

河川環境の変化を伴う水界生態モデルの研究について

On the Study of Hydro-Ecological Modeling Caused by
the Changes of River Environment

山田規世*・大橋正和**・日野幹雄**・小松泰樹***

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

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.

Keywords: river environment, hydro-ecological modeling, expert system, Naturally Diverse Construction Method

1. まえがき

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なさ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

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

** 正会員 工博 中央大学教授 総合政策学部
(〒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 次長

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ようと試みた研究である。

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

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－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。それら環境変化の生態系への影響をまとめたのが表－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－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－低水温の魚類－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－流れの均一化の魚類－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－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。

事業 類型	環境変化 項目 インパクト 項目		水質変化			流れの変化					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	急 流 部 の 生 放 取	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	コシコシ護岸														●	●
		親水護岸														(●)	●
		落差工							●	(●)				●	●		
		設置							●	●				●	●		
ダム 建設	堤体 築造	魚道設置								(●)							
		魚道なし							●								
	ダム貯水	魚道設置			●	●				●				●			
		魚道なし							●								
	ダム放水		●	●		●	●	●			●	●	●				
取水	ダム 取水	迷入防止装置設置						(●)									
		迷入防止装置なし						●									

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

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。

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ソフトウェア「大創玄」を使用し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

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	◎	○	◎	◎	◎	◎
	早瀬の縮小 淵の小型化 平瀬トロの拡大	◎	○	◎	◎	◎	◎
河床形態	早瀬の縮小 淵の小型化 平瀬トロの拡大	◎	○	◎	◎	◎	◎
	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																										
	生活環(生活様式)							分 布 域							生 息 水 域							生 息 場 所					
								凡例：●自然分布、▲地域限定、○移植							凡例：●主な生息域、○生息域												
	純淡水魚	汽水魚	海水魚	河川性	湖沼性	沿岸性	内湾性	上流	中流	下流	河口	海	河川	湖沼	沿岸	内湾	河口	海	河川	湖沼	沿岸	内湾	河口	海	河川	湖沼	沿岸
カワヤツメ	●																										
シベリアヤツメ	●																										
スナヤツメ	●																										
ナツ																											
コノシロ																											
ニシン																											
ウナギ																											
オオウナギ																											
シシエモ																											
キヌワリウオ																											
ウカサギ																											
イシカリワカサギ																											
チカ																											
アユ																											
リョウマユウアユ																											
シラウオ																											
イシカワシラウオ																											
アリアケヒメシラウオ																											
アリアケシラウオ																											
イトク																											
オショロコマ																											
ミヤベイワナ																											
アメマス																											
イワナ																											
ニギ																											
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																											
サケ																											
カラフトマス																											
ベニザケ・ヒメマス																											
タニマス																											
カワムツ																											
オイカワ																											
ハス																											
ヒナモロコ																											
カワバタモロコ																											
ウグイ																											
ウケケウグイ																											

表-3 河川環境と生態系 魚類の生息分布状況(部分)

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。

5. 適用例

河川事業が魚類に及ぼす影響事例として淀川水系他14の事例について調査を行った。その中から、建設省土木研究所環境部河川環境研究室が行った鬼怒川支流の田川の調査事例²⁾について本システムの適用結果を示す。田川では、1990年11月に河川の疎通能力の増大、河岸の強化を目的とし、河道の直線化、川幅の拡幅と河床掘削、護岸の設置等の工事が行われた。この工事による河川環境の変化と魚類相の変化について本システムを適用すると、主としてショートカットにより平瀬が増える影響により、

改修前 タモロコ、ドジョウ、シマドジョウ、ホトケドジョウ

フナ、オイカワ、コイ、ウグイ、アユ等

改修後 オイカワ、タモロコ、ウグイ、ドジョウ、アユ、ヨシノボリ、カジカ等

生息の増加が見込まれるのはオイカワ、ウグイ等

の結果が得られた。これらの結果は、建設省が行った調査結果とも種類・傾向とも良い一致を見せている。今後、本システムを食物連鎖等を考慮した生態系全体を予測可能なモデルにすることと定量的な評価が可能なモデルにする事をめざしたい。

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って-, 土木技術資料35-11, pp.33-38, 1993.