

わが国における海域の問題点

堀 口 孝 男

1 ま え が き

今年の6月20日から8月29日まで、ヴェネゼエラのカラカスで149ヶ国が参加して海洋法会議が開かれる。国連の召集する海洋法会議は、1958年ジュネーブに開かれて以来、1960年の第2回を経て今回は第3回目にあたる。今回の議題は、領海幅員を12カイリに拡大する問題、排他的な経済水域200カイリの設定、漁業問題、大陸棚問題、海底資源開発、海洋汚染、科学調査など盛沢山の大きな問題をかかえ、一説によれば、今世紀後半を飾るもっとも重要な国際会議になるといわれている。このなかでも、海中、海底の全資源について沿岸国の主権をみとめ、その権利を200カイリにまで設定しようとする経済水域の提案、あるいは領海外に達する広い汚染防止水域を設定し、航行船舶とりわけタンカー、LNG船などを規制対象にしようとする動きは、かつて公海自由の原則をうたい、領海外はだれでも自由に利用できるというルールが、崩れつつあることを示している。

このような動きは国内においても同様である。航行自由の原則は、大量の輸送、輸送の高速化、複合輸送の発展とともに、沿岸海域の安全輸送を確保するためなんらかの制限をうけるようになり、1970年にその極に達した汚染問題は、あいつぐ立法、規制措置の施行によって、従来の観念に変革を迫っている。海の利用はまさに大きな変革の時期にさしかかったというべきである。昨年7月、港湾法の大改正が行なわれたのも、このようにみれば必然の動きとみることができる。港湾法改正の基本的な主旨は、港湾環境の保全と船舶の安全確保に帰することができる。

この小論では、ここ数年来、港湾の分野で検討された諸問題のうち、環境保全と港湾の安全確保の二つの問題について、技術行政の面からその概略を述べたものである。

2 海域環境の保全

海域環境保全に関する問題として現在とりあげられているのは、沿岸海域の土地造成いわゆる埋立、しゅんせつとその土砂処理の方法、廃棄物の処理、海洋投棄の許容範囲、水質の規制、工事实施上の監視体制などである。

海域における環境保全の対策は、物理的な処理、化学的な処理のほかに、生物学的な影響を誤りなくつきとめることが重要な要素となるが、この問題はなにぶんにもまだ日が浅く、しかも現象が比較的長時間を経過して現われてくるものであるから、たとえば疑わしい毒性物質の許容摂取量、発症量など、極めて微量の問題を対象とすると、必ずしも一致した解釈にまとまるものではない。したがって、動物実験や人の中毒症例の知見を基礎に、ここまでは認められるという事実をもとにして、これに安全率をさらに考慮するという処理方法を定めざるを得ない。その後、不明の事実にも明確な見解を示し得るときがくれば、この処理方法に変更を加えることになる。

以下、環境保全のためにいろいろの対策や処理方法を考えるとき、どのような点が問題となるかを説明しよう。

2.1 土地造成をめぐる問題

わが国の工業立地はほぼその半数が臨海部で行なわれているが、1960年からの臨海部における土地造成の推移を辿ると表-1のようになる。造成面積の大きさは、ときの景気変動にしたがって多少の

表－１ 臨海部の土地造成

年 度	工 業 用 地 (A)			都 市 再 開 発 用 地 (B)			臨海部土地造成 (A + B)		
	面 積	事 業 費	単 価	面 積	事 業 費	単 価	面 積	事 業 費	単 価
年	千㎡	百万円	円/㎡	千㎡	百万円	円/㎡	千㎡	百万円	円/㎡
36	18,949	50,185	2,650	2,190	1,688	770	21,139	51,873	2,450
37	22,646	63,255	2,790	914	1,811	1,980	23,560	65,066	2,760
38	20,777	54,621	2,630	5,098	8,982	1,670	25,875	63,604	2,460
39	27,054	71,109	2,630	3,553	9,792	2,760	30,607	80,901	2,640
40	27,275	67,720	2,480	3,561	9,545	2,680	30,836	77,265	2,510
41	19,384	51,762	2,670	3,510	10,345	2,950	22,894	62,107	2,710
42	21,999	56,774	2,580	3,489	18,244	5,230	25,488	75,018	2,940
43	29,255	85,364	2,920	4,645	34,560	7,440	33,900	119,924	3,540
44	33,265	111,983	3,370	7,492	52,332	6,990	40,757	164,315	4,030
45	34,210	124,133	3,630	7,145	52,967	7,410	41,355	177,100	4,280
46	31,030	137,737	4,440	11,520	109,643	9,520	42,550	247,380	5,810
47	29,735	147,776	4,970	10,009	94,232	9,410	39,743	242,008	6,090
48	28,013	126,373	4,510	10,255	108,322	10,560	38,268	234,695	6,130

注 港湾局開発課の資料による

48年度は見込の値である。

曲折はあるとしても、現時点では年間3000ヘクタール以上の造成が行なわれてきたのである。

そもそも海面や湖沼面の埋立は公有水面埋立と呼ばれ、大正10年に制定された公有水面埋立法によるものである。わが国は昔から耕地面積が少ないため、干拓あるいは新田開発を求めて浅い海域の土地化が行なわれてきたが、工業化に対しても、東京湾、伊勢湾、瀬戸内海を軸にして、外国に求めた資源を効率的に産業化し得る立地の場を、農地と同様、臨海部に求めてきたものである。1960年代に進められた臨海工業地帯の造成は、経済10ヶ年計画の一翼をになって行なわれてきたものであるが、都市再開発用地の造成も当初からくらべるとかなりの伸びを示しており、都市化の進展に伴う再開発の場を海は提供していることがわかる。この傾向はさらに強まり、将来においては工業用地と再開発用地との比率は半々になろうとしている。

大正10年に制定された公有水面埋立法は、昭和48年に大改正をうけた。従来の法律では出願人が誰であれ、条件を満たせば埋立を比較的自由に認める方向にあったものが、いまの土地不足に乗じた不当利益の排除、環境面の保全、造成された土地の利用目的が適正に確保されること、あるいは出願事項を一般に縦覧して地元意見を反映させることなどの点について、大幅な改正を行なったのである。このうち環境面の保持では、改正された法第4条において

- ① 国土利用上適正で合理的であること
- ② その埋立が環境保全および災害防止について十分配慮されていること
- ③ 埋立地の用途が、土地利用または環境保全に関する国または地方公共団体の法律に基づく計画に違反しないこと
- ④ 埋立地の用途に照して、公共施設の配置および規模が適正なること

(以下省略)

と条件が列挙されており、これらの条件が満たされる場合にのみ、都道府県知事の埋立免許が得られるように改正された。さらに法第47条において、埋立を監督する主務大臣が、環境庁長官の意見を求めてから、大臣の埋立認可がなされるように改めている。

法第4条の③に適合する例をあげてみれば、昨年成立した工場立地法もその一つのものとなり得る。この法律によれば、工場敷地に対するその工場の生産施設の面積は業種によって規制されており、石油精製業では10%、パルプ、石油化学、セメントなどは15%、化学肥料、高炉による製鉄業などは20%、大半の機械工業、造船工業などは30%、その他が40%となっている。また環境施設面積は一律に25%としており、これには緑地、噴水、池などの修景施設、屋外運動場、広場などが含まれる。そのうち、緑地は20%は必ず確保し、しかも15%以上は工場の周辺に効果的に配置するよう義務づけられている。

問題は抽象的に述べている第4条②の内容である。この事情は、48年度に成立した瀬戸内海環境保全臨時措置法についても同様で、この法律で規定した埋立の環境保全に関する基本方針でも、同種の問題が生じてくる。これらは現在検討が進められており、間もなく決定をみることになるが、配慮されるべき主要な点は次のようなものになるう。

(1) 海域保全上の見地

- (i) 海岸線の変更、海面の消滅による自浄能力の低下、これによって生ずる水質への影響
- (ii) 埋立地からの排水が周辺海域におよぼす影響
- (iii) 埋立による海岸地形の変化が海象におよぼす影響
- (iv) 埋立工事に伴う濁りが周辺海域の水質に与える影響

(2) 自然環境保全上の見地

- (i) 生物生態系、自然景観、文化財を含む自然環境に対して、埋立そのもの、埋立地の利用、埋立工事が与える影響
- (ii) 海水浴場、レクリエーションリゾートなどの利用に与える影響

(3) 水産資源保全上の見地

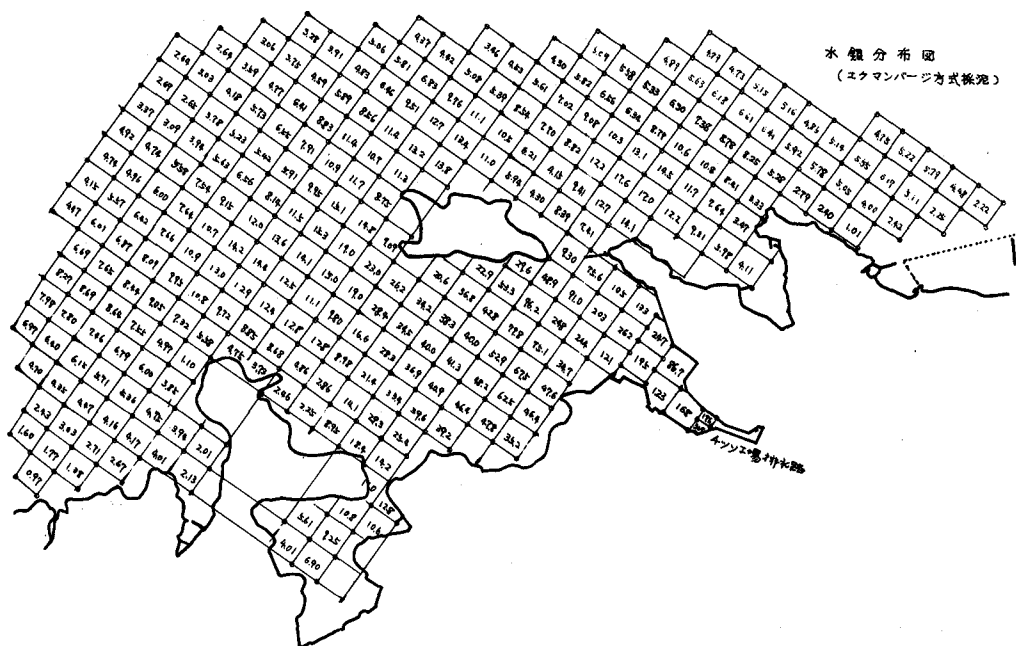
- (i) 消滅する海面とその周辺海域における水産資源およびその利用に与える影響
- (ii) 排水が水産資源に与える影響
- (iii) 工事中の汚染の拡散が水産資源とその利用に与える影響

2.2 底質の処理基準をめぐる問題

これに含まれるものとしては、重金属もしくは有機ハロゲン化合物に汚染された海底土砂の処理基準が対象となる。

重金属汚染のうち現在問題視されているのは、水銀によるものとカドミウムによるものがあり、海域の場合では前者の水銀が大きい問題となる。これは有機ハロゲン化合物の一つとして、PCB汚染の場合も同様であるが、生体に対する蓄積、環境水に対比して大きい濃縮作用、また胎児にまでも蓄積する点に特徴がある。

図-1は水俣湾における、海底土砂の表層に含まれる水銀濃度の分布である。図からみるとおり、チッソ水俣工場の排水口や流路に近い程濃度が高く、湾内に広く分布し、湾外では極めて薄い層で20ppm以下の値となる。水俣湾に棲息する魚介類中の総水銀量は、魚種によって差はあれ、かつては10~20ppmほどであったが、現在では1ppmをこえるものは殆どみられなくなっている。また地区住民の頭髮に含まれる水銀も、100ppmをこえるものがみられたのが、43年頃の平均値で9.23ppm、45年で5.36ppm、48年で3.75ppmと減少している。しかしながら、昨年熊本大学医学部の報告書をめぐって論議されたように、微量水銀の多年にわたる摂取が中毒症の発症につながるという問題がある。既にチッソ工場からは水銀は一切排出しないのであるから、現在の底質に含まれる水銀が海水に溶出し



図一 水俣湾の海底における水銀濃度の分布

て、その結果、海水あるいはプランクトンに含まれる、検出限界以下もしくはすれすれの微量水銀が魚介類に濃縮してゆくことになる。このことは将来ともこれら魚介類の摂取は不可となり、また回遊魚の場合、影響の範囲は水俣湾に限らなくなる。一方、底質に含まれる無機水銀がいつ有機化し、直接的な毒作用の影響を示すかもしれない不安がある。このようなことから水俣湾あるいはそれ以外の徳山湾、洞海湾などの海域でも、水銀を含む海底土砂の処理は急を要する問題となるのである。水銀の処理をめぐる問題は、比較的良好に研究されているが、それでもつぎつぎと新たな未知の問題にぶつかる状況にある。したがって、港湾に関係した分野での水銀処理について、これから簡潔的に説明するが、これも現段階の限られた知見であることを断っておく。

(1) 一般論として、水銀がいかなる形で海底に沈澱するかを推定すれば、化学工場から排出される溶媒の抽出物として、土砂粒子のごとく粒状物の表面吸着として、他の金属イオンとのイオン交換として、非常に吸収性の強い水酸化鉄との吸着または共沈として、有機物との化学的な結合として、無機の硫化物として、底棲生物に濃縮したものとして、などの形が考えられる。

(2) 水銀が底質から海水中に溶出してくる量をみるために、土砂と海水を現地から採取して、攪はんまたは振とう試験によって判定することが行なわれる。この試験法は他の汚染物質のものも含めて、底質調査法として環境庁が定めたものである。(48年8月31日制定) この結果からみれば、わが国の水銀汚染海域では、水銀の溶出率は $10^{-3} \sim 10^{-4}$ のオーダーを示している。ここで溶出率は次のように表わす。

$$\text{溶出率} = \frac{W_2}{W_1}$$

W_1 : 分析試料の総水銀量

W_2 : 混合液の体積に相当した溶出水中に含まれる総水銀量

表－２は米国で、塩化水銀を試料に添加して溶出実験を行なった結果である。この場合、溶出率のかわりに Partition coefficient K を用いている。

$$K = \frac{[H_g^{++}]_{H_2O}}{[H_g^{++}]_{\text{sediment}}}$$

$[H_g^{++}]_{H_2O}$: 水中の水銀濃度 (ppm)

$[H_g^{++}]_{\text{dry sediment}}$

: 底質中の水銀濃度 (ppm)

一般に水銀の溶出は、底質が還元状態のときは小さくなり、酸素が作用すると値が増大する。表－２でみるように、aged sand, aged peat のいずれも fresh sand, fresh peat に比較して値が大きくなるのは、この酸化作用があずかっているものと考えられる。また peat は sand に比べると値が小さく、さらに Entry 12 から 17 にみられる添加剤を加えると、値は極めて小さくなる。これらはしゅんせつ工事などの場合、水銀の分離を妨げる拘束剤として利用することも考えられる。

(3) 水銀の濃縮係数は、魚介類中の水銀濃度の環境水中の水銀濃度に対する比で示されている。水銀が魚介類に入る経路は、エラまたは細胞膜を通して吸着、イオン交換などで入るものと、食物循環を通して体内に入る場合とがある。食物循環もプランクトンや植物を食するものと、泥土に含まれる有機物を直接食べるものとは、濃縮の度合も異なる。後者の例ではエビ、カニ、ナマコ、ボラ、一枚貝類などが該当し、体内の水銀濃度も高くなる。水俣湾では昭和 33～35 年当時で、カニ 14.0 ppm、ボラ 10.6 ppm の値がみられる。

濃縮係数をみる場合、海水の水銀濃度は一時期の水俣湾のような例は稀で、現在の分析技術からする 0.5 ppb の検出限界以下のことが多い。海水における水銀のバックグラウンドは 0.03 ppb と称せられているが、検出限界以下の場合、どの程度の値となっているかは推測する以外に方法がない。そこで多少なりとも水銀汚染が考えられるところでは、非汚染の境界値として 0.15 ppb 程度と推測を下している。すなわち、濃縮係数が大きめになるように安全側をみている。魚介類の水銀濃度は種類によって異なるが、環境庁あるいは神戸大学の調査結果から、平均値と比較するとき、0.066～0.23 ppm となり、したがって濃縮係数は $0.044 \sim 1.5 \times 10^3$ の値となる。すなわち、 10^3 のオーダーとみなされよう。

(4) 海底土砂に含まれる無機水銀がメチル化する問題は、種々の実験が試みられ報告されているが、必ずしも一致した結果が得られているわけではない。そのなかで、多くの追試によってほぼ定説化して

表－２ 米国における水銀溶出の実験例

Entry	Description	Mercury Concentration (ppm)		$K = \frac{[Hg^{++}]_{H_2O}}{[Hg^{++}]_{\text{sed.}}}$
		Dry Sediment	Water	
1	Fresh Acton sand	412	0.52	1.26×10^{-3}
2	Aged Acton sand	258	10.0	.037
3	Fresh Acton peat	1430	.00002	1.4×10^{-6}
4	Aged Acton peat	1335	.0031	2.32×10^{-6}
5	Ashland sediment	31.8	.0008	2.5×10^{-5}
6	Ashland sediment	68.0	.0007	1.0×10^{-5}
7	Fresh Acton peat 3.5% NaCl	800	.004	5.0×10^{-6}
8	Clay (Georgia kaolin)	82	40.1	0.49
9	Clay plus 5% CaCO ₃	314	11.5	.037
10	Ground silica, about 240 mesh	33	51.5	1.56
11	Clay plus 3% coarse pyrite	193	31.8	.165
12	Clay plus 5% milled pyrite (-325 mesh)	300	.0025	8.3×10^{-6}
13	Clay plus 5% FeS (fired pyrite)	321	.154	4.8×10^{-4}
14	Clay plus 1% pptd. FeS	300	.0008	2.67×10^{-6}
15	Clay plus 5% pptd. ZnS	300	.00053	1.77×10^{-6}
16	Clay plus 1% n- dodecyl mercaptan and 5% CaCO ₃	1000	.00002	2.0×10^{-8}
17	Same as 16, plus 3.5% NaCl	300	.00006	2.0×10^{-7}
18	Precipitated FeS plus 3.5% NaCl	86	26	.30

いるものは、嫌気性菌が含有しているメチルコバラミンが無機水銀と反応してメチル水銀が生成されることと、アセトアルデヒド、酢酸などメチル基をもつ物質が無機水銀と反応してメチル水銀を生ずることがあげられる。

熊本大学医学部の藤木講師が行なった水俣湾の泥土を用いた無機水銀のメチル化の実験は、実際の土砂と実際に排出されている都市下水、工場排水を用いるので、大いに関心をよぶものがある。実験結果によると、水俣湾の泥土（水銀濃度約100ppm）に酢酸、都市下水、工場原排水を加えた反応では、いずれもメチル水銀は発生せず、水銀源として試薬の硝酸第二水銀および酸化第二水銀を加えた実験用土砂では、メチル水銀が発生している。この現象の解釈としては、水俣湾の泥土には硫化物が多く、水銀は硫化水銀として存在し、反応に不活性であると考えている。いま水俣湾の泥土に活性な形の硝酸第二水銀、酸化第二水銀をある程度さらに加えても、メチル化は同様に生じていない。これも硫化作用が強いことに原因している。しかし、水俣湾の泥土に対して実験の方法を変え、強制的なばつ気をほどこして好気性の条件を与えると、酢酸、工場原排水などと反応してメチル水銀が生成する。この説明として、硫化水銀が好気性菌によって酸化され、メチル水銀生成に活性な硫酸化第二水銀に変化することを推論している。これを実験的に裏づけるため、好気性菌を都市下水に植種した下水を用い、試薬の硫化水銀をばつ気し、その後酢酸と反応させたところ、メチル水銀が生成してくることを明らかにしている。また、メチル水銀は泥土に極めて吸着しやすく、液中には殆ど検出されないこと、魚介類におけるメチル水銀の蓄積は、液中のメチル水銀に支配されることなどを論じている。この最後の点については、なお検討の必要があるものと考えられる。

以上の結果をみるならば、わが国では、自然界に存在する場合に硫化水銀となることが多く、殆どの場合メチル化の恐れはないものと推定される。しかしながら、酸素の補給が豊富な場合、水銀の溶出も多くなるしまた活性化してくることに留意する必要がある。

(5) 底質に含まれる水銀濃度が、ある値より大きいときに処理を迫られるわけであるが、理想的にいうならば、その海域の海底におけるバックグランド以上のものを処理するのが正論である。これはばう大な面積となり、また極めて薄い層に散布しているため、実際上では不可能に近い。そこで除去基準の値を定めるため、現在までに得られた知識をもとにして、必ずしも確実でない点については安全率で補うことによって定めたのが、環境庁制定の「水銀を含む底質の暫定除去基準」である。（48年8月31日制定）この内容を概説すれば次のようになる。

(i) まず魚介類の許容水銀濃度は、厚生省の水銀汚染対策推進会議で定められた暫定規制値0.4 ppmを基準にする。

(ii) さきに述べたように、水銀の濃縮係数は $i=10^3$ であるとみなされるから、許容される海水の水銀濃度は C_1 として、 $C_1 = \frac{0.4}{10^3} = 0.4 \text{ ppb}$ となる。

(iii) 底質から海水へ水銀の溶出には、図-2に示すようなモデルを考える。この境界層内で水銀は底質から分離し、分子拡散のスケールで境界層内を輸送され、徐々に上層の海水に溶出する。かかるモデルの設定は、Mortimer が Windermere 湖で観測した結果に基づいて想定しているもので、境界層は丁度、電極電位い

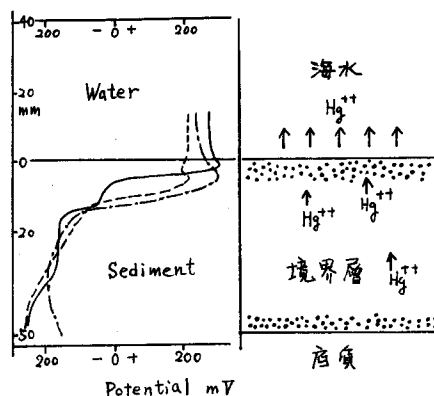


図-2 拡散境界層

えれば酸化還元電位が -200mV から $+200\text{mV}$ に変化する部分に相当する。反応速度学の分子拡散と同様な方法で考えれば、Fickの第一法則を用いて

$$\frac{\partial m}{\partial t} = -D \frac{\partial c}{\partial x} \dots\dots\dots (1)$$

D : 分子拡散係数

m : 輸送される物質質量

$\frac{\partial c}{\partial x}$: 濃度こう配

$\frac{\partial m}{\partial t}$: 輸送速度すなわち溶出速度

両辺を x で微分すると

$$\frac{\partial m}{\partial t \partial x} = -D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \dots\dots\dots (2)$$

いま x での輸送量を m 、 $x+dx$ での輸送量を $m+dm$ とすると、単位厚さで Δx の長さを有する容積内の濃度は $-\frac{\partial m}{\partial x} = C$ となるから、式(2)は

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \dots\dots\dots (3)$$

これがFickの第二法則である。定常状態を考えるときは $\frac{\partial c}{\partial t} = 0$ 、溶出速度は一定となり(1)から

$$N_L = \frac{dm}{dt} = D \frac{C^* - C_0}{\Delta x} \dots\dots\dots (4)$$

C^* : 底質からの供給濃度

C_0 : 液中の濃度

Δx : 境界層の厚さ

D は水中における分子拡散係数をとる。この値は重金属では $10^{-5} \frac{\text{cm}^2}{\text{sec}}$ のオーダーで、水銀では $2.5 \times 10^{-5} \frac{\text{cm}^2}{\text{sec}}$ である。境界層の厚さは、Windermere湖の例からすると溶存酸素の多少にかかわらず、約5cm程度である。底質からの供給濃度は、ドライベースの底質濃度を C とすると、含水率を S とすればそのウェットベースの濃度は $C' = (1-S)C$ である。いま溶出率を j とすれば、供給濃度は

$C^* = C(1-S)j$ となる。 $C_0 = 0$ とすると、

$$N_L = \frac{2.5 \times 10^{-5} \times 10^{-4}}{5 \times 10^{-2}} \times C(1-S)j = 0.5 \times 10^{-7} \times C(1-S)j \dots\dots\dots (5)$$

($m\text{-g-sec}$ 単位)

(iv) 溶出した水銀は潮せき運動で完全混合するものとして、交換される海水に全て混入するものとする。海水の交換速度は、

$$Q = \frac{H \times M}{12 \times 60 \times 60} \quad (m/\text{sec})$$

H : 対象水域の平均水深

M : 一潮せきにおける海水の流出率

M については

$$M = \frac{K \times (\text{一潮せきの移動量})}{\text{対象水域の容積}} = \frac{K \times (\text{干満の差})}{\text{平均水深}} = \frac{K \times \Delta H}{H}$$

で表わしている。ここで K は海水の交換率である。混入後の海水の水銀濃度は、これを C_2 とすれば

$$C_2 = \frac{N_L}{Q} = \frac{0.5 \times 10^{-7}}{\frac{K \cdot \Delta H}{43200}} C \cdot (1-S) j = 2.16 \times 10^{-3} \times \frac{C(1-S)j}{K \Delta H} \dots\dots\dots (7)$$

以上の結果から

$$C_2 \leq C_1 \dots\dots\dots (8)$$

であれば、許容されるべきドライベースの底質濃度 C が求められる。

ここでさらに安全率を考慮する。この安全率は、第一に溶出現象を単純な分子拡散としてモデル化し、海中では乱流拡散で一樣に混合するという考え方に対して、これ以外の化学的、生物学的な溶出現象を考慮すること、第二に魚介類の種類によって濃縮係数が異なること、第三に地域的な食習慣に対する配慮などを骨子としたものである。安全率は次のような値をとる。

(i) 港湾内で漁業が行なわれていない水域については10

(ii) 漁業が行なわれている水域で、底質および底質に付着した生物を摂取する魚介類の漁獲量が、総漁獲量のおおむね1/2以下の割合のときは50

(iii) 漁業が行なわれている水域で、底質および底質に付着した生物を摂取する魚介類の漁獲量の割合が、おおむね1/2をこえる場合は100

いま安全率を F とするとき、(7)、(8)より

$$C = 0.18 \frac{K \cdot \Delta H}{(1-S) \cdot j} \cdot \frac{1}{F} \dots\dots\dots (9)$$

一つの例として、水俣湾の場合は次のように算定される。 $K=0.3$ 、 $\Delta H=2.9$ m、 $S=70\%$ 、 $j=2 \times 10^{-4}$ 、漁業組合の調査結果から $F=100$ 、式(9)より

$$C = 0.18 \frac{0.3 \times 2.9}{0.3 \times 2 \times 10^{-4}} \cdot \frac{1}{100} \approx 26.1 \text{ (ppm)}$$

したがって、 $C=25$ ppm以上を処理対象とすることになる。

以上は水銀を対象として論じたものであるが、次節で述べる London Convention の条約によれば、PCBなどの有機ハロゲン化合物も有害物質として規制対象となる。PCBの処理基準は、現在検討が進められている段階で、49年中には定められることになろう。PCBで注意されるべきことは、濃縮係数が大きく 10^4 のオーダーであろうといわれており、また植物に吸収されたPCBは葉、莖を通して空气中に発散することである。

2.3 土砂処理をめぐる問題

昭和45年の臨時国会で成立した海洋汚染防止法は、従来の油濁防止法を発展させたもので、この法律の第10条に、しゅんせつ土砂の処理に関する規定がある。この規定は政令でさらに内容が指示されており、その内容を整理して表わすと表-3のようになる。ここで沖捨てと称するいわゆる海洋投棄の場合、表-3でいう海域は図-3に示されるように、A海域、B海域、C海域に区分される。E海域は、本邦の領海の基線から50カイリのうち、水産動植物の生育あるいは環境保全上、環境庁長官が支障あるものとして指定した海域を除いたものである。

ここで問題となるのは、海洋投棄規制の今後の動向である。海洋汚染は国際的な問題であるから、国

表 - 3 海洋汚染防止法施行令

(船舶から浚渫土砂を海洋に排出する場合の基準)

廃棄物名	埋立	沖捨て	
		海域	排出方法
1 水底土砂 (海洋又は海洋に接続する公共用水域から除去された土砂)	(1) 規制がない (2) ただし、3の有害水底土砂の埋立場所等に排出する場合は、当該埋立場所等の護岸、その他の施設に設けられている余水吐から有害水底土砂及びその水質が総理府令で定める基準に適合しない海水が流出しないよう必要な措置を講じたいうで排出すること。	B	停止中(対水速度3ノット以下)に排出すること。
2. 指定水底土砂 (環境庁長官が指定する水域から除去されたもののうち熱しく減量20%以上の状態であるもの)	(1) 廃棄物(運搬船の通路又は余水吐から流出する熱しく減量15%以下の状態である廃棄物は除く。)が海洋に流出しないよう必要な措置を講じたいうで排出すること。 (2) ただし、3の有害水底土砂の埋立場所等に排出する場合は、上記1の(2)の必要な措置を講じたいうで排出すること。	C	拡散型 (イ)海面下に排出すること。 (ロ)航行中に排出すること。
3 有害水底土砂 (環境庁長官が指定する水域から除去された水底土砂で廃棄物処理令第六条第二項に規定する有害物質を含むもので総理府令で定める基準に適合しないものに限る。)	(1) 廃棄物及び海水(余水吐から流出する海水で、その水質が総理府令で定める基準に適合しているものを除く。)が海洋に流出し、又は、浸出しないよう護岸、その他の施設を設けることにより海域と断したいうで排出すること。 (2) 水面又は水中に排出する場合以外は、 (イ) 廃棄物の1層の厚さを2m以下とすること。 (ロ) 1層ごとに、その表面を土砂で50cm以上おおうこと。 (ハ) 最終は表面を土砂で1m以上おおうこと。	A	セメントによる固型化又は漏れないように容易に破壊されない容器に入れて集中型 (イ)比重1.2以上の状態にして排出すること。 (ロ)停止中に排出すること。

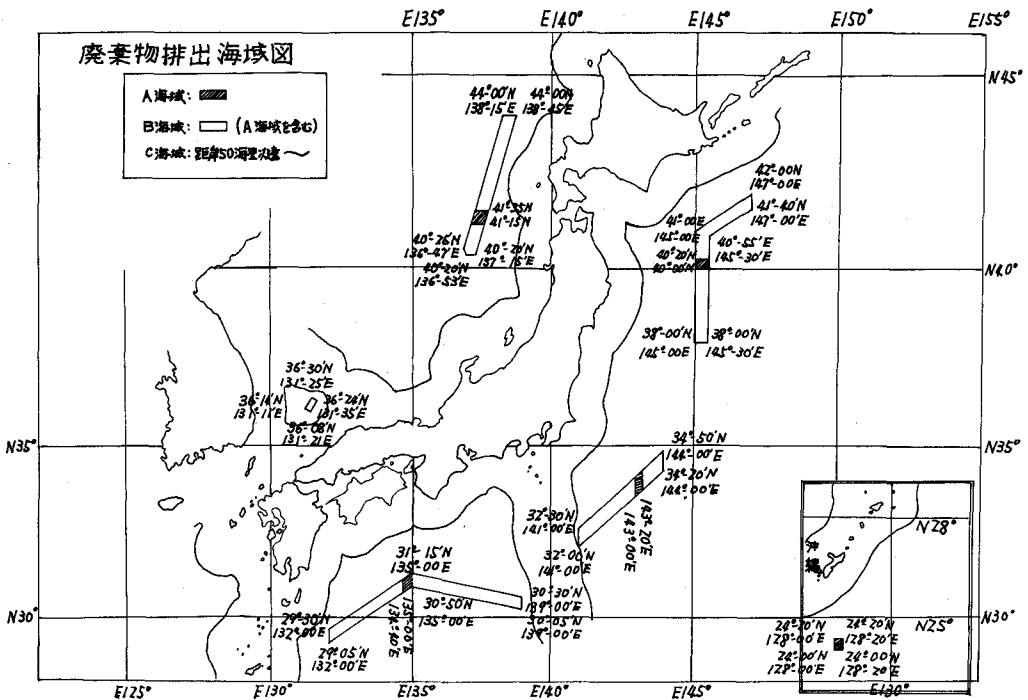


図 - 3 海洋投棄の海域

際間の協定が国内法を規定してくる。国際的な機関として、この種の問題に積極的なのは IMCO (Inter-Governmental Maritime Consultative Organization) で、海洋汚染の防止に関する国際会議を召集し、また国際条約の原案作成に協力している。わが国の海洋汚染防止法も、IMCO の協定に基づいたものである。その後 1972 年、IMCO, FAO, UNESCO, WMO, WHO, UN の各機関から専門家を選出し、Gesamp (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution) という Working group が組織された。この Working group が IMCO と協力して、今後とりくむべき汚染防止問題の検討を行なっている。これら成果の一つが、1972 年 11 月に成立をみた海洋投棄規制条約で、わが国もこれに調印している。通称 London Convention とよばれる会議がこれである。この条約に従えば、わが国の海洋汚染防止法、廃棄物処理法の一部修正が必要となり、規制は一段と強化されることになる。

2.4 水質をめぐる問題

海域の水質保全を規制する法律は、昭和 45 年に制定された水質汚濁防止法、海洋汚染防止法などで、これら法律の制定以来、水質は徐々に改善されている。現在では、重金属類、シアン、PCB などを海域に排出して問題となる事例は影をひそめてきている。ただ、いわゆる濃度規制と総量規制の問題は残っているが、既に瀬戸内海環境保全臨時措置法にみられるように、瀬戸内海に面する各県の COD 排出総量を規定する措置をとっているし、またいくつかの公共団体では条例を強化して、総量規制を行なう動きがでている。遠からず総量規制は現実のものとなるう。

現在、水質保全で議論があるのは浮遊物質濃度の規制である。海域における生活環境基準では、この濃度についてまだ明確にされていない。これはその海域に流出する河川、工場排水、都市下水などの影響がいろいろと出現して、一律に規定することが困難なことにもよる。このうち、工場排水、下水などは水質汚濁防止法から規制することができるが、河川の場合、通常時でも浮遊土砂の濃度が数十 ppm になることがあり、出水時には数百 ppm から数千 ppm に達する。海に流出する浮遊物質は粒径が小さく、波の作用が加わってなかなか沈降せず影響が長びく。

このようなことから、港湾工事などに伴って発生するにぎりについては、工事に関する monitoring system を義務づけて、にぎりの影響を極力押える制度が制定されることとなる。これは環境庁による「底質の処理、処分に関する暫定指針」に示されるもので、工事区域と一般区域に分割し、この境界線に監視点をおいて、有害物質、浮遊物質などの汚染を常に監視することをたてまえとしている。この場合、浮遊物質濃度の規制値は、工事着手前からのバックグラウンド、生活環境に対する影響を考慮して値を定めることにしている。もしこれらの規制値をこえることがあれば、工事の中止、工法の変更が求められる。

もう一つ要求されている問題は、閉鎖水域における温度成層あるいは環境変化のうち、その物理的な面に関する推定方法の開発である。沿岸開発の場合あるいは防災計画の場合でも、構造物群によって海域を閉鎖的にすることがあり、適切な方法による温度成層の厚さ、酸素量の補給などの検討が要求されてくる。これには海域の日射、放熱、排水の温度、風、潮せき流、鉛直ならびに水平の拡散力、地形などの因子を取り入れることが必要となる。方向としては、現実の海域に生じている現象の観測を数多く行なうこと、これをできるだけ忠実に simulate する手段を検討することにあるが、非常に困難な点が多いのは云うまでもない。いずれにせよ短時日では成果は得られないが、沿岸水理学に課せられた一つの目標であることにはかわりはない。

海は自由で広い心地をわれわれに与えるものであり、また実際に海上を航行する船も、この自由航行の制度を充分に享受してきたものであった。ところが、たび重なる船舶の衝突事故、タンカー事故による油污染などから、「Freedom at sea」も制限せざるを得ないという気運が高まり、わが国では47年に海上交通安全法が制定され、米国では Ports and Waterways Safety Actが施行されるという情勢になってきた。

海域における安全問題は、海を交通路として利用する船舶の安全と、港湾における船舶の交通上の安全、危険物に対する安全、荷役作業時の安全としてとらえられるが、海は気象条件によって左右され、平常時のみならず異常気象時における対策も重要な要素となる。

海難統計からみると、海難事故の約60%は衝突、20%が乗揚となっている。また全海難事故の1/3は港内で発生しており、表-4にみられるように港内でも衝突、乗揚、火災が主なものとなっている。乗揚は暗礁や浅瀬などが港湾の周辺に存在するために発生するもので、局地的な性格が強い。これに対して、衝突は交通量のほぼ自乗に比例して増加するといわれており、港内の衝突ではその60%が特定重要港湾、30%がその他の重要港湾で発生するという結果になっている。

	衝突	乗揚	火災	故障	浸水	転覆	その他
3千GT～	8	12	18	2	1	0	2
500～3000	8	16	9	3	5	1	5
100～500	43	82	37	17	86	12	10
20～100	39	42	40	19	50	9	13
20以下	64	29	19	52	37	38	27

(昭和44. 45. 46年の平均)

	衝突	乗揚	火災	故障	浸水	転覆	その他
3千GT～	8	12	18	2	1	0	2
500～3000	8	16	9	3	5	1	5
100～500	43	82	37	17	86	12	10
20～100	39	42	40	19	50	9	13
20 以下	64	29	19	52	37	38	27

衝突回数推定係数＝

$$\frac{\text{衝突隻数}}{L \text{ 換算入港隻数}}$$

ここで L 換算とは、衝突の危険度が船の長さにはほぼ比例することから、約35mの標準船(100~500トンに相当)に換算することを意味している。この結果は図-4の対数グラフに示されるとおりで、45度の直線が係数一定の線を表わす。図-4からみると、大港湾に危険度が大きく、北方の港湾に係数が高い傾向がみられる。また狭水道と称せられる航路では、意外に係

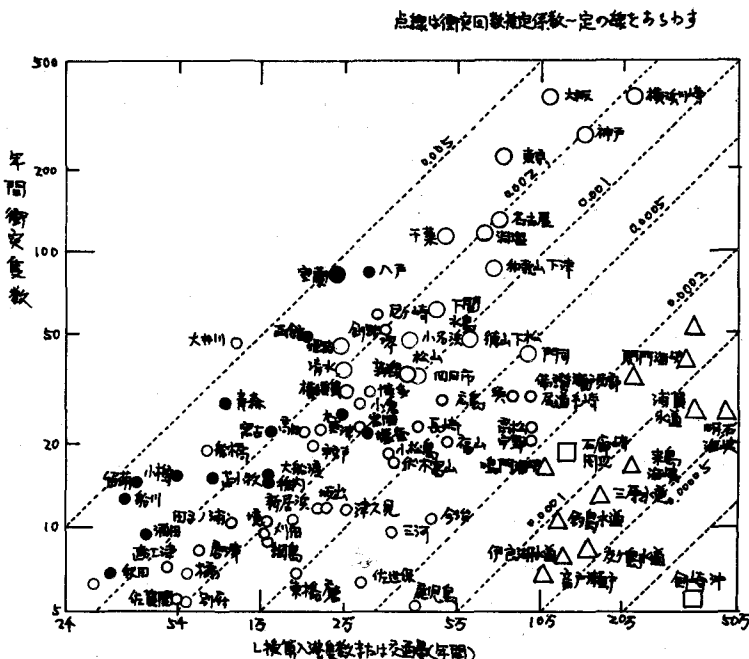


図-4 年間衝突隻数(昭和41年~43年平均)と年間交通量

数値が低いことがわかる。

これらの事故対策として、現在検討されまた一部実施されているものには次のようなものがある。

(1) 外国船の事故はどうしても発生しやすいので、強制水先制度を確立して、未知の国における事故を防ぐよう改善の必要がある。もともと諸外国では河港が多いことから、Bar pirot, River pirot, Harbour pirot もしくは Dock pirot と業務区分を明確にして、水先制度を義務づけている。わが国では、横浜、神戸、関門など6区域で強制水先制度をとっているのみであるが、この制度を早急に確立することが要望されている。

(2) 航路、速力の管理は事故の発生を大幅に防ぐものである。いま一定幅の航路で、両方から一杯にひろがって航行する場合と、半分ずつにわけて右側通行する場合とを比較すると、事故件数が約1/7にへり、さらに速力を規制してその分散を10%以内にすると、事故件数は1/20に減少するといわれている。IMCOあるいは日本の船長協会もこの点を提唱しており、今後の航路計画に充分反映することが望まれている。

(3) 交通管制システムの導入には、航行船舶にVHF無線電話を搭載させなければならない。海上保安庁の調査によれば、VHF電話をもっているのは、300～500トンで40%、3000トン以上で52%といわれており、まだ不十分な状態である。交通管制システムで必要となる施設は、上述の通信施設のほか、各種の信号装置、レーダー、監視テレビ、コンピューター、デッカ、ビーコンなどの測位施設である。わが国では、横浜港、川崎港に設置され、東京湾海上交通体系にもこれから適用されようとしている。米国では、指定水域でVHF電話をもつことを法制化し、広域港湾から管制システムを用い始めている。これをVessel Traffic System (V.T.M)とよび、Norfolk VTM, Puget Sound VTMが活動している。

3.2 異常気象時における船舶の安全

台風、低気圧、

前線の通過によっ

て海上がしけると、

船舶は港湾内に避

難せざるを得なく

なる。表一5は運

輸省港湾局が予測

した昭和53年の

避難状況の推計で

ある。海域番号は

図一5に示すとお

りで、表からみる

ごとく、500ト

ン以下の船舶がほ

ぼ90%の比率を

占めている。海域

別では、大平洋側

と玄海灘方面が大

表一5 昭和53年における避難隻数の推計

海 域 番 号	内 航 商 船 及 び フ ェ リ ー					漁 船			備 考
	3,000G.T 以 上	3,000～ 1,000G.T	1,000～ 500G.T	500G.T 以 下	合 計	200G.T 以 上	200～ 20G.T	合 計	
1	1	1	1	32	35	34	69	103	
2	2	9	21	42	74	82	133	215	
3	1	7	16	70	94	98	146	244	
4	1	4	8	30	43	24	110	134	
5	2	21	39	265	327	272	348	620	
6	1	15	33	516	565	280	213	493	
7	3	38	66	639	746	293	67	360	
8	4	30	56	671	761	76	53	129	
9	6	19	41	750	816	55	71	126	
10	13	42	89	1,782	1,926	82	308	390	
11	2	6	15	105	128	15	149	164	
12	2	4	12	51	69	38	83	121	
13	1	6	18	57	82	44	72	116	
14									
合 計	39	202	415	5,010	5,666	1,393	1,822	3,215	

(沖繩を除く)

きな割合を占めている。このような結果から、避難する船舶をうけ入れる港はどのように配置されるべきか、日本海難防止協会が調査した結果では、船型別に、避難可能な港湾の間隔は次に示される距離が妥当なものと推論している。

500 トン未満 ～ 港の間隔 70 km
 500 ～ 3000 トン ～ 港の間隔 75 km
 3000 ～ 5000 トン ～ 港の間隔 65 km

避難した船舶が港湾内で安全であるためには、防波堤、泊地が必要な条件を満たすように整備さ

なければならない。港湾内に避泊する船舶の安全性は風速と波高に対して検討され、日本海難防止協会が48年に行なった調査では、次の値が安全を確保できる限界としている。

表-5からもわかるように、3000 トン以上の避難船は非常に少なくなる。どの程度の船までが避難する必要があるか、現状の大型船の耐波性、船足の速さなどからみると5000 トン程度が避難船舶の最大なものとみなされている。大型船の船長で組織している日本船長協会の意見では、現状における港

内泊地の広さ、走錨の危険などからみると、大型船は港外にいる方がむしろ安全であり、危険物積載の船舶はとくにその必要があるとしている。船長協会が港湾に対して要求しているのは、泊地と航路を確実に区別すること、泊地面積をできるだけ広くとることである。一方、海上労働者で組織している全日本海員組合が行なった「港の総点検」の結果では、70 港以上の港湾施設に対する評価は図-6 になっている。これら両者の意見で共通しているのは、港内泊地の広さに対する不満で、「ゆとりのある港湾」を計画すべきことを示唆している。

4. む す び

海域に関する問題は、いままでに述べてきた狭い範囲の問題でも、状態は流動的であって、今後さらに確実なものを求めて変化してゆくことがわかる。

海はその性格からして、多くの学問の分野の協同作業が必要であり、また単に一国の問題ではなく、国際間の協力が要求される場である。国際的な動きをみても、この小論で述べた環境保全問題では、積極的な活動を開始しており、WODCON (World Dredging Conference), ECOR (Engineering Committee on Oceanic Resources)あるいはPIANC (Permanent International Association on Navigation Congress) のしゅんせつと土砂処理の研究委員会などは、国際間の技術的、

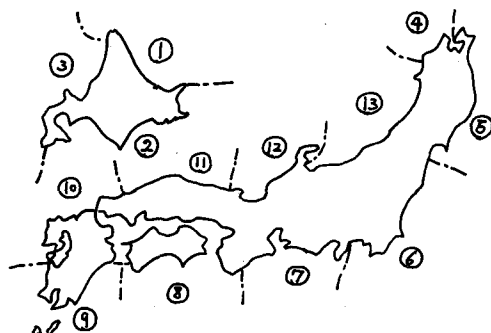


図-5 海域の番号

	風		波	
	船 型	風 速	船 型	波 高
錨 泊	1000 トン以上	30 m/sec	1000 トン以上 1000 トン以下	1.5 m 1.0
浮 標 泊	同 上	20	全 船 舶	1.0
接岸係留	同 上	20	5000 トン以上 5000 トン以下	1.0 0.7

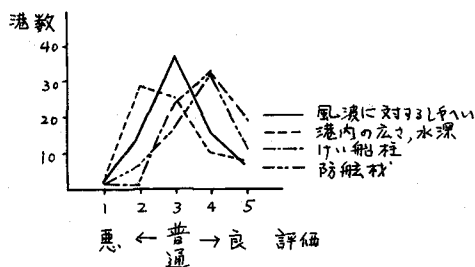


図-6 港湾施設の評価

制度的な協定を求めて、ここ数年来検討を進めてきている。海洋技術、港湾技術の関係者が、広い視野と他の学問に対する理解、内外に通じる制度上の対応に、一段の努力を要求されるときである。

考 参 文 献

1. 熊本大学医学部10年後の水俣病研究班：10年後の水俣病に関する疫学的、臨床医学的ならびに病理学的研究（第2年度）昭和48年3月
2. 環境庁水質保全局：底質調査方法，昭和48年8月
3. 環境庁水質保全局：水銀を含む底質の除去基準，昭和48年8月
4. Yeaple, D.S., Feick, G., Horne, R.A. : Dredging of mercury-Contaminated sediments, Offshore Technology Conference, 1972
5. Mortimer, C.H. : Chemical Exchange Between Sediments and Water in the Great Lakes - Speculations on probable regulatory mechanics, Limnology and Oceanography, March, 1971, V16 (2)
6. 環境庁水質保全局：底質の処理，処分に關する暫定指針，昭和49年6月
7. 日本港湾協会：港湾，Vol. 50, 12月号，1973