

富栄養化制御のための Long term effects の評価 I

大阪大学 正員 末石 富太郎
大阪大学 正員 盛岡 通
大阪大学 正員 八木 俊策

1. 序

富栄養化現象は、不可逆的な長期間の遷移的現象が人工的に加速されたものとみなすことができる。それゆえ、機構の解明にもさらに制御・防止においても、長期間の影響を無視することはできない。遷移の過程で対応すべき科学・技術が飛躍的に進歩することが現実には保証できない以上、この Long term effectsこそが環境の動態の本質であるといっても過言ではない。

本研究は、除々に変化するがゆえに短期間の観測では評価されない Long term effectsが生じる構造を解析し、その効果によって環境の質が基底的に規定されていくことに着目して富栄養化制御の基本戦略を組み立てることを目的とするものである。Iでは Long term effects の分類を試み、研究のフレームを述べる。

2. Long term effects の考え方

受水域の富栄養化の動態に関するモデルは、一般に、多階層な構成をもつものである。そのため impactと環境影響とは決して単純に対応するものではない。環境影響を時間順に追ってゆくと、スケールの異なった現象がならんでおり、長時間のうちに露呈する effectsほど、応答特性を同定することが困難であることに気づく。表-1は、水環境の動態を支配する multi-stage な現象に関係する時間スケールの指標のいくつかを整理したものである。一般に、Long term effectsは短期間では検知されにくく、主たる変化にかくれて潜行するのが普通であり、現象の成長の初期には見落されやすい。このような effects を分類すると、ほぼつぎのようになる。

1) 現象は知覚されていたが、寄与が無視されてきた項の微小量の積分値がのちになって顕在化する場合で、たとえば都市平面からの流出分、中小工場由来の汚濁負荷、地下水負荷、雨天時の底泥のまきあげと多量供給などである。

2) 汚濁負荷排出源や境界条件などの長期時間変動分がもたらす影響で、沿岸地形の改変による湖流の変化などがある。

3) 汚濁負荷量のような原単位の変化や人口のような被乗数の伸びとして理解しうる効果である。構造的な変化として把握しにくく、

表-1 現象の時間スケールの指標

	水 理	物理化学	生 物	社会現象
1/分	分散係数 (A, L) 拡散係数 (A, b) u _m /粒径	物質拡散係数 / (A, L, u _m , 粒径) 吸着速度 / (吸着量)		
1/時間	河川水都交差 速度 / (河川断面) 底泥沈降速度 / (底泥層厚)	雨天時流送 可能量減衰率	プランクトン 増殖率	1 / (主要汚水 取流サイクル)
1/日	ū / L 1 / (流れ滞留時間)	両ばら脱係数 微量物質の 移出率	リコの循環率 BOD 反応係数	
1/月	循環流速 / 循環長さ		ネット成長率	水路清掃頻度
1/年	1 / (降水確率年) 1 / (封鎖確率年)	底質有機物 分解率	大型水生植物 成長率	潜在汚染物埋蔵率 地底活動増加率 人口増加率

注) A: 水渠, L: 流下距離, b: 断面の幅

係数変化としてのみ考慮される結果、新たに生じる。

4) システムの非定常性として判断できるような環境影響である。たとえば負荷発生過程の経移の非定常性とその積分効果や、流出過程、閉鎖水域での自然貯留系の一欠おくれ現象などである。

5) 異なった特性をもつ output の蓄積によって生じるもので、もっとも認識しにくい。物質循環の概念と対応しており、システム分析の複層化によって明確にされる。

3. 水環境調査における Long term effects

琵琶湖赤井湾において、3年にわたり現地観測を実施した。ここでは調査方法の考え方を中心に述べる。表-2はその概要であり、図-1は観測結果の一部である。これらの調査において、Long term effectsの考え方から、留意すべき二、三の点を挙げれば、つぎのようになる。

1) 現象の瞬時の値を知ることは分析には不可欠ではあるが、逆に環境影響を評価する立場では時間的積分値の観測が優先される。

2) ところが、積分型の観測は、その期間中の観測機器の管理が困難なこと、得られた観測値が微分型のモデル、方程式となじみにくいことのために十分に確立されていない。

3) 積分型の観測には、生物生態システムなどによって活動量が自然に蓄積積分されたものがある2つの時点で計測するタイプと、ある時間幅で観測を継続するタイプとがあり、前者ではその指標を見いだすこと、後者では観測継続時間の時間スケールの設定がキーポイントである。

4) 貯水池の建設や湾のしめきりによって内部水域が富栄養化する程度を予測するためには、現場で模型をつくり実験空間との対応で汚水を長期間(すくなくとも1年)注入して観察することが試みられよう。

なお、本研究の一部はLBIの助成によってなされたものであることを付記しておく。

表-2 琵琶湖赤井湾での水環境調査

	目 的	他の単一現象との関係	結果の概要
水路網の踏査	流出場の絶格的認識、水路を介した人間と水とのかわりの把握	流出過程での滞留場、水系底泥の蓄積状態	定常に近づきつつある陸上の自然貯留システム、農村型水文化の希薄化・変質
浮子流動観測	湾内流動の規模の推定、表層水と底層水の流動の差異の観察	湾奥部混合の大きさ	北風のため、反時計まわりの弱い循環流を部分的に観察
flux integraterによる観測	ScudAの概略的把握	陸上からの多遊物の供給、水質おもみづきの平均流速と流向	中層以下で補集された量には底泥の回収効果が大きく、方向別採取は失敗
デトライタス沈殿量の観測	水系より底泥への移行量の推定	生物生産のつもい	無機物を合わせて $2g/cm^2$ /月と かくはんが盛ん
底泥コアサンプルの分析	底泥の沈積のHistoryの推定、底泥中の栄養塩類の濃度変化	現場の岩出量の積分	表層 C 1.7%, N 0.16% で 通減率は C 0.1/cm, N 0.08/cm
底泥の流送実験	河川・湾内でのまきあげ・流送の規模の把握、流送可能流量の推定	雨天時の湾内への有機物供給量	流送可能量は 1/10 以下(本文参照)、底泥分布の多様さ
底泥からの栄養塩の岩出実験	底泥から上層水への寄与割合の推定、底泥のA.G.P. test	栄養塩類のサイクルの物質速度と循環率	好気・嫌気の条件と温度により岩出量は変化、バントスの影響大
指標生物の生態観測	しじみを用いた湾内水環境の水準の把握	水質底質の物理化学的評価	短期に死滅(?), 観測法に種々の課題がある

図-1 琵琶湖赤井湾の水質底質の観測例

