻南神戸灯台南
- 6: JR須磨駅前
- 7: 垂水漁港
- 8: 垂水海域沖合
- ×: 淡路島西岸

【測点ごとの散布図】

2012~2016年度平均

豊かな海はどんな海か：
豊かな海の海岸には、貝殻がいっぱいある。
大阪湾・播磨灘では みなくなった。



【大阪湾西部・
須磨・塩屋】

10年くらい前は貝浜もあり、
バフンウニもあり、
生き物豊かだった。



2006-1-8



49

2006-1-8

風の吹いたあと
海岸に拾いに行
く。

2006-1-8

アサリ, アケガイ

生き物の育つ場を整備し、

【これぐらいには復活させたい】

芦屋浜：栄養豊富でアサリがよく育っていた
2005-05-08



栄養塩濃度を高めて、
生き物のいる、
にぎわいのある海辺を
再現したい。

伊勢湾北西部海域

2018年のゴールデン・ウィーク
三重県川越町高松海岸

【できれば このレベルまで 復活させたい】



貧栄養化で起きること

貧栄養の影響は、赤潮や貧酸素と違って 目立たないところで ゆるやかに起きる。

海岸に打ち上げられていた貝殻が いつのまにか なくなっている。
海辺の生き物が いなくなる。

1. 魚介類が減る。

漁獲量は変動しながら減っていく。いったん減ると回復しにくくなる。
(伊勢湾のイカナゴは4年禁漁しても戻らない。)

2. 海藻:ワカメの例

海が貧栄養化しても 野生のワカメは いっぱい生える(雑草)。
でも、やせて 厚みも色も薄く、渋みがある。

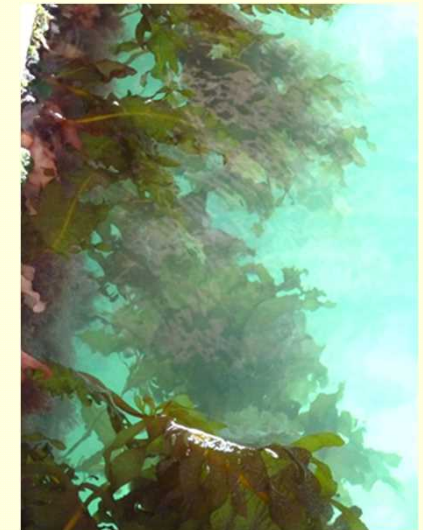
3. 海岸生物: 内湾種(成長が速い)が減る, 外海種に変わる。

海藻は、石灰の殻を着た サンゴ藻(ピンク色)に置き換わる。
(魚も食べられない)

4. 有毒プランクトン・貝毒が発生しやすい。

貧栄養化でケイ藻がいなくなると 貝毒プランクトンが 発生しやすい(経験則)
富栄養の東京湾では 貝毒は発生していない。貧栄養の外房で発生する。

【窒素・リン負荷量削減が、水質改善となるとは かぎらない】



伊勢湾 2019-10-22
海岸は、**どこでも貝殻の白い帯**
(Google map でも分かる)

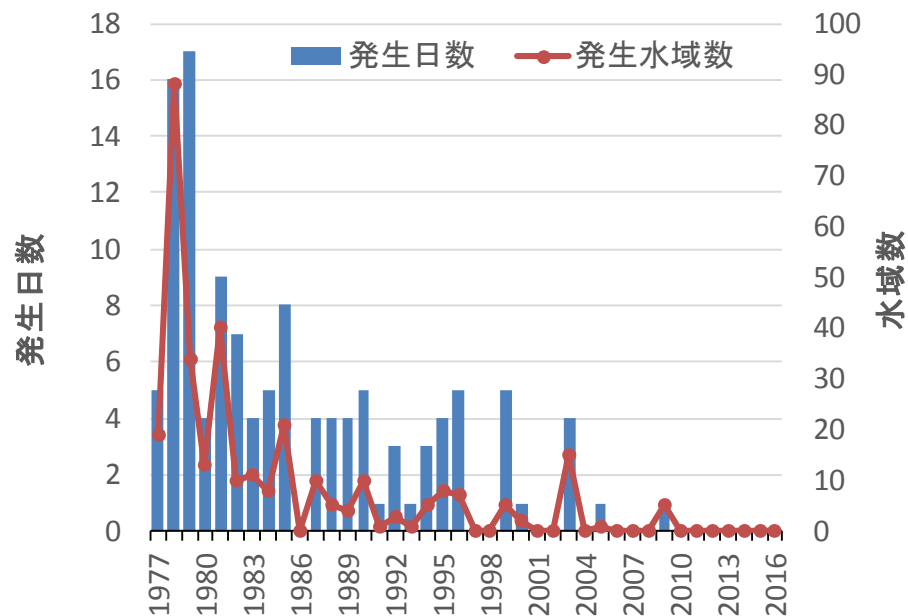


淡路島西岸
多賀の浜 2018_09_21
貝殻がない.

(アサリを用いた海域別
生物生産力調査)

【琵琶湖】

【淡水赤潮】（珪藻）



過去最多！ 琵琶湖でアオコ発生

腐敗臭で「くさ〜い」 2016/9/7 産経WEST

過去最多！ 琵琶湖でアオコ発生 腐敗臭で「くさ〜い」

ツイート 反応 シェア 0 G+ プッシュ通知



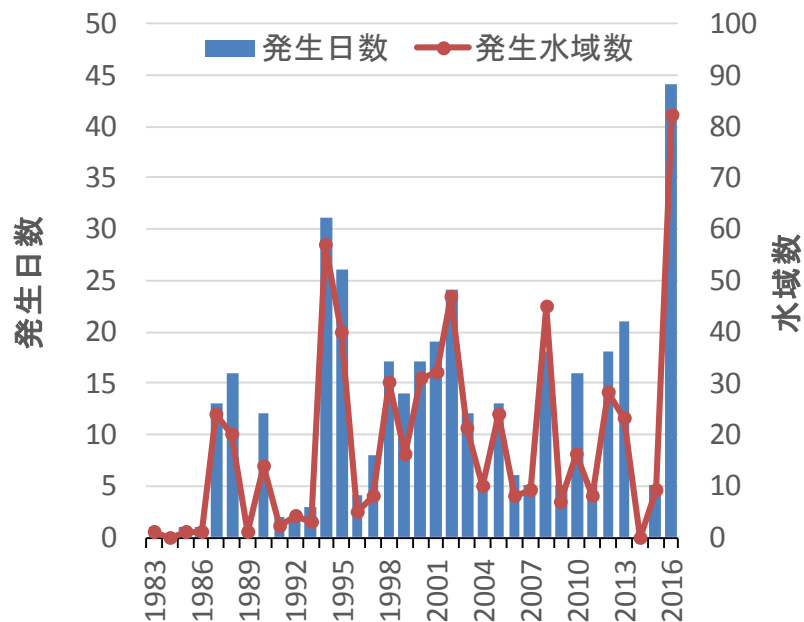
水面を薄く覆うアオコ。腐敗臭の原因だ

滋賀県琵琶湖政策課は6日、大湖岸で、「アオコ」の発生を確認した。今年度で8例目。発生日数間、発生水域数は12水域にのぼるという。今年は比較的雨が少なく、プランクトンが発生しやすい

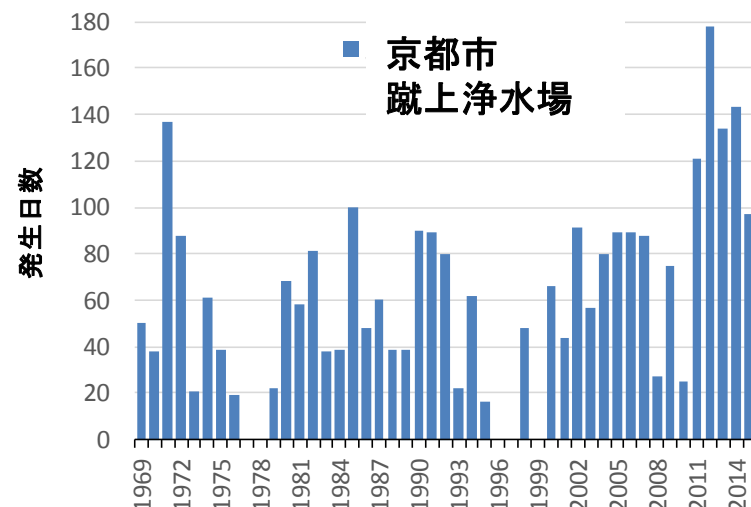
たことが原因とみられる。

同課によると、この日午前、県琵琶湖環境科学研究センターの職員が水質、浜大津沖で約10万平方メートル、唐崎沖中央付近で約400平方メートル、アオコが膜状に覆っているのを確認した。

【アオコ】（藍色細菌）



【かび臭】



【結論】 ★食物連鎖のどのフローも 貧栄養化で細っていた.

1) TN負荷量が減ると, 海域のTN濃度が低下する. 一次生産量が減少する.

2) 粒状態有機物の減少 → 生食食物連鎖による流れ(フロー)が弱くなる.

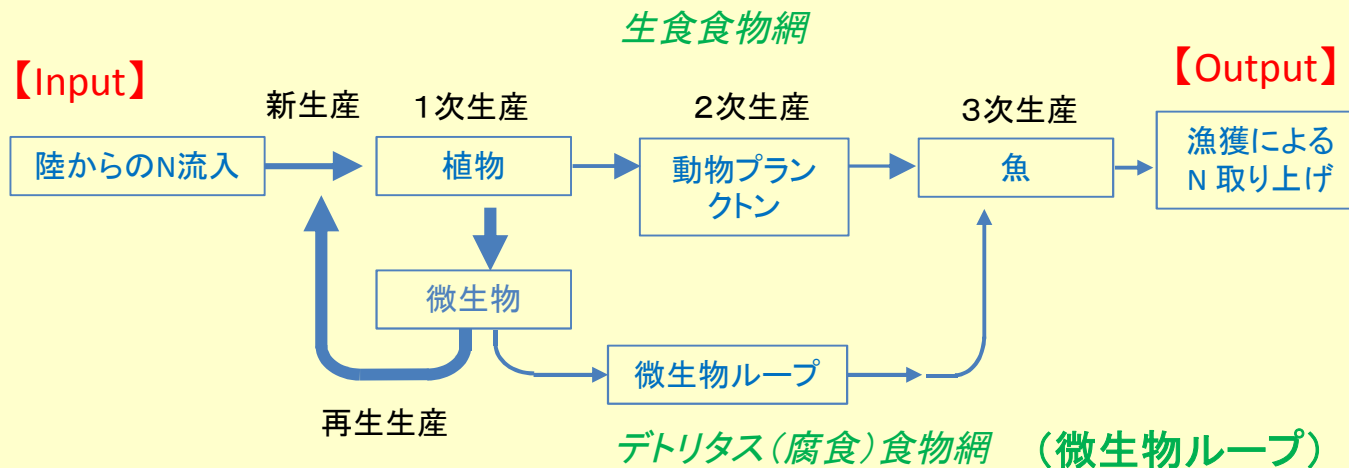
3) 溶存態有機物の難分解化 → デトリタス食物網による流れ(フロー)が弱くなる.

TN が下がると有機物の質も変わる → CODが下がらない, 微増.

New!

4) 再生生産にまわる栄養塩量も減り,
再生生産による一次生産の増幅効果が弱まる.

これらにより, 上位栄養段階への転送量が低下する. → 生物生産量の低下



約10倍に増幅することに注意!

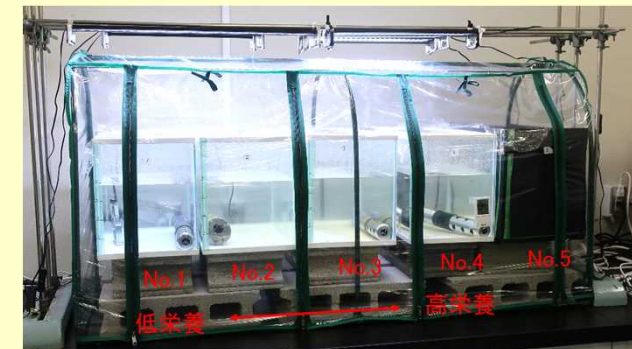
貧栄養化で 微生物ループ も止まる

- ① 有機物が分解しなくなる(難分解化)
 - 未分解CODが蓄積し, CODが下がらない;上昇する
- ② 再生生産量が低下する → 魚介類が育ちにくい

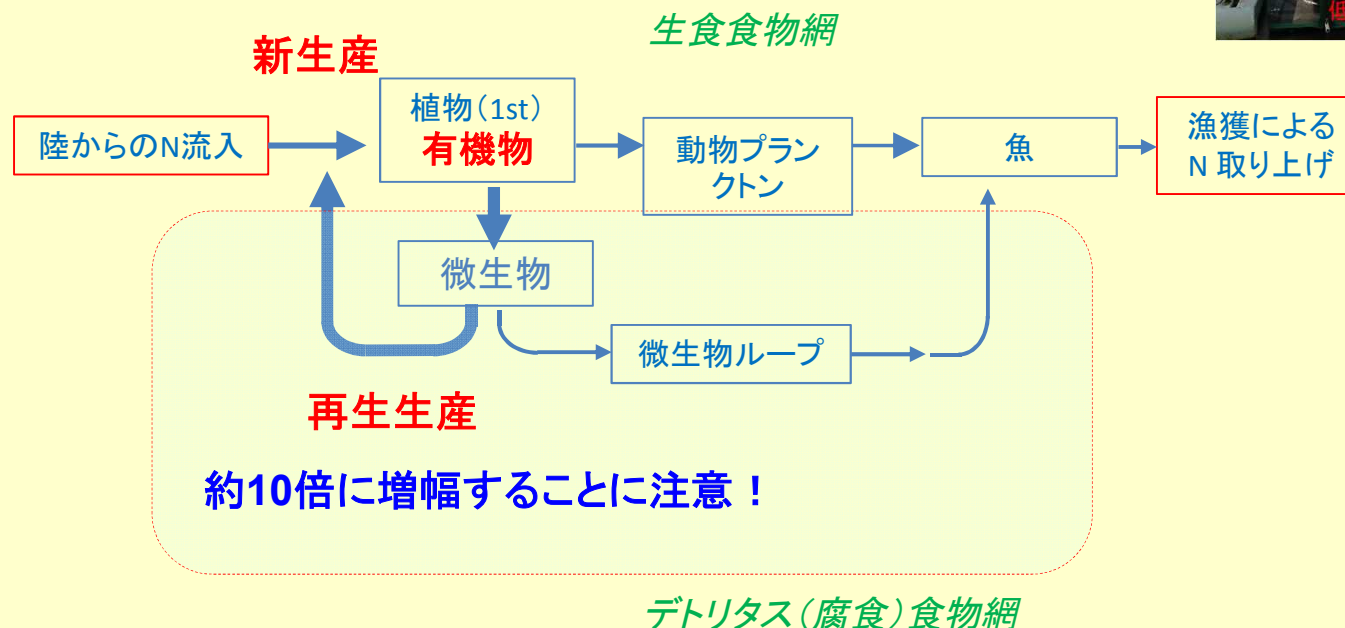
貧栄養化しても
CODが下がらないこと
と, 魚介類が育たないこ
とがリンクしている可能性

- ① 有機物分解時 微生物に栄養が必要なことは 古くから知られている.
(cf. BOD測定, 活性汚泥による排水処理)
- ② (再生生産 ≧ 新生産) は 海洋学 では古くから知られている.

「貧栄養化による有機物の難分解化, 分解速度の低下」
を 実証する小規模テスト実験が始まったところ. →

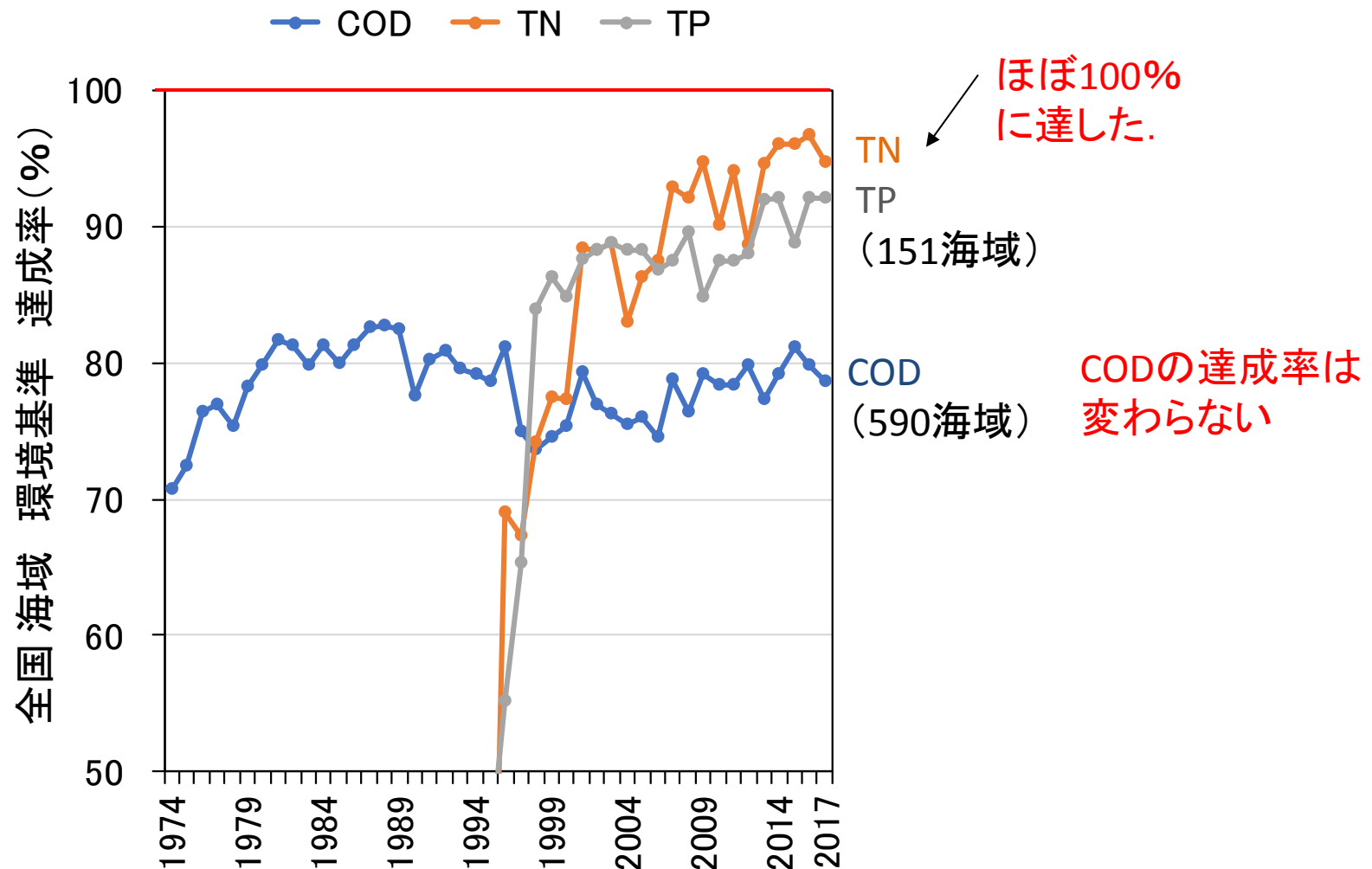


兵庫県環境研究センター



旧世代型の水質管理は完了に近づいた.

「水産用水基準」も, 近年現れてきた **貧栄養内海域** に対応して 改正された (2018).



「今後の瀬戸内海の水環境の在り方の論点整理」について

「論点整理」の新しい方向性が
実現の途について。

環境省水・大気環境局水環境課

(平成23年3月18日)

(2011)

○今後の瀬戸内海の水環境の基本的な考え方

- ・水質管理を基本としつつ、豊かな海へ向けた物質循環の、生態系の管理への転換を図る。
- ・藻場、干潟、砂浜等の失われた沿岸環境と悪化した底質環境を回復させる。
- ・白砂青松、他島美と評される瀬戸内海の自然景観及び文化的景観を保全する。
- ・地域で培われてきた海と人との関わり方に関する知識、技術、体制を活かして、地域における里海の創生を進める。
- ・瀬戸内海の生態系構造に見合った持続可能な利用形態による、総合的な資源管理を進める。

○今後の方向性

○ 地域の協議による水環境目標の設定	海域の物質循環、生態系、海域利用を踏まえ、利害関係者の協議により水環境目標を設定する。
○ 湾・灘毎の状況に応じた管理	湾・灘等の海域単位や地域の特性に応じて、水環境改善の取組や管理を進める。
○ <u>富栄養化対策からの転換</u>	水質環境基準を満たした場合には、負荷量削減から平衡状態、維持の方向へ切り替えを図る。
水環境の目標や現状を表す適切な指標の検討	水環境と漁獲量の関係、外海の影響を踏まえた適切な目標設定、生態系の指標の検討を行う。
藻場・干潟・砂浜等及び底質の環境の回復	国、地方自治体、埋立て事業者等による藻場・干潟の整備や底質改善を進める。
森・川・海を通じた健全な	森・川・海のつながりを回復し、生態系を保全する。

以下，付録