

富山県西部の小河川に生息するカワヨシノボリの個体群特性

山崎裕治*・中山貴幸・深澤 剛・福田 敦・普照美鈴・村重誠吾

富山大学理学部生物学科 〒930-8555 富山県富山市五福3190

(*e-mail: yatsume@sci.toyama-u.ac.jp)

The Population Structures of *Rhinogobius flumineus* in the Small Stream on Western Region of Toyama Prefecture

Yuji Yamazaki, Takayuki Nakayama, Takeshi Fukasawa, Atsushi Fukuda, Misuzu Fusho and Seigo Murashige

Department of Biology, Faculty of Science, Toyama University, Gofuku 3190, Toyama 930-8555, JAPAN

Population structures and their seasonal changes were investigated for fluvial land-locked goby, *Rhinogobius flumineus* in the Futotani stream (Oyabe River System), western Toyama, Japan. According to the shift of size frequency distributions, three age groups were assumed to cohabit in the study area during May and September. Additionally, age 0+ group should join this population on November. By estimating the number of individuals inhabited the study area using Jolly-Seber mark-recapture methods, the value were assessed as 1020 ± 518.22 individuals, deriving high density (64.72 individuals/m²). On the other hand, emigration of ca. 460 individuals were found during study period. This study indicated the availability of individual number estimation for fluvial fish species inhabited open water.

はじめに

近年、生物多様性と健全な生態系の重要性が指摘されており(鷲谷, 1999), これらを保全・保護し, 継続的な利用を行うためには, 個々の生物群における生息実態の把握と, それら情報の蓄積が必要である。

富山県には, 無数の大規模河川とそれを取り巻く複雑な水圏域が存在し, そこを利用する生物が日本列島の中で独自の地域性を有し, それと同時にこの地域に適応した結果としての多様性を示している。この複雑な水圏生態系を利用する生物種は枚挙にいとまが無いが, その一方で近年の人為的な河川環境の改変に伴い, 多くの生物がその生息地の縮小を余儀なくされている(田中, 1978など)。そして, その代表例として魚類が挙げられる。

富山県の河川を利用する魚類として, これまで

に94種が報告されている(田中, 1993)。そのうちハゼ科のヨシノボリ類では6種(型)の生息が確認されている。それらのほとんどが孵化後すぐに海へ降り, 再び成長・繁殖のために河川へ遡上する両側回遊型である(川那部・水野, 1989; 後藤ほか, 1994)。これに対して, カワヨシノボリ(*Rhinogobius flumineus*)は一生を淡水域で過ごす河川型の生活様式を有する。カワヨシノボリは, 西日本に広く分布し, 富山県上市川付近を日本海側における分布北限とする(川那部・水野, 1989; 田中, 1993)。一般にヨシノボリ類は形態的特徴が互いに類似するが, カワヨシノボリは胸鰭の鰭条数により他のヨシノボリ類と明確に識別される(中坊, 2000)。また, アロザイム酵素多型分析に基づく集団遺伝学的解析の結果, 本種は遺伝的組成の異なる複数の地域グループに細分された(Shimizu et al., 1993)。富山周辺では, 北陸と東海の集団群が一つのグループとして

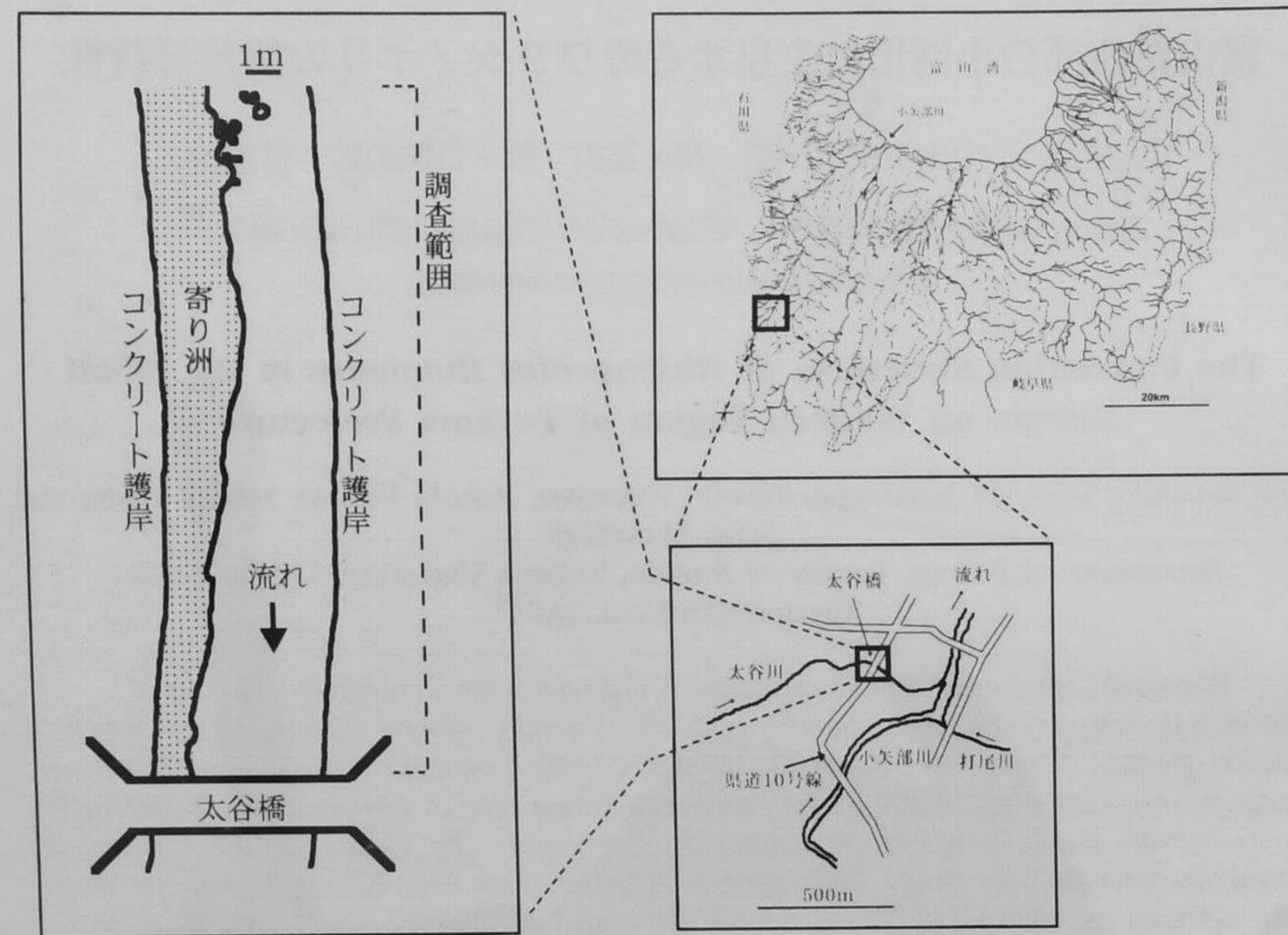


図1 調査区的位置

まとめられ、他の地域グループとは異なる独自の遺伝的特徴を有することが示されている。これまで本種の個体群特性に関する報告は、関西以西の河川からは報告されているが（水野，1995など）、富山県における報告は乏しい。

本研究では、富山県西部の小河川におけるカワヨシノボリの生息実態を明らかにすることを目的とし、標識・再捕獲法による個体数の推定、および季節間における成長パターンの変動を調査した。

調査地の概要

調査にあたり富山県西部を流れる小矢部川水系太谷川（西礪波郡福光町才川七）において、太谷橋から上流約20mの範囲を調査区に設定した（図1）。調査区の上流側約5mの地点に堰堤（高さ60cm）が設置されており、下流側約300mで小矢部川本流と合流する。調査区周辺は、Aa-Bb移行型の河川形態を呈した。また、左右両岸にはコンクリート護岸が施されていたが、右岸には寄り州が

形成されていた。調査区において、カワヨシノボリの他、ウグイ（*Tribolodon hakonensis*）、タカハヤ（*Phoxinus oxycephalus jouyi*）、ドジョウ（*Misgrunus anguillicaudatus*）、シマドジョウ（*Cobitis biwae*）およびカジカ（大卵型）（*Cottus pollux*）の生息が確認された。

調査方法

調査は、2001年5月から11月にかけての隔月（奇数月）に行われた。採集は主にタモ網を用いて行われた。採集された個体は、活魚の状態標準体長（SL）を0.1mm単位でデジタルノギスで計測し、胸鰭条数を計数した。

標識・再捕獲法による個体数推定は5月7-9日の3日間に行われた。標識として、調査第一日目に捕獲された個体については第一背鰭の外縁前縁を、第二日目には後端をそれぞれ切除した。Jolly-Seber 3点法に従い（伊藤ほか，1992）、調査時点での生息個体数およびその間の移出入個体数を

表1 小矢部川水系太谷川における環境要因の月別特徴。値は調査地点における平均値。

環境要因	単位	5月	7月	9月	11月
水深	cm	42.78	55.89	43.25	65.24
流速	cm/sec.	7.35	11.47	3.63	24.44
底質	*1	3.61	3.58	2.89	3.67
流量	m ³ /min	0.09	0.20	0.05	0.62
流域体積	m ³	27.69	33.85	28.55	46.07
被覆率	%	6.56	21.58	30.05	18.30
水温	℃	16.10	24.80	20.75	12.85
pH		7.22	6.84	7.20	7.06
電気伝導度	μS/cm	70.97	66.77	90.90	64.35
DO	ppm	6.70	5.17	6.80	8.25
NO ₂	mg/ℓ	0.02	0.02	0.02	-
PO ₄	mg/ℓ	0.00	0.20	0.20	-
NH ₄	mg/ℓ	0.00	0.00	0.00	-

*1 本文参照

推定した。この方法は、死亡、出生、移入および移出のすべてか、このうちどれかが働いて個体数が変動している個体群（開放個体群）における個体数推定に適しているとされる（伊藤ほか，1992）。そこで本研究では、明確な障壁の存在しない河川の一区間における魚類を対象として、本方法の有効性を検討した。

魚類の採集調査と同時に、環境要因の計測を行った。計測にあたり、調査区を1m×1mの方形区に区切った。各方形区の中心において水深および流速（表面から60%の深さの地点）を三光精密工業株式会社製SV-101-25SおよびCPC-2Dを用いて計測し、新井（1994）に従い流量を求めた。また各方形区において優占する底質を、Giller and Malmqvist（1998）に従い5段階に区分し、目の細かい区分から順次得点付けをした。すなわち、1. 砂泥（直径2mm以下）、2. 小礫（同2-16mm）、3. 中礫（同16-64mm）、4. 大礫（同64-256mm）、5. 巨礫（同256mm以上）。以上のうち、水深、流速および底質については、全方形区から得られた値

の平均値をその月における調査区の環境と見なし、さらに、調査区の流域体積および河岸の草本等による被覆率も計測・算出した。

以上と同時に、水温、pH、電気伝導度を井内盛栄堂製CyberScan pH/CON10を用いて、溶存酸素量（DO）を日本電池株式会社製DOM-1000Wで、そしてNO₂・PO₄・NH₄の各水中濃度を柴田科学株式会社製簡易水質検査キットを用いて、調査区の下流端中心部においてそれぞれ計測した。

結果と考察

環境要因

各調査時における環境特性を表1に示す。5月から11月までの調査において、環境は必ずしも一定ではなかったが、その変動パターンには7月をピークとした水温変動、および9月をピークとした被覆率の増加を除いては、明確な規則性は認められなかった。前者の規則性は夏期の水温上昇を反映したものであり、後者は夏期から秋期にかけて河畔の草本の育成に伴うものであると考えら

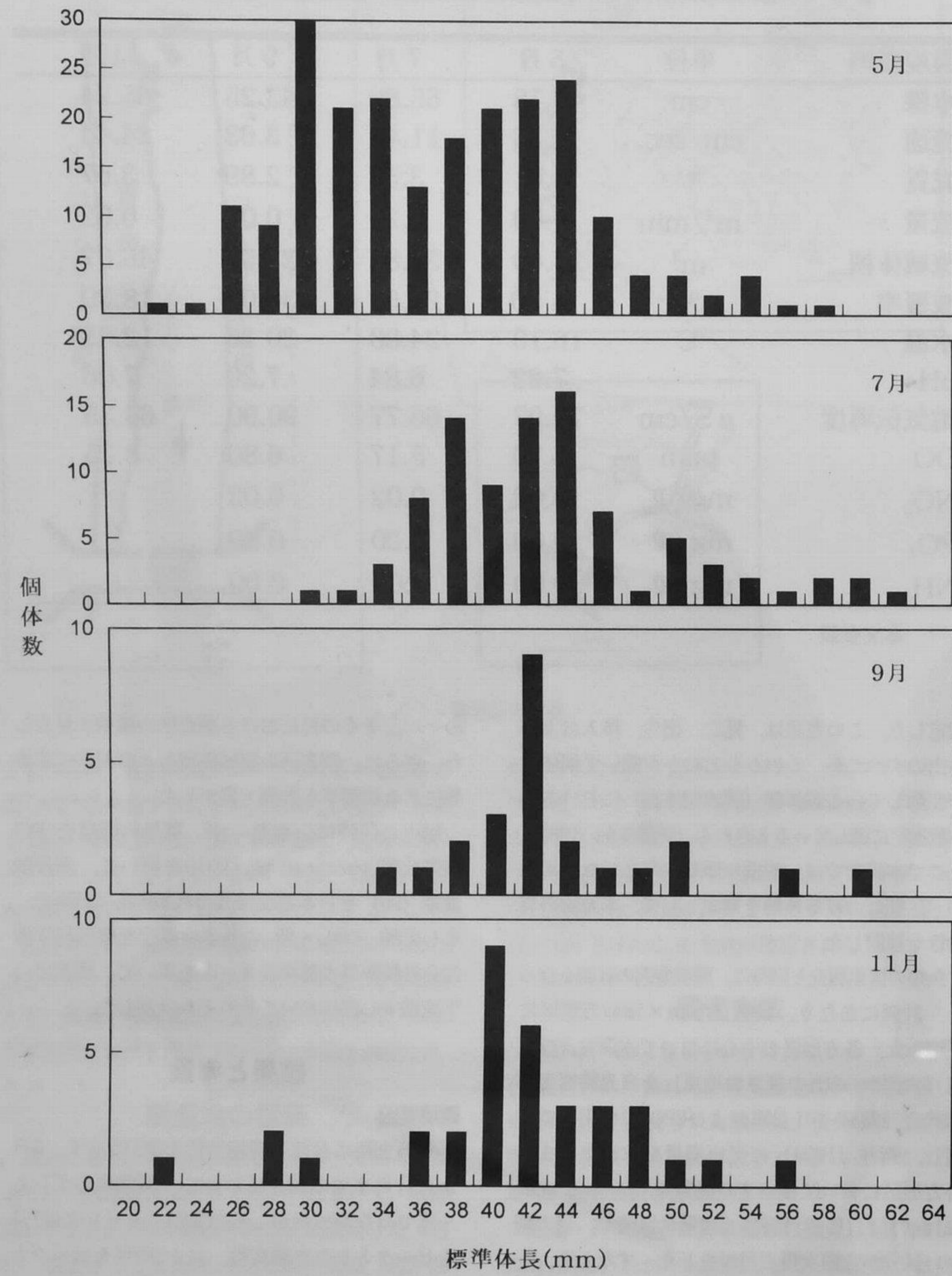


図2 小矢部川水系太谷川におけるカワヨシノボリの体長頻度分布の推移

表2 環境要因における相関関係。上段はピアソンの相関係数による両側検定の結果、下段は相関係数。

	水深	流速	底質	流量	流域体積	被覆率	水温	pH	電気伝導度	DO
水深	-	ns*	ns	ns	p<0.05	ns	ns	ns	ns	ns
流速	0.946	-	ns	p<0.01	p<0.05	ns	ns	ns	ns	ns
底質	0.568	0.657	-	ns	ns	ns	ns	p<0.05	ns	ns
流量	0.934	0.991	0.555	-	p<0.01	ns	ns	ns	ns	ns
流域体積	0.964	0.978	0.497	0.991	-	ns	ns	ns	ns	ns
被覆率	0.059	-0.169	-0.750	-0.078	0.038	-	ns	ns	ns	ns
水温	-0.281	-0.570	-0.358	-0.599	-0.498	0.490	-	ns	ns	ns
pH	-0.627	-0.378	-0.409	-0.312	-0.398	-0.207	-0.530	-	ns	ns
電気伝導度	-0.704	-0.744	-0.980	-0.648	-0.613	0.604	0.288	0.554	-	ns
DO	0.335	0.563	0.062	0.639	0.574	-0.107	-0.919	0.521	-0.046	-

*. ns: 有意差無し

表3 小矢部川水系太谷川で5月において推定されたカワヨシノボリの生息個体数および移出入

	採捕後に標識放流された個体数	採捕された標識個体数		
		第一日目の標識	第二日目の標識	両日の標識
第一日目	83	—	—	—
第二日目	120	16	—	—
第三日目	43	7	7	0

Jolly-Seber 3点法に基づく推定値

第二日目の調査時点における 個体数±標準偏差	1020±518.22
第二日目から第三日目の間に 新たに加入した個体数	-463.45

れる。

次に各環境要因間における相関関係の有意性を検定した結果を表2に示す。有意差が認められたいくつかの要因間のうち、水深と流域体積、流速と流量、および流量と流域体積は、それぞれ前者の要因を用いて後者を算出したものであり、このため有意な相関が示されたものと考えられる。これに対し、流速と流域体積の間では有意な正の相関関係（相関係数： $r=0.978$ ）が、また底質（礫の細かさ）と電気伝導率の間では有意な負の相関（ $r=-0.980$ ）が認められた。

成長パターン

本調査を通じて捕獲されたヨシノボリ類の胸鰭条数は15~18を示した。この値は従来報告されているカワヨシノボリの胸鰭条数15~17（中坊, 2000）とほぼ一致し、他に該当する種がないことから、本調査で用いたヨシノボリ類はすべてカワヨシノボリであるとみなした。

調査期間中における体長頻度分布の推移を図2

に示す。

5月においては、標準体長（SL）26~46mmの個体が高頻度で出現し、この区間における体サイズ分布パターンは、36mmSLを境に二峰型を呈した。

一方、7月から11月にかけては40~44mmSLに最頻値が認められ、この体サイズ範囲においては明確な二峰性は認められなかった。7月と9月では頻度分布パターンは右に尾を引いた分布型を呈したのに対し、11月にはこれに加え、標準体長22~30mmの個体が確認された。

水野（1995）は淀川水系芥川のカワヨシノボリについて、周年に渡る体長変化を調査した。それによると、5月には体長50mmまでの個体の中に2つの年齢群が認められ、満1年魚と満2年魚は体長32mmを境を有する。加えて水野（1995）は、体長50mm以上を有する満3年魚の存在も示している。本研究の5月の調査において認められた体サイズ分布パターンが水野（1995）の示した体サイズ範囲とほぼ一致することから、本調査個体群が36mmSL付近および50mmSL付近を境とした少な

くとも3つの年齢群から構成されていることが示唆される。

また水野（1995）によると、体長頻度分布のパターンから、ほぼ周年を通して各年齢群の判別が可能であると報告されている。しかし、本研究においては7月以降においては、必ずしも明確な年齢群の区分は出来なかった。この原因として、調査河川による成長や移出入パターンの違い、および本研究で解析に用いた個体数が少なかったことが考えられる。ただし、いずれの調査月もその頻度分布パターンは右に尾を引いた分布型を示したことから、同様に少なくとも3つの年齢群を含んでいるものと推察される。

一方、淀川水系芥川の本種個体群では、5月下旬から7月下旬にかけて産卵が行われ、その後孵化した個体はその年の11月には20~30mm程度に成長する（水野, 1995）。これに従うと、本研究の11月に認められた30mmSL以下の小型個体の出現は、この年に生まれた満0年魚が本個体群に加入したものと推察される。

個体数推定

5月の調査において、調査区における捕獲数、標識個体の再捕獲数およびこれらの値からJolly-Seber 3点法により推定された個体数および移出入を表3に示す。

この結果、調査第二日目の時点において調査区に生息していた個体数は1020個体と推定された。5月の調査時における調査区間の流域面積を算出すると64.72㎡であることから、カワヨシノボリの生息密度は15.76個体/㎡であった。この値は、四国四万十川水系におけるオオヨシノボリ（*Rhinogobius* sp. LD）およびシマヨシノボリ（*Rhinogobius* sp. CB）における生息密度、それぞれ最大0.46および0.48個体/㎡（Sone et al., 2001）に比べて遙かに高い値であった。本調査区において高密度で生息していたことから、この場所が周辺水域の中でカワヨシノボリの生息に適した場所であるため個体が集中した、あるいは周辺水域においても多くの個体が生息する、という2つの可能性を指摘できる。

しかし、調査第二日目から第三日目の間に調査区に新たに加入した個体数の推定値は負の値を示した。このことは、この間において調査区から推定463.45個体が移出したことを意味する。このような多くの個体の移動は、近隣における適した生息地の存在を示唆しており、調査区に限らずその周辺水域にもカワヨシノボリは多くの個体が生息すると考えられる。

本調査区においては、カワヨシノボリと同様に底生性の生活様式を有する魚類として、ドジョウ、シマドジョウおよびカジカ（大卵型）の生息が確認された。また、遊泳性魚類も何種か確認されたが、タカハヤが優占した。一般に、河川性魚類の生息数や成長パターンは、その個体が本来持つ内的な要因に加え、生息環境特性や共存魚種との種間関係などの外的要因により決定される（Inoue and Nakano, 2001など）。これらのことから、カワヨシノボリの生息実態を解明するために、個体数や移出入の推定についても定期的な調査を実施し、また共存魚種についても同様の調査を実施することにより、カワヨシノボリにおける個体群動態と環境要因の変動および共存魚種との相互関係を解明する必要がある。

まとめ

野外における個体数の推定には、これまで様々な方法が考案されてきた（伊藤ほか, 1992など）。しかしその多くは移出入や出生・死亡を想定しない閉鎖個体群を対象としたものであり、開放個体群における個体数推定法は数少ない。河川生態系を対象とした際には、連続した水域の全てを網羅した調査は不可能であり、区間を切った調査となる。その際に問題となるのが対象生物の移動が正確な個体数評価を妨げることである。特に移動能力の大きい魚類においては、調査中においてすら移出（例えば逃避）、移入が起り得ると考えられる。また、長期にわたる調査においては、その間の個体の出生や死亡が起こる。このような状況を考慮し、開放個体群における個体数推定法として考案されたのがJolly-Seber法である（Jolly, 1965; Seber, 1965; 伊藤ほか, 1992）。

Jolly-Seber法による個体数推定は、調査を実施した時点における生息個体数を推定出来るだけでなく、移出入個体数も推定できることから、河川における魚類生態調査においては有効であると判断される。本研究においても、調査区のみならず周辺における生息状況の推定を可能にした。ただし、全ての魚体に標識を施したり、複数回(最低3回)の標識再捕調査が必要など、調査方法が煩雑であることから敬遠されてきた。また、捕獲状況(特に標本数が少ない場合)により推定値に誤差が生じる危険もある。ただし上述のように、その有効性を考えると今後河川の魚類調査に限らず、幅広い動物群を対象として、ますます活用されるべきであろう。

謝辞

本研究を行うにあたり、御指導と御協力を頂いた富山大学理学部生物学科生体制御学講座の皆様にお礼申し上げます。

参考文献

- 新井正. 1994. 水環境調査の基礎. 168pp. 古今書院, 東京.
- Giller, P. S. and B. Malmqvist. 1998. The Biology of Streams and Rivers. 296pp. Oxford University Press, Oxford.
- 後藤晃・塚本勝巳・前川光司. 1994. 川と海を回遊する淡水魚: 生活史と進化. 279pp. 東海大学出版会, 東京.
- Inoue, M. and S. Nakano. 2001. Fish abundance and habitat relationships in forest and grassland streams, northern Hokkaido, Japan. *Ecological Research*, 16: 233-247.

- 伊藤嘉昭・山村則男・嶋田正和. 1992. 動物生態学. 507pp. 蒼樹書房, 東京.
- Jolly, G. M. 1965. Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration-stochastic mode. *Biometrika*, 52: 225-247.
- 川那部浩哉・水野信彦. 1989. 日本の淡水魚. 719pp. 山と溪谷社, 東京.
- 水野信彦. 1995. 魚にやさしい川のかたち. 135pp. 信山社, 東京.
- 中坊徹次. 2000. 日本産魚類検索: 全種の同定(第2版). 1748pp. 東海大学出版会, 東京.
- Seber, G. A. F. 1965. A note on the multiple-recapture census. *Biometrika*, 52: 249-259.
- Shimizu, T., N. Taniguchi and N. Mizuno. 1993. An electrophoretic study of genetic differentiation of a Japanese freshwater goby, *Rhinogobius flumineus*. *Japanese Journal of Ichthyology*, 39: 329-343.
- Sone, S., M. Inoue and Y. Yanagisawa. 2001. Habitat use and diet of two stream gobies of the genus *Rhinogobius* in southwestern Shikoku, Japan. *Ecological Research*, 16: 205-219.
- 田中晋. 1978. 富山県の陸水生物. 347pp. 富山県, 富山.
- 田中晋. 1993. とやまの川と湖の魚たち. 289pp. シー・エー・ピー, 富山.
- 鷲谷いづみ. 1999. 生物保全の生態学. 182pp. 共立出版, 東京.

釜池の湖盆形態の計測及び生息するプランクトンと魚類の記録

佐藤久三¹⁾・山本勝博²⁾・田中 晋³⁾

¹⁾〒939-0351 富山県射水郡小杉町戸破681

²⁾〒936-0808 富山県滑川市追分3817

³⁾〒930-8555 富山大学教育学部 930-8555 富山市五福3190

On the Measurements of Lake Morphology and the Records of Planktons and Fishes of Lake Kamaike Located on Kamiichi Town, Toyama Prefecture

Kyuzo Sato: Hibari 681, Kosugi-machi, Toyama 939-0351, JAPAN

Katsuhiko Yamamoto: Oiwake 3817, Namerikawa-shi, Toyama 936-0808, JAPAN

Susumu Tanaka: Faculty of Education, Toyama University, Gofuku 3190, Toyama-shi, Toyama 930-8555, JAPAN

1 はじめに

釜池は中新川郡上市町にある高峯山(957m)の中腹、標高700mの所に位置し、富山県では数少ない自然湖沼のひとつである。流入する川はなく、流出する桑平川は大岩川に合流し、さらに白岩川に合流して富山湾に流入している(図1)。池の表面積はおよそ12,000 m²で、形状はソラマメ型である。

この池の成因は、国香(1994)、山田(1998)によると、第四期火山活動で生じた爆裂火口に水のたまったマールと考えられてきたが、現在は新第三紀岩層の海底火山活動の影響を受けて、変性した岩石が地滑りによって堆積し、堰をつくって窪地に水がたまり、形成されたと考えられている。その際できた池は現在よりも二周りほど小さいものであったが、今から50年ほど前、付近の田畑の灌漑に使用するために堰を嵩上げし、現在の形となった経緯がある。また、釜池の近くには、浮島のあるつぶら池がある。

池へのアプローチは浅生から桑平川をさかのぼる歩道があったが、池の水を灌漑に利用しなくなってからは廃道に近く、現在は西種集落から高峯山方面への林道をたどり、20分ほど歩いて到着す

る歩道が利用されている。

釜池の湖盆形態と生物に関しては、1974年9月に1度観測されている(田中ほか、1974)。

2 調査方法

湖盆形態: 水上の定点を設定し、水深を測量した。定点は湖岸に設けたA~A'点を基準とし、ボートの位置を三角法により測定した。水深は定点より垂直に垂らしたビニール製メジャーの鉛直線により測深した。

また、ダイバーが水中で撮影したビデオで、湖底の観察もおこなった。

水温など: pHはBTB比色法、溶存酸素はTOX-90溶存酸素計、水温は深度別に採水器によって採水した資料を、温度計でそれぞれ測定した。

動物・植物プランクトン: 動物プランクトンと植物プランクトンは、いずれもXX14のミューラーガーゼ製のプランクトンネットを用い、垂直・水平引きすることにより採集した。採集した場所は、植物プランクトンは桑平川の流出口付近(地点Aとする)1カ所、動物プランクトンは地点Aと池の長軸の東北隅にあたる岸辺(地点Bとする)の2カ所である。

魚類: 刺網と投網によって採捕した。刺網は長さ