

河川植生の数量的評価手法とその活用について

A QUANTITATIVE METHOD FOR QUALITY EVALUATION OF VEGETATION IN THE RIVER CHANNEL

大石 哲也¹・天野 邦彦²・角 哲也³
Tetsuya OHISHI, Kunihiko AMANO, Tetsuya SUMI

¹正会員 工博 独立行政法人土木研究所 河川生態チーム (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

²正会員 工博 国土交通省国土技術政策総合研究所河川環境研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1)

³正会員 工博 京都大学教授 防災研究所水資源環境研究センター (〒611-0011 宇治市五ヶ庄)

In this paper, we proposed a method to evaluate the river vegetation. Based on the data of individual species (Ohaba 1983), we proposed community evaluation index (V), community indigenous value (CIV), and environmental evaluation index (E) conclusively. By applying these indexes to Kokai River, E was in the range of 65-90. The E value was tended to be lower on the upper left side of the river because of the existence of many communities with low CIV such as farmlands and weeds. These indexes will enable a river environmental planning to estimate quantitatively as well as a flood-control planning.

Key Words : *vegetation, river environmental planning, quality evaluation, quantitative method*

1. はじめに

生物を基準とした環境評価では、その場の環境に似つかわしい種がどの程度存在するか、逆にその場に似つかわしくない種がどの程度存在するか、というように種の存在を環境評価の判断材料とする場合が多い。例えば、重要種（貴重種）、絶滅危惧種、侵略的外来種などは、その場の環境を評価する際に解りやすい指標例といえる。もちろん、指標となる種が、その場をどう代表するかという個別の議論はあるものの、今日までに、これらの指標種が環境評価の代名詞的な役割を果たし、環境評価に貢献してきた。

個々の種を基準とし、河川環境の評価を行うことは、改善効果の検証を行いやすいという利点がある。一方、このように個体や個体群の種に偏った議論だけでは、他の種や生物群集の生活場の評価が軽視されがちであるという問題も指摘されている¹⁾。実際に、河川整備計画などの全体計画論において、特定種の保全や整備について取り上げられることはあるが、面的な環境を数量的な指標によって評価が成されないことが多い²⁾。このため、例えば、多自然川づくり等の取組において、数量的評価によって生物群集の生活場の改善効果を示すことができないということも指摘されている³⁾。

そこで、指標種のように個々の種を基準としながらも、

それらを面的な河川環境評価へといかに活用してか、その方法を提示することが重要である。

以上に鑑み、本論文では、河川環境の評価の中でも、河川生態の基盤となる植生を対象に、個々の種を基準としたうえで、植物群落の質を評価することを目的として、数量的な植生評価手法の提案とその活用について検討した。

2. 評価手法の概要

(1) 検討手順

本論文は、図-1に示すフローに従って検討している。検討手順としては、まず、植生調査を行った後に、調査データから群落区分を整理し、植生図を作成する。次に、個々の植物種の評価指数を基に、区分された各群落を数的に評価する方法について検討し、その結果をもとに、植生図に代わる評価図を作成する。さらに、評価結果をもとに、縦断的に植生を基準とした環境評価を示す方法について検討する。

(2) 植物種の評価指数

植物種の評価は、古くはEllenberg⁴⁾が中部ヨーロッパの植物を対象に、種ごとに数値で階級付けした取組例があり、その有効性がCutisら⁵⁾によって示されている。

Ellenbelgが用いた指標化の手法は、ある環境傾度に沿って、評点があらかじめ分かっている場合に行われる加重平均法 (weighted averages) の考えを基にしており、評点が主観的に決められるという欠点はあるが、計算手順も簡単であり、数量的に示せ、結果の解釈も容易であるという大きな利点がある⁶⁾。

我が国では、大場⁷⁾が個々の種について数量的評価法を提案し、地域のフロラ (植物相) 評価において、成果を収めている。大場の提唱する評価法は、ある地域の自然環境の状態をその地域に自生する植物のすべてを用いて評価する方法であり、その植物が地域に古くから存在する種かどうかによって評価され、最も異郷のものを最低とする5項目5段階の評価を行うことで得られる。この方法によって評価された値を植物種の地域定着度指数⁷⁾という (表-1)。この評価は、地球上の多様性の保護には、それぞれ歴史を異にするそれぞれの地域に固有の自然の多様性を、それぞれの地域ごとに保全することが肝要であるとの考えに立脚している^{1), 7)}。

(3) 群落組成表の修正

(a) 群落組成表の作成とその見方

群落組成表とは、調査データから植物社会学的手法⁸⁾に基づき、基準となる種を抽出し、群落ごとに種を並べ替えた群落表のことを言う。群落組成表には、調査地点ごとに種名とその種が占める割合 (通常は、被度・群度で示す) が記載される。群落組成表を作成する目的は、各々の群落区分において特徴となる種を示すことである。したがって、種の占める割合よりも種の有無が重視される。なお、植生図は、この区分された群落 (以下、群落単位という) に基づいて作成される。

群落組成表の見方を示すため、群落単位のうち、表-2にハンノキ林のデータ部分的に示している (ただし、同表の数字は仮想データである)。表では、主たる構成種にハンノキ、チョウジソウ、アカネが存在していることが、ハンノキ群落を特徴付けている。また、これら主たる構成種の下には、ハンノキ群落を直接特徴付ける種ではないが、その周辺の構成種であるクサヨシ、ノウルシ、ヌカキビが含まれている。さらに、周辺種の下には、ハンノキ群落内に偶然見つかった種であるイシミカワ、ケキツネノボタンといった偶発種 (随伴種) によって構成されていることが示されている。

(b) 低頻度種の除去

先に述べたように、群落単位は、主たる構成種によって特徴付けられていることが重要であって、それ以外の種は、その群落には不要な要素である。しかしながら、本論文の目的である群落の質的な評価を検討する際には、1つの群落に存在する周辺種や偶発種も含めて評価する方が、群落評価として適切と考える。ただし、出現頻度が少ない種 (以下、低頻度種という) は、群落評価上も関係のない種ともいえ、群落評価に含めない方がよいと

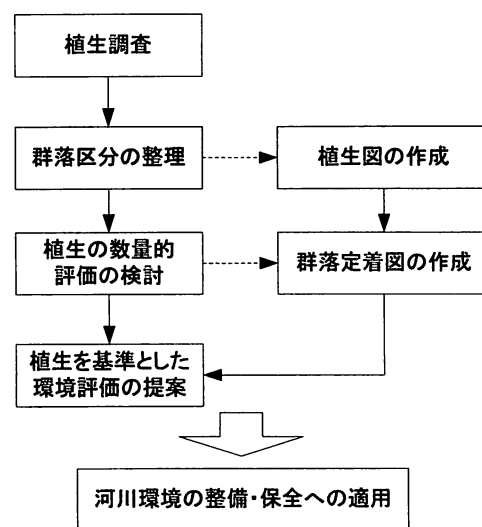


図-1 検討手順

表-1 地域定着度指数による評価^{1), 7)}

項目	評価点	判断基準
A: 移住の時期	5	縄文期以前
	4	弥生期より室町期に至る間
	3	江戸時代
	2	明治・大正から昭和30年代前半まで
	1	昭和30年以降
B: 生活空間の自然・人為度	5	自然林、自然草原
	4	二次林、半自然草原、マント群落、スソ群落で伐採、刈り取り、火入れなどの人為力が1年以上の間隔で働く空間
	3	農耕地、人工草地など、数週間または数ヶ月の間隔で人為営力 (耕起、除草、放牧など) が働く空間
	2	路上、庭など、ほぼ毎日人為力の及ぶ空間
	1	大都市、工業地帯など、2の条件にさらに強度の物理的・化学的人為作用の加わっている空間
C: 遷来の方法	5	土着のもの (移住が縄文期以前のもの)
	4	重力、水流、風による移住
	3	動物による散布、飛行、遊泳、歩行などによる動物の自力移動と、それに付着して移住する生物
	2	人が意識的に運ぶ、または人の移住に付随して移住する生物
	1	人がつくり出した人為的生物
D: 分類群 (taxon) としての異質性	5	その地域に本来生活している土着のもの、または外から移住したものであってもまったく土着のものと同じ分類に含まれるもの
	4	その地域にはなかった種、または亜種
	3	その地域には欠けていた節または上種に属するもの
	2	その地域には欠けていた属に属するもの
	1	その地域には欠けていた科に属するもの
E: 生物地理上の異質性	5	生物地理地域区分が同一の地域内での移住
	4	異なった区系地域からの移住
	3	異なった亜区系からの移住
	2	異なった区系からの移住
	1	異なった区系界からの移住

表-2 群落組成表例

種名	定着度指数	種の占める割合 (%)						出現頻度 (箇所)
		no.1	no.2	no.3	no.4	no.5	no.6	
ハンノキ	25	100	80	-	60	60	80	5
チョウジソウ	25	80	60	80	40	-	-	4
アカネ	24	20	20	30	-	10	-	4
クサヨシ	24	-	20	-	80	60	40	4
ノウルシ	25	-	60	40	10	-	-	3
ヌカキビ	20	-	-	20	-	20	-	2
イシミカワ	24	20	40	-	40	-	10	4
ケキツネノボタン	16	-	-	20	-	-	-	1

も考えられる。そこで、以下で検討する実河川の適用では、本手法の感度分析の検討も兼ねて、低頻度種を全く除去しないケース（検討ケース①）、出現頻度が全調査地点数の1/3以下の種を除去したケース（検討ケース②）について検討することとした。例えば、表-2において、検討ケース②の場合は、調査地点数が6箇所であり、その1/3は2箇所以下であるので、出現頻度が2箇所以下のヌカキビとケキツネノボタンが除去され、群落組成表が修正される。

(4) 群落の数量的評価

(a) 群落評価指数の計算

群落の数量的評価を行うため、ここでは、大場の「地域の定着度指数は、地域に出現した全ての植物の平均によって求める」⁷⁾という考えを元に、(3)で作成した群落組成表を用いて、各調査地点における評価点（以下、群落評価点という）を求める。調査地点における群落評価点は以下の式で表される。

$$V = \left(\frac{\sum P_i}{N} \right) \div 25 \times 100 \quad (1)$$

ここで、 V は群落評価点、 P は種の地域定着度指数、 N は全出現種数である。なお、 P 値は、種の占める割合に依存せず、調査地点に種が存在するかしないかによって決められる。

求められた群落評価点（ V ）は、調査地点ごとに異なる値を示す。もちろん、対象河川に存在する個々の群落で個々の群落評価点を定めることは、より正確な方法だが現実的に困難である。そこで、以下では、群落評価点によって示される分布の中央値を1群落を持つ群落評価点とし、これを群落評価指数（ \bar{V} ）と定義する。

(b) 群落定着度の計算

ここでは上述した（a）の評価結果を5段階にランク付けし、各群落に群落定着度（ CIV ）を与えた。群落定着度（ CIV ）は、ランクV（優）～I（劣）によって示される。なお、群落定着度は、各ランクを一定値で区分することも可能であるが、本論文では、群落定着度のランクを対象区間における相対的な評価によって求めている。具体には、全調査地点の群落評価指数を5つに均等割することで、ランク付けを行っている。

(5) 植生を基準とした環境評価

河川整備計画では、河川環境を流域、セグメント、あるいは距離ごとに、河川の縦断方向にわたっての河川環境の概観を表している。ここに、数量的な評価を加えることで、より客観的にそれぞれの空間スケールごとに場を評価することが可能となろう。そこで、上記で得た群落評価指数などに若干手を加え、河川の縦断方向にわたっての植生を基準とした河川環境評価の方法について提案する。

(a) 裸地域の評価

河川内には、植生のない裸地域が存在している。群落評価では、これらの裸地域が評価対象にならなかったが、裸地域は植物の成立場と深く関わっている。

具体的には、人工裸地に関しては、植物が成立する場を損失している点や河川本来にあるべく自然景観単位の1つから最も異郷のものと考えられる。そこで、人工裸地については、群落評価指数の最低点の20を与えることとする。一方、自然裸地に関しては、植生が生えうる場を有しており、河川本来にあるべく景観単位の1つと考えられる。しかしながら、植物にとっては、非常に環境条件が過酷であるため、生育場になり得ないという側面も有している。したがって、ここでの評価では対象外とした。

(b) 植生を基準とした環境評価指数

環境評価指数（ E ）は、対象とする区間の単位面積あたりの評価とし、以下の式で示される。

$$E = \frac{\sum (A_j \cdot \bar{V}_j)}{G} \quad (2)$$

E は環境評価指数、 A_j はj群落の面積、 \bar{V}_j はj群落の群落評価指数、 G は対象区間の全地被面積

3. 小貝川中下流域への適用

(1) 調査地の概要

対象河川は、関東河川の代表的な氾濫景観を現在でも有する小貝川とした。調査区間は、利根川合流地点から約14km上流に位置する常総橋から、約28km上流に位置する福岡堰までとした。なお、対象箇所の河床勾配は1/4,000である。

(2) 植生調査と群落区分

植生調査は、河川水辺の国勢調査で採用している植生社会学的手法に基づいて行った。調査は2005年3月から

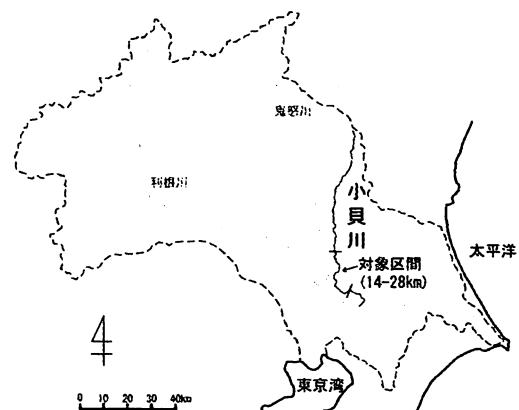


図-2 調査対象区間（小貝川）

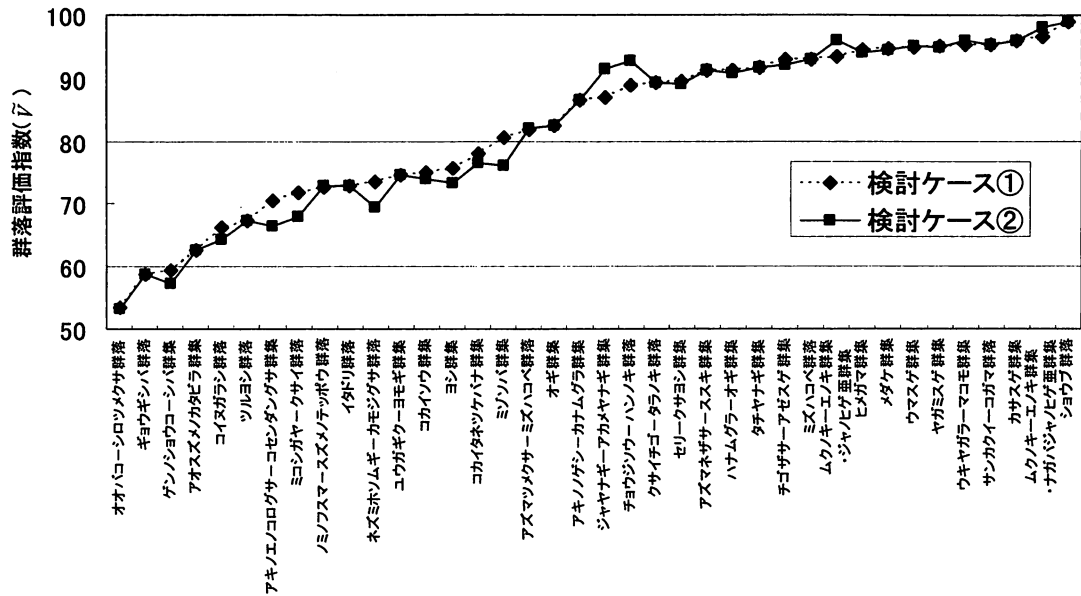


図-3 小貝川における群落評価指数

2006年3月にかけて行い、約270の調査データを得た。ここから、調査データの整理を行い、38の群落に区分した。なお、1群落あたりの調査データ数は平均して約7であった。

(3) 群落評価指数の検討

群落評価指数の検討は、低頻度種を「全く除去しないケース(検討ケース①)」、「出現頻度が全調査地点数の1/3以下の種を除去したケース(検討ケース②)」について行った(図-3)。全体的な傾向として、いずれの検討ケースも、路傍や湛水後の乾燥した跡地に現れやすい群落(ゲンノショウコシバ群集、ミコシガヤークサイ群落、アオスズメノカタビラ群集、コイヌガラシ群落)、外来種の群落(ネズミホソムギーカモジグサ群落)は、群落評価点が低い傾向にあり、より安定した群落(例えば、オギ群集、オギーハナムグラ群集、ムクノキエノキ群集など)になると、評価点が高い傾向にあった。

また、検討ケース①と検討ケース②を比較すると、検討ケース②の低頻度種を除去した方が妥当な結果を示しているように思われる。その理由として、在来の草本類であるヨシ群集、コカイタネツケバナ群集、ミソソバ群集では群落評価指数が若干下回るものの、在来の木本類であるジャヤナギーアカメヤナギ群集、チョウジソウーハンノキ群落、ムクノキエノキ・ジャノヒゲ亜群集で群落評価指数が高く、外来の草本類のアキノエノコログサーコセンダングサ群集、ネズミホソムギーカモジグサ群落、路傍雑草のゲンノショウコシバ群集、ミコシガヤークサイ群集で群落評価指数が低いことがあげられる。

以上から、今回の検討に利用した小貝川の調査データでは、とくに検討ケース②において、良好な群落で群落評価指数の値が高く、外来種の群落や人為利用の影響により質が劣化した群落で群落評価指数の値が低く評価で

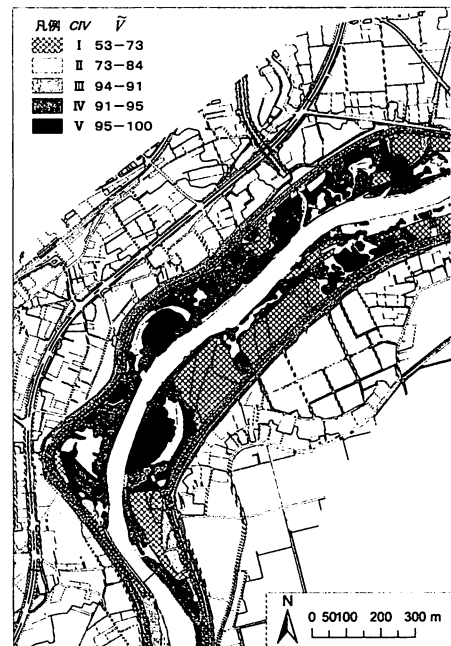


図-4 小貝川における群落定着度図
(大和橋下流22.5km付近)

きるという結果を得た。

(4) 小貝川における群落定着度評価

図-4に検討ケース②で得られた結果を基にした群落定着度図を示す。区間全体をみると、旧河道に沿って群落定着度の高い群落が多いようである。また、岸別にみると、右岸側は群落定着度ランクIV、Vといった評価の高い群落が占める。この理由として、右岸側は、湿地的環境が維持されているため、小貝川の中でもとくに在来の湿性植物が多く自生していることに加え、野焼きや刈り取り等などの自然的攪乱に代替される人為的攪乱によって、結果として、在来の群落が維持されている箇所が多

い。このような事実は、群落定着度の評価ともよく整合している。一方、左岸側は、群落定着度ランクⅠ、Ⅱといった評価の低い群落が広範に広がっている。これは、農地やグラウンド等の利用が多いためと考えられる。なお、対象区間の左岸側上流を中心に人為利用（公園等の整備）や河岸改修が目立ち、群落定着度の低い群落が多いことが特徴的であった。

(5) 植生を基準とした環境評価

図-5に各距離区間における環境評価指数を示す。また、図中に、対象区間の地被面積割合（人工裸地、自然裸地、草地、樹林地、耕作地、水域）を参考までに示す。

右岸側の環境評価指数は、約70～90の範囲に分布しており、17-18km区間で最も高く、18-19km区間で最も低い。一方、左岸側の環境評価指数は、約65～90の範囲に分布しており、17-18km区間で最も高く、26-27km区間で最も低い。

また、左岸側の25-26km区間（E=66）、26-27km区間（E=69）は、他と比較してもかなり低い値を示した。これらは先に述べたように、人工裸地の面積が大きく占めているほか、外来種の群落が多く占める区間であった。同様な傾向は、右岸側の18-19km区間でも見られた。

さらに、左岸側22-23km区間、右岸23-24km区間に見られるように、耕作地の割合が多い場合にも環境評価指数が低くなる傾向にあった。

4. 河川環境の整備・保全へ向けての考察

(1) 評価手法の活用

本論文では、図-5に示したような植生を基準とした環境評価指数などを用いて、河川環境評価の提案を行った。ここで取り上げた手法は、上下流にわたる環境の優劣を評価できることや、事業実施前後における環境改善効果を数量的に示すことが可能である。さらに、数量的な評価であるため、植生の知識を有しない技術者にも理解しやすく、例えば治水と同様に具体的な数値目標の設定が可能となる。

また、群落定着度図は、面的な広がりをもった空間情報であり、河川地形、水位情報といった各環境情報との比較も可能となる。さらに一連の情報をGIS (Geographic Information System) に格納することで、情報の相互関連性や、河川生態系の変化の予測、評価などにも利用できる。

(2) 河川植生の保全・整備の手順

評価ツールの活用も含め、本論文の河川植生の保全・整備の考え方を図-6に示す。

河川植生の保全・整備の検討は、まず、現況の把握を行うことである。過去からの植生変遷の状況を調べると

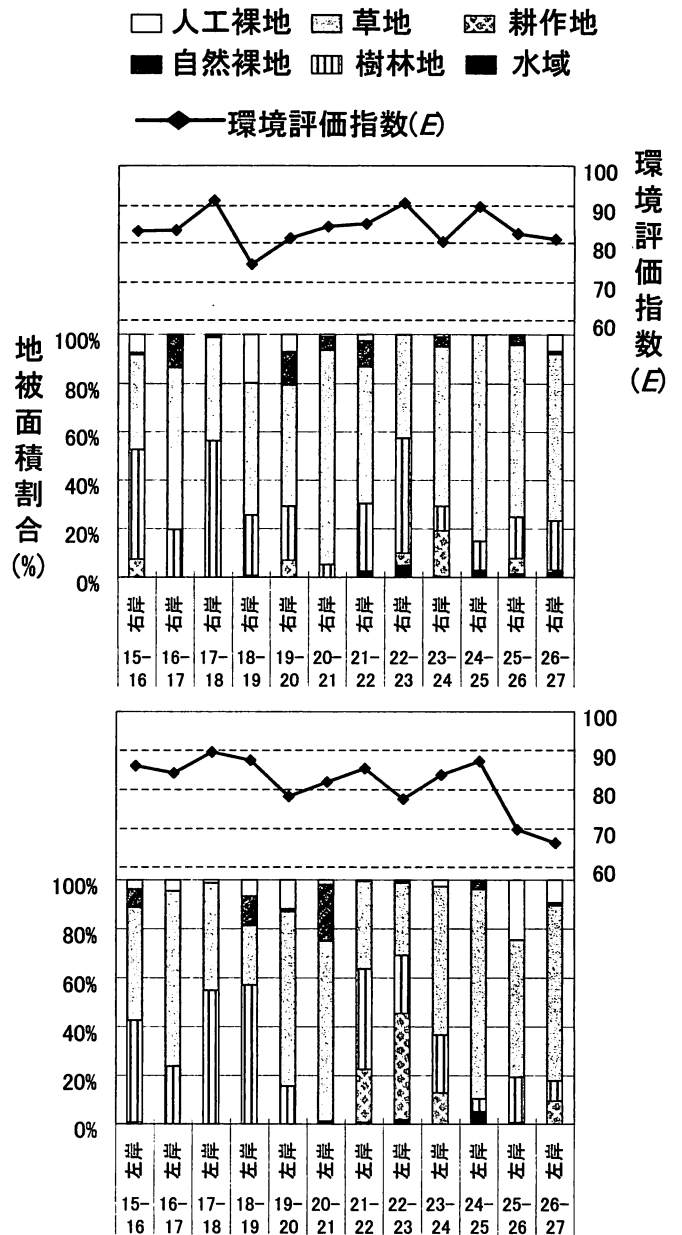


図-5 各距離区間における環境評価指数

共に、その場の環境評価は、本論文で提案した評価法を用いることで数量的な評価を行うことができる。これにより、環境の優劣がつけられ、保全箇所と整備箇所の抽出が可能となる。環境評価が良い場合は、保全対象となり、そのままモニタリングを続けるという判断ができる。

一方、環境条件が悪い場合は、整備対象となる。整備対象となる場では、まず、対象とする場の環境が、技術的な見地からどのような改善が行えるかを検討することが先決である。例えば、前述したように、GIS等などのツールを用いて、河川地形、上下流の流況変化、地形変化等と植生との関係を考慮し、現場の環境が整備によって、群落定着度の高い群落へと変化が可能となる場合には、目標を設定し改善の検討を行うこととなる。この際、闇雲に点数をあげることを目標に、その場の環境にあわな

いような群落再生を考えるべきでない。こういったケースの基本的な考え方は、地域に古くから存在する種を重視し、それらを面的に整備することが重要である⁷⁾。このような改善を複数行えば、他の動植物の種多様性を保つことに貢献することにも繋がるだろう。また、何らかのインパクトにより、ある1つの群落破壊されたとしても、破壊された群落と同質の群落が他にも存在することで、河川全体としての質や環境システムの劣化を緩和できよう。また、破壊された群落が自然的に再生される場合には、同質の群落は種のソースとなりうるし、人為的に再生される場合にも、河川の典型的な姿として参考となる。

逆に、環境改善を行うことが技術上難しいければ、対策を施さないという消極的な対応策を考えるのではなく、少なくともそれが他の群落へ波及するかどうかを検討するべきである。例えば、侵略的外来種の群落を中心とし、たねの結実期が出水時期と重なる場合を考えてみた場合に、解析的検討によってたねがある群落に着床することで、群落定着度が低下するような群落へと変化する可能性があれば、たねのソースとなる場の改善は難しくとも、他の群落へ被害が及ばないように対策を行っておくべきである。一方、このような検討を行ったうえで、他への影響が極めて少ない（群落定着度が下がらない）と考えられる場合は、しばらくはモニタリングを継続して行い、改善技術が整った段階で、整備を行うこととなる。

以上の観点から、河川環境の保全・整備を行うことで、持続的によりよい河川環境を保全することが可能となるう。

5. まとめ

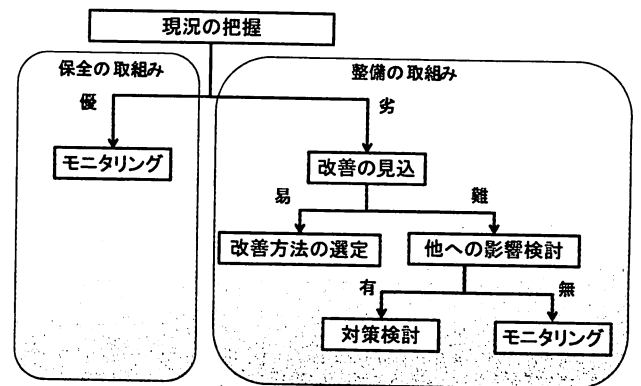
本論文では、地域に古くから生育する個々の種の存在を重視しつつ、河川植生を群落単位ごとに面的に評価する方法について提案した。

本手法の特徴は、植生を基準に数量的な評価指数や評価法を示したことにある。具体的には、個々の植物種の評価指数を基に、各群落を数量的に評価し、群落評価指数 (\bar{V}) や群落定着度 (CIV) を提案した。また、植生を基準とした河川の環境評価方法として、環境評価指数 (E) の提案を行った。

本手法の適用にあたり、小貝川を対象に検討を行った。その結果、小貝川の環境評価指数 (E) は、約65~90の範囲に分布していた。とくに、左岸側の環境評価指数は、対象区間の上流域で低い傾向にあった。これは左岸側に農地、雑草類を中心とする群落定着度 (CIV) の低い群落が目立っていたことや人工裸地の割合が高かったことがあげられる。

さらに、本手法の適用による河川植生の保全・整備の考え方について考察を行った。

本検討で行った植生評価方法は、数量的に植生の価値



評価ツールにより各手順での数量的な影響評価が算定可能

図-6 河川植生の保全・整備の考え方

を評価しているため、植生の知識を有しない技術者にも理解しやすく、例えば治水と同様に具体的な数値目標の設定が可能となる。

謝辞：本研究は、地域定着度指数データ、植生調査、植生の群落区分について、元千葉県立博物館副館長 大場達之博士にご指導とご協力を賜った。また、関東地方整備局下館河川事務所調査課様には、河川基盤図を貸与いただいた。ここに謹んで感謝の意を表し、厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 奥田重俊, 佐々木寧 共編: 河川環境と水辺植物, ソフトサイエンス社, 261p, 1996.
- 2) 村上まり恵, 黒崎靖介, 中村太士, 五道仁実, 橋慎一郎, 西浩司: 物理環境による河川環境診断(I)-リファレンスの乖離度による評価-応用生態工学vol. 11 (2), pp. 133-152. 2008.
- 3) 多自然型川づくりレビュー委員会: 多自然川づくりへの展開 (これからの川づくりの目指すべき報告性と推進のための施策), 国土交通省, 2006.
- 4) Ellenberg, H., Unkrautgesellschaften als Mass für den Sauregrad, die Verdichtung und andere Eigenschaften des Ackerbodens. Ber. über Landtechnik 4: pp.130-146.1948.
- 5) Curtis J. T. and R.P. McIntosh : An Upland Forest Continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin., Ecology, vol.51, pp.476-496, 1951.
- 6) 小林四郎: 生物群集の多変量解析, 蒼樹書房, 194p, 1995.
- 7) 大場達之: 定着度指数 (ECESIS指数) の試み, 「現代生態学の断面」, 共立出版, pp. 36-40, 1983.
- 8) Ellenberg, H. Zeigerwert der Gefaesspflanzen Mitteleuropas. Scriptoria Geobotanica p1-97. 1974.
- 9) Braun-Blanquet, J.: Pflanzensoziologie. 3 Aufl., Springer-Verlag, Wien, 865p, 1964. (鈴木時夫 (訳) : 植物社会学 I, II, 朝倉書店, 1977.)

(2009. 4. 9受付)