特集/環境管理

テクノロジーアセスメント問題の 定式化の一例

内藤正明・中杉修身

1. いわゆるアセスメントの一解釈

今日、工学者に課せられた重要な課題の一つは テクノロジーアセスメントの基礎的理念、および その手法を確立することであろう。"アセスメント"という語は最近多くの場面で用いられるよう になったが、これは常に"テクノロジー"、"環境" または"環境インパクト"などという語にともなって用いられる。これら個々の定義もまだはっき りしないので、まして互いの位置づけなどについてはきわめて不明確というのが現状であろう。

そこで通常いわれているいろいろの"アセスメント"を拾い上げてこれを区分し,かつその内容

表・1 各種アセスメントの区分

評価をうける活動	決定変数	評価指標
エネルギー	…新化合物	=Merit (便宜性, 快適性…)
自然環境*	(開発目的) の選択	自然度(植生, 気象, 地勢, 景 色, …)

^{*} McHarg らのいう環境アセスメントは人間行為ではなく、自然そのものの状態を評価した上で、開発目的を選ぶ。

を規定することを試みると、この場合、多分「アセスされる対象は何であるか」と「アセスする際の判定基準は何か」の2つが key term であろうと思われる。そこでこの2つの項目に基づいて、各種のアセスメントを要約してみる。(表・1)

ところでアセスメントとは、あらゆる分野でこ れまでとられてきた意思決定に際しての個々の代 **案の評価過程と本質的に異なるものではない。た** だ若干違った点があるとすれば、政策なり計画案 を評価するに当って用いる基準, すなわち "評価 関数"の内容であろう、今日、開発行為にしろ工 業技術にしろその規模はきわめて大きくなり、し たがって単にそれが本来目的としている便益以外 に,副次的ないろいろの影響をもたらしはじめた. そこでこれら得失を含んだ総合的な評価をするこ とが必要になったが、それらのうちでも特に環境 や資源などが重視すべき評価因子でありながら、 これまで除かれていた主なものであろう。もっと も、これら定量化しにくい多様な因子を技術のも たらす"利益"と同じ次元で評価するための総合 指標を作ることは容易ではなく、アセスメントに おけるこれからの重要課題であろう. なお評価基 準がこのようにきわめて多種の因子を含む総合的 なものであるから、必然的にシステムを記述する モデルは複雑なものとなりそれを解くためにはO R手法なども含めた各種数理手法が要求される.

いわゆるアセスメントということに関しては**最** 近非常に多く書かれたり述べられているが,以上 の解釈も一つの個人的見解である。

2. テクノロジーアセスメントの簡単な例

ここで規定したテクノロジーアセスメントとい うものの範ちゅうに入ると思われる, 簡単で典型 的な例を以下にあげてみる.

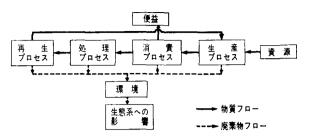
2-1 合成洗剤は石けんより有用か?

近年、石けんにかわるものとして、合成洗剤の消費はいちじるしく増加している.しかし、使いやすさなど多くの利点をもつ反面、その使用が大規模となるにつれ合成洗剤は多くの問題をもたらした.その一つは、洗剤に含まれるリンによる水域の富栄養化および起泡現象などの水質汚染である.さらに一部には洗剤の使用による手の荒れ、あるいは催奇性など健康面での障害も報告されている.そこで最近では再び"合成洗剤にかわって石けんを使うべきである"という声も聞かれるがその根拠をこのように科学的に見いだすためには合成洗剤の利点と欠点を総合的に評価することが必要である.

ここでは、合成洗剤を石けんとの比較のもとに アセスメントすることを試みた、従来 --

アセスメントすることを試みた. 従来の判断は、消費過程とか、環境影響をおのおの単独に取り上げてなされているにすぎない. しかし合成洗剤の評価を完全に行なうには、図・1に示すような、"資源"を起点とし、"環境"を終点とする"生産"、"消費"、"処理"および"再生"といった物質が変化しながら流れていく全プロセスについて検討することが必要である.

石けんに対するトータルシステムの

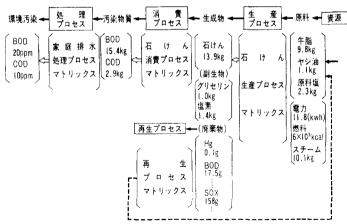


図・1 総合評価の基礎となるトータルシステム

フローの一例を図・2に示す(細部については複雑になるので省略する).評価の基準として,次にあげるものが考えられる.

- (1)天然資源の消費量(埋蔵量,涸渇度などを指標 として)
- (2)各プロセスで発生する汚濁物質の量,あるいは 環境影響の程度(環境影響評価)
- (3)各プロセスでのコスト(労働費, エネルギー費)
- (4)製品を使用したことによる便益(生活レベルの 向上)

最終的には、これら4つの評価を単一の指標で表わすことが必要である。そしてこの新たな指標を基準にして、生産工程の在り方、処理の方式など各プロセスを改めて作り直すことにより最終的には洗剤、石けんそれぞれのトータルシステム全



図・2 石けんのトータルシステムフロー

体を最適化した上で,互いの相対評価をしなければならない.現在はまだ"環境影響の程度"とか"便益"についてどうコストなどに換算するかが未解決であるので,ここでは消費プロセスの便益(洗浄力)を同一にして粉末状の石けんおよび合成洗剤の評価を行なったが,生産段階は現在のプロセスをそのまま対象とし,その工程改善の余地については検討しなかった.一方処理についてはプロセスの最適化を行なった上で石けんおよび合成洗剤を使用した時,処理コストを評価した。

データの量および質の制約から,まだ十分数値 的に正確な判定はできないが,主として消費プロセスで同一洗浄力を得る石けんと合成洗剤についてみると,生産プロセスにおいて石けんは合成洗剤より,いくらか多くのコストを要し,また副生する廃物質を多く排出する.逆に,処理過程では,ビルダーとして含まれるリンの除去のため,合成洗剤の処理コストがかなり高くなる.

以上のことを総合して合成洗剤の価値を最終的 に判断することは現時点ではむずかしい。

2-2 新幹線の望ましいスピードは?

新幹線は日本が世界に誇る技術的成果の一つとして認められてきたが、最近はその運行にともなう公害の発生が深刻な問題とされるようになった。そのためいろいろの対策が検討されているがこれらをもし総合的に評価するならば一つの興味あるテクノロジーアセスメントの対象となろう。本来は新幹線の計画時点で、"いかなる交通機関を採用するか"そして"どのようなルートをとるか"などを環境影響も含んだ上で十分アセスすることが必要であったろうが、いったん開通した時点では、既存の施設は認めた上でこれにどのような公害防止対策を施すかを全体的に評価することがアセスメント作業としてあり得るであろう。

公害(主として騒音と振動)を防止するために採 用できる対策は

- i) 防音壁や路床改良など
- ii) 路線近辺の買収・移転など
- iii) 運行そのもの (スピードや頻度) の適正化 に大別されるであろう. そしてそれらをどのよう に組み合わせ, しかも路線に沿ってどのようにそ れを配分するかを決定する必要がある. そのため の評価基準としては次の 4 点が考えられる.
 - i) 防御施設や買収などに要する費用
 - ii) 環境への影響度
 - iii) 新幹線の利用による効用
 - iv) 電力消費

ここでは取りあえず対策としては近頃話題になっている運行速度を取り上げてみる。その場合評価因子としては上のii), iii), iv)をとる。それらをきわめて単純な形で計量し、しかも線形和で総合化する。まず環境への影響度は

$$P = \int_{0}^{L} \int_{R} w(r, x) \{ w_{1} P_{1}(s, \dot{s}, x, r) + w_{2} P_{2}(s, \dot{s}, x, r) \} dr dx$$
(1)

ここに P_1 , P_2 はそれぞれ騒音と振動のレベルで,これらは速度 s と加速度 \dot{s} , および路線からの距離 r の関数で与えられる。 w_1 , w_2 はそれぞれ両者の荷重,wは人口密度などで評価される地点 xの荷重,xは東京からの路線距離でLはその全長,Rは被害のおよぶ範囲である。

一方エネルギー消費 Eは

$$E = \int_0^T e(s, \dot{s}) dt = \int_0^L e(s, s') / s dx$$
 (2)

ここに e は時間当りの列車走行エネルギー 損失 で、s'=ds/dx である。また T は L を走るに要する時間。

ところで新幹線がもたらす便益を定量化することは容易でない。ここでは非常に単純に所要時間 をセーブしたことに比例するとし

$$B=b(T_0-T)$$
 (3)
とする. なお, $T=\int_0^L (1/s)dx$ である.

最終的に評価関数として

$$J = W_p P + W_e E - W_b B \tag{4}$$

$$=W_p \int_0^L P(s,s',x) dx + W_e \int_0^L e(s,s') / s dx$$
$$-W_b b (T_0 - T) \tag{5}$$

この式を最小にするような走行条件 s(x) は、変分原理により $\delta J=0$ すなわち

$$\frac{d}{dx}\left(W_{p}\frac{\partial P}{\partial s'} + W_{e}\frac{1}{s}\frac{\partial e}{\partial s'}\right) - W_{p}\frac{\partial P}{\partial s} - W_{e}\left(\frac{1}{s}\frac{\partial e}{\partial s} - \frac{e}{s^{2}}\right) + W_{b}\frac{b}{s^{2}} = 0$$
(6)

の境界条件 $(x=0 \ L \ cs=0)$ を満たす解として求められる.

この問題は変分法のような代表的最適手法に乗る問題として定式化されるので、1つの例として紹介したが、実際問題に示唆を与えるような結果を得るのはまだ困難である。

む す び

おそらく今日、従来のあらゆる技術をこれまで

の効率最大とかコスト最少という基準による設計から、人間にとって本当の意味の"便益"を見いだし、これを最大にするように再評価しなおす時期にきていると思われる。そのためにはあらゆるシステム手法を高度に活用することが必要だろう。

ここではいわゆる,テクノロジーアセスメントの典型的なモデル化とそれに対する数理手法の適用例を示すことを目的としたが,まだまったくの初歩段階であることをご了解願っておく.

執筆者紹介.....

ないとう・まさあき 国立公害研究所 総合解析 部 1939年4

専攻:環境システム解析と計画

略歴:京都大学衛生工学科修士課程終了後,主に 廃水処理プロセスシステム設計,制御および大気 拡散シミュレーション研究に従事,現在に至る. なかすぎ・おさみ (所属)同上 1944年生

.専攻:同上

略歴:東京大学応用化学科博士課程終了後, 現在 に至る.

■企業ニュース

環境政策とコンフリフト

(財)未来工学研究所翻

未来工学研究所の環境問題研究グループでは現在,「住民意識と環境政策」(自主研究)というテーマと取り組んでいる。昨今の環境問題の深刻化にともない,住民の環境に対する欲求は高度化し,参加に対する意欲もたかまってきている。そのような状況の中で,あるひとつの環境政策が行政側から一方的に実施されれば,利害を異にする諸集団間にコンフリクトが生じるのは火をみるよりも明らかである。が,ともすればこれまで,実際面においても研究面においても,このようなコンフリクトを政策決定過程に正当に位置づけることなく,いかにしてそれを避け得るのかということに視点がおかれていたように思う。しかし,そもそも

環境政策のような社会的な政策というものは、絶対的な1つの最適解が存在するというようなものではなく、関係する諸集団間の合意によってはじめて決定されるというたぐいのものであろう。それゆえ、そこにコンフリクトが生じるのは当然であり、コンフリクトがあってその後に、合意が形成され政策が決定されることが望ましい。この研究の中でわれわれは、社会的なコンフリクトが、いかに環境政策の決定過程に正しく位置づけられるのか、いいかえれば、社会的コンフリクトが正当に機能する条件は、いかにして形成されるのか、ということをいくつかのケース・スタディをとおして考えていこうとしている。(関部雅久)