

環境負荷と資源・エネルギー消費削減のための物質循環ネットワーク

豊橋技術科学大学エコロジー工学系 教授 藤江 幸一

Prof. Dr. Koichi Fujie
Department of Ecological Engineering
Toyohashi University Engineering



高密度な経済活動がもたらす環境問題

日本の全国土面積約37万平方キロメートルのうち、産業活動や居住に適した平坦地（以下、居住可能面積）は20%強に過ぎない。この面積を基準とした人口密度、エネルギー消費量（石油換算）および国内総生産（GDP）を西欧諸国と対比して第1表に示した。ドイツと較べるといずれも3～4倍に達している。ただし、我が国の国民一人当たりおよびGDP当たりのエネルギー消費量は、いずれもドイツより少ない。しかし、製品単位量当たりあるいは国民一人当たりの環境負荷が同程度であったとしても、居住可能面積当たりの環境負荷密度は西欧諸国を遥かに上回ることになる。すなわち、西欧諸国に追隨した環境政策を続けていたのでは、我が国における環境の質はこれら諸国に遠く及ばないままであろう。この狭隘な国土で、高密度な経済・産業活動を継続しながら、安全で快適な生活環境を確保するためには、環境負荷を大幅に削減する必要がある。併せて、資源やエネルギーの十分な確保が困難になるような事態が生じても対応できる未来型生産システム、社会システムそしてライフスタイルを準備しておかなければならない。

第1表 国土の居住可能面積当りのGDPとエネルギー消費

	日本	ドイツ	フランス	イギリス
国土の居住可能面積(万km ²) (全国土面積に対する比率)	7.9 (21%)	21.5 (約60%)	34.2 (62%)	15.6 (64%)
居住可能面積基準GDP(万km ²)	4837	1122	408	841
居住可能面積基準エネルギー消費量 (石油換算-1/年・km ²)	5783	1562	669	1478
GDP当りエネルギー消費量 (石油換算-1/万ドル)	1.21	1.39	1.64	1.76

さて、我が国では1993年度に国民一人当たり国内資源11.8トン、輸入資源4.97トンを含む約16.77トンの資源（エネルギーを含む）を消費した。10.56トンの財（各種製品や建築物等）が生産され、同時に約3トンのエネルギーが消費された。生産された製品のうち約0.8トンの輸出と0.55トンの輸入があったので、国内では計10.32トンが消費または蓄積（ストック）にまわされたことになる。この結果、3.18トンの産業廃棄物と、0.7トンの生活系廃棄物し

尿を含む）が排出された。再資源化と焼却を中心とした中間処理を経て、最終的に一人当たり0.79トン/年の埋め立て処分が行われた。廃棄物最終埋め立て処分地の確保が重要な課題であることを理解していただけるであろう。

環境負荷低減のための考え方

資源・エネルギーの有効活用と環境負荷の低減を併せて実現するためには、第一に個々の生産プロセスやライフスタイルでの資源・エネルギー消費削減と廃棄物等の発生抑制が必要であることは言うまでもない。発生源での排出削減がリサイクルより優先されるべきである。さらに、環境負荷の時間的・空間的・種間のツケ回しを回避する必要がある。有害物質が環境中に蓄積し、遺伝的な障害を引き起こせば、世代を越えた健康被害をもたらす。次世代に残すべき資源・エネルギーを浪費することも避けなければならない。生態系を構成する各種生物への人間活動による影響も低減したい。

排出された排水、廃棄物、排ガスを出口で処理する「End of pipe」的対策は排水、排ガスや廃棄物の処理・処分に、さらなる資源・エネルギーを必要とするので、地球環境に負荷を転嫁していることになる。物質は保存されるから真に環境への排出をゼロにすることは不可能であるが、廃棄物の発生源にまで遡り、個々の生産プロセスの改良や新たなコンセプトに基づく生産プロセスの導入、一生産プロセスでは完全に利用できなかった物質を他生産プロセスで有効活用するためのネットワークの構築などによって、環境負荷を低減しながら生活の質を維持・向上できる社会システムの構築を目指すことが必要である。

ゼロエミッションをめざしたシナリオ策定

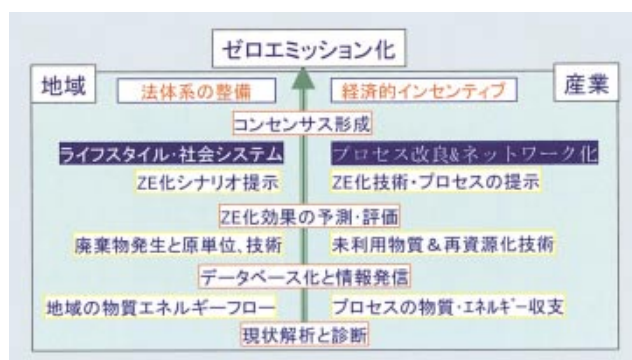
産業活動および地域での環境負荷を低減し、併せて資源・エネルギーの有効活用を実現するためのシナリオ策定手順を第1図に示した。産業活動では、1)生産活動における物質・エネルギー収支の解析による未利用物質およびエネルギー消費に関するデータベース構築を行うと

共に、2)生産プロセスからの廃棄物・未利用物質に関する情報のデータベース化と情報発信による関連産業での情報の共有化、3)個々の生産プロセスにおけるクローズド化による未利用物質・廃棄物の削減、4)未利用物質の性状に基づく階層的な利用と新たな技術導入による未利用物質の原料化・有価物化による産業のクラスタリング、5)これらを推進するためのインセンティブの賦与などが考えられる。

地域における手順についても同様に、1)地域における物質・エネルギーフローの解析による問題点の抽出、2)地域環境負荷低減のためのシナリオ策定と実施効果の評価、3)ライフスタイルの提示と住民合意形成、4)法体系等社会・経済システムの整備などが考えられる。

物質循環促進のためのデータベース

生産プロセスにおける未利用物質をネットワーク化して循環利用するための産業クラスタリングを地域で構築するためには、地域産業間での物質フローと個別プロセスにおける物質フローの情報が必要となる。地域の産業間物質フローは、産業連関表および廃棄物実態調査報告から推定することができる¹⁾。キャッシュフローで記述された産業連関表を、流通する製品の市場価格を調査することによって重量平均価格を決定し物量表に変換する。素材産業を起点とした物質フローを追跡することで、製品の元素組成を凡そ推定することも可能である。産業への原材料インプットと製品アウトプットの差が化石燃料の消費による二酸化炭素の排出と未利用物質・廃棄物の量であるとする。各産業から排出される未利用物質の量とその元素組成の情報も把握可能になる。元素組成の一致は他事業場からの未利用物質を、原料として受け入れるための必要条件である。排出量、元素組成、地理情報などは、物質循環ネットワーク候補のスクリーニングに利用できる。この手法で、愛知県内における製造業に関する物質フローを解析した結果を第2図に示した。産業毎、物質毎にこのような物質フローが明らかになれば、未利用物質削減のための物質循環ネットワーク設計に大きく寄与できる。



第1図 地域および産業のゼロエミッション化対策手順

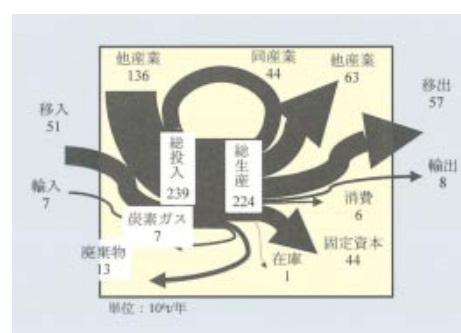
さらに、個別事業場・生産工程から排出される未利用物質・廃棄物に関する情報、生産プロセスをネットワークするための再資源化技術、さらに未利用物質受け入れ可能性に関する情報のデータベースが構築されれば、地域における産業クラスタリング化によるエミッション低減と資源有効活用が大きく前進する(第3図参照)。ネットワーク化に必要な再資源化技術の開発と、技術の評価も必要である。

おわりに

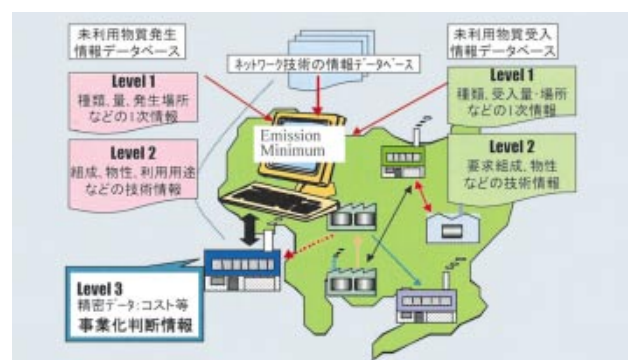
繰り返しになるが、環境負荷低減はまず発生源での排出削減である。われわれの日常活動が資源・エネルギーの消費や環境負荷にどのようなインパクトを与えているのかについての定量的情報の提供が求められる。真に環境への負荷を低減できる社会を構築するためには、正味の資源・エネルギー消費削減を実現できる生産プロセス、社会システム、ライフスタイルはどうあるべきかを明らかにしなければならない。上流側、すなわち生産プロセス、社会システム、ライフスタイルの検証に踏み込まない「循環型社会」は環境負荷を増大させるおそれがある。我々の生活を支える機能をできるだけ少ない資源・エネルギーの消費と環境負荷で提供するシステムを導入することは我が国の生存戦略でもある。

参考文献等

- 1) 藤江幸一、地域におけるエミッション低減を目指した物質フロー解析と産業間ネットワークの構築、セラミックス、平成12年、第35巻3号、153～160ページ
- 2) 関連ホームページ
<http://vs3520.iis.u-tokyo.ac.jp/ZeroEm/> (文部省科研費特定領域研究ゼロエミッション)
<http://fujielab.eco.tut.ac.jp/EIA/index.html> (豊橋技術科学大学藤江・後藤研究室)



第2図 愛知県内製造業における物質フローの解析結果



第3図 産業クラスタリングのための情報データベース