

パネルディスカッション 公害と OR

パネルメンバー

八幡製鉄所 熱技術課長	岡田 芳太郎
九州工業大学 教授	上 滝 具 貞
慶応義塾大学 教授	外 山 敏 夫
東京大学 助教授	根 岸 竜 雄
統計数理研究所 OR室長	渡 辺 浩
東京大学 教授	渡 辺 茂

司 会

岡田 芳太郎

岡田： 企業の側から見た公害対策について
 高度経済成長政策によって産業経済の急速な発展、技術革新に伴い、企業規模の巨大化、集中化およびエネルギー革命等により大気汚染度が高まる一方、人口の都市集中化、産業立地計画の立遅等から、公害問題が起り加うるに文化の向上により、生活環境の改善が要求され、大気汚染の問題が大きくクローズアップされてまいりました。これはひとり我国だけの問題でなく世界共通の風潮であります。大気汚染の原因は、すす、粉じんによるもの、有害ガスによるもの、自動車排気ガスによるもの、の三つに大別されます。すす、粉じんによるものは、燃料の燃焼、化学反応（例えば酸素製鋼法において発生する赤煙）燃料、原料、成品の輸送系統、処理工程等において発生しますが、これに対しては各企業において積極的に集じん装置を設置しました結果、著しく減少しました。有害ガスの内、特に問題になるのは亜硫酸ガスであります。エネルギー革命により、燃料が石炭から石油系燃料に転換すると共に産業発展につれて、その使用量は急速に増加してまいりました。今後また著しく増加が予想されております。従って我国の原油輸入量は、逐年増加の一途をたどり、昭和45年には約1億7000万klになると予想されており、しかもその輸入原油の約88%が、硫黄含有量の高い中近東の原油で占められておりますため、この原油に含まれて我国に持込まれる硫黄の量は亜硫酸ガスに換算して、昭和40年・250万吨であったものが、昭和45年には約600万吨、昭和50年には約870万吨、昭和60年には約1600万吨と著しく増加すると言われております。従って亜硫酸ガスによる大気汚染が今後益々問題になってくると考えられます。大気汚染が高まるにつれ、大工業都市においては降じん量、SO₂、SO₃濃度等を測定してそ

の実態が判明する一方、四日市のような深刻な公害問題が発生し、大気汚染が大きな社会問題として、クローズアップされて来たため、昭和37年に煤煙排出規制法が制定されました。この法律は事業所、工場において事業活動に伴って発生する煤煙等の処理を適切にすることにより、大気汚染による公衆衛生上の被害を防止すると同時に生活環境の保全と産業の健全な発展との調和を計ることを目的として制定され、その排出基準は、現時点における技術レベルと経済的条件を基にして決められておりますが、猶予期間が指定地域に指定されてから、欧米の5年間に比較して、2年間と短いこと、新設備、旧設備一律に決められたことが問題ではありましたが、各企業においては、法の規制を尊重すべく膨大な投資をして、煤煙処理施設の新設、改造等を行ってまいりました結果、技術的、経済的に困難な場合もあり、また対象外の施設も多数あり、解消されたとは申されませんが、すす、粉じんによる大気汚染は著しく改善されたものと思います。然しながら亜硫酸ガスに対する対策としては、現時点においては煙突を高くして拡散させるか、低硫黄重油の使用等の対策しかなく、我国の原油事情、今後の重油消費量の増加等より、現状のまま推移すれば亜硫酸ガスによる大気汚染の高度化は明らかであります。そこで前国会において公害基本法が制定されました。この法律は事業者、国および地方公共団体の責務を明確にするとともに、環境基準を制定して、煤煙規制法の欠陥を補うとともに、更に強力に行政指導を実施しようとするもので、産業の健全な発展との調和をはかることが非常に困難ではないかと考えられます。各企業体は大気汚染防止に対する、社会的責任を痛感するとともに、地域社会との共存共栄をはかるため、経済的負担を度外視してその対策を強力に実施して来ました。その一例として当八幡製鉄所の防止対策

の現況を簡単に述べさせていただきます。八幡製鉄所は粗鋼月産約75万屯の鉄鋼一貫工場で、八幡、戸畑の両製造所からなっております。法による対象施設は108施設あり、現在までに対象、非対象施設に対するばい煙処理施設の新設、改造のために、投資した金額は約100億円、またそれらの処理施設の運転費は月間約8000万円におよんでおり、当所としては最大の努力を払っているつもりでございます。その結果当所の煤じん排出量は、法の制定されました昭和37年度を100%としますと、現在はその約7~8%と著しく減少しております、「この天の虹」という映画で有名になりました八幡の七色の空も、今は見違えるようになりました。昭和37年に降じん量を測定するデポジットゲージを11ヶ所、さらに昨年は大気汚染自動記録計を、八幡製造所内に設置しております。また本年は八幡、戸畑両製造所内に二酸化鉛法による亜硫酸ガス測定器を20ヶ所に設置しまして、煤煙処理施設の強化と構内大気汚染との関係、および市当局で降じん量、亜硫酸ガスを測定いたしておりますので、市内の大気汚染との関連を現在調査中でございます。私はORは門外漢でわかりませんが、今後サットン、ボサンケットの通産省案の式を使用して、当所の複合汚染度を計算するとともに、構内、市内の汚染度の関係を把握して、今後の対策を進めていきたいと思っておりますが、ORの手法を使用すればより効果的な対策が立案されるのではないかと思います。戸畑製造所構内に設置予定の戸畑共同火力の建設に対しては、いわゆる通産省方式で亜硫酸ガス濃度を計算する一方、長崎の三菱造船所で風洞実験を行って、汚染状況を確認する等万全の対策をして、大気汚染防止に努力を傾倒いたしております。要するに大気汚染は産業、経済の発展と密接な関係があり、また企業は地域社会と一体関係にあり、地域社会の発展なくして、企業の発展はあり得ませんので、今後さらに大気汚染防止対策を強力に進めて、生活環境の改善に努めたいと思っております。この考えはひとり当所のみならず、各企業とも同様の考えであろうと思われませんが、問題は如何にして生活環境の保全と企業の発展の調和をはかるかにあると思います。そこで企業の立場からの問題点、要望を要約いたしますと、まず第一は高性能の集じん装置は非常に高価であり、解放経済体制下企業間の競争が熾烈を極めている現時点においては、コストの切下げを強く要請されている企業においては、ばい煙防止対策の必要性は充分認識し

て居ながらも、企業の存立にかかわり、対策の推進が出来ない場合があります。従いまして安い高性能の集じん装置の開発が急務と思います。次はエネルギー革命による石炭より重油への転換、および産業の発展により重油の使用量は益々増加して参りますが、現時点においては亜硫酸ガスに対する対策としては、煙突を高くするか、低硫黄重油の使用しかありませんが、前者は旧設備について非常に困難であり、後者について我国の原油事情より殆んど不可能であります。現在重油の直接脱硫が各石油精製会社において企業化が計画されつつありますが、1%脱硫するのにkg当り約500円費用がかかるといわれており、低硫黄重油とするためには、脱硫費1000~1500円コストアップになります。また排出ガス脱硫はテストプラントで、日立と東京電力五井火力発電所、三菱重工と中部電力四日市火力発電所において、夫々活性炭法、活性酸化マンガン法による実験が進められていますが、この方法は非常に多額の費用を要し、蒸発量500屯程度の大型ボイラーでは低硫黄重油を使用するよりもメリットがあると言われておりますが、一般の企業においては無理なようでございます。従って重油の直接脱硫技術を早く開発して企業化すると同時に、脱硫費による重油価格の上昇を何らかの方法で調整することが是非必要であると思えます。第三番目といたしましては、公害基本法によりますと今後環境基準を定めて行政指導の目標とすることになっておりますが、各工業都市で二酸化鉛法で測定され実測結果を、ppmに換算して見ますと一ヶ月平均値で既に0.05ppmをオーバーしている都市が、昭和39年で数市ありますので現在は更に増加していると思えます。大阪府は0.1ppm、降じん量10屯、その他2~3の都市では0.05~0.08ppmと環境基準を条令で決めただけに聞いていますが、24時間の平均値でございますから0.1ppm以下と言うのは極めて厳しい基準と考えられます。環境基準の制定に際しては、理想論に走らず科学的根拠に立脚するとともに現状および将来を良く洞察して定めないと、産業の発展を阻害する恐れがあり、結局は地域社会発展の障害になるのではないかと私は考えるものでございます。第四番目としては、基本法で事業活動による公害を防止するために必要な措置を構ずるとともに、国または地方公共団体が実施する公害防止に関する施策に協力し且つその費用の全部または一部を負担する責務を有するとなっております。然しながら最近の公害現象は原因が複雑且つ広

範で、その因果関係の立証が困難でございます。また最初に工場が立地したにもかかわらず、土地利用計画が悪いため、公害の発生を招く場合もあります。従って責任の所在を明確にすることが特に必要と考えます。要するに我国は工業立国であり、我国の国土、人口密度からいって、必然的に公害問題の解決は重大問題であります。企業の責任を追求するばかりでなく、新技術の開発、都市の再開発、助成措置、基礎的調査等を、国、地方公共団体が積極的に推進し、大気汚染防止対策推進上の問題点の解決を計らなければ、公害問題の解決は困難ではないかと考える者でございます。以上大気汚染防止に対して企業の側からの私見を述べさせていただきます。御静聴ありがとうございます。

上 滝 具 貞

上滝： たいまご紹介にあずかりました上滝でございます。いまのお話の中で主として公害の問題点についての一般論をお話し申し上げたいと思います。

まず第一に公害と生活妨害について、都市の上空や河川の汚染などのように、被害が都市の全住民におよぶ場合が公害だと思っております。この場合汚染源、言うなれば犯人は、複数であって特定の工場に限られないのが公害じゃないかと思えます。これに対して隣の鉄工所が騒しく眠れないとか、どこそこの工場の煙突からのススで洗濯ものが汚れて困るなどはみな被害者ではっきりしており、また加害者と見られる対象も見当がついている。これは地域公害と言うべきもので、正確には生活妨害 (nuisance) と呼ばれるものであらうと思えます。この公害と生活妨害が混同されており、何かちょっとあるとすぐ公害と言われる傾向がある。

生活妨害と申しますのは、“加害者が被害者に対して身体もしくは財産に対して直接的物理的襲撃を加えることがなくても、被害者が持っている権利の行使を妨害し現実の生活に不便、不利益を与え損害を加える行為”を指すとされています。ですから隣の工場でやかましくて眠れないとか、また隣に高い建物ができて私のところは日が当たらないというようなことは、やはり生活妨害の一種にはなるかと思われま。このような生活妨害と公害が混同されている。しかしこの両者は本質的に発生状況とか被害状況が違うのでありますから、区別して考えるのが適当じゃないかと思えます。

実は今度実施される公害対策基本法の中の公害を見ましてもこの点が非常に曖昧でありまして、同法による公害とは“事業活動その他、人の活動に伴って生ずる大気の汚染、水質の汚濁、騒音、振動、地盤沈下、および悪臭であって、地域的に環境を悪化させ、人の健康または生活環境に被害を生ずるものをいう”となっておりますから、さきほどから申し上げている公害と生活妨害がごっちゃになった解釈で、一部の加害者と被害者の関係も公害に含まれるようなかっこうになっています。

私が申上げる考え方に従いますと、本来の意味の公害というのは、大気汚染と河川および沿岸海域の汚染ぐらいにしぼられるんじゃないかと思われま。振動、騒音、悪臭というようなものは、一般に都市の特定地域の人々が受ける被害であって、都市全体が受ける被害とは考えられない。これはむしろ生活妨害として処理すべき問題であると思えます。

つぎに公害の中の大気汚染の防止に関してはすでに煤煙の排出規制等に関する法律というのが公布されており、これに煤煙とは何かといった定義から、その排出基準などが詳細に規定されており、指定都市の産業はこれを守らなければならないように義務づけられています。

この法律の特徴と言いますか不合理な点を三項目ほどあげますと、まず第一に煙の量を濃度で規制している点でありましょう。都市の公害というものは排出された煙が都市上空に停滞して、日光をさえぎり新鮮な大気の流入を妨げることから起こるのでありますから、これは濃度×絶対量に比例するわけです。それにもかかわらず煙の濃度だけを規制している。ですから現在の法律をのがれようとするれば、工場は集じん器などをつけなくても、煙突の下に扇風機だけつけて出てくる煙を薄めて出せば規制違反にならないというような不合理が形の上では言えるわけです。

つぎの特徴は、排出煤煙の濃度は炉の種類によって $0.5\sim 2.0 \text{ g/Nm}^3$ 程度の違いが法律で認められている。元来人体その他への影響を考えてつくられるべき規制基準が煙を出す工場側の現在の技術水準をもとにしてつくられているということは、いさか不合理のように考えられるわけでありま。第三にこの法律には和解、仲介などの、特定の加害者と被害者の間に起こった生活妨害に対するトラブルの仲介をやるように規定されている、この辺に公害がこんがらがる原因があるように思われま。なおこれ

に関連しまして、もしある地区に被害が起こった場合に、煙の濃度が法の規制値以内であれば排出側に責任がないということはこの法律では何処にも歌っておりません。従って被害があれば規制値以下でも当然生活妨害が成り立つと思われまます。

以上の三点は現在の技術レベルとか社会情勢では、理屈を言ってみたとところである程度やむを得ないかも知れませんが、やはり将来は改定していく必要があるんじゃないかと思っております。

つぎに大気汚染の現状についてお話しますと、大気を汚染する物質には煙のほかに砂じん、火粉その他がありますが、我国では主として煤じんおよび亜硫酸ガスをはじめとする有害ガスが主な対象になります。

煤煙とは先ほどの法律によりますと“燃料その他のものの燃焼、または熱源として電気の使用に伴い発生するススその他の粉じん、または亜硫酸ガスもしくは無水硫酸を言う”とあります。従いまして法律上の煤煙は、熱の使用によって発生するところの煤じんの中にススと粉じんがあるわけでこれらは集じん機で捕集できますが、100% 捕集できる集じん機は現在ございません。しかし高級な集じん機を使いますと、99%以上捕集することは現在の技術でむずかしいことではありません。ただこの辺になりますと効率を少し上げるために経費が加速度的に大きくなりますから、工場なんかでは採算的に問題が起こるわけです。次に最近問題になっているSO₂の有害の程度は未だよく知られていませんが、世間ではこれが有害ガスだと考えられております。この除法も午前中お話がありましたようにいろいろの方法があって、実用試験に入ったものもありますけれど、本格的に実用にいったものは日本にも諸外国にもまだないようであります。それではSO₂が現在野放しかというと、石坂さんのお話しにありましたように、煙突を高くするとか、煙突を保温して排ガスの温度を下げないようにするとか、排ガス速度を大きくして合流させ一本の煙突から大きなモーメントで排出させるなどの方法が現在とられています。結局これらは消極的なSO₂対策として排ガスのモーメントを大きくして逆転層を突破させ、都市上空に停滞しないようにしようとねらったものであります。

このほかに問題になりつつあるのは自動車の排ガスであります。これには2種類ありまして、一つはエンジンの排気管から出るいわゆる燃焼ガス、これ

はSO₂とCOとガス状の未燃ガソリン約20%からなっています。いま一つの排ガスは、ピストンのすき間から漏れるシリンダー内のガスで、これがクランクケースを通過して通気管から大気に放出される通常クランクケースガスと言われるものであります。

これは逆に未燃混合気が80%、燃焼ガスが20%位です。こういうふうなものが自動車から排気される。これらの排ガス中の主としてNO_xが大気中で日光を受けますとエアゾルになり、その際オゾンが発生する。これがロスアンゼルス型のスモッグで少し青味をおびた淡黄色をしておりかなり目にしみます。このため都市でスモッグが発生しますとオゾンの量が正常の20倍にもなるといふ話であります。このガスは特に酸化作用が激しいのでゴムなどの有機物質に被害をおよぼします。この現象は太陽の光線の強さに比例しますので、ロスアンゼルスなどではこういう作用が特に激しいのではないかと考えられます。これらの対策について米国では現在種々の方法が考えられており、一部の州ではすでに法律化されておりますが、日本でもこれらの対策については研究中であります。

最後に公害とORであります。私はORをよく知りませんのでわかりませんが、スモッグをORで予期することができたら理想的な姿ではないか、しかしこれにORを適用するためには大気の測定方法、および汚染源における排ガスの濃度とか排気量の測定方法および測定点と時刻などに問題点がかなりあるのではないかと考えられます。

結論といたしまして、ものを燃やしますと煙が出るのはこれはあたりまえの話で、煙をゼロにするということはおそらく不可能です。そうすると煙が出れば国民の健康に害がある、煙を出さなければ仕事ができない。ここに根本的に相反する二つの条件を如何に調和させるかというのが公害の最も大きな問題点であるように思われます。

数字的な資料はまだ整理しておりませんので…。御存知のようにスモッグの型はロスアンゼルス型とロンドン型の2つに分けられロスアンゼルス型のスモッグは原因が自動車の排ガス、ロンドン型のスモッグは一般の燃料の排ガスが主とされています。ロスアンゼルスに行きましたのがちょうど真夏でしてスモッグのない時期ですが、それでも45階位昇るとガスが目にし非常に視界が悪かった。もっとも地上ではほとんど感じない程度ですが…、またシカゴ、ロンドン、デュセルドルフなどの各都市は非

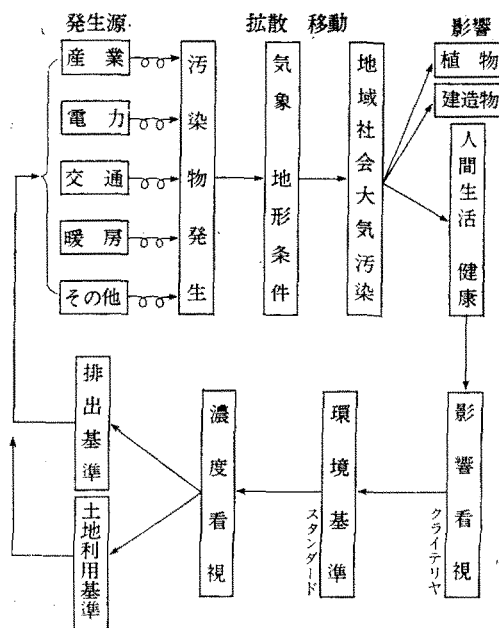
常に広範囲に媒じん量、SO₂などの測定を行なっておりまして、測定点は地図に500m位の間隔でタテ、ヨコに引いた直線群の交点を選び、その四隅の平均値でまん中の点の測定値を求めるようにしており、測定点の数は数百ないし数千になっています。従って公害関係に使う予算規模はどれも桁違いのようでした。日本のはこの辺があやしいそうだという主な点を適当に選んでやる。それからこれらの各都市は11月から翌年の4月までの冬期は重油を使わないというような厳しい規制が設けられています。そういう所では冬期の燃料をどうするのか。アメリカの場合天然ガスを使っているようですし、ロンドンの場合はコークス類を使っているのではないかと思います。英国中央電力局の F. F. R. S. S 局長の話なんですけれど、要するに俺ん所の発電に関する限り公害には何も影響していないんだと言っていました。実験はかなり詳しくしているように言っていました。

外山 敏夫

外山：わが国では大気汚染を公害という被害、加害の損害賠償的な概念で取上げたことが特徴であります。従って社会全般としての科学的なシステムによる対策というものが考えられる前に、まづ局所的なまとまりのないものが社会問題になってきているという現状ではないでしょうか。私はORはしろうとであります。国とか行政のレベルにおける包括的な対策というものにこれが利用できるものと考えます。もちろん大気汚染対策の終局の目的は「健康と福祉」と「経済の繁栄」の問題の解決、およびそれに付随した将来の都市計画に大きく関与することが前提となると思います。

まづ図1に大気汚染と空気資源の保全対策のシステムの略図を作ってみました。まづ色々の発生源から空气中に汚染異物が排出されますが、内容は産業の種類、交通機関の種類、等によってさまざまあります。汚染物が発生しただけでは、私共は大気汚染とはいっておりません。しかし対策の中ではこの段階において発生源別に排出物明細表を作る必要があるわけです。これを欧米では Emissions inventory といっておるようです。汚染物は次に互に作用しながら拡散と移動という段階にはいるわけですが、これは気象と地形条件に大きく作用され、次いで地域社会の大気汚染となるわけで、これがわれわれの生

図1 大気汚染と空気資源保全の対策



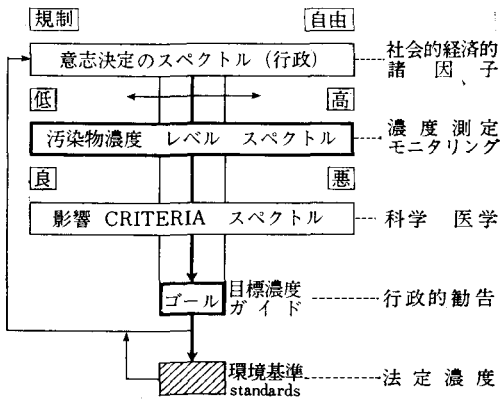
活に何等かの影響を与えることとなります。人間の健康に対する影響についてみると、濃度との関連において、どのような症状が起るのであるかを調査研究する必要がありますが、これが次の段階の影響看視であり、その完全な量～反応関係(dose-response relationship)を得た場合に air quality "criteria" と称しているものになるわけであり。次にそれを基本として行政対策上の規制濃度である環境基準を求めることとなります。これは欧米では air quality "standard" といっているもので、科学的な criteria にもとづいて、社会、経済、文化等の諸因子を加えて行政当局が意志決定する行政規制濃度であります。この部分については後に更に詳しく述べたいと思います。

環境基準がきまると濃度看視をせねばなりません。これには国のレベルまたは地方行政のレベルで汚染物の常時測定と記録のためのネットワークが必要であります。このモニタリングにもとづいて発生源に対する排出基準に feed back したり、土地利用基準にはねかえるわけであり。このシステムを実行しているのは現在米国のある一部の地方だけです。わが国でも本気になって大気汚染の対策を行うのであるならば、このような方式をとらざるを得ないでしょう。しろうと考えますが、このシステム内の個々の部分の中にもそれぞれ独立したORの

実践部門があるのではないかと思います。

ところで環境基準の設定の部分に少しもどりますが、この行政規制濃度をきめるに当っては、図2に示すような概念があてはまると思います。ある汚染物質について色々な濃度における人体の影響の連続的なスペクトルの相互対照データにもとづいて行政の意志決定が行なわれるわけでありませう。環境基準は法定の行政濃度でありますから、ORの面で固定化すると不便であります。つまり可動的なゴール濃度の方が実際上の行政的な勧告に応じ易く、また産

図2 環境基準設定の概念

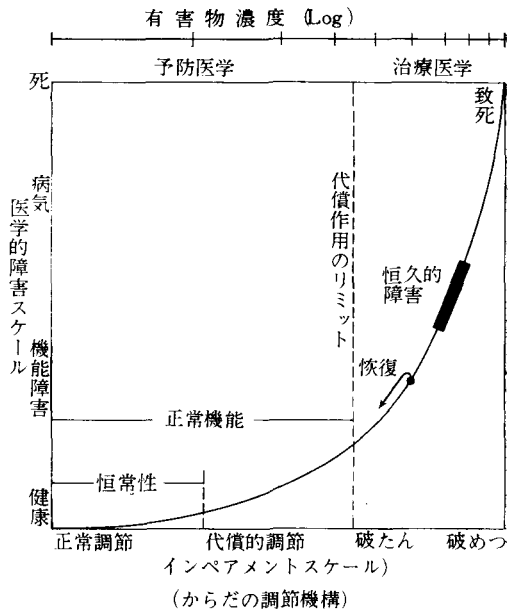


業などの協力も得られるわけでありませうが、この関係を図示したつもりであります。

この場合問題となるのは人体影響をどの反応レベルでとるかということです。また人間も、男女、老若、病人、敏感な人、などの個人差の中が極めて大きく、産業における労働現場とちがって昼夜を問わず24時間連続ばくろであり、長期の慢性的な影響のデータに基かなくてはなりません。それは急性の病気の影響のみでなく、長期の死亡率、寿命などにも関連してくるわけで、一つの物質に対してもばらばらな研究知見を必要とします。また大気汚染は単一物質のことは稀で、常にガス状のものと粒子状のものとの複雑な混合物であります。従って環境基準を求めることはいうよりも困難なことであります。現在米国のように大規模な大気汚染行政組織をもっているながら、しかも環境基準課という部分をもちながらまだ法定の基準を出し得ないでいることも背首できます。

所で次に複雑な人間の個体差を一応除外して、総かつ的に有害物質と人間機能とどのような関係があるかを、Hatchの作図したインペアメント・スケールをもとにして考えると、図3のように一応の概

図3 有害濃度と人体影響の関係



念をまとめることができます。もちろんこの場合有害物質濃度と反応とが線状の関係にある場合であって、ある発癌物質のように一度の不定の濃度のばくろのみで発癌に至らしめるような場合はあてはまらない。この図は人間の健康から死に至るまでの間を、縦軸に病気という医学的障害スケールにした場合で、横軸は身体の調節機構 (Impairment scale) であらわれており、両者に曲線関係があることを示しています。つまり調節機構でみると、人間は日常の通常生活で環境に順応するために恒常性を保っています。その場合は正常調節の部分になります。たとえば体温が一定であるようなものです。更に環境が変わると正常機能であるが代償的調節となります。たとえば発汗したり、高山に登ると赤血球が増加するなどのことです。人間は日常この二つの調節に大きな働きをしているが病気のスケールでみると僅かなもので、いわゆる健康という概念の所を占めている。環境条件が更にきびしくなると機能は破たんを来し、医学的には病気となる、治療医学はここから始まる。一部の者は恢復するが大部分のものはそのまま破めつのコースをたどってゆく。ここで図の上部に付した有害物の濃度が対数のスケールにしてあるが、これは現在までの中毒学の研究結果による概念的なものである。

さて大気汚染の環境基準をインペアメント・スケールの上で、どの部分に対応させた濃度をとるべきであろうかというのが社会的にも、われわれ医学界

係者に投げられる質問であります。私個人としては当然それは正常調節の範囲内にある、対応した濃度をとるべきであると考えている。この濃度は、産業内の作業場における労働者に対する同じ物質の許容濃度 (maximum allowable concentration) が、代償的調節の部分の中にあることにくらべて、はるかに低い値をとるべきであることを示唆しています。

以上のように極めて大づかみな概念ではありますが、大気汚染対策の上で医学と工学と社会と経済と行政などの接点における問題点を指摘したつもりであります。この考え方は当然各因子間に対立関係を生じさせるかもしれませんが、問題は大気汚染の対策は、このシステムのように包括的な対策を行う必要があることを強調したいと思います。

またこの対策は、マスク着用とか個室の空気清浄器というような個人的な対策は基本的にはあやまりであり効果がないことも明かにしております。やはり対策は発生源および土地利用、空気利用の面にあると考える次第です。

根 岸 竜 雄

根岸：医学とくに保健学を専門とする者として、生態学の立場にたって、公害の問題点を展望したい。

生態学とは、生物の生活状態、特にその外囲の状況に対する関係を重んずる生物学の一部門である。人間に関するこの学問を人類生態学という。生物の一生は、生体が自己を作りあげ、保存してゆくための、環境に対する数限りない反応の連続として考えることが出来る。故に、環境から生ずる刺激に対して、生体の示す反応は、生体の存在を内部に対して、また外部に向けて示す証拠に外ならないといえる。つまり、生物は環境にある程度の適合を遂げずには、発育し、活動しつつ生命を保ってゆくことはできない。さらに、進化のプロセスを通じて、生物は地球上のあらゆる環境に適応し、環境の変化に対応して、自己をほとんど無限に変化させて来た。構造と機能とを発展させ、局所的な特殊性から起る難問題を解決してきた、このような能力こそ生物の特性といえるのであるが、人類が他の生物と区別され、最高位に位置づけられる理由は、このような生理学的特徴、活動力に加えて、社会的適応を派生させた所にある。

ここで、生態学的システムについて考察してみよ

う。その例として、アフリカ等のマラリア流行地での半月状赤血球症の普及をあげることができる。マラリアに対する抵抗力が強い為、この遺伝子をもつ者の生植年令までの生存率は極めて低いにも拘らず、その遺伝子の発現率は減少しなかったが、アメリカへの移住者の間では、そこがマラリア流行地ではなかった場合に、その遺伝学的背景まで変化して、半月状赤血球症の遺伝子が正常遺伝子に突然変異し、人類が記録した、最初的人类自身の突然変異となったのである。また、個人的、集団的耐性の問題を取りあげることもできる。19世紀にハワイに麻疹が流行した時、この地域に長いこと、その流行がなかったため、子供達の殆ど全員が倒れたのであった。さらに、生態学からみた病気の考え方について触れておこう。19世紀後半から現在までのほぼ1世紀の間、病気は唯1つの原因でおこると考える特異的病因論が主流を占めて来た。それが、この時代の医学研究の最大の建設力となり、すばらしい実績を示したことは事実であった。しかし、この方法論だけでは解決されない数多くの疾患が問題となりはじめた現在では、特異的病因論からのみする疾病構造探究は望みないものとなりつつある。あらゆる疾病状態は、ただ1つの決定因子の直接結果ではなく、むしろ状態の配列から間接に生ずるものであると、生態学的には考えられるからである。

このような事を示す例は、歴史上いくつもあげられる。ロンドンのスモッグの中で、美しく清掃された小舎にいた品評会用の牛は死んだが、不潔な、アンモニア濃度の高い、ふつうの小舎にいた屠殺場の牛は死ななかつたのである。人類も歴史的に各種の新しい環境に反応して生物学的変化を適応させてきたが、この進化の歴史の生物学的な面は、実は洪積世末までに高度に達成され、その後たいして進化しなかつた。これに対して、人間の住む社会構造は進歩しつづけて現在に到るのである。

人類の集団的進化の道は、他の動物界から遠くはなれた現在の人類をつくりあげてしまっている。人類の進化の現段階は、環境に対して受動的に屈服し服従してきた時代とは異り、能動的、創造的のプロセスに入っている。純然たる生物学的段階と異り、人類自身である程度、進化の方向を選べるようになってい。そして、社会の各構成メンバーの経験と知識をつみ重ねてゆくという方法で、情報を獲得し、それを連絡してゆく能力に、その基礎をおいている。小さな村落から大きな都市への集中という形で

共同生活が変化しである現代は、新しい適応プロセスを刺激する、新しい環境問題が作り出されている。その中に「公害」の問題が含まれている。しかも、その多くの問題は、およそ、ここ30年間に生じたものであり、1世紀に3世代を重ねる生物学的人間の立場からは、時間的経過から伝っても、洪積世末に進化がほとんど終わっている状況からいっても、各種の問題を「生物適応」のメカニズムによって解決することは不可能である。

人類が社会の激変の間に出会う予期できない、無数の新しい出来事に適合するには、社会的実践の発達が必要である。古くは、宗教的信仰、経験的知恵が、新しくは、科学的理解が、脅威への抵抗を助ける役割を演じてきた。人間は意識的に自分が欲する生活の種類を決定し、環境の形をつくり、さらに、自分の身体と精神そのものを変えてまで、その生活を可能にする努力をつみ重ねてきた。しかし、他の全ての生物とひとしく、現代人も無限の複雑性をもつ生態学的システムの一部であり、数えきれない組合せを基礎として、すべての構成要素に結びついている。さらに、人間の生命は、現在の自然、環境よりも、もっと強く、過去の影響を受けている。それ故、自らが選んだ生命のパターンをつくりだすため、世界をつくりかえ、人間の性格をも変えようとする企てには、すべて未知の結果が介入してくることに注意しなければならない。

生物学システムに影響する決定因子は非常に多いので、その傾向と態度を予測する実験的方法の能力には限界がある。理想通りゆけば、実験者は1つの閉鎖システムの中で仕事をし、自分の選んだ条件下で、選んだ決定因子によってのみ影響を受けることになる。しかし出来事が閉鎖システムの中で起こることがないのは生態学的に考えれば当然のことである。その上、予想できない、自身では制御できない環境と力によって決定され、変化を受けている。また人間行動は、生物学必要によってのみでなく、変化への熱情によっても支配される。

公害の問題を微視的にとらえるならば、ノーバート・ウィナーのいう「制御不可能な変量」と「制御可能な変量」との間の関係はよりはっきりすると思われるが、巨視的にとらえてゆくにつれてはっきりしなくなる。ウィナー自身は科学について、「科学は社会共同体のホメオスタシスに重要な貢献をなしうるものであるが、その貢献は、それが、どんな基盤にたつものであるかを、ほとんど一世代ごとに再

検討しなければならないものである」と述べているが、この警句は、生態学的には全く正しいものであって、都市集中にはじまる公害の諸問題の解決にも忘れることのできない点である。公害、とくに大気汚染は、それ自身は微視的には、モデル化は、極めて容易であろうし、あるいは、最適計画が示されるべきものである。だが、巨視的立場にたったとき、雑踏の騒音、あるいは、都市集中に基づく、各種のフラストレーションの解決などには、そのシュミレーションは簡単なものであるはずがない。ほんの僅かの生態学的平衡の破壊も、短時間に進められたならば、思いもよらぬ結果を来すかも知れない。このことは明記しなくてはならない。公害問題全体は、都市集中と都市化、産業化を基礎にもつ、産業革命以来の1つの方向であるとすれば、これを逆の方向に動かすことはできない。あるいは、これを逆の方向に動かすことは解決とはならず、この中で平衡を求めてゆくことは為政者および管理者の責任となるであろう。

自然を相手どり、いかなる戦略と戦術を用いるべきかには、人類全体の運命がかかっているといっても言いすぎではない。生態学的に考えると、われわれの眺めた各種情報と努力して知り得た情報群と、今後にあられる結果について、それが、いかなる結合分布を示すのか、その内容すら知らない段階にあるといってよい。しかし、オペレーションズ・リサーチがこの問題の解決に無力であるという意味ではない。生物学、医学の広い分野にわたって、必要な基礎的情報の獲得に努力しているし、問題の緊急性からも、少くとも微視的な、ミクロでの対応のだけでは可能であろうが、現代社会と現代人の行く方という立場で考えるとき、情報不足の感が深いことを指摘したのである。たとえば、煤煙の除去は、経済学でいう収獲逡減の法則に当てはまる事実と技術的困難とをのこしている。また、医学は、生物機械としての人間ばかりでなく、人類全体の渴望をも包含していることから、人間の性質が厳密な医科学を越えた発想を、医学から生み出すのである。人間が自由な意志をもつ独立した個人からつくられている限り、静止した状態は考えられない。人間は、つねに新しい熱望をのぼし、また新しい解決法が必要となる新しい問題をおこすのである。

渡 辺 浩

渡辺：いま4人の方から述べられた公害問題の色々な側面に対してORがどんな形で協力できるか、一人で答えるといわれた形になって、私とてもそこまで勤まるとは思いませんが、考えを述べさせていただきます。

まず最初に公害問題をどのように把握するかという事があります。私は公害問題については別に専門家ではなく、スモッグのひどいのは困るという市民の一人として、このパネルに出席するために多少の資料を見ただけですが、新聞、雑誌で大気や河川の汚染が騒がれ、当の被害者はもちろん、直接の被害を受けない一般市民まで不安を持つのは、充分に理由ある事だと思います。要するに市民としてはその生活を誰かが常に見守っていてくれて、空気が悪い、水が汚れたという時、これは限度以内だから心配はいらない、ここは限度を少し越したから、こういうアクションを取るから何日待って欲しい、というように信頼できる情報がすぐ出てくるような態勢ができていて欲しいでしょう。（こういうサービスをどこがしてくれるかといえば、当然地方自治体という事になるが、たとえば今朝のように八幡製鉄でも煤煙防止のために多額の投資をされて非常な効果をあげておられるという具体的、計量的な話が聞けるのに対し、一般の自治体のばあい住民を公害から守る事について、それに匹敵するような内容のある話が聞けるかどうか心もとない気がします。）

そこで公害問題の第1の分野として、市民を公害から守る公共的な態勢をどうつくるべきか？ 問題の発生に応じて、どこまでなら無害と考えてよいか？ 有害とすればどういふアクションを取るか？ 発生源に対してどのような規制をすればよいか？ これを被害者の立場と規制を受ける方と両方にとってフィジブルな解として与えなければいけない。以上のような問題がある。

第2の問題分野として、規制を受ける方の企業、工場、一般市民活動（これもある種の公害の発生源になっている）のサイドで、規制に対してどのように反応するか？ 工場の設備対策、あるいは長期的には立地政策をどうするか？ という問題がある。

第3にこのような住民の保護、発生源に対する規制と、それに対する発生源側の対策とによって社会的、経済的にどんな影響がでるか？ という問題がある。

そうするとORとしては、やはりこれらの問題の

整理から始めて、その後の色々な段階で活動する場があるのではないかと？

第1の分野では、市民を保護するために、市民に直接触れる大気の基準をこのように定めればよい。そのためにはこの都市としては煙突の吐出口での濃度をこれだけに規制すれば、確率何%で基準内に収まる。すなわち1年の内基準をオーバーするのはせいぜい何時間ぐらいと推定できる、と自治体当局者が言明できるためには、どんな研究が必要か？ という事です。

先程の戸山先生の、人体に直接触れる大気のSO₂濃度の許容基準さえ、現在充分のデータがないという話は、この点で非常に心細い事です。この辺が問題の一番の出発点である事は間違いない。しかし、SO₂に関してそんな状況ですと、他の色々な有害ガスについて、それも単独でなく、混在するばあいについてのデータが完備され、許容基準が与えられるには恐らく5年から10年もかかるのではないかと？ それまで大気汚染の規制ができないのは困る。ただしこの研究は正攻法としてずっと進めて頂く。これは学問分野でいうと、公衆衛生学という事になるのでしょうか？ 要するに衛生学サイドから直接人体に触れる大気の基準をきめるのにも、統計的な推定や、効率的な実験の進め方の問題がたくさん含まれていると思います。

当面の基準としては正攻法によらないものが何か必要になります。何らかの方法でこれが与えられたとして、次に煙突の出口における排煙の濃度基準をどう規定したらよいかという問題、これは工場と市街地との地理的關係、煙の排出量、年間を通じての気象条件の統計的性質、すなわち風向と風速の分析、逆転層がどの程度でき易いか、それも瞬間的にそういう事が起る頻度という事でなく、そういう状態がある時間以上継続するかどうか、また煙突の高さの影響も知りたいので、従来気象学から少しはみ出た話題になると思いますが、統計的方法を駆使してのORの活躍できる場になると思います。

そこで一つ問題になるのは、もしこのような考え方で煤煙の排出基準を地方自治体ごとに定めたとしますと、（衛生的な基準が現在与えられていない事を別としても）、一度定めた基準値が10年以上もそのまま使えるとは期待できない事になる。衛生基準が不変であれば、工場または排煙量の増加によって、排出基準の方はきびしくなっていく事を認めざるを得ない事になる。企業サイドとしては、これは

困る事と思いますが、岸根先生がウィーナーの言葉として引用されたように「科学の人類への貢献のあり方が一代ごとに見直される必要がある」とすれば、排出基準が5年後に変わるぐらいの事はやむを得ない事と割り切る必要があるのではないかと。ただ条件をつけたいのは、無定見にまた急激に変るのは困る。長期的な方針が明示されて企業サイドにそれに対処する時間を与えながら変えて行くべきだと思います。東京の隅田川の排水基準を少し改善すると多数の中小企業が倒産するというのですが、そういう中小企業の一般的な経営環境は3年、5年でどんどん変わっていくので、排水基準が明示された線に従って毎年小刻みに改善されて行くとしたら、それは環境変化の一つの要素に過ぎないといえる訳です。また一般の市民活動を発生源とする公害、たとえば自動車の出す排気ガスや電波雑音をある時期に急に規制するという事は非常に困難ですが、3年または5年後の基準を明らかにして新車から逐次防止設備を取付けて行く事で、抵抗のかかなりの部分が除かれる。

今現状に対して規制をするという、いわば後ろ向きの方針を話題にしたわけですが、前向きの方針、すなわち今後の土地利用計画、工場配置計画という所でも、ORとしては大いに活躍する場があると思います。

次に第2の問題分野、規制を受ける企業、工場サイドでの対策の問題に入ります。これは先ほど八幡製鉄で集塵設備の選択のORをしたという話が出ましたが、煙突の高さ、形式、集塵設備の組合せ、廃ガスの脱硫をどうするか、低硫黄重油をどう使うか、こういう問題は別に公害と結びつけなくても、通常の企業活動におけるOR問題としてでてくるものと違わないと思います。この分野はORとしても従来最も経験のある方の分野で、従来のOR的アプローチを普及させればよい。ただしこれにも短期的問題と長期的問題とがあって、現在の基準に合せ立てる対策と、将来の市街地の拡大や工場の増加まで見て、排出基準がもっときびしくなる事を予想して立てる対策とがあると思います。また一本ごとの煙突について一律に濃度を下げるような対策の外

に、例えば八幡の市街における基準地を守るために、八幡製鉄としては重点的に地区別の対策をとるかという戦略的な問題もあると思いますが、この後の方の問題は企業サイドとして一般性のある問題ではなく、本来は地方自治体側の問題だといえます。一般市民のサイドとしては自治体当局が衛生学的、気象統計学的、設備技術的といった各分野の専門的知識についても、もっと強くなって、こういう問題の要点を押えて欲しいという事だと思います。

以上の2つの問題分野の外に、3第の問題分野として、公共的な規制措置と、それに対する企業サイドの対策の結果として起る社会的、経済的影響を評価する問題があると思います。たとえば電力や鉄鋼業界がすべて低硫黄重油に切替えるとすれば、かなりのコスト増加になる事が明らかになってきています。もし上に述べたように衛生基準が全国共通で、排出基準が地域特性に合せて定められるとすれば、当然地域差が出て、密集地域にある工場は低硫黄重油の使用を強制されてコストが高つく。そこまで考えて立地を選んだ工場は安くつく、この差がはきり出る事は、事態を長期的に改善して行くための重要な要因の一つになる。次に日本の物価がどんどん上がっているようでも、基礎的な物価はあまり動かなかつた事が、この十数年間の日本の経済成長の基礎であったかもしれませんが、規制強化によって一時的にこれがある程度動く、この影響を推定する問題、これはORと計量経済学との問題だと思えます。産業連関分析を価格波及の分析に使うかという事は、あまりやられていないようですが、私の明日の特別講演の中に少しこの話題が入りますので、興味のある方は聞いて頂きたい。

最後に公害に対して公益という言葉があります。公共の利益が一様に行き渡らなくて、それを公共的に回収する方法がない。たとえば公共的な設備投資によって周辺の地価が上がり、多数の地主が利益を得る、しかしそれを受けない人の方がはるかに多い、という分配論的な問題、これはORとしても経済学としても非常に大きな問題になると思います。ここでは具体的に発言できる内容を用意していません。以上です。