

信濃川自然再生に関する一考察 ～信濃川の自然環境の変化について～

A study on nature restoration of the Shinano River: changing natural environment

研究第四部 研 究 員 池田 正
研究第四部 部 長 前田 諭
研究第四部 主任研究員 中村 哲
株東京建設コンサルタント 横山 博保

近年、信濃川では、河床低下や高水敷の陸域化等が進行し、河川に生息・生育する動植物の種数の減少や、樹林化、外来種の侵入などの新たな問題が生じていると推察されている。本調査研究では、信濃川の自然再生を検討するに当たり、信濃川の過去と現在の自然環境の状況と変化等について、「エコロジカルマップ」を作成することによって把握し、保全・再生にむけての課題を抽出した。エコロジカルマップは、航空写真や植生図をもとに環境データを地図と図表で表現したものである。また、植生遷移の程度を定量的に表した「植生遷移度」分析を中心に、信濃川の環境の保全・再生にむけた課題と方向の分析・抽出について述べる。

これらの分析結果から、水際線の単一化やワンド、自然裸地河岸、不安定帯に成立する植物群落等が減少したこと等多くの環境の変化が把握された。また、河岸の固定化と急傾斜化や高水敷の陸域化の進行等の状況を把握することができ、洪水時の冠水の面積、頻度の減少や水際のエコトーン機能の低下等の要因が植生の変化をもたらした可能性が高いことが分かった。

今後、場の条件の変化と予測、それらと生物の変化との関係の詳細な把握、信濃川の環境を簡易に診断できる指標種の抽出、評価方法と基準の設定などが必要である。また、学識経験者から専門的な観点から助言を得る一方、地域とともに河川環境の将来像を討議し、河川環境の目標を設定することも重要な今後の課題である。
キーワード：攪乱、エコロジカルマップ、自然再生、河床低下、河岸直立化、信濃川、植生

In recent years, environmental changes in the Shinano River including riverbed degradation and permanent drying up of high water channels, has caused new types of problems such as a decrease in the number of animal and plant species, the development of dense areas of trees and the invasion of exotic species. In this study, the history of changes in the natural environment of the river was determined and the problems to be solved in order to achieve conservation and restoration goals were identified by compiling ecological maps. Maps, tables and figures are based on environmental data extracted from aerial photographs and vegetation maps. This paper describes the analysis and identification of challenges for the conservation and restoration of the river and the direction of efforts to be made.

The analysis results indicate that many environmental changes have occurred in the Shinano River such as simplification of shorelines, decreased plant communities in small inlets, and the development of natural bare riverbanks and unstable zones. The analytical results also indicate various ongoing processes caused by a number of factors including decreased area and frequency of flooding and functional decline of ecotones. The things that should be done next include the prediction of changes in the condition of fields, detailed investigation of their relationship with biological changes, identification of indicator species by which to evaluate the soundness of the Shinano River's environment and the determination of evaluation methods and criteria. It is also important to seek advice from academic experts, discuss the future of the river environment with the local community and set appropriate goals.

Key words : disturbance, ecological map, nature restoration, riverbed degradation, increase of upright banks, Shinano River, vegetation

1. はじめに

かつての信濃川は、洪水のたびに流れが変わり、湿地や砂礫河原、ワンド等の多様な水辺環境を有する河川であったと航空写真等から推察される。湿地や砂礫河原には、植物では、ヨシやツルヨシなど水辺特有のものが生育し、鳥類では、バン、ヒクイナ等の湿地を利用するもの、シギ、チドリ類等の砂礫河原を繁殖に利用するもの、昆虫類ではトンボ類、ゲンゴロウ類等が生息していたと考えられる。また、ワンドには、タナゴ類やメダカなど緩い流れを好む魚類が生息していたと考えられる。

近年、信濃川では、河川改修や砂利採取等により、河床低下や高水敷の陸域化、河川流路の固定化等が進行していると考えられる。また、動植物の種数の減少や、樹林化、アレチウリやハリエンジュ等の外来種の侵入など生物相にも変化が生じていることが確認されている。こうした生物の変化は、洪水時の攪乱域の減少や、高水敷の乾燥化、湿地・砂礫河原・ワンドの減少等の環境変化と関連があると考えられ、信濃川でも生物の生育・生息環境の再生は重要な課題となると考えられる。

適切に自然再生を進めるためには、①過去の信濃川の環境状況、②現在の信濃川の環境状況、を把握するとともに、過去と現在の環境条件を比較・分析し、保全・再生にむけての要因と課題を抽出する必要がある。

そこで本調査研究では、信濃川の自然の再生を行うための判断資料として「エコロジカルマップ」を作成し、これをもとに信濃川の生物・物理環境の状況・変化・要因を分析結果も含め定量的に地図情報として把握し、自然環境の保全・再生にむけての課題と方向性を抽出することを目的とする。

2. 流域概要

図-1に、信濃川流域の概要を示す。研究対象としたのは、信濃川中流部の大河津分水から宮中ダムまでの区間と支流の魚野川全川である。

昭和14年以降、宮中ダム等の発電ダムの竣工とともにバイパス水路が整備され、十日町付近の河川の区間は減水区間となっている。また、平成2年には妙見堰（写真-1、2）が竣工し、長岡市付近（14～30km）では低水路固定事業が昭和46年から平成4年までおこな

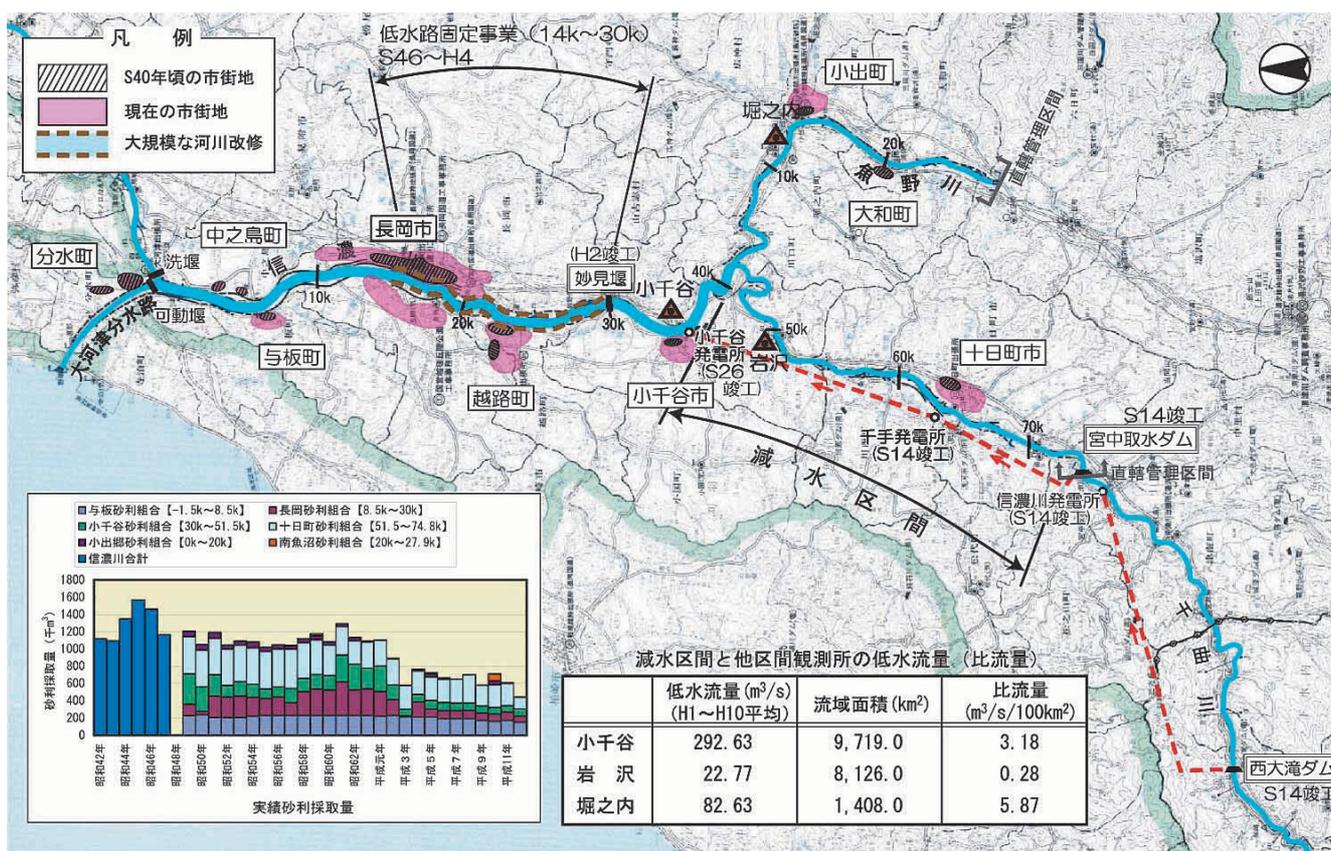


図-1 信濃川流域の概要

われた。また、砂利採取も行われており、平成元年以前までは検討対象区間全体で1,000,000m³ほど採取されていた。



写真-1 妙見堰竣工前の状況（上流から）

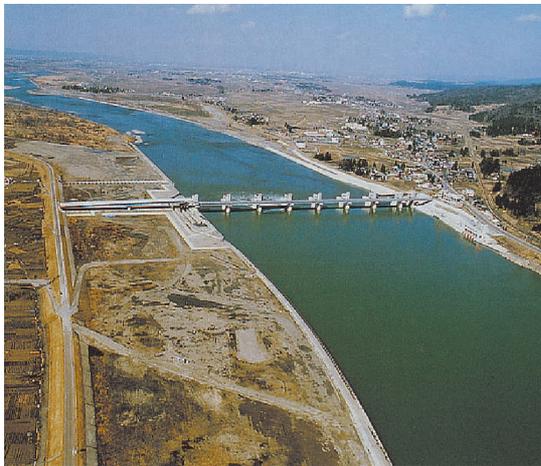


写真-2 妙見堰竣工後の状況（上流から）

3. 周辺土地利用環境の変化

流域の市街地の範囲の変化を明治44年、昭和41年、平成10年の地形図から整理した。図-1には変化の大きかった昭和41年と平成10年の市街地の範囲を示してある。昭和41年時点で長岡付近（約15km）の右岸側に見られた集落は、平成10年では範囲は大きく拡大しており、左岸側にも広がっている。小千谷付近や十日町付近、小出付近でも、昭和41年に比して、平成10年では大きな市街地となっている。また、平地のその他の土地利用はほとんどが水田である。

4. 研究方法

本研究では、信濃川を河道特性によって大きく5ブロックに区分した。区分されたブロックは次の通りである。与板ブロック（大河津分派点～蔵王橋、0～14km）、長岡ブロック（蔵王橋～妙見堰、14～30km）、小千谷ブロック（妙見堰～魚野川合流点、30～41.5km）、

十日町ブロック（魚野川合流点～宮中ダム、41.5～74.5km）、魚野川ブロック（信濃川合流点～直轄上流端、0～28km）。

ブロックごとにエコロジカルマップの作成と植生遷移度の算出を行い、植生を中心とした環境の変化について把握した。また、河道特性の変化を把握し、植生の変化と河道特性の変化との関係について考察した。

5. エコロジカルマップによる環境変化の整理

エコロジカルマップの例を図-2に示す。エコロジカルマップは、「水辺の国調」の植生図など生物調査、航空写真、縦横断測量、聴き取り結果等の情報を整理し、視覚的に捉えやすいよう、地図情報と図表等を一覧的に掲載したもので、生物・物理環境要素の状況や変遷を俯瞰的に捉えることが出来る。特に、信濃川のように川幅が大きく流程が長い河川において過去と現在の環境の状況・変化を理解するには非常に有効な手法と考えられる。

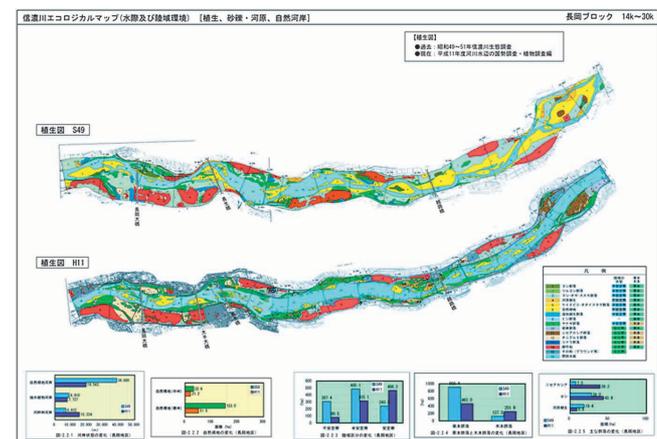
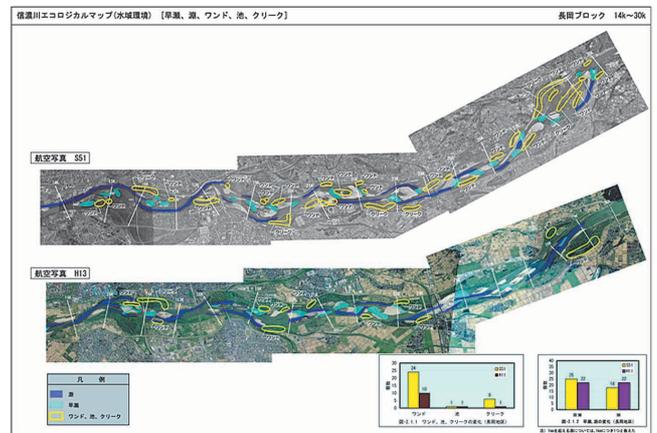


図-2 エコロジカルマップの例
長岡ブロックのエコロジカルマップ。上は、航空写真判読を基に、ワンド・クレークの数等を出したもの、下は、過去の植生図を基に、自然裸地河岸や抽水植物群落河岸等の延長、不安定帯や安定帯の面積等を算出したものである。

本研究では、過去の状況については、空中写真が撮影され、植生図が作成されている年で（信濃川生態調査報告書）、なお且つ妙見堰が竣工されてなく、低水路固定事業があまり進行していないため、河道が大きく変化する前と考えられた昭和49～51年、現在の状況については、直近の河川水辺の国勢調査が行われた平成11年と、それに近接して空中写真が撮影されている平成13年とした。過去と現在の2時期について、空中写真と植生図それぞれを基にする2種類のエコロジカルマップを作成し、状況を比較し、環境変化を把握した。

空中写真を基にしたエコロジカルマップでは、ワンドやクリークや、瀬と淵を抽出し、その数を空中写真上に示し、水際部の生物生息環境の多様性の把握を試みた（図-2上）。植生図を基にしたエコロジカルマップでは、主要な植物群落や自然裸地の面積以外に、植生図の凡例を、草本群落と木本群落や、植物群落の立地特性に応じて安定帯、不安定帯、不安定帯に分類し、それぞれの面積を算出し、植生図上に示し、植生の変化の質の把握を試みた（図-2下）。これらの環境条件の抽出方法や考え方については、表-1にまとめた。なお、植生図は、昭和49～51年のものと平成11年のものでは植生区分が異なる。そこで、優占種や一般に言われる群落の成立する立地特性等を参考に、表-2の通り整合を図った。

表-1 環境条件の抽出方法や考え方

ハビタット等	抽出する単位	資料	抽出方法、考え方
瀬	個数	平成11年の河川調査 昭和49年の瀬調査 航空写真 (S51・S48 H13)	河川調査と瀬調査結果を基本として、以下の観点で航空写真から判読したものを加える。 早瀬：航空写真で白波が見える範囲、砂州の前縁で水深が浅い（河床が透けて見える）範囲等を抽出する。 瀬：湾曲等の平面線形に留意しながら、水域の濃淡などを見て抽出する。なお、瀬については数キロに及ぶ長いものについては、1キロ毎に1個としてカウントする。 なお、魚野川では、昭和49年の河川調査が実施されていないため、上記視点で判読する。
ワンド	個数	航空写真 (S51・S48 H13)	河川内の入江状の地形、高水敷上の池、クリークを写真上で目視確認できる範囲で抽出する。 ワンド：水面が本流と繋がった入江状の地形 池・たまり：本流と連続していない高水敷上の水面 クリーク：本流と連続した水路状の地形
自然河岸	樹木がある河岸の延長 抽水植物帯がある河岸の延長 自然裸地状態の河岸の延長	植生図 (S49～S51*, H11)	・樹木：河岸線が樹木群落（ヤナギ、コナラ、ニセアカシア、オニグルミ）となっている延長を抽出する。 ・抽水植物：河岸線がヨシ群落、ツルヨシ群落、湿地植生群落となっている箇所を抽出する。 ・自然裸地：河岸線が自然裸地、河原植生となっている箇所を抽出する。 護岸が整備されている箇所でも、前面に州が形成されている場合は自然河岸として取り扱う。
砂州、河原	面積	植生図 (S49～S51*, H11)	植生図の自然裸地・河原植生を以下の2種類に分けて抽出する a. 中州 b. 寄州
安定帯・不安定帯	安定帯、不安定帯の面積	植生図 (S49～S51*, H11)	信濃川河川環境情報図における区分を参考に、以下の通りに区分した。 ・安定帯：樹木群落、草本群落、耕作地、その他 ・不安定帯：ヤナギ、ヨシ群落、オギ群落、ツルヨシ群落、湿地植生群落、ケイヌビエ・オオヨシタデ群落 ・不安定帯：自然裸地、河原植生
木本類と草本類	木本類と草本類の面積	植生図 (S49～S51*, H11)	草本類と木本類の区分は以下の通りとした。 木本群落：ヤナギ群落、ニセアカシア群落、コナラ群落、オニグルミ群落 草本群落：ヨシ、ツルヨシ、ヨシ・オギ・ススキ、河原植生、ケイヌビエ・オオヨシタデ、自然裸地、湿性植物、ヒシ、耕作地
群落	個別群落の面積(割合)	植生図 (S49～S51*, H11)	特徴的な群落として、以下の3つの群落を対象とするニセアカシア、ヨシ群落、河原植生

*：S49～50年の植生図のうち、与板地区ブロック（0k～14k）と長岡ブロックの一部（19～24k）は元になる植生図が不完全であったため、航空写真（昭和51年撮影）を参考に推定して復元した。

表-2 植生図の群落整合表

植生図凡例	信濃川の自然環境(昭和49～51年度)	平成11年度河川水辺の国勢調査
1 ヨシ群落	ヨシ群落	ヨシ群落 マコモ群落
2 ツルヨシ群落	ツルヨシ群落	ツルヨシ群落
3 ヨシ・オギ・ススキ群落	オギ・ヨシ群落 オギ・ススキ群落 ヨシ・オギ・ススキ群落 ススキ群落	オギ群落 ススキ群落
4 河原植生	ヨモギ・メドハギ・ヤハズソウ群落 カワラホウコ・カワラヨモギ群落 メドハギ・ヤハズソウ・カワラツメ群落 アキグミ・ススキ群落 ヨモギ・メドハギ群落 カワラホウコ・アレチマツヨイグサ群落	カワラハコ群落 カワラヨモギ群落 アキグミ群落 コマツナギ群落
5 ケイヌビエ・オオヨシタデ群落	落ケイヌビエ・オオヨシタデ群落 ケイヌビエ群落	ヤナギタデ・オオヨシタデ群落 ケイヌビエ群落
6 自然裸地	裸地	自然裸地
7 湿性植物群落	湿地性植物群落	ミヅバ群落 クサヨシ群落 キシウスズメノヒエ群落
8 ヒシ群落	ヒシ群落	ヒシ群落
9 ヤナギ群落	ヤナギ群落	ヤナギ低木群落 ヤナギ高木群落
10 雑草群落		造成地雑草群落 オオバクサ群落 セウタカワダチソウ群落 シナタレスメギヤ群落 カナムグラ・クス群落 イタチハギ群落
11 ニセアカシア群落	ニセアカシア群落	ハリエンジュ群落
12 オニグルミ群落	オニグルミ群落	オニグルミ群落 オオニトコヤマガワ群落
13 コナラ群落		コナラ群落
14 耕作地	畑 水田	畑地雑草群落(含放棄畑地雑草群落) 水田雑草群落(含放棄水田雑草群落)
15 その他	スギ植林地	スギ・ヒノキ群落 ケヤキ群落 チャンチン群落 ヒメヤシバシタニウツギ群落 ミヤマカワラハノキ群落 タヌキラン群落 人工草地(コウライシバ、シバ) 牧草地 造成地・人工裸地 人工構造物・コンクリート裸地
開放水域		開放水域

6. エコロジカルマップによる環境変化の整理

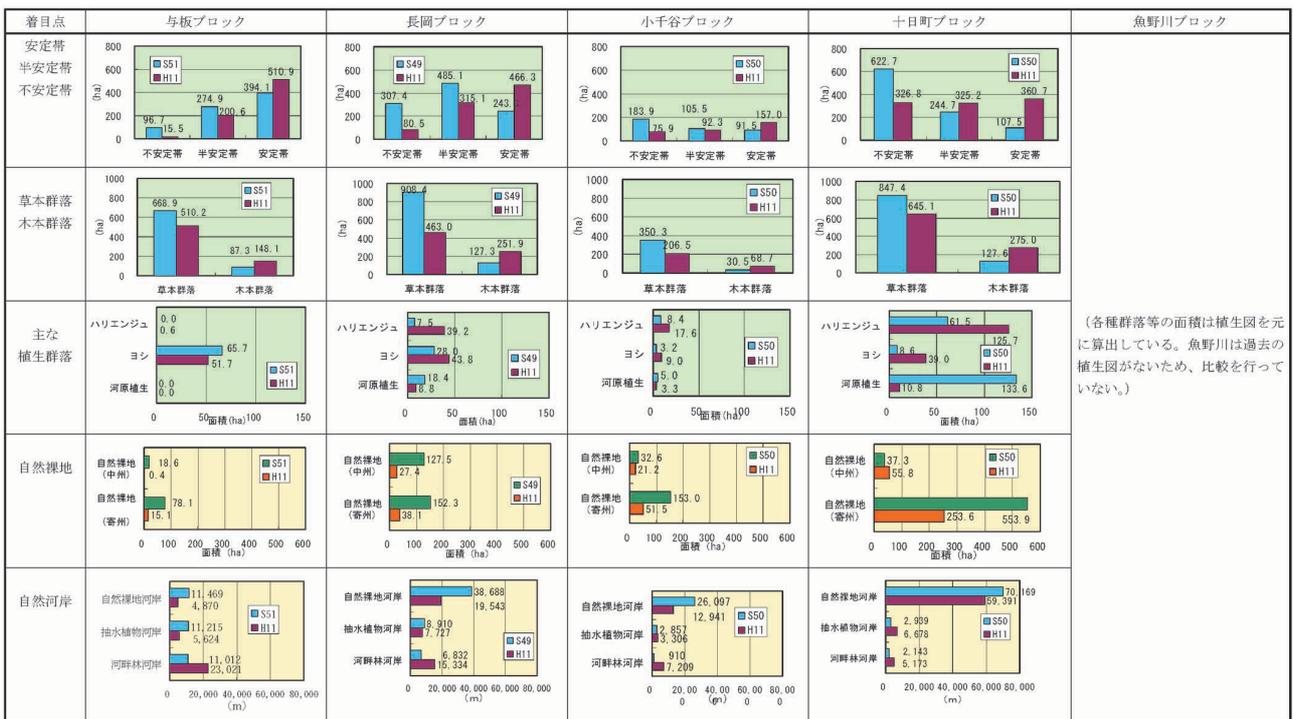
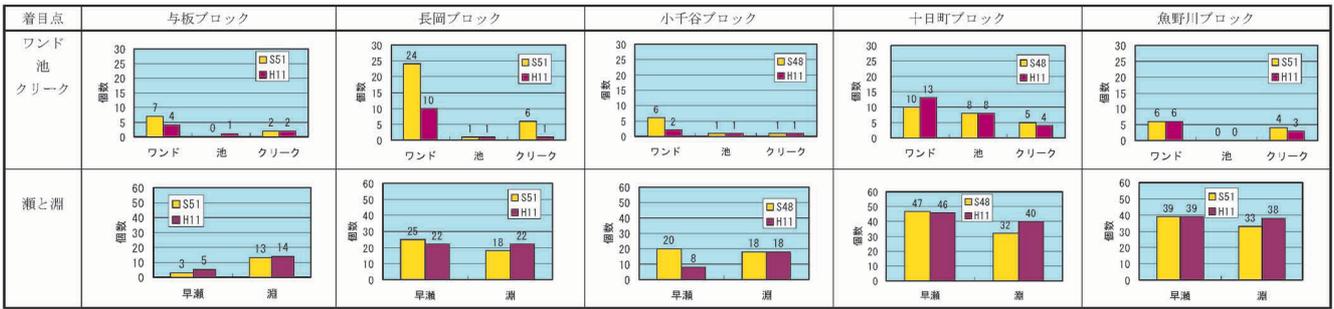
エコロジカルマップによって把握された各ブロックの環境変化を表-3にまとめた。

空中写真を基にしたエコロジカルマップによって顕著な環境変化が確認された点は、長岡ブロックと小千谷ブロックでワンドが、小千谷ブロックで早瀬が減少した点である（表-3上）。

植生図を基にしたエコロジカルマップによって顕著な変化が確認された点は次の通りである。全ブロックで不安定帯に成立する植物群落が増加した点、全ブロックで草本群落が増加した点、長岡、小千谷、十日町の各ブロックでハリエンジュ群落とヨシ群落が増加し、河原植生が減少した点、全ブロックで、特に寄州の自然裸地が減少した点である（表-3下）。

以上から、水際部については、ワンドが減少し生物の生息空間としては単調になっている部分もあることが把握された。植生については、不安定帯に成立する群落や草本群落の減少や安定帯に成立する群落や木本群落の増加から推察されるように、植生の遷移の進行が伺われる。また、外来種であるハリエンジュ群落の増加も大きな植生の変化といえる。

表-3 エコロジカルマップによって把握された環境変化



上：空中写真を基にしたエコロジカルマップによって把握されたもの
下：植生図を基にしたエコロジカルマップによって把握されたもの

7. 植生遷移度による植生変化の把握

以下に、植生遷移度(式1)によって、昭和51年と平成11年の植生の遷移段階の違いを比較した。植生遷移度は、遷移初期段階の群落には低い定数、遷移の進行した段階の群落には高い定数を与え、植生図から求めた面積の比をかけることで、遷移の進行の程度を把握するものである。群落と定数については表-4に示した。今回の植生遷移度には、重み付けの方法など検討の余地も多いが、植生の遷移段階を数値化することで、遷移段階の違いの把握や、整備を行うにあたっての目標の設定が容易になるといった利点がある。

植生遷移度 = Σ (a・b) …… 式1

- a : 各群落の各ブロックを占める面積の割合
- b : 立地・生活型特性の定数

表-4 群落と生活形毎の定数

群落名	立地・生活型特性	定数
自然裸地	不安定	1
河原植生	不安定・草本	1
ヨシ群落	半安定・草本	5
ツルヨシ群落	半安定・草本	5
ケイヌビエ・オオイヌタデ群落	半安定・草本	5
湿性植物群落	半安定・草本	5
ヒシ群落	半安定・草本	5
雑草群落	半安定・草本	10
ヨシ・オギススキ群落	半安定・草本	10
ヤナギ群落	半安定・低木~高木	50
ハリエンジュ群落	安定・高木	100
オニグルミ群落	安定・高木	100
コナラ群落	安定・高木	100

表-5に昭和51年と平成11年の植生遷移度の算出結果を示した。信濃川本川のブロックでは、いずれも平成11年の値は昭和51年の値の2倍以上であり、遷移が進行していることが分かる。魚野川では過去の植生図がないため比較はできないが、値は高めであり、遷移

が進んでいる可能性が高い。高水敷の部分的切り下げなど遷移初期の段階の群落が成立する立地条件を再生する必要があると考えられる。

表-5 各ブロックの植生遷移度

ブロック名	S51年	H11年
与板ブロック (0~14k)	16.1	38.4
長岡ブロック (14k~30k)	14.1	36.7
小千谷ブロック (30~41.5k)	10.4	25.8
十日町ブロック (41.5~74.5k)	13.0	28.8
魚野川ブロック		19.3

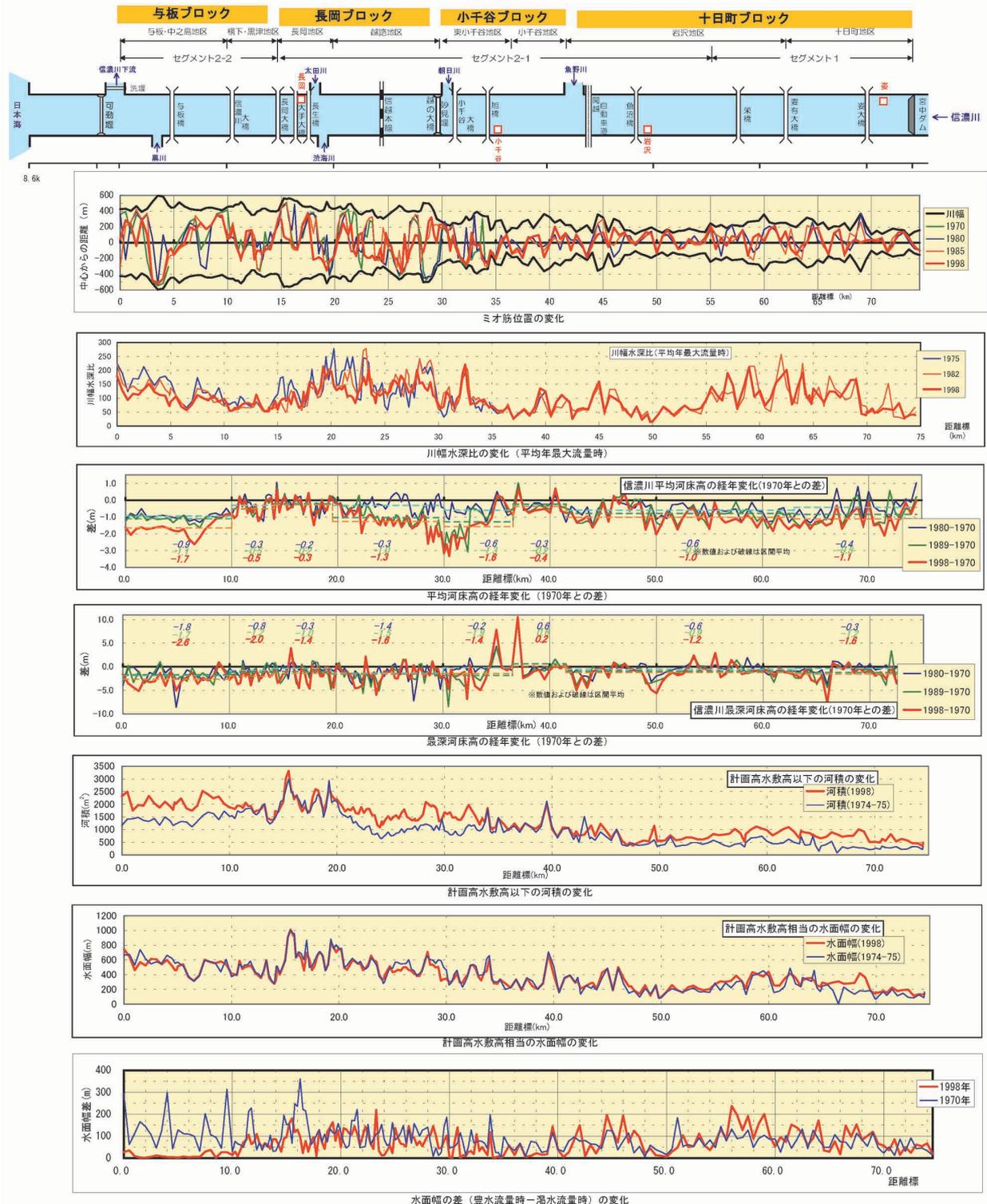
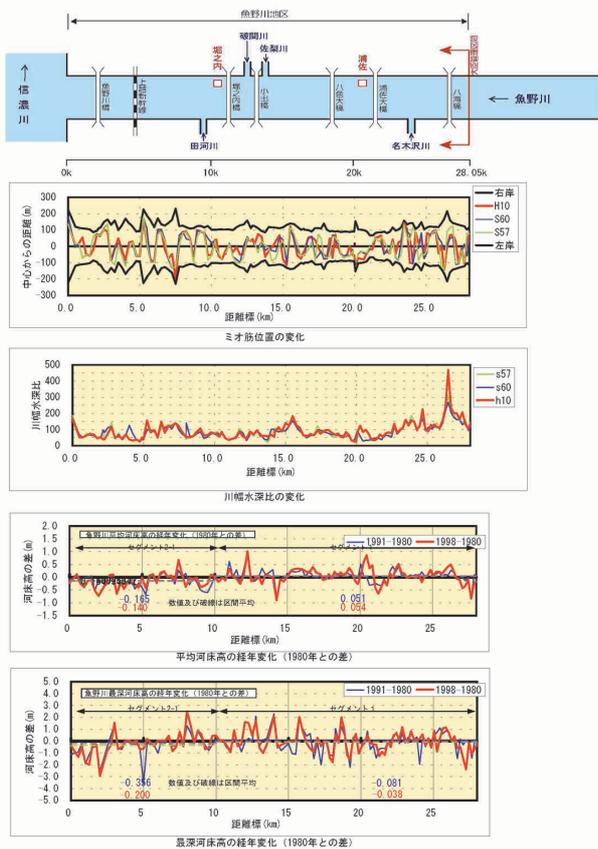


図-3 (1) 河道特性の変化 (信濃川本川)



図一3 (2) 河道特性の変化（魚野川）

8. 河道特性の変化

エコロジカルマップで把握された環境変化を生じさせた要因を探るため、河道特性の変化について整理した（図-3）。水理諸量は平均年最大流量で不等流計算を行い求めたものである。与板ブロックでは、川幅水深比は0~5kmの区間で低下、河床高は、0~10kmの区間で平均河床高が約1.7m低下している。河積は増加しているが、川幅の変化は僅かで、水面幅の差（豊水流量時と渇水流量時の水面幅の差）は著しく減少している。長岡ブロックでは、河床高は、19~30kmの区間で平均河床高が約1.3m低下している。低水路の河床低下により河積は増加しているが、平均年最大流量に対応した低水路の川幅の経年的変化は僅かで、水面幅の差は経年的にみて、やや減少傾向である。小千谷ブロックでは、妙見堰の直上流で平均河床高の約1.6m低下と低水路の河床低下により河積の増加がみられる。水面幅の差は経年的にやや減少傾向である。十日町ブロックでは、平均河床高が約1m低下している。河積、水面幅はともに増加し、水面幅差はやや増加している。魚野川ブロックでは、川幅水深比、河床高ともに変化は少ない。河道の位置はどのブロックも近年は動きが

河道特性の変化の顕著な特徴は、河床低下と河岸の直立化が生じている区間が多いという点である。このことから洪水時に攪乱・冠水を受ける面積、頻度、流勢強度等が下がっていることが推測される。こういった条件は、洪水による植生の破壊を妨げるため、植生の遷移の進行と関連する。こういった河道特性の変化と、前章で把握された植生の変化とは傾向が極めてよく一致している。

9. 横断面と植生の変化

図-4に、長岡ブロックの蓮濁地区（15.25km）の横断面と植生の変化を示した。上の横断面図は昭和45年の定期測量のものに昭和49年の植生図を重ねたもの、下は、平成10年定期測量のものに平成11年の河川水辺の国勢調査による植生図を重ねたものである。

河岸が急傾斜となり、洪水時の冠水域の減少や水際のエコトーンが減少したことが分かる。流量確率1/1の水位のときに冠水する場所は僅かとなり、流量確率1/2より低い確率の水位のときには、冠水する場所は多いが、そのときの水深は過去よりも浅い部分が多い。また、現在では水際にはヤナギ林、高水敷にはオニグルミとヤナギの高木林が発達し、過去には広く確認されたヨシ-オギ-スキ群落は現在では少なくなった。

横断面図と植生図の重ね合わせからも、洪水時の攪乱の面積、頻度、強度が下がっていることが伺われ、成立している植生は洪水による攪乱を強く受けることはなくなり、遷移の進行した植生が成立したと考えられた。

10. おわりに

今回の検討で、①物理環境としての河道特性が目に見える形で大きく変化している、②河道特性の変化に伴い、その場に依拠する植物群落が変化していることを明らかにすることが出来た。さらに、影響を与えた場の条件の変化として、河岸の直立化、洪水攪乱頻度等の減少が要因として把握できた。また、植物以外の生物でも、様々な種が減少しているとのヒアリングおよびアンケートの結果を得ており、植物以外の生物も河川環境の変化の影響を受けていることが示唆された。

今後は、植物群落の成立条件からみた植生の変化や河道特性の変化によるハビタットの变化を予測することなど、ハビタットの变化と生物の变化との関係を明らかにすること、信濃川の環境を診断できる指標種を抽出することなどが必要になると考えられる。また、学識経験者から専門的な観点から助言を得ていく一方、

地域とともに河川環境の将来像について討議し、河川環境の目標を設定することも重要な今後の課題である。

また、今回分析に用いたエコロジカルマップは、多様なデータを掲載するため、過去と現在の環境の概要やデータ同士の関係を理解するのに有効な手法と考えられ、今後の改良と活用が望まれる。

<参考文献>

- 1) 信濃川自然再生計画検討業務報告書 平成15年.
- 2) 信濃川生態調査報告書, 昭和49年.
- 3) 信濃川(上流)生態調査報告書, 昭和50年.
- 4) 信濃川(上流)生態調査報告書, 昭和51年.
- 5) 平成11年度 河川水辺の国勢調査 植物調査

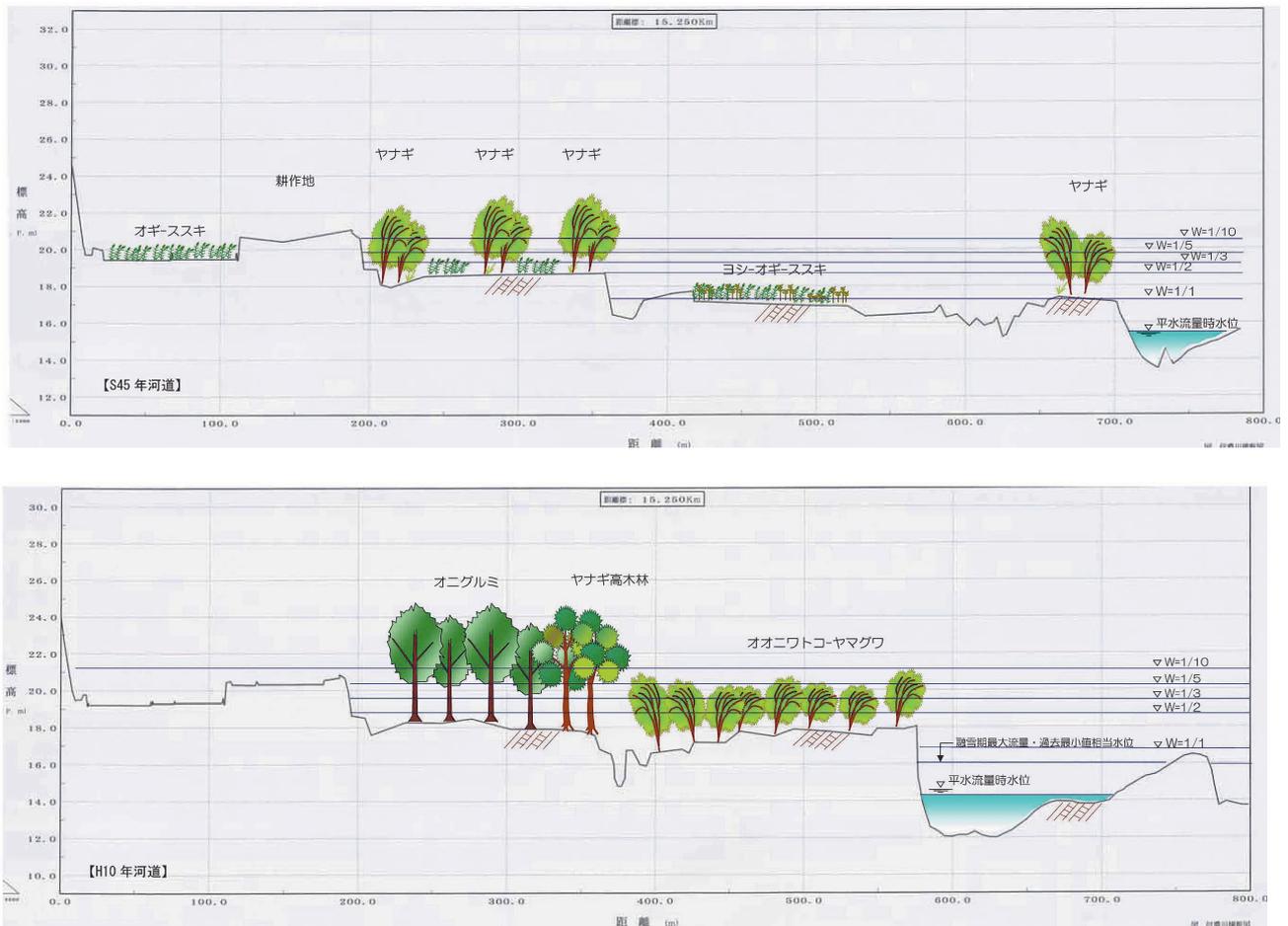


図-4 横断面と植生の変化

上：昭和45年測量の横断面に昭和49年の植生図を重ねたもの
 下：平成10年測量の横断面に平成11年の植生図を重ねたもの