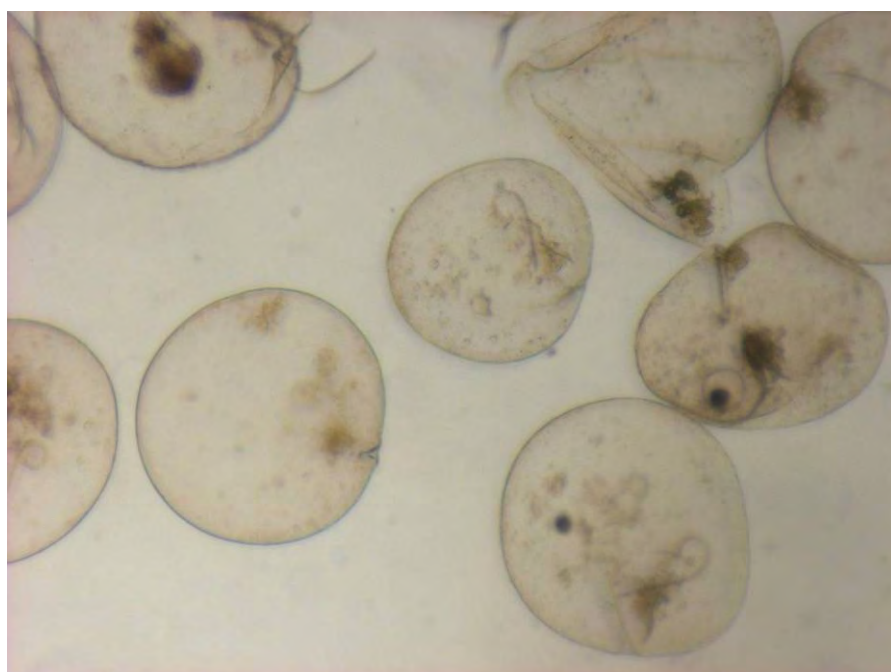


目で見る

# 東京湾の水環境



2011年 3月

千葉県環境研究センター

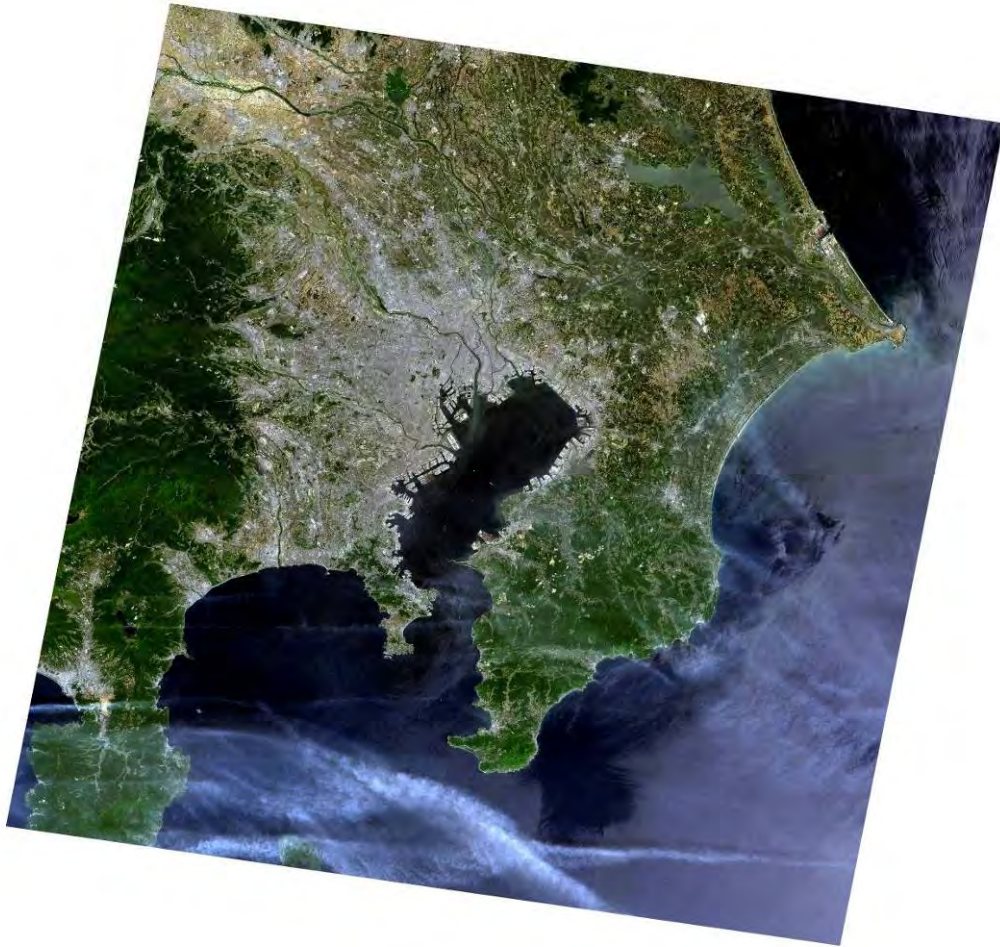
## 目 次

	ページ
1. 東京湾の概要	1
東京湾の衛星画像	
東京湾の諸元	
2. 東京湾内湾中央部の水質経年変化	3
3. 平面分布で表した東京湾の水質	7
4. 赤潮発生状況の経年変化	10
5. 東京湾に出現する赤潮プランクトンと出現状況	11
富栄養化による水質汚濁／東京湾 赤潮の発生	14
富栄養化による水質汚濁／東京湾 青潮の発生	15
参考	16

○表紙の写真: *Noctiluca scintillans* (夜光虫)の顕微鏡写真

## 1. 東京湾の概要

### (1) 宇宙から見た東京湾



東京湾（ランドサットの画像 2001年6月4日）

千葉大学環境リモートセンシング研究センター提供

#### 東京湾諸元

面積 1380km<sup>2</sup>（内湾部 960km<sup>2</sup>） 平均水深：湾全体 45m，内湾域 15m

（出典：小倉紀雄編「東京湾－100年の変遷－」，恒星社厚生閣，1993）

三浦半島南東端の釧崎（神奈川県三浦市）と房総半島南西部の洲崎（千葉県館山市）を結ぶ線以北を東京湾と定義します。観音崎と富津岬を結んだ線より内側を内湾，外側を外湾と呼び，内湾を狭義の東京湾とすることもあります。

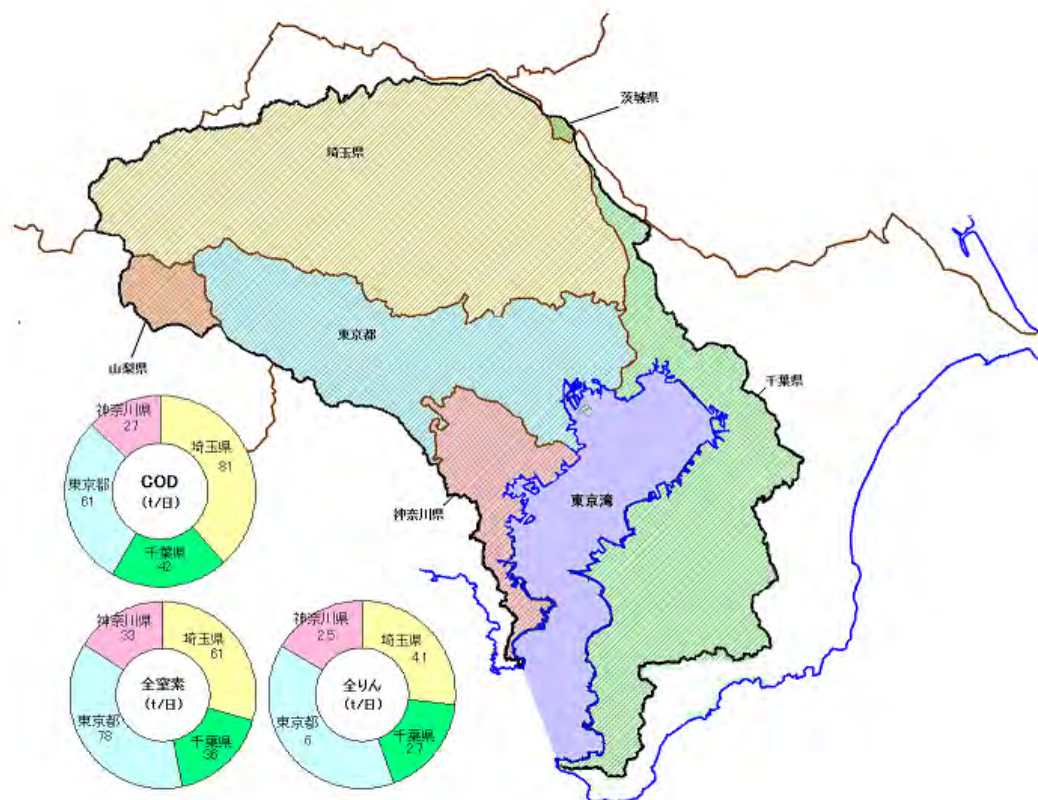
海岸線が直線的で，ほとんど人工的な護岸に改変されていることがはっきり示されています。自然のままの海岸線が残っているのは，内湾部では盤洲干潟と富津岬だけです。

湾の西側からは多摩川，鶴見川，隅田川，荒川など，東側（千葉県側）からは江戸川，養老川，小櫃川などの河川が湾に注ぎ込んでいます。

## (2) 東京湾の流域（流域面積 7549km<sup>2</sup>）

降った雨が流れていく領域を「流域」といいます。下水道に入る水は流域外に放流する場合もあるので、この流域に発生する汚濁負荷がすべて東京湾に流入するわけではありませんが、逆に流域外の排水も流域内の下水処理場に集められて東京湾に流れ込みます。

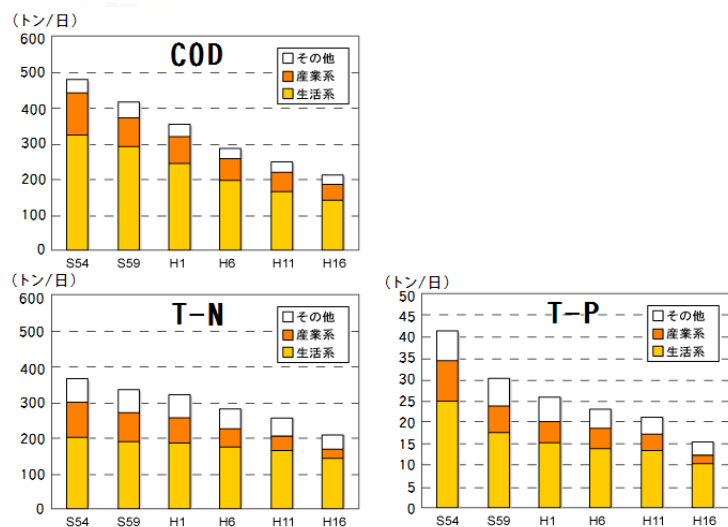
東京湾流域には 2800 万人の人が住んでいます。実に日本全体の 5 分の 1 にあたります。すなわち、東京湾には日本の汚れの 5 分の 1 が流れ込んでいるということです。



## (3) 東京湾に流入する汚濁の量の変化

東京湾の水質を改善するために、これまで多くの努力を重ねてきました。下水道を普及させ、工場については濃度規制（排水の濃さだけで規制する）では限界があるので、総量規制（濃度×排水量）や、富栄養化対策として窒素・りんを規制するようになりました。

この結果、右図に示すように、工場や家庭で発生する汚れの量は着実に減らすことができました。

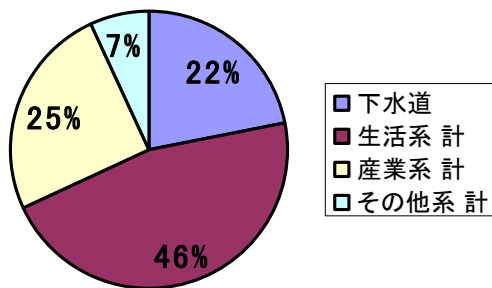


東京湾流域における発生汚濁負荷量の推移(1979～2004年度)

出典：東京湾再生会議

[http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/TB\\_Renaissance/AboutEnv/PollutionLoad.htm](http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/TB_Renaissance/AboutEnv/PollutionLoad.htm)

#### (4) 東京湾に流入する汚濁(COD)の内訳(千葉県分)



出典：  
「アユを育む東京湾をめざして」  
(千葉県環境生活部水質保全課  
みんなで東京湾をきれいにする行動  
計画パンフレット)

#### 東京湾の COD 負荷量 (平成 16 年度)

東京湾に流れ込む汚濁物質(千葉県分)の内訳は、平成 16 年度現在で上のグラフのようになっています。

一番たくさんの汚れを出しているのは、流域に住んでいる人たちの家庭です。まだ下水道ができていない地域からの生活系の汚れが全体の 46%と、半分近くを占めています。下水道地域からも、下水処理場を経て東京湾に流入する汚れが 22%にもなっています。下水処理をしたからといって、汚れがゼロになるわけではないのです。

下水道と生活系を合わせると、東京湾に流入している有機物(COD)の 68%にもなっています。工場からの汚れは 25%、そのほか、市街地などからの汚れが 7%あります。

## 2. 東京湾内湾中央部の水質経年変化

東京湾内湾部にある千葉県の水質調査定点の中で、最も代表的と考えられる St.8(湾中央)の水質について、1976 年度から 2009 年度までの経年変化をグラフで示します。

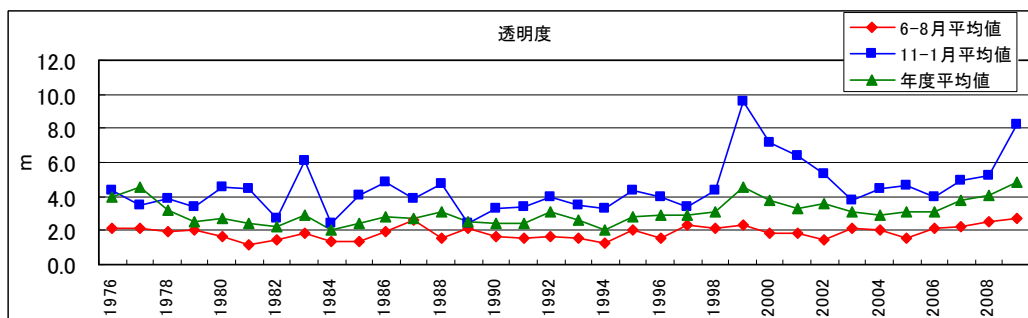
St.8 (N35° 33' 16" E139° 54' 20") 水深 17m

グラフでは毎月 1 回、計 12 回の調査結果を、年度平均値(▲)、夏(6 月～8 月の平均値)(◆)、冬(11 月～1 月の平均値)(■)として表しています。





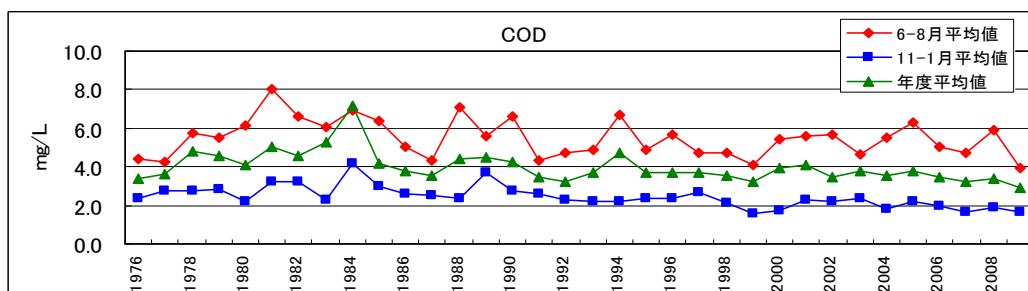
### (1) 透明度



数値が大きいほど水は透明です。夏(6月～8月の平均値)と冬(11月～1月の平均値)を較べてみると、夏のほうが透明度が低いことがわかります。

経年的には、夏も冬も少しずつ透明度が改善されているようです。

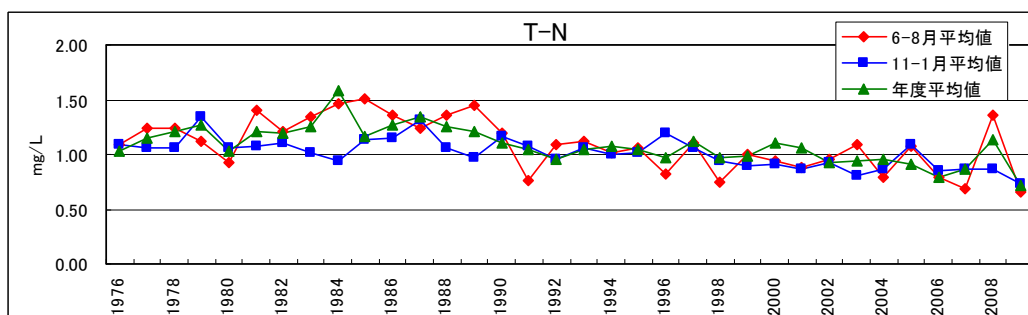
### (2) COD(化学的酸素要求量)



有機汚濁の指標として使われています。水の中に酸素を消費してしまうもの(通常、海域ではほとんどが有機物)が多いほど数値が高くなります。陸域から排出される有機物のほかに、海の中で生産される有機物、すなわち植物プランクトンが多い場合もCODが高い値になります。

夏が冬よりも高い値なのは、夏のほうがプランクトンがたくさん発生している(赤潮)からです。

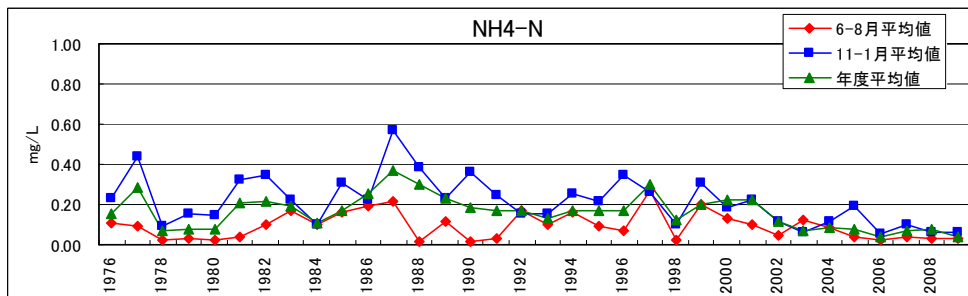
### (3) 全窒素 (T-N)



有機態窒素と無機態窒素(亜硝酸性窒素, 硝酸性窒素, およびアンモニア性窒素)の合計です。無機態窒素は肥料成分なので、プランクトンが増殖しやすくなります。

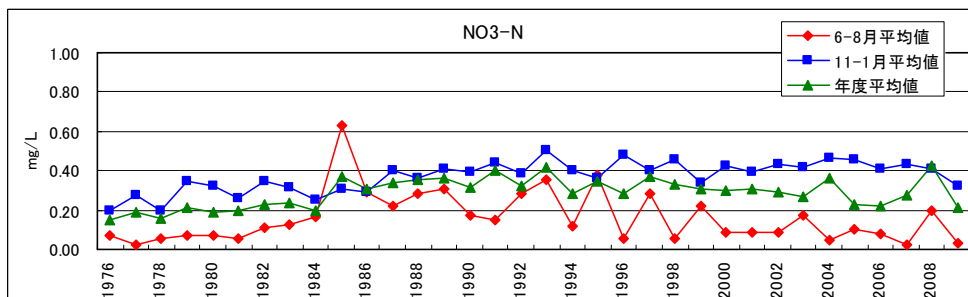
全窒素は夏と冬とで大きな違いはありませんが、経年的には減少傾向にあります。

(4) アンモニア性窒素 (NH<sub>4</sub>-N)



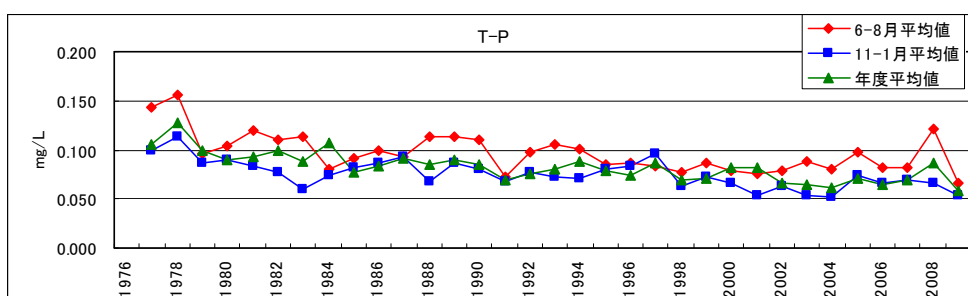
年平均値と冬の値は 1989 年をピークに減少に転じ、最近は何年間を通じて低い値が続いています。

(5) 硝酸性窒素 (NO<sub>3</sub>-N)



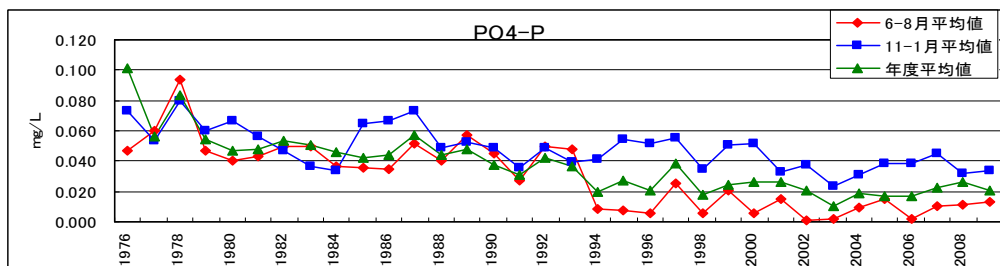
年平均値は 1990 年代初めをピークとして、その後はわずかに減少傾向にあります。特に夏の減少が大きく、2000 年以降はほとんどが植物プランクトンに消費されてしまうようになりました。

(6) 全りん (T-P)



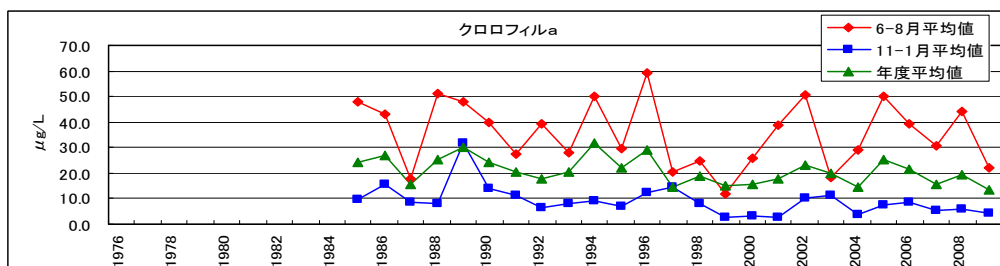
有機態りんと無機態りん(りん酸性りん)の合計です。りん酸性りんも肥料成分です。夏のほうが少し高めで、2000 年度 くらいまでは減少傾向でしたが、その後は横ばいようです。

(7) リン酸性りん (PO<sub>4</sub>-P)



夏のリン酸性りんは 1994 年に大きく減少し、その後は低濃度レベルで推移しています。年度平均値はこれを反映して 1994 年度まで減少し、その後横ばい状態が続いています。

(8) クロロフィル a



クロロフィル a は植物がもっている色素で、植物プランクトンの量を化学的に測定する指標として使われています。夏のクロロフィル a 濃度は、赤潮発生の有無によって大きく変化していますが、冬は減少傾向、年度平均値でも少しずつ濃度が減少しています。

富栄養化 —水質に影響を与えるしくみ—

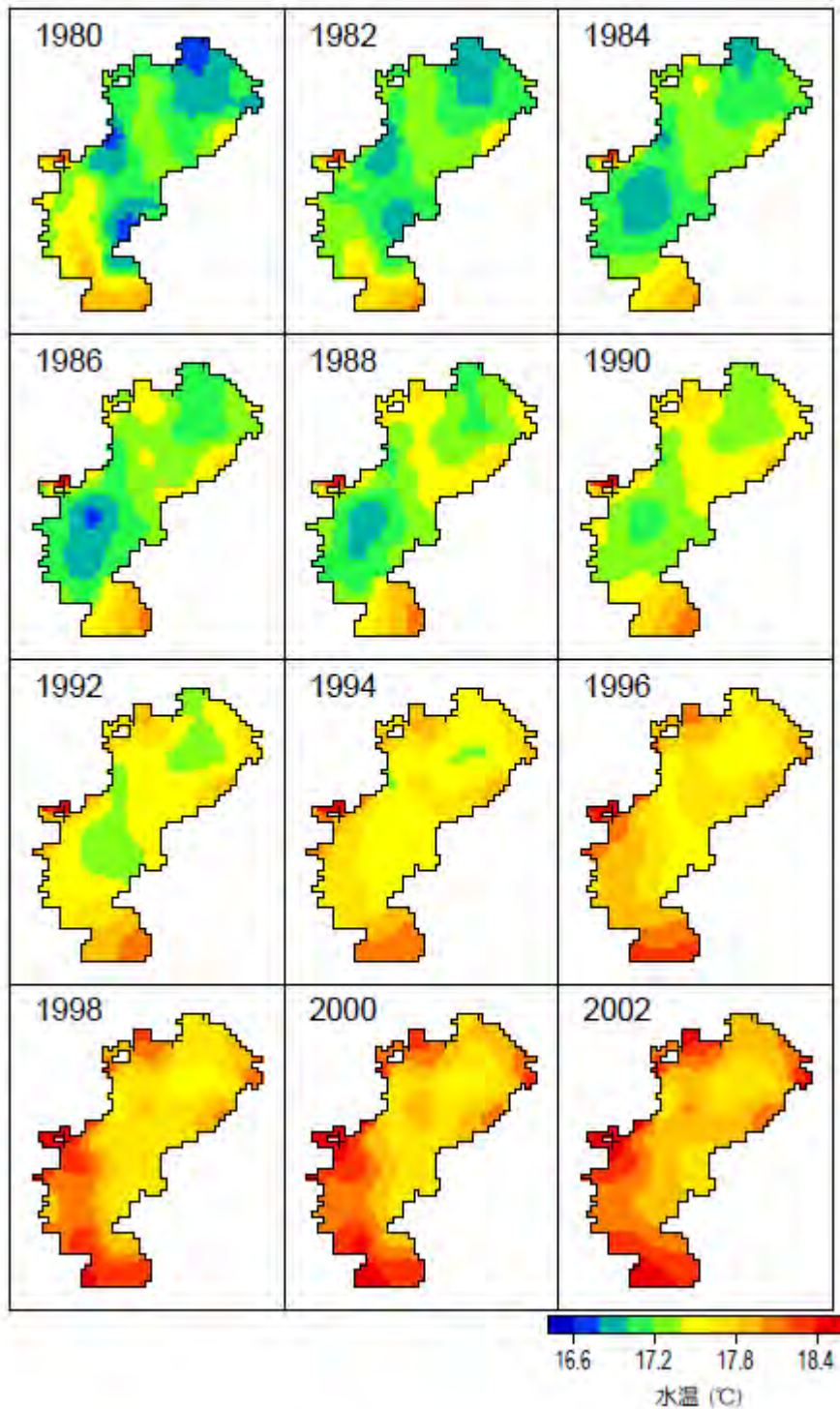
- 海の中の植物プランクトンは光合成で増えます。
- 栄養が十分なときは、光の量が多いほど、光合成は盛んになります。  
⇒ 通常、夏は日射量が多いので、夏にたくさん増えて赤潮状態になります。
- 植物プランクトンの細胞は有機物でもあるので、これが増殖するというのは、すなわち COD が増えるということです。(海の中で作られる有機物なので、内部生産とか、二次的にできる汚濁物質なので、二次汚濁ともいわれます。)
- 東京湾の COD は、生活排水のような陸域から排出される COD(一次汚濁)と二次汚濁の合計をいいます。
- 二次汚濁(プランクトンの大量発生)を減らすには、肥料となる窒素やりんを減らすことが重要です。
- 東京湾の COD 濃度を低下させるためには、プランクトン発生を抑制することが必要で、そのためには栄養塩類を減らしていかなければなりません。



### 3. 平面分布で表した東京湾の水質

#### (1) 水温(上層)の平面分布の変化(1980年～2002年の各年9月)

上層水温は大幅に上昇しています。東京湾の水温上昇は東京湾以外の海域に比べて大きいといわれています。

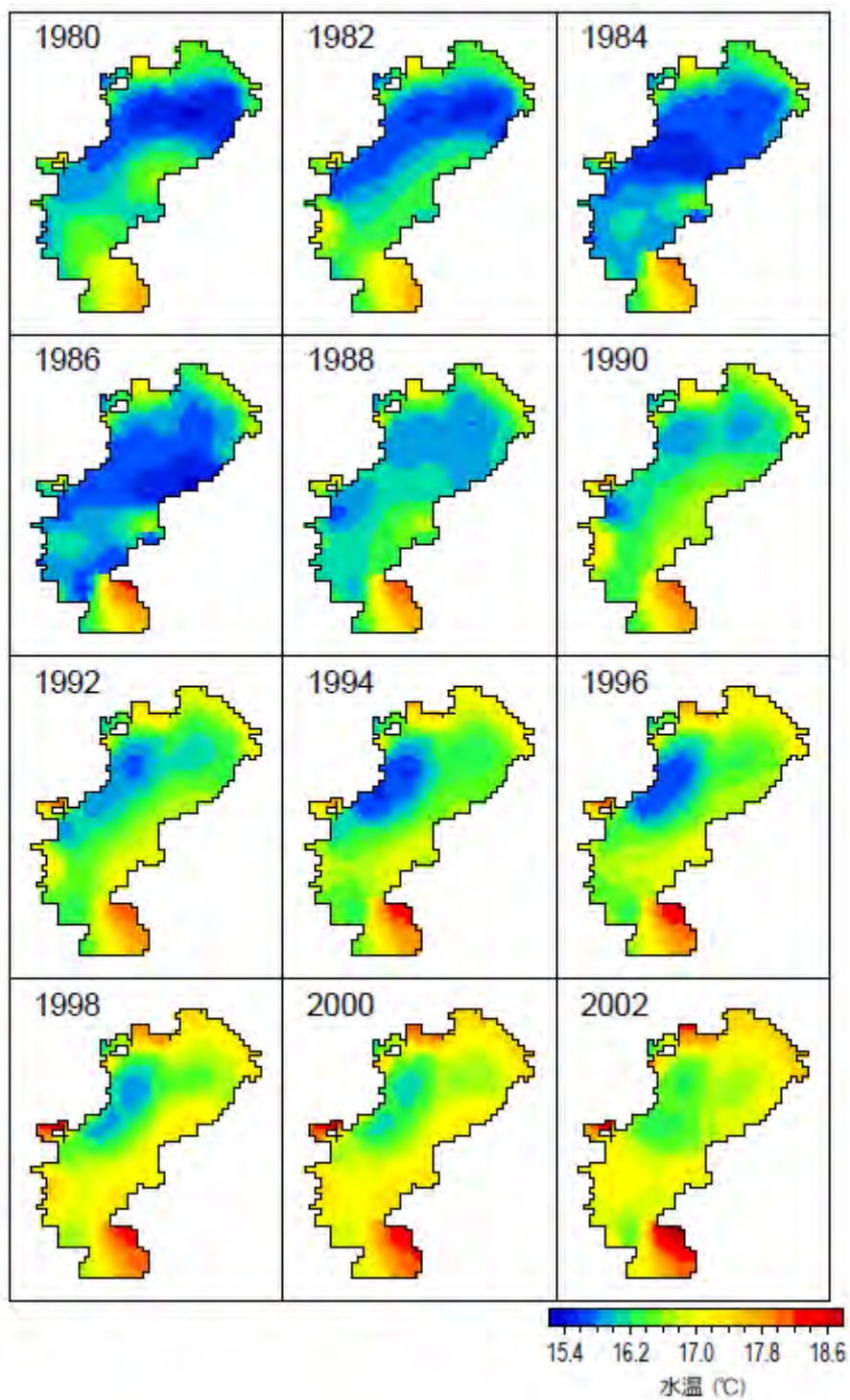


#### 水温(上層)分布の推移

- \* 季節調整法による42地点のトレンド値を平面補間
- \* 各年9月の水温分布を表示

(2) 水温(下層)の平面分布の変化(1980年～2002年の各年9月)

下層水温は1984～1986年頃に最低となり、その後上昇しています。



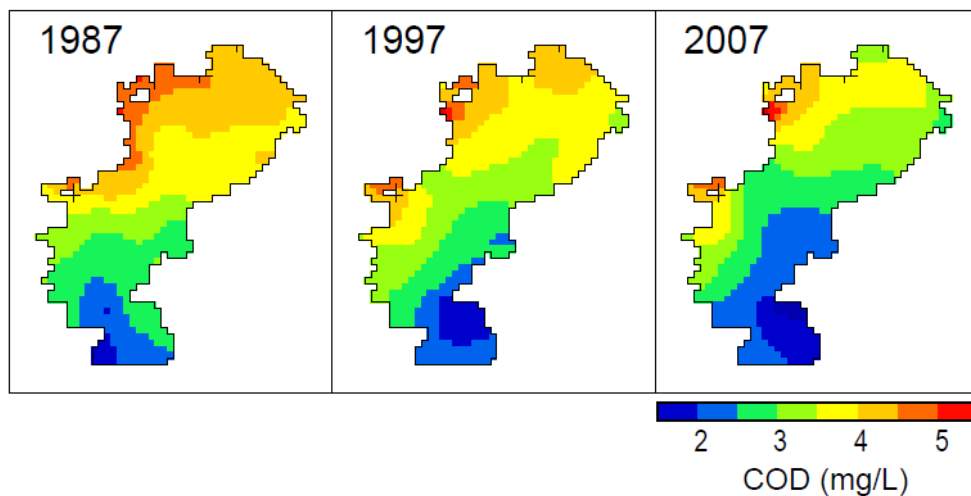
水温(下層)分布の推移

\* 季節調整法による42地点のトレンド値を平面補間

\* 各年9月の水温分布を表示

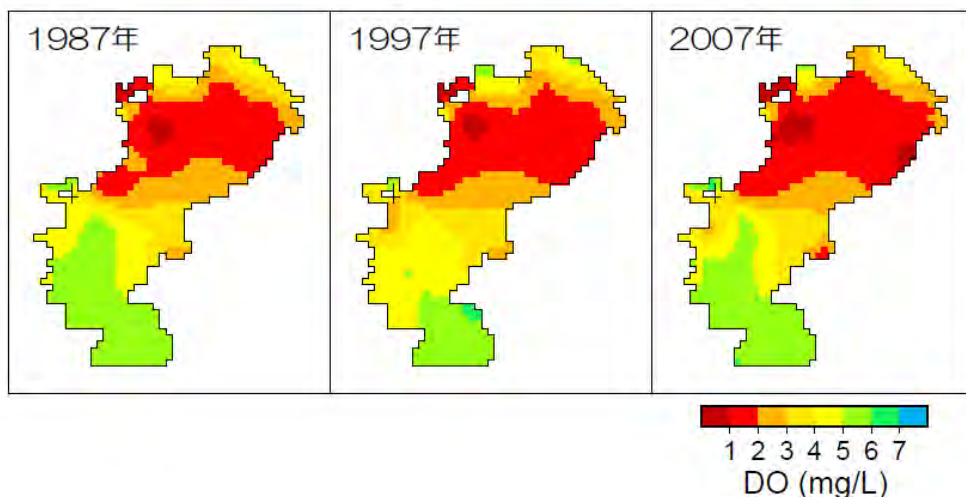
(3) COD(上層)の長期変動(1987年～2007年 各年9月)

CODは東京湾全域で減少しており、水質改善傾向が見てとれます。



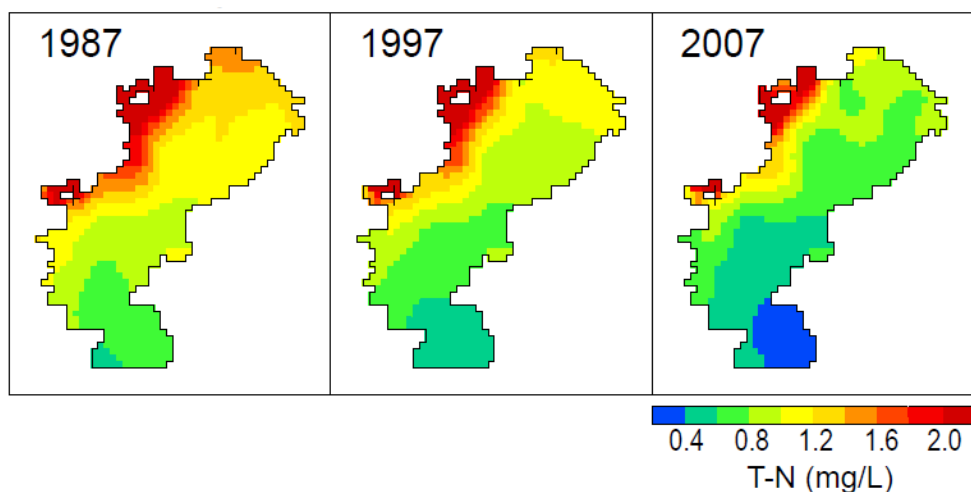
(4) DO(下層)の長期変動(1987年～2007年 各年9月)

CODでは明らかに改善傾向が見られるにもかかわらず、下層で溶存酸素の乏しい範囲が広がっています。上層の水質が改善しても下層の環境はすぐには改善しないことがわかります。



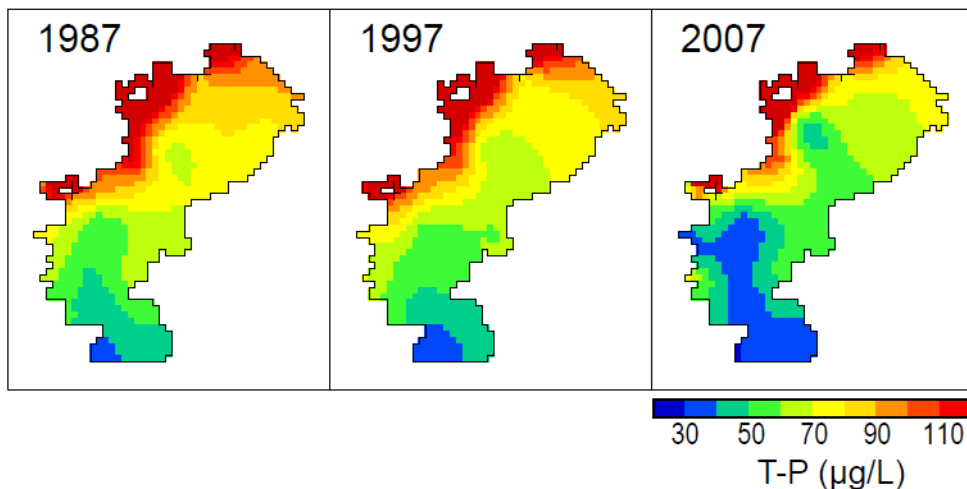
(5) 全窒素(T-N;上層)の長期変動(1987年～2007年 各年9月)

上層の全窒素は流入する量が減少したことを反映して改善されています。



(6) 全りん(T-P;上層)の長期変動(1987年～2007年 各年9月)

全りんも流入汚濁負荷の減少により、かなり改善されています。

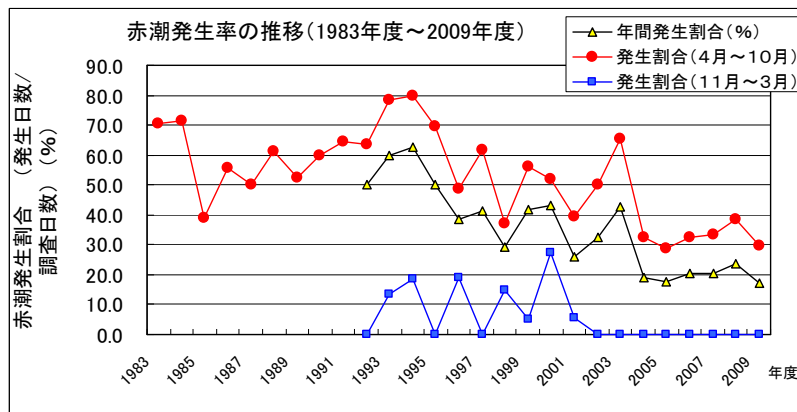


平面分布で表した東京湾の水質 (p.8～p.11) は地方環境研究所 (千葉県, 東京都, 横浜市) と統計数理研究所との共同研究で行った成果で, 図の直接の出典は以下のとおりです.

(1), (2) : 安藤晴夫(2007) 東京海洋大学博士論文, 22-23 pp

(3)～(6) : 安藤晴夫(2009) 東京都環境科学研究所第 15 回公開研究発表会資料

4. 赤潮発生状況の経年変化



千葉県では調査に出た日数のうち何日赤潮が発生していたかの割合で赤潮発生状況の評価しています。赤潮が特に発生しやすい4月～10月の発生状況(赤)は最悪の時期は80%の発生率でしたが, その後は低下し, この5年間は30%台で横ばいです。一方, 11月～3月には2002年度以降は発生率ゼロが続いています。

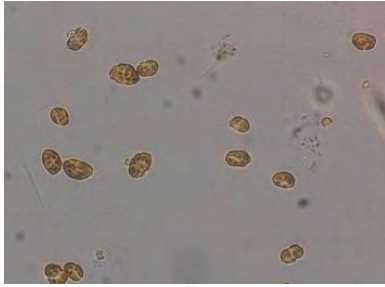


## 5. 東京湾に出現する赤潮プランクトンと出現状況

### (1) 東京湾の代表的な赤潮プランクトン

#### ① *Heterosigma akashiwo* (ヘテロシグマ・アカシオ)

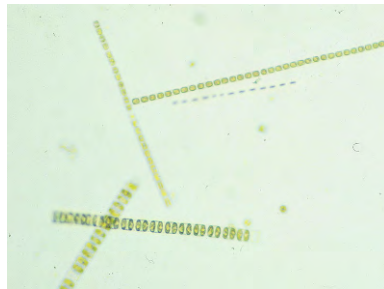
ヘテロシグマの赤潮は、醤油色です。本来は真っ白な航跡が、モカ・クリームのような色になってしまいます。「アカシオ」という名前のおり、代表的な赤潮形成プランクトンですが、次ページのグラフにあるように最近は出現頻度が大きく減少しています。このことも東京湾の水環境が改善した証拠といえます。



ヘテロシグマによる赤潮 (1992.6.3)

#### ② *Skeletonema costatum* (スケルトネマ・コスターツム)

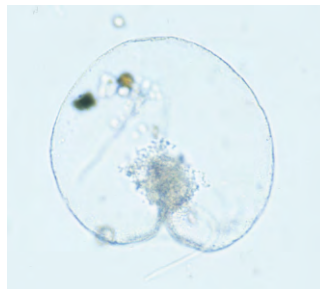
東京湾で昔も今も、最も代表的な種類です。ケイ藻なので、シリカの殻を持っていますが、材料のケイ酸が豊富な、河川水の流入するような沿岸域に生息します。長く直線状につながっている小さな四角形が1コの細胞です。スケルトネマによる赤潮が発生すると、海はオリーブ色になります。



スケルトネマによる赤潮 (2010.8.17 千葉中央港)

#### ③ *Noctiluca scintillans* (ノクチルカ・シンチランス)

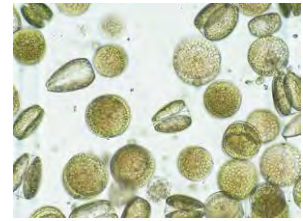
夜光虫という和名のおり、波などの刺激を与えると光ります。ノクチルカの赤潮は、トマトジュースのように鮮やかな朱色なので、ニュースなどでよく話題になります。写真のように縞模様になったり、パッチ状に発生します。動物プランクトンなので、窒素やりんを吸収して増えるわけではなく、汚濁とは直接関係ないといわれています。直径が約 0.1mm と比較的大型なので、肉眼でもよく見るとツブツブがわかります。



ノクチルカによる赤潮 (2008.4.30 姉崎沖)

④ *Coscinodiscus granii* (コスキノディスクス・グラニイ)

珪藻の仲間で、薄い円筒形がハンバーガーのように2枚重なった形をしています。写真には上(下)から見た形と横から見た形が写っていますが、同じ種類のプランクトンです。



⑤ *Ceratium furca* (ケラチウム・フルカ)

渦鞭毛藻。細胞の中央あたりに鞭毛を持っており、珪藻よりも遊泳力があるといわれています。春季に海の中層に赤潮が発生することがありますが、このケラチウムの仲間が水深 5, 6m くらいの深さに異常発生したものです。ケラチウムの赤潮は珪藻赤潮よりも、やや赤っぽい茶色です。



⑥ *Mesodinium rubrum* (メソディニウム・ルブルム)



繊毛虫の仲間の動物プランクトンで、飛び跳ねるように素早く動きます。体内に藻類が共生しているので、クロロフィル色素を持っているように見えます。メソディニウム・ルブルムが大発生すると、赤紫っぽい褐色の赤潮になります。

⑦ *Chaetoceros affine* (キートケロス・アフィネ)

スケルトネマに毛を生やしたようなプランクトンがキートケロスの仲間です。キートケロス・アフィネというのは、両端の立派な角のようなヒゲが特徴です。東京湾には非常に多くのキートケロスの仲間が出現します。



⑧ *Protoperdinium oblongum* (プロトペリディニウム・オブロングム)



とてもユニークな形をした渦鞭毛藻で、鞭毛を動かしてゆっくり泳ぎまわります。

⑨ *Dinophysis acuminata* (ディノフィシス・アキュミナーテ)

渦鞭毛藻。体内に数個の葉緑体を持ち、独立栄養(光合成をおこなう)と従属栄養(ほかのプランクトンなどを食べて生活する)の中間のタイプだといわれています。下痢性の貝毒を引き起こすこともあります。

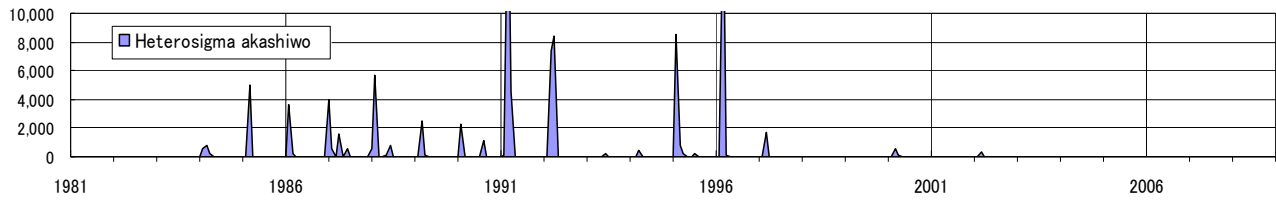




(2) おもなプランクトンの出現状況 (St.8)

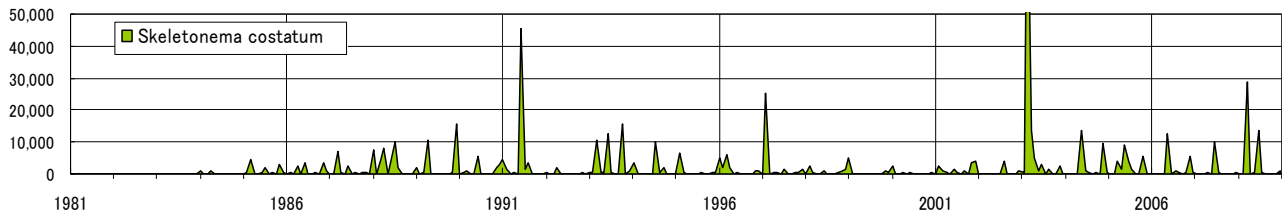
① *Heterosigma akashiwo* (ラフィド藻)

(単位: 1mLあたりの細胞数)



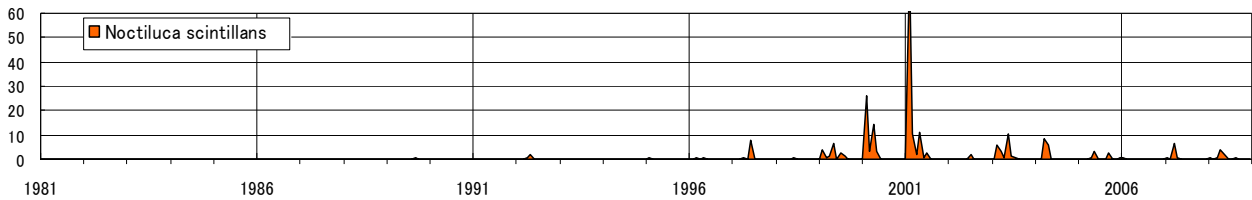
② *Skeletonema costatum* (珪藻)

(単位: 1mLあたりの細胞数)



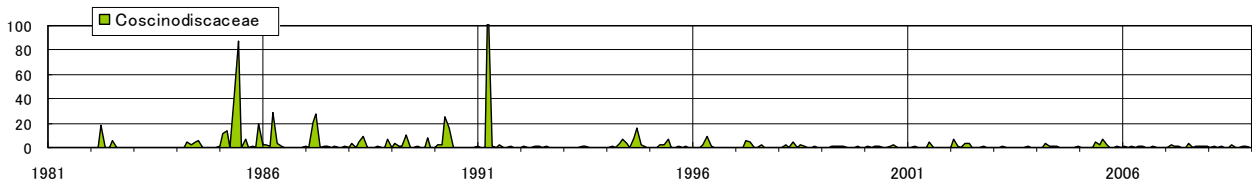
③ *Noctiluca scintillans* (渦鞭毛虫)

(単位: 1mLあたりの細胞数)



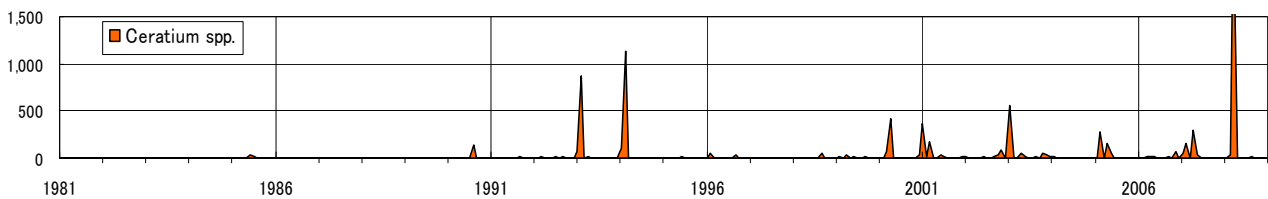
④ *Coscinodiscaceae* (珪藻)

(単位: 1mLあたりの細胞数)



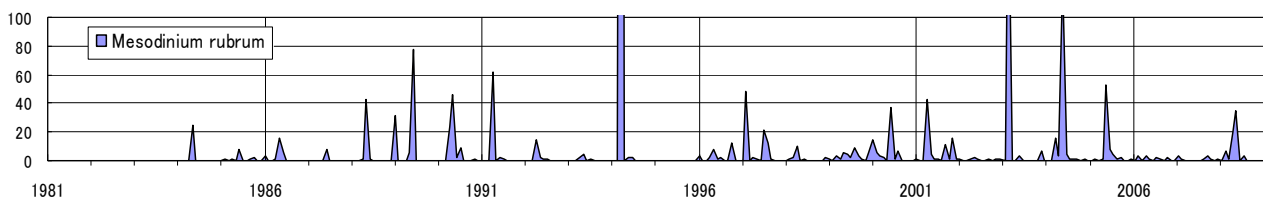
⑤ *Ceratium* spp. (渦鞭毛藻)

(単位: 1mLあたりの細胞数)



⑥ *Mesodinium rubrum* (繊毛虫)

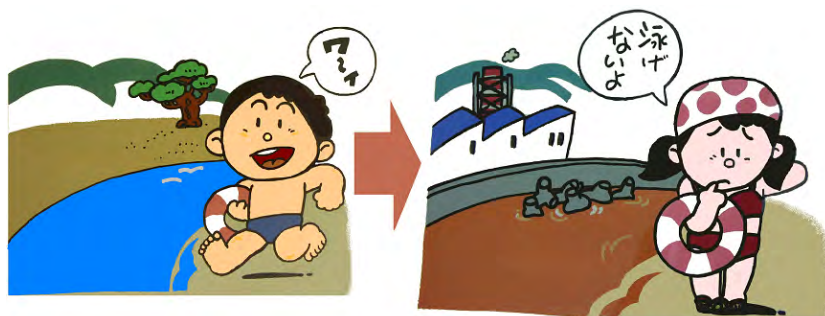
(単位: 1mLあたりの細胞数)



# 富栄養化による水質汚濁／東京湾

## 赤潮の発生

●赤潮とは、プランクトンが大量に発生して、海水の色が変化した現象のことをいいます。



色はプランクトンの種類により黄色から赤茶色などさまざまで、いつもは白く見える航跡（船の通ったあと）などが、赤潮のところでは色づいているのでよくわかります。



2010,6,21 千葉中央港



航跡が褐色に

●プランクトンとは、水中に浮遊生活をし、遊泳力のない、またはわずかしか持たない生物をいいます。

**赤潮の原因**／家庭や工場、下水処理場からの廃水が流入し、海水中の窒素やりんなどの**栄養塩類**が増加すると、赤潮が発生しやすくなります。（これを**富栄養化**といいます）

東京湾のような**閉鎖性水域**は、外海との水の交換が悪いために、流入河川から流れてくる汚濁物質がたまりやすく、富栄養化しやすい海域です。

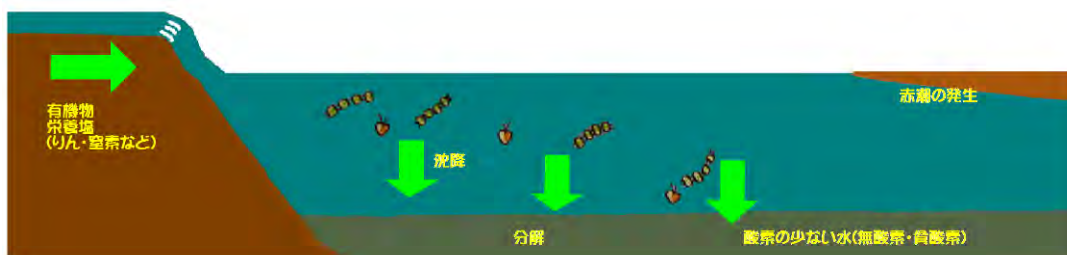
# 富栄養化による水質汚濁／東京湾

## 青潮の発生

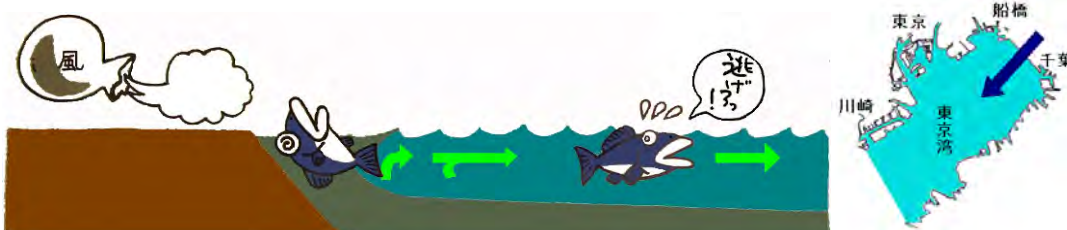
青潮とは、海面が乳青色または乳白色に変化した現象のことをいいます。青潮になると、カレイ、スズキなどの魚類が酸素を求めて水面近くに上がってきたり、ひどくなると大量に死んだりします。

### 青潮の起こりかた

Ⅰ 家庭や工場から排出される有機物や、東京湾で生産される有機物（植物プランクトン）が底層に沈んで、そこで有機物を分解する細菌によって分解される。このときに酸素を消費し、底層水中の酸素がなくなる。水温が高くなると、海水は成層をつくり混合しにくくなるので、大気からの酸素の供給がなく、ますます酸素がなくなる。



Ⅱ 北東の風が吹くと、表層の水が沖に流れ出る。（離岸流）そして、底層にあった酸素の少ない水が湧昇してくる。



Ⅲ 海水中にたくさん含まれている硫酸イオンは、酸素のない水中で、硫酸還元菌により還元されて硫化物イオンができる。硫化物イオンが湧昇により、大気中の酸素と反応してイオウができる。イオウや多硫化物イオンが光を散乱させるために、海面の色が乳青色や乳白色に見える。



参考：東京湾の水環境に関する情報が掲載されているウェブサイト  
(当センターが把握しているものの一部です)

- ◇ 東京湾岸自治体環境保全会議  
<http://www.tokyowangan.jp/>
- ◇ 東京湾環境情報センター：国土交通省横浜空港港湾技術調査事務所が開設  
<http://www.tbeic.go.jp/>
- ◇ 東京湾再生推進会議  
[http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/TB\\_Renaissance/](http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/TB_Renaissance/)
- ◇ 東京港波浪観測所（旧：東京灯標）海象観測データ：波高，風向，風速，流速などのオンラインデータ  
<http://www.kouwan.metro.tokyo.jp/yakuwari/choui/>
- ◇ 海上保安庁海洋情報部モニタリングポスト：千葉灯標でのオンラインデータ  
<http://www4.kaiho.mlit.go.jp/kaihoweb/>
- ◇ 千葉県環境研究センター：年報に赤潮，青潮発生状況を掲載  
<http://www.pref.chiba.lg.jp/wit/>
- ◇ 千葉県環境情報（水質関係）  
<http://www.pref.chiba.lg.jp/suiho/>
- ◇ 千葉県水産総合研究センター：湾中央から奥部の「貧酸素水塊情報」など  
<http://www.pref.chiba.lg.jp/lab-suisan/suisan/>
- ◇ 東京の川と海の環境情報：東京都環境局の調査結果  
[http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/water/tokyo\\_bay/news\\_flash.html](http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/water/tokyo_bay/news_flash.html)
- ◇ 東京都島しょ農林水産総合センター  
<http://www.ifarc.metro.tokyo.jp/>
- ◇ かながわの環境  
<http://eco.pref.kanagawa.jp/>
- ◇ 神奈川県水産技術センター  
<http://www.agri-kanagawa.jp/suisoken/>
- ◇ 環境省水環境総合情報サイト：水環境情報に関する総合的な情報サイト  
<http://www.env.go.jp/water/mizu.html>

※リンク先 URL は平成 25 年 8 月現在の情報です。

作成担当

千葉県環境研究センター

水質環境研究室 小倉久子・飯村 晃

企画情報室 岡崎 淳

協力

東京都環境科学研究所 安藤晴夫

千葉大学環境リモートセンシング研究センター 近藤昭彦

千葉県環境生活部 水質保全課

---

目で見える東京湾の水環境

平成 23 年 3 月

発行 千葉県環境研究センター

市原地区 市原市岩崎西 1-8-8

大気・騒音関係：0436-21-6371

廃棄物・化学物質関係：0436-23-7777

稲毛地区 千葉市美浜区稲毛海岸 3-5-1

水質関係:043-243-2935

地質関係:043-243-0261

メールアドレス（共通） [kankyoken@pref.chiba.lg.jp](mailto:kankyoken@pref.chiba.lg.jp)

---



水質調査船「きよすみ」による  
東京湾調査の様子

