

河川水辺の国勢調査を用いた 魚類生息状況と物理特性との関係についての研究

STATISTIC ANALYSIS ON THE RELATIONS
BETWEEN PHYSICAL ATTRIBUTES AND FISH HABITAT QUALITY IN THE RIVER
BASED ON “NATIONAL CENSES ON RIVER ENVIRONMENT”

水野伸一¹・笹本 誠²・堺 茂樹³・野崎 一⁴・青柳 太⁵

Shin-ichi MIZUNO, Makoto SASAMOTO, Shigeki SAKAI, Hajime NOZAKI and Futoshi AOYAGI

¹学生会員 工修 岩手大学大学院 工学研究科 生産開発工学専攻 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田四丁目 3-5)

²正会員 岩手大学技官 工学部 建設環境工学科 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田四丁目 3-5)

³正会員 工博 岩手大学助教授 工学部 建設環境工学科 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田四丁目 3-5)

⁴正会員 国土交通省 東北地方整備局 能代工事事務所 (〒016-0802 秋田県能代市川反町 9-3)

⁵正会員 国土交通省 東北地方整備局 能代工事事務所 (〒016-0802 秋田県能代市川反町 9-3)

To conserve fishes in river, it is important to understand what and how physical attributes are forming the habitats for fishes. “National Censes on River Environment” contains information about plants and animals as well as the physical features of rivers in a certain format. In the present study, the dominant physical attributes forming a fish habitat in the Yoneshiro River and the Koyoshi River are discussed by using the above database.

A discriminant analysis shows that the possibility to be a habitat for *Oncorhynchus masou* or *Plecoglossus altivelis* in the Yoneshiro River can be predicted by the physical attributes. The population of *Plecoglossus altivelis* in the Yoneshiro River is approximated by an regression function which is derived from a multi regression analysis. A comparisons of the regression function for the Yoneshiro River to that for the Koyoshi River which is the nearest river to the Yoneshiro River shows that the contributions of each physical attribute are different in two rivers while the dominant attributes are same.

Keywords: habitat, National Censes on River Environment, discriminant analysis, multiple regression analysis

1. 緒言

現在では、河川工事の際には治水や利水に加えて河川環境を考慮することも必須の事項となっている。河川工事による物理的環境変化の生物生息状況に対する影響を予測し、最適な工法を選定するためには、河川の物理特性と生物生息状況との相関を明らかにしておくことが重要である。また、国土交通省が実施している「河川水辺の国勢調査」は、全国の一級河川に於いて統一的行われている河川環境調査である。本調査は詳細かつ広範囲な観測を行っている貴重な調査資料であるにもかかわらず、未だその有効な活用方法は見出されていない。本研究は、「河川水辺の国勢調査」の成果を用い、物理特性からの魚類生息状況の予測を試みるものである。

2. 研究概要

(1) 概要

「河川水辺の国勢調査」業務報告書より得られるデータをもとに、対象河川の魚類の生息状況について検討する。魚種については、水産上および生態学上の価値が高いと思われるヤマメ、アユを対象とした。まず米代川水系においてヤマメおよびアユの生息の有無を決定づける物理特性とその影響度を調べ、判別分析による予測手法について考察する。また、重回帰分析により生息量の予測手法の開発を試みる。次に、アユの出現頻度の高い子吉川水系においても、予測式の適用を試みるとともに重回帰分析を行い、物理特性とアユ生息状況との関係の地域性について検討する。

(2) 米代川

米代川は、岩手県に端を発し秋田県北部を流れて日本海に注ぐ、流域面積4100km²、幹川流路延長136kmを有する1級河川で、全流域面積のうち山地が88%、平地が12%を占めている。平成9年度に測定されたBODの年平均値で見た場合、東北地方の1級河川12水系中、第3位の清流となっている。河川生態系の多様性も保たれており、全国的に見た場合はもちろんのこと、自然が多く残されている東北地方の他の河川に比べても、自然豊かな河川のひとつである。特に魚類については、天然のサクラマス（ヤマメ）とアユの、良好な生息河川として全国的にも有名な河川である。

(3) 子吉川

子吉川は秋田県南部に位置し、その源を鳥海山（標高2,236m）に発し、本荘平野を貫流した後日本海に注ぐ、流域面積1,190km²、幹川流路延長61kmの1級河川で、全流域面積のうち山地が約81%、平野は19%を占める。子吉川は米代川と同じく秋田県を流れており、日本海側に河口を持つ積雪寒冷地を流れる1級河川である。したがって、生息魚類相には若干の違いがあるものの、魚類生息環境としては共通する点も多く、両河川を比較することは妥当であると考えた。

(4) 河川水辺の国勢調査

「河川水辺の国勢調査」は国土交通省が、平成2年度より全国の1級河川109水系において、河川環境に関する基礎情報を系統的に整備し河川事業・河川管理等に資するために行っている河川環境調査である。瀬と淵の分布など河道特性調査のほか、魚介類、底生動物、植物、など6種類の生物調査を行っており、各調査は各々5年に一度実施されている。「河川水辺の国勢調査」は、全国規模で行われている唯一の河川環境調査であり、観測項目も多岐にわたる非常に貴重な資料であるといえる。しかし一方で、開始より数年間は年度毎、水系毎の様式が不統一であるという難点もあったため、これまでの資料を有効に活用し、定量的な分析を行った研究報告¹⁾は少ない。そこで本研究では、「河川水辺の国勢調査」の活用も主要な目的のひとつとして「河川水辺の国勢調査＜魚介類調査編＞」を用いた統計分析を行い、魚類生息状況と物理特性との関係について検討した。

(5) 「河川水辺の国勢調査」の使用に際しての留意点

「河川水辺の国勢調査」は、調査を重ねるごとに調査方法や報告書の記載様式が改良されるため、同資料を用いる際には次のような点に注意する必要がある。平成2、3年度に実施された調査は現在のような調査マニュアルが確立されておらず、各々の水系で報告書の記載内容が統一されていない。また、増水時にも調査を行うなどの問題点も見られる。平成4～6年度は様式の

表-1 河川水辺の国勢調査から得られる物理特性

流速	最大値	水温	最大値
	最小値		最小値
	平均値		平均値
	標準偏差		標準偏差
水深	最大値	河口からの距離	
	最小値	標高	
	平均値	河床勾配	
	標準偏差		

統一は見られるが、調査箇所については、平瀬、早瀬、淵に分類した中で調査地点の内に存在するもの（あるいは代表的なもの）のみ測定されており、平成7年度以降のような詳細な測定はされていない。本研究では以上の点を考慮し、米代川、子吉川とも平成7年度以降に行われた調査成果を使用することとする。

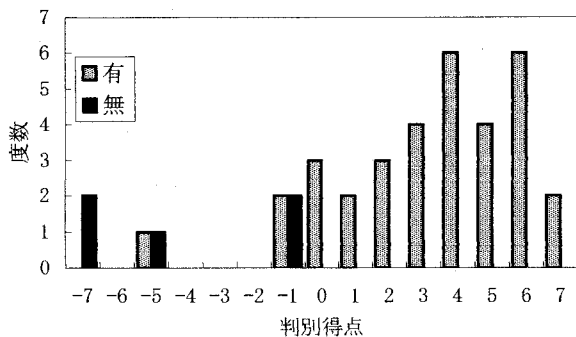
3. 米代川における魚類生息環境の現況

米代川において、既往の主な魚類調査文献などに記載されている魚種は67種であり、1990年以降の主な調査では54種が確認されている。1990年以降経年的に出現している魚種は18種で、代表的な遊泳魚はヤマメ・アユ・ウグイ・オイカワ・ギンブナ・アブラハヤ・トミヨなどである。従ってこれらが米代川を代表する遊泳魚であるが、中でも特に保全的重要性が高いと考えられるのは、ヤマメ・アユ・トミヨである。米代川水系では平成4年度と平成8年度に「河川水辺の国勢調査」が実施された。平成4年度の調査で出現個体数の多かった上位から3位の魚種は、ウグイ、ヤマメ、アユであり、平成8年度にはウグイ、アユ、ヤマメの順になっている。本研究では、ヤマメ・アユ・トミヨのうち、湧水を伴う特定の場所にしか生息しないトミヨを除いた、ヤマメとアユを対象とした。

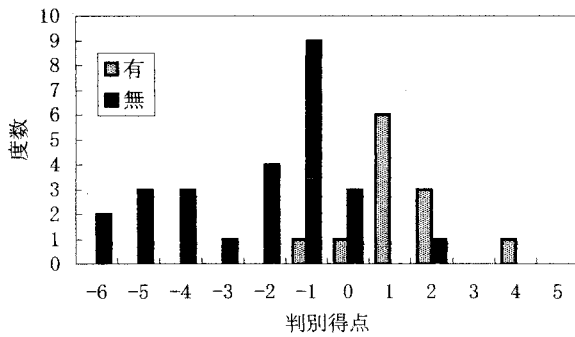
4. 魚類生息の有無の判別

(1) 判別分析

河川におけるある地点に注目したとき、そこにヤマメやアユが生息しているか否かということ予測するために、その地点の持ついくつかの物理特性をもとに判別分析を行った。表-1は、平成8年度の「米代川水辺の国勢調査」²⁾から得られる、分析に使用可能である物理的な観測項目を列挙したものである。平成7年度と平成8年度の様式では、流速、水深、水温が、各調査地点内に点在する瀬や淵ごとに観測されているため、各々の項目の最大、最小、平均、および標準偏差を物理特性の項目として解析対象とした。判別分析の目的変数には生息の有無を、説明変数には表-1に示す物理特性の観測値およびその統計量を用いた。なお、これら物理特性の項目の中から説明変数を選択する際には、P値によるステップワイズ法を用いた。



(A) ヤマメ



(B) アユ

図-1 生息の有無に関する判別得点の度数分布

表-2 判別分析で選択した説明変数と標準判別係数

魚種名	変数名	標準判別係数
ヤマメ	最大流速	-0.14
	流速の標準偏差	0.32
	最大水深	1.73
	河口からの距離	0.30
	標高	-0.07
アユ	流速の標準偏差	0.09
	最小水深	-5.63
	標高	-0.04

(2) 結果と考察

分析の結果選ばれた説明変数は表-2 に示すものである。表中の標準判別係数より、各変数の影響の大きさを知ることができる。また、係数の正負はヤマメおよびアユが生息すると判別された場合は正、生息しないと判別された場合は負の値をとっている。ヤマメの判別に採用された説明変数の4項目を見てみると、最大流速と標高の値が小さく、流速のばらつき（標準偏差）、最大水深、河口からの距離が大きいくほど、ヤマメが生息している確率が高いと読みとることができる。河口からの距離が大きくなり、標高が小さくなるほどヤマメが生息する可能性が高くなるというのは一見矛盾しているように見えるが、支川は本川よりも短い距離で標高が高くなるため、本調査のように支川にも調査地点を含む場合は、このような結果にもなり得る。ヤマメが生息すると判別されたような環境を実際の河川に当てはめてみると、本川の中・上流域で、深い淵と緩やかな瀬をもつ、流速の多様な場所であると解釈できる。またアユの方は本川下流部で、浅い瀬を持った流速にばらつきのある場所に生息している可能性が高いといえる。

図-1 はヤマメとアユの生息の有無に関する判別分析の結果を示している。判別得点は求めた境界線からの距離に当たり、正の値が「生息あり（有）」、負の値が「生息なし（無）」に対応している。ヤマメの場合は図-1(A)より、-1から-5のところで有と無が重なっており、境界線付近は完全には判別できないが、表-3を見ると的中率は92.1%であり、おおよその判別は可能であることがわかる。また、図-1(B)はアユの生息の有無に関する

表-3 生息の有無に関する判別結果と正判別率

ヤマメ			判別された群		合計
			有	無	
	実際の群	有 %	30 [90.9]	3 [9.1]	33 [100.0]
		無 %	0 [0.0]	5 [100.0]	5 [100.0]
	正判別率		92.1%		
アユ			判別された群		合計
			有	無	
	実際の群	有 %	11 [91.7]	1 [8.3]	12 [100.0]
		無 %	4 [84.6]	22 [15.4]	26 [100.0]
	正判別率		86.8%		

判別得点の度数分布である。こちらはヤマメよりもやや判別が難しく、正判別率も低いいため、ヤマメの場合よりも物理特性を使用したときに誤判別する可能性が高い。

5. 魚類生息量の予測

(1) 重回帰分析

前節では、ヤマメとアユが生息する環境についてのおおよその判別を行うことが出来た。続いて、本節では重回帰分析による生息量の予測を試みる。

ここでも同じく表-1 に示す物理特性を説明変数として解析を行った。ヤマメおよびアユの生息量を予測式の目的変数とするわけであるが、調査地点毎に投網の回数など努力量に違いがみられるため、捕獲個体数ではなく、これを投網回数で除した Catch per Unit Effort(CPUE)を用いた。変数の選択は増減法を用いて行った。

(2) 結果と考察

図-2 は、ヤマメについての重回帰分析を行った結果求められたCPUE 予測値と観測された値との散布図である。平成8年度「米代川水辺の国勢調査」は年2回調査が行われているため、(A)、(B)、(C)にそれぞれ、6月の観測結果を用いたもの、10月の観測結果を用いたもの、6月と10月の両月のデータを用いて解析したものを示

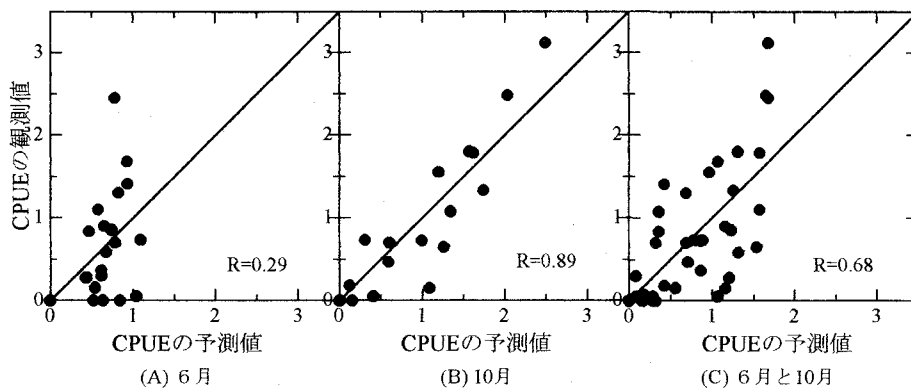


図-2 ヤマメ CPUE の予測値と観測値

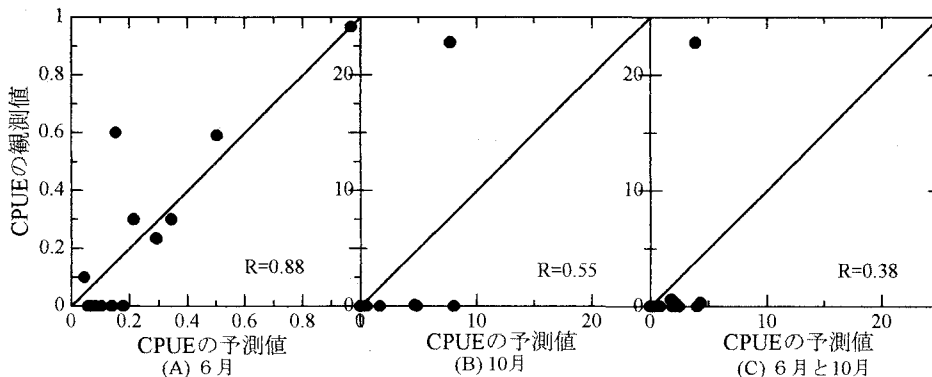


図-3 アユ CPUE の予測値と観測値

表-4 重回帰分析に用いた説明変数とその標準偏回帰係数

	6 月		10 月		6 月と 10 月	
	変数名	標準偏回帰係数	変数名	標準偏回帰係数	変数名	標準偏回帰係数
ヤマメ	水深の標準偏差	0.29	最大流速	-1.06	最大流速	-0.41
			最大水深	0.19	最小水深	-0.43
			平均水温	0.34	河口からの距離	1.03
			河口からの距離	1.45	河床勾配	-0.85
			標高	0.68		
			河床勾配	-0.64		
アユ	最小流速	-0.63	水温の標準偏差	0.55	水温の標準偏差	0.38
	流速の標準偏差	0.82				
	標高	-1.04				
	河床勾配	0.89				

した。図-2(A)は、6月の調査結果の場合、この方法による物理特性からのCPUEの予測が困難であることを示している。しかし10月(B)は比較的相関が高く、この方法である程度の予測が可能であるといえる。両者を併せた(C)はどちらも言えない結果となった。この結果は、通し回遊魚であるヤマメの、季節による成長段階の違いが関係していると推測される。ヤマメはアユのような年魚ではないため、同じ季節でも全部の個体が同じ成長段階ではないが、本調査では、10月の調査で1尾も採捕されなかった5cm未満の未成魚と思われる個体が、6月には頻繁に採捕されている。このため、好む環境の異なる成魚と未成魚が混在する6月には明瞭な結果が得られず、個体のほとんどが成熟した10月には予測値と観測値に高い相関が得られた可能性が考えられる。

図-3は同じくアユのCPUE予測値と観測値の散布図である。こちらは、ヤマメとは逆に6月の結果が良好で

ある。アユもまた回遊魚であるが、米代川のアユは10月頃に産卵のピークを迎えるため、この時期に産卵床に利用できる特定の場所に集中することがある。このことが、10月に1点だけ他と比べて非常に採捕量の多い箇所があった原因であると考えられる。このように産卵行動の際にはほとんどのアユが流域内の特定の場所に集まるため、もしもその時期のアユと物理特性との関係について調べるのであれば、「産卵に必要な物理環境」という視点から観測と研究を行う必要がある。一方、6月のように河川内の広い範囲を利用している時期の検討の際には、「河川水辺の国勢調査」を用いた本研究のような解析手法で、ある程度有意な予測を行うことが可能である。

アユの採捕状況を詳しく見ると、全く採捕されなかった地点が多い。この原因として、調査が実際にアユが生息しうる地点で行われたものばかりではないという可能性が考えられる。もともとアユが生息できないような場

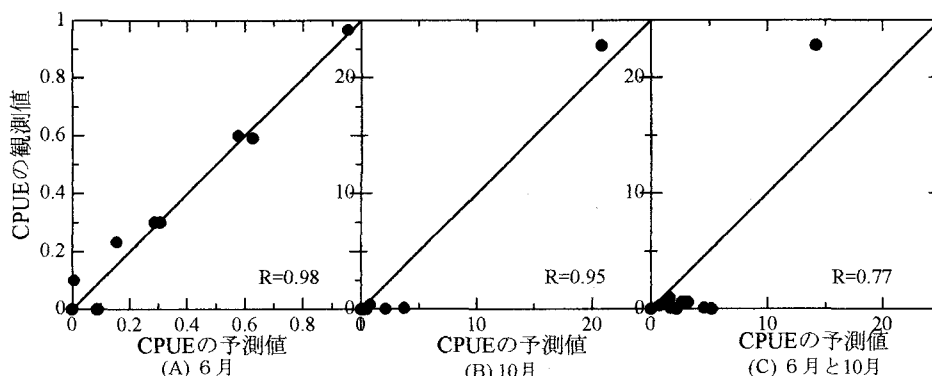


図-4 アユCPUEの予測値と観測値(判別分析でも実際にも「生息なし」であった地点を除く)

表-5 アユCPUE予測式の説明変数と標準偏回帰係数

6月		10月		6月と10月	
変数名	標準偏回帰係数	変数名	標準偏回帰係数	変数名	標準偏回帰係数
流速の標準偏差	0.86	最小流速	0.95	最大水深	-0.39
最小水温	-1.58	最小水深	2.25	最小水温	-0.60
水温の標準偏差	0.96	平均水温	1.24	河口からの距離	-0.84
河口からの距離	-0.97				

所を解析から除外することで、重回帰分析による信頼度の高い予測を期待できる。そこで、前節で行った判別分析の結果を利用し、物理特性の観測値を用いてアユが生息可能であるかどうかを予測した上で、改めて重回帰分析を行った。アユの生息の有無に関する判別分析の正誤は、表-3 からわかる。この表より、調査でも捕獲されておらず、判別分析でも「生息なし」である点を『もともと生息できない場所』と考え、その地点を除いたデータを用いて再度重回帰分析を行った。その結果を図-4 に示す。図-3 と図-4 を比較すると、判別分析により、『もともと生息できない場所』と判定された点を除いた場合の分析結果の方が、より精度が高いことがわかる。また、表-5 をみると、予測が可能であると考えられる6月は、流速と水温の標準偏差が正で河口からの距離と最小水温が負となっている。このことから、多様な流速、低温の箇所を含む多様な水温をもつ下流域の場所にアユが多く生息するという予測ができる。上流にイワナ、中流にヤマメが棲み分けられる米代川では、アユが下流側に押し下げられ、下流域で棲みよい環境を選択している様子を表していると考えられる。

6. 予測式の子吉川への適用と結果の比較

(1) 分析方法

子吉川においては平成7年度に「子吉川水辺の国勢調査<魚介類調査>」³⁾が実施されている。同調査ではアユがウグイに次いで多く採捕されており、アユの生息量は豊富な河川であると考えられる。しかし、ヤマメはほとんど採捕されておらず、多変量解析には向かないため、ここではアユのみ検証と比較を行う。また、アユは6月

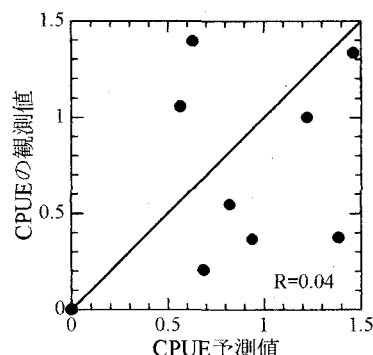


図-5 米代川で求めた予測式を用いて計算した子吉川におけるアユCPUEの予測値と、アユCPUEの観測値

の調査で全地点に出現、10月には8地点中3地点にのみ出現し、その内の一回は米代川と同じく他の地点と比較して非常に多量に採捕されているため、統計的な解析には不向きである。従って、米代川で求めた予測式の子吉川への適用は6月の場合のみ行う。また、アユの出現頻度が高いため判別分析は行わず、重回帰分析には6月の結果のみを用いた。

(2) 予測式の適用

図-5 は、米代川の資料で行った重回帰分析の結果より求められた予測式に、子吉川で観測された物理特性の値を代入して算出したアユCPUEの予測値と、実際に採捕されたアユのCPUE実測値との関係である。図中のRは重相関係数の値であるが、0.04と極めて低く、予測値と観測値との間は無相関であることがわかる。すなわち、米代川の予測式を子吉川へ直接的に適用することは不可能であるということを示している。

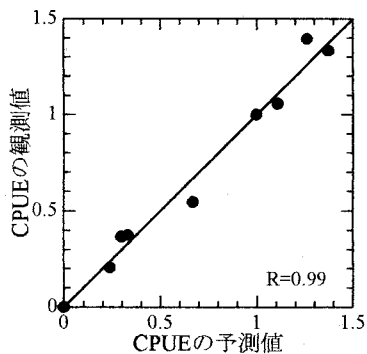


図-6 子吉川におけるアユ CPUE の予測値と観測値

表-6 子吉川におけるアユ CPUE 予測式の変数と標準偏回帰係数

変数名	標準偏回帰係数
流速の標準偏差	0.06
最小水温	0.66
水温の標準偏差	0.41
河口からの距離	0.86

(3) 重回帰分析

米代川と子吉川は近隣の水系であり、比較的近い環境であるにもかかわらず、予測式の直接的な適用ができなかったのは、水系によってアユに影響を及ぼす物理特性が異なるか、あるいは同じ物理特性であっても、その影響のしかたが異なる可能性がある。そこで、子吉川でも表-1に示す物理特性を説明変数とし、米代川と同様の手順で重回帰分析を行った。その結果、非常に重相関係数の高い組み合わせがいくつか算出されたが、中でも表-6に示す説明変数を用いた場合の結果は、米代川で重回帰分析を行った結果と全く同じ変数であり、重相関係数も0.99と非常に高い(図-6)。このことは米代川の場合と同様子吉川でもこの説明変数でアユ CPUE の予測を行うことが可能であることを示している。従って、予測式の直接的な適用ができなかった原因は、アユの生息に関与する物理特性自体が米代川と子吉川で異なっているわけではなく、その物理特性の影響のしかたが異なっていると考えの方が自然である。表-5と表-6を比較すると、最小水温と河口からの距離の符号が米代川と子吉川では逆転している。米代川では下流に行くほど生息量が増したのに対し、子吉川では上流へ向かうほど増加する。また米代川では最小水温が低いほど生息量が増加したのに対し、子吉川では最小水温が高いほど増加する。

このように、本来は同一の選好に従って生息場所を選択しているにもかかわらず、説明変数の影響のしかたが異なってしまうのは以下のような原因が考えられる。「河川水辺の国勢調査」における調査地点は、河川によっては本川ばかりに偏ることがあるが、調査地点が本川に偏った河川と全域を広く調査した河川とで同じ魚種について統計解析をすれば、変数の影響のしかたは変わってくる。つまり本研究の場合、図-7に示すように、米代川では河口からの距離が幹川流路延長の25%程度の

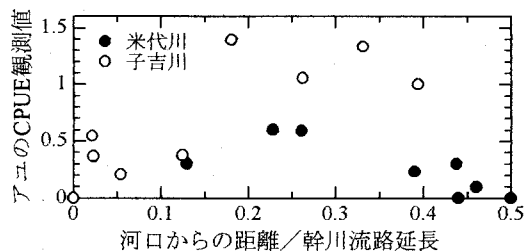


図-7 調査地点の位置(河口からの距離/幹川流路延長)

ときにアユの生息量がピークとなり、子吉川では25～30%でピークとなるが、米代川では調査地点がピークよりも上流側に多く、子吉川では下流側に偏っているために、予測式の係数の正負が逆転したと考えられる。

また、最小水温の符号が逆転していることに関しては河口からの距離の場合ほど明確ではない。米代川の最小水温の平均値が15.5℃であり、子吉川は14.1℃であるため、この季節のアユが15.0℃付近を選好するのではないかという推測は可能であるが、現時点で確認はできない。このような地域による違いは、今後より多くの河川で比較を行うことにより明らかにしてゆく必要がある。

7. 結語

本研究の成果を要約すると以下ようになる。

(1) 「河川水辺の国勢調査」を用いることによって、河川の物理特性からヤマメおよびアユの生息の有無、生息量を概ね予測できることがわかった。

(2) 判別分析によって判断した『もともと生息できない場所』のデータを除いて重回帰分析を行うと、より精度の高い予測式を得ることが出来た。

(3) アユの生息量は、米代川と子吉川では同様の物理特性に影響を受けるが、影響のしかたは河川によって異なる部分があることがわかった。

今後、本研究を進める上で、より多くの河川で比較を行うことによって、物理特性の影響や魚類の選好性に関する地域特性について検討してゆく必要がある。また、「河川水辺の国勢調査」においては、本川の中流域や下流域ばかりでなく、支川を含む広い範囲から調査地点を選定することで、定量的解析を行う多くの研究に用いられるようになると思われる。

参考文献

- 1) 芝田明子, 笹本誠, 堺茂樹: 河川水辺の国勢調査に基づく魚類生息環境の予測手法の開発, 水工学論文集, 第43巻, pp.959-964, 1999.
- 2) 国土交通省東北地方整備局能代工事事務所: 平成8年度米代川水辺の国勢調査(魚介類) 報告書, 1997.
- 3) 国土交通省東北地方整備局秋田工事事務所: 平成7年度子吉川水辺の国勢調査(魚介類) 報告書, 1996.

(2001. 10. 1受付)