意見 OPINION

自然再生の数値化に関して 因果関係と相関関係についての一考察

廣瀬 利雄

エコ・ワイド研究所 〒102-0083 東京都千代田区麹町4-3-6 グランドメゾン紀尾井坂401

Toshio HIROSE: Discussion on the difference between correlation and real mechanism in the quantification of natural restoration. *Ecol. Civil Eng.* 11 (2), 225-227, 2008.

Ecowide Laboratory, #401 Grandmezonkioisaka, Kojimachi 4-3-6, Chiyodaku, Tokyo 102-0083, Japan

近年の行政への批判等を踏まえ、自然再生など本来は息の長い政策にも拘わらず短期間のモニタリングで評価することが求められる傾向にある。一般市民からも解り易い判断基準として数値にできる指標や数値目標への要請は非常に高い。

一方、数値表示をめぐる、「因果関係」と「相関関係」との区分の不明確さが微妙に影をおとし、ある場合には因果関係と相関関係を混同している場合がある。当該数値が相関関係において適用されたに過ぎないのに、あたかも因果関係をあらわしていると誤解されている場合がある。相関関係の下で求められた数値は、傾向関係における数値で、因果関係における関係数値ではないのである。

以上の観点にたって、数値表示に関する因果関係と相関関係との関連を、生態学に類似している医学における取扱いを参考にして問題点を抽出し整理してみたい。

第1に、相関関係と因果関係とを定義せねばならない。

相関関係とは、注目する現象とその現象に影響を及ぼしている無限に近い要因の中から、特定の要因を抽出し、現象と対比させ、理由、原因は明確（科学的）に説明出来ないが、何等かの関係があることが明らかになったとき注目する現象と、特定の要因は相関関係にあるという。

一方、因果関係とは、注目する現象と特定の要因とが科学的に関連性が証明されることが必要である。この場合、特定の要因は他の要因から分離可能であることが必要である。統計学でいう要因の独立性が証明されねばならない。

2008年5月8日受付, 2008年9月18日受理

次に日常生活で採り上げられている具体的事例について見てみよう。相関関係に分類される例は、コマーシャル、諺、言伝えに多い。

例えば、

- ①月令と交通事故は関係がある
- ②満月の夜に殺人事件が多い
- ③化学物質の摂取量の少ない人にガンが多い
- ④健康食品は体によい
- ⑤電磁波はガンを誘発する

上記の例で共通しているのは、注目する現象と特定の要因を組み合わせると統計値から確かに何等かの関係があるようにみえる。このため、コマーシャルでは相関関係というよりも、さも因果関係があるかのような採り上げ方をする。

例えば③の化学物質とガンの関係をみてみよう。ガンが増えた原因は化学物質のためとは何等証明されていない。つまり、化学物質の摂取量が少ないためにガンが増えたかどうかは不明である。にも拘わらずガンが増えた事実と化学物質の摂取量が少ない事実を単純に結びつけ、さも化学物質を摂取すればガンにかからなくなるかのコマーシャルとなる。

⑤の電磁波とガンの関係においても同様である。確かに、高圧線の下及び近くに住む人がガンになる割合は多いようである。しかし、電磁波とガンとの関係は明白には証明されていない。一説に高圧線の下及び近くに住む人は、一般に低所得者である。このため低所得に起因する原因からガンになる確率が高いのではないかと、ともいわれている。

一般に生態関係においては、特定の現象を起こす原因と推定される要因は多数あり、かつ相互に関連し合い、その上時間と共にその関係は変動さえしている。このため、注目すべき現象と特定要因とを科学的に結びつけることは極めて困難である筈だ。数値表示ができるのは一般に単なる相関関係の場合に限られる。つまり相関関係は無数にある関係の1つに過ぎず、注目すべき現象と関連する要因は求められた相関関係以外に無数にあるということである。しかるに一般に、一度相関関係に基づく数値表示がなされると、あたかも因果関係における数値表示であるかのように錯覚される危険がある。相関関係に基づく場合は、1つの相関関係に固執しないで、引続いて観察と、考察と、研究を重ね、新しい相関関係を発見する努力が必要なのである。

次いで以上の観点から生態関係における問題解決のための手法について述べてみたい。先ず医学における因果関係、相関関係を取扱う手法についてみてみたい。

因果関係に関する手法についてコッホの三条件が有名である。コッホの三条件とは、

1. 病気に罹った個体から同じ病原体が検出されること
2. その病原体が分離、精製されること
3. その病原体を他の個体に感染させると同じく発病し、かつ同じ病原体が見出せること

エイズについて、ウイルス (HIV) 感染であるかどうかについて長い間論争があったことは有名である。コッホの三条件のうち条件1, 2については証明されたが、第3の条件、つまり他人に感染させ発病させることができなかったため、ウイルスによる感染であることが確認されなかった。第3の条件が証明されたのは、不幸にも血友病患者への非加熱血液製剤の投与であった。

一方、相関関係に関する手法としては、所謂疫学的手法がある。複雑な現象や原因が不明な現象を前にして統計調査を通じて可能性の高い原因に絞り込み原因を追求してゆく方法である。スモン病の追求の例でみてみたい。

スモン病は当初風土病といわれていた。しかし、疫学により次のことが次ぎ次ぎに解明され最終的にキノホルム薬害であることが証明された。

- ①同じ地域でも病気に罹っている人と罹っていない人が混在しているので風土病ではない
- ②人によって病気の進行速度と病態に大きな差があるので、所謂ウイルスによる伝染病ではない
- ③下痢止めにキノホルムを多飲用した人に多く生じているのでキノホルム薬害である

つまり、スモン病の原因追及においては、同じ病気の生じている複数の地域を探し、風土病、ウイルス説を次ぎ次ぎ排除しキノホルム薬害に辿りついたのである。

ここで特に述べたいのは、生態系においては多くの場合、完全な因果関係を求めることは極めて困難で、求められるのは相関関係であるということを肝に銘じておきたいことである。この点から、生態学における研究は疫学的手法が非常に参考となるということである。

学会誌等に掲載されている論文は、同一地点での観察、考察に終始しているものが多いようにみえる。勿論同一地点における突っ込んだ調査、考察、研究は学問上大切である。一方、応用という面からみると広く同種の現象の生じている地点の情報を蒐集し、整理し、検討を加えて注目している現象を生じさせている要因は何かを推定し、仮説を立てることが望ましい。出来うれば、コッホ三条件のうち、第1, 第2の条件に近い状態を、場合によっては人工的にでもつくり、観察し、仮説を検討することが望ましい。コッホの第1条件に近づけるということは同じような現象の生じている場所を多数探すこと、第2条件に近づけるということは出来るだけ注目している要因 (仮説) のみが (場合によっては人工を加えて) 影響を及ぼす状態をつくり観察すること。

工学は応用すること、広く利用されることを目指しているので、工学系の関係者は、出来るだけ多くの情報を集め、これらの情報を横並びにして仮説を立て、知見を得るため息の長い観察、所謂順応管理を行うことが望まれる。応用生態工学会福岡で初められた事例研究発表会は、この意味において有意義な試みと期待しているところである。

再生事業においては数値表示は不可能とか不適当とか誤解されると困るので、再生事業における数値表示について考察してみたい。

再生事業は一般に行政行為である。行政としても一般の理解を得やすいように数値表示が望まれている。しかし、上述したように環境に関する数値表示には諸々の制約がある。では、再生事業においては数値表示は不可能、不適切であるのか。再生事業は行政行為であるため、行政であるための制約があるので、純粋に環境 (全体) に関する数値表示は不可能に近いのである。つまり、行政は限られた期間内に決められた予算で事業することを求められている。このため一般市民に対する説明は、期間内における事業量によらざるを得ないという制約がある。この観点から、再生事業における数値表示は3方向で示さざるをえない。

第1は環境項目の1つに注目した改善度、例えばBODを8から6に下げる。第2には再生事業の実施量又は実現度、例えば、

- ①汚泥を100万 m^3 浚渫する
- ②污水排水を5% cut する
- ③緑地面積を5%増やす

第3に対象生物の再生度、例えば、

- ①鮭 何万尾遡上させる
- ②トンボ 何種増加させる
- ③桜草 再生地を増加させる
- ④クマタカの巣立ち増加させる

上記数値表示は、上述したごとく環境自体の数値化ではない。一般市民に理解し易いように簡明化したのである。勿論、行政は再生事業を実施するに当たり再生事業実施後の環境自体そのものを想定せねばならない。期間と予算とを見ながら再生しうる環境を想定し、その中の最適な環境を選び、しかる上で一般市民の理解し易い数値化を試みるべきである。再生事業実施後の環境自体を想定しないで、単に数値表示を求めることは厳につつしむべきである。行政部門で用いる数値表示は因果関係は言うに及ばず、相関関係を証明するに足る数のデータさえないのが現実である。つまり、行政部門で用いられている数値表示は、期間内における事業量ということになる。限られたデータ、限られた知見において可能な限り再生事業実施後の環境自体を想定し数値表示を行っているということを認識しておかなければならない。

ここまでくると、次の論点が挙げられる。

再生事業は行政行為であるから、因果関係相関関係を追及せずに、単に事業量の数値表示をすればよいのか、止むを得ないのかという論点である。行政行為においても可能な限り因果関係を求めることが必要なことをアオコ対策の例により説明したい。

70年代、各地でアオコが発生し、その対策が求められていた。当初、アオコの発生は窒素、燐の過剰な場合に生ずるとされ、対策は窒素、燐の除去に集中された。所謂、相関関係に基づく対応である。その後、窒素、燐ばかりではなく、鉄、マンガン等の稀少な存在も必要であるとの説が横行した。ところで、アオコ発生を長期間観察してゆくと、①発生する場所は限られている、②その場所においても発生する時としない時がある、③アオコの胞子は汚泥の表面に沈殿している、等が判った。

これらの観察データを考察し、アオコ発生は窒素、燐が過剰になった水質の場所で発生するのは勿論であるが、アオコ発生の引き金は何であるかについて仮説を設け、実験により追及する必要があると判断された。採り上げられた要因は、水温、水深、濁度であった。水と汚泥は現地のもので使用した。実験の結果、アオコは、汚泥表面に日光が照射された場合発生することが解った。日光が到達しない場合にはアオコは発生しないことが明らかになった。この事実によって行政行為は決められた。日光が到達しない水深にするため汚泥を浚渫する。つまり何年間に何万 m^3 の汚泥を浚渫するという数値表示となった。上記の因果関係が明らかになる時点以前に執られた対策、つまり窒素、燐を除去する行為はアオコ対策としては適切でなかったともいえる。

行政的数値表示といえども、出来る限り因果関係に基づくものであることの必要性和、行政的数値表示の陰にかくされている因果関係に注意することも必要で、因果関係に基づく対策こそ適切な対策であることであることが証明されたといえる。

引用文献

池内了(2008)「疑似科学入門」、岩波新書、東京。