

産業・都市・放射性  
**廃棄物処理技術**

福本 勤 著

61.2187  
706

産業・都市・放射性  
**廃棄物処理技術**

福本 勤 著

1-1-1



著者紹介

ふく ほん とも  
福 本 勤

昭和37年 京都大学大学院工学研究  
科燃料化学専攻修士課程終了。同大  
学工学研究所（現在原子エネルギー  
研究所）助手、九州大学工学部講師  
を経て、現在 日立造船(株)技術研究  
所勤務。その間、京都大学原子炉実  
験所研究専門委員、公害防止管理者  
認定講習会講師など歴任、化学工学  
専攻。

現住所：(〒618) 大阪府三島郡島本  
町水無瀬2丁目21番18号

産業・都市・放射性  
廃棄物処理技術  
〔Waste Processing Engineering〕

検 印 省 略

定価 3200 円

NDC, 571

© 1973

昭和48年4月5日 初版1刷発行

著 者 福 本 勤

発行者 南 條 正 男

東京都文京区小日向4丁目6番19号

印刷者 白 井 倉 之 助

東京都青森市根ヶ市1丁目385番地

東京都文京区小日向4丁目6番19号  
発行所 電話 東京 947局 2511番(代表)  
郵便番号 112 振替東京 57035番

共立出版株式会社

印刷・精興社 装本・菊地製本 Printed in Japan

社団法人  
自然科学書協会  
会員



3058-820010-1371

## 序 文

高度産業経済の拡大に伴って、大量の廃棄物が排出されて自然の物質循環サイクルが破壊され、公害もしくは環境汚濁が深刻な社会問題となってきたる現今、廃棄物問題の早期解決は広く望まれるところとなっている。

このときに当たって、京都大学工学研究所、九州大学工学部、続いて日立造船(株)技術研究所において、放射性廃棄物、一般および産業廃棄物の処理技術をはじめとする環境汚染防止技術に関する研究に、鋭意取り組んでこられ、また、筆者との永年にわたる研究上の交流においてもなつかしい思い出の多く残されているこの著者が、現今のわが国最大緊急事の廃棄物処理に関し、この優れた工学上の著書を著わされるに至ったことは時宜を得て誠に慶賀にたえない。

原著の原稿を通読させていただいたが、多くの学問分野にわたり、ともすれば混迷しやすい廃棄物処理技術を、基礎・応用の両面にわたる広範で深遠な素養と知識とを備えられた著者が、見事に体系化され、記述のなかの随所に、独創的な研究成果を盛り込むことに成功されたことに対して深く敬意を表する次第である。

その1章は広い視野にたった総論であり、2章以下では処理技術の詳論が述べられているが、この一本が江湖の研究者や実務者により、おおいに参考とされることを希望してやまない。

1973年3月

京都大学教授 工学博士

岩 井 重 久

(工学部衛生工学教室)

## 自 序

生産技術のめざましい発展は、経済の高度成長ないしは人類の物質的繁栄に多大の貢献をした反面、天然資源消費量と廃棄物発生量の幾何級数的増大による資源の枯渇化の急速な進行と地球的規模の環境汚染という憂慮すべき事態をもたらすにいたり、科学技術はいま、このような帰結に適切な技術をもって対処し、環境の保全と人類の真の福祉の向上に貢献する必要性に迫られている。

廃棄物の処理技術は、生産技術のもたらしたこのような帰結に対処しうる技術の重要な位置を占めるものであり、その早急な確立は、各界から強く要望されるところとなっている。

このような状況に鑑み、廃棄物処理およびその技術開発にいささかでも役立つことを念願して、その機会が与えられたのを幸いに、浅学非才を顧みず、廃棄物処理技術に関して著者が知り、あるいは考えるところを一つにまとめて参考に供することにした。

1章では、環境汚染とその防止、資源の循環利用、廃棄物処理およびそのシステムの意味などについて考察し、2章では、都市ごみの処理について概観したのち、破碎、有用物の回収および焼却処理について記述した。

3章では、廃プラスチック、スラッジ、廃油、廃酸、廃アルカリなどの産業廃棄物のおおのの処理技術について、有効利用、資源化技術をも含めて述べ、2節では焼却に伴う排ガス、排水処理および腐食にも言及した。

4章では、将来激増することが予想される放射性廃棄物の処理・処分を取り上げ、その緊要課題である固化処理技術に重点をおいて述べた。従来産業および一般廃棄物とは別個に取り扱われてきた放射性廃棄物の処理技術をここであえて取り上げたのは、これと産業および一般廃棄物の処理技術とはまったく別のものではなく、両者の間にはかなりの共通点があり、一方の開発に他方の役立つところが少なくないと考えたからである。

5章では、有機性廃棄物処理の中心をなす焼却処理、あるいはその技術開発の一助となればと思い、燃焼工学の基礎的な問題について述べた。

付録Ⅰでは、環境汚染防止技術と関係の深い大気、海洋および河川における拡散の基礎的な問題に触れ、付録Ⅱ～Ⅳには廃棄物の処理および清掃に関する諸法

令全文を掲載した。

本書が、もし、産業界あるいは官公庁の廃棄物処理もしくは公害防止関係者、各種研究機関の技術者、これから環境工学ないしは廃棄物処理工学の方面に進もうとするかたがた、あるいは環境問題に関心をもたれている一般のかたがたにとって、いささかでも参考になり、環境汚染問題解決の一助となれば、著者の喜びこれに優るものはない。

最後に、本書の内容に誤りなきを期すために、本書全般にわたっては京都大学工学部教授 岩井重久氏ならびは水科篤郎氏、1章に関しては同志社大学工学部助教授 田中幹也氏ならびに京都大学工学部助教授 内藤正明氏、4章に関しては(社)放射線照射振興協会専務理事 杉本仙市氏ならびに日本原子力研究所東海研究所燃料工学部長 石原健彦氏に校閲をお願いし、杉本氏からはとくに多くの貴重なご意見を賜わった。これらのかたがたに謝意を表するとともに、本書の発刊に当たって始終協力を惜しまれなかった共立出版(株)第一編集部長 布田伸一氏、雑誌「化学装置」連載の拙著論文の転載の許可を賜わった(株)工業調査会社長 吉本 馨氏、本書発刊の許可を賜わった日立造船(株)技術研究所長 常務取締役 氏家正三氏、本書に引用させていただいた文献および資料の著者など多くのかたがたにも謝意を表する。また、本書に引用した著者の研究は、(財)作行会の研究助成金に負うところが大きい。ここにこれを記して謝意を表する。

昭和48年3月

福 本 勤

# 目 次

## 1 章 序 論

|                     |    |
|---------------------|----|
| 1.1 公 害             | 1  |
| 1.2 公 害 防 止         | 11 |
| 1.3 資源の循環利用         | 12 |
| 1.4 廃棄物の定義、種類および発生源 | 13 |
| 1.5 廃棄物処理の意味        | 15 |
| 1.6 廃棄物処理システム       | 16 |

## 2 章 都市ごみの処理

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 結 論                                                           | 21 |
| 2.2 破 碎 処 理                                                       | 26 |
| 2.2.1 破碎処理の目的                                                     | 26 |
| 2.2.2 破碎の方法                                                       | 26 |
| A 剪断破碎    B 衝撃破碎                                                  |    |
| 2.3 熱分解による有用物の回収                                                  | 31 |
| 2.3.1 レトルト熱分解                                                     | 31 |
| 2.3.2 ロータリーキルン熱分解                                                 | 33 |
| 2.3.3 オートクレーブ熱分解                                                  | 34 |
| 2.4 焼 却 処 理                                                       | 35 |
| 2.4.1 焼却の目的と基本条件                                                  | 35 |
| 2.4.2 各種焼却法                                                       | 36 |
| A 床燃焼方式    B 火格子燃焼方式    C 撒布燃焼方式    D 充填層燃<br>焼方式    E 単室および多室焼却炉 |    |
| 2.4.3 火格子燃焼式焼却炉                                                   | 38 |
| 2.4.4 都市ごみの焼却                                                     | 43 |

## A 半機械炉, 準機械炉 B 機械炉

## 3 章 産業廃棄物の処理

|                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1 結 論                                                                                                             | 53  |
| 3.2 プラスチック廃棄物の処理                                                                                                    | 56  |
| 3.2.1 まえがき                                                                                                          | 56  |
| 3.2.2 分別と破砕処理                                                                                                       | 61  |
| 3.2.3 有効利用                                                                                                          | 62  |
| A 分解利用法   B 溶融固化再生利用法   C 破砕その他利用法                                                                                  |     |
| 3.2.4 微生物処理                                                                                                         | 73  |
| 3.2.5 易分解性プラスチックの開発                                                                                                 | 73  |
| 3.2.6 焼却処理                                                                                                          | 77  |
| A プラスチックの燃焼特性   B 有害物質の発生   C 都市ごみ焼却炉<br>によるプラスチック焼却の問題点   D 専焼炉と混焼炉   E プラスチック<br>廃棄物専焼炉   F 排ガス処理   G 排水処理   H 腐食 |     |
| 3.3 スラッジの処理                                                                                                         | 118 |
| 3.3.1 まえがき                                                                                                          | 118 |
| 3.3.2 脱水・浮遊                                                                                                         | 123 |
| 3.3.3 焼 却                                                                                                           | 124 |
| A 基本事項   B 焼却炉                                                                                                      |     |
| 3.3.4 有害重金属類を含むスラッジの焼成, 固形化および容器封入                                                                                  | 139 |
| 〈参考〉 バルブ廃液の処理・薬品回収                                                                                                  | 141 |
| 3.4 廃油の処理                                                                                                           | 146 |
| 3.4.1 まえがき                                                                                                          | 146 |
| 3.4.2 廃油の種類                                                                                                         | 147 |
| 3.4.3 処 理                                                                                                           | 148 |
| A 含油廃水の処理   B 焼却処理                                                                                                  |     |
| 3.5 廃酸・廃アルカリの処理                                                                                                     | 162 |
| 3.5.1 まえがき                                                                                                          | 162 |
| 3.5.2 廃酸の処理                                                                                                         | 162 |
| A 中和法   B 蒸発濃縮法   C 冷却結晶法   D 焙焼法                                                                                   |     |
| 3.5.3 廃アルカリの処理                                                                                                      | 169 |
| 3.6 硫酸ピッチの処理                                                                                                        | 169 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 3.6.1 まえがき              | 169 |
| 3.6.2 処 理               | 170 |
| A 膠質土処理法 B 硫酸第一鉄との合併処理法 |     |
| 3.7 その他産業廃棄物の処理         | 172 |
| 3.7.1 動物性残渣の焼却          | 172 |
| 3.7.2 有機性廃液の焼却          | 173 |
| 3.7.3 不燃分高含有率廃棄物の焼却     | 174 |

## 4 章 放射性廃棄物の処理

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 4.1 結 論                        | 181 |
| 4.1.1 原子力公害                    | 181 |
| 4.1.2 放射性廃棄物の発生源と発生量           | 188 |
| 4.1.3 放射性廃棄物の放射能レベル区分          | 189 |
| 4.1.4 放射性廃棄物の処理・処分             | 191 |
| 4.2 放射性廃液の濃縮処理                 | 193 |
| 4.2.1 濃縮法の種類と除染係数              | 193 |
| 4.2.2 蒸発法                      | 195 |
| A 飛沫同伴 B 発泡 C スケーリング D 腐食 E 爆発 |     |
| 4.2.3 イオン交換法                   | 200 |
| 4.2.4 凝集沈殿法                    | 202 |
| 4.3 高レベル放射性廃棄物の処理              | 207 |
| 4.3.1 使用済核燃料再処理廃液              | 207 |
| 4.3.2 液状タンク内貯留減衰法              | 212 |
| 4.3.3 固化処理法                    | 214 |
| A 固化処理技術の現状と問題点 B 流動層煅焼固化法     |     |
| C 噴霧煅焼固化法 D ボット煅焼固化法 E ガラス化法   |     |
| 4.4 中・低レベル放射性廃棄物の処理            | 238 |
| 4.4.1 まえがき                     | 238 |
| 4.4.2 固化処理法                    | 239 |
| A セメント固化法 B アスファルト固化法          |     |
| 4.4.3 固形化容器                    | 248 |
| A 密封耐圧型容器 B 耐圧分担型容器 C 均圧型容器    |     |

|                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.5 放射性固体廃棄物の処理 .....                                                    | 249 |
| 4.5.1 焼却処理 .....                                                         | 251 |
| 4.5.2 圧縮処理 .....                                                         | 253 |
| 4.6 放射性廃棄物の処分 .....                                                      | 255 |
| 4.6.1 処分の目的と方法 .....                                                     | 255 |
| 4.6.2 陸上処分 .....                                                         | 256 |
| A 人造貯蔵庫内保管   B 廃坑内処分   C 土中埋没   D 地下深層<br>部圧入処分   E 地下洞窟内液状貯蔵   F 液状地中処分 |     |
| 4.6.3 海洋処分 .....                                                         | 263 |
| 4.7 わが国の放射性廃棄物処理処分の今後の方向 .....                                           | 265 |

## 5 章 燃焼工学の基礎

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| 5.1 液滴の燃焼 .....                                 | 273 |
| 5.1.1 まえがき .....                                | 273 |
| 5.1.2 液体の噴霧化 .....                              | 273 |
| A 加圧噴霧   B 回転噴霧   C 2流体噴霧                       |     |
| 5.1.3 液滴の蒸発と燃焼 .....                            | 278 |
| A 液滴の蒸発   B 液滴の燃焼   C 蒸発 燃焼速度および蒸発 燃焼<br>時間の推算法 |     |
| 5.2 固体の燃焼 .....                                 | 292 |
| 5.2.1 まえがき .....                                | 292 |
| 5.2.2 熱分解 .....                                 | 293 |
| A 熱分解速度   B 熱分解時間                               |     |
| 5.2.3 燃 焼 .....                                 | 297 |
| A 燃焼機構   B 燃焼速度   C 燃焼時間                        |     |
| 5.2.4 熱分解および燃焼時間に及ぼす諸因子の影響 .....                | 305 |
| 5.3 煤煙の発生と防止 .....                              | 311 |
| 5.3.1 まえがき .....                                | 311 |
| 5.3.2 煤の構造と大きさ .....                            | 311 |
| 5.3.3 煤の生成機構 .....                              | 313 |
| 5.3.4 煤の発生防止 .....                              | 319 |
| 5.3.5 煤の燃焼 .....                                | 321 |

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 付録 I 大気および海洋拡散 .....                  | 329 |
| A. 1 大気拡散   A. 2 海洋拡散   A. 3 河川における拡散 |     |
| 付録 II 廃棄物の処理及び清掃に関する法律 .....          | 340 |
| 付録 III 廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令 .....      | 350 |
| 付録 IV 廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行規則 .....      | 361 |

## 索

## 引

# 1 章 序 論

## 1.1 公 害

地球上の自然環境は、いわば巧妙にシステム化された巨大化学プラントのようなものであって、そこでは太陽エネルギーをエネルギー源として、単位操作（流動、伝熱、蒸発、蒸留、拡散、吸収、抽出、乾燥、粉碎、混合、攪拌、異相分離、汙過などの物理的(機械的)操作）と反応操作（植物による無機物からの有機物の光合成反応、微生物による有機物の分解反応、動物による分解・合成反応・酸化反応など）との組合せによって物質循環が繰り返され、平衡状態が保たれている。

この自然環境ないし生態系<sup>※</sup>は、地球誕生後、地球の内部から地上に徐々に現われた窒素、二酸化炭素、水蒸気、水素などの気体からの、太陽から出る強いエネルギーをもった紫外線の光化学作用などによる、複雑な化合物の合成、これらを原料とし炭素、水素、酸素および窒素を基本物質とする高分子の合成、高分子からいっそう複雑な有機物、単細胞の生命、生物への発展、これら生命体のさらに複雑な生物への進化、2 百万年ほど前の人類の出現などの過程を経て、形成されたといわれている。

※ 自然界には、生物群集とそれを取りまく無機的環境とは切り離して考えることのできないまとまりが形成されている。このようなまとまりあるいは系を生態系 (ecosystem) という。生物群集と無機的環境とは相互依存的で、両者を通じて物質循環が繰り返される。生物群集は、無機物質からの有機物質またはエネルギーの生産者（光合成を行なう緑色植物、自栄養バクテリア）とその消費者とから構成され、有機物質またはエネルギーの消費者はその輸送者（食植動物、食肉動物）と分解者（微生物）とから構成されている。このような構成要素からなる生態系は、代謝を行ないつつ生長する。生態系には、陸上（山、森林、草原、荒原の各生態系）、海洋、湖沼、河川、砂漠、極地、微生物などの各生態系がある。地球全体を一つの生態系と考えることもできる。

生態系において、特定の種のみが急に異常増殖すると、相互のバランスが破壊され、生態系の循環が断ち切れ、系自体の存立が危くなる。このため、生物界においては、食料の枯渇、天敵の増大などによって、異常増殖は抑制されるようになっている。

Kenneth E. Boulding によると、人類の作った社会組織も生命ないし自然環境の歴史と同様に突然変異と淘汰の過程を経て進化し、われわれはいま人類史上科

学技術がその原動力となった第三の転換期<sup>※</sup>に生きている。科学技術は1860年ごろからとくに経済活動の面で実用化され、化学、電気、自動車、石油、原子力産業などの発展、ひいては今日の繁栄と文明をもたらし、その自己加速性によって今後なおいっそうの革新的発展を遂げようとしているが、われわれはいま、この科学技術の進歩が果たして無条件によいものと考えてよいのかどうかという疑問を持つに至っている。これは科学技術が中核的役割を果たした産業経済の拡大が大きな歪を伴うようになったからである（図1.1-1<sup>1)</sup>参照）。その象徴的な現象としてわれわれが現在直面している公害を捉えることができる。

※ 第一の転換は旧石器時代から新石器時代への転換であって、農業の発展と村落の出現によってもたらされ、第二の転換は新石器時代の村落から都市文明への転換であって金属の発見、政治の出現および都市の誕生によって成し遂げられた。K.E. Boulding はこの二つの部分（転換）を単一の過程の部分と見て文明前（pre-civilization）と呼んでおり、文明前社会から文明（civilization）社会への転換は、5,000～10,000年前に始まり、20世紀になって、世界の一部を除けば、ほとんど完了しようとしており、それと同時に、文明社会から文明後（post-civilization）社会への転換、すなわち第三の転換が続いて起こりつつあると述べている。Boulding は、また、文明前社会から文明社会への転換を第一の大転換、文明社会から文明後社会への転換を第二の大転換とも呼んでいる。

一つの社会の中でなんらかの進化あるいは変革が行なわれる場合、進化を起こしうる潜在的な力が形成されていくが、第三の転換（もしくは第二の大転換）の原動力となった科学技術はこの潜在力形成の要因の一つと考えられている。

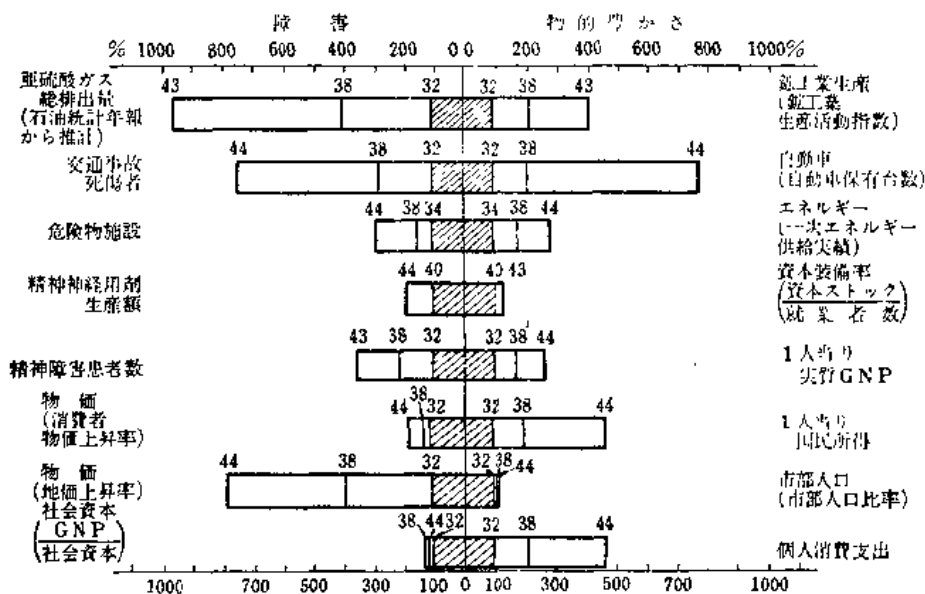


図 1.1-1 物的豊かさと障害の拡大

すなわち、科学技術は、産業革命、輸送手段の飛躍的な発展、医学の進歩、衛生施設の改善などによる人口の幾何級数的増加<sup>2)</sup> (図 1.1-2 参照)、生活水準の向

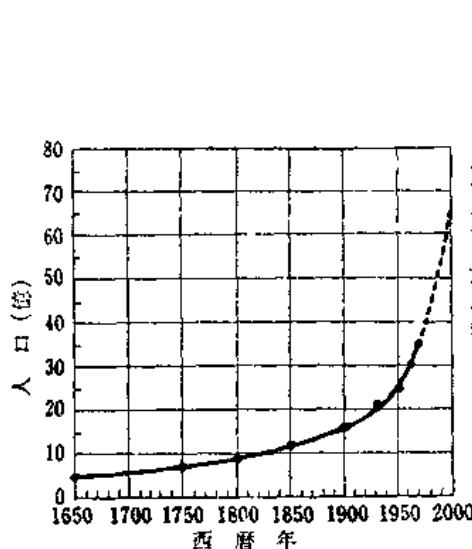


図 1.1-2 世界総人口の増加

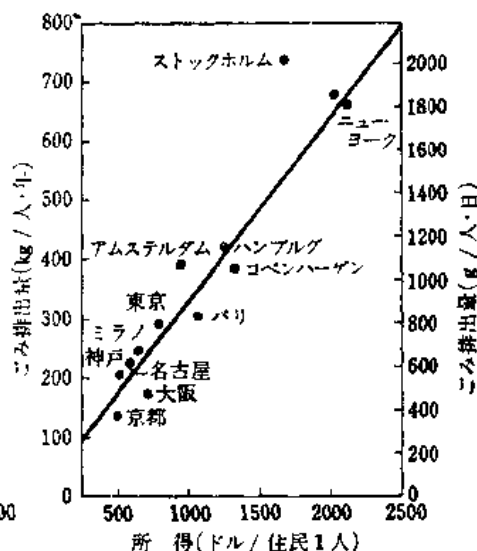


図 1.1-3 ごみ排出量と住民所得との関連

上、大量消費様式の普及 (図 1.1-3<sup>3)</sup> 参照)、これらを支えるために必要な工業生産量の急激な増大<sup>※</sup> (図 1.1-4<sup>4,5)</sup> 参照)、食料、水、鉱物、エネルギーなどの需要の増大 (図 1.1-5<sup>6)</sup>、図 4.1-2 参照)、過剰に存在すると生命の保持に必要な反応を阻害する水銀、カドミウム、鉛、硫黄 (石油) などの発掘使用量の増大などをもたらし、これらと人口および企業の都市集中化、経済優先あるいは効率第一主義の価値観をもち上記有害物質などの後始末を考えなかった企業活動、施政者<sup>※※</sup>あるいはわれわれ一人一人の怠慢、生活構造の複雑化などが背景となって、多種多様の気・液・固体廃棄物<sup>※※※</sup>の排出量が急激に増大して<sup>※※※※</sup>自然の浄化能力の限界を越えてきたことに、公害もしくは環境汚染の原因を見出すことができる。

※ 汚染因子排出源の主な産業は、電力 (23.8)、鉄鋼 (18.7)、窯業・土石 (16.3)、化学 (14.9)、紙・パルプ (9.1)、繊維 (7.1)、石油・石炭 (4.7)、非鉄金属 (3.0)、食料品 (1.9)、金属製品 (0.4)、皮革 (0.1) などであって (これらはまた環境資源多消費型産業でもある)、これらの生産量は毎年増加の一途を辿っている (( ) 内数字は昭和 45 年汚染因子—硫黄分—排出構成比。単位%。紙・パルプ、食料品、化学 3 業種が全業種に対して占める BOD 負荷量構成比は 81%)<sup>7)</sup>。たとえば、日本の鉄の年間生産量 (単位: 千万トン) は、おおざっぱに言って、1945 年: 0.25, 1950 年: 0.5, 1955 年: 1, 1960 年: 2, 1965 年: 4, 1970 年: 8 という具合に、5 年毎に倍増しており、石油の年間消費量はこの 10 年間に約 4 倍になって 2.4 億キロリットル (1971 年) に達し、1985 年には 6~7 億キロリットルに達するという予測さえ行なわれている。

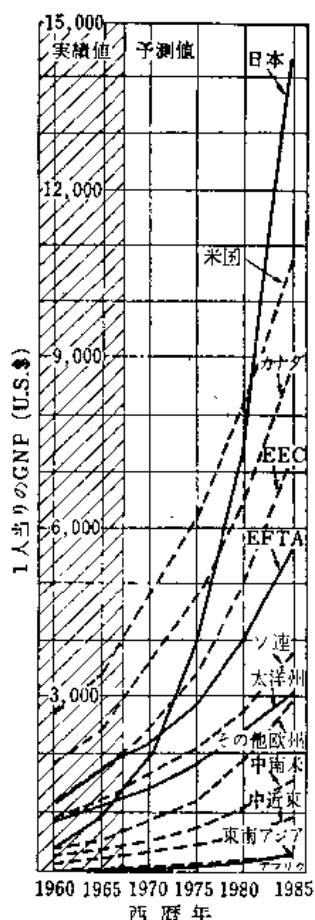
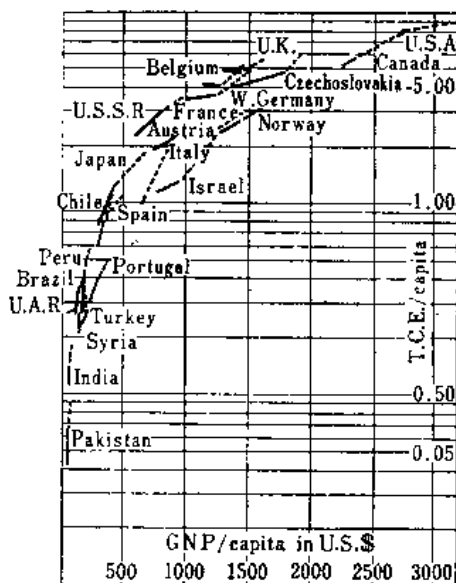


図 1.1-4 地域別 1人あたりの GNP (文献5によると 1980 年の値は日本: 8,255, 米国: 8,217 EEC: 6,278, EFTA: 4,575, ソ連: 4,269 となっている。)



注 U.S.\$ (1958年価格) による 1人あたりの GNP

図 1.1-5 1人あたりの GNP に対する 1人あたりのエネルギー使用量の伸び  
——: 1955~60年      .....: 1960~65年

※ 企業は、発達した交通および港湾施設、都市の大量消費容量と大量労働者供給能力、情報密度の高さ、取引企業、官庁などとの接触の便利さなどの点で有利な都市とその近郊に集中しているが、施政者は、この「企業の都市集中の利益追求」を抑制せず、外部経済効果を増すための投資は行なっても、環境汚染事前予防対策および廃棄物処理施設、下水道施設、公園などの生活環境関連社会資本の整備への投資はあまり行なわなかったため、これらの対策と整備が著しく遅れ、産業活動の規模と生活環境関連社会資本のストックとの間に大きいアンバランスが生ずるにいたった<sup>6)</sup>。

※※ 昭和45年12月25日に公布された公害対策基本法には「『公害』とは、事業活動その他の人の活動に伴って生ずる相当範囲にわたる大気の汚染、水質の汚濁（水質以外の水の状態又は水底の底質が悪化することを含む。）、土壌の汚染、騒音、振動、地盤の沈下（鉱物の掘探のための土地の掘さくによるものを除く。）及び悪臭によって、人の健康又は生活環境に係る被害が生ずることをいう。」と定義されている。公害としては、この法律にうたわれているもの以外に、廃棄物公害、生物汚染、

食品公害、熱汚染、農薬公害、原子力公害、薬品公害、交通公害、光の公害、情報公害、電波障害なども挙げられているが、ここでは、人間の生活、生産活動に伴って排出され、大気汚染、水質汚濁、生物汚染、土壌汚染、悪臭などの原因になる廃棄物あるいは環境汚染物質に限定して考えることにする。

\*\*\*\*\* 以前から廃棄物の発生速度（量）は増加していたが、自然環境の容量が巨大で廃棄物の発生速度が自然の浄化速度（土地や海への還元速度）の範囲内にあったときはあまり目立たなかったが、発生速度が自然の浄化速度（あるいはこれに人為的還元消滅速度を加えたもの）を越えると越えた分だけ生活環境に蓄積し、いっそう急激に増大してきたように見える。

ちなみに、生活系および産業系固体廃棄物の全国の排出推定量は現在おおざっぱにいてそれぞれ約 10 および 100 万 ton/day 程度である。

そして以前は、たとえば日本の公害第一号ともいふべき足尾銅山鉍毒事件（明治 10～20 年頃以降）、浅野セメント降灰事件（明治中～後期）、別子銅山鉍毒事件（明治後期）、日立鉍山煙害鉍毒事件（明治末期～大正初期）、戦後の四日市石油コンビナート型公害などに見られるように、汚染物質の排出源が明確で限定され、汚染の範囲も限られていたが、汚染物質の排出源は次第に広域化し、汚染の範囲も工場周辺から国、世界全体に波及し、われわれの活動自身が環境もしくは自然界の種々の生態系に対して影響を与えるようになった。

特にわが国の場合

（１） 狭小の島国で、人口密度がきわめて高く、戦後の重化学工業とエネルギー産業を主軸とする産業の急速な発展と都市および企業の平地への集中化によって、平地単位面積あたりの GNP が米国の 11 倍という超過密経済国家になっており、また都市の交通量もいっじろく増大している＊。

（２） 企業中心の地域開発や自然環境に関する基礎的資料不足のまま工業立地が行なわれ、開発に当たって、排出汚染物質の環境に与える影響および環境容量（後述）の十分な事前調査と適切な未来予測と評価が行なわれなかった。

（３） わが国のエネルギー消費構造は、液体燃料多消費型で、硫黄分の多い中近東の石油を使用せざるをえない事情にある。

（４） わが国の産業構造は石油、鉄鋼、アルミニウム、亜鉛などの資源を主要工業国中最も多量に消費する資源多消費型産業構造になっており、資源の乏しいわが国では、これらの資源のほとんどは輸入に依存し、これらの資源から、大量の汚染物質ないし廃棄物の排出を伴って、製品を生産し、これを輸出することによってわが国の経済は成り立っている。

（５） 他の先進諸国に比べると、従来は環境汚染に対して無感覚で関心がうす

く認識も浅かったため、公害防止対策が遅れ、生産技術の目覚ましい発展に対して後始末の技術すなわち公害防止ないし廃棄物処理技術がいちじるしく遅れた<sup>※※</sup>。などの特殊な事情のため、わが国の環境はいっそうはげしく、かつ広く汚染されるにいたっている。

※ わが国の面積は 37 万 km<sup>2</sup>、平地面積、利用可能地および市街地はそれぞれこの 30%、18% および 1.2% で、人口の 48% が市街地に、全国市街地人口の 6 割以上が東京、大阪、名古屋を中心とする大平洋ベルト地帯の大都市圏に集中していて、極端な過密社会になっている。日本人一人当たりおよび自動車 1 台当たりの平地面積はそれぞれ 30×30 m<sup>2</sup> および 100×100 m<sup>2</sup> である。わが国および欧米諸国の平地面積当たりの GNP、自動車保有台数およびエネルギー消費量をつぎに示す<sup>7)</sup>。

平地面積当たりの GNP、自動車保有台数およびエネルギー消費量

(1969 年。GNP の欄の ( ) 内数字は 1970 年。)

|                         | アメリカ             | カナダ            | イギリス             | 西ドイツ               | フランス         | 日本                   |
|-------------------------|------------------|----------------|------------------|--------------------|--------------|----------------------|
| GNP<br>(万ドル/千ヘクタール)     | 148.0<br>(152.2) | 12.4<br>(14.4) | 485.7<br>(537.2) | 869.7<br>(1,052.5) | 341.2<br>(—) | 1,464.4<br>(1,717.5) |
| 自動車保有台数<br>(台/千ヘクタール)   | 162              | 15             | 581              | 745                | 358          | 1,326                |
| エネルギー消費量<br>(トン/千ヘクタール) | 3,420            | 330            | 12,700           | 15,740             | 4,330        | 25,350               |

また、大平洋ベルト地帯と北九州地域における、硫酸酸化物および BOD の負荷量は、それぞれ全国の 76% および 68% (1969 年) を占めている<sup>7)</sup>。

※※ 海外からの導入技術件数のうち、環境汚染防止関連技術の件数の占める割合 (%) は

| 昭和 31~35 年 | 36~40 年 | 41 年 | 42 年 | 43 年 | 44 年 | 45 年 |
|------------|---------|------|------|------|------|------|
| 1.4        | 2.4     | 2.5  | 4.1  | 4.1  | 2.6  | 4.7  |

となっており、昭和 45 年の研究費総額のうち、環境汚染防止研究費 (政府による分) の占める割合は、アメリカの 2% に対して、日本は 0.4%、同年の環境汚染防止研究費総額はアメリカの 3 億 1 千 9 百万ドルに対して、日本は 3 百万ドル (アメリカの 1/100 以下) である。これは、環境汚染防止技術が軽視されていたことを反映している<sup>7)</sup>。

科学技術がいま、環境汚染問題の解決と人類の真の福祉の向上に貢献する必要に迫られているゆえんである。

さて、ここで公害の意味をもう少しはっきりさせることにしよう。

いま人間あるいは企業体の活動に伴って、環境汚染物質 (水銀、カドミウム、鉛等有害重金属、その化合物、亜硫酸ガス、窒素酸化物、塩素等有害ガス、煤塵、PCB、廃油、種々の農薬、各家庭から排出される中性洗剤、ごみ、プラスチックその他各種廃棄物何でもよい。) が発生し、あるいは排出されるある生活環境領域内の体積要素  $\Delta x \Delta y \Delta z$  について環境汚染物質の物質収支をとると、

$$\frac{\partial \rho_i}{\partial t} \Delta x \Delta y \Delta z = n_{i, \text{入}} \Delta y \Delta z - n_{i, \text{出}} \Delta y \Delta z$$