

システム・マトリックスによる環境アセスメント

SYSTEM APPROACH TO THE ENVIROMENTAL ASSESMENT

中村英夫*・稲村 肇**・岡本憲之***・大槻 忠****
By Hideo NAKAMURA, Hajime INAMURA,
Noriyuki OKAMOTO and Tadashi OTSUKI

1. はし が き

環境アセスメントの必要性が叫ばれてすでに久しい。しかしその実施に際してとるべき方法についてはまだ何らの確立された具体的なものがないため、計画担当者はその必要性を十分承知しながらも、多くのとまどいを見せているのが現状である。

環境アセスメントとは開発によって生ずるさまざまな環境変化を予測し、それによって開発行為の適否を検討し、あるいは対策を見出すという計画方法上での一つの理念である。しかしこの理念が実際の計画過程の中で生かされるためには、これが一つの工学的な方法という形にならなければならない。

理念としては全面的に是認されているにもかかわらず、環境アセスメントがその実行する具体的方法をもたないでいるには幾つかの理由がある。すなわち

(1) 一つの開発行為がどのような変化を環境におよぼすかという予測がまだ十分な精度をもつに至っていない。

(2) 環境といちがいといっても、これは空気、水、植物等々の状態という多くの事象から成り立つものであり、しかもその各々の事象は相互に関連しあっている。しかしながらこれらの相互関係を明白に記述しようとする水準には現在の科学は至っていない。

(3) 開発行為も一つだけの独立したものではなく、鉄道新設は新たな工業地や都市開発を生み出すといった開発の連鎖をもつ。その連鎖の構造は必ずしも明確ではないし、またどの範囲までの連鎖をアセスメントの対象とすべきかについての限界を客観的に見出すことはでき

ない。

(4) 環境事象の変化がわれわれにどのような影響をおよぼすのかは科学的に必ずしも明らかではない。したがってどの程度の変化まで許容しうるのかという許容限界のすべてを客観的に決定し得ず、環境事象の変化に対しての評価を一義的にくらすことは困難である。

このように環境アセスメントは本質的な困難さをもつが、これをともかく実行するためにいくつかの方法が提示されてきた。それらの主たるものをまとめると次のようになる。

1. 評価方法による分類
 - a. アドホック……………委員会制
 - b. オーバーレイ……………情報マップの重ね合せ方式
 - c. チェックリスト……………環境要素への影響をチェック
 - d. マトリックス……………行動要素と環境要因の因果関係
 - e. ネットワーク……………波及効果(環境要素間の影響関係)
2. 評価基準による分類
 - a. ステートメント法……………記述方式
 - b. チェック法……………影響があるかないか
 - c. グレード法……………5分法, 10分法
 - d. 評価関数法……………パラメーターを利用

すでに行われている環境評価手法をこれで分類したのが表-1である。アドホック法やオーバーレイ法は旧来から広く行われているが、主観的かつ定性的な域を脱し得ない。環境への影響をより網羅的に評価しようとするのがチェックリスト法、マトリックス法である。マトリックス法の代表的なものにレオポルドの方法がある。レオポルドは行動要素による環境要素への影響をそのインパクトの大きさと重要性(10段階)で評価している。しかし評価はデルファイ法などで定めるため環境変化の因果関係が必ずしも明確ではない。フィッシャー・デビスの方法は同じマトリックスであるが、行為を開発、運用などの段階に分けたこと、正負の影響を明確にし、その影響の時間的な長さを考慮したという点で改善されているが、レオポルドの方法が持っている欠陥はここに

* 正会員 工博 東京大学助教授 工学部土木工学科

** 正会員 工博 運輸省港湾技術研究所

*** 三菱総合研究所

**** 農博 新日本気象海洋(株)

も存在する。パッチルで開発された EES システムはチェックリストの範疇に分類されると考えられるが、評価関数を用いて影響を評価している点で、ある程度環境変化の因果関係が明確にされている。環境変化の因果関係をさらに明確にしようとしたものにソレンセンの方法がある。それは開発などの行為から環境への影響の関係を一連のネットワークとしてとらえ、マトリックス表示している。しかしこの方法は影響の大きさを評価しておらず、評価方法としては不十分であると考えられる。さらに上記のほとんどの方法においては余りにも多くの評価要因を持ち込み、実際には各個の要因についての分析評価を粗雑にさせる可能性も持っている点や、また現実の計画に際しての環境アセスメント方法という立場から見ると、これらは従来の計画や設計という工学的過程と全く独立したものとして取り扱っている点にも問題がある。

本研究においては上記のようなすでに提案されたいくつかの方法の持つ問題点を認識し、工学における設計過程を念頭において、アセスメントの方法をつくり出してゆくものである。

2. 本試論の基本的立場

環境アセスメントは現在その黎明の時期にある。現在はほぼ確立されたとみられている構造物の設計法にしても、その黎明期においては、たとえばある荷重条件下での構造物の挙動は現在のように理論的に明確にされていたわけでもなく、その挙動の下での構造物の個々の部材の状態が応力状態という形で記述されるべきであるという考え方が確立していたわけでもなかった。

その場合、設計は設計者の経験をもとにして簡略な計算により荷重下の構造物の挙動を予測し、必要に応じて補強材を加え、破壊することのない構造物を設計していった。そして、理論の不備による予測の不確実さは、少々の不経済性はあっても安全側での設計を行うという方法によって補っていたのである。そうした方法での設計の経験の積み重ねは、新たなより信頼しうる理論を生みだし、より客観性のある信頼性の高い設計法へと徐々に進展させていったのである。

先に述べたように環境問題においては、多くの科学的に未知な点が残されており、開発（荷重）がどのような影響を社会に、自然に与えるか（挙動）は必ずしも明確ではないし、その時の状態をどのような指標（応力）により表現し、評価するのが最も良いかは明確ではない。しかし、だからといって環境アセスメントの実行をためらっては、いつまでたってもより優れた方法は生まれてこないし、それにより開発は危険な取り返しのつかない環境破壊をもたらすか、あるいは真に必要な開発を

も行い得なくする可能性をもつのである。したがって現在においては開発のもたらす環境変化の予測は、たとえ絶対確実な予測や評価方法でなくても、現状で手にしうる限りのものを適用して行い、その不備な所は安全側に適用するという基本的立場で進めるべきであると考えられる。

このような考え方に立って構成される以下に述べる土木計画における環境アセスメント方法においては、次のような点に特徴づけられる。

(1) 土木建設のもたらす自然環境への直接的影響とともに、その開発効果として生ずる土地利用変化などの社会的な波及現象より生ずる間接的影響をも検討対象とする。

(2) アセスメントは、計画の各段階において行い、その各段階において考慮すべき地理的範囲、対象や項目は、従前の経済効果などの測定の場合に対応させるものとする。

(3) この計画にかかわる全体の環境問題を、それを構成する幾つかのサブシステムの集まりとして表わし、その間の関連を明示的にマトリックス表示する。

(4) 予測方法等は現状において適用しうるものを用いるが、まだ確立されていないものはそれらの幾つかの方法を併用する。純粋に客観的な予測が出来得ない部分は、複数の専門家による評価をもって代える。

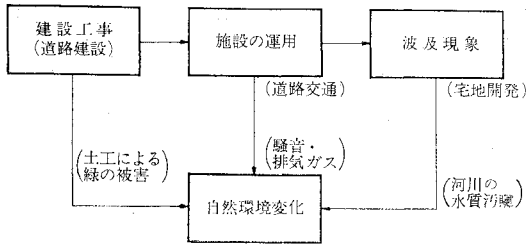
(5) 何も建設しない、すなわち現在の状態のまま推移した場合についてもまったく同様のアセスメントを行い、これを計画評価の一つの基準とする。したがって評価は現状あるいは現状の推移した状態との相対的差異に基づく。結果は明瞭な形で表現し、計画の評価に際しての便をはかる。

3. 環境を構成するサブシステム

環境評価手法について論ずるにあたり、まずここでは対象とする環境問題について、次のような捉え方を試みる。すなわち、以下に述べる通り、環境問題を開発行為（環境改善のための対策を含む）、環境事象、地域特性条件、被影響事象（生態的影響および社会的影響）の4つのサブシステムから成り立つ構造で捉えることにする。

(1) 開発行為（環境影響要素）

道路を建設するといった開発行為は、何らかの形で環境に影響を与えるものであり、したがって環境に対しての制御変数と考えることができる。環境の制御という点から捉える限り、防音対策や水質浄化対策といった環境改善の対策も、この開発行為という枠内で捉えられる。一方これに対して環境はその制御変数やその他の外的条



図一 施設建設の環境への影響 ()内は例

件によって定まる状態変数として考えることができる。開発行為が環境におよぼす形態は、図一1に示されるように建設工事によるもの、完成した施設の運用によるもの、その波及効果によるものに分けて考えることができる。

a) 建設工事

建設工事に関しては、これを切取工、捨土工などの工事種別に分け、そのおのおのを工法、使用機材、工事期間、工事数量などで表現する。

b) 運用

これは、建設が完了してその施設が供用されたときに生ずる運用の形態、あるいは状態を示すものであり、たとえば道路であれば、その交通量、車種構成、走行速度などによって表わされるものである。

c) 波及効果

施設の計画あるいは供用に伴って生ずる開発の波及効果は、その地域の環境に大きな影響をもたらす。したがってこの波及効果は、先の建設工事や運用のように直接的な環境の制御パラメーターではなく、上の運用の結果として予測されるものである。波及効果すなわち二次的開発は、主として土地利用形態の変化として把えれば十分であると考えられる。すなわち住宅地面積、工業地面積(工業種別ごと)などで表現し、さらにそのおのおのを人口、工業出荷額などの指標で説明することが必要である。

(2) 環境事象

開発行為は、図一1に示したような形で、その周辺環境になんらかのインパクトを与え、種々の現象変化を生じさせる。この現象をここでは、環境事象とよぶ。環境事象はその現象形態とその構成要素すなわち環境要因とから形作られる。浚渫埋立の場合、それに基づく環境変化の現象形態とは水質汚染、海中光量の減少、地形の変化あるいはそれに伴う海洋生物、生態系の被害などがそれであり、またその構成要素すなわち環境要因とは、水質汚染の場合、濁り(懸濁)、物質(SS)、溶存酸素(DO)、有機物、栄養塩類(Total-N, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ など)、微量重金属(Hg, As, CN, Cd など)、

酸性かアルカリ性か(pH)などである。

現象形態を定量的に表現することはきわめて困難である。それゆえ環境事象は、定量的には構成要素により表現されねばならない。したがって現象形態はその幾つかの構成要素の値の集まりとして表現される。構成要素の測定尺度は一般にさまざまな物理的、化学的尺度である。

(3) 地域特性条件

地域特性条件とは、化学反応における触媒のごときのものであり、環境事象あるいはそれより引き起こされる被影響事象を増幅したり、または減殺したりする効果を有するものである。地域特性条件は自然的条件と社会的条件とに分けられる。

ある開発行為がなされた場合、考慮すべき特性条件としては、環境事象に関連する自然的条件と主として被影響事象のうちの社会的影響に関与する社会的条件が考えられる。たとえば港湾建設の場合それらの条件としては、次のようなものが挙げられる。

a) 自然的条件

気象および海洋(気候、風、波浪、潮流、潮汐など)
地象(海岸線、海底地形、地質、底質など)
水文(地表水系、河川、地下水系、水質など)等

b) 社会的条件

土地利用形態、昼夜間人口、業種別就労人口等

(4) 被影響事象

a) 生態的影響

環境事象はその結果として生態系に影響をもたらす。この生物への影響を、ここでは被影響事象として捉える。すなわち水質汚染、地形の変化、潮流の変化などの環境事象は、やがて生物、生態系などへの影響をもたらす。このような生態的影響としては、家畜、植物、野生動物、鳥類、藻類、魚貝類、プランクトンなどへの影響が挙げられる。

生物への影響においては、影響の連鎖関係を無視することはできない。したがって生態的影響は相互関連を表現しうる形で示されることが必要である。

b) 社会的影響

生物への影響は物質、財産の価値低下や人間活動の阻害などを引き起こし、社会的影響をもたらす。また環境事象のあるものは、このような生態系の連鎖を経ずに直接に、人間の健康あるいは社会生活に影響をおよぼす。この社会的影響としては、以下の事項が考慮されるべきであろう。

(a) 健康の阻害

不快感、呼吸器系の疾患、難聴、睡眠不足など。

(b) 生活の障害

通信の妨害、洗濯物の汚れなど。

(c) 資源の喪失

生産活動の阻害、建造物などの劣化、土地・漁場・観光資源等の価値低下、喪失など。

4. アセスメントのプロセス

(1) 環境アセスメントの実行方法

ひとつの計画において、環境変化の大きさが環境要因のある値として予測された時、その計画を破棄すべきか、あるいは改善すべきか、あるいはそれを当初の計画案のまま推し進めてよいかは、その環境事象の変化が設定された基準の範囲内にあるか否かによって判断されるべきであろう。こうした許容基準は、たとえば道路騒音や水質において見られるように、幾つかの環境要因についてはすでに設定されている。しかし、たとえば道路の初期の計画段階で、ある地域全体での騒音被害程度により計画を評価したい時にはこの基準はそのままでは使えないし、またたとえば緑の変化や喪失を評価したい時にはその基準もたてられていない。このような計画の各段階で用いるべき環境要因すべてについて、騒音基準のような値が設定されることは不可能に近い。そのためわれ

われはそのような要因については、各要因についての要素論的な議論より生み出された基準でなく、全体的な見地から、また被影響事象からみた形で評価すべきであって、すべて一律の基準での計画の評価はし得ないと考える。そこでここでは次のような過程により計画の環境アセスメントを進めるべきであるとする。

いま、計画のある段階で一つの計画案が作成され、これは費用対効用分析的な観点からは十分実行するに足る計画案であることがはっきりしているとする。その時その計画の実行により直接的、間接的にもたらされる各環境要因の変化を予測し、基準が確立されている要因については、その予測値が設定された基準の範囲内にとどまるものであるかを調べる。予測される値が設定された基準の範囲内にはその計画案を変更、改善する。許容しうる範囲内に環境変化をとどめる計画改善案が技術的、経済的に成り立ち得ない場合は、その計画は破棄せざるを得ない。環境基準値の確立されている各環境要因が基準値の限度内にある場合は、さらにこの計画段階で考慮されるべきその他の環境要因の変化が全体的な環境システムにおよぼす影響を検討し、それが重大な環境破壊を招来するものでないかを調べてその計画代替案が全体的な環境上の見地から許容しうるか否かを検討する。

(2) 計画の段階と環境要因の変化予測

一般に計画はハイアラーキ構成をもっている。たとえば道路計画においては計画は構想計画、基本計画、整備計画、実施計画という四段階を経て実施にうつされるのが通常である。計画案のもたらす効用はこの各段階で、たとえば費用便益分析といった手法での経済的尺度で測定評価され、また技術的可能性も各段階で検討される。そのときこの評価対象となるシステムの範囲も、また評価の項目も、図-3において一例が示されるように各段階でそれぞれ異なるものである。計画案は各段階で破棄されるものは消え、採用されたものだけが残って次の段階へと進み、さらに高い精度をもった計画案につくり上げられてゆく。このハイアラーキ構成による検討は、環境への影響を検討する場合にも、環境アセスメントを実際の計画において実施するためには不可欠である。そのためまず各段階で検討対象とすべきシステムの範囲と、考慮すべき開発行為の種別と、それに起因する環境変化の現象形態を明確にすることが必要である。これらの設定は図-3において示されるような旧来の経済性その他の調査において各段階でとられる対象や範囲、精度などに対応させて行うのが妥当であろう。次に環境変化の現象形態よりそれを表わす環境要因を選び出し、この変化を予測しなければならない。

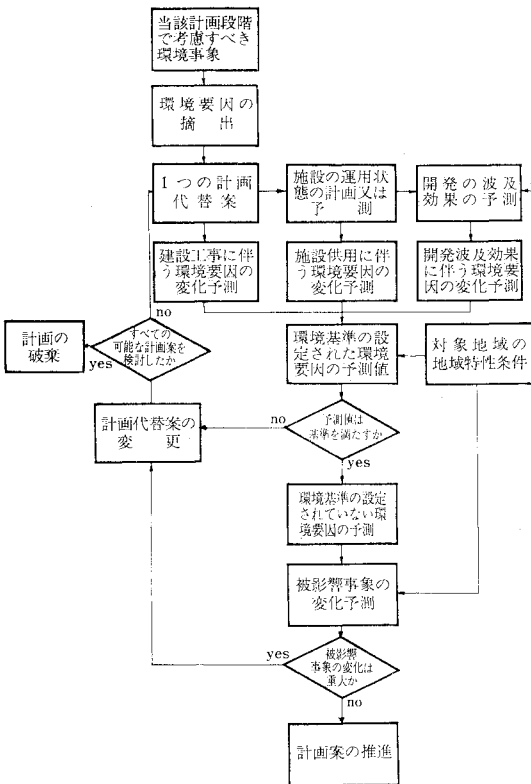


図-2 本方法における過程

環境要因の変化予測は、各開発行為の内容とその地域特性条件により求められるものであるが、これは既存のモデルや過去の測定値、あるいは原単位表などが用いられる。すでに設定された環境基準が存在する環境要因については、予測された値が基準を満たすか否かを調べ、満たし得ないときは計画案を改善することが必要となる。

(3) 環境システムマトリックス

われわれがここでとりあげる環境要因のいくつかは、いわゆる環境基準の形でその許容値を設定することがきわめて困難なものである。しかしながら、われわれは予測された環境要因の変化を何らかの形で評価することが必要である。

そのためここでは環境要因の変化が人間、生物などに対してどのような程度の影響を連鎖的におよぼしてゆかかを逐次的、明示的に表現し、その結果としてその影響の個々(被影響事象)がどの程度の大きさであるかを示して評価の資料とすることを試みる。この場合、開発行為(たとえば埋立工事など)と環境要因(濁度SS)との関係はPという、環境要因(濁度)と被影響事象(プランクトン)の関係はQという、被影響事象同士の関係(プランクトンを魚類、魚類と漁場資源)はRというマトリックスでそれぞれ表わされている。図-4はこの関係を示している。このように個々の現象間の関係を要素とするマトリックスで全体のシステムを表現するので、われわれはここに示す方法を環境システムマトリックス法とよぶことにする。

その具体的方法を一つの空港滑走路の海面埋立による延伸工事の実施計画の場合を例にとって段階的に示してみよう。

ステップ 1. 開発行為と環境要因の関連

先に述べたように、開発行為の個々より予測されるおのこの環境要因の値を求め、これを

$$P = \begin{matrix} \text{開発行為} \\ \text{環境要因} \end{matrix} \begin{pmatrix} p_{11} & \dots & p_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ p_{m1} & \dots & p_{mn} \end{pmatrix}$$

として表わす。ここでとられた開発行為および環境要因は、表-1および表-2に示されるものである。

ステップ 2. 環境要因と被影響事象の関係

各環境要因が被影響事象のおのこのにおよぼす影響の度合は次のマトリックスQで表わされる。

$$Q = \begin{matrix} \text{被影響事象} \\ \text{環境要因} \end{matrix} \begin{pmatrix} q_{11} & \dots & q_{1l} \\ \vdots & & \vdots \\ q_{m1} & \dots & q_{ml} \end{pmatrix}$$

被影響事象は、生態的影響事象と社会的影響事象とに大きく分けて考えることにし、その内容は表-4に示されるものである。社会的影響事象としては、人間の活動に対する影響を考慮しており、環境要因から直接影響

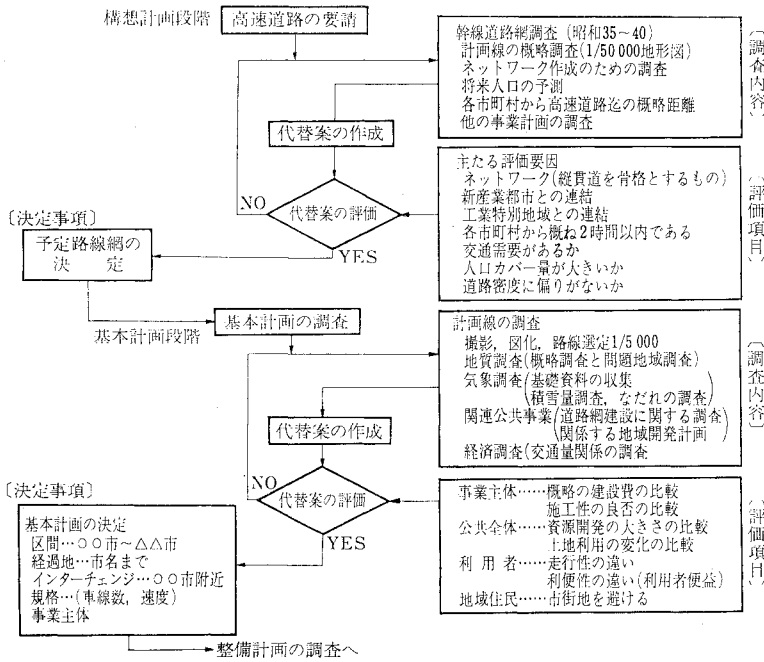


図-3 計画段階ごとの調査内容と評価項目の一例(従来の高速道路計画の場合)

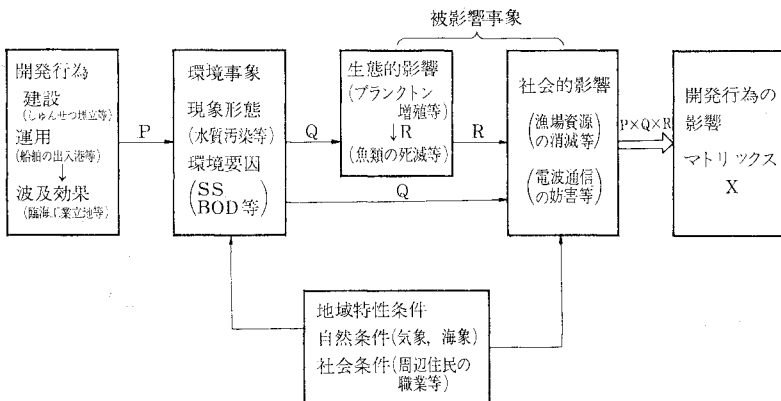


図-4 各サブシステム間の関係()内は例

を受けるものと、生態的影響事象を通して影響が現われるものがある。したがって実際には、環境要因から被影響事象への影響の度合がこの段階で直接評価されるのは、前者すなわち図-5に示されているマトリックスQの斜線を施した部分だけである。

ステップ 3. 被影響事象相互の関係

各被影響事象が相互におよぼし合う影響の度合をマトリックス R で表わす。

$$R = \begin{matrix} & \text{被影響事象} \\ \text{被影響事象} & \begin{pmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & \dots & r_{nn} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

ここでは、生態的影響事象相互の影響関係、および生

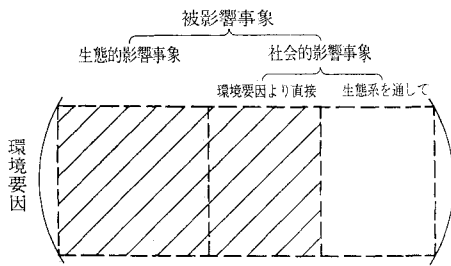


図-5 環境要因から被影響事象への影響の評価

態的影響事象から社会的影響事象への影響だけを考慮しており、社会的影響事象相互の関係、および逆に社会的影響事象から生態的影響事象への作用は考えないことにする。したがって図-6のマトリックス R において相互影響の度合が示されるのは、プランクトンの量が魚貝類におよぼす影響といった生態的影響事象間の関係を示す図-6(1)の斜線部と、その結果として生じた魚貝類の生息状態の変化が漁業に与える影響のような生態的变化の社会的事象への影響を示す図-6(2)の斜線部の部分においてである。それゆえ、このようなプランクトン

表-1 代表的な評価手法(例)

形式	方法	ステートメント法	チェック法	グレード法	評価関数法
アドホック	各種審議会等				
オーバーレイ	事例多数				
チェックリスト			影響の有無をチェック事例多数		パッチルEES
マトリックス			ソレンセン	レオポルド(10分法)イエス/ノー/ディゼス(3段階, 分法)	
ネットワーク					

表-2 開発行為のリスト

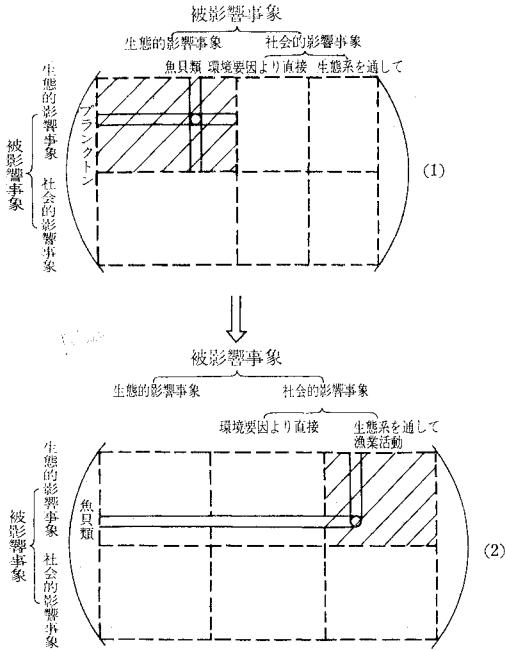
建設														運用				波及			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
伐関表土除去	掘削	盛土	排水	運土	締め固め	整地	しゅんせつ	埋立	舗装	焼却	爆破	建設資材・その他の廃物	諸施設の建設	航空機の運行	整備施設の使用・運用	燃料給油施設の使用・運用	公衆衛生施設の使用・運用	保安施設の使用・運用	その他の空港関連施設の使用・運用	アクセス交通(自動車・列車・船舶)	空港関連産業の立地

表-3 環境要因のリスト

大気汚染						水質汚濁						騒音	地形・植生等		その他		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
イオウ酸化物	窒素酸化物	炭化水素	オキシダント	酸化炭素	浮遊粒子状物質	溶存酸素	大腸菌群数	pH	COD	栄養塩類	水温	濁り	微量重金属	フォン尺度(DBA)	緑被率	堆砂量	フラクタル評価度

表-4 被影響事象のリスト

生態的影響										社会的影響																
水生生物			陸生植物			陸生動物				健康生活						資源・産業活動等					生活の障害					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
プランクトン	水・海藻類	魚貝類	水鳥(渡り鳥)	地衣類	草花・農作物	その他	野生動物	鳥類	家畜	呼吸器・循環器疾患	目の痛み	ストレス	難聴	休息・睡眠障害	行動阻害	景観の変化	建造物の劣化	農業活動への阻害	漁業活動への阻害	土地の価値低下	レクリエーション活動の阻害	洗濯物のよごれ	ブライバシーの侵害	言語通信の妨害	電波通信の障害	危険性の増大



図一六 被影響事象相互の影響の度合の評価

が漁業におよぼす影響のごとき生態的相互関連を通じての社会的影響を求めるとは、このマトリックスは次節 c) において示されるように繰り返し計算されることが必要となる。

ステップ 4. 開発行為と社会的影響事象との関係

ステップ 3. までで、すべての社会的影響事象に対する影響の度合が評価されたことになる。ここで改めて各開発行為が社会的影響事象におよぼす影響の度合をマトリックス X として表わしておく。

$$X = \begin{pmatrix} \text{社会的影響事象} \\ \text{開発行為} \\ \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1l} \\ \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{ml} \end{pmatrix} \end{pmatrix}$$

以上ステップ 1. ～ステップ 4. で述べたように、開発行為から社会的影響事象に至る影響の流れをマトリックス P, Q, R の形でとらえ、さらにこれらのマトリックスの間の次節に示されるような演算によって、開発行為が社会的影響事象に与える影響の度合 X を評価しようとする試みが環境システムマトリックス法である。

$$P, Q, R \Rightarrow X$$

5. マトリックスの作成

前節では評価の各ステップにおける影響関係をマトリックス P, Q, R, X の形で表わすことを述べたが、ここでは具体的にどのようなマトリックス演算によって実際に影響の度合を評価してゆけばよいかを考える。利用可

能なデータ、研究の発達段階等によって可能な評価方法は大きく制約されるが、ここでは現状においても可能と考えられる一つの試みを提案しておく。

a) 環境要因の値の予測 (マトリックス P を利用)

アセスメント対象地域の特質を考へて、地域をいくつかの地区に分割する。各開発行為が影響を与える環境要因をチェックし、かつそれらの環境要因の値を対象地域の自然条件を考慮した上で予測する。このとき分割された各地区内では環境要因の値は一定と考える。表一五ではたとえば浚渫によってある地区の溶存酸素の値が 3.0 ppm として予測されている。

b) 環境要因と被影響事象との関係

各被影響事象に対する影響の度合を 10 段階法により評点する。評点の意味は、被影響事象の状態に応じて表一六に示す通りである。

次に具体的な評価の手順を示す。

手順 1.

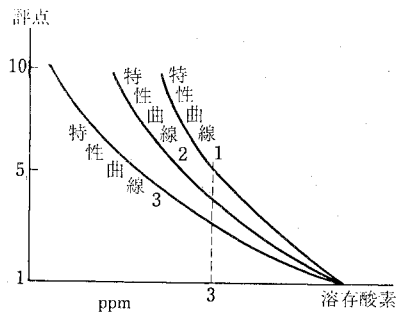
被影響事象に対する影響の度合の評点は、各環境要因の値との関係を示す特性曲線を利用することによって行

表一五 環境要因の値の予測

環境要因	環境要因			
	窒素	酸素	溶存酸素	フオン度
開発行為				
浚渫	—		3.0 ppm	—
航空機の運行	—	—	—	—

表一六 被影響事象に対する影響の度合の評点

評点	意味
1	被影響事象の状態は極めて良好
?	中間的意味に解釈
5	被影響事象の状態がこれ以上悪化すると好ましくない
?	中間的意味に解釈
10	被影響事象の状態は極めて悪い



図一七 各環境要因の特性曲線 (3種類)

表-7 特性曲線の指定

被影響事象 環境要因	生態的影響事象			社会的影響事象	
	魚貝類	水鳥	電波通信の妨害
溶存酸素	特性曲線 1	特性曲線 3			
フラッター評価度				特性曲線 3	

われる。特性曲線は図-7に示すように、各環境要因ごとに(図-7の例では溶存酸素)あらかじめ3種類用意されており、それぞれ特性曲線1, 2, 3の順に、被影響事象に対する影響の仕方が緩やかになっている。

手順1. では、各環境要因に対して、それから影響を受ける被影響事象をチェックし、かつどの特性曲線を利用して影響の度合を評点するかを指定する。たとえば表-7の酸化物の例では、魚貝類に対する影響の度合を評点するのに、溶存酸素に関して用意された3つの特性曲線のうち、1番目のものが利用されることを示している。したがって魚貝類は溶存酸素の影響を非常に受けやすいことになる。

手順2.

手順2. は、すでに予測されている各環境要因の値から、表-6で指定された特性曲線を利用することによって、実際に被影響事象に対する影響の度合を評点する。たとえば先に溶存酸素の値が3ppmと予測されているとして、溶存酸素が魚貝類におよぼす影響の度合は、表-6により特性曲線1. を利用することが指定されているので、図-7より5.0と評点される。

特性曲線の設定は、各環境要因ごとに①望ましい水準、②環境基準の水準、③既存の劣悪な例等を参照し、これらの各水準に評点し、5および10を与えることを目安にして専門家の判断によりその曲線形を決めることによって行う。

手順3.

各被影響事象に対して、それぞれの環境要因からの影響の度合が評点されたら、次はこれらの評点の中で最も大きな値をもってその被影響事象に対するこの段階での影響の度合とする。すなわち、開発行為*i*から被影響事象*k*へのこの段階での影響 y_{ik} は、

$$q_{jk} = f_{jk}(p_{ij})$$

$$y_{ik} = \text{Max}_j(q_{jk}) \quad j=1, 2, \dots, n$$

により評価される。ここで f_{jk} は、環境要因*j*と被影響事象*k*との間の特性曲線によって示される関係である。

この結果

$$Y = \begin{matrix} \text{開発行為} \\ \text{被影響事象} \end{matrix} \begin{pmatrix} y_{i1} & \dots & y_{ik} & \dots & y_{il} \\ y_{i1} & \dots & y_{ik} & \dots & y_{il} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{m1} & \dots & y_{mk} & \dots & y_{ml} \end{pmatrix}$$

がつくられる。

c) 被影響事象相互の影響(マトリックス *R* を利用) ここでは被影響事象相互の影響関係を考慮したうえで、最終的にすべての生態別、社会的影響の度合を評点する。その具体的な評価の手順は次の通りである。

手順1.

最初に生態的影響事象だけの相互影響関係をチェックし、かつマトリックスのチェックされた欄にその影響関係の強さの重みを記入する。重みは0から1までの数値であり、まったく影響関係のない場合には0が、逆に表裏一体のいわば補食関係にある場合には1が記入される。ここで同一事象間の影響関係の重みは常に1にしておく。表-8の例では、プランクトンから魚貝類への影響関係の重みが0.9、水、海草類から魚貝類への影響関係の重みが0.8であることが示されている。

手順2.

次に各生態的影響事象に対応するマトリックスの列(たとえば表-8の魚貝類の例では斜線を引いた部分)について、その生態的影響事象に影響を与える他の生態的影響事象の先に求められた評点 y_{ik} を初期値として、これにそれぞれの影響関係の重み r_{kh} (表-7では0.9, 0.8, 1)をかけ、得られた値の中で最も大きなものをもって新たにその生態的影響事象(表-7では、魚貝類)への影響の度合を示す評点とする。すなわち、開発行為*i*から被影響事象*h*への影響 x_{ih} は、

$$x_{ih} = \text{Max}_k(y_{ik} \times r_{kh})$$

によって評価され、次のマトリックス *X* がつくられる。

$$X = \begin{matrix} \text{開発行為} \\ \text{被影響事象} \end{matrix} \begin{pmatrix} x_{i1} & \dots & x_{ih} & \dots & x_{il} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{i1} & \dots & x_{ih} & \dots & x_{il} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mh} & \dots & x_{ml} \end{pmatrix}$$

他の生態的影響事象についても同様の演算を行う。このようにしてすべての生態的影響事象について新たに評価された評点を使って、同じ手順を繰り返し収束計算を

表-8 生態的影響事象の相互関係

生態的影響事象	プランクトン	水・海草類	魚貝類
プランクトン	1	-	0.9	
水・海草類	-	1	0.8	
魚貝類	-	-	1	

する。この収束値が、生態的影響事象への影響の度合を示す最終的な評点となる。

手順 3.

次は生態的影響事象から社会的影響事象への影響を考える。ここで考慮される社会的影響事象は、先にも述べたように、環境要因から生態系を通して間接的に影響を受けるものだけである。

これらの影響関係の考え方は、先の生態的影響事象相互関連の場合とまったく同じである。ただし社会的影響

表-9 生態的影響事象から社会的影響事象への影響関係

被影響事象		社会的影響事象	
		漁業活動	農業活動
生態的影響事象	漁貝類	0.8	
	草花・農作物		0.9
社会的影響事象	漁業活動	1	
	農業活動		1

事象自身の相互関連、および逆に社会的影響事象から生態的影響事象への影響は考えていないので、ここでは収束計算をする必要はない。表-9 では、魚貝類から漁業活動への影響関係の重みが0.8であることが示されている。

この段階ですべての社会的影響事象に対する影響の度合が最終的に評点されることになる。

d) 結果の表現 (マトリックス X を利用)

ステップ(1)~ステップ(3)の手順によって、各開発行為から社会的影響事象への影響の度合が求められたら、さらに各地区、各代替案について同様の評価を行い、表-10 に示すような形で表示する。

あるいは図-8 に示すように、各地区について、開発行為ごとに代替案を比較するためのグラフを作成する。

表-10 総合評価

社会的影響事象		開発行為				
		1	2	I		
代替案 1	地区 1	開発行為 1	8	3	6	
		開発行為 m	2	6	5	
	地区 2					
	地区 3					
	地区 4	開発行為 1	5	4	7	
		開発行為 m	4	4	7	
	代替案 2	地区 1				
		地区 2				
地区 3						
地区 4						
代替案 3	地区 1	開発行為 1	5	6	3	
		開発行為 m	3	1	1	
	地区 2					
	地区 3					
	地区 4	開発行為 1	9	10	6	
		開発行為 m	8	3	7	

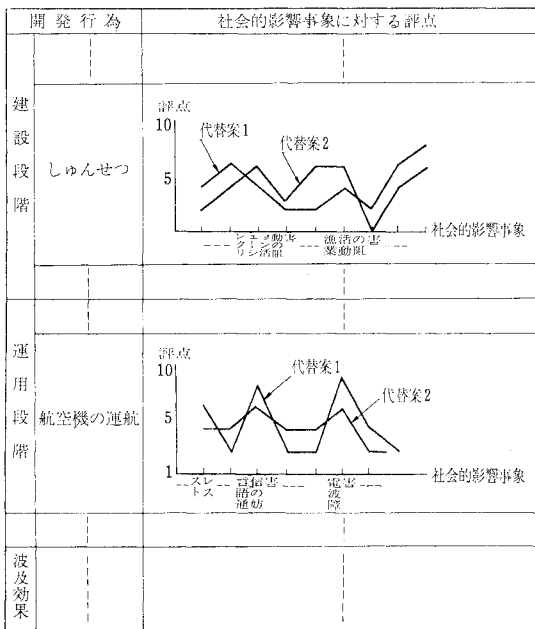


図-8 開発行為ごとの代替案の比較 (1つの地区について)

6. む す び

以上述べてきた環境システムマトリックスによる環境評価方法の特徴的な点をまとめると次のようにいえよう。

(1) 環境の評価を計画の段階と対応させることにより考慮すべき対象や範囲を限定し、大小まちまちな影響のリストアップを避け、実用の便を図っている。

(2) 環境変化の因果関係を構造的に把えているため、後で評価のプロセスをフォローすることが可能である。

(3) 環境変化の構造を3種のマトリックスで順次把えているため、環境変化を中間段階で評価することが可能であり、さらに評価の較差に関する論点が明確になる。

しかしながら本方法でも依然として予測の不確実性の問題が内包されているし、また影響の時間的な長さや復元性などについての明確な記述もされていない。これらの解決は実際への適用とそれからの改良進歩をまつほかはない。

このように本論文で示した方法はまだ不備な点も多く、その実用可能性については多くの問題もあろう。そのためこの方法に対しての多くの批判、検討を期待するものである。しかし現状においてはこのような方法を現実に適用し、その経験を踏まえつつ、その中に存在する問題を改善し、解決することも1つのアプローチとして大いに必要であると考えられる。

なお本方法は48年度に運輸省安全公害課の協力のもとで環境アセスメントの方法論についての研究がはじめ

られたとき、それに参加した著者らが研究に着手し、その後さらに東京工業大学社会工学科中村研究室を中心としてその研究を進めた結果をまとめたものであり、その際著者の一人中村が提案した方法を、その後、稲村 肇、岡本憲之、大槻 忠らが部分的に修正し現在の形に至っているものである。この研究にあたっては多くの方々から貴重なご意見をいただいた。特に東京工業大学社会工学科 内山久雄氏、布施徹志氏などに貴重な示唆と研究協力をいただいた。ここにその旨を記し感謝の意を表したい。また本論文の適用性については、東京工業大学大学院（現千葉県庁）柿栖康考君がその修士論文で調査検討し、また運輸省大臣官房安全公害課および港湾局を中心として昭和49年度にそれぞれ本論文での概念構成をとり入れたケーススタディーないし実用化のための研究が行われ、すでにその中間的結果の報告がなされていることを付記しておく。

参 考 文 献

- 1) Maurice L. Warner, Edward H. Preston : A Review of Environmental Impact Assessment Methodologies, EPA April 1974.
- 2) Luna B. Leopold, Frank E. Clarke, Bruce B. Hanshaw and James R. Balsley : A Procedure for Evaluating Environmental Impact, 1971.
- 3) Fischer D. and G. Davies : An Approach to Assessing Environmental Impacts, Journal of Environmental Management, Vol. 1, No. 3, July, 1973.
- 4) Norbert Dee, Janet Baker, Neil Drobný, Ira Whitman and Dave Fahringer : An Environmental System for Water Resource Planning, June 1973.
- 5) Jens C. Sorensen : A Framework for Identification and Control of Resource Degradation and Conflict in the Multiple Use of the Coastal Zone, June 1971.

(1975.6.26・受付)