

## &lt;特集&gt;

## 循環型社会に向けた取り組みと化学物質対策

Sound Material-Cycle Society and Chemicals Control

酒井 伸一

国立環境研究所 循環型社会形成推進・廃棄物研究センター\* センター長

Shin-ichi Sakai

Research Center for Material Cycles and Waste Management  
National Institute for Environmental Studies

## 1 はじめに

投棄跡地の汚染問題，埋立地の確保難，気候変動問題などを契機として，循環型社会をめざす方向が合意され，さまざまな製品群のリサイクルが模索されている．この動きは世界的には，1980年前後から始まっている．廃棄物対策の視点からみれば，その発生回避，再使用，リサイクル，適正処理，最終処分という階層対策概念にもとづくさまざまな試みで，社会の再設計ともいえる壮大な試みである．すでに2000年に循環型社会形成推進基本法として，日本の基本ルールになったことは周知のとおりで，化学物質に対しても，類似の概念としてクリーン・サイクル・コントロール概念の実現を考えていかねばならないと主張してきているところでもある．一朝一夕に循環型社会が完成しないことは自明で，さまざまなポイントに注意しながら循環型社会形成に臨んでいかねばならない．

本稿では，2003年に定められた循環基本計画と最近の個別リサイクルの展開に触れ，つぎに残留性化学物質問題について，ストックホルム条約が求める原則を紹介する．そして，持続可能な循環型社会の原則として，技術原則，空間スケール原則，リスク回避原則，消費原則を考える必要があることを述べる．

## 2 循環基本法と循環基本計画

2000年に産声を上げた「循環型社会形成推進基本法(以下，循環基本法)」の実質的な方向を規定する「循環型社会形成推進基本計画(循環基本計画)」が2003年3月に定められた．当初は2004年秋策定予定と聞いていた基本計画であるので，約1年半前倒しで策定されたこととなる．廃棄物を発生抑制，再使用，再生利用，熱回収，適正処分するといった基本的考え方が盛り込まれている循環基本法を，具体的に展開するにあたっての目標指標を，新たに定めている．すなわち「資源生産性」「循環利用率」「最終処分量」を，それぞれ社会における経済活動の入口，循環，出口の指標とし，目標値を定め，将来検証しようとしているのである．廃棄物問題を契機としてはじまった循環型社会構築を目指した議論が，資源利用の効率性をめざす方向に展開し，この流れが経済の指標と結びついている．これらの指標群は，国立環境研究所の森口祐一室長が長年の国際共同研究で培ってきた研究成果に負うところが大きい<sup>1)</sup>．すなわち，物質フロー勘定に用いる指標として，直接物質投入量(DMI: Direct Material Input)や国内直接排出物量(DPO: Direct Processed Output)などを提案し，これらの指標のGDPとの関係などに関する国際比較研究を行ってきたのである．

「資源生産性」は，天然資源等投入量あたりのGDPと定義し，2000年の約28万円/トンから2010年に約39万円/トンとすることを目標としている(Fig.1)．産業や人々の生活がいかにか物を有効利用しているかを総合的に表す指標であるが，リサイクルや廃棄物発生が経済活動と密接不可分であることから，ものの流れの入口であ

\*〒305-8506 つくば市小野川16-2  
TEL:029-850-2806 FAX:029-850-2808  
E-mail:sakai@nies.go.jp

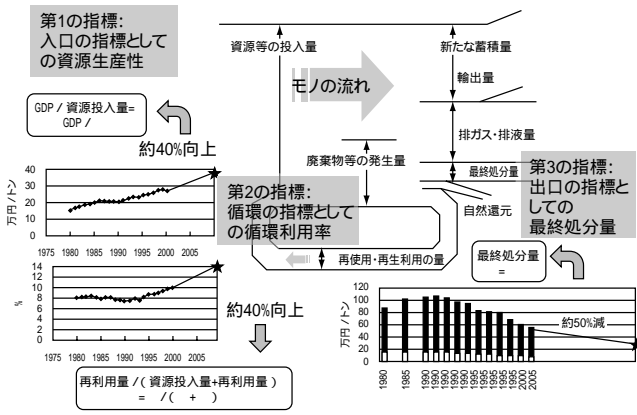


Fig.1 循環基本計画のためのマテリアルフロー指標と数値目標

る資源利用と経済指標を結合させた指標の意義は大きい。「循環利用率」は天然資源等投入量と循環利用量の合計に対する循環利用量の割合として定義されているが、同期間で約10%から14%に上昇させること、「最終処分量」は年間5600万トンから2800万トンに半減することを目標としている。これらの目標に向けてのさまざまな取り組みを見守るの必要はあるが、まずはこうした指標の概念を国として用いることの意義を大切にしたい。

### 3 個別リサイクルの展開

#### 3.1 個別リサイクル法の展開

物質循環と廃棄物対策の全体的枠組みに関連する制度的展開のうち、循環基本法に関連するところを紹介したが、基本法に加えて資源の有効利用や個々のリサイクルを促進するための体系と廃棄物処理処分を的確に行うための体系がそれぞれ用意され、あと化学物質を制御するための制度がそれぞれ用意されてきている (Fig.2)。

このなかで個々のリサイクルを促進するための措置は、特定の廃棄物フローに優先的対処を行うということになり、リサイクル対策への優先性を個々の廃製品群に対して明示するという性格を有することとなる。まず容器包装廃棄物に焦点をあてて制度化したのが1995年制定の容器包装リサイクル法である。現在でも、容量比で見れば都市ごみの50%以上を占める容器包装物について、その減量リサイクルをめざす目的をもっている。同法では、既存の公共による廃棄物収集態勢を利用しつつも、製造事業者と消費者の責務を謳っている。すなわち、市民は使用済み容器包装の分別、地方行政は分別物の収集の役割を担い、製造事業者が再商品化の義務を負う役割分担とな

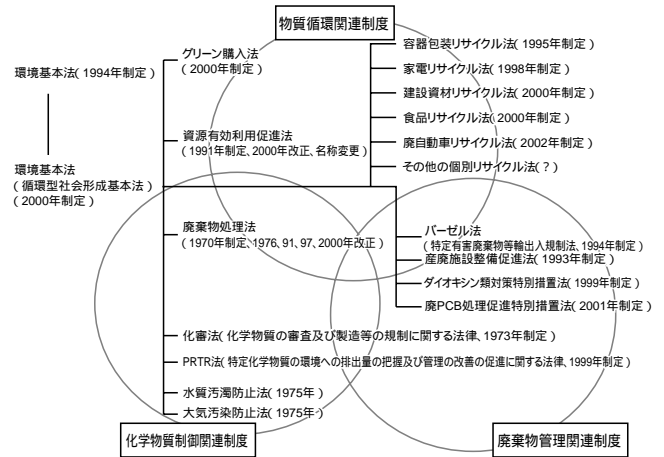


Fig.2 物質循環と廃棄物管理、化学物質制御関連の制度一覧

ている。こうした「責任分担 (Shared Responsibility)」システムが、日本の容器包装リサイクル制度の特徴といえる。すでに有価取り引きされていたスチール缶、アルミ缶の容器包装に加えて、ガラス瓶、PETボトルの回収が1997年4月から実施されている。なお、同制度は、紙類、プラスチック類の素材よりなる容器包装を含めて全ての容器包装をリサイクル対象としている。比較的均質な分別ができ、再使用や素材としての再利用が比較的容易な缶、瓶類から、全てが容器包装を対象となったことで、高炉吹込み、プラスチック油化、セメント原料としての利用など、さまざまな取り組みがなされている。分別収集を担う自治体に過度の負担がかかっているとの批判もあり、今後必要に応じ軌道修正を重ねながら運用していくことが望まれる。

容器包装リサイクル法に引き続いて、つぎの廃棄物ターゲットとなったのが、廃家電製品である。1998年に家電製品リサイクル法が成立し、製造者は廃製品を引き取り、リサイクルを実施する責務を有する一方、リサイクル費用は消費者負担とすることが定められた。排出時の消費者負担としたことの成否を見守ることに加えて、廃家電製品リサイクルの成否の鍵は回収システムを効率的、かつ公正に確立することと、リサイクル不可となる最終残渣の取り扱いや化学物質制御の視点を盛り込むことにある。建設素材、食品資源に対しても、それぞれリサイクルの推進を図る制度が用意された。

### 3.2 自動車リサイクル法

寿命のつきた使用済自動車 (ELV: End-of-Life Vehicles) のリサイクルは主に解体や破碎の工程を経て、鉄が再生産されるという流れでおこなわれる。第1段階の解体工程では再利用可能な部材や部品 (エンジン、バッテリーなど) が主に手分別により取り外され、続く破碎処理では鉄やアルミニウムくずなどが磁気分離、風力分離によって回収される。回収されたスクラップ鉄は、鉄の二次精錬工程である電炉工程で再生産される。2000年前後の年間の新車販売は約600万台、既販車総計で約7000万台であり、そこからの使用済自動車の発生は約500万台で、そのうち約100万台は輸出されている。使用済自動車は、約5万店の中古車取扱店、約8万の整備業者から解体事業者へ引き渡される。解体事業者は約5千社あり、そこでエンジンやタイヤ、バッテリーなどの部品を回収した後、重量で60%程度の自動車ガラがシュレッダー事業者へ引き渡される。約140社あるシュレッダー事業者では、破碎・磁気選別されたスクラップ鉄が売却されるが、その一方、シュレッダーダスト (ASR: Automobile Shredder Residue) が発生する。ASRの量は、もとの自動車重量の20~25%に相当し、年間100万トン程度発生と言われている。ASRの性状に関しては、重金属類や有機汚染物質を含むことから、その適正処理の必要性はかねてより指摘してきたところである<sup>2)</sup>。

こうした背景から、2002年7月に「使用済自動車の再資源化等に関する法律」(自動車リサイクル法)が成立した。この法律では、自動車製造業者は、自らが製造した自動車在使用済となった場合、その自動車から発生するフロン類、エアバックおよびASRを引取り、リサイクルを適正に行うことが求められている。解体業者、破碎業者は、使用済自動車のリサイクルを適正に行い、エアバック、ASRを自動車製造事業者へ引き渡す義務を負う。これらのリサイクルに要する費用は、自動車の所有者に負担を求めるとされており、その負担の時期は新車販売時とされている。制度施行時の既販車については、最初の車検時まで支払う。このように本リサイクル法は、市場の中で循環がスムーズに進むことをめざした制度である。つまり、適正なりサイクルや処理が必要なASR、フロン類、エアバックについての引取義務を製造業者に課し、その費用を消費者が負担することにより、有価で循環する資源のフローを維持することを意図している。本リサイクル法の本格施行は2005年からとなるが、その効果が期待されるところである。

### 3.3 フォローアップの重要性

日本は容器包装や家電、自動車などの代表的な製品ルートに対しては、個別のリサイクル法制度を用意してきたが、多くの製品フローのリサイクルについては自主的合意や情報誘導的な政策が採られている。個別のリサイクル法の運用においても規制的な扱いというよりは誘導的な方策がとられることが多い。これは生産者、消費者、行政の役割分担と協調による循環型社会形成を目指す日本型アプローチの特徴である。2003年の循環基本計画案では、各リサイクル法の評価・検討が年次計画として明確に示されていることにも注意する必要がある。法制度の評価・検討に加えて、緩やかな合意に基づくリサイクル態勢づくり (パソコン等) とその実施が有効であるかどうかの検討も、併せて重要である。有料化、税、デポジットといった経済手法も循環型社会形成には有効な手段と考えられ、さまざまな試みや検討がはじまっている。それゆえ、法制度や自主的合意、情報誘導方策、経済的手法など、さまざまなリサイクル政策とそれらの補完関係に関する検討も欠かすことができない。今回、新たに導入された循環型社会の3指標をはじめとする循環関連指標やリサイクルの実態を的確に把握するための態勢と、さまざまなリサイクル制度のフォローアップはきわめて重要といえる。

## 4 ケミカルリスクとその制御

### 4.1 階層的化学物質対策と予防原則

「廃棄物最小化」や3R対策は、発生回避や再使用に加えてリサイクルを含む考え方であるが、同じく有害物質の使用を回避し、循環廃棄への移行を減らすことも重要である。さまざまな製品に真に必要な化学物質の検証、廃PCBのような過去の遺産と呼ぶべきものへの的確な対処、そして残留性化学物質の循環への取り込み回避が求められる。有害廃棄物や残留性化学物質制御のための技術や社会のあり方には、「クリーン・サイクル・コントロール」の概念を与えることができる。有害性のある化学物質の使用は回避 (クリーン) し、適切な代替物質がなく、使用の効用に期待しなければならないときは循環 (サイクル) を使用の原則とし、環境との接点における排出を極力抑制するために、過去の使用に伴う廃棄物は極力分解、安定化するという制御概念 (コントロール) で対処するとの考え方である。環境保全を前提とした化学物質循環の原則といってよからう。そして、クリーン・

サイクル・コントロール原則と持続的発展のイメージを Fig.3 に示した。

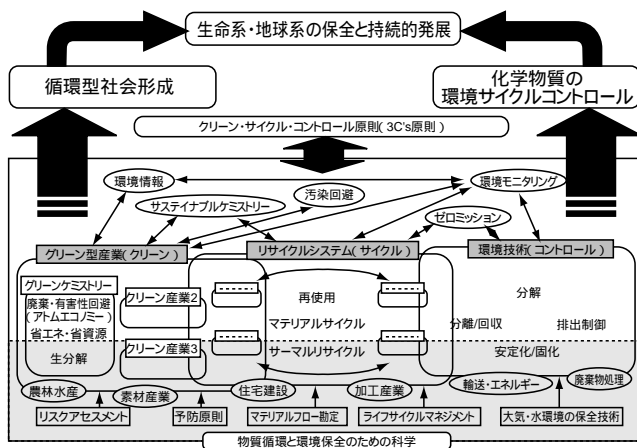


Fig.3 クリーン・サイクル・コントロール原則と持続的発展

ここで主題としてきた廃棄物問題や化学物質問題のみならず、資源エネルギー問題や、気候変動・温暖化問題などから、循環型社会形成と化学物質の環境サイクルコントロールの同時達成を目指さねばならない。Fig.3 ではこうした目標に向けた科学や政策を支えるべき研究分野として、1) グリーン産業-クリーン化技術とリスクアセスメント、2) 循環を基調としたシステム-物質循環ネットワークとライフサイクルマネジメント、3) 環境保全技術-エミッションの制御と環境保全、の3分野を設定している<sup>3)</sup>。

こうした検討をすすめるうえでの重要な視点に予防原則 (Precautionary Principle) の考え方がある。予防原則は、オゾン層保護や気候変動に関する枠組み条約などにすでに盛り込まれた概念であるが、明確に国際社会で明文化されてきたのは、1992年の環境と開発に関するリオ宣言-アジェンダ21においてである。第15原則に「環境を保護するために、各国はその能力に応じて予防的施策を広く適用しなければならない。深刻な、あるいは不可逆的な損害の恐れがある場合には、科学的に十分な解明がなされていないことが環境悪化を防止するための費用便益効果の高い措置を延期する理由として使われてはならない。」と記されている。環境への深刻なまたは不可逆的な損害の恐れがある場合に予防原則が適用され、科学的に十分な解明がなされていることがその条件にはならないとしているのである。1998年には予防原則に関するウイングスプレッド宣言が、約50の環境団体、約30人の専門家により出された。この宣言のなかでは、「リスク

アセスメントに基礎をおく既存の環境法規や決定は、ヒトの健康および環境を十分に保護することに失敗したと考える」と述べている。「ある活動がヒトの健康または環境を脅かすとき、原因と影響の関係が十分に科学的に解明されていない場合においても、予防的施策がとられるべきである」と予防原則の適用条件はリオ宣言を踏襲しているが「このことに関しては公衆ではなく、活動提案者が立証責任を負うべきである」として、安全性の立証責任を製造者をはじめとする活動提案者に移しているのである。最近の欧州連合の報告では、環境、人、動物、植物の健康に与える潜在的な危害がEUの保護水準に合致しないかもしれないという懸念が、予備的な科学的評価によって合理的根拠があると示唆された場合に適用される、としている<sup>4)</sup>。予防原則は3つの要素(リスクアセスメント、リスクマネジメント、リスクコミュニケーション)からなるリスク解析への積極的アプローチの中で考えられるべきであり、特にリスクマネジメントに関連している。Tab.1 に示すEUの予防原則適用ガイドラインでは、潜在的リスクに応じた予防的措置の比例性があること、予防原則と既存規制の一貫性が求められること、科学の進歩に照らし定期的に検証され、必要ならば改訂されるべきことなどを求めており、リスク評価と予防原則が融合的に展開されつつある。

#### 4.2 残留性化学物質 (POPs) 条約

地球規模でさまざまな環境媒体に残留性有機汚染物質 (POPs) が検出されていること、POPs 物質のもつ特徴から北極、南極といった極地にまで移動、濃縮していく挙動を有することが明らかとなり、世界的な対策の枠組みとして2001年5月に残留性有機汚染物質 (POPs) に関するストックホルム条約が採択された<sup>5)</sup>。50カ国の批准により発効することとなるが、POPs条約が対象とする物質は、当面はアルドリル、ディルドリン、エンドリン、クロルデン、ヘプタクロル、トキサフェン、マイレックス、ヘキサクロロベンゼン、PCB、DDT、ダイオキシン類、フラン類の12物質である。POPsとして条約の対象にすべき物質の条件としては、条約第8条で次の4条件を満たすこととされている。第1は残留性で、水中での半減期が2ヵ月以上、あるいは土壌中での半減期が6ヵ月以上、あるいは底質中での半減期が6ヵ月以上であることが原則とされている。第2の生物濃縮性については、水生生物の生物濃縮係数が5,000以上であるか、生物濃縮係数の値がない場合に  $\log K_{ow}$  (オクタノール水分配係数の対数) が5以上であることが原則である。生物濃

Tab.1 EUの予防原則適用ガイドライン<sup>4)</sup>

- |  |
|--|
| <p>① Proportionality (比例性, 潜在的リスクに応じた予防的措置の比例性)<br/>         選択された保護水準に過不足なく対応していること</p> <p>② Non-discrimination (無差別性, 予防的措置の非差別性)<br/>         適用に際して差別的でないこと</p> <p>③ Consistency (一貫性, 予防原則と既存規制の一貫性)<br/>         過去に採用された同様の対策と矛盾しないこと</p> <p>④ Examination of the benefits and costs of action and lack of action<br/>         (行動の有無による費用と効果の検討, コストベネフィットの試算)<br/>         短期および長期の行動をとった場合と, とらない場について全てのコストを比較しなければならぬこと</p> <p>⑤ Examination of scientific developments (科学的発展の検証, 科学的専門的技術の利用)<br/>         科学の進歩に照らし定期的に検証され, 必要ならば改訂されるべき</p> <p>⑥ The burden of proof (証明責任の賦課, 立証責任の移行)<br/>         より包括的なリスクアセスメントのために必要な科学的証拠を生み出す責任を割り当てること</p> |
|--|

縮係数が5,000を下回る場合でも, 他の生物種において高い濃縮係数を示すか, 高い毒性/生態毒性を示せばこれも含まれる。第3は長距離移動可能性で, 主に気系により移動する場合には大気中の半減期が2日以上とされている。その他, 発生源や放出源から遠く離れた地点で懸念すべきレベルで該当物質が検出される場合, 大気や水, 渡り鳥などを通じた長距離移動を示すモニタリングデータがある場合, 環境運命予測やその物質の物性により長距離移動の可能性が示唆される場合, とされている。第4が悪影響, いわゆる毒性で毒性/生態毒性データが人の健康, または環境への被害の可能性を示唆していることとされている。この証明には該当する毒性や生態毒性データと, 長距離移動の結果として測定された濃度レベル, または予測された濃度レベルとの比較が含まれる必要があるとしている。

POPs条約が一般的に求める対策としては, まず第3条の意図的な製造・使用から生じる排出の削減または廃絶がある。附属書Aに挙げられたアルドリリン, デイルドリリン, エンドリン, クロルデン, ヘプタクロル, トキサフェン, マイレックス, ヘキサクロロベンゼン, PCBの9物質に対しては, 製造・使用の禁止が求められる。附属書Bに掲げられたDDTは, 例外的に製造・使用の制限とされており, マラリア対策用として必要な国で申し出のあった国では使用が認められる。第5条では, 非意図的な生成による排出の削減が附属書Cに掲げられた化学物質と発生源に対して求められる。附属書Cには, ダイオキシン, ジベンゾフラン, ヘキサクロロベンゼン, PCBの4物質群が定められているが, これらは不完全燃焼や化学反応の結果として, 非意図的に生成され, 排出されるものである。これらの発生源として, 附属書Cに特定

されている発生源は Tab.2 のとおりである。

そして, 削減のためのアクションプランの作成, 利用可能な最良の技術 (BAT: Best Available Techniques) や環境のための最良の慣行 (BEP: Best Environmental Practices) の適用が求められる。第6条では, ストックパイル (在庫) 及び廃棄物からの排出の削減又は廃絶が規定されている。附属書A又はBに掲げられた化学物質のストックパイル, またはその化学物質を含むストックパイル, 附属書A, B又はCに掲げられた化学物質からなる (又はそれを含む) 廃棄物の適正管理が求められる。第7条では, 締約国は実施計画を定めることとされ, 条約発効日から2年以内に締約国会議に実施計画書を提出し, その実施に努力することとされている。また, 条約対象物質の追加については, 第8条で定められており, 附属書Dのクライテリアを考慮し, 締約国の提案を元に段階的に検討, 決定していくこととなる。

## 5 おわりに—持続可能な循環型社会の原則

持続可能性や持続可能な発展という概念がリオサミットで取り上げられ, 各方面で盛んに議論されてきた。持続可能な社会形成に向けての一つの方策が, 循環型社会形成であることは間違いないが, 一方, むやみにリサイクルを進めることが持続可能性に繋がるわけではない事例があることも認識しなければならない。そこで, 持続可能な社会のための循環型社会のあり方, 持続可能な循環型社会の原則を考え, 合意していくべき時期にある。

第1には技術原則がある。たとえば, 究極の技術原則として, 再生可能エネルギーのみを利用し, あらゆる廃棄物を自然還元しつつ循環させる技術体系が考えられる。

Tab.2 非意図的副生成 POPs（ダイオキシン，PCB，HCB）の発生源<sup>5)</sup>

付属書 C 第 2 部	付属書 C 第 3 部
1. 一般廃棄物，有害廃棄物，医療廃棄物，下水汚泥の焼却炉	1. 焼却炉を用いない廃棄物の焼却（埋立地の焼却を含む）
2. 有害廃棄物を燃焼させるセメント焼成炉	2. 第 2 部以外の冶金工業における熱工程
3. 塩素元素，塩素元素を発生する化学物質を漂白に使用するパルプ製造	3. 住宅の燃焼源
4. 冶金工業における次の熱工程	4. 化石燃料を燃焼させる設備，工業用ボイラ
1) 銅の二次製造	5. 木材，他のバイオマス燃料を燃焼させる施設
2) 鉄鋼業の焼結炉	6. 非意図的 POPs を排出する特定の化学物質製造工程（とくにクロロフェノール，クロラニルの製造）
3) アルミニウムの二次製造	7. 火葬場
4) 亜鉛の二次製造	8. 自動車（とくに加鉛ガソリン燃焼）
	9. 動物の死体の破壊処理
	10. 織物および皮革のクロラニル染色，アルカリ抽出による仕上げ
	11. 廃棄する車両の処理のための破砕施設
	12. 銅製のケーブルのばい焼
	13. 廃油精製所

この究極目標との関係で，今ある技術や開発している技術の性格を把握し，その把握像から誘導の方向を考えていく地道な作業も必要となる．第 2 には，空間スケール原則がある．有機性の資源や廃棄物を中心とした地産地消的地域循環と，小さく閉じる系を構想することには無理があり広域循環を前提とせざるを得ない対象とがある．さまざまな製品群ごとに，グローバルな生活の質（QOL）促進と資源・環境の質の間で，適切な空間スケールを模索していきながら，原則の確立を目指さざるをえない側面があり，地域の資源安般的な発想もこれに関係してこよう．第 3 には，リスク回避原則が挙げられる．資源の枯渇と廃棄物の累積のために再生利用を原則とする社会を目指しつつも，その系の中での有害物質循環や濃縮を予見的に回避することは，どうしても必要となる．第 4 には，持続可能な循環型社会に向けた技術，空間，リスク回避を支える基本的な基盤的行動として，持続可能社会のための消費の原則も構想しなければならない．環境の質の現状を測りつつ，特定の製品チェーンや資源フローの背景にあるドライビングフォース-消費の原動力を把握した消費行動原則が必要となる．こうした方向には，経済社会の基盤である貨幣経済システムの再構築が含まれるかも知れず，また科学研究の役割も変わっていくかもしれない．こうした循環型社会への理念や原則は，従来の制御概念が有効とは考えにくく，かなり大胆なシステム変化の合意が必要となろう．一方，そうした過程においても，化学物質やエネルギーなど定量的見通しの立つ

フローやストックに対しては，可能な限り制御概念でもって臨んでいくことが求められよう．

#### [ 参考文献 ]

- 1) Adriaanse, A., Bringezu, S., Hammond, A., Moriguchi, Y., Rodenburg, E., Rogich, D., Schutz, H.: Resource flows: The material basis of industrial economies (1997)
- 2) 酒井伸一，小川眞佐子，高月 紘：シュレッター廃棄物の有害成分と適正処理，廃棄物学会論文誌，2 [2], 33-42 (1991)
- 3) 酒井伸一，森千里，植田和弘，大塚直：循環型社会-科学と政策，有斐閣 (2000)
- 4) Commission of the European Communities: *Communication from the Commission on the precautionary principle*, COM (2000) 1 (2000.2.2)
- 5) United Nations Environment Programme: *Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants*, UNEP/POPS/CONF/2 (2001)