

総合指標における測定データの解析手法

発表者氏名（所属） ○ 吉田 誠宏 （(特活)大阪府環境協会）

キーワード：（環境測定、総合指標、データ解析、ベストミックス、情報リテラシー）

1. はじめに

環境測定の基本目的は、測定によって環境状況を把握し、その結果を環境対策に用いることで、快適な環境を回復・創造・維持することにある。

測定結果を用いる環境対策については、第三次環境基本計画にも示されているとおり、6つの施策手法のベストミックスが必要であり、また6つの施策手法を適切に導く指標として総合指標が必要であり、同計画では「総合的環境指標」の名称で定義されている。

そこで本論では、環境対策の視点から環境測定の実効性を考察し、測定結果の情報リテラシーの重要性について述べる。特に、測定結果は、その利用者だけではなく測定者においても共有されるべきものとして捉え、測定データが単に環境状況の把握で解析を終えられるのではなく、総合指標との対比可能なデータ解析になるよう、その手法を検討する。

なお、本論では、解析を伴った測定データを測定結果と称しておく。

2. 総合指標のあいまい性

公害時代においては、特定の発生源による単一の環境質が重大な被害をもたらすことから、当該事象の公害対策がエンドオブパイプで実施され、94年のOECDレポート『日本の環境政策—成果と課題』では、環境対策への不十分さは指摘されているが、公害対策は多大な成果を挙げたと評されている。

一方、環境対策は、様々な環境質を総合的に評価しつつ、経済・日常生活活動の中で取り組む必要があり、第三次環境基本計画では、環境の状況と取組の状況等を総体的に表す指標として「総合的環境指標」が定義され、

- ① 各重点分野に掲げた個々の指標を全体として用いた指標群
 - ② 環境の各分野を代表的に表す指標の組み合わせによる指標群
 - ③ 環境の状況等を端的に表した指標
- の3タイプの全てを活用することとされている。

また、一般的には、環境質や単位の異なる環境負荷、あるいは現象や影響の異なる環境事象などを一つの尺度に集約・一体化したもの（レーダーチャートやCVM、エコリュックサックなど）を「総合指標=Index」と称し、個々の環境負荷や環境事象を一覧にまとめた図表（個別の指標群）などは「総合的指標=Indicator」と称し、自治体や企業などでの環境対策に用いられている。

ところで、国連における「持続可能な開発の指標」（1992年のアジェンダ21の第40章）を含め、これらの指標はいずれも開発途上にある。

途上原因の根底には、指標を用いる個々の主体によって環境や豊かさ等への実感と価値観が異なるという、複雑な関係がある。

また、環境およびそれと密接な関係にある事象の総合的な指標については、単に科学的な数値が重視されるのではなく、全体的な「満足度」との相関が見える数値として表現されなければ、受け入れられない現実がある。

このようなことから、例えば、河川環境活動に資する水質・生物・景観・文化等の状況については、親水・利水・治水等の各主体の観点での測定結果などがあるが、主体の観点の重み付け評価が異なり、その主体の満足度別に指標の軽重が生じる。同様に、地球温暖化のメカニズムは科学的に存在しても、その対策への総合指標については、各国が共通の理解にあるとは言えない。

また、様々な生物の生息実態を把握するビオトープの調査では、自然としての「満足度」のようなものが総合指標に用いられる。ところが、ビオトープは、エリアとニッチとハビタットの3つで構成される生息環境である。

- ・エリアは、その生物のテリトリー（縄張り）とは異なる生息に必要な生活・行動範囲であり、
- ・ニッチは、その生物を取り巻く上下関係や捕食関係、あるいは共生関係であり、
- ・ハビタットは、その生物の繁殖に必要な生息条件。要するに衣食住と個体数である。

ここでも分かるように、ビオトープはそこに生息する全生物のことでなく、特定の「その生物」のことである。

したがって、全体の実態把握をした「満足度」は、「どの生物」を主体にするかによって、満足度は異なる。

なお、ビオトープを環境と読み替えると、「その生物」は明らかに人類であり、人間界での課題が加わる。

以上のことから、快適な環境の回復・創造・維持、あるいは持続可能な開発における総合指標は、絶対的なものであるとは言えず、個々の主体の「満足度」を下にした相対的なものになると言える。そして、この「相対的」での精度向上のため、実感や価値観などのあいまい性が含まれる Index では、統計手法改善等が進められている。

3. 環境測定の目的

測定データの解析結果(測定結果)については、一般に、測定者の成果物として測定者自身が利用する。そして、測定結果が環境対策に反映される場合には、対策に係る者がこの結果の利用者として対策の根拠に用いる。

このように、測定者と利用者は分業の状態にあるのが一般的で、環境測定を実施する場合にも、異なった立場の両者には別々の思惑があると考えられる。

この思惑について、測定者が環境測定を実施する動機と読み替え、この動機を測定者の立場で分類すると、表1のようになる。

表1 測定実施に踏み切る主たる動機

動機の区分	具体的な動機の例
測定を実施すること	環境アセスメント制度や基本法などに基づく義務・責務 新規物質等の確認・環境状況の研究発表
測定の過程を対象にすること	測定の精度や方法など、測定技術の研究・開発 測定への住民参加など意識高揚の手段
測定の結果を用いること	環境対策の根拠の必要性、処理効率の確認(周辺環境測定) 疫学調査や生態系影響調査等に伴う環境状況の確認

例えば、環境基本法に基づく環境の常時監視は、元々は、地域の環境改善のために地方自治体で実施され、「測定の結果を用いること」の区分になるが、環境基準超過が数十年も継続し公害訴訟に至る様は、単に責務によって「測定を実施すること」と同類の動機と言える。

一方で、動機とは別に測定実施には目的があり、一般的には測定結果の用い方(用いられ方ではない)が目的として付与される。また、希には測定結果から新たな目的が後付けされる。

いずれも、これらの目的の大部分については、測定者の意図によって測定の計画や報告の際に示される。

ところで、環境測定そのものは、広い意味で環境対策に

属していると考えられる。つまり、測定実施の広義の目的には、「環境対策への寄与」が含まれていると言える。

他方、利用者側が測定結果を対策にどのように反映したかという視点では、必ずしも全ての環境測定の目的が「環境対策への寄与」であるとは言えない。

本論での環境測定は、その結果を環境対策に用いて「快適な環境を回復・創造・維持するために行うもの」と狭義に設定する。

このため、測定結果の反映(用いられ方)という視点から、目的は狭義に捉えて、利用者側または測定者側での測定結果の反映状態を目的と読み替えて、表2のとおり分類する。

表2 測定結果の反映から見た狭義の目的

狭義の目的	測定結果の反映
① 環境対策への寄与	対策の適正化
② 環境影響等の確認	因果関係等の究明
③ 環境状況の把握	環境データの蓄積

本論での環境測定の目的は表2の①に該当する。また、測定結果は、主として環境対策等を行う利用者で活用されることを想定している。

なお、環境対策には、エンドオブパイプ型とベストミックス型の2種類(図の環境対策の(1)と(2))があり、本論では後者を想定している。

4. 測定結果の用いられ方

一般的な環境測定については、「測定技術の習得」後に「現場測定」が行われて「データ解析」がなされ、「環境状況の把握」として示される。

そして、環境状況の把握状態は、測定者側での「測定精度の向上」に生かされるとともに、利用者側では「環境対策等」に用いられる。

公害・環境対策でのこの実績は大きく、現在までの環境対策(1)(エンドオブパイプ型)の推進エンジンであり、測定者が示す「用い方」と利用者側での「用いられ方」が、対策面で一致していたと考える。

環境測定については、今後もさらなる技術向上に期待するとともに、例えば有鉛ガソリンを使用する開発途上国への技術協力など、エンドオブパイプ型の国際貢献での活用拡大も望まれる。

一方、本論での環境測定の目的は、狭義の目的①「環境対策への寄与」としており、かつ、ベストミックス型(図の「環境対策(2)」の方)を想定している。また、測定者と利用者は分業状態にあるとしている。

そして、利用者が測定結果を対策に活用する場合には、

総合指標に照らして環境状況を評価することから、測定結果は、総合指標と対比できる状態にあると言えよう。

このため、総合指標との対比を避けた、あるいは対比する総合指標が存在しない測定結果については、本論の設定において、その活用がなされていないことになる。この場合、測定者が広義の目的を用いて環境対策への寄与（表2の①）を唱えても、対策への反映がない限り、狭義の目的では②または③と言えよう。

このような測定実施から環境対策に至るフローについては、通常、図のような相互の関係にあると考える。

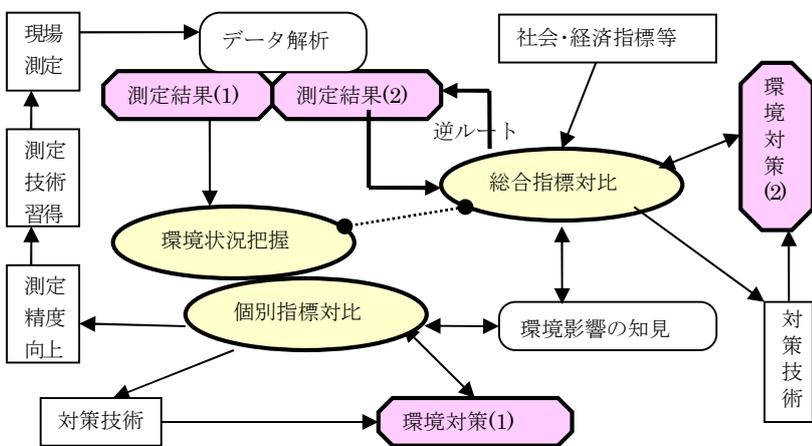


図 測定結果と環境対策の関係

つまり、測定行為の目的が表2の②または③の場合のデータ解析は、「測定結果(1)」から「環境対策(1)」のフローになり、表2の①の場合のデータ解析は「測定結果(2)」から「環境対策(2)」のフローになると考える。

測定データの解析について、従来型の「測定結果(1)」は、結果の取りまとめとその考察であり、測定者の知見によって対応可能である。一方の「測定結果(2)」は、その目的である環境対策(2)との間に「総合指標との対比」が存在している。

すなわち、「環境対策への寄与」を環境測定の狭義の目的とした場合、測定結果の適切な環境対策等への反映が、測定者と利用者の両者が担う課題になり、両者は、測定結果(2)の利用時点での情報を共有し、測定者はその下でのデータ解析が必要になる。

そしてこの情報共有とは、「総合指標との対比」における測定結果の位置付け認識であり、データ解析は「総合指標との対比」を前提としてなされる必要がある。

このため、測定結果(2)については、測定結果(1)のような一方方向の関係（測定と対策の分業の下）ではなく、総合

指標との対比という双方向が必要になるため、環境対策上での課題のフィードバック（一方向+逆ルート）の関係が生じる。

しかも、この逆ルートでは、測定結果の用いられ方がデータ解析に反映され、総合指標に整合した測定方法であるかどうかの点検など、測定者において測定実施の適正化を図る必要性も生じる。

なぜなら、環境対策(2)での測定データに対する情報リテラシーは、科学性と現実性が十分に区分されていないため、利用者でのこのような情報リテラシーを測定者も共有するという、従来型の測定フローでは馴染まない解析手法の検討が必要である。

5. 測定の科学性と影響の現実性

環境状況の把握については、より科学的であることが基本であり、JIS や測定目的も定める法令、あるいは研究論文やマニュアル等によって測定・分析方法が明らかにされ、測定者に共有の技術レベルが保持されている。

また、サンプリングや前処理による誤差要因の軽減といった測定・分析現場での精度向上、ならびに標準検量線の妥当性や実験室データでの再現性など、より科学的であることへの研究が重ねられている。

さらに、個々の環境質は、物理的・化学的作用ならびに生物の介在によって、環境中での時間的・空間的变化という挙動を常とするため、環境中の代表値を科学的に得ることについて、測定・分析方法の改良が重ねられるとともに、統計的手法を用いたデータ解析の精度向上も続けられている。

ところで、総合指標との対比でデータ解析をする場合、環境対策(1)のように特定の環境質への集中的な対策（エンドオブパイプ型）とは異なり、全体的な「満足度」に合致させる環境対策(2)（ベストミックス型）であるため、これへの寄与（表2の①）にふさわしい環境状況の評価が、データ解析の際になされる必要がある。

このデータ解析では、総合指標からフィードバックされた課題解決（環境影響の状況判断等）を内包しているため、環境状況をより科学的に把握することと併せて、影響状況も勘案し、測定結果がその利用者において対策等に活用されることになるよう、環境対策(2)への動機付けの付加が必要である。

この観点でのデータ解析については、事例が少なく発達段階にあると考える。

例えば昭和48年制定の悪臭防止法は、特定悪臭物質の濃度規制（機器分析）で22物質が対象になっていたが、この規制ではそれ以外の悪臭物質に対して実効性がないだけでなく、複合臭に対して人の感覚に即した評価（総合指標）ができないことから、平成7年に三点比較式臭袋法を用いることになった。この結果、対策はより現実味を帯びていると考える。

また本年7月には、昭和48年に制定された「航空機騒音に係る環境基準」（加重等価継続感覚騒音＝WECPNL）が、国際的に通用する方式の騒音の総暴露量（Lden）に変更された。ことよって、道路交通騒音など、他の騒音との暴露・影響・反応の相対的な比較が可能になったと言われている。

さらに他の事例として、科学的な不完全性を踏まえたデータ解析の例もある。本年の春に出された気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の第4次報告は、温室効果ガスの濃度や気温上昇による影響について、その関係に測定誤差と安全率を加味した幅を持たせて提示することで、地球温暖化対策への強いバックアップになっている。

以上のようなことから、環境状況の把握と評価が「科学的に事実である」ことを旨としつつも、影響状況を加味した環境測定、あるいは総合指標に整合させる解析・評価事例は、「環境対策への寄与」を目的としたデータ解析の好例と考える。

他方、レッドデータブックの生物が絶滅するなど、環境状況の悪化が不可逆な状態になることは避けなければならない。特に、環境測定を実施する環境質に密接な関わりがある環境事象を見逃し、環境影響の破過点や臨界点を超えてはならない。

また反面で、環境中の複合性や系内反応性において、自己修復や拡散・希釈等の経時変化などは影響軽減の作用であり、可逆性の評価には幅があることになる。

また、可逆性の範囲内にあっても、上水道水源での水質改善が水生植物の生態系を変えてPH9.5以上の水質になる事例などは、測定結果(2)が、自然の営みや自然由来、あるいは海外からの移流などの環境事象・環境状況を明らかにし、総合指標そのものをより科学的・現実的に改める素地を持っていると言える。

6. 環境対策を意図した解析手法

環境測定は、科学的に環境状況を把握することが第一義的に求められる。そして、測定結果(1)の一方では、この旨でのデータ解析手法が測定者側で発達し、利用者側では環境基準の超過などの評価に用いられ、エンドオブパイプ型の環境対策(1)が進展した実績がある。

一方で、ベストミックス型の環境対策(2)では、

◎利用者側での測定結果に係る情報リテラシーについて、科学的な理解が十分でないこと、個々の主体での実感や価値観が異なることの2点が現実としてあること

◎環境状況と影響状況について、制度的・統計的な公式見解も存在するが、総体のコンセンサスが必ずしも「快適な環境」として一致したものではないこと

が前提になり、測定結果(1)と異なるデータ解析の手法が必要になると考える。

総合指標との関わりが強い解析手法について、個別の環境事象に関する材料は、悪臭防止法等の例がある。しかしながら、複合的な環境事象に関しては、上記の前提のように関係性の把握が重要であり、ファジィ推論を用いた評価などの検討が望まれる。

本論では、測定結果(2)での指標の相対的な精度向上（関係性の把握と評価）が、データ解析の際に考察され、総合指標の改良や測定方法の開発がなされることを期待し、次の(A)～(C)に解析手法での着目点を掲げる。

(A)測定に係る（指標との）相対的精度の向上

- 測定対象環境質と密接な関係がある環境質の測定
- 測定における代替の環境質やサンプリングなど、環境中の代表指標の探索
- カナリア方式などの生物指標は被影響の指標であるが、悪影響の指標との相関の把握
- 河川等での水質基準類型(総合指標)の新現象の把握
- ある条件下での絶対値は科学的であるが、条件についての現実性との整合係数等の検討

(B)評価に係る（指標との）相対的精度の向上

- 相対する関係性での統計的処理の精度向上
- 総合指標に該当する検量線の検討
- 対策メニューの環境上の評価による総合指標の改良
- COの環境測定は無駄であることを明らかにするなど、政策提言的な測定結果

(C)指標そのもの（指標間）の相対的精度の向上

- 総合指標内の個別指標間あるいは影響因子の相関など、定性的・定量的な関係性の整理による総合指標のあり方
- 他の地域との比較などを可能にする、総合指標の類型化・標準化
- 環境対策でのボトルネックの発見や確定への連動
- 主観性の強いレーダーチャートや価値・価格のCVMについて、環境状況と影響状況、科学性と現実性、悪影響と被影響のマトリクスの充実
- 可変的な環境影響に対する情報リテラシーの共有化