環境問題とOR

恒例のORサロン第7回は，OR学会が，環境庁から委託されました環境問題に関する報告書「自然環境における影響伝播モデルの策定に関する予備調査報告書」がまとめられたのを機会に，「環境問題」と「OR」の関連について話し合っていただきました．

環境庁からの委託研究の経緯

A 昨年の6月ごろに，環境庁から環境アセスメント法案に関して諸々の準備作業が必要であり，その中の1つの方法論に関する作業で，まず予備的な調査を昨年度中にやりたいとし，それらに関する作業を翌年，翌々年に継続させていきたいので，協力してほしいという話があったわけです．環境庁の中に，環境影響評価システムという研究委員会ができまして，野村総研，三菱，政策科学研究所，国立公害研究所の委員の方々と，環境アセスメントに必要なあらゆることを分担して予備調査を実施していくために，まず各委員が自分の責任範囲を持ち，それぞれがワーキング・グループをつくって調査し，報告書を提出するという手順が9月頃にきまりました．環境アセスメントに関する具体的な研究テーマについて，意見の一致をみるまで多くの時間を要したため，5グループにわかれて環境アセスメントに関する技術的な側面の調査を行なうということで一括契約になりましたのが12月17日でした．

その1つが，モデルに関する委託研究で日本オペレーションズ・リサーチ学会の担当になったわけです．

実際の作業が1～3月で，報告書作成が3～4月という非常に短かい期間で，この報告書は作成されました．われわれのテーマのほかに，「自然生態系におけるモデルの話」(野村総研)，「住民参加の形態・状態に関するもの」(政策科学研究所)，「アセスメントの評価のシステムに関して」(三菱)，「トータル・システムについて」(国立公害研究所)というテーマの調査が行なわれ，全体がとりまとめられました．私たちが担当しましたのは，上記の5つのテーマのうちの1つの調査報告でして，環境庁への報告書の1分冊になります．5分冊を通してお読みいただければ，全体像が明確になるのですが，全体の編集方針にしたがってまとめましたため，1分冊だけ取りだしてお読みいただいた場合には，かなり読みづらくなってしまいました．

いま，私たちが担当しました報告書を，1冊単独に読めるように配慮して編集しなおすか否かは検討中ですが，そのうち，オペレーションズ・リサーチ学会の委託研究報告の報文集としてまとめるつもりです．

環境問題への接近

B 5年くらい前から大気汚染のシミュレーション・プログラム，水汚染の問題等と取り組んでいます．これらの汚染の問題で，地域を相互に比較して，どこがどう違うのかを明確にすることが汎用的なシミュレーション・プログラムをつくるうえで必要なわけです．地形の差とか，大気の安定の違いとか，そういうものを1つの関係式だけで全部の地域に合わせることは非常にむずかしい．その点をどう補なっていけばよいか，いま考えているところです．

C いちばん興味を持って注目している点は，先日，某新聞等の後援で開かれましたシンポジウムでも話題になったことですが，トレード・オフの関係ということです．

環境を第1とする立場は，もちろんうなずけるのですが，それを保障するための経済の発展ということを，どうやって組み込んでいくかということに，現在の時点ではいちばん興味を持っております．

D 環境アセスメントについては，はじめ米国ではテクニカル・アセスメントと言っていたようですが，日本では，テクニカルという言葉を用いずに，環境影響評価という言葉を用いているわけで，あまり範囲が広いので，それに取り組まれる方が手につかない形ではないかと感じております．いま，いちばん困っていることは，ORワーカーと自任している私の役割はどこなのであろうかということです．また，下向きの要因が新しく入ってき

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

て，いままで非常にうまくいっていた考え方に，逆の効果が新しくでてきたということがよくあるのですが，そういう場合を解決するORの手順がはっきりするといいと思います．

E 再資源化問題に関して，生産量，公害発生量，処女資源使用量，再資源化量などの間のトレード・オフ関係をシステム的に解決するために，産業連関表を拡張して研究しています．いちばん肝心なデータの収集に苦労しまして，データを提供していただける機関があるといいなとつくづく感じております．

F 航空機の騒音，新幹線の反射および都市の難視といわれるビル影，ビルの反射の問題のように，社会が変わってきたというか，環境が変わってきたことによってでてきた問題の対策に力を入れています．騒音の調査，分析については，*A*氏他による環境庁の報告書に，いろいろな場合について述べられているようです．

G 米国のノース・ウエスタン大学等に11年ばかりおりました．私は，もともと衛生工学をやっていまして，水汚染などの公害問題から入り，ノース・ウエスタンでリニア・プログラミングの権威のアブラハム・チャーンズのところで，いかにシステム分析を公害関係に応用するかについて勉強してきました．システム分析，システム・マネージメントを公害の問題であつかうときに，いちばん問題なのは，問題をよく理解して，問題に適した手法を使うということ，手法があるから，それを使う問題があるかというふうに逆に探すのではなくて，問題にもっとも適した手法を使うことが大事ではないでしょうか．

ORを使う場合に非常に複雑な式を使えばいいということではなしに，手法そのものは簡単でもいい．また，いくらいいモデルがあっても，悪いデータを入れれば，悪い結果しかでないというわけで，いいデータがないと，いくらいいモデルを考えても駄目であるという感じがしております．

H コンピュータの仕事をしているので，環境アセスメント関係の仕事にもあるていど携わっております．一般に，建設という行為そのものが，環境を変化させるという行為をともなうために，昔から，環境問題はやらなければならない問題でした．実際に，建設途中の濁水とか騒音の問題などのような個々の問題については，かなり前から，環境アセスメントと同じ仕事を行なっております．超高層ビルの建設やダムの建設，海上の埋立工事，高速道路，新幹線建設等の行為について，それらによる環境の変化を十分研究予測をして進めてきたつもりですが，周辺の自然や，また，社会的にかなり環境の変化をおこしてしまっております．最近では，さらに広範囲の開発が行なわれるようになり，工場も工場団地として開発されることが多くなるし，石油基地も，1つの区の大きさぐらいの海を埋立てるスケールとなってきております．そのため，現在では，いまの技術では追いきれなくなる部分もでてきております．また，予測の裏づけがなかなかとりにくくても，あるていどの予測を立てなければならないという問題がかなりたくさんでてきております．それらの問題をできるだけより正確に予測する技術を確立していただきたいのが，いまいちばん欲している点です．

I 私たちの提唱で，6年ほど前に環境情報科学センターがつくられてから，環境問題に関連した委託研究，セミナー，雑誌刊行を手伝ってきました．以前から，私は道路公団の高速道路建設，管理にともなう環境条件の予測，推定と評価，東京周辺の大気汚染や環境騒音の調査などに関係しました．私自身は，もともと気象統計が専門なので，環境問題に取り組むことに対する不安が多少ありましたけれども，コンピュータを使いながら，いろいろな問題を解く仕事をやっていくなかで，常に環境問題のような多面的な問題へのアプローチをどうするかについては，プロジェクト・チームの一員として，共同研究を進めてきたつもりでおります．

J 昭和42年ころから，大気汚染予測の研究を行なっております．大気汚染の予測につきましては，気象条件をいろいろ考慮に入れて拡散モデルによるシミュレーションを行ない，1/10くらいの誤差を持つていどのモデルをつくりました．

実際に，昨年度は，自動車の排気ガスによる大気汚染の予測を拡散モデルで行ないました．現在，光化学スモッグについてシミュレーション予測などをやっております．

K ORというのは科学の世界ですが，環境問題というのは，まだ科学以前の問題があまりにも多いと思われます．そういったOR以前の問題の中に，いかに科学の世界のOR的な要素を入り込ませて体系化すべきなのかという重要な問題を含んでいると思います．

L 道路に埋め込んである装置を用いて，混雑しているところを避けて自動車の誘導を行なうシステムを採用した場合には，大気汚染などがどのくらい減少するかについて研究しております．先生方のお知恵をお借りして，非常に局地的な大気汚染の予測モデルをつくってみたいと思います．環境問題ですと，多方面の知識が必要にな

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

り，どれか1つだけ非常にくわしくても，全体のバランスというのがとれなければ駄目ではないかと思います．バランスを上手にとってやっていくのは，非常にむずかしいことだと思います．

M 空港における騒音の問題は，非常に大きな問題になっておりますが，交通量の予測とか実態をベースにしまして，騒音コンターを書いて，それをもとにしていろいろな影響を研究しております．もう1つ空港がいちばん大きな問題として持っていますのは，空港の受益者と被害者がかならずしも一致しないことから，住民の納得がどうしても得られないことがあり，理論の問題も非常に大切ですが，何かほかの解決法がないかと模索しております．

N 開発主体と地域住民とのあいだの環境問題をめぐる社会的紛争，およびその解決のための諸方策としての住民・市民参加など，地域環境管理システムの制度的，社会学的研究に関心があります．現在，アメリカにおける実情を部外の方々と協力して調査しております．社会的な利害対立には，2つの当事者，2つの極があり，調査者としては，双方の言い分を等量に聞く姿勢がなければなりません．さもないと，たとえ，いかに精緻な定量的手法を使っても，自分の価値判断が先行してしまい意味のないものになってしまうからです．アセスメントにも同様なことが言えます．利害対立を調整する手段が，逆に，紛争を拡大する結果にもなりかねないのです．さらに，OR的手法を含めて，どの程度まで客観的，科学的論争として，環境問題を評価・判定できるのかについて，私たちは考えねばならないでしょう．

A 最初は，大気汚染の問題を某市の方々と一緒に実際のデータを用いて，いろいろな検証等について行ないました．コンピュータ・テクノロジーから言うと，会話的，対話的なシステム，すなわち，可測的なことは科学にまかせ，不可測的なことには人間の判断を入れるという考え方を基礎にしました．そのつぎには，県レベルの長期総合計画の支援システムを，システム・ダイナミックスの考え方を取り入れ，住民参加の計画づくりということを柱にして某県の方々と一緒に行ないました．

このシステムには，まず環境基準，現行の法律，土地利用に関するいろいろな制約条件をふるいの目として，考えられる計画を選別する段階，つぎに社会，経済的な，あるいは環境的なインパクトを予測する段階，そのつぎに結果を評価する段階，最後に，得られた出力，すなわち計画を住民集会とか県民集会にかけていく段階を持たせました．

O いままでのお話を聞かせていただいたうえで，ORに関しての感想を多少述べさせていただきます．

(1) 環境をどういう要因ではかるべきか．もし要因がわからなければ，科学的，OR的に行ないたい処理ができないであろう．

(2) 要因がわかったら，要因別，原因別に，環境に与える影響の度合の計測を行なう．もし有害な影響を与えるものであれば，その有害度を軽減する方法を考える．

もちろん科学技術一般では，有害度を軽減する機械，もしくは装置を作ることが考えられますが，ORの立場では，たとえば，騒音源が2つ以上あれば，騒音源の配置を考えて，OR的に有害度を軽減するということも研究テーマになりうるでしょう．

(3) 一般に騒音と言っても，それが発生する区域，その周辺の状況によって，同じうるささでも影響が違うわけですから，許容限度も区域によって違う．どのように区域を定義し，その区域ごとの許容限度をどう設定するかということもあります．

(4) 環境を監視するシステム，許容限度内に維持するシステムおよびそれを改善するシステムをつくること．

(5) システムも環境に影響されるので，環境の変化にしたがってシステムそのものも変わらなければならない．したがって，基準とか，環境を守っている手順とかとりきめとか，システムを変更する手続というものもなければならない．このようなことを考えて，納得できる結果を得るための方法を見いだすのがORであると思います．また，ORというのは，科学的な方法，客観的な方法であって，片方に加担するというものではなく，客観的なものでありたい．さらに，あくまでも，あるべき姿はこうだということを明示できる道具として役立つようなORを開発するようにしたい．環境問題は，資源問題との関連もありますから，長期的な見とおしについてのORも必要だと思います．

要因，測定方法とモデリングについて

J 大気汚染のモニタリングのデータは，昭和45年ころでは，日本よりも米国のほうがデータが豊富であったが，最近では，日本も整備されたデータが多い．とくに東京などの大都市データは整備されていて，ヨーロッパよりすぐれていると考えていいと思います．しかし，そのデータの20～30%に欠測値がありますので問題です．欠測データをどのように埋めるかが問題で，私どもの研究室では，現在大気汚染データの欠測値の補間法を研究

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

しています．測定については，日本のデータは，だいたい，いいところへいっていると思いますが，モデルをつくるところに問題があると思います．とくに，NO_2については，化学反応をも考慮しなければならないので問題が残っています．

D 私は商工会議所等で公害関係の仕事を実際に行なっており，現場にいっていろいろ測定し，防止対策を設計し，つくるところまで監査し，その後の保守まで行なっている現状です．最近，環境測定士法というのができ，52年4月から実施になりますが，その資格がないと測定できない規則ができました．たとえば，騒音防止対策の設計のための測定をする場合でも，測定士に依頼しなければならなくなる．

A 自治体の公害担当の人手が少ないこともあろうが，環状7号線で住民が自主的に測定しても，その測定結果は，オーソライズされないことになるのだろうか．

H 対話する場合にも，そのデータに信頼がないと対話にならないであろうから，審議なり話し合いをする場合には，公式の測定が必要になると思います．開発行為を行なうには，そのていどにより自治体が直接関与するか否かの規則があります．規模が小さい場合には，たとえば県では直接関与しないとか定まっていますが，廃棄物とか排水とか，でてきたものが県の基準を満足しているか否かについても，測定士が行なわないと信頼されないものになります．

J 環境測定士というのは，環境測定を業とするところは，国家試験で資格を取った環境測定士をおきなさいということであって，一般工場の場合には，規制する立場の県とか地方の自治団体が業務として工場からでる汚染物質の測定を行なっています．たとえば，排水については，排水口で取られた試料について，測定分析されています．

B 大気汚染などのように規制基準のはっきりしたものでは，そのような方法でデータが得られると，住民と開発側との対話でもオーソライズされたものとして受け入れられると思いますが，新しい公害には，そういうものがない．たとえば，騒音についても，単なる音圧だけではかれるものから，ピアノの音にいたるような周波数特性が問題になるようなものまであるので，むずかしいと思います．

C 水質は均質であると考えられていますが，朝・昼・夜を比較すると流量および成分組成の変動があります．どのようにばらつくか変動幅を求め，対応できるような処理を考える必要があります．大気，騒音については，気温，気象の問題も絡んできますので，何カ所測定したかでは，客観的なデータをつくり得るかどうかわからない．私は測定とかデータの収集には，意志が働く可能性がさけられず，できるだけ，客観的に努力しても，絶対的に客観的とは言いきれないと思います．また，技術者は，前提条件をもとにデータをだすが，往々にして，前提条件がすっとび，でてきた値のみが問題となりやすいのに注意する必要があります．

J 大気汚染は風向に影響されることが多い．煙突から濃いガスが吐きだされていても，5 kmも離れると低濃度になります．この濃度は場所によりいちじるしく異なってきます．したがって，汚染の発生源からの方向と距離を考慮して，測定場所を考える必要があります．

I 大気汚染の場合には，気圧配置という天気図(シノプティックスケール)現象として把握されない局地的なスモールスケールの現象を要因として測定しなければならないことと，地上の測定ネットは密にすることが可能だが，地上より少し高いところの測定が現実にないので，大気安定度や風の垂直分布など，すべて仮定して解析を行なわざるをえないところにまだ問題が残っています．気象関係では，測定方法，測定器械，測定場所などの条件さえ明らかにすれば，どなたが測っても測定誤差の範囲内でそれほど狂いはでません．

アセスメントについて

A 環境行政は昭和45～47年ころの通産省指導型と言われる濃度規制の制度化から，地方自治体主導型と言われる総量規制的な問題に焦点が移り，現在は，アセスメント的な発想，すなわち，事前に計画についての社会・経済的なもの，あるいは人間の健康上のものを評価して，計画の段階でチェックをかけようという考え方が徐々に広がっております．その1つの段階として，計画案の住民への公開の問題等がでてきています．それが義務づけられると，社会的影響は大きいと思います．

N アセスメントという言葉の中身には“評価”と“予測があります．環境アセスメントについて言えば，米国におけるそれは，インパクトを受ける対象を，広く，社会経済的な問題まで含んでおります．しかし，日本の場合には，たとえば，環境庁の案では，社会経済的なインパクトはある理由から導入せず，物理・化学・生態学的なインパクトにかぎろうという傾向にあるようです．

その意味からすれば，現在の数理手法はアセスメントに対しかなり使えるものと考えられます．しかし，将来，

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

社会経済的問題までを考慮した場合には，おのずと限界があるのではないかと考えます．

O 現状の設備を変更したら，どのような影響がでるか，あるいは，工場の新設の計画があったときに，計画どおりに建設されたら，どのような影響がでるかということが，あるていどの信頼性をもって解ければ，ORとしては100％の役割を果したことになると思います．たとえば，工場をつくるとどうなるかを考えようとするとき，そのときには予想されなかったビルがそばに建設されたらどうなるかというようなことまでは，ORは考慮する必要がないと思います．

これから考えねばならないこと

H いちばんの悩みは，実測ができない部分の数値を予測しなければならないことです．たとえば，生態系の変化などの予測は不可能に近い状態です．植物の場合はあるていど把握できますが，動物の場合には手をつけられない状態と言っていいと思います．

O そのためには，現状の把握と今後のフォロー・アップをしっかり行なっていかなければならない．

A 米国のアセスメント法案でも開発後のフォロー・アップまできびしく義務づけてはいないが，何か問題となることがあれば，そのことを文章にして書いておかなければならないことになっている．

N 自然界の非可逆的プロセスに関するOR手法として，費用便益分析か産業連関分析等のなかに，環境的要因を投入してゆくことも考えられるでしょう．

（付録） 自然環境における影響伝播モデルの策定に関する予備調査 報告書目次要約（環境影響総合解析システムの設計に関する調査研究（3） 昭和50年度 環境庁委託 日本オペレーションズ・リサーチ学会 昭和51年3月）

第1章 自然環境汚染伝播モデル
1-1 大気汚染の伝播モデル
1-1-1 物理モデル
1-1-2 非物理モデル（統計的モデル）
1-1-3 物理・非物理混合モデル
1-1-4 計画熟度とモデルの関係
1-2 水質汚濁の伝播モデル
1-2-1 発生源から水系への流達過程のモデル
1-2-2 水系での汚染伝播の物理モデル
1-2-3 水系での汚染伝播の非物理モデル
1-3 騒音・振動の伝播モデル
1-3-1 騒音
1-3-2 振動
1-4 地盤沈下の予測と評価モデル
1-4-1 数学モデル
1-4-2 A．D．I．差分近似による解法
1-4-3 地層収縮量の計算
1-4-4 千葉県船橋地区の例
第2章 地域環境管理計画モデル
2-1 汚染寄与率評価モデル
2-1-1 汚染伝播マトリックス（内藤氏）の利用
2-1-2 総量規制のための割当計算
2-1-3 時系列解析モデルの離散型最大原理の利用
2-2 地域整備総合管理モデル
第3章 総合的なアセスメント・システムにおける位置づけ
3-1 環境インパクト情報の地域計画へのフィード・バック
3-1-1 「環境資源」の経済尺度での評価
3-1-2 多目的関数のもとでの最適化
3-2 地域環境計画・アセスメント・管理のためのシステム
3-2-1 問題領域の設定と問題の提起
3-2-2 アセスメントのためのシステム概念
3-2-3 計画とアセスメント
第4章 システム技法
4-1 結果の表示技術
4-2 コンピュータ・アニメーション技術

第7回ORサロン：「環境問題とOR」

日時：昭和51年6月10日（木） 18時20分～20時30分

場所：学会センタービル会議室

出席者：青山貞一（科学技術と経済の会），倉富純郎（日本空港コンサルタント），小鍛治繁（工業技術院），小島光造（エマーズ），塩沢清茂（早大），鈴木栄一（青学大），田中勝（国立公衆衛生院），能村幸彦（青学大），伯野慶三（伯野技術士事務所），松崎功保（日本アイ・ビー・エム），湊晋平（武田薬品），吉岡秀明（富士通），吉田孝男（鹿島建設）

研究普及委員会：三浦大亮（東レ），山内慎二（NHK技研）

司会：山内慎二

記録：大川雅司（日電），山内慎二

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．