

アユの遡上が誘発される環境要因

九州工業大学工学部	学生会員	○小野篤志
建設技術研究所	正会員	永矢貴之・白石芳樹
九州工業大学工学部	正会員	鬼束幸樹
大分工業高等専門学校	正会員	東野誠・高見徹
延岡河川国道事務所	正会員	東 均
九州工業大学工学部	フェロー会員	秋山壽一郎
九州工業大学大学院	学生会員	赤木慶喜

1. はじめに

アユが海洋から河川へ遡上を開始する条件は明確にはなっていない。堀田¹⁾は海水温と河川水温がほぼ同一になる3月下旬にアユの遡上を開始すると述べている。新村²⁾は流量増加時に遡上量が多くなると述べている。しかし、単一の因子の解析だけでは十分でなく、因子同士の関係を把握する必要がある。また、アユの遡上を阻害する因子についてはほとんど解明されていない。

本研究では、主成分回帰分析を用いることにより、長良川河口堰の左岸に設置された呼び水式魚道におけるアユの遡上特性と長良川の水質および水理量を比較し、アユの遡上を誘発する要因の抽出を試みた。

2. 対象データの選定と整理

(1) アユの遡上量調査方法および水理水質調査方法

水資源機構長良川河口堰管理所より、2003年～2006年の左岸呼び水式魚道における10分毎の遡上量のデータと堰および各魚道の放流量のデータを提供いただいた。2000年から現在まで左岸呼び水式魚道の陸側と川側において、毎日交互に日の出から日没までの間、遡上の様子がビデオ録画されている。その後、10分毎のアユの遡上量が算出されている。本研究では、遡上が最も盛んであった2003年の4月～5月のデータを対象とした。流量に関しては左岸呼び水式魚道流量、総流量、左岸呼び水式魚道流量/総流量を対象とした。また、国土交通省のHPで公開されている水文水質データベースより堰上下流の水理量・水質のデータを入手した。河口堰から0.4km上流に位置する伊勢大橋で計測された水位、水温、DO、COD、pH、塩化物イオン濃度、濁度、導電率および、3.0km下流に位置する揖斐長良大橋で計測された水位、水温のデータを対象とした。また、これらのデータより得られる堰上下流水位上昇率も対象とした。

(2) データ整理手法

左岸呼び水式魚道で得られた10分毎のアユの遡上量時系列は図-1のようである。それぞれの曲線で遡上量のピークが得られる。そこで、2003年の4月～5月において、遡上量のピーク値を昇順に並べ替え、上位50個のデータを選出した。一方、アユが遡上しない状況に順位をつける場合、アユが遡上をしない継続時間を採用し、2003年の4月～5月において昇順に並べ替え、上位50個ずつのデータを選出した。以下では、前者を「ベスト50」、後者を「ワースト50」と呼称する。また、水理量および水質は両者の状態の時に計測されたデータを用いる。

3. 解析結果および考察

主成分回帰分析を用いて、アユの遡上に影響を与えるパラメータの抽出を行う。主成分分析を行った後、累積寄与率が0.8程度となる主成分までを採用した。目的変数をベスト50における遡上量またはワースト50における非遡上時間とし、説明変数は主成分得点として変数増減法を用いた重回帰分析を行った。変数増減法によってベスト50では第2主成分、ワースト50では第2、第6主成分が採用された。これらの因子負荷量を図-2、

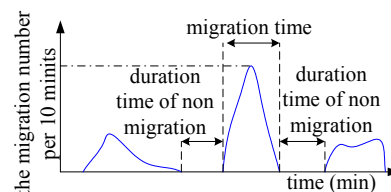


図-1 遡上量の時系列

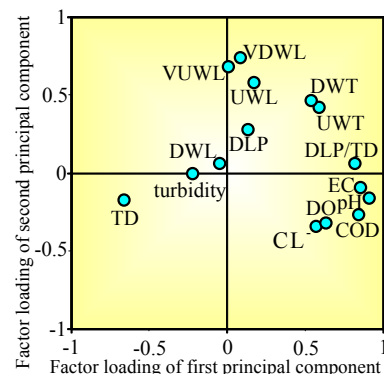


図-2 ベスト50における第1主成分および第2主成分の因子負荷量

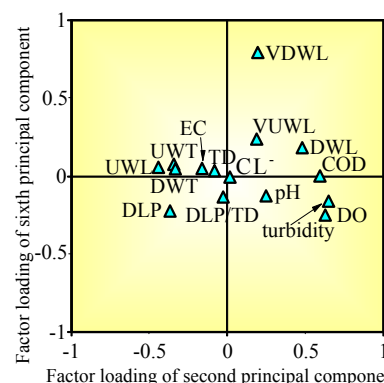


図-3 ワースト50における第2主成分および第6主成分の因子負荷量

表-1 ベスト 50 における RPC

パラメータ	表記記号	RPC	順位
下流水位上昇率	VDWL	0.162	1
上流水位上昇率	VUWL	0.149	2
上流水位	UWL	0.127	3
下流水温	DWT	0.101	4
上流水温	UWT	0.092	5
DO	DO	-0.076	6
塩化物イオン	CL ⁻	-0.071	7
左岸呼び水式魚道流量	DLP	0.061	8
COD	COD	-0.060	9
pH	pH	-0.036	10
総流量	TD	-0.039	11
導電率	EC	-0.021	12
下流水位	DWL	0.013	13
左岸呼び水式魚道流量/総流量	DLP/TD	0.013	14
濁度	turbidity	-0.001	15

表-2 ワースト 50 における RPC

パラメータ	表記記号	RPC	順位
下流水位上昇率	VDWL	-0.318	1
DO	DO	0.198	2
濁度	turbidity	0.162	3
上流水位	UWL	-0.084	4
COD	COD	0.083	5
上流水温	UWT	-0.078	6
上流水位上昇率	VUWL	-0.076	7
下流水温	DWT	-0.065	8
左岸呼び水式魚道流量/総流量	DLP/TD	0.056	9
左岸呼び水式魚道流量	DLP	0.049	10
導電率	EC	-0.042	11
pH	pH	-0.028	12
総流量	TD	-0.024	13
下流水位	DWL	-0.012	14
塩化物イオン	CL ⁻	0.007	15

3 に示す。その際に用いた表記記号を表-1 に示す。主成分回帰分析で算出された標準偏回帰係数と、各主成分の固有ベクトルの積和により標準回帰係数(RPC : Regression on principle components)を求めた。表-1, 2 に各パラメータの RPC およびその絶対値の大きさの順位を示す。ベスト 50 における正規化された遡上量の予測式とワースト 50 における正規化された非遡上時間の予測式は、RPC を係数とした多項式で示すことができる。ここで図-4, 5 にベスト 50, ワースト 50 の予測値と実測値を示す。図-4, 5 において図上の直線は予測値、プロットは実測値を表す。図-4 において、縦軸で著しく大きな値を表すプロットと予測式を表す直線に大きな差が生じるため、ベスト 50 の予測値の一部は明らかに信憑性に欠ける。しかし、図-4 における上記以外のプロットおよび図-5 のプロットはかなりのばらつきはあるが、実測値の増加に伴い予測値も増加しており傾向は再現している。説明変数の変化に伴う目的変数の増加および減少は、RPC の符号により判定することができる。遡上量と非遡上時間はそれぞれ遡上を誘発および阻害する因子を求める上で対称的な目的変数である。よって、遡上に影響を及ぼす因子として、ベスト 50・ワースト 50 の RPC の正負の符号が互いに異なるものを抽出する。今回は水温、DO、濁度、COD、下流水位、下流水位上昇率を挙げる。それらの RPC の正負を参考にして環境因子の特性を考察する。

表-2 より遡上量と環境因子の関係を考察する。下流水位の RPC は正であり、下流水位が上昇すると遡上量が増加することがわかる。魚道で遡上に必要な鉛直落差が小さくなり、遡上が容易になることが原因と考えられる。下流水位上昇率の RPC も正であり、下流水位上昇率が大きくなると遡上量が増加することわかる。これは、上げ潮によってアユが魚道に接近しやすくなり、遡上が容易になるためであると考えられる。

表-3 より非遡上時間と環境因子の関係を考察する。堰上下流の水温の RPC は共に負であり、水温が低下すると遡上が困難になることがわかる。アユは変温動物のため、水温の低下に伴って活性度が下がることが原因と考えられる。この時、水温の低下によって DO の増加が観測される。濁度と COD の RPC は共に正であり、濁度や COD が高いと遡上が困難になることがわかる。これは、濁水や汚水を嫌うアユの習性が原因と考えられる。

4. おわりに

主成分回帰分析により判明したアユの遡上に影響を及ぼす因子のメカニズムを図-6, 7 に示し、提案する。今回の研究結果の一部は既往の研究でも解明されていたが、アユの遡上を誘発あるいは阻害する因子を抽出し、それぞれの状態における相互関係を図-6, 7 のように解明したのは本研究が初めてである。

参考文献

- 1) 堀田秀之：魚類雑誌, Vol.3, pp.15-20, 1953.
- 2) 新村安雄：応用生態工学会3(2), pp.169-178, 2000.

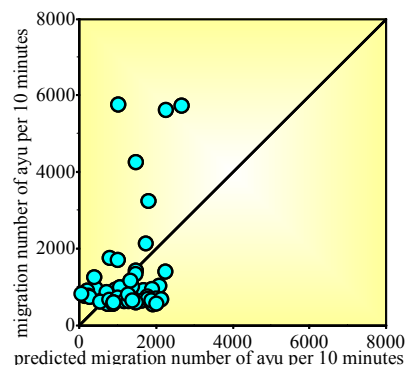


図-4 ベスト 50 予測値・実測値

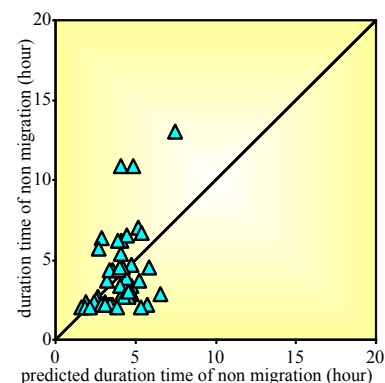
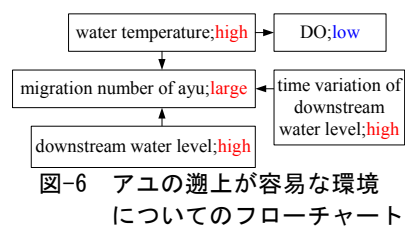
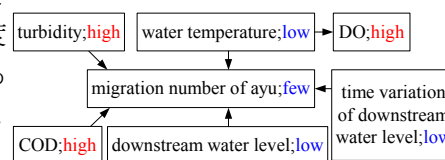


図-5 ワースト 50 予測値・実測値

図-6 アユの遡上が容易な環境
についてのフローチャート図-7 アユの遡上が困難な環境
についてのフローチャート