

# 環境と資源の保全のためのリサイクリング

## Recycling for Prevention of Environment and Resources

本 多 淳 裕\*

Atsuhiko Honda

### はしがき

昭和20年8月15日、徴兵されていた私は爆弾を抱いて塹壕から戦車の下に飛び込む実習から開放された。その時、死の恐怖のない平和の有難さを身に泌みて味わい、それを維持し、発展させることを生涯の使命にしようと決意したのである。それはより住みよい環境を育てていくこと（アメニティ）であり、さらに、子孫や全人類の幸せを希求することに外ならない。ところがその後、日本人の手前勝手な欲望は戦争という形ではなく、便利な物、贅沢な物を独占しようとする方向にアンバランスに発展するようになり、その見返りとして、著しい環境劣化や資源の涸渇をもたらすことになってしまった。それらは人間の生活基盤をゆるがすものであり、戦争のような局地的な被害よりも大きい悪影響を及ぼすことになりかねない。環境や資源を保全しつつ調和のとれた発展を達成し、本当の平和を次世代に継承させるために、リサイクル社会を定着させねばならないと、声を大にして訴えたいのである。

### 1. 環境劣化の進行

あらゆる生物の生存と増殖のためには、十分な栄養と適切な環境とが不可欠であり、人間の栄養源となる農水産物も所詮、正常な環境下でなければ育たない。現在の地球上の生物は地球の創生以来の自然条件の変化に耐え、馴養されてきたものである。正常な気温、気圧、大気質、水質、土質などが生育のための最適条件であるといえる。人が他の生物から進化し、特有の文化を持つようになったのは、火（エネルギー）を制御する知恵や物を構築する能力を備えたからであるといわれている。そのため、人間は昔からその自然界から資源を収奪し、生産や生活に利用し、その残骸を再び自然界に廃棄してきた。消費というのは地表上

に生育している動植物や地表や地下に埋没していた資源を変形、変質して利用しにくいものに変え、廃棄することである。その廃棄量が一定限度以下なら、ほとんど自然環境を変質しないで生物の生育が可能である。

現在の人の活動と自然環境とのかかわり合いを模式的に示すと、図-1のとおりである。産業革命以降、人は蒸気機関や電力などの強大なエネルギーを手に入れ、地下からの資源採取、農林水産物の収穫、資源や加工製品や廃棄物や人の輸送、加工製品の製造、建設工事などの分野にそれを利用するようになり、著しく高効率化するようになった。それは企業という巨大な利益追求と集団を作り出し、経済優先の社会を形成するようになった。人はそのような社会システムに組み込まれてしまい、大量生産、大量消費の担い手になると共に、物質的な豊かさの分配にあずかってきた。しかし、その生産や消費によって、汚染した排ガス、排水、廃棄物などの大量廃棄が起こるようになって、人間自身や農林水産に係る生物に悪影響を与えるようになった。

特に、地表の生物が祖先から接触したことのない地下に埋蔵されていた非鉄金属や人為的な化学合成物質が人間社会に供給されるようになって、昔は夢と思われていた便利な素材が作り出され、生産や日常生活が飛躍的に豊かになった。現在の一般庶民は昔の王侯貴

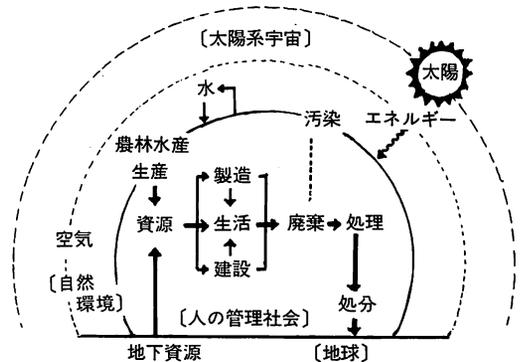


図-1 環境と資源と人の管理社会

\*大阪市立大学工学部土木工学科 教授  
〒558 大阪市住吉区杉本町3-3-138

族よりも、物質的には恵まれた生活を享受しているといえるのである。しかし、それらの素材が不用になって、そのまま自然界に廃棄されると、従来の生物にはその種の物質に対する抵抗性がなく、有毒物、有害物として正常な生育を阻害したり、生命がおびやかされたり、難分解性物質として自然界に累積することになってしまったのである。水俣病、ぜんそくなどの公害病や種々のガンの発生などがその代表的なものである。さらに放射性物質が利用されるようになって、原水爆、スリーマイル島やチェルノブイリ原発事故のような放射能障害による不安におののく生活をせねばならなくなってきた。

そのような新規物質や特定物質による汚染以外は、従来、自然の節理によって浄化、分解されてきた。煙突から排出されたばいじん、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>なども、風による拡散や時々の降雨によって浄化され、下水、工場排水として排出された有機性汚濁物質（BOD、CODなど）や窒素、磷なども、希釈拡散や水中微生物の働きで分解され、安定化してきた。しかし、近年ではそれらが余りにも集中して大量排出されるために、自然の回復能力を上廻ってしまい、各地で大気汚染や水質汚濁を起こすようになってきている。ごみや産業廃棄物も土壌微生物の強力な働きで、腐敗分解し、安定化してきたが、その能力を上廻る排出でトラブルを起こすようになってしまった。

それらの悪影響を排除するために、あらゆる環境汚染物質の排出源に対して、法的に排出の濃度や総量が規制されるようになり、排出者が自ら排ガス、排水、廃棄物などに人為的な手を加えることが要求されるようになった。そのような排出物の安全化、安定化（それ以上変質しないようにすること）、減量化などの行為を処理と呼んでおり、処理したものを自然界に排出する行為を処分と呼んでいる。排ガスを処理するときれいな気体とダストとになり、排水を処理するときれいな水と汚泥とになるので、終末的には総て固型廃棄物として完全な処理、処分を行わねばならないことになる。その固型廃棄物の処理も困難な場合が多く、その上に、山の谷間や海岸にそれらの処理物を埋立処分しようとしても、汚染の危険性があるとか、自然破壊を伴うとかの心配が払拭しきれず、正にふんづまりの状態にあるといえる。

近年では、IC産業やエアゾル製品などに使用したフロンによるオゾン層破壊（太陽紫外線の地上到達量の増大）、石炭燃焼などで排出されたSO<sub>x</sub>や

NO<sub>x</sub>による広域的な酸性雨や酸性霧の発生（森林破壊）、化石燃料使用過多によるCO<sub>2</sub>発生、埋立地などからのCH<sub>4</sub>発生などが地上の赤外線放散を阻害するための地球温暖化など、地球規模での環境問題が国際的な深刻な命題になってきている。

## 2. 資源涸渇の進行

資源という言葉には、労働力や土地までを含む広義なもの、人間が利用しうる物資に限定した狭義なものがあるが、表1のような後者の多くの資源には世界的に限界があって、それらは年々涸渇に向かいつつある。食料、天然繊維、水などの地上資源は太陽エネルギーが絶えない限り、光合成されたり、大気圏内で蒸発、降水を繰返したりしており、世界的な農林水産物生産の調整が各国の協力で可能になれば、長期にわたる広域的な異常気候に見舞われない限り、再生産が可能であると位置付けられる。その点では一般的な地下資源は人が利用しただけ減少してしまうことになる。しかし、地表を構成している主成分である珪素、塩素などの非金属資源やカルシウム、アルミニウム、鉄、マグネシウムなどの金属資源は乱掘して含有率の高いものは減少するかも知れないが、技術的対応さえすれば近未来的には涸渇することはないとみられる。

それらのうち、木材資源の世界での年間純生産量（光合成によって生長する純増分）は表2のように、その需要を上廻っているが、現実には、低開発国での燃料としての利用、ブラジルなどでの焼畑農法による焼失、日本を中心とする需要国に売却するための乱伐などが急速に進んで、森林が減少しつつある<sup>1)</sup>。1 tonのパルプを生産するために成木200本が必要であるといわれており、それを伐採して直ちに苗木を植えたとしても、成木になるまで50~100年を要することになる。日本、ソ連、カナダなどのように、計画的営林が行われておれば木材の伐採は純生産量以内にコントロールできるが、ほとんどの国では経済性が優先して集中的乱伐の後、植林も行われていない。そのため1950年から40年間に森林は40%以上も減少してきており、治山治水が困難になったり、前記の地球温暖化を加速している<sup>2)</sup>。

水資源も再生産可能資源であるが、降水量が地域的に不均等であるために、砂漠地帯ができたり、熱帯雨林ができたりすることになる。日本は世界的にみても降水にめぐまれた国であるが、人口や産業が首都圏、京阪神、中京、北九州に集中しているために、それら

表1 物質の資源的分類と各々の基本的対応策

物質の資源的分類			廃棄した場合の問題点	対策の基本姿勢	
地下資源 (再生生産不能資源)	金属	地表に少ないもの (Hg, Pb, Cu, Ni, Zn, Cd, As)	高濃度含有	地上生物に耐性がないために、生態系に著しい被害が起こる。	使用制限, 完全クローズド化
		低濃度含有	分離濃縮, 貯留保管(再利用のため)		
	非金属資源	地表に多いもの (Fe, Ca, Al, Mg, Mn)	高濃度含有	集中廃棄されると被害を起こす。	回収再利用
			低濃度含有	生態系への悪影響は少ない。	土壌に近い性状に変えて土地還元(埋立)
	非金属資源 (P, F, Cl, I, S, Si)	地表に少ないもの	地表に少ないもの	生態系に被害, 悪影響を与える。	クローズド化
			地表に多いもの	生態系への悪影響は少ない。	破碎再利用または土地還元
化石燃料資源	一次製品(油, アスファルト, 天然ガス)		油膜生成, BOD源などとして生態系に被害を与える。	分離して原材料またはエネルギー源として再利用	
	二次製品(プラスチック, 合成せいの, 合成ゴム, 合成洗剤, 合成糊剤)		自然界で難分解であったり, CO <sub>2</sub> , 毒性, 発泡などの原因になる。	使用制限, 易分解物への転換, クローズド化	
	燃焼生成物	灰渣は金属, 非金属資源の項に準じる	SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , HCなどによる大気汚染, 熱汚染	排熱利用, 安全化した排ガスは自然循環サイクルに乗せる。	
地上資源 (再生不可能資源)	食料系(厨芥, 無害有機性スラッジ, 尿酸, 家畜ふん尿)		BOD, 窒素, 悪臭, 衛生害虫などの発生源となる。	飼料化または肥料化して自然循環サイクルに乗せる。	
	天然せいの系(紙, せいの, 木材)		腐朽してBOD源, 火災の危険性などが問題である。	リサイクルによる滞留期間延長, エネルギー源として再利用。	
	水資源(下水, 工場廃水)		水質汚濁。	回収再利用, 節水。	

の地域の水供給が不足勝ちで、喝水が1カ月でも続くとたちまち深刻な問題になる。さらに、それらの地域の水質汚濁が進行し、河川、湖沼などの公共用水の利用が思うにまかせない。

一方、資源が多いとみられてきた鉄、アルミニウムなども、それらの原鉱石から製錬する時に必要なエネルギーが膨大であり、原鉱石は手に入っても安直には生産できなくなってきている。ガラス原料の珪石なども同様の問題をかかえている。また、都市再開発などで、セメント、骨材などが多量に消費されてきているが、セメント生産はエネルギー資源に支配されやすく、骨材(碎石, 砂)はその採取が自然破壊を伴いやすいので、輸入に頼らねばならなくなってきている。

中でも、昭和40年代後半に起こった石油危機で再認識されたように、石油、石炭、天然ガスなどの化石燃料資源の埋蔵量には明らかに限界があるといえる。石油の可採年数は20~30年前から30年位しかないといわれながら、現在もほとんど変わっていないが、それは探鉱技術が進んで未開発油田が発見されたり、海上での採掘が可能になったり、油価の上昇と併行して採掘深度を高められるようになったためであり、今後の可採年数の延伸は困難であると考えられる。したがって、石油系の燃料は勿論、プラスチック、合成繊維、合成ゴム、合成洗剤、合成糊剤、溶媒などの石油系の2次製品の供給も、子供や孫の世代には減少せざるをえなくなるとみなければならない。そのような化石燃料の

表2 森林バイオマスの純生産量<sup>1)</sup>

地域	バイオマス(陸上) 総純生産量(10 <sup>6</sup> t/年)	森林総純生産量 (10 <sup>6</sup> t/年)	比率 (%)	面積当り森林生産量 (t/ha・年)
アジア	13,117	7,710	58.8	13.7
アフリカ	13,387	6,603	49.3	10.4
ヨーロッパ	2,802	1,283	45.8	8.2
北・中央アメリカ	8,936	5,453	61.0	7.7
南アメリカ	14,320	10,549	73.7	11.6
オセアニア	5,193	1,712	33.0	9.5
ソ連	8,590	5,888	68.5	6.4
全世界	66,346	39,198	59.1	9.6

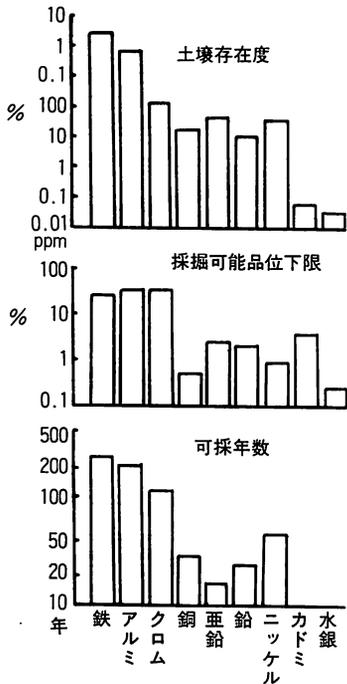


図-2 各種金属の存在度と採掘条件

絶対量減少の問題以外に、近年問題になってきた酸性雨被害やCO<sub>2</sub>による地球温暖化の問題のために、それらの消費量を削減せざるをえない状況が進んできており、何らかの抜本策が必要になってきている。

資源涸渇の最も深刻なものは、通常、地表にはほとんど存在していない種々な非鉄金属資源である。その問題を明らかにするために、図-2に各種金属の土壌存在度（地表の土壌中の含有率）、鉱石として経済的に採掘してきて原料に使える採掘可能品位下限、現在の消費状態のまま推移するとみた場合に世界中の鉱山が掘りつくされてしまうまでの可採年数などを示す。そのうち、銅を例に上げると、明治時代までは別子銅山などで、銅が2～5%含まれている原鉱石が採掘され、製錬されてきたが、次第にそのような高品位の原鉱石が掘りつくされ、20年程前には0.5%前後しか含まれていない原鉱石しかえられなくなり、終に閉山せざるをえなくなったのである。現在のところ、銅は電線、兵器、メッキ材料などとして不可欠であるが、今後35年前後で世界的に採掘できる銅資源はなくなってしまうことになる。近代的な生活や生産には銅以外に、亜鉛、鉛、ニッケルなどの非鉄金属は大きい役割を演じており、それらが供給されなくなることは、文化生活や一部の工業生産を不可能にすると思われる。

それらの非鉄金属以外に、錫、アンチモン、マンガ

ンなども急速に涸渇しつつある。特に、近頃では、ガリウム、チタン、バナジウム、ベリリウム、イットリウム、金、銀、白金などの貴金属やレアメタルと呼ばれるものの工業用素材や消費材などへの利用が進んできており、それらの資源が掘りつくされつつある。先進各国は競ってそれらの希少資源の備蓄を計ろうとしているが、需要の何10年分も確保することは困難であり、やがてそれらの使えない社会を迎えることになってしまう。

### 3. 科学技術者の自覚と責務

犬でも、魚でも、おいしい飼が大量にあると、腹一杯になるまでそれを喰いつくし、明日のために残しておくというはしない。人類が万物の霊長として君臨できるようになったのは、畜生と比べて、次の違いがあるためであろう。

- (1) 現状や過去を客観的にみることができる。
- (2) 自分を含めた周辺の明日や近未来の状況の大半を予知することができる。
- (3) 果てしない欲望を抱くが、反面でそれを自ら制御することもできる。
- (4) (2)で予知した災いに対して危機感を持つことができる。
- (5) その災いを避けるための行動がとれる。

通常、一般の動物にも、子供や異性に対する愛情があると見受けられるが、人間の親の子や孫に対する愛情は(2)で予知できた危険が将来子孫に及ばないように、自分は多少犠牲になっても、(5)の行動をとろうとする点に特徴がある。それは個人とか、家族とかの範囲だけでなく、人間の群れ全体の合意事項として、各々が分担して、全体の現在や将来の幸せを築いてきたのである。私達の現在の繁栄や幸福はそのような祖先や親の遺産であると考えられ、私達も当然次世代がより快適に暮せるように、多少の不便をしのび、犠牲を払ってでも努力する義務があるといえるのである。

そのような過程で、人間社会は(1)や(2)の現状や将来を把握する専門家として、科学者（人文科学を含む）を育ててきたし、(3)の欲望をより一層充足させたり、(5)の危機を回避する専門家として、種々な分野の技術者を育成してきた。しかし、科学者や技術者は全人類の中のほんのひと握りの集団にしか過ぎない。総ての人はその人間としての義務をはたすように努めねばならないが、その中でも科学者、技術者はそのためのプロとして献身的な努力を払う使命を持っている。

ところが、ほとんどの科学技術者は大学、行政機関、民間企業などに属し、サラリーマン化してしまっており、利益追求のためにだけ技術を使用する集団、立身出世のために技術を利用する集団に駄落してしまっているのではないかと疑われる。そのため、目先の便利さや消費者に歓迎されることだけを目的として、有害物質や難処理物を使った2次産業製品が街にあふれるようになってきたのである。原爆や水爆を作ったのも、科学技術者の立場の自覚の欠陥によるとみられる。科学技術者は経済優先の社会システムに組み込まれているが、企業人や役人である前に、前記のような義務を負っていることを忘れてはならないのである。

利便性を向上したり、効率を高めたりすること自身は技術のひとつの使命であるし、経済性を増大させることも現在の社会機構の中では大切であるが、そのような側面の反対側にマイナスの影響のひそんでいることが多いのである。特に、人間は大なり小なり自然環境を改変しなくては生きていけない宿命を持っているが、その改変は生態系をそこなわない限度内で行わねばならないのである。節度ある技術開発や社会開発を行う義務と責任を担っている。それは科学技術者である前に、人間であり、地球上の生態系での一連の生物であることを自覚する必要があるということである。

1と2で、環境問題と資源問題での次世代の様子を予知した結果、極めて深刻な事態になることが判明したのである。近頃、地球環境問題がクローズアップしてきたのは、ひとつの警鐘であるが、他の環境や資源の問題に関しても、もっと注目しなければならない。かつて、世界的に伝染病が猖獗を極めそうになった際に、パスツール、コッホ、野口英世、ジェンナーなどの科学者は自らの生命を賭けて病原菌を発見し、予防方法や治療方法を開発し、われわれに伝染病の危険性のない時代をバトンタッチしてくれたのである。現代はその当時より多くの科学技術者がかかえ、研究条件にも恵まれているが、それらの問題について強い危機感を持っているといえるだろうか。個々の科学者や技術者が自分がやらねばならないという義務感を持っているといえるだろうか。私は心の底から日本の科学技術者の奮起を望みたいのである。

#### 4. 私とリサイクリング

大阪市立環境科学研究所（現名称）に私が奉職したのは昭和23年である。安定化に向う都市行政の中で、廃棄物問題や公害問題に科学的に対応する必要性が生

じると考えた当時の所長は、昭和25年に都市廃物研究室を創設し、若僧であった私をそれに専従させた。国内にはほとんどその種の研究者のいない状況下で、ごみ処理、し尿処理などの工学的研究をせねばならなくなったのである。その後数年の間に、公害問題が多発するようになったので、産業排水、産業廃棄物、悪臭などまで、テリトリーを拡げて対応せざるをえなくなった。

初めは旧来の処理、処分という概念の中で、いろいろな問題に対応したり、その技術の改善に努めるのが精一杯であったし、立場上、泥やごみにまみれながら現場で実証し、実用的効果を上げることが要求された。そのため、学問の体系で類別された分野の中で研究する大学などでの研究と異って、化学、応用微生物学、化学工学、機械工学、設備工学、土木工学などの既成の分野に全くこだわらずに合目的に研究せざるをえなかった。だから私は今だに母体となる学会が不明確なままでも研究生活を続けている。

昭和35年頃から産業の高度成長に伴って、その公害が深刻となり、企業内に立ち入った研究もするようになったが、利益に貢献しない公害投資を要求することにも苦労した。その中で、メタノールからホルマリンやピリジンを生産している中規模化学工場の排水処理や悪臭対策に取り組むことになった。その工場では当時でさえ、排水処理に数億の投資が必要であると推定され、それを如何に抑えて合理化できるかを研究した。その手始めに、各工程ごとの汚濁物質の排出状況を調べたところ、原料として搬入したメタノール入りのドラム缶から、内容物をタンクに移して、空缶を洗浄する工程が有機性汚濁に50%以上寄与しており、ピリジンの蒸留残液が数10%寄与していることが判った。そこで私がフト思いついたのは、ドラム缶にメタノールと表示し、その空缶を洗浄せずに搬入してきた空缶に積み込み、メタノールメーカーに返送する方式である（通い容器方式）。それによって汚濁は完全にカットされ、洗浄水も労力も不要になった。また、ピリジン蒸留残液中に貴重なピコリンが高濃度で含まれていることも判ったので、それを精留し、回収することによって、副産物ができると共に、汚濁負荷も削減することができた。工場内のパイプのフランジからの漏れ、ポンプのグランドシールからの漏れなども、徹底して止めさせ、有機性汚濁物質の排出を1/5以下に抑えることに成功したのである<sup>3)</sup>。

それをきっかけとして、私は工場排水や産業廃棄物

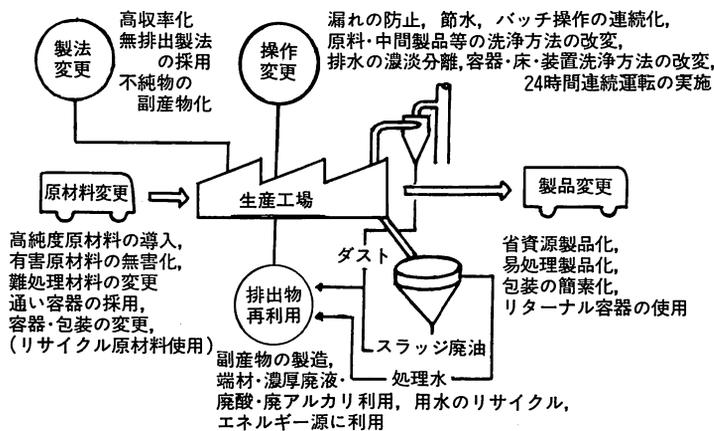


図-3 無排出化（工程内リサイクル）のための種々な手法

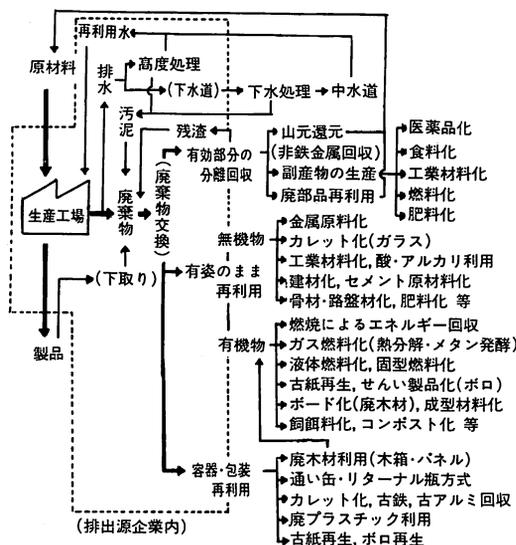


図-4 資源化のための種々な手法

（昭和30年代末から大阪で初めて問題になり、全国に波及した）の対策として、処理、処分を考える前に、企業内での無排出化（工程内リサイクル）や他企業に運んでの資源化を検討することにした。その理念によって、多種多様な企業の排水や廃棄物の排出が抑制されると共に、収率が向上したり、副産物がとれたり、工程が合理化されたりすることになった。その後体験した無排出化と資源化の手法を分類すると、図-3、図-4のとおりである。資源化は排出物の化学的特性や物理的特性によって、多様な利用先を見出すことができ、企業としてはそれがたとえ経済的にマイナスであっても、処理、処分する経費より少なくてすめば進めるべき

であると考えられるようになった。

私は昭和40年から科学技術庁資源調査会の専門委員を仰せつかることになり、資源問題も勉強させてもらったが、リサイクリングはその立場からも極めて重要であることを認識することができた。ところが、当時の公害対策の基本方針は相変わらず、排出者に処理、処分の責任を義務付けることに終始しようとしていたので、資源調査会の中で、その姿勢の間違いを強調せざるをえなかった。そのようなリサイクリングを中心とした基本理念を昭和44年に資源調査会報告第52号「廃棄物の処理体系に関する報告」として初めて世に問うた<sup>1)</sup>。しかし、翌45年の公害国会では、やはり従来通りの考え方の廃棄物処理法が制定され、かろうじて衆参両院の付帯決議として資源化有効利用に努めることが謳われたに過ぎなかった。

私はその後も実践を通して、そのリサイクル技術の体系化に努めると共に、昭和50年から、ゴミ物語—エネルギーを拾え<sup>5)</sup>、続ゴミ物語—ゴミなし社会の創造<sup>6)</sup>、クローズドシステムへの挑戦<sup>7)</sup>などを相次いで執筆出版して、環境保全、資源保護、経済性向上の3者を鼎立させるためには、リサイクルしかないことをPRした。私は過去に400編以上の研究論文や総説を報告してきているが、その約半分はリサイクルに係るものである。私は残り少ない人生においても、リサイクルを叫び続けることになると思う。

### 5. リサイクル社会の確立

今後の産業活動は限りある資源をできるだけ温存し、廃棄物や排水を自然環境にできるだけ排出しないように配慮しながら、生産や流通を発展させねばならない

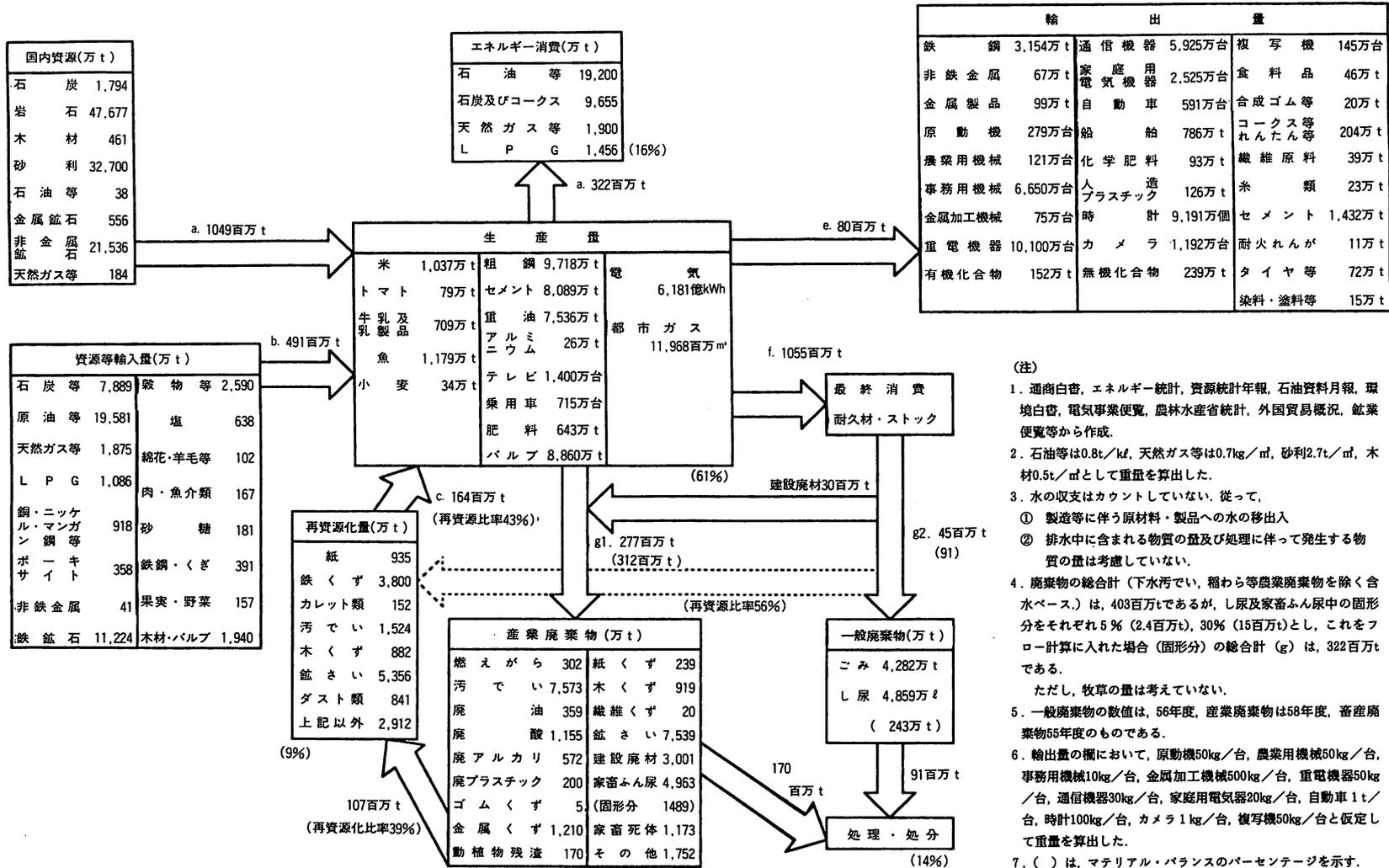


図-5 日本におけるマテリアルフロー (昭和58年)<sup>9)</sup>

のである。それを達成できる手段として、私はリサイクリングやクローズドシステム（不用物を自然界に出さないシステム）しかないと、20年間言い続けてきたが、行政や経済界は容易に受け容れてくれず、完全なリサイクル社会にはほど遠い現状である。

しかし、約15年前から大企業を中心に環境対策や生産性向上の名目で、工程の総点検やリサイクルの技術開発が進み、2次産業の廃棄物は当初予想したほどには排出されなくなってきた。高炉や転炉のスラグはほぼ100%再利用され、セメント工場は大量の無機性汚泥や廃タイヤを原材料として受け入れるようになっていく。しかし、現在、日本の生産や生活に使われている資源の挙動を図5に示すと、中小企業などからの産

業廃棄物や住宅、都市などの再開発に伴う建設系廃棄物の排出が膨大な量に達している。それらは涵濁してきた埋立処分地を探して捨てられ、環境を蝕んでいるのである<sup>9)</sup>。その中には貴重な資源も含まれており、埋立処分されてしまうと、再び人が掘り出して利用することは不可能である。

一般的に、産業廃棄物は一企業から同種、同質のものが集中して排出されるので、多角的な研究によってリサイクルに成功しやすい。しかし、中小企業では一企業からの廃棄物だけではリサイクルがペイしないケースが多い。そのため、企業集団が同種廃棄物を集めて、総合リサイクルするような施策を進めねばならない。また、建設系廃棄物はその排出場所が一定しない

表3 ごみ減量化のための種々な方策

協力者	具体的方策	期待される効果
商品生産者	省資源商品、長耐久商品の生産。 プラスチックなど難処理材料や有害物含有材料の使用抑制。 商品の易解体化、易選別化。 耐用年数、修理部品供給の長期化。 商品アセスメントの実施と普及	ごみ総量の減少 嵩の減少、易処理、2次公害の抑制 資源回収し易い。 ごみ総量の減少 2次公害の抑制
流通企業	過剰包装、トレーなどの自粛、排除。 下取り、不用品買取り販売の実施。 修理サービス、修理部品販売実施。 リサイクル容器の使用と引取り。 空き缶などのデポジット制の導入。 店頭での包装、空容器の引取り。 チラシ、折込みなどの宣伝の自粛。	ごみ総量の減少 " (特に粗大ごみ) " ( " ) " (特にビン詰) " , 散乱ごみ減少 " "
消費者 (排出者)	衝動買いの自粛(宣伝に乗らない)。 生産者、流通企業へ上記実行を要求、不実行商品の摘発、不買運動の実施、家庭への不用物持込みの自粛。 資源ごみ分別回収の実施と協力。 分別収集等の排出マナーの順守。 リフォーム等による再利用の実施。 庭への生ごみ埋込み等自家処理。	" , 家計の堅実化 " , 易処理化 " , " " , 排出手数減少 " , 資源再利用 不法投棄防止 減量、家計堅実化 減量、有効利用
逆流通産業	不用物引取り量の拡大。 集団回収に協力、引取り価格向上。 解体、選別、ストック施設の整備。 2次廃棄物の完全処理の実施。 廃棄物行政への協力。	減量、資源化増大 " 経営安定化 2次公害防止
行政	省資源、減量化を勧める法律改正。 集団回収、資源回収の奨励と助成。 生産、流通企業への行政指導強化。 適正処理困難物販売税の創設。 トレー等過剰包装禁止条例制定。 逆流通産業への協力、助成。 紙による宣伝の抑制、目的税課税。 ごみ収集の有料化(その分を減税) ごみ排出マナーのPR強化。	基本理念の修正 減量、資源化増大 " 処理の容易化 嵩の減少、易処理 " (経営安定化) 減量、省資源 " , 資源化促進 "

上に、廃木材、コンクリートくず、アスファルトくず、建設汚泥、残土などが混合して排出されやすい。そのため、解体や建設の現場で分別して排出し、同種のものを集めてリサイクルする技術を確立し、実行しなければならない<sup>6)</sup>。

近年、外食産業や流通産業のような第3次産業が活発になってきて、それらの多くは事業系一般廃棄物と呼ばれるごみを多量に排出し、大都市では一般の家庭ごみよりも多くなってきている。それらは自治体の処理施設に運び込んで安価に処理されているケースが多いが、それも産業廃棄物と同じように、完全な排出者責任にすると共に、残飯や動植物性残渣を家畜飼料やコンポストにしたり、容器包装や古紙を完全に分別、リサイクルさせるようにせねばならない。

リサイクルの最も困難なものは、各家庭から排出されるごみや下水である。それらはアメリカなどの外圧による内需拡大政策と相俟って、排出量が年々増加の一途を辿り、発熱量も増大してきているので、自治体の焼却工場やその焼却灰の埋立処分場がパンク状態になっている。その処理、処分のための公共負担も1kg当り20~45円に達し、地方財政を圧迫している。そのごみ減量化やリサイクルを推進するためには、商品生産者、流通企業、消費者、逆流産業（廃品回収業やその回収物を再生する産業）、行政などがこぞって努力しなければならないと考えられる。私が集約したそのための具体的方策は表3のとおりである。特に商品の生産や流通企業は従来売っ放しで、ごみになれば自治体の責任で処理するのが当然と考えてきたが、今後は商品アセスメントの実施や下取りの義務化を含めた跡始末やリサイクルの義務を課す必要があるとみられる。

生活系の廃棄物の中には下水汚泥を含めて、どうしても焼却処理せざるをえないものが残るとみられる。そのリサイクルの方法として、焼却灰を1400°C前後まで強熱して溶融し、スラッグ化して骨材や路盤材にする技術が進んでいる。それも終末を自然界に頼らないですむ有力な手段になると期待される（それに必要なエネルギーを廃棄物から回収する）。

## あとがき

人間やあらゆる生物の生命を大切にすることは誰もが合意できる信条であろう。私はどんな物でも、まだ

何かに役立つ可能性がある限り、「物にはすべてのちがある」と考えている。それを生かきらないで捨てたり、埋めたりするのは一種の罪悪である。

現在、生産や生活から排出されている廃棄物には、通常の技術ではどうにもリサイクルできなかつたり、あえて再利用しようとする処理、処分の経費よりも著しく高価になってしまうものも多い。それらに対しても、総ての人々が捨る前に何かに使えないか、どのようなシステムにすればリサイクルできるようになるかを考えることが望まれる。特に、科学技術者はその立場に応じて個々に多くの課題を持っているが、廃棄物や排水の排出を抑制したり、リサイクルすることが、緊急度の高い課題であることを自覚して、英知を結集する必要がある。その中でも、有害物質や環境に悪影響を与える危険性のある物は一片たりとも自然環境に排出せずに、再利用を繰返すシステムを作り上げるように努力すべきである。

また、従来、科学者や技術者は研究室に閉じ籠り、せいぜい学門の世界で発言するに止まり勝ちであったが、リサイクルの必要性やその具体的手法などを一般市民にPRしたり、行政にそのための政策転換をせまったりすることも、ひとつの責務であると考えられる。そのようなリサイクルの推進をライフワークにしようとするような科学技術者がひとりでも多くなることを期待して止まない。

## 参考文献

- 1) 松田智, 久保田宏, 岩城英夫: 科学, Vol. 52, No. 11, P. 735 (1982)
- 2) 本多: バイオマスエネルギー, 省エネルギーセンター (1986)
- 3) 本多: 化学工場排水処理へのアプローチ, 科学と工業, Vol. 44, No. 5, P. 20 (1970)
- 4) 科学技術庁資源調査会: 廃棄物の処理体系に関する報告, 同調査会報告第52号, (1969)
- 5) 本多: ごみ物語—エネルギーを拾え, 省エネルギーセンター (1975)
- 6) 本多: 続ごみ物語—ゴミなし社会の創造, 省エネルギーセンター (1978)
- 7) 本多: クローズドシステムへの挑戦, 省エネルギーセンター (1975)
- 8) 本多, 山田優: 建設系廃棄物の処理と再利用, 省エネルギーセンター (1990)
- 9) 佐藤仁一: ごみ問題と宇宙船地球号—エコ・システムの確立と経済的効果の発揮のために, 月刊廃棄物, Vol. 15, No. 171, P. 54 (1989)