

海洋汚染とは

宇田道隆*

海洋汚染 (Marine pollution) は、海洋環境への汚染物質の入りこみによって起こっており、近年人間活動の急激に増大してきたのに対応している。その入りこみの経路は、陸岸の方から海中へ、とりわけ河川を通じて流れこむものが多い。さらに、また大気から放出されたのが気流に乗って運ばれてから海面に落下するもの、あるいは海上に放出しない投棄されるものなどがある。その汚染物質 (Pollutants) の内容は多種多様であり、人体にも危険な有害有毒なものを色々含んでいて、しかもその量が膨大なものとなってきている。こうして海の世界は一変し、海水水質→植物プランクトン→動物プランクトンあるいは底棲生物(ベントス)→小型魚類→大型魚類と喰いつ喰われつ食物連鎖ないし食物網を通じて低位から高位の栄養段階をのぼるうちに微量の汚染物質—たとえば放射性物質、重金属、PCB、DDTなどが何十万、何百万倍にも生物濃縮 (bio-accumulation) され、人間の口を経た食物を通じて人体に目に見えぬ危害 (ガンや水俣病など) を増大しつつある。ところが汚染者はこれに無知な場合が多い。

汚染源は複雑で数多いが主なものを挙げると、都市下水 (食品加工廃水なども含む)、農業 (DDT、DDE など)、工業添加剤 (PCB、PCT など)、無機廃棄物 (リン、窒素化合物による富栄養化からひいては赤潮の原因となる物質、水銀・鉛・亜鉛・カドミウム・クロムなどの重金属を含む)、放射性物質 (ストロンチウム、コバルト、クリプトンなどの残留性の高い同位元素など)、石油および油処理剤、石油化学、有機化学廃水、有機廃棄物 (パルプ・製紙廃水ヘドロ [水銀、PCBを含む] など)、軍事廃棄物、温排水、洗剤 (多量のリンを含む)、固形廃棄物 (プラスチック、ビニール、ナイロン、ゴム、発泡スチロールなど)、浚漕土砂、不活性廃

* Michitaka Uda, 東海大学海洋学部教授・東京水産大学名誉教授・日本海洋学会名誉会員

棄物などがある。魚介養殖場で給餌の残滓や糞などの排泄物等が久しく続いて腐敗し、水質汚染するような「自己汚染」(auto-pollution) もある。

汚染は環境の変化によっても物理的に発生する。流通循環が悪くなるような工事が施行されたりすると、たちまち酸素欠乏で有用生物が消滅するようなことになる。イカダやヒビやイクスの養殖施設の密植などでもハマチ、ホタテ貝、ノリ、真珠にその例を示している。

汚染物質の種類が多種多様で、海中に流入してからの行方、変化がよくわからないばかりか、汚染物質間の相互作用による「複合汚染」についても、われわれの知見は甚だ貧弱である。特に海洋細菌など微生物の働きによって海中の生物相に大変化が起こることが問題である。多種多様な生物がバランスのとれた生物社会を構成している生態系を、汚染物質の侵入によって攪乱し破壊あるいは転移が見られる。環境点検には汚染物質の総量も問題であり、また個々の汚染因子の総合影響の判定が問題になる。そして放置すれば今後どのようになるか、その動向と将来の予測が問題である。さらに海中にあって個々の汚染物質の排出後の変化と行方の追跡が大切である。カニ、ゴカイなどの底生生物やフジツボ、イガイ、カキ、ノリなどの付着生物、浮遊生物、魚類 (特に磯魚などの沿岸魚類) や海藻類などを調べて、海洋生態系内の「汚染指標生物」(pollution indicator species) を定めて汚染監視する必要がある。海底堆積物の成層泥柱について年代史的汚染物質質量探査も必要である。水質分析では不明でも、底質の方では汚染の時間的積分の証拠が歴然と残されているのが常であり、指標生物の調査を加えてこれを確認することができる。

「環境容量」が最近問題にされる。海湾の汚染物受容自浄能力は、海中と海底の微生物による分解作用と海洋の物理的な希釈拡散に依存するもので、これからある海湾、海域などの海洋汚染許容基準を見出そうとしている。

しかしなが
ぎて自浄能力
勝である。
研究調査され
縮の研究はま
ごろやと注
気汚染でも近
転層での放射
による日射 (C
速減少が気候
す影響を問題
総会でも研究

汚染物質と
(海陸界面)、
躍層のごとき
浮流物、懸濁
物質もしたが
構の詳細には
にあってもそ
し得る。成層
の機構が問題
シアをもつ
相互作用の乱流
流れ藻の列、
油塊などの一
題になってい
ンメント”の
廃油塊の集ま
このような汚
棄による汚染
る。

“海洋投棄”
いる。海洋投
「海に間欠的
(砂泥や産業
廃棄物 (放射
尿)、(4)液状
廃棄物、非生
解性廃棄物に
ものであって
おり、海底へ
と海水への汚
persion) とし
重要視される
場、稚仔生育
質など点検し、

しかしながら、環境容量を過大に見過ぎて自浄能力をこえる汚染とかがかなり勝ちである。これまで物理拡散は盛んに研究調査されてきたが、物理的・生物的濃縮の研究はまるで無視されてきて、このごろやっと注意をひくようになった。大気汚染でも近年成層圏底部の圏界面や逆転層での放射性落下物、エアロゾル著増による日射（太陽エネルギー）の地上到達減少が気候寒冷化、生産力減少に及ぼす影響を問題にされ、国際地球物理学学会総会でも研究を決議している。

汚染物質とそれらの影響は、海岸線（海陸界面）、海気界面、海底面、密度躍層のごとき諸界面に強く限定せられ、浮流物、懸濁物、沈殿物が濃縮し、汚染物質もしたがって著しく濃縮せられるが、その物理的機構の詳細には未だ不明の点が多い。潮流だけでなく、渦流にあってもその中心ないし縁辺にそのような濃縮を見出し得る。成層水中では汚染物質の鉛直フラックス（流束）の機構が問題になっている。それには内波の破砕現象やシアをもつ潮流不安定、境界混合と地形が関連し、相互作用的乱流がみられる。黒潮の縁辺の収束に見られる流れ藻の列、それについて稚魚（モジャコなど）、黒い廃油塊などその一例である。枕型乱流、斑状乱流などが問題になっている。温排水の2層混合拡散も“エントレインメント”の引きこみ流の部分が問題である。渦流部に廃油塊の集まる機構も収束による（例、駿河湾石花海）。このような汚染物質の滞留時間と水域内外交換、海洋投棄による汚染が問題に（特に深層水について）になっている。

“海洋投棄で廃棄物処分”は世界的な大問題となっている。海洋投棄（Marine-dumping, Sea-dumping）は「海に間欠的に廃棄物を投入すること」で、(1)巨大物量（砂泥や産業廃棄物など）または(2)コンテナに入れた廃棄物（放射性廃棄物など）、(3)希釈目的投入廃棄物（し尿）、(4)液状許可産業廃棄物があり、以上を生物濃縮性廃棄物、非生物濃縮性廃棄物または非分解性廃棄物と分解性廃棄物に分類した。このような投入廃棄物は有害なものであってはならないと国際的に厳重に規制されており、海底への影響、沈積後の拡張、コンテナの破壊と海水への汚染物分散など、“海洋分散”（Oceanic dispersion）として討究されている。投棄当初の希釈は特に重要視される。投棄点選定には、水深、水産生物（産卵場、稚仔生育場、漁場、生物敏感反応度、生産力）、底質など点検し、観測と監視が求められる。未だ海洋投棄



△カット 上方の浚渫船よりヘドロを処理船に移しているところ（坂越湾）

は、検証された理論モデルを欠き、投棄の影響を適切に予測できる能力が現在ないにもかかわらず実行の危険を冒している。投棄物質に下水汚泥、浚渫砂泥などがあり、強酸性廃棄物、重金属類などは明白に水産生物、人間の健康に悪影響を及ぼし、生活の快適さを阻害する。海産生物への毒性や、生物濃縮など追跡調査が要る。放射能、水銀、鉛、亜鉛、カドミウム、銅などや、有機化合物、殺虫剤などが問題で、どんな悪影響が生ずるかを知らねば投棄できない。高水圧の深海に投棄されたドラム缶入りの放射性廃棄物などどうなるか？ 都市下水、巨大貨物の投棄後の海洋環境は再循環を併せてどう変わるか？ 酸素の収支の変化はどうか？ 漏洩流出した油の行方、特に表層から下層への沈降分散はどうなっているか？ 移動船舶の海洋投棄した汚染物の沈下により、対流、均一水塊と成層水塊でどう変わるか、沈降中の平衡と落下ブルームの分散追跡、汚染物の水平輸送と不規則地形に応じた水域の捕捉、周囲の海への射流、層流、堆積砂泥の粒径による投棄後の差異等々、ともかく未知で未解決の問題があまりにも多過ぎる。

生物利用汚染研究は近年特に重視され、水質分析よりも生体内の汚染物質のガスクロマトグラフィなどによる検査がより海洋汚染の真実を適確に判定できる場合が多いと見られるようになってきた。海洋系主要汚染物質のレベル調査方策として、“見張り生物”（Sentinel Organisms）使用が、これら汚染物質の曝露レベル監視に経済的利用容易な最も合理的なものとE.D. ゴールドバーグ(1975)は説いた。人間社会は毎年30億トンの物資を消

注) カット写真は、赤潮防除・ヘドロ回収試験共同企業体 ワールドオーシャンシステム(株)、芙蓉海洋開発(株)様に提供していただきました。

費するが、その大部分は海に入るけれども、そのごく僅少部分が汚染物質となって生物資源を危険にさらすことになるので、それから海を守るため、海に流入する汚染物質を判別し、科学的評価を与え、環境管理責任者にとるべき手段を勧告する必要がある。特に重大な海洋汚染をひき起こすおそれのものは、放射性物質、石油、重金属・ハロゲン化炭化水素、赤潮、温排水等である。放射性物質については、1950年代からその生物に対する危険性が問題とせられ、海洋と大気への放出を最少限にする勧告で、原子炉からの海洋環境への流出規制に国際原子力機関 (IAEA)、国際放射能防護協議会 (ICRP) などで基準を与えた。原子力時代には、超ウラン経済 (プルトニウム経済) に進み、今世紀末数百トンのプルトニウムが地上を移動循環するが、百万分の1グラムでも吸いこめば肺がんを起こすおそれのあるプルトニウムの洩出の危険が再処理工場にあり、ここから大気と海洋に入りこみ、人間にもどる。英・仏・インドなど各国ですでに始まっている。しかもその年間生産量と消費量の情報は把握し難く、その物質の環境内の長期にわたる持続性と毒性、生物濃縮率などを知ることもすこぶる困難である。海中の汚染物質存在量を許容レベル以下にとどめるか、最少量におさえるかが管理されている。海健康管理には、有用な汚染指標生物のムラサキイガイ、フジツボが役立つ。多量の放射性廃棄物はムラサキイガイの外骨格と貝肉に蓄積される。イガイもフジツボも、よく重金属をとりこむし、石油製品の炭化水素についても指標生物となる。エボシ貝 (大洋性) はムラサキイガイとちがって大洋性種で、表皮層 (ニューストーン) ネットで容易に採集される指標生物である。フジツボ、ムラサキイガイを世界の沿岸から採集して調べると汚染の進行度がわかる。汚染を判別できる科学者たちには、海を汚染から守る最良の方法を確保するため社会的協力組織がある。

石油汚染 石油系汚染は海洋・大気に広く深く及んでおり、海洋では1980年ごろには年間3,000万トンにも及ぶ流出油 (1970年ごろの2~3倍) が予想され、その生物に及ぼす被害や、海況と気候に及ぼす影響が案ぜられる。1967年トレー・キャニオン号原油流出事件、1974年水鳥タンク重油流出事件など内外に石油汚染が続発している。関東大地震のとき横須賀軍港重油タンク (10万トン入り) 爆発、海上流出で東京湾貝類斃死9割を見たが、現在のコンビナート林立タンクに大震がもたらす被害は予想もされていない。

北大西洋でもガルフストリームとその分派の運ぶ油汚染は激甚で、特にその海流縁辺、渦流域では300m以浅1mg/lに達し、高緯度帯に集積 (低温のため微生物分解がおそい) を見ており、沈降して深層水にも入りこむ

ことが報告されている (1975)。西部サルガッソー海、カリブ海もガルフストリーム同様、ニューストーン (表皮層動物) 採集器による微粒石油残渣量 $3.7\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^2$ に及ぶひどい油汚染を示している。日本近海、特に琉球列島南海と黒潮も著しい油汚染の状況にある。暖海では微生物による油分解の速いのも事実である。しかしそれには、1,000万トンの油が酸化されるためにその3倍の酸素が消費されることになる。油流出後に海底に沈下した廃油はなかなか消滅せず、酸素欠乏、油臭魚の原因にもなる。

重金属汚染でも、海水中の生物への影響が問題になる。海洋生物中の水銀とセレンウムに相互依存性があるらしく、マグロ肉に水銀が多いのに中毒が少ないのはセレンウムも多いせいだともいわれる。アザラシにもメチル水銀がプランクトン、魚を通じての生物濃縮で見られる。食物連鎖を通じての毒物学的濃縮がカドミウム、バナジウム、鉛、亜鉛、銅、マンガン等それぞれ異なり、その機構が問題である。日本ではミドリガキの銅、水俣病の水銀、「イタイイタイ病」のカドミウムなどがすでに社会的問題になっている。海潮に入りこむ重金属は沿岸からの流入におとらず大気輸送落下による微粒子の流束が重要で、これが堆積物中に歴史的な記録を残し、生物濃縮によって魚体に検出されて人間を脅かすことになる。すなわち大洋の重金属は人間活動 (主に産業的) により、Pb, Zn, Cu, Cd は主に大気輸送からきているらしく、Ag, Cr, Mo, V は主に下水排出口から、Hg, Sn は両方からくるらしい。日本の瀬戸内海、東京湾、伊勢湾、九州西海、富山湾奥など工業地帯の底泥には著高濃度のものが検出されており、バルト海の底泥にも同様、近年著増した。E. D. ゴールドバーグ (1975) によれば、毎年10億トン近い岩石・土壌の微粒子が大陸から大気へ移動、風系に従って輸送され、その大部分が海面に落下し、非溶部分は次第に堆積泥柱の中に入る。エアロゾル、氷河雪、大気降水中に含まれた重金属は Pb, Zn, Cu, Mn, Ni の序列とされた。地中海、内海はどこでも近年汚染した。

ハロゲン化炭化水素 1960年代になって世界的にDDT など殺虫剤 (農薬) による自然環境破壊が、米国やスウェーデンなど高度工業発達先進国で問題にされ、その流入と落下による海洋汚染もとり上げられた。日本でも、1953年有明海のアミ斃死、琵琶湖の魚の除草薬 PCT 流入による浮上が見られた。1973年6月、全国的な水銀、PCB の魚介類汚染騒動があって、環境庁・厚生省のその夏調査で安全宣言 (除外例に問題を残して) で一応落着した。合成有機化合物の全世界生産は、1970年約6,300万トン (環境投入量約2,000万トン)、1985年2億

5,000万
その大半は
が、DDT
も、外海は
が東京湾、
場、熱帯使
厚とされる
フタル酸
量使用 (E
で、水・大
ベル (PC
が判明した
顕著でない
脂化剤とし
DEHPは、
一河口では
エステル年
生じている
要る。

富栄養化
年172キロ
し、水産物
トンのリッ
よる除去が
である。汚
除去量は著
し、大量の
北欧のバ
化汚染が著
酸化され、
層に無酸素
業排水、家
養肥活用の
で窒素負荷
水による汚
できる下
本的には
生循環 (R
J. H. ライ
海藻、カ
産に成功
ラスチック
しても同
すべきで
きである
ン)、海上

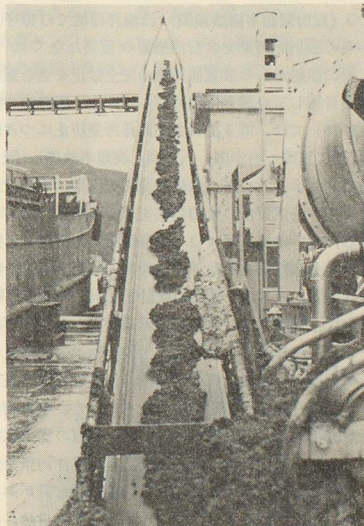
5,000万トン(環境投入予想8,000万トン)と推定され、その大半は有機塩素化合物で、これが海洋を汚染するが、DDTとPCBによる沿岸水域の汚染が調査されても、外海は未だ不明のままである。日本ではPCB汚染が東京湾、大阪湾など大都市工業地帯に著しく、電器工場、熱媒使用工場、故紙再生工場などの排水域に特に濃厚とされる。

フタル酸エステル(PAE)は塩ビの可塑剤として大量使用(PCB, DDTより1桁大きい)、溶解度も大で、水・大気経由流出、1974年調査で0.1~100ppbのレベル(PCB, BHCの10~1,000倍)濃度の海水汚染が判明した。ただし魚介類中の濃縮は生物分解性のため顕著でないといわれるが放置できない。米国では合成樹脂化剤としてのフタル酸エステル生産の1/4を占めるDEHPは、近年水産生物中に高濃度を示し、ミシシッピ河口では水産生物の毒性を現わすに至った。フタル酸エステル年産10億ポンドの大量が海にどのような影響を生じているかが追究されているが、日本でも特に検討が要る。

富栄養化 瀬戸内海の環境庁調査(1973)によると、年172キロトンの窒素と118キロトンのリンが陸から流入し、水産物としてのとり上げ17.6キロトンの窒素と2.44トンのリン(1972年水産額703キロトン)で、水交換による除去は年に21キロトンの窒素と1.4キロトンのリンである。流入損失窒素22.6%, リン32.4%, 降水による除去量は著大である。近年内海富栄養化が進み赤潮頻発し、大量斃死魚、水質と海底底質悪化は明らかである。北欧のバルト海やフィヨルドなども半閉塞のため富栄養化汚染が甚だしく、1次生産増(植物プランクトン)が、酸化され易い水中有機物増を起し、酸素をとられて底層に無酸素状態・硫化水素形成で生物消滅している。農業排水、家畜排水、水産加工排水、家庭排水なども富栄養化を促進した。1958年と1970年の12年間に東京湾で窒素負荷量1.8倍、リンの負荷量1.5倍に、特に工場排水による負荷量4~5倍に増大している。3次処理までできる下水処理施設が完備されねばならない。しかし根本的にはゼロ放出(Zero release)に向って閉鎖系内の再生循環(Recycling)の完全利用をはかるべきである。J. H. ライザー(1974)は都市下水の浄化利用により、海藻、カキ、エビ、イガイ、ヒラメなどの有用水産物生産に成功している。石油や石油系加工品(ビニール、プラスチックなど)の廃棄物、水銀、銅その他の重金属にしても同様で、貴重な資源として回収利用を真剣に攻究すべきであり、放出されるものは少なくとも無害とすべきである。1980年40億トンの原油生産(海底より13億トン)、海上輸送29億トン見込まれ、海洋汚染は1970年の

2~3倍、3,000万トンもの油の海上流出予想とはまことにもったいない、馬鹿げた話である。しかもこれが海況、生物、気候に及ぼす悪影響、油臭魚介や発ガンなどを考えると笑いごとではない。

温排水(Thermal waste water, 熱汚染 Thermal pollution)は火力発電の場合でもすでに問題になっていたが、原子力発電の激増する時代にこれは世界的大問題となっており、放射性廃棄物処理に劣らぬ難題である。1972年国連人間環境会議の勧告中にも原子力発電や火力発電からの廃熱放出が、状況によっては海洋生態系に危険をひき起こすおそれを認識せよとある。熱力学的に、人間の使用するエネルギーはすべて最終的に熱となり、太陽熱以外の石炭・石油・ガス・核エネルギーの熱は直接、間接大気を暖め、局地的に熱汚染が海の生態系バランスを破壊し、陸に“熱島”を生じ気象異常を続発させる。化石燃料、核エネルギーの消費を今の調子で進めると数十年で極氷が溶け始め、世界の沿岸の潮位が数十メートル上昇して主要都市を水没させるという推算もなされている。米国の原発は、1970年の1,100万kWから2000年に9億kW以上に伸び、副産物としての放射性核廃棄物貯蔵量は1兆キュリーをこえ、クリプトンガスや冷却水中のトリチウムは2500万キュリー分放出と推算されている。同様に各国が放出して幾何級数的に増大する炭酸



△カット 脱水ヘドロをコンベアーで土運船に移送しているところ

ガス、熱エネルギー、放射性物質で環境汚染が人類に何をもたらすか？ 有機性廃棄物だけでも海・湖・河川も変質し、生物の大変化が起こるだろう。有毒の重金属や農薬などが蓄積的な生態系の汚染破壊をどのように起こすかは、今のところ判っていない。汚染を吸収消化し得る地球環境の能力限界が不明なのに、汚染物質の放出が加速的に増大している。生態系への悪影響が限度にきてから騒いでも最早おそい。1970年DDT使用を抑制した後も10年間ほどは魚類体内残存DDT量は増え続け、1995年にならないと1970年のレベルまで下がらない。使用減少の決定をしてから25年もかかる。DDT（年10万トン放出）は今や世界全地域の人間の体内脂肪中に蓄積され続けている。このことはDDTに限らず寿命の長いすべての有毒物質（水銀、鉛、カドミウム、他の殺虫剤、PCB、放射性廃棄物）にもあてはまる。長期的な遺伝形質に対する影響（奇形児など）はまったく未知の分野にある。われわれは安全な食糧、水、大気、土、住居を失うのみか、生命持続の根底をも失う危険にさらされながら、突進を続けている。

海洋環境汚染防止対策 国連はすでに各国政府とともに行動に移っている。GIPME（全地球海洋環境汚染調査）、IGOSS（総合世界海洋観測組織）が海洋環境汚染の現況をたえず調査監視し、対策の資料を学術的に提供している。GESAMP（国連海洋汚染専門家会議）は各国政府の対策を助力し、指導を与えるのに貢献している。IMCO（政府間海事協議機関）は海洋環境での原子力艦船からの放射能汚染を含む汚染源の重要な全てについて、特に船舶からの故意油汚染の完全禁止を含む適切な規制を目指して会議を重ね努力している。国連海洋法会議（1976）では、第3委員会海洋汚染防止につき船舶起因汚染（旗国、沿岸国、入港国、海難事故等）、陸上起因汚染（モニタリング、海底開発起因汚染、海洋投棄、国家責任・賠償責任の条約草案を練っており、1977年決定するはずである。FAO（国連農業食糧機構）と国連貿易開発会議は潜在的海洋汚染物質（有害・危険、特に持続性物質）の生産と使用の統計を提出、GESAMPはその毒性を評価し、「有害化学物質調査」を毎年再検改訂する。「海洋環境とそのすべての生物が人間にとって極めて重要で、海洋と資源、環境の保全管理が保証されるよう、とりわけ沿岸国で関心をもち得る。廃棄物を同化し無害化する。そして天然自然再生の海の能力は有限であるから、適切な管理が必要であり、海洋汚染を規制し防止する措置が必須である」という基本方針がある。

結び 海洋汚染を本当になくするには海の自然、生命への畏敬が必要である。太陽のエネルギー、海洋のエネルギーの開発（太陽、風力、波力、潮汐、海流、温度

差、塩分差、有機物発酵など）と水素エネルギーとの組み合わせによって輸送・貯蔵もでき、まったく無公害で永続的なエネルギーとして用い、われわれ人類の直面する危機を脱して生活を安定化することができる。廃棄物の処理は再生循環方式によって微生物を活用して資源化することが必要である。人口も世界中100億ぐらにとどめて安定化させなければならない。ただ現在その過渡期で、発展途上国の人口が55~70%も占めようとしておるところに問題の困難さがある。温排水利用の養殖を下水中の富栄養塩を利用して一石二鳥の効果を上げ得る。波力発電、温度差発電、海流発電と漁礁、漁港などの人工造成と併せてシステム工学化することによって、エネルギーと資源の問題を一緒に解決できる。海上都市、海上構造物を漁場造成に用い、温度差発電の下層冷却水の上層汲み上げて肥沃化による漁場を造り、温排水を沖合下層に放出して湧昇流による肥沃生産化をはかるとか、模型実験、現場実験を併せて解決できるであろう。海を継続的な未処理廃棄物（し尿のごとき）の投棄場として考えてはならない。海の食糧の利用を最優先すべきである。沿岸水域、内湾、内海は非常に傷つき易いので細心に注意しなければならない。

国際協力により海洋汚染を監視するため、電波海洋学を人工衛星、飛行機を用い、カラー写真に撮影して進めねばならない。もちろん海洋汚染の物理的・化学的・地質学的プロセスを生物学的因子との関連のもとに、汚染物質の行方も合わせて研究すべきである。汚染物質の食糧資源または他の有用資源の中にとり入れられるべきものの再循環利用が必要である。微生物その他の方法で海洋汚染物の分解可能なものと分解できない種類の廃棄物を処分し、うまく利用することである。生態毒物学や生態生理学を含む海洋汚染学（Molysmology）の研究をひろげていかねばならない。海洋汚染をなくするためには、あるべからざる場所に余計な物がないようにすることが第一である。「汚染源規制」（Source Control）をするのが最良である。PPP（汚染者支払原則）は基本的といってよい。沿岸水域は海洋で最も早期から最もひどく汚染され易いので、海洋系への河川水注入（RIOS）が注目され、河口水域が焦点になる。最近入浜権とか砂浜の問題、干潟の問題が汚染浄化の面とレクリエーションの面から重視されてきた。

従来とかく企業が営利のために、有害を知りながら汚染廃棄物のたれ流しを隠匿し、後に露頭した例が水俣病の水銀事件その他に見られた。瀬戸内海、東京湾、伊勢湾などの急激な環境悪化は汚染因子群の集中的攻撃によるもので、埋立、赤潮、重金属汚染、PCB、油汚染、温排水、有機廃棄物など複重畳して出現し、濁りによ

る海水透明も双鞭藻類色のもの骨が曲った魚が底魚の類発は人行政管理出規制と監充実、(4)流いる。汚染もないし、調査研究体海峡など方いう種類ののおかた検度、毒性、い。(1)海洋決定、(2)そるその流束物からの決定、(4)大気水池中の汚の終極的なく、研究調の母なる海も河海に汚することがある。C.Z光合成作用

る海水透明度低下は光合成作用さえ低下させ、赤潮生物も双鞭藻類からミドリムシのような汚染度の高い暗緑灰色のもの多発に遷移していった。奇形魚、変形魚の背骨が曲ったり、鱗がなくなったり、腫瘍のできたお化け魚が底魚など出現率を年々増してきた。油汚染等の事故の頻発は人心の不安と不信に拍車をかけた。

行政管理庁は1975年、(1)海洋汚染の実態把握、(2)油排出規制と監視・取締りの強化、(3)廃油処理施設の整備・充実、(4)流出油の防除対策の確立を関係省庁に勧告している。汚染大事故を予防止取締る法律体系の有効なものもないし、大事故発生時に敏速に対応し防禦する体制、調査研究体制も不備なことが指摘されている。マラッカ海峡など方々で国際的汚染問題も起こっている。何千という種類の汚染物質が昼夜を分たず海中に入りながら、おおた検査もされないままである。生産率、環境持続度、毒性、生物濃縮のどれも判明しているものが少ない。(1)海洋環境に危険な潜在的汚染物質の化学的特性を決定、(2)その生産量と環境への放出量、天然と人間によるその流束を比較、(3)大気、河川、下水口、海水、浚渫物からのデータを点検して環境内の汚染物質の輸送を査定、(4)大気、混合した大洋深層と生物圏のごとき実験貯水池中の汚染物の濃度と滞在時間で推算、(5)その汚染物の終極的な環境内の運命を追究することである。ともかく、研究調査すべき問題が多過ぎるが、われわれの故郷の母なる海を愛護して汚染を一掃すべきである。何よりも河海に汚染物質を放出前にこれを資源化して再生利用することが大切で、産業体制をそのように再編すべきである。C. Z. Bell 門下の F. D. Sisler (1962) は微生物の光合成作用により太陽エネルギーを利用して、23%の熱

効率で出力1ミリアンペア以下の約0.5ボルトの発電炉原型を開発し、大型にすることにより莫大な微生物水素発電を示唆した。海中に2.74兆トンも含まれるというリチウムを用い、リチウム水素化合物を作り、輸送もできる。

水素分子の25°Cでの燃焼熱約2.5万kcal、メタンのそれは1.3175万kcal、水素とメタンガスはクリーン・エネルギーで燃えれば水になり汚染は起こらない。海水は地球上13.7億立方キロもあり、海水の淡水化は今でも日産100万m³に及び、1978年には400万m³に増すという。したがって水素エネルギー時代になれば、海水の中の水を電気分解して無限に近い水素供給源を得ることになる。また効率的な発酵技術により有機生物量1トンごとに0.02トンの水素が得られ、地球上の有機物約40兆トンから0.8兆トンの水素が年間生産され、1.6兆トンのガソリン相当エネルギーは今の全世界原油産出量(年間約30億トン)のほぼ530倍にもなる。有機物の微生物発酵で莫大なエネルギーを供給できる。し尿厨芥などの有機物もすべて電力になる。「水素を生産する多くの細菌が海底堆積物中に存在する」ことも知られている。陸上で家畜が年20億トン肥料を産み出し、これを細菌分解して10億kWの電力に変え得る。固体ゴミは建築材料や埋立材料にも使える。プラスチック、ビニールなどは微生物などで石油にもどしたりも可能となる。

こうした科学技術が汚染物質をすべて資源化し無害にし、太陽エネルギー、風や海洋の諸エネルギーをもとに、水素エンジン化して、まったく無公害の豊かな、白砂青松の海岸を回復した美しい海の望ましい未来がくるであろう。

