

インターネットを利用した水界生態モデルによる河川環境変化の評価について

On the Estimation of the Changes of River Environment based on
Hydro-Ecological Modeling via the Internet

山田規世*・大橋正和**・小松泰樹***・日野幹雄**

By Noriyo Yamada*, Masakazu Ohashi**, Yasuki Komatsu*** and Mikio Hino**

ABSTRACT: A natural river space is needed by many people and conservation of it is eagerly needed. Recently in Japan, many researchers have tried to conserve the ecological environment of a river. The purpose of this study is to investigate the influence of the changes of river environment and to build an expert system of hydro-ecological model. A knowledge-based expert system for the prediction of hydro-ecological environment of a river is presented. The technology and applications of the Internet now extend beyond the realm of communication. World Wide Web is a simple but most popular communication tool of the Internet. To communicate directly with this system, data access through WWW browsers.

KEYWORDS: INTERNET, WWW, RIVER ENVIRONMENT,
HYDRO-ECOLOGICAL MODEL, EXPERT SYSTEM

1. まえがき

情報通信の世界では、現在急速な勢いでネットワーク化、デジタル化が進んでいる。インターネットの発展やマルチメディア対応のWWWの利用等コミュニケーションの分野ではこれらデジタル情報をネットワークを利用して伝達することが日常化している。一方、河川における改修やダム建設といった河川事業における生物の生息に配慮した河川計画、工事方法等について本格的に検討され始めたのは1990年11月に建設省により「多自然型河川改修づくり」の推進が提唱されてからである。しかし、河川事業による環境変化の調査および生物に及ぼす影響に関する調査はいくつか行なわれているが河川事業等の環境変化を水質変化、流況変化、河床形態の変化、河床材料の変化等水界全体の変

* 正会員 (株)建設技術研究所 環境・都市部 CTI ENGINEERING CO.,LTD.
(〒103 東京都中央区日本橋本町4-9-11 第九中央ビル)

** 正会員 中央大学 総合政策学部 Chuo University
(〒192-03 東京都八王子市東中野742-1)

*** 正会員 (株)建設技術研究所 文化技術本部・情報技術部 CTI ENGINEERING CO.,LTD.

化としてとらえそれらが食物連鎖なども含め生態系にどのような影響をおよぼすかという総合的な研究が重要であると考えられる。さらに、魚類等生態系に関する研究でも個々の生物相の生態については研究が見受けられるが河川環境の変化が生物相全体にどのような影響を及ぼすかという視点からの研究はいまだ見受けられない。そこで、本研究では河川事業が河川環境に及ぼす環境変化を考慮した水生生物生態系への影響を研究しさらに河川の生物相の中で重要だと考えられる魚類の生息分布状況および生態的特性、生息環境条件について日本の河川で生息している魚類についての調査研究を行いそれらをエキスパートシステムとして統合化し水界生態モデルを構築した。本研究では、河川環境の変化を評価するためにインターネットを利用したWWW上から各種データを入力しそのデータを水界生態モデルに引き継いで各種推論を行い結果をWWWのブラウザー上に表示するシステムを構築した。

2. 河川事業に伴う環境変化と水生生物への影響について

システムの初めに河川事業の分類とそれに伴う水界生態の環境変化の予測を行い水生生物への河川事業の影響を評価することとした。本研究では、WWW上にそれら河川事業に関する調査項目を対話形式でマウスによる該当するボタンをクリックすることによりサーバ上にインターネットを通じてデータを双方向でやりとりすることとした。

河川事業類型別に環境変化に及ぼす影響をインパクト項目別に整理したのが表一1である。事業類型としては、河川改修、ダム建設を考え、環境変化項目としては、水質変化、流況変化、河床形態の変化、河床材料の変化、水際形態の変化を考えて各項目別の関係を調べた。この結果、河道改変、護岸築造、落差工設置等を伴う河川改修は、早瀬の縮小・淵の小型化・平瀬の拡大等の河床形態の変化、底質の均一化等河床材料の変化、水際の人工化・水辺植物の減少といった水際形態の変化が河川環境の変化に大きく関係している。河川事業に伴う水生生物生態系への影響を考える上でこれらの環境変化項目を考慮すればよいことがわかった。

河川事業の事業形態（大きく分けて2種類）とインパクト項目をウェブ上で選択することにより環境変化項目が選ばれる。それら環境変化の生態系への影響を論理的にまとめたのが表一2である。生態系項目としては、食物連鎖や生態系全体の関係を考慮して魚類（生長・回遊・産卵）・底生動物・付着藻類・水草についてまとめた。表一2には、影響の大きさのみを段階別に示してあるが、それぞれの項目ごとに影響度を判別するための論理基準が設定してあり例えば、水質一低水温の魚類一生長の項では、適水温水域への忌避、餌生物の減少、生長不良等から種組成の貧相化、現存量の低下をもたらすことにより影響が大きいと判断した。また、流れの変化一流れの均一化の魚類一生長では、稚仔魚の生育場（浅瀬、淀み）の減少、洪水時の避難場所（淀み）の減少、採餌場（採餌環境）の減少、餌生物の組成変化等から種組成の貧相化、現存量の低下をもたらすので環境変化の影響が大きいと判断される。河床形態と魚類一産卵では、産卵場適地の減少、消失、産卵行動の忌避、不能により再生産量の低下、再生産不能となり影響は大きいと判断した。他の項目についても同様にすべての条件を列記して重要度について統計的に重みをつけ判断した。

特に、河川の生態系全体として魚類が生息するのに重要と考えられる底生動物、付着藻類、水草についてもその影響を詳細に調査研究した。

この項目の検索により環境変化項目が魚類（生長・回遊・産卵）、底生動物、付着藻類、水草等の水生生物への影響を推論する事ができる。

例えば、推論結果の一例は

流況・・・水位の低下

魚類・・・生長（影響あり）

- ・生育場（生息空間）の減少
- ・餌生物の減少

により魚相の変化、現存量の低下が推測される

・・・回遊（影響あり）

- ・遡上・降河行動の遅延

により再生産量の低下が推測される

・・・産卵（影響あり）

- ・産卵場適地の減少
- ・河床干出による卵の斃死

により再生産量の低下、再生産不能が推測される

底生動物・・・（影響大きい）

- ・生息場（生息空間）の減少
- ・餌生物の減少

により現存量の低下が推測される

付着藻類・・・（影響大きい）

- ・生育場（生息空間）の減少
- ・河川乾出による枯死

により現在量の低下が推測される

水草・・・（影響あり）

- ・生育場（生息空間）の減少
- ・河川乾出による枯死

により現在量の低下が推測される

事業 類型	インパクト 項目	環境変化 項目	水質変化			流況変化					河床形態 の変化		河床材料 の変化		水際形態 の変化				
			低水温	濁水	富栄養化	流れの均一化	流量減少 水位の低下	流速の低下	急発取 水	流部の生 放 水	流路の遮断	湛水域の出現	早瀬の縮小	淵の小型化	平瀬の拡大	底質の均一化	底質の人工化	水際の人工化	水辺植物の減少
河川 改修	河道 改変	河床掘削				●						●	●	●	●				
		河道拡幅				●						●	●	●	●			●	●
		流路の直線化				●						●	●	●	●			●	●
	護岸 築造	コンクリート護岸																●	●
		親水護岸																(●)	●
ダム 建設	落差工 設置	魚道設置							●	(●)					●	●			
		魚道なし								●	●				●	●			
	堤体 築造	魚道設置								(●)									
		魚道なし									●								
	ダム貯水			●	●						●				●				
	ダム放水	●	●		●	●		●				●	●	●					
	ダム 取水							(●)											
	流入防止装置設置							●											
	流入防止装置なし																		

注) ●は関係があることを示す（カッコを付けたものは多少関係あり）

表-1 河川事業におけるインパクトマトリックス

3. 魚類の生息分布状況および生態的特性と生息環境条件について

はじめに、日本の河川に生息すると考えられる魚類198種について生息分布状況29項目および生態的特性49項目について調査を行った。生息環境条件については生活環（生活様式）、分布域、生息水域、生息場所に関する28項目、生態的特性については産卵に関する特性（産卵期、産卵水域、産卵基盤（底質）、産卵方法）、食性に係わる特性、貴重性に係わる特性に関する49項目について計78項目×198種＝15444項を調査した。表－3は生息分布に係わる特性の1部分である。さらに、生息環境条件に関して水温に係わる環境条件（7項目）、濁りに係わる環境条件（12項目）、流れの変化（流速・水深）に係わる環境条件（7項目）の26項目について計26項目×198種＝5148項を調査した。これらの調査研究の結果、河川事業が河川環境に及ぼす環境変化を考慮することにより、それらの水生生物生態系への影響を予測することが可能となるばかりでなく生息可能な魚種とその環境を推測する事が可能となる。その結果、河川事業計画時に河川事業実施前と実施後の河川環境および生態系の変化の予測が可能になるばかりでなく事業実施前の環境を保全する場合にはどのような事業計画をたてればよいかという生態系からみた河川事業の計画立案が可能となる。また、多自然型河川工法の採用等改修工法を検討する際に河川環境向上の対策および自然環境の保全を計った事業の計画立案ばかりでなく既に事業が行われた場所や生息環境の劣悪な河川の環境の改善を目的とした事業計画の立案も可能である。

4. 水界生態モデルについて

本研究では、2章、3章における知識ベースを基として河川事業に伴う河川環境の変化の予測と、それに伴う生態系の変化を総合的・統合的に行うためにこれらの知見を水界生態モデルとしてエキスパートシステムを利用したシステムを構築する事とした1)。将来簡便にどこでも利用できることを目的としパソコンをベースとしたシステムの構築を行った。その際、推論方法としては後ろ向き推論と前向き推論を目的別に選択をして使用した。知識ベースを構成する構成要素としては2、3章で作成した表を基本として作成する際に用いた論理ベースを事象変数とフレームで構成し、フレームを通常のクラスフレームとデータの入ったインスタンスフレームに分けそれらによりルールを構成する事とした。

生態系項目 環境変化項目		魚 類			底生動物	付着藻類	水 草
		生 長	回 遊	産 卵			
水 質	低 水 温	◎	○	○	◎	◎	○
	濁 水	◎	○	◎	◎	◎	○
	富 栄 養	○	△	△	○	○	○
流れの変化	流れの均一化	◎	○	○	○	○	△
	水位の低下	○	○	○	◎	◎	○
	流速の低下	○	○	○	◎	◎	◎
	流速の増大 （放水：落差工）	○	◎	○	◎	○	○
	流速の増大 （取水：取水口）	○	◎	○	◎	○	○
	流路の遮断	○	◎	○	○	×	×
	湛水域の出現	◎	○	◎	◎	◎	◎
河床形態	早瀬の縮小 淵の小型化 平瀬トロの拡大	◎	○	◎	◎	◎	◎
河床材料	低質の均一化	○	○	◎	○	○	○
	自然河床の消失	◎	○	◎	◎	○	◎
水際形態	自然河岸の消失	◎	△	◎	○	○	◎
	水辺植物の消失	◎	△	○	○	×	△

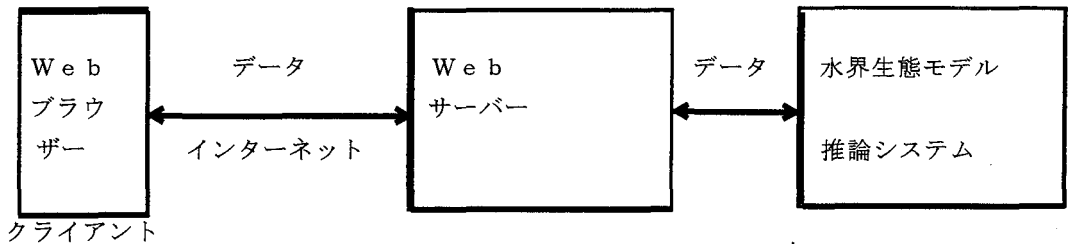
◎：影響大きい ○：影響あり △：影響小さい ×：影響なし

表－2 河川事業に伴う環境変化と水生生物生態系への影響

魚種名	生息・分布に係る特性																
	生活型(生活様式)								分布域				生息水域				
									凡例：●自然分布、▲流域限定、○移殖				凡例：●主生息域、○生息域				
	純淡水魚		通し回遊魚			間接性淡水魚			北海道	本州東北半	本州西半	琉球列島	上流	中流	下流	汽水	湖
	一次	二次	陸封性	遼河回遊	利根回遊	利根回遊	汽水性	汽水性			四国・九州					河口	池沼
カワヤツメ				●					●	●					●		
シベリアヤツメ	●								●						●		
スナヤツメ	●								●	●					○		
エツ				●							▲有明海				○	●	
コノシロ								●									
ニシン								●									
ウナギ					●				●	●	●	●	○	●	○	○	○
オオウナギ					●						●	●			○		●
シシャモ				●					●						○		
キュウリウオ				●					●						●		
ワカサギ				●					●	●	●				○		●
イシカリワカサギ			●						●								
チカ							●		●	●					●		
アユ						●			●		●			●			○
リュウキュウアユ						●			●			●					
シラウオ				●					●	●	●				●		
イシカワシラウオ				●					●		●					●	
アリアケヒメシラウオ				●							▲有明海						
アリアケシラウオ				●							▲有明海					●	
イトワ			●						●					○	○		●
オショロコマ			●						●				○	●	○		○
ミヤベイワナ			●						●					○			
アメマス			●	●					●	●			○	●	○		○
イwana			●						●		●		○	○			
ゴギ			●								▲中国山地		●	○			
カワマス			●							○			○				●
レイクトラウト			●							○							●
ブラウントラウト			●						○	○			○				●
ニジマス			●						○	○	○		○	○			●
サクラマス・ヤマメ				●					●	●	●		●	○	○		○
サツキマス・アマゴ				●							●		●	○	○		○
イワメ			●							○	○						
ビワマス			●								▲琵琶湖						●
サケ				●					●	●	●			○	●		
カラフトマス				●					●						●		
ベニザケ・ヒメマス				●					●	○							●
クニマス			●							▲田沢湖							
カウムツ	●								○		●		○	●	○		○
オイカワ	●								○		●			○	○		
ハス	●								○		●			○	○		●
ヒナモロコ	●										●				○		○
カワバタモロコ	●										●				○		●
ウグイ						●			●	●	●		○	○	●	○	○
ウケケチウグイ						●				▲阿賀野川				○	○	●	
マルタウグイ				●					●	●				○	○	●	
エゾウグイ						●			●	●			○	○	○		●
ヤチウグイ	●								●					○	○		●
アブラハヤ	●									●	●		○	●			○
タカハヤ	●										●		●				○
ソウギョ	●								○		○				●		
アオウオ	●								○		○				○		
ワタカ	●								○		○				○		●
コクレン	●								○		○				●		
ハクレン	●								○		○				●		
タモロコ	●								○		○			●	○		○
ホンモロコ	●								○		○						●
ムギツク	●										●			●			○
モツゴ	●									●	●			○	●		●
シナイモツゴ	●									●					●		○
ホソモツゴ	●										▲三重県				●		
ウシモツゴ	●										▲濃尾平野				●		○
カワヒガイ	●								○		●			●	○		
ビワヒガイ	●										▲琵琶湖						●
アブラヒガイ	●										▲琵琶湖						●
カマツカ	●								●	●	●			●	○		○

表－3 河川環境と生態系 魚類の生息分布状況（部分）

これらのシステムへのWWWからのデータ入力には、インタラクティブなインターネット上の教育システムであるデジタル・ネットワーク・アカデミー（DNA）のシステムを利用した。特に、サーバ上でクライアントのWWWから与えられたデータを処理する自動採点システムのソフトウェアを利用した。自動採点システムはWWW上の問題に解答をし採点のボタンをクリックするとデータがインターネットを経由して問題を提供したウェブサーバに転送されWWWから自動採点システムへ受け渡され処理をして瞬時にクライアントのブラウザに結果を送り返すシステムで、本研究のシステムもこのソフトウェアを利用した。



図ー1 システム概念図

5. 結論

河川事業等の環境変化を水質変化、流況変化、河床形態の変化、河床材料の変化等水界全体の変化としてとらえそれらが食物連鎖なども含め生態系にどのような影響およぼすかという総合的な研究である。河川環境の変化が生物相全体にどのような影響を及ぼすかという視点からエキスパートシステムを構築した。今後、河川事業に生態系の視点からの計画の立案が可能となりその方面での進展が期待できるものと思われる。本研究では、インターネットのWWWを利用してデータを他のシステムへ受け渡すだけでなく即時にクライアントへ結果を転送するように構築した。リアルタイムの双方向性により河川計画立案や河川の環境において何が重要なファクターになるかということを詳細に分析することが可能となる。インターネットを利用したのは、オープンなシステムあるいはクローズドなシステムであれ開発されたシステムをウェブを利用することによりどこからでもその知識ベースを利用できる点にあると考えられます。種々の計画や環境のモデル化を考える場合にも役に立つと考えられます。特に、河川事業に伴う環境変化と生物に対する影響を推論することにより詳細な環境変化と水生生物への影響を考慮して 水界生態の変化を魚類を中心として推測できるようにしました。さらに、環境変化に対してより統合的、総合的なモデルを自由に利用できる環境を入出力をGUI化してインターネット上に構築したいと考えています。

参考文献

1. K.Kashiyama, M.Ohashi and T.Suzuki: A Knowledge-based Expert System for Natural Disaster Prediction Using Geomorphological and Geological Information, Microcomputer in Civil Eng. 7, pp. 283-290, 1992
2. 島谷幸宏・小栗幸雄・萱場祐一：中小河川改修が生物生息空間及び魚類相に与えた影響―鬼怒川支川の田川を例にとりて―、土木技術資料35-11, pp. 33-38, 1993.
3. 山田規世・大橋正和・日野幹雄・小松泰樹：河川環境の変化を伴う水界生態モデルの研究について、土木学会水工学論文集, pp. 867-870, 1995.
4. 大橋正和：デジタル・ネットワーク・アカデミーについて、ネットワーク教育研究会レジュメ、1995. (Interop95' 幕張) (DNA URL : <http://www.dna.nextcom.co.jp>)