

河川水辺の国勢調査資料に基づく 魚類生息環境予測手法の開発

PREDICTION MODEL FOR HABITAT QUALITY BASED ON FIELD DATA
OF NATIONAL INVESTIGATION ON RIVER ENVIRONMENT

芝田明子¹・笹本 誠²・堺 茂樹³

Akiko SHIBATA, Makoto SASAMOTO and Shigeki SAKAI

¹ 学生員 岩手大学大学院工学研究科 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田 4-3-5)

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 4-3-5)

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 4-3-5)

HQI model which was developed to predict trout standing crop in Wyoming streams was modified to be applied to rivers in northwest Japan, analyzing the general preference of river fish to habitat attribute based on data observed in a systematic field investigation which has been performed by Ministry of Construction. The modified model gives a poor explanation on fish population. To develop more accurate prediction model, a multiple regression analysis for each kind of fish was carried out. The accuracy of prediction is good for trout, fair for minnow and poor for ayu, and the amount of stocked fry affects on the accuracy of the present model.

Key Words : habitat quality, habitat attribute, field data, multiple regression analysis, HQI model

1. はじめに

近年、生態系の保全に対する関心が高まり、河川における災害復旧や河川改修計画に基づく各種工事に際しても、安全性の確保のみならず、河川環境の保全あるいは創出が求められている。防災のための工事が、結果的には河川環境の保全にも寄与することになれば、防災と環境保全の両者を同時に達成することができる。このような技術を確立するためには、各種工事に伴う河川生物の生息状況の変化を予測することが必要となるが、これを直接予測することは難しい。しかし、河川の物理的環境と生物生息状況の関係を定量的に評価できれば、河川工事による物理的環境の変化を水理学的に予測することにより、間接的に生物生息状況を予測することができる。

上記の検討に際して、生物生息状況と河川の物理的特性の両者が含まれた観測資料が必要となる。建設省が平成2年度より実施している「河川水辺の国勢調査」では、生物生息状況及び物理環境に関する各種の調査が行われている。この調査は河川環境に関する基礎情報を系統的に整備することを目的としているため、必ずしも上記の

検討に最適とはいえないが、全国規模で整備された唯一の資料であり、この有効な利用法を確立することも意義がある。

以上のような観点から、本研究では「河川水辺の国勢調査」によるデータを用い、河川の物理的環境から魚類生息状況を予測する手法の開発を試みた。対象とした河川は、東北地方の日本海側に河口を有する岩木川、米代川、子吉川、雄物川の4河川であり、平成4年度及び7年度の魚介類に関する報告書^{1)~4)}に記載されたデータを用いて解析を行った。まず、米国ワイオミング水系のマス類現存量を予測するために提案されたHQIモデルの適用性を検討し、次いで重回帰分析により予測式を求め、その精度と問題点を検討する。

2. HQI (Habitat Quality Index)

HQI (Habitat Quality Index) はBinns and Eiserman (1979)⁵⁾により、米国ワイオミング水系でのマス類現存量を予測する手法として開発された。マス類の生息状況に影響を与え得る河川の物理・化学的特性を重回帰分

析した結果、表-1にある9つの特性が支配的であることが示されている。それぞれの特性について表-1にある基準に従って0～4の評価値を求め、式(1)によりマス類現存量が予測される。ワイオミング水系での実測値との比較では相関係数が0.97と高い予測精度が得られている。

$$\begin{aligned} \log(Y+1) &= [-0.903 \\ &\quad + (0.807) \log(X_1+1) \\ &\quad + (0.877) \log(X_2+1) \\ &\quad + (1.233) \log(X_3+1) \\ &\quad + (0.631) \log(F+1) \\ &\quad + (0.182) \log(S+1)] [1.12085] \end{aligned} \quad (1)$$

Y：マス類生息推定量 (Ibs./ac.)

X₁：夏季流量

X₂：流量の年間変動

X₃：夏季最高水温

X₄：硝酸性窒素

X₅：カバー

X₆：河岸侵食

X₇：水中植生

X₈：流速

X₉：水面幅

Food index： $F = X_3 \cdot X_4 \cdot X_7 \cdot X_8$

Shelter index： $S = X_5 \cdot X_6 \cdot X_9$

本検討では、「河川水辺の国勢調査」によるデータを用いるが、この調査ではHQIで必要となる特性の全てが観測されているわけではないため、評価項目および評価基準を以下のように修正する。

① 夏季流量

HQIにおける夏季流量は8月1日から9月15日の平均流量を年間の平均流量で除したものである。しかし、表-1に示すように評価基準が定性的であるため、表-2に示すような定量的評価基準を定める。

② 流量の年間変動

流量の年間変動は、最大流量と渇水流量の差を低流量で除したものであるが、夏季流量と同じく評価値が定性的であるため、表-2のように定量的評価基準を定める。

⑤ カバー

HQIにおけるカバーとは、河岸の植生や水中に存在する倒木、大石など魚類が隠れるのに適したもの全てであるが、これらのうち「河川水辺の国勢調査」で観測されているものは河岸の植生のみである。さらに、植生が占める空間の割合についての記載はなく、植生の有無のみが記載されている。本検討において、カバーは植生の有無によって評価し、両岸にある場合、片岸にのみある場合、全くない場合の3段階とする。

⑥ 河岸侵食

HQIにおいて河岸侵食は、侵食された河岸長と調査地点全体の河岸長の比で定義されている。「河川水辺の国

表-1 HQIにおいて用いられる評価項目とその評価基準

	評価値				
	0	1	2	3	4
①夏季流量	不十分	極めて限定的	限定的	中位	十分
②流量の年間変動	断続的	激しい変動	中位変動	小変動	安定
③夏季最高水温(℃)	6>, 26.4<	6-8, 24-26	8-10, 21-24	10-12, 19-21	12-19
④硝酸性窒素 (mg/l)	0.01> 2.0<	0.01-0.04 0.91-2.0	0.05-0.09 0.51-0.90	0.10-0.14 0.25-0.50	0.15-0.25
⑤カバー (%)	<10	10-25	26-40	41-55	55<
⑥河岸侵食 (%)	75-100	50-74	25-49	10-24	0-9
⑦水中植生	不足	微少	部分的群落	群落多数	群落豊富
⑧流速 (cm/s)	<8 122<	8-15 107-122	16-30 91-107	30-46 76-91	46-76
⑨水面幅 (m)	<0.6 46<	0.6-2.0 23-46	2.1-3.5 15-23	3.6-5.3 7-15	5.4-7.0

表-2 HQIの適用に際し修正した評価項目および評価基準

	評価値				
	0	1	2	3	4
①夏季流量			1.76-2.0	1.26-1.75	0.75-1.25
②流量の年間変動	81-100	61-80	41-60	21-40	0-20
⑤カバー	植生なし		片岸		両岸
⑥河岸侵食	砂礫地 砂泥地		草地		樹木あり 護岸あり
⑦水中植生	2				

勢調査」には河岸の浸食状態については記されていないが、河岸の植生、護岸状況、河川敷の土壌については記載されている。そこで、これらから浸食の可能性を推定し、表-2のように評点を与える。

⑦ 水中植生

水中植生のデータがないため、ここでは評価値の中央値である「2」とした。

「河川水辺の国勢調査」の調査地点は、常設の流量観測所や水質観測所とは必ずしも一致していない。そこで、各調査地点の流量は最寄りの流量観測所での値から流域面積比を考慮して求めた。水温と水質は、水質年表により調査地点に最も近い水質観測所で得られたデータを使用した。

本検討では、評価の対象とするマス類をヤマメ、イワナとした。また、魚類は成長段階によって適した生息環境が異なるため、ここでは成魚(体長 10 cm以上)について評価を行った。これは、「河川水辺の国勢調査」は年に2〜3回の調査を行っているが、この調査時期が各成長段階期と必ずしも一致してはいないため、年間を通じて採集できる成魚とした。また、「河川水辺の国勢調査」では、魚類は投網とタモ網により採集されているが、調査地点ごとに投網の回数やタモ網を用いた採集時間が異なるため、採集個体数の総和をそのまま用いることはできない。また、採集は調査地点内の多くの場所で行われており、全ての採集で同程度の個体数が採取されているわけではない。そこで、採集されたマス類の総数を投網・タモ網による採集の回数で除した CPUE (Catch per unit effort) を用いた。なお、タモ網を用いた場合、採集時間が 30 分である地点が多いため、ここでは 30 分を基準とし、それ以外の場合は採集個体数を 30 分当りに換算した。ただし、1 回の投網と 30 分のタモ網を同等に扱うことの妥当性はなく、これが誤差の原因になる可能性は大きい。一方、投網あるいはタモ網のみのデータを用い

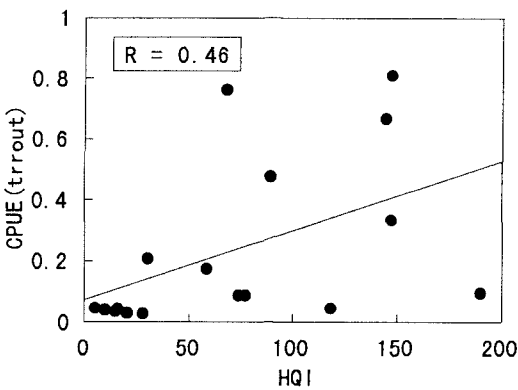


図-1 HQIとCPUE (trout)の関係

た解析も考えられる。しかし、採集方法は調査地点内の各採集地点の状況に応じて選択されていることから、どちらかみのデータを用いることは調査地点全体の状況を観測したことにはならず、この点で問題がある。そこで、本研究では前述の方法を用いることとした。

③夏季最高水温 ④硝酸性窒素 ⑧流速 ⑨水面幅に対しては Binns らが定めた評価基準(表-1)を、①夏季流量 ②流量の年間変動 ⑤カバー ⑥河岸浸食 ⑦水中植生には若干の修正を加えた評価項目及び評価基準(表-2)を用いて求めた HQI 値と CPUE (trout)の関係が図-1である。マス類の生息状況を表わす HQI が大きくなると CPUE も大きくなる傾向が見られるものの、相関係数は極めて低く、定量的な予測としては不十分である。

このような HQI の適用性の低さの原因としては、前述の評価項目の修正によるものも考えられるが、表-1にある③夏季最高水温 ④硝酸性窒素 ⑧流速 ⑨水面幅の評価基準がここで対象とする河川特性および魚類に适当でない可能性がある。例えば、Binns らの評価では水面幅が 5.4〜7.0m が最適とされているが、本検討での調査地点の大半の水面幅は 20m 以上であり、常に低い評価となってしまう。更に、HQI 計算値はそれぞれの特性の評価

表-3 選好関係により修正した評価基準

	評価値				
	0	1	2	3	4
①夏季流量			1.76-2.0	1.26-1.75	0.75-1.25
②流量の年間変動	81-100	61-80	41-60	21-40	0-20
③夏季最高水温(℃)	<15 27<	15-16.9 26.1-27	17-18.9 25.1-26	19-20.9 24.1-25	21-24
④硝酸性窒素(mg/l)	1.5<	1.01-1.5	0.81-1.0	0.61-0.8	0.3-0.6
⑤カバー(%)	なし		片岸		両岸
⑥河岸侵食	砂泥地 砂礫地		草地		樹木あり 護岸あり
⑦水中植生	2				
⑧流速 (cm/s)	<19 120<	20-39 116-120	40-59 111-115	60-79 101-110	80-100
⑨水面幅 (m)	200<	131-200	101-130	0-19 61-100	20-60

値を掛け合わせているものがあり、一つの評価値が「0」となると、他の特性の影響が消えてしまう。また、Binnsらの研究における対象魚は *brook trout*、*brown trout*、*cutthroat trout*、*rainbow trout* であり、本研究ではヤマメ、イワナである。同一類であっても、種によって最適な生息環境が違ふこと、摂餌にあたり競合する種の有無やその量による影響も考えられる。従って、対象とする河川において、各特性に対する魚類の選好特性に基づいた評価基準を設定する必要があるといえる。

3. HQI の評価基準の修正

前述のように各特性の評価基準がヤマメ、イワナに適當でない可能性があるため、各特性と CPUE (trout) との関係から選好特性を求め、これに基づき評価基準を修正する。例えば、図-2 は夏季最高水温と CPUE (trout)、図-3 は流速と CPUE (trout) の関係を示したものであり、それぞれ CPUE (trout) に応じて図中のような評価値を与える。表-3 は修正した評価基準である。但し、水中植生の評価値が「2」であるのは、前述のように該当するデータが「河川水辺の国勢調査」に記載されていない為である。修正した評価基準に従い、新たに算出した HQI 値と CPUE (trout) との関係を図-4 に示す。修正する前 (図-1) と比較すると相関係数は高くなっており、選好特性に基づく評価基準の修正の効果が現れているものの、定量的に満足のゆくものではない。

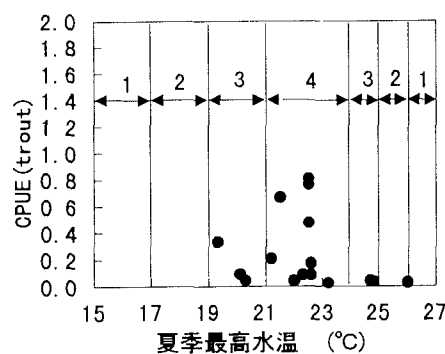


図-2 マス類の夏季最高水温に対する選好特性

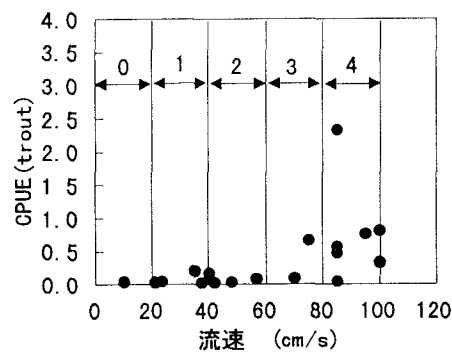


図-3 マス類の流速に対する選好特性

次に、ウグイとアユについても同様に各特性に対する選好特性によって評価基準を求め、式(1)を用いて HQI 評価を行った。図-5 はウグイの場合であり、ある程度の相関が見られるものの、全体的にばらつきが大きい。図-6 はアユの場合であり、相関係数はさらに低い。

マス類と比較してウグイとアユに対する予測精度が低い理由としては、HQI の評価特性及び式(1)中の係数は Binns らがマス類を対象として設定したものであり、マス類以外の魚類を評価するには適していないと考えられる。従って、マス類以外の魚類に対する予測精度を向上させるためには、各魚種ごとに評価特性を検討し重回帰係数を求める必要があろう。

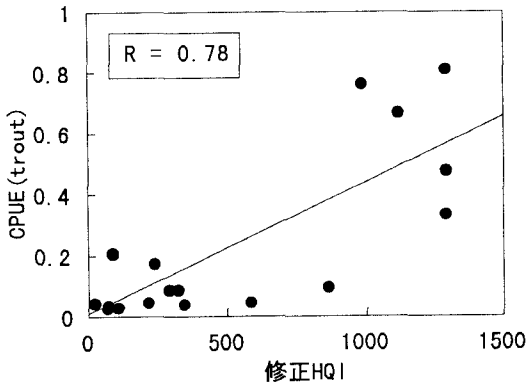


図-4 修正HQIとCPUE (trout) の関係

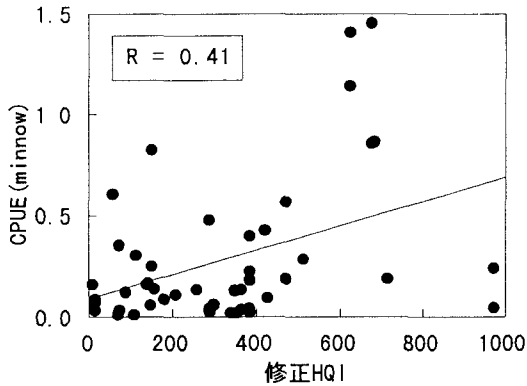


図-5 修正HQIとCPUE (minnow) の関係

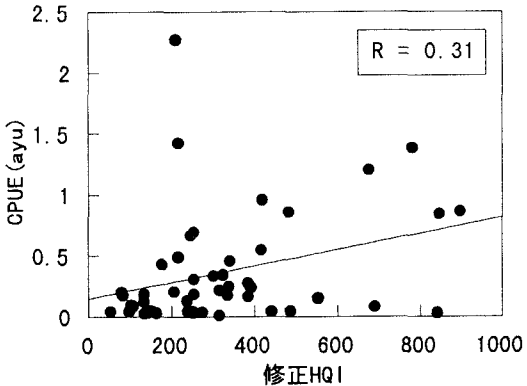


図-6 修正HQIとCPUE (ayu) の関係図

4. 重回帰分析

各魚種に対する評価式を求めるため、新たに重回帰分析を行った。なお、HQI に用いられている項目以外にも、日本の河川での生息状況の評価に適した特性が存在する可能性もあるため、HQI で用いられた項目以外に「河川水辺の国勢調査」で平成4年度、7年度に共通して測定されている河床礫のサイズ、水深を加え最大流速と最低流速との差、最大水深と最低水深との差などについても検討する。また、Binns らは、評価基準に従って求められる評価値を用いたが、本検討においては測定された数値そのものを用いた。図-7 に示すように、特性と CPUE との関係において最適値が存在する場合には、最適値からの偏差を用いた。なお、数値としてのデータがない場合には、Binns らと同様に評価値を与えることとし、河床礫のサイズについては表-4 のような評価値を与え、カバーは両岸に植生がある：「2」、片岸に植生がある：「1」、植生がない：「0」とする。

CPUE との相関が低い特性及び特性相互の相関が高いものを除き、マス類に対して重回帰分析を行った結果が式(2)であり、予測値と観測値の関係を示したものが図-8である。相関係数は0.91であり、定量的にも満足 of ゆく予測式が得られた。また、重回帰係数の符号は、最適

表-4 多変量解析に用いた底質の評価値

底質型	サイズ (mm)	評価値
岩盤	岩盤またはコンクリート	1
泥	0.074 以下	2
砂	0.074～2	3
細礫	2～20	4
中礫	20～50	5
粗礫	50～100	6
小石	100～200	7
中石	200～500	8
大石	500 以上	9

値からの偏差を用いた項目の全てと流量の年間変動で負の値となり、その他は正の値である。これは各特性の影響の現われ方から判断して妥当な結果といえる。

$$Y = 0.005 - 0.655Z_1 - 0.005Z_2 - 0.008Z_3 - 1.113Z_4 + 0.002Z_5 + 0.010Z_6 + 0.364Z_7 + 0.124Z_8 \tag{2}$$

- Y : CPUE (trout)

Z₁ : 夏季流量 (optimum)

Z₂ : 流量の年間変動

Z₃ : 夏季最高水温 (optimum) (°C)

Z₄ : 硝酸性窒素 (optimum) (mg/l)

Z₅ : 水面幅 (m)

Z₆ : 底質

Z₇ : 平均水深 (m)

Z₈ : カバー

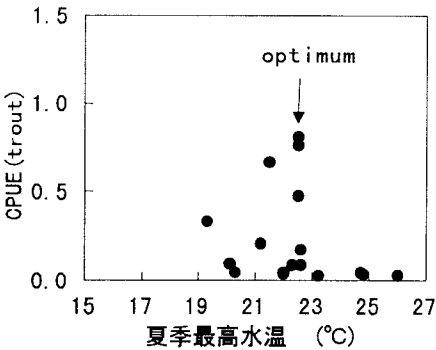


図-7 マス類の夏季最高水温に対する選好特性

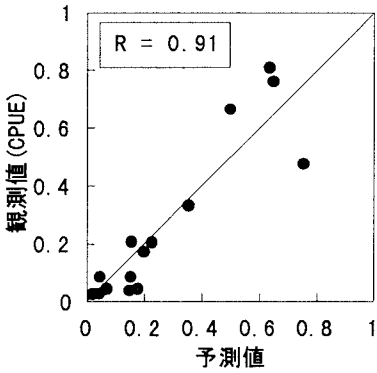


図-8 重回帰分析によるマス類の予測値と観測値の比較

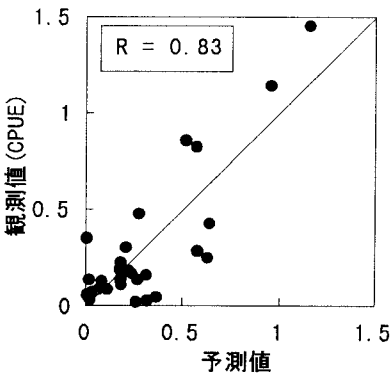


図-9 重回帰分析によるウグイの予測値と観測値の比較

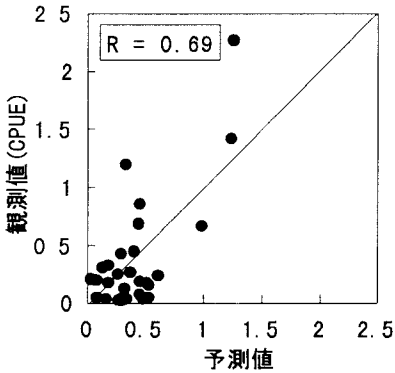


図-10 重回帰分析によるアユの予測値と観測値の比較

ウグイとアユについても同様の検討を行った。ウグイとアユに対して主要となった特性を表-5 に示す。図-9 はウグイに関する予測値と観測値の比較であり、マス類に比べると精度が低下する。一方、アユの場合（図-10）には、予測精度が低く、定量的予測としては不十分である。

ウグイ、アユに対する精度が低い理由としてはいくつか考えられるが、最も重要な要因として稚魚の放流の影響が考えられる。図-11・12・13 はそれぞれの魚種についての過去 5 年間の放流量の平均値と河川全体での CPUE の平均値との関係である。マス類については、放流量と CPUE との間に明瞭な関係は見られないことから、本研究で得られた予測式に対する放流の影響は少ないと思われる。一方、ウグイについては放流されている河川での CPUE は他の河川と比べて大きく、更にアユは放流量に比例して CPUE も大きくなっており、これは放流量が河川の物理的・化学的特性と同程度かあるいはそれ以上の影響を持つことを示唆している。従って、このような予測に際して放流の影響をいかに定量的に評価するかが重要であり、今後の研究においてその評価手法の確立が望まれる。

表-5 各魚種の生息状況の予測式に用いられる河川特性

説明変量	マス類	ウグイ	アユ
①夏季流量	○ (op)	○ (op)	
②流量の年間変動	○	○ (op)	
③夏季最高水温	○ (op)	○	○
④硝酸性窒素	○ (op)	○	○
⑤水面幅	○	○	○
⑥底質	○	○	○
⑦カバー	○	○	○
⑧平均水深	○		○
⑨平均流速		○	○

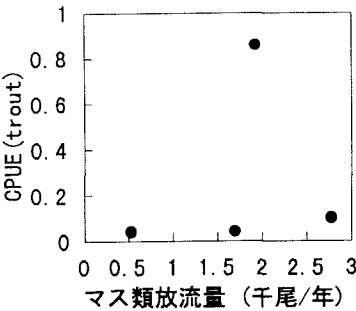


図-11 マス類の稚魚放流量とCPUEとの関係

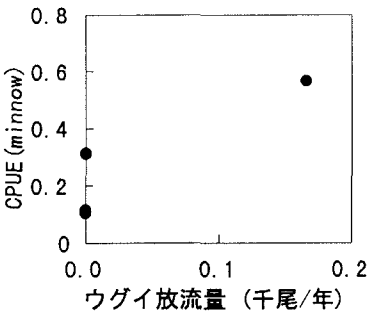


図-12 ウグイの稚魚放流量とCPUEとの関係

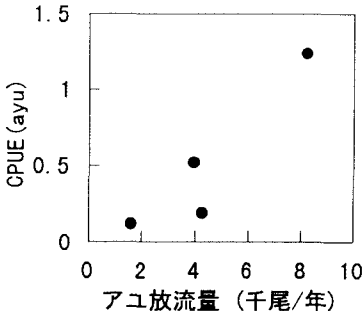


図-13 アユの稚魚放流量とCPUEとの関係

5. まとめ

- 本検討での成果をまとめると以下になる。
1. HQI における生息環境特性の評価基準を、各特性に対する選好特性に基づいて修正した HQI でも、東北地方日本海側の河川の魚類生息状況を予測することはできない。
 2. 新たに行った重回帰分析によれば、マス類に対しては定量的にも満足できる予測式が得られた。しかし、ウグイに対する予測式はマス類に比べて精度は低く、アユに関しては定量的評価には至らなかった。その主な理由としては、放流の影響が考えられる。従って、より精度の高い予測式を得るためには放流の影響を定量的に評価することが必要であり、これが今後の課題として残された。
 3. 「河川水辺の国勢調査」により得られた各種のデータは、各種魚類の生息状況を予測する手法を確立する上で有用なものであることが示された。しかし、観測項目及びその手法は必ずしも上記の検討に際しては適当ではないものもあり、また、河川ごとの不統一も見られた。従って、より高質なデータを蓄積するためには、観測項目、手法の改善と実施にあたっての統一が望まれる。

参考文献

- 1) 平成4年度 岩木川水辺の国勢調査(魚介類)報告書, 建設省東北地方建設局 青森工事事務所
- 2) 平成4年度 米代川水辺の国勢調査(魚介類)報告書, 建設省東北地方建設局 能代工事事務所
- 3) 平成7年度 子吉川水辺の国勢調査(魚介類)報告書, 建設省東北地方建設局 秋田工事事務所
- 4) 平成7年度 雄物川水辺の国勢調査(魚介類)報告書, 建設省東北地方建設局 秋田工事事務所
- 5) Binns A. N. and Eiserman F. M : Quantification of Fluvial Trout Habitat in Wyoming, Trans of the American Fisheries Society, Vol. 108, No. 3, pp. 215-227, 1979

(1998. 9. 30 受付)