

水質・水質
1992
372

海域に係る窒素・りん等水質目標検討調査

結果報告書



平成 4 年 9 月



水質
1
3

海域に係る窒素・りん等水質目標検討会

本報告書は、海域に係る窒素・りん等の水質目標を設定するため、昭和61年度から平成4年度までに行った調査の結果を中心に検討し、77年の成果としてとりまとめたものである。

このうち、昭和61年度から平成元年度までの検討結果については平成2年4月に公表されており、本報告書ではこの結果に平成2年度～4年度の調査・検討結果を含めて全体をとりまとめている。

海域に係る窒素・りん等水質目標検討会

(平成元年度まで)

坂本 充	名古屋大学水圏科学研究所教授
清水 誠	東京大学農学部教授
中西 弘 (座長)	山口大学工学部教授
村岡 浩爾	大阪大学工学部教授
渡辺 正孝*	国立環境研究所水圏環境部 海洋環境研究室長

(* 平成2年度迄)

(平成2年度以降)

会沢 安志	水産庁南西海区水産研究所 赤潮環境部長
清水 誠	東京大学農学部教授
城 久	大阪府立水産試験場長
竹下 俊二	国立環境研究所地域環境研究グループ 海域保全研究チーム総合研究官
中西 弘 (座長)	山口大学工学部教授
村岡 浩爾	大阪大学工学部教授
吉田 陽一	京都大学農学部教授

目次

	頁
I 調査の目的	1
II 調査内容及び調査結果	4
1 水質項目間の相関解析	4
2 A G P 試験結果の整理・解析	10
3 海域における利水障害の実態	13
4 利水目的別水質レベル	22
III まとめ	37
付録	39

I 調査の目的

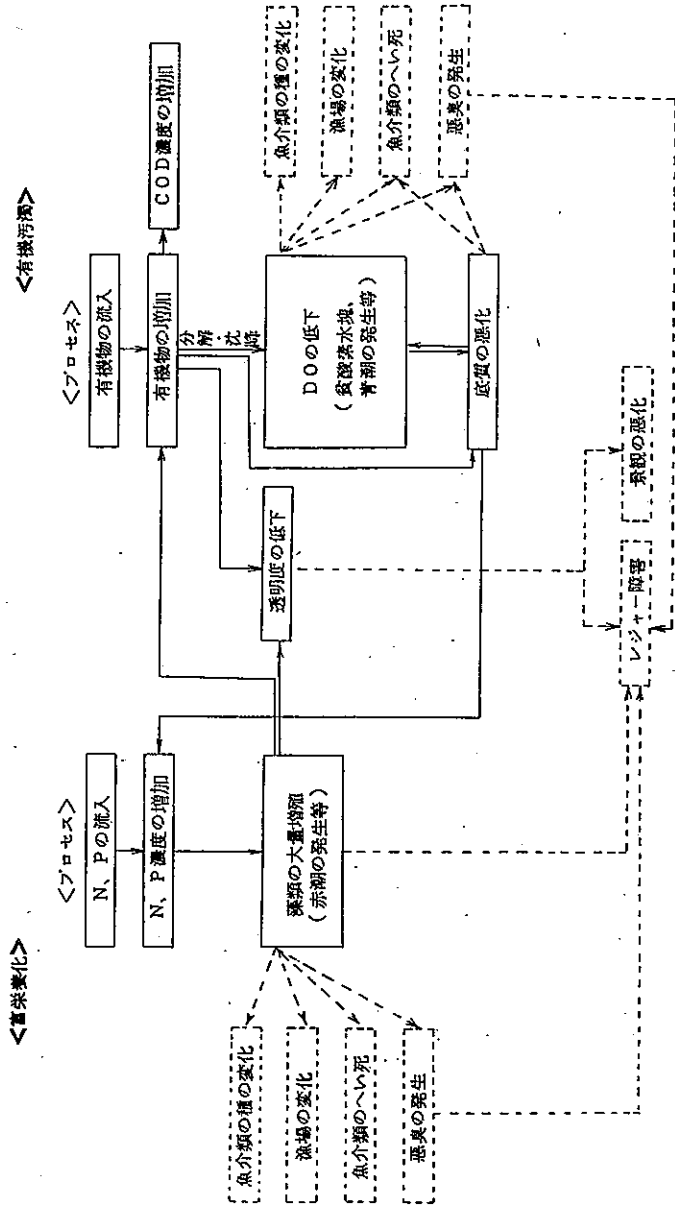
閉鎖性海域の水質環境の悪化は、流入する有機物質に由来するものと栄養塩類の流入に由来するものが重なり合った結果である。

海域への窒素、りんを中心とする栄養塩類の流入は水中の栄養塩類濃度の増加、いわゆる富栄養化をもたらし、赤潮の発生（藻類の大量増殖）等を引き起こすほか、海域の有機物の増加及びそれに基づくCOD濃度の増加を生じ、溶存酸素量（DO）の低下ひいては貧酸素水塊の発生、底質の悪化を招来することになる。このようなプロセスの中で「藻類の大量増殖」、「DOの低下」、「貧酸素水塊の発生」及び「透明度の低下」は「魚介類のへい死」、「悪臭の発生」、「景観の悪化」等の様々な利水障害を引き起こすことになる。

このような現象は、それぞれが原因と結果の関係にある場合、あるいはほぼ同様の関係にある場合等があり、正確に図示することは困難であるが、非常に単純化したものとして、図1に示した。

本調査は、富栄養化及び有機汚濁現象に関するデータ解析等を行うことにより閉鎖性海域における望ましい窒素（N）、りん（P）の水質レベルの検討を行うことを目的として、図2のフローに従って実施した。調査内容は次のとおりである。

1. 水質項目間の相関解析
2. A G P 試験結果の整理・解析
3. 海域における利水障害の実態
4. 利水目的別水質レベル



- 射 1. []は、利水障害を表わす。
 2. 本図は、簡略化のため図中の各現象について、その原因を全て列挙してはいるない。
 3. 矢印については、直接利水障害につながるものを点線で、それ以外を実線で示したが、実線で結ばれた現象の関係が同一であることを意味するものではない。
 また、有機物にはN、Pが含まれているので、「有機物の流入」の一部は「N、Pの流入」であるが、繁雑になるのを避けるため矢印で結ぶことはしていない。

図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

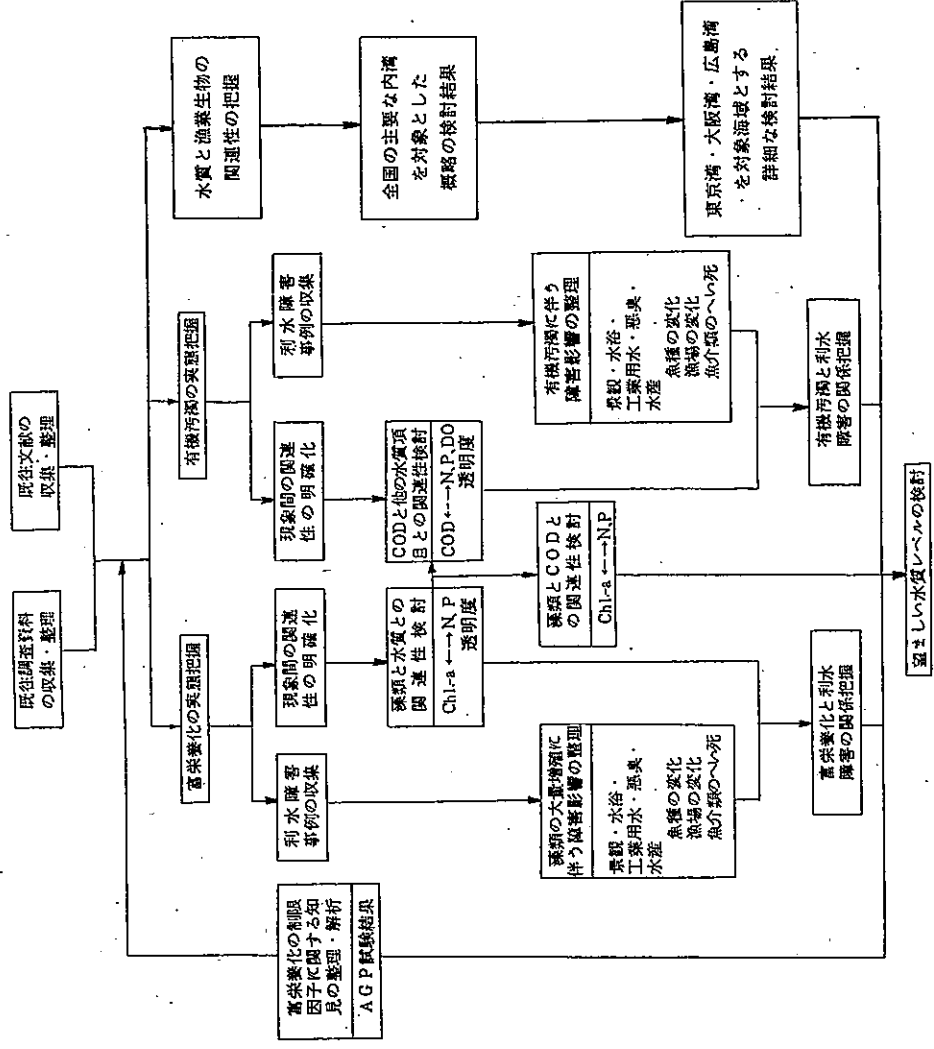


図2 調査フロー

II 調査内容及び調査結果

1 水質項目間の相関解析

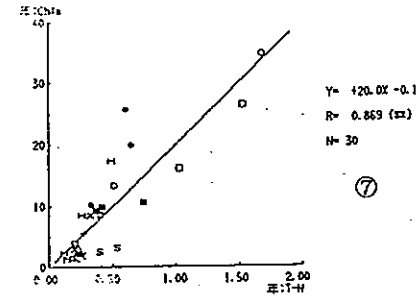
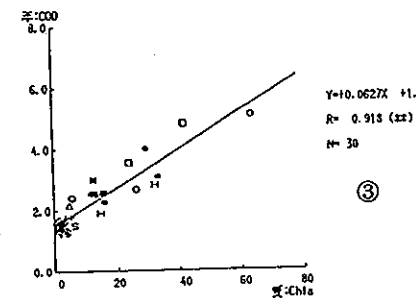
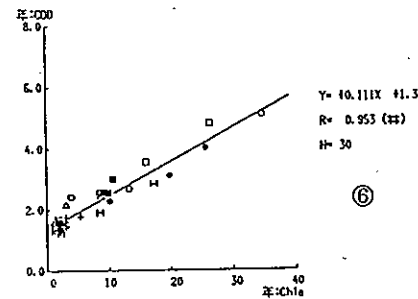
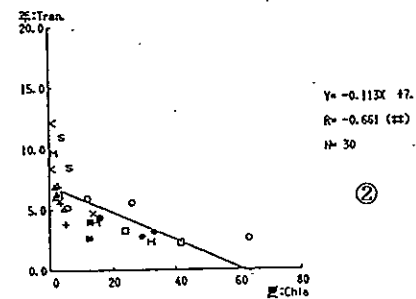
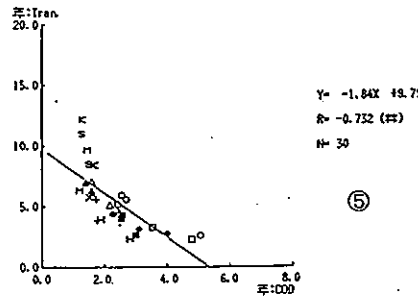
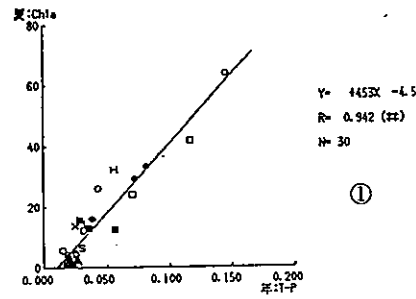
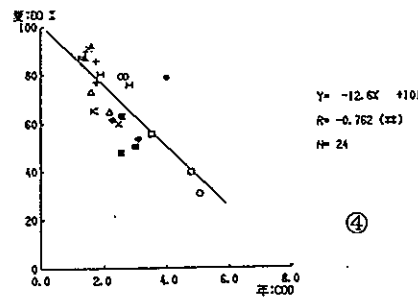
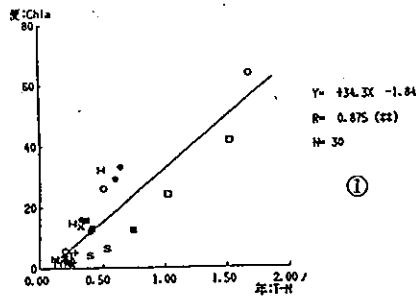
富栄養化や有機汚濁に関する諸現象は、水質測定項目としては、全窒素 (T-N)、全りん (T-P)、COD、クロロフィル-a、溶存酸素量 (DO) 等と関連するので、これら水質項目間の関連性について調べた。全国の14海域 (サロマ湖、陸奥湾、東京湾、相模湾、三河湾、伊勢湾、大阪湾、播磨灘、燧灘、広島湾、周防灘、博多湾、大村湾、鹿児島湾・・・) により2~3ブロックに分割し、合計30水域として解析。付録2参照。) のデータを集計・計算し、主として四季平均値について、各測定項目間の相関をみたところ、表1に示す全ての例について高い相関があった (図3、図4参照)。

表1 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	クロロフィル-a : T-N、T-P (夏季) (四季平均)	Chl-a(S) = 34.3 T-N - 1.84 Chl-a(S) = 453 T-P - 4.52	$\log \text{Chl-a}(S) = 1.45 \log T-N + 1.53$ $\log \text{Chl-a}(S) = 1.04 \log T-P + 3.31$
②	藻類の大量増殖に伴う透明度の低下	透明度 : クロロフィル-a (夏季) (四季平均)	Transp = -0.113 Chl-a(S) + 7.06	$\log \text{Transp} = -0.327 \log \text{Chl-a}(S) + 0.984$
③	藻類の大量増殖に伴う有機物の増加	COD : クロロフィル-a (夏季) (四季平均)	COD = 0.0627 Chl-a(S) + 1.47	$\log \text{COD} = 0.298 \log \text{Chl-a}(S) + 0.0707$
④	COD濃度の増大に伴う溶存酸素(底層)の低下	DO : COD (夏季、底層) (四季平均)	DO = -12.6 COD + 101	$\log \text{DO} = -0.557 \log \text{COD} + 2.03$
⑤	COD濃度の増大に伴う透明度の低下	透明度 : COD (四季平均)	Transp = -1.84 COD + 9.79	$\log \text{Transp} = -0.993 \log \text{COD} + 1.03$
⑥	内部生産によるCOD濃度の増加	クロロフィル-a (夏季) (四季平均)	COD = 0.111 Chl-a(Y) + 1.34	$\log \text{COD} = 0.367 \log \text{Chl-a}(Y) + 0.0565$
⑦	N、Pの流入による内部生産	クロロフィル-a : T-N、T-P (四季平均)	Chl-a(Y) = 20.0 T-N - 0.141 Chl-a(Y) = 265 T-P - 1.79	$\log \text{Chl-a}(Y) = 1.27 \log T-N + 1.32$ $\log \text{Chl-a}(Y) = 1.44 \log T-P + 2.89$
⑧	内部生産による藻類の大量増殖	クロロフィル-a : 透明度 (夏季) (四季平均)	Chl-a(S) = 1.87 Chl-a(Y) - 1.15	$\log \text{Chl-a}(S) = 1.15 \log \text{Chl-a}(Y) + 0.0120$
⑨	N、P濃度の増大→内部生産によるCOD濃度の増大	COD : T-N、T-P (四季平均)	COD = 2.39 T-N + 1.25 COD = 30.2 T-P + 1.11	$\log \text{COD} = 0.512 \log T-N + 0.562$ $\log \text{COD} = 0.588 \log T-P + 1.20$
⑩	N、P濃度の増大→内部生産の増大に伴う透明度の低下	T-N、T-P : 透明度 (四季平均)	T-N = -0.076 T-Transp + 0.868 T-N = -0.0073 T-Transp + 0.0801	$\log T-N = -0.954 \log \text{Transp} + 0.213$ $\log T-P = -1.01 \log \text{Transp} - 0.783$
⑪	N、P濃度の増大→内部生産の増大に伴う溶存酸素(底層)の低下	T-N、T-P : DO (四季平均)	T-N = -0.0182 DO + 1.75 T-P = -0.0014 DO + 0.144	$\log T-N = -1.81 \log \text{DO} + 0.291$ $\log T-P = -1.66 \log \text{DO} + 1.59$

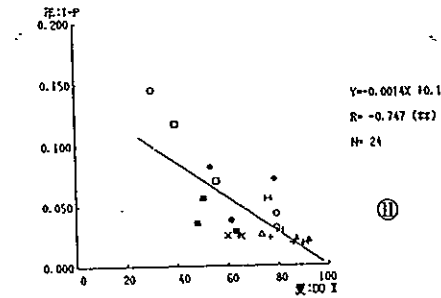
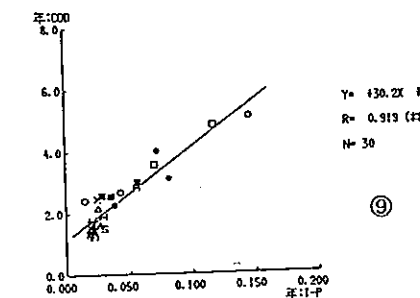
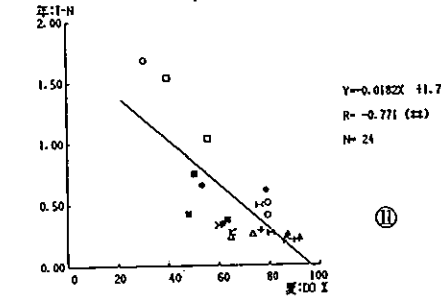
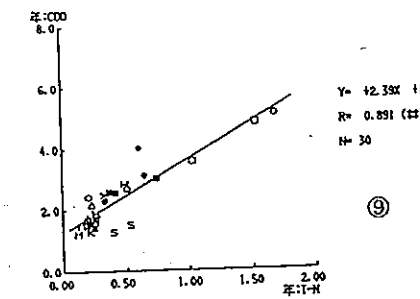
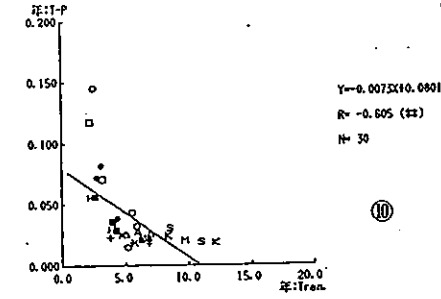
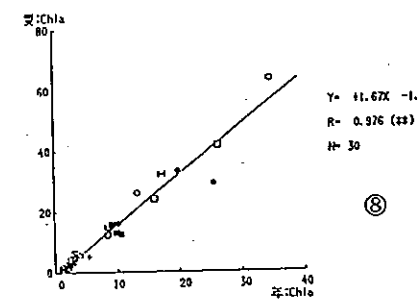
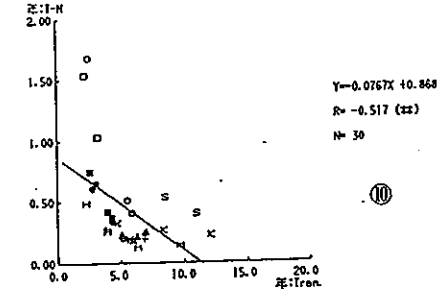
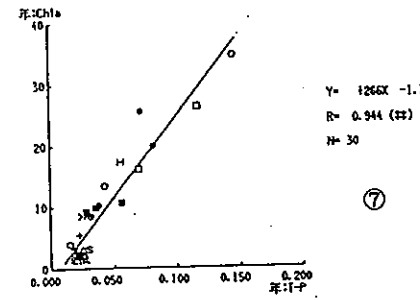
注1) 水質項目の単位: クロロフィル-a (mg/m³)、T-N (mg/l)、透明度 (m)、COD (mg/l)、DO (%)

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。



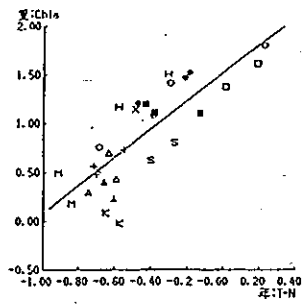
A サロマ湖 M 陸奥湾 □ 東京湾 S 相模湾 ● 三河湾
 ■ 伊勢湾 ○ 大阪湾 △ 播磨湾 ▲ 焼野 × 広島湾
 + 周防湾 K 鹿児島湾 ○ 大村湾 H 博多湾

図 3-1 水質項目間の関連性(その1)



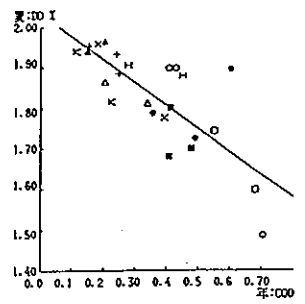
A サロマ湖 M 陸奥湾 □ 東京湾 S 相模湾 ● 三河湾
 ■ 伊勢湾 ○ 大阪湾 △ 播磨湾 ▲ 焼野 × 広島湾
 + 周防湾 K 鹿児島湾 ○ 大村湾 H 博多湾

図 3-2 水質項目間の関連性(その1)



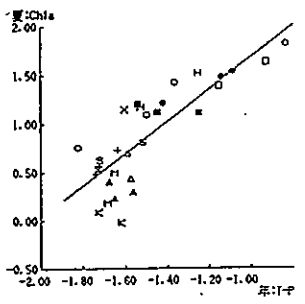
LOG Y = +1.45 LOG X + 11.53
R = 0.808 (**)
N = 30

1L



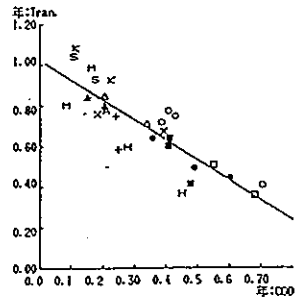
LOG Y = -0.56 LOG X + 12.03
R = -0.774 (**)
N = 24

4L



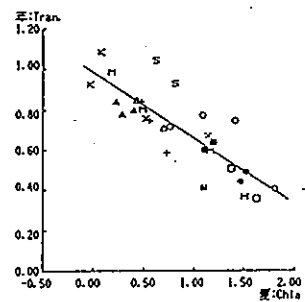
LOG Y = +1.64 LOG X + 1.31
R = 0.824 (**)
N = 30

1L



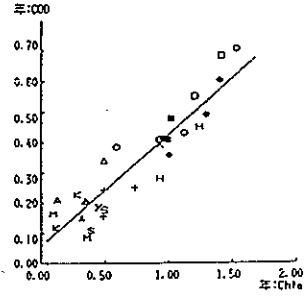
LOG Y = -0.99 LOG X + 11.03
R = -0.856 (**)
N = 30

5L



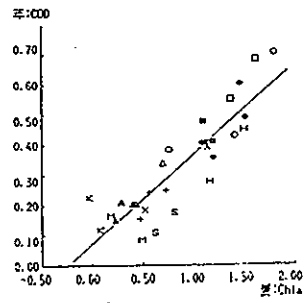
LOG Y = -0.32 LOG X + 0.984
R = -0.833 (**)
N = 30

2L



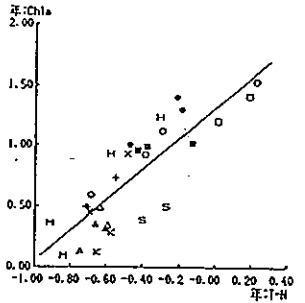
LOG Y = +0.36 LOG X + 0.0565
R = 0.918 (**)
N = 30

6L



LOG Y = +0.29 LOG X + 0.0707
R = 0.881 (**)
N = 30

3L

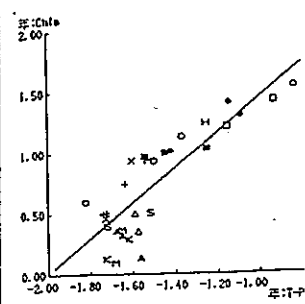


LOG Y = +1.27 LOG X + 11.32
R = 0.833 (**)
N = 30

7L

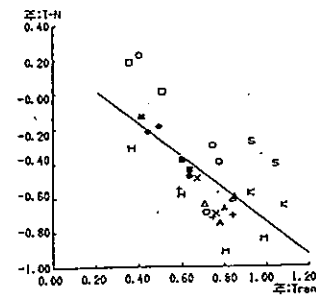
A サロマ湖 M 霞美湖 □ 東京湖 S 相模湖 ● 三河湖
■ 伊勢湖 ○ 大阪湖 △ 播磨湖 ▲ 駿河 × 広島湖
+ 阿蘇湖 K 鹿児島湖 ○ 大村湖 H 博多湖

図 4-1 水質項目間の関連性(その2-----両対数)



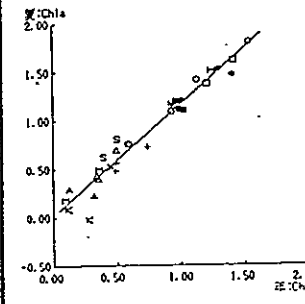
LOG Y = +1.44 LOG X + 12.89
R = 0.854 (**)
N = 30

7L



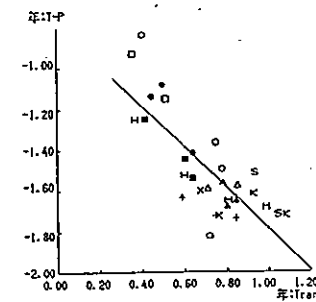
LOG Y = -0.95 LOG X + 0.213
R = -0.672 (**)
N = 30

10L



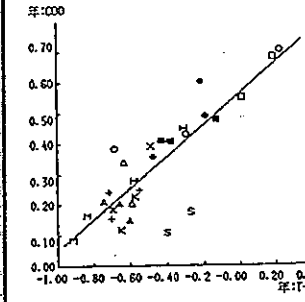
LOG Y = +1.15 LOG X + 0.0120
R = 0.971 (**)
N = 30

8L



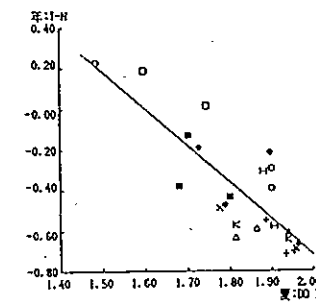
LOG Y = -1.01 LOG X - 0.783
R = -0.787 (**)
N = 30

10L



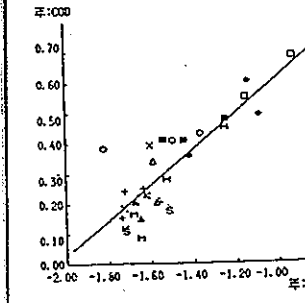
LOG Y = +0.51 LOG X + 0.562
R = 0.844 (**)
N = 30

9L



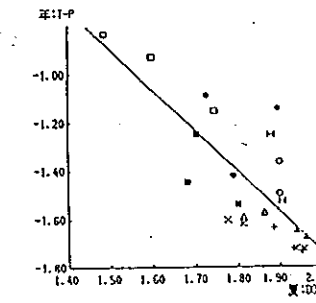
LOG Y = -1.81 LOG X - 12.91
R = -0.814 (**)
N = 24

11L



LOG Y = +0.58 LOG X + 11.20
R = 0.873 (**)
N = 30

9L



LOG Y = -1.68 LOG X + 11.50
R = -0.775 (**)
N = 24

11L

A サロマ湖 M 霞美湖 □ 東京湖 S 相模湖 ● 三河湖
■ 伊勢湖 ○ 大阪湖 △ 播磨湖 ▲ 駿河 × 広島湖
+ 阿蘇湖 K 鹿児島湖 ○ 大村湖 H 博多湖

図 4-2 水質項目間の関連性(その2-----両対数)

2 AGP試験結果の整理・解析

藻類の増殖を制限している栄養塩を推定する方法の一つとして、特定の栄養塩を試水に添加してAGP (Algal Growth Potential) を測定することが各地で行われている。ここでは、それらの文献を収集整理し、試験結果の全般的な傾向を調べた。

文献の整理にあたっては、記載されている試験結果を、次の区分により集計することとし、植物プランクトン別、海域別、試験時期別に、それぞれ表にとりまとめた。

なお、これらの表は、調査の実施主体、試験回数等の異なる報告の集計値であることに留意する必要がある。

- N : 増殖制限物質が「N」のケース
- P : 増殖制限物質が「P」のケース
- NとP : 増殖制限物質が「NとP」のケース
- Vit. B₁₂ : 増殖制限物質が「ビタミンB₁₂」のケース
- Fe : 増殖制限物質が「鉄」のケース
- Mn : 増殖制限物質が「マンガン」のケース
- その他 : 増殖制限物質が「土壌抽出液」や「ビタミン混液」のケース
- N・P以外 : AGP試験の添加物がN、Pのみの実験例のうち増殖制限物質が不明なケース
- 不明 : AGP試験の添加物としてN、P、Vit. B₁₂、Feなどがとりあげられているが、これらの実験例のうち増殖制限物質が不明なケース

植物プランクトンの増殖制限物質は469例中（制限物質として抽出された総数）Nで173例（37%）、Pで150例（32%）、NとPで48例（10%）、N・P以外の制限物質（主として、Vita. B₁₂、Feなど）で84例（18%）、不明で14例（3%）となり、NやPが増殖制限物質としてとりあげられた事例は全体の約80%を占めている（表2）。

植物プランクトンの綱別に増殖制限物質をみると（表2）、N・P（「N」+「P」+「NとP」）のとりあげられる割合の高い植物プランクトンは珪藻綱とラフィド藻綱で、増殖制限物質がN・Pである割合はともに約80%に達している。一方、渦鞭毛藻綱は実験例は少ないが、増殖制限物質

表2 植物プランクトンの綱別増殖制限物質

植物プランクトン(綱別)	事例数(割合)									
	N	P	NとP	Vit. B ₁₂	Fe	Mn	その他	N,P以外	不明	抽出数
褐色鞭毛藻							1(100)			1
渦鞭毛藻	1(6)	5(31)		4(25)	2(13)		2(13)		2(13)	16
珪藻	67(42)	40(24)	24(15)	5(3)	11(7)		4(2)	5(3)	8(5)	164
ラフィド藻	57(29)	82(41)	17(8)	2(1)	18(9)	3(1)	1	14(7)	2(1)	196
ミドリムシ	1(9)		6(54)	2(18)			2(18)			11
緑藻	18(85)							3(14)		21
混合種	29(49)	23(37)	1(2)		2(3)		1(2)	2(3)	2(3)	60
合計	173	150	48	13	33	3	11	24	14	469

がN・Pである割合よりそれ以外の物質がとりあげられる割合が高い。複数の植物プランクトン種（混合種）を用いたAGP試験のケースでは増殖制限物質がN・Pである割合が全体の約90%に達している。

また、AGP試験で得られた増殖制限物質を試験の対象とした海域ごとに集計すると（表3）、試験結果は各海域のすべての地点、すべての季節を代表しているわけではないが、データが2例しかない熊野灘（英虞湾）を除けば、NまたはPが増殖制限物質と考えられる海域がほとんどを占めており、植物プランクトンの生産に窒素あるいはリンが重要な役割を果たしていることがうかがえた。

さらに、AGP試験に供した試水の採水月を暖候期（5～10月）と寒候期（11～4月）の二期に区分し増殖制限物質をとりまとめると（表4）、増殖制限物質として「N」、「P」あるいは「NとP」のとりあげられる割合は暖候期、寒候期とも概ね80%で相違は認められなかった。

表 3 海域別に集計した増殖制限物質

事例数(割合)

海域	N	P	NとP	Vit. B12	Fe	Mn	その他	N,P以外	不明	抽出数
気仙沼		2(100)								2
大洗海岸		4(100)								4
東京湾		16(88)						2(11)		18
三河湾	47(72)	5(7)	2(3)		6(9)		4(6)		2(3)	65
伊勢湾	12(37)	3(25)	1(3)	4(12)	6(18)		1(3)			23
熊野灘					1(50)		1(50)			2
大阪湾	48(31)	39(20)	19(15)		9(7)	2(1)	7(5)	3(2)	3(7)	127
播磨灘		7(36)	4(21)	1(5)	1(5)	1(5)		4(21)	1(5)	19
備前瀬戸			1(100)							1
尾瀬		5(23)	1(6)							6
備後灘			1(50)				1(50)			2
広島湾	39(66)	3(5)		7(12)				9(15)		57
鹿児島湾	14(47)	2(9)	18(47)		8(39)					21
島原湾		3(100)								3
大村湾	34(43)	36(46)	6(7)	1(1)	1(1)					76
博多湾		7(77)	1(11)		1(11)					9
富山湾	1(5)	11(55)	2(10)					6(30)		20
新潟港		3(100)								3
全海域	173	150	48	12	33	3	11	24	14	417

表 4 時期別(暖候期・寒候期)に集計した増殖制限物質

事例数(割合)

項目	N	P	N・P	Vit. B12	Fe
暖候期	131 (40)	103 (32)	26 (8)	11 (3)	23 (7)
寒候期	42 (30)	43 (31)	22 (16)	1 (1)	9 (7)

項目	Mn	その他	N・P以外	不明	抽出数
暖候期	3 (1)	5 (2)	14 (4)	8 (2)	324 (100)
寒候期		5 (4)	10 (7)	6 (4)	138 (100)

注) 採水月が明らかでないデータについては、集計から除外した。

暖候期: 5~10月、寒候期: 11~4月

3 海域における利水障害の実態

海域における利水障害について事例を整理し、富栄養化による利水障害と富栄養化に伴う有機汚濁による利水障害に区分してとりまとめた。

(1) 富栄養化による利水障害

富栄養化による利水障害は主として赤潮に起因する水産障害、水浴障害、景観障害、工業用水障害、悪臭による障害などである。

① 水産障害

a) 障害の原因となる赤潮生物

1971年から1987年までの障害発生事例から、これらの障害を引き起こす赤潮生物の種類をとりまとめて、表5に示す。

障害発生を引き起こす主要な赤潮生物のうち最も出現頻度の高いのは鞭毛藻綱(約55%)で、次いでラフィド藻綱(約25%)、珪藻綱(約9%)の順である。また、属別にみると、鞭毛藻綱のギムノディニウム、プロロセントラムあるいはラフィド藻綱のシャトネラ(ホルネリア)、オリソディスカスがあげられる。

表 5 赤潮による障害原因種及び発生件数

分類	種類名	発生件数	小計
黄色鞭毛藻	ディクチオカ (<i>Dictyocha</i>) 属	1	1 (0.2)
渦鞭毛藻	エグジュビアエラ (<i>Exuviaella</i>) 属	4	
	プロロセントラム (<i>Proocentrum</i>) 属	45	
	ノクティルカ (<i>Noctiluca</i>) 属	32	
	ギムノディニウム (<i>Gymnodinium</i>) 属	165	
	ジャイロディニウム (<i>Gyrodinium</i>) 属	1	
	コクロディニウム (<i>Cochlodinium</i>) 属	25	
	ゴニオラックス (<i>Gonyaulax</i>) 属	6	
	ケラチウム (<i>Ceratium</i>) 属	12	
	メソディニウム (<i>Mesodinium</i>) 属	5	
	その他の鞭毛藻 (Others)	19	314 (54.0)
珪藻	スケルトネマ (<i>Skeletonema costatum</i>)	29	
	レプトシリンドラス (<i>Leptocylindrus</i>) 属	2	
	タラシオシーラ (<i>Thalassiosira</i>) 属	8	
	コシノディスカス (<i>Coscinodiscus</i>) 属	1	
	リゾソレニア (<i>Rhizosolenia</i>) 属	3	
	キートセロス (<i>Chaetoceros</i>) 属	9	
	ユーカンピア (<i>Eucampia</i>) 属	5	
	ニツチア (<i>Nitzschia</i>) 属	3	
その他の珪藻類 (Others)	10	70 (12.0)	
ラフィド藻	オリソディスカス (<i>Olisthodiscus</i>) 属	49	
	ヘテロシグマ (<i>Heterosigma</i>) 属	31	
	シャトネラ (ホルネリア)	67	
	[(<i>Chattonella</i> (<i>Homellia</i>)]		147 (25.3)
ミドリムシ類	ユーグレナ (<i>Euglena</i>) 属	1	
	ユートレプティエラ (<i>Eutreptiella</i>) 属	4	
	ミドリムシ (<i>Euglenophyceae</i>) 綱	12	17 (2.9)
その他	アストロモナス (<i>Asteromonas</i>) 属	1	
	トリコデスミウム (<i>Trichodesmium</i>) 属	1	
	上記以外の種類 (Others)	30	32 (5.5)
合計		581	(100.0)

() 内は百分率を示す。

b) 赤潮による水産障害の種類

赤潮による水産障害は前述したように魚介類に対する害作用のみならず漁場の移動や網グサレなど広範囲にわたりその影響が認められている。

そこで、赤潮による水産障害の種類を漁業形態別に表6に示すように分類しとりまとめた。

障害の種類別に発生件数をみると、天然被害、養殖被害及び蓄養被害のいずれも魚介類のへい死が圧倒的に多く、80%以上(天然: 障害の種類が明らかな178例中154例、養殖: 285例中 237例、蓄養: 68例中68例)を占めていることが判った。

へい死による障害は数個体から数千万個体(数kgから数千トン)で、養殖被害は天然被害と比較して量的に多く、一度に数百万個体(千トン以上)を超える例が熊野灘や播磨灘にみられる。また、障害金額もへい死量に応じて数万円から数十億円に及んでいる。

表 6 赤潮による水産障害の種類

分類	天然被害	養殖被害	蓄養被害
障害の種類	へい死	へい死	へい死
	忌避	品質の低下 ²	その他の障害
	貝類の毒化	価格の低下	
	漁獲量の減少	収穫量の減少	
	商品価値の低下	養殖業への支障 ³	
	漁業への支障 ¹	養殖魚類等への障害 ⁴	
	その他の障害	その他の障害	

1. 漁業への支障: 休漁、漁場移動、網グサレ、網作業に支障
2. 品質の低下: カキの変色、ノリの色落ち、出荷停止
3. 養殖業への支障: いけすの移動、漁場移動、休漁、早期水揚げによる販売損
4. 養殖魚類等への障害: 摂餌量低下、成長不良、ノリ芽の脱落一流出

c) 赤潮による被害生物

赤潮により障害の発生した事例から被害生物をとりあげ、漁業形態別に表7に示した。

被害生物の種類数は天然被害で46種類、養殖被害で30種類、蓄養被害で31種類となっている。被害の比較的多い魚介類を種類別にみると、天然被害でボラ類、カレイ類の中層から底層魚、養殖被害ではハマチ、マダイ、ノリ、蓄養被害ではハマチ、カレイ類などとなっている。

表7 赤潮による被害生物

魚介類名	天然被害	養殖被害	蓄養被害	魚介類名	天然被害	養殖被害	蓄養被害
コノシロ	4		1	カレイ類	30		11
イワシ類	2		2	ヒラメ類	1	5	
ウナギ	10			トコブシ	4	1	2
アナゴ	7		6	その他のアワビ類	8	3	8
ハモ	2		3	サザエ	7		5
ボラ類	29		8	イガイ類	2		
サバ類	1		2	アコヤガイ		17	
マグロ類		3		アカガイ		7	
ブリ	2	16	3	ヒオウギ		2	1
ハマチ	1	188	11	カキ		7	
カンパチ	1	19	1	トリガイ	1		1
ヒラマサ	1	7		アサリ	14	11	
シマアジ	1	11		ハマグリ		2	
マアジ	1	7		バカガイ	3	1	
その他のアジ類	4	17	6	イカ類	8		5
ヒイラギ	5			タコ類	9		2
イシダイ		2		クルマエビ	9	1	5
スズキ	7	2	5	アカエビ	2		
キス類	7			イセエビ			3
イサキ	2	1		その他のエビ類	2		3
クロダイ	7	4	3	カニ類	10		
マダイ	2	32	3	ナマコ類	2		
チダイ		4	1	ノリ		37	
その他のタイ類	2	33	4	不明	57	15	8
イカナゴ	4			種類数	46	30	31
ハゼ類	14						
ウミタナゴ	1						
フグ類	2	8					
カワハギ	2	2	2				
メバル	10	1	1				
カサゴ	2		1				
アイナメ	13		2				
コチ類	14		2				

注1：不明は原典に「雑魚」、「小魚」、「定置網による漁獲物」等の記載しかなく、魚介類の名称が特定できないケースである。

注2：「マダイ」、「チダイ」等と表記せずに単に「タイ」と記載されている場合について「その他のタイ類」等として集計し、1種類と数えた。

② 水浴被害

赤潮発生に伴う水浴障害の事例が瀬戸内海にみられる。発生海域は図5に示すとおりで、大阪湾、播磨灘、豊後水道、徳島県阿南市、山口県岩国市の海水浴場である。大阪湾の貝塚市、播磨灘の御津町の海水浴場では水浴場開設期間中（7,8月）に6回～10回の遊泳障害が起きている。また、大阪湾神戸市須磨海水浴場では赤潮生物のシャトネラ、プロロセントラムによる遊泳障害が発生していることが報告されている。

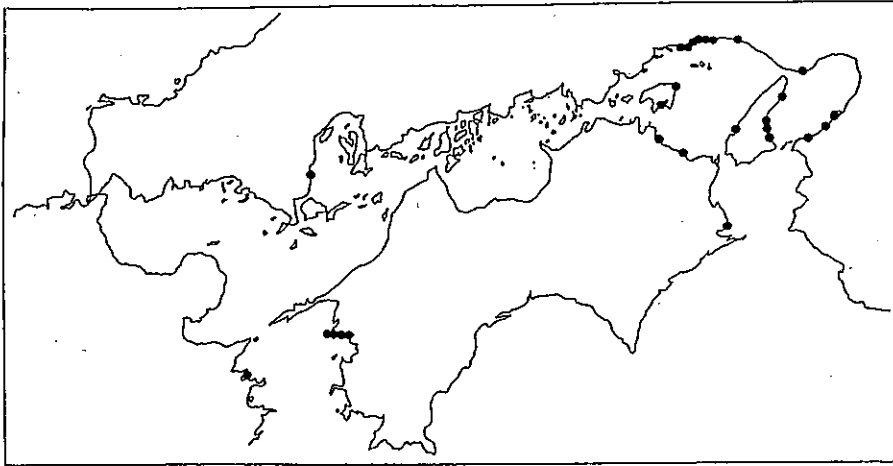


図5 赤潮による水浴障害発生海域

③ 悪臭による障害

悪臭による障害として、赤潮やアオサの大量増殖によってそれらが腐敗し悪臭が発生した事例がある。発生海域は図6のとおり伊勢湾、熊野灘の沿岸、播磨灘及び紀伊水道に面した海水浴場で、発生期間は、6～8月の夏季に1日から2週間程度持続したと報告されている。

④ 景観障害

景観障害はアオサなどの海藻の大量繁茂による海浜汚染で、海岸清掃

を余儀なくされたことである。発生海域は図7のとおりで東京湾口近傍、紀伊水道、大阪湾及び播磨灘の各海水浴場である。発生時期は6月～8月にみられた。

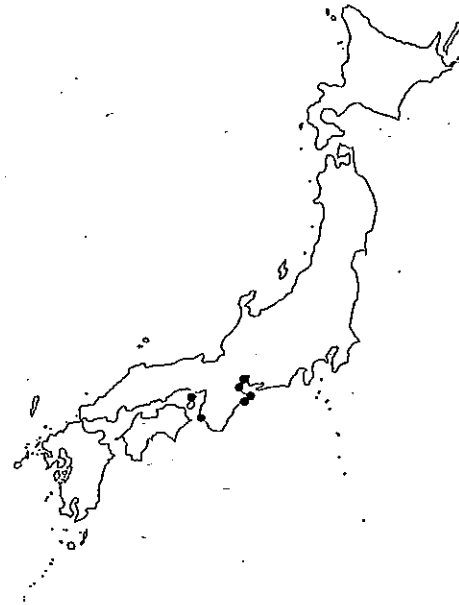


図6 赤潮・海藻の大量増殖による悪臭発生海域

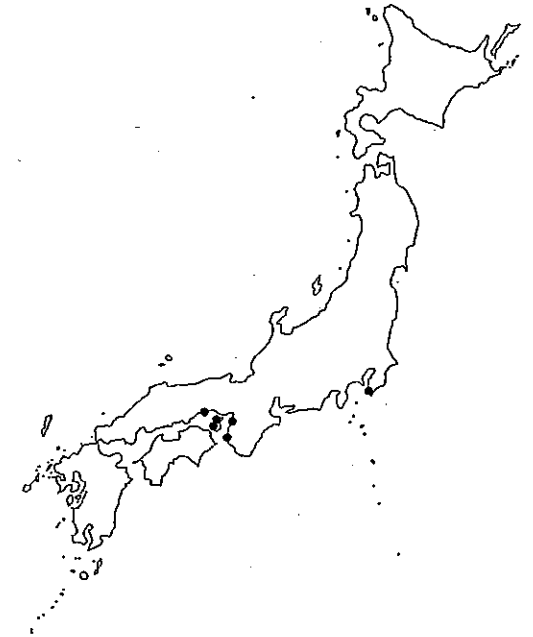


図7 海藻の大量繁茂による景観障害発生海域

⑤ 工業用水障害

工業用水障害として、赤潮発生による製塩生産障害の事例がある。製塩生産障害はろ過器の目詰まり、イオン交換器の目詰まりによる生産量の減少で、障害発生海域は図8のとおり播磨灘赤穂市と錦海湾である。障害発生時期は6月から8月の間で、発生期間は数日から20日ほどである。また、障害原因種としてシャトネラ、ヘテロシグマがあげられる。

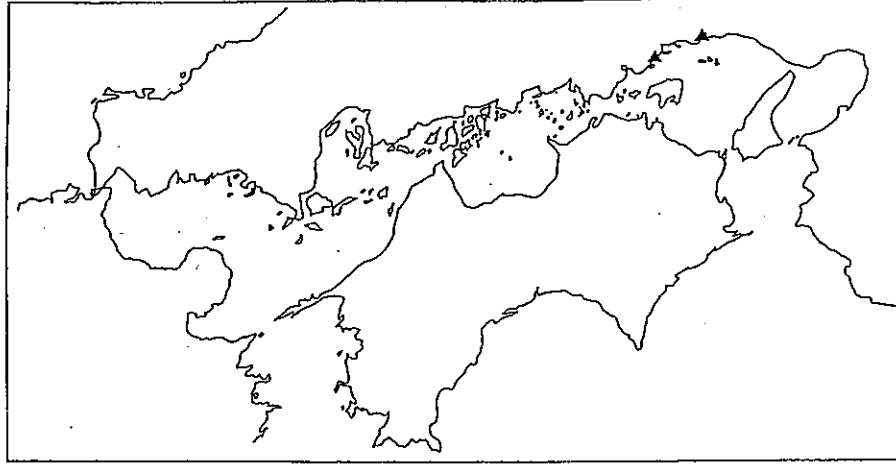


図 8 赤潮による工業用水障害発生海域

(2) 有機汚濁による利水障害

富栄養化に伴う有機汚濁による利水障害は貧酸素水塊の発生や底質の悪化に伴う水産障害があげられる。

貧酸素水塊による水産障害発生海域を図9に示す。被害生物は表8に示すように、天然被害で最も多く22種類、養殖被害で5種類、蓄養被害で3種類となっており、ハゼ類、アイナメ、カレイ類、貝類など底生性の種類が大半を占めている。なお、浮魚類の被害は青潮によるものと考えられる。

障害の発生量は魚類で数十尾～数十万尾(数kg～1万トン)、貝類で数十トンから1万トンの事例がみられ、障害金額はアサリ、カキなどの貝類の例で数億円に達しているケースもある。

表 8 貧酸素水塊による被害生物

魚の種類	天然被害	養殖被害	蓄養被害
コノシロ	5		
ウナギ	4		
アナゴ	1		
ハマ	1		
ボラ類	8		
ハマチ		6	1
ヒラマサ		1	
アジ類		3	
スズキ	1		
キス類	1		
クロダイ	4		
マダイ		3	
その他のタイ類	1		
ハゼ類	36		
フグ類	1		
ウマスラハギ	2		
メバル	5		
アイナメ	14		
コチ類	3		
カレイ類	25		
カキ		1	
トリガイ	2		
アサリ	48		1
バカガイ	8		
タコ類	1		
クルマエビ			1
その他のエビ類	2		
カニ類	1		
不明	44		
種類数	22	5	3

注1: 不明は原典に「鯉魚」、「小魚」、「近畿網の産物」等の記載がなく、魚の種類が特定できないケースである。

注2: 「マダイ」、「チダイ」等と表記せずに単に「タイ」と記載される場合等について「その他のタイ類」等として集計し、1種類と数えた。

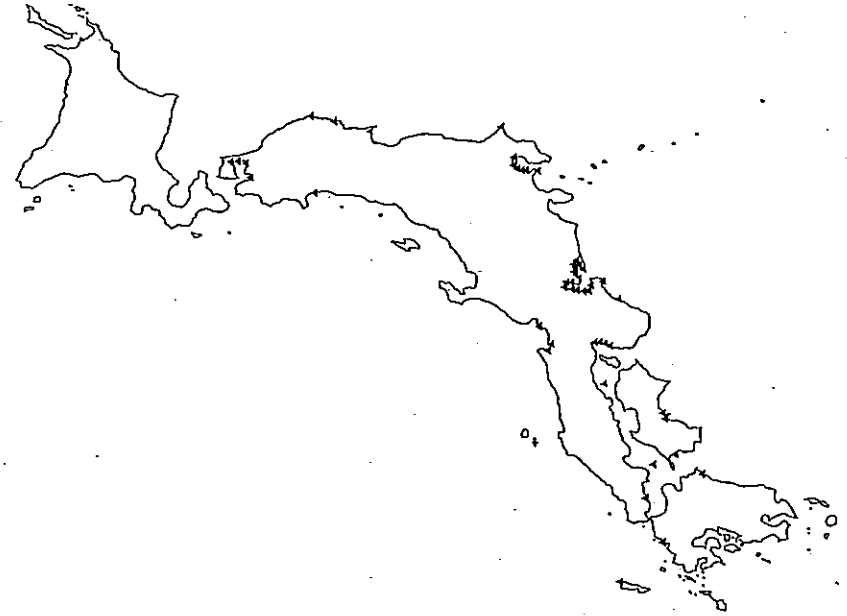


図 9 貧酸素水塊による水産障害発生海域

4 利水目的別水質レベル

ここでは前項までに検討した内容を踏まえて、海域における窒素、りん濃度の望ましいレベルを検討した。

(1) 自然環境保全

望ましい自然環境や景観が保全されている海域として海中公園地区の水質を把握することとし、その近傍に測定点がある所について、水質データ (T-N、T-P、COD、透明度の60~62年度データ。ただし、T-N・T-Pは一部の地点でのみ測定) を整理した。

その結果、平均的な水質は、T-N 0.16mg/l、T-P 0.015mg/l、COD 1.0 mg/l、透明度13mであった。また、8~9割以上のデータがT-N 0.2mg/l以下、T-P 0.02mg/l以下、COD 2mg/l以下、透明度10m以上であった (表9)。

表 9 海中公園地区の水質

水質項目	地点数	データ数*	平均	最小*	最大*	一定値**以下のデータ数(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. * 各測定点の各年度の平均値を1データとした場合のデータ数、最小、最大値である。

2. ** 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。

透明度10m未満のデータも、ほとんどが9m台であること、非常にきれいな例として透明度10mが用いられている例があること (表10) から、透明度10mを目安とし、以下の透明度とT-N、T-Pの関係式 (表1参照)

$$\log T-N(\text{mg/l}) = -0.954 \log \text{Transp}(\text{m}) + 0.213$$

$$r = -0.672 \quad n = 30$$

$$\log T-P(\text{mg/l}) = -1.01 \log \text{Transp}(\text{m}) - 0.783$$

$$r = -0.787 \quad n = 30$$

から透明度10mにあたるT-N、T-P求めるとそれぞれ0.18mg/l、0.016mg/lとなる。

日本近海の親潮のT-N、T-P濃度は、それぞれ0.1mg/l、0.02mg/l程度である (表11)。水域差はあるとしても、一応この濃度以上のレベルで設定することとすると、自然環境保全としての望ましい水質レベルは概ね

$$T-N: 0.2\text{mg/l以下}$$

$$T-P: 0.02\text{mg/l以下}$$

と考えられる。

表 10 アンケート調査による海域の分類 (浮田, 1985)

	外 観	よくとれる水産物の種類	海水浴	透明度	イメージ
A	非常にきれい	魚はあまりとれない	非常に快適	10m以上	沖縄の海
B	きれい	タイ・ヒラメ・サザエ・アワビ	快適	5~10	日本海沿岸
C	普通~ やや汚れている	キスゴ・エビ・タコ・イカ ・ワカメ	普通~ やや不快	3~5	瀬戸内海の比較的きれいな部分
D	汚れている	カレイ・イワシ・ボラ・ノリ・アサリ	不快	1~3	瀬戸内海のやや汚れた部分
E	非常に汚れている	ハゼ・ゴカイ・赤潮	不可	0~1	大阪湾や東京湾の奥部

表 11 外洋域における水質

項目	海域	黒 潮 域				対馬海流域
	St	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)	

注) 資料は春季およ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、標準偏差およびデータ数を示す。(環境庁日本近海海洋汚染実態調査資料より作成)

(2) 水浴

既存の水浴場の水質の現況を把握するため、その近傍に測定点がある所について、水質データ (T-N、T-P、COD、透明度の60~62年度データ。ただし、T-N・T-Pは、一部の地点でのみ測定。) を整理した (表12)。

表 12 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. * 各測定点の各年度の平均値を1データとした場合のデータ数、最小値、中央値、75%値、最大値である。
 2. ** 透明度からT-N、T-Pへの換算は次式によって行った。(表1参照)
 $\log T-N = -0.954 \log \text{Transp} + 0.213$
 $\log T-P = -1.01 \log \text{Transp} - 0.783$
 3. 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。

平均的なレベルは概ねT-N 0.30mg/l、T-P 0.025mg/lであり、約75%のデータが、T-N 0.40mg/l、T-P 0.030mg/l以下である。

次に、水浴障害があった水域の当該年度のデータを整理すると、T-N濃度は0.30~0.90mg/l、T-P濃度は0.03~0.14mg/lであった (表13)。

障害発生海域における水質の最小値をベースに現状水質を勘案すると、水浴としての望ましい水質レベルは概ね

$$T-N : 0.3 \sim 0.4 \text{ mg/l 以下}$$

$$T-P : 0.03 \text{ mg/l 以下}$$

と考えられる。

表 13 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

(3) 環境保全

水生生物、特に底生生物が生息可能な溶存酸素を、夏季の底層水において最低限の濃度で確保できることを、環境保全の条件と考えた。

表14に水生生物の代表としての内湾生物の生息可能な溶存酸素量の一覧を示す。いくつかの種では4ml/l (約5.7mg/l) 以下でも生息になんらかの影響がみられ、2ml/l (約2.9mg/l) 以下になると、ほとんどの種で影響が認められる。

今林(1983)は浅灘と播磨灘において底生生物と海底直上の溶存酸素濃度との関係から、溶存酸素量が3ml/l (約4.3mg/l) 以下では、底生生物群集の種類数、密度あるいは種多様性が著しく低いレベルにあることを示している (図10-1~3)。

これらの結果から底層の溶存酸素濃度が2~3ml/l以下になると貧酸素化に伴って生物影響が生じると考えられる。いま、全国の主要な内湾域の平均として、夏季底層の水温と塩素量をそれぞれ20℃、18%とすれば2~3ml/lの溶存酸素飽和度は約40~55%となり、このときのT-N、T-P濃度を次式から導くと、T-Nで1.0~0.6mg/l、T-Pで0.09~0.05mg/lとなる。

$$\log T-N (\text{mg/l}) = -1.81 \log DO (\%) + 2.91$$

$$r = -0.814 \quad n = 24$$

$$\log T-P (\text{mg/l}) = -1.66 \log DO (\%) + 1.59$$

$$r = -0.776 \quad n = 24$$

(表1参照)

表 14 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
	スジハセ*	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	3
貝	マガキ (成貝)*	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	2
	アカガイ (成貝)*	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	2, 3
	ホクテガイ (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
	ホトトギス	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	3
	ゴイサキガイ	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	3
類	イヨスグレ	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	3
	チョノハナガイ	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	3
	キセワタ	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	3
	クルマエビ (成体)*	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	2
	ホッコリエビ (成体)*	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	2
	シャコ*	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	3
	ガザミ (幼生)*	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	2
	イシガニ*	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	3
他	パフンニ (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構造物設計指針 (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

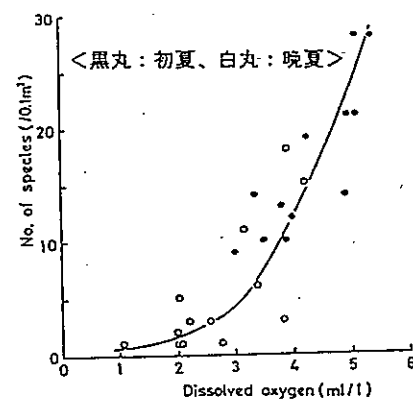


図 10-1 燧灘と播磨灘における底生動物群集の種類と海底直上水の溶存酸素との関係 (今林, 1983)

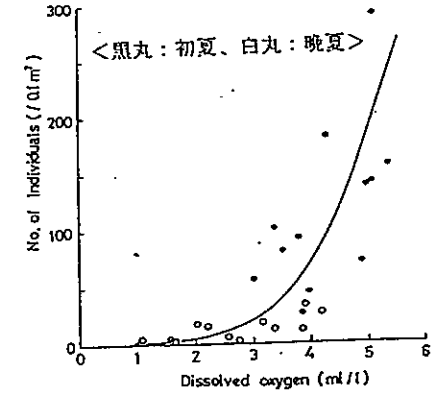


図 10-2 燧灘と播磨灘における底生動物群集の密度と海底直上水の溶存酸素との関係 (今林, 1983)

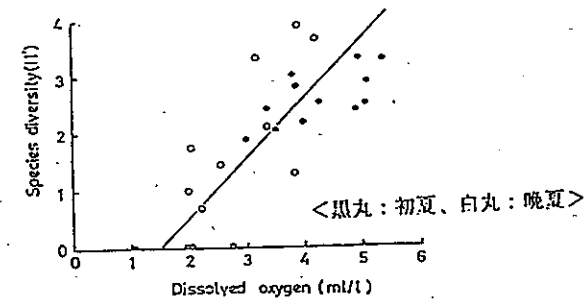


図 10-3 燧灘と播磨灘における底生動物群集の種多様性指数と海底直上水の溶存酸素との関係 (今林, 1983)

なお、この値を現行環境基準（COD等）のC類型に区分されている海域におけるT-N、T-Pの現状水質と比較すると、上限値がC類型海域の平均的なT-N、T-P濃度に相当している（表15）。

表 15 C類型海域における水質

水質項目	原データ			幾何平均	順序統計量						
	n	\bar{X}	SD		最小値	5%	25%	中央値	75%	95%	最大値
T-N(mg/l)	894	1.9	2.6	0.93	Tr.	0.14	0.46	0.95	1.98	7.43	16.00
T-P(mg/l)	987	0.132	0.158	0.078	Tr.	0.020	0.043	0.078	0.153	0.505	1.000

注) n: データ数、 \bar{X} : 平均値、SD: 標準偏差
Tr.: 検出限界値以下

これらのことから、環境保全としての望ましい水質レベルは、概ね
T-N: 0.6~1.0mg/l以下
T-P: 0.05~0.09mg/l以下
と考えられる。

(4) 水産

富栄養化と漁業生産の関連をみるため、東京湾、三河湾、大阪湾などについて、面積当たりの漁獲量及びクロロフィル-a量から計算される海域の基礎生産量を昭和40年から61年までの任意の年について算出しその関連性を調べたところ、漁獲量は基礎生産量の増加とともに増えてくるが、基礎生産がある一定レベルを超えると基礎生産の増加が漁獲量の増加につながらなくなることが判った（図11）。

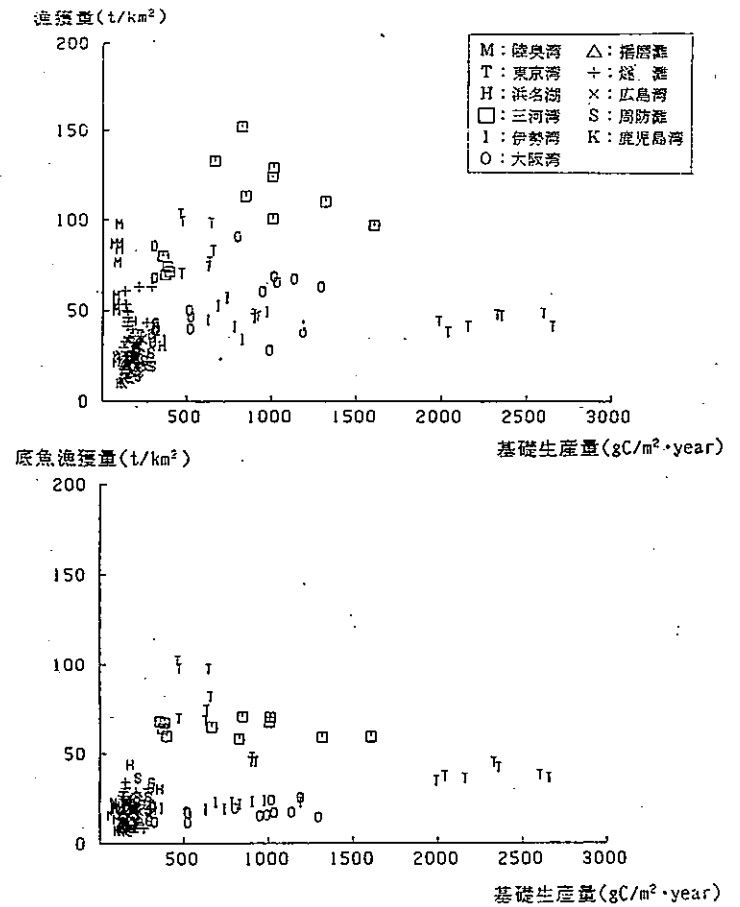


図 11 漁獲量と基礎生産量の関係

水産に適した水質は、主にどのような魚介類を中心とした漁場が望ましいかを考慮して設定する必要があり、まず陸奥湾、東京湾、三河湾、伊勢湾、大阪湾、播磨灘、越前湾、広島湾、周防灘、鹿児島湾の10海域の海域間の漁獲物組成や魚介類別漁獲量の相違を比較・検討した結果、以下に示すような傾向が認められた。

1 比較的清澄な海域で多く漁獲される漁業生物

魚類：ヒラメ、マダイ、クロダイ

水産動物：クルマエビ、その他のエビ類、コウイカ、タコ類

貝類：ハマグリ

2 比較的汚濁した海域で多く漁獲される漁業生物

魚類：スズキ

貝類：アサリ

3 清澄海域から汚濁海域まで広く漁獲される漁業生物

魚類：ボラ類、カレイ類

また、水産を除く他の利水目的に対する窒素・りんの水質レベルを参考に、漁業生物に関する既往の知見も踏まえて窒素・りんの水質レベルを表16のようにランク分けし（以下、水質ランクと称する）、東京湾、大阪湾及び広島湾周辺海域をケーススタディの対象海域として水質ランクと漁業生物の関係をみた。すると、これらの湾では過去と現在とで窒素・りん濃度が水質ランクで概ね1ランクずつ悪化していること（付録3）により、以下に示すような漁業生産の変化が認められた。

表 16 水産に係る水質目標検討のためのランク分け(原案)

ランク	T-N	T-P	(参考) T-N, T-P濃度相当値		
			DO	COD	透明度
I	0.2mg/l以下	0.02mg/l以下	4.6ml/l以上	1.7mg/l以下	7 m以上
II	0.3mg/l以下	0.03mg/l以下	4 ml/l以上	2 mg/l以下	5 m以上
III	0.6mg/l以下	0.05mg/l以下	3 ml/l以上	3 mg/l以下	4 m以上
IV	1.0mg/l以下	0.09mg/l以下	2 ml/l以上	4-5 mg/l以下	3 m以上

注) T-N, T-P, 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)にほぼ相当する
 [換算式]: $\text{LogTN} = -1.81\text{LogDO}(\%) + 2.91$ ($r = -0.814, n = 24$)
 $\text{LogTP} = -1.56\text{LogDO}(\%) + 1.59$ ($r = -0.776, n = 24$)
 (DOの飽和度は $WT = 20^\circ\text{C}$, $Cl = 18\%$ として算出した)
 $\text{COD} = 2.39\text{TN} + 1.25$ ($r = 0.891, n = 30$)
 $\text{COD} = 30.2\text{TP} + 1.11$ ($r = 0.919, n = 30$)
 $\text{LogTransp} = -0.474\text{LogTN} + 0.485$ ($r = -0.672, n = 30$)
 $\text{LogTransp} = -0.615\text{LogTP} - 0.215$ ($r = -0.787, n = 30$)

① 漁獲状況の推移

漁獲物組成別漁獲量、漁獲種類数の経年変化をみると、海域によっては富栄養化が進行した時期の方がむしろ増加する傾向も認められたが、各海域において現在漁獲量の多い漁業生物は懸濁物食性のアサリ(東京湾)、プランクトン食性のコノシロ、イワシ類、イカナゴ(大阪湾、広島湾)の栄養段階の低い種類で、主にエビ類・カニ類を中心とする栄養段階の高い底生魚介類の漁獲量は水質の清澄な時期から富栄養化の進行した時期にかけて減少している(表17)。ただ、広島湾の湾中央部における漁業生物相は現在も過去とあまり大きな相違はみられなかった。

表 17 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	-	-	○
その他の水産動物	クルマエビ	○	-	○
	その他のエビ類	○	○	○
	ガザミ	○	○	○
	カニ類	○	-	-
	イカ類	○	○	-
貝類	タコ類	-	○	○
	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、一印: 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 水質ランクと漁業生物

水質環境と漁業生物の変化との関係を整理してみると、水質ランクの高い（濃度が低い）方が底生魚介類（東京湾：エビ類、カニ類、ハマグリ等；大阪湾：エビ類、ガザミ、アカガイ等；広島湾：エビ類・カニ類等）にとって望ましい水質環境であると考えられた。ただ、水質ランクの「I」と「II」においては底生魚介類も多く漁獲され、両ランクの漁業生物相に大きな違いはみられなかった。

③ 富栄養化に関連して漁獲の減少した漁業生物

生活史に関する既往知見を踏まえ、海域の富栄養化に伴う底層水の貧酸素化により漁獲量が減少したと考えられる漁業生物を抽出すると表18のようになり、底生魚介類のうち、概してエビ類・カニ類は富栄養化による貧酸素水塊の影響を受けていると判断された。

表 18 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	-	○	
	ガザミ	○	△	○
貝類	ハマグリ	△		○
	アカガイ	○	△	○
	トリガイ		○	-

注) ○：貧酸素水塊との関係が明確に認められた種類
 △：貧酸素水塊との関係がある程度認められた種類
 -：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

④ 漁業生物の好適な水質環境

水質ランク別にみた漁場環境のイメージを把握するため、漁業生物にとって好適な水質環境を検討したところ（付録4）、各水質ランクを主な生息場としていると推測された漁業生物は以下の通りであった。水質ランクの「I」、「II」のような上位のランクに該当する漁業生物はいずれも底生魚介類で、これらは主として貧酸素水塊の影響を受けていると考えられた漁業生物（*印）であった。また、水質ランクの低位（IV）に該当する漁業生物は比較的汚濁に強い種類と考えられた。

水質ランク「I（II）」（注1）：ハモ*、その他のエビ類*

水質ランク「I・II」（注2）：ガザミ*、イカ類*、ハマグリ*、アカガイ*

水質ランク「II」：クロダイ、タコ類*

水質ランク「I・II・III」（注3）：ブリ類

水質ランク「III～IV」：スズキ

（注1）：Iランクであるが1水域のデータのみによっており、IIランクの可能性もある。

（注2）：IIランクより良好なランクが必要であるが、IとIIのいずれであるかを定めるデータがない。

（注3）：IIIランクより良好なランクが必要であるが、I、II、IIIのいずれであるかを定めるデータがない。

なお、カキについてみると、富栄養化は単位面積当りの生産量や成長量の低下を招き、1年生カキ養殖から2年生カキ養殖への転換、養殖場や採苗場の沖合いへの移動、生理障害等の影響が指摘されている（楠木、1981,1984;森、1973,1976）。ただ、広島湾の養殖ガキによる一次生産量の利用率は季節によっては6割程度を占めているとの試算結果もあることから、少なくとも広島湾の湾央海域における現状の窒素・りん濃度程度の栄養塩は養殖ガキにとって必要で、水質ランクとしては「II～III」程度と考えられた。

また、ノリについてみると、生育には窒素・りん等の栄養塩が必須で、比較的富栄養化した海域で生産されるが、赤潮による栄養塩の消費等で窒素・りん濃度が低下すると色落ち等の障害がみられる。既往の研究事例から得られた好適な水質レベルは、T-Nで0.4mg/l以上、T-Pで0.04mg/l

以上であったが、上限値は明確でなく設定することは困難であった。ノリ漁場の多くは水質ランク「Ⅲ～Ⅳ」に位置しており、このあたりがノリ生産のための平均的な水質レベルと考えられた。

以上の解析から「Ⅰ」～「Ⅳ」の水質ランクのうち「Ⅰ」と「Ⅱ」の間の漁獲生物相に大きな相違はみられなかったが、「Ⅱ」～「Ⅳ」については水質ランクが上がると魚種組成が多様化し生態系のバランスが良くなる方向に変化すると考えられ、水産に係る望ましい水質レベルとしては「Ⅱ（Ⅰを含む）」、「Ⅲ」、「Ⅳ」の3つのランクに分類することが妥当であると判断された。

水質ランク別の漁場環境のイメージは下記のとおりである。

(a) 水質ランク「Ⅱ（Ⅰを含む）」

水質ランク「Ⅱ」の海域は、底魚類（クロダイ、ハモ等）、甲殻類（エビ類、カニ類）、頭足類（タコ類、イカ類）、貝類（ハマグリ、アカガイ、トリガイ等）等の底生魚介類が豊富である。本海域で多く漁獲される漁業生物は溶存酸素の減少に対する耐性の弱い種類で、なかでも甲殻類のエビ類やカニ類がその代表的な漁業生物としてあげられる。

ベントス食性のエビ類やカニ類の漁獲が多いことは、漁獲物組成が特定の種類に著しく片寄ることなく均衡化していることを表すもので、このような場では「多様な漁業生物相がバランス良く安定して生息している」と考えられる。また、エビ類やカニ類を主体とする底生魚介類等栄養段階の高い漁業生物が多く漁獲されることは、食物連鎖を通じて海域の生物生産が有効に利用され、「正常な内湾生態系」を呈する最も望ましい漁業生物環境と考えられる。

(b) 水質ランク「Ⅲ」

水質ランク「Ⅲ」の海域は、イワシ類、コノシロ、アジ類、イカナゴ、スズキ、カレイ類といった浮魚から底魚までの魚類、水産動物のシャコ、ナマコあるいは貝類のアサリ等の漁獲がみられ、魚類を中心に漁業生産の高い場である。ただ、エビ類、カニ類、クロダイ、ハモ等の貧酸素状態に耐性の弱い種類の漁獲量は少なく、このような一部の底生魚介類にとって本海域の水質環境は好ましくないと考えられる。

(c) 水質ランク「Ⅳ」

水質ランク「Ⅳ」の海域では、浮魚類のイワシ類、コノシロ、アジ類や貝類のアサリ、モガイ等の他、底魚類のカレイ類、タチウオ等の漁獲がみられるが、漁獲の中心は大阪湾ではプランクトン食性のイワシ類、コノシロ、東京湾では懸濁物食性のアサリ等で、これら特定種による漁獲が大きなウエイトを占めている。底生魚介類の漁獲量はかなり減少し、本海域の水質環境は多くの底生魚介類にとって好ましくないと考えられる。

このように、水質ランク「Ⅳ」の水質環境はイワシ類やアサリのような低栄養段階に属する特定種が卓越するため生態系としてのバランスは良いとはいえ、「不安定な内湾生態系」を呈すると思われる。

なお、水質ランク「Ⅳ」を超える濃度の海域は、夏季底層に常時貧酸素水塊の形成がみられ、青潮によるアサリのへい死のような水産障害が頻繁に起こり得る環境であり、漁業には適さないと考えられる。

以上のことを踏まえて、海域をマクロにみて各水質ランク及びそれぞれのランクに対応する漁場環境のイメージをあてはめると、表19に示すようになり、この3つの水質ランクが水産に係る窒素・りん望ましい水質レベルとして考えられた。

なお、①窒素・りんは植物プランクトンの栄養として、海域の生態系の維持に必要なものであるため、海域における濃度が低ければ低いほど良いというものではないこと、②逆に、内湾の中で比較的窒素・りん濃度の低い海域であってもその海域固有の生態系が維持されているのであるから、表に示された値まで窒素・りん濃度を増加させることが良いということでもないこと、に留意する必要がある。

表 19 水産に係る窒素・リンの望ましい水質レベル

ランク	T-N	T-P	(参 考) T-N,T-P濃度相当値		
			DO	COD	透明度
II	0.3mg/l以下	0.03mg/l以下	4 ml/l以上	2 mg/l以下	5 m以上
III	0.6mg/l以下	0.05mg/l以下	3 ml/l以上	3 mg/l以下	4 m以上
IV	1.0mg/l以下	0.09mg/l以下	2 ml/l以上	4-5 mg/l以下	3 m以上

注) T-N,T-P,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)にほぼ相当する

[各水質ランクのイメージ]

水質ランク「II」：多様な漁業生物がバランスよくかつ安定して生息。
底生魚介類等の栄養段階の高い漁業生物の漁獲も見込まれ望ましい
内湾生態系を呈する。
水質ランク「III」：一部の底生魚介類にとっては必ずしも好ましい環境
とはいえないが、魚類を中心に漁業生産性が高い海域。
水質ランク「IV」：多くの底生魚介類にとっては適切なレベルではない
ため、浮魚を中心とした汚濁に強い漁業生物が生息。特定の魚種が
卓越する場合が多く、生態系としてバランスが良いとはいえない。

III まとめ

これまでの検討結果を整理して、利水目的別の窒素・リンの望ましい水質レ
ベルをまとめると表20のようになる。なお、表20では、表19の水産に係る望ま
しい水質レベルの「ランクII (Iを含む)」「ランクIII」「ランクIV」を、そ
れぞれ「水産(1種)」「水産(2種)」「水産(3種)」として置き換えて
いる。

表 20 利水目的別の窒素・リンの望ましい水質レベル

利水目的	全窒素 (年平均、上層)	全リン (年平均、上層)
自然環境保全	0.2 mg/l以下	0.02 mg/l以下
水浴	0.3~0.4 mg/l以下	0.03 mg/l以下
水産(1種) (2種) (3種)	0.3 mg/l以下 0.6 mg/l以下 1.0 mg/l以下	0.03 mg/l以下 0.05 mg/l以下 0.09 mg/l以下
環境保全	0.6~1.0 mg/l以下	0.05~0.09 mg/l以下

ここで、水浴以外の利水の意味を簡潔に記すと以下に示すとおりである。

- * 自然環境保全：自然探勝等の環境保全
- * 水産(1種)：底生魚介類を含め多様な漁業生物がバランスよくかつ安定
して生息し、漁獲される。
水産(2種)：魚類を中心に高い漁業生産性が見込まれる。
水産(3種)：汚濁に強い特定の漁業生物が主に漁獲される。
- * 環境保全：底層水においても生物が生息できる環境の確保

なお、利水のひとつである工業用水については、適切な水質レベルを判断で
きる事例がなかったが、これまで海域の環境基準B類型(COD 3mg/l以下)を適
切なレベルとして設定してきて特に支障がなかったことから、この程度の水質
を引続き目標として設定することが適当であろう。これに相当する窒素・リン
の濃度レベルは、T-N 0.6mg/l以下、T-P 0.05mg/l以下である。

以上のように、本検討会では利水目的を踏まえた海域における窒素・リンの望ましい水質レベルを提案することができた。この結果を踏まえ、現在富栄養化している、あるいはそのおそれのある海域について窒素・リンの環境基準が設定され、健全な海域環境の実現に向けて富栄養化防止のための対策が進展することを期待したい。

なお、最後に、今後の検討に当たって留意すべき事項を付記しておく。

- ① 窒素・リンの濃度が極端に低くなると水産としての利用には影響がでる場合があると考えられる。このため、自然環境保全を目的とした水質目標については、自然環境保全の利水を優先させる必要がある海域や、現状の低い窒素・リン濃度を維持することで現在の水産としての利用や生態系の維持を図る必要があると考えられる海域を対象に設定するのが妥当である。
- ② 窒素、リンの濃度レベルとCODの間には一定の関係があることから、実際に窒素・リンの環境基準を設定するに際しては、現行の環境基準の類型区分及び類型指定との関連を踏まえて、なるべく分かりやすい形で設定を行うことが望ましいと考えられる。
- ③ 今回の検討結果によれば、表19及び表20に示した濃度を超える窒素・リンあるいはCODのレベルでは底層の貧酸素化が著しくなり、生物の生息が困難になることから、海域環境として好ましいとはいえない。従来、C類型の環境基準であるCOD 8mg/l以下(75%値)については、「国民の日常生活（沿岸の遊歩等を含む。）において不快感を生じない限度」とされ、悪臭を防止するという観点で基準値が設定されてきたが、これは当初環境基準が設定された時点で汚濁が進んでいた水環境を踏まえての設定であり、近年この環境基準が海域の全てのC類型指定水域で達成されていることも踏まえれば、C類型の水域の水質目標を、生物が生息できる環境を少なくとも確保するという本来の意味での環境保全の考え方に基づき、より低濃度レベルのCOD 5mg/l程度に変更するか、あるいは新たにCOD 5mg/l程度という目標区分を設定して従来の値での指定水域を減らしていくことを今後検討すべきであると考えられる。

付 録

(付録1) 資料の出典

1 水質データ

(昭和61年度～平成元年度までの調査)

資 料	年 度
公共用水域水質測定結果(各都道府県)	1983～1987年度
広域総合水質調査データ集(環境庁水質保全局)	1979～1987年度

上記以外(透明度、クロロフィル-a)

海 域	資 料	年 度
陸奥湾	漁況海況予報事業浅海定線調査 (青森県水産増殖センター)	1975～1986年
東京湾	東京湾の平均的・海況と海水交流 (宇野木・岸野、1977)	1965～1974年
浜名湖	東海沿岸海域における赤潮予察調査 (静岡水試・愛知水試・三重水試・ 滋賀水試、1980)	1979～1980年
	昭和56年度赤潮予察調査報告書 (東海・内水面ブロック)(水産庁・ 静岡県・愛知県・三重県・茨城県・ 長野県・滋賀県、1982)	1981年
三河湾	日本全国沿岸海洋誌(宇野木、1985)	1965～1975年
伊勢湾	同 上	1965～1975年
大阪湾	瀬戸内海における栄養塩類などの分布と 季節変化(近藤、1978)	1965～1976年
	大阪府水産試験場報告(大阪府水試、1986)	1965～1978年
播磨湾	瀬戸内海における栄養塩類等の分布と季節 変化(近藤、1978)	1965～1976年
燧 灘	瀬戸内海における栄養塩類などの分布と 季節変化(近藤、1978)	1965～1976年
広島湾	同 上	1965～1976年
周防湾	同 上	1965～1976年
有明海	日本全国沿岸海洋誌(宇野木、1985)	1972～1981年

(平成元年度～平成4年度までの調査)

既往調査資料	刊行年度
広域総合水質調査データ集(環境庁水質保全局)	1980-1989
公共用水域水質測定結果(神奈川,東京,千葉)	1975-1986
海洋調査時報(神戸海洋气象台)	1930, 31, 36, 37
海洋調査要報(水産試験場)	1932, 39, 40
生産力調査要報(水産試験場)	1948, 49, 56
瀬戸内海水産連絡調査要報	1952, 56, 61
海洋観測資料(水産庁)	1966, 69, 70, 73
広島県水産試験場事業報告	1987

2 A G P試験結果の整理・解析に供した資料

- 安藤晴夫・菊地幹夫・津久井公昭・曾田京三・川原 浩(1985): 東京湾の富栄養化に関する研究—そのⅡ—. 東京都公害研究所年報: 109-120.
- 江場弘樹・木村康夫・大塚治子・高梨俊治・宇佐見義博・近藤正夫・萩田晴久・伊藤正幸(1986): 伊勢湾の栄養塩の挙動. 愛知県公害センター研究所報告, 14: 72-82.
- 遠藤拓郎(1984): 備後・燧灘における赤潮生物の増殖に及ぼす栄養塩などの影響およびシストの発芽条件. 大規模赤潮の形成及び赤潮被害抑止に関する研究, 5年間の研究成果, 南西海区水研・東海区水研・水産大学校: 101-113.
- 遠藤拓郎(1987): 赤潮発生の物理・化学環境, 栄養塩, 赤潮の科学, 恒星社厚生閣: 159-181.
- 遠藤拓郎・小山治行・今林博道(1982): 播磨灘における植物プランクトンと海況とくに栄養塩の分布および水質の生理分析. 海洋環境特性と赤潮発生に関する基礎研究, 環境科学研究報告書, B148-R14-8: 81-92.
- 藤沢邦康・三宅与志雄(1982): *Chattonella antiqua*の増殖に及ぼす環境因子の効果について. 岡山水試事報: 168-170.
- 古城方和(1987): シャトネラ赤潮の発生機構. 水, 29(1): 18-24.
- 林 光則・葉山八千代・秋山広子・永井史郎(1978): 海洋プランクトンの栄養要求と藻類培養試験による海水の富栄養評価に関する研究. 水質汚濁研究, 1(3): 199-202.
- 今岡 努・寺西靖治・矢木修身・須藤隆一(1981): 海域における赤潮生物生産能力の評価. 第17回衛生工学研究討論会講演論文集: 76-81.
- 今岡 努・寺西靖治・矢木修身・須藤隆一(1981): 赤潮生物を用いた都市下水のAGPの測定. 下水道協会誌, 18(210): 20-27.
- 岩崎英雄(1973): 赤潮鞭毛藻の生理特性からみた赤潮の発生機構. 日本プランクトン学会報, 19(2): 104-114.
- 岩崎英雄(1983): 伊勢湾における赤潮鞭毛藻の生理要求特性とその動態

に関する研究. 大規模赤潮の形成および赤潮被害抑止に関する研究. 昭和57年度研究成績報告書. 南西海区水研・東海区水研・水産大学校: 103-114.

岩崎英雄・林孝市郎・野田宏幸(1980): 伊勢湾における赤潮鞭毛藻の生理要求特性とその動態に関する研究. 大規模赤潮の形成及び赤潮被害抑止に関する研究. 昭和54年度研究成績報告書: 107-116.

鎌田敏幸・村上哲生・榊原 靖・土山ふみ・成瀬洋児・安藤 良(1983): 名古屋港の植物プランクトンによる二次汚濁とその増殖に及ぼす要因について. 名古屋市公害研究所報, 13: 89-95.

環境庁(1985): 二次汚濁物質調査.

環境庁(1986): 二次汚濁物質調査.

環境庁(1988): 東京湾水域保全対策検討調査: p. 80.

Kondo, M., T. Sakai, H. Yamamoto and Y. Arakawa(1984): Algal growth potential and the limiting nutrient in Mikawa Bay. J. Oceanogr. Soc. Japan, 40: 391-396.

中村公子・赤木聡・緒方時雄(1985): 大村湾におけるAGP(第1報)、藻類(*Heterosigma akashiwo*)の増殖特性とAGP試験による富栄養化の把握. 長崎県衛生公害研究所報, 27: 43-47.

中村泰男・渡辺 信(1984): *Chattonella antiqua*の増殖量に及ぼす栄養塩の効果. 国立公害研研報, 63: 87-95.

中村泰男・沢井一浩・持田昌彦・渡辺正孝(1987): 赤潮多発海域での制限栄養塩推定の試み—瀬戸内海西島(家島諸島)における現場海水を用いた*Chattonella antiqua*の半連続培養実験—. 国立公害研研報, 110: 197-212.

野澤治治(1983): *Nitzschia closterium*および*Chattonella marina*による海水の生理分析. 内湾海域赤潮生物挙動試験報告書, 昭和57年度, 水産庁: 1-11.

野澤治治・野呂忠秀(1981): 赤潮鞭毛藻*Chattonella* sp.の増殖と低温耐性に及ぼす有機炭素化合物の影響. 内湾海域赤潮生物挙動試験報告書 昭和55年度, 水産庁: 1-6.

岡市友利(1969): 異なった水域の海水による青潮原因プランクトン*Eutreptierella* sp.の培養. 日本プランクトン学会報, 16(2): 121

-126.

西條八束(1973): 内湾の富栄養化—三河湾の場合—. 用水と廃水, 15(1): 9-24.

坂本 充(1972): 三河湾における植物プランクトンの生産を支配する栄養要因. 昭和47年度日本海洋学会秋大会講演要旨集: 109.

坂本 充(1980): 赤潮潜伏時の内湾における群集特性と栄養塩代謝の生理分析. 内湾海域赤潮生物挙動試験報告書, 昭和59年度, 水産庁: 11-19.

坂本 充(1981): 赤潮潜伏時の内湾における群集特性と栄養塩代謝の生理分析に関する研究. 内湾海域赤潮生物挙動試験報告書, 昭和55年度, 水産庁: 7-21.

坂本 充(1982): 赤潮潜伏時の内湾における群集特性と栄養塩代謝の生理分析に関する研究. 内湾海域赤潮生物挙動試験報告書, 昭和59年度, 水産庁: 1-12.

坂本 充(1982): 富栄養化度の総合的判定. 湖沼環境調査指針, 公害対策技術同友会: 221-243.

坂本 充・神谷知子(1974): 三河湾における植物プランクトンの増殖を支配する栄養因子. 文部省特定研究, 人間生存と自然環境, 水域の富栄養化における有機物の役割に関する基礎的研究. 名古屋大学科学研究所: 76-94.

新村行雄・藤崎進・宮本勲(1987): 藻類生産潜在能力(AGP)による河川及び海域の富栄養化に関する研究. 富山県公害センター年報 15: 108-122.

曾田京三・菊地幹夫・津久井公昭・安藤晴夫・川原 浩(1984): 東京湾の富栄養化に関する研究(その1). 東京都公害研究所年報: 89-94.

高田真也・上野 晃(1983): 鹿兒島における富栄養化対策. 富栄養化対策総合資料集, (株)サイエンスフォーラム: 440-450.

Takahashi, M. and N. Fukazawa(1982): A mechanism of "red tide" formation II. Effect of selective nutrient stimulation on the growth of different phytoplankton species in natural water. Mar. Biol., 70: 267-273.

矢木修身・須藤隆一・今岡 務・寺西靖治(1982)：海水の赤潮生物生産能力の評価。国立公害研究所報告、30:289-302。

Yamochi, S. (1983) : Mechanisms for outbreak of Heterosigma akashiwo red tide in Osaka Bay, Japan. Part 1. Nutrient factors involved in controlling the growth of Heterosigma akashiwo Hada. J. oceanogr. soc. Japan, 39 : 310-316.

矢持 進(1984)：大阪湾に出現する赤潮鞭毛藻 Prorocentrum micans、Eutreptiella sp. および Chattonella marina の増殖制限栄養因子について。日本プランクトン学会報、31(2) : 97-106。

矢持 進・安部恒之・城 久(1982)：大阪湾谷川港に於ける Olisthodiscus luteus の赤潮発生機構に関する研究—出現特性と日周鉛直移動について。国立公害研究所報告、30:191-214。

吉武和人・西田政司(1982)：博多湾の富栄養化の現状 I 藻類の生理特性と生物培養試験による富栄養化の把握。福岡市衛試報、7: 64-71。

吉武和人・西田政司(1982)：博多湾におけるビタミンB12の分布。福岡市衛試報、7: 72-74。

3 利水障害事例

資	料
各都道府県からの情報	
水産庁(1972~1987)	水質汚濁等による突発的漁業被害発生報告 昭和46年度~昭和61年度
環境庁(1982)	窒素環境指導指針策定調査 —利水障害事例集—
柿野 純(1986)	東京湾奥部における貝類へい死事例、特に硝酸素水の影響 について。水産土木23(1):41-48。
千葉県水質保全課資料	三重県農林水産部水産事務局漁政課資料 三重県沿岸における赤潮発生状況(昭和46~59年)
水産庁瀬戸内海漁業調整事務所資料	瀬戸内海の赤潮(昭和46~59年) 愛知県および愛知県水産試験場資料 伊勢湾、三河湾の赤潮発生状況(昭和46~60年)
環境庁水質保全局・(社)瀬戸内海環境保全協会(1985)	瀬戸内海の環境保全—資料集—:1-201。
瀬戸内海環境保全知事・市長会議(1978)	海水浴場調査結果報告—瀬戸内海の海水浴場における赤潮 被害状況等—:1-52。
水産庁九州漁業調整事務所資料	九州海域における赤潮発生状況(昭和53~63年)
環境庁(1988)	海域富栄養化環境基準類型指定調査 (海域の利用実態等に関する調査)
愛知県水産試験場(1972~1989)	愛知県水産試験場業務報告

4. 漁獲量関連資料

(昭和61年度～平成元年度までの調査)

海 域	資 料	年 度
全 国	日本近海漁場図(全漁連沿岸漁場開発対策室、1977)	—
陸奥湾	青森農林水産統計年報	1958～1986年
東京湾	東京農林水産統計年報・千葉農林水産統計年報・神奈川農林水産統計年報(関東農政局統計情報事務所) 関東水産統計地域における漁業動向(関東農政局統計情報部)	1955～1986年
浜名湖	静岡農林水産統計年報(東海農政局統計情報部)	1965～1986年
三河湾	愛知農林水産統計年報(東海農政局統計情報部)	1960～1986年
伊勢湾	愛知農林水産統計年報・三重農林水産統計年報(東海農政局統計情報部)	1970～1986年
大阪湾	大阪農林水産統計年報(大阪湾)	1959～1963年
播磨湾	兵庫農林水産統計年報(大阪湾)	1959～1963年
燧 灘	瀬戸内海漁業灘別漁業動向について(中国・四国農政局)	1964～1967年
広島湾	昭和43年～昭和52年度瀬戸内海漁業灘別統計表(中国・四国農政局)	1968～1977年
周防湾	瀬戸内海の漁業(中国・四国農政局)	1978～1986年
有明海	福岡農林水産統計年報・佐賀農林水産統計年報・長崎農林水産統計年報・熊本農林水産統計年報(九州農政局統計情報事務所)	1965～1986年
鹿児島湾	鹿児島農林水産統計年報(九州農政局鹿児島統計情報事務所)	1965～1986年

(平成元年度～平成4年度までの調査)

既 往 調 査 資 料	刊 行 年 度
東京湾漁業生産実態調査(水産研究会)	1949
東京都内湾漁業興亡史(興亡史刊行会、藤森ら編)	1971
東京湾を診断する(東京湾研究会)	1978
東京湾横断道路漁業影響調査(東京湾横断道路漁業影響調査委員会・日本水産資源保護協会)	1986
水生生物調査結果報告書(東京都環境保全局)	1985.88.89
東京農林水産統計年報(関東農政局統計情報部)	1966-1990
千葉水産統計内部資料(関東農政局千葉統計情報部)	(1965-1989)
神奈川水産統計内部資料(関東農政局神奈川統計情報部)	(1965-1989)
神奈川県柴漁協漁獲資料(清水、未発表)	(1985-1988)
神奈川県横須賀漁協漁獲資料(神奈川水試内部資料)	(1981)
大阪農林水産統計年報(近畿農政局大阪統計情報事務所)	(1954-1989)
大阪府海面漁業漁獲量累年統計表(大阪府農林部水産課)	1962
大阪府水産試験場業務報告	1958
大阪府水産試験場研究報告	1974
広島農林水産統計年報(中国四国農政局広島統計情報事務所)	(1955-1988)
広島県漁場別漁獲統計(広島県農政部)	1974

注) ()内の年度は刊行年度ではなく、データの年度を表す。

5 引用文献

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

楠木 豊 (1981): カキ養殖漁場における漁場老化に関する基礎的研究. 広島水産試験場研報, 11: PP. 93.

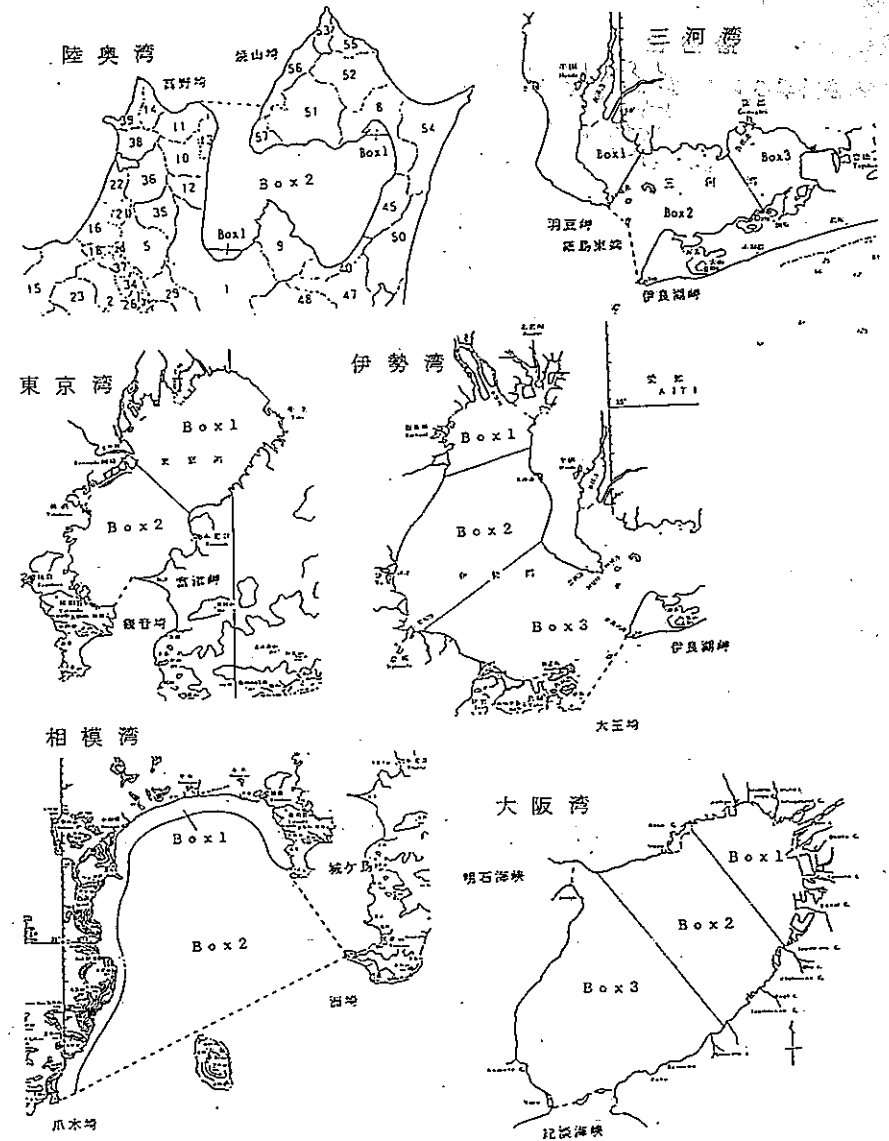
楠木 豊 (1984): 広島湾. 漁業と環境—水域別の現状と問題点. 吉田陽一編, 水産学シリーズ53, 恒星社恒星閣: 43-54.

森 勝義 (1973): 富栄養環境におけるカキの代謝異常. 水産海洋研究会報, 23: 137-141.

森 勝義 (1976): 生理学的研究, カキの生物学的研究. 改訂版 浅海完全養殖 今井丈夫監修, 恒星社恒星閣: 124-136.

浮田正夫 (1985): 瀬戸内海の富栄養化水質目標に関する2, 3の検討. 瀬戸内海の環境, 小林淳夫編, 恒星社恒星閣: 209-309.

(付録2) 水質項目間の相関解析に用いた水域区分



(付録3) 東京湾、大阪湾及び広島湾における水質ランクと漁業生産の関係
 についての検討方法

1 比較対象年代の設定

現在と過去の漁業生物生産を比較するため、その対象とする年代を水質データをもとに設定した。

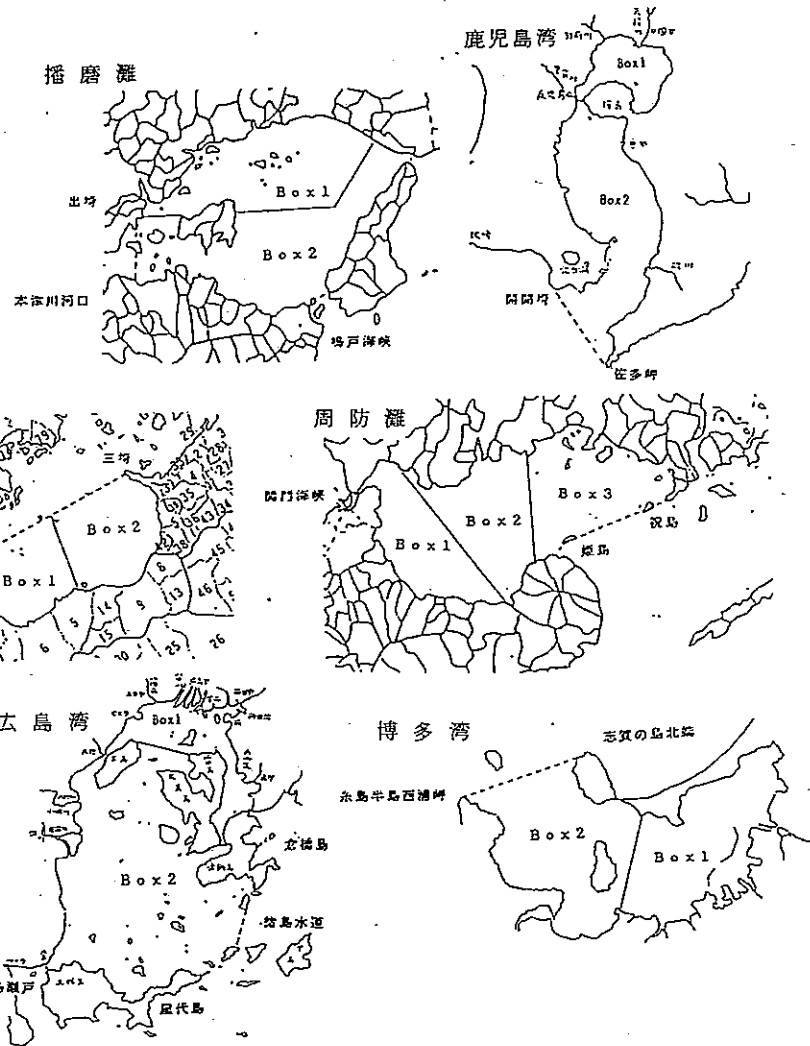
海域別水質ランクと比較対象の設定年代及び解析に使用した資料の年代

内湾	湾奥海域	湾中央海域	湾口海域	設定年代	使用資料(年)
東京湾	IV	III*	—	1950年頃	1948
	IV超	IV*	—	1960年以降	1965, 68, 79~81, 87~89
大阪湾	IV	III	II	1950年頃	1953, 54
	IV超	IV	III	1960年以降	1969~71, 79, 80, 87, 89
広島湾	II	I	—	1950-55年	1955, 57
	III	II	I	1965年以降	1970, 71, 79, 81, 87, 88

注) *印: 東京湾の湾中央海域とは湾中央~湾口まで含む海域を表す。

2 水質環境変化と漁業生物生産の推移

各海域における水質の類型区分の結果をもとにそれぞれの海域に属する主要な漁業地区を選定し、これらの漁業地区の漁獲統計資料等を用いて解析を行った。なお、漁獲量は経営体数(漁労日数の指標)、漁業技術の変化に反映されるものであるが、長年の漁獲データを比較する際にこれらを補正することは困難であり、むしろ最近では漁獲努力量は経営体数の減少、漁業技術の向上により相殺されて過去と大きな変化はないと仮定して作業を進める方が妥当と考えられるため、単に生の漁獲量で比較することとした。



(注) サロマ湖及び大村湾は、それぞれ1ブロックとして取扱った。

3 漁獲統計資料の集計方法

(1) 東京湾

漁獲統計資料は主に東京農林水産統計年報、千葉水産統計年報及び神奈川県水産統計年報等を用いた。海域区分内の以下に示す主要な漁協別魚介類別漁獲量を集計し解析に供した(付図-1)。なお、東京湾では漁業種類によって湾奥と湾中央の両海域にまたがって行われている小型底曳網や巻網の漁法があるため、解析はこれら2つの漁法による漁獲量を除いて行った。

ただ、これらの漁法は東京湾のなかで主要な漁法であり漁獲量も多いことから、小型底曳網や巻網を除いた解析では東京湾の漁獲組成の全体像をあらわし得るわけではない。このため、東京湾全体の漁業生産の推移と照らして特にアサリの漁獲量の変遷等に矛盾点(湾全体では減少傾向にあるが、海域によっては増加傾向となっている)がみられる場合もあるが、水質ランクの変化による漁業生物への影響の検討はこれらのことを勘案して考察した。

湾奥海域：横浜中(横浜北方、本牧)、鶴見(生麦)、東京都(江戸川、葛飾、江東、墨田、中央、台東、港、品川、大井)、行徳、南行徳、船橋

湾中央海域：磯子(根岸、屏風浦)、柴、金沢、横須賀、木更津、金田

(2) 大阪湾

漁獲統計資料は主に大阪府水産統計年報等を用いた。なお、漁獲統計資料は大阪湾の場合、比較的広い範囲の海域で操業する巻網や小型底曳網といえども各漁協の所属船はおおむね各自漁協の前面海域を主体に操業する比率が高いことから、海域区分内の漁協別魚介類別漁獲量を機械的に集計し解析に供した(付図-2)。

湾奥海域(水質ランクⅣを超える濃度)：大阪市、大阪住吉、堺市、堺市沿岸、堺市出島、堺市浜寺、高石市、泉大津、忠岡

湾中央海域 1(水質ランクⅣを超える濃度)：春木、岸和田市、北中通、泉佐野

湾中央海域 2(水質ランクⅣ)：田尻、岡田浦、樽井、尾崎、

西鳥取、下荘

湾口海域(水質ランクⅢ)：淡輪、深日、谷川、小島

(3) 広島湾

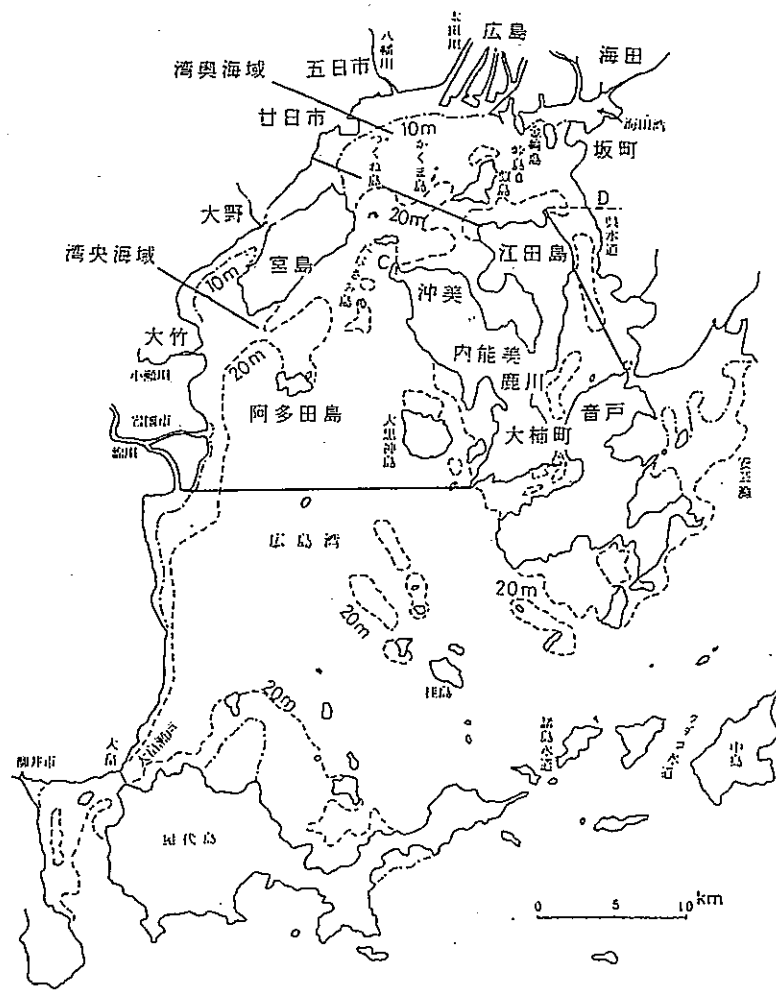
漁獲統計資料は主に広島県水産統計年報等を用いた。なお、漁獲統計資料は大阪湾と同様に海域区分内に含まれる漁協別魚介類別漁獲量を集計し解析に供した(付図-3)。

湾奥海域：廿日市、[地御前]、五日市、[井の口]、広島(広島市)、海田、坂町(坂)

湾中央海域：大竹、[小方]、[玖波]、大野、宮島、阿多田島(阿多田)、江田島、[東部江田島]、沖美、[三高]、[美能]、[沖]、内能美、鹿川、大柿町、[大原]、[深江]、音戸、[渡子]、[田原]、[早瀬]

注) []印：自治体の合併により現在ではデータの集計が他の漁協に吸収された漁協

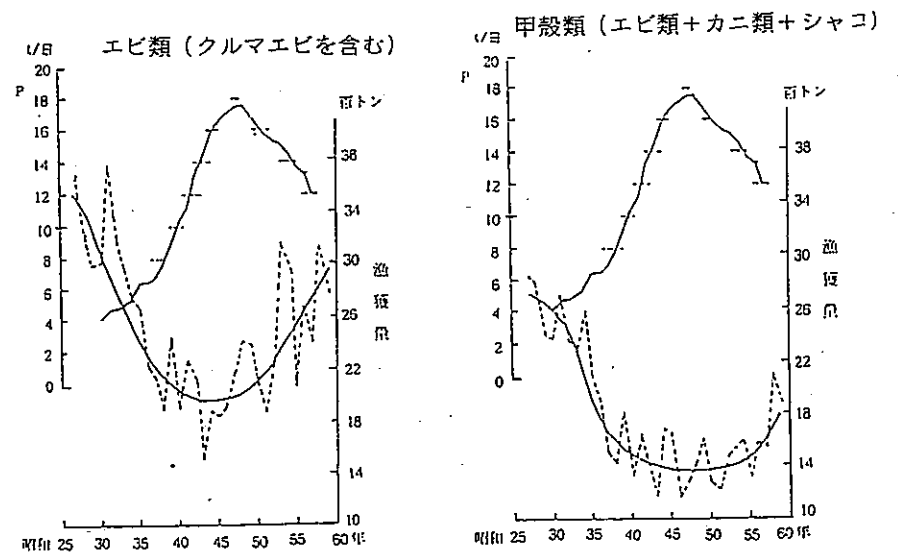
()印：昔(昭和30年頃まで)の呼び名で現在とは名称が異なった漁協



付図-3 各河川流域による海域別漁業地区(広島湾)

4 富栄養化以外の要因の考慮

富栄養化が進行した時期は埋立の進行や農薬等の化学物質の使用量が増大した時期と重なっており、この時期に減少した漁業生物の漁獲量の減少には富栄養化の他にこれらの要因が多かれ少なかれ影響を与えていたものと考えられるが、これらの影響は解析上排除していない。ただし、大阪湾等において近年富栄養化の緩和に伴い漁獲量に回復傾向がみられることは、漁獲量減少期の要因として富栄養化が重要な役割を担っていたことを示すものであり、今後富栄養化対策が更に進めば漁業生産の一層の回復が期待できると考えられる(下図参照)。なお、併せてエビ類・カニ類等の生育期の主要な生息の場である浅海域の保全を図るため、埋立を抑制していくことも重要である。



付図 経年変化についてみた大阪湾におけるPの排出負荷量と漁獲量の関係(日本水産資源保護協会, 1989)

(付録4)

漁業生物別にみた水質と漁獲量の変化から好適な水質環境を設定した結果(1)

ブリ類	東京湾	大阪湾	広島湾	好適な水質環境
IV→IV超	減		-	I・II・III
III→IV	減	減	-	
II→III	-	無		
I→II	-	-		

クロダイ	東京湾	大阪湾	広島湾	好適な水質環境
IV→IV超	減	減	-	II
III→IV		減	-	
II→III	-	減	減	
I→II	-	-	無	

スズキ	東京湾	大阪湾	広島湾	好適な水質環境
IV→IV超	減		-	III~IV
III→IV	減	増	-	
II→III	-	増		
I→II	-	-	減	

ハモ	東京湾	大阪湾	広島湾	好適な水質環境
IV→IV超			-	I (II)
III→IV		減	-	
II→III	-	減	減	
I→II	-	-	減	

その他のエビ類	東京湾	大阪湾	広島湾	好適な水質環境
IV→IV超	減	減	-	I (II)
III→IV	減	減	-	
II→III	-	減	減	
I→II	-	-	減	

ガザミ	東京湾	大阪湾	広島湾	好適な水質環境
IV→IV超	減		-	I・II
III→IV		減	-	
II→III	-	減	減	
I→II	-	-		

注) I~IVは表16 (p.30) に示す水質ランク

増: 漁獲量が増加したことを示す。 減: 漁獲量が減少したことを示す。 無: 漁獲量に変化がみられないことを示す。

空欄: 漁獲量に変動が卓越して何ら傾向が見られないか水産統計に記載されていないことを示す。

-印: 対応する水質の変化がなかったことを示す。

漁業生物別にみた水質と漁獲量の変化から好適な水質環境を設定した結果(2)

イカ類	東京湾	大阪湾	広島湾	好適な水質環境
IV→IV超	減	減	-	I・II
III→IV		減	-	
II→III	-	減		
I→II	-	-		

タコ類	東京湾	大阪湾	広島湾	好適な水質環境
IV→IV超			-	II
III→IV	増	減	-	
II→III	-	減	減	
I→II	-	-	無	

ハマグリ	東京湾	大阪湾	広島湾	好適な水質環境
IV→IV超	減		-	I・II
III→IV	減		-	
II→III	-		減	
I→II	-	-		

アカガイ	東京湾	大阪湾	広島湾	好適な水質環境
IV→IV超		減	-	I・II
III→IV		減	-	
II→III	-	減		
I→II	-	-		

注) I~IVは表16 (p.30) に示す水質ランク

増: 漁獲量が増加したことを示す。 減: 漁獲量が減少したことを示す。 無: 漁獲量に変化がみられないことを示す。

空欄: 漁獲量に変動が卓越して何ら傾向が見られないか水産統計に記載されていないことを示す。

-印: 対応する水質の変化がなかったことを示す。