

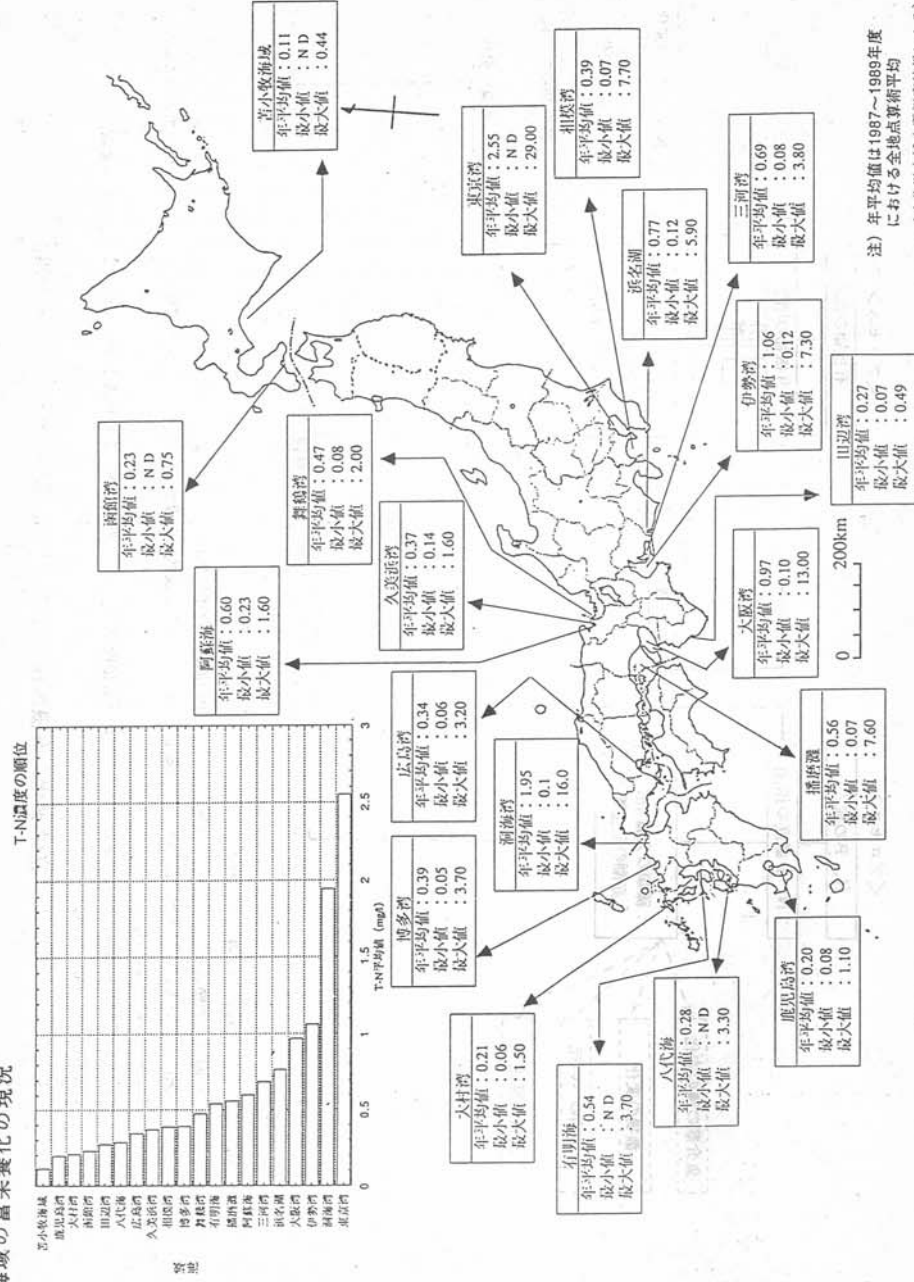
海域の窒素及び磷に係る環境基準等の
設定に関する参考資料

平成 5 年 6 月

目 次

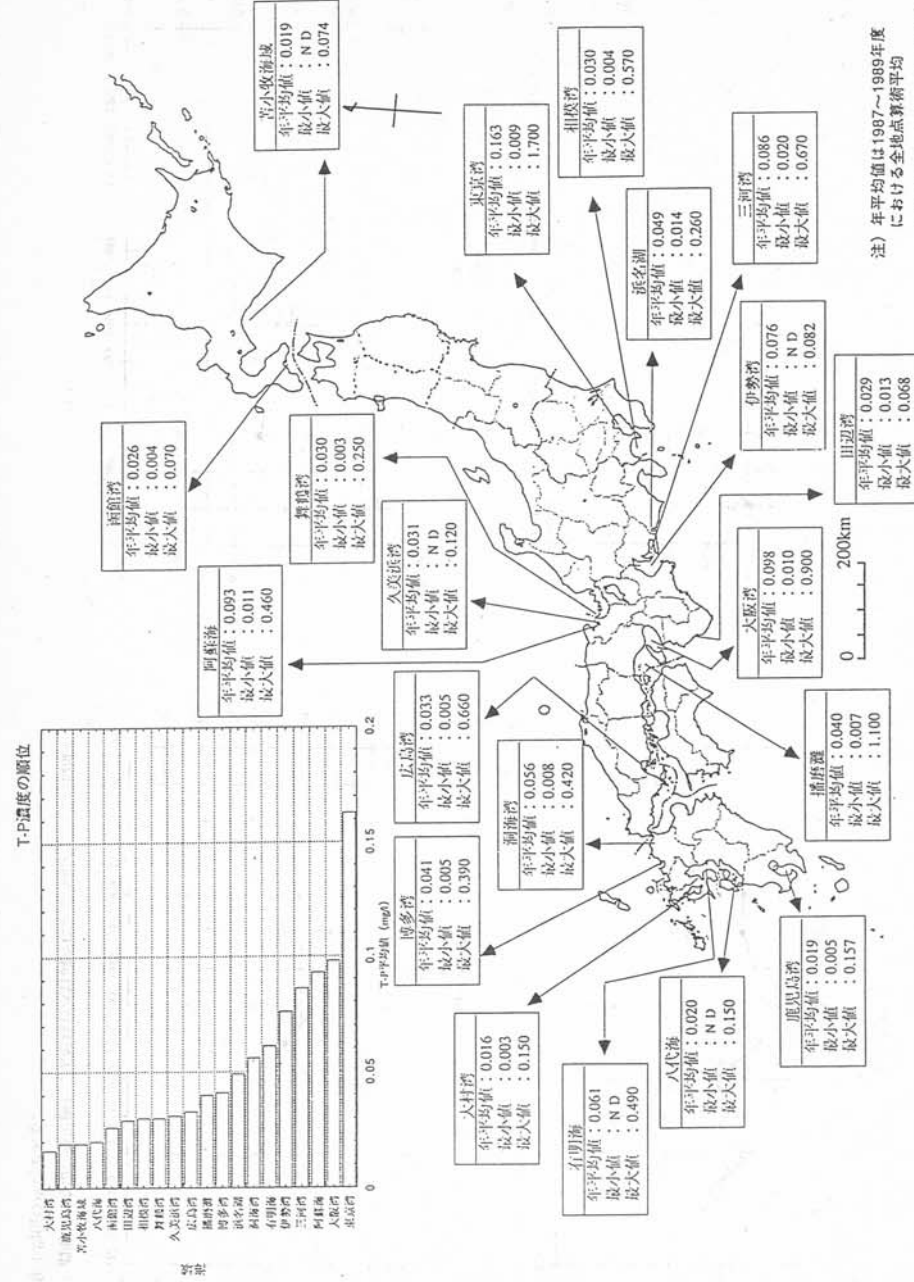
1. 富栄養化と有機汚濁による利水障害発生に至るプロセスの概念	・・・ 1
2. 海域の富栄養化の現況	・・・ 2
(1) 主要な海域における窒素濃度	・・・ 3
(2) 主要な海域における磷濃度	・・・ 4
(3) 東京湾等における窒素及び磷の濃度の推移	・・・ 5
(4) 我が国の主要な赤潮発生海域	・・・ 6
(5) 我が国の主要な貧酸素水塊発生海域	・・・ 7
(6) 東京湾等における赤潮・青潮の発生状況	・・・ 8
(7) 海水のN/P比及び植物プランクトンの細胞内N/P比	・・・ 9
① 海水のN/P比の変動の例	・・・ 10
② 我が国の内湾及び沿岸の海水のN/P比	・・・ 11
③ 植物プランクトンの細胞内N/P比	・・・ 12
3. 水質項目間の関連性	・・・ 13
4. 利水目的別の望ましい窒素及び磷の濃度レベルの設定について	・・・ 14
(1) 自然環境保全	・・・ 14
① 海中公園地区の水質	・・・ 14
② 外洋域における水質	・・・ 15
(2) 水浴	・・・ 15
① 水浴場近傍海域の水質	・・・ 15
② 水浴障害発生海域の水質	・・・ 16
(3) 生物生息環境保全	・・・ 16
① 内湾生物と溶存酸素の関係	・・・ 17
② 底生生物群集の種の多様性と底層の溶存酸素量との関係	・・・ 18
(4) 水産	・・・ 19
① 富栄養化の進行に伴い漁獲量の減少した主要な漁業生物一覧表	・・・ 20
② 漁業生物と貧酸素水塊の関連性の検討結果	・・・ 21
③ 漁業生物別の漁場内水質濃度の統計値	・・・ 22
④ 大阪湾・紀伊水道において相対評価の最も高かった漁場メッシュ数と水質の関係	・・・ 22
⑤ 海域別にみたノリ漁場の現状水質	・・・ 22
⑥ 単位網面積当りのノリ収穫量と年平均水質濃度の関係	・・・ 23
(5) 工業用水	・・・ 23
① 現状の工業用水としての利用水質	・・・ 24
5. 窒素・磷の環境基準値と他の水質指標との関係	・・・ 24
6. 我が国における海水交換能力の解析事例	・・・ 25
(1) 潮汐交換率の解析事例	・・・ 26
(2) 平均滞留時間の解析事例	・・・ 27
(3) 海水交換率の変動の例	・・・ 27
① 大村湾口における潮汐交換率の月別変化	・・・ 27
② 海域別平均滞留時間の月別変化	・・・ 28
③ 明石海峡と紀淡海峡の月別海水交換率の月別変動	・・・ 28
④ 明石海峡と紀淡海峡の月別海水交換率の平均値と標準偏差の季節変動	・・・ 28

2. 海域の富栄養化の現況



(1) 主要な海域における窒素 (T-N) 濃度 (mg/l)

(注) 年平均値は1987～1989年度における全地点算術平均



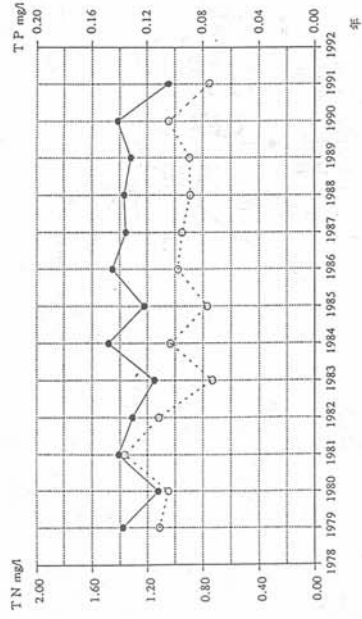
(2) 主要な海域における磷 (T-P) 濃度 (mg/l)

注) 年平均値は1987～1989年度における全地点算術平均
(公共用水域水質測定結果による)

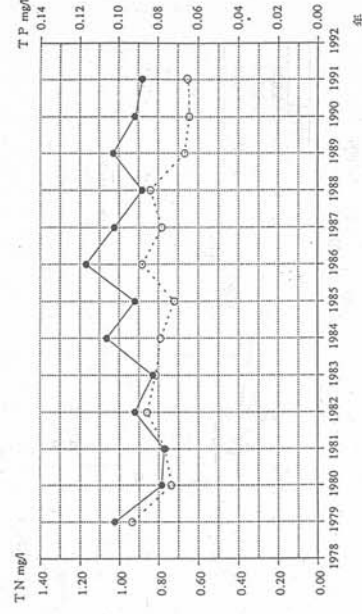
(3) 東京湾等における窒素及び磷の濃度の推移

● 窒素 (TN) 濃度 ○ 磷 (TP) 濃度

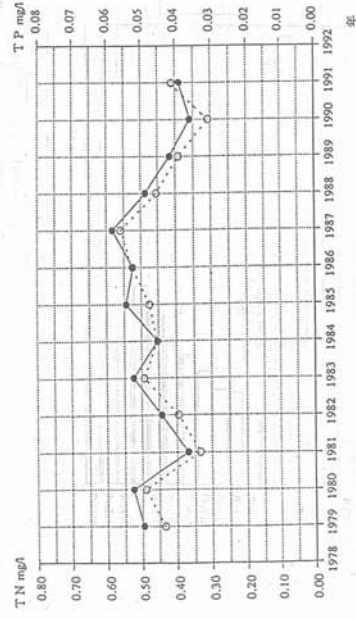
東京湾



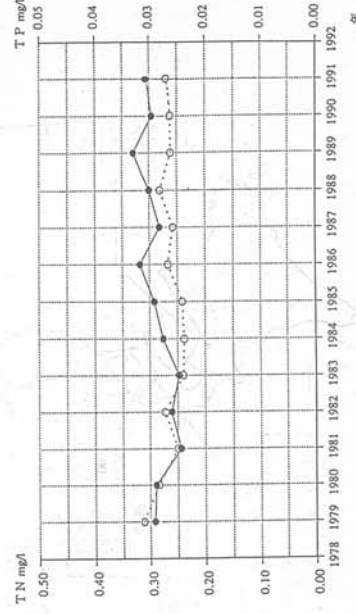
大阪湾



伊勢湾 (三河湾を含む)

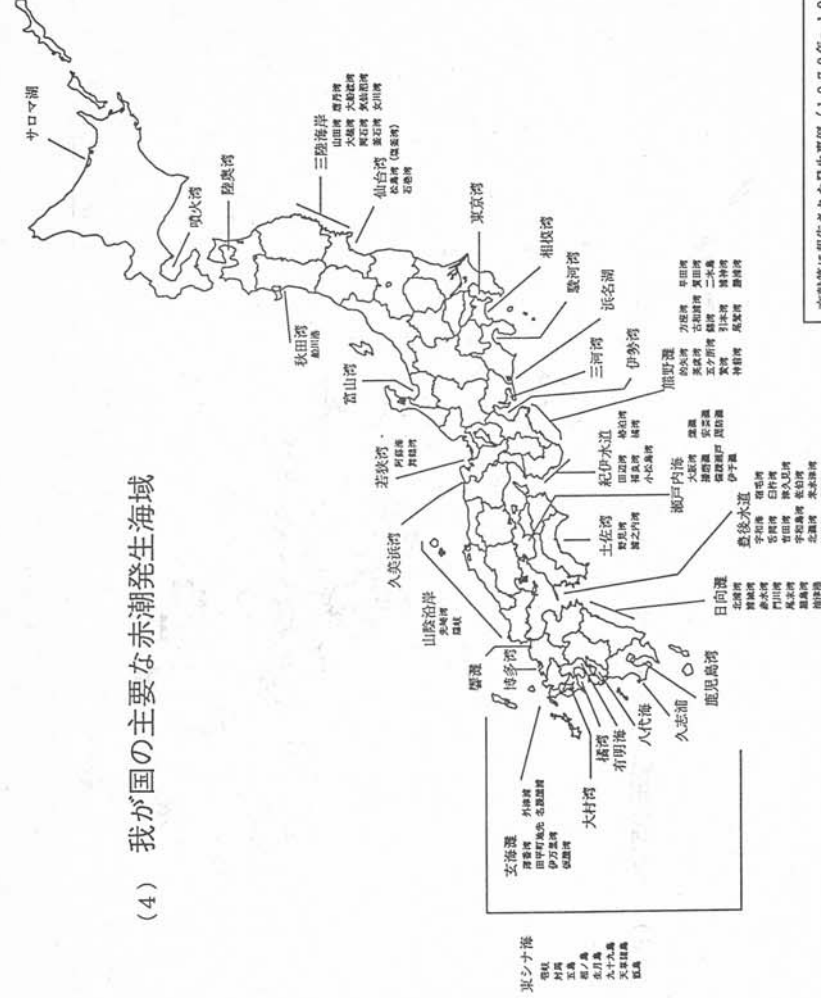


瀬戸内海 (大阪湾を含む)



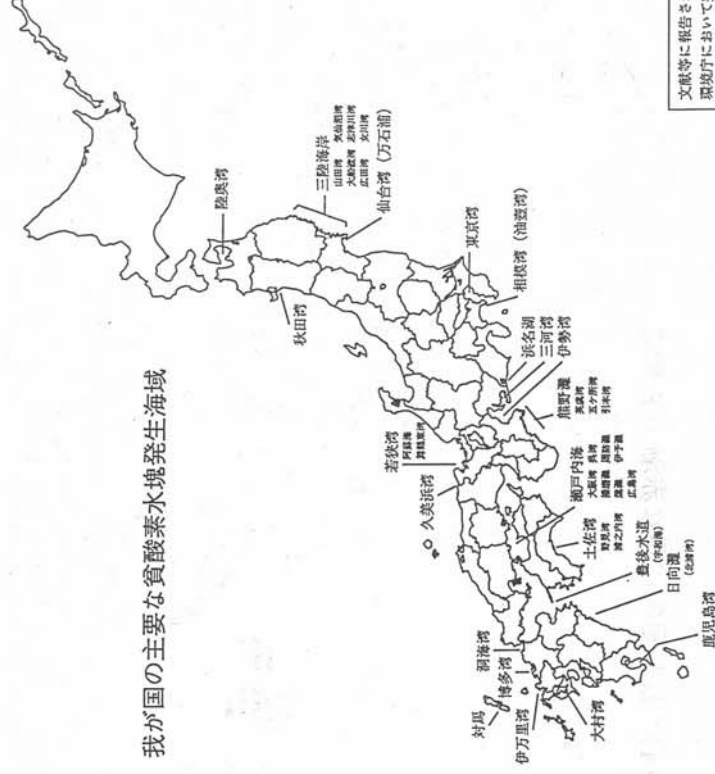
(注) 濃度は、環境庁が実施した広域総合水質調査による各測定点の上記濃度の年平均値の平均である。

(4) 我が国の主要な赤潮発生海域



文献等に報告された発生事例 (1970年~1989年) を
環境庁において整理して作成した。

三河湾における苦潮の発生状況



文献等に報告された発生事例（1970年～1989年）を
取境庁において整理して作成した。

郡県名／年度	54年度	55年度	56年度	57年度	58年度	59年度	60年度	61年度	62年度	63年度	64年度	65年度
赤湖発見件数 (件)												
東京府	16	20	17	32	19	12	18	23	18	16	14	17
千葉県	14	6	7	17	12	15	9	10	10	11	10	12
神奈川県	13	11	20	19	13	17	12	15	13	11	15	17
計	43	37	44	68	44	44	39	48	41	38	39	46
赤潮延べ日数 (日)												
東京都	81	65	99	124	76	85	108	80	82	78	69	84
千葉県	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
神奈川県	-	-	-	-	-	28	71	27	20	22	24	20
計	81	65	99	124	76	113	179	107	102	100	93	104

(各都県別へ)

[illegible]

瀬戸内海における赤潮の発生状況

	／年度	54年度	55年度	56年度	57年度	58年度	59年度	60年度	61年度	62年度	63年度	64年度	65年度	66年度	67年度	68年度	69年度	70年度	71年度	72年度	73年度
赤潮発生延件数	瀬戸内海	172	188	171	168	165	130	170	162	107	117	124	108	107							
	うち大阪湾	38	42	38	31	40	41	39	32	27	31	35	30	23							

(水産庁瀬戸内海漁場調整事務所「瀬戸内海の赤潮」による。)

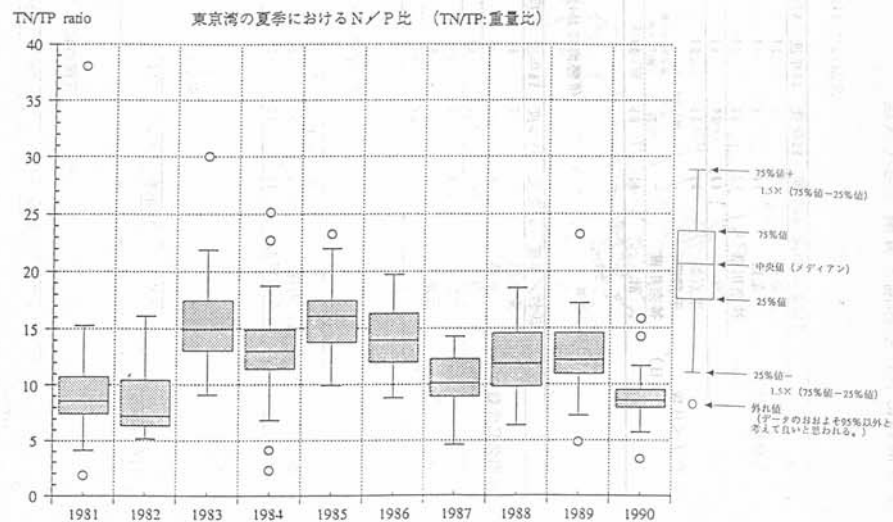
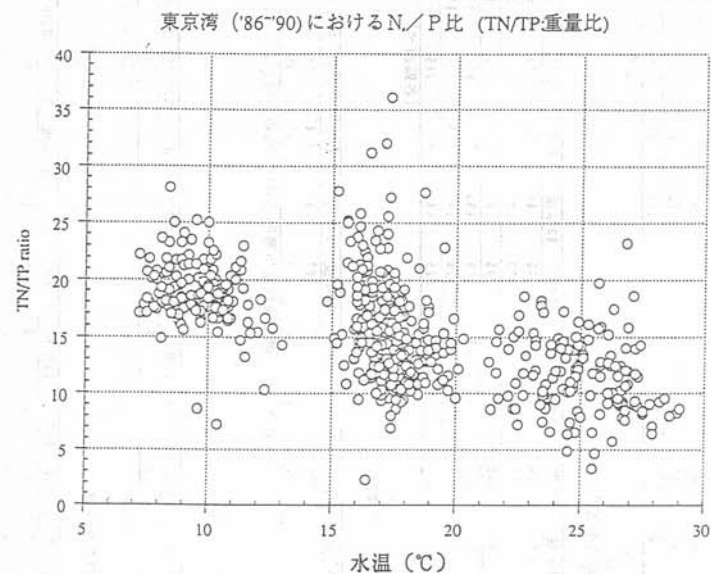
／年度	54年度	55年度	56年度	57年度	58年度	59年度	60年度	61年度	62年度	63年度	64年度	65年度	66年度	67年度
青潮発生件数	6	6	6	11	9	11	9	9	6	6	5	6	6	5

(環境庁調べ)

[illegible]

(7) 海水のN/P比及び植物プランクトンの細胞内N/P比

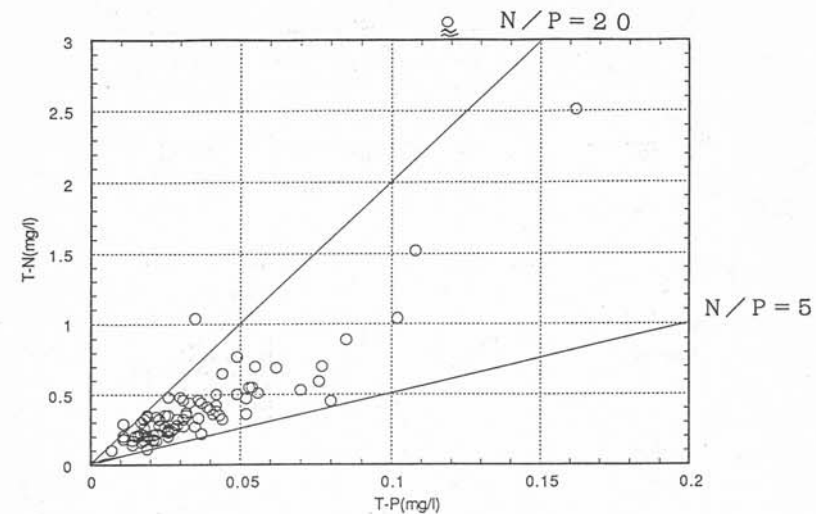
① 海水のN/P比の変動の例



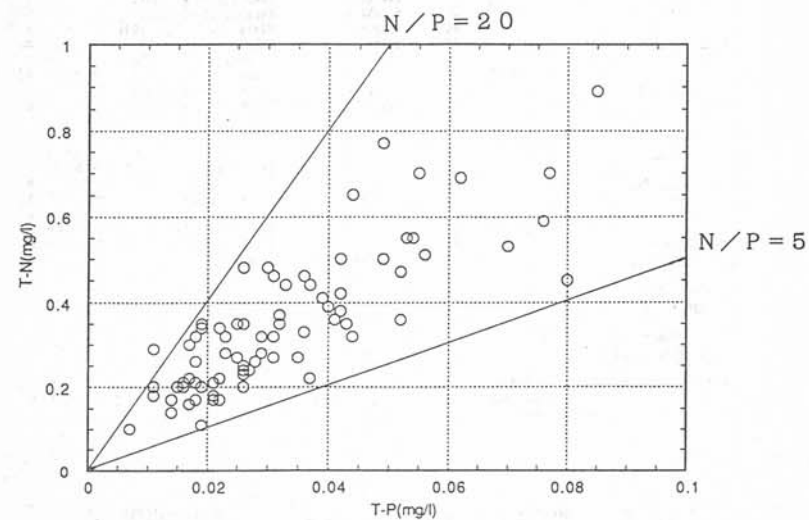
(広域総合水質調査による)

② 我が国の内湾及び沿岸の海水のN/P比

(海域毎の表層の3年間平均値)



上図のT-N 1 mg/l以下、T-P 0.1 mg/l以下の部分を拡大



(公共用水域水質測定結果による)

③ 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 (濃度比)
CYANOPHYCEAE	(濃度比)				
<i>Anacystis quadruplicatus</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
	5-15	CC	N-limited	Goldman et al. 1979	2 -7
	10.1-17.3	BC	stationary phase	Yynne & Rhee 1966	4.8 - 7.9
BACILLARIOPHYCEAE					
<i>Chaetoceros affinis</i>	7.9-43.5	BC	exp. phase	Kykkestad 1977	3.8-18.8
<i>C. debilis</i>	4.6	CC	N-limited	Harrison et al. 1977	2.1
<i>Chaetoceros</i> sp.	12.0	CC	non-limited	Harrison et al. 1977	5.5
<i>Coscinodiscus</i> sp.	15.0	BC	exp. phase	Parsons et al. 1961	3.8
<i>Odontoluxa brightwellii</i>	16.3-21.9	SC	exp. phase	Graneli & Moreire 1980	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 1966	10.2-20.2
<i>Skeletonema costatum</i>	7.7	CC	exp. phase	Parsons et al. 1961	3.5
	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	Kiyata et al. 1986	2 -9
	9.1-20.0	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
	24.0-51.7	BC	stationary phase	Yynne & Rhee 1966	10.9-23.5
DINOPHYCEAE					
<i>Asphidinium carterae</i>	13.2	BC	exp. phase	Parsons et al. 1961	6.0
	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	8.8
<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 minius</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		Graneli & Moreire 1980	6.7 - 7.8
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	13	SC	non-limited	Sakshaug et al. 1984	5.8
	19	SC	P-limited	Sakshaug et al. 1984	8.8
HAPTOPHYCEAE					
<i>Exilanthia huxleyi</i>	16-21	BC	exp. phase	Sakshaug et al. 1983	7.3 - 8.5
	16-18	N		Sakshaug & Olsen 1986	7.3 - 8.2
<i>Pavlova lutheri</i>	5.8	BC	exp. phase	Parsons et al. 1961	2.8
	15-115	CC	P-limited	Goldman et al. 1976	6.8-52.3
	37.9-48.9	CC	Media N/P changed	Terry et al. 1985	17.2-22.2
	12-66	CC	Media N/P changed	Tett et al. 1985	5.5-30
<i>Pyrenomonas parvus</i>	15.6-35.9	BC	stationary phase	Yynne & Rhee 1966	7.1-16.9
<i>Syracosphaera carterae</i>	17.4	BC	exp. phase	Parsons et al. 1961	7.9
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
	15.2	BC	stationary phase	Yatanabe et al. 1982	6.8
<i>Heterosigma akashiwo</i>	11.1-25	CC	Media N/P changed	Kiyata 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
(南海海区水産研究所赤潮環境部 山口峰生)

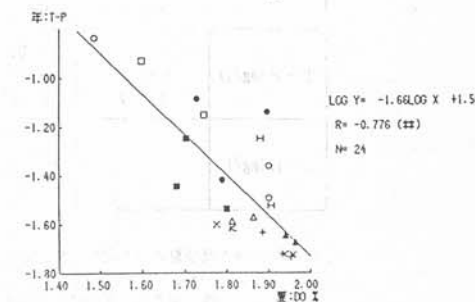
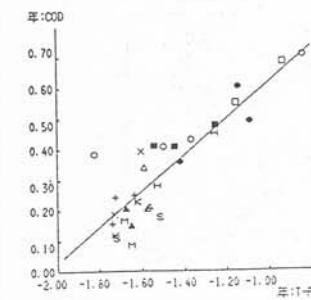
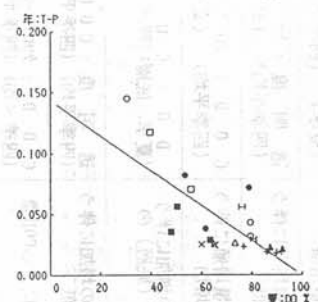
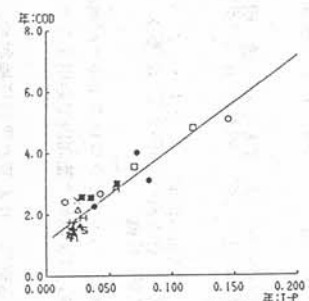
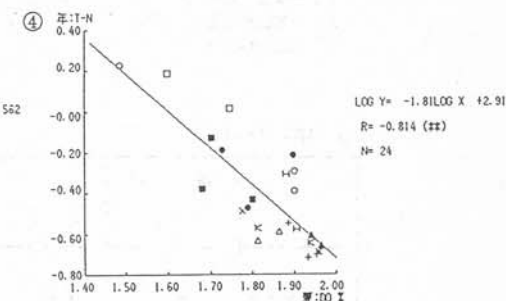
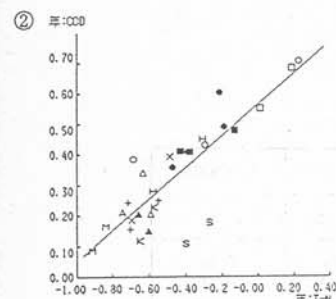
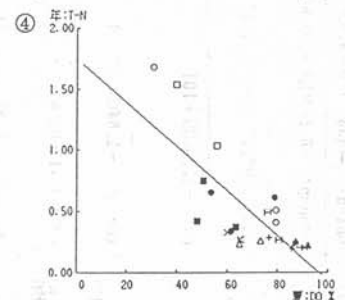
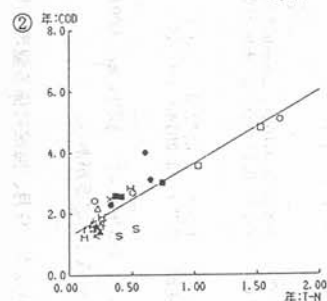
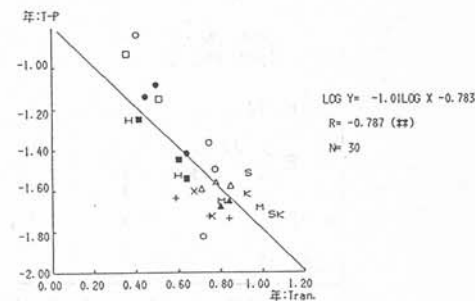
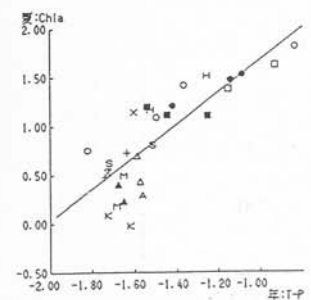
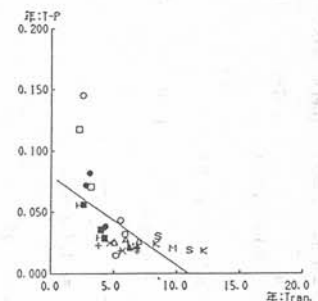
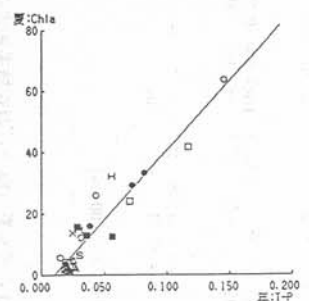
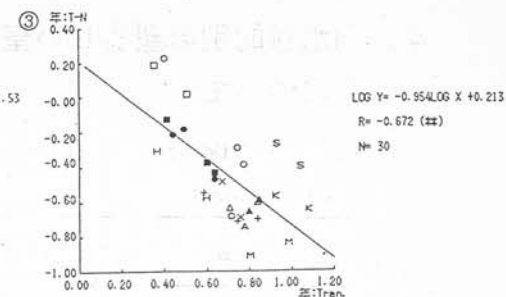
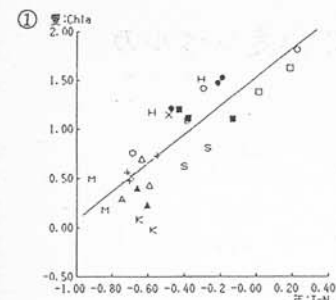
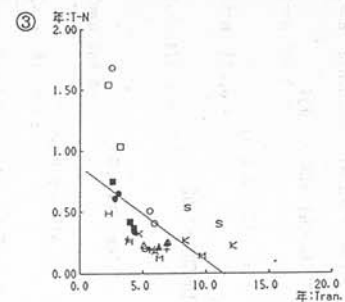
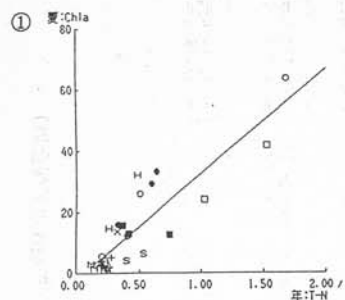
3. 水質項目間の関連性

図中 番号	現象	水質項目の組合せ	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	$\ln \mu \text{ T-N, T-P}$ (夏季) (四季平均)	$\text{Chl-a(S)} = 34.3 \text{ T-N} - 1.84$ $\text{Chl-a(S)} = 453 \text{ T-P} - 4.52$ $\text{Transp} = -0.113 \text{ Chl-a(S)} + 7.06$ $\text{COD} = 0.0627 \text{ Chl-a(S)} + 1.47$ $\text{DO} = -12.6 \text{ COD} + 101$	$\log \text{Chl-a(S)} = 1.45 \log \text{T-N} + 1.53$ $\log \text{Chl-a(S)} = 1.64 \log \text{T-P} + 3.31$ $\log \text{Transp} = -0.327 \log \text{Chl-a(S)} + 0.984$ $\log \text{COD} = 0.298 \log \text{Chl-a(S)} + 0.0707$ $\log \text{DO} = -0.567 \log \text{COD} + 2.03$
	藻類の大量増殖に伴う透明度の低下	$\ln \mu \text{ T-N, T-P}$ (夏季) (四季平均)	$\text{Transp} = -0.113 \text{ Chl-a(S)} + 7.06$ $\text{COD} = 0.0627 \text{ Chl-a(S)} + 1.47$ $\text{DO} = -12.6 \text{ COD} + 101$	$\log \text{Transp} = -0.327 \log \text{Chl-a(S)} + 0.984$ $\log \text{COD} = 0.298 \log \text{Chl-a(S)} + 0.0707$ $\log \text{DO} = -0.567 \log \text{COD} + 2.03$
	COD濃度の増加に伴う透明度の低下	$\ln \mu \text{ T-N, T-P}$ (夏季) (四季平均)	$\text{Transp} = -0.113 \text{ Chl-a(S)} + 7.06$ $\text{COD} = 0.0627 \text{ Chl-a(S)} + 1.47$ $\text{DO} = -12.6 \text{ COD} + 101$	$\log \text{Transp} = -0.327 \log \text{Chl-a(S)} + 0.984$ $\log \text{COD} = 0.298 \log \text{Chl-a(S)} + 0.0707$ $\log \text{DO} = -0.567 \log \text{COD} + 2.03$
	内部生産によるCOD濃度の増加	$\ln \mu \text{ T-N, T-P}$ (夏季) (四季平均)	$\text{Transp} = -0.113 \text{ Chl-a(S)} + 7.06$ $\text{COD} = 0.0627 \text{ Chl-a(S)} + 1.47$ $\text{DO} = -12.6 \text{ COD} + 101$	$\log \text{Transp} = -0.327 \log \text{Chl-a(S)} + 0.984$ $\log \text{COD} = 0.298 \log \text{Chl-a(S)} + 0.0707$ $\log \text{DO} = -0.567 \log \text{COD} + 2.03$
	N,Pの流入による内部生産	$\ln \mu \text{ T-N, T-P}$ (夏季) (四季平均)	$\text{Transp} = -0.113 \text{ Chl-a(S)} + 7.06$ $\text{COD} = 0.0627 \text{ Chl-a(S)} + 1.47$ $\text{DO} = -12.6 \text{ COD} + 101$	$\log \text{Transp} = -0.327 \log \text{Chl-a(S)} + 0.984$ $\log \text{COD} = 0.298 \log \text{Chl-a(S)} + 0.0707$ $\log \text{DO} = -0.567 \log \text{COD} + 2.03$
	内部生産による藻類の大量増殖	$\ln \mu \text{ T-N, T-P}$ (夏季) (四季平均)	$\text{Transp} = -0.113 \text{ Chl-a(S)} + 7.06$ $\text{COD} = 0.0627 \text{ Chl-a(S)} + 1.47$ $\text{DO} = -12.6 \text{ COD} + 101$	$\log \text{Transp} = -0.327 \log \text{Chl-a(S)} + 0.984$ $\log \text{COD} = 0.298 \log \text{Chl-a(S)} + 0.0707$ $\log \text{DO} = -0.567 \log \text{COD} + 2.03$
②	N,P濃度の増加に伴う藻類の大量増殖	$\ln \mu \text{ T-N, T-P}$ (夏季) (四季平均)	$\text{Transp} = -0.113 \text{ Chl-a(S)} + 7.06$ $\text{COD} = 0.0627 \text{ Chl-a(S)} + 1.47$ $\text{DO} = -12.6 \text{ COD} + 101$	$\log \text{Transp} = -0.327 \log \text{Chl-a(S)} + 0.984$ $\log \text{COD} = 0.298 \log \text{Chl-a(S)} + 0.0707$ $\log \text{DO} = -0.567 \log \text{COD} + 2.03$
③	N,P濃度の増加に伴う藻類の大量増殖	$\ln \mu \text{ T-N, T-P}$ (夏季) (四季平均)	$\text{Transp} = -0.113 \text{ Chl-a(S)} + 7.06$ $\text{COD} = 0.0627 \text{ Chl-a(S)} + 1.47$ $\text{DO} = -12.6 \text{ COD} + 101$	$\log \text{Transp} = -0.327 \log \text{Chl-a(S)} + 0.984$ $\log \text{COD} = 0.298 \log \text{Chl-a(S)} + 0.0707$ $\log \text{DO} = -0.567 \log \text{COD} + 2.03$
④	N,P濃度の増加に伴う藻類の大量増殖	$\ln \mu \text{ T-N, T-P}$ (夏季) (四季平均)	$\text{Transp} = -0.113 \text{ Chl-a(S)} + 7.06$ $\text{COD} = 0.0627 \text{ Chl-a(S)} + 1.47$ $\text{DO} = -12.6 \text{ COD} + 101$	$\log \text{Transp} = -0.327 \log \text{Chl-a(S)} + 0.984$ $\log \text{COD} = 0.298 \log \text{Chl-a(S)} + 0.0707$ $\log \text{DO} = -0.567 \log \text{COD} + 2.03$

注1) 水質項目の単位: クロロフィル-a(mg/m³), T-N(mg/ℓ), 透明度(m), COD(mg/ℓ), DO(%)

注2) 回帰式は実測値の範囲内で適用するよう留意する必要がある。

海域に係る調査・りん等水質目標検討会、平成4年9月、海域に係る調査・りん等水質目標検討会結果報告書(環境庁水質保全局)



A サロマ湖 M 豊奥湾 □ 東京湾 S 相模湾 ● 三河湾
 ■ 伊勢湾 ○ 大阪湾 △ 播磨灘 ▲ 能登 × 広島湾
 + 周防灘 K 鹿児島湾 ○ 大村湾 H 博多湾

A サロマ湖 M 豊奥湾 □ 東京湾 S 相模湾 ● 三河湾
 ■ 伊勢湾 ○ 大阪湾 △ 播磨灘 ▲ 能登 × 広島湾
 + 周防灘 K 鹿児島湾 ○ 大村湾 H 博多湾

4. 利水目的別の望ましい窒素及び磷の濃度レベルの設定について

(1) 自然環境保全

① 海中公園地区の水質

水質項目	地点数	データ数	平均値	最小値	最大値	一定値を超えるデータ数(割合)
T-N (実測値のみ) (mg/l)	6	16	0.16	0.07	0.24	14 (88%)
T-N (透明度からの計算値を含む)	19	55	0.15	0.07	0.24	52 (95%)
T-P (実測値のみ) (mg/l)	6	16	0.015	0.010	0.024	14 (88%)
T-P (透明度からの計算値を含む)	19	55	0.013	0.008	0.024	53 (96%)
COD (mg/l)	16	48	1.0	0.5	2.2	47 (98%)
透明度 (m)	18	54	13	7	20	45 (83%)

- (注) 1. データ数、最小、最大は、各測定点の各年度の平均値を1データとした場合の値である。
 2. 「一定値を超える」とは、T-N 0.2mg/l以下、T-P 0.02mg/l以下、COD 2mg/l以下、透明度10m以上をいう。

② 外洋域における水質

	親潮域	黒潮域				対馬海流域
	A-6	B-2	C-3	D-2	E-4	
T-N (mg/l)	0.08 ±0.02 (n=5)	0.09 ±0.03 (n=6)	0.08 ±0.04 (n=8)	0.08 ±0.02 (n=4)	0.09 ±0.04 (n=6)	
T-P (mg/l)	0.02 ±0.01 (n=9)	0.01 ±0.01 (n=12)	0.01 ±0.01 (n=11)	0.01 ±0.01 (n=9)	0.01 ±0.01 (n=11)	
COD (mg/l)	—	0.9 ±0.2 (n=11)	0.7 ±0.2 (n=11)	0.7 ±0.3 (n=9)	0.9 ±0.2 (n=11)	

(環境庁日本近海海洋汚染実態調査資料より作成)

- (注) 資料は春季及び夏季の測定値を集計したもので、データの集計期間は次の通りである。
 T-N: 1980~85年の平均値; T-P, COD: 1975~85年の平均値。なお、表中の数字は平均値、標準偏差及びデータ数を示す。

(2) 水浴

① 水浴場近傍海域の水質

水質項目	地点数	データ数	算術平均値	幾何平均値	最小値	中央値	75%値	最大値
T-N (実測値のみ) (mg/l)	47	141	0.36	0.30	0.05	0.30	0.41	1.45
T-N (透明度からの計算値を含む)	86	257	0.33	0.28	0.05	0.29	0.38	1.45
T-P (実測値のみ) (mg/l)	48	144	0.027	0.024	0.008	0.023	0.030	0.12
T-P (透明度からの計算値を含む)	86	257	0.027	0.024	0.008	0.024	0.032	0.12
COD (mg/l)	101	302	1.4	1.3	0.5	1.4	1.7	6.9
透明度 (m)	76	227	6.7	6.1	2.0	6.2	8.6	16.0

- (注) 1. データ数、最小値、中央値、75%値、最大値は、各測定点の各年度の平均値を1データとした場合の値である。
 2. 水浴場から1km程度以内の測定点のデータを使用した。ただし、汚染源が少ないと考えられる水域では2km程度離れている場合でも使用した。

② 水浴障害発生海域の水質

水質項目	データ数	最小値	最大値
T-N (mg/l)	10	0.30	0.90
T-P (mg/l)	10	0.03	0.14
COD (mg/l)	10	1.7	3.6

(8) 生物生息環境保全

① 内湾生物と溶存酸素の関係

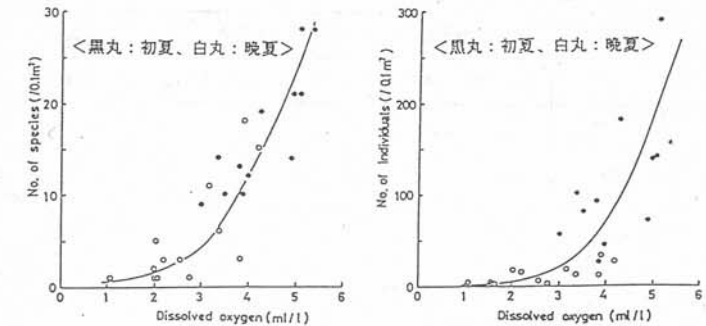
(☐ 致死限界値、 ☐ 影響発生限界値)

生物名	溶存酸素 (mg/l)									文献
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
魚										
クロダイ (稚魚) *										1
カタクチイワシ *										1, 4
サバ *										4
ハマチ *										4
ボラ *										4
類										
スジハセ *										3
カワハギ *										3
貝										
マガキ (成貝) *										2
アカガイ (成貝) *										2, 3
ホタテガイ (稚・成貝) *										2
アコヤガイ (産卵期) *										1
ハマグリ (成貝) *										2
チョウセンハマグリ (成貝) *										2
ヤマトシジミ (成貝) *										2
バイ *										3
ホトギス										3
類										
ゴイサキガイ										3
イヨスグレ										3
チョノハナガイ										3
キセワタ										3
モ										
の										
他										
クルマエビ (成体) *										2
ホウカイエビ (成体) *										2
シャコ *										3
ガザミ (幼生) *										2
イシガニ *										3
バフンウニ (成体) *										2
サンショウウニ *										3
スナヒトデ										3
マダコ (成体) *										2
ゴカイ										3
イソゴカイ										5

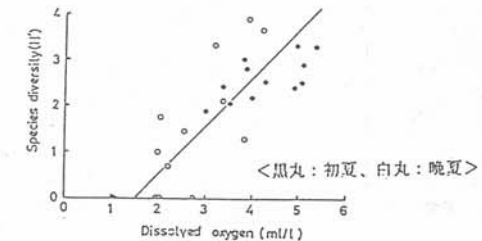
- (注1) 文献番号 1. 水産生物生態資料集 (日本水産資源保護協会、1981)
 2. 沿岸漁業設備開発事業調査設計指針 (日本水産資源保護協会、1978)
 3. 石尾 (1982)
 4. 環境影響評価技術資料集 (環境庁、1978)
 5. 水産生物生態資料集 (続) (日本水産資源保護協会、1983)

(注2) *: 水産生物

② 底生生物群衆の種の多様性と底層の溶存酸素量との関係



燧灘と播磨灘における底生動物群衆の密度と海底直上水の溶存酸素との関係



燧灘と播磨灘における底生動物群衆の種の多様性指数と海底直上水の溶存酸素との関係 (今林、1983)

(今林博道、1983、底生動物群衆に及ぼす貧酸素水塊の影響、日本水産学会誌、49(1):7-15)

(4) 水産

① 富栄養化の進行に伴い漁獲量の減少した主要な漁業生物一覧表

漁獲統計資料に基づき対象とする年代間（富栄養化の進行した時期とそれ以前の清澄な時期）で漁獲量の減少した主要な漁業生物の一覧表

漁業生物		東京湾	大阪湾	広島湾
		(1948) - (1965/68)	(1953/54) - (1969~71)	(1955/57) - (1970/71)
魚類	ブリ類	○	—	—
	スズキ	○	—	○
	マダイ	○	○	○
	クロダイ	○	○	○
	マアナゴ	—	—	○
	ハモ	—	○	○
	ヒラメ	—	—	○
	クルマエビ	○	—	○
その他の水産生物	その他のエビ類	○	○	○
	ガザミ	○	○	○
	カニ類	○	—	—
	イカ類	○	○	—
	タコ類	—	○	○
貝類	アサリ	—	○	○
	ハマグリ	○	—	○
	アカガイ	—	○	—
	トリガイ	—	—	○

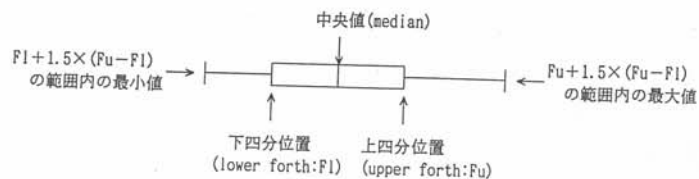
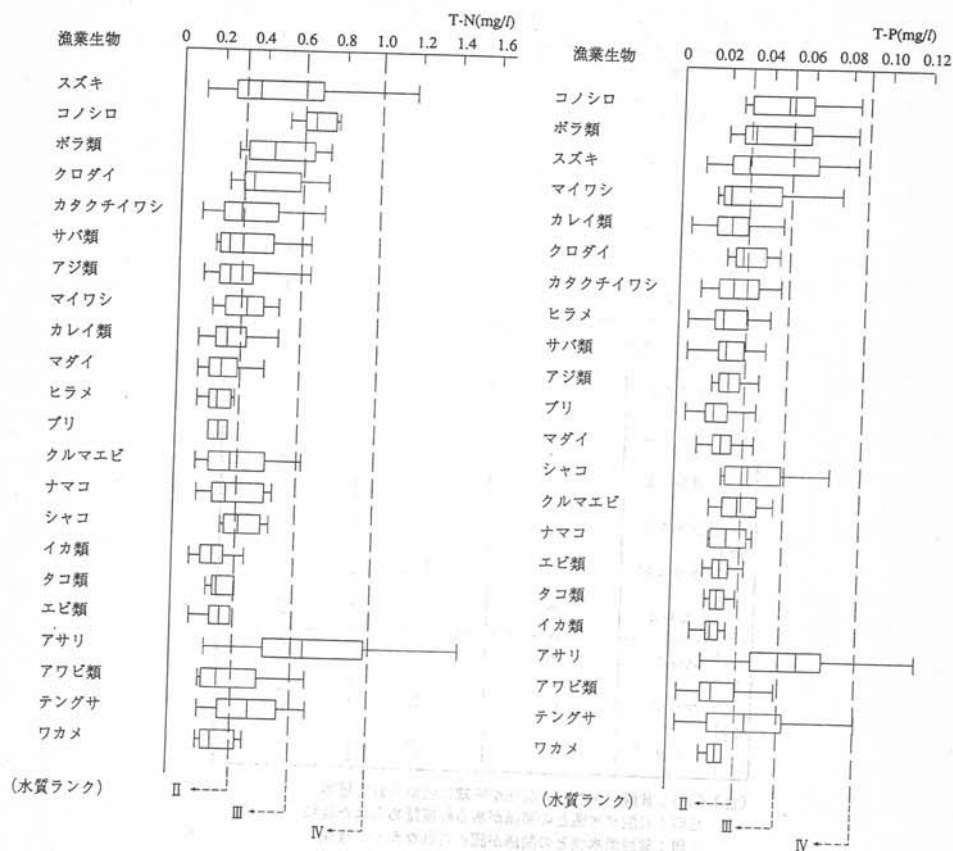
(注) ○印：漁獲量の減少が認められた種類
 —印：漁獲量の減少が認められなかった種類
 空欄：資料がない等のため検討できなかった種類

② 漁業生物と貧酸素水塊の関連性の検討結果

漁業生物		東京湾	大阪湾	広島湾
魚類	アオギス	△	—	—
	ネズミゴチ	○	—	—
	イシガレイ	○	—	—
	マアナゴ	—	—	○
	ハモ	—	—	○
その他の水産動物	クルマエビ	○	○	○
	サルエビ	○	—	—
	アカエビ	○	○	—
	ヨシエビ	○	△	○
	クマエビ	—	—	○
	トラエビ	—	○	—
貝類	ガザミ	○	△	○
	ハマグリ	△	—	○
	アカガイ	○	△	○
	トリガイ	—	○	—

(注) ○印：貧酸素水塊との関係が明確に認められた種類
 △印：貧酸素水塊との関係がある程度認められた種類
 —印：貧酸素水塊との関係が認められなかった種類
 空欄：資料がないため検討できなかった種類

③ 漁業生物別の漁場内水質濃度の統計値



(環境庁水質保全局調べ)

④ 大阪湾・紀伊水道において相対評価のもっとも高かった漁場メッシュ数と水質の関係
(里見至弘、1989、大阪湾における漁場評価と水質 (COD, TP, TN) との対応関係、水産の研究 8(3)、緑書房:90-95)

	COD (mg/l)				TP (mg/l)					TN (mg/l)			
	<2	2-3	3-4	4<	<0.03	0.03-0.05	0.05-0.1	0.1-0.2	0.2<	<0.3	0.3-0.5	0.5-1.0	1.0<
1) 漁船漁業計の漁獲量分布		6	6	4		1	9	5	1			8	8
2) 漁船漁業計の生産指数分布	7	7	1	1	1	7	7		1	2	5	8	1
3) 魚種別漁獲量													
マイワシ		4	5	5			8	5	1			6	8
ギラ	1	2	6	4		1	4	6	2		1	7	5
スズキ		5	4	5			7	4	3			8	6
カタクチイワシ		4	1	3			6	2				2	5
サハ		6	4	2			8	2	2			8	4
マアサ		4	1	3			5	1	2			5	3
クロダイ	8	4	1	1	5	4	2	1	1	5	4	3	2
シラス	8	5			1	8	4			3	6	4	
アサリ	9	5			6	7	1			4	7	3	
タコ	7	2			6	3				6	2	1	
カレイ類	10	6			7	8	1			3	11	2	
メダイ	6	4			5	5				3	6	1	
イサナ	10				10					9	1		
サワ	7				7					6	1		
アサリ	9				9					9			
マアサ	6				5	1				6			
ヒラメ	1				1					1			
タコ	14	1			13	2				11	4		
フカ	3				1	2				1	2		
クルマエビ	8				5	3				6	2		
エビ類	10	4			10	4				7	6	1	
ガサミ	8	2			3	7				5	4		
シャコ	6	1			2	5				4	3		
ナマコ	6				6					6			

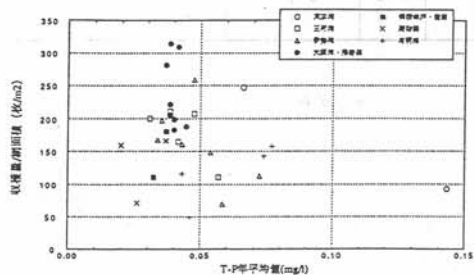
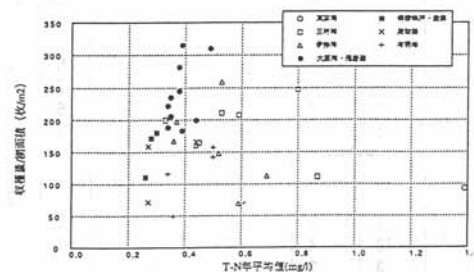
⑤ 海域別にみたノリ漁場の現状水質（単位：mg/l）

海 域	DIN (10-3月平均)	T-N (年平均)	PO ₄ -P (10-3月平均)	T-P (年平均)
東京湾	0.70	1.10	0.060	0.105
三河湾	0.28	0.55	0.020	0.043
伊勢湾	0.24	0.50	0.024	0.049
大阪湾・播磨灘	0.15	0.39	0.018	0.040
備讃瀬戸・燧灘	0.07	0.28	0.015	0.035
周防灘	0.11	0.33	0.010	0.028
有明海	0.18	0.42	0.031	0.060

（環境庁水質保全局、1992.

平成4年度海域窒素・りん環境基準設定調査（ノリと水質に関する調査）報告書より）

⑥ 単位網面積当りのノリ収穫量と年平均水質濃度の関係



（環境庁水質保全局、1992.

平成4年度海域窒素・りん環境基準設定調査（ノリと水質に関する調査）報告書より）

(5) 工業用水

① 現状の工業用水としての利用水質

a. 原料用水

	データ数	最小値	平均値	中央値	75%値	最大値
T-N	8	0.15	0.57	0.42	1.00	1.5
T-P	10	0.007	0.041	0.036	0.05	0.13

b. 冷却用水

	データ数	最小値	平均値	中央値	75%値	最大値
T-N	28	0.1	0.79	0.78	0.88	3.9
T-P	28	0.02	0.074	0.06	0.08	0.37

（環境庁水質保全局調べ）

（注）最小値、平均値、中央値、75%値、最大値の単位はmg/l

参考文献

P. 14からP. 23で特に表記のないものは、海域に係る窒素・りん等水質目標検討会、平成4年9月、海域に係る窒素・りん等水質目標検討調査結果報告書（環境庁水質保全局）による。

6. 我が国における海水交換能力の解析事例

(1) 潮汐交換率の解析事例

海 域 名	潮 汐 交 換 率 (%)				方 法 (トレーサ)
	r_e	r_i	r_g	r_t	
東京湾湾口	8-10	-	-	-	現地観測 (塩分) ¹
伊勢湾湾口	3-11	1-6	1-4	-	模型実験 (ウレニック) ²
	5-15	-	-	-	現地観測 (塩分) ³
久美浜湾	97	84	82	-	現地観測 (塩分) ⁴
松島湾水道部	-	-	26-36	-	現地観測 (塩分) ⁵
作澤部	-	-	5-20	-	現地観測 (塩分) ⁶
古満目湾	7-27	-	-	-	現地観測 (塩分) ⁷
川平湾	42	83	39	-	現地観測 (塩分) ⁸
	-	-	-	46-57	現地観測 (塩分) ⁹
大村湾	18-34	24-52	11-25	-	現地観測 (塩分) ¹⁰
浜名湖	-	-	-	14-36	現地観測 (塩分) ¹¹
	-	-	15-30	-	現地観測 (塩分) ¹²
豊後水道	-	-	11	-	現地観測 (塩分) ¹³
布刈瀬戸	20	50	(17)	-	現地観測 (ブイ) ¹⁴
井口瀬戸	44	77	(39)	-	現地観測 (ブイ) ¹⁵
宮窪瀬戸	51	13	12	-	現地観測 (ブイ) ¹⁶
来島海峡西水道	26	7	(6)	-	現地観測 (ブイ) ¹⁷
東水道	69	30	26	-	現地観測 (ブイ) ¹⁸
鳴門海峡	63	47	(37)	-	数値実験 (マーカー) ¹⁹
	-	-	6	-	数値実験 (塩分) ²⁰
紀淡海峡	26	23	(14)	-	数値実験 (マーカー) ²¹
明石海峡	41	11	(10)	-	数値実験 (マーカー) ²²
	-	-	16	-	数値実験 (塩分) ²³
	-	-	34	-	現地観測 (塩分) ²⁴
	-	-	33	-	現地観測 (塩分) ²⁵
	-	-	28	-	現地観測 (塩分) ²⁶

注) 潮汐交換率の定義

r_e : 上げ潮による流入量のうち、初めて湾内に流入する外海水の占める割合

r_i : 下げ潮による流出量のうち、初めて湾外に流出する湾内水の占める割合

r_g : 外海水と湾内水が直接交換するとして1潮汐間の交換の割合

r_t : 上げ潮期間中に湾内に流入した全海水量のうち、湾内に捕ええられる海水量の割合

なお、() 内の数値は、柏井⁴による計算値である。

5. 窒素・磷の環境基準値と他の水質指標との関係

類型	全窒素	全磷	(参考)他の水質指標の相当レベル		
			DO	COD	透明度
I	0.2mg/l以下	0.02mg/l以下	5ml/l以上	1.7 mg/l以下	7~9m以上
II	0.3mg/l以下	0.03mg/l以下	4ml/l以上	2 mg/l以下	5~6m以上
III	0.6mg/l以下	0.05mg/l以下	3ml/l以上	3 mg/l以下	3~4m以上
IV	1.0mg/l以下	0.09mg/l以下	2ml/l以上	4~5mg/l以下	2~3m以上

(注)1. (参考)は、過去の調査結果による水質項目間の相関関係式等から得られた概ねの値

2. 全窒素, 全磷, CODは表層年平均値、DOは底層夏季平均値、透明度は年平均値、

CODの表層年平均値は全層75%値(環境基準の評価方法)にはほぼ相当する

(2) 平均滞留時間の解析事例

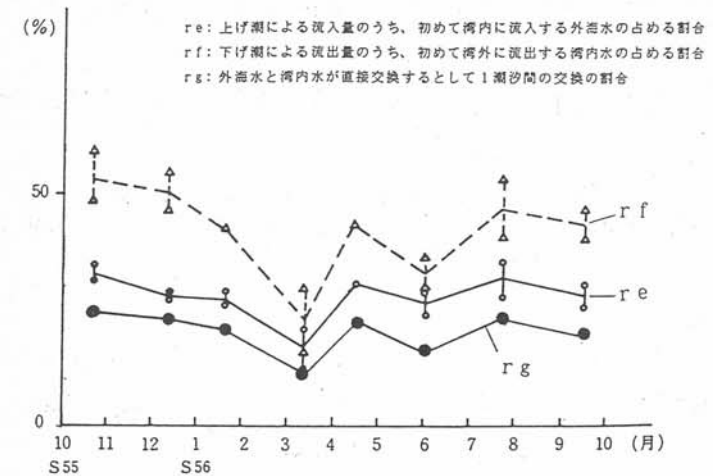
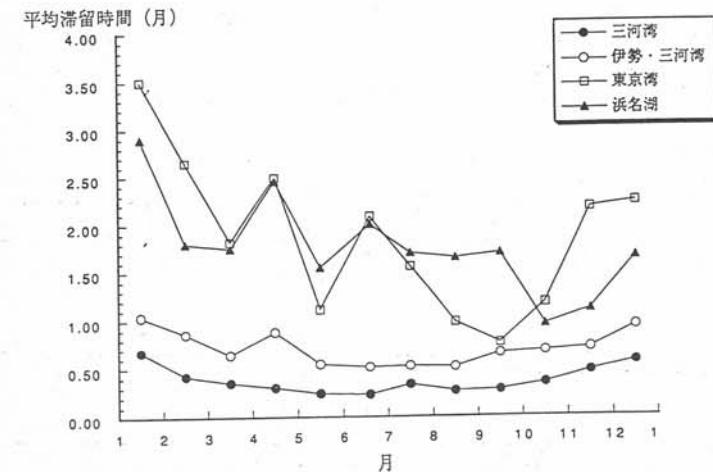
海 域 名	対象水塊	平均滞留時間 (月)	方 法 (トレーサ)
瀬戸内海全域	海水全体	$\tau_r = 14.7$	数値実験 (塩分) ²⁷
	海水全体	$\tau_r = 6.4$	数値実験 (塩分) ²⁸
	河川水	$\tau_r = 8.3$	数値実験 (塩分) ²⁹
	外洋水	$\tau_r = 15.3$	数値実験 (塩分) ³⁰
	河川水	$\tau_r = 7.7$	数値実験 (塩分) ³¹
	外洋水	$\tau_r = 1.3$	数値実験 (塩分) ³²
大阪湾	海水全体	$\tau_r = 2.3$	模型実験 (マーカー) ³³
	河川水	$\tau_r = 1.5$	データ解析 (塩分) ³⁴
釧路湾	海水全体	$\tau_r = 2.6$	模型実験 (マーカー) ³⁵
広島湾	海水全体	$\tau_r = 3.0$	模型実験 (マーカー) ³⁶
	湾口部 海水全体	$\tau_r = 0.3$	模型実験 (マーカー) ³⁷
	湾奥部 海水全体	$\tau_r = 1.7$	模型実験 (マーカー) ³⁸
	湾西部 海水全体	$\tau_r = 2.1$	模型実験 (マーカー) ³⁹
呉湾	海水全体	$\tau_r = 0.3$	模型実験 (マーカー) ⁴⁰
陸奥湾	河川水	$\tau_r = 2.7$	データ解析 (塩分) ⁴¹
東京湾	河川水	$\tau_r = 0.8-3.5$	データ解析 (塩分) ⁴²
		(年平均: 1.55)	
伊勢・三河湾	河川水	$\tau_r = 0.5-1.0$	データ解析 (塩分) ⁴³
		(年平均: 0.69)	
三河湾	河川水	$\tau_r = 0.2-0.7$	データ解析 (塩分) ⁴⁴
浜名湖	河川水	$\tau_r = 0.9-2.9$	データ解析 (塩分) ⁴⁵
川平湾	河川水	$\tau_r = 0.12$	データ解析 (塩分) ⁴⁶

注) 平均滞留時間の定義

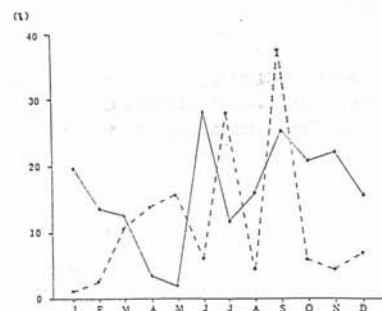
 τ_r : ある時刻に海域に存在する物質粒子が将来海域から出るまでに要する時間 τ_r : 海域に流入した物質が将来そこに滞留する時間 (定常な場合は $\tau_r = \tau_d$ となる)

(3) 海水交換率の変動の例

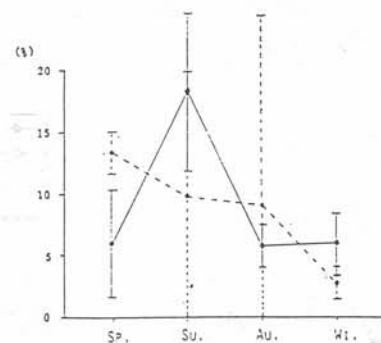
① 大村湾口における潮汐交換率の月別変化

(長崎県環境部・長崎県衛生公害研究所 (1983)⁴⁷を一部改変)② 海域別平均滞留時間の月別変化^{48, 49, 50}

③ 明石海峡（実線）と紀淡海峡（破線）の
月間海水交換率の月別変動⁵¹



④ 明石海峡（実線）と紀淡海峡（破線）の
月間海水交換率の平均値と標準偏差の
季節変動⁵¹



参考文献

- 1 松本輝寿・金子安雄・寺尾 建・川島 毅(1974): 海水交流に関する現地観測. 第21回海岸工学講演会論文集: 291-296.
- 2 堀江 毅・村上和男・亀山 豊・入尾野幸雄(1977): 水理模型実験による海水交換率の算定. 第24回 海岸工学講演会論文集: 491-495.
- 3 藤森研一・稲富隆昌・内田豊彦・園山哲夫(1976): 伊勢湾水理模型実験と現地調査(第2報) - 伊勢湾の海水交流について -. 第23回海岸工学講演会論文集: 518-523.
- 4 柏井 誠(1984): 海水交換概念と海水交換率. 日本海洋学会誌, 40: 135-147.
- 5、6 渡辺 競(1977): 浅海漁場の生産力開発研究における水の交換の問題 - 作渚による海水交換効果を評価する上の諸問題 -. 沿岸海洋研究ノート, 14(1・2): 65-78.
- 7 木村晴保(1984): ボックスモデルに基づく海水交換量の推算法. 第31回海岸工学講演会論文集: 680-684.
- 8 堀越増興(1980): 石垣島川平湾における熱帯性沿岸生態系と海水交換. 沿岸海洋研究ノート, 17(2): 114-117.
- 9、11 Mazda, Y. (1984): Water exchange and material exchange through a strait due to tidal flow. J. Oceanogr. Soc. Japan, 40: 19-28.
- 10、47 長崎県環境部・長崎県衛生公害研究所(1983): 大村湾栄養塩類等収支挙動調査 - 大村湾水質管理システムの策定をめざして -. pp. 162.
- 12、45 Mazda, Y. (1984): Year-to-year in water exchange characteristics in a semi-enclosed bay, Lake Hamana. J. Oceanogr. Soc. Japan, 40: 199-206.
- 50
- 13 川村雅彦・清水浩輔・小山治行・中嶋秀夫・前川 力(1975): 豊後水道の海況と拡散係数. 海と空, 50: 43-58.
- 14~18 中田英昭・平野敏行(1976): 瀬戸水域における海水の交流・交換について. 水産海洋研究会報, 29: 7-14.
- 19、Imasato, N., T. Awaji and H. Kunishi(1980): Tidal exchange through
- 21、22 Naruto, Akashi and Kitan Straits. J. Oceanogr. Soc. Japan, 36: 151-162.
- 20、23 今里哲久・淡路敏之(1982): 明石・鳴門海峡を通しての海水交換の数値実験. 沿岸海洋研究ノート, 20(1): 19-32.
- 23~26 清水浩輔・川村雅彦(1981): 明石海峡を通じての海水交換. 海と空, 57: 41-56.
- 27~32 武岡英隆(1983): 瀬戸内海の水は何年で換わるか(続). 日本海洋学会春季大会講演要旨集: 96-97.
- 33、上嶋英機・橋本英資・山崎宗広・宝田盛康(1984): 瀬戸内海の海水交換機構
- 35、36 - ラグランジュ的手法による水理模型実験 -. 第31回 海岸工学講演会論文集: 665-669.
- 34 柳 哲雄・高橋 暁(1988): 大阪湾の淡水応答特性. 海と空, 64: 63-70.

- 37~39 上嶋英機・橋本英資・山崎宗広・宝田盛康(1986): 湾内水塊の海水交換性 - 広島湾を対象とした海水交換実験より - . 第33回 海岸工学講演会論文集: 571-575.
- 40 橋本英資・宝田盛康・上嶋英機・山崎宗広・田辺弘道・湯浅一郎・今村 均(1987): 呉湾への潮流制御工法の適応性. 中国工業技術試験所報告. 29: 15-28.
- 41 大谷清隆(1977): むつ湾の湾内水の更新. 沿岸海洋研究ノート. 14(1・2): 1-9.
- 42、48 宇野木早苗・岸野元彰(1977): 東京湾の平均海況と海水交流. 理化学研究所海洋物理研究室: 1-89.
- 宇野木早苗・岸野元彰(1977): 大局的に見た内湾の海水交流. 第24回 海岸工学講演会論文集: 486-490.
- 43~44、宇野木早苗・岸野元彰・岡見 登(1976): 伊勢湾・三河湾の平均海況と海水交流. 伊勢湾における汚濁物質の循環機構に関する調査報告書(海域汚濁機構研究総合報告書). (社)産業公害防止協会: 17-46.
- 49 宇野木早苗・岸野元彰(1977): 大局的に見た内湾の海水交流. 第24回 海岸工学講演会論文集: 486-490.
- 46 Mazda, Y. (1983): Water exchange in Kabira cove, Ishigaki Island - A tidal trapping process in a vertical two-dimensional field -. J. Oceanogr. Soc. Japan. 39: 63-72.
- 51 柳哲雄(1986): 大阪湾の海水交換率の季節変動. 沿岸海洋ノート. 17(2): 89-98.

7. 海域の地形形状と海水交換について

1 地形形状による海水交換の分類に関する既往知見

海域における物質の輸送の様式は流動と地形の条件によって異なっている。武岡は海域の地形形状の面から海水交換を3つのタイプに分類し、とりまとめている¹⁾(図1)。

Aタイプ

地形形状: 湾の代表的な幅(W)よりも湾の入口の幅(b)が小さい海域

流動場: ある程度の潮差があれば、湾口付近の流れは潮流が卓越する。潮流の場合、湾口を通して流入と流出が周期的に繰り返される。このような流系により海水交換が行われる。

Bタイプ

地形形状: Wとbが同程度の海域

流動場: 流系の違いによって4つのパターンに分類されている。

B-1: 湾外に強い潮流が存在する場合(湾外の潮流の最大流動距離lが $l > b$ のケース)で、湾内には地形性渦流が形成される。湾内の渦流は潮流の変化に追隨して周期的に発生・消滅を繰り返し、この複雑な流系により海水交換が行われる。

B-2: 湾外の潮流が弱く $l = b$ または $l < b$ のケースで、湾外の流れの状態により細分化される。

B-2-1: 湾外に強い恒流が存在する場合で、地形性渦流が生じる。渦流自身は交換の効果を有していなく、湾口域での拡散が海水交換の主要因となる。

B-2-2: 湾外に強い恒流が存在するものの、湾内に渦流が発生しなく水平循環流が存在する場合である。このような流系によって極めて良好な海水交換が行われる。外洋に面した海域では海象や気象の変動による影響を強く受け(例えば、イベントとして急潮、内部波のような擾乱)、湾内水が外洋水に急激に置き換わる現象のみられることがある。

B-2-3: 湾外が停滞している場合で、密度流・吹送流等による鉛直循環流が海水交換に寄与する。

Cタイプ

地形形状: bがWに比べて大きい海域で、湾というより開放的沿岸に属する海域

流動場: 海水交換の問題の対象として認識された例は少ないが、外洋に面した開放性の内湾ではB-2-2タイプのように、イベントの生起に伴って湾内水が外洋水に急激に置き換わる現象のみられることがある。

以上の既往知見を地形形状と海水交換の観点から要約すれば、閉鎖性の高い海域ほど潮流に伴う海水交換が卓越し外洋からの気象・海象の影響が湾内には及び難く、閉鎖性の高い海域の海水交換は開放性の海域に比較して地形の形状に依存していると考えられた。それに対して開放性海域の海水交換は湾外の流れの場に強く影響され、海域により種々の海水交換パターンの存在することが示唆された。

2 地形形状と海水交換の関係に関する既往知見

(1) 瀬戸内海における海域別平均滞留時間の比較事例

上嶋らは瀬戸内海大型水理模型を使用して海域別に色分けした数千個のカラースーパーボールをラグランジュ的手法により追跡し、その挙動を調べた²⁾。そして、各海域の海水の平均滞留時間(τ_r)を求めた(図2)。

その結果、

大阪湾：2.3ヶ月、畿灘：2.6ヶ月、広島湾：3.0ヶ月

となり、平均滞留時間は湾奥の深い広島湾で最も遅い値となって海域の地形形状が海水交換能力に強く影響していることが指摘されている。

(2) 広島湾における海区别平均滞留時間の比較事例

上嶋らは瀬戸内海大型水理模型を使用して広島湾の海区别に色分けした合計千個のカラースーパーボールをラグランジュ的手法により追跡し、その挙動を調べた²⁾。そして、各海区の海水の平均滞留時間(τ_r)を求めた(図3)。

その結果、

湾奥部(Hn)：1.7ヶ月、湾西部(Hw)：2.1ヶ月、

湾口部(Hm)：0.3ヶ月

となり、平均滞留時間は湾口部で最も短く、閉鎖性の高い湾奥部や湾西部で長い値となっており、海水交換能力の海区による相違は地形の影響を受けた結果であることが指摘されている。

3 閉鎖度指標⁴⁾と減衰率⁵⁾の関係

閉鎖度指標と減衰率の関係を図示すると図4のとおりであり、閉鎖度指標と減衰率の間には負の相関関係の存在することがうかがわれる。

注) 減衰率は別紙に示す方法により求めた海水交換の指標である。

図1 海域の地形形状等による海水交換の分類

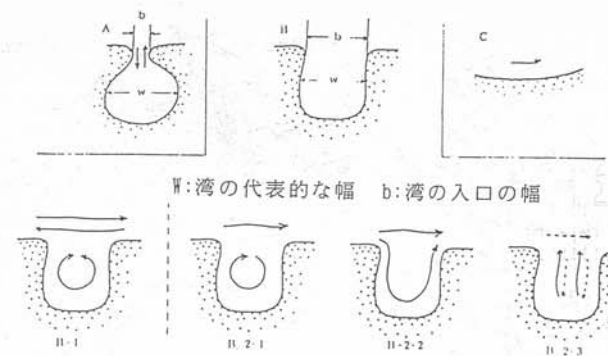
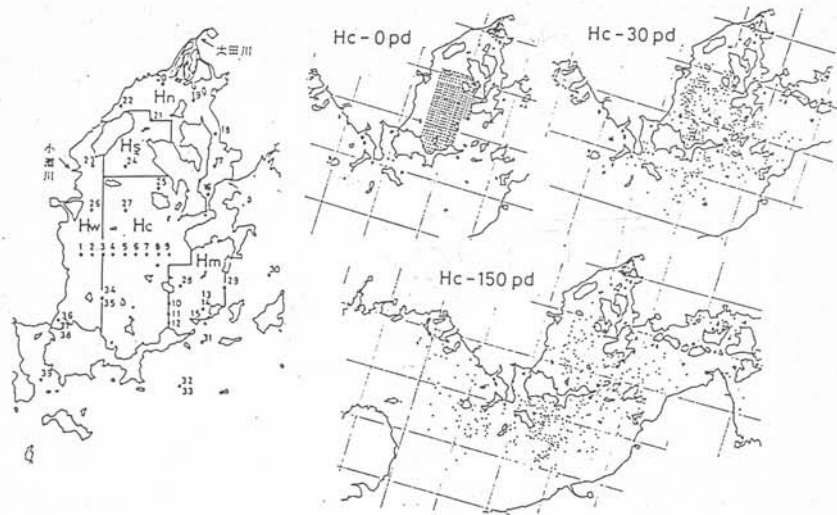
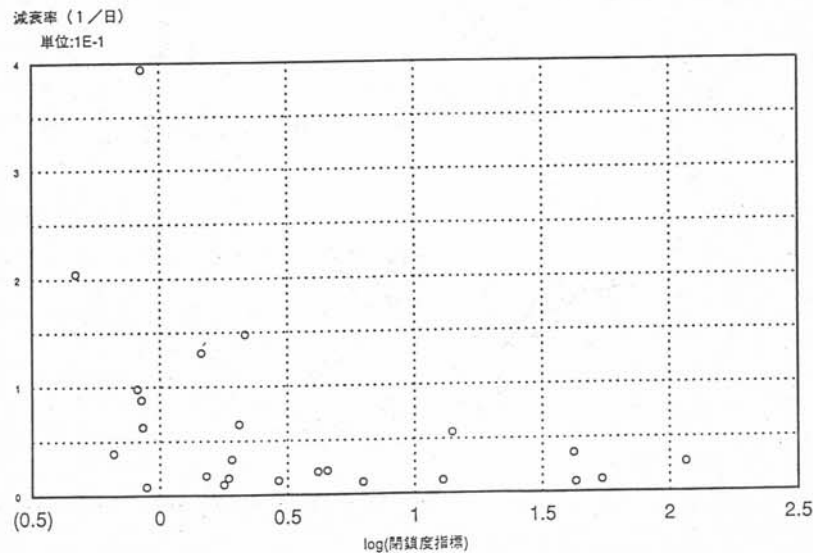


図2 大阪湾・広島湾のボール輸送分布²⁾



図3 広島湾の模型内海区分分(左図)と湾中央海区(Hc)配置ボールの輸送分布

図4 閉鎖度指標と減衰率の関係⁵⁾

ここでは簡便法と呼ばれる塩分をトレーサーとする間接的な方法を適用し、海水交換の指標を推定することとした。なお、実際に海域に負荷される物質は海水に溶け込み海水と同じ挙動を示すとは限らない。多くの物質は懸濁化し、海底に沈降するような過程を呈するため、海水の交換より長い時間を要すると考えられる。しかしながら、各海域の海水交換指標を求め、それを比較することにより論議を進めていくためには、現在のところ塩分以外に多数の海域の海水交換指標を比較し得るデータはないと考えられる。

- 1 モデルは1ボックス単層モデル(ボックスモデル)を用いて海水交流量を求め、これをもとに海水交換の良し悪しの尺度となる減衰率と仮称する指標を算出した。モデルの諸量の配置及びモデルの基本式を別図及び以下に示す。

物質に関する連続方程式

$$(dC_1/dt) \cdot V_1 = -C_1 \cdot Q_{10} + C_0 \cdot Q_{01} + C_{1'} \cdot R_1 \quad (1)$$

流量に関する連続条件

$$R_1 + Q_{01} = Q_{10} \quad (2)$$

- 2 いま、物質として保存性物質である塩素量(年平均値)を取りあげ、(1)式と(2)式から輸送係数 Q_{01} 、 Q_{10} を求めた。なお、(1)式を適用するに当たっては、定常状態($(dC_1/dt) \cdot V_1 = 0$)における輸送係数を算出することとし、 $C_{1'}$ は0(流入河川水による塩素の供給はない)と仮定した。

- 3 ある任意の時刻に湾内のボックスに投入した物質の濃度変化は、湾外及び陸域からの負荷がない場合($C_0 = 0$ 、 $C_{1'} = 0$)の場合、(1)式から、次の式で表せる。

$$(dC_1/dt) \cdot V_1 = -C_1 \cdot Q_{10} \quad (3)$$

これを解いて、

$$C_1 = K \cdot \exp \{ -(Q_{10}/V_1) \cdot t \} \quad (4)$$

を得る。

ここで(4)式の (Q_{10}/V_1) が「減衰率」と仮称する指標であり、この逆数が「平均滞留時間」となる。

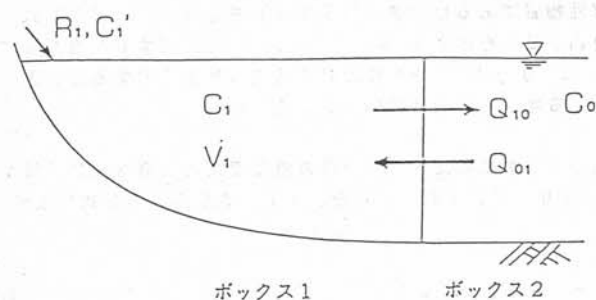
4 減衰率はボックス内の物質濃度が減少する速さの指標となるものであるが、既に宇野木・岸野⁶⁾が指摘しているように、現実にはいったん外洋に出た物質が流れや乱れによって一部は湾内に戻ってくるから実際の交換時間はこれより長くなるものと考えられ、海水交換の速さがこの値で一義的に規定されるものではない。ただし、減衰率は海域間の海水交換のおおよその良し悪しをはかる尺度としては使用可能であると考えられる。

5 なお、(6)式で与えられる「更新率(f)」は減衰率と同一の定義で表され、両者の導入式は同じものである。

$$f = \frac{R}{F} = \frac{R}{V_1} \cdot \frac{C_0}{C_0 - C_1} \quad (6)$$

Fは湾内淡水量を表し、 $F = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \cdot V_1$ で与えられる。

別図 ボックスモデルの諸量の配置



- C_1 : ボックス1における平均水質濃度
- R_1 : ボックス1に供給される河川流量
- C_1' : 河川水の平均水質濃度
- Q_{ij} : ボックスiとボックスj間の海水交換量
(輸送係数) iからjに向かう量を Q_{ij} 、
jからiに向かう量を Q_{ji}
- V_1 : ボックス1の容積

参考文献

- 1 武岡英隆(1984):沿岸海域の海水交換, 沿岸海洋研究ノート, 21(2):169-182
- 2 上嶋英機・橋本英資・山崎宗広・宝田盛康(1984):瀬戸内海の海水交換機構ーラグランジュ的手法による水理模型実験ー, 第31回 海岸工学講演会論文集: 665-669.
- 3 上嶋英機・橋本英資・山崎宗広・宝田盛康(1986):湾内水塊の海水交換性ー広島湾を対象とした海水交換実験よりー, 第33回 海岸工学講演会論文集: 571-575.
- 4 西田幸男(1978):全国海域利用計画への接近, 新しい海域利用技術便覧, フジテクノシステム
- 5 環境庁資料
- 6 宇野木早苗・岸野元彰(1977):東京湾の平均海況と海水交流, 理化学研究所海洋物理研究室: 1-89.

8. 閉鎖度指標のランク別海域リストと貧酸素水塊の発生海域

ランク1	ランク2	ランク3	ランク4	ランク5
函館湾	小名浜港	飯屋湾	有明海	浜名湖 *
世久見湾	焼内湾	鷹架沼	風蓮湖	コムケ湖
橘湾	羽地内海	鹿児島湾 *	大船渡湾 *	阿蘇海 *
船越湾	入津	長崎湾	浦戸湾	久美浜湾 *
尾崎湾	博多湾 *	万石浦 *	八代海	
宮古湾	三浦湾(鹿)		浦之内湾 *	
新鹿湾	気仙沼湾 *		松川浦	
志津川湾 *	内浦湾		サロマ湖 *	
敦賀湾	伊万里湾 *		能取湖 *	
諸鈍湾	崎津湾		大村湾 *	
田辺港	佐世保港			
真野湾	鹿島港			
豊湾	陸奥湾 *			
大槌湾	小浜湾			
郷ノ浦	松島湾 *			

注1) ランク1 1 ≤ 閉鎖度指標 < 2
 ランク2 2 ≤ 閉鎖度指標 < 5
 ランク3 5 ≤ 閉鎖度指標 < 10
 ランク4 10 ≤ 閉鎖度指標 < 100
 ランク5 100 ≤ 閉鎖度指標

注2) *印は貧酸素水塊の発生海域である。

注3) 表は下から上へと閉鎖度指標が小さくなるように並べている。

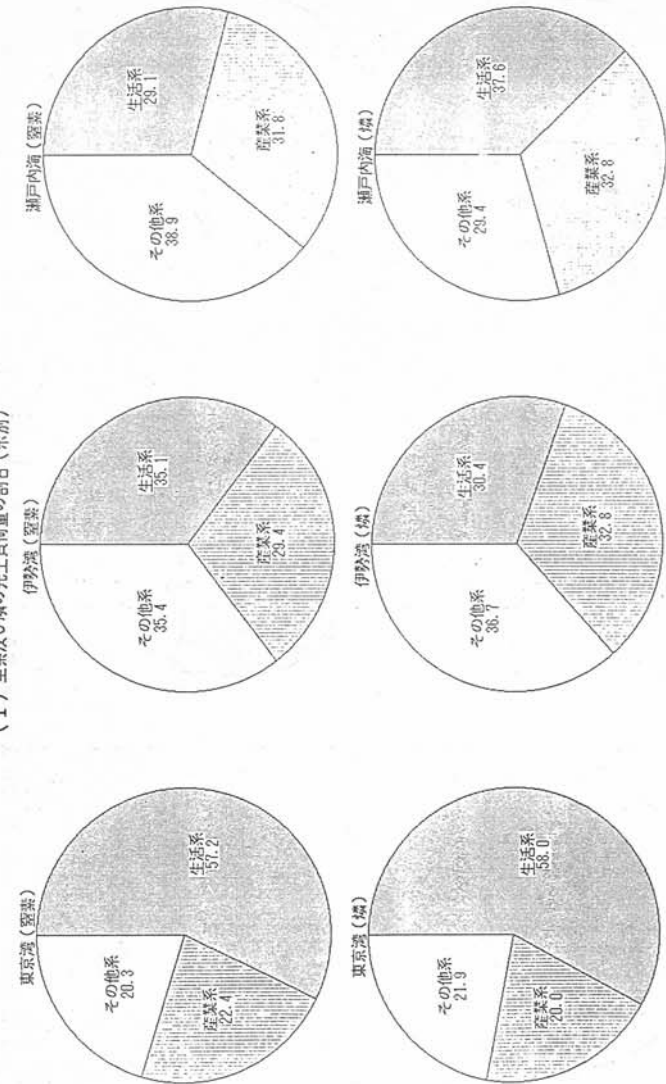
注4) 閉鎖度指標1未満の海域については、遡湾のような例外を除き、貧酸素水塊の発生は報告されていないので省略した。

矢代湾
唐津湾
神前湾
筈利湾
中飯浦
三浦湾(長)
賀田湾
久慈湾
厚岸湾
名瀬港
釜石湾
半城湾
広田湾 *
深川湾
八幡浦
女川湾 *
山田湾 *
英虞湾 *
鮫浦湾
雄勝湾
七尾湾
伊勢湾 *
志々伎湾
与那覇湾
油谷湾
尾鷲湾 *
仙崎湾
浅茅湾
舞鶴湾 *
東京湾 *
五ヶ所湾 *
宮津湾
金武湾
藤川湾
野付湾
瀬戸内海 *
噴火湾 *
屋永湾
越喜来湾

(環境庁資料による。)

9. 東京湾等における窒素及び磷の発生源別発生負荷量(平成元年度実績)

(1) 窒素及び磷の発生負荷量の割合(系別)



- 1 東京湾については7都県市首脳会議資料による。
- 2 伊勢湾については伊勢湾富栄養化対策連絡会資料による。
- 3 瀬戸内海については環境庁瀬戸内海環境保全室資料による。

(2) 窒素及び磷の発生負荷量の割合(系別及び規制別)



- 1 東京湾については7都県市首脳会議資料による(一部、環境庁水質規制資料に基つき推計。)。なお、指定地域特定施設を規制対象として集計している。
- 2 伊勢湾については伊勢湾富栄養化対策連絡会資料による。なお、指定地域特定施設は規制対象外として集計している。
- 3 瀬戸内海については環境庁瀬戸内海環境保全室資料による。なお、みなし指定地域特定施設は規制対象外として集計している。

10. 海域の窒素及び磷に係る環境基準の測定方法及び排水基準の検定方法について

(1) 海域の窒素及び磷に係る環境基準の測定方法及び排水基準の検定方法の基本的考え方

1. 環境基準の測定方法

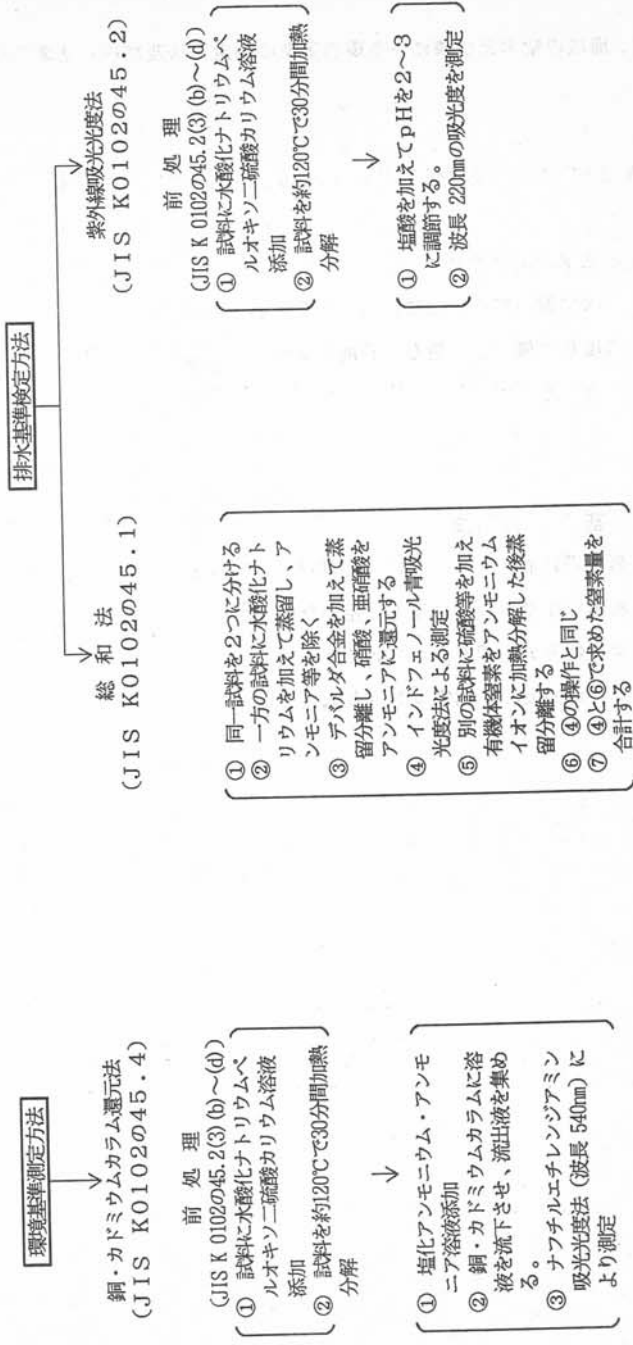
- (1) 海水において安定的に測定できる方法であること
- (2) 環境基準値として最も低濃度のレベルを定量できること
- (3) 操作が簡便で、測定コストが低いこと

2. 排水基準の検定方法

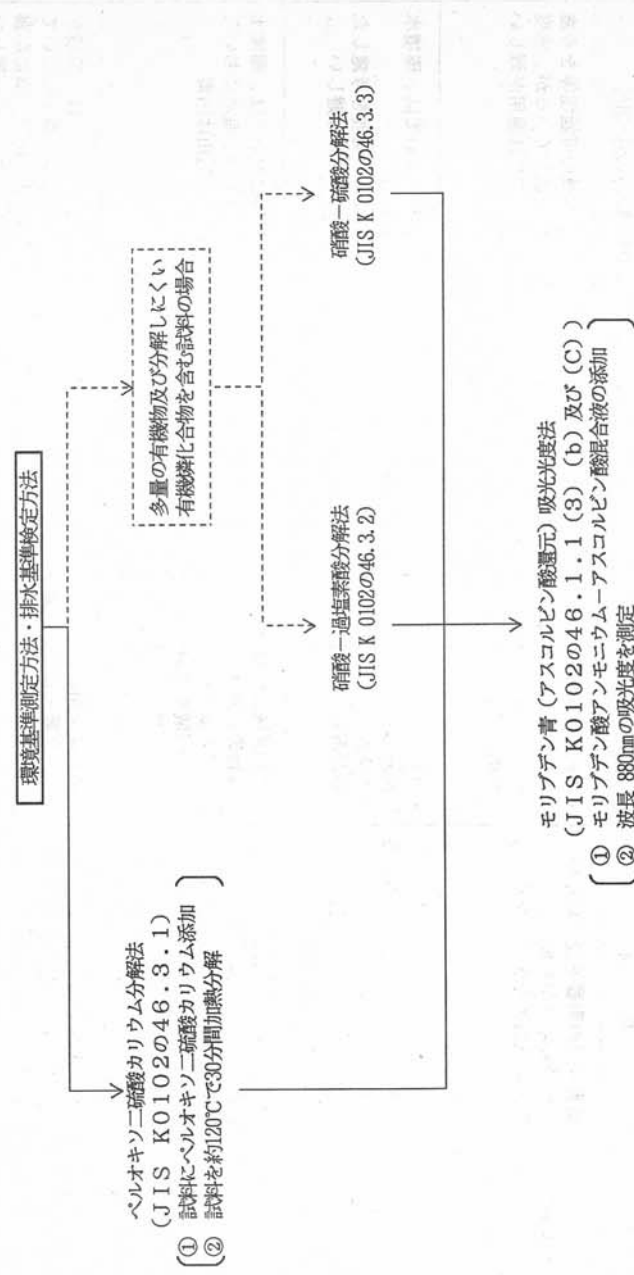
- (1) 事業場において日常的に対応可能な測定方法であること。
- (2) 有害な試薬、危険な操作を用いないこと。
- (3) 共存物質の影響を受けないこと。
- (4) 操作が簡便で、測定コストが低いこと

(2) 全窒素及び全燐の測定方法のフローチャート

1. 全 窒 素



2. 全 燐



(3) 全窒素測定方法の特徴

方 法	長 所	短 所	環境水及び事業場排水への適用性
総和法 湖排 ☐ 海排 ☐	・妨害物質の影響を受けにくい ・形態別に定量が可能 ・高圧蒸気減菌器を有さなくても測定可能	・比較的測定時間を要する ・コ/ミネーション等の影響により低濃度レベル (0.1mg/lオーダー) において精度が落ちる	・妨害物質の影響、形態別定量の可能性等を考慮した場合、事業場排水には適しているが、感度の面で低濃度レベルの環境水には適用が難しい
銅・カドミウムカラム還元法 湖環 ☐ 湖排 ☐ 海環 ☐	・還元力が安定的で塩類等が共存しても一定の還元率が得られる ・感度が優れている ・可視領域測定用の分光光度計で測定可能	・カドミウムの処理に留意する必要がある ・カラムの活性度維持に留意する必要がある	・妨害物質の影響のない試料については、環境水及び事業場排水に適用し得る 但し、溶出したカドミウムの処理を考慮した場合、事業場で日常的に行うことは難しい
紫外線吸収分光光度法 湖環 ☐ 湖排 ☐ 海排 ☐	・短時間で測定が可能 ・操作がきわめて簡便 ・感度及び精度が優れている	・紫外領域に吸収を有する物質 (有機物等) が共存すると妨害する場がある (特に臭化物イオン) ・紫外領域まで測定可能な分光光度計が必要	・妨害物質の影響のない試料については、環境水及び事業場排水に適用し得るが、海水においては臭化物イオンの妨害により適用は困難
硫酸ヒドロジニウム還元法 湖環 ☐	・操作が簡便 ・感度が優れている ・可視領域測定用の分光光度計で測定可能	・精度良く測定するためには、還元条件を厳密に守る必要がある	・妨害物質の影響のない試料については、環境水及び事業場排水に適用し得るが、海水においては含まれる無機物が硝酸イオンの還元率に影響するため、還元条件を一定にすることが難しいため、適用は困難

(注)「湖環」は湖沼の環境基準の測定方法、「湖排」は湖沼の排水基準の検定方法、「海環」は海域の環境基準の測定方法、「海排」は海域の排水基準の検定方法である。