

都市域及びその周辺の自然環境等に係る環境指標の開発に関する研究

昭和59年度特別研究報告

A Comprehensive Study on the Development of Indices System
for Urban and Suburban Environmental Quality

環境指標 ——その考え方と作成手法——
ENVIRONMENTAL INDICES —Basic Notion and Formation—

内藤正明・西岡秀三 編著

edited by M. NAITO and S. NISHIOKA

環境庁 国立公害研究所

THE NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES

執筆者

内藤 正明 後藤 典弘 西岡 秀三
原科 幸彦* 安岡 善文 森田 恒幸
甲斐沼美紀子

(*昭和58年11月より東京工業大学社会工学科)

序

経済統計では総合物価指数がある。これにはラスパイレス指数、フィッシャーの理想算式などいろいろな式が提案されており、また、経済学者や統計学者によってその理論も十分に研究されている。我々が体験する各種の物価を総合して表すこのような指数によって、経済政策を立てることもできるし、企業や個人の経済活動の方針を決めるためにも便利である。

そこで、環境の状態を数量的に表現する尺度としての環境指標を作ることができれば、政策立案のためにも、また環境保全や管理のためにも役立つことは言うまでもない。

しかるに、環境というのは極めて抽象的な概念である上に、環境科学の進歩や分析技術の発達に伴って数多くの特性値が計測されるようになってきている。これらを総合することは極めて難しいが、この問題の重要性に鑑み、ここでは既存の環境指標の概念を整理し、またその作成の段階での問題点を分析してみることにした。

すなわち、第1章では環境指標の狙いと意味を述べ、第2章では環境指標について系統的な分析研究を行った。第3章では環境指標の利用面について効果と目的を述べ、第4章では環境指標作成の方法を体系化した。

また最近では情報システムの普及がすすんでいて環境行政に寄与する所が大きい。そこで最後には指標の作成と理解のための支援として情報機器の利用について触れておいた。

本報告は1983年度からの2か年計画の特別研究「都市域及びその周辺の自然環境にかかわる環境指標に関する研究」及びそれに先立つ経常研究「環境指標の体系化に関する研究」成果の第一歩である。環境指標は今後も研究しなければならないことが多いが、この基礎編が今後に予定されている応用編とともに環境指標作りに関心を持つ多くの方々に役立つことができれば幸いである。

1984年11月

国立公害研究所

所長 近藤次郎

目 次

Abstract	1
はじめに.....	3
研究の目的と成果の概要	5
成果報告一覧	7
1. 環境指標とその役割	11
1.1 環境指標とは	11
1.2 環境指標の役割	13
2. 環境関連の指標のレビュー	15
2.1 環境指標に関する検討の経緯	15
2.1.1 我が国の経緯	15
2.1.2 諸外国及び国際レベルの経緯	17
2.2 従来の各種の環境指標	18
2.2.1 社会指標と環境指標	18
2.2.2 環境指標としての生物指標の役割	20
2.2.3 各種環境指標の収集と整理	22
2.2.4 分類コード	33
3. 環境指標の効用と利用目的	39
3.1 環境指標の効用	39
3.2 環境指標の利用目的	40
3.3 環境指標に要求される基本的特性	41
4. 指標を作成する手順とその問題点	44
4.1 作成手順の概要	44
4.2 項目の選択	47
4.3 計測と計量化	55
4.3.1 基本的考え方	55
4.3.2 計測・調査手法	57
4.3.3 処理手法	69

4.4	尺度化	71
4.4.1	尺度化の基礎概念	71
4.4.2	指数化の方法 — 相対比較による尺度化	74
4.4.3	価値尺度化の方法	76
4.4.4	問題点と今後の課題	82
4.5	総合化（項目間の集約化）	84
4.5.1	基本的考え方	84
4.5.2	事例	93
4.5.3	問題点と今後の課題	97
4.6	時間及び空間集約	98
4.6.1	基本的考え方	98
4.6.2	事例	104
5.	環境指標作成と利用のための環境情報システム	109
5.1	指標情報システム	109
5.1.1	指標情報システムの形態	109
5.1.2	マイクロコンピュータ利用の可能性	113
5.1.3	環境指標のコミュニケーションの重要性	113
5.2	データ処理と蓄積	118
5.2.1	データの種類と形態	118
5.2.2	データの処理と解析	121
5.2.3	データベースシステム	129
5.3	指標作成と利用のための情報交流システム	133
5.3.1	情報交流システムの例	134
5.3.2	情報交流システムの利用	138
5.4	指標の表示法	139
5.4.1	厳密さとわかりやすさ	139
5.4.2	集約化との対応	140
5.4.3	効果的な表示法	141
5.4.4	グラフィックディスプレイの利用	142
5.4.5	表示とその利用の例	143
	おわりに	159
	索引	160

CONTENTS

Abstract	1
Introduction	3
Summary, the purpose and conclusion of the report	5
List of the relevant publications and presentations	7
1 . Definition and Function of Environmental Indices	11
1.1 What is EI?	11
1.2 How can EI be used?.....	13
2 . Review of Environmental Indices	15
2.1 Historical background of the studies on EI	15
2.2 Organization of the existing EI	18
3 . Need for Environmental Indices	39
3.1 Usefulness of EI	39
3.2 Potential uses of EI	40
3.3 Various requisites for designing EI	41
4 . General Procedure and Issues of Constructing EI	44
4.1 Outline of the procedure	44
4.2 Selection of variables	47
4.3 Measurement and quantification	55
4.4 Scaling	71
4.5 Aggregation of items	84
4.6 Spatial and temporal integration	98
5 . Environmental Information System for the Formation and Utilization of EI.....	109
5.1 Basis of environmental information system for EI	109
5.2 Data processing and storage	118
5.3 Communication technologies for the formation and utilization of EI	133
5.4 Display methodology of EI	139
Concluding Remarks	159
Index	160

ENVIRONMENTAL INDICES

— Basic Notion and Formation —

Abstract

As the environmental concerns in Japan have shifted gradually from the specific and local pollution episodes to more complicated and regional ones, it has become increasingly important to implement comprehensive assessment of environmental quality as quantitatively as possible. This is one of the reasons that recent interest in developing a proper system of environmental indices has been explored in a number of local public agencies as well as the national government. The importance of environmental indices (EI), however, has neither been well recognized by public administrators and experts nor by the public at large in Japan.

Therefore, the present report is mainly concerned with i) identifying the basic concept and the role of EI in the environmental policy and administration, and ii) organizing the procedure of formulating specific index upon a user's request.

This report consists of five chapters. Following the introductory remarks, "What is the EI and how effective they can be" are first described in Chapter 1. In Chapter 2, based on a thorough review of the relevant environmental indices, a method to systematize a wide variety of indices is proposed and studied. Chapter 3 discusses the utility of the environmental indices and their potential application. Also basic characteristics of indices are identified for the purpose of various utilization. Chapter 4 presents a basic procedure to construct specific index together with issues relevant to each stage. Finally, in Chapter 5, a description is made on the information system to support formulating indices. Data processing and storage, communication system, and presentation method are the key words in this Chapter.

The indices dealt with in this study are of great variety in local, regional and national scope. They also diverse in their intrinsic characteristics from the state of air or water pollution to the comprehensiveness of urban amenity.

The study reported herein has been undertaken as the preliminary phase of Special Research Project entitled "A Comprehensive Study on the Development of Indices System for Urban and Suburban Environmental Quality".

Key words

environmental indices
role
review
local, regional and national scope
air or water pollution
urban amenity
scaling
aggregation
information system

Authors

Systems Analysis and Planning Division:

Masaaki NAITO, Sukehiro GOTOH, Shuzo NISHIOKA,
Sachihiko HARASHINA*, Tsuneyuki MORITA and Mikiko KAINUMA
(*Tokyo Institute of Technology since Nov. 1983)

Environmental Information Division:

Yoshifumi YASUOKA

Acknowledgements

In writing this report, the authors gratefully acknowledge the support of all members of the project. Particularly thanks go to Dr. Yoshifusa Kitabatake for his constructive comments on our draft writings. Besides them, the contribution made by Dr. Masashi Ono, Division of Environmental Health Science, to the writing of the part 4.3.2(6) is noteworthy and fully appreciated.

Helpful advices were also given from Dr. Jiro Kondo, Director of the Institute.

This work is financially supported in part by a grant-in-aid for the Special Research Program of "Environmental Science" of the Ministry of Education, Culture and Science, Japan.

はじめに

最近、環境の質を総合的に表現する尺度としての環境指標というものに対して、各方面で関心が高まりつつある。我が国では、国レベルとしては中央公害対策審議会が今後の重点課題の一つとして環境指標の作成を提言しており、これを受けていくつかの検討が進められてきた。一方、地方公共団体では特に環境管理計画の一環として指標作りの試みが活発になりつつある。このような動向がみられるに至った背景としては、後述するように、環境行政が個別的規制から一步進んで、望ましい環境の保全、創造へと高度、複雑化してきたところにある。このため、そのような保全、管理施策の効果の判断とその方向づけのための根拠として、従来の個別汚染質ごとの基準に基づく評価といったものに加えて、何らかの新たな物差しが求められることとなった。

ところで環境の指標を作成するための努力は相当古くから多方面でなされてきた。しかし、このような成果はこれまで我が国では必ずしも現実の環境行政に取り入れられてはこなかった。これには上述のようにニーズそのものが明確でなかったということもあるが、一方、従来いくつか試みられた指標が利用目的を十分踏まえて作られたものでないことにもあろう。したがって、現時点で最も必要なのは、1) これまで断片的に出された各種の指標を体系的に整理し、それらがどのような特徴をもちどう位置づけられるか、また欠けている部分はどこかなどを明らかにすること、及び、2) 利用目的に応じて最も適切な指標を作成するための一般的手順をとりまとめることであろう。

そこで本報は、「環境指標の概念を整理し、その全体像を明らかにする」とともに、「指標作成の各過程にかかわる問題点の分析」を試みたものである。なおその概念や手法の説明のところでは、いくつかの実例を引用し、理解と実用の便を図った。

研究の目的と成果の概要

本書は、特別研究「都市域及びその周辺の自然環境等にかかわる環境指標の開発に関する研究」及びそれに先立つ経常研究「環境指標の体系化に関する研究」の成果の第一報である。このプロジェクトは、現在及び今後の環境行政に役立つ新たな環境指標の開発を目標とするが、そのためにまず「環境指標とは何か？ どのような手順で作成するものか？ 我が国の環境行政におけるその効用と限界は何か？」など基本的な理念を検討することから始めた。というのも今まで我が国では、環境指標についての組織立った研究はほとんど見られず、このような最も基礎的な概念の規定や、用語の定義さえまだ必ずしも明確にはなっていないためである。

一方、最近では国や地方公共団体の環境行政において環境指標に対する関心が急速に高まり、独自に指標作りに着手する例が多々見られるようになったが、その際に上述のような諸点を整理し、分かり易く解説したものがあれば大いに役立つのではないかと考えた。

本書は、これから環境指標作成を始めようとする研究者や行政担当者が、「環境指標とはどんなものであり、どのように作るか、またそのとき問題となる点は何か、さらに指標を作りこれを用いる場合の支援技術はどうあればよいか」などを理解する入門書として役立つことを目標にまとめたものである。このような目的から、プロジェクトを通じて得られた基礎的知見をベースに、内外の既存の知見も広く集約・体系化することによって、

- 過去の多様な指標を分類体系化するための考え方の整理、
- 我が国の環境行政における指標のニーズの明確化、
- 適切な環境指標を作る場合の手順の明確化と問題点の整理、
- 各段階で必要な技法の開発と今後の課題の整理、
- 指標を作成する際の情報システムのあり方、

等に新たな考え方を示し得たものとする。なお各所の例題の中には、我々の開発した指標例や関連手法を引用しているが、特別研究プロジェクトの中で我々が新たに開発、提案する具体的な環境指標については、これを集大成した“応用編”を本報に引き続き執筆する予定である。

本報告書は、中扉裏に記した7名が特別研究のメンバー*全員の協力を得ながら執筆したものである。しかし、上述のとおり本報は全体が統一された一つのマニュアル的内容を目指しているので、各自の分担部分の第一次原稿は、数次にわたる精密なクロスチェックによって全体の内容及び表現に整合性をとることに努めた。したがって、特に分担を記すことはしない。ただし、2.1節については北畠能房主任研究官の多大の助言を得たこと、また、4.3.2“疫学調査法”に関しては

前記の執筆者にとっては専門外であるため、プロジェクトメンバー外より小野雅司主任研究員(環境保健部・疫学研究室)の全面的協力を得たことを記して謝意を表する。



*メンバー 青木陽二，天野耕二，飯倉善和，猪爪京子，大井 紘，乙間末広，
甲斐沼美紀子，北島能房，後藤典弘，田村正行，内藤正明（リー
ダー），中杉修身，西岡秀三，仁科克己，原沢英夫，廣崎昭太，溝口
次夫，望月篤子，森 保文，森口祐一，森田恒幸，安岡善文

客員研究員：青島伸治（筑波大），池田三郎（筑波大），厚井弘志（大阪府），中島
〔昭和59年度〕直子（お茶の水女子大），野々村邦夫（国土地理院），橋本道夫（筑波
大），原科幸彦（東京工業大）（五十音順）

印刷発表

- (1) 後藤典弘 (1981) : 環境美化への諸方策. 月刊廃棄物, 7 (77), 58.
- (2) 後藤典弘 (1981) : きれいなまちづくり. 月刊廃棄物, 7 (76), 44.
- (3) 後藤典弘 (1981) : 兵庫県環境美化運動推進要綱と時限条例. 月刊廃棄物, 7 (81), 40.
- (4) 原沢英夫・西岡秀三 (1981) : 環境評価のためのコンピュータ支援システム. 環境情報科学, 10 (3), 74-81.
- (5) 原科幸彦, 原沢英夫, 黄光輝, 内藤正明 (1981) : 道路周辺環境質の総合評価一筑波研究学園都市における事例研究一. 地域学研究, 11, 81-98.
- (6) 原科幸彦・飯倉善和・西岡秀三 (1981) : 住民意識調査にもとづく道路周辺地域の環境診断一土浦市での事例研究一. 都市計画別冊昭和56年度学術研究会論文集, 16, 319-324.
- (7) Harashina, S. and M.Naito (1981) : Computer aided conference for comprehensive evaluation of residential environment. Proc. Int. Fed. Autm. Contr. 8th Triennial World Congr. CS, 75-80.
- (8) 森田恒幸 (1981) : 環境影響の長期予測と計画アセスメント. 日本自動制御協会セミナーテキスト「予測と制御」, 92-107.
- (9) 内藤正明 (1981) : 環境指標の整理と体系化の試み. 環境情報科学, 10 (1), 61-69.
- (10) 内藤正明 (1981) : 環境の主観的評価に関する基礎調査研究 (分担). 未来工研報告書, 55-02-01.
- (11) 後藤典弘 (1982) : 環境影響評価の実施とコミュニケーション一環境問題トピックスシリーズ (17) 一. 環境情報科学, 11 (4), 57-59.
- (12) 後藤典弘 (1982) : 地球規模の環境問題の視座. 環境情報科学, 11 (3), 50. -52
- (13) 原科幸彦 (1982) : 環境アセスメント研究の新しい展開一価値の問題への接近一. 地域開発, (216), 42-46.
- (14) 原科幸彦・原沢英夫・西岡秀三・内藤正明 (1982) : 会議実験手法による道路環境総合評価の試み. 文部省「環境科学」研究報告集B-123-R-40-6, 303-307.
- (15) 原科幸彦・原沢英夫・西岡秀三 (1982) : 環境施策のシステム分析支援技術の開発に関する研究. 国立公害研究所研究報告, 第37号, 150 p.
- (16) 国立公害研究所環境指標プロジェクト (1982) : 環境指標ワークショップ, 昭和57年11月9, 10日.
- (17) 溝口次夫 (1982) : 大気成分のバックグラウンド地点選定手法の検討. 京都大学環境衛生工学研究会, 第4回シンポジウム講演論文集.
- (18) 森田恒幸 (1982) : 地方自治体における環境影響評価制度の比較分析. 環境情報科学, 11(2) 79-86.
- (19) 内藤正明 (1982) : 環境指標の体系的整備. 公害と対策, 18, 953-962.
- (20) 内藤正明 (1982) : 環境評価指標の確立に関する総合研究. 国立公害研究所, 研究発表会予稿集-5-82.
- (21) 安岡善文 (1982) : 環境評価のための画像情報処理. 環境情報科学, 11 (2), 42-47.
- (22) 後藤典弘 (1983) : 環境分野における情報源情報整備の必要性和重要性. 環境情報科学, 12 (1), 84-86.

- (23) 後藤典弘 (1983) : 環境一個別技術から総合マネジメントへ。科学技術庁調査 : 日本の未来技術 800, 83 年版 (週刊ダイヤモンド別冊, ダイヤモンド社, 218 p.)
- (24) 後藤典弘 (1983) : わが国の街路清掃。月刊廃棄物, 9 (98), 62—63.
- (25) 後藤典弘 (1983) : わが国の街路清掃 (2)。月刊廃棄物, 9 (99), 40—41.
- (26) 後藤典弘 (1983) : わが国の街路清掃 (3)。月刊廃棄物, 9 (101), 94—95.
- (27) 原科幸彦・西岡秀三 (1983) 地域環境評価のための集合調査法の有効性に関する実証研究—土浦市内の道路周辺住民による会議実験。地域学研究, 13, 119—140.
- (28) 原科幸彦 (1983) : 環境問題トピックシリーズ (21) 社会指標と環境指標。環境情報科学, 12 (4), 107—109.
- (29) Harashina S.(1983):Using system analysis for environmental decision making : Japan's Evaluation Laboratory of Man-Environment Systems. Environ. Impact Assess. Rev. 4(1), 103-108.
- (30) 森口祐一 (1983) : 環境問題トピックシリーズ (20) 全国都市環境データベースの作成。環境情報科学, 12 (3), 73—78.
- (31) 内藤正明 (1983) : 「都市域及びその周辺の自然環境等に係る環境指標の開発に関する研究」について—国公研新規特別研究一。かんきょう, 8 (3), 11—18.
- (32) 内藤正明 (1983) : 広域的な環境の計測。計測と制御, 22 (1), 36—41.
- (33) 内藤正明 (1983) : 環境指標に関する概念整理。環境管理, 東京都環境保全局, (7), 2—17.
- (34) 内藤正明 (1983) : 環境指標からみた環境情報。季刊環境研究, 46, 12—19.
- (35) 西岡秀三・森口祐一 (1983) : 環境政策支援のための画像表示システム。季刊環境研究, 46, 20—35.
- (36) 西岡秀三・原科幸彦 (1983) : 生活者が環境へむける目をどう把えるか—国立公害研究所の人間環境評価実験施設。かんきょう, 8 (4), 73—77.
- (37) 西岡秀三 (1983) : 公害面から都市を診断する—自動車交通公害を例として—。環境情報科学, 12 (4), 24—33.
- (38) 後藤典弘 (1984) : 清掃事業におけるパソコン等によるOA化の動向と展望。月刊廃棄物, 10 (108), 50—56.
- (39) 原科幸彦 (1984) : 地区レベルでの環境計画のための住民意向反映手法について。—システム分析支援技術の立場から—。地域学研究, 14, (印刷中)
- (40) 原科幸彦・西岡秀三 (1984) : スライド写真を用いた一般住民による街並み評価手法に関する研究—10点法評点づけの有効性の検証—。都市計画別冊, 19, 181—186.
- (41) 原科幸彦・西岡秀三 (1984) : 環境施策形成のためのシステム分析支援技術。季刊環境研究, 47, 31—43.
- (42) 北畠能房 (1984) : アメニティの経済的・政策的側面。季刊環境研究, 48, 95—114.
- (43) 内藤正明 (1984) : 環境問題の将来展望と環境指標。季刊環境研究, 49, 113—121.
- (44) 内藤正明・森田恒幸 (1984) : 生活環境選好度調査。東京都環境保全局 (K—0—4 環 1), 3—4.
- (45) Oi, K., S. Miyamoto, O. Abe, A. Katsuya and K. Nakayama (to be published) : Analysis of Cognitive Structures of Environment of Local Residents through Word Association Methods. Proceedings of the 4 th International Conference on State-of-the-Arts in Ecological Modelling.
- (46) 安岡善文 (1984) : 宇宙からみた地球環境診断。保健の科学, 26 (1), 39—42.
- (47) 安岡善文 (1984) : 画像情報による環境の評価。Computrol, (5), 74—81.

口頭発表

- (1) 原沢英夫・西岡秀三 (1981)：カラー画像表示システムによる環境診断について。土木学会第6回電算機シンポジウム講演論文集。(東京)
- (2) 田村正行・西岡秀三 (1981)：道路騒音評価指標の算出方法に関する一考察。日本音響学会昭和56年春季研究発表会講演論文集。(東京)
- (3) 原科幸彦・西岡秀三 (1982)：環境総合評価への住民意向反映手法に関する研究。日本地域学会第19回大会(高松)
- (4) 後藤典弘 (1983)：環境美化システム形成における役割分担について。地域交流センター、美化における市民参加と快適なまちづくりを考える研究会(東京)。
- (5) 原科幸彦 (1983)：地域環境計画のための住民意向反映手法について—システム分析支援技術の立場から—。日本地域第20回国内大会(東京)
- (6) 原科幸彦・西岡秀三 (1983)：住民集会における参加者意見の集計表示効果の測定(1)。日本行動計量学会第11回大会講演予稿集(京都)
- (7) 溝口次夫他(1983)：大気成分のバックグラウンドレベルに関する研究。第24回大気汚染学会講演要旨集。(四日市)
- (8) 森口祐一・西岡秀三 (1983)：全国都市環境データベースの作成とその表示、解析システム。土木学会第8回電子計算機の利用に関するシンポジウム論文集。97—100。
- (9) 西岡秀三・原科幸彦 (1983)：住民集会における参加者意見の集計表示効果の測定(2)。日本行動計量学会第11回大会予稿集(京都)
- (10) 安岡善文・可知直毅・鈴木啓祐 (1983)：リモートセンシングによる植生遷移の解析。第22回計測自動制御学会学術講演会予稿集。453—454。(福岡)
- (11) 後藤典弘 (1984)：わが国の環境影響評価と地域環境管理。第5回長崎県環境部環境アセスメント研修会(長崎)。
- (12) 宮本定明・大井紘・阿部治・勝矢淳雄・中山和彦 (1984)：連想法による住民の環境概念構造の調査について—データ解析の方法—。第23回計測自動制御学会学術講演会予稿集。501—512(東京)
- (13) 宮本定明・大井紘・阿部治・勝矢淳雄・中山和彦 (1984)：自由連想法による住民の環境概念構造の調査とデータ解析。第27回自動制御連合講演会予稿集。(神戸)
- (14) 望月篤子・田村正行・東郷正美 (1984)：騒音に対する生理学的反応の測定。第54回日本衛生学会(米子)
- (15) 森口祐一・西岡秀三・中杉修身 (1984)：廃棄物情報の地図化。第5回全国都市清掃研究発表会講演論文集。(東京)
- (16) Nishioka,S. and M.Naito (1984)：An Information System for Environment Quality Assessment International Conference for Regional Information Systems。(Amagi)
- (17) 大井紘・宮本定明・阿部治・勝矢淳雄・中山和彦 (1984)：連想法による住民の環境概念構造の解析法。第2回知識工学シンポジウム資料。103—108。(東京)
- (18) 大井紘・勝矢淳雄・宮本定明・阿部治・中山和彦 (1984)：生活環境に関する住民の認識空間の拡がり構造。京都大学環境衛生工学研究会 第6回シンポジウム講演論文集。14—19。(京都)
- (19) 大井紘・勝矢淳雄・宮本定明・阿部治・中山和彦 (1984)：「住みよさ」に関する意識構造の連想法による調査と解析。土木学会 第39年次学術講演会概要集。(東京)
- (20) 安岡善文 (1984)：都市における住宅、緑の分布の計量化。文部省科研費「遠隔計測による都市防災構造の評価に関する基礎研究」研究報告会予稿集。17—24。(福岡)
- (21) 安岡善文・宮崎忠国 (1984)：軌道平行走査MMSによる高さの計測。第23回計測自動制御学会学術講演会予稿集。341—342。(東京)

1. 環境指標とその役割

1.1 環境指標とは

環境指標を改めて厳密に定義することは容易ではないが、常識的な表現を用いるならば、“環境に関するある種の状態を可能な限り定量的に評価するための物差し”と見えよう。この場合問題は、

- “環境”の範囲をどう設定するか、
- “ある種の状態”とはどのようなものを指すか、
- “可能な限り定量的に”とはどのようなことか、
- “評価する”主体は誰か、

を一つずつ明確にしなければならないだろう。これらはいずれも大いに議論のあるところで、必ずしも確定的な定義は与え難いが、次章以降(特に2章~5章)で順次詳しく規定していくことにする。

さてこのような環境指標に対して、しばしば出される指標の本質にかかわる重要な疑問(一部誤解を含む)がいくつかある。その主なものは、

- 指標は、ある対象の状態の良否を判断する根拠(判定基準)を明らかにするものか?
- 指標とは、ある状態を計量・把握するための技法(計量方法)を決めるものではないのか?
- 総合的な指標一つにまとめてしまうのか? そうするとかえって内容が分からなくなるのではないか?

などである。そこで、環境指標というものの像を一層明確にするためにも、まず最初にこれらの疑問に回答を与えておかねばならない。

分かり易いように例えを“体温計”に取って話を進める。この場合、人の体温を対象とするわけであるから、精々 $35^{\circ}\text{C}\sim 42^{\circ}\text{C}$ 程度の範囲を考える。そして 0.1°C ぐらいの細かさで等間隔に目盛りを打つのが利用目的に照らして最も適切である。”ということを決めることが指標作りの基本と言える。これに対して、“体温を水銀の膨張で計測するか、サーミスタを使うか”などを決めるのは計測技術上の問題であるが、指標を算出するためには適切な計測のできることが大前提であるから、指標作成は、この計測の過程から始まると考えてもよからう。なお、いかなる場合も「これこれの範囲を、この程度の精度で測れるような計量法を…」という注文を出すことは指標作りの側の役目である。さて重要な点は、“ 37°C の目盛りに赤印を入れる”ことを決定するところであるが、これは医学的な判断であって、物差し作りが主人公になって担当するものではない。つ

まり、環境基準やこれに相当する何らかの“判定基準”を設定することは、一応指標作りとは別の仕事と考えておくべきである。この点に関する誤解もよく聞かれるものの一つである。ただし、通常新たな診断機器開発をするときは、医師と医療機器技術者が十分討論の上で行うはずであり、“赤印をどこにつけるか”ということにも全く関与しないわけではないが、良否の判定基準を決めることこそが指標作りだと考えるのは誤解である。

なお、人間の健康のバロメータとして“体温”が極めて有効である（「簡易性」と「代表性」に優れている）と判断するのは医学の役割であるが、環境について、その健康状態を診断するには、生態学や疫学、生理学さらには社会心理学や経済学等の幅広い分野の専門家に加えて、一般市民も重要な役割を果たす。したがって、これら多様な環境の診断者の意見を十分に把握した上で、

- 最も適切なバロメータを選び、
- それを計量する方法を示唆し、
- 物差しを目盛り打ちをする、
- 必要とあれば「赤印（黄や青もありうる）」のような判定の目安をつける、

というのが環境指標作りの仕事の範囲と言えよう。以上のことをまとめたのが図1.1である。

第4章の「指標作成手順」というのは、ほぼこの順に従って各々の段階での考え方や手法を詳述するものである。以上が指標とは何かに直接かかわる疑問の第一、第二に対する一応の回答である。

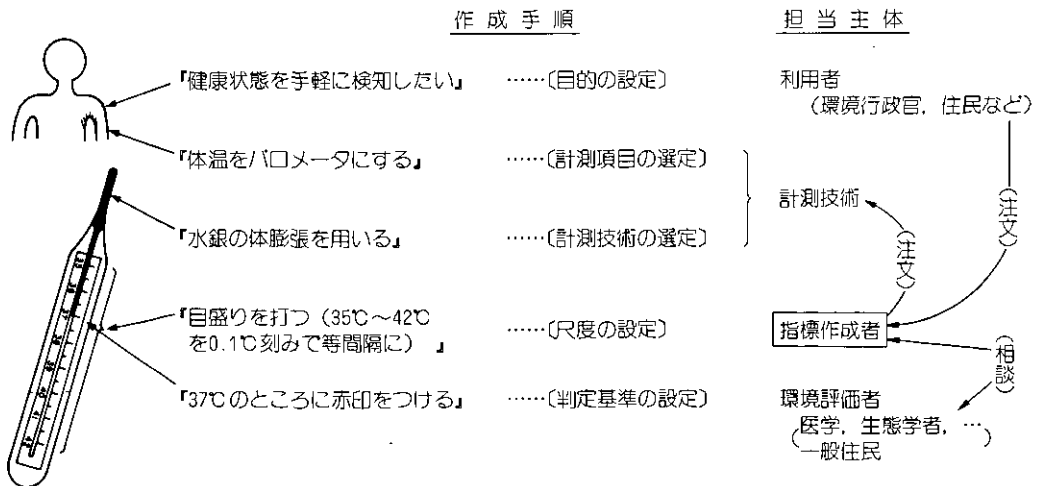


図1.1 指標作りの役割

次は、指標の役割と深くかかわる第三の疑問、すなわち総合化の問題を考えてみよう。

上述の人体の例で言えば、体温を測ってそれが平熱（赤印以下）かどうかによって、健康状態を判断する一つの重要な目安とする。指標の役割はこれに尽きると言ってよい。ただし、その判断に従って何らかの対処を行うわけで、この対処法を決めるのに役立つほど、指標として優れているのは言うまでもない。ところで体温以外に血圧や脈拍、さらには尿や血液成分なども同時に測れば一層健康状態が正確に判断される。そこで、これら各項目を組み合わせると総合的な“健康度”というようなものが計算されれば、素人には大いに参考になるろう*。環境の場合も、一般住民にとってはBODが何ppm、窒素が何ppm…と言われるよりも、これらを集約することによって情報量を集約し、「この水質は総合的に100点満点の30点」と言われる方が理解し易く、「それではせめて60点ぐらいまではきれいにしよう」という気持ちにもなるであろう。しかしながら医師が何らかの治療を施す場合の診断の基礎としては、健康度指数というようなものでなく、個々の検査値の方が必要であろう。専門研究者や環境行政担当者にとっても同様で、必ずしも総合的な指標にするより個別のデータを見た方が判断のための情報量が多いことは当然である。ただし、医師にとっても、数十もの検査項目をすべて個別に見るよりは、いくつかにまとめて、循環器系は良好、消化器系は要注意などという指標があれば判断に便利なのではなかろうか**。つまり専門家にとっても、余り個別の情報数が多くなると、ある程度の集約による部分的総合値が有効なのは当然である。要は指標の使用目的と、それに応じた適正な総合化の程度があるということである。したがって、ここでは環境問題における種々の利用目的と、それに応じた種々の総合化段階からなる“指標群の体系”を考えようとするものである。

1.2 環境指標の役割

以上に定義したような環境指標群が果たす役割を要約すると

(1) 環境施策の立案や効果判定の尺度、

(2) 住民との交流、PRや啓蒙の道具、

というのが主要な項目である。そして、それぞれの判断の中身は

— どの事象が問題か（事象把握）

— 他の地域と比べてどうか（場所比較）

— 過去又は現在と比べ将来はどうか（時間的トレンド把握）

という三つが主要なものである。なお、環境指標の利用目的については次章で具体的に詳述するのでここでは、基本的な要点のみに止める。

* 老化度の総合指標として“生物学的年令”指標の提案あり。

…………… 葛谷文男, OMNI, No32 (1984)

** 顔面神経麻痺程度指標、新生児仮死Apgar scoreなどあり。

…………… 国立循環器病センター 川副浩平(private communication)

2. 環境関連の指標のレビュー

2.1 環境指標に関する検討の経緯

2.1.1 我が国の経緯

これまで我が国における環境指標に関する組織立った検討は多くはない。環境指標に関する検討の発端となったのは生活質の水準を社会指標という広い概念でとらえたものの開発であった。では社会指標とは何かを明らかにするためにはそれが生まれてきた背景を見ることが必要である。この背景には「生活福祉の追求」を重視する方向への社会目標の転換と、その状態を表すための指標作成の要請の二つがある。

第一の社会指標の転換は、経済発展の達成とともに以下の問題点が明らかになったために起こった。すなわち、① 経済成長のマイナス面として環境破壊やインフレ等が生じたこと、② 福祉は本来多次的概念で構成されるもので非貨幣的概念を多く含むこと、③ 経済成長しても分配の不平等や欲求の高度化により人びとの不平不満は必ずしも減少しなかったことである。これらの結果として社会目標は経済成長から福祉の追求へと生活質の重視へ向かうようになった。

第二の指標開発の要請は、GNPに代表される経済指標の成功と限界とに強く影響されている。昭和30年後半からの経済成長の進展に伴って公害問題や福祉がなおざりにされていることが明らかになるとともにGNPで代表される経済指標が必ずしも人々の厚生水準の推移を表現しているのではないという疑問が高まってきた。そのため、経済審議会においてGNPの修正としてNNW (Net National Welfare) 等の貨幣的指標の開発が試みられたが、福祉状態を記述するためには非貨幣的な実物指標によらざるをえないことが次第に明確になってきた。その結果、環境質に関する指標を無理矢理に貨幣的指標の枠組に取り込むよりも非貨幣的な実物指標を一種の制約条件として、その制約を守るために要する費用とその経済的影響を明らかにしていこうという方向をとった。

いずれにしろ国レベルでの社会指標は、国の福祉水準の把握やその国際比較といった記述的利用を意図して作成されたものである。国民生活審議会(1979)の社会指標体系では、10の目標分野を設けている。これをブレイクダウンした個別指標は261にもなる。国民生活審議会の社会指標が開発されるのと前後して、都道府県を中心とする地方自治体レベルでも、各種の社会指標作成の試みが活発に行われた。1977年に行った調査(原科・篠崎, 1978)では、地方中心都市の動向についてもみたが、都道府県では作成経験のあるものが72%にも達し、地方中心都市でも27%になった。このことから社会指標は今や国レベルから地域レベルへとその範囲が拡大したとい

えよう。

地域レベルでの社会指標の特徴は、単なる記述的利用だけではなく、行政の政策効果の測定に用いるという政策用具としての利用が明確に意図されはじめたことである。これは必ずしも、ここで扱うところの環境指標に一致しないが、その基本になる考え方については本質的に差異はないと言える。この両者の関係については次節に改めて述べる。

多方面で環境固有の指標への関心が高まってきたのはごく最近のことである。まず、国レベルでは、中央公害対策審議会による「80年代の課題」（中央公害対策審議会企画部会、1980）の中の一つとして指標の確立が取り上げられた。その部分を引用すると、「環境保全の目標を具体的な政策目標として設定し、達成していくためには、当該目標に着目して環境の質を明確な形で表現する指標の存在が必要である。すなわち、従来の個別汚染因子の濃度に加え、総合的な快適さ、地域それぞれの経済的・社会的条件及び自然条件に応じた選択的な保全対象、あるいは緑の賦存状況、国土の利用状況など国土の現状、更に生態系の総合的な安定度等を考え、それらを表示する指標の開発を行う必要がある。また、環境汚染をもたらす可能性のある人間活動を環境保全の立場から評価し、それに対応した施策を講ずることが求められている。このためには個別開発行為に対する環境影響評価の充実等とともに、経済社会活動が生態系に与える負荷とそれによる生態系の変化を予見するためのモデルの開発・整備と、それに基づき環境負荷を経済社会活動の規模・パターンに帰属させて表示する指標を検討する必要がある。さらに環境指標体系の明確な展望を得るためには、適切な情報の蓄積、整理、情報処理体制の整備を行う必要がある。その場合、国際的なデータ、指標の比較可能性の向上にも留意すべきであろう。」と述べている。

これに対応して環境庁企画調整局の下に「環境指標検討会」が設置され、昭和55年度の1年間環境指標の基本概念の検討が行われた。その結果、環境指標を“社会活動”、“環境負荷”、“環境状態”、“社会影響”の大きく4種の指標群に整理すべきことなどが提案された（環境庁企画調整局、1981）。

一方、昨今環境施策は事前的、総合的視点に立ったアセスメントや、さらに環境管理計画策定へと重点が移り、これと密接に関連して、このような施策判断の基礎となる“指標作り”に力が注がれつつある。中でも各地方公共団体では、それぞれ固有の環境特性と行政目的を背景に、その環境管理計画の中で特徴ある環境指標の開発を行っている（内藤、1983）。昭和58年度時点では7自治体でそのような試みがみられる。以上の経緯から今後環境行政で要求される施策評価の視点を要約すると表2.1のようである。

表2.1 今後の環境行政で求められる指標の評価視点

評価分野	従来の評価基準	新たな評価対象・視点
公害規制	個別汚染質の 基準達成度	<ul style="list-style-type: none"> → 複合的、総合的汚染度 → 基準の維持度、上回る度合 → 汚染の将来トレンド → 影響人口 → 規制のコストー便益 → 国際比較
自然保護	景観の規模・ 自然性・変化度 種や生態系の特異性・ 稀少性・固有性	<ul style="list-style-type: none"> → 景観の地域的価値 → 種や生態系の地域的価値 → 自然とのふれあい、親しみ → 自然へのアクセスのしやすさ → 人口景観と自然景観の調和 → 身近な自然の再生・創造 → 自然の維持・管理の経済性
環境管理	個別的管理 短期的視点 規制的管理 対症療法的接近 シビルミニマムの基準	<ul style="list-style-type: none"> → 総合的管理 → 長期的視点 → 創造的管理 → 予見的アプローチ → 選択的基準 → 広域的アプローチ → 環境の快適面の重視

2.1.2 諸外国及び国際レベルの経緯

我が国における社会指標の背景は上述したが、その開発の発端は1920年代のアメリカにおいて、社会の現状と変化を記述しようとしたことに始まる(Neufville, 1975)。しかし、本格的な指標開発の動きは、1960年代後半、先進諸国の経済成長に伴う各種の問題点が明らかになったころからであり、それはSocial Indicators Movementと称されるほどの高まりをみせた。すなわち、社会指標(Social Indicators)という言葉が初めて明示的に使われたとされるBauer(1966)の頃から、アメリカをはじめとする欧米諸国や、国連、OECDの国際機関で、国レベルの社会指標作成の試みがなされた。例えばOECDが1979年の環境委員会の理事会勧告で「国際比較が可能でかつ実用的な指標」を定義し、これが算定できるような情報の整備を提唱している(OECD, 1980)。これを受けて出された「都市居住環境指標」は幅広い項目を含むが、いずれも比較的容易な変数群を採用している。この試算例は後に示す。

対象を環境質に限定した、ここで言うところの環境指標に関する検討は、米国で1970年頃から活発になり始め、1972年には環境指標の必要性、先駆的試みをまとめたものが“Indicators of environmental quality”として出版されている(Thomas, 1972)。(これは我が国でも翻訳されて「環境質の指標」と題して昭和49年に出されている。しかし、用語等に再検討の要があると思われる。)その後、連邦レベル、州レベルの実際的な利用が図られ、多くの実績が重ねられたが、そのような活発化の契機の一つはNational Academy of Science (1975)による環境指標作成の強い勧めにあると思われる。ここでは指標の役割、必然性、開発プライオリティなどを簡潔に提示していて、優先順位として大気、水質に係る指標の確立をあげているが、これは米国の環境問題の特徴及び当時の時代的背景にもよるであろう。このあたりから、米国では大気、水質を中心とする総合的指標の提案が多くみられるに至った。それを組織的にまとめたものが1978年に“Environmental Indices”として出版され、ここには環境指標の理念、役割、作成手順等本報とほぼ類似の構成をとっている(Ott, 1978)。ただし、対象は水質と大気質が中心となっているため、我々が現在関心を持っている快適性等を含む広い環境質指標の手引書としては幅が狭いが、その範囲では極めてよく整理された良書といえよう。なお、もう1冊挙げられるのは、Canter & Hill (1979)のものであり、ここには種々の環境質の計測値を指標化するときの価値関数を網羅している。これは一部4.4節で引用する。

2.2 従来の各種の環境指標

2.2.1 社会指標と環境指標

環境指標の生い立ちに社会指標が大いに関係があり、後者は言わば先祖ともいうべきものであることは、前節で述べた。ここではその相互の位置づけと差異を明らかにして、以降の環境指標の範囲を少しでも明確に規定しておきたい。OECDの都市環境指標開発委員会(1979)は、社会指標は“人間と人間の関係”を、環境指標は“人間と環境との関係”を対象とするとしている。この定義では社会指標と環境指標とは共通部分をもたないような印象を受けるが、都市環境指標として発表されたものをみるとそうではないと思われる。表2.2にOECDの都市環境指標と、国民生活審議会の社会指標のうち、物的環境項目体系の対応関係を示した。このようにOECDの都市環境指標は社会指標に含まれると考えられ、社会指標のうち環境指標と一致しない部分が、人間と人間との関係を扱った部分と考えられる。OECDの都市環境指標では表2.2のほかに第4の分野として「社会及び文化」をあげ、人間と人間の関係についても含んでいる。この点ではOECDの都市環境指標の定義と提案された指標そのもの間には混乱がみられる。

表2.2 都市環境指標(OECD)と社会指標(日本)の項目体系比較 (原科, 1983)

都市環境指標 (OECD)	1. 住居 1.1 屋内居住空間(居住密度分布) 1.2 屋外居住空間(人口密度分布) 1.3 アメニティ及び衛生 (専用の浴室又はシャワー保有率) 1.4 不動産関係の権利保持の安定性 1.5 住居のコスト及び入居の困難	1-a 住宅の広さと有用性(住宅面積等) 1-e 周辺環境の快適性(空間的ゆとり) 1-c 住宅関連機能 (1) 上水道 (2) 水洗便所 1-c 住宅関連機能 (4) 電話普及率 1-b 住宅利用費用(家賃, 住宅取得価格)	社会指標 (国民生活会議)	
	2. サービスと雇用 2.1 商業サービスへの接近性と質 2.2 健康サービスへの接近性と質 2.3 教育サービス 2.4 レクリエーションサービス 2.5 交通サービス } への接近性と質 2.6 防災・救急サービスへの接近性と質 (火災による焼失居住室) 2.7 雇用への接近性と安全性	1-d 近隣サービス施設の利用 駅・停留所, 公園, 託児所, 幼稚園 への接近性及び収容力 3-e 火災(火災による被害, 危険度) 3-f 交通事故		F. 物的環境
	3. 周辺環境とニューサンス 3.1 大気質(SO ₂ , 特殊な物質) 3.2 水質(上水, レクリエーション利用) 3.3 騒音 3.4 廃棄物処理 3.5 自然災害への防備(地すべり, 地盤沈下, 洪水, 強風, 地震) 3.6 気象(気温, 降水量, 日照時間) 3.7 土地条件及び都市の景観 (開発予定地又は荒廃地の割合)	2-a 大気汚染被害人口(SO ₂ , NO ₂ 等6項目) 2-b 水質汚濁被害人口(有害物, 有機物) 2-c 土壌汚染被害人口 2-d 騒音被害人口 2-e 振動被害人口 2-f 悪臭被害人口 1-c 住宅関連機能 (3) ごみ収集 3-a 地震災害, 3-b 風水害, 3-c 地盤沈下害, 3-d 雪害 4-a 良好な自然環境の保全 (植生自然度による良好な地域)		

そこで、以下では社会指標の対象となる分野は環境指標の対象分野よりも広く、それを包含するものであるとする。その包含関係を要約して示したものが図2.1である。ただし環境指標が社会指標に包含されるものだと言っても、環境指標が対象とする環境項目は社会指標で扱うそれより一層詳細であることは言うまでもない。

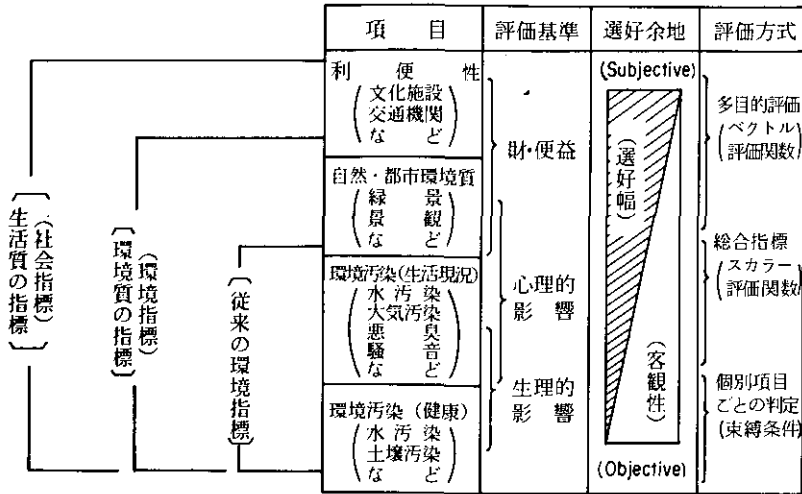


図2.1 環境質項目の多様性とその評価方式 (内藤, 1982)

2.2.2 環境指標としての生物指標の役割

環境の指標という場合、特に我が国では生物指標のことをまず思い浮かべる人が多いと思われる、これに関連する研究成果は多い。生物指標としては植物、昆虫、鳥、魚、水生生物さらには両生類等あらゆるものが環境に対する固有の指標性を有するとして、以前より各方面で研究されてきた(津田・森下, 1974; 峠田, 1974; 国立公害研究所, 1978, 1979; 大津, 1983)。最近では文部省環境科学特別研究の中でこれらを集約するような形でいくつかの報告書が出され研究蓄積が一層図られつつある(文部省「環境科学」特別研究, 1979b; 1983; 1984)。確かに生物指標は後述するように、多くの特徴を有し、環境評価の指標として今後さらに活用される局面が多くなるだろう。しかし、生物指標には利点と同時に、また固有の欠点、又は限界があることも十分認識して、これに応じた使い方をしなければならない。そこで生物指標の位置づけをここに若干考察しておく必要がある。そのためには物理・化学的指標と比べたときの生物指標の長所と短所を整理することが第一段階である。これをまとめてみると表2.3のようであろう。

表2.3 生物指標の特性

	生物指標	物理・化学指標
一般的に	身近で分かり易い	数値化による厳密性
		政策との対応づけ
		環境外の要因の分離可能性
しばしば	蓄積性・経年変化	
場合により	感度, 簡易性	

このように生物指標と物理化学指標はそれぞれ長短を有しているので、それをうまく目的に応じて組み合わせて用いることが必要である。そこで指標の二大利用目的（政策判断と住民理解）に対応して、これをどう使うか、そのときの問題点にどう対処するかを図的にまとめたものが図2.2である。

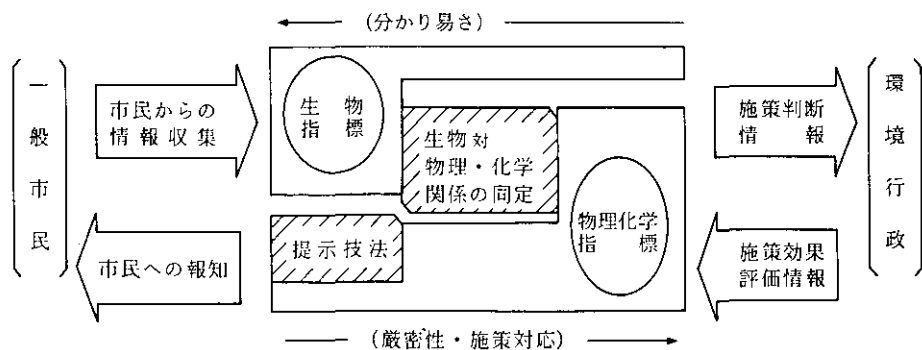


図2.2 生物指標と物理・化学指標の役割

この中で示した要点は

(1) 簡便なデータ収集の手段として

生物指標の“分かり易さ”を市民からの情報収集に十分活用することは極めて有効であろう。その種の使い方の例は、アサガオを用いた住民による大気汚染調査など古く昭和30年代からみられる。また最近では国や地方公共団体が生物を用いた市民参加による環境調査の試みを行うようになってきた(大阪府, 1983; 環境庁, 1984)。これには情報収集と同時に、一般市民の環境への関心を高める啓蒙効果がより期待される。ただし、この場合、生物指標固有の厳密性、操作可能性の欠如を補うため、“生物指標と物理・化学的計測値との対応関係”を定式化しておくことが必要であろう。

(2) 理解しやすい表現の手段として

専門的に用いられる物理化学指標(特に一次指標)は一般市民には理解しにくい。街頭の表示板で、“現在の大気はxx ppm, 騒音xx phon”などの表現を見たとき、どれだけの人がその意味を理解しているであろうか。このような局面で物理化学的指標の理解しにくさを、上述の“対応関係”で生物指標に翻訳して示すことは有効である。一方、物理化学指標も、もっと表示手法の工夫をすることによって一般市民の理解になじむであろう。このことから指標化と、これを表示する技術とは切り離せないことが想像されよう。

(3) 保全すべき対象のindicanda(指標化対象の指標)として

生物は環境における代替計測器である以上に、生物自体が保全対象である。そこで保全対象の状態を表す指標として生物が用いられる。例えば貴重動物種数などはそれ自体が自然環境質の一つの指標である。この場合のように指標化対象そのものである指標をindicandaといい、これに対して(1)(2)はある状態を代替して表現するもので、これはindicandaでない。

2.2.3 各種環境指標の収集と整理

環境指標の範囲を規定することの容易でないことは前項に述べたとおりであるが、環境関連の指標に限っても、その種類は多種多様である。環境指標としてはまず自然環境の状態を示す各種の汚染指標が、その最も基本的なものであるが、さらにその汚染等が、人間の健康や財産に影響を及ぼす程度を示す“過剰死亡率”、“Q-index(騒音の心理影響指数)”、“作物被害指数”などがある。一方、また汚染や破壊をまだ引き起こしてはいないが、その潜在能を持つものとしての人間活動の度合いを示す“燃料消費量”や、“DOP(Degree of pollution)”なども一つの環境指標と考えられよう。このように、汚染にかかわる指標に限っても、そのレベルや対象の側面が種々に相違している。さらに“代替指標”、“先行指標”、“広域指標”、“複合汚染指標”などという表現もしばしば用いられる。しかし、それらが互いにどのような位置づけにあり、どのような相互関係を有しているかを明確にすることは難しく、これまでもいくつかの断片的なまとめはな

れているものの、全体を網羅的に整理・統合しようとする試みはまだ見られない。そこで以下にそのような多種の指標をできるだけ見易く体系化するために、広く各種の指標、指数ないしはこれに準ずるとみられるものを集めて、整理しておく。

これまで環境指標に関する議論で最大の混乱は、レベルも内容も大いに異なる多種多様なものを十分に整理することなく用いてきたことにあると思われる。そこで本章では過去に「××指標」と称して提示されてきたものを、できるだけ広く収集し、これを体系立って分類・整理するための考え方を示す。これは、環境指標とは何か、またどのような問題があるかを理解するのに有用であろう。さらにある目的に指標を使おうとする場合、どれが最も適切であるかを選択するための基準を与えるのにも役立つなど環境指標の検討を始める出発点となるであろう。このことから以下に提示する指標の分類基準は、何よりもまず利用目的にうまく対応するものでなければならない。

(A) 環境影響過程に沿う分類

環境指標を一言で定義するのは難しいが、あえてすれば“自然環境そのもの及び、人為的（時には自然的）な原因によって生じた環境状態の変化が、人間の生活と生存にもたらす各種の利害を定量的に評価する尺度”と言ってよいであろう。（なお、関連する用語の定義については次節で詳述する。）そこで大事なことは、最終的に“人間への影響”を評価できることが指標として不可欠の要件であるということである。それでは“環境状態”そのものは指標になり得ないかといえ、そうではなく、dose-effectやdose-response又は汚染経済評価などの関係を介して人間影響を評価するための先駆的な指標となりうる。さらに“人間活動量”は環境状態にインパクトを与えるポテンシャルとしての一つの指標となり、またこれは制御のための操作量となる。このような「人間活動」—「環境負荷」—「環境状態」—「人間影響」という一連の過程に沿って一つの重要な分類軸があり得ることは、後の既存指標の整理の結果から明らかとなる。以上を整理すると表2.4のようになる。なお、これら四つの指標の間を結びつける関数関係「人間活動対環境負荷量」、「負荷量対環境変化」、「変化対社会影響」を見いだすことが実は、環境研究の重要な課題である。この関係が見いだされれば、“人間・社会影響”を評価し、これをある望ましい水準に保つために、操作量としての“人間活動”をどのように操作すればよいかが決められる。しかし、これらを結びつける関係の定量化はまだいずれも不十分である。したがってここに政策決定者の主観的な判断が要求される一つの局面がある。

(B) 集約化の内容による分類

通常、指標という場合“総合的”ないしは“集約的”というイメージが伴っている。もちろん個別のSO₂一つを取り上げた指標もありうるが、指標本来の意義は、多元的な情報をできるだけ情報内容を失わない形で、理解しやすいものに集約化するところにあることは既に“はじめに”でも述べたとおりである。ところで、この集約化の内容とレベルによっていくつかの種類があるので、これを要約して表2.5に示す。

表2.4 指標のフレームワークと作成手順 (内藤, 1981)

指標作成手順		各種指標 変換手順	社会活動A (Social activities)	環境負荷L (Env. load)	環境状態E (Env. state)	社会影響I (Social impact)
計測値 Variables or Parameters	データベース作成: $x_i(t, p)$	必要項目 x_i の計測値を 時間 t と場所 p の関数 としてデータベースに 整備	環境変化の潜在能とな る経済社会活動量のテ ータ。 (重油消費量, 開発規 模…)	汚染・改変等の負荷量 のテータ。 (BOD負荷量, NO _x 負 荷量…)	汚染状況に関するテ ータ (大気, 水質…) 環境現状に関するテ ータ (植生, 流況…)	被害状況等に関するテ ータ (苦情件数) (疫学調査結果)
	項目抽出: $X_1 \dots X_n = S(x_1 \dots x_n)$	必要項目 X_i の選定	対象評価事象にかかわ る発生源活動項目の選定	対象評価事象にかかわ る発生負荷項目の選定	対象評価事象にかかわ る環境状態量項目の選定	対象評価事象にかかわ る被害項目の選定
一次指標 (Primary I.)	価値関数 への変換 $X_i^* = \phi(X_i)$	主に専門家へのアンケ ートなどによる価値尺 度 ϕ の定量化	ϕ : 線形		計測値の価値関数への 変換	影響度の被害度尺度へ の変換
個別指標 (Sub-index)	項目集約: $X = F(W_i, X_i^*)$	住民の嗜好や専門家 の判断による荷重係数 W_i の決定	個別活動量の相対的汚 染発生ポテンシャル (エクセルギー…)	同一種負荷を生ずる発 生源の単純重合せ。異 種負荷発生源の総合化 基準 (対排出基準比…)	影響度を判断に入れた 重要度荷重 W_i の決定 (対環境基準比…)	被害項目の相対的重要 度 W_i の決定 (住民嗜好…)
複合指標 (Combined)						
時間集約	短期指標 (Short-term)	時間集約: $Y = \int W_t X dt$	作業条件の時間, 週間, 年間の変動の均らし方	排出条件の時間, 週間, 年間変動の均らし方	計測値の時間代表性の 検討	被害調査テータの時間 代表性の検討
	長期指標 (Long-term)		時間ごとの荷重設定	$W_t = 1$	時間帯, 季節等の環境 質の重要性荷重	社会影響の時間帯別荷 重付け
地域集約	局地指標 (Local)	地域集約: $Z = \int W_a Y da$	空間代表性の検定	特に問題とならない	計測値の地域代表性	サンプル値の地域代表性
	広域指標 (Regional)		地域ごとの荷重設定	$W_a = 1$	地域ごとの環境の重要性 による荷重(影響を加味)	影響の地域社会ごとの 荷重付け
		対象地域の設定	どの地域を評価対象としたいかの指示			

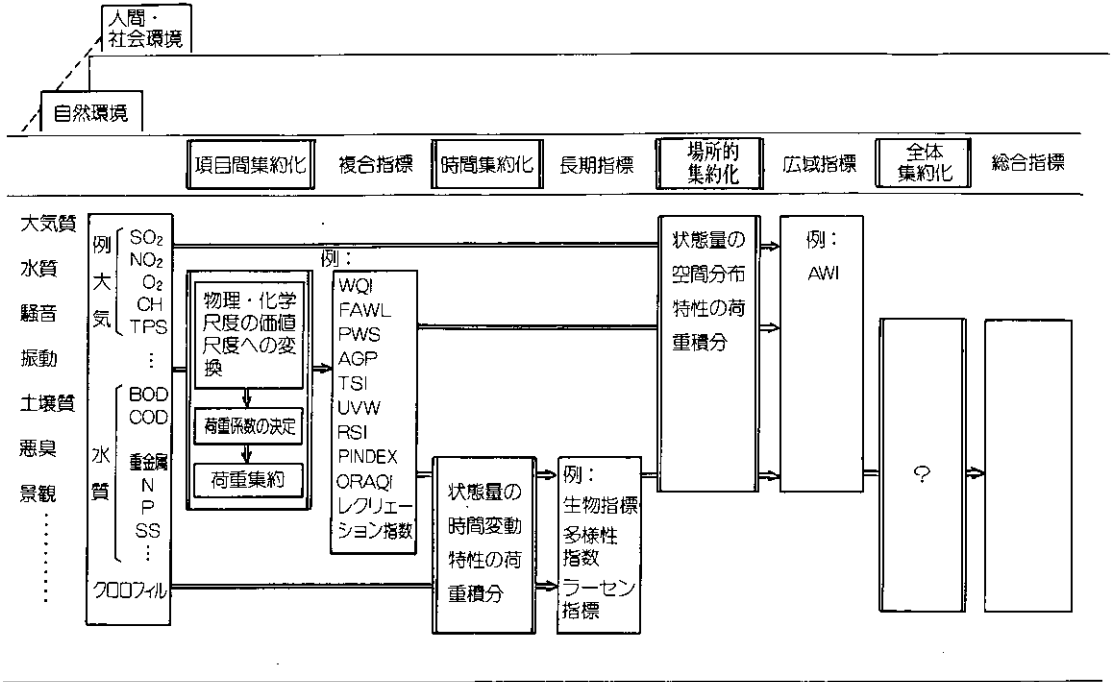
表2.5 集約化の内容による指標の分類

指標名	作成過程		指数名
計測値 variables	$X_i(t, a)$		
	選択と加工 ¹⁾		
一次指標 ²⁾ primary index	$\hat{X}_i(t, a)$		
	価値尺度へ変換 $v_i = \psi(\hat{X}_i)$	相対比への変換 $x_i = \hat{X}_i / \hat{X}_1$ *3)	
個別指標 sub-index	v_i	x_i	指数 indicators
	項目間集約 $V_o = F_o(w_i, v_i)$	指数集合化 ⁴⁾ $x_o = \sum x_i$	
総合指標 aggregated index	V_o	x_o	合成指数 ⁵⁾ combined indicator
短期指標 ↓ 長期指標	時間集約 $Y = \int_T w_t \cdot V_o dt$		
局地指標 ↓ 広域指標	地域集約 ⁶⁾ $Z = \int_A w_a \cdot Y da$		

- 注) 1) “面積当たり”とか“人口当たり”などの簡単な加工のこと。
 2) この用語は和英共にまだ定着していない。
 3) 適当に選んだ基準値で割り算したもの。
 4) 稀に複数個の指数を加えて集合をとることあり。
 5) 仮称。
 6) 時に空間集約、場所集約とも称す。

ここで示すように集約化の基準には大きく3種がありうるが、これらは互いに独立しているわけではなく、目的に応じて重複して集約がなされる。この一例を表2.6に示す。なお、これらの集約が意味するところ、及び集約するための手法の詳細については次章で示す。

表2.6 三種の集約相互関係の例（内藤，1981）



(C) 空間スケールによる分類

指標の利用目的は、対象とする環境の空間スケールによって大きく異なり、したがって、指標の特性も、この空間スケールに応じて分類することが必要である。これは① 環境事象ごとにその地域的広がり異なること、② 環境施策は空間スケールに応じてこれを担当する行政レベルが異なること、などのためである。ただし大は地球、全国レベルから小は街区レベルまでのスケールを、どのように分割するのが適切かは、まだ多く検討を要するところである。上記二つの空間スケール設定の判断基準に対し、一つの手掛かりとして、図 2.3 を引用する。

(D) 環境場によるもの

- (1) 気圏を対象とするもの（例：SO₂, NO_x, PSI, …）
- (2) 水圏を対象とするもの（例：BOD, AGP, WQI, …）
- (3) 地圏を対象とするもの（例：CD, 土壌質指標, …）
- (4) 生物圏を対象とするもの（例：BI, DI, サプロビ指標, …）
- (5) 社会圏を対象とするもの（例：レクリエーション指標, …）

空間スケール レベル	総合施策				部門別施策							
	環境系	開発系	土地利用系	経済系	公害防止部門		自然環境保全部門		他部門			
					規制系	事業系	保護系	公園系	河川	水資源	道路	農林
I 1/50万 全国	環境保全長期計画	全国総合開発計画	国土利用全国計画	長期経済計画	公害防止計画	規制基準 環境基準	自然環境保全基本方針	自然環境保全	国立公園	高速自動車国道	全国森林計画	
II 1/20万 地方	地方別保全方針 瀬戸内海環境保全基本方針	地方開発計画	地方国土利用計画	地方経済計画	地域又は水圏指定	常時監視	鳥獣保護事業計画	自然公園	国立公園	水系指定 一級河川	一般国道	地域森林計画
III 1/10万 都道府県	都道府県環境管理計画	都道府県基本計画	都道府県国土利用計画	都道府県経済計画	公害防止計画	上乗せ基準 総則削減計画	産業廃棄物処理計画	自然公園	自然公園	県管理一級河川	都道府県道	地域森林計画
IV 1/5万 市町村圏	地域別管理方針	特定地域開発計画	特定地域	特定地域	公害防止計画	流域下水道	市町村農産物	市町村環境計画	近郊緑地	一級河川	市町村道	市町村森林計画
V 1/1万 市町村	市町村環境管理計画	市町村基本構想	市町村土地利用計画	市町村経済計画	市町村公害防止計画	公共下水道	市町村農産物	市町村環境計画	緑のプラン	準用河川	市町村道	市町村森林計画
VI 1/5000 町丁等	地区別管理方針	地区基本構想	地区土地利用計画	地区経済計画	地区公害防止計画	幹線	市町村農産物	地区環境計画	地区公園	準用河川	市町村道	市町村森林計画
VII 1/2500 地区	地区別管理方針	地区基本構想	地区土地利用計画	地区経済計画	地区公害防止計画	幹線	市町村農産物	地区環境計画	地区公園	準用河川	市町村道	市町村森林計画
VIII 1/1000 敷地	敷地別管理方針	敷地基本構想	敷地土地利用計画	敷地経済計画	敷地公害防止計画	幹線	市町村農産物	敷地環境計画	敷地公園	準用河川	市町村道	市町村森林計画

図2.3 環境関連諸施策の空間スケールによる類型化

(E) 時間変化特性による分類

(1) ある時点の瞬時値によるもの。

これまでのほとんどの指標はこれに属する。

(2) ある時点の変化速度（微分値）によるもの。

従来、このタイプのものは見られないが、微係数は将来の状態を予見するものであるため、先行指標の一種と考えられる。いったん影響が現れると回復困難な環境現象では、変化の徴候を早期に示す指標は特に重要な意味を持つであろう。

(3) ある期間の積分値によるもの。

埋立廃棄物やヘドロ、さらに重金属の生物濃縮などの現象では、ある時間の積分値が重要である。

(F) フロー値かストック量か。

(1) 流れ（フロー）の強さ（レート）を示すもの。

時間当たりの排出量など

(2) 蓄積量（レベル又はストック）を示すもの。

一時点の状態又はフローの蓄積によるレベルを示すもので、多くの指標はこれに当たる。

なお、(E)～(F)の相互関係をまとめて表示すると表2.7のようになる。

表2.7 (E)軸と(F)軸の組み合わせによる指標の時間変化特性の整理 (内藤, 1981)

(E)軸 (F)軸	瞬時値 (E-(1))	微分値 (E-(2))	積分値 (E-(3))
flow or rate (F-(1))	$f(t)$	$df(t)/dt$	$\int_0^t f(t)dt(=X)^*$
例	汚濁発生負荷	負荷増加率	総発生量
stock or level (F-(2))	$X(t)$	$dX(t)/dt$	$\int_0^t X(t)dt$
例	汚染レベル	汚染トレンド	汚染蓄積量

(注) * flowの積分値はstockの瞬時値に対応

以上のような分類基準に従って、これまでの主な環境関連指標を整理したものが表2.8である。ただし、上記の多数の分類軸すべてを採用してマトリクス上に整理することは困難なので、主な軸三つを選んでいる。なお、表2.8中に引用した指標の定義を表2.9に一覧にして示す。

表2.8 各種の環境関連指標の整理

集約過程	人間活動		自然環境		社会環境		
	活動指標		環境状態指標		人間・社会影響指標		
	(発生)	(負荷)	(物理・化学)	(生物)	(健康)	(心理)	(経済)
一次指標	重油消費量	BOO 負荷量	SO ₂ , O _x , COD, pH, NO _x , … BOD, SS, dB, DOOP —基準適合度—	BIP, サプロビ-Ind,	気管支炎 過剰死亡率, TSS, NPL	Q-Index, NNI, PNL, SPL, NEF, 臭気尺度	建物汚損度
項目集約	燃料使用量, 自動車保有台数,	DOP, CPI	PSI, EVI, RQI, WQI, PINDEX, SWEQI, ORAQI, PNS, API, AGP, IIP, ……	土壌質指標	MURC, HI, MAQI, EVI,	SMOGGY, ORAQI,	作物被害指数
時間集約			TAI, TWQS, NSFI, WQIPN, PDI,	DI	PTI, PRI, CUEX	NPL, 音環境質指標	公園利用率, ERI
空間集約	地域物流, 生産高	総排気力 又量	AWI, AQI, BGI	自然環境 質指標	PWI, DAP, DPP, PRT,	リフレッシュ利用力指標, リフレッシュ指標	(社会指標)
総体的指標	(GNP)		EI, EES, NPPI, EIU,		OECD-INDEX		(NNW)
—環境管理計画の諸指標—							

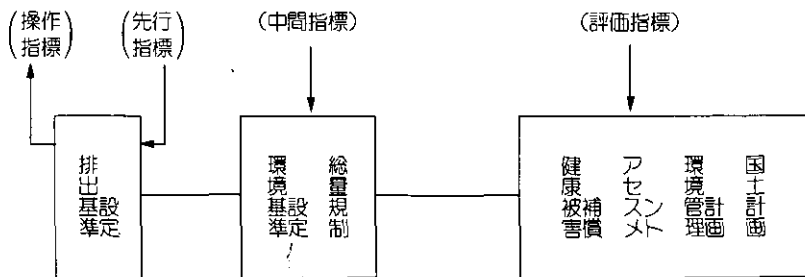


表2.9 各指標の定義 (内藤, 1981)

指標又は指数名*	定 義	文 献
DOP (Degree of pollution)	$\sum_{i=1}^n$ (実績排出値/排出基準値), $i: \begin{cases} \text{化石燃料} \cdots \text{SO}_x, \text{NO}_x, \text{ばいじん} \\ \text{原子力} \cdots \text{気体} \cdot \text{液体廃棄物, 液体排物トリチウム} \end{cases}$	総合研究 開発機構, 1976
PSI (Pollution standard index)	$\max(y_1, y_2, \dots, y_6)$ $y_i = a(x_i - b) + c$ x_i : 第 <i>i</i> 大気汚染物質濃度 y_i : 区分的線形化指標値 $i = 1 \sim 6$ (CO, O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , TSP, TSP × SO ₂)	Ott and Hunt, 1976
PindeX	<p style="text-align: center;">PindeX calculation scheme</p>	Babcock, 1970
ORAQ (Oakridge air quality index)	$\left[5.7 \sum_{i=1}^n (C_i/S_i) \right]^{1.37}$ C_i : 第 <i>i</i> 大気汚染物質濃度 S_i : 第 <i>i</i> 大気汚染物質環境基準	Oak Ridge Nat. Lab., 1971
MURC (Measurement of undesirable respirable contaminant)	$70(\text{COH})^{0.7}$ COH: coefficient of haze	Detroit city, 1968
API (Air pollution Index)	$0.2(30.5 \cdot \text{COH} + 126.0 \cdot \text{SO}_2)^{1.35}$	Ott and Hunt, 1976
幾何指数	$\left[\prod_{i=1}^n P_i (W_{\min}/W_i) \right]^{1/n}$ P_i : 第 <i>i</i> 汚染質レベル W_{\min} : <i>n</i> 種汚染物中の最小 W_i W_i : 第 <i>i</i> 汚染物の荷重	Lilliefors, 1976
WQI-1 (Water quality Index)	$\prod_{i=1}^n w_i q_i$ i : (DO, BODs, pH以下11項目) q_i : 第 <i>i</i> 種水質項目につき0~100まで配点 w_i : 荷重係数	Nat. Sanitation Found., 1970
WQI-2 (Water quality Index)	$\left[\prod_{i=1}^n f_i a_i(p_i) \right]^{1/n} / \sum_{i=1}^n a_i$ p_i : 第 <i>i</i> 変数の値 $f_i(p_i)$: 第 <i>i</i> 変数の感度関数 a_i : 荷重係数	Waiski and Parker, 1974

表2.9 (つづき)

指標又は指数名*	定	義	文 献
IIP (Implicit Index of pollution)	$\sum_{i=1}^n X_i$	$\begin{cases} X_i = F_i(Y_i) : \text{変換関数} \\ Y_i : \text{第}i\text{水質汚染質濃度(pH, DO, BOD}_5\text{, 以下10項目)} \end{cases}$	Prati, 1971
TSI (Trophic status index)	$10(6 - \log_2 SD)$ SD: 透明度 (m)		Carlson, 1977
AGP (Algal growth potential)	藻類培養試験による藻類生産の潜在力評価値 (ex. AGP = (COD) _{max} / 0.40...chlorella) に対し)		Bringmann and Kilhn, 1956
UVW (Utility value of water supply) 水の効用性指数	(水量) × (水圧) × (水質)		合田, 1979
BI (Biological Index)	$\{(2A + B - 2C) / (A + B + C)\} \times 100$	$\begin{cases} A : \text{非耐汚濁性種の種数} \\ B : \text{汚濁広適応性種の種数} \\ C : \text{汚濁性種の種数} \end{cases}$	Beck, 1955
サブロビ指数	$\sum_{k=1}^4 (kh_k) \sum_{i=1}^n h_i$	$\begin{cases} k : \text{水質階級指数} \\ h_k : \text{出現多少度 (1, 2, 3)} \end{cases}$	Pantle and Buck, 1955
BIP (Biological Index of pollution) 生物学的汚染度	$(B/A + B) \times 100$	$\begin{cases} A : \text{有葉緑体生物数} \\ B : \text{無葉緑体生物数} \end{cases}$	日本下水道協会, 1974
DI (Diversity Index) 多様性指数	$S / \log N$ or $1 - \sum (n_i / N)^2$ or run / N or $-\sum [(n_i / N) \log(n_i / N)]$ (Shannon and Weaver)	$\begin{cases} N : \text{総個体数, } n_i : \text{第}i\text{種個体数} \\ run : \text{同種のもののみとまり} \end{cases}$	Glerson, 1922 Simpson, 1949 Calms, 1968 McArthers, 1961
土壌質指数	RKLSLCP (植物成長期における土壌損失)	$\begin{cases} R : \text{降雨量, } K : \text{土壌浸出性, } L : \text{スロープ長} \\ S : \text{傾斜, } C : \text{収穫系, } P : \text{浸食防止策} \end{cases}$	Smith and Wischmeler, 1962
Green's Index	$1/2(84SO^{0.431} + 26.6 \cdot COH^{0.576})$ COH: Coefficient of Haze		Green, 1966
NNI (Noise and number Index) Q-index	人間心理の影響を騒音レベルと時間当たりの発生回数を加味		Burns, 1968
PNL (Perceived noise level)	ノイズ尺度による航空機騒音のやかましき指数		Kryter, 1963
音環境質指数	聴器障害度と音環境質の24時間内でのばく露分布を総合化		同上, 1964

表2.9 (つづき)

指標又は指数名*	定 義	文 献
臭気尺度	$R = k(s - s_0)^n$ $\left\{ \begin{array}{l} s : \text{臭気物質濃度} \\ s_0 : \text{いき値} \\ k, n : \text{係数} \end{array} \right.$	Steven, 1957
CUEX (Cumulative exposure index)	$CUEX_j = \sum_{i=1}^n \frac{E_{i,j}}{[DLEC]_{i,j}}$ <p>CUEX_j: j番目の器官に対する全線量推定値の相対的重要性 E_{i,j}: k番目の環境試料のi番目の核種に対して時間的に積分した濃度 ($\mu Ci, kr/cm^3 \cdot yr$) (DLEC)_{i,j}: k番目の試料の種類の中にi番目の核種が存在するとしたとき、すべての被ばく様式によって、j番目の器官に生ずると推算される線量が、年間線量限度に等しくなる時間積分された濃度</p>	Rohwer and Struxness, 1971
AWI (Area weight average index) 面積荷重平均指数	$\frac{1}{A_0} \int_A c(a) da$ <p>汚染レベルの面積荷重平均</p>	EPA, Res. Tri. Park, 1976
TAI (Time and area average index) 時・空間的平均指数	$\frac{1}{A_0 T} \int_T \int_A C(a, t) da dt$ <p>時間Tの間の面的汚染レベルの平均</p>	同 上
PWI (Population weight average index) 人口密度荷重平均指数	$\frac{1}{p_0} \int_A \rho(a) c(a) da$ <p>住民が接した汚染レベルの平均</p>	同 上
DPP (Damage population product) 住民影響度	$\frac{1}{p_0} \int_A \rho(a) f(c(a, t)) da$ <p>時間Tの間に住民が汚染から受けた影響度の平均 f(c, T): 汚染が人体に及ぼす影響関数</p>	同 上
PTI (Population weight time average index) 人口密度荷重時間平均指標	$\frac{1}{p_0 T} \int_T \int_A \rho(a) c(a, t) da dt$ <p>時間Tの間に住民が接した汚染レベルの平均</p>	同 上
PRI (Population at risk index) 危険人口指数	$\int_0^1 PR(f C_0) df$ <p>C₀を越える汚染に接している住民の平均ばく露時間の割合</p>	同 上
PRI (Regional risk Index) 地域危険指数	$\int_0^1 R(f C_0) df$ <p>汚染がC₀を越える地域の平均ばく露時間の割合</p>	同 上
レクリエーション利用力指標	$S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m s_{ij} \text{ (面積)}$ <p>s_{ij}: iタイプのレクリエーション地のjサイトの面積 $L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m l_{ij} \text{ (岸辺の長さ)}$ l_{ij}: iタイプのレクリエーション地のjサイトの長さ</p>	U.S. Dept. of Interior, 1970

表2.9 (つづき)

指標又は指数名*	定 義	文 献
レクリエーション指数	$R = \sum_{i=1}^m w_i S_i$ $\left\{ \begin{array}{l} S_i = \sum_{j \in A_i} s_j \\ s_j : \text{時間距離 } A_i \text{ の範囲に含まれる公園面積 } s_j \\ w_i : \text{到達時間の逆数による荷重} \end{array} \right.$	Clawson and Knetsch, 1966
環境ストレス指数	$U = PRC$ $\left\{ \begin{array}{l} C = C_e + B_H + C_R \\ C_e : \text{環境に対するストレス} \\ C_H : \text{人間活動に対するストレス} \\ C_R : \text{資源に対するストレス} \end{array} \right.$	Royston, 1971
EES (Environmental evaluation system)	<p style="text-align: center;">TOTALITY OF ENVIRONMENTAL IMPACTS</p> <p style="text-align: center;">GENERAL</p> <p>Level 1..... ENVIRONMENTAL CATEGORIES</p> <p style="text-align: center;">INTERMEDIATE</p> <p>Level 2..... ENVIRONMENTAL COMPONENTS</p> <p style="text-align: center;">SPECIFIC</p> <p>Level 3..... ENVIRONMENTAL PARAMETERS</p> <p style="text-align: center;">MOST SPECIFIC (DATA)</p> <p>Level 4..... ENVIRONMENTAL MEASUREMENTS</p> <p style="text-align: center;">Hierarchical structure of the EES.</p>	Deeら, 1973
EIU (Environmental impact unit)	$\sum_{i=1}^n w_i (V_i - V_i^*)$ <p>V_i : 第1環境質の値 (事業を行う場合) V_i^* : 第1環境質の値 (事業を行わない場合) w_i : 相対荷重係数 $i = 1 \sim 78$ (Ecology, Pollution, Ethics, Human Interest)</p>	同 上
大阪府生活環境質指数	$F_j = \sum_{i=1}^n w_i S_{ij}$ <p>S_{ij} : 地区の基準化された i 項目レベル w_i : i 項目に対する住民意識より得た荷重</p>	西田ら, 1973

2.2.4 分類コード

上述のような多数の分類軸によって、指標を位置づけていくには何らかの分類コードのようなものを作ることが便利であると考えられる。事実、大気の複合指標については図 2.4 に示すような Thom-Ott index classification なるものが提案されている (Thom & Ott, 1976)。大気に限らずもっと広く、当面、我が国の環境行政で必要と考えられる範囲をすべて包含するような環境指標を分類するため、前項 2.2.3 で上げた基準に基づいて作成した分類コード (SAPコードと仮称する) を表 2.10 に示す。この SAPコードによって各指標の大まかな位置づけを示し、次いで大気

質の場合ならば、この内容をさらに具体的にThom-Ott分類のようなもので指定することによって一つの指標の同定ができる。この分類の仕方の一例を、よく知られた大気複合指標のPINDEXをとって示すと表2.11のようになる。このような分類コード化が役立つのは、多種多様の指標メニューの中から利用目的に適したものを抽出するときの検索に際してであろう。これについてはどれほど実用性があるかは疑問であるが、指標のニーズから指標を介して、必要データを検索する場合には役立つと思われる。このような検索概念を示す一連の手順を表2.12に示す。

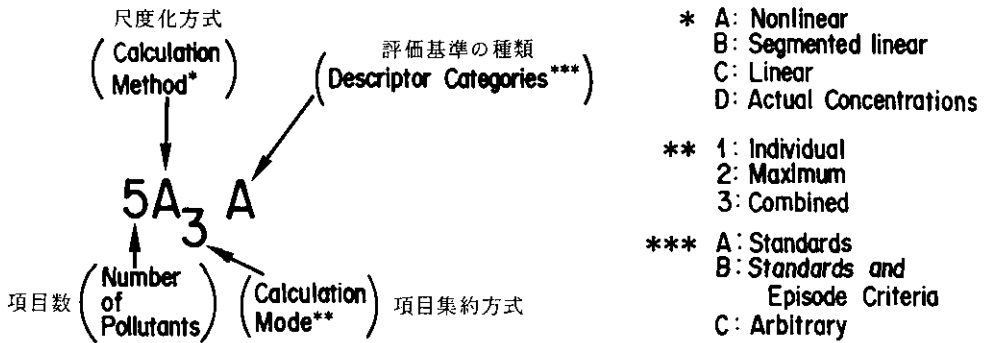


図2.4 Thom-Ottの指標分類コードシステム (ORAQIに適用した例) (Ott, 1978)

表2.10 指標分類SAPコード（内藤，1983）

分類基準						
I (対象)	1. 活動度	2. 発生強度	3. 環境状態	4. 社会影響		
	1.1 工業	2.1 気体	3.1 気圏	4.1 健康 (人間)		
	1.2 農林水産				2.2 液体	3.2 水圏
	1.3 商業	2.3 固体	3.3 地圏	4.3 生活 (財)		
	1.4 開発等	2.4 その他 (改変など)	3.4 生物圏	4.4 生産		
	1.5 消費				3.5 その他	4.5 その他
	1.6 人口					
II (項目集約度)	1. 個別的	2. 複合的	3. 総合的			
	III (時間集約度)			3. 蓄積値		
			3.1 短期(週～年)			
			3.2 長期(年～)			
IV (地域集約度)	1. こう配		2. 局地値			
			3. 集積値			
			3.1 狭域(市町村)			
		3.2 広域(県～)				

表2.11 PINDEXに対して両方式を併用して分類コードを付けた例（内藤，1983）

SAP分類コード				Thom-Ott分類コード			
対象	項目集約度	時間集約度	地域集約度	物質数	計算方式1	同-2	基準
3・1	2	3・1	3	7	C	3	C
大気圏	複合的	短期	広域	7項目	線形	結合	任意
(基本的な位置づけ特性を示す。)				(具体的な式形を示す。)			

表2.12 施策—指標—データの検索チャート (内藤, 1983)

施策特性		代替燃料 環境評価	地域大気質 相互比較	開発代替 案比較	発電所 立地評価
基本的 特性	A	1	1	1&2&3&6	1&2&3&6
	B	5or2&4	4 & 5	5	4 & 5
	C	3or2or1	3 or 2	3 or 2	3
	D	3 or 1	3 or 2	1 & 3	1 or 2
	E	1 or 2	2	2	2
	F	2 or 1	2	2	1
副次的 特性	簡便性	+	#		+
	データアベイラ ビリティ	/	/	/	/
	代表性	#	#		#
	先行性	+	#		#
経済性	#	#		+	

指標特性		重油 消費料	水道 使用量	DOP	AQI	WQI	EIU
基本的 特性	A	1	2	1	1	2	1&2&3&4
	B	1	1	2	2	2	4&5
	C	1.1	1.1	1.2	2	2	3
	D	1	1	1	1	1	3
	E	1	1	1	2	2	2
	F	1	1	1	2	2	2
副次的 特性	簡易性	#	#	#	+	+	-
	データアベイラ ビリティ	#	#	#	+	+	-
	代表作	#	+	+	#	#	#
	先行性	#	#	+	+	+	#
	所要コスト	+	+	#	#	#	#

データ内容 データ特性	B	C	D
1	—	社会・経済統計	瞬時値
2	項目荷重係数データ	発生源データ	微分値
3	時間荷重係数データ	環境状態データ	積分値
4	地域荷重係数データ	社会・厚生統計	—

数字は表 2.10 の分類コードに対応

（施 策）
（必 要 な 描 述）
（必 要 な 情 報）

参考文献

- Bauer, P.A. (1966) : Social Indicators. The MIT Press. Cambridge, USA, 375p.
- Beck, W.M. (1955) : Suggested method for reporting biotic data. Sew. and Industr. Wastes, 27, 1193-1197.
- Bringman, G. and R. Kuhn (1956) : Gesundheitsingenieur, 77, 374p.
- Burns, W. (1968) : Noise and Man. Lippincott Publishers, Philadelphia.
- Cairns, J.Jr., W. Albaugh, F. Busey and M.D. Chanay (1968) : The sequential comparison index-a simplified method for non-biologists to estimate relative differences in biological diversity in stream pollution studies. Journal WPCF, 40, 1607-1613.
- Canter, L.W. and L.G. Hill (1979) : Handbook of Variables for Environmental Impact Assessment. Ann Arbor Science Publishers.
- Carlson D.E. (1977) : A Trophic State Index for Lakes. Limnol. & Oceanogr., 22, 361.
- 中央公害対策審議会企画部会 (1980) : 1980年代の環境政策を展開するための検討課題について, 24 p.
- Clawson, M., and J. L. Knetsch (1966) : Economics of Outdoor Recreation, Resources for The Future, Inc., The Johns Hopkin Press, Baltimore.
- Dee, N., et al. (1973) : An Environmental Evaluation System for Water Resources Planning. Water Resour., Res., 9 (3).
- Gleason, H.A. (1922) : On the relation between species and area. Ecology, 3, 158-162.
- Green, Marvin H. (1966) : An Air Pollution Index Based on Sulfur Dioxide and Smoke Shade. J. Air Poll. Control Assoc., 11(12), 703-706.
- 原科幸彦・篠崎享一 (1978) : 地方自治体における政策用具としての社会指標の利用実態に関する研究. 都市計画別冊, 13, 151-156.
- Hornback, K.E., et al. (1973) : Quality of life. Studies in Environment, 2, U.S. Environmental Protection Agency, Washington D.C., 112p.
- 環境庁企画調整局 (1981) : 環境指標整備検討報告書.
- 梶田晴彦・厚井弘志 他 (1982) : 地域環境管理のための総合評価システム. 第10回環境問題シンポジウム
- 川崎市企画調整室 (1973) : 川崎市生活環境図集.
- 国立公害研究所 (1978) : 陸上植物による大気汚染環境の評価と改善に関する基礎的研究. 国立公害研究所特別研究成果報告, 第2号, 216 p.
- 国立公害研究所 (1979) : 陸上植物による大気汚染環境の評価と改善に関する基礎的研究. 国立公害研究所研究報告, 第10号, 395 p.
- Kryter, K.D. (1963) : Scaling human reactions to the sound of aircraft. J. Acoust. Soc. Am., 35, 866p.
- Kryter, K.D. (1964) : Modifications of noy table. J. Acoust. Soc. Am., 36, 394p.
- MacArthur, R.H. and J.W. MacArthur (1961) : On bird species diversity. Ecology, 42, 594-598.
- 未来工学研究所 (1981) : 環境の主観的評価に関する基礎調査研究. 環境庁委託報告書, 55-02-01.
- 宮城県 (1980) : ABC計画.
- 文部省「環境科学」特別研究 (1979 a) : 環境変化の測定における生物指標の役割. B-30-S 2,
- 文部省「環境科学」特別研究 (1979 b) : 環境変化の測定における生物指標の役割. 第2号, B 30-S 2-2.
- 文部省「環境科学」特別研究 (1983) : 環境指標としてのユスリカーその分類と生態. B-182-R 12-17.
- 文部省「環境科学」特別研究 (1984) : 環境指標としての長寿生命物. B-218-R-12-4.
- 内藤正明 (1983) : 環境指標ワークショップを開催して. 国立公害研究所ニュース, 1 (6), 7.
- National Parks and Landmarks (1970) : U.S. Department of the Interior. National Park Service.
- Neufville, J.I. (1975) : Social indicators and Public Policy. Elsevier Scientific Publ. Co., New York, 311p.

- 日本下水道協会 (1974) : 下水試験法, 286-287.
- 野村総合研究所 (1982) : 環境指標の総合化に関する調査研究, 神奈川県環境部委託.
- 落合美紀子・内藤正明 (1977) : 広域大気汚染指標に関する検討その I, 公害と対策, **13** (9).
- OECD (1979) : 都市環境指標, 第 20 回環境委員会中間報告.
- OECD (1980) : 環境統計についての中間報告書, 第 21 回統計委員会, EE/CN 3/521.
- 大阪府生活環境部 (1983) : 淀川環境モニタリング, 観察の手引.
- 大津 高 (1983) : 両生類による環境評価, 文部省環境科学特別研究, 鎌田班 (R 53-1) セミナー 6 月 22 日 (米沢市).
- 大槻 忠 (1982) : マトリックス・ネットワーク法による漁業環境影響評価(その 2), 環境情報科学, **11**(3), 53-63.
- Ott, W.R. (1978) : Environmental Indices. Ann Arbor Science.
- Ott, W.R. and G.C. Thom (1976a) : A Critical Review-Air Pollution Index System in the U.S & Canada. EPA/600/J-76/035, PB265 303.
- Ott, W.R. and W.F.Jr. Hunt (1976b) : A Quantitative Evaluation of the Pollutant Standard Index. EPA/600/J-76/034, PB-265 304.
- Pantle, R. and H.Buck (1955) : Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Gas. und Wasserfash, **96**, 604p.
- Royston, M.G. (1971) : Institute Battelle, Geneva, personal communication
- 埼玉県企画財政部 (1983) : 埼玉県地域環境指標.
- Simpson, E.H. (1949) : Measurement of diversity. Nature, **163**, 688p.
- Stevens, S.S. (1957) : On the psychophysical law. Psychological Review, **64**, 153-181.
- Thom, G.C. and W.R.Ott (1976) : Air Pollution Indices : a Compendium and Assessment of Indices Used in the United States and Canada. Ann Arbor, MI : Ann Arbor Science Publishers, Inc.
- 峠田 宏 (1974) : 環境汚染と指標生物, 共立出版.
- 東京都環境保全局 (1984) : 生活環境選好度調査.
- 東京都企画報道室 (1981) : 東京の地域特性.
- 津田松苗・森下郁子 (1974) : 生物による水質調査法, 山海堂.
- 渡辺仁治 (1962) : 北海道常呂川の水質汚濁に対する珪藻の種類数に基づく生物指数, 日生態会誌, **12**, 216-222.

3. 環境指標の効用と利用目的

3.1 環境指標の効用

環境指標が活用される場は多様であり、また活用のされ方も一様ではない。このため、環境指標を作成し、これを利用する際は、まず環境指標の利用目的を明確にし、次いで目的に添った指標の設計方針を明らかにする必要がある。

本章では、環境指標の利用目的と設計方針の検討に資するため、三つの基本的事項について解説する。第一に、環境指標は具体的にどのような効用をもたらすか、第二に、これらの効用を生かす場、すなわち環境指標の活用はどの範囲か、第三に、それぞれの場で要求される指標はどのような特性をもつ必要があるか、の三点である。

まず、環境指標の具体的な効用のうち、主要なものを以下にあげる。

① 環境状態の効率的把握 環境指標は、環境状態を表す多種類かつ大量のデータを一定の側面に着目して集約化してくれる。このため、環境の諸側面についての情報を、より効率的に理解する手段となりうる。

② 地域間の環境の比較 指標算定の手順は、あらかじめ厳密かつ体系的に定めておくことができる。このため、統一的な手順を定めておけば、地域間、都市間、あるいは国際間の環境状態の比較を容易に行うことができる。

③ 環境のトレンドの把握 ②と同様の理由から、環境状態の時系列的な比較を容易に行うことができる。これにより、特定の地域の居住環境条件のトレンドや、自然環境の遷移の過程をより効率的に把握することができる。

④ 環境目標の設定の支援 総合化された環境指標は、個別評価から総合評価に至る段階的思考を体系的に示してくれる。このため、個別目標から全体目標に至る環境目標の体系を設定し、また目標水準を定める場合、環境指標が非常に有効な支援手段となる。

⑤ 各種施策の効果・影響の計測 包括化された環境指標は、広範な環境領域にわたり、環境状態の変化を的確に検出し、予測する手段を与えてくれる。このため、各種施策の効果や影響を計測・予測し、施策の有効性や計画の達成度を評価する際に、環境指標が重要な手段となりうる。

⑥ 調査・分析手段の提供 環境指標及びその算定の手順は、環境状態の計測・分析・総合化・結果の利用という一連の調査・分析作業に対して、統一的な指針を与えるものである。したがって、各種の行政調査や環境監視においても、環境指標を積極的に活用することができる。

⑦ 住民とのコミュニケーションの促進 環境指標をうまく設計すれば、住民の生活実感や経験と結びついた、直感的に理解し易い物差しを作ることができる。これにより行政部門と一般住民とのコミュニケーションが活発化することが期待できる。

3.2 環境指標の利用目的

以上の環境指標の効用を生かす場としては、種々のものが考えられるが、ここでは大きく四つに分類して整理してみよう。

(1) 計画・施策の立案を支援

まず、環境指標は、環境保全にかかわる計画や施策の立案に際して、非常に強力な手段となりうる。特に、環境管理計画やそれに基づく各種管理プログラムに代表されるように、近年の計画的・予見的環境行政の進展は、環境指標の開発ニーズをますます顕在化させてきている。

例えば、環境管理計画の立案過程においては、各種環境調査の実施、地域環境の将来予測、環境保全目標の設定、地域の特性に応じた目標達成手段の検討という一連の作業が必要となる。これらの各作業に対し、環境指標は、調査・分析手段を提供し、環境状態を効率的に把握させ、予測に必要な環境のトレンドを把握させようとして、環境保全目標の設定を支援し、また、地域間の環境比較に関する各種の情報を提供してくれる。このため環境指標は、計画的環境行政を展開するうえで一つの重要な計画技術として認識されるようになってきている。

(2) 計画・施策の評価を支援

環境指標はまた、各種の開発計画の影響評価や環境保全施策の効果計測においても、有効な手段を提供してくれる。特に環境影響評価や計画アセスメントの支援技術として、また、環境管理計画の達成度を評価するフォローアップ技術として、環境指標の活用の方はますます広がるであろう。

例えば、環境影響評価の過程では、地域環境の特性を十分把握したうえで、開発事業が環境に及ぼす影響を厳密かつ包括的に予測・評価することが求められるが、環境指標は地域の環境状態を効率的に把握させ、また、環境影響の包括的把握及び厳密な計測を支援してくれる。一方、各種の公害防止対策や技術の代替案から最適な組み合わせを見いだす場合、その判断根拠として複合汚染指標などの開発が必要であることは、従来から認識されてきたところである。

(3) 環境の監視を支援

環境指標の活用の方は、以上のような特定の施策や計画の立案・決定過程だけでなく、日常的な環境の監視業務においてもみられる。大気汚染や水質汚濁更には騒音など各種公害事象の監視業務、定期的な自然環境の基礎調査など、各種のモニタリング・システムにおいては、日常的に環境状態の計測・分析・総合化・結果の利用という一連の作業が求められており、環境指標はこれら一連の作業に対してより体系的な指針を与えてくれる。また、複数のモニタリング・システ

ムを有機的に関連づけ、より総合的なシステム設計を検討する場合にも、各種の設計指針を与えるであろう。

(4) 環境教育・住民参加を支援

さらに環境指標は、環境保全に向けて地域住民の意識を啓発し、また各種の住民参加を支援するうえで、非常に有効な手段となりうる。すなわち、住民の生活実感や経験と結びついた、直観的に理解し易い環境指標を用いれば、行政部門と一般住民との間の有効なコミュニケーション手段となり、環境への理解のみならず、行政と住民との相互理解が促進されるであろう。環境政策の展開にとって、この種のコミュニケーションと相互理解が以前にも増して重要となっており、環境指標に対するニーズがますます増大すると予想される。

3.3 環境指標に要求される基本的特性

環境指標を開発・利用する場合、通常、上述の利用目的のうち一つあるいは多くても二つに絞って検討される。利用目的を欲張ると、しばしば「虻蜂捕らず」に陥る。これは、利用目的に応じて環境指標に求められる特性が異なってくることに由来する。すべての目的に適用しうる環境指標を開発しようとする努力よりも、利用目的に応じて複数の指標体系を用意する方が、より現実的かつ効率的である。

では、利用目的に応じて環境指標に求められる特性はどう違ってくるか。以下に基本的な点を整理する。

まず、「計画・施策の立案を支援する場合」、第一に求められる特性は、戦略性である。これは、総花的あるいは標準的な指標というよりも、重要な事象を要領よくまとめうる指標が求められるということであり、行政戦略やシナリオが十分反映できることが要件となる。また、行政計画は本来、中長期的視点に立って立案されるものであり、環境指標においても予見性、すなわち、将来の環境問題や環境の変化を検討しうることが必要条件となる。さらに、計画目標や手段を検討するうえで、環境の個別評価から総合評価に至る体系的思考を支援する必要がある、この意味から、環境指標に体系性が求められる。

これに対し、「計画・施策の評価を支援する場合」、第一に求められる特性は、包括性である。環境影響評価におけるチェック・システムにみられるように、各種施策の影響や効果をチェックするためには、非常に広い領域の事象を包括的にとり扱う必要がある、これが指標の設計要件の第一となる。第二の要件として、厳密性があげられる。環境影響評価にしても計画アセスメントにしても、その評価が開発計画の可否に直接結びつくため、他の利用目的以上に指標の厳密性が求められる。また、この種の評価では通常、評価項目を集約化したいわゆる総合的評価よりも、個々の環境領域毎の評価を重視したいわゆる多元的評価が中心となる。このため指標の設計においても、多元性、すなわち各環境領域を通じて個別指標が十分かつバランスよく用意されている

いることが必要である。

「環境の監視を支援する場合」は、まず代表性が求められる。環境モニタリングは本来、広範囲かつ長期間にわたって行われるものであり、利用される指標についても、地理的・時間的代表性が検討されなければならない。また、環境モニタリングは環境の変化を長期間追跡するものであり、計測方法や指標の算定方法が短期間に変更されることは、避けなければならない。この意味で指標の継続性が求められる。さらに、計画・施策の評価を支援する場合と同様に、長期間の環境変化を追跡しうるだけの指標の厳密性が求められる。

以上の特性と比較すると、「環境教育・住民参加を支援する際」に求められる指標の特性は、対照的である。まず、住民の生活実感や経験になじむような直観性、すなわち直観的な理解がし易いという要件があげられる。次に、指標算定のためのデータが得やすく、かつ指標算定の方法が平易であることが必要である。多少の厳密性や代表性を犠牲にしても、この平易性が優先される必要がある。また、住民へのコミュニケーション手段や啓発手段として活用するためには、指標自体、魅力のあるものでなければならない。指数や点数を無味乾燥に並びたてるだけでなく、魅力的な指標の名称や夢のある指標構成、さらには自然とのふれあいを動機づけるような指標の算定方式など、魅力性を高めるための各種のアイデアがもり込まれる必要がある。

いずれにせよ、環境指標を開発・利用する際は、まず、利用目的は何かについて、十分な考え方の整理が必要である。環境指標がどれだけ有効に活用できるかは、この整理にかかっている。

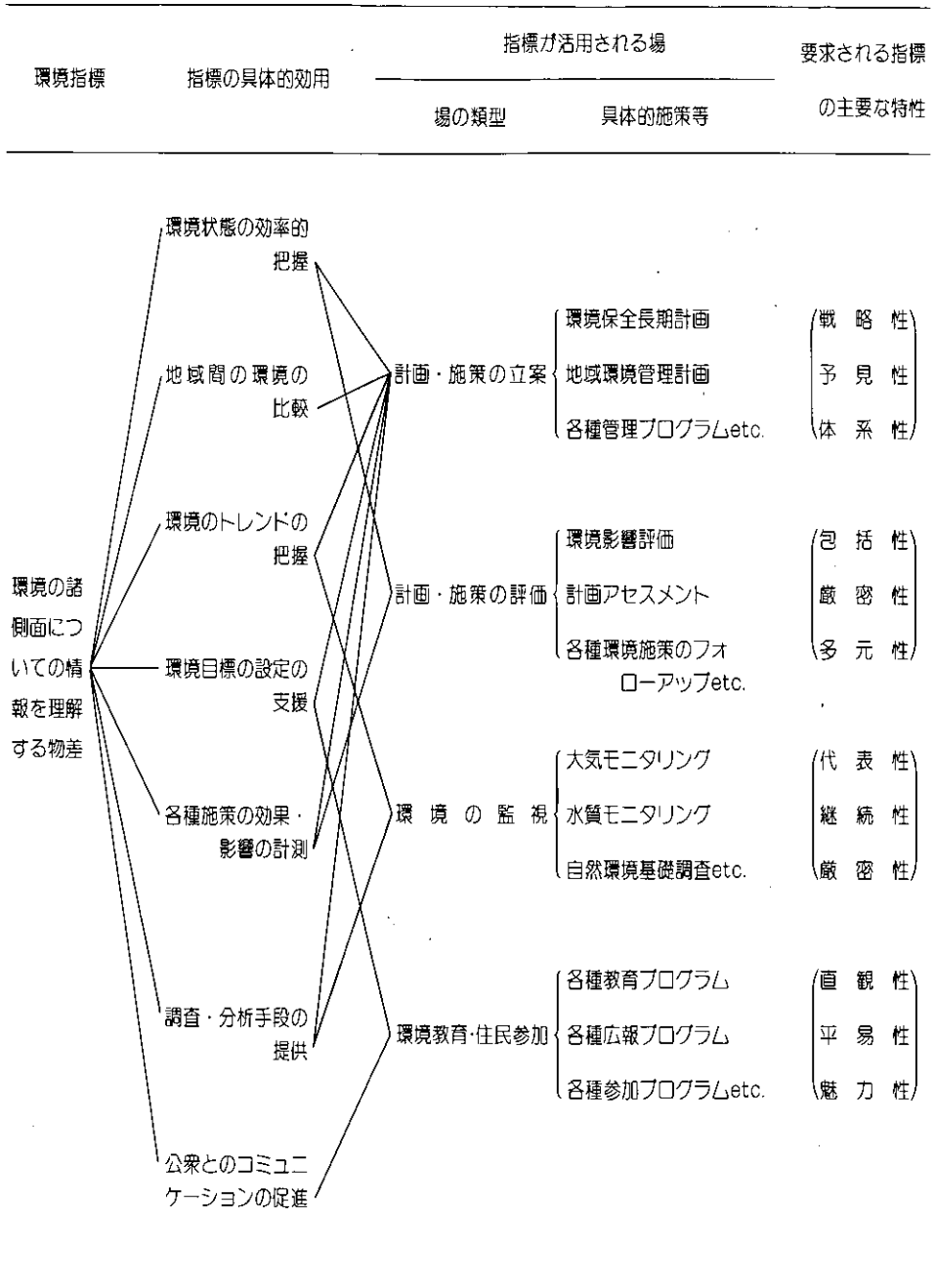
以上の議論の骨子をまとめて、表 3.1 に示す。

参考文献

National Academy of Science (1975) : Planning for Environmental Indices, prepared for CEQ. PB-240 971.

OECD (1978) : Urban Environmental Indicators. OECD Publications.

表3.1 環境指標の効用・利用目的・特性



4. 指標を作成する手順 とその問題点

4.1 作成手順の概要

何らかの環境指標を作成しようとするとき、標準的な手順として考えられるものを要約すると表4.1のとおりである。もっとも、指標と称されている多様なものがすべてこの手順を経て作られているわけではない。しかし、少なくとも複数項目を総合し、またある期間、ある地域に対する状態を集約した何らかの指標を作成しようとする場合は、この過程が基本的なものと言ってよからう。

この各段階について、その内容は次節以下で詳述するが、本節ではこの手順の中で用いている用語の説明をする。

(1) 項目の選択 (selection of items)

指標の利用目的ごとに、これに適する必要十分なものを拾い上げることができればよいが、沢山ある環境関連項目からどれだけのものを選んで指標を作り上げるか、ということについて一般的な方針はありえない。ある目的に対し、ある指標を作ろうとしたときの項目選択に役立つ手がかりは従来の先例に求めるのが一つであろう。しかし現実には、利用可能なデータの制約から決める場合が多い。

(2) 計測と計量化 (measurement and quantification)

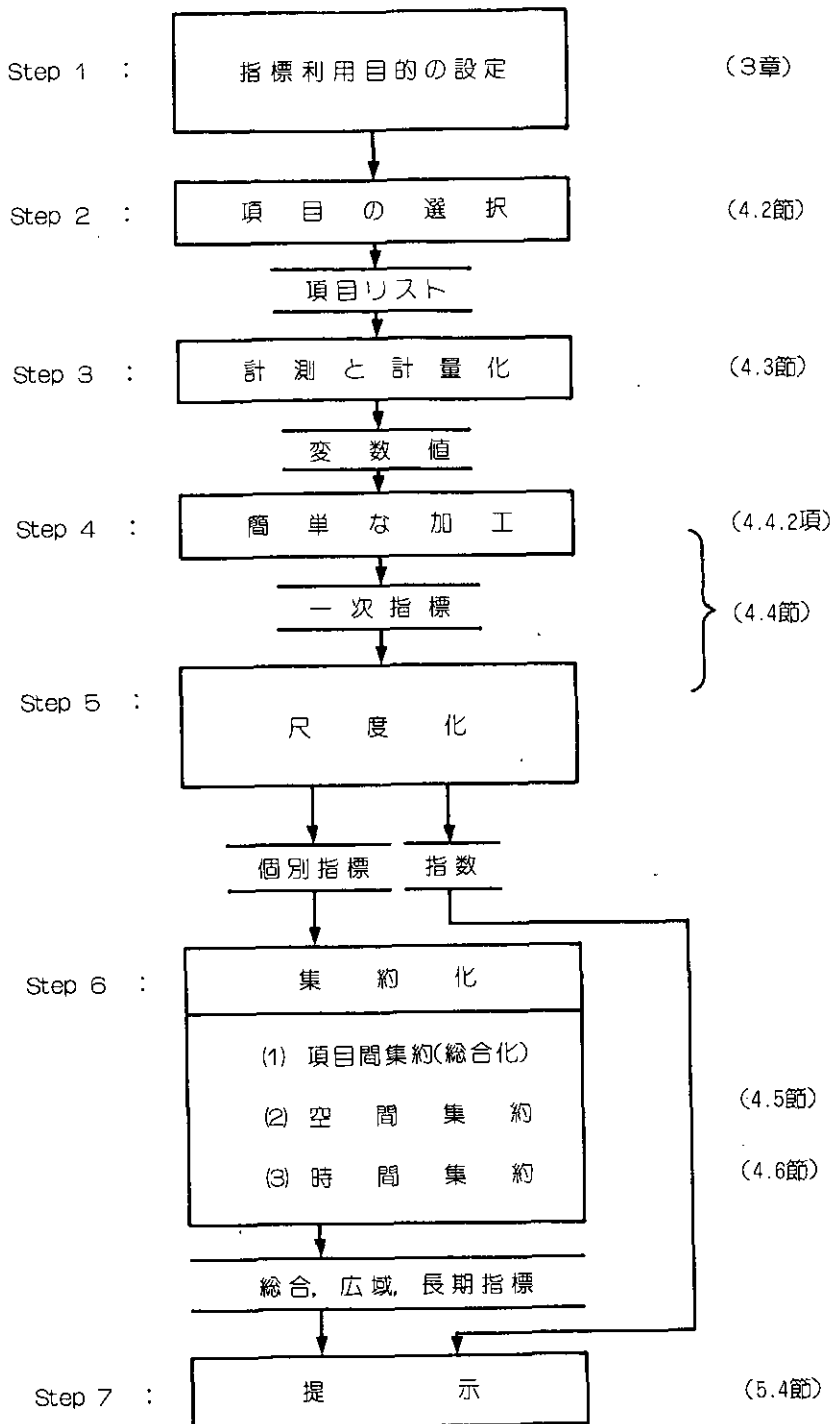
目的とする指標を作るための必要項目を選んだならば、それらの項目を計測して、数値として把握しなければならない。この数値は「変数値 (variables)」又は「パラメーター (parameters)」と称される。その各項目をどのようにして計測するかは慎重な検討が必要である。いずれはデータベースが完備し、その中から必要とするデータが取り出せるような態勢に近づくであろうが、現状では環境情報の整備状況は不十分である。地方公共団体でようやく環境管理データベースの作成に着手されはじめた段階で、まだ多くを望めない。しかも、どんどん高度な環境質への要求が出てくる状況では、出来合いのデータがすぐ間に合うというわけにはいかない。そこで指標作成に当たっては変数自体の定義からその計測・計量法まで新たに研究開発しなければならないことが多い。

その場合の手順としては

- (i) 変数 (計測対象) の選択…ある種の環境質を把握しようとする場合、どのような変数を測ればよいか。

表4.1 指標作成手順

— 関連章節 —



- (ii) 計測手法の設定…その変数を計測するためにどのような技術手法を用いればよいか。
- (iii) データ処理手法の検討…得られた計測値を処理し、指数化又は指標化するのに何か特殊な数学的手法が必要か。

という三つの検討過程をとることになる。

この一連の手順は具体的にはどのようなものであるかを、いくつかの例について4.3節で紹介する。これらはいずれも既存のデータでは得られない環境状態の変数を計量化するために検討された特徴的な例である。

(3) 尺度化 (scaling)

計量した値は水質や大気ならppmというような単位を持っており、個別指標として用いるならばこのままでもよいが、もし他項目と合わせて何らかの総合化を考える場合には共通的な単位に直さねばならない。これは計測値を何らかの「価値関数 (value function)」、「効用関数 (utility function)」又は「被害関数 (damage function)」に投影し、「尺度化」をすることである。経済的尺度のようなもので測ることの難しい環境質に関して、これを価値尺度に変換するのは容易ではない。米国などではアセスメントに関連して価値関数作りの努力がなされ、例えばCanter and Hill (1979)の本にはそれらが集大成した形でまとめられている。

我が国ではまだこの種の仕事は少ないが、最近の大阪府の試み(大阪府生活環境部, 1983)などに見るように、今後次第に各方面で行われるようになるであろう。いうまでもなく、この関係式は専門家または市民などの価値感を定量化したものであるから、主観量の計量化という作業が必要となる。

(4) 集約化 (aggregation or integration)

尺度化したものを集約する場合、次の三種の集約がある。その概念図を図4.1に示す。

- (i) 項目間集約 (aggregation of items) …複数の異なる個別の項目を集めて一つにする通常の意味での総合指標作りの重要な段階で、各項目にどのような「重み (weight)」をつけるか、またそれらをどのような関係式で集約するかという「集約化関数 (aggregating function)」の決定に種々の検討が必要となる。
- (ii) 時間集約 (temporal integration) …変動する状況がある期間に亘って一つの指標で集約して表示する必要がある。これは秒、分といった刻々の変動から、世代にわたるような長期まで幅があり、どの期間を集約するかは利用目的とデータ特性から決めなければならない。またどの時点に重みをつけるかは経済学的、医学的、さらに社会的な各種の判断基準が必要である。
- (iii) 空間集約 (spatial integration) …ある広がりを持った地域を全体として一つの値で評価することも、指標の重要な役割である。この場合も場所毎にどのような重みをつけるかの判断が難しい。これも時間集約と同じく種々の社会経済的条件等を勘案して決定すべきものである。

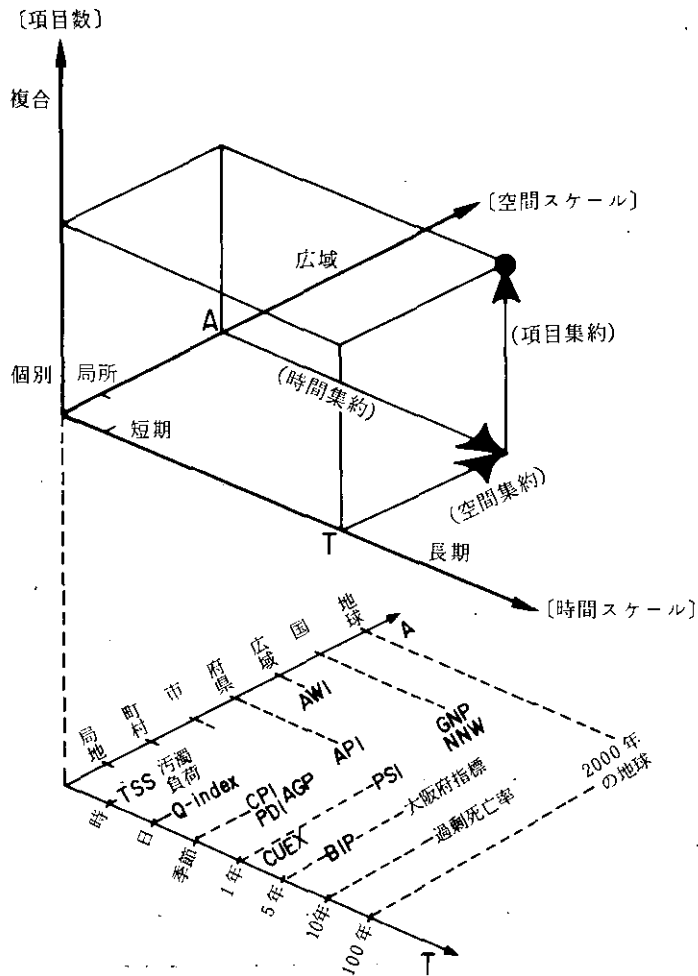


図4.1 三つの集約軸

なお上記3種の集約の内、項目間集約が特に重要であり、通常“総合化”と言う場合はこれを指す。そこで各手順の解説のところでは、項目間集約のことを総合化 (aggregation あるいは amalgamation とも言われる) と称して4.5節で、時空間集約のことを集約化 (integration) と称して4.6節で別個に扱う。

4.2 項目の選択

これまでの環境指標の例を見ても分かるとおり、ある指標の作成にはどのような項目をいくつ選んで、これを指標にまとめるかについて確たる原則はない。ある評価目的に対し、どれだけの項目を選択すれば必要十分であるかの判断は、結局、指標作成者の直感に委ねられる部分が多い。

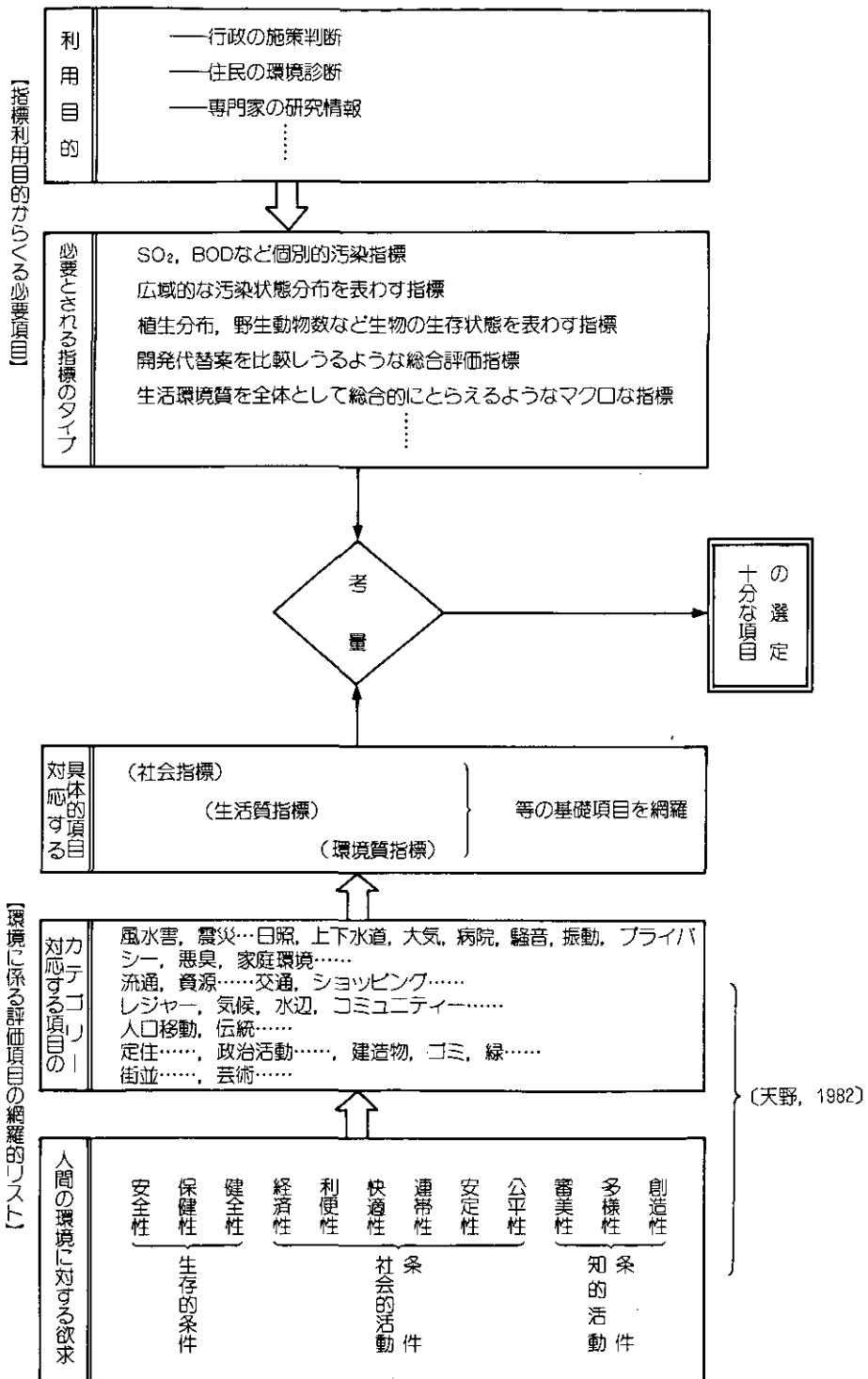


図4.2 指標の必要項目選択の考え方 (内藤, 1982)

しかし、その場合に拠り所となる原則を挙げるとすれば、

- (i) 考える限りの網羅的項目メニューを用意しておき、その中から目的に合わせて、ある程度余裕を持った項目選択を行う。次いで
 - (a) ウェイト付けの段階で捨象する。
 - (b) 相関分析によって相関の高い項目を一つで代表することによって必要項目にしぼる。(その概念図を図4.2に示す。)
- (ii) 過去の指標例で採用された項目を参考にする。

このために役立つような過去の実例を網羅的にここで挙げておくことは不可能であるが、いくつかの代表的なものを引用して紹介しておこう。

表4.2 環境アセスメントで採用されている項目 (内藤, 1983)

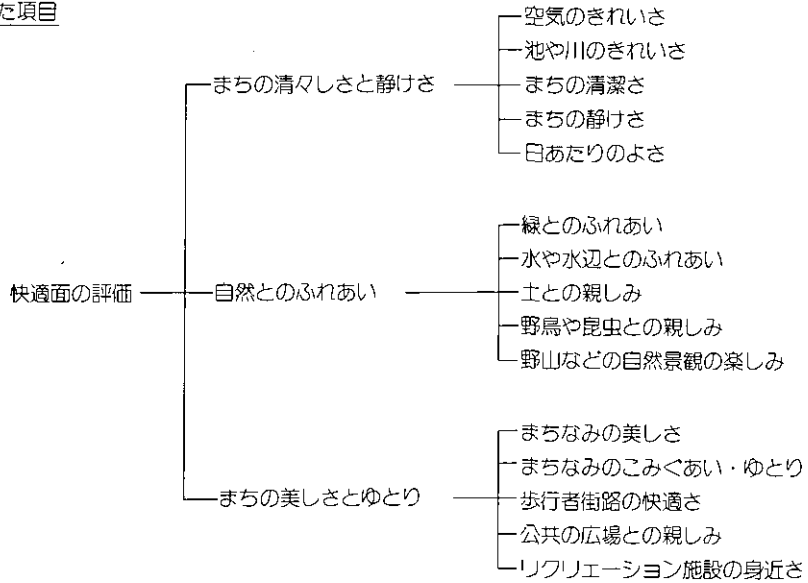
(1)公害の防止等	(2)自然環境の保全等	(3)災 害	(4)社 会, 文 化
①大気質	①地形	①自然災害	①文化財
②水質(含底質)	②地質	②人口災害	②地域分断
③騒音	③植物		③コミュニティ施設
④振動	④動物		④地域人口
⑤地盤沈下	⑤自然景観		
⑥悪臭	⑥リクリエーション		
⑦土壌汚染	⑦緑量		
⑧廃棄物	⑧混合景観		
⑨日照障害	⑨水象		
⑩電波障害			
⑪風害			
⑫低周波空気振動			

総合的な評価のための項目例として表4.2には、我が国の地方公共団体の環境影響評価条例や要綱で採用されている項目のリストを示す(森田, 1983)。表4.3には環境管理計画の中で考えられている指標項目の例として、東京都の体系を示す(東京都, 1984)。ただし、この中では大気、水質などの表現はさらに具体的にSO₂とかBODなどの項目で表示する必要がある。そのための参考として、表4.4を引用する(Ott,1978)。これは、米国で提案された大気の複合指標で用いられている項目の要約であり、表4.5は水質のそれである。

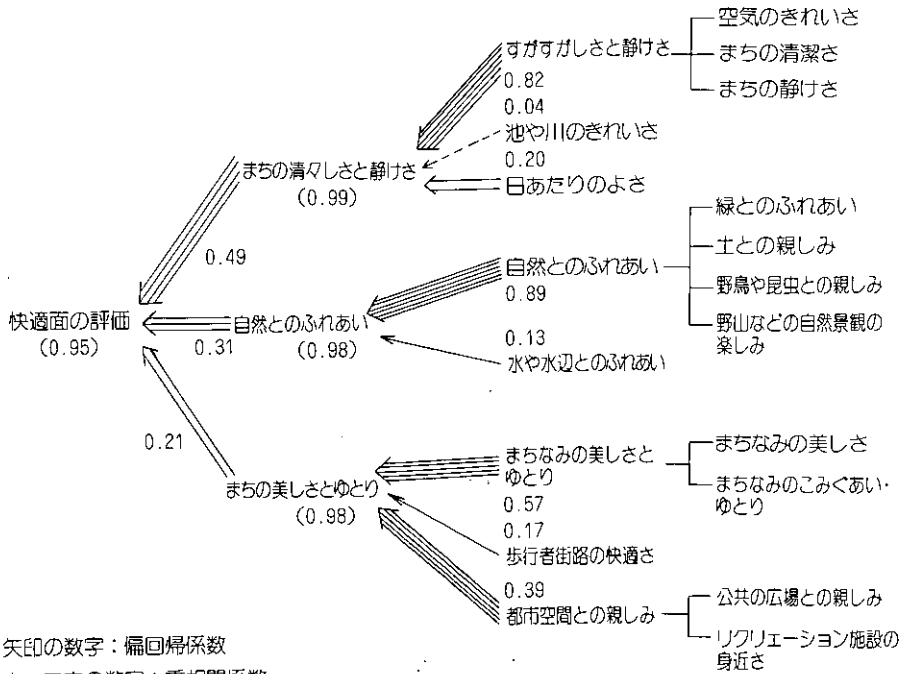
なお、快適性を含めた都市環境質の構成要素について我々がまとめた項目一覧表を表4.6に示す。さらに幅広く環境項目を網羅したCanter & Hill (1979)の項目表を表4.7に引用する。

表4.3 意識を通じた快適性評価項目の例（東京都住民選好度調査より）

最初に設定された項目



調査結果より相関分析で集約された項目



矢印の数字：偏回帰係数
 カッコ内の数字：重相関係数
 (120地区の代表値を使用)

表4.4 米国の大気汚染指標で採用された項目 (Ott, 1978)

City/County	Classification	Variables ^a								No. of Descriptor Categories
		CO	NO ₂	OX	TSP	COH	SO ₂	Vis	PS	
Anaheim,CT	3D ₁ B	●		●				●		3
Los Angeles,CA	3D ₁ B	●		●				●		3
San Francisco,CA	4D ₂ C	●	●	●		●				6
Denver,CO	2B ₂ C	●				●				5
New Haven, CT	3B ₂ B			●		●		●		5
Washington, DC	5B ₂ B	●	●	●		●		●		7
Jacksonville, FL	6C ₃ C	●	●	●	●	●				None
Miami, FL	5C ₃ C	●	●	●		●		●		5
Tampa, FL	5A ₃ A	●	●	●		●		●		6
Atlanta, GA	3C ₃ C	●			●			●		None
Chicago, IL	4D ₁ B	●		●		●		●		4
Louisville, KY	5C ₃ B	●	●	●		●		●		4
Baltimore, MD	5B ₂ B	●	●	●		●		●		8
Montgomery Co.,MD	5B ₂ B	●	●	●		●		●		7
Detroit, MI	1A ₁ C					●				5
St. Paul, MN	3A ₃ B	●			●			●		4
Albany, NY	3D ₁ A	●				●		●		3
Buffalo, NY	3D ₁ A	●				●		●		3
Mineola, NY	3D ₁ A	●				●		●		3
New York City, NY	5D ₂ A	●	●	●		●		●		4
Rochester, NY	3D ₁ A	●				●		●		3
Akron, OH	5B ₂ B	●	●	●	●			●	●	12
Cincinnati, OH	5B ₂ B	●	●	●	●			●	●	12
Cleveland, OH	5B ₂ B	●	●	●	●			●	●	12
Dayton, OH	5B ₂ B	●	●	●	●			●	●	12
Toledo, OH	5B ₂ B	●	●	●	●			●	●	12
Portland, OR	1D ₁ C								●	5
Philadelphia, PA	4B ₂ B	●		●	●			●		5
Pittsburgh, IA	2C ₃ B					●		●		6
Chattanooga, TN	1D ₁ C				●					4
Memphis, TM	1A ₁ C					●				4
Nashville, TN	1C ₁ C					●				4
Dallas, TX	2C ₃ B		●		●					4
Fairfax Co.,VA	5B ₂ B	●	●	●		●		●		7
Seattle, WA	2B ₂ B					●		●		3
Total		26	16	20	11	22	26	1	1	

^aOX, photochemical oxidants;COH, coefficient of haze;TSP, total suspended particulates;Vis, visibility;PS, particle scattering(integrating nephelometer).

表4.5 水利用目的の水質指標項目例 (Ott, 1978)

Public Water Supply	Industrial Water Supply	Agricultural Water Supply	Aquatic Life and Wildlife Maintenance	Recreation and Aesthetics
Coliform Bacteria	Processing (except foods)	Farmstead (same as for public supply)	Temperature	Recreation
Turbidity	pH	Livestock (similar to that for public supply)	DO	Coliforms
Color	Turbidity		pH	Turbidity
Taste-Odor	Color		Alkalinity/Acidity	Color
Trace Metals	Hardness	Irrigation	Dissolved Solids	pH
Dissolved Solids	Alkalinity/Acidity	Dissolved Solids	Salinity	Odor
Trace Organics	Dissolved Solids	Specific Conductance	Carbon Dioxide	Floating Materials
Chlorides	Suspended Solids	Sodium	Turbidity	Settleable Materials
Fluorides	Trace Metals	Calcium	Color	Nutrients
Sulfates	Trace Organics	Magnesium	Settleable Materials	Temperature
Nitrates	Cooling	Potassium	Floating Materials	Aesthetics
Cyanides	pH	Boron	Tainting Substances	Turbidity
Radioactivity	Temperature	Chlorides	Toxic Substances	Color
	Silica	Trace Metals	Nutrients	Odor
	Aluminum			Floating Materials
	Iron			Settleable Materials
	Manganese			Nutrients
	Hardness			Temperature
	Alkalinity/Acidity			Substances Adversely Affecting Wildlife
	Sulfates			
	Dissolved Solids			
	Suspended Solids			
	Sanitary (same as for public supply)			

表4.6 アメニティを中心とする環境構成要素と計測項目の例（内藤，1983）

	環境構成要素	計測項目
環 境 場	自然 (量・形態)	
	大気	風向，風速
	水	水量，流速形状，位置
	地形	凹凸度，面積
	生物	種，数
	気候	気温，雨量，湿度
	人工物	
	家並み (建物の集合)	色スペクトル，混雑指数
	緑	緑量，種，配置
	水辺	面積，周辺形状
	ごみ	量，分布
	皆が楽しめる空間	面積，数，アクセス
	オープンスペース (公園広場，空地，境内，有料空間)	(同上)
	街路	混雑度，形状
人間	種，数	
環 境 質	音	周波数，レベル 変化
	振動	(同上)
	陽光	光量，分布
	大気質	各種汚染物量，分布
	土壌質	(同上)
	水質	(同上)

表4.7 キャンターとヒルによる環境質評価項目体系 (Canter & Hill, 1979)

Account	Category	Subcategory	Variable	
Environmental Quality Account	Terrestrial	Populations	Crops Natural Vegetation Herbivorous Mammals Carnivorous Mammals Upland Game Birds Predatory Birds	
		Habitat/Land Use	Bottomland Forest (1) Upland Forest (2) Open (nonforest) Lands (3) Drawdown Zone Land Use	
		Land Quality/ Soil Erosion	Soil Erosion Soil Chemistry Mineral Extraction	
		Critical Community Relationships	Species Diversity	
		Aquatic	Populations	Natural Vegetation Wetland Vegetation Zooplankton Phytoplankton Sport Fish Commercial Fisheries Intertidal Organisms Benthos/Epibenthos Waterfowl
			Habitats	Stream (4) Freshwater Lake (5) River Swamp (6) Nonriver Swamp (7)
			Water Quality	pH Turbidity Suspended Solids Water Temperature Dissolved Oxygen Biochemical Oxygen Demand Dissolved Solids Inorganic Nitrogen Inorganic Phosphate Salinity Iron and Manganese Toxic Substances Pesticides Fecal Coliforms Stream Assimilative Capacity
			Water Quantity	Stream Flow Variation Basin Hydrologic Loss
			Critical Community Relationships	Species Diversity
			Air	Quality
	Climatology			Diffusion Factor
	Noise			Noise
	Human Interface			Esthetics
			Historical	Historical Internal and External Packages
		Archeological	Archeological Internal and External Packages	

以上のような例が一般的な判断根拠と思われる。ただし、現実の指標を見ていると、項目の選定はほとんど利用可能データに制約されている。したがって、この制約下で作られたものであることを明示することによって、指標の限界を明らかにすることが不可欠である。上述のことをまとめて概念フローにしたものが図4.3である。

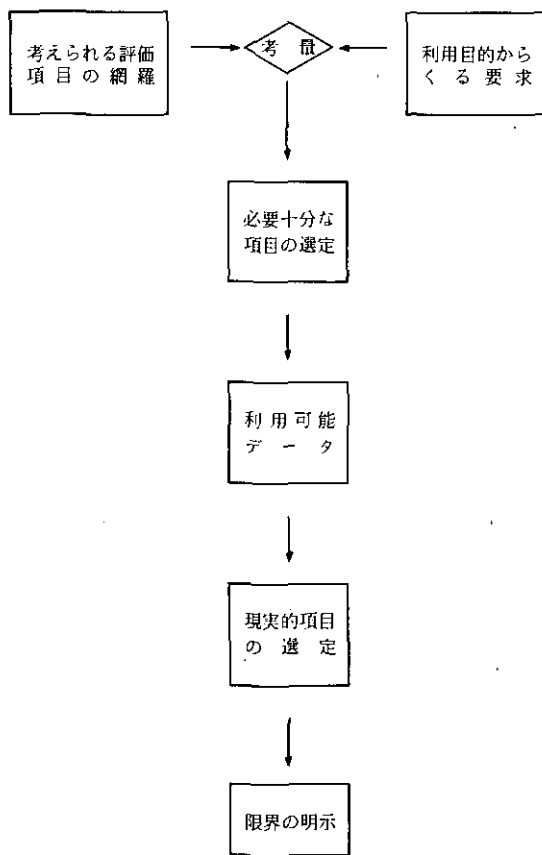


図4.3 指標作成の為の項目選定手順概念

4.3 計測と計量化

4.3.1 基本的考え方

指標を作成するためには、まず基本となるデータを集めなければならない。データは、

- ・既存のものを収集する
- ・新規に計測，調査する

ことによって得られるが、いずれの場合にもデータを収集した、もしくは、収集する

- ・目的
- ・項目
- ・主体
- ・方法
- ・時間（日時，時刻）
- ・空間（場所，広さ）

の十分な吟味が必要である。これは指標の作成過程において、多種多様のデータが集約化され、一つの軸上で尺度化されることから、各データの有する精度、限界などが重要な要因となるためである。

さらに、環境指標は3.2節で述べたように、環境状態の地域間の比較、時間的変化の把握、将来の予測といった利用目的に応じて、客観性、予見性といった諸性質を有することが求められ、したがって、このような指標作成の基礎となるデータにも以下に示すようないくつかの条件が要求される。

- (i) 代表性：得られたデータが、ある地域（空間）、ある期間（時間）のどれだけの範囲を代表しているかを規定することができること。
- (ii) 継続性：一定の期間、同一の方法でデータを収集することができること。
- (iii) 再現性：同一の条件下で、同じ方法によって得られた結果が同じであり、データが安定していること。
- (iv) 簡便性：データ収集の方法が簡単であること。
- (v) 較正可能性：異なった計測装置、調査法を使用した場合でも、値の較正を行うことができること。
- (vi) 客観性：人間の判断などによって左右されない結果を得ることができること。

従来から、国や地方自治体において各種の環境データが収集されており、これらのデータが環境行政を推進していく上で極めて重要な役割を果たしたことはいうまでもない。また、これらの既存のデータが環境指標を作成する上で役立つことも明らかであろう。しかしながら、一方では、既存のデータの収集された状況を考えると必ずしも指標作成を意図した上記の条件を満足していない面も考えられる。例えば、データの代表性、再現性などの問題は、これを検証するための方法が学問的にも確立していないため今後の検討に待つべきところが多いなどである。

さらに、従来から収集されているデータのみでは、環境指標の作成には十分とはいえない。例えば、環境の快適性といった観点からみると、地域の景観、街路や家並みの混雑度といった項目は、指標作成には不可欠であるが、これらの項目を計測し、計量化するための方法は確立しておらず、既存のデータの利用では不十分と考えられる。このような諸量については今後、新たな計

測、計量化手法、データ処理手法の開発が必要であろう。本節では、指標作成のための基礎データを得るうえでの問題点について検討する。なお、水質、大気等個別の測定項目に対する既存の計測方法については、参考文献を参照されたい（寺部，1971；矢部，1974；館・鈴木・音田，1972）。

4.3.2 計測・調査手法

環境指標の作成において必要とされる項目は多種多様である（表4.2参照）。これらの項目を計測・調査手法別に大別してみると、

- ・物理計測：騒音、振動など
- ・化学計測：SO₂、NO₂、BOD、CODなど
- ・生物計測：動植物の分布、被害など
- ・地理・地質計測：水辺面積、土壌分布など
- ・心理・官能計測：景観、騒音影響など
- ・社会調査：住民意識、人口分布など
- ・疫学調査：健康被害など

などに分類できよう。

指標の作成においては、これらの異質のデータが集約化されるため、データの計測、計量化においても十分な考慮が必要である。ここでは、計測・調査手法における特に重要と考えられる点について検討する。

（1）精度と限界

同じSO₂濃度を計測する場合でも、排出源における濃度と一般環境場における濃度レベルは全く異なるため、要求される測定の精度と限界は異なってくる。「精度」とは一般に、真の値と測定値の間の誤差に関する指標で、精度が高い程正確で偏りのない計測ができる。一方、測定の限界とは、計測できる上限又は下限（下限は特に「感度」とも呼ばれる）を示す。指標の作成では、それぞれのデータが集約化されるために、精度や感度が均一であることが望ましい。例えば、0.1%の精度で測定されたSO₂を10%の精度で測定されたSO₂と比較することは無意味な場合もあり、また、1ppmの感度を有する計測装置で計られたSO₂の濃度0-1ppmを、100ppbの感度を有する計測装置で計られた濃度1ppmと比較する場合には注意を要する。

（2）測定場所の選定

測定場所の選定は、データの代表性を考える上で極めて重要である。適切な測定場所を選定するためには、対象がどのような分布をするかを知ることが不可欠であり、このためには、多点観測、物理モデルによる推定、リモートセンシングによるパターン計測などの方法が必要であろう。また、一般的には、ある地域の平均的な値を必要とすることが多いため、次節で述べるような方

法によってデータの代表性の検証を行い、その値の代表できる領域が広がるように測定場所を選定することが望ましい。しかしながら、指標の使用目的によっては、常に最大（最小）濃度が発生する場所を選定する必要もあるため十分な考慮が必要である。

（３）測定時点の選定

大気汚染質等の濃度は、日、週、月、季節といった周期的な変化を示し、さらに年々のトレンドを示す。これらの汚染質データを基に時間について代表性のある指標を作成するためには、測定は、濃度変化の周期性、トレンド等を十分に把握した上で行うことが必要であろう。測定データの周期性を検証する方法としては、スペクトル解析、時系列解析などの理論が提案されている（日野，1977；得丸ら，1984；岩井ら，1980）。また、得られたデータをグラフィックディスプレイ上で2次元的に配列し、その周期性を見出す実用的な方法も開発されている（横田・広崎，1982）。なお、時間変動の統計的性質が既知の場合の最適測定間隔の選定についてはサンプリング理論による方法が確立されている。

（４）新たな計測手法の開発

今日のように環境問題が広域化、多様化してくると、環境の状態を示すデータとして、従来のような汚染質濃度、生物分布といったもののみでは不十分となってくる。例えば、表4.6に示されたアメニティを中心とする環境計測項目においても、地形の凹凸度、緑の量と配置といった従来の環境計測項目には無かったものが必要となる。また、景観の善し悪し、快適さといった主観的な量も指標作成の中で大きな比重を占めてくることが予想される。しかしながら、これらの項目の計測手法は十分には確立されておらず、早急な計測手法、処理手法の開発が望まれる。ここでは、これからの環境指標作成に際して必要と思われるいくつかの新たな計測手法について紹介する。

[例：画像処理による景観の計量化]

地域の環境の良し悪しを評価する上で景観は大きな要因の一つである。景観の美しさは人間の主観によるところが大きいから、これを評価し計量化するためには、新たな景観を予測し、これを評価者に提示することが必要となる。景観の予測では従来、写真などのモニタージュなどが利用されてきたが、処理の複雑さなどの点で必ずしも効果的とはいえない。そこでビデオシステムによる景観の予測（熊谷，1983）、計算機によるデジタル画像処理を利用した景観の創造（安岡，1982）、といった方法も試みられている。

ここでは計算機による景観の創造とその評価実験の例について紹介する。写真4.1及び写真4.2は計算機による景観合成の一例を示す。写真4.1(a)は工事現場の景観画像であり、(b)～(d)はそれぞれ、(a)の画像に他の景観画像を合成して得られたものである（安岡，1982）。また、写真4.2には計算機により編集された景観の例を示す。写真4.2(a)は原景観を示し、(b)は計算機による画像処理によって、(a)から電柱、架線、看板等を除去したものである。



(a) 原景観



(b) 原景観に遊歩道のある公園を合成した景観



(c) 原景観に池のある公園を合成した景観
(左手前の樹木はさらに追加された)



(d) 原景観に芝生のある公園を合成した景観

写真4.1 計算機による景観の合成



(a) 原景観



(b) 原景観から電柱、架線、看板を除去した景観

写真4.2 計算機による景観の編集

これらの計算機により合成された景観を190人の被験者に提示し、10点満点による評価実験を実施した結果、例えば、写真4.1(a), (b), (c), (d)の評点の平均はそれぞれ3.9, 7.8, 7.6, 7.0であり、写真4.2(a), (b)のそれは、それぞれ4.9, 5.1であった。一般に、景観中の電柱、架線等が評点を下げ、樹木、池等が評点を上げる傾向が示された。また、これらの実験により、画像処理を利用した景観の色彩、空間構造の評価が可能である。

[例：リモートセンシングによるパターン計測]

対象に接触することなくその形状や性質、組成などを計測する技術は、一般にリモートセンシングと呼ばれる。通常は、航空機や人工衛星に搭載したカメラなどを用いて対象領域から反射又は放射された電磁波エネルギーを測定し、その特性から対象の状態を推定する(和達, 1976)。このために、リモートセンシングは、

- ・ 対象を広域的に短時間で計測することができる
- ・ 人工衛星などを利用することにより周期的な計測が可能である
- ・ 測定対象と非接触であるため、対象の場を乱さず、測定が安定する
- ・ 同一のセンサーを利用することにより、異なった地域を、同じ分解能、精度で測定できる

などの利点を有し、広域環境の計測に利用する試みも始められている(安岡, 1982, 1983)。表4.8には、環境を計測する上での、空間的、時間的規模に対応するリモートセンシング技術利用の可能性を示した。

表4.8 環境計測における測定のスケールと方法(リモートセンシング技術センター)

空間 スケール	大 気			水 域			陸 域					
	成層圏	広域 (都市)	中域 (工場地)	狭域 (道路)	海 洋		湖沼	河川	広域 (国)	中域 (県)	狭域 (都市)	
時間 スケール (周期)					広域 (外洋)	中域 (内海 近海)	狭域 (湾内)					
時		◎ R'-C	◎ R'-C	○ R'-C	○ R'	◎ R'-C	◎ R-C	◎ C				
日		○ R'-C	○ R'-C					○ C				
月		○ R			○ R	○ R	○ R-C	○ R-C				○ R-C
年										○ R-C	○ R-C	

○：測定に必要なスケール

◎：緊急時の測定に必要なスケール

C：従来の計測方式

R：衛星リモート・センシングによる計測方式

R'：航空機もしくは地上のリモート・センシングによる計測方式



(a) マルチスペクトルスカナ (MSS) による
東京地区の画像データ



(b) 最尤法により抽出された緑 (芝生, 樹木)
の領域

写真4.3 リモートセンシングによる緑の分布の計測 (安岡, 1984)

ここでは具体例として、都市域における緑の分布計測について紹介する(安岡, 1984)。写真4.3は、航空機に搭載されたマルチスペクトルスキャナー (Deadarus 1250) により撮影された画像データ及びこの画像から抽出された緑の領域を示す。使用したデータは1982年5月23日に東京地区(荒川河口-皇居-三鷹)において撮影されたもので、撮影高度は2,000 mであった。緑の領域の抽出は最尤法による領域分類(和達, 1976)によって行われ、分類のためのテストエリアとしては、緑(芝生及び樹木の2カテゴリー)、人工構造物(建物及び道路の2カテゴリー)、水域、裸地の計6カテゴリーを選んだ。また分類に使用された波長帯は第3(0.49-0.56 μm)、第5(0.58-0.62 μm)及び第9(0.77-0.86 μm)の3チャンネルである。写真4.3(b)において、下町や都心部では公園や緑地などの大規模な緑のみが分布しており、郊外では住宅の小規模な緑が多いことが示されている。

[例：心理計測による水辺快適性の評価]

環境の快適性を論ずる上で、水辺の快適性が要因の一つとして挙げられる。望ましい水辺環境を創造していくためには、利用者が水辺の物理的環境要因からうける心理的反応の計量化が必要であろう。ここでは、被験者を実際に水辺に連れていき、その場での印象を回答してもらい、その回答から水辺の物理的環境と快適性の関係を評価した例について紹介する(土田・青木, 1983)

図4.4には水辺環境を調べるために設定した計測項目を示す。一方、被験者の回答から得られた水辺の快適性に対する評価の構造を図4.5に示す。これらの評価構造と物理的要因との関連を調べた結果、例えば、“水の中に入りたい(比率)”という評価項目(Y)と、物理的な項目である“水際の段差”(X cm)との間には、

$$Y = 0.584 + 0.095 \log(X) \\ (R = 0.820, T = 5.549)$$

る関係が、また“水際の傾斜角度”(X)との間には、

$$Y = 0.256 + 0.165 \log(X) \\ (R = 0.659, T = 3.393)$$

る関係が示された。

測定項目

天候 形状	天気、気温、湿度 外のり面の長さ、内のり面の長さ、外のり傾斜角度、 内のり傾斜角度、天端幅、高水敷幅、低水敷幅、 水際の段差、水際の傾斜角度、河川敷表面質、 底質の種類、粒径分布
水質	水温、流速、水の色、濁度、SS、COD、油膜、悪臭
生物	植物の自然高（高水敷・水際）、水鳥、魚、植被度
管理	道路からの距離、散在ゴミの量

水辺における各部の名称（湖沼についてもこれを適用した）

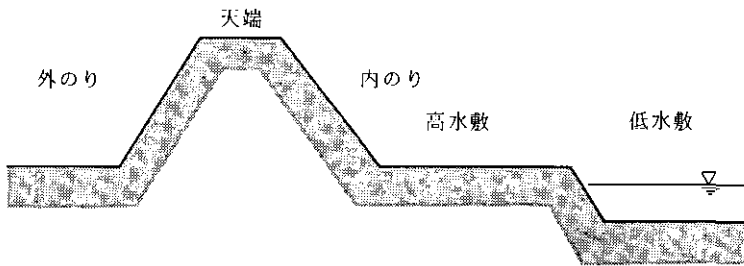


図4.4 水辺環境の評価における測定項目（土田ら，1983）

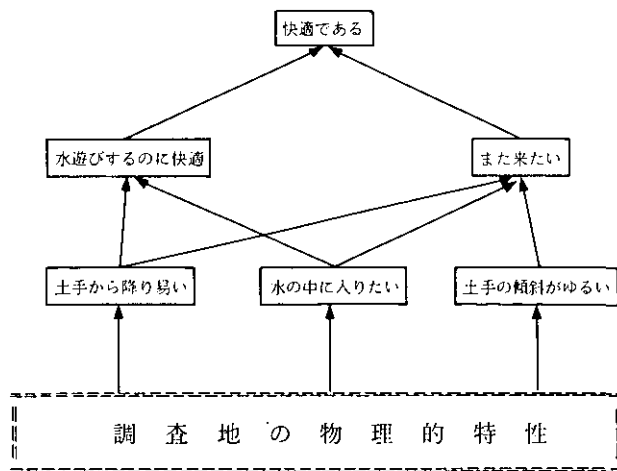


図4.5 水辺環境の快適性に対する評価の構造（土田ら，1983）

(5) 社会調査の手法

環境指標を作成していく過程では、各種の社会事象に関するデータが必要となる。これらのデータを指標作成との関係で整理すれば、次の四つに大別できる。

① 指標の項目選定に必要なもの（例：公害被害の事例、苦情等のトレンド、地域住民の環境への関心やニーズ等）

② 指標の計測と計量化に必要なもの（例：水辺や公園へのアクセスの容易さ、環境改善のための家計支出、公共空間の利用頻度等）

③ 指標の基準化に必要なもの（例：樹木率に対応した住民の緑の満足度、騒音の計測値に対応した住民の被害意識等）

④ 指標の総合化に必要なもの（例：快適性と利便性とのトレードオフに関する住民意識、快適環境づくりにおける水辺の重要度等）

以上のような一定の社会における社会事象を主として現地調査（フィールド・ワーク）によって観察することを、社会調査という（安田、1969）。

社会調査の手法には多様なものがあるが、上記の利用目的との関係でみると、アンケート調査が最も一般的でありかつ効果的である場合が多い。したがって、この方法については、後ろでもう少し詳しく述べることにする。他の利用可能な手法として、相手や場面に応じて臨機応変に詳しい調査をかけるヒアリング・サーベイがある。この方法は、面接により聞き取るため、住民の環境への関心やニーズについて大まかな見当をつける場合などに、効果的である。また、小人数の住民や専門家を一か所に集めて意見を聞くグループ・インタビューは、詳細な判断や微妙なニュアンスを引き出せるため、満足度や重要度を正確に計測する場合や、その考え方の背景を探ろうとする場合などに便利である。さらに、非常に初歩的な方法であるが、既存資料のサーベイも忘れてはならない。公害被害の事例や苦情等のトレンドは、もっぱら既存資料の検討が中心となるであろう。

さて、社会調査の手法のうちアンケート調査は、各種の利点を有しているため、最も多く使われている。この利点の第一は、統一した大量の質問紙を用いるため、短期間で大量のデータを収集できるという「効率性」があげられる。また、標準的手順に従って調査が実施されるため、調査員の能力によらない「客観的」かつ「均質な」データが得られる。さらに、調査対象者を厳密な方法でサンプリングするため、データの「代表性」が確保でき、得られたデータを統計的に検討できる利点がある。ただし、その逆に、平均的な意識や事象しか観察できないこと、したがって、問題発見的観察というよりも検証的観察に向いていること、また、一面的あるいはたてまえ的观察に陥りやすいことなど、アンケート調査の限界にも十分留意する必要がある。

アンケート調査の手順は、調査目的の選定、調査票の設計、調査対象者の抽出、現地調査、調査結果の集計及び解析、の各作業から構成され、それぞれの作業毎に各種の技術手法が用意され

ている。このうち以下では、調査対象者の抽出及び現地調査の方法に限って概説する。

調査対象者の抽出の方法、すなわち標本抽出の方法としては、通常、無作為抽出法が使われている。これは、母集団に含まれている各調査対象者の抽出される確率があらかじめ定めた値になるよう工夫した抽出法である。この工夫のしかたにより、さらにいくつかの抽出法に分けられる。系統抽出法、層化抽出法、副次抽出法、これらを組み合わせた方法などである(岡田, 1974)。一般の世論調査などでは、できるだけ幅広い層の国民の意見を聞くことを主眼として、属人的な特性を重視した抽出法が採用されるが、環境指標の作成を目的とする場合、できるだけ多様な環境について住民の意識を把握するため、属地的な特性を重視した抽出法が有効な場合が多い。

表4.9 社会調査における現地調査法の比較

	訪問面接法	留置法	郵送法
①データの信頼性	高い(注1)	比較的高い	比較的低い
②調査票の回収率(注2)	75-85%	70-80%	10-50%
③一票当りの経費(注3)	3,000円以上	2,500円以上	500円以上
④その他 プライバシーの保護	一般的に信用を得にくい	比較的信用を得やすい	信用を得やすい
じっくり考えさせる質問	一般的に不向き	可能	可能
調査員の能力への依存度	非常に高い	比較的低い	無し

(注1) ただし調査員の能力に大きく依存する。

(注2) 調査内容、調査実施主体、調査票や調査員の質などによって変化する。

(注3) 回収票ではなく発送票一票あたりの単価で、調査票の印刷、調査対象者の抽出、単純集計などの経費を含む。ただし、調査票数、調査対象者の地理的バラツキ具合などによって、単価が大幅に変化する場合がある。

一方、現地調査の方法としては、三つの方法が一般的によく使われる。調査員が調査対象者に訪問面接し調査票の指定どおりに質問する訪問面接法、調査票を配布して数日間留置き、調査員が後日回収及び補完調査を行う留置法、郵送によって調査票の配布及び回収を行う郵送法、の三つである。表4.9に示すとおり、これらの方法には一長一短があるため、方法の選定の際は調査目的とのかねあいで慎重な検討が必要である(西田ら, 1976)。一般的に、調査票の回収率及び

データの信頼性からみれば、訪問面接法が最も優れ、次いで留置法、郵送法の順である。しかし、調査に要する必要経費からみれば、郵送法が最も安上りで、次いで留置法、訪問面接法の順になる。また、訪問面接法の場合、じっくり考えさせる質問にはあまり適しておらず、プライバシー保護のうえから問題になる場合がある。環境指標の作成のために調査方法を選択する際は、例えば、幅広い住民の関心や一般的な満足度を調査する場合は郵送法、騒音に関する住民の被害意識や多様な環境に対する価値意識を詳細に調査する場合は留置法、快適性と利便性とのトレードオフや環境改善のための家計支出を正確に調査する場合は訪問面接法、という具合に使いわけを考えることも重要である。なお、上記の調査法のほかに、特殊なものとして、集合調査法、電話調査法などがある（原科・西岡，1983）。

（6）疫学調査法

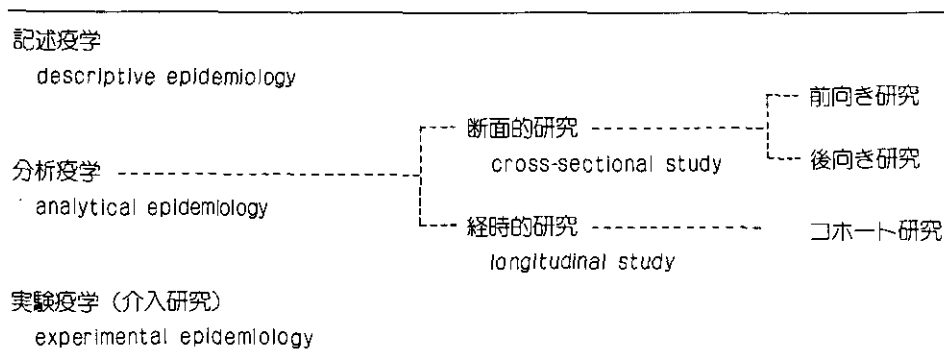
環境指標を作成していく過程で、人の健康事象に関するデータの果す役割は、前節までに述べられてきた諸種のデータ（項目）とは性格を異にする。つまり、人の健康事象に関するデータを環境指標の項目に取り込むというより、むしろ各種の手法により計測・計量化され総合化された環境指標と対比させる形での健康指標として位置づけることが適当と考えられる。別の表現をすれば、各種の指標項目の選定や調査・計測法の決定に際して、健康事象との関連性の検討が不可欠である。

以上のことから、人の健康事象に関するデータを得るための疫学調査の重要性が考えられる。疫学研究は大きく

- (i) 記述疫学（健康事象を正確に把握する）
- (ii) 分析疫学（それらの健康事象の生じる原因・理由をつきとる）
- (iii) 理論疫学（統計・数理モデルを用いて流行現象等を解明する…統計手法の発展により分析疫学との境界がなくなりつつある）
- (iv) 実験疫学（動物・人を使った実験により仮説を検証する）

に分類される。これを、疫学研究史上有名なロンドンにおけるコレラ流行(1854年)に際してJohn Snowの行った疫学的調査研究を例にとって説明する。彼はまず、ロンドン市内におけるコレラ患者の地理的・時間的分布を調べ、患者が上水道の給水栓の近くに分布していることを見つけた(記述疫学)。次に、各家庭を、使用している水道の会社別に分け、それぞれコレラ患者の発生率・死亡率を算出した。その結果、特定の会社の水道を使用している群にコレラ患者が多発していることをつきとめた(分析疫学)。最後に、コレラ患者発生の原因と疑われた水道の給水を停止し、その結果、コレラ患者の発生は激減した(実験疫学…介入研究)。もっとも、最後のコレラ患者の減少は水道の給水停止によるものではなく、流行自体が消滅傾向にあったとする見方もある。しかし、いずれにせよ病原菌(コレラ菌)の発見される以前に、コレラの流行に当たって疫学的研究により原因を解明し、流行を終結させた好例といえる。

表4.10 疫学調査法の分類



疫学研究の調査法も含めた分類を表4.10に示した。以下に各調査法を簡単に説明する。

① 前向き研究 (prospective study)：過去における特定の要因の有無別に、健康影響を比較する。例…喫煙群と非喫煙群での肺がん発生率を比較する。大気汚染地区と対照地区で呼吸器症状の有症率を比較する。

② 後向き研究 (retrospective study)：特定の健康事象の有無別に、過去にさかのぼって要因の寄与を調べる。例…スモン患者と対照者におけるキノホルム服用率を比較する。

③ コホート研究 (cohort study)：現(ある)時点において特定の要因を有する集団について、将来の健康影響を追跡する。例…広島・長崎における被爆者を長期にわたって追跡し、その後の健康状態(がん死亡率等)を観察する。

④ 介入研究 (intervention study)：特定の要因を加えた(取り除いた)集団と対照集団との比較研究。例…インフルエンザワクチン接種群と未接種群について、感染率を比較し、ワクチンの効果判定を行う。

これらの調査法を原因・結果としてとらえるならば、「症例-対照研究 (case-control study)」と「要因-対照研究 (factor-control study)」に分けることも可能である。

最後に疫学研究において、相関関係(関連性)から因果関係を推定する際の五原則を示す。① 関連の一致性…特定の集団で認められた要因と結果の関連性が他集団でも認められること。② 関連の強固性…両者の間にいわゆる用量反応関係 (dose-response relation-ship) 等が見られること。③ 関連の特異性…両者の関係が特異的であること、つまりある疾病を観察すると特定の要因が必ず存在し、逆にその要因があれば、予測される率でその疾病がひき起こされること。大気汚染と呼吸器疾患の場合などは、複数の要因が考えられるため必ずしもこの原則は成立しない。④ 関連の時間性…要因が結果の前に現われること。⑤ 関連の整合性…要因と結果の間に因果関係があるとした場合、既存の知識と合致し、いろいろな現象を矛盾なく説明できること。

4.3.3 処理手法

計測又は調査した生データ（一次データ）は、必ずしもそのまま指標作成のための情報として使用することはできない。これは、データに異常値や誤差が含まれていたり、また、データに信頼がおける場合でも、指標の目的によってはデータを内外挿して補間したり、逆に集約化して一つの値を求めなければならない場合があるからである。ここでは、生データから、指標作成に必要なデータを得るためのデータ処理の手法について考察する。

（1）異常値の検出

測定データには異常値や欠測値が含まれることがある。欠測値は通常ゼロ(0)などの特異な値を取ることが多いため目視によっても検出することができるが、異常値の検出は容易ではない。一般に、データの母集団の分布に正規性が仮定できる場合は、データの平均値(m)と標準偏差(σ)を求めて、($m \pm 3\sigma$)の外側にあるものを異常値とみなすことができる。しかしながら、環境データでは、データの正規性が仮定できない場合も多く、このような場合には、よりロバスト(頑健)な方法が必要であって、EDA(探索的データ解析法)で提案されている箱-ヒゲ表示による方法などが有効であろう(Hartwig & Dearing, 1979; 柳井・高木 訳, 1981)。

（2）特性値の算出

対象とする地域内において、あるいは対象とする期間内において複数のデータが得られている場合、これらのデータを代表する特性値を求めることが必要となることがある。通常は平均値、最大値、最小値といった値が特性値として利用されるが、前述のようにデータが正規分布していない場合には、平均値の代わりに中央値(メディアン)を、最大値の代わりに95%値を用いる方が良い場合もある。

ある地域の汚染分布がわかっている場合(遠隔計測手法や多点観測によって)、これらの汚染分布の特性値を分布パターンそのものの特性によって表すことが有効な場合がある。これは特性値として、分布パターンの特徴を示すパラメーター、例えば二次元フーリエ係数といったものを利用する場合で、大気汚染分布パターンの記述などに利用されている(飯倉, 1976)。

（3）内外挿法

(2)とは逆に、数少ない計測データから内外挿手法によって他の地点の濃度を推定したり、全体の分布を推定したりするものである。環境指標作成に使用されるデータの中で、人口分布、土地利用分布、緑の分布といったデータの多くはメッシュデータ(二次元データ)で与えられるため、例えば大気汚染データをこれらのデータにオーバーレイして指標化を行う場合、大気汚染の分布を推定することが必要となる。

離散的に与えられた測定点データから分布パターンを推定する手法としては、「移動平均法」、「スプライン法」、「クリンジング法」等が提案されており、大気汚染分布、水質汚濁分布の推定などに応用されている(篠原・内藤, 1980; 松岡・内藤, 1983)

(4) 代表性の検証

得られたデータが、どれだけ地域、どれだけ時間を代表し得るかは、指標を作成する上で最も重要な問題の一つである。しかしながら、この問題を解決する簡単な手法は現在の所まだ得られていない。ここではいくつかの手法を紹介する。

遠隔計測によるパターンデータの利用

遠隔計測は、水域や大気域の汚染分布を計測することを可能にする。得られた分布パターンからその領域を代表する測定点の配置や測定点の代表する領域の推定を行うことが可能である（安岡・宮崎，1979；松岡・内藤，1983）。

物理モデルの利用

汚染分布を推定する場合に各種の物理モデルが提案されている。これらの物理モデルにより推定された分布パターンを基に測定点の代表性を求める方法が提案されており、大気汚染の測定点配置に応用されている（落合・内藤，1977）。

[例：面積荷重指標による広域SO₂汚染の評価]

通常、大気汚染状況の地域的な把握は、環境基準の達成率によって行われてきた。しかし、これは測定点の配置状態によって大いに支配されるので、地域代表性のある配置が必要となるが、配置をやり直す代りに、面積荷重指標によってこれに代替することができる。その試算例を図4.6に示す。この結果から、全く同一の汚染状況であるにもかかわらず、単純平均では、測定点の選び方によりその値が変わるが、面積荷重指標ではほぼ安定した値を示すことが見られる。なお、人口荷重も同様の結果であるが、これは全く人口分布に支配されるので、地域代表性という意味での指標にはならない。

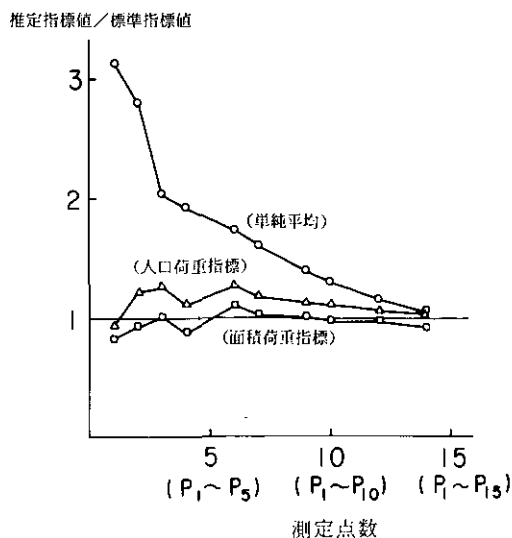


図4.6 測定点の選び方による指標値の変化（落合ら，1977）

4.4 尺度化

4.4.1 尺度化の基礎概念

(1) 尺度化の必要性

4.3の各手法を用いて計測ないし計量化されたデータは個別の評価項目ごとの変数値である。これらはそのままでも環境状態を示す指標として有効であるが、時には簡単な加工がなされる。例えば地域のひろがりや人口規模等の影響を除去するために面積や人口で割ったり構成比で示したりされる。これらの形式は変数の種類によって種々に異なるが、それをここでは一次指標と称する。

個別指標ごとの評価を行うだけであれば、この一次指標で十分な場合も多い。基準を適切に設定することができれば、その基準以上であれば「良い」、以下であれば「悪い」と評価することもできる。また基準を何段階かに分けて、ランクづけによる評価を行っても良い。

しかし、個別指標ごとの評価でなく、複数の個別指標をまとめて総合的に評価する場合にはさらに高度な加工が必要である。個別指標ごとの変数値は汚染質ごとのppmとか、デシベル、メートル等、様々な単位で計測されており、他項目とあわせて何らかの総合化を行うためには共通単位に直さなければならない。これが変数値を何らかの基準で関数に投影して尺度化することである。ここでいう尺度とは評価尺度のことである。尺度化 (scaling) は基準化 (normalization) ないし指標化 (indexing) とも言われるが、ここでは比較的よく使われる尺度化を用いる。

上述のように個別指標毎の評価であれば、定性的評価尺度でも良いが、総合評価のためには平均値をとる操作の許される定量的評価尺度でなければならない。ところが米国をはじめ多くの環境影響評価の事例において、順位づけによる定性的尺度を定量的尺度のごとく平均値を求めるという誤用がかなり行われている (Hobbs & Voelker, 1977; Elliot, 1981)。総合評価を行うためにはこの評価尺度のとり方に特に注意が必要である。そこで、総合評価のための尺度の持つべき特性について以下に簡単に述べておく。

(2) 尺度と総合化

ある状態を計量するときの尺度には、定性的なものから定量的なものまで様々な種類がある。Steevens (1951) は、これらを、名義尺度 (nominal scale)、順序尺度 (ordinal scale)、間隔尺度 (interval scale)、比率尺度 (ratio scale) の四種に分類した。

名義尺度はスポーツ選手の背番号のように数字で示されていても、数字の大小には意味がなく個体の識別や分類を目的としたものである。大気質が大気環境基準を満足しているか否かの二分法も、名義尺度である。この場合の数値は分類のための符号にすぎない。順序尺度の例にはモースの硬度やいわゆる順序づけがある。河川や湖沼の水質環境基準の類型化は、類型ごとに順位がつけられるから、これも順序尺度である。順序尺度はこのように一次元上に配列することのできる性質の順序や大小関係を表すものである。この場合は名義尺度と異なり、数値の大小は意味を持つ。しかし、数値の差異には意味がない。順序尺度では1と3の差は1と2の差の2倍を意味

しているわけではない。

これらの名義尺度、順序尺度はいずれも定性的な尺度でありこれらは本来加え合わせること(加減算)ができない。名義尺度が加減算できないことは自明である。大気質と水質とをそれぞれ「良い」、「悪い」に二分した場合を考えよう。「大気が良い、水が悪い」のは「良い」、「悪い」のどちらにも分類できない。新たな名義尺度が必要である。また、順序尺度が加減算できないことも容易にわかる。簡単な例では三つのものを比較した場合を考えてみよう。これらに最大のものから3, 2, 1, の値を割当てれば(大小順さえ保存されればこの数値は何でもよい)、この場合、2番目と3番目の合計は $2 + 1 = 3$ で1番目と等しくなる。しかし、順序尺度では三つもの間の距離が定義されていないのだから、このことが成り立つ保証は全くない。三つの位置関係によって、二つの合計は1番目より大きくも小さくもなりうる。これに対し、間隔尺度、比率尺度はいずれも通常言われる定量的尺度であり、加減算が可能である。間隔尺度は摂氏や華氏の温度のように数値の間隔が意味を持ち、これが等しいことは状態の差が等しいことを意味する。摂氏10度と20度の差と、20度と30度の差はそれぞれ10度ずつであり、これが等しいことは熱量差が等しいことを意味している。ところが、摂氏30度は摂氏10度の3倍の暑さを示すものでないことは周知のとおりであり、間隔尺度では比率は意味を持たない。間隔尺度は次式のように表される。

$$X = au + b \quad (1)$$

ここで u は尺度で表したい対象の性質であり、 X が尺度値である。 X と u の間には b という原点のずれがある。このため比率が意味を持たない。

比率が意味を持つ尺度が比率尺度である。温度の場合には絶対温度が比率尺度となっている。あるいは長さ、重さといった物理計測量も比率尺度である。いずれも尺度値の零点が明確に定義される。数式で示せば、(1)式で b が0になった形となる。

$$X = au \quad (2)$$

これから、比率尺度は間隔尺度の一つであることがわかる。

間隔尺度、比率尺度ともに加減算が可能な定量的尺度であり、複数の個別指標を合成することを許すものである。このため環境の総合指標の尺度はこのいずれかであることが必要である。最も望ましいのは比率尺度であるが、個別の指標は少なくとも間隔尺度であれば良い。このことは温度は通常、間隔尺度の摂氏や華氏で表示されるが、温度の指標として十分有用であることを見れば理解できるであろう。しかし、「月間最高気温の日」と順序尺度で表示しても、2月のそれと8月のそれとでは比較は意味がなく、順序尺度では有効な指標とはなりえない。

なお、後述する総合化(項目間集約化)のための重み W は、項目 i の重みが項目 j の重みの何倍という比率が意味を持たなければならないので、比率尺度でなければならない。この点も極めて重要であるが、忘れられている場合がかなりみられる。

(3) 尺度化の方法

尺度化の方法は、大きく二つに分けて考えるのが適切と思われる。一つは物価指数や格差指数等のようにある時点又は地点の値などを基準として選び、これとの比によって尺度化するものである。社会、経済分野などでは、この形で計測量を尺度化することが多い。このような尺度化を

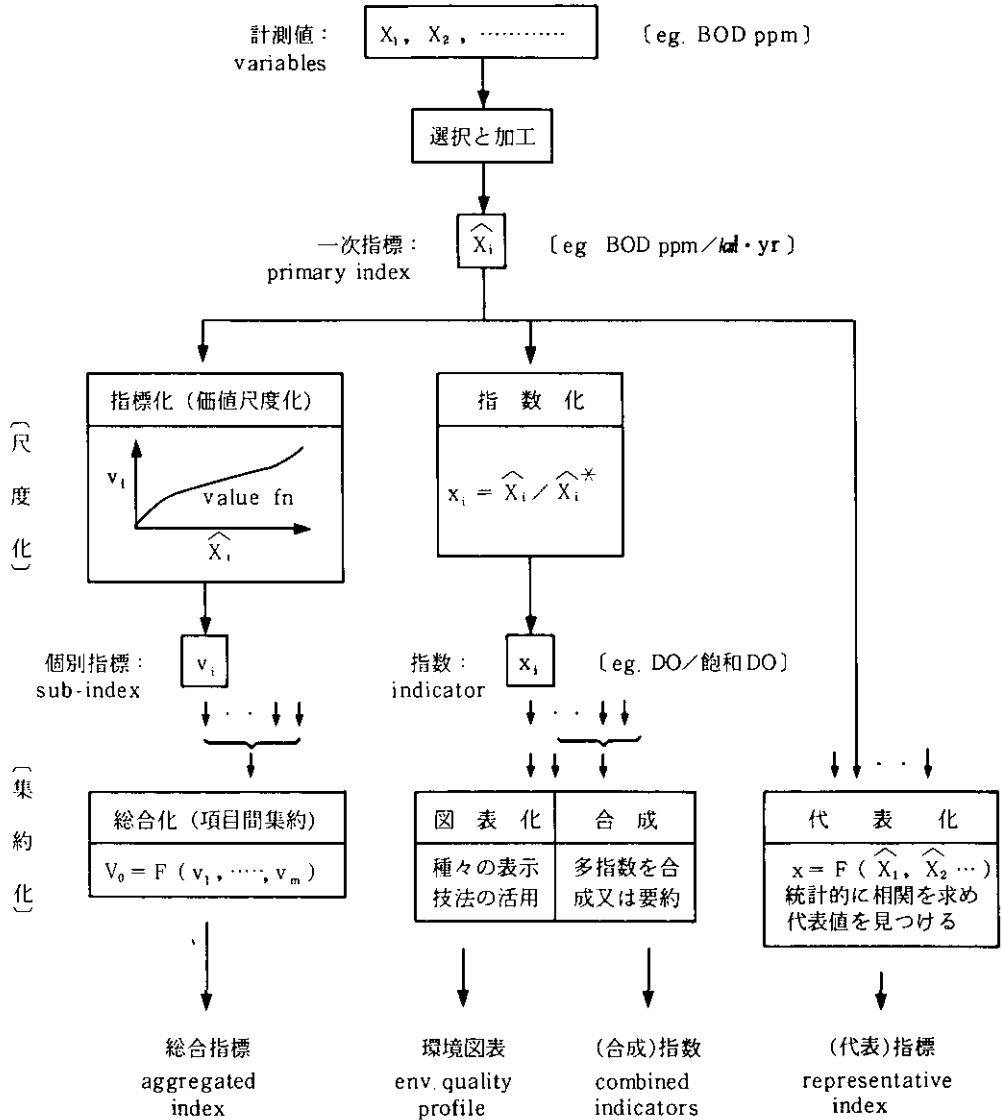


図4.7 尺度化・項目間集約の手順と用語の定義

特に“指数化”と称し、得られたものを“指数”と定義するのが適切であると思われる。この指数は間隔尺度である。なおこの指数化は「相対的な尺度化」であり、本来変数値の変動を見るためのもので、共通の価値に照らして評価したものではない。したがって複数の指数を集めて総合化した場合、意味の解釈が難しい。このため、複数の状態を表すには複数の指標を併記して示す適切な図表（environmental profile）化が必要である。ただし、稀には項目ごとに平均値を用いて指数化したものを加算した例もある（Sinden & Warell, 1979）。

一方、計測値又は一次指標を何らかの価値基準に投影して尺度化することがなされる。これをここでは“価値尺度化”と称し、このようにして得られたものを“個別評価値”あるいは単に“評価値”と称する。これは「絶対的な価値基準」に変換されているので、複数の指標を総合化することが可能である。

以上に述べた一連の手順と用語の定義をまとめたのが図4.7である。このまとめは異なる分野の多くの専門家の説をできるだけ広くレビューした中から、最も共通的な概念を抽出し整理したものであるが、これが定説となるにはまだ相当の議論が必要であろう。

4.4.2 指数化の方法 - 相対比較による尺度化

測定単位の異なる複数の指標を、共通の価値量に置き換えずにそのまま比較するのが、相対比較による尺度化、すなわち、指数化である。共通の価値量への変換は容易ではないので、簡便法として、この指数化が使われることが多い。この相対比較とは、同一指標項目についての比較をいう。この指数化には、基準時点又は基準地点に対する比率で示す方法と標準得点の形で示す方法とがある。

① 基準時点又は地点に対する比率R

時系列的变化を見たいときは、基準時点を決めそのときの値を100とした時系列指数で示す。場所的变化を見たいときは、時点を固定して基準地域の値を100とした地域格差指数で示す。これは一般に次式で示される。

$$R = \frac{X}{X^*} \times 100 \quad (1)$$

ここでXは変数値、X*は同基準時点又は地点の変数値

② 標準得点 (S.S. : Standard Score)

上述の格差指数と同じ目的で使うが、(1)式では数値の分散の大小による影響が除去できないため次式のように偏差の形にしたものも用いられる。

$$S.S. = \frac{(X - \bar{X})}{\sigma} \alpha + \beta \quad (2)$$

ここで \bar{X} は対象地域全体の平均、 σ は同標準偏差、 (α, β) の値は(10, 50)とか(20, 100)とか各種である。

単純平均では地域規模等の差が出ないため、重みづき平均 X を用いたものもある。

$$X' = \frac{\sum X\beta}{\sum \beta}, \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2 \beta}{\sum \beta}}$$

また、(2)式の変形もある。

$$S.S. = \frac{X}{\bar{X} + 2\sigma} \quad (3)$$

標準得点方式では数値の高い方が良いように示される場合が多い。しかし、指標によっては被害者数のように数値の低い方が良いものもある。このような指標をマイナス指標と呼ぶ。このマイナス指標の時は数値の方向性が揃うように(2)は次のようになる。

$$S.S. = \frac{(\bar{X} - X)}{\sigma} \alpha + \beta \quad (4)$$

これらの指数化はデータが入手できれば、簡単に行える。指数は無名数であるため総合化ができそうであるが、本来指数を算出するものとなった指数毎に測定単位が異なっており、それぞれの指数の意味するところは異なるから総合化はできない。例えば物価指数のような指数を平均することは不適切である。これはパンとミルクの物価指数を平均したときのパラドックスの例を見ると良い (Huff, 高木訳, 1968)。

しかし、指数値を一種の価値量とみなして、特定の個体(時点や地点)ではなく、集団の平均値に対する指数を用いて総合化した例もある (Sinden & Warrell, 1979)。

[例：地方公共団体における社会指標]

相対比較による尺度化は物価指数の例に代表されるように社会、経済指標の計算によく行われる方法である。その一例として環境指標の原点であるQuality of lifeを示す社会指標は我が国の地方公共団体レベルでもかなり広く作られている。これらの社会指標について、相対評価による指数化がどの程度使われているかを我々の行なった「社会指標利用実態調査(原科, 篠崎, 1978)」の結果からみると図4.8のようで、都道府県では標準得点方式が圧倒的に多く21自治体(62%)に達する。一方、中心都市では基準時点との比率や原データのまが多い。都道府県と中心都市とのこの差異は、中心都市は都道府県より比較対象地域のデータが入手しにくいいため標準得点が算定できなかったためと思われる。図中で基準点方式と記したものは次に述べる価値尺度化の方法の一つである。これに見るように相対比較による尺度化はかなり使われているが、価値尺度化のひとつの方法である基準点法は東京都で使われたのみで極めて少ない。

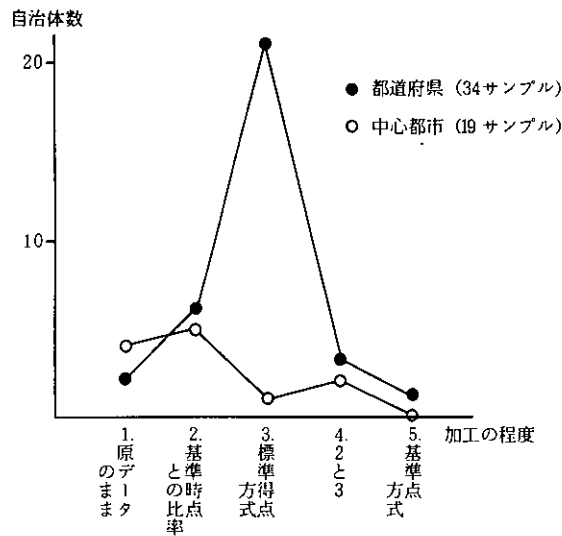


図4.8 社会指標の指数化方式 (原科, 1980)

4.4.3 価値尺度化の方法

何らかの価値基準を導入して、価値尺度に変換する方法も二つに大別される。

① 基準点法

最も簡便な価値尺度化の方法が基準点法である。これには国連でドレノフスキーの提案した3基準点法が著名である (Drenovski, 1974)。ドレノフスキーはある評価項目の基礎変数値に三つの臨界点を考える。生存限界を示すO点、生活の最小必要水準を示すM点、充足した水準を示すF点である。これら3点に対応する基礎変数値 (価値基準値) は専門家の手で決められる。ドレノフスキーはO点以下では評価値は0とし、M点で100とした。図4.9のようにO点とM点の間は等間隔に目盛る。F点の値が決まれば、M点からF点の間も同様に等間隔に目盛られるが、F点の基準値は簡単には決められない。ドレノフスキーはとりあえずF点及びそれ以上に200を与えた。

ドレノフスキーのO点は国連のような発展途上国を対象とする場合は必要であるが、我が国ではO点は不必要でM点とF点の二つを考えるべきだとして、東京都の2基準点法が提案された (東京都, 1972)。これでは福祉限界点 (M点) と福祉達成点 (F点) の2基準点を専門家へのデルファイ調査により決定し、次式の評価値を算定した。

$$I = (X - X_M) / (X_F - X_M) \times 100$$

ここで X_M , X_F はM点, F点の基礎変数値

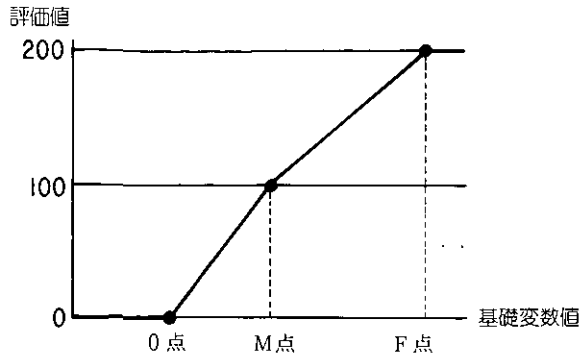


図4.9 ドレノフスキーの3基準点法による指数化

[例：環境基準による基準点法]

環境評価のための基準点法の使用例の代表は、環境基準の適合度による評価である。この場合は基準点法でも最も簡単な使い方であり図4.10のようになる。

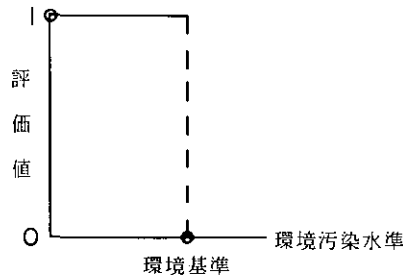


図4.10 環境基準の適合度による評価

図4.10で評価値は、0が最悪、1が最良を示すとする。環境基準以上の汚染物濃度では評価値 V_i は0、環境基準未満では V_i は1となる。環境基準による判断はこのようにステップ関数の形状となる。環境基準が定められている個別指標については、評価値 V_i を求める第一近似として図4.10のようなステップ関数が考えられる。

② 価値関数を用いる方法

①の基準点法をより一般化した方法が価値関数あるいは評価関数を用いる方法である。これは変数 X_i 又は一次指標 X_i を何らかの価値関数 F_i によって、ある価値量 V_i に変換するものである。

$$V_i = F_i(X_i)$$

ここで価値関数の形状は簡単なものでは2基準点法や3基準点法のような線形のものと考えられるが、一般的には非線形になろう。Ott (1978) は、価値関数を数学的に記述した場合、次の4種類に分けられるとしている。

- (1) 線形関数 (Linear Function)
- (2) 折れ線又は区分線形関数 (Segmented Linear Function)
- (3) 非線形関数 (Nonlinear Function)
- (4) 線形と非線形の混合 (Segmented Nonlinear Function)

(図 4.11 参照)

しかし、さらに一般的にはこのように定式化が容易なものばかりではなく、 X_i と V_i の観察から評価関数の形状を求める場合もある (図 4.12)

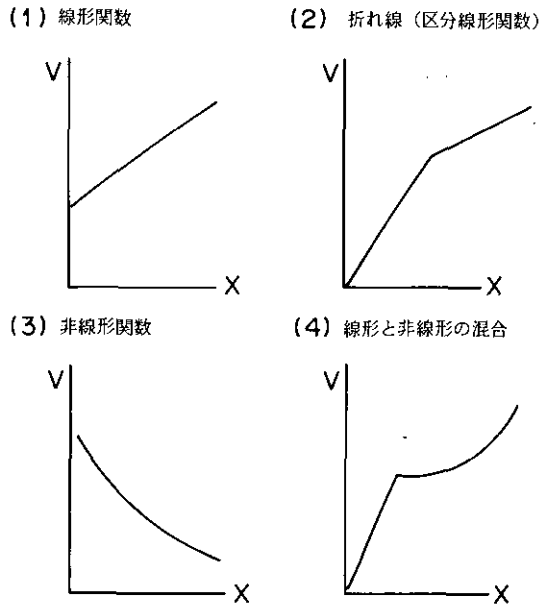


図4.11 価値関数の形状の例

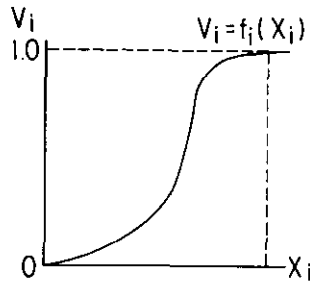


図4.12 価値関数の与え方

この価値関数は決定理論でいう確実下での意思決定に用いる価値関数 (value function) と同等のものである。ただし、通常、価値関数は順序効用関数とも言われるように順序尺度として与えられるが(中山, 1980), 総合化を可能ならしめるため加法形で表示できることという条件がつくと間隔尺度になっている。これは差の等価性が保たれるからである。(Keeney & Raiffa, 1976, pp. 66-130)。なお決定理論でいう効用関数(基数的効用関数とも言われる)は不確実下での意思決定に用いられるものであるから、確実下での状況を対象とする環境指標の尺度化には適さない。

この関数形の同定には個別指標毎により多くの知見の集積が必要である。環境汚染関係の項目の一部を除けば、環境質の幅広い総合評価のためにはまだ知見の集積が不足している。

各価値関数はX軸に個別指標の測定値をとり、V軸に環境質スケール値が示される。X軸の値はいずれも項目毎に一定の範囲内にあるように定義されV軸の値は最悪が0, 最良が1を意味するよう定義される。このようにX, V両軸の数値の範囲が規定されているため、価値関数は箱形のグラフで表現することができる。X軸の変域の決定は極めて重要である。最悪値, 最良値は簡単に変えてはならない。これはこの変域が変動すると、同じXに対するVの値が大きく変化してしまうからである。この点は二基準点法のような線形関数の場合、特に顕著である。Xの変域は理想的には、地域や国の違いにかかわらず一定となることが望まれる。このような普遍的なXの変域が得られれば、この変域に対する価値尺度(0~1の値)は絶対的な評価といえる。しかし、実際には考えるべき変数は特定の国や地域内での現実にとりうる変動範囲となることが多く、これはXの普遍的な変域の内側となる。この特定の変域に対する価値尺度(0~1の値)は、相対的な評価である(図4.13)。いずれにせよ、指標項目別の重みを求める場合、この変域は固定しておかねばならない。

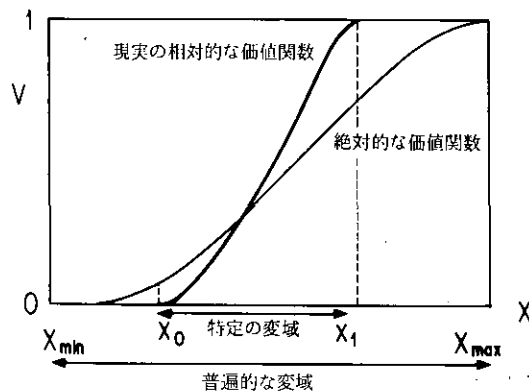


図4.13 変域のとり方による価値関数の形状変化

表4.11 道路周辺環境評価項目と指標案 (原科ほか, 1982)

評 価 項 目				対 応 する 指 標 案		
4特性	項目 通番	評価項目名	内容の例示	指 標	単位	事例研究 での計測 結果*
安全性	1	歩行者の 安全性	歩行者の交通事故	摩擦度： 歩行者の交通量 × 自動車交通量	人 千台	① 121 ② 20
	2	自動車走行上 の安全性 (緊急時)	災害等による緊急避難時の自 動車走行の安全妨害	車の移動スペース： (道路面積 + 駐車場面積) / 地区内自動車保有台数	m ² /台	① 88 ② 229
健康性	3	排気ガスによる 人体影響	眼、鼻、咽喉など器官の刺激、 持続性せきとたん、喘息、胸 部不快感	CO濃度： 種々の複合汚染指標も提案 されているが、ここでは最 も簡単なCOで代表	ppm	① 2.5 ② 2.3
	4	騒音による 健康影響 (安眠妨害)	睡眠を妨げられる。寝ていて 目を覚まされる。びっくりす る。頭痛、耳なり、胃痛、聴 力損失等	騒音レベル： 騒音に係る環境基準で規定 されている中央値(A特性)	ホン (A)	① 55 ② 50
利便性	5	車での移動 利便性	車での地域内、あるいは地域 外への移動の不便さ	道路施設面積比： (道路面積 + 駐車場面積) / 地区面積	%	① 42 ② 30
	6	歩行による 移動利便性	車道による歩行の中断、迂回、 地域分断	買物のための徒歩による片道 所要時間平均値： 主婦の日常的行動で代表	分	① 7.0 ② 5.2
	7	道路空間の 広場的な利用	路上における立話や、子供の 遊び等へのコミュニティ空間 としての利用の不便さ	戸毎の平均緑空地面積： 広場の利用の可能と思われ る緑空地面積/住宅戸数	m ² /戸	① 105 ② 464
快適性	8	沿道の景観	沿道の輪郭、色彩の調和妨害 路面の電柱、ごみ箱、掲示板 等の存在による美観阻害	緑空地面積比： 緑空地面積/地区面積 (注)緑空地建物と道路施設 以外	%	① 47 ② 61
	9	路上のゴミ、 ほこり	路上の散在性廃棄物、自動車 走行によるほこりと、その周 辺建物への付着	住民の不満率： 意識調査における不満割合 の回答者数比	%	① 48 ② 44
	10	ブライ/パシー	道路交通(歩行人や走行自動 車)による沿道の住宅ブライ /パシー被害のおそれ	人口密度： 人口密度の高い所で被害の 可能性が高いと仮定	人/ha	① 177 ② 52
	11	不快な騒音	騒音による電話使用の妨害、 テレビ、ラジオの聴取妨害、 子供の勉強の邪魔	住民の不満率： 意識調査における不満割合 の回答者数比	%	① 84 ② 4

*計測結果は①が地区1、②が地区2の値

これらの関数形は客観的分析の根拠が明確なもの以外は専門家の主観的判断により定められる。このため、細部についての厳密な議論は困難である。専門家の主観的判断による価値関数の一つの決定方法は決定理論の分野で与えられている。Keeney and Raiffa (1976) にこの手順が述べられているが、概略は次のとおりである。まず、 X の変域を設定する。右上がりの価値関数を仮定すれば、 X の最小値(X_0)に対応する V 値が0、最大値(X_1)に対応する V 値が1となる。次にこの X の変域内の点 X_M で、 $X_0 \sim X_M$ の変化と $X_M \sim X_1$ の変化の価値が等しくなる点(価値中点)を求める。 X_M に対応する V 値を0.5とする。次に同様にして X_0 と X_M の価値中点 $X_{0.25}$ を求め、 $V=0.25$ とし、 X_M と X_1 の価値中点 $X_{0.75}$ を求め、 $V=0.75$ とする。順次同様に価値中点を求めていき、適当な所でこれらの価値中点をなめらかな曲線で結べば価値関数が得られる。

[例：価値関数による総合評価システム、Environmental Evaluation System (EES)]

価値関数を使用した初期の代表例は前出のBattelle Columbus研究所のEESである。この環境評価システムは水資源事業のために1972年に開発されたもので、総合評価を意図して作られている。個別指標は3段階の階層構造を成しており、最上層では生態系、環境汚染、審美性、人間関連項目の4分野にわけられている。この下に17の構成要素があり、さらにその下の最下層には78の個別指標(EESでは環境パラメータと称する)がある。これら78の個別指標それぞれについて価値関数が設定された。Battelleによる価値関数の一例を図4.14に示す。

[例：Canter and Hillによる価値関数の整理]

BattelleのEESはその後の環境影響評価手法の開発に少なからぬ影響を与えた。しかし、これは水資源開発のために開発されたものであるため、他の目的にはそのまま応用できないという難点があった。方法論自体は応用可能であり、実際に他の高速道路計画や多目的ダム開発事業等にも応用されたが、価値関数は新たに開発されねばならなかった。

CanterとHillはこれらの米国内の各地で行われた環境アセスメントの実績を踏まえて、各種の価値関数の整理を行い、その成果を単行本としてまとめた(Canter & Hill, 1979)。彼らは環境質評価のための一般的な指標体系として3段階の階層構造をなすもの考えた。最上層は「陸域」、「水域」、「大気」、「人間関連」の4分野に分け、その下に19の小分野をとり、最下層には189の個別指標をとった。しかし、データの入手可能性を検討した結果、最終的に15の小分野で、計62の個別指標が提案された(CanterとHillが最終的に整理し、価値関数を与えた個別指標は表4.7参照)。整理された価値関数はBattelleの価値関数がそのまま使われているものが多いが、Battelle以外で開発された価値関数も整理されている。価値関数の具体的な例は以上に引用した二つの成果が代表的なものであり、それ以外にはこれまで殆ど例が見られなかった。しかし、最近になって欧州や(Kreiser, 1982)我が国でも大阪府(1983)などで価値関数づくりの努力がなされ始めた。

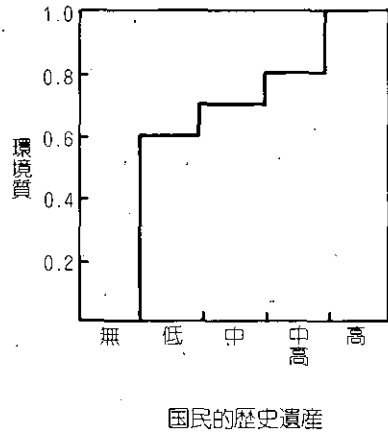
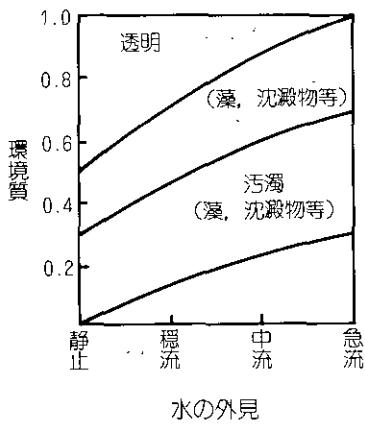
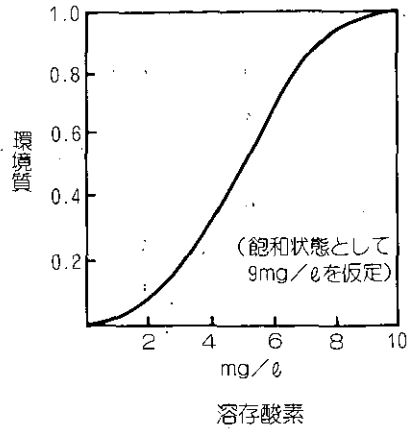
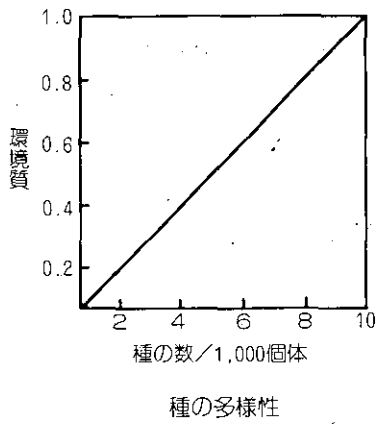


図4.14 Battelle研究所の環境評価システムにおける価値関数の例
(Dee, N. et al., 1972)

4.4.4 問題点と今後の課題

(1) 価値関数同定の難しさ

尺度化の方法のうち、相対比較によるものは環境指標の測定が時間的、空間的に蓄積されれば容易に適用できる。しかし、この相対比較によって指数化したものは総合評価値に変換することはできない。これはもともと変数値の単位が異なり、共通の価値尺度で測定されていないからである。総合評価のためには共通の価値尺度への変換がどうしても必要である。

ところが、価値尺度化は極めて困難なのが現状である。上述の事例にみるように、基準点法では数値が極めて大雑把となり、またその根拠を明確にしにくい。このため、基準点法は価値関数の簡便法として結果を総合化することはできても、大体の傾向を判断する以上に利用することは危険である。総合化のためには価値関数を適切に同定しこれを用いることが本来あるべき姿である。しかし、CanterとHillの整理にみるようにこの価値関数の同定はまだ開発段階にあり、ようやく我が国でも大阪府（1983）等いくつかの適用例が見られはじめたばかりで、今後検討すべき点は極めて多い。

（2）客観的分析の蓄積

価値関数による評価値は、個別指標によって示される環境の特定の側面に関する評価値である。この価値関数 V_i は項目によって「客観的分析を基礎にして専門家の判断によって決められるもの」と「一般住民の主観的判断をもとにして関数形を同定しなければならないもの」とに大別される。

例えば表4.11の安全性や健康性に関する項目や利便性項目の一部は前者である。前者については、健康項目に関する研究の蓄積が国立公害研究所を始めとして数多くはかられているが、その他の項目についてはまだ極めて少ない。客観的分析が必要なこれらの項目についての研究蓄積をはかるため、今後とくに社会科学的研究の進展が必要である。

（3）主観量の計量化

前表で、利便性項目のうち「道路の広場の利用」や快適性項目は一般住民の主観的判断が評価値 V_i となるべきものである。この主観量を客観的に把握しなければならない。これは X の同一の水準に対して V の値があまりばらつくようでは価値関数 $V = f(X)$ の形状が同定できないからである。特定の X の値に対し、住民による評価値 V は一定の確率分布に従うと仮定される（図4.15）。

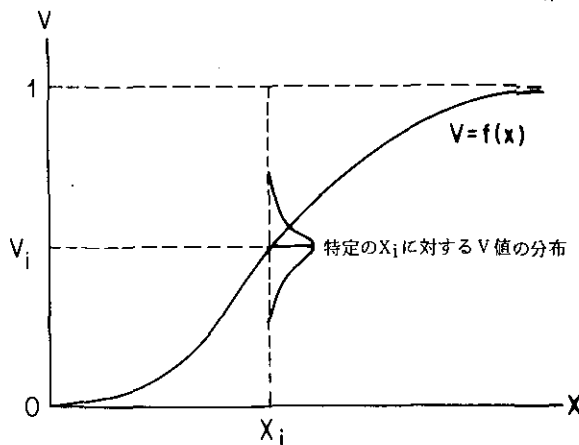


図4.15 住民による評価値の分布

特定の X_i に対する V の値の期待値 V をつないだものが、価値関数である。

今までの結果からは個別評価値 V_i はかなり安定的に得られることが示されている。筑波での実験では我が国でよく使われる5段階評価による V を集合調査により求めたが、24人程度の集団の平均値はかなり安定的に求められた(原科ら, 1980)。すなわち同質集団で回答の再現性の検討を加えたところ、表4.12のように、極めて高い再現性が示された。これは集合調査の場合には回答者に質問内容を的確に伝えることができるためと考えられる。集合調査による回答が安定的なことはアメニティのような極めて主観的な内容に関する質問でも示されている。例えば筆者らのスライドによる街並み景観の評価実験例では、景観を0~10点に点数づけしているが、同一主体(集団)であれば評価者が代わってもそれ程大きな回答の変動の無い場合が多いことが認められている(原科・西岡, 1984)。

表4.12 筑波の事例における主体による評価値の比較(原科ほか, 1982)

		学生1, 2の比較			主婦1と学生の比較		
		学生1 \bar{x}_1	学生2 \bar{x}_2	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ 差 の検定	主婦1 \bar{x}_1	学生 \bar{x}_2	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ 差 の検定
安全性	1. 歩行者の安全性	4.13	4.13	0.00	3.75	4.13	-0.28
	2. 自動車走行の安全性	4.00	4.00	0.00	4.16	4.00	0.16
健康性	3. 排気ガス	2.67	2.61	0.06	3.20	2.64	0.56*
	4. 騒音による安眠妨害	2.67	2.61	0.06	2.72	2.64	0.08
利便性	5. 車での移動利便性	4.04	3.70	0.34	4.20	3.87	0.33
	6. 歩行による移動利便性	3.13	3.26	-0.13	3.92	3.19	0.73***
	7. 道路空間の広場の利用	2.71	2.09	0.62**	3.21	2.40	0.81***
快適性	8. 沿道の景観	3.67	3.30	0.36	4.00	3.49	0.51**
	9. 路上のゴミ, ほこり	2.67	2.96	-0.29	2.96	2.81	0.15
	10. プライバシー	3.04	3.00	0.04	3.12	3.02	0.10
	11. 不快な騒音	2.54	2.52	0.02	2.04	2.53	-0.49**
総合 (V_0)		3.50	3.48	0.02	3.48	3.49	-0.01

*** 1%有意 ** 5%有意 * 10%有意

(注) 学生1は24人, 学生2は23人, 主婦1は25人の集団。学生は学生1と学生2を合わせたもの。

4.5 総合化(項目間の集約化)

4.5.1 基本的考え方

(1) 総合評価の必要性

個別指標ごとの尺度化が終われば項目単位での個別評価は可能である。価値関数法の場合、指標値がそのまま評価値である。しかし、多くの場合環境状態は複雑な多くの要素からなり、これ

らを個別指標の並列として示すことは極めて困難である。例えば、先述のBattelle研究所のEESでは78の個別指標が用いられたが、78の指標リストを一覧して環境の善し悪しを判断することは不可能である。

そこで、できるだけ少ない指標で環境状態を表現することが要請される。しかし、この場合、単一指標にまでまとめあげることが良いかどうかは議論のあるところである (McAllister, 1980)。個別指標を集約して、総合指標を作っていくまでのプロセスは基本的には4.1で述べた手順に従う (図4.7)。

(2) 総合化の方法

総合化とは項目間集約化のことである。このためには項目ごとの単位がそろってなければならず、しかも集約化することの意味が明確なものでなければならない。前項で述べたように価値関数を用いる方法のような絶対的な評価基準による尺度化はこの条件を満たす。

個別指標毎の評価値 V_i の次元がどの項目も同一であれば、これと重み W_i とから総合評価値 V_0 は次式で求められる。

$$V_0 = F(W_i, V_i), \quad i=1, 2, \dots, n \dots\dots\dots (1)$$

一般的には上式のようにFの関数形は様々な形が考えられるが、数式の形式としては一般に「加法形」、「乗法形」があり、その他「最大あるいは最小の抽出」という方法もある (Ott, 1978)。これらを表4.13に示す。

表4.13 総合化のための項目間集約関数

	線形和 (荷重和)	$V_0 = \sum_{i=1}^n W_i V_i, \quad \sum_{i=1}^n W_i = 1$
加法形	巾乗和の巾乗根	$V_0 = (\sum_{i=1}^n V_i^p)^{1/p}$
	巾乗平均の巾乗根	$V_0 = (\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i^p)^{1/p}$
	乗法形 (荷重積)	$V_0 = \prod V_i^{W_i}, \quad \sum_{i=1}^n W_i = 1$
	最大(あるいは最小)抽出	$V_0 = \max(V_1, V_2, \dots, V_n)$

注. nは評価項目数

加法形の中には通常の線形和 (weighted linear sum 荷重和ともいう) の他、巾乗和の巾乗根 (root-sum-power)、巾乗平均の巾乗根 (root-mean-power) がある。乗法形でも同様に多様な形式を考えることはできるが、実際には荷重積 (weighted product) といわれる形式の提案がなされているぐらいである。最大 (最小) の抽出は評価の立場が明確になっている場合に使える。最悪回避の立場であれば評価値が最小のものを、最良のものに注目するのであれば評価値が最大のものをとればよい。しかし、環境質の多様な指標を単一指数に総合化するためにこの方法を使うのは困難であり、この一段階前の大気、水といった分野毎の総合化には有効かも知れない。事実、米国で最も代表的な大気汚染指標 P S I はこの形式である。

これら各種の形式があり提案されているが、現実にも最もよく使われる形は次の線形和のものである。

$$V_o = \sum W_i V_i + W_o \dots\dots\dots(2)$$

これは(1)式をテイラー展開した近似式であるから、(2)式が使えるためには近似が成り立つため次の条件を満たさなければならない。すなわち、 $F(W_i, V_i)$ の V_i は独立変数、 W_i はパラメータであるから、 V_i の変域がそれ程大きくなく、関数 F の形がなめらかであることである。

(2)式のように、総合価値関数が線形和で表わされることを決定理論では加法的に表わされるというが、総合価値関数が加法的に表わされるための条件が整理されている (Keeney and Raiffa, 1976)。これによれば、指標項目数が2の場合には対応トレードオフ条件が満たされることが必要である。指標項目数が2に限らず一般的には個別評価項目ごとの選好がどの二つをとっても互いに独立であれば(相互選好独立)、総合価値関数は加法的に表わされる。ここで、前述のように価値関数は確実下での意思決定の場合に適用されるものであり、不確実下での意思決定に用いられる効用関数とは異なる点に留意されたい。この相互選好独立性は加法的な価値関数が存在するための必要十分条件である。この詳細な議論はKeeney and Raiffa, (1976)を参照されたい。相互選好独立性のチェックは現実には相当に難しいが、項目の選び方を適切に行えば近似はかなり良い。

次項で述べるように過去の多数の事例から判断する限り、現実の環境評価においては個別指標の線形和としての総合評価の近似はかなり良く、これが最も一般的に使われている形である。そこで以下は(2)式を前提に議論を進める。

(3) 重みづけの方法

(2)式の重み W_i を求めるためには、1) 先見的に与える方法、2) 統計的方法、3) 個人への直接質問による方法、4) 集団への直接質問による方法、の四つの方法がある。これらの方法の概略は次のようである。

1) 先見的に与える方法

総合評価値 V_o に対し、 $V_i (i=1, 2, \dots, n)$ がどれだけ寄与するかがわかる場合は W_i は先見的に

与えることができる。環境全体の状態を単一の指数 V_0 で表現しようとする場合には W_i を先見的に与えることは困難である。しかし、大気質の呼吸器疾患に与える影響とか水質の飲料水質としての状態という具合に総合化する範囲を限定した場合には W_i を先見的に与えることが可能な場合もある。

この場合は、何らかの客観的事実にもとづく重みづけの根拠が必要である。これらの根拠づけは主として専門家による分析や判断によるものである。また、客観的根拠はそれ程明確でなくても、総合指標を用いる主体（主として行政）がその重みづけに合意すれば、 W_i を先見的に与えることもありうる。

2) 統計的方法

個別指標の重みベクトル $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)$ は評価主体の価値観の表明である。先見的に重みを与えるということは特定の個人の価値観を認めることを意味する。しかし、複数の主体がいる場合、個人でなく集団の価値観を把握するのは容易ではない。特に地域住民の価値観を反映した重みベクトル W は先見的に与えることはできない。集団としての主体の重みベクトルを求める一つの方法が意識調査に基づく統計的方法である。

この方法では総合評価値 V_0 と個別評価 V_i をともに意識調査により求める。個別評価 V_i から V_0 を推定する重回帰式のパラメータ（偏回帰係数）が重みとなる。ただし、この重みはある対象地区の等質とみなせる集団について特定時点での値である。そこでこの方法は現時点の判断から求めたこの W を用いて将来、又は他地域の集団（ただしその価値意識が大きく異ならないと想定される集団）の環境についての総合評価値 V_0 を求める時に有効である。

3) 個人への直接質問による方法

上述のような統計的方法により W を間接的に推定するやり方に対し、直接 W を質問して求める一連の方法がある。これらの方法にはいずれも対象者の意識測定を基礎とする計量心理学的な方法であり、計量心理学でも決定理論に関連した分野で種々開発されてきた。これらの分野の重みづけ方法はGuilford (1954) やChurchman (1957) を始め、Eckenrode (1965) らの提案、さらにはKeeney and Raiffa (1976) の方法等各種ある。古くはFishburn (1967)、最近ではHobbs and Voelker (1977) や戸田 (1982) はこれらの方法を整理したが、提案された方法は多様である。

これらの各種の方法を筆者らは次のように整理した。(表 4.14)

全項目を一括して重みづけする方法

① 順位づけ (ranking)

重要度の順に順位をつけ、この順に重みをつける。1位が最大で以下単調減少させれば重みのつけ方は自由である。例えば1位から順に $n, n-1, n-2, \dots, 2, 1$ とつける。このため重みは恣意的にならざるを得ない。得られた結果は順序尺度である。

② 評点づけ (rating)

項目毎に相対的重要度に応じた重みを直接つける。例えば0～10点の間とか、0～100点の間とかでつける。この方法は回答が容易である。しかし、項目間の相対的重要度に応じて重みをつけてもらうものの、比率尺度になるという保証はない。実際、過去の研究例では必ずしも比率尺度にはならないので注意せよとされている (Stimson, 1969)。

③ 配点割りつけ (scores allocation)

合計100点とか1000点とかの一定の点数を、項目毎の重要度に応じて割りつける。例えば、100点を3項目に重みづけする場合は、20点、30点、50点という具合に割りつけられる。この方法によれば比率尺度が得られるという見解もあるが、その保証はない。回答者次第である。

全項目を一括して重みづけるこれらの方法はいずれも、最後に重みの合計が1になるように調整される。これらの方法でつけた最初の重みを W'_i とすれば、最終の重み W_i は次のように得られる。

$$W_i = W'_i / \sum W'_i \dots\dots\dots (3)$$

一対ずつ比較したうえで全体の重みづけをする方法

④ 一対比較法 (paired comparison)

全項目の中から2項目をとり、この対についてどちらが重要かを判断する。重要な方に1、他に0を与える。これによりリーグ戦での勝敗表のようなマトリックスが得られこの結果を用いて重みを決める。

一対比較行列を得てから、重みをどう配分するかも、単純に勝率の形でつける伝統的方法の他、Thurstoneの比較判断の法則に基づく方法、Guttmanの方法、B.T.L.モデルによる方法等各種がある(戸田, 1982)。伝統的方法の応用例としては、マーケティングのために開発されたウェイトづけランキング法 (Weighted ranking technique) を環境影響評価に適用した例がある (Canter, 1977)。

4-a. 完全一対比較法

評価項目数が多いと一対比較の組み合わせが急激に増大するので一対比較行列を得るのは実際のところ困難である。n項目では $n \times (n-1)$ 回の比較回数となる。比較回数は10項目でも90回、20項目では380回にもなる。このようにすべて比較するのを完全一対比較という。

4-b. 部分一対比較法

完全一対比較法のなかで項目iとjの比較と項目jとiの比較は同じだという立場にたてば比較の回数は半減する。さらに一対比較の回数を減らすための様々な試みがなされており、これらを部分一対比較という。

⑤ 一対毎の配点割りつけ (pair-wise scores allocation)

一対毎に評価項目の重要度に応じて一定の合計点数を配分する。この場合には常に2項目に点数を配分するため、合計点は10点とか100点とかが使われ、これ以上大きな点数はあまり使われない。例えば、合計10点であれば、重要度に応じて2点对8点という具合に配分される。一対毎に配分するため、合計点数がある程度大きければ、判断結果が、比率尺度に近似する可能性は大きい。例えば、33点对67点は、1対2という比率の判断にほぼ等しい。

⑥ 一対ごとの比 (pair-wise ratio questioning)

一対比較と同様に一対ごとに評価項目の重要度を比較するが、1, 0の判定ではなく、重要度の相対比を求める。

一対比較法では、いわゆる三すくみの形(循環)が生じうるが、全項目について一定の順位がつけられると仮定し、この順に一対ずつ連続形式で比較していく。このため、まず全体の順位づけを行ってこの順に比較する方法と、順位づけはしないで任意の順に比較していく方法がある。いずれにせよ項目を一次元に並べておき、項目番号 $i = 1$ と 2 , 2 と 3 , …… ($n-1$) と n の順に $n-1$ 回の比較により重みを決める。

⑦ トレードオフ法 (indifference trade-off method)

これは2項目の評価尺度値間の無差別曲線を考え、この曲線上でのトレードオフに着目する方法である。したがって、無差別曲線が存在することが前提条件となる。

無差別曲線上の点Aから近傍の点Bへの移動を考える。この時項目1が ΔF_1 だけなり、これとトレードオフされる項目2が ΔF_2 だけ増加したとする。点Aと点Bとは無差別だからAからBへの評価尺度値の総変化量は0であり、項目1, 2の相対的重要度 W_1, W_2 は次のように表される。

$$-W_1\Delta F_1 + W_2\Delta F_2 = 0$$

したがって、

$$W_1/W_2 = \Delta F_2/\Delta F_1$$

この関係から、無差別曲線上での項目1の変化量 $-\Delta F_1$ とトレードオフされる項目2の変化量 ΔF_2 を求めることにより、 W_1/W_2 の値が求められる。比較項目の組合わせを順次変えてゆけば、このように一対ごとのトレードオフ関係の把握が、一対ごとの重みの比を与えるから、 $n-1$ 回の比較で全項目についての重みの相対比が求まる。これに

$$\sum W_i = 1 \quad (n \text{ は項目数})$$

の関係を用いて、重み W_i ($i=1, 2, \dots, n$) が求められる。

項目間トレードオフの質問は特に容易というわけではないが、比較的解答しやすい。定

義から比率尺度が得られる。

重みの調整を加える方法

⑧ 線形重みづけ (linear weighting)

以上の方法のうち、⑤、⑥、⑦では全項目が一次元に配列されるものと仮定している。しかし、一対比較法による総当たりで比較すれば三すくみの状況は生じうるものである。本来、連続して重みを決めた場合 n 項目では $n-1$ 回重みの相対比がわかれば最後の n 番目の項目と最初の項目との相対比は定まるはずであるが、現実には判断矛盾のための誤差が生じる。この誤差に着目して重みを調整する方法である。

線形重みづけではこの誤差率を計算し、誤差率がある一定値以下 (例えば $e=0.05$) になるまで一対毎の相対比による重みづけを繰り返す。

⑨ Churchman-Ackoffの方法

Churchmanら (1957) が提案した方法でやや複雑ではあるが、線形重みづけと異なり、全体をみて調整する。ある評価項目の重みを求めるごとに調整していく方法である。まず全項目を順位づけして始める。ある項目とそれ以下に順位づけされたすべての項目を合わせたものとの比較から重みづけをする。一項目毎の一対比較でも困難なのに複数の項目を結合したものと比較するため、判断はより困難である。この方法では $n-1$ 回まで比較すれば、調整済みの重みが得られる。この方法は比率尺度を与えるための最も厳密な方法の一つである。しかし、Eckenrodeも重みづけ手法の比較実験でこの方法を検討しているが、回答が困難なため彼の一連の実験の中では一回しか試みられなかった。

⑩ 決定分析の応用

価値関数は決定理論でいう確実下の意思決定に用いる価値関数と同等である。決定理論では加法的価値関数の重みを尺度構成係数と称する。価値関数の尺度構成係数は重要度の重みと解釈できるから (Keeney and Raiffa, 1976 p.124), この値を求め重みとすることができる。この重みを求めるためには、二つの仮想的な状態が無差別になる点を判断させる方法がとられる。その一つは重みを求めたい項目 i については最良の値で、他の項目はすべて最悪の値という状態である。もう一つはくじである。そのくじは P の確率で全ての項目が最良の値になり、 $(1-P)$ の確率ですべての項目が最悪の値になるというくじである。このくじにより生ずる状態が、上述のもう一つの状態と無差別になる確率 P を判定者に問い、これを重み W とする (図 4.16)。

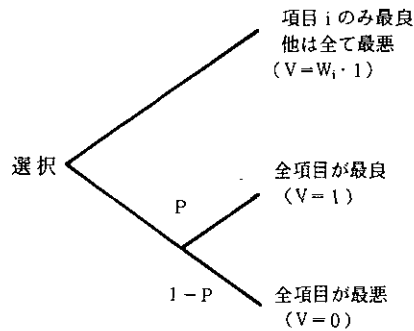


図4.16 決定分析の応用による重み探索手続きのデシジョン・ツリー

4) 集団への直接質問による方法 — デルファイ法の応用他

以上の方法はいずれも個人単位での重みづけ法であるが、環境評価のためには特定の集団の価値観が重みに反映されるよう集団の重みを抽出することが必要となることが多い。

① デルファイ法

このために最もよく使われる手法がデルファイ法である。Hobbs and Voelkerも発電所の立地選択のための重みづけ手法のサーベイの中で、集団による重みづけの重要性を強調し、このためにデルファイ法を用いることを強く薦めている。集団の重みは回答の平均値として求められる。デルファイ法では集団の回答分布（平均値、中央値、第1・第3四分位値等）が集団にフィードバックされ、回答者はこの分布を見て再度回答を行う。この手続きを繰返して回答が収束した所を集団意見とする。デルファイ法についてはLinstone and Turoff (1975) に詳しい。

デルファイ法はかなり幅広く使われてきたが、過去の例で最大の難点は郵送法により行われることが多かった点である。このため、効率的に重みづけをすることができないだけでなく、何ヶ月もかかるためある時点での意見を把握するという意味でも問題である。HobbsとVoelkerもこの点を郵送によるデルファイ法の弱点と指摘している。これに対し、原科らは即時デルファイ法による重みづけ法を提案し、その有効性を実証した。原科と西岡 (1983) はさらに重みづけのための即時デルファイ法と個人面接調査法の比較実験を行い、前者の有効性を確認した。今後は即時デルファイ法が多面で活用されるであろう。このための道具立てのひとつとして我々が作成したELMES施設については5.3節で紹介する。

② NGT法

集団による重みづけの他の方法としてはDelbequeら (1975) のNGT法 (Nominal Group Technique) がある。米国のオークリッジ国立研究所は発電所の立地選定時の重みづけにこの方法を適用した (Voelker, 1977)。この方法は即時デルファイ法にやや類似した方法で、回答者は一堂に会し、直接対面での情報交換が行われる。NGT法ではデルファイ法のような定量的な判断よ

表4.14 直接質問による重みづけ方法の整理

	手 法	利 用 の 難 易		比率尺度 となつて いるか	調整のため の追加作業 が必要か
		個 人	集 団		
全 項 目 一 括 一 対 毎 の 比 較 重 み の 調 整 確 率 く し	① 順位づけ (ranking)	最も容易	投票により容易	否 順序尺度である	必要
	② 評点づけ (rating)	容易	テルファイ法か NGT法により 容易	必ずしも適合し ない。しかし、 順位づけよりは ずっと良い	必要
	③ 配点割りつけ (scores allocation)	比較的容易	テルファイ法か NGT法により 比較的容易	適合すると主張 されるが、保証 はできない	必要
	④ 一対比較法 (paired comparison)	比較的容易	比較的容易	否 結果は順位づけ	必要
	⑤ 一対毎の配点割りつけ (pair wise scores allocation)	比較的容易	テルファイ法か NGT法により 比較的容易	適合すると主張 されるが、保証 はできない	必要
	⑥ 一対毎の比 (pair wise ratio questioning)	比較的容易	テルファイ法か NGT法により 比較的容易	適合	必要
	⑦ トレードオフ分析 (indifference trade-off analysis)	中程度	可能と思われる	適合	正しい結果
	⑧ 線形重みづけ (linear weighting)	中程度	テルファイ法に より比較的容易	適合	正しい結果
	⑨ チャーチマン・エイコフ法 (The Churchman- Ackoff method)	困難	可能とされてい るが、まだ実施 例がない	適合	正しい結果
	⑩ 決定分析 (decision analysis)	困難	困難 実施例は有り	適合	正しい結果

*Hobbs & Voelker (1977) の Table. 1. をもとに原料が加筆修正

りも定性的な判断（アイデアの整理）に重点が置かれる。この手続きはKJ法（川喜田，1967）にも類似している。また、ブレンライティング法（河村，1981）をさらに一歩進めた方法とも言える。

この方法では4～8人のメンバーが順次アイデアを出し、その内容を模造紙に書いてメンバー相互に確認しつつ会議を進めてゆく方法である。各自のアイデアがグループで検討された後、そ

のアイデアの重みづけを行う。このプロセスで集団としての重みづけが求まる。応用される手法は、表 4.14 に示したようなものが可能である。

上記の 3) の個人への直接質問による重みづけ方法を表 4.14 に示した。同表には、4) 集団への直接質問による重みづけの利用可能性も示している。これは Hobbs & Voelker (1977) を参考に作成したものである。なお、3) で示した手法の多くが 4) にも応用可能である。

(4) 代表化

多くの項目の間にはまったく独立ではなく、互いが何らかの強い相関を持って挙動する場合はしばしばみられる。例えば大気汚染物質の中でほとんどの項目がかつて SO と相関が高かった。このような場合、SO をもって大気質を代表させることも可能である。このような多項目を代表する、ある変数又は個別指標を主として統計的に見出し、これを代表指標（仮称）とすることはよく見られる。なお、この種の統計手法で得られた結果は、他の地点、時点にも一般的に適用できるという保障がないことに注意せねばならない。

[例：主成分分析による水質代表指標の提案]

過去のデータの蓄積に基づいて、神奈川県内 27 河川を対象に、多くの水質項目を主成分分析法で集約し、水質総合特性値 WQI が試算された（岡ほか、1983）。その一例は

$$WQI = 0.162 DO + 1.34 \log (BOD + 0.90) + 1.54 \log (PO_4 - P + 0.094) + 1.22 \log (NH_4 - N + 0.49) + 0.146$$

である。

この WQI で得られた値は、11 の水質項目による第 1 主成分の因子得点と相関が強く、相関係数は 0.97 であったとしている。

4.5.2 事例

(1) 先見的に与える方法の例

住民や、行政あるいは専門家等特定の集団の価値観を重みに反映させたいという立場であれば、重みを先見的に与えることはできない。しかし、この立場でなくある見地からのある程度の客観的判断により重みをつけるという立場であれば先見的に重みをつけることができる。

内藤 (1983) は先見的に重みを与える方法として、「活動量や負荷に対するもの」、「環境状態に対するもの」、「人間社会の反映に対するもの」の三つに分けている。活動量、負荷については、汚染寄与度、エネルギー排出度、排出基準の逆数等の例がある。環境状態については、環境基準の逆数を用いたり、金額ベース、あるいは、指数値の範囲の逆数等がある。環境基準の逆数を用いる考え方は環境基準のきびしい項目は、基準値が小さく、それだけ重要度が高いはずだという観点に基づいている。

(2) 統計的方法の例～線形和表示での近似例

過去の研究結果から見ると、評価項目が適切に選ばれるのであれば、 V_0 は式(1)でほぼ適切に表現し得るようである。(原料, 1984)例えば、我々は土浦市内を対象に道路周辺地域環境の総合評価を行った。この事例では、土浦市内の幹線道路(国道6号線)と地区内道路(旧水戸街道)に接する地区、計8地区を選び、地域環境の個別評価と総合評価を通常の個人面接調査法により求めた。総合評価値を個別評価値により説明する重回帰モデルを構成したところ、図4.17のように、主要幹線である国道6号線沿道の地区(図中の地点2、5、8以外)では高い説明力が得られたが、地区内道路近傍の地区では低かった。これはこの調査で選定した7つの個別評価項目が幹線道路周辺での交通公害の主要因であったためと思われる。一方地区道路ではこれら7項目では充分ではないため、説明力が低かったと考えられる。これらの地区ではこの他にも地域の落ち着いたようなプラスの項目や路上駐車、近隣騒音等の要因が必要だったようである。

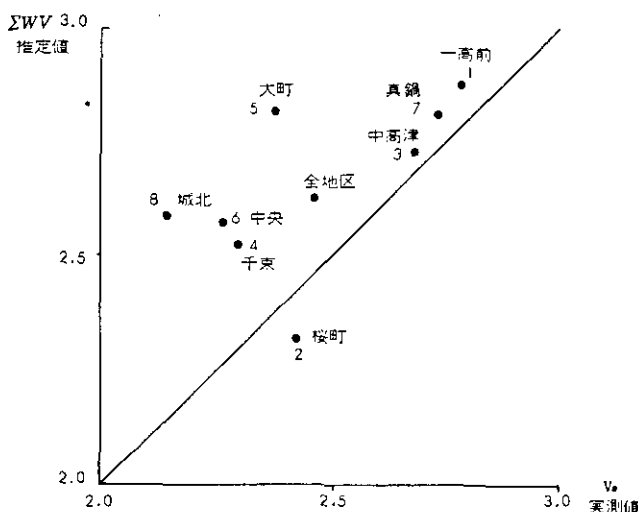


図4.17 地区総合評価の実測値と重みづけによる推定値の比較
(国立公害研究所, 総合解析部, 計測技術部, 1982)

要因が充分考慮されていれば、(1)式で表現しうることは、筑波研究学園都市で行った事例研究の結果でも示されている。

この例では項目別の重要度 W を正確に求めるため、前述の即時デルファイ法を用いた。これにより求めた重み W_i と個別評価値 V_i とから式(1)により求めた V_0 の推定値 V_0 は、これとは別に質問して求めた総合評価値 V_0 と極めてよく一致した(表4.15)。ここでは集団平均について求めたものだが、同一属性集団の評価を代表的個人の判断として求めると極めてうまく推定されうること

がこの結果から認められた。このように線形和で示すことの有効性は霞ヶ浦湖岸環境の臨場調査で分析した事例（原科ほか，1979）や石田（1980）や西村ら（1980）のいくつかの研究例でも示されており，要因が適切に選ばれているのであればこの結果はかなり一般性があるように思われる。

表4.15 総合評価値の実測値と推定値の比較：筑波新都市における事例
（原科ほか，1982）

	実測値	推定値	サンプル
地区1	3.48	3.40	25
地区2	3.78	3.78	23

（3）直接質問による方法の例

① 個人面接調査による事例

前述のように重みづけ手法は，計量心理学や経営工学の分野等で数多くのものが提案されているが，これら手法間の実証的な比較研究は少ない。Eckenrode(1965)，原科・飯倉・西岡（1981）はこれらの数少ない例である。

このうち，Eckenrodeは6種類の重みづけ法について比較実験を行った。この6種類は，順位づけ法，配点法，2種類の部分一対比較法，完全一対比較法，Churchman-Ackoffの方法である。国防や個人選択に関する3種類の実験をそれぞれ異なる被験者に対し行い，他に時間比較のための実験を加えた。

この結果によると，これら6種類の方法で得られた重みのパターンには大きな差は見られなかった。しかし，この中では順位づけが最も効果的であるとしている。結果にあまり差がなく簡単に回答できる（順位づけに要した時間は最短）のであれば順位づけがこの中でも最も効果的と判断することも妥当と思われる。しかし，順位づけにより，重みを決める時に生ずる恣意性の問題は無視できない。順位づけで得られる結果は順序尺度であり，これを比例尺度であるべき重みに変換することは多くの批判を生んでいる（Hobbs & Voelker, 1975；Elliott, 1981）。

② 集合調査（会議実験）による事例

線形重みづけ理論の即時デルファイ法による適用の例として原科ら（1981）は即時デルファイ法により重みを調整していく方法の有効性を実証的に検討した。その結果，かなり安定した結果が得られることが示された。筑波研究学園都市の道路周辺地域環境の評価実験（原科ら，1981）

によれば、等質的集団（この場合、主婦の集団と、学生の集団）重みの平均値は一貫性の高いものが得られた。これは会議形式で行うため、スライド等の視聴覚器を使って口頭による説明や質疑を行うことができるため、このため回答者が質問内容を正確に把握できることによると考えられる。また、回答結果を集計表示しその結果を見ながら重みづけを繰り返すことにより、回答の整合性が高まることも期待される。

③ 個人面接調査と集合調査との比較事例

しかし、会議形式で即時デルファイ法により重みを求めることは常に行い得るわけではない。通常のアンケート方式による重みの探索が正確になされるのであれば会議形成による集合調整を用いる必要はない。そこで、土浦市での調査では集合調査の他に通常の個人面接調査による重みの探索を行った(原科ら, 1981)。その結果得られた重みのバラツキは集合調査で求めたものに比べ大きかった(原科・西岡, 1983)。これは同一の回答者集団に対する個人面接調査と集合調査の二つに対する回答を比較した結果である。総合評価値 V_0 が式1のように個別評価値 V_i の線形和で表されるとするならば、集合調査では判断の整合性が高まることが示された(表4.16)。この種の実証研究はまだあまり例がないが、土浦では比較分析を行うことができた。通常の個人面接調査による重みづけについては、更に一層の工夫が必要である。

表4.16 個別不満度による総合不満度の重回帰分析：個人面接調査と集合調査
1回目及び2回目の回答

	面接	1回目	2回目	有効数	参加者数
地区1 一高前	0.918	0.903	0.934	17	22
地区3 中高津	0.867	0.939	0.922	21	22
地区4 千 束	0.868	0.971	0.974	17	17
地区6 中 央	0.724	0.613	0.780	21	24

4.5.3 問題点と今後の課題

(1) 線形和表示

総合評価値 V_0 が個別評価値 V_i の線形和として表示しうることは前項の各種事例で示されている。しかし、これらの事例では個別指標の数はせいぜい10前後である。Battelleの環境評価システムの78指標やCanterとHillの環境評価項目体系の62指標、あるいは我が国の国民生活審議会の社会指標のような368指標というような多くの変数がある場合にも有効かどうかは今のところ明らかではない。

線形和表示できるための条件は、決定理論の枠組みによれば個別指標相互間に相互選好独立性が成り立たなければならない。また、土浦市の道路周辺地域環境総合評価の事例で見ると個別指標が地域環境の状態を適切に表示できるよう必要十分なだけなければならない。これらの条件を満たすような個別指標体系の構築が、総合化のための基本条件である。適切な指標体系があって初めて総合化が意味を持つのである。

(2) 単一指標か少数の複数指標か

総合化が有効なように個別指標の体系が作られたとしても、70前後、時には数百にもなる指標を単一指標にまとめることが妥当かという問題が残る。CanterとHillが分けたような、陸域、水域、大気、人間というような分類をさらにまとめて示すよりも、これら4分野の単位で総合化して示した方がわかりやすいとも考えられる。単一指標にまとめることができれば、指標としては最も効果的ではあるがそのために失うものは少なくない。

単一指標でなく、これを一段階下げた分野別での総合化を行うことは、我が国の国民生活審議会(1974)の社会指標でも行われているようにわかりやすいようである。この社会指標では10分野について、各分野毎の個別指標を均等重みにより重みづけしている。国民生活審議会の例では10分野全体を総合化することは避けて発表されている。社会指標のように指標として表現したい対象が極めて幅広い内容を持つ場合には単一指標にまで総合化することはあまり意味を持たない。環境指標の場合もこれを幅広い概念として考えるのであればいくつかの分野別指標の段階まで総合化することが望ましい。しかし、環境指標は社会指標よりは対象範囲がかなり限定された概念であるから(原科, 1983), 単一指標にまで総合化した値を参考として付すことも可能と考えられる。

(3) 重みづけ方法の改良

総合化のための重みづけ方法は、行政の立場からの価値判断を示すのであれば先見的に与える方法も妥当であろう。統計的方法はある主体の特定時点での評価構造を解明するためには有効であるが、現況評価には使えない。地域住民等、様々な主体の価値観を重みベクトル V として把握

するためには、計量心理学による方法が最も適切である。

計量心理学による方法は上述のように様々な方法が提案されているが、どれが最適かについてはまだ十分な研究はされていない。特に、個別の重みづけ手法の精緻化よりも、回答者が充分判断できる状況にした上で質問することが重要である。回答結果の信頼性が高くなければどんなに精緻な方法を用いても結果は無意味である。

このため、会議の場を構成し集合調査の一形態として即時デルファイ法を活用していくことは一つの効果的な方法である。しかし一般住民を対象にした場合には会議による方法だけでは参加者の偏りという点で問題が生じるので、通常の質問文構成法による調査（いわゆるアンケート調査）も合わせ行うような工夫が必要である。

(4) 価値観の違いの把握

いずれにせよ、重みベクトルWは基本的には主体により異なるものであり、その差異は主体の価値観の差異によるものである。この価値観の差異を的確に把握する方法の開発は環境評価において極めて重要な問題である。環境指標を環境計画の道具として、現況評価や計画後の将来状態評価のために使うためには、上述のようにある段階までは総合化して判断材料として使わなければならない。このためには、様々な主体の価値観の差異を重みベクトルWという形で把握することが必須の条件となる。

互いに異なる価値の差を、計画に関連する各主体が互いに明確に認識することによって初めて新たな合意形成の道へと進むことが可能となる。この時、環境指標は環境計画のための主体間のコミュニケーションの道具として機能するのである。

4.6 時間及び空間集約

4.6.1 基本的考え方

指標の総合化という場合、前節に述べたようにいくつかの個別の項目を加えたり、掛けたりして集約することが先ず想起されるが、それと同等に重要なのは、時間及び場所に関する集約である。(ただし、この3種の集約化の順序は定まったものではない)。特に環境の状態はほとんどが厳密に言えば時間的、場所的に連続して変化していると考えられる。したがって、これを表現する指標の値も当然、時空的に変動しているが、現実にはそれをある時間、空間領域に亘って一つの値で代表させねばならない。これを一般的に表示すれば

$$Z = \int_T W_t dt \int_A W_a G(t) da / \int_A \int_T W_t W_a dt da$$

と書ける。ここにG(x)はXという変数値から導かれた地点a、時点tの指標値または指数値であり、これをある時間間隔T、空間領域Aに亘って集約した結果として、時、空代表値としての指

標が導かれる。この際問題は

- ① 積分領域A, Tをどう設定するか,
- ② 時・空それぞれに対する重み関数（一般には時間, 空間に関して変化するので, “係数”ではなく“関数”と称される）をどう決めるか,

ということである。これは極めて重要な問題であるにもかかわらず, 従来議論の対象として取り上げられることは少なかった。

積分領域の設定はとくに, ○得ようとする指標の使用目的, ○対象とする現象の特性, によっておのずと定まってくるものである。指標の利用目的と対象領域スケールのおおよその関係を示した例が図 4.18, 図 4.19 である。また, 現象のスケールについての一つの目安は, 先に図 2.3 に示したものなどが参考になろう。しかし, 指標を導こうとする場合に, それぞれの状況に応じてこの面についての判断をすることが必要であり, 普遍的なものを与えることはできない。

荷重係数 (又は関数) の決定の方針についてはまだ組織立った考察は見られないが, いくつか考えられる荷重の例を要約すると表 4.17 のようである。

時間的な荷重についてしてみると, 例えば騒音を考えるとき, 同一レベルでも夜間の騒音が昼間のそれより問題となるであろう。この意味で, 日平均騒音指標を算出する場合, 夜間のそれにより重みをつけることは妥当と思われる。夜間飛行禁止措置が採られているのは, 航空機騒音評価の時間荷重という意味では, 夜間の重みが極端に大きいことが想像される。リクリエーションな環境項目の価値評価の場合は, 曜日や季節によって重みが異なることが想定される。

場所の重みについて表中の例で興味深いのは, 水域の全体評価に対してメッシュ毎の漁獲高をとっているものである(大槻, 1982)。このような場所毎の経済的価値を指標の空間荷重とするとは一つの考え方であろう。

空間・時間集約に関し最も検討例があるのは大気汚染についてである。これは通常大気汚染が広域に拡がって生じるもので, それを評価するためには, ある地域の広がりをも一つの指標で集約して表現することが必要となるためであろう。そのため, これまで地域を集約する指標の考え方が数多く提案されている。その代表例を要約すると表 4.18 のようである。この例中では最も単純な荷重として, 可住地の面積を用いている。これは測定点の地域分布が片寄っているとき, つまり測定点地域代表性に問題のある場合に, 全域を代表する指標を求めるための一つの方法とも解される。なおこの場合可住地全体をすべて同一とみるか, 騒音基準の考え方のように, 用途地域に応じて地区の重要性を変えるかなどの検討が必要であろう。もう一つの荷重例として, 各メッシュの人口密度をとるものがあるが, これは同一レベルの汚染でも人口の多いところは重視して評価しようというものである。なお, この場合も汚染の曝露に係る影響をできるだけ詳細に評価したいならば面積荷重と同じく, 同一人口密度はすべて一律に評価するか, 年齢や性別など感受性によって差をつけるか, 更には人口も昼間人口か夜間人口かなど, 細かく立入った検討が必要

空間スケール			指標の類型化		指標の特性			
レベル	図面スケール	範囲			指標研究の目的	指標の用途	指標算定の基本空間単位	指標化の基本的視座
I	1/50万	全国	全国環境指標	広域環境指標	望ましい国土環境のあり方を見出すための尺度の開発及びその算定	主に国レベルの政策展開	都道府県 (集約化) ↓ 全国	バランスのとれた国土環境の創造・管理 ↓ (主に専門家による指標化)
II	1/20万	地方	地方圏域環境指標					
III	1/10万	都道府県	都道府県環境指標					
IV	1/5万	市町村圏	地域環境指標	都市環境指標	望ましい都市環境のあり方を見出すための尺度の開発及びその算定	主に都道府県レベルの政策展開	市町村 (集約化) ↓ 都道府県	地域特性に応じた都市環境の創造・管理 ↓ (主に行政官及び専門家による指標化)
V	1/1万	市町村	市町村環境指標					
VI	1/5000	町丁字	地区環境指標	居住環境指標	望ましい居住環境のあり方を見出すための尺度の開発及びその算定	主に市町村レベルの政策展開	街区 (約100m × 100m) (集約化) ↓ 市町村	快適で個性のある居住環境の創造・管理 ↓ (主に住民意識による指標化)
VII	1/2500	地区	住区環境指標					
VIII	1/1000	敷地	近隣環境指標					

図4.18 空間スケールによる指標分類

表4.17 時・空荷重係数と集約関数の形 (内藤, 1983)

	時・空荷重係数の考え方と例	集約関数の形
時間集約	W_t - 昼夜別 (ex. 騒音, 昼/夜=1/2.2) - 季節別 (ex. 水辺, 冬/夏=1/3.5) - 曜日別 (ex. 公園, 冬/夏=1/3.5)	$\bar{X} = \int_T W_t X^*(t) dt / \int_T W_t dt$
空間集約	W_a - 可住地面積 (ex. 地域全体の大気汚染曝露レベル) - 人口密度 (ex. 住民の曝されている地域全体の汚染レベル) - 用途地域別 (ex. 住専地区騒音/商業地区騒音=6/5) - 水域別 (ex. A類型水域COD/B類型水域COD=3/5)	$\bar{X} = \int_A W_a X^*(a) da / \int_A W_a da$
時・空間集約	- 住民影響量 $\frac{1}{P_0} \int_A p(a) G(c(a,t)) da$ (時間Tの間に住民が汚染から受けた影響量の平均) - 地域危険指標 $\int_0^1 R(f^* C_0) df^*$ (汚染が C_0 を越える地域の平均曝露時間の割合) - 危険人口指標 $\int_0^1 PR(f^* C_0) df^*$ (C_0 を越える汚染に接している住民の平均曝露時間の割合)	$\bar{X} = \frac{\int_A W_a da \int_T W_t X^*(t,a) dt}{\int_A W_a da \int_T W_t dt}$

となろう。また、感受性による差異は価値関数としてのdose-effect関係の中に組み込むことによって加味することも考えられ、結局この両者間に問題によっては互換性のあることが理解される。ただし、これはケースバイケースで考慮する必要があるだろう。

さらに、それ以上に地域住民の汚染健康影響を詳しく計量評価するものとして、一層複雑な時間・空間的な特性を組み込んだ指標例が多数表中に見られる。これは理念としては理解されるものの、現実にこのような関数形を、健康影響を定量化することによって作り得るかどうか難しい。

表4.18 時・空集約汚染指標の例（落合ら，1977）

名 称	略号	式	意 味
単 純 平 均 指 標 Non-Weight average Index	NWI	$\frac{\sum_{i=1}^N C_i}{N}$	汚染レベルの単純平均
面 積 荷 重 平 均 指 標 Area-Weight average Index	AWI	$\frac{1}{A_0} \int_A c(a) da$	汚染レベルの面積荷重平均
人 口 密 度 荷 重 平 均 指 標 Population-Weight average Index	PWI	$\frac{1}{P_0} \int_A \rho(a) c(a) da$	住民が接した汚染レベルの平均
時 間 平 均 指 標 Time Average Index	TAI	$\frac{1}{A_0 T} \int_T \int_A c(a, t) dadt$	時間Tの間の汚染レベルの平均
人 口 密 度 荷 重 時 間 平 均 指 標 Population-weight Time average Index	PTI	$\frac{1}{P_0 T} \int_T \int_A \rho(a) c(a, t) dadt$	時間Tの間に住民が接した汚染レベルの平均
住 民 影 響 量 Damage Population Product	DPP	$\frac{1}{P_0} \int_A \rho(a) f(c(a, t)) da$	時間Tの間に住民が汚染から受けた影響量の平均 $f(c, t)$: 汚染が人体に及ぼす影響関数
暴 露 量 ス ペ ク ト ル dosage spectrum	$S(t C_S)$	$\frac{1}{A_0} \int_A N(a, c) da$	汚染が C_S を越える地域の割合 $N(a, C_S) = \begin{cases} 1 & c(a) \geq C_S \\ 0 & \text{その他} \end{cases}$
暴 露 人 口 ス ペ ク ト ル population dosage spectrum	$P(t C_S)$	$\frac{1}{P_0} \int_A \rho(a) N(a, c) da$	C_S 以上に汚染された大気に接している住民の割合
平 均 暴 露 量 ス ペ ク ト ル dosage spectrum average	$AS(C_S)$	$\frac{1}{T} \int_T S(t C_S) dt$	汚染が C_S を越える地域の割合の時間平均
平 均 暴 露 人 口 ス ペ ク ト ル population dosage spectrum average	$AP(C_S)$	$\frac{1}{T} \int_T P(t C_S) dt$	C_S を越える汚染に接している住民の割合の時間平均
危 険 確 率 risk probability	$f_S(a C_S)$	$\frac{1}{T} \int_T G(a, c) dt$	時間Tの間に規準 C_S を越える時間の割合 $G(a, c) = \begin{cases} 1 & c(a) \geq C_S \\ 0 & \text{その他} \end{cases}$
危 険 ス ペ ク ト ル risk spectrum	$R(f^* C_S)$	$\frac{1}{A_0} \int_A M(a, f_S) da$	時間Tの f^* 割以上、汚染が C_S を越える地域の割合 $M(a, f_S) = \begin{cases} 1 & f_S \geq f^* \\ 0 & \text{その他} \end{cases}$
危 険 人 口 ス ペ ク ト ル population-at-risk spectrum	$PR(f^* C_S)$	$\frac{1}{P_0} \int_A \rho(a) M(a, f_S) da$	時間Tの f^* 割以上、 C_S を越える汚染レベルに接する住民の割合
地 域 危 険 指 標 Regional risk index	$RI(C_S)$	$\int_0^1 R(f^* C_S) df^*$	汚染が C_S を越える地域の平均暴露時間の割合
危 険 人 口 指 標 Population-at-Risk index	$PRI(C_S)$	$\int_0^1 PR(f^* C_S) df^*$	C_S を越える汚染に接している住民の平均暴露時間の割合

N : 観測点の数

A : 対象とする地域

A_0 : 対象とする地域の面積

P_0 : 対象とする地域の人口

T : 対象とする時間または暴露時間

$c(a)$: a 点における汚染レベル

$\rho(a)$: a 点の人口密度

C_S : ある規準汚染レベル

4.6.2 事例

以下に、地域集約指標の具体例を紹介しつつ、その意義や問題点を考察してみよう。

[例：面積荷重指標による東京都全域のSO₂レベル評価]

東京都の大気汚染レベルも個別の観測点値の単純平均とか、基準達成率で判定され、全体としては単調に低下していると言われている。しかし地域的に一律に改善しているかどうかは不明である。そこで面積荷重指標による試算を試みた(内藤, 1982)ものを図4.20に示す。ここでは23区と周辺の市町村部に分けて面積荷重を計算してみたが、その両者の間には絶対値として相当差異があるのは想像通りだが、経年変化傾向に差異があり、市町村部では必ずしも区部ほど明らかな減少傾向が見られない。都心部に測定点が多いので、もし単純平均をとったならば都心部に荷重をかけたことと同じになって全域の様子を正しく把握することができなくなる。この意味で地域の全体的状況を把握するのに面積荷重指標が有効なことが分る。

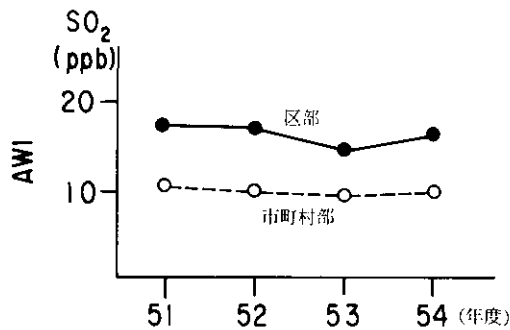


図4.20 面積荷重指標による東京都のSO₂ 経年変化(内藤, 1983)

[例：曝露指標によるNew York-New Jersey大気汚染評価]

広域的な汚染を地域集約して指標化する際、曝露影響をきめ細かく求めるために、人口荷重の中身をさらに分けた例がある(Horie & Stern, 1976)。図4.21に示すように、ここでは、“老人”と“非白人”を区別している。前者は健康影響の見地、後者は社会的見地(非白人はより高汚染地域に居住しているかを計量のため)から用いられた荷重であり、評価目的に応じてこのように適当な係数を選ぶ必要があるという一例である。

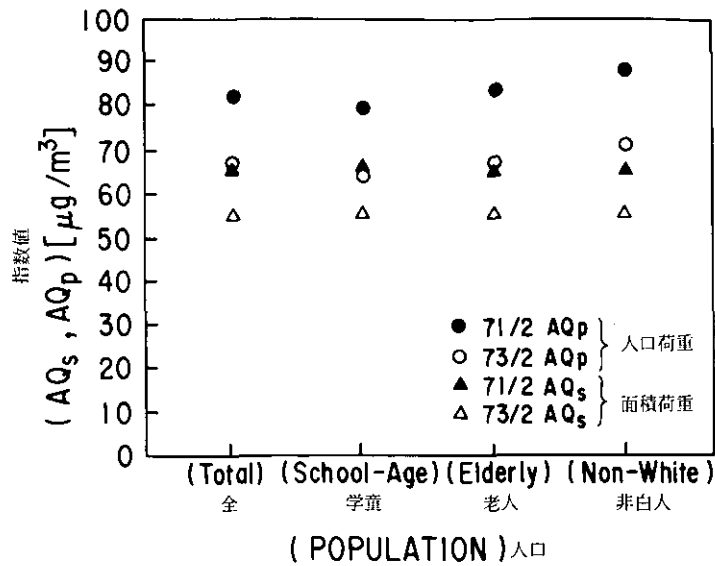


図4.21 面積荷重及び人口荷重指標によるTSP (全浮遊性粒子-HI-vol-) の評価 (Horie & Stern, 1976)

参考文献

- 天野博正 (1982) : 環境科学, 173-196, 技報堂.
- Canter, L.W. (1977) : Environmental Impact Assessment. McGraw-Hill.
- Canter, L.W. and L.G. Hill (1979) : Handbook of Variables for Environmental Impact Assessment. Ann Arbor, Michigan.
- Churchman, C.W., Ackoff and Arrof (1957) : Introduction to Operations Research. Wiley, New York.
- Dee, N., et al. (1972) : Environmental Evaluation System for Water Resource Planning. Battelle Columbus Laboratories.
- Delbeque, A.L., A.H. Vandeven and D.H. Gustafson (1975) : Group Techniques, Nominal Group and Delphi Processes. Scott Foresman and Co., Glenview.
- Dorevnovski (1974) : On Meaning and Planning the Quality of Life. Vitgeverig Monton & Co. B.V.
- Eckenrode, R.T. (1965) : Weighting multiple criteria. Manage. Sci. 12(3), 180-192.
- Elliott, M. (1981) : Pulling the Pieces Together ; Amalgamation in Environmental Impact Assessment. Environ. Impact Assess. Rev., 2(1), 11-38.
- Fishburn, P.C. (1967) : Methods of estimating additive utilities. Manage. Sci., 13(7), 435-453.
- Guilford, J.P. (1954) : Psychometric Methods. McGraw-Hill Book Company INC., New York.
- 原科幸彦, 篠崎享一 (1978) : 地方自治体における政策用具としての社会指標の利用実態に関する研究. 都市計画別冊, 13, 151-156.
- 原科幸彦 (1980) : 地域の政策用具としての社会指標の現況と改善点. 地域開発, 192, 51-59.
- 原科幸彦 (1983) : 社会指標と環境指標. 環境情報科学, 12 (4), 107-109.

- 原科幸彦(1984)：地区レベルでの環境計画のための住民意向反映手法について—システム分析支援技術の立場から—。地域学研究, 14, (印刷中)。
- 原科幸彦, 青木陽二, 中杉修身, 丹羽富士雄 (1979)：湖岸環境に関する臨場意識調査(その1) — 第1回調査結果の解析 —。国立公害研究所研究報告第6号, 37-326。
- 原科幸彦, 原沢英夫, 黄光輝, 内藤正明 (1981)：道路周辺環境の総合評価手法に関する一研究 — 筑波研究学園都市における事例研究 —。地域学研究, 11, 81-98。
- 原科幸彦, 飯倉善和, 西岡秀三 (1981)：住民意識に基づく道路周辺地域の環境診断 — 土浦市での事例研究 —。都市計画別冊 (16), 319-324。
- 原科幸彦, 原沢英夫, 西岡秀三(1982)：環境施策のシステム分析支援技術の開発に関する研究。国立公害研究所研究報告第37号。
- 原科幸彦, 西岡秀三 (1983)：地域環境評価のための集合調査法の有効性に関する研究 — 土浦市内の道路周辺地域住民による会議実験 —。地域学研究, 13, (119-140)。
- 原科幸彦, 西岡秀三(1984)：スライド写真を用いた一般住民による街並み評価手法に関する研究。都市計画別冊, (19), 181—186。
- 原科幸彦, 皆川泰典 (1977)：環境保全の都市計画。都市環境工学, 9 (1), 13-33。
- Hartwig,F. and B.E. Dearing (1979)：Exploratory Data Analysis. Sage Publication, Beverly Hills, (柳井・高木訳 (1981)。探索的データ解析の方法, 朝倉書店, 東京。)
- 日野幹雄 (1977)：スペクトル解析。朝倉書店, 東京。)
- Hobbs,B.F., and A.H.Voelker (1977)：Analytical Multiobjective Decision-Making Techniques and Power Plant Siting：A Survey and Critique. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee.
- 飯倉善和・安岡善文・内藤正明 (1977)：広域汚染状況のパターンの把握(その2)。土木学会第5回環境問題シンポジウム予稿集。
- 石田東生 (1980)：住民評価の多様性を表現する総合評価モデル。都市計画別冊, (15), 193-198。
- 岩井重久編 (1980)：水質データの統計的解析。森北出版, 東京。
- 川喜田二郎 (1967)：発想法。中央公論社, 202 p。
- 河村和彦 (1981)：参加型システムズ・アプローチ。参加型システムズ・アプローチ, 榎木義一・河村和彦編, 9-31。
- Keeney,R.L. and H.Raiffa (1976)：Decision with Multiple Objectives：Preferences and Value Tradeoffs. John Wiley & Sons. New York.
- 国民生活審議会調査部会編 (1974)：社会指標 — よりよい暮らしへの物さし。大蔵省印刷局。
- Kreiser,W. (1982)：Environmental Quality Indices International, Seminar on Air Quality Management and Related Energy Policies, Seoul, Korea.
- 熊谷洋一 (1983)：景観予測技法としてのカラービデオシステムの実用化。造園雑誌, 47 (5), 213-218。
- Linstone,H. and M.Turoff (1975)：The Delphi Method. Addison-Wesley Publishing Company, MacMahon & Pugh (金子義徳他訳) (1972)：疫学, 原理と方法。丸善, 東京。
- McAllister,D. (1980)：Evaluation in Environmental Planning. MIT Press.
- 松岡謙・内藤正明 (1983)：水質観測点の適正配置に関するシステム解析。国立公害研究所研究報告, 第48号。
- 森田恒幸 (1983)：環境影響評価制度の政策効果に関する研究。東京工業大学社会工学科, 学位論文。
- 内藤正明 (1983)：環境指標に関する概念整理。環境管理, (7), 東京都環境保全局, 2-17。
- 中山弘隆 (1980)：多属性効用理論。多目的決定の理論と方法, 市川惇信編, 12-79。
- 西田春彦他 (1976)：社会調査の理論と技法 (I)。川島書店, 東京。
- 西村 昂, 三星昭宏, 高井広行(1980)：住宅地区における交通環境評価に関する一考察。土木学会第8回環境問題シンポジウム講演論文集, 49-54。

- 落合美紀子・内藤正明 (1977) : 広域汚染の指標に関する検討 — その1 : レビューと問題点の抽出 —. 公害と対策, 13 (9), 1002-1008.
- 岡 敬一ほか (1983) : 総合水質指標による神奈川県内河川水質の解析. 水質汚濁研究, 6 (6), 470-413.
- 岡田至雄 (1974) : 社会調査論. ミネルヴァ書房, 京都.
- 大阪府生活環境部 (1983) : 大阪府環境総合計画基礎資料 (第2分冊).
- 大槻 忠 (1982) : マトリックス・ネットワーク法による漁業環境影響評価 (その2). 環境情報科学, 11 (3), 53-63.
- Ott, W.B. (1978) : Environmental Indices : Theory and Practice. Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, Michigan.
- 重松逸造 (1978) : 疫学, 臨床のための方法論, 講談社, 東京.
- Sinden, J.A. and A.C. Warrell (1979) : Unpriced Value. Wiley, New York.
- 篠原正則・内藤正明 (1980) : スプライン法による大気汚染2次元分布の推定. 環境情報科学, 9 (4), 62-64.
- Steevens, S.S (1951) : Mathematics, Measurement and Psychophysics. Handbook of Experimental Psychology, John Wiley & Sons, 1-49.
- Stimson, D.A. (1969) : Utility measurement in public health decision making. Manage. Sci., 16(2), B17-30.
- Huff, D. (高木秀玄訳) (1968) : 統計でウソをつく法. 講談社.
- Horie, Y. and A.C. Stern (1976) : Analysis of Population Exposure to Air Pollution in New York-New Jersey Connecticut Tri-State Region. EPA-450/3-76-027, PB-257095.
- 館 稔, 鈴木武夫, 音田正己編 (1972) : 公害・環境の科学. 毎日新聞社, 東京.
- 竹中技術研究所 (1981) : アンケート調査を成功させるテクニック. ユニット資料No.81-13-005
- 寺部本次 (1971) : 大気汚染測定法の実際. 技報堂, 東京.
- 戸田常一 (1982) : 代替案評価手法の分類と考察. 天野光三編, 計量都市計画, 479-495.
- 東京都 (1972) : 2基準点方式による福祉指標作成の試み.
- 東京都環境保全局 (1984) : 生活環境選好度調査
- 得丸英勝, 添田喬, 中溝高好, 秋月影雄 (1982) : 計数・測定 = ランダムデータの処理の理論と応用. 培風館, 東京.
- 豊川裕之 (1984) : 疫学, メヂカルフレンド社, 東京.
- 土田 明・青木陽二 (1983) : 親水性の評価, 「筑波研究学園都市中心地区計画」に関する住宅都市整備公団報告. 118-120.
- Voelker, A.H. (1977) : Facility Siting : An Application of the Nominal Group Process. ORNL/NUREG/TM-81, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee.
- 和達清夫他編 (1976) : リモートセンシング. 朝倉書店, 東京.
- 矢部禎昭 (1974) : 水の常時監視と測定法. 公害対策技術同友会, 東京.
- 安田三郎 (1969) : 社会調査ハンドブック [新版]. 有斐閣双書.
- 安岡善文・宮崎忠国 (1979) : 遠隔計測による霞ヶ浦の水質計測. 昭和54年度国立公害研究所研究発表会予稿集, 96-105.
- 安岡善文 (1982) : 環境評価のための画像情報処理. 環境科学, 11 (2), 42-47.
- 安岡善文 (1982) : リモートセンシングによる湖水域の水質分布計測. リモートセンシング学会誌. 2-3, 51-62.
- 安岡善文 (1983) : リモートセンシングによる環境監視. 月刊地球, 5 (11), 668-672.
- 安岡善文 (1984) : 宇宙からの地球監視. 保健の科学, 26 (1), 39-43.
- 横田達也, 広崎昭太 (1982) : 大気環境データの画像モニタリング. 第21回計測自動制御学会学術講演会予稿集, 279-280.
- 吉田正昭編 (1968) : 計量心理学リーディングス. 誠信書房.

5. 環境指標作成と利用のための環境情報システム

5.1 指標情報システム

指標の作成時には、経年的に蓄積された観測値・統計値、広域にわたるメッシュ・データ、地図のような面的データのデジタル変換値等、大量のデータを収集・処理する必要があり、このためコンピューターによる情報処理システムの活用は不可欠である。また、どのような項目を指標体系のなかに取り入れるかの議論の際や、指標の尺度化等の過程において住民意見を取り入れ価値関数を推定する場合においても、コンピューターを組み込んだ情報交流システムによるデータ収集・処理が有効である。さらに、環境の状況を計算された指標によって分かり易く表示することは、専門家間での政策効果の検討に必要なだけでなく、住民に対するよりよいコミュニケーションの手段として重要であり、このような指標利用の段階でも、コンピューターを組み込んだ情報交流システムが有用である。こうした環境指標の作成と利用のための情報システムを、特に『指標情報システム』と呼ぶことにする。

この章では、環境指標の効率的な作成とその有効な利用を目指した指標情報システムの概略について述べる。

いわゆる環境管理を進めていく上で、その支援のために、各種の環境情報システムが設計されている。環境指標は、環境〔管理〕施策の定量的把握のために道具であることから、指標情報システムは、一言でいえば、環境情報システムのサブ・システムとして位置づけられる。(図5.1参照)

図5.1に示すように、指標情報システムの主な構成要素は、ハードウェア、ソフトウェア、データ・ベースである。これらの要素には、環境指標の算定や住民意見の集約方法への考察、情報交流のために用いる指標の表示方法への配慮及びコミュニケーションの方法の工夫が重要である。本章では、特にこれらの点について述べる。

5.1.1 指標情報システムの形態

指標情報システムの形態は、利用者が誰であるかによって異なり、指標作成・利用のどの段階を重視するかによって変わってくる。

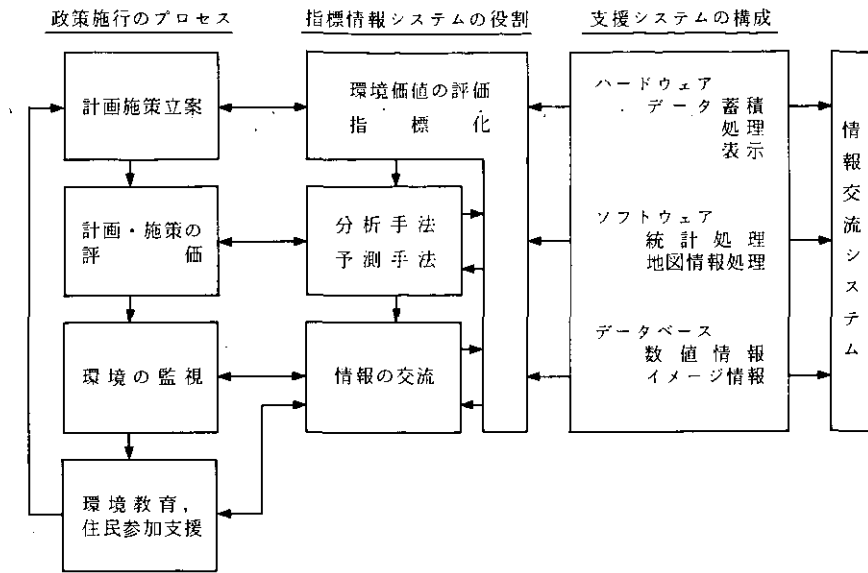


図5.1 指標情報システムの役割と構成

(1) 指標の利用者及び対象とするスケールとの対応

利用者によってまず対象とする空間スケールが異なり、これに応じて利用可能なデータの種別が変わり、コンピューターの規模も変わる(表5.1)。例えば、市町村レベルでは、その地域内の環境状態を表すのに、町丁目単位よりも詳しい情報が必要であるから、データとしては、地図をイメージしたものになる。したがって、データ・ソースは、地図情報が主体となり、指標は地図から算出される場合が多いし、計算結果も再び地図上に表示されると理解しやすい。市町村等の規模にもよるが、ハードウェアとしては、ミニコン・マイコン程度が实际的である。地図の基本データとして、メッシュ・データを用いるか、地図データを用いるかが、指標の精度や代表性と関連して判断すべき一つのポイントとなる。

表5.1 環境指標の利用・対象レベルと指標情報システムの対応

利用者	空間スケール		データ		表示	機器
	対象	単位	データソース	データベース		
国	全国	県・市	リモセンデータ 国土数値情報	数値型	数値 数表 グラフ	大型コン ピュータ
県	全県	市町村	指定統計類 モニタリングデータ	ベクトル型 ラスター型	地図 地図	メッシュ ミニコン
市	全市	町丁目	地図情報 行政データ		画像 写真 グラフィクス	マイコン
地区	町丁目	宅地・街路	意識調査			

国のレベルでは、県や市単位にとられた統計や数値データで表される指標が主体となる。表示方法もグラフや数値の場合が多く、指標算定には、標準メッシュに基づく国土数値情報等が主に用いられる。ハードウェアの規模も一般に大型のものになる。

(2) 環境指標の作成・利用手順との対応

一般に、環境指標の作成・利用過程と指標情報システムとは、図 5.2 のように対応する。

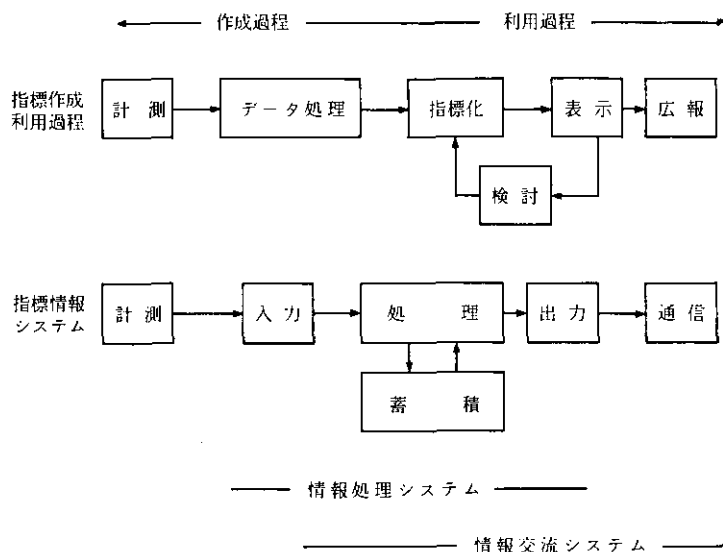


図5.2 指標の作成・利用過程と指標情報システムとの対応

指標作成の段階においては、指標項目の選定・計測・計量・基準化・総合化・集約化等のデータ処理に重点がおかれるから、データの収集・入力・蓄積・演算処理等が指標情報システムの果たすべき主要な役目である。計測は、物理的な計測の外に、地図情報の読み取り等も必要であり、そのための入出力機器（インターフェス）の設置も必要である。また、住民意見の収集・集約のためには 5.3 で述べる情報交流システムが有用である。

指標作成の段階に重点をおくならば、コミュニケーションを効果的に行うための指標表示装置や通信網を利用した双方向対話型 P R 方法をも考慮した指標情報システムの設計が重要になる。

(3) 指標情報システムに必要とされる機能と機器

上の(1)や(2)で述べたように、指標の利用対象レベルや作成・利用手順によって指標情報システムの形態は違ってくるが、おおむね表 5.2 に示す機能と、これに対応する機器がこのシステムのハードウェアを構成することになる。

表5.2 指標情報システムに必要な機能と機器の例

機 能	機 器	テ ー タ
入 力 収 集	モニタリングシステム グループアナライザー などの集団価値計測器	観測データ 住民意見
入 力 処 理	磁気テープ装置 デジタイザー スキャナー テレビカメラ	数値データ リモセンデータ 地図情報（線情報） 地図情報（面情報） イメージ情報（景観写真等） 地図・イメージ情報
テ ー タ 処 理	CPU	
テ ー タ 蓄 積	磁気ディスク装置 イメージ蓄積装置	上記データをデータベース化 したもの
出 力 処 理	プリンター プロッター グラフィック ディスプレイ装置 カラー ハードコピー装置	文字・表 図・グラフ 地図・イメージ カラー図
出 力 伝 達	テレビ グラフィック ディスプレイ装置 ビデオプロジェクター	上記出力の拡大・遠隔・即時 伝達

指標の作成の面からいえば入力装置に重点がおかれ、指標の利用の面からいえば、入力装置よりも出力装置に重点がおかれる。入力データや情報は、現在のところ、磁気テープで供給される場合が多い。地図を読み取ったり、画像・イメージ処理をすることは、外部委託をすることもできる。これに対し、環境指標そのものの算定は、当然内部で行われることが多く、その際出力の工夫も行われる。指標の効果的コミュニケーションには出力装置の機能に依存するところが大きく、更には出力の即時・遠隔・拡大等の表示方法にも力点がおかれる。出力の情報量を増大し、しかも指標値の解釈を直感的に行うためにも、今後はモノクロによる表示だけでなくカラー表示が必須となろう。また、環境指標が、多くの人が扱うことのできるものとするためには、データの処理や指標値の算出や表示が、利用者にとって対話型で行われるように、アクセスの容易なものでなくてはならない。

5.1.2 マイクロコンピュータ利用の可能性

環境にかかるコミュニケーションを促進する情報支援システムには種々のものが考えられるが、特に各種のデータを収集・処理し算定する必要がある指標情報システムでは、コンピュータの活用を抜きには考えられない。しかし、地方公共団体の環境部局、とりわけ、市町村のようなどころでは、大型コンピュータやミニコンピュータ等を導入したり、これを活用したりすることは、コストのうえでも必ずしも実用的ではない。特に、コミュニケーションを促進するために、手軽に大型コンピュータやミニコン等を用いることは、最近端末機を使った対話型の利用が増えたとはいえ、ホスト・コンピュータがそう安価に導入できないことから、必ずしも実際的ではない。これに対して、最近のマイクロ・エレクトロニクスの発達とその価格の低廉さから、マイクロ・コンピュータの普及には目をみはるものがあり、指標情報システムの設計においてもこうした動向を十分考慮する必要がある。すなわち

- ① システム全体でも価格が低廉で、地方公共団体の各部課単位で十分購入が可能であること
- ② ディスプレーが優れていて、画像や地図といった二次元の典型的な環境情報を表示しやすく、コミュニケーション支援機器として極めて有効であること
- ③ マイクロ・コンピュータには、特にカラー・グラフィックスの機能の整備が進んでいるので、環境データや環境指標を効果的に表示したりするのに向いていると思われること
- ④ 最近、マイクロ・コンピュータの通信機能が整備されてきて、大型コンピュータをホストとした端末機として使えるため、データのやりとりのみならず、ホストコンピュータで計算された指標値の効果的な表示に利用できること
- ⑤ 現場サイドのデータを常時入力することにより、環境指標計算のためのデータベースの整備及び内容の更新にマイクロ・コンピュータを活用することができること

といった利点が考えられるからである。

各都道府県の環境関連部局でのマイクロ・コンピュータの利用状況に関する当研究所総合解析部の調査結果（本節末資料参照）によれば、約半数の部局で既に利用あるいは利用の計画を持っており、指標情報システムとしてもまず第一に利用を考えるべきハードウェアであろう。

5.1.3 環境指標のコミュニケーションの重要性

環境指標に限らないが、およそ『指標』とか『指数』とか言われるものは、文字通り、普通人に実態を即座に分かり易く指し示したり把握したりするのに、特別に編み出され用いられるものである。したがって、実態をよく代表していたり（代表性）、その将来傾向を示していたり（先行性）することが重要である。そればかりでなく、『指標』は実態把握の一つの手段・方便であるから、その値が簡便に算出され用いられる（簡便性）ことも肝要である。

特に、『環境指標』ということになると、環境がすべての人間が共有し利害関係を有するところ

の外圍であるところから、一般の人々が直観的にも分かり、しかも日常の生活実感とも密接しているものであることが望ましい。もっと言えば、人々の中の環境に関する会話やコミュニケーションが、こうした環境指標を用いて行われ、環境に対する理解がより一層進むことが望ましい。

多くの経済指標等がそうであるように、指標や指数は、行政担当機関が政策を展開したり運用したりするのに、広く用いられる。それは、政策効果を的確に判断したり、公共施策を他の行政担当機関や部局、更に立法府（議会等）に、また広く一般に伝達するのに、効果的であり便利であるからである。このことは、環境指標についても全く同様であるが、環境問題の多くが極めて地域的かつ公共的なものであることを考えると、より一層地域の行政施策、つまり地方公共団体の環境行政にかかる実務にとって重要であると言える。

こうした観点からみると、環境指標は、地方公共団体において、住民との協力を得ながら進めていく環境施策、例えば、地域環境管理計画の策定や実施、あるいはより快適な街づくりといった重要な施策を展開し運用していくうえに、自治体内の部局間や自治体と議会や一般住民との間のコミュニケーションを推進するのに不可欠である。

地方公共団体の環境部局や他の部局が、種々の環境問題や環境施策について環境指標等を用いて、コミュニケーションを図っていかなければならない状況と、その際コミュニケーションを行う主体の例を表5.3に示す。

表5.3 指標のコミュニケーションの場面とその主体の例

	コミュニケーションの場面	コミュニケーション主体
ケース 1	住民の生活環境に関する意識や希望を知る住民会議やモニター調査	研究者・環境部局→住民
ケース 2	一般広報や住民協力を依頼するための非公式な説明会等	環境部局→住民
ケース 3	議会等への環境の状況報告や環境案件に関する説明	環境部局→議員
ケース 4	環境アセスメント等による公聴会や説明会	事業部局・一般事業者→住民
ケース 5	都市計画その他にかかわる部局間の調整・説明	環境部局→他部局・他自治体

ここであげたコミュニケーションの場面のうち、ケース1～4までは、コミュニケーションすべき主体間に、住民や議員のように環境や環境問題に対して専門的な知識を持たない一般の者が含まれるケースがある。このため、ケース5のように専門家だけの指標の利用におけるコミュニケーションの場合と異なる、平易な情報によるコミュニケーションの方法が必要であり、指標の作成時に十分留意するだけでなく、その利用・広報についても考慮すべきことである。

こうした極めて多様な主体間での環境にかかるコミュニケーションを推進するためには、種々の工夫が必要であり、そのための方法も開発する必要があるが、5.3で述べる情報交流システムがこのために有効であろう。

(資料) 全国地方公共団体環境関連部局におけるマイクロコンピュータ利用状況調査

1. 調査の概要

調査名：環境行政におけるマイクロコンピュータの利用状況に関するアンケート調査

調査目的：地方公共団体環境関連部局での効果的指標表示及びコミュニケーションをはかるための手法としてマイクロコンピュータの利用が考えられるが、現在これらの部局において、マイクロコンピュータがどの程度普及しており、どういった使われ方をしているかを調査する。

調査時期：昭和59年1月～2月

調査対象：都道府県及び10大政令市と特別区の環境部局（典型7公害と自然保護を所掌する各課）。合計244部局

調査方法：郵送法によるアンケート調査

回収率：81%（回収数197）

2. 調査の主要結果

* マイクロコンピュータの購入状況について（表A）*

回収された中で、マイコンを既に購入している部局が31%、計画中と共用のマイコンがある部局を含めると、48%の部局でマイコンが使える状況にある。

表A マイコンの購入状況

購入状況	1. 購入済	2 計画中	3 購入していない	4 共用のマイコンがある	計
課数	62	23	102	10	197
割合	31	12	52	5	100

(注) 4.は共通に使えるマイコンがあるので、特に専用機は購入しないというものだが、利用状況からは3.に近い。

* 既に購入されたマイコンの台数と購入時期について*

表B 所有台数の分布

台数	1	2	3	4	5	6	計
課数	49	6	3	3	0	1	62
割合	79	10	5	5	0	2	100

所有台数（表B）は、行政部局の課単位で調査したので、現在では1台が79%と一番多く、最高は6台であった。本体とディスプレイ、プリンター、フロッピー・ディスク装置からなる機器構成が最も多いが、作図機や図形読み取り機を設置して、環境状況の2次元の把握に役立っている部局もいくつかある。マイコンの購入年度（表C）は、16ビットの安価なマイコンが市販されるようになった58年から急速に台数が増加している。59年1月の調査なので、59年の数字が少ないが、実質はもつと購入されるものと思われる。

表C マイコンの購入年度

	昭和	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	無回答	計
台数		2	1	0	0	3	2	3	1	14	18	33	8	3	88
割合		2	1	0	0	4	2	4	1	16	20	36	9	3	100

* 現在使用されているマイコンの主な用途について（表D）*

マイコンの主な用途としては90%の課で環境データの処理に使用し、35%の課でワープロ機能を利用した文書作成編集作業を行っている。その他と答えたものには、金利計算などの庶務的計算事務や、許認可台帳や届出台帳の整理等が含まれている。集計処理や、統計処理、またデータの蓄積や検索等の日常的な業務の処理に非常に

有効であるとの回答が多い。グラフィックスの活用により、説得力のある資料が作成できるようになったとか、グラフ化により、データの理解が容易になったとかの意見も多く、今後環境情報の表示やコミュニケーションに、マイコンのグラフィック機能が利用される可能性は高い。環境データの処理における問題点としては、特に環境のシミュレーションモデル等を独自に開発している部課で、プログラムの開発に時間がかかるとの回答が多く、ソフトの交換等も含めた情報交流の場が必要と思われる。

表D マイコンの使われ方

		使っている	使っていない	計
1. ワープロ機能を利用した 文書作成編集作業	課数	22	40	62
	割合	35	65	100
2 環境データの処理	課数	56	6	62
	割合	90	10	100
3 その他	課数	14	48	62
	割合	23	77	100

* マイコンを利用して有効と感じられましたか (表E) *

マイコンが有効かどうかの間には、非常に有効である、あるいは有効であると答えたものが全体の85%を占める。わからない、あるいはその他の多くは、購入したばかりとか、ソフトの開発中でその効果が判定しにくいものや、計測機の付属機器として使っているため一般の利用に使えないといったものが多かった。有効でないとの回答はなく、マイコンは概ね有効に使われているようである。

表E マイコンは有効か

		1. 非常に 有効	2 有効	3 わから ない	4 有効で ない	5 その他	無回答	計
回答数	課数	15	38	6	0	2	1	62
	割合	24	61	10	0	3	2	100

* 汎用計算機所有状況との関連について (表F) *

汎用計算機所有状況との関連を示す。汎用計算機が利用できる課は全体の48%である。全体的にはマイコンの購入状況と汎用計算機が利用できるかどうかはほとんど関係がない。ただ計算機に対する抵抗がないためか、汎用計算機でデータ処理の経験がある課の方がマイコンの所有率が若干高い。

表F 汎用計算機所有状況との関連

マイコンの 購入状況 大型 計算機 の利用状況	購入済		計画中		購入して いない		共用のマイ コンがある		計	
	課数	割合	課数	割合	課数	割合	課数	割合	課数	割合
大型計算機が 利用できる	34	55	13	57	43	42	5	50	95	48
大型計算機が 利用できない	23	37	8	35	43	42	4	40	78	40
無回答	5	8	2	9	16	16	1	10	24	12
計	62	100	23	100	102	100	10	100	197	100

5.2 データ処理と蓄積

環境指標作成には多方面にわたる情報が利用される。収集された一次情報はそのままか、あるいは集計処理されて蓄積され、必要に応じて利用される。ここでは、電算機によるデータの処理手法と蓄積手法について検討する。例のいくつかは、当研究所の人間環境評価実験施設(ELMES, 5.3 参照)に付属する環境情報表示システム(SAPEIS)で作成されたものである。

5.2.1 データの種類と形態

(1) データの種類

環境指標作成に利用されるデータの種類は次の四つに大別される。指標作成に実際に使われるのは主に (i) と (ii) である。しかし、どんなデータが利用可能であり、どこで作成されているか、また誰に聞けばよいかといった (iii) 又は (iv) の情報も重要である。

(i) 数値情報

環境質や発生源に関するデータ、被害・苦情件数に関するデータ、人口統計や工業統計などの環境関連統計等、多くのデータが数値情報として提供される。また、国土数値情報のように、地図情報がデジタル化され数値情報となっているものもある。SAPEISの都市環境データベースで利用できる数値情報を表5.4に示す。

表5.4 全国都市環境データベース収録項目(森口, 1983)

分類	おもな項目	情報源	データ媒体
・人口	男女別人口	自治省住民基本台帳ファイル	磁気テープ
	世帯数		
	転入、転出数		
	出生、死亡数		
・土地利用	田、畑、森林、建物用地等の分類ごとの面積	国土地理院国土数値情報土地利用面積ファイル	磁気テープ
・産業	工業出荷額、工場数(産業中分類別)	通産省工業統計市区町村表	磁気テープ
	商業販売額、商店数	通産省商業統計市区町村表	磁気テープ
・自然条件	地形(標高、起伏)	国土地理院国土数値情報土地利用面積ファイル	磁気テープ
	海、湖沼、河川の存在	国土地理院国土数値情報平均、最高、最低、起伏量ファイル	磁気テープ
	気候	気象庁 AMEDAS	磁気テープ
・環境質	一般環境大気測定局測定結果(SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , SPM等の年間値, 月間値)	国立公害研究所環境情報データベース	磁気テープ
	自動車交通騒音実態調査報告	環境庁大気保全局	磁気テープ
	植生自然度(自然度ランクごとの面積)	環境庁自然保護局	磁気テープ
・その他	上水道普及率	朝日新聞社「民力」	印刷物
	下水道普及率	自動車検査登録協会「市区町村別自動車保有車両数」	印刷物
	都市公園面積		
	自動車保有台数		

(ii) 画像情報

各種の地図や航空機写真、人口衛星写真、メッシュマップ（緑の国勢調査その他）などは画像の形で提供される。SAPEISには、当研究所環境情報部の画像情報処理システムで作成されたモニター写真も蓄積されており、景観評価等に使われている。（写真4.1～4.6参照）

(iii) 文献情報

必要なデータを得るためにどの文献をみればよいかという情報で、従来の図書カードや文献抄録集などに代わって、計算機による情報検索システムが普及してきている。当研究所の情報検索システムには、環境情報部が担当している環境データベースのNIES-BOOK（国立公害研究所蔵書）、NIES-EPA（EPA報告書及びその他の米国政府環境公害関係報告書）などのファイルがあり、図書、マイクロフィッシュ等の管理が行われている（国立公害研究所、1984）。

(iv) 情報源情報

必要なデータについて誰、又はどの機関に問い合わせればよいかという情報で、各種の情報源検索システムがある。環境に関するネットワークには、UNEP（United Nations Environmental Programme）のINFOTERRA（International Referral System for Sources of Environmental Information）がある。我が国では、国立公害研究所環境情報部がフォーカルポイント（拠点）に指定されている。（国立公害研究所環境情報部、1984）個別のデータの情報源情報も必要なことが多い。例えば、各省庁や地方自治体から公表されている資料の多くは既に磁気テープ化され、計算機によるデータ処理が行えるようになってきている。国の機関で作成している磁気データファイルについては、『各省庁保有磁気データファイル覧』（行政管理庁、1982）にまとめられている。

（2）データの形態

環境指標作成には各種のデータが使われるが、形態別に分けると次のようになる。形態の異なるデータの比較や統合の際には、目的に応じてデータを相互変換する必要がある。

(i) 点的データ、線のデータ、面的データ

- 点的データ：環境質の測定データ、工場などの施設に関するデータなど。
- 線のデータ：道路及び鉄道の路線、海岸線、河川流路、行政界に関するデータなど。
- 面的データ：航空機写真、メッシュマップ、土地分類に関するデータなど。

である。汚染状況をパターンとしてとらえるためには、離散した測定点でのデータを内外挿手法等を使って面的データに変換することが必要である。写真5.4に示したNO₂の分布パターンは66の測定局データという点的データを内挿して面的データに直したものである。行政区ごとに代表値を求める場合には、面的にとらえられた環境質の状態を一つの値（点的データ）に集約する必要があることもある。

(ii) メッシュ方式と行政区方式

環境データは2次元空間を対象としている場合が多い。2次元空間を表す面的データを表現する方式には、地域をメッシュで区画して表現する『メッシュ方式』と、行政区単位にデータを表現する『行政区方式』がある。指標を算定する場合この両方式のいずれをとるかについては十分考慮する必要がある。『行政区方式』でのデータは、既存の統計が豊富にあり、また行政施策と密接に関連しているという利点はある。しかし、例えば行政区の中での分布の状態が表せないとか、隣接の行政区との地理的連続性に欠けるとかの問題があり、『メッシュ方式』によるデータの整備が同時に行われることが望ましい。

『メッシュ方式』での地域メッシュの区分方法には色々あるが、行政管理庁から経緯度法に基づいた標準地域メッシュが提案されている。標準地域メッシュには、

- ① 20万分の1地勢図の大きさに相当する第1次メッシュ (約80 km×80 km)
- ② 2万5千分の1地形図の大きさに相当する第2次メッシュ (約10 km×10 km)
- ③ 第2次地域メッシュを縦横10等分した第3次メッシュ (約1 km×1 km)

がある。ちなみに日本全国は約38万6千4百個の第3次メッシュで覆われる。なお、目的に応じて、さらに細分化した分割地域メッシュ又は標準地域メッシュを統合した統合地域メッシュを用いた方がよい場合がある。首都圏の主要部では、10メートルメッシュという詳細な単位で土地利用等のデータが数値化されている(建設省国土地理院, 1984)。標準地域メッシュにはそれぞれにコードが付されている。例えば、第3次地域メッシュコードは、8けたのコードであり、最初の4けたが第1次地域メッシュのコード、次の2けたが第2次地域メッシュのコード、最後の2けたが第3次地域メッシュのコードである(建設省国土地理院, 1983)。全国ベースでのデータの作成(人口統計など)の多くに、標準地域メッシュが採用されている。地域が一定のメッシュで覆われているため、電算機処理が行いやすい。しかし、画一的に区切られた地域であるため、実際に地域との対応がつきにくく、一般になじみにくい。

『行政区方式』のデータは、都道府県、市町村、あるいは町丁目といった行政区単位に集計されている(被害・苦情件数、国民健康保健による受診件数など)。警察署関係や消防署関係などのデータは、管轄区別に集計されている。行政区単位のデータの整理のためには、全国及び都道府県の区域を示す2けたのコードと市町村及び郡・支庁の区域を示す3けたのコード(行政管理庁告示による)が定められており、これを利用するのが便利である。行政区データには既存の統計が豊富にあるという利点があるが、行政区画と地域環境及び自然条件としての区画とが一致しない場合があること、また地域の形状が複雑で面積のばらつきが大きく、連続的な面としての処理がしにくいこと、合併や昇格による区画、名称の変更がデータ更新に不便であること等電算機処理に不都合な点が多いこと、などの問題がある(森口, 1983)。

メッシュデータと行政区データを混用する際には、どちらかに統一する必要がある。行政区の

境界をポリゴン (5.2.2 (3) 参照) で表現し、それを計算機に記憶させておけば、メッシュデータと行政区データの対応をとることが容易である。

5.2.2 データの処理と解析

環境指標作成と利用の際に、データは計算機で処理されることが多い。ここではそのための代表的なソフトウェアのいくつかを紹介する。

(1) 統計処理

環境指標作成のために収集された一次情報は統計処理されることが多い。あらかじめ想定された仮説やモデルの検証にはCDA (確定的データ解析法) が使われる。総合評価と個別の説明変数との関係を重回帰分析等で求めた例を図 5.3 に示す。この図はT地方公共団体の環境に対する満足度に関する試算値である。個別の物理的項目とアンケート調査による満足度との対応を重回帰分析により求め、そのパラメーターと物理的データからT自治体全域の総合評価を試算したものである。(ただし物理的データの蒐集が十分でないため単なる試算値であり、最終的な結果ではない。) なお、作図には、MAPシステム (SAPEISに付属する地理情報システム) を利用している。しかし、環境データの解析では、データの意味するものの検討から始めないといけないことが多く、これにはEDA (探索的データ解析法) が有効である。EDAの手法としては、回帰分析等を適

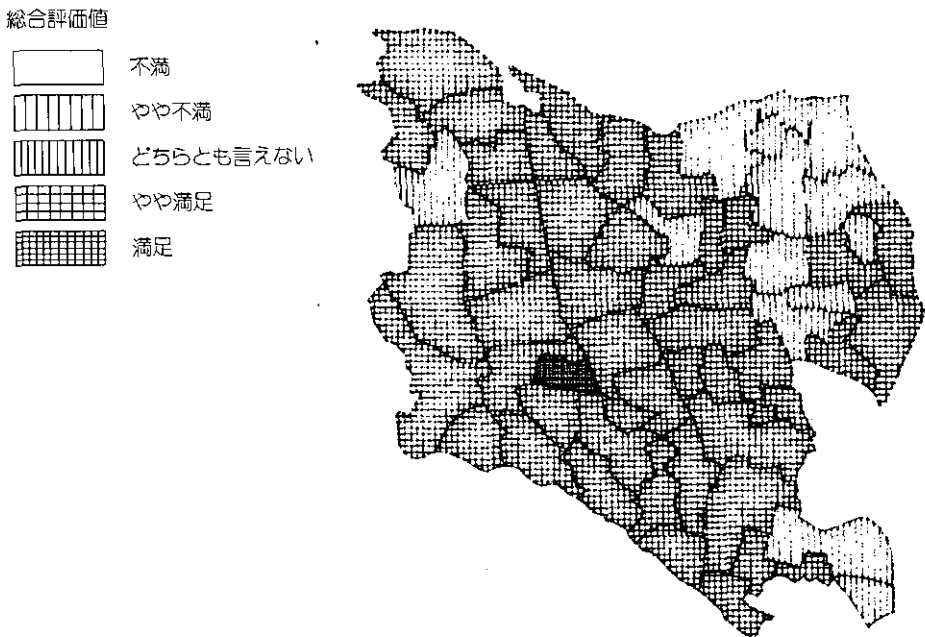


図5.3 環境に対する満足度 (試算例)

用する前のデータのグラフ表示や“はずれ値”の検討が重要である。回帰分析においては、残差の検討に重点をおいている。グラフ表示には、“幹葉表示”や“箱ひげ図”(図5.4)等が使われる。表5.5はA測定局における窒素酸化物の月変化を示すデータである。このデータの“幹葉表示”を図5.5に示す。ヒストグラムを作るよりはるかに簡単であり、原データの持つ情報を保持しているため、データ表示に有効である。また、このデータの“箱ひげ図”を図5.6に示す。これで見ると、最小値も下側四分位数も大して変化していないが、上側四分位数は月によってかなり変動している(奥野, 1982)。

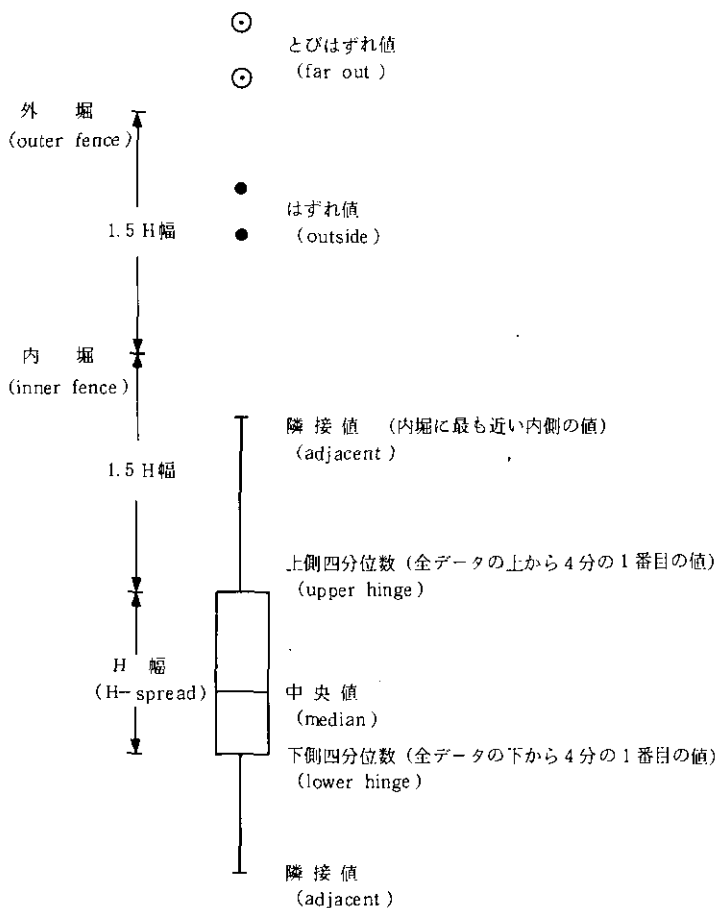


図5.4 箱ひげ図

(注) “箱”の下側を形づくる横線は下側四分位数に位置し、箱の上側は上側四分位数に位置する。箱の中の横線は中央値の位置を表す。上側四分位数と下側四分位数の差をH幅と呼び、それぞれの四分位数から1.5H幅の間にあるデータは“ヒゲ”によって“箱”と結びつけられる。これを超えるデータは別々に印される。それぞれの四分位数から1.5H幅の点(内堀)と3H幅の点(外堀)の間にあるデータは、はずれ値として黒丸(●)で印される。3H幅より離れたデータは、とびはずれ値として二重丸(⊙)で印される。

表5.5 窒素酸化物の月変化の例（奥野，1982）

（昭和49年11月～50年3月 時刻：18:00～19:00）

月	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	28	29	30	31	計	\bar{x}
11月	2	3	5	4	4	6	21	7	4	2	3	5	4	8	6	7	5	4	7	5	4	3	5	2	9	3	7	9	6	6	166	5.5	
12月	7	5	9	15	24	6	5	11	9	5	4	6	9	4	4	18	19	×	10	23	9	11	21	4	2	6	4	4	9	40	2	305	10.2
1月	5	9	3	7	13	5	28	15	5	8	6	6	7	9	11	3	2	15	7	36	25	8	6	10	4	4	10	5	6	10	13	301	9.7
2月	6	16	9	5	2	×	8	6	6	10	6	11	6	8	2	5	1	2	3	2	2	2	2	7	2	2	2	2				135	5.0
3月	3	4	8	8	8	9	3	12	2	5	9	2	3	6	2	2	3	5	3	1	1	7	1	4	1	8	5	2	1	1	131	4.2	

（単位は10ppb，×は欠測）

幹	葉	度数	累積度数
0 L	2 3 3 4 4		
U	5 5 5 5 6 6 6 6 7 7 7 8 8 9 9	5 → 5	5
1 L	0 0 0 1 3 3	15 → 11	11
U	5 5	6 → 5	5
2 L		2 → 5	5
U	5 8	0 → 3	3
3 L		2 → 1	1
U	6	0 → 1	1

図5.5 幹葉表示の一例（奥野，1982）

（注）ここでは、10位の数字を幹、1位の数字を葉としている。ただし、1位の数字の4以下（L）と5以上（U）を別扱いにして8クラスにしている。窒素酸化物の月変化を表す別表のデータを順に該当する行に書きこんでいき、行ごとの大きさの順に並びかえる。原データが4けたもある場合には、必要最小限の有効けただけを残り、4位を幹、3位を葉とし、2位以下を切り捨てることが多い。表の右側に、各行の度数と上・下それぞれからの累積度数が印されている。

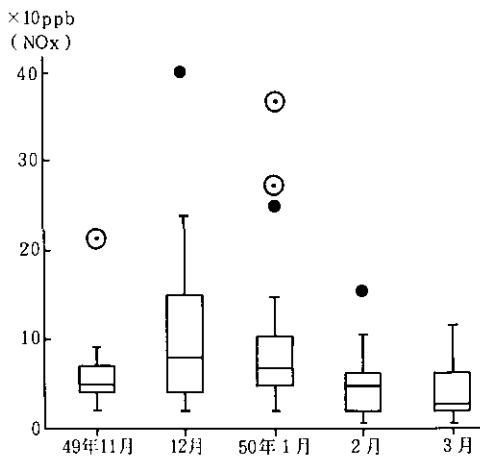


図5.6 5か月のデータ推移を示す箱ひげ図表示（奥野，1982）

(i) 処理機能

基本的な統計量として、平均値、分散、共分散、相関係数、度数分布などが計算される。検定には、母平均の検定、分布の正規性の検定、異常値の検定、独立性の検定などがある。多度量解析の手法には、重回帰分析、分散分析、判別分析、正準相関分析、因子分析、クラスター分析等がある。その他、数量化理論や時系列分析などが用意されているソフトウェアパッケージが多い。

EDAでは、データの視覚表示が重要視され、基礎的解析に用いられる。そのための手法としては、幹葉表示、箱ひげ図、探索的回帰分析等がある (Hoaglin ら, 1983)。

(ii) ソフトウェアパッケージ

統計パッケージには、二つの流れがある。一つは、特定の手法を開発する“分化”の方向であり、もう一つは、汎用パッケージにみられる“巨大化”の方向である。特定のモデル、特定の型のデータを対象とした統計パッケージは、一般化された線型モデルの解析を行う GLIM (Generalized Linear Interactive Modelling)、分布の当てはめや曲線の当てはめを最尤法で行う MLP (Maximum Likelihood Program)、多重分割表の解析を行う ECTA (Everyman's Contingency Table Analysis) など数多く開発されている。汎用統計パッケージの代表的なものに、SPSS (Statistical Package for the Social Sciences)、BMDP (Biomedical Computer Program-P)、SAS (Statistical Analysis System) がある。汎用統計パッケージは、ますます機能を多様化し、巨大なシステムとなりつつある (大橋, 1983)。統計パッケージを利用して、安易にモデルを当てはめ、とにかく計算を行ってしまうという傾向が一部にあるが、データの探索的解析を怠ったデータ処理には問題がある。特に環境データの場合は、データが正規分布をしていないことや異常値が問題になることが多く、図形表示やロバストな手法を採用して、さまざまな観点からデータを解析することが重要である。探索的データ解析のために FORTRAN と BASIC によるプログラムが出版されており (Velleman ら, 1981)、最近では、従来の汎用統計パッケージに組み込まれてきている。

この他、マイコンで統計処理するために、BASICによるプログラムが出版されており、ソフトウェアパッケージも数多く市販されている (大崎, 1982; 中村, 1983)。

(2) 予測モデル

環境指標を作成する際に、予測モデルを利用して汚染質の空間的な分布や時間的な変動を把握することが多い。写真 5.4 及び 5.5 に、大気、騒音指標へ利用した例を示す。計算機による予測モデルは統計モデルと物理モデルに大別される。物理モデルが物理現象に基づいて現象を記述するのに対して、統計モデルは物理現象をブラックボックス化して原因と結果のみから現象を表す。過去の測定データに基づいて実時間で汚染質濃度を予測するような場合は統計モデルが、発生源の変化に対応した影響を予測するような場合は物理モデルが適用されることが多い。

(i) 機能

大気汚染モデルとしては、工場等の点煙源からのSO₂、NO₂の濃度分布、自動車排出ガスによるCO、NO₂の濃度分布を求めるモデル（数値解モデル、プルームモデル、パフモデルなど）が多い。また、ある地域内の濃度分布を計算するモデル（ボックスモデルなど）も適用される（日立製作所、1976）。

・ 水質モデルとしては、① 海域、② 湖沼、③ 河川、④ ダム、貯水池を対象として、COD、BOD、SS等の濃度を求めるモデルが多数ある（数値解モデル、ボックスモデルなど）（菱田、1978）。

騒音モデルとしては、自動車騒音や航空機騒音を対象としたモデルが多く、自動車騒音では、道路の形状（平坦道路、高架道路など）や防音壁の影響などが取り扱えるモデルが多い（数値解モデル、近似解モデルなど）（日本音響材料協会、1982）。

この他、生物の動態をモデル化した生態系モデル（袴田ら、1984）などが多数あるが、ここでは省略する。

離散データを連続分布パターンに直すのは、上記のモデルによるシミュレーションのほかに、直接内外挿して求める方法がある。写真5.4の大気汚染指標表示はその例の一つである。測定データから比較的簡単に分布パターンが求まるので、実時間の分布パターンが必要な場合や、物理モデルの構築が困難な場合は有効である（区分法、移動平均法、物理的最適化法）（松岡ら、1983）。

(ii) ソフトウェアパッケージ

大気関係のモデルでは、総量規制マニュアルに沿ったモデルが使われることが多い（環境庁大気保全局大気規制課、1982）。

水関係では個別に多くのモデルがあるが（国立公害研究所、1981）、パッケージになったものは少ない。プログラムが出版されているものとしては、例えばテキサス州で開発されたQUAL-1（Texas water development board、1971）がある。

騒音のシミュレーションには日本音響学会から提案されている計算式が利用されることが多い（石井、1975）。また任意の高さの防音壁を扱える数値解モデルとして田村によるモデルなどがある（田村、1984）。

環境データの内外挿手法では、移動平均法やスプライン法の適用例が多い（松岡ら、1983；篠原ら、1980）。

また、最近では、環境データ解析のためのマイコン用プログラム・パッケージが市販されている（例えば、マイコン用煙突排ガス拡散プログラム）（横山、1982）。

(3) 地理情報システム

環境指標で利用されるデータは面的なデータが多く、地理情報の取り扱いが不可欠である。地理情報の表現方法は① メッシュ方式と② ポリゴン方式に大別される。メッシュ方式は広域の地域情報を均一な面で覆うという比較的簡単な操作で済み、既にデータが多く蓄えられている。

しかし、河川、道路などの線的数据や行政区画に対応した面的データをメッシュに盛り込むには手間や正確さの点で問題がある。

ポリゴン方式は地図上の情報のうち必要なものを抽象化し、近似的に点、線、面で表現して計算機に蓄積し、これらの点、線、面に付属する属性値を同時に計算機に蓄積して、双方の統合化を図る方式である（伊理ら、1983）。

(i) 処理機能

ポリゴン方式でデータを処理する場合、一般には次のような処理機能がある。

- ① 任意の形状の図形を取り扱えるので、都市の街区単位にデータを入力し、更新することができる。
- ② 道路、河川、鉄道などの線的数据が統合的に取り扱える。
- ③ 点的数据は座標を与えることにより容易に表示できる。
- ④ 地図による属性の検索、また属性による地図の検索ができる。

表5.6 指標表示に利用される地理情報処理機能

項目	機 能		例（出典）
入力	地 図	任意の地図入力 （デジタルタイザ等による入力） 既存のデータファイルの利用 （MT 等に記録されているデータ）	白地図の作成 都市計画区域位置ファイル （建設省国土地理院） 全国の市町村境界 （建設省国土地理院）
	属性値	端末入力 物的条件などのデータベース 環境質などのデータベース	細街路率 幹線道路率 木造老朽化率 人口密度 土地利用 NOx、COなどの測定値
処理		データの変換 （メッシュ⇔ポリゴン） オーバーレイ、拡大、縮小 多角形ハッチングまたは色ぬり	メッシュ人口 →行政区人口
検索		領域の検索 属性情報の検索	
出力		グラフィック出力 ドット・プリンターまたはライン・ プリンターによる出力 X-Yプロッターによる出力	市町村等の色ぬり表示 物的条件などの環境マップ

またSAPEISの地理情報システム (MAPシステム) には表 5.6 に示す処理機能があり、地図の入出力を容易にしている。

(ii) ソフトウェアパッケージ

地理的情報システムのソフトウェアパッケージの代表的なものに、日本電気のWING、ハーバード大学で開発されたODYSSEY、富士通のPLANNERをベースに国土庁が開発したISLANDなどがある。これらのソフトウェアパッケージの地図の入出力機能は周辺機器との接続が重要な要素を占めるため、特定のハードウェアでの実行が困難な場合がある。地図情報システムで重要なことは、簡単に特定の地図を入力し、地図に付随する情報を分かり易い形で提示することである。また、既存の情報を利用したり、データの統計処理などが必要となることも多い。このため、データベース機能を有し、統計パッケージと有機的に結び付いていることが望ましい。従来の手作業による地図の作成は時間と労力がかかるので、白地図を作成し、ランキングによるハッチングあるいは色ぬりを行うといった基本的な操作の自動化だけでも大幅な時間の節約が期待できる。これには、マイコンを使ったシステムの構築が今後有望である。

(4) 画像処理

環境指標の作成においては、航空写真、景観写真といった画像データが利用されることが多い。一般に画像データを対象とする場合、その利用には、二つの側面が考えられる。一つは我々の知

表5.7 環境分野における画像情報の利用形態 (安岡, 1982)

利用形態	目的と方法	応用例	入力情報
画像・の パターン 生成	モニタージュ	複数画像のモザイクにより新たな画像を創造	景観のモニタージュ
	オーバーレイ	画像の重ね合わせにより新たな画像を合成	道路環境の複合評価指標作成 (原沢・西岡, 1981)
	パターン化	測定点データをもとに、内外挿手法により分布パターンを推定	スプライン法による大気汚染分布の推定 (篠原・内藤, 1980)
	パターン表示	人間が理解しやすいように情報を二、三次元のパターンとして表示	フェイス法による複合指標の表示 (原沢・西岡, 1981) レーザーデータデータのパターン表示 (清水ほか, 1981)
画像からの 情報抽出	遠隔計測 (リモートセンシング) 特徴量の抽出	画像データから、物理的、統計的手法により汚染分布、土地利用などの環境情報を抽出 画像データから対象に関する特徴量を抽出	遠隔計測による湖水の水質計測 (安岡・宮崎, 1979) 電子顕微鏡 (SEM) 写真 大気汚染物質の粒径分布計測 (中島・山野, 1979) 大気汚染/パターンの空間特性抽出 (Ikura et al, 1977)
			風景、景観などの写真 NO ₂ 、人口などのメッシュ 大気のモニタリングデータ 8種類の環境項目 レーザーデータデータ
			LANDSAT, 航空機からの多重分光画像 大気汚染の分布/パターン

りたいことを画像、パターンとして分かり易く表現する場合で、もう一つは、逆に画像から我々の知りたい情報を抽出する場合である。表5.7には環境指標の作成に関係すると思われる画像情報の利用形態及び処理例をまとめた(安岡, 1982)。

(i) 処理機能

図5.7にはデジタル画像処理の流れを示した。写真、フィルム等の画像データは、TVカメラ、ドラム型画像走査装置などの画像入力装置を通してデジタル画像に変換され、計算機入力される。デジタル画像は、画像に濃度やその分布に関する濃度情報と、図形の大きさやテキスチャ(きめ)といった形状情報を有する。画像処理は、これらの情報を必要に応じて変換、加工したり、抽出したりする操作といえる。表5.8では、画像処理で利用される機能の概要をまとめた。

(ii) ソフトウェアパッケージ

画像処理用のソフトウェアパッケージとしては、電子技術総合研究所で開発されたSPIDER (Tamura, 1983) や、ヴァージニア工科大学で開発されたGIPSY (Krusemark, 1983) などがある。これらは可搬型のシステムであって、多少の手直して、どの計算機でも使用できるよう設計されている。また、特に遠隔計測データの処理などの目的に設計されたソフトウェアとして、VICAR, KANDIDAT, LARSYSなどが有名である。(American Society of Photogrametry, 1983)。一方、特定の計算機システムの上で動く画像処理システムも数多く開発され、市販されている。環境評価、解析を目的として設計されたシステムとしてIPSEN (Yasuoka, 1980) がある。

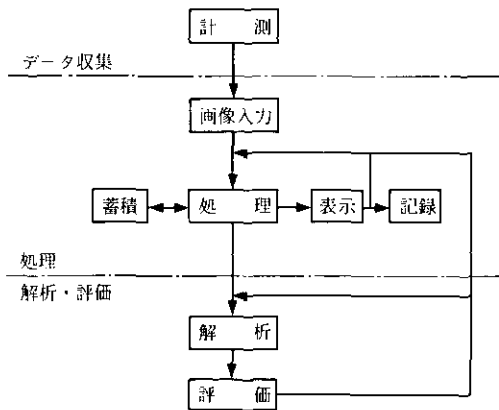


図5.7 デジタル画像処理の流れ

表5.8 デジタル画像処理の機能 (安岡, 1982)

処理機能	方法	利用例
幾何学変換 (拡大, 縮小, 回転など)	アフィン変換, 一般2次変換	地図と航空写真の重ね合わせ
強調と平滑化	フーリエ変換, ヒストグラム変換, ラプラシアン, 平均化	雑音の除去, 画像の鮮鋭化
エッジと線の抽出	差分(微分)法, ラプラシアン, Hough変換	航空写真からの道路, 河川などの抽出
領域分割	閾値処理, テクスチャ解析, 整合フィルタ	航空写真からの土地利用分類図の作成
画像の圧縮	フーリエ変換, K-L変換, 予測圧縮	画像のデータベース化, 画像特性の記述
画像の復元	最小2乗フィルタ, 再帰フィルタ	ぼけた画像の修復
基本的処理	色変換, 基本統計量の計算, 画像間演算, 各種の画像表示など	パターン表示, マルチスペクトル画像のチャンネル間演算

5.2.3 データベースシステム

収集された環境データを環境指標のために有効に利用するには,

- ① データに手軽にアクセスでき, 更新や処理が容易であること。
- ② データはなるべく一つにまとめて共同利用できること。
- ③ データ処理方式が標準化されていること。
- ④ データが安全に保管・保護されていること。

等が望まれる。ここでは多量のデータを効率よく運用するためのデータベースシステムについて検討する。

(1) データベースの利用形態

データベース利用形態はそのアクセス方式により, 次の3種類に大別される。図5.8にアクセス方式の概略図を示す。

(i) オンライン方式

利用者がセンターシステムと直接交信する方式で, 即時性があるため, 緊急時システムに利用される。緊急時システムでは利用者の近傍にオンライン解析システムが設置されている場合もあり, センターシステムとのネットワーク結合によるデータ転送も必要である。

(ii) オフライン方式

利用者が必要な時にセンターに要望し, 解析, 検索結果 (画像データやマイクロフィッシュの

複写データなど)が郵送などの方法で利用者に提供される。通常の場合、オフライン方式による利用頻度が最も高いものと思われる。

(ii) インライン方式

利用者がセンターで直接解析、検索を行うものでオンライン方式の一種である。

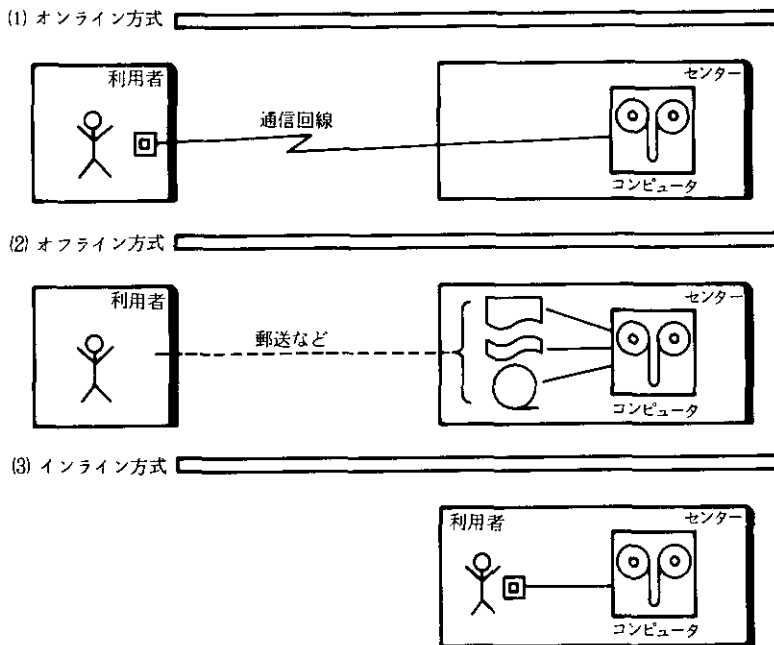
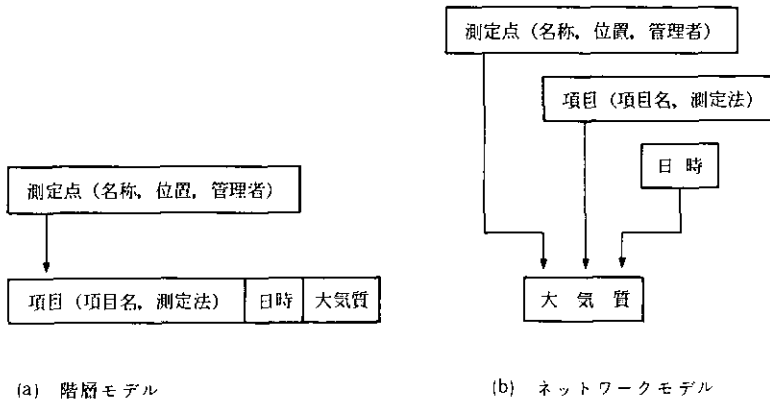


図5.8 データベース利用形態の概要 (リモートセンシング技術センター, 1979)

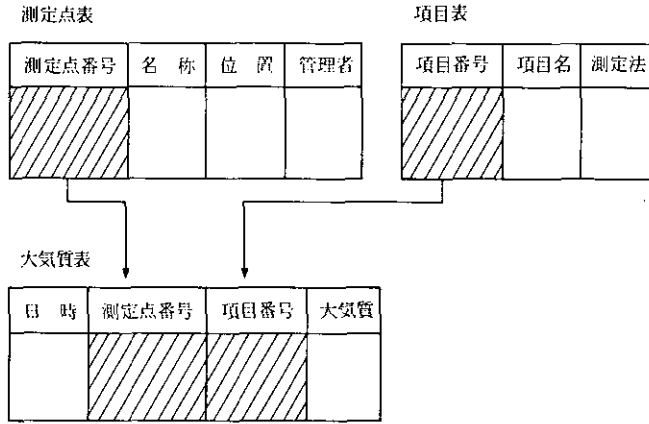
(2) データベースソフトウェア

データベースの設計に当たって、データベース管理システムと呼ばれるソフトウェアパッケージが通常利用される。商用データベース管理システムはデータ・モデルと呼ばれるデータの計算機上での実現方式によって、① 階層モデル、② ネットワークモデル、③ 関係モデルに大別される。大気質を例として、各モデルを図5.9に示す。最も典型的なモデルは階層モデルであり、定型的な業務のデータベースを作成するときはこのモデルが採用されることが多い。測定点をキーとして情報を検索する場合は、図5.9(a)の構造となる。階層モデル(a)では、測定点が特定できれば、その大気質が容易にわかるが、『ある日のNO₂の分布パターンを知りたい。』とか『COを測定している測定点を検索したい。』といった指定の仕方ではデータを得たいときはすべての測定点を見る必要があり、データ量が多いときには効率が非常に悪くなる。また測定法が各所に重複して記録され冗長であり、更新等に問題がある。階層モデルでは、下位の階層から上位の階層がいつ



(a) 階層モデル

(b) ネットワークモデル



(c) 関係モデル

図5.9 データモデル

も一意に決まるが、一般にはそうでないことが多い。上位の階層が複数存在するものをネットワークモデルをいう。図5.9(a)の例では、(項目, 日時, 大気質)が1セットとなっているが、図5.9(b)のように、測定点, 項目, 日時を特定することにより大気質が決まってくるとした方が自然である。この場合キーとして、測定点を指定しても、項目を指定してもよく、上記の階層モデルでの問題は解決する。しかし、あらかじめ設定した構造とは別の検索(例えば、『欠測値が10日以上ある測定点を検索したい。』)には不向きであり、システムの変更に問題がある。関係モデル(c)では、実体と実体間の関連をすべて表形式でまとめているので、データ構造の変化に柔軟に対応できるが、逆に業務が定型的な場合はネットワークモデルの方が処理効率が良い場合もある。環境データの処理では、データやデータ構造の変更に柔軟に対処する必要があり、一般に、関係モデルが利用される。階層モデルの代表はIBM社のIMS (Information Management System) で

ある。ネットワークモデルはCODASYL (The COference on Data Systems Languages) の提案に沿った形で各社より製品が出ている。例えば、Cincom Systems, Inc. のTOTAL, 富士通のAIM, 日本電気のADBS等がある。関係モデルには、Relational Technology社のINGRS (INteractive Graphics and REtrieval System) やIBM社のSYSTEM-R等がある。このほか、準関係モデルと呼ばれるSoftware AG社のADABAS (Adaptable Data Base System) やMRIシステムズ社のSYSTEM 2000が有名である。また、マイクロコンピュータ用のデータベース管理システムとしてCP/Mのもとで動くdBASE IIなどが市販されている (Merrett ら, 1984)。現在は処理速度や記憶容量の点で問題があるが、ハードウェアが急速に進歩しているため、今後環境指標のデータベースに利用される可能性が高い。

情報の検索を目的としたシステムでは、

- ① 対象や利用法がほぼ固定している
- ② オンライン更新の必要性がない
- ③ データ量が多い

などの特性があるため、特に「情報検索システム」としているものがある。例えば、TOTALのサブシステムのT-taskや、Information General社のINQUIRY IV/IMS, 富士通のDQS, 日立のORION等である (FIP, 1984)。

(3) データベースハードウェア

現在開発中であり、今後のデータベース構築において考慮すべきものに、データベース専用のハードウェアがある。すなわち、これまではあらゆる機能を単一の計算機に集中負担させてきたが、データベースシステムを専用のハードウェアに分担させることが考えられる。データベースハードウェアとしては次のようなものがある (植村, 1983)。

(i) 後置計算機

データベースシステム専用のミニコンやマイコンと補助記憶装置を装備し、データベースの機能を親計算機から独立させたもの。

(ii) データベースシステム用高性能補助記憶装置

補助記憶装置を関係モデル向きに大改良して、データの呼び出し時間を短縮させたもの。論理つきトラック型のデータベースマシンと呼ばれるもので、固定ヘッド型ディスクの各ヘッドに論理回路を付加して、全ヘッドに並列処理をさせているため、データの内容呼び出しが、ディスクの一回転でできる。

(iii) 電子ディスク (磁気バブルなど)

補助記憶装置として大容量高速の電子ディスクを採用して、データの呼び出し時間を短縮させたもの。

(iv) データベース計算機

構造記憶と大記憶をもち、機密保護装置などの機能別専用プロセッサを装備したデータベース専用の計算機。

このほか、画像情報のデータベース化のためには、大容量画像データの蓄積・検索が可能な専用の画像記憶装置（ビデオ・ディスクなど）が用いられる。

(4) ネットワークシステム

これも現在構築中のものであるが、将来考慮すべきシステムとしてデータベースの広域ネットワークシステムがある。環境情報を活用するためには、国土情報、社会経済情報などの相関解析（例えばオーバーレイ解析）が重要である。しかし、膨大な情報を蓄える環境情報データベースにおいて、これらの付加的な情報をも常時蓄積することは困難であり、データベースシステムの分散化、ネットワーク化が必要となる。ネットワークシステムの形態は、集中型、分散型、環状型の3種に大別される。

(i) 集中型

複数のノードが、中心にあるセントラル・ノードに結合され、セントラル・ノードがデータの流れを集中的に制御する。環境情報データベースにおいては、長期計画管理システム及びデータベースシステムをセンター（セントラル・ノード）として、分散設置されるオンライン解析システム及び遠隔利用端末を星状に配置する集中型が最適であろう。

(ii) 分散型

各ノードが少なくとも二つのノードに接続されネットワークを構成する。制御手順が複雑となるが各ノードの独立性を保つことができる。環境情報データベースを含む国家的レベルの情報データベースのネットワーク（ハイレベル・ネットワーク）は分散型であることが望ましい。現在世界最大のネットワークである米国ARPA（Advanced Research Projects Agency）は、広域に分散した大学研究所などの種々の計算機を接続し情報源を共有することを目的としたもので、57のノードを有する分散型ネットワークとなっている。

(iii) 環状型

各ノードがループ状に結合したもので制御は分散され、独立性は保たれるが、やりとりするデータ量が多いと回線不能となる。

5.3 指標作成と利用のための情報交流システム

コンピュータシステムを中心としたデータ処理システムのほかに、指標作成・利用の過程においても情報交流システムの役割は極めて重要である。情報交流システムは表5.9に例を示すように集団の間で意見を交流させるために作られた、大体は情報の提示と意見の集約がコンピュータを用いて機械的に行えるようになった会議システムである。この意見交流システムは基本的に会

議参加者間でのコミュニケーション促進と参加者のもつ意見を計測する機能をもっている。こうした機能は、環境指標の作成や利用手順のそれぞれの段階で活用が可能である。例えば

- ア. 項目の選択—スライド写真やビデオによる共通の題材をもとに多人数でブレインストーミングによって項目を列挙する
- イ. 計測と計量化—人間の意識量の計測実験 会議方式では多くの人を集めることができないので、地域全体の人々の意識を計ることはできないが、実験段階として利用できる
- ウ. 尺度化—価値関数の同定を多人数で行う場合等に用いられる
- エ. 結果の検討—計算・表示された指標を多人数の会議で検討したり、さらには指標の示す状況について論議する場合

などである。

5.3.1 情報交流システムの例

情報交流システムのプロトタイプが既にいくつか開発されている（表 5.9）。

表5.9 情報交流システムの例

システム例	場 所	主な利用目的	主な施設・機器
Decision Room	日本電気など	企業における意志決定支援	会議室、情報提示装置、コンピュータ
ORAKEL (Anruf erwünscht)	西独 システム科学研究所	テレビ放送の視聴者参加討論	テレビスタジオ、情報処理設備、電話による視聴者反応受信
SOBES	筑波大学 社会工学系	合意形成に至る社会行動に関する実験研究	大会議室、小会議室、コンピュータ、情報提示装置、回答器
Hi Ovis	生駒市 生活映像情報協会	CATV 及び視聴者参加討論	テレビスタジオ、光ファイバーによる双方向通信設備
ELMES	国立公害研究所	環境評価の定量化実験	会議室、情報提示装置、回答器、コンピュータ

(1) デジジョンルーム (安藤, 1980) — 指標の作成とは利用目的がやや異なるが, 企業におけるデジジョンルームが情報交流システムの原型である。これは「視聴覚機器・通信網・コンピュータなど情報機器を有機的に会議室に取り入れ, 組織のトップマネジメントの意志決定における知恵と決断を多面的に支援するツール」として設計されており, 会議の効率化, コミュニケーションの充実などがこの利用の利点としてあげられている。

(2) ORAKEL (Anruf erwünscht) (丹羽, 1980) — 古代ギリシャのデルファイ神殿の神託という意味をもった, ドイツで開発された住民参加会議の形態である。テレビスタジオでの諸グループの代表による討論がテレビで放送され, 討論内容に対する意見や賛否を視聴者は電話で局に知らせる。これを集計し, この意見分布に従い討論を逐次すすめていくのであるが, これは一種のアンケート調査でもあり, 社会調査の一方法としても使える。また, 評価のためのデルファイ法としても用いられている。

(3) SOBES (丹羽・司馬, 1981) — 筑波大学社会工学系に設置された社会行動実験システム。ビデオカメラ, ディスプレイをもつ小集団討論室とカラープロジェクターと 50 の回答器をもつ大集団討論室よりなり, 本来合意形成過程の研究に用いられるが, 情報交流, 意見集計の機能をもつ情報交流システムのひとつでもある。

(4) HiOVIS — 光ファイバーを用いた双方向CATVシステム。放送局と家庭が双方向TVでつながれているので, 地域住民の意見の集約が容易である。今後, INSなどのニューメディアの発達により, この形の情報交流システムが各地で普及するとみられるが, 在宅での地域環境評価モニターのための情報システムとしても用いられよう。

(5) ELMES (Evaluation Laboratory of Man-Environment System — 人間環境評価実験施設) (原科・原沢・西岡, 1982) — 国立公害研究所に設置された情報交流システム。一連のAV機器及び環境情報やモデル計算結果等を提示するディスプレイシステムと会議参加者の意見を集計するグループアナライザーシステムからなる会議場システムである (表 5.10, 図 5.10-11)。

表5.10 ELMESの機器構成 (原科ら, 1982)

	部屋	視聴覚機器	コンピュータ機器	その他
1. 会議場	○ 集団実験室 ○ 机・椅子			
2. 情報提示	○ スクリーン	○ VTR, スライド, OHP ○ ビデオ・プロジェクター ○ 教材提示卓, 16mm, 8mm ○ 集音マイク	○ グラフィック・ディスプレイ ○ ビデオ・プロジェクター ○ 画像記憶装置	
3. 集団反応把握			○ アナライザー及び回答器	
4. 情報処理	○ 実験制御室		○ ミニコンピュータ	○ 大型計算機の支援 (将来)
5. 結果のフィードバック	○ スクリーン	○ OHP	○ 磁気反転表示板 ○ グラフィック・ディスプレイ ○ ビデオ・プロジェクター	
6. テータ・ベース	○ スタジオ		○ 磁気ディスク ○ 画像記録装置	○ 大型計算機の支援 (将来)
7. 実験の進行・管理	○ スタジオ ○ フース	○ マイク・スピーカシステム ○ ビデオ編集・録画VTR ○ 音声調整, 録音架	○ TSS端末	

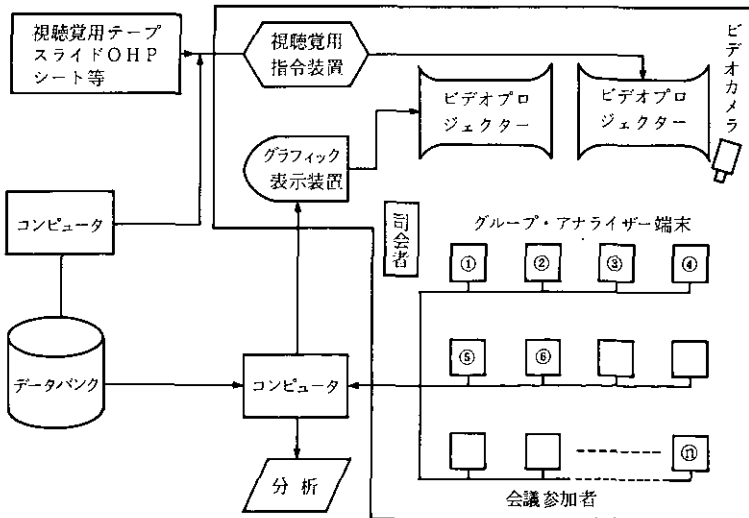


図5.10 ELMESシステム図 (原科ら, 1982)

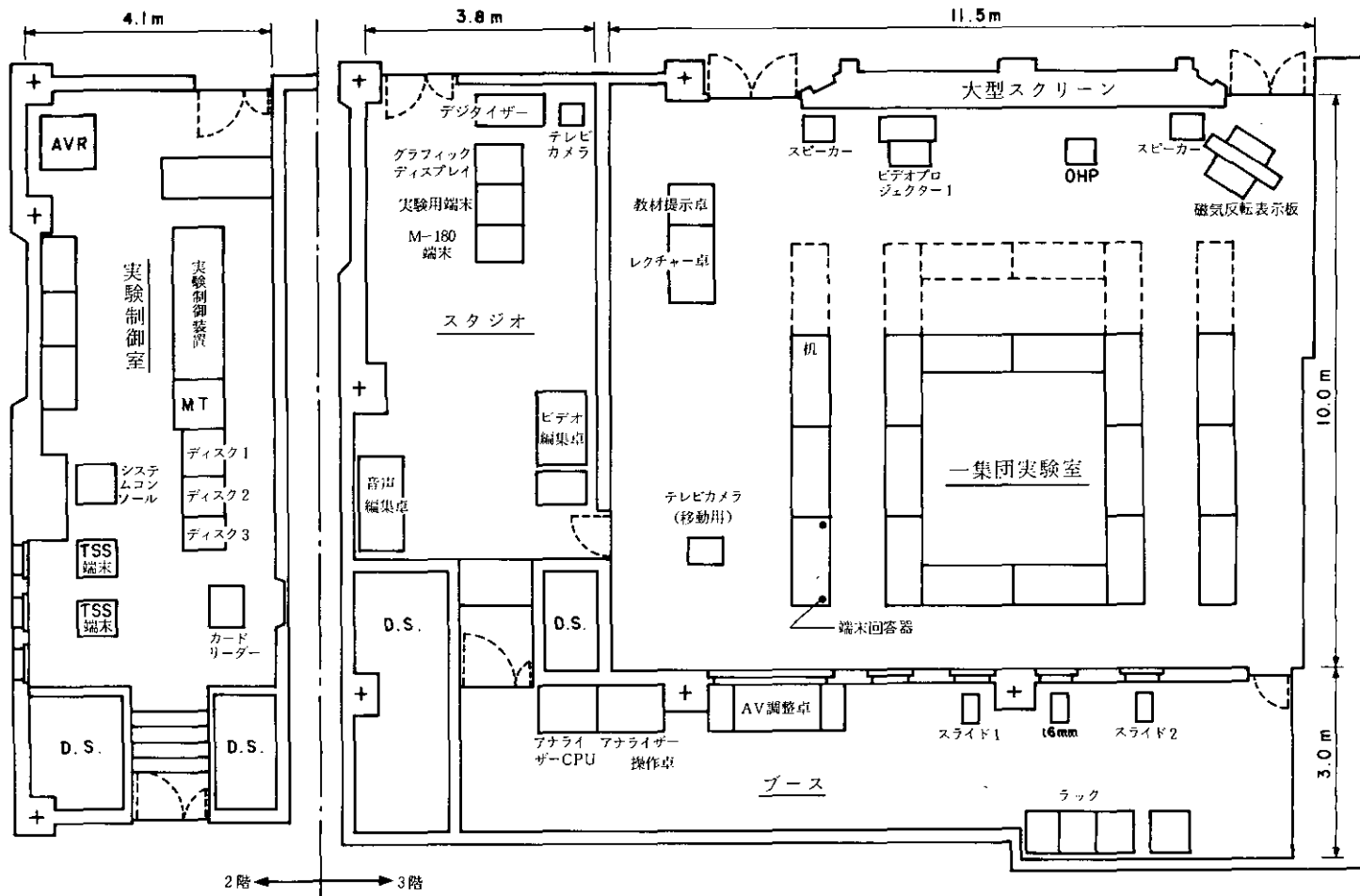


図5.11 ELMES (人間環境評価実験施設) 平面図 (原科ら, 1982)

5.3.2 情報交流システムの利用

図5.2に示した指標作成利用の過程のどの段階にこうした情報交流システムが利用できるかをELMESの例によって示す。

ELMESの機能は表5.11に示す三つの機能をもっている。第一の機能は会議における情報交流の支援である。この機能のためにOHP、スライド映写機、16mm映写機、ビデオテープレコーダー、教材提示卓、ビデオプロジェクターが備え付けられており、スライド2面が映写できるスクリーンをもつ。これらは主に会議主催者側からの情報提示の手段であるが、会議参加者からの反応は押ボタン式テンキー回答器から入力され集計用コンピューターを経てビデオプロジェクター又は磁気反転式表示板で参加者に集計結果が表示される。こうした情報提示のシステムは、計算された指標の効果的な広報に利用可能であり、また指標の提示に対する会議参加者の意見を集約し、施策に反映させるためにも用いられる。指標は最終的に効果的な表示がされることが望まれるが、ビデオプロジェクターに表示された指標を用いて参加者間でその良否を検討することも可能である。

表5.11 ELMESの機能と指標作成・利用への適用

システムの機能		応用手法、機器の例	指標作成利用の過程
1. 会議情報交流支援技術の開発	情報伝達 情報提示	視聴覚表現技法、グラフィック表示法	広 報 意 見 交 流
	意見整理 意見逐時集計	電子式投票器利用会議	意 見 計 測
2. 環境モデルの開発	モデル構築 構造同定 パラメーター設定 関数設定	ISM, DEMATEL, PPDS テルファイ会議 テルファイ会議	専門家による モデル開発
	モデル性能評価と修正	集団対話型電算モデル運用 集団対話型電算モデル運用	
3. 集団価値計測	環境評価構造の決定	環境評価項目の選定	項目選定
		評価項目の重要度決定 評価関数の同定	線形重みづけ法、一対比較法、 多重属性効用関数 テルファイ会議
	環境に対する価値分析	騒音評価 景観評価	騒音の再現 景観モニタージュ

第二の機能は環境モデルの開発である。これは主に専門家間での討議で、モデルの構造を決めたり、パラメーターを決めたりする段階での利用である。ELMESの制御機器はミニコンピュータ VAX 11/780 であるが、ここに収められたシミュレーションモデルの計算結果を画像表示して専門家間での討議に供する。

第三の機能は集団のもつ価値の計測である。地域全体を対象とした社会調査のかかわりに、代表者による回答器を用いた会議で大体の環境問題に対する住民意見の集約が可能となる。ここでは回答集計が即時に行われるので、回答結果に基づいて別な設問を行うなどによりアンケート調査が短時間で効率的に実施できる。ELMESでは聴覚、視覚に訴えた情報の提示が行える。例えば街路景観のスライドを参加者にみせて、その街路の快適性に関する評点づけを行ったり（価値計測）、景観保全のための整備すべき項目をスライド上で指摘させる（項目選定）こともできる。また、参加者に騒音を聞かせて不快度の点数をつけさせるといった価値関数決定にも用いられる。このとき、参加者の意見を収束させるために、集計結果を直ちに参加者に表示し、再び参加者に意見をきくといったリアルタイムデルファイ法も適用できる。こうした利用は指標作成の尺度化の各ステップを支援するものである。

5.4 指標の表示法

算定された指標は利用者に理解されやすいかたちに表示され、作成者以外へも伝達されるが、算定結果をどのような形で表示するかは指標の基本的な考え方とも関連していて十分の検討が必要である。また、分かり易い表示にするために工夫をこらすことは、指標の本来の目的からいって極めて重要な作業のひとつである。

5.4.1 厳密さとわかりやすさ

指標の利用方法は大きく二つに分けられる。ひとつは専門的利用、ひとつは非専門的利用である。前者においては指標に厳密性が保たれ、操作可能性と結びついていることが望ましく、集約化の程度は低い。後者においては直感的に理解されやすいことが重要であり総合化の程度は高い。指標の表示は、ここで述べた二つの利用目的にそれぞれ合致したものでなくてはならず、またできれば専門的利用・非専門的利用の両方の要求を同時に満たすものであることが望ましい。

環境指標を総合化する段階で項目間集約・時間集約・空間集約の三つの軸での集約化が行われ、その段階でいくらかの情報が失われる。また、尺度化に工夫をし、重みづけにより総合化する段階でも情報が失われるため、最終的に厳密さがかなり犠牲にされる可能性がある。指標の表示法を考えるとときもこうした情報のロスに十分配慮する必要がある。

5.4.2 集約化との対応 (表 5.12) (図 5.12)

空間・時間集約化の過程でもともとアナログ量であったものを積分したりサンプル化したりしてデジタル量に変える操作が行われる。表示のときにもそれぞれの集約化段階と対応して、時間集約では連続量表示から離散量表示へ、空間集約では地図表示からメッシュ表示へと変わる。集約化の少ない段階での表示を理解するときは人間のパターン認識能力に頼るところが多く指標としては歯切れが悪くなるが、その一方、原データに近い情報が残る可能性が高いというメリットがある。

表5.12 指標集約化と表示の関係

集約過程	理解の方法	時 間	地 域	項 目
アナログ型 (集約) ↓ デジタル型	パターンによる把握 ↓ 数値による把握	実時間データ表示 ↓ 積 分 化 サンプル値	大縮尺地図 ↓ メッシュ化地図	
ベクトル化 スカラー化		↓ 多次元表示 (ポリゴングラフ) ↓ 一次元表示 (数値・グラフ)		

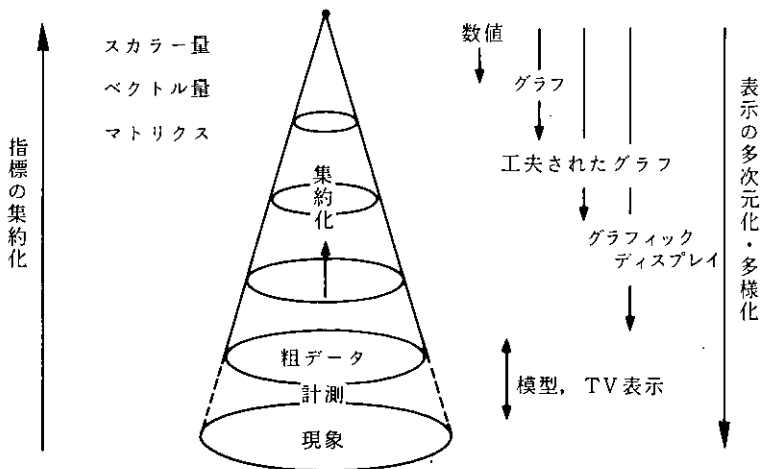


図5.12 指標の集約化と表示の工夫の対応

空間集約と地図—— 地域的分布の表示の基本は地図である。地図でもなるべく集約化しない(メッシュ化しない)地図が最小単位である。これをいくらか集約化したのがメッシュデータであり、メッシュ化することによって情報が集約化されて表示される。更に、例えば県単位で集約すれば47次元のベクトルになるし、これを県別人口の重みをかけてスカラー量で示せばひとつの数字だけで日本の環境状態が示されることになる。

時間集約—— 時間分布の最小単位の表示は実時間表示である。計測値のアナログ記録がこれに相当する。時間を間引いてサンプル値で代表させたり積分値のみで表示する段階が次に来る。

集約化の少ない表示—— 時間的にも空間的にも最も集約化の少ない段階での表示が、実時間地図表示である。時間としてサンプル時間のみとれば低速度撮影的表示法が得られる。地域をもっとミクロにみるのであれば、TVによる撮影が考えられる表示方法である。景観をTVで表示するのは、景観という項目に対する実時間・最小地域単位の表示であるが、この場合集約度は最も低く「指標」の表示とはいいいがたくなる。

項目間集約—— 項目間の集約は極めて困難である。集約化の度合の低い表示としては実際の模型がその例である。例えば内湾における海流・大気流の状況を組み込んだ1m四方ほどのガラス箱型地域環境モデルがあるとしたとき、これは「表示装置」としては集約化の低いそれだけ情報量の失われていない表示の工夫であるが、「指標化」の本来の目的である単純化の観点から見ると逆の効果を持っている。もちろんこの対極として空間・時間・項目を集約したひとつのスカラー量での表示があるが、厳密性と分かり易さの点で果してこの両極端の奈辺に指標の表示として適当なところがあるのかはそれぞれの利用の目的から決めるしか手はない。

5.4.3 効果的な表示法

効果的な表示方法を考える際に、表 5.13 に示すような表示を行う場面や手段を一応考慮しておく必要がある。表示の効果を高めるために、例えば広告制作におけるAIDMAのような基本原則を踏まえるとよい。

これは表示法の工夫であって以下の略語である。

- A ATTENTION 一人目を引くような工夫をする。図化・カラー化等
- I INTEREST 一人の興味を引く工夫をする。地域間・時点間・項目間の比較ができると興味を引く。特に全体の状況とその中での自分の位置が対比されると興味が大いにわいてくる。
- (D DESIRE 一人に欲しがらせる。)

- M MEMORY 一人に記憶させる工夫をする。繰り返し表示したり、キャッチフレーズで記憶させる。
- A ACTION 一（本来は消費者を購買活動に向かわせるという意味であるが、ここでは表示に対して）人を行動に移させる。表示された指標に対して疑問を持たせ、その解決法を対話型で与えて自分で回答を見つけてさせる。データベースと連結した検索可能な表示方法等がこれに当たる。

表5.13 指標表示の方法

コミュニケーションの相手	コミュニケーションの場面	コミュニケーションのメディア	理解向上の方法	理解向上の手段
専門家間	オフィス	印刷物 報告書	目をひきつけさせる わかりやすくする	カラー化 グラフ化
		パンフレット 新聞・雑誌 ポスター		
専門家- 非専門家	会合 大人数 小人数	スライド	全体と個別の 両方を示す 比較する	図化 地図にのせる 象徴化する
		OHP パネル		
非専門家間	街頭	表示盤 街頭 展示場	項目間 時点間	縮小/拡大する 検索可能とする
	展示場	映画	地域間	データベース と連動させる
	住宅内	テレビ グラフィック ディスプレイ ラジオ □コミ	参加させる 疑問をもたせる 操作させる	対話型にする

5.4.4 グラフィックディスプレイの利用

コンピュータによる支援システムを前提とすれば、グラフィックディスプレイでの表示は極めて効果がある。コンピュータグラフィックスによる表示は、人間とコンピュータの情報交換の窓口を拡大したという点でコンピュータ利用上の大きな進歩である。人間の能力はパターン認識にあるし、コンピュータは大容量記憶と高速計算が得意であり、これらは互いに欠けた能力でもある。コンピュータグラフィックディスプレイを用いれば、指標はかなり集約度の低い段階から高い段階まで任意に表示が可能である。集約前のデータのディスプレイをみながら集約の仕方を検討することもできる。こうした機能は指標の専門的利用にも非専門的利用にも柔軟に対応できるものである。例えば集約化度の低い指標としての地図情報も、それを一部集約したメッシュ情報も簡単な操作で続けて示すことができる。

5.4.3で述べた効果的なディスプレイが、グラフィックディスプレイの出現によって容易なものとなった。例えば同じグラフ表示でもカラー化することによって三次元的な理解が可能になってきた。写真5.1(西岡・森口, 1983)は全国の市の人口動態を示した例であるが、社会増加率、自然増加率、人口密度の3変数の関連が一度に表示されており、例えば特異な都市が容易に見分けられる。そしてその特異な都市についての詳細を知りたいときは、カーソルでグラフ上の点を指示すれば、即座にその市に関するデータがデータベースから検索され表示される。写真5.2のようにカーソルで囲んだ地域の平均値を直ちに計算して横のグラフに出したり、写真5.3のように二つの異なる指標の関係をその場で確認することも可能である。

項目間集約もグラフィックディスプレイを用いれば容易になる。写真5.4(国立公害研究所総合解析部, 未発表)では大気・騒音の二つの指標をメッシュデータとして重ね合わせたもので、両項目の総合化を画面上で行っている。

また、ある指標に影響を与える施策(制御可能量)との関連もつけやすい(写真5.5)。道路に沿った騒音被害の状況を示す指標(区間内騒音被害人口数)の交通量制御による増減が、コンピュータに組み込まれたシミュレーションモデルで計算され再び表示される。この図では道路全体の状況と小区間の状況が同時に示され、自分の近辺の環境が制御につれてどう変わるかについての情報も得られる。

5.4.5 表示とその利用の例

ここで指標あるいは指標的な利用をした環境情報の表示の例と効果的な表示方法をいくつか示す。

ア. 多項目を一度に示すためのレーダーチャート(図5.13)

(脇本・後藤・松原, 1979)

イ. 3項目を一度に示すための三角グラフ(図5.14)

(脇本・後藤・松原, 1979)

ウ. 時間的変化の表示(図5.15)

(脇本・後藤・松原, 1979)

エ. 変動するデータとトレンドの同時表示(図5.16)

(Ott, 1978)

オ. 評価対象とデータを視覚的に対応させた表示法(図5.17)

(脇本・後藤・松原, 1979)

カ. 同じく象徴化した表示の例。(図5.18)

数地区の道路環境の総合評価表示をフェースチャートで試みたもの。(国立公害研究所総合解析部・計測技術部, 1982)

写真5.1 散布図表示の例

全国の市の人口動態を表した例でX軸に社会増加率、Y軸に自然増加率、表示色に人口密度を割り当ててプロットしたもの。左下に赤い点、青い点の両方が集まっているが、前者は人口過密の都心部、後者は過疎地域で、両者とも自然増加率が低く、社会的には減少傾向にある都市である。

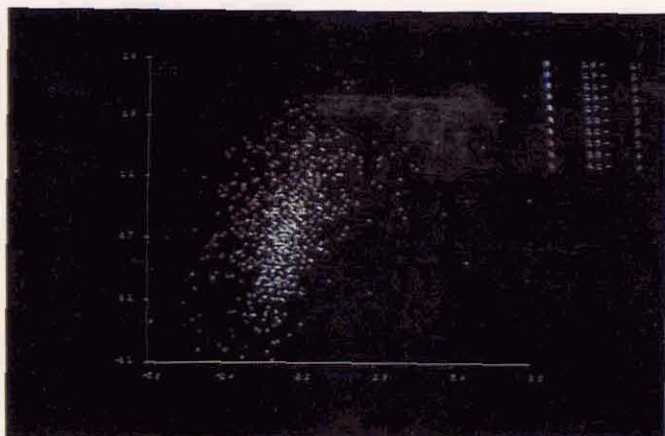


写真5.2 カーソルによる処理の例

カーソルで囲んだ地域内の測定局について平均、標準偏差、最大、最小、中央値、四分位点などを計算する。表示例はNO₂年平均値について、中央値、四分位点、ひじ幅を示したもので、左から東京都心部、鹿島工業地帯、市原～君津付近の湾岸工業地帯、埼玉南部（カーソルで囲んでいる）の四地域についての昭和55年平均値集計値。



写真5.3 濃度分布と土地利用の比較

NO₂年平均濃度と都市的土地利用の分布を並べて表示している。下のグラフは、測定局周辺の都市的土地利用率と濃度の関係をプロットしたもので、両者の間にかなり高い相関がみられる。

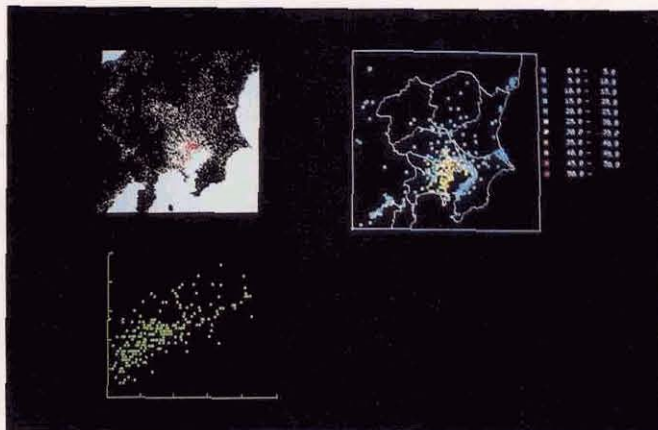


写真5.4 環境指標表示の例

赤はNO₂、緑は騒音、黄は両方が環境基準を超えていて、公害の面からみて住みにくい地区を示している。

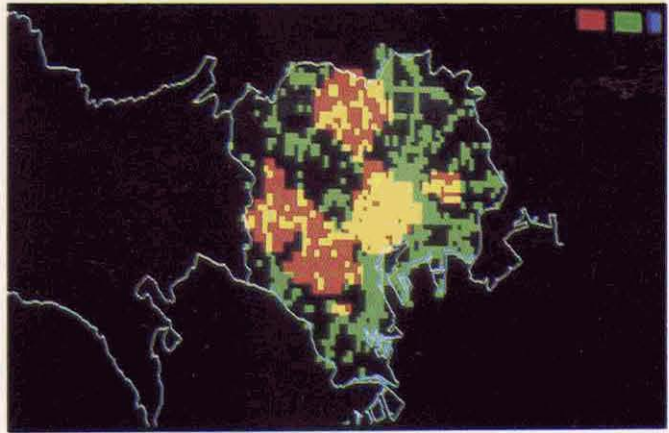


写真5.5 立体グラフによる騒音被害人口の表示

対象道路を小区間に区切り、区間ごとに50dB以上の騒音に曝露される人の数を高さで表している。本線(手前)とバイパス(向こう側)の比較が可能で、バイパス開通の効果を評価するのに用いられる。

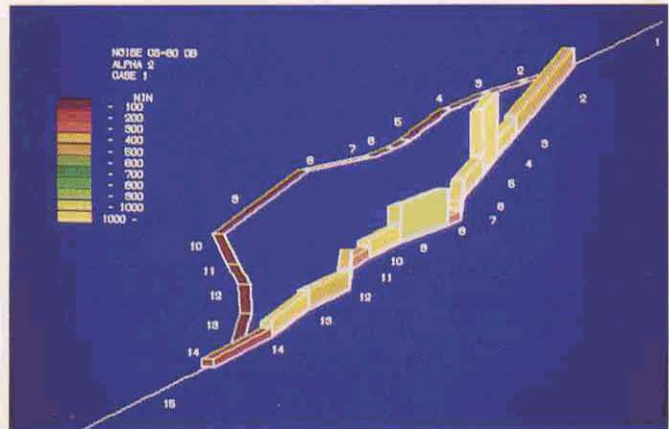
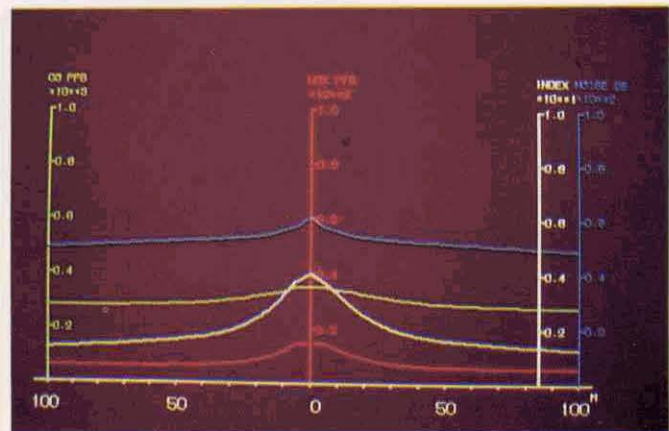


写真5.6 NO_x, CO, 騒音の結合指標
道路と直角方向変化



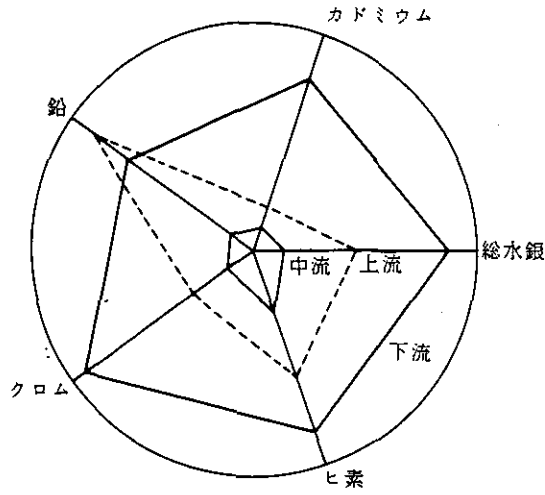


図5.13 レーダーチャート：荒川の名流域における汚染状況（脇本ら，1979）

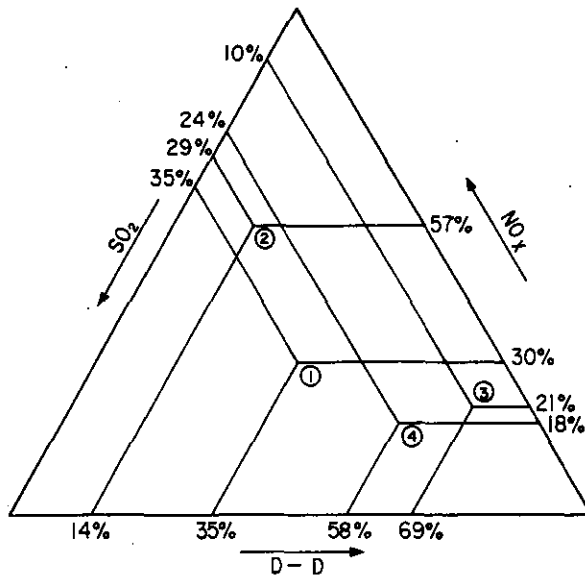


図5.14 三角グラフ表示（脇本ら，1979）

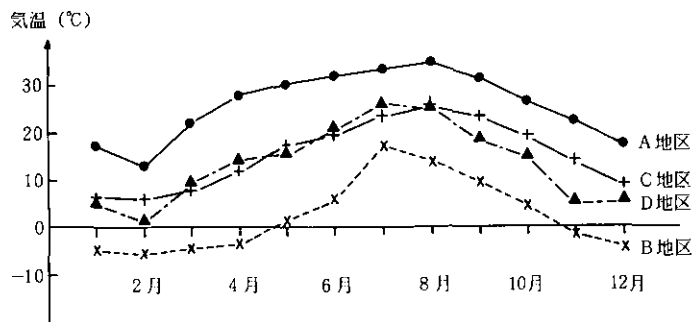


図5.15 時系列プロット (脇本ら, 1979)

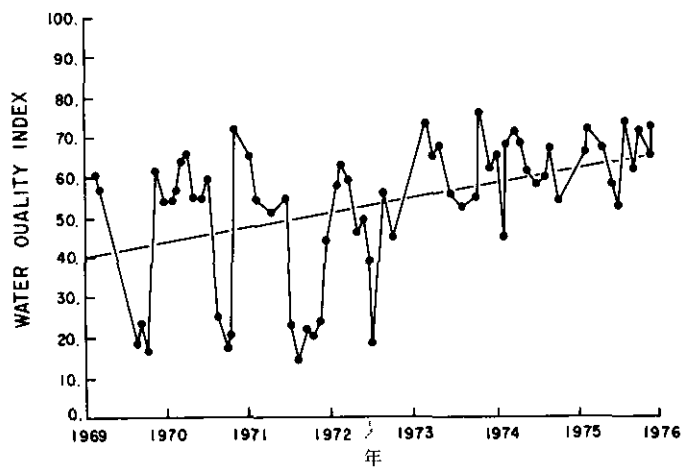


図5.16 WQI を用いた一地点の水質トレンド表示 (Ott, 1978)

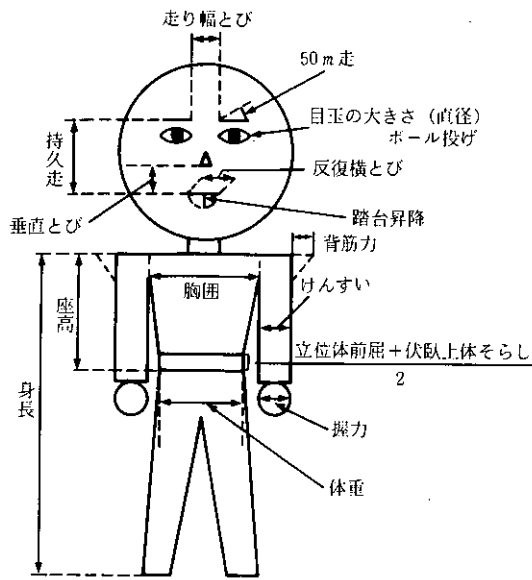


図5.17 標準体系グラフ (脇本ら, 1979)

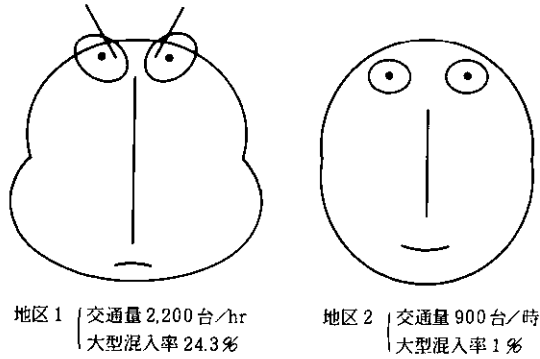


図5.18 フェイス・チャートによる交通公害意識調査結果の表示例
(国立公害研究所総合解析部・計測技術部, 1982)

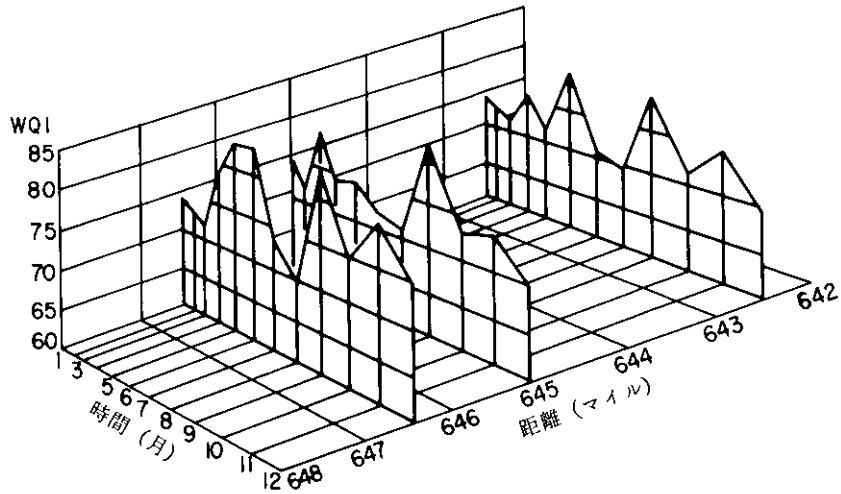


図5.19 NSFQI を用いたテネシー川の水質プロフィール (Ott, 1978)

キ. 多地点の時間変動の同時表示 (図 5.19)

河川に沿った水質指標の表示例 (Ott, 1978)

ク. 地域全河川の水質を各項目と経年変化を合わせて表示する工夫
(図 5.20)

EPA の年次報告書の記載例 (USEPA, 1983)

ケ. アメリカ数都市における PSI (Pollution Standard Index) の表示 (図 5.21)

大気汚染の項目ごと及び総合指標として PSI が棒グラフでしめされている。(Ott, 1978)

コ. 地域大気環境の表示例 (図 5.22)

EPA の年次報告書の記載例 カラー表示 (USEPA, 1983)

サ. テレビによる汚染予報の表示 (図 5.23)

EPA のガイドラインで提案している (Ott, 1978)

シ. 道路周辺環境の結合指標による評価 (写真 5.6)

道路からの距離による影響の変化が示されている (国立公害研究所総合解析部・計測技術
部, 1982)

ス. 市域のメッシュデータ表示 (図 5.24)

マイコンを利用して地盤沈下の様子を 200 m メッシュで示したもの (越谷市, 1983)

セ. 県域のメッシュデータ表示 (図 5.25)

ランドサットデータから算定した緑被率 (大阪府生活環境部, 1983)

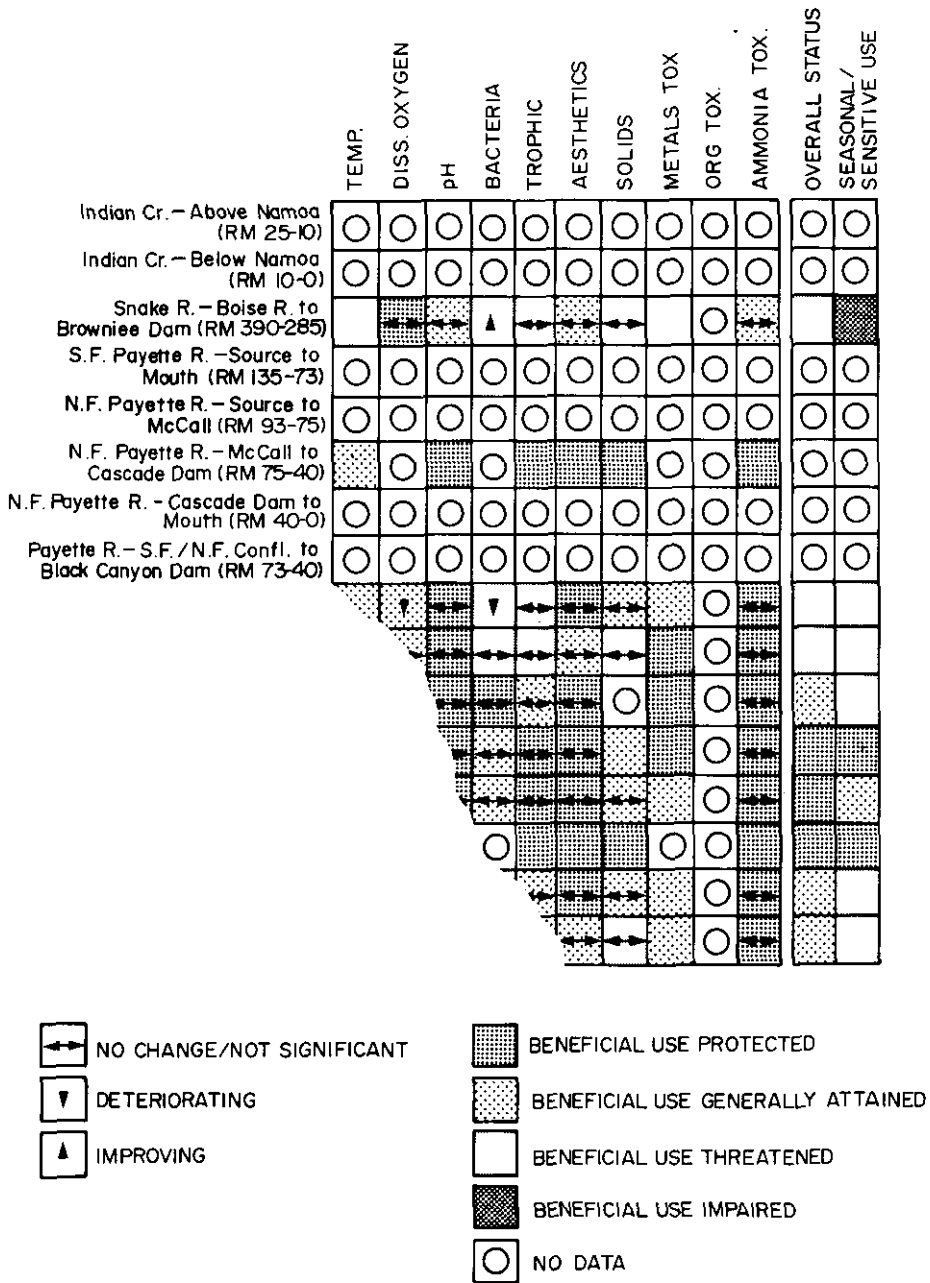


図5.20 地点別水質年次変化表示の工夫 (USEPA, 1983)

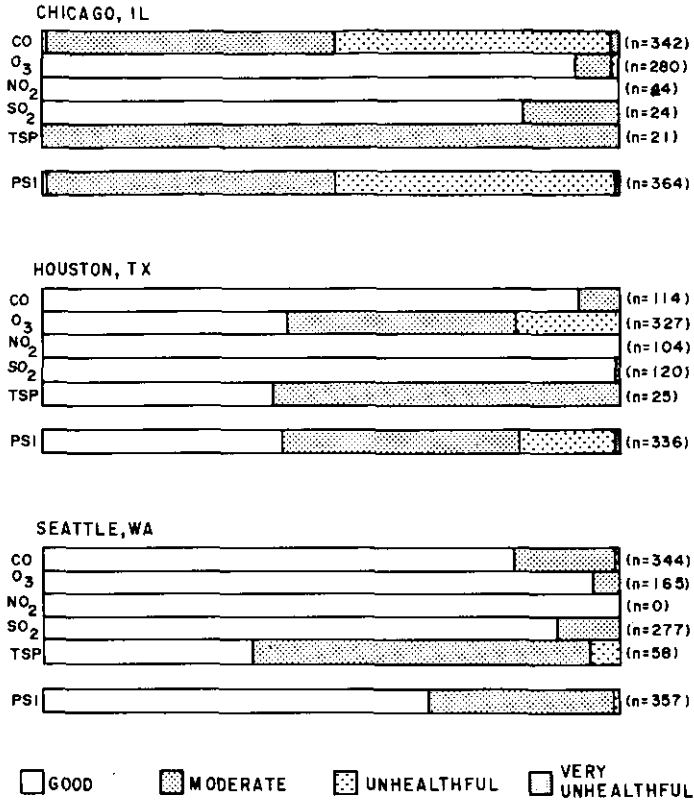


図5.21 都市の大気汚染状況をPSIで示した図 (Ott, 1978)

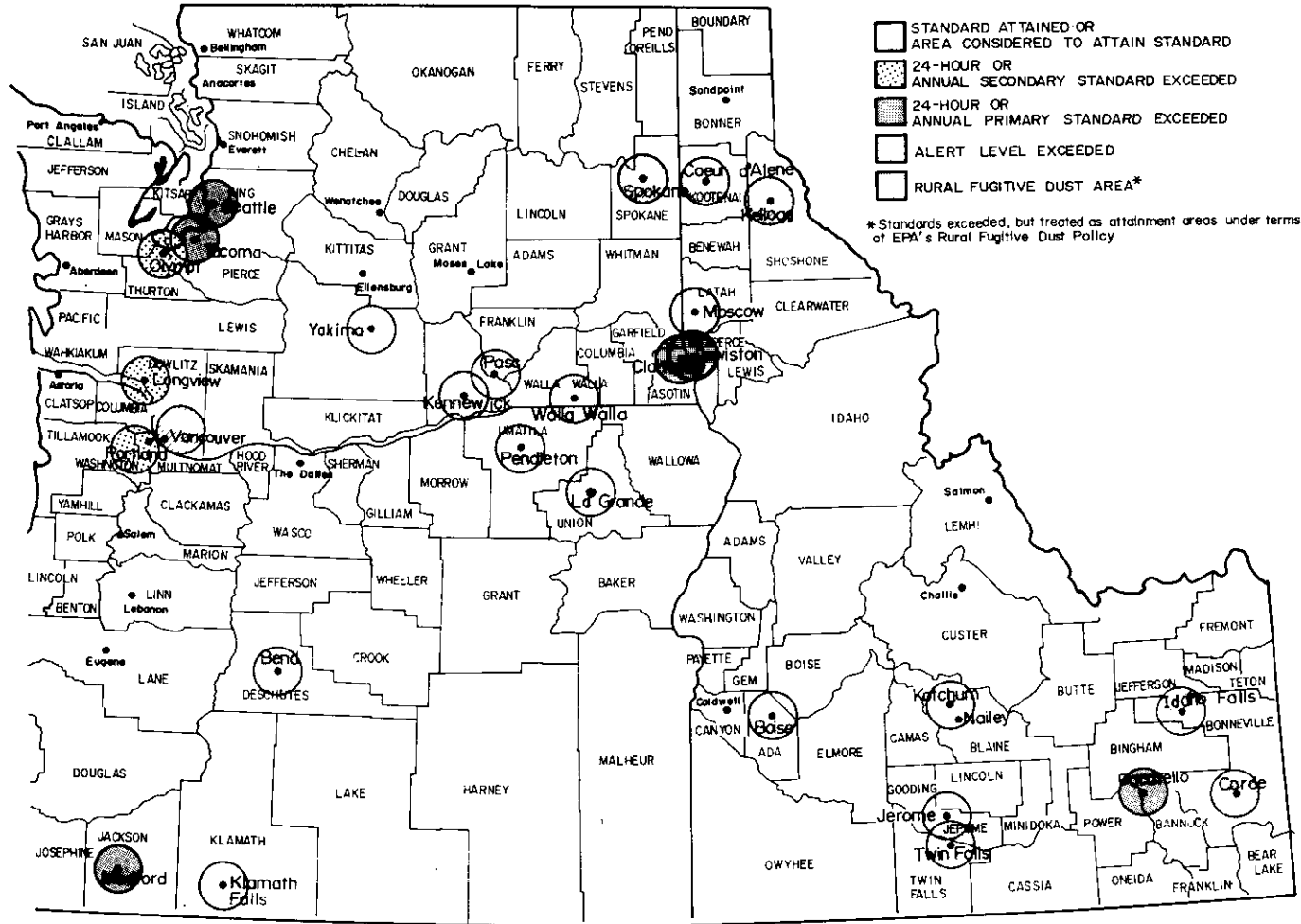
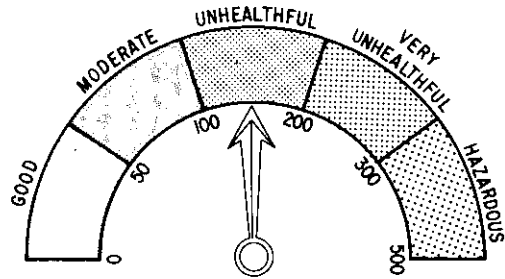


図5.22 地域大気汚染の表示 (USEPA, 1983)



POLLUTANT: Oxidants
 TODAY'S HEALTH IMPLICATIONS: Respiratory ailment
 and heart disease patients should reduce exertion
 and outdoor activity.
 FORECAST: No change.

図5.23 テレビ汚染予報の提案例 (Ott, 1978)

- 凡 例
- 累積 (5年間) 200^{mg/m³}以上
 - 累積 (5年間) 100^{mg/m³}以上
 - 累積 (5年間) 100^{mg/m³}未満



図5.24 マイコンによる越谷市地盤沉下メッシュ図表示 (越谷市, 1983)



図5.25 ランドサットデータによる緑被率のメッシュ表示（大阪府，1983）

ソ．市域周辺のメッシュ表示（図5.26）

プリンターを用い室蘭市の自然条件を表示したもの。（国立公害研究所総合解析部，未発表）

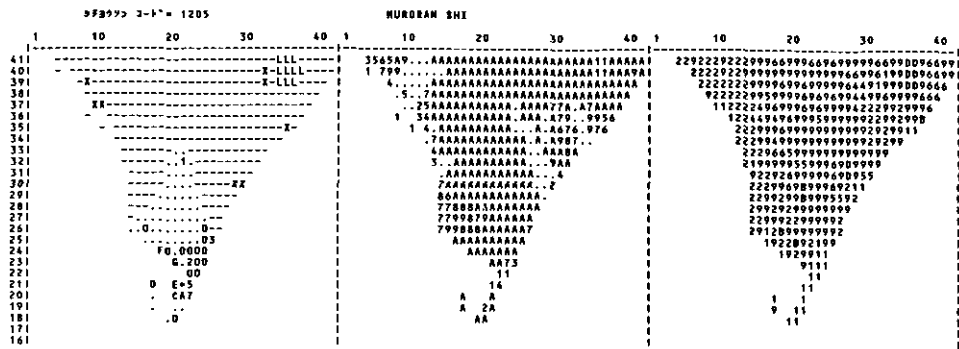
タ．総合化の手順も含めての表示（図5.27）

（脇本・後藤・松原，1979）

チ．河川環境の生物指標による表示（図5.28）

鳥や魚の絵をいれて興味をもたせている（大阪府生活環境部公害室水質課，1982）

ツ．指標の表示に限らないが，このほか脇本・後藤・松原（1979）に効果的なディスプレイの手法がまとめられており，Davis & McCullagh（1975）に多くの地図データの表示の例があげられている



- * : 市街地中心メッシュ位置
- ・ : 当市区
- : 当市区で市街地メッシュ
- : 当市区以外の市区町村
- X : 当市区以外の市街地メッシュ
- △ : 湖沼
- 1~G : 各方位ごとの市街地中心メッシュの最大仰角位置
1-北~2-北北東 G北北西
- ・ : 河川敷
- 1~A : 各ランク

図5.26 室蘭市周辺の自然条件のメッシュ表示

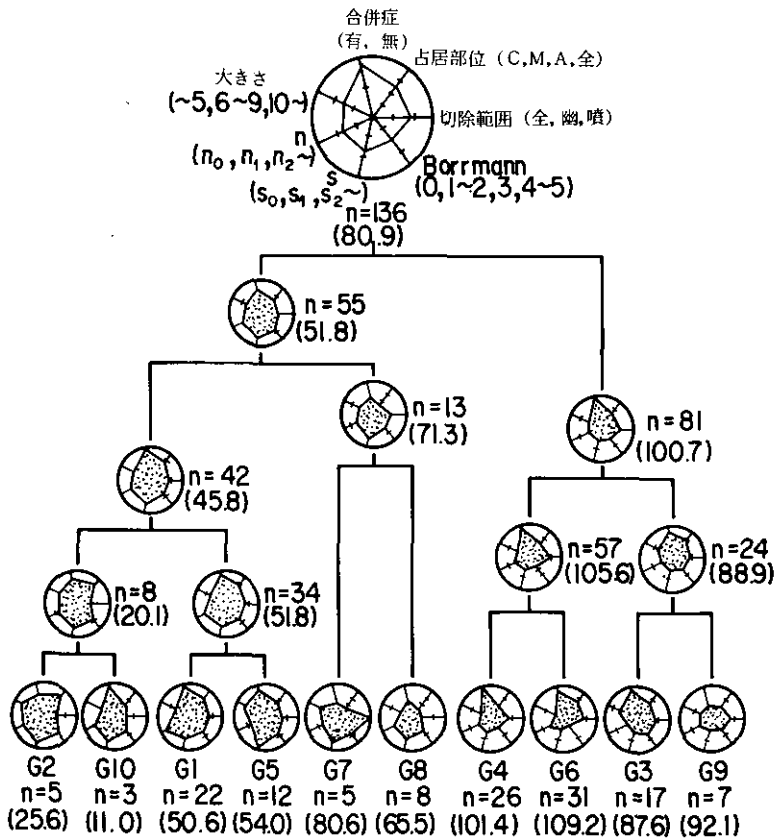


図5.27 アンドログラムとレーダーチャートの組合せ適用 (脇本ら, 1979)

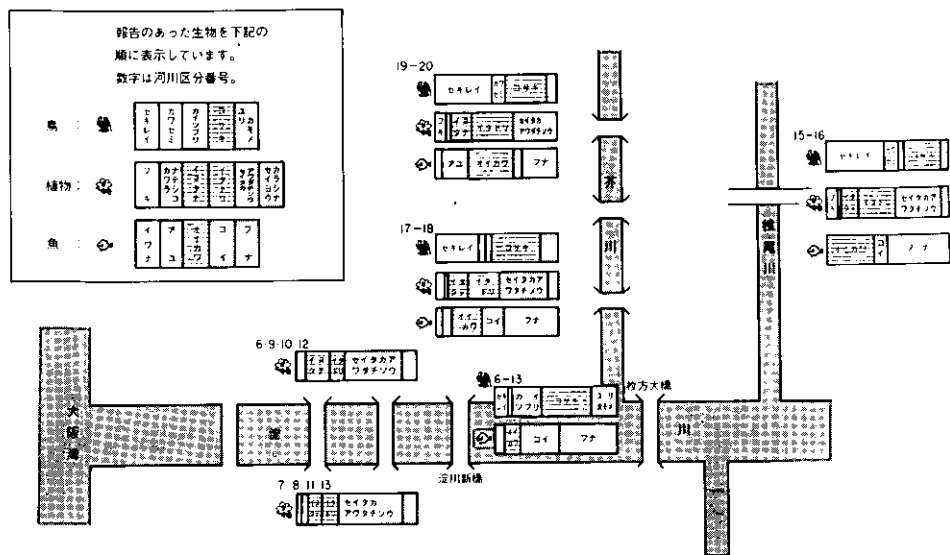


図5.28 生物指標の表示例（大阪府，1982）

参考文献

- American Society of Photogrammetry (1983) : Manual of Remote Sensing.
- 安藤文夫 (1980) : デジションルームシステム. 技術と経済, 9, 95-109.
- Davis, J.C. and McCullagh (1975) : Display and Analysis of Spatial Data. John Wiley & Sons, New York.
- FIP (1984) : 環境影響審査総合システム調査検討報告書. 昭和 58 年度環境庁委託研究 (未刊行).
- 行政管理庁 (1982) : 各省庁保有磁気データファイル一覧.
- 袴田共之・廣崎昭太 (1984) : 生態モデル作成のための会話的コンピュータプログラムBGS IIについて. 国立公害研究所研究報告, 第62号, 49-63.
- 原沢英夫・西岡秀三 (1983) : 環境評価のためのコンピュータ支援システム. 環境情報科学, 10 (3), 74-81.
- 原科幸彦・原沢英夫・西岡秀三 (1982) : 環境施策のシステム分析支援技術の開発に関する研究. 国立公害研究所研究報告, 第 37 号, 150 p.
- 菱田昌考 (1978) : 水質変化予測 (シミュレーション) の現状と動向. 用水と廃水, 20 (7), 72-79
- 日立製作所 (1976) : 大気質に係る環境影響評価手法向上に関する調査研究報告書, 昭和 50 年度環境庁委託.
- Hoaglin,D.C., F.Mosteller and J.W.Tukey (1983) : Understanding Robust and Exploratory Data Analysis. John Wiley & Sons Inc.

- likura, Y., Y. Yasuoka and M. Naito (1977): Pattern model for prediction of regional pollution distribution. "Preprint of IFAC Symposium on Environmental Systems", 389-393, Kyoto
- 伊理正夫編 (1983): 地理的情報の処理に関する基本アルゴリズム, 日本オペレーションズリサーチ学会.
- 石井聖光 (1975): 道路交通騒音予測計算方法に関する研究 (その1) — 実用的な計算式について —, 日本音響学会, 31 (8), 77-78.
- 環境庁大気保全局大気規制課編 (1982): 窒素酸化物総量規制マニュアル, 公害研究対策センター.
- 建設省国土地理院 (1983): 国土数値情報の概要.
- 建設省国土地理院 (1984): 細密数値情報.
- 国立公害研究所 (1984): 国立公害研究所年報, 第9号.
- 国立公害研究所 (1981): 第2回富栄養化問題シンポジウム — モデルと評価 —, 国立公害研究所調査報告書, 第18号, 211 p
- 国立公害研究所総合解析部・計測技術部 (1982): 環境面よりみた地域交通体系の評価に関する総合解析研究, 国立公害研究所研究報告, 第35号, 176 p
- 国立公害研究所環境情報部 (1984): INFOTERRA 国内情報源台帳 (第6版).
- 越谷市 (1983): 越谷市環境管理計画.
- Krusemark, S.W., et al. (1983): An operating system interface for transportable image processing software, Computer Vision, Graphics and Image Processing, 23, 42-66.
- 松岡 譲・内藤正明 (1983): 水質観測点の適正配置に関するシステム解析, 国立公害研究所研究報告, 第48号, 157 p.
- Merrett, T.H. and B.E. Smith (古川哲也・吉川正俊) (1984): マイクロコンピュータ用関係データベース・システムの比較, bit 別冊1, 167-174.
- 森口祐一 (1983): 全国都市環境データベースの作成, 環境情報科学, 12 (3), 72-78.
- 内藤正明 (1984): 環境問題に将来展望と環境指標, 環境研究, 49, 113-123.
- 中島映至・山野牧 (1979): 粒径の計測と画像処理, SENAC, 12 (4), 1-6.
- 中村正一 (1983): パソコンBASIC 実践多変量解析法, 現代数学社.
- 日本音響材料協会編 (1982): 騒音振動対策ハンドブック, 技報堂.
- 西岡秀三・森口祐一 (1983): 環境政策支援のための画像表示システム, 季刊環境研究, 46, 22-35.
- 丹羽富士雄 (1980): オラケルによる合意形成システム, 技術と経済, 9, 19-39.
- 丹羽富士雄・司馬正次 (1981): オピニオンテクノロジー—社会的合意形成のための方法, 計測と制御, 20 (1), 45-49.
- 岡 敬一・吉見 洋・井口 潔・小森谷廣子 (1983): 総合水質指標による神奈川県内河川水質の解析, 水質汚濁研究, 6 (6), 407-413.
- 奥野忠一 (1982): 環境情報の統計的特徴, 環境情報科学, 11 (2), 2-9.
- 大橋靖雄 (1983): 統計プログラム・パッケージの現況, 日本SASユーザ会論文集.
- 大崎紘一・菊池 進・緒方正名 (1982): ベーシック・プログラムによる統計手法, 東京同文書院.
- 大阪府生活環境部公害室水質課 (1982): '82 府民のみた淀川.
- 大阪府生活環境部 (1983): 大阪府環境総合計画基礎資料 (環境の管理).
- Ott, W.R. (1978): Environmental Indices—Theory and Practice. Ann Arbor Science.
- リモート・センシング技術センター (1979): 人工衛星による環境情報の収集・利用に関する調査報告書, 昭和53年度環境庁委託.
- 清水浩・笹野泰弘・安岡善文・松戸 修・竹内延夫・奥田典夫 (1981): コンピュータによるレーザーレーダデータの画像表示法, 電子通信学会論文誌, J 64-C (4), 242-249.
- 篠原正則・内藤正明 (1980): スプライン法による大気汚染二次元分布の推定, 環境情報科学, 9 (4), 62-65.

- Tamura, H., *et al.* (1983) : Design and implementation of SPIDER-a transportable image processing software package. *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 23, 273-294.
- 田村正之 (1984) : 道路の両側に設置された防音壁の減音効果. *日本音響学会講演論文集*.
- Texas water development board (1971) : Simulation of water quality in streams and canals, theory and description of the QUAL-I mathematical modeling system, PB 202975.
- 植村俊亮 (1983) : データベースシステムの基礎. オーム社.
- United States Environmental Protection Agency (1983) : Environment Management Report.
- Velleman, P.F. and D.C. Hoaglin (1981) : Applications, Basics and Computing of Exploratory Data Analysis. PWA Publishers.
- 脇本和昌・後藤昌司・松原義弘 (1979) : 多変量グラフ解析法. 朝倉書店, 198 p.
- 安岡善文・宮崎忠国 (1979) : 遠隔計測による水質特性の計測と分類. 第18回計測自動制御学会学術講演会予稿集, 733-734.
- Yasuoka, Y. and T. Miyazaki (1980) : IPSEN - An interactive image processing system for environmental analysis and evaluation. *Proc. of 5th Inter. Conference on Pattern Recognition*, 745-749.
- 安岡善文 (1982) : 環境評価のための画像情報処理. *環境情報科学*, 11 (2), 42-47
- 横山長之 (1982) : マイコン用煙突排ガス拡散計算プログラム. *産業公害*, 18 (10), 59-68.

おわりに

本報告書は内外の関連資料を広く踏まえた上で、「環境指標とは何か」、「環境指標をどう作るか」を一般的かつ標準的な形で手引書的にまとめたものである。ただし、このような形でまとめることは、全体的なバランスがとれていること、網羅的にサーベイされ、かつそれが十分そしゃくされていること、厳密でありながら分かり易く書かれていることなどが求められ、このような意味では個別研究成果をまとめることよりも難しい。

本報が十分そのような要求に応えるものになっているかどうか、我々としては最大限の努力を尽くしたが、その評価は読者の判断に待たねばならない。大方の忌憚なき御批判を期待している。

なお、本報をまとめるに当たって本特別研究の全メンバーから得た助力の大きさは言うまでもない。さらに文部省環境科学特別研究R-40及びR-50領域から支援を得たことを記して謝辞に代える。

索引

ア行

AIDMA	141
異常値の検出	69
一対毎の配点割りつけ	89
一対ごとの比	89
一対比較法	88
EDA(探索的データ解析法)	69
indicanda	22
INFOTERRA	119
疫学調査法	67
NNW	15
NGT法	91
OECD	17
重み	46, 72
重みづけ	86, 97

カ行

荷重係数	99
画像情報	119
画像処理	127
価値関数	46
価値尺度化	74
簡易性	12
間隔尺度	71
環境影響評価	40
環境基準	12, 77
環境状態	23
環境負荷	23
環境目標	39
簡便性	56
基準化	71
基準点法	76
客観性	56
Canter & Hill	81

行政区方式	120
空間集約	46
空間スケール	26
グラフィックディスプレイ	142
計画アセスメント	40
景観の計量化	58
継続性	42, 56
計量方法	11
決定分析	90
厳密性	41
較正可能性	56
項目間集約	46, 141
項目間の集約化	84
項目の選択	44
効用関数	46
個別評価値	74
コミュニケーション	40, 113

サ行

再現性	56
SAPコード	33
GNP	15
時間集約	46, 141
時系列指数	74
指標化	71
指標情報システム	109
社会指標	15, 75
社会調査	65
集合調査	95
集約化	23, 46, 47
集約化関数	46
主観量の計量化	83
順序尺度	71
順序づけ	87

情報源情報	119
情報交流システム	133
数値情報	118
スケール	110
生物指標	20
積分領域の設定	99
絶対的な評価	79
線形重みづけ	90
線形和表示	97
先行指標	27
戦略性	41
総合化	13, 47
総合価値関数	86
相対的評価	79
タ行	
体系性	41
代表化	93
代表指標	94
代表性	12, 42, 56, 70, 129
多元性	41
Churchman Ackoffの方法	90
直観性	42
地理情報システム	125
中央公害対策審議会	16
デジタル画像処理	58
データベース	129
デルファイ法	91
都市環境質の構成要素	49
都市居住環境指標	17
Thom-Ott分類コード	34
トレードオフ法	89
ドレノフスキー	76
ナ行	
内外挿法	69

人間影響	23
人間活動	23
人間環境評価実験施設(ELMES)	118

ハ行

配点割りつけ	88
箱ひげ図	122
Battelle Columbus	81
パターン計測	61
判定基準	11, 12
被害関数	46
表示法	139
標準得点	74
評点づけ	88
比率尺度	71
文献情報	119
分類コード	33
平易性	42
変数値	44
包括性	41
ポリゴン方式	125

マ行

マイクロコンピュータ利用	113
幹葉表示	122
水辺快適性	63
魅力性	42
名儀尺度	71
メッシュ方式	120, 125

ヤラワ行

予見性	41
予測モデル	124
リモートセンシング	61
利用目的	40

国立公害研究所特別研究成果報告

- 第 1 号 陸水域の富栄養化に関する総合研究——霞ヶ浦を対象域として——昭和51年度。(1977)
第 2 号 陸上植物による大気汚染環境の評価と改善に関する基礎的研究——昭和51, 52年度 研究報告。(1978)

(改 称)

国立公害研究所研究報告

- ※ 第 3 号 A comparative study of adults and immature stages of nine Japanese species of the genus *Chironomus* (Diptera, Chironomidae). (1978)
(日本産ユスリカ科 *Chironomus* 属9種の成虫, サナギ, 幼虫の形態の比較)
- 第 4 号 スモッグチャンバーによる炭化水素-窒素酸化物系光化学反応の研究——昭和52年度 中間報告。(1978)
- 第 5 号 芳香族炭化水素-窒素酸化物系の光酸化反応機構と光酸化二次生成物の培養細胞に及ぼす影響に関する研究——昭和51, 52年度 研究報告。(1978)
- 第 6 号 陸水域の富栄養化に関する総合研究(Ⅱ)——霞ヶ浦を中心として。——昭和53年度。(1979)
- ※ 第 7 号 A morphological study of adults and immature stages of 20 Japanese species of the family Chironomidae (Diptera). (1979)
(日本産ユスリカ科20種の成虫, サナギ, 幼虫の形態学的研究)
- ※ 第 8 号 大気汚染物質の単一および複合汚染の生体に対する影響に関する実験的研究——昭和52, 53年度 研究報告。(1979)
- 第 9 号 スモッグチャンバーによる炭化水素-窒素酸化物系光化学反応の研究——昭和53年度 中間報告。(1979)
- 第 10 号 陸上植物による大気汚染環境の評価と改善に関する基礎的研究——昭和51~53年度 特別研究報告。(1979)
- ※ 第 11 号 Studies on the effects of air pollutants on plants and mechanisms of phytotoxicity. (1980)
(大気汚染物質の植物影響およびその植物毒性の機構に関する研究)
- 第 12 号 Multielement analysis studies by flame and inductively coupled plasma spectroscopy utilizing computer-controlled instrumentation. (1980)
(コンピュータ制御装置を利用したフレイムおよび誘導結合プラズマ分光法による多元素同時分析)
- 第 13 号 Studies on chironomid midges of the Tama River. (1980)
Part 1. The distribution of chironomid species in a tributary in relation to the degree of pollution with sewage water.
Part 2. Description of 20 species of Chironominae recovered from a tributary.
(多摩川に発生するユスリカの研究
— 第1報 その一支流に見出されたユスリカ各種の分布と下水による汚染度との関係 —
— 第2報 その一支流に見出された Chironominae 亜科の20種について —)
- 第 14 号 有機廃棄物, 合成有機化合物, 重金属等の土壌生態系に及ぼす影響と浄化に関する研究——昭和53, 54年度 特別研究報告。(1980)
- ※ 第 15 号 大気汚染物質の単一および複合汚染の生体に対する影響に関する実験的研究——昭和54年度 特別研究報告。(1980)
- 第 16 号 計測車レーザーレーダーによる大気汚染遠隔計測。(1980)
- ※ 第 17 号 流体の運動および輸送過程に及ぼす浮力効果——臨海地域の気象特性と大気拡散現象の研究——昭和53, 54年度 特別研究報告。(1980)

- 第 18 号 Preparation, analysis and certification of PEPPERBUSH standard reference material. (1980)
(環境標準試料「リョウブ」の調製, 分析および保証値)
- ※ 第 19 号 陸水域の富栄養化に関する総合研究 (Ⅲ) — 霞ヶ浦 (西浦) の湖流 — 昭和53, 54年度.
(1981)
- 第 20 号 陸水域の富栄養化に関する総合研究 (Ⅳ) — 霞ヶ浦流域の地形, 気象水文特性およびその湖水環境に及ぼす影響 — 昭和53, 54年度. (1981)
- 第 21 号 陸水域の富栄養化に関する総合研究 (Ⅴ) — 霞ヶ浦流入河川の流出負荷量変化とその評価 — 昭和53, 54年度. (1981)
- 第 22 号 陸水域の富栄養化に関する総合研究 (Ⅵ) — 霞ヶ浦の生態系の構造と生物現存量 — 昭和53, 54年度. (1981)
- 第 23 号 陸水域の富栄養化に関する総合研究 (Ⅶ) — 湖沼の富栄養化状態指標に関する基礎的研究 — 昭和53, 54年度. (1981)
- 第 24 号 陸水域の富栄養化に関する総合研究 (Ⅷ) — 富栄養化が湖利用に及ぼす影響の定量化に関する研究 — 昭和53, 54年度. (1981)
- 第 25 号 陸水域の富栄養化に関する総合研究 (Ⅸ) — [*Microcystis*] (藍藻類) の増殖特性 — 昭和53, 54年度. (1981)
- 第 26 号 陸水域の富栄養化に関する総合研究 (Ⅹ) — 藻類培養試験法による A G P の測定 — 昭和53, 54年度. (1981)
- 第 27 号 陸水域の富栄養化に関する総合研究 (Ⅺ) — 研究総括 — 昭和53, 54年度. (1981)
- 第 28 号 複合大気汚染の植物影響に関する研究 — 昭和54, 55年度 特別研究報告. (1981)
- 第 29 号 Studies on chironomid midges of the Tama River. (1981)
Part 3. Species of the subfamily Orthocladiinae recorded at the summer survey and their distribution in relation to the pollution with sewage waters.
Part 4. Chironomidae recorded at a winter survey.
(多摩川に発生するユスリカ類の研究
— 第 3 報 夏期の調査で見出されたエリユスリカ亜科 Orthocladiinae 各種の記載と, その分布の下水汚染度との関係について —
— 第 4 報 南浅川の冬期の調査で見出された各種の分布と記載 —)
- ※ 第 30 号 海域における富栄養化と赤潮の発生機構に関する基礎的研究 — 昭和54, 55年度 特別研究報告. (1982)
- 第 31 号 大気汚染物質の単一および複合汚染の生体に対する影響に関する実験的研究 — 昭和55年度 特別研究報告. (1981)
- 第 32 号 スモッグチャンバーによる炭化水素-窒素酸化物系光化学反応の研究 — 環境大気中における光化学二次汚染物質生成機構の研究 (フィールド研究 1) — 昭和54年度 特別研究報告. (1982)
- 第 33 号 臨海地域の気象特性と大気拡散現象の研究 — 大気運動と大気拡散過程のシミュレーション — 昭和55年度 特別研究報告. (1982)
- 第 34 号 環境汚染の遠隔計測・評価手法の開発に関する研究 — 昭和55年度 特別研究報告. (1982)
- 第 35 号 環境面よりみた地域交通体系の評価に関する総合解析研究. (1982)
- 第 36 号 環境試料による汚染の長期モニタリング手法に関する研究 — 昭和55, 56年度 特別研究報告. (1982)
- 第 37 号 環境施策のシステム分析支援技術の開発に関する研究. (1982)
- 第 38 号 Preparation, analysis and certification of POND SEDIMENT certified reference material. (1982)
(環境標準試料「池底質」の調製, 分析及び保証値)
- 第 39 号 環境汚染の遠隔計測・評価手法の開発に関する研究 — 昭和56年度 特別研究報告. (1982)

- 第 40 号 大気汚染物質の単一及び複合汚染の生体に対する影響に関する実験的研究 — 昭和56年度 特別研究報告. (1983)
- 第 41 号 土壤環境の計測と評価に関する統計学的研究. (1983)
- ※ 第 42 号 底泥の物性及び流送特性に関する実験的研究. (1983)
- ※ 第 43 号 Studies on chironomid midges of the Tama River. (1983)
 Part 5. An observation on the distribution of Chironominae along the main stream in June with description of 15 new species.
 Part 6. Description of species of the subfamily Orthoclaadiinae recovered from the main stream in the June survey.
 Part 7. Additional species collected in winter from the main stream.
 (多摩川に発生するユスリカ類の研究
 — 第 5 報 本流に発生するユスリカ類の分布に関する 6 月の調査成績とユスリカ亜科に属する 15 新種等の記録 —
 — 第 6 報 多摩本流より 6 月に採集されたエリユスリカ亜科の各種について —
 — 第 7 報 多摩本流より 3 月に採集されたユスリカ科の各種について —)
- 第 44 号 スモッグチャンバーによる炭化水素-窒素酸化物系光化学反応の研究. — 環境大気中における光化学二次汚染物質生成機構の研究 (フィールド研究 2) — 昭和54年度 特別研究中報告. (1983)
- 第 45 号 有機廃棄物, 合成有機化合物, 重金属等の土壤生態系に及ぼす影響と浄化に関する研究 — 昭和53年~55年度 特別研究報告. (1983)
- 第 46 号 有機廃棄物, 合成有機化合物, 重金属等の土壤生態系に及ぼす影響と浄化に関する研究 — 昭和54, 55年度 特別研究報告 第 1 分冊. (1983)
- 第 47 号 有機廃棄物, 合成有機化合物, 重金属等の土壤生態系に及ぼす影響と浄化に関する研究 — 昭和54, 55年度 特別研究報告 第 2 分冊. (1983)
- ※ 第 48 号 水質観測点の適正配置に関するシステム解析. (1983)
- 第 49 号 環境汚染の遠隔計測・評価手法の開発に関する研究 — 昭和57年度 特別研究報告. (1984)
- 第 50 号 陸水域の富栄養化防止に関する総合研究 (I) — 霞ヶ浦の流入負荷量の算定と評価 — 昭和55~57年度 特別研究報告. (1984)
- 第 51 号 陸水域の富栄養化防止に関する総合研究 (II) — 霞ヶ浦の湖内物質循環とそれを支配する因子 — 昭和55~57年度 特別研究報告. (1984)
- 第 52 号 陸水域の富栄養化防止に関する総合研究 (III) — 霞ヶ浦高浜入における隔離水界を利用した富栄養化防止手法の研究 — 昭和55~57年度 特別研究報告. (1984)
- 第 53 号 陸水域の富栄養化防止に関する総合研究 (IV) — 霞ヶ浦の魚類及び甲殻類現存量の季節変化と富栄養化 — 昭和55~57年度 特別研究報告. (1984)
- 第 54 号 陸水域の富栄養化防止に関する総合研究 (V) — 霞ヶ浦の富栄養化現象のモデル化 — 昭和55~57年度 特別研究報告. (1984)
- 第 55 号 陸水域の富栄養化防止に関する総合研究 (VI) — 富栄養化防止対策 — 昭和55~57年度 特別研究報告. (1984)
- 第 56 号 陸水域の富栄養化防止に関する総合研究 (VII) — 湯の湖における富栄養化とその防止対策 — 昭和55~57年度 特別研究報告. (1984)
- 第 57 号 陸水域の富栄養化防止に関する総合研究 (VIII) — 総括報告 — 昭和55~57年度 特別研究報告. (1984)
- 第 58 号 環境試料による汚染の長期的モニタリング手法に関する研究 — 昭和55~57年度 特別研究総合報告. (1984)

- 第 59 号 炭化水素-窒素酸化物-硫黄酸化物系光化学反応の研究——光化学スモッグチャンバーによるオゾン生成機構の研究——大気中における有機化合物の光酸化反応機構の研究——昭和55～57年度 特別研究報告(第1分冊)。(1984)
- 第 60 号 炭化水素-窒素酸化物-硫黄酸化物系光化学反応の研究——光化学エアロゾル生成機構の研究——昭和55～57年度 特別研究報告(第2分冊)。(1984)
- 第 61 号 炭化水素-窒素酸化物-硫黄酸化物系光化学反応の研究——環境大気中における光化学二次汚染物質生成機構の研究(フィールド研究)——昭和55～57年度 特別研究報告(第3分冊)。(1984)
- 第 62 号 有害汚染物質による水界生態系のかく乱と回復過程に関する研究——昭和56～58年度 特別研究中間報告。(1984)
- 第 63 号 海域における富栄養化と赤潮の発生機構に関する基礎的研究——昭和56年度 特別研究報告。(1984)
- 第 64 号 複合大気汚染の植物影響に関する研究——昭和54～56年度 特別研究総合報告。(1984)
- 第 65 号 Studies on effects of air pollutant mixtures on plants—Part 1. (1984)
(複合大気汚染の植物に及ぼす影響——第1分冊)
- 第 66 号 Studies on effects of air pollutant mixtures on plants—Part 2. (1984)
(複合大気汚染の植物に及ぼす影響——第2分冊)
- 第 67 号 環境中の有害物質による人の慢性影響に関する基礎的研究——昭和54～56年度 特別研究総合報告。(1984)
- 第 68 号 汚泥の土壌還元とその環境に関する研究——昭和56～57年度 特別研究総合報告。(1984)
- 第 69 号 中禅寺湖の富栄養化現象に関する基礎的研究。(1984)
- 第 70 号 Studies on chironomid midges in lakes of the Nikko National Park (1984)
Part I. Ecological studies on chironomids in lakes of the Nikko National Park.
Part II. Taxonomical and morphological studies on the chironomid species collected from lakes in the Nikko National Park.
(日光国立公園の湖沼のユスリカに関する研究
——第1部 日光国立公園の湖のユスリカの生態学的研究——
——第2部 日光国立公園の湖沼に生息するユスリカ類の分類学的、形態学的研究——)
- 第 71 号 リモートセンシングによる残雪及び雪田植生の分布解析。(1984)
- 第 74 号 都市域及びその周辺の自然環境に係る環境指標の開発に関する研究。環境指標—その考え方と作成方法(1984)

※残部なし

Report of Special Research Project the National Institute for Environmental Studies

- No. 1* Man activity and aquatic environment – with special references to Lake Kasumigaura – Progress report in 1976. (1977)
- No. 2* Studies on evaluation and amelioration of air pollution by plants – Progress report in 1976-1977. (1978)

[Starting with Report No. 3, the new title for NIES Reports was changed to:]

Research Report from the National Institute for Environmental Studies

- ※ No. 3 A comparative study of adults and immature stages of nine Japanese species of the genus *Chironomus* (Diptera, Chironomidae). (1978)
- No. 4* Smog chamber studies on photochemical reactions of hydrocarbon-nitrogen oxides system – Progress report in 1977. (1978)
- No. 5* Studies on the photooxidation products of the alkylbenzene-nitrogen oxides system, and on their effects on Cultured Cells – Research report in 1976-1977. (1978)
- No. 6* Man activity and aquatic environment – with special references to Lake Kasumigaura – Progress report in 1977-1978. (1979)
- ※ No. 7 A morphological study of adults and immature stages of 20 Japanese species of the family Chironomidae (Diptera). (1979)
- ※ No. 8* Studies on the biological effects of single and combined exposure of air pollutants – Research report in 1977-1978. (1979)
- No. 9* Smog chamber studies on photochemical reactions of hydrocarbon-nitrogen oxides system – Progress report in 1978. (1979)
- No.10* Studies on evaluation and amelioration of air pollution by plants – Progress report in 1976-1978. (1979)
- ※ No.11 Studies on the effects of air pollutants on plants and mechanisms of phytotoxicity. (1980)
- No.12 Multielement analysis studies by flame and inductively coupled plasma spectroscopy utilizing computer-controlled instrumentation. (1980)
- No.13 Studies on chironomid midges of the Tama River. (1980)
- Part 1. The distribution of chironomid species in a tributary in relation to the degree of pollution with sewage water.
- Part 2. Description of 20 species of Chironominae recovered from a tributary.
- No.14* Studies on the effects of organic wastes on the soil ecosystem – Progress report in 1978-1979. (1980)
- ※ No.15* Studies on the biological effects of single and combined exposure of air pollutants – Research report in 1977-1978. (1980)
- No.16* Remote measurement of air pollution by a mobile laser radar. (1980)
- ※ No.17* Influence of buoyancy on fluid motions and transport processes – Meteorological characteristics and atmospheric diffusion phenomena in the coastal region – Progress report in 1978-1979. (1980)
- No.18 Preparation, analysis and certification of PEPPERBUSH standard reference material. (1980)
- ※ No.19* Comprehensive studies on the eutrophication of fresh-water areas – Lake current of Kasumigaura (Nishiura) – 1978-1979. (1981)
- No.20* Comprehensive studies on the eutrophication of fresh-water areas – Geomorphological and hydrometeorological characteristics of Kasumigaura watershed as related to the lake environment – 1978-1979. (1981)

- No.21* Comprehensive studies on the eutrophication of fresh-water areas – Variation of pollutant load by influent rivers to Lake Kasumigaura – 1978-1979. (1981)
- No.22* Comprehensive studies on the eutrophication of fresh-water areas – Structure of ecosystem and standing crops in Lake Kasumigaura – 1978-1979. (1981)
- No.23* Comprehensive studies on the eutrophication of fresh-water areas – Applicability of trophic state indices for lakes – 1978-1979. (1981)
- No.24* Comprehensive studies on the eutrophication of fresh-water areas – Quantitative analysis of eutrophication effects on main utilization of lake water resources – 1978-1979. (1981)
- No.25* *Comprehensive studies on the eutrophication of fresh-water areas – Growth characteristics of Blue-Green Algae, *Mycrocystis* – 1978-1979. (1981)*
- No.26* Comprehensive studies on the eutrophication of fresh-water areas – Determination of algal growth potential by algal assay procedure – 1978-1979. (1981)
- No.27* Comprehensive studies on the eutrophication of fresh-water areas – Summary of researches – 1978-1979. (1981)
- No.28* Studies on effects of air pollutant mixtures on plants – Progress report in 1979-1980. (1981)
- No.29 Studies on chironomid midges of the Tama River. (1981)
 Part 3. Species of the subfamily Orthoclaadiinae recorded at the summer survey and their distribution in relation to the pollution with sewage waters.
 Part 4. Chironomidae recorded at a winter survey.
- ※ No.30* Eutrophication and red tides in the coastal marine environment – Progress report in 1979-1980. (1982)
- No.31* Studies on the biological effects of single and combined exposure of air pollutants – Research report in 1980. (1981)
- No.32* Smog chamber studies on photochemical reactions of hydrocarbon-nitrogen oxides system – Progress report in 1979 – Research on the photochemical secondary pollutants formation mechanism in the environmental atmosphere (Part 1). (1982)
- No.33* Meteorological characteristics and atmospheric diffusion phenomena in the coastal region – Simulation of atmospheric motions and diffusion processes – Progress report in 1980. (1982)
- No.34* The development and evaluation of remote measurement methods for environmental pollution – Research report in 1980. (1982)
- No.35* Comprehensive evaluation of environmental impacts of road and traffic. (1982)
- No.36* Studies on the method for long term environmental monitoring – Progress report in 1980-1981. (1982)
- No.37* Study on supporting technology for systems analysis of environmental policy – The evaluation laboratory of Man-environment Systems. (1982)
- No.38 Preparation, analysis and certification of POND SEDIMENT certified reference material. (1982)
- No.39* The development and evaluation of remote measurement methods for environmental pollution – Research report in 1981. (1983)
- No.40* Studies on the biological effects of single and combined exposure of air pollutants – Research report in 1981. (1983)
- No.41* Statistical studies on methods of measurement and evaluation of chemical condition of soil. (1983)
- ※ No.42* Experimental studies on the physical properties of mud and the characteristics of mud transportation. (1983)
- ※ No.43 Studies on chironomid midges of the Tama River. (1983)

Part 5. An observation on the distribution of Chironominae along the main stream in June, with description of 15 new species.

Part 6. Description of species of the subfamily Orthoclaadiinae recovered from the main stream in the June survey.

Part 7. Additional species collected in winter from the main stream.

- No.44* Smog chamber studies on photochemical reactions of hydrocarbon-nitrogen oxides system – Progress report in 1979 – Research on the photochemical secondary pollutants formation mechanism in the environmental atmosphere (Part 2). (1983)
- No.45* Studies on the effect of organic wastes on the soil ecosystem – Outlines of special research project – 1978-1980. (1983)
- No.46* Studies on the effect of organic wastes on the soil ecosystem – Research report in 1979-1980, Part 1. (1983)
- No.47* Studies on the effect of organic wastes on the soil ecosystem – Research report in 1979-1980, Part 2. (1983)
- ※ No.48* Study on optimal allocation of water quality monitoring points. (1983)
- No.49* The development and evaluation of remote measurement method for environmental pollution – Research report in 1982. (1984)
- No.50* Comprehensive studies on the eutrophication control of freshwaters – Estimation of input loading in Lake Kasumigaura. – 1980-1982. (1984)
- No.51* Comprehensive studies on the eutrophication control of freshwaters – The function of the ecosystem and the importance of sediment in national cycle in Lake Kasumigaura. – 1980-1982. (1984)
- No.52* Comprehensive studies on the eutrophication control of freshwaters – Enclosure experiments for restoration of highly eutrophic shallow Lake Kasumigaura. – 1980-1982. (1984)
- No.53* Comprehensive studies on the eutrophication control of freshwaters – Seasonal changes of the biomass of fish and crustacea in Lake Kasumigaura and its relation to the eutrophication. – 1980-1982. (1984)
- No.54* Comprehensive studies on the eutrophication control of freshwaters – Modeling the eutrophication of Lake Kasumigaura. – 1980-1982. (1984)
- No.55* Comprehensive studies on the eutrophication control of freshwaters – Measures for eutrophication control. – 1980-1982. (1984)
- No.56* Comprehensive studies on the eutrophication control of freshwaters – Eutrophication in Lake Yunoko. – 1980-1982. (1984)
- No.57* Comprehensive studies on the eutrophication control of freshwaters – Summary of researches. – 1980-1982. (1984)
- No.58* Studies on the method for long term environmental monitoring – Outlines of special research project in 1980-1982. (1984)
- No.59* Studies on photochemical reactions of hydrocarbon-nitrogen-sulfur oxides system – Photochemical ozone formation studied by the evacuable smog chamber – Atmospheric photooxidation mechanisms of selected organic compounds – Research report in 1980, 1982. (1984)
- No.60* Studies on photochemical reactions of hydrocarbon-nitrogen-sulfur oxides system – Formation mechanisms of photochemical aerosol – Research report in 1980, 1982. (1984)
- No.61* Studies on photochemical reactions of hydrocarbon-nitrogen-sulfur oxides system – Research on the photochemical secondary pollutants formation mechanism in the environmental atmosphere. – Research report in 1980, 1982. (1984)

- No.62* Effects of toxic substances on aquatic ecosystems – Progress report in 1980-1983. (1984)
- No.63* Eutrophication and red tides in the coastal marine environment – Progress report in 1981. (1984)
- No.64* Studies on effects of air pollutant mixtures on plants – Final report in 1979-1981. (1984)
- No.65 Studies on effects of air pollutant mixtures on plants – Part 1. (1984)
- No.66 Studies on effects of air pollutant mixtures on plants – Part 2. (1984)
- No.67* Studies on unfavourable effects on human body regarding to several toxic materials in the environment, using epidemiological and analytical techniques – Project research report in 1979-1981. (1984)
- No.68* Studies on the environmental effects of the application of sewage sludge to soil – Research report in 1981-1983. (1984)
- No.69* Fundamental studies on the eutrophication of Lake Chuzenji – Basic research report. (1984)
- No.70 Studies on chironomid midges in lakes of the Nikko National Park – Part I. Ecological studies on chironomids in lakes of the Nikko National Park. – Part II. Taxonomical and morphological studies on the chironomid species collected from lakes in the Nikko National Park. (1984)
- No.71* Analysis on distributions of remnant snowpack and snow patch vegetation by remote sensing. (1984)
- No.74* A Comprehensive Study on the Development of Indices System for Urban and Suburban Environmental Quality. Environmental Indices-Basic Notion and Formation (1984).

* in Japanese

* out of stock

RESEARCH REPORT FROM
THE NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES, JAPAN
No. 74

国立公害研究所研究報告 第74号
(R-74-'84)

昭和59年11月30日発行

編 集 国立公害研究所編集委員会
発 行 環境庁国立公害研究所
茨城県筑波郡谷田部町小野川16番2

印 刷 HEC印刷株式会社
住 所 茨城県日立市大みか町5-1-26

Published by the National Institute for Environmental Studies
Yatabe-machi, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan
November 1984