

指定水域の水質汚濁メカニズムについて

(中央環境審議会水質部会総量規制専門委員会(第2回)(平成11年7月1日)資料より抜粋)

表 水質指標間の相関性

図中 番号	現象	水質項目の組み合わせ	回 帰 式	回 帰 式 (両対数)
①	N,P濃度の増加に伴う藻類の大量増殖	クロロフィル-a (夏期) TN,TP (年度平均)	$\text{Chl-a(s)} = 30.08 \cdot \text{TN} - 3.963$ $\text{Chl-a(s)} = 335.2 \cdot \text{TP} - 3.583$	$\text{Chl-a(s)} = 25.15 \cdot \text{TN}^{1.443}$ $r=0.878$ $\text{Chl-a(s)} = 804.2 \cdot \text{TP}^{1.441}$ $r=0.782$
②	N,P濃度の増加 → 内部生産によるCOD濃度の増加	COD (年度平均) TN,TP (年度平均)	$\text{COD} = 2.248 \cdot \text{TN} + 1.171$ $\text{COD} = 28.03 \cdot \text{TP} + 0.9963$	$\text{COD} = 3.428 \cdot \text{TN}^{0.5244}$ $r=0.928$ $\text{COD} = 12.74 \cdot \text{TP}^{0.5425}$ $r=0.905$
③	N,P濃度の増加 → 内部生産の増大に伴う透明度の低下	TN,TP (年度平均) 透明度 (年度平均)	$\text{TN} = -0.201 \cdot \text{Tr} + 1.647$ $\text{TP} = -0.01738 \cdot \text{Tr} + 0.1437$	$\text{TN} = 7.563 \cdot \text{Tr}^{-1.726}$ $r=0.832$ $\text{TP} = 0.649 \cdot \text{Tr}^{-1.691}$ $r=0.909$
④	N,P濃度の増加 → 内部生産の増大に伴う溶存酸素(底層)の低下	TN,TP (年度平均) DO (夏期,底層)	$\text{TN} = -0.2682 \cdot \text{DO} + 2.034$ $\text{TP} = -0.0244 \cdot \text{DO} + 0.1829$	$\text{TN} = 25.78 \cdot \text{DO}^{-2.405}$ $r=0.624$ $\text{TP} = 2.586 \cdot \text{DO}^{-2.475}$ $r=0.766$

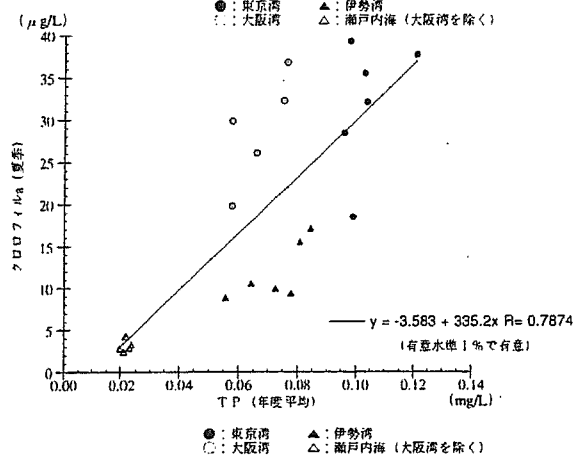
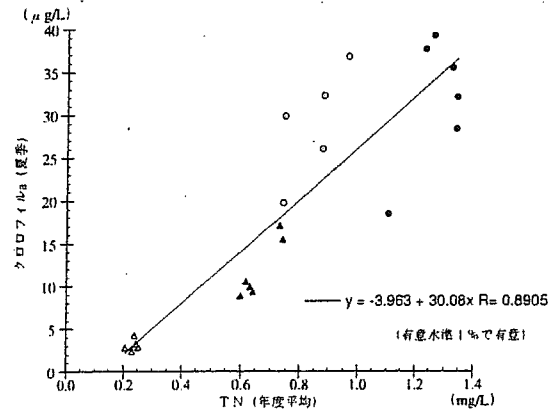
注1) データ数: n=21

注2) 水質項目の単位: TN,TP,COD,DO (mg/l)、クロロフィル-a (μg/l)、透明度 (m)

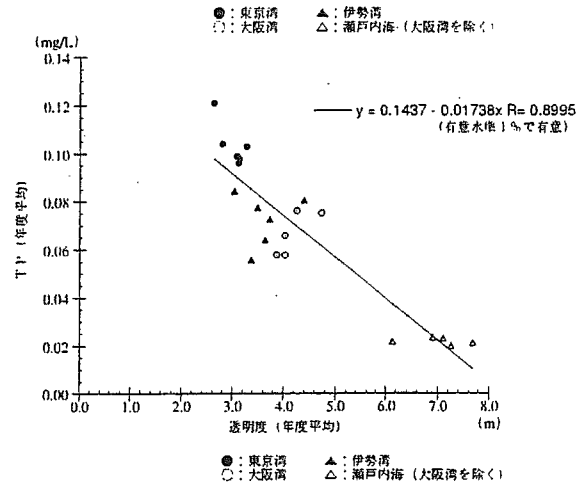
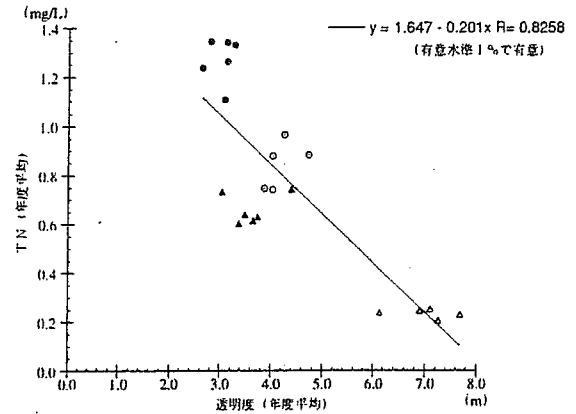


水質指標間の相関性（直線回帰）

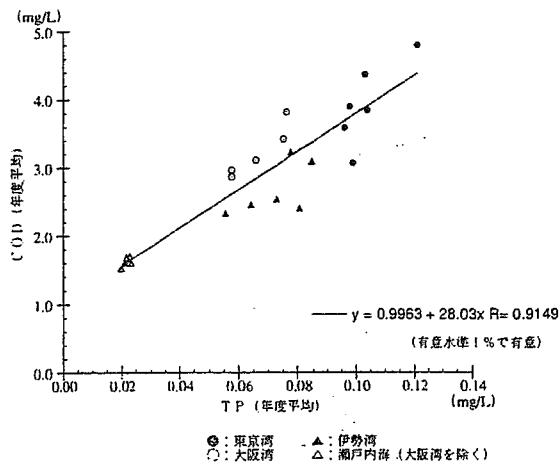
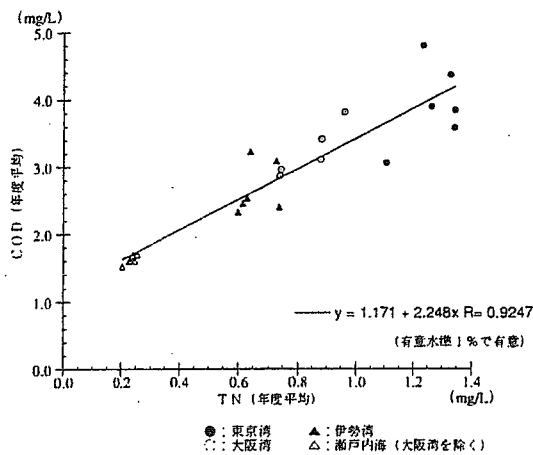
① 藻類との相関



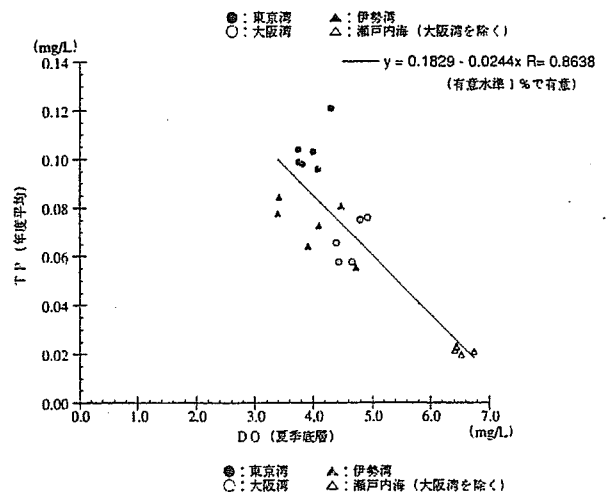
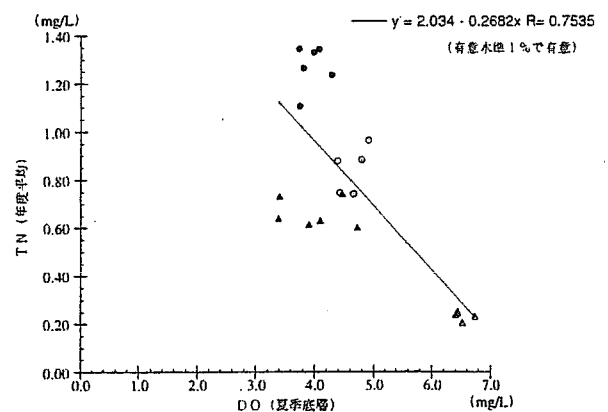
③ 透明度との相関



② COD濃度との相関



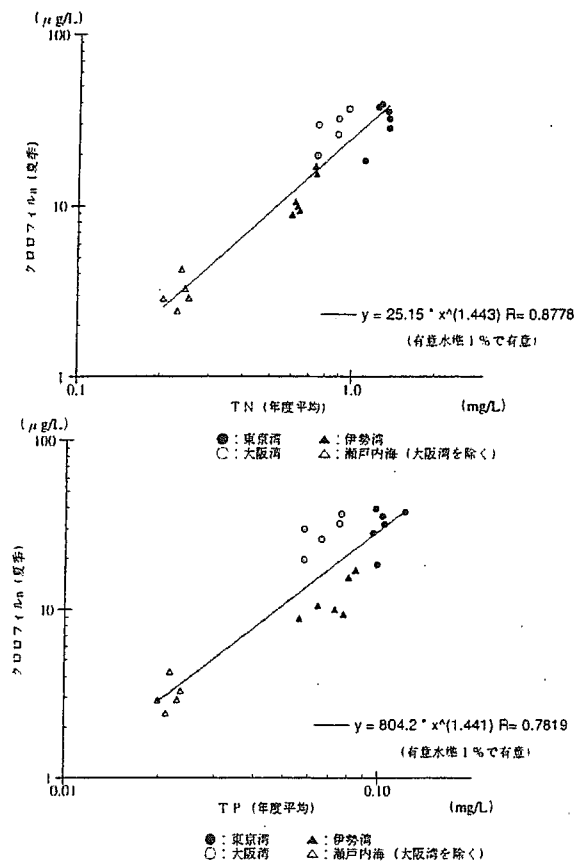
④ 溶存酸素（底層）との相関



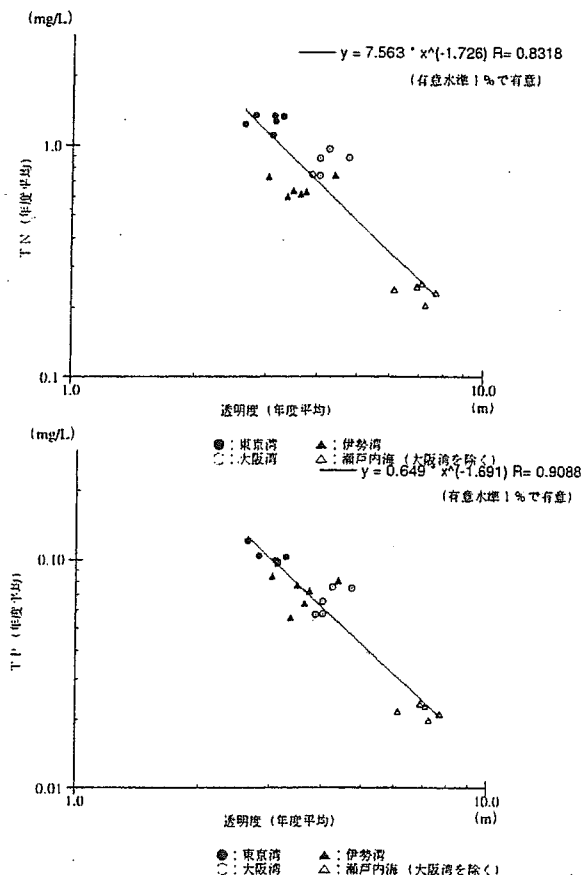
資料) 広域総合水質調査結果 (1981年～1996年度)

図 水質指標間の相関性（両対数回帰）

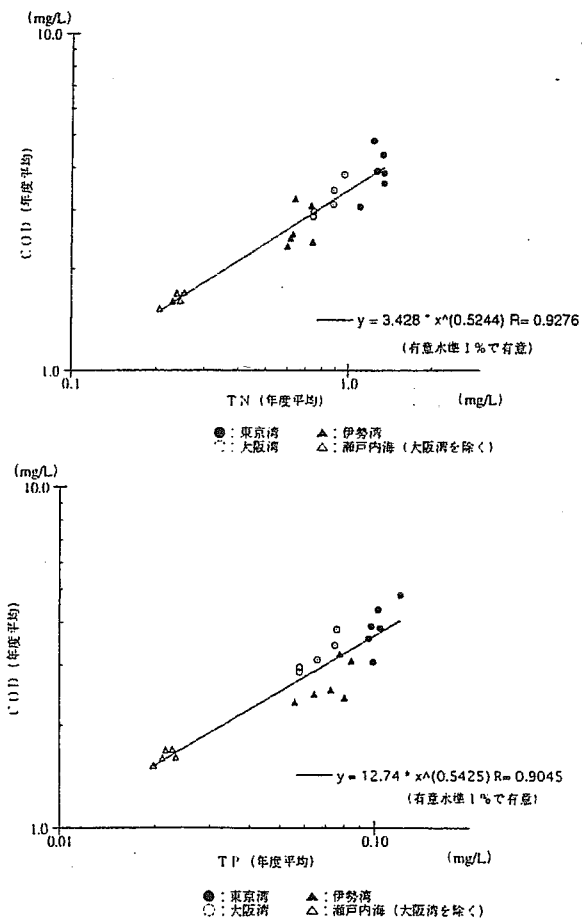
① 藻類との相関



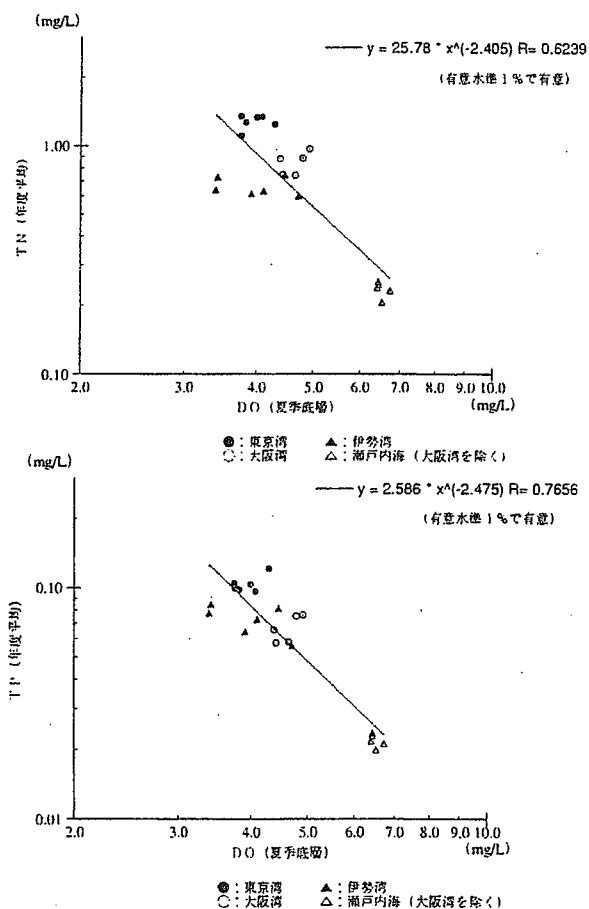
③ 透明度との相関



② COD濃度との相関

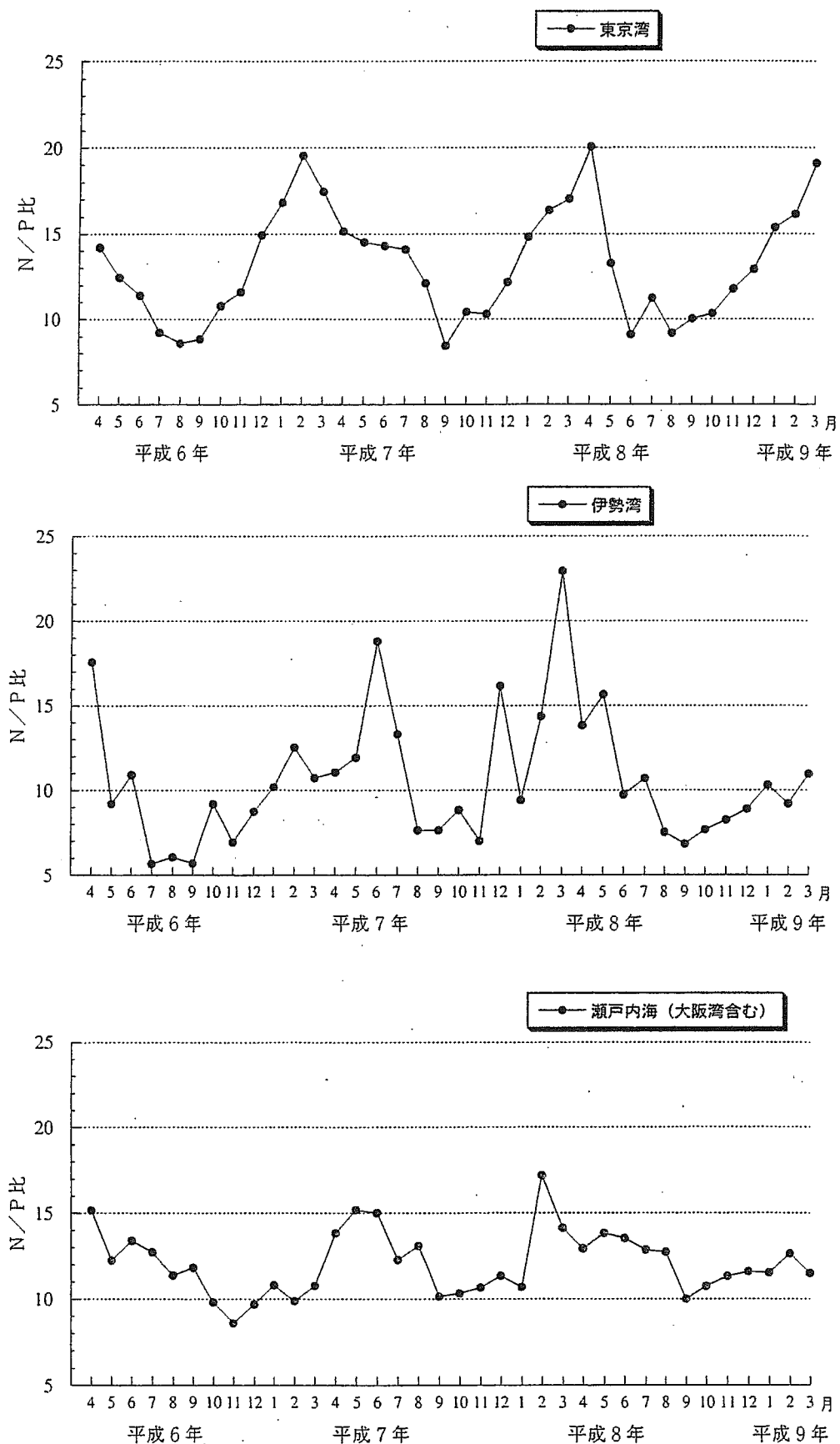


④ 溶存酸素（底層）との相関



資料) 広域総合水質調査結果 (1981年～1996年度)

図 3 海域における N/P 比の月別変化（月平均値）



資料) 公共用水域水質調査結果
全窒素・全燐に係る環境基準点における集計結果

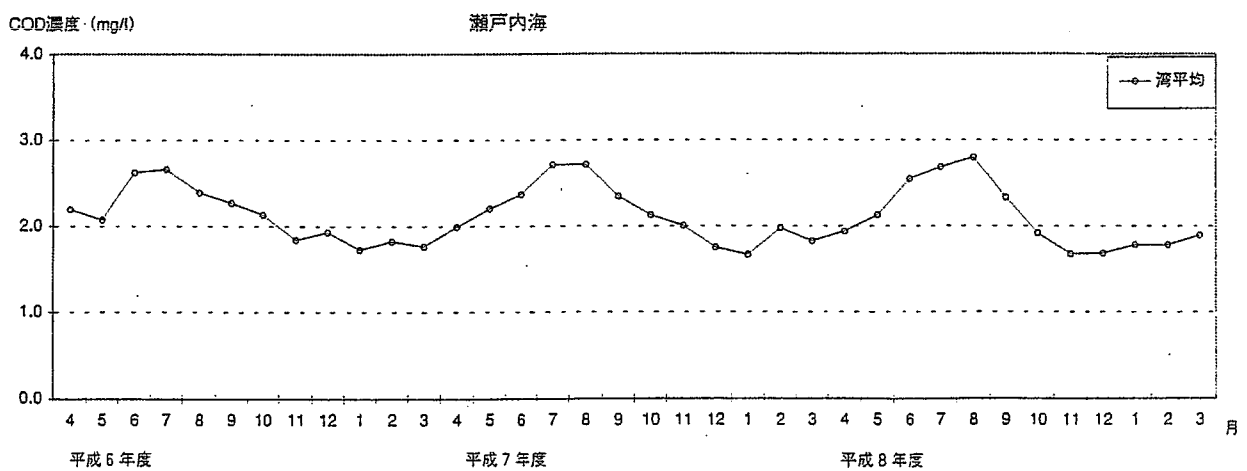
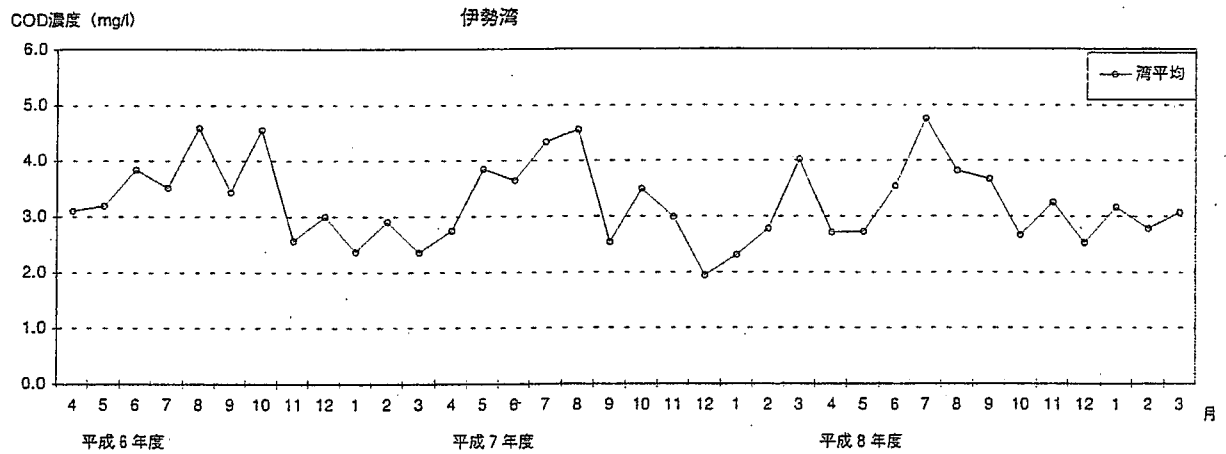
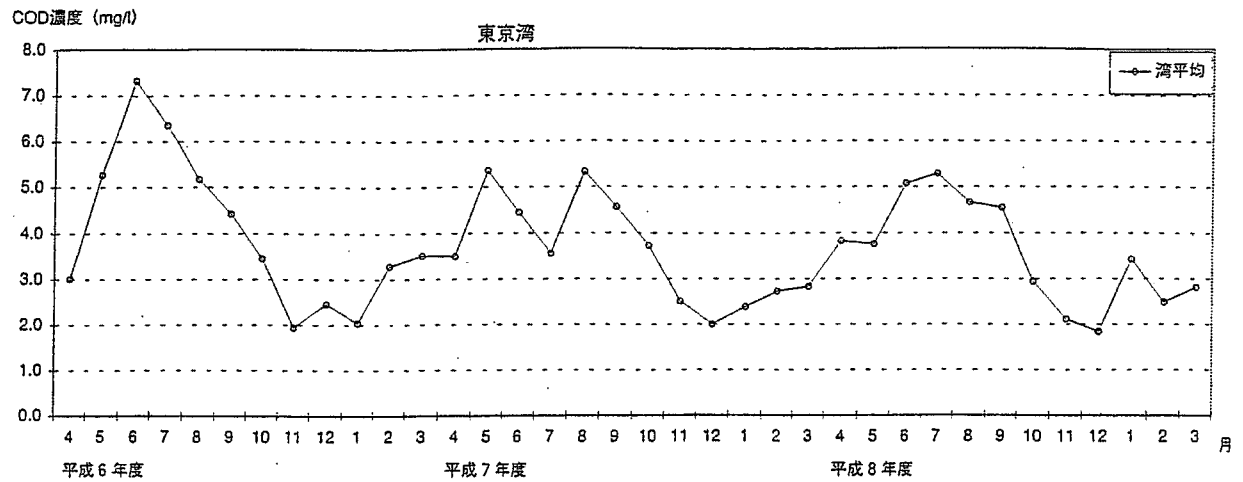
表 植物プランクトンの細胞内 N/P 比

(CC=Continuous culture, SC=semi-continuous culture, BC=batch culture,
N=natural population)

Algal Species	N:P	Source	Remarks	Reference	N:P (質量比)
CYANOPHYCEAE					
<i>Agmenellum quadruplicatum</i>	10.6	BC	exp. phase	Parsons et al. 1961	4.8
CHLOROPHYCEAE					
<i>Dunaliella salina</i>	6.1	BC	exp. phase	Parsons et al. 1961	2.8
<i>D. tertiolecta</i>	32-48	CC	P-limited	Goldman et al. 1979	15 - 22
	5-16	CC	N-limited	Goldman et al. 1979	2 - 7
	10.1-17.3	BC	stationary phase	Yynne & Rhee 1986	4.8 - 7.8
BACILLARIOPHYCEAE					
<i>Chaetoceros affinis</i>	7.9-43.5	BC	exp. phase	Kykkestad 1977	3.8-19.8
<i>C. debilis</i>	4.6	CC	N-limited	Harrison et al. 1977	2.1
	12.0	CC	non-limited	Harrison et al. 1977	5.5
<i>Chaetoceros</i> sp.	8.3	BC	exp. phase	Parsons et al. 1961	3.8
<i>Coscinodiscus</i> sp.	15.0	BC	exp. phase	Parsons et al. 1961	8.8
<i>Ditylum brightwellii</i>	16.3-21.9	SC		Granelli & Moreira 1990	7.4-10.0
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	5.9	BC	exp. phase	Parsons et al. 1961	2.7
	22.4-44.6	BC	stationary phase	Yynne & Rhee 1986	10.2-20.2
<i>Skeletonema costatum</i>	7.7	BC	exp. phase	Parsons et al. 1961	3.6
	4.8	CC	N-limited	Harrison et al. 1977	2.2
	10.0	CC	non-limited	Harrison et al. 1977	4.5
	5.5-29.4	BC	exp. phase	Kykkestad 1977	2.5-13.4
	5-20	CC	Media N/P changed	Miyata et al. 1986	2 - 8
	9.1-26.0	N		Sakshaug & Olsen 1986	4.1-11.8
<i>Thalassiosira gravida</i>	2.0	CC	N-limited	Harrison et al. 1977	0.8
	8.8	CC	non-limited	Harrison et al. 1977	4.0
<i>Thalassiosira pseudonana</i>	37.2-61.1	CC	P-limited	Perry 1976	18.9-27.8
	8.4-9.7	CC	N-limited	Perry 1976	2.9-4.4
	5-15	CC	N-limited	Goldman et al. 1979	2 - 8.8
	24.0-61.7	BC	stationary phase	Yynne & Rhee 1986	10.9-23.5
DINOPHYCEAE					
<i>Amphidinium carterae</i>	13.2	BC	exp. phase	Parsons et al. 1961	8.0
	22-25	BC	exp. phase	Sakshaug et al. 1983	10 - 11
	17	SC	non-limited	Sakshaug et al. 1984	7.7
	19	SC	P-limited	Sakshaug et al. 1984	8.6
<i>Ceratium tripos</i>	12	SC	non-limited	Sakshaug et al. 1984	5.5
	12	SC	P-limited	Sakshaug et al. 1984	5.5
<i>Exuviella</i> sp.	12.3	BC	exp. phase	Parsons et al. 1961	5.8
<i>Gyrodinium aureolum</i>	4.5-8.0	BC	exp. phase	Nielsen & Tonseth 1991	2 - 3.8
<i>Prorocentrum minimum</i>	15	SC	non-limited	Sakshaug et al. 1984	8.8
	18	SC	P-limited	Sakshaug et al. 1984	8.2
	14.8-17.4	SC		Granelli & Moreira 1990	8.7-7.9
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	13	SC	non-limited	Sakshaug et al. 1984	5.9
	19	SC	P-limited	Sakshaug et al. 1984	8.6
HAPTOPHYCEAE					
<i>Emiliania huxleyi</i>	16-21	BC	exp. phase	Sakshaug et al. 1983	7.3-9.5
	16-18	N		Sakshaug & Olsen 1986	7.3-8.2
<i>Pavlova lutheri</i>	5.8	BC	exp. phase	Parsons et al. 1961	2.6
	15-115	CC	P-limited	Goldman et al. 1976	8.8-52.3
	37.9-48.9	CC	Media N/P changed	Terry et al. 1985	17.2-22.2
	12-68	CC	Media N/P changed	Tett et al. 1985	5.5-30
<i>Prymnesium parvum</i>	15.6-35.9	BC	stationary phase	Yynne & Rhee 1986	7.1-18.3
<i>Syracosphaera carterae</i>	17.4	BC	exp. phase	Parsons et al. 1961	7.8
PRASINOPHYCEAE					
<i>Tetraselmis maculata</i>	5.5	BC	exp. phase	Parsons et al. 1961	2.5
RAPHIDOPHYCEAE					
<i>Chattonella antiqua</i>	11	BC	stationary phase	Nakamura & Yatanabe 1983	5
<i>Heterosigma akashiwo</i>	15.2	BC	stationary phase	Yatanabe et al. 1982	8.9
	11.1-25	CC	Media N/P changed	Miyata et al. 1986	5.0-11.4

出典： 海洋性渦鞭毛藻の増殖に及ぼす栄養塩類構成比の影響
(南西海区水産研究所赤潮環境部 山口峰生)

図 3 海域におけるCOD濃度平均値経月変化



出典：公共用水域水質調査結果

閉鎖性海域の内部生産CODについて

(1) Δ COD法を用いた結果

Δ COD法	東京湾		伊勢湾		瀬戸内海	
	年平均	夏季	年平均	夏季	年平均	夏季
A 類型	41.0%	58.5%	41.9%	53.0%	36.9%	46.5%
B 類型	43.1%	61.6%	39.7%	48.1%	38.7%	50.2%
C 類型	40.8%	58.6%	40.1%	49.3%	37.4%	49.6%
全平均	41.9%	60.0%	40.6%	50.2%	37.4%	47.8%

出典：公共用水域水質測定結果、平成6年度～8年度毎月データを使用

(2) クロロフィルa法を用いた結果

クロロフィルa法	東京湾		伊勢湾		瀬戸内海	
	年平均	夏季	年平均	夏季	年平均	夏季
A 類型	43.3%	55.9%	39.0%	47.8%	34.1%	42.2%
B 類型	42.6%	52.9%	30.9%	35.5%	30.6%	50.6%
C 類型	38.1%	52.2%	30.2%	30.1%	33.6%	46.1%
全平均	42.4%	53.6%	37.6%	45.3%	34.0%	42.7%

出典：広域総合水質調査結果、平成7年度～9年度各季節データを使用

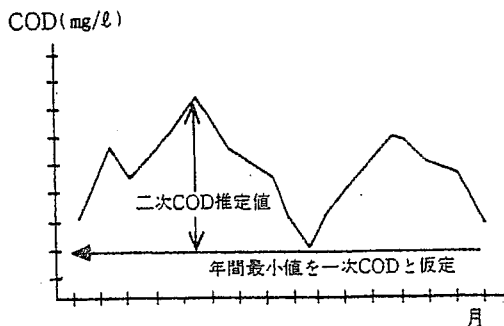
(参考)

1. Δ COD法

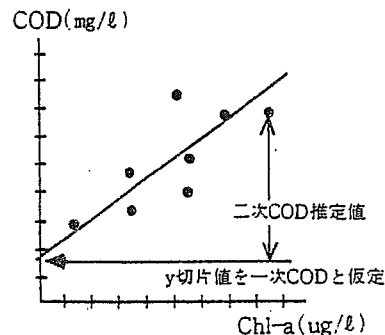
各観測地点における年間のCOD濃度の最小値を内部生産に関係しないCODとし、その値からの増加分を内部生産COD量と仮定する方法である。

2. クロロフィルa法

植物プランクトン量の指標であるクロロフィルa濃度とCOD濃度の関係から海域における内部生産COD量を推定する方法である。



Δ COD法の概念図



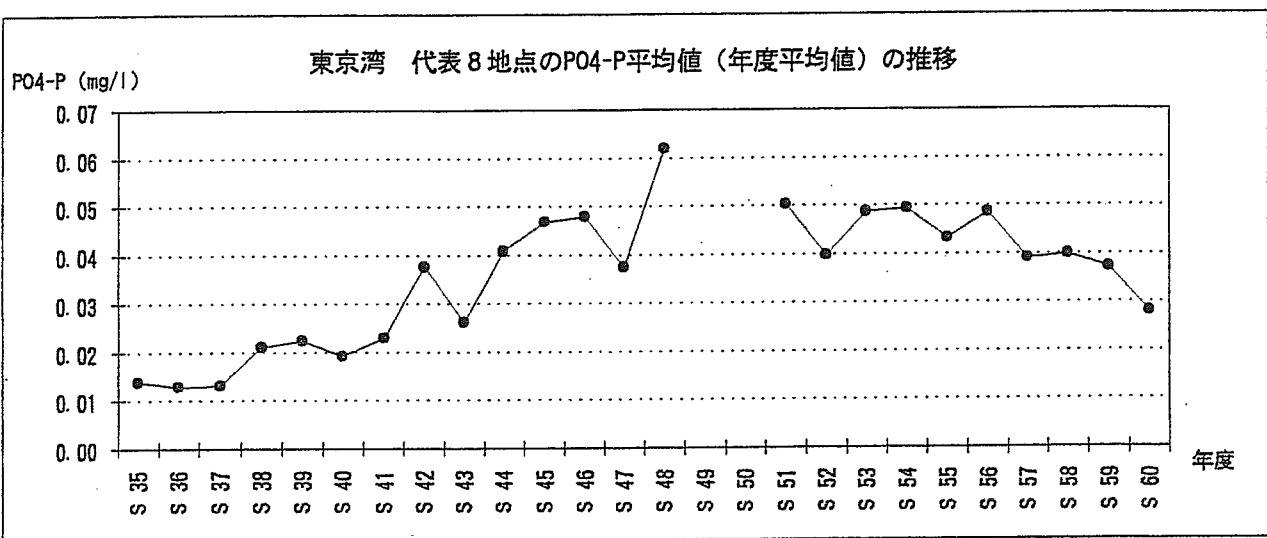
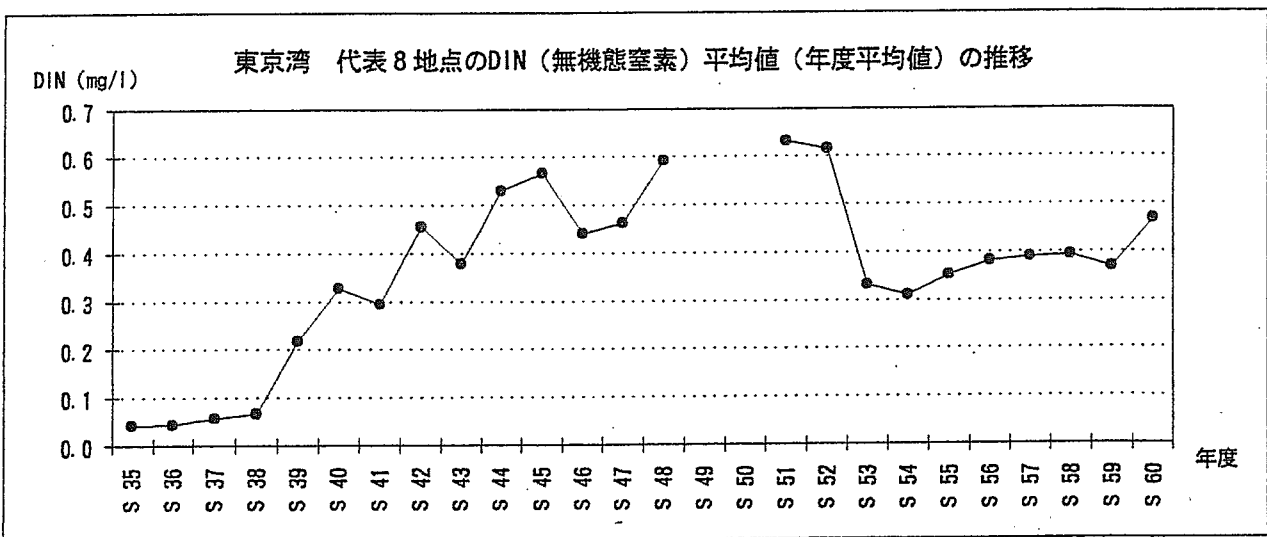
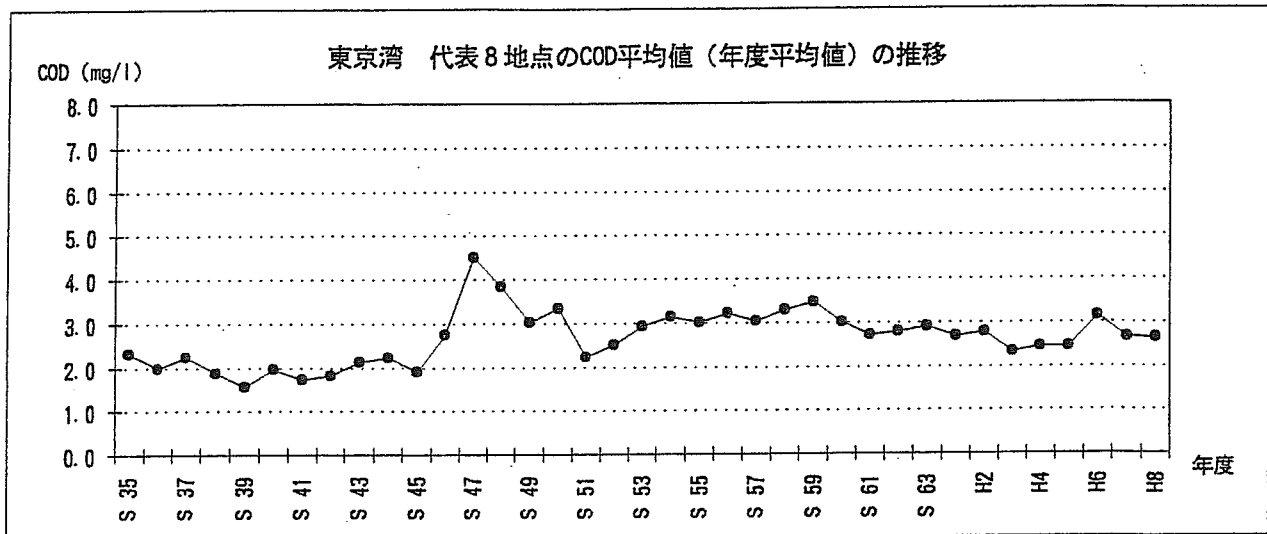
クロロフィルa法の概念図

底泥からの溶出量

	COD		窒素		燐	
	溶出量 (t/日)	溶出量 陸域負荷+溶出量	溶出量 (t/日)	溶出量 陸域負荷+溶出量	溶出量 (t/日)	溶出量 陸域負荷+溶出量
東京湾	30	約 1 割	35	約 1 割	7.0	約 2 割
伊勢湾	42	約 1 割	31	約 1 割	4.2	約 2 割
瀬戸内海	----	----	61	約 1 割	18.0	約 2 割

(参考文献)

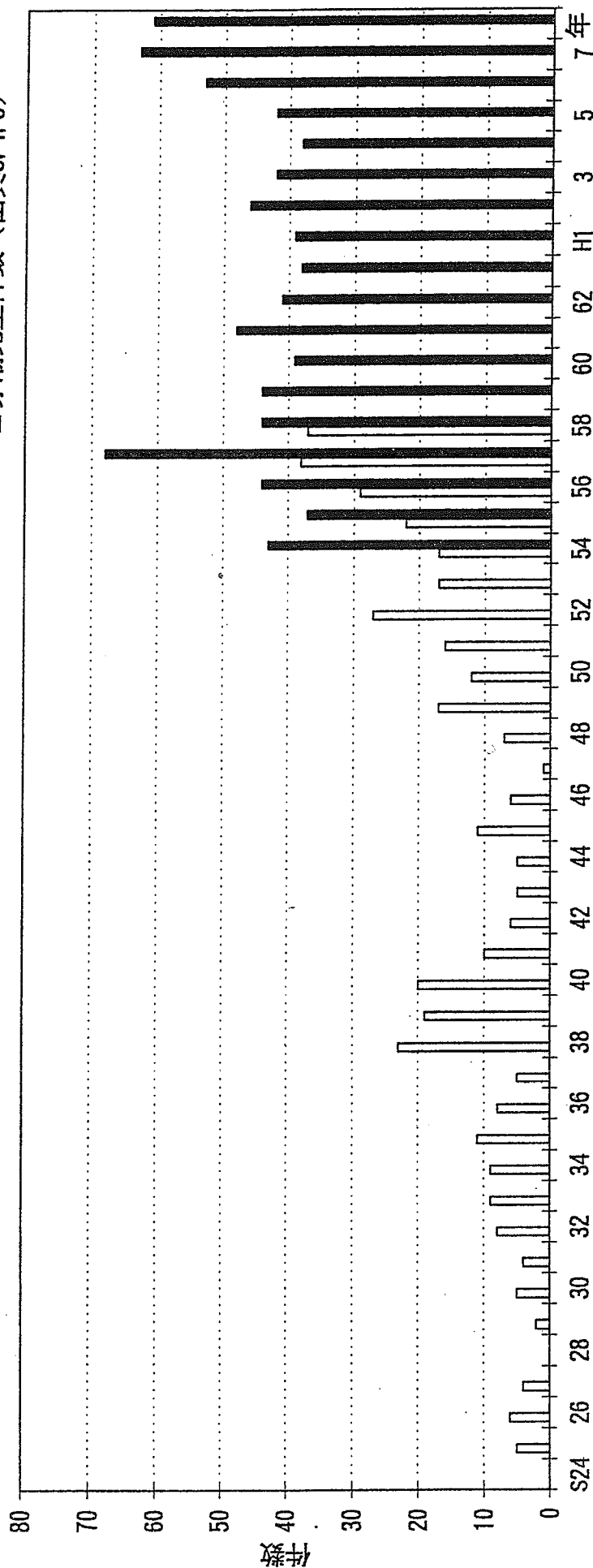
- ①環境庁(1984)水質総量規制推進検討調査(溶出等調査)
- ②環境庁(1990)閉鎖性海域汚濁機構解明調査-現地調査結果-報告書
- ③環境庁(1997)海域における底泥からの栄養塩類溶出把握実態調査報告書
- ④環境庁(1998)海域における底泥からの2次汚濁物質の原因となる栄養塩類溶出把握調査報告書
- ⑤環境庁(1999)海域における底泥からの栄養塩類溶出把握調査報告書
- ⑥中国工業試験所報告(1984)瀬戸内海における海水中の汚染物質の分布と底質からの溶出-I、リンと窒素-
- ⑦愛知県(1991)三河湾栄養塩類溶出実態調査結果



資料 : 昭和48年以前 千葉県内湾水産試験場、神奈川県水産試験場調査結果
 : 昭和48年以降 環境庁公共用水域水質調査結果

東京湾における赤潮発生件数

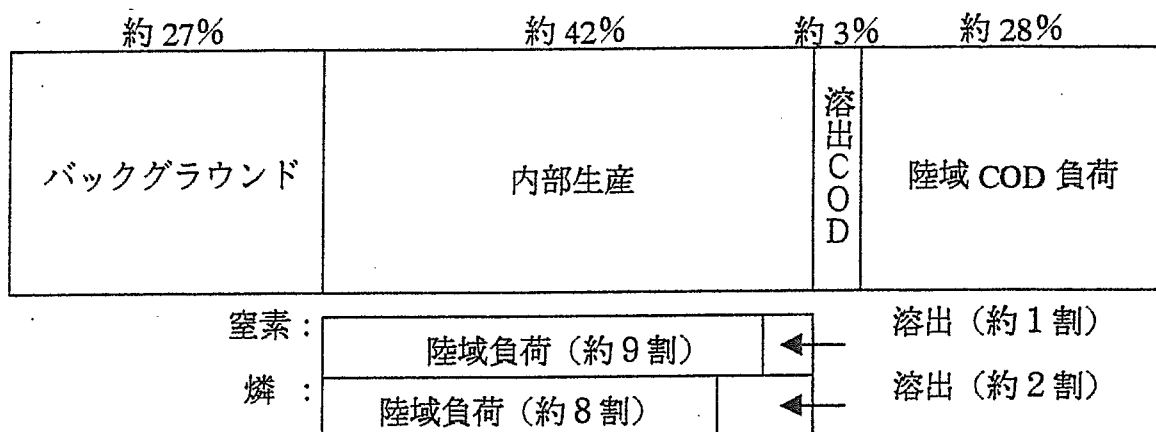
□ 赤潮発生件数 (出典1, 2)
 ■ 赤潮発生件数 (出典3, 4, 5)



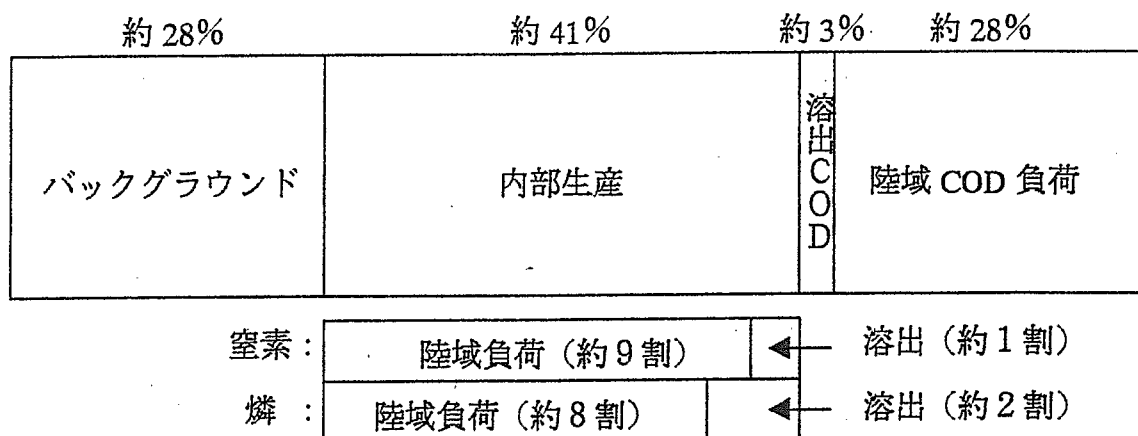
出典：1) 菅原兼男、佐藤正春、1966、東京湾の赤潮、千葉県内湾水産試験調査報告書、Vol. 8
 2) 田村静男、1970、東京内湾海域の水質変動と漁業生産、海洋科学、Vol. 2, No. 11
 3) 東京都環境保全局 東京内湾赤潮調査報告書
 4) 千葉県 水産試験場調査報告書
 5) 神奈川県 水産試験場調査報告書

3 海域における COD 濃度の寄与度と窒素・燐の陸域・溶出負荷割合（試算）

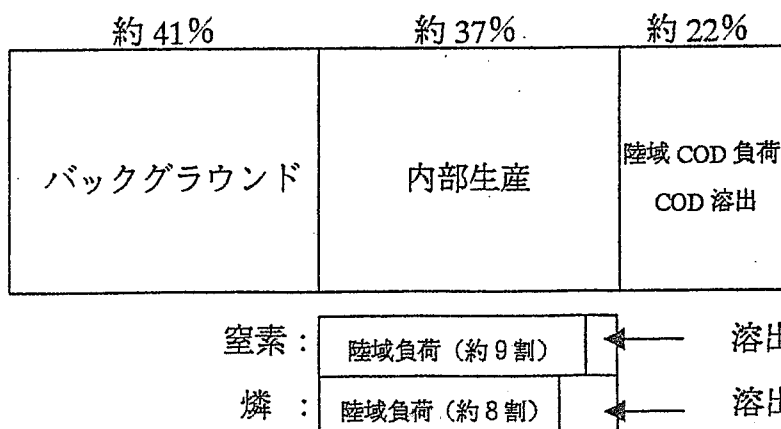
東京湾（H6～8 年度湾全体平均値 COD 3.1mg/l）



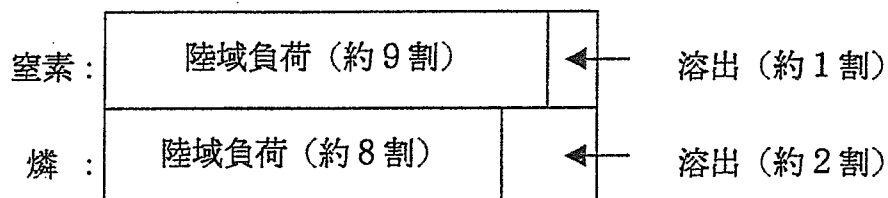
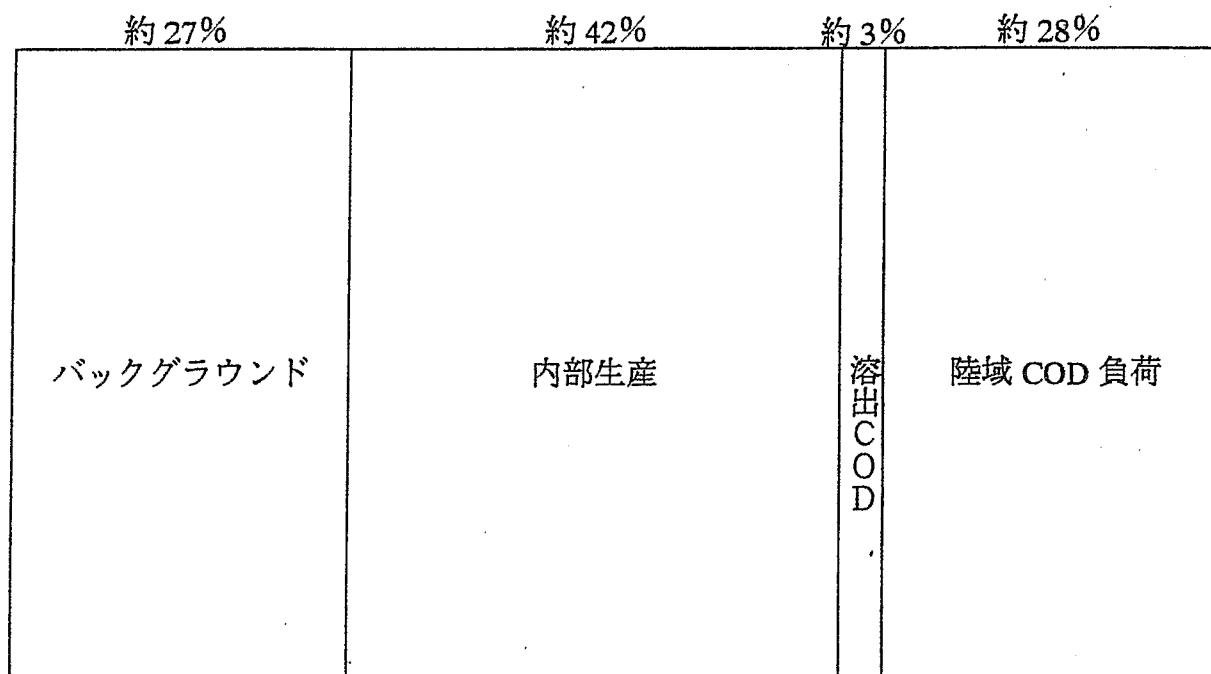
伊勢湾（H6～8 年度湾全体平均値 COD 3.0mg/l）



瀬戸内海（H6～8 年度海域全体平均値 COD 2.0mg/l）



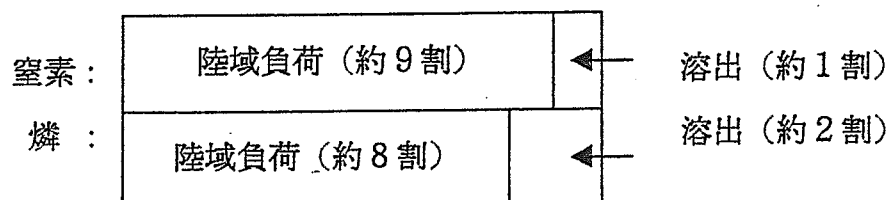
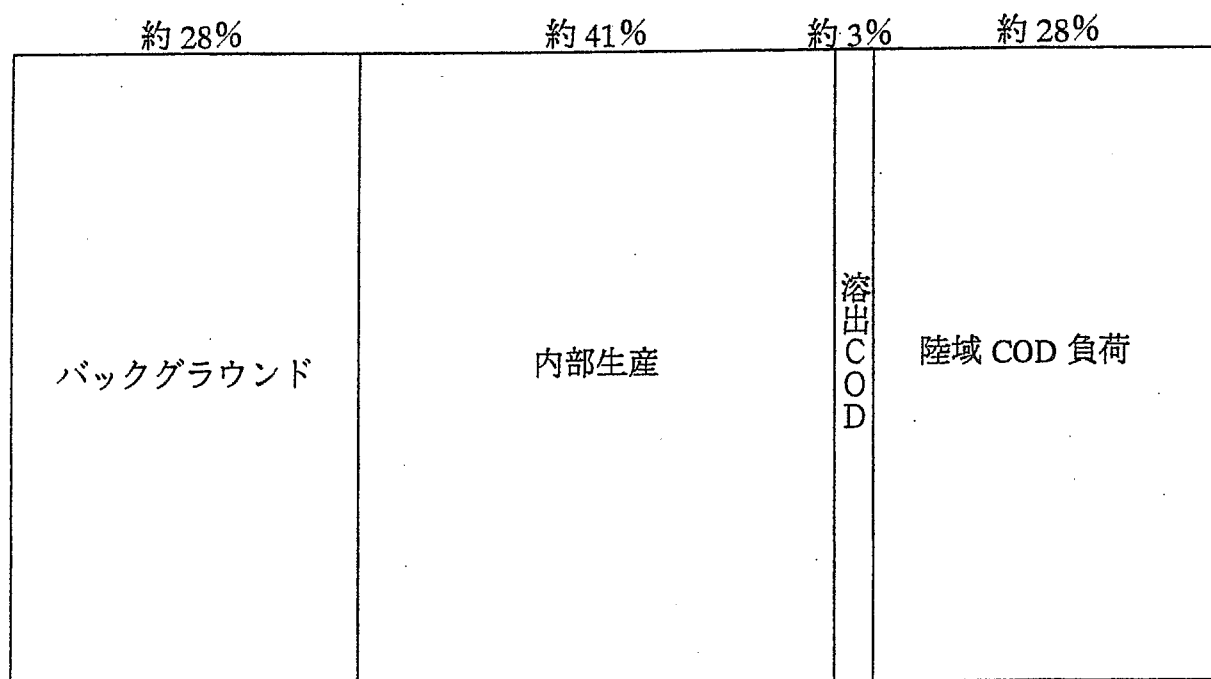
東京湾



○試算の前提条件

- 1) バックグラウンド値は、湾外水の COD 値として 0.83mg/l とした。(昭和 61 年度～平成 2 年度の 5 年間の太平洋表層水の平均 COD 濃度、平成 3 年度 日本近海海洋汚染実態調査報告書(総合解析編))
- 2) 平均 COD 濃度は、公共用水域水質調査結果から平成 6～8 年度の平均 COD 濃度 3.1mg/l とした。
- 3) 内部生産 COD の割合は、 Δ COD 法による平成 6～8 年度の平均値 41.9%を用いた。
- 4) 全体濃度からバックグラウンドと内部生産分を差し引いた残りが、陸域からの負荷と底泥からの溶出分と仮定した。
- 5) 東京湾における陸域からの COD 負荷量と底泥からの COD 溶出量の比率は、以下の値を用いた。
 陸域 COD 負荷量 : 286t/日 (平成 6 年度 COD 発生負荷量)
 COD 溶出量 : 30t/日 (環境庁, 1990, 閉鎖性海域汚濁機構解明調査—現地調査結果—)

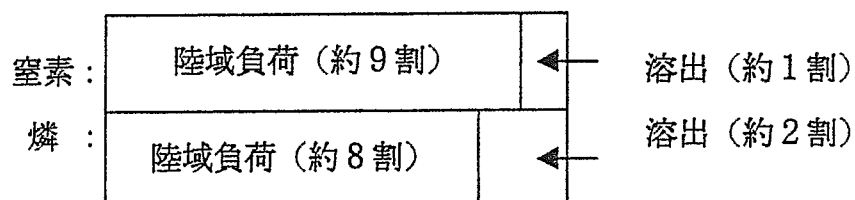
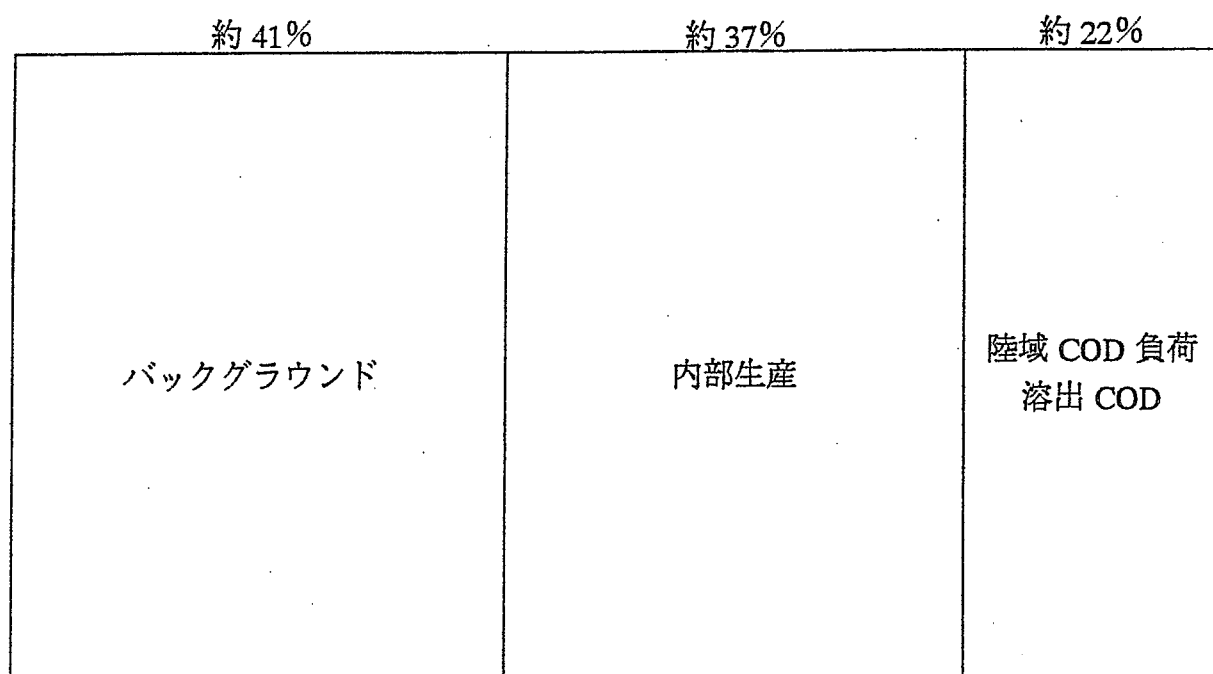
伊勢湾



○試算の前提条件

- 1) バックグラウンド値は、湾外水の COD 値として 0.83mg/l とした。(昭和 61 年度～平成 2 年度の 5 年間の太平洋表層水の平均 COD 濃度、平成 3 年度 日本近海海洋汚染実態調査報告書(総合解析編))
- 2) 平均 COD 濃度は、公共用水域水質調査結果から平成 6～8 年度の平均 COD 濃度 3.0mg/l とした。
- 3) 内部生産 COD の割合は、 Δ COD 法による平成 6～8 年度の平均値 40.6%を用いた。
- 4) 全体濃度からバックグラウンドと内部生産分を差し引いた残りが、陸域からの負荷と底泥からの溶出分と仮定した。

瀬戸内海



○試算の前提条件

- 1) バックグラウンド値は、湾外水の COD 値として 0.83mg/l とした。(昭和 61 年度～平成 2 年度の 5 年間の太平洋表層水の平均 COD 濃度、平成 3 年度 日本近海海洋汚染実態調査報告書(総合解析編))
- 2) 平均 COD 濃度は、公共用水域水質調査結果から平成 6～8 年度の平均 COD 濃度 2.0mg/l とした。
- 3) 内部生産 COD の割合は、 Δ COD 法による平成 6～8 年度の平均値 37.4%を用いた。
- 4) 全体濃度からバックグラウンドと内部生産分を差し引いた残りが、陸域からの負荷と底泥からの溶出分と仮定した。