

EUにおける陸水の生態的な質を判断するための モニタリング手法および分類方法の考え方について(紹介)

Monitoring and Classification of Surface Water Ecological Quality in the European Union (Introduction)

研究第四部 主任研究員 垣 本 充 生
研究第四部 次 長 池 内 幸 司
研究第四部 研 究 員 工 藤 容 子
(株)建設環境研究所 内 田 誠 治

1994 年ヨーロッパ議会において、水管理と保護に“生態的な水質”の維持および改善を目的とすることが提案された。

生態的な水質に関してのEC指令は、まず水生生態系の保護と水利用に焦点を置く、新たなアプローチである。この指令は、点源汚染と散財する非点源汚染、及び他の人為的な影響から全ての陸水（湖、河川、水路、河口域等）の保護手段の検討に関するもので、検討される手段は生態的な水質の維持並びに改善を計画すると共に、良い生態的な質を達成するという最終的な目標を持たなければならないとしている。

この指令を受けEC委員会第11総局（European Commission Directorate General XI）では、1996年に最終報告書をまとめている。

本稿は、この最終報告書の内容のうち、環境の質の要素（無脊椎動物、水生植物群集、魚類個体群の多様性、河岸形態、流量変動等）や評価指標の考え方について紹介するものである。

キーワード：生態的な質、環境の質要素、参照状態、評価指標

In 1994 the European Parliament presented proposals to maintain and improve “ecological quality of water” for protection and water management.

The proposed EC Directive on ecological quality of water is a major new approach, focusing for the first time on protecting the aquatic ecosystem and water uses as a whole. The proposal is concerned with the adoption of measures to protect all surface waters (lakes, rivers, canals, estuaries and territorial waters) from both point and diffuse source pollution and other anthropogenic influences. The measures adopted must be designed to maintain and improve the ecological quality of waters, with the ultimate aim of achieving good ecological quality.

In 1996, the European Commission Directorate General XI concluded a final report backed by the order of the EC Directive.

This paper intends to introduce and define the understanding of the elements (invertebrates, hydrophytic communities, biodiversity of fish population, riverfront morphology, change in flowrate, etc.) and evaluation indices of the environmental quality defined in this Final Report.

Keywords: Ecological Quality, Quality Elements, Reference Conditions and Evaluation Method.

1. はじめに

1994 年ヨーロッパ議会において、水管理と保護に“生態的な水質”の維持および改善を目的とすることが提案された。

生態的な水質に関しての E C 指令は、まず水生生態系の保護と水利用に焦点を置く、新たなアプローチである。この指令は、点源汚染と散財する非点源汚染、及び他の人為的な影響から全ての陸水（湖、河川、水路、河口域等）の保護手段の検討に関するもので、検討される手段は生態的な水質の維持並びに改善を計画すると共に、良い生態的な質を達成するという最終的な目標を持たなければならないとしている。この指令の主な項目は以下の通りである。

1. 陸水の生態的な質を判断するためのモニタリングおよび分類手法の設定及び利用
2. 点源汚染と非点源汚染の一覧表の作成並びにこれらの汚染の評価
3. 全ての陸水の良い生態的質に関する目標の定義
4. 上記目標を達成するための統合的なプログラムの作成並びに実行
5. 改善プログラムの成果に関して大衆への公表および委員会への結果に関する報告

この指令を受け、E C 委員会の第 11 総局 (European Commission Directorate General XI) では、1996 年に上記 1 項の「陸水の生態的な質を判断するためのモニタリング手法および分類手法の設定と利用」²⁾ について最終報告書をまとめている

本稿では、この報告でまとめられた以下の項目について紹介するものである。

- ・生態的な質の評価と分類の考え方
- ・良い生態的な質について
- ・環境質の要素と実際に使用する指標の選定
- ・参照状態の設定
- ・評価指標の考え方

2. 生態的な質の評価と分類の考え方

加盟国全体で陸水の生態的な質の評価と分類には主に 2 つのアプローチの方法がある。

- (1) 加盟国が遵守しなければならない標準化されたモニタリング方法と信頼できる基準をもった統一的分類を規定する。
 - (2) 加盟国が独自の方法を用いて生態的な質をモニタリング、評価し、その結果を共通ヨーロッパの共通の尺度に転換できる調和的なメカニズムのある枠組みを提供する。

ここで、(1) は、以下の理由により政策的にも技術的にも達成することは非常に難しい。

- ・政策的理由：多くの加盟国の現在のモニタリング・評価システムにかなりの変更あるいは追加を要求することになる。また現状の評価手法の時間的・空間的な整合性を失うことにもなりかねない。
- ・技術的理由：信頼できる指標を、E U で認められる主要な全てのハビタットと生態系に関して開発並びに規定しなければならないが、現時点では、このような指標を提供するには技術的知識や蓄積が不十分である。

このため、加盟国が枠組みを規定することにより、全ての水形態（河川、湖、河口域、及び海域）とハビタットの生態的な質を十分に含むのであるならば、国内的な整合性を維持しながら、中長期的に必要な新たな生態的なモニタリング・評価技術の開発が確実となる。これは短期的に指令の目標を達成するには最も費用対効果のあるアプローチであると考えられる。そのため、(2) の選択肢を推奨している。

3. 良い生態的な質について (Good Ecological Quality)

“良い生態的な質”とは、“人間の活動からある程度の影響を受けながらも持続可能な生態系”と等しいとされ、「自浄作用の能力を維持する必要性を考慮しながら、生態系の必要

性に適合し、さらに表－１に挙げる定義を満たしている質である。」と定義している。
また、同様に人間の活動に著しく影響を受

けていないことが実証される所定の水生生態系「高い生態的な質（High Ecological Quality）」を定義している。

表－１ 陸水の生態的な質の分類、一般的な定義¹⁾

Table 1 Potential classification of ecological quality in surface water

評価項目	高い状態	良い状態	中位の状態
概要	・攪乱されていない状態：物理化学的、水文地形的要素に人為的改変が全くないか、極めて小さい。 ・生物学的質要素の値が、攪乱されていない状態を反映するか、偏向している証拠が全く無いか、極めて小さい。	・生物学的質要素の値が、人為的な活動から生じる偏向が低いか、攪乱されていない状態での陸水の生物形態からほんの僅かに偏向している。	・生物学的質要素の値が、攪乱されていない状態での陸水形態に通常関連するものから中程度偏向し、値が人為的な活動により偏向している兆候を示し、良い状態よりもかなり攪乱されている。
植物 プランクトン	・群集組成およびアバンダンス*が攪乱されていない状態と完全に、又はほぼ完全に対応する。 ・透明度の状態を著しく改変する種はいない。 ・水の華は形態特定の物理化学的な状態と一致した頻度及び強度で起こる。	・攪乱されていない状態の群集と比較して群集組成およびアバンダンス*に多少変化がある。 ・望ましくない攪乱を生じさせる藻類の成長を促進している証拠がない。 ・水の華の発生頻度及び強度がわずかに増加する。	・攪乱されていない状態と比較して群集組成及びアバンダンス*が中程度異なる。 ・他の生物学的及び物理化学的な質要素の値に著しく望ましくない攪乱が発生することがある。 ・水の華の発生頻度及び強度が中程度増加する。 (特に夏季に発生する)
大型水生植物 及び底生植物	・分類組成およびアバンダンス*が攪乱されていない状態とほぼ完全に一致する。	・分類組成及びアバンダンス*に僅かに変化がある。 ・底生植物群集は、人為的な活動により存在する微生物の被度に悪影響を受けていない。	・群集組成が形態特定の群集およびアバンダンス*が異なり、良い状態よりもかなり偏っている。 ・底生植物群集は、人為的な活動の結果として存在する微生物の被度に影響され、ある地域では、それに置き換わっている。
底生無脊椎 動物相	・群集組成とアバンダンス*は攪乱されていない状態とほぼ完全に一致している。 ・攪乱に敏感な分類群と感度の低い分類群の比率および多様性レベルが攪乱されていないレベルから改変している兆候がない。	・群集組成とアバンダンス*は攪乱されていない状態から僅かに変化している。 ・攪乱に敏感な分類群と感度の低い分類群の比率および多様性レベルが多少改変している兆候を示す。	・群集組成とアバンダンス*は攪乱されていない状態から中程度異なっている。 ・攪乱されていない状態に特徴的な主要な分類群が存在しない。 ・攪乱に敏感な分類群と感度の低い分類群の比率と多様性のレベルが、良い状態よりも著しく低い。
魚類相	・群集組成及びアバンダンス*が攪乱されていない状態とほぼ完全に一致する。 ・攪乱されていない状態で確認される全てに攪乱に敏感な種が存在する。 ・魚類群集の年齢構成には人為的な攪乱の兆候はほとんどなく、不十分な繁殖又は成長を示していない。	・群集組成とアバンダンス*が攪乱されていない状態から僅かに変化がある。 ・魚類群集の年齢構成が、人為的な影響に特定される攪乱の兆候を示し、ある特定の種が繁殖、成長が十分でなかったり、いくつかの年齢クラスが存在しない場合がある。	・群集組成及びアバンダンス*は、攪乱されていない状態からある程度異なる。 ・攪乱されていない状態で確認される特徴的な種の中程度の割合で存在しない、又は極めて低いアバンダンス*まで、人為的な攪乱の大きな兆候を示している。

評価項目	高い状態	良い状態	中位の状態
水理的レジーム**	・流量、変動、地下水への接続が攪乱されていない状態をほぼ完全に反映する。	・生態的質要素に関して規定される値を達成している。	・生態的質要素に関して規定される値を達成している。
河川の連続性	・河川の連続性が人為的な活動により攪乱されておらず、水生生物の回遊及び堆積物の運搬ができる。	・生態的質要素に関して規定される値を達成している。	・生態的質要素に関して規定される値を達成している。
地形的条件	・流路パターン、川幅、水深の変化、流速、基質条件及び河岸地帯の構造と状態が、攪乱されていない状態とほぼ完全に一致する。	・生態的質要素に関して規定される値を達成している。	・生態的質要素に関して規定される値を達成している。
一般的条件	・物理化学的な要素が、攪乱されていない状態とほぼ完全に対応している。 ・栄養塩濃度が、通常攪乱されていない状態と関連する範囲内に留まる。 ・塩分濃度、pH、酸素バランス、酸中和能力および温度レベルが人為的な攪乱の兆候を示さず、通常攪乱されていない状態範囲内に留まる。	・温度、酸素バランス、pH、酸中和能力及び塩分濃度は、規定されるレベルに達していない。 ・栄養塩濃度は生態系の機能と生物的質要素で規定される値レベルを越えない。	・生態的質要素に関して規定される値を達成している。
人工的汚染物質	・濃度がゼロに近く、少なくとも一般的に使用される最先端の分析技術によって検出される限界値以下である。	・濃度が、基準を越えない。	・生態的質要素に関して規定される値を達成している。
非人工的汚染物質	・濃度が通常攪乱されていない状態の範囲内に留まっている。	・濃度が、基準を越えない。	・生態的質要素に関して規定される値を達成している。

* アバンダンス (abundance) : 現存量、ある地域内の特定生物の個体数の多少をいう。

**レジーム(regime) : 量と頻度、パターンを併せ持った概念

4. 環境質の要素 (quality elements) と実際に利用する指標の選定

4-1 環境質の要素選定

生態的質の評価にあたって、現在最も適切であると選択された環境質の要素を選定する。この選択は現在の科学的な知識、国際的な経験及びヨーロッパ全体の現在のモニタリングプログラムでの利用状況などに基づいて行われている。

また、実際に利用する適切な指標の選択は、生態学的な質の評価をする水形態（河川、湖、

河口域及び海域）や加盟国の要因等を考慮しながら、加盟国が行なわなければならないとしている。

表－2は河川及び水路に関して、最善の選択肢として選択される環境質の要素を示している。河川は、小規模、中規模及び大規模河川と、改修できない河川に区分し、水路のような完全に人工的に作られた流れの水域帯 (water body) は、別のカテゴリーとして扱っている。

表－２ 河川及び水路に現在最善の選択肢として選択される質要素

Table 2 Quality elements selected as potentially the best options at present for rivers and canals.

質要素	河 川				水 路
	小	中	大	改修できない	
溶存酸素	×	×	レ	レ	レ
有毒又は有害物質					
－水	(レ)	(レ)	(レ)	(レ)	(レ)
－堆積物	×	×	(レ)	(レ)	(レ)
－生物相	?	?	?	?	?
動植物の病気	×	×	×	×	×
無脊椎動物群集					
－プランクトン	×	×	×	×	×
－底生生物	レ	レ	レ	×	×
水生植物群集					
－植物プランクトン	×	×	レ	レ	レ
－底生藻類	?	?	×	×	×
－沈水性大型水生植物	レ	レ	レ	レ	レ
魚類個体数	レ	レ	レ	レ	レ
高次脊椎動物個体数	×	×	×	×	×
堆積物構造及び質	レ*	レ*	レ*	レ*	レ*
河岸地帯					
－河川地形	レ	レ	レ	×	×
－河岸植生	レ	レ	レ	(レ)	レ
水流/水量	レ	レ	レ	×	×

(注) レ 推奨

(レ) 関連する場合推奨(生物的な測定値が示される場合)

レ* 操作上の指標を開発するために更に研究が必要

？ 不確定な状態

×

推奨しない

4-2 環境質の要素選定にあたっての考え方
表-2で示した各要素の選定理由および考え方は次の通りである。

(1) 溶存酸素

溶存酸素は、生態系の機能の重要なパラメータであり、特に最低濃度と低濃度の期間の長さが、無脊椎動物及び魚類にとって重要であると考えられる。

溶存酸素濃度は、生物群集の酸素消費（呼吸）及び生物群集の酸素生産（光合成）の機能であり、そのため日々変わる。特に小規模河川では水域帯が小さいため、偶然や事故が極めて長期間の影響をもつことがあり、そのため継続的なモニタリングをしない限り、必ずしも検知されない。このため小規模河川では、大型無脊椎動物群集は、溶存酸素濃度を直接測定するより、よい指標と考えられる。

しかし大型無脊椎動物による代替法は溶存酸素の継続的なモニタリングが必要であるが、これは大規模河川になると経済的に実行不可能である。このため大規模河川、改修できな

い河川及び水路では、溶存酸素が評価項目として推奨される。（表-3、4）

(2) 有毒及び有害物質

有毒及び有害物質が関連する場合には、評価項目に含めることを推奨する。特にアンモニアは魚類に有毒であるため、指標として含めることを推奨している。リンは、河川／水路では有害であるが、窒素は殆ど有害でない。しかし、下流、河口域及び海洋生態系にはリンおよび窒素ともに有害である。

また、水中の他の有毒又は有害物質としては重金属や農薬などが挙げられる。これらの有害の影響は、必要性を示す場合にのみモニタリングするべきである。

小規模河川（低次河川）は一般的に浸食傾向にあるため、堆積物の有毒または有害物質に基づく評価項目は推奨しないが、中規模及び大規模河川及び水路は、一般的に堆積傾向にあるため、この質要素が推奨される。ただし、必要な場合にのみモニタリングするべきである。（表-5）

表-3 大規模河川及び水路における溶存酸素に基づく生態的な質の分類（10%単位）
Table 3 Potential classification of ecological quality of large rivers and canals based on oxygen saturation.

	高	良	中	低	悪い
大河川	>80%	>70%	>60%	>50%	<50%
水路	>70%	>40%	>30%	>20%	<20%
改修できない河川	>80%	>70%	>60%	>50%	<50%

表-4 BOD₅（10%）の濃度と全アンモニアに基づく生態的な質の分類（河川及び水路）
Table 4 Potential classification of ecological quality of rivers and canals based on the concentration of BOD₅ and total ammonia

	高	良	中	低	悪い
BOD ₅ (mg O ₂ /l)	<1.5	<3	<6	<10	>10
全アンモニア (mg N/l)	<0.1	0.1~0.3	<0.5	0.5~2.5	>2.5

表-5 アンモニア、溶存無機体リン、全リンに基づく河川及び水路の生態的な質の分類
Table 5 Potential classification of ecological quality of rivers and canals based on the concentration of ammonia and BOD₅ and phosphorus.

	高	良	中	低	悪い
アンモニア (mg N/l)	<0.01	<0.025	<0.10	<0.25	>0.25
溶存無機体リン (mg P/l)	<0.01	<0.02	<0.05	<0.10	>0.10
全リン (mg P/l)	<0.02	<0.04	<0.09	<0.15	>0.15

(3) 動植物の病気

動植物の病気は指標として推奨していない。

(4) 無脊椎動物群集

① 動物プランクトン

プランクトンの無脊椎動物群集は河川及び水路の評価項目として推奨しない。主な理由として、生態情報の欠如、安定した群集が形成されない（プランクトンの生活環は、河川及び水路の水の滞留時間と比較して長いことが多く、そのため安定した群集が殆どみられない）等が挙げられている。

② 大型無脊椎動物

河川で最も重要な指標として推奨され、以下の特性を評価項目として考慮する。

・感度のある指標種の有無

・耐性のある指標種の有無

・種及び分類群の数

・個体数

殆どのヨーロッパの国では、大型無脊椎動物による手法は、感度のある／耐性のある指標種の有無と多様性を組み合わせて開発されてきた。しかし、個体数で見積るには多くのサンプルが必要であることから、多くの国で個体数は評価方法には含まれていないため、ここでも指標には含まない。サンプリング方法、サンプル処理、異なる方法間の比較性に関しては、今後の検討が必要である。（表－6、7）

表－6 底生大型無脊椎動物に基づく生態的な質の分類（河川）

Table 6 Potential classification of ecological quality in rivers based on the benthic macroinvertebrates.

河 川	指 標	高	良	中	低	悪い
小 河 川	指標種/分類群の数：					
	・感度のある種	非常に高	高	低	なし	なし
	・耐性のある種	低	低	中	高	低
	多様性	中～高	高	中	低	非常に低
中 河 川	指標種/分類群の数：					
	・感度のある種	高	中	低	なし	なし
	・耐性のある種	低	低	高	中	低
	多様性	中～高	高	中	低	非常に低
大 河 川	指標種/分類群の数：					
	・感度のある種	中	低	非常に低	なし	なし
	・耐性のある種	低	中	高	中	低
	多様性	高	中	中	低	非常に低

表－7 底生大型無脊椎動物に基づく生態的な質の分類（水路）

Table 7 Potential classification of ecological quality in canals based on the benthic macroinvertebrates.

	高	良	中	低	悪い
指標種の数：					
・感度のある種	中	低	非常に低	なし	なし
・耐性のある種	低	中	高	低	なし
多様性	高	高	中	低	非常に低

(5) 水生植物群集

① 植物プランクトン

植物プランクトンは、大規模河川及び水路における評価項目として提案されており、フランスが提案する分類に従いクロロフィルの量とする。ただし、この分類が全ヨーロッパで使用できるかどうかは、今後検証する必要がある。(表－8)

② 糸状藻類

糸状藻類は小規模河川の重要な要素である。栄養塩濃度が増加すると、一般的に糸状藻類の生物量が増加すると考えられる。しかしながら、栄養塩の濃度と硬い底質上の糸状藻類などの底生藻類の生物量の関係に関する検証では、直接的な関係は明らかでない。

科学的な証拠は明確ではないが、試験的な分類を提案する。ただし現在利用できる情報量が限定されているため、生態学的な質を定量的に分類することは不可能であり、今後更に研究開発が必要である。大規模河川及び水路では、水深が深くなると利用でき

る光が減少するため、糸状藻類の量も減少することから評価項目とはしない。(表－9)

③ 大型水生植物

河川の沈水生大型水生植物には、蘚類(Bryophyta)及び被子植物が含まれる。被子植物の生物量は栄養塩濃度の増加と共に増加すると言う証拠は無いが、一般的には濃度が低いと種構成が変化すると考えられる。そのためこの分類の主要な要素は、重要な指標種の存在である。

大規模河川及び水路では、大型水生植物の深さ分布に対し、光が限定要素となる。例えば藻類の生物量の増加により、濁度が増すと堆積物に対する光の浸透が減少する。そのため、大型水生植物の深さの分布は、内在する別の特性である(表－10)。沈水性大型水生植物は、悪い生態学的質の指標である。

現在利用できる情報量には限りがあるため、現在重要な指標種の要素を定量化することは不可能である。(表－10)

表－8 大規模河川及び水路の夏季平均クロロフィルに基づく生態的な質の分類
Table 8 Potential classification of ecological quality of large rivers and canals based on summer average chlorophyll.

	高	良	中	低	悪い
クロロフィル ($\mu\text{g/l}$)	<10	<60	<120	<300	>300

表－9 小規模及び中規模河川での糸状藻類に基づく生態的な質の分類
Table 9 Potential classification of ecological quality in small and medium rivers based on filamentous algae.

	高	良	中	低	悪い
・糸状藻類の有無	有	有	有	有	無
・面積被度/生物量	低	低	高	高/低	

表－10 河川及び水路での沈水生大型水中植物(蘚苔類及び被子植物)に基づく生態的な質の分類
Table 10 Potential classification of ecological quality in rivers and canals based on submerged macrophytes (bryophytes and angiosperms).

河川	指標	高	良	中	低	悪い
小 河 川	有無 重要な指標種	有 多い	有 中位	有 少ない	有 なし	無
中 河 川	有無 重要な指標種 最大水深	有 多い > 3 m	有 中位 > 1.0 m	有 少ない > 0.5 m	有 なし < 0.5 m	無
大 河 川 及 び 水 路	有無 重要な指標種 最大水深	有 多い > 3 m	有 少ない > 1 m	有 なし > 0.5 m	無 < 0.5 m	無

(6) 魚類個体群の多様性

河川の魚類個体群で重要な項目は、種の豊富さ／多様性、種の組成(攪乱に対する感度、栄養バランス)、生物量及び年齢構成である。

魚類は捕獲効率が一般的に低く個体数の見積が信頼できない大規模河川では、個体数や生物量に関するデータの利用は難しい。そのため、一般的に“種の豊富さ”と“種組成”が大規模河川で最も信頼できる生態学的な質の指標となる。

年齢構成も有効な指標となり得るが、自然状態の魚類個体群は、一般的に強い年齢のクラスに支配されるので、バックグランドの変動が高い。

小規模及び中規模河川では、個体数は信頼性をもつことから年齢構成などのデータ収集がかなりし易いため、個体数の使用頻度が高い。但し、若い移動性のサケの個体群では、多数の二年子のサケを放流するので、あまり重要な指標とはならない。(表-11)

表-11 河川での魚類個体群に基づく生態的な質の分類

Table 11 Potential classification of ecological quality in rivers based on fish populations.

		高	良	中	低	悪い
小・中規模河川	種の豊富さ 多様性	・ 基準状態として予測される EQI*0.8~1.15	・ 基準状態と比べて僅かに減少(増加) EQI*0.7~0.85 又は1.15~1.3	・ 基準状態と比べて中程度減少(増加) EQI*0.5~0.7 又は>1.3	・ 基準状態と比較してかなりの減少 EQI*0.2~0.5	・ 激しい減少又は魚類が完全に不存在 EQI*<0.2
	年齢構成	・ 基準状態として予測される	・ 基準状態から異常に強い(弱い)年齢クラスへ僅かな偏り	・ 基準状態から異常に強い(弱い)年齢クラスへ中程度偏り	・ 1又2つの年齢クラスが支配 ・ 全年齢クラスが不存在	・ 激しく乱れているか魚類が完全に不存在
	種の組成	・ 基準状態で予測される栄養段階**のバランスがある ・ 感度のある種が存在する	・ 栄養段階**のバランスが僅かに偏る。 ・ 感度のある種が少ないか不在の割合が低い。	・ 栄養段階**バランスが緩やかに偏る。 ・ 感度ある種が少ないか不在の割合が中程度である。	・ 栄養段階**バランスがかなり偏る。 ・ 感度のある種が全くいない	・ 1又は2種の耐性のある種が存在するか魚類が全く存在しない
大規模河川	種の豊富さ/ 多様性	・ 基準状態で予測される通り EQI*0.85~1.15	・ 基準状態と比べて僅かに減少(増加) EQI*0.7~0.85 又は1.15~1.3	・ 基準状態と比べて中程度の減少(増加) EQI*0.5~0.7 又は>1.30	・ 基準状態と比較してかなりの減少 EQI*0.2~0.5	・ 激しい減少又は魚類が全く存在しない EQI*<0.2
	種の組成	・ 基準状態で予測される栄養段階**のバランスがある ・ 感度のある種が存在する	・ 栄養段階**のバランスが僅かに偏る。 ・ 感度のある種が少ないか不在の割合が低い。	・ 栄養段階**バランスが緩やかに偏る。 ・ 感度ある種が少ないか不在の割合が中程度である。	・ 栄養段階**バランスがかなり偏る。 ・ 感度のある種が全くいない	・ 1又は2種の耐性のある種が存在するか魚類が全く存在しない

* EQI(Ecological Quality Index) : 生態学的な質の指数、観測値を期待値で割った値。
(観測値/期待値=1 期待値に近い状態)

** 栄養段階 (trophic level) : 生態系における栄養動態の理解のためになされる生物の役割の典型的分類で、生産者から数えて(～第n次消費者)同じ段階を経て食物を得ている生物は、同じ栄養段階に属しているという。

(7) 脊椎動物個体数

水生生態系に依存するさまざまな鳥類と哺乳動物が好むハビタットを記述する文献は多数あるが、ヨーロッパでの水域生態系の生態的な質の分類を特定しているものはない。

また、多くの鳥類は移動性があり、生活段階が異なる期間中に異なる水生生態系を使用するため、所定の水生生態系の質を評価するには適切でない。同様に、カワウソのような哺乳動物も、活動範囲が広く同じことが言える。

少なくとも数種の脊椎動物はある種の水の分類には有効な要素であることが証明されているが、ヨーロッパレベルでの既存の知識ではあまりにも不十分であるため、具体的な水形態の生態的な質の質要素として、脊椎動物を含めないことを推奨する。しかし、多数の脊椎動物種の個体数サイズの変化を地域的に評価することは、価値ある補足情報源となるかもしれない。

(8) 堆積物の構造及び質

堆積物構造及び質は生態系の変動にとって極めて重要である。攪乱されていない河川の堆積物構造(粒度組成など)は、主に河川の流速とその年間変動といった変遷により、特に河川の流速と連動する大型水生植物の成長と生産といった生物学的変遷により変わる。

現在、堆積物構造を指標として確立することは不可能である。河川の堆積物の構造に対する人間の影響は、大型無脊椎動物群集と、産卵場所での魚類の産卵等で反映されている。

堆積物の質は、沈殿物の捕食者(collector)にとって栄養的な価値か、有毒/有害物質のいずれかとして、解釈されている。栄養的価値については大型無脊椎動物群集に反映される。

結論として、堆積物の構造と質の指標は河川及び水路には推奨されない。

(9) 河岸地帯

1) 河道部

河川の物理的な質(流路の可変性など)は、最近までヨーロッパでは殆ど注目されておらず、水質問題の関心の陰に隠れていた。しかし、この河川の物理的な質は、ハビタット分類の枠組みの重要な部分と見られている。

河川流路の物理的な質を記述するため、多くのパラメータが利用できるが、現実的には、これらパラメータの多くは非常に高い相互の相関性があるため、広範な条件で物理的な質を適切に記述するのは比較的少数である。有効なパラメータは、湾曲部、河床の変動、水深の変化、川幅の変化及び河岸勾配の変化である。これら全てのパラメータ値が増加すると、水生生物相にとってのニッチェが増加し、値が減少すると河川工事によりもたらされる物理的な低下傾向を示すと考えられる。

湾曲部は大縮尺図(例:1/50,000)から容易に判読でき、過去の地図により基準状態(工事実施前)を把握することができる。河床、水深、川幅及び河岸勾配の変化には、必然的に現場での評価が必要になる。

この評価項目は、かつては自然の河川であった流程にのみ適用できる。完全に人工的な流程(例えば多くの水路や排水路)を分類するにはこの方法は適切ではない。(表-12)

2) 河岸地帯(Riparian area)

河岸地帯の範囲は、動植物のハビタットや汚染源からの河川の保護(浄化作用)の機能として、生態学的な質の側面において重要である。ただし、狭い緩衝地帯でさえ、回廊や河岸の安定性の保護等としての利点を有する。

例えば出水などによる地形変化は、その動植物群集を含めて、河岸地帯の機能と構造を著しく変える。植生の構造は、動物相の

ハビタットとして、回廊及び河川環境への影響として、河岸地帯の生態学的な質に影響する。このような観点から河川の河岸地帯の指標には、水理学的に現れる河岸地帯の範囲及び植生において特徴的な自然さが含まれる。

現在、ヨーロッパレベルで河岸地帯の情報あまりに少ないため、定量的な指標を

確立することはできない。(表-13)

(10) 流量変動

流量変動は動植物相及び生態系の変遷にかなりの影響をもつ。また、ダム及び表層水や地下水の利用など的人為的な影響は、日々のパターン(水力発電所)、季節的なパターンなどの流量変動に影響する。(表-14)

表-12 河川での河川地形に基づく生態的な質の分類

Table 12 Proposed classification of ecological quality in rivers based on river Geomorphology.

	高	良	中	低	悪い
湾曲部	基準状態と比較して河川の長さは減少していない	河川の長さが僅かに減少 EQI* > 0.85	河川の長さが中程度減少 EQI* 0.7 ~ 0.85	河川の長さがかなり減少 EQI* 0.4 ~ 0.7	河川の長さが激しく減少 EQI* < 0.4
河床の変動 水深の変化 川幅の変化 河岸勾配の変化	基準状態と比べ変わらない	僅かに減少 EQI* > 0.85	中程度減少 EQI* 0.7 ~ 0.85	かなり減少 EQI* 0.4 ~ 0.7	ほとんど変動しない EQI* < 0.4
流路	自然	僅かに変化	変化している	かなり変化	全体的な変化している
河岸	自然	僅かに変化	自然ではない	自然ではない	自然ではない
流れ	自然	僅かに変化	変化している	かなり変化	全体的に変化している

* EQI(Ecological Quality Index) : 生態学的な質の指数、観測値を期待値で割った値。
(観測値/期待値 = 1 期待値に近い状態)

表-13 河川及び流路の河岸地帯における生態的な質の分類

Table 13 Potential classification of ecological quality in rivers and channels based on riparian areas.

(河川)

	高	良	中	低	悪い
河岸地帯の幅	>50m	>10m	>2m	>0.5m	<0.5m
水 理 学	自然	僅かに変化	変化している	かなり変化	全体的に変化
植 生	自然、多様性有	僅かに変化	単調	単調	単調

(改修できない河川及び水路)

	高	悪い
河岸地帯の幅	>50m	0.5~50m
水 理 学	自然	僅か~全体的に変化
植 生	自然、多様性有	僅か変化~単調

表-14 流量に基づく河川の分類

Table 14 Potential classification of rivers based on water flow.

	高	良	中	低	悪い
日々の変化	自然(小)	自然の範囲より僅かに多い	自然の範囲より多い	自然の範囲よりかなり多い	自然の範囲のほぼ100%多い
最低流量の 中位数	自然値の >90%	自然値の 50~90%	自然値の 30~50%	自然値の 10~30%	自然値の <10%
洪水の数	自然値の >90%	自然値の 50~90%	自然値の 30~50%	自然値の 10~30%	自然値の <10%

5. 参照状態の設定

生物指標においては参照状態 (reference conditions) は、水質などのような明確な基準値を設定できない。このため、参照状態は以下のように定義する。

人類がもたらした著しい生物的、物理的あるいは化学的改変の存在しない水域帯とその生物群集の状態。

ただし、構造的に著しく改修されている水域帯に関しては、原始に近い状態に回復できない。このような水域帯に関しては、以下の参照状態の定義を適用するべきである。

厳しい実際上の制限により改変できない物理的な特徴が継続的に存在する場合に達成できる最善の水域帯、およびその関連する生物群集の状態

また、影響を受けないサイトとは、想定される自然状態として分類できるサイトとして定義することができる。

サイトにおける過去のデータは、現在の生態学的な質に対し、人為的な影響を受ける前の状態として定義することができる。

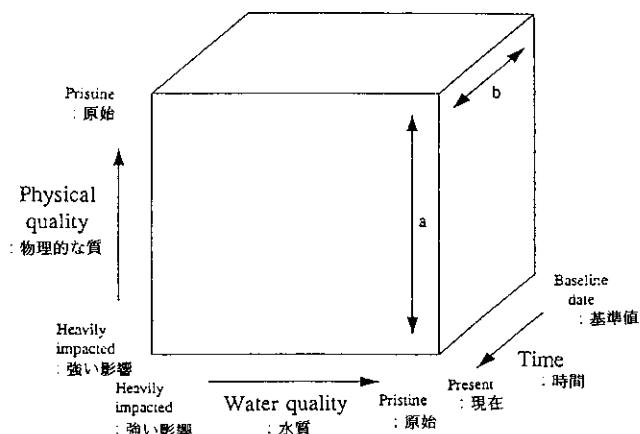


図-1 生物による水質評価を選択する参照状態と生態学的な定義

Fig. 1 Definition of reference conditions in selected biological water quality assessment systems and the proposed definition for the Ecological Directive.

- a. 参照状態 : Reference conditions
- b. 生態的な定義における参照状態 : Proposed reference condition for the Ecological Directive

6. 評価指標の考え方

尺度に関する最も適切なアプローチは、参照状態からの差の程度として表現することである。観測した状態と参照状態を必ず同じシステムを使用して評価することにより、2つの値の比較により、理解し易い単位のない比率 (生態的質比率、EQR : Ecological quality Ratio) を導き出すことができる。すべての尺度は質の一番悪い状態を「ゼロ」とほぼ等しくして、基準状態と類似の質状態を有するサイトを「1」に近づくように設定する。

但し、尺度間の感度に違いがあるため、1つのシステムの傾きを持つ線形とはならない。

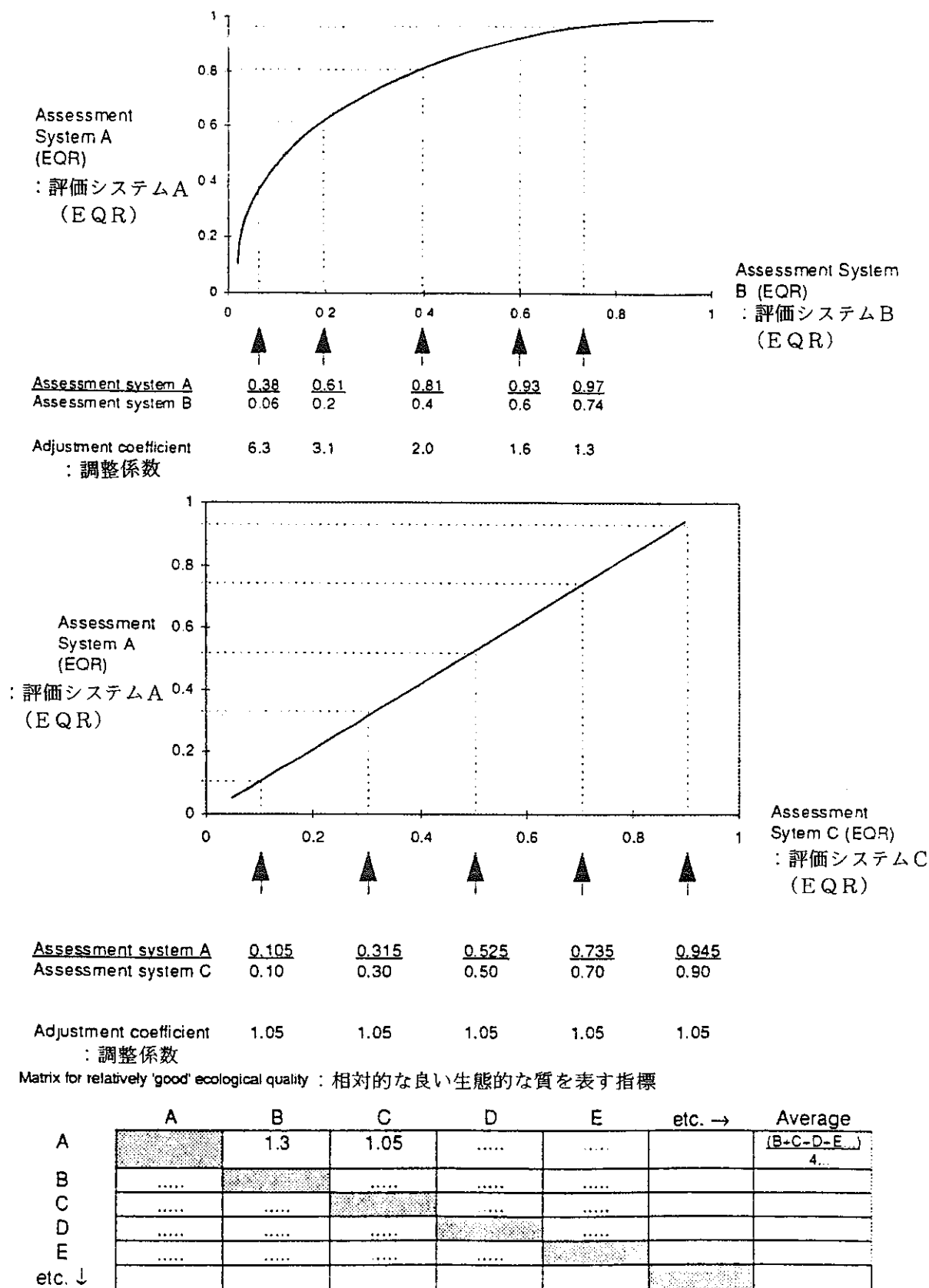


図-2 異なる評価システムの調整係数を導き出すための手順および説明例

Fig. 2 Illustrative example of the process of calculating Adjustment Coefficients for different Assessment Systems using hypothetical data.

このため、質の点数をEQRに転換し、比較可能なシステム間の関係について「Adjustment Coefficient（調整係数）」を個々のシステムに割当てて結果が直接比較できるように、異なるシステム間の感度を標準化する。調整係数を導き、それを調和的尺度にデータを転換するために使用する手順構想は以下の通りである。

1. EQRは各評価システムを使用した生データから作るため、個々の評価システム間の比較を行い、最適な線を選び異なる質レベルの数だけEQRの比率(調整係数)を割り出しEQR比率のマトリックスを作成。
2. 各評価システムからのEQRは適切な調整係数を乗じて、それを調和化した生態的質の尺度に転換する。

また、表-15 のようにクラスの境界を定量的に定義し、各クラスに適する生態的な状態を定義することも可能である。

表-15 調和的分類として使用するために提案される一般的な生態的な質の定義

Table 15 Suggested generalized definitions of ecological quality for use as harmonized classification

質クラス	EQR	クラスの説明
高	0.95	生物群集及びそのハビタットに対する人為的な影響の痕跡が全くないか、極めて少ない。生物相の組成及び多様性と状態(生産性)が、通常攪乱されていない状態のハビタットに関連しているものを反映している。
良		生物群集及びそのハビタットに対する影響が検知できるが、低レベルである。生物相は攪乱の兆候を示しているが、完全に自立していて、通常攪乱されていない状態のハビタットに関連するものからほんの僅かに偏向している。
中	0.8	生物群集及びそのハビタットに対し著しい影響がある。生物相は、通常攪乱されていない状態のハビタットに関連するものから中程度の偏向を示している。
低	0.6	生物群集及びそのハビタットに対しひどい影響がある。生物相は、通常攪乱されていない状態のハビタットに関連するものから大幅に偏向している。
悪い	0.3	ほんの少数のストレス耐性種が存在するか、又は生物が存在しない。

8. おわりに

以上、本報告では、EUにおける生態系保全の観点から、水域における生態的な質を評価する考え方を紹介した。今後、各EU加盟国ではEC指令達成のために本報告書に示された考え方に沿った具体的なアプローチを実施していくものと考えられる。

国内でも、河川においては、河川水辺の国勢調査、河川生態学術研究会などのさまざまな調査・研究活動や多自然型川づくりを始めとする良好な河川環境の保全・復元を目指した取り組みが実施されており、生物の生息・生育環境を考慮した河川管理が模索されている。しかし、生態系保全の観点から技術的アプローチの方法については、評価手法が体系化されていないのが実状である。従って、このような生物の生息・生育環境を考慮した河川管理に際して、本報告書に示されているような水域における生態的な質をモニタリング、評価する考え方が求められている。

今回紹介したEUにおける生態的な質の考え方、生態的な質に関する評価項目の選定および評価項目の考え方、基準条件の選定、評価指標の考え方は、EU加盟国が国々で独自の枠組を持つことを前提とした上でまとめられていることから一般性が高く、短期的にEU指令を達成するために最も費用対効果のあるアプローチであることから即効性が高い考え方であるといえる。今後日本でも同様の考え方を利用することが可能であると考えられる。

本報告が、河川環境の評価手法の開発の一助となれば幸いである。

最後に本稿をとりまとめるにあたり、European Commission etc. から報告書の引用の許可をいただきました。この場をお借りして心より厚く御礼申し上げます。

<引用文献>

- 1) Commission of the European Communities (1999) Amended proposal for a COUNCIL DIRECTIVE, establishing a framework for Community action in the field water policy.
- 2) S.C.Nixon and C.P.Mainstone Water Research Centre, T.Moth Iverson, P.Kristensen, E. Jeppesen and N.Friberg, National Environmental Research Institute, E.Papathanassiou, National Centre for Marine Research, A.Jensen and F.Pedersen, Water Quality Institute (1996) The harmonized monitoring and Classification of ecological quality of surface waters in European Union Final Report. pp.293, EC.DG XI, WRC, UK.

<参考文献>

- Aanes K. J. and Beakken T. (1990) Use of macroinvertebrates to classify water quality. Repot No.2A Acidification. NIVA, Oslo. 47pp. (English language version 1995)
- Boon P. J. (1992) Essential element in case for river conservation. -In: River conservation and management. Eds. P. J. Boon, P. Calow & Petts, G. John Wiley & Son. 11-33.
- Canadian Council of Resource and Environment Ministers (CCREM) (1987) Canadian Water Quality Guidelines. Ottawa, Canada.
- ECE (1992) Statistical Commission and Economic Commission for Europe. Standard statistical classification of surface fresh water quality for the maintenance of aquatic life. Document for the Conference of European Statisticians Fortieth plenary session (Geneva 15 to 19 June

1995).

- Premazzi G. and Chiaudani G. (1992) Ecological quality of surface waters. Quality assessment schemes for European Community Lakes. Joint Research Center, Commission of the European Communities, EUR 1453 EN.
- RNDE (1994) Qualite des Cours d'eau. 10 ans d'observation. Syntese sur 150 stations de mesures en France, 1984-1993.
- Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Seddell J.R. and Cuhing C.E. (1980) The River continuum Concept. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37:130-137.