

アユの遡上を誘発する環境因子の抽出

九州工業大学大学院	学生会員	○小野篤志
建設技術研究所	正会員	永矢貴之・釜瀬明日香
土木研究所	正会員	白石芳樹
九州工業大学大学院	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
九州工業大学大学院	フェロー会員	秋山壽一郎

1. はじめに

アユの生活史において、その生態を決定づける原因が未解明のことが多い。例えば、アユが遡上を開始する条件がその一つである。堀田¹⁾は海水温と河川水温がほぼ同一になる時にアユの遡上を開始すると指摘した。笹ら²⁾は上げ潮時に遡上量が増加すると指摘した。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。

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量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および河口堰から3.0km下流に位置する揖斐長良大橋において計測された水位、水温、DO、COD、pH、塩化物イオン濃度、濁度、導電率および、水位、水温のデータを対象とした。さらに、これらのパラメータの大きさの1時間における上昇率、堰の上下流においてのパラメータの大きさの差を対象とした。

(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。遡上量が継続している時系列において、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30個のデータを選出した。これを「ベスト30」と呼称する。また、水理量および水質はベスト30の状態の時に計測されたデータを用いる。

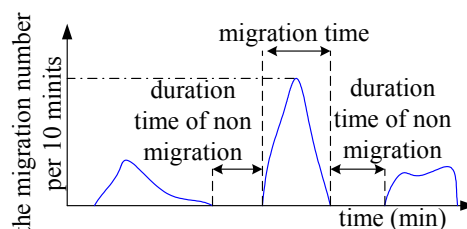


図-1 遡上量の時系列

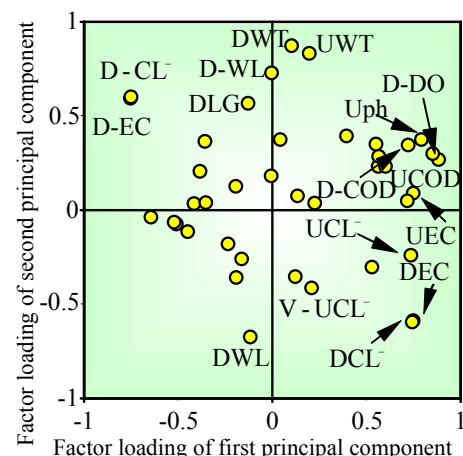


図-2(a) ベスト30における第1主成分および第2主成分の因子負荷量

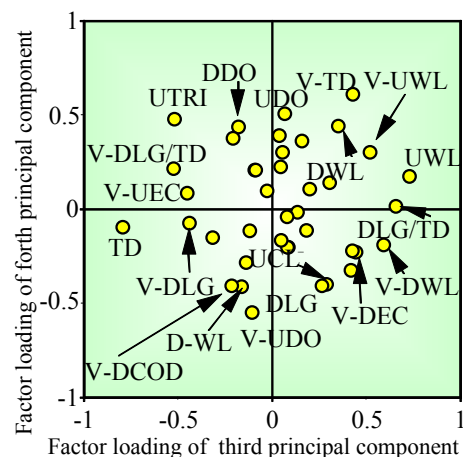


図-2(b) ベスト30における第3主成分および第4主成分の因子負荷量

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 30 における遡上量とし、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第 1 主成分～第 4 主成分が採用された。図-2 に第 1 主成分～第 4 主成分の因子負荷量を示し、因子負荷量の絶対値の大きなパラメータに関しては略語を表記した。用いた略語を表-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 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。正規化された遡上量の予測式は、RPC を係数とした多項式で示すことができる。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。遡上に影響を及ぼす因子として、ベスト 30 の RPC の絶対値が大きい方から 10 位までの因子を抽出する。それらの 10 個の RPC の絶対値の大きさおよび正負を参考にして環境因子の特性を考察する。

表-1 より遡上量と環境因子との関係を考察する。左岸呼び水魚道流量の RPC は 0.185 と正となっており、このパラメータが大きくなるに伴い遡上量が大きくなるのがわかる。これは、左岸呼び水魚道流量が大きいと呼び水効果が高くなりアユの遡上を促進するためであると考えられる。左岸呼び水魚道流量の RPC の絶対値が最大であるため、本研究で対象としたパラメータにおいて左岸呼び水魚道流量が最もアユの遡上に影響を与えていると判断できる。また、下流水位上昇率の RPC は 0.163 と正となっており、この因子が大きくなるほど遡上量が増加することがわかる。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。堰上下流の水温の RPC は共に正であり、水温が上昇すると遡上が容易になることがわかる。アユは変温動物であるため、低水温の状態ではアユの活性度が低下し、遡上が困難になると考えられる。そのため、水温が高くなると遡上しやすくなる。

上下流水位差の RPC は正、下流水位の RPC は負となっている。上下流水位差が大きくなる場合、すなわち、上流水位が高くなり下流水位が低くなる時に、左岸呼び水式魚道流量が増加する傾向がある。また、下流水位上昇率が高い上げ潮時には、下流塩化物イオン濃度が上昇し、それに伴い下流導電率が上昇する。上流導電率上昇率と遡上との関係は不明であった。

4. おわりに

主成分回帰分析を用いアユの遡上を誘発する因子を抽出し、各因子の関係を検討した。ここで、アユの遡上に影響を及ぼす因子のメカニズムを図-3 に示し、提案する。図-3 より、呼び水魚道流量、水温、下流水位上昇率が大きくなると遡上量は増加する。さらに、下流水位上昇率の増加の際に塩化物イオン濃度上昇率が増加し、堰の上下流の水位差が大きいとき魚道流量が増加する傾向がある。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、アユの遡上を誘発する因子を抽出し、因子同士の相互関係を図-3 のように解明したのは本研究が初めてである。

参考文献

- 堀田秀之：魚類雑誌，Vol.3，pp.15-20，1953.
- 笹浩司，後藤浩一，実松利朗，島田啓一，井口謙，和田清：河川技術論文集，第11巻，pp.453-458，2005.

表-1 ベスト 30 における RPC

パラメータ	略語	RPC	順位
左岸呼び水魚道流量	DLG	0.185	1
下流水位上昇率	V-DWL	0.163	2
上下流水位差	D-WL	0.144	3
下流水温	DWT	0.129	4
上流導電率上昇率	V-UEC	-0.129	5
下流導電率上昇率	V-DEC	0.122	6
下流塩化物イオン濃度上昇率	V-DCL	0.120	7
上流水温	UWT	0.120	8
下流水位	DWL	-0.107	9
上流水温上昇率	V-UWT	0.106	10
左岸/総流量上昇率	V-DLG/TD	-0.104	11
上流濁度	UTRI	-0.104	12
上流水位	UWL	0.104	13
左岸/総流量	DLG/TD	0.103	14
上下流塩化物イオン濃度差	D-CL	0.102	15
下流塩化物イオン濃度	DCL	-0.102	16
上下流導電率差	D-EC	0.101	17
下流導電率	DEC	-0.101	18
下流DO上昇率	V-DDO	-0.099	19
上流塩化物イオン濃度上昇率	V-UCL	-0.091	20
上流DO上昇率	UDO	-0.081	21
下流水温上昇率	V-DWT	0.080	22
下流DO	DDO	-0.068	23
上下流水温差	W-WT	-0.068	24
上流水位上昇率	V-UWL	0.067	25
総流量上昇率	V-TD	-0.061	26
下流COD上昇率	V-DCOD	0.061	27
上流濁度上昇率	V-UTRI	-0.061	28
左岸魚道流量上昇率	V-DLG	-0.057	29
上流導電率	UEC	0.054	30
上流COD	UCOD	-0.052	31
総流量	TD	-0.051	32
下流COD	DCOD	-0.048	33
上流pH	UpH	-0.047	34
上流pH上昇率	V-UpH	0.040	35
上下流COD差	D-COD	-0.039	36
上流DO上昇率	V-UDO	0.036	37
上流COD上昇率	V-UCOD	-0.034	38
上下流DO差	D-DO	-0.018	39
上流塩化物イオン濃度上昇率	UCL	0.004	40

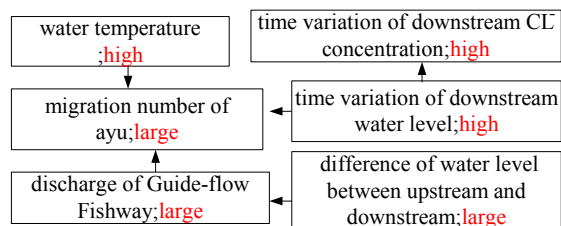


図-3 アユの遡上が容易な環境についてのフローチャート