



報 文

環境庁指示の瀬戸内海に おけるリン削減目標レベルについて

細 川 巖*

昭和54年7月、環境庁は瀬戸内海の富栄養化の進行を防止することを目的として、リン排出量の抑制をはかるため、関係各府県ごとに抑制目標レベルを定め、昭和59年（1984年）を達成年度としてリン削減を計る方針をたてた。これに基づき、各府県では目下、リン削減方針を作成中である。

今報では、この環境庁指示の目標レベルの適否について検討を試み、さらにその改訂について試案を述べる。

1. 環境庁指示のリン削減目標レベルとその検討

環境庁が指示した各府県別リン削減の目標レベルは、

- (1) 当該府県から排出されるリンの排出状況
- (2) 地先海域等の水質汚染状況
- (3) 被害の発生状況、等の3項目を勘案して3段階に区分されている。（第1表）

第1表 目標レベル（環境庁）

	燐の排出 状況 ①	地先海域 の状況②	被害等の 発生状況③	目標レベル	備 考
京 都	a	b	b	B	大阪湾
大 阪	a	a	a	A	大阪湾
兵 庫	a	a	a	A	大阪湾、播磨灘
奈 良	c	b	b	B	大阪湾、紀伊水道
和 歌 山	b	c	c	C	紀伊水道、（大阪湾）
岡 山	c	a	b	B	備讃瀬戸
広 島	c	a	b	B	広島湾、安芸灘、備後灘
山 口	a	b	c	B	周防灘、響灘
徳 島	c	c	b	C	紀伊水道（播磨灘）
香 川	b	a	a	B	播磨灘、備讃瀬戸、燧灘
愛 媛	b	b	b	B	燧灘、伊予灘、豊後水道
福 岡	a	a	c	B	響灘、周防灘
大 分	c	c	b	C	周防灘、伊予灘、豊後水道
瀬戸内海	(別紙-1)	(別紙-2)	(別紙-3)	B	

註) a : ①②③の上位5府県 b : a、c以外 c : ①②③の低位5府県

目標レベルA : 現状より減少させる。

〃 B : 現状より増加させない。

〃 C : 現状より増加を極力防止する。

1-1 リンの排出状況

環境庁が提示している府県別リン排出状況は第2表の通りである。

第2表 府県別 リン排出状況（環境庁）

	昭和54年	同 左	① の	② の	備 考
	排出量 ①(t/日)	排出密度 ②(Kg/Km ²)	順 位	順 位	
京 都	4.4	2.03	8	5	大阪湾
大 阪	14.0	7.54	2	1	大阪湾
兵 庫	14.6	2.28	1	3	大阪湾、播磨灘
奈 良	2.4	1.30	13	9	大阪湾、紀伊水道
和 歌 山	2.9	1.77	12	6	紀伊水道（大阪湾）
岡 山	6.3	0.89	5	12	備 瀬戸
広 島	5.9	1.00	6	10	広島湾、安芸灘、備後灘
山 口	9.2	2.06	3	4	周防灘、響灘
徳 島	3.2	0.90	10	11	紀伊水道（播磨灘）
香 川	3.0	1.58	11	7	播磨灘、備 瀬戸、燧灘
愛 媛	6.7	1.47	4	8	燧灘、伊予灘、豊後水道
福 岡	4.6	4.73	7	2	響灘、周防灘
大 分	3.9	0.84	9	13	周防灘、伊予灘、豊後水道
合 計	81.1	1.73			

註) ランク a : ②の上位5府県

〃 b : a、c以外

〃 c : ②の下位から5県

	生活系	産業系	その他	
瀬戸内海合計 (S54年度)	41.9%	40.6%	17.5%	
	(34.0 t/日)	(32.9 t/日)	(14.2 t/日)	合計 81.1 t/日

第2表の数値は、おそらく住民の食生活によるリン摂取、肥料消費その他生産活動による排出量などの原単位からの計算値であろう。瀬戸内海全体では総量は81.1トン/日（1979年）となっている。

この値を、中西らによる計算値からの値に比較すると大体同程度の値となっている。即ち

中西ら¹⁾による日本全体のリンの水域への流出量 91×10^3 トン/年(1970)に、瀬戸内海人口(2.5×10^7 人)²⁾と全国人口(1×10^8 人とする)の比を乗じて得られる値は62.5ト/日である。

これらの値については今後、実測値の累積をまって正確を期すことが焦眉の急であろう。

次に排出密度について述べる。密度は(排出量/面積)であるが、大体、濃度という概念に類するものである。リン排出密度が大ということは、リン排出濃度が大ということとほぼ同じ意味であろう。リン排出量規制においては、このような濃度に類似する密度の概念は不要であり、総量が問題である。

従って、排出状況による目標レベル区分では、排出密度は単なる参考値とすべきで、排出量だけでランクを決めるのが適当である。

この場合、排出状況によるランク付けは第3表のようになる。

第3表 リンの排出状況のランク

	京都	大阪	兵庫	奈良	和歌山	岡山	広島	山口	徳島	香川	愛媛	福岡	大分
環境庁	a	a	a	c	b	c	c	a	c	b	b	a	c
排出量の みの順位	b	a	a	b	b	a	b	a	c	c	a	b	c

1-2 地先海域の状況

環境庁が示している瀬戸内海の水圏環境比較表は第4表の通りである。

第4表 瀬戸内海の水圏環境比較表(環境庁)

観 点	灘	名	備 考
目視的にみて	(清冽な水域) 紀伊水道 伊予灘 安芸灘 豊後水道	(汚濁している水域) 大阪湾 備讃瀬戸 広島湾 響灘	透明度のデータより
汽水化傾向からみて	(外洋水の影響が大) 伊予灘 周防灘 響灘 豊後水道	(陸水の影響が大) 大阪湾 備後灘 備讃瀬戸 広島湾	塩素イオン濃度のデータより
有機汚濁からみて	(清冽な水域) 紀伊水道 備讃瀬戸 安芸灘 響灘	(汚濁している水域) 大阪湾 伊予灘 広島湾 周防灘	CODデータより
栄養塩レベルからみて	(貧栄養水域) 紀伊水道 響灘 安芸灘 伊予灘 豊後水道	(富栄養水域) 大阪湾 備後灘 響灘 播磨灘 備讃瀬戸	N・Pデータより

この表から明らかなように、地先海域の状況のランクづけは、次の4項目からなされている。

- (1) 目視的にみて(透明度データから)
- (2) 汽水化傾向からみて(塩素イオンデータから)
- (3) 有機汚染からみて(CODデータから)
- (4) 栄養塩レベルからみて(N・Pデータから)

この4つの項目のうち、第2の汽水化傾向は、陸水の流入による汽水化が大きいほど、リンの流入が大きいという発想から生まれたものであろう。しかしこれは正しくない。

たとえば北九州市から流出する汚染水は響灘に流出するが、これによる響灘の汽水化は小さい。この理由は、河川水の流入がほとんどなく、工場排水その他の処理水が多いためである。又、周防灘にこの汚染された響灘海水が流入した場合も汽水化は小さい。従って第4表「汽水化傾向から見」た場合には、響灘も周防灘も「外洋水の影響大」の欄に入り、水質良好の海域にされているが、しかし事実はこの反対である。それ故この「汽水化傾向からみて」という項を水質環境比較表に入れることは不相当と思われる。これは、リンによる汚染水が河川水に由来するという発想に検討を要する点があるためである。

著者はこの項を除いて、地先海域の底質汚染を地先海域状況項目に入れるべきだと考える。

底質中のTOC・栄養塩・硫化物・その他CODなどが、陸地からの流入水による汚染を指示する有力な指標であることは論をまたない。

1-3 被害等の発生状況

環境庁提示の地先海域の被害等の発生状況は、第5表の通りである。

即ち、漁業被害・海水浴場の障害・生物相の単純化および貧酸素発生等の4項目から総合判定してランクづけがなされている。

これらの被害状況は、量のみでなく質も考慮する必要があり、数量化が困難である。と共に、リンの排出量の多少が直ちに地先の被害とむすびつくか否かの因果関係が必ずしも明らかでない。従ってさきのリン排出量および地先海域状況の2項目にくらべ、リン規制のレベル決定要素としてはウエイトが小さく、この項は参考程度にとりあつかうべきものであろう。

1-4 その他

底質からのリンの溶出をふくめた内部生産を考慮に入れる必要がある。

以上、環境庁提示の目標レベル決定がなされた基礎項目の検討をしたが、この提示の基本には、瀬戸内海の海域を府県別に区分し、静的なものとして海水汚染をとりあつかっているきらいがある。海水はもとより動的なものであって、A県から流入するリン汚染水がA県地先の富

-
- 1) 中西：浮田 生態学的に見たわが国の窒素、リンの発生源構造
(1979)：水質汚染研究 2(3) 133-151
 - 2) 社団法人 瀬戸内海環境保全協会：瀬戸内海の環境保全資料集(1979)

栄養化に寄与する以外に隣接のB県地先に影響することもあり得るし、さらにC県に及ぶことも充分あり得る。

従って、瀬戸内海全体の富栄養化防止を目的とする場合、第1にはまず府県の排出総量規制がもっとも大切であり、第2には汚染の進行している海域を重点的に規制すべきであろう。

それ故、第3項目の「被害等の変化状況」を省き、リン排出状況と地先海域状況の2項目でレベル決定をすることが、現時点では適当であると考えられる。

リン排出状況をさきに述べた通り排出量順位にしぼり、これと地先海域状況の2項目のみで各府県の目標レベルをつくると第6表のようになる。

第5表 被害等の発生状況（環境庁）

	漁業被害	海水浴等利用障害	生物相の単純化等	貧酸素域の発生等	総合評価	備考
京都	—	—	—	—	b	大阪湾
大阪	b	a	a	b	a	
兵庫	a	a	a	b	a	
奈良	—	—	—	—	b	大阪湾
和歌山	b	c	c	c	c	
岡山	b	c	b	c	b	
広島	b	c	b	b	b	
山口	b	c	c	c	c	
徳島	b	b	c	c	b	
香川	a	a	b	a	a	
愛媛	b	a	c	b	b	
福岡	c	c	c	c	c	
大分	b	c	c	b	b	

註) ランク a：被害等が大。

〃 b：被害等が認められる。

〃 c：被害等がほとんど認められない。

第6表 あたらしい目標レベル

	京都	大阪	兵庫	奈良	和歌山	岡山	広島	山口	徳島	香川	愛媛	福岡	大分
リンの排出状況	b	a	a	b	b	a	b	a	c	c	a	b	c
地先海域状況	b	a	a	b	c	a	a	b	c	a	b	a	c
目標レベル	B	A	A	B	C	A	B	B	C	B	B	B	C
環境庁レベル	B	A	A	B	C	B	B	B	C	B	B	B	C

結果的には環境庁の目標レベルとほぼ同一のものが得られているが、ただ岡山がAランクにあげられたのは、備讃瀬戸や播磨灘などの汚染進歩を阻む意味で大きな意義がある。

次に環境庁の上記各項目において、底質の汚染状況および底質からの内部生産が無視されている。従ってリンの排出量を抑制しても、底質からのリン供給が大きいときはその抑制も無意味となる場合があり得る。今後リンの内部生産負荷について更に充分の検討が必要であろう。

2. 新しい発想による試案

上記の環境庁提示のリン抑制目標レベルは上述の3項目を勘案して制定されたものであるが、いずれも定性的な域を出ないため、たとえ上述のような改訂を試みても、その結果は環境庁提示のものとは大差はなく、大同小異の目標レベルが得られるにすぎない。

それ故、別の新しい角度から、できるだけ定量的にあらわされるものによってランクづけをする方法を提案したい。

まず今回のリン抑制の目的は、すでに述べたように、瀬戸内海の富栄養化を防ぐためにリン濃度を現状よりも大きくしないことにある。従って

- (1) 瀬戸内海のリン濃度の現状を把握し、リン濃度の増加が大きい海域に強い規制を加える。
- (2) リン排出量の大きな府県の排出量を減少させる。
- (3) 内部生産の大きな海域のヘドロを除去する。

この3項がもっとも重要な事項であろう。このうち(3)は今回は除き、(1)(2)について述べる。

2-1 瀬戸内海水圏のリン全量とその増加

環境庁資料によって瀬戸内海のリン全量を求め第7表に示した。

第7表 瀬戸内海のリン全量の増加

	容 積 (億 m^3)	昭 48 年 5 月 (A)		昭 51 年 5 月 (B)	
		リン濃度 (ppm)	リン全量 (トン)	リン全量 (トン)	B/A
紀伊水道	870	0.018	1,656	2,697	1.6
大阪湾	418	0.044	2,006	2,759	1.4
播磨灘	887	0.018	1,596	1,764	1.1
備讃瀬戸	127	0.032	406	356	0.9
備後灘	148	0.038	562	444	0.8
隧灘	232	0.016	371	534	1.4
安芸灘	280	0.022	616	560	0.9
広島湾	242	0.019	459	484	1.1
伊予灘	1,965	0.019	3,733	3,930	1.1
周防灘	736	0.016	1,177	1,398	1.2
響灘	217	0.013	283	1,259	1.4
豊後水道	2,036	0.016	3,200	4,445	1.4
合 計	8,158		16,282	20,483	1.2

註) リン濃度は環境庁資料による。

リン全量は、各海域の海水容積にリン濃度を乗じて求めた。昭和48年5月(1973)と昭和51年5月(1976)の値からみて、瀬戸内海全体でリンの全量は2万トン程度であることがわかる。

48年と51年とではリンの量は平均1.2倍に増加しており、大きな増加をしている海域としては、紀伊水道(1.6倍)、大阪湾(1.4倍)燧灘(1.4倍)、豊後水道(1.4倍)、響灘(4.4倍)があげられる。

2-2 リンの排出状況

2-2-1 リン排出量の増加

瀬戸内海に流入するリンの総量は、環境庁資料によると、48年(1973)で32、54年(1979)では81(トン/日)となっており、約2.5倍増である。これらの資料のうち、後者は府県別の区分になっているので(第2表)、これを大ざっぱに海域別に区分しなおして第8表に示し、海域ごとのリン増加量を比較した。

第8表 リン排出量と増加率と増加影響率

	48年(A)	54年(B)	B/A	増加影響率(10 ⁻³)※
紀伊水道	3	7.3	2.4	2.7
大阪湾	9	24.2	2.7	8.7
播磨灘	3	11.0	3.6	6.2
備讃瀬戸	5	7.3	1.4	2.0
備後灘	2	2	1.0	4.5
燧灘	1	3	3.0	6.1
安芸灘	0.1	2	2.0	3.5
広島湾	2	2	1.1	4.1
伊予灘	2	3.5	1.7	0.89
周防灘	3	11.9	4.0	9.5
豊後水道	1	3.5	3.5	0.73
響灘	1	3.2	3.2	2.5
計	32	81	2.5	4.3

註)※ 昭51年5月の各海域リン全量で昭和54年リン排出量(t/日)を割った値
(リン排出量(トン/日)/リン全量(トン))

Aは環境庁資料による。

Bは環境庁資料からの推算値

第1図 瀬戸内海海域別の区分図



註) 大竹編、日本環境圏譜 (共立出版) による

第8表から、リン増加率が平均値である2.5倍を超える海域を求めると、大阪湾・播磨灘・燧灘・安芸灘・周防灘・豊後水道および響灘があげられる。これらのうち、リンの絶対量の小さな安芸灘を除くと増加率が特に大きい海域は周防灘と播磨灘である。

反対に、増加率の小さな海域は、備後灘と広島湾である。

瀬戸内海のリン濃度抑制のためには、上記の増加率の大きな海域を重要な対象域とする必要があると考えられる。

2-2-2 リン増加影響率

海域に流入するリンの抑制効果をあらわす指標として、当該海域のリン全量と1日の流入リン量の比(リン増加影響率とする)を用いることを提案したい。

$$\text{リン増加影響率} = \text{リン流入量 (トン/日)} / \text{リン全量}$$

リン増加影響率は、1日のリン流入量はその海域のリン濃度増加に及ぼす寄与率を示すもので、この値が大きい海域では、逆に、リンの削減効果が大きいといえよう。同一日数分のリンの流入を抑制すれば、この値が大きい海域ほどリン濃度の増加を抑制できることになる。

第8表にその値を示した。

このリン増加影響率の平均値は 4.3×10^{-3} であるが、この平均値より大きな値を示す海域は大阪湾・播磨灘・燧灘・および周防灘である。

反対に、伊予灘および豊後水道ではこの影響率は小さい。

2-3 目標レベル試案

瀬戸内海のリン濃度を抑制するには次の3点に着眼することが重要である。

- 1 リン全量(又は濃度)の増加のいちじるしい海域

2 リン流入量増加のいちじるしい海域

3 リン抑制効果の大きな海域

この3点を勘案して各海域の目標レベルを定め、第9表に示した。

レベルは3段階とし、平均値より大きなものをa、あまり差違のないものをb、平均値より小さいものをcとした。

第9表 各海域のレベル区分

	リン濃度 増加	リン流入量 増加	リン増加 影響率	総合	関係府県
紀伊水道	a	b	c	B	奈良・和歌山・徳島
大阪湾	a	a	a	A	京都・大阪・兵庫・奈良
播磨灘	b	a	a	A	兵庫・徳島・香川
備讃瀬戸	c	c	c	C	岡山・香川
備後灘	c	c	b	C	広島
燧灘	a	a	a	A	香川・愛媛
安芸灘	c	a	c	B	広島
広島湾	b	c	b	B	広島
伊予灘	b	c	c	C	愛媛・大分
周防灘	b	a	a	A	山口・福岡・大分
豊後水道	a	a	c	B	愛媛・大分
響灘	a	a	c	B	山口・福岡

第9表から、各府県のリン抑制レベルを設定、環境庁のものと比較したのが第10表である。
この試案の特色は次の通りである。

- 1 定性的なものを排除し、定量的な数値から目標レベルを勘案した。
- 2 リン濃度増加を抑制すべき対象を海域とした。
- 3 同一県でも流入海域別に目標レベルを定めたので、リン規制が具体的に実施されやすい。

第10表 府県別目標レベル

	流入海域	試案(細川)	環境庁
京都	大阪湾	A	B
大阪	大阪湾	A	A
兵庫	大阪湾	A	} A
	播磨灘	A	
奈良	大阪湾	A	} B
	紀伊水道	B	
和歌山	大阪湾	A	} C
	紀伊水道	B	
岡山	備讃瀬戸	C	C
広島	広島湾	B	} B
	備後灘	C	
	安芸灘	B	
山口	周防灘	A	} B
	響灘	B	
徳島	紀伊水道	B	} C
	播磨灘	A	
	播磨灘	A	
香川	備讃瀬戸	C	} B
	燧灘	A	
愛媛	燧灘	A	} B
	伊予灘	C	
	豊後水道	B	
福岡	周防灘	A	} B
	響灘	B	
大分	周防灘	A	} C
	豊後水道	B	