

秋川上流部におけるイワナの生息状況 (2016年10月時点)

高瀬智洋^{1*}・澤崎昌子²・安斎武治²

Relative Abundances, Body Sizes, Matures, Stomach Contents, and Strains of White-spotted char (*Salvelinus leucomaenis*) including non-native at the Upper course of Aki River, Tokyo, in October 2016

Tomohiro TAKASE*, Masako SAWAZAKI and Takeharu ANZAI

Abstract: In October 2016, field surveys were conducted at the upper course of Aki River. Four species including white-spotted char (*Salvelinus leucomaenis*) were collected. White-spotted char accounted for 50% of the total catch weight. The range of total length was 78 to 352 mm. The sex ratio was estimated to be approximately 1: 1 and total length at 100% maturity rate, 200 mm. The mean of GSI was 45 in females and 9.7 in males. The stomach contents were mainly larvae of Trichoptera. Four haplotypes were detected by an analysis of the mtDNA cytochrome b region, one of which was the haplotype confirmed in the water system which is not connected to Aki River water system. It is considered that white-spotted char including a non-native strain has established at the upper course of Aki River.

Key Words: *Salvelinus leucomaenis*; population; Strains; Aki River

* Corresponding author: Oshima Branch, Tokyo Metropolitan Islands Area Research and Development Center for Agriculture, Forestry and Fisheries. 18 Habuminato, Oshima-machi, Tokyo, 100-0212, Japan.

Tomohiro_Takase@member.metro.tokyo.jp

サケ科のイワナ *Salvelinus leucomaenis* は、日本産魚類中最も標高の高い低水温の溪流にすみ、主に遊漁対象魚として利用される (中村 1979)。東京都水産試験場による 1971 年から 1984 年までの 14 年間の調査によれば、その生息域は多摩川水系では支流の日原川、大丹波川、峰谷川に限られ、最大の支流である秋川には生息しない (東京都水産試験場 1986)。

しかしながら、2016 年時点、流域の秋川漁業協同組合には、イワナを目撃情報が多数寄せられている (安永私信)。また、イワナの釣果を掲載した Web サイトも散見される。これらの情報から、秋川にもイワナが生息していると考えるのが妥当であるが、その生息が一時的なものか、定着しているのか等、詳細は不明である。また、この間に私的に放流した人がいるとの情報も寄せられている (安永私信)。人為的な移入である可能性が高い。

秋川には、同じサケ科のヤマメ *Oncorhynchus masou* が在来種として生息する (東京都水産試験場 1979, 1986, 1989)。ヤマメは秋川において漁業権対象魚種であり、遊漁対象魚として利用されている。例年、秋川漁業協同組合による資源増殖の取組みが行われ、2015 年には発眼卵 131,500 粒、稚魚 50,000 尾、成魚 80,000 尾が放流されている (東京都産業労働局農林水産部水産課 2017)。

秋川にイワナが生息しているとすれば、ヤマメ資源への影響が懸念される。例えば、イワナとヤマメの体重の差が 20% 未満の場合には常にヤマメが干渉型競争において優位となるが、体重の差が 20% 以上の場合、ヤマメは必ずしも優位になれない (Nakano 1995)。また、サケ科魚類では属間交雑が起こることが報告されている (例えば、加藤 1977, 頼 1980, 佐藤 1982, 成瀬 1982, Koizumi *et al.* 2005, 向井ら

1 東京都島しょ農林水産総合センター大島事業所 〒100-0212 東京都大島町波浮港 18

2 東京都奥多摩さかな養殖センター 〒198-0105 東京都西多摩郡奥多摩町小舟波 720

2015)。岐阜県の揖斐川では、従来生息していない場所への人為的なアマゴ *O. masou ishikawae* の放流が、属間交雑を引き起こし、在来種イワナの繁殖に悪影響を与えている可能性がある」と報告している（向井ら 2015）。

また、狭い内水面ではフィールドの共用が常である。移入種のブラックバス *Micropterus* spp. では、その釣りを巡り、異なる立場や対立する利害が様々な軋轢を生み出した（淀・井口 2004）。秋川において、イワナは漁業権対象魚種に含まれておらず、人為的な移入が疑われるイワナの遊漁を巡り、ブラックバス同様に様々な軋轢が生み出される可能性は高い。

移入種の影響は、移入直後の個体数の少ないときには顕著ではない。新たな環境に適応し、個体数を増加させた後に影響が顕著となる（鷺谷 2007）。秋川におけるイワナの生息状況を把握することは、今後の対応、施策を講じる上で重要な情報となる。

そこで、東京都では、2016年時点、多摩川水系の在来イワナの産卵期とされる10月（東京都水産試験場 1981）に、秋川上流部でイワナの採集調査を行った。その結果、イワナ 25 個体を採集し、その生息状況に関して、生態学的、資源学的、分子系統学的視点から、いくつかの情報を得ることができたので報告する。

材料および方法

調査地点

秋川は流路延長 37.6 km の一級河川で多摩川の支流の中でも最大である。2016 年 10 月 12 日に、秋川漁業協同組合員同行のもと、上流部の 2 地点（Fig. 1）

で調査を行った。調査地点の水温を測定し、標高を国土地理院の「標高がわかる Web 地図」（<http://saigai.gsi.go.jp/2012demwork/checkheight/index.html>）から得た。

イワナを含む魚類の採集・測定

調査員 1 名が電気ショッカー（Smith-Root 社製エレクトロフィッシャー LR-20B 型：出力電圧 350 V、出力周波数 30 Hz）を用いて電流を流しながら上流に向かって歩行し、後方の調査員 3 名がたも網（幅 35 cm、長さ 25 cm、奥行き 28 cm、網目 5 mm、柄の長さ 1.3 m）で魚類を採捕していった。各地点とも、採捕作業に概ね 45 分間を充てた。

採捕した魚類を現場にて種同定するとともに、全個体の全長、体重を測定した。イワナについては、全て実験室に持ち帰り、その他魚類については速やかに放流した。

イワナの成熟状況・胃内容物

持ち帰ったイワナの腹部を開口して、生殖腺および胃を摘出した。

生殖腺について、その外観から雌、雄、判別不可に判別した。雌あるいは雄と判別された個体について、生殖腺成熟度指数（生殖腺重量／体重×1,000）を求めた。判別不可の個体については、後述する分子系統学的解析において抽出した DNA を用いて、Kinami and Matsuyama（2022）に従い、サケ科魚類の性決定遺伝子 *sdY*（Yano *et al.* 2012a, 2012b）の有無を PCR により確認し、遺伝的雌雄を判別した。

胃について、解剖して空胃かどうかを確認し、空胃個体の個体数割合（空胃率）を求めた。空胃でない場合、その内容物を肉眼で判別した。

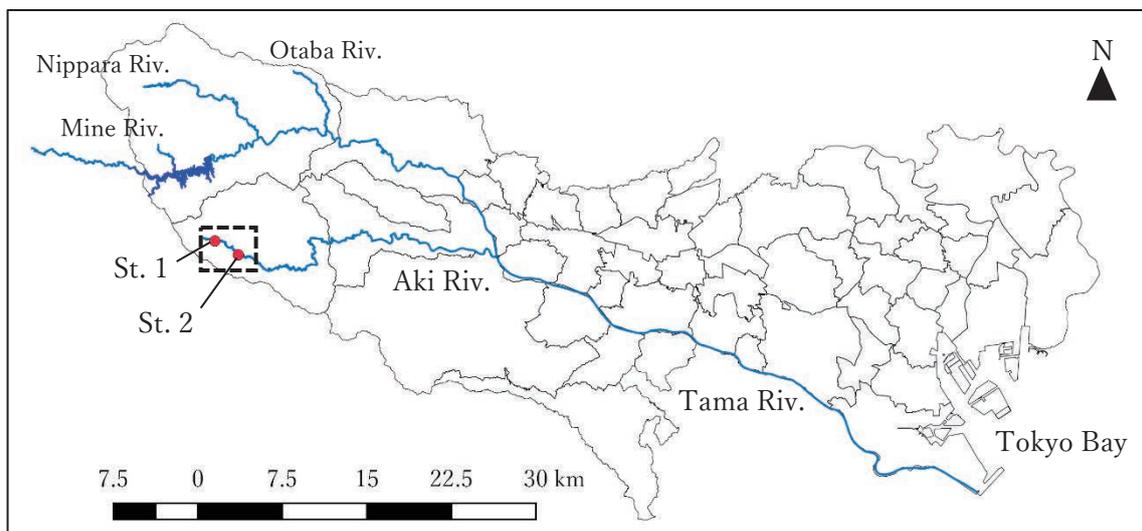


Fig. 1 Map of the Tama River system showing five tributaries (Otoba Riv., Nippara Riv., Mine riv., and Aki Riv.). Solid circles indicated survey points at Aki River.

イワナの分子系統学的解析

イワナの表皮を剥き、筋肉片 (5 mm × 5 mm × 5 mm サイズ) を摘出し、Maxwell 16 automated system (プロメガ社製) の Purification Kit AS1030 により DNA を抽出した。Yamamoto *et al.* (2004) に従い PCR を行い、ミトコンドリア DNA サイトクローム b 領域 557bp の増幅産物を得た。PCR 産物の塩基配列の解析を、精製込みでユーロフィンジェノミクス株式会社に委託した。解析結果をもとに、MEGA7 を用いて塩基配列を決定した。決定した塩基配列について、Yamamoto *et al.* (2004), Kubota *et al.* (2007), Kikko *et al.* (2008), 山本ら (2008) が報告したハプロタイプとの照合を行った。

結果

調査地点の標高と水温

調査地点の St. 1 は標高 630 m、水温 13.9℃、St. 2 は標高 507 m、水温 14.5℃であった。

魚類の採集数量と体サイズ

3 科 4 種 145 個体 (5,743.9 g) の魚類が採捕された (Table 1, Fig. 2)。最も個体数の多かったのはヤマメで計 77 個体、次いでタカハヤ *Phoxinus oxycephalus jouyi* 計 26 個体、イワナ計 25 個体 (Fig. 3), カジカ *Cottus pollux* 計 17 個体であった。イワナの個体数割

合は St. 1 で 11%, St. 2 で 23%, 全体で 17% であった。

重量で最も多かったのはイワナで計 2,864.9 g、次いでヤマメ計 2,101.2 g、カジカ 395.6 g、タカハヤ 382.2 g であった。イワナの重量割合は St. 1 で 43%, St. 2 で 57%, 全体で 50% であった。

採捕された魚類の全長および体重の測定結果を Table 2 に示す。イワナの全長 (体重) の平均は 193 mm (114.6 g)、その範囲は 78 ~ 352 mm (4.7 ~ 448.6 g) であった。ヤマメ同 126 mm (27.3 g)、81 ~ 215 mm (5.4 ~ 124.0 g)、タカハヤ同 113 mm (14.7 g)、48 ~ 146 mm (1.4 ~ 30.4 g)、カジカ同 112 mm (23.3 g)、50 ~ 150 mm (1.4 ~ 50.4 g) であった。イワナとヤマメの平均全長 (体重) の差は、53 (320) % となった。また、 $体重 = a \times (全長)^b$ のアロメトリー式から、イワナの係数 b は 2.982、ヤマメで 3.398 が得られた。

4 種の全長組成について、いずれも多峰性を示した (Fig. 4)。

イワナの成熟状況

生殖腺の外観 (Fig. 5) から雌雄を判別できたのは 17 個体 (雌 6 個体、雄 11 個体) で、8 個体については判別できなかった。判別不可 8 個体のうち、雄性決定遺伝子 *sdY* を有したのは 4 個体で (Fig. 6)。最終的に雌 10 個体、雄 15 個体となり (Fig. 7)、雌雄比に統計的有意差は認められなかった

Table 1 Number of individuals and abundances of fishes captured in Aki River

Family	Species	St. 1		St. 2		Total	
		(Inds.)	(g)	(Inds.)	(g)	(Inds.)	(g)
Salmonidae	<i>Salvelinus leucomaenis</i>	7 (11)	1,250.2 (43)	18 (23)	1,614.7 (57)	25 (17)	2,864.9 (50)
	<i>Oncorhynchus masou</i>	31 (46)	1,103.8 (38)	46 (59)	997.4 (36)	77 (53)	2,101.2 (37)
Cyprinidae	<i>Phoxinus oxycephalus jouyi</i>	12 (18)	177.7 (6)	14 (18)	204.5 (7)	26 (18)	382.2 (7)
Cottidae	<i>Cottus pollux</i>	17 (25)	395.6 (13)			17 (12)	395.6 (7)
Total		67 (100)	2,927.3 (100)	78 (100)	2,816.6 (100)	145 (100)	5,743.9 (100)

Figures in parentheses indicate percentages.

Table 2 Descriptive statistics and BW-TL relationship for 4 fish species captured in Aki River (N: sample size; TL: total length (mm); min: minimum; max: maximum; BW: body weight (g); S. D.: standard deviation)

Family	Species	N	TL, mean ± S. D.	BW, mean ± S. D.	BW=a*TL ^b equation	
			(TLmin- TLmax)	(BWmin- BWmax)	a	b
Salmonidae	<i>Salvelinus leucomaenis</i>	25	193 ± 86 (78 - 352)	114.6 ± 135.0 (4.7 - 448.6)	1.09E-05 **	2.982 ***
	<i>Oncorhynchus masou</i>	77	126 ± 34 (81 - 215)	27.3 ± 28.6 (5.4 - 124.0)	1.49E-06 **	3.398 ***
Cyprinidae	<i>Phoxinus oxycephalus jouyi</i>	26	113 ± 22 (48 - 146)	14.7 ± 6.7 (1.4 - 30.4)	6.79E-06	3.066 ***
Cottidae	<i>Cottus pollux</i>	17	112 ± 24 (50 - 150)	23.3 ± 14.7 (1.4 - 50.4)	3.84E-06	3.278 ***

Significant codes: <0.001***, <0.01**, <0.05*



Fig. 2 Photographs of 4 fish species captured in Aki River. a, *Salvelinus leucomaenis*; b, *Oncorhynchus masou*; c, *Phoxinus oxycephalus jouyi*; d, *Cottus pollux*.

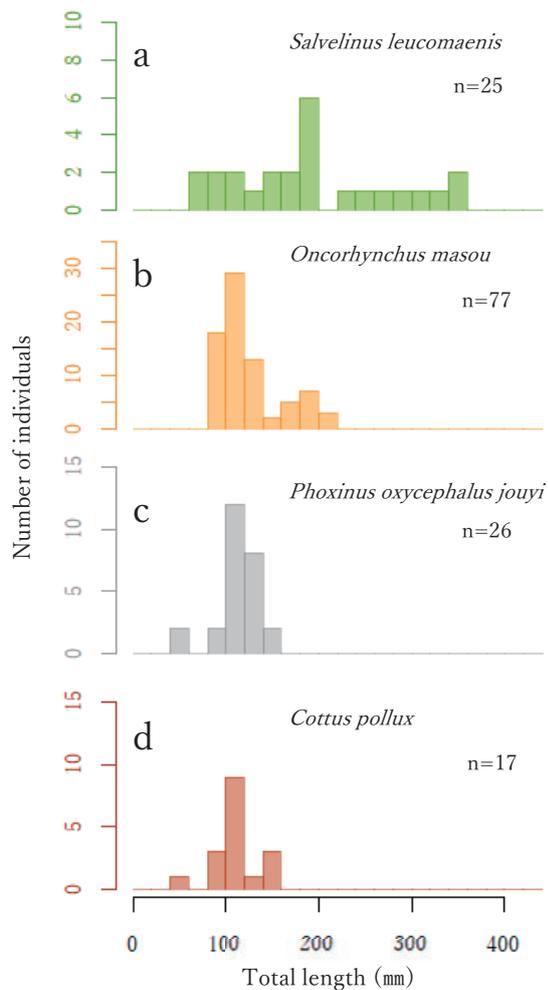


Fig. 4 Histograms of total length in 4 species captured in Aki River. a, *Salvelinus leucomaenis*; b, *Oncorhynchus masou*; c, *Phoxinus oxycephalus jouyi*; d, *Cottus pollux*.

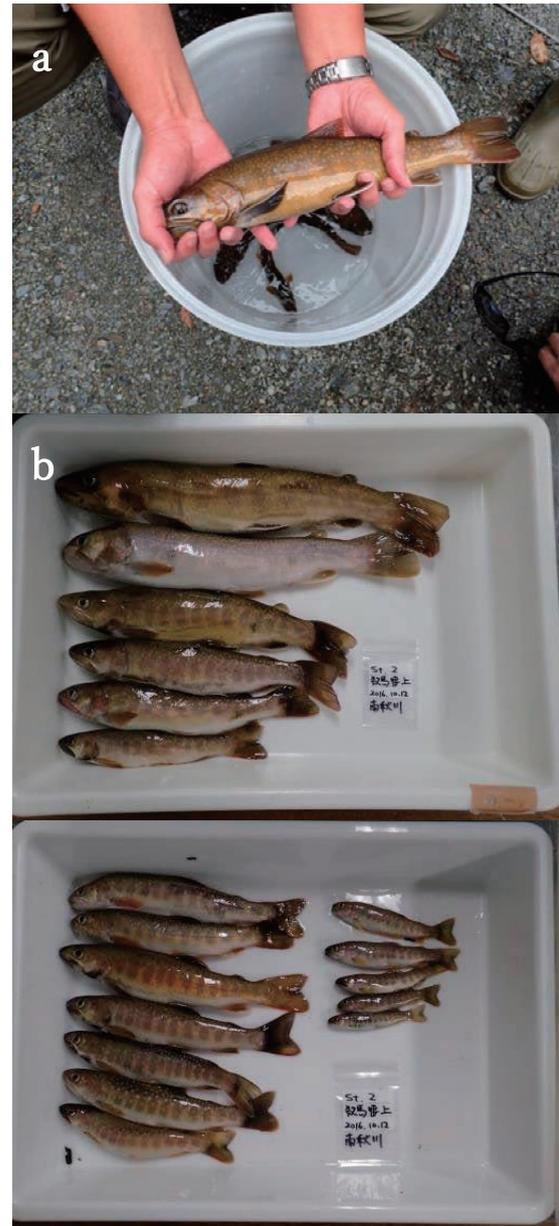


Fig. 3 Photographs of white spotted-char (*Salvelinus leucomaenis*) captured in Aki River. a, 7 individuals captured in St. 1; b, 18 individuals captured in St. 2.



Fig. 5 Photograph of gonads. The white spotted-char (*Salvelinus leucomaenis*) on the photo was classified into female by gross anatomical observation on gonads.



Fig. 6 Agarose gel (2%) electrophoresis of multiplex PCR products amplified from DNA extracted from the muscle of white spotted-char (*Salvelinus leucomaenis*) using *sdY* primers with *18S* primers as a positive amplification control. Lane L, DNA molecular marker; Lane 1 to 8, samples of white spotted-char which were classified into indeterminate by gross anatomical observation (GAO); Lane M, sample of white spotted-char which was classified into male by GAO; Lane F, sample of white spotted-char which was classified into female by GAO.

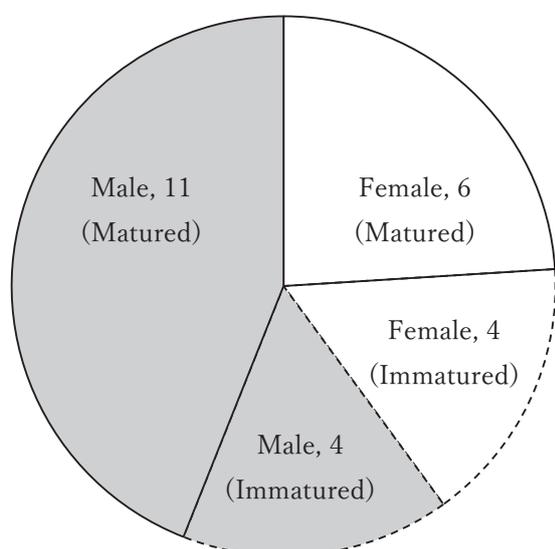


Fig. 7 Ratio of female and male. White area shows Female; Gray area shows Male; Solid line shows mature, Broken line shows immature.

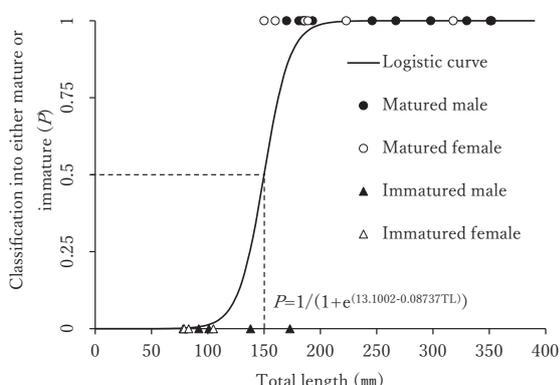


Fig. 8 Logistic curve fitted for results of classification into either mature or immature of 25 individuals of *Salvelinus leucomaenis* captured in Aki River. Circles, matured; triangles immatured; solid, male; open, female.

($\chi^2=1$, $df=1$, $p=0.317$).

生殖腺の外観から雌雄を判別できた 17 個体を成熟個体, 判別できなかった 8 個体を未成熟個体とし, 全長と成熟・未成熟の判別結果 (P) から, 全長 150 mm で群成熟率 50%, 全長 200 mm 以上で群成熟率概ね 100%と回帰される $P=1/(1+e^{(13.1002-0.08737 \times \text{全長})})$ のロジスティック曲線式が得られた (Fig. 8)。

成熟個体の生殖腺成熟度指数は, 雌で 45.0 ± 66.3 (平均 \pm 標準偏差), 雄で 9.7 ± 5.3 (同) であった。

イワナの胃内容物

イワナ 25 個体のうち, 空胃は 3 個体 (空胃率 12%) であった。残り 22 個体からは胃内容物が確認された。

胃内容物は動物で占められ, 毛翅目 Trichoptera の幼虫 (Fig. 9a) が多く, 半翅目 Hemiptera の成虫 (Fig. 9b), 直翅目 Orthoptera の成虫 (Fig. 9c), 広翅目 Megaloptera の幼虫 (Fig. 9d) ほか, ハリガネムシ目 Gordioida (Fig. 9e) が確認された。

イワナの分子系統学的解析

イワナ 25 個体のうち, 24 個体から対象領域の塩基配列が得られ, 計 4 種類のハプロタイプが検出された (Fig. 10a)。これらはすべて既報のもので, 山本 (2011) によるハプロタイプ・グループ 2-1 に属する Hap-1, およびハプロタイプ・グループ 2-2 に属する Hap-5, Hap-7, Hap-14 と一致した (Fig. 10b)。



Fig. 9 Photographs of stomach contents of *Salvelinus leucomaenis* captured in Aki River. a, Trichoptera; b, Hemiptera; c, Orthoptera; d, Megaloptera; e, Gordioida.

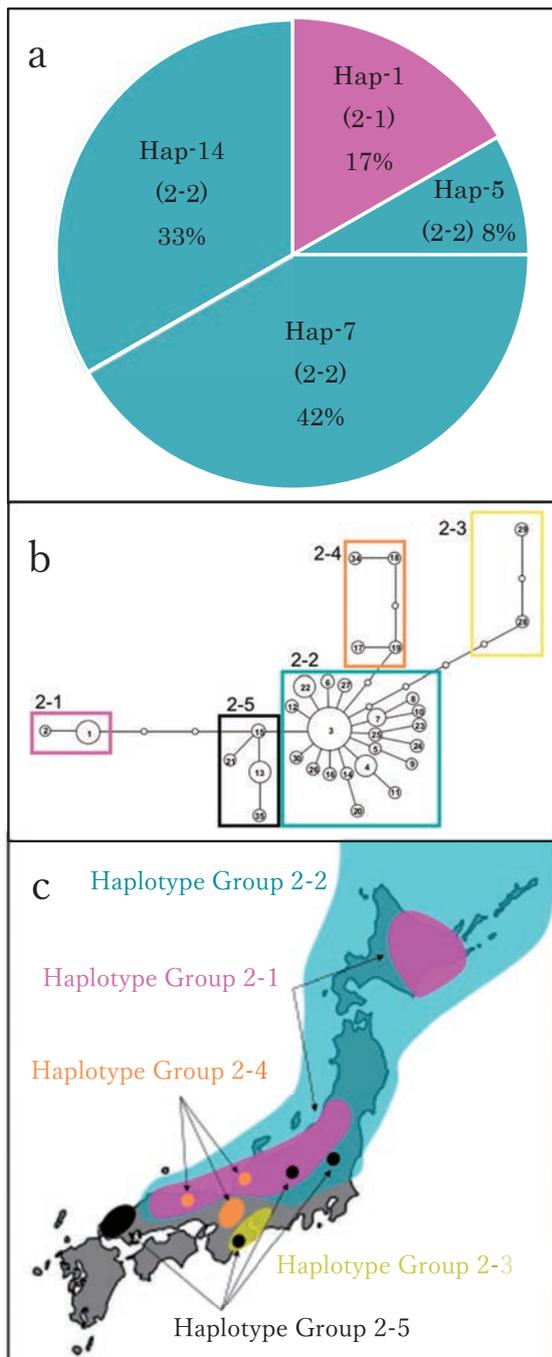


Fig. 10 mtDNA haplotype of white-spotted char. a, mtDNA haplotype frequencies of white-spotted char captured in Aki River; b, the network diagram of 32 kinds of mtDNA haplotypes (Yamamoto 2011); c, geographical distribution of each haplotype groups (Yamamoto 2011).

考察

イワナの生息水域としての秋川上流部

多摩川水系の在来イワナは、主として標高 700 m 以上の水域に出現し（東京都水産試験場 1986）、出現水域である日原川下流部における 10 月の水温 12.3 ~ 14.0℃の報告がある（東京都水産試験場 1979）。本調

査地は標高 507 ~ 630 m, 水温 13.9 ~ 14.5℃で、水温がわずかに重複するものの、概ねその範囲外であった。一方、竹川ら（2017）は、標高、緯度、気候値および傾斜角度の環境データ、ならびに日本列島レベルの広域的な分布情報をもとにイワナの生息適地の予測を行い、現状、本調査地を「イワナが高い確率で生息できる」とし（Fig. 11a）、地球温暖化により水温が 3℃上昇した場合、その確率をさげると予測している（Fig. 11b）。また、イワナの生息水温として、未成魚期 10.5 ~ 16.8℃、成魚期 0.5 ~ 16.8℃の報告もある（日本水産資源保護協会 1981）。これらから、2016 年時点、秋川上流部はイワナの生息が可能な水域ではある。ただし、多摩川在来イワナの生息地点と比較すると標高は低く水温は高いことから、生息場所としての永続性では劣ると考えられた。

秋川上流部における魚類群集

生物群集における優占種は、量的にまさり、大きな影響力をもって群全体の性格を決定づけ、代表するような種をいう。本調査地における採捕魚類はイワナ、ヤマメ、タカハヤ、カジカの 4 種で、イワナは個体数割合で 17%、重量割合で 50% を占めた。また、4 種の全長範囲および組成から、いずれの種も複数の年級群を含むと推定された。在来種の子アケボノイワナやカジカが生息するなかで、イワナが重量で優占する秋川上流部の魚類群集は、在来種で構成されていた魚類群集に、イワナが侵入し、環境に適応した後に、個体数を増加させた結果と考えられる。

なお、イワナとヤマメの場合、体重の差が 20% 未満の場合には常にヤマメが干渉型競争において優位となることが報告されている（Nakano 1995）。全長と体重のアロメトリー式の係数 b はヤマメがイワナを上回った一方で、両種の平均体重の差は 320% と算出された（Table 2）。このことから、本調査地では、一部の大型イワナに対してヤマメが優位になれない種間関係が生じているものと推察された。

秋川上流部におけるイワナの成長

多摩川水系の在来イワナでは、5 月頃に浮上稚魚 (0+ 歳) : 全長 30~40 mm がみられ、その年の秋には 1 歳 : 同 60 ~ 70 mm, 2 歳 : 同 140 mm, 3 歳 : 同 180 mm に達する（東京都水産試験場 1981）。調査時の 10 月では、浮上稚魚の採捕はなく、調査地における最小個体（全長 78 mm）は最少年齢の 1 歳と推定され、初期の成長は在来イワナに劣らないものと推察された。全長 300 mm 以上のものも 6 個体採捕され、これらは 3 歳以上と推定される。秋川のイワナ集団は、複数の

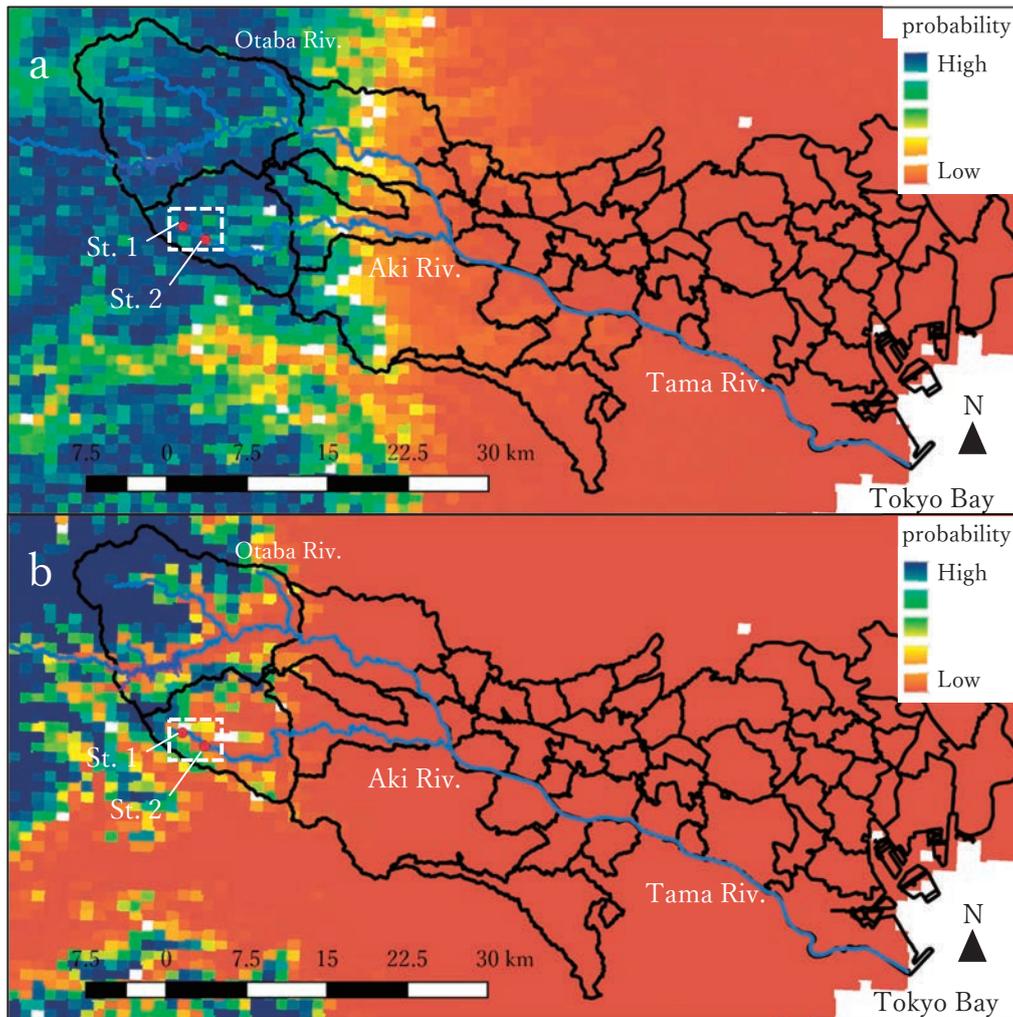


Fig. 11 Probability that white spotted-char (*Salvelinus leucomaenis*) can inhabit in Aki River, a, Current; b, 3°C rise (Takekawa *et al.* 2017). GIS files were downloaded from URL (https://www.biodic.go.jp/biodiversity/activity/policy/map/map16/index_02.html) presented by Ministry of the Environment, Japan.

同齢個体群によって構成されていると推察される。

イワナの体重について、本調査地におけるイワナの全長と体重のアロメトリー式と、多摩川水系の在来イワナがもつアロメトリー式（体重 = $2.603E-06 \times$ 標準体長^{2.906}; 全長 = $5.8649 + 1.136 \times$ 標準体長の2次式から算出）（東京都水産試験場 1981）と比較したところ差はなかった（Fig. 12）。また、御勢（1980）によれば、調査したイワナの空胃率は0%で、毛翅目の幼虫の割合が最も多し、本調査地の胃内容物の結果と類似していた。イワナの全長と体重の関係、それを支える餌料環境とも劣るものではないと考えられた。

秋川上流部におけるイワナの成熟

全長 150 mm で群成熟率 50%，全長 200 mm 以上で群成熟率 100% と回帰された（Fig. 8）。群成熟率 100% について、在来イワナで全長約 180 mm（東京都水産試験場 1981）、木曾川水系および千曲川水系のイワナで全長 210 mm 以上（山本 2013）としており、

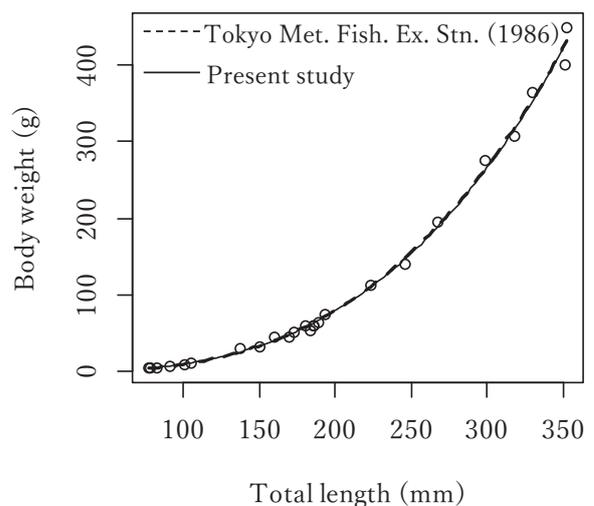


Fig. 12 Allometric relationships on body weigh and total length of *Salvelinus leucomaenis* in the present study and Tokyo Metropolitan Fisheries Examination Station (1986). Open circles and solid curve for the present study and broken curve for Tokyo. Met. Fish. Ex. Stn. (1986).

これらの範囲に収まっていた。また、成熟個体の生殖腺成熟度指数は、雌で 45.0 ± 66.3 (平均 \pm 標準偏差)、雄で 9.7 ± 5.3 (同) であった。山本 (2013) は、雌では生殖腺成熟度指数 40 以上、雄では 6 以上、あるいは全長 200 mm 以上を成魚と判断している。本調査地には、雌雄とも成魚と判断されるイワナが生息しており、再生産をしていると考えられる。

イワナの分子系統学的解析

山本 (2011) は、日本各地から採集したイワナのミトコンドリア DNA サイトクローム *b* 遺伝子領域を解析し、集団遺伝学的手法を用いて 5 つのグループに分けた。地域間でのハプロタイプの重複や同じ河川内で系統の異なるハプロタイプが共存することなどから、水期における分布域の拡大と間水期における地方型の分化を示唆している。今回、採集したイワナでは、日本海側・北海道東部のイワナにみられるハプロタイプ・グループ (2-1) の Hap-1 が 17% を占めていた (Fig. 10a, b, c)。Hap-1 は、多摩川水系に接続しない、地理的に断裂した水域のイワナがもつハプロタイプであり (Fig. 10c)、秋川のイワナ集団には人為的な移植に由来するイワナが含まれていることを示す分子的証拠といえる。

一方で、全体の 83% を占めたハプロタイプ・グループ (2-2) のうち、Hap-7 および Hap-14 は、多摩川源流近くの多摩川水系丹波川のその支流一之瀬アサヒ川 (山梨県) のイワナで確認されている (水産総合研究センター中央水産研究所 http://www.maff.go.jp/j/budget/yosan_kansi/sikkou/tokutei_keihi/seika_h22/suisan_ippan/pdf/60100161_01.pdf)。これらは多摩川在来イワナのハプロタイプと考えられるが、その在来イワナが秋川と多摩川の合流地点まで降下した後、秋川に天然遡上したものなのかは判別できない。なお、合流地点は標高 95.6 m と低くイワナの生息地としては不適であること (Fig. 11a)、合流地点にてイワナの採捕報告がないことから、多摩川在来のイワナが秋川に天然遡上した可能性は極めて低いと考えられるが確証はない。近年、環境 DNA を用いた網羅的な魚類相調査が行われているが、多摩川水系全体のイワナの分布を網羅的に把握することができれば、天然遡上の可能性を検証することも可能と考えられる。

本調査では、サケ科魚類の交雑個体は採捕されなかった。2016 年時点で秋川上流部において、イワナとヤマメの頻繁な交雑はないものと考えられた。ただし、岐阜県の揖斐川では、従来アマゴの生息していなかった最上流部に人為的な移植がなされ、その後、釣

獲されたサケ科魚類のうち 39% がイワナとアマゴの交雑であったとの報告 (向井ら 2015) もあり、注視していくことは重要と考えられる。

最後に、本調査により、秋川上流部におけるイワナの生息状況を一定程度把握することができた。しかし、イワナの生態を考えると、対象とした調査地については十分ではなかった。利根川水系鬼怒川ではイワナの産卵床のほとんどが支流に形成され (中村 1999)、また、小支流が稚魚の生育場として重要とされる (久保田ら 2001) 本調査では、小支流については全くの手付かずである。今後の対応、対策へと繋げるためには、小支流における状況の把握が重要と考えられる。

要 約

2016 年 10 月、多摩川水系秋川の上流部で魚類の採集調査を行い、イワナを含む 4 種を採集した。イワナの重量割合は 50% に達した。全長は 78 ~ 352 mm、その組成は多峰性を示した。雌雄比は概ね 1 : 1 で、全長約 200 mm で群成熟率 100% になると推定された。成熟個体の生殖腺成熟度指数の平均は、雌 45.0、雄 9.7 であった。空胃率は 12% で、胃内容物は毛翅目の幼虫が主であった。これらより、秋川上流部で確認されたイワナは、同じ多摩川水系の在来イワナと比較して遜色のない成長および成熟をし、再生産していると推定された。また、ミトコンドリア DNA サイトクローム *b* 領域の塩基配列の解析から、4 つのハプロタイプが検出された。これらは全て国内で既報のハプロタイプと一致し、内 1 つは地理的に断裂した水系のイワナがもつハプロタイプで、人為的に移入されたものと推定された。

キーワード：イワナ、秋川、生息状況、分子系統

謝 辞

本研究の遂行にあたり、元東京都産業労働局農林水産部水産課の斎藤修二氏には、調査に御同行いただくとともに、各種の調整を行っていただいた。小野 淳 振興企画室長には本稿のご校閲を賜った。東京都立大学理学研究科の黒川 信准教授には英文要旨を校閲頂いた。また、秋川漁業協同組合の安永勝昭組合長には、調査についてご理解とご協力を、小峰和美副組合長にはイワナの情報提供ならびに調査に御同行を頂いた。ここに記して関係各位に著者らの深甚な謝意を表す。

文 献

- 御勢久右衛門 . 1980. イワナの食餌となる水生昆虫 . 淡水魚増刊 イワナ特集 . 財団法人淡水魚保護協会 , 大阪市 , pp.38-40.
- 加藤憲司 . 1977. 多摩川上流で採集されたサケ科魚類の自然雑種 . 魚類学雑誌 , 23: 225-232.
- Kikko T., M. Kuwahara, K. Iguchi, K. Kurumi, S. Yamamoto, S. Kai and Y. Nakayama. 2008. Mitochondrial DNA population structure of white-spotted charr (*Salvelinus leucomaenis*) in the Lake Biwa water system. *Zoological Science*, 25: 146-153.
- Kinami, R and H. Matsuyama. 2022. A new PCR-based genetic sex identification method for farmed salmonids. *Aquacult. Sci.*, 70: 251-260.
- Koizumi, I., H. Kobayashi, K. Maekawa, N. Azuma and T. Nagase. 2005. Occurrence of a hybrid between endemic Miyabe charr *Salvelinus malma miyabei* and introduced masu salmon *Oncorhynchus masou masou* in the Lake Shikaribetsu system, Hokkaido, Japan. *Ichthyol. Res.*, 52: 83-85.
- Kubota, H., T. Doi, S. Yamamoto and S. Watanabe. 2007. Genetic identification of native populations of fluvial white-spotted charr *Salvelinus leucomaenis* in the upper Tone River drainage. *Fisheries Science*, 73: 270-284.
- 久保田仁志・中村智幸・丸山 隆・渡邊精一 . 2001. 小支流におけるイワナ, ヤマメ当歳魚の生息数, 移動分散および成長 . 日本水産学会誌 , 64: 703-709.
- 向井貴彦・二村 凌・丹羽大樹・後藤暁彦・三輪直生・石塚 航・矢追雄一・高木雅紀 . 2015. 岐阜県揖斐川支流におけるイワナとアマゴの交雑個体の形態および遺伝的特徴 . 魚類学雑誌 , 62: 149-156.
- 中村守純 . 1979. 原色淡水魚類検索図鑑 (第 6 版) . 北隆館 , 東京 , pp.104.
- 中村智幸 . 1999. イワナにおける支流の意義 : 森誠一 (編) . 魚からみた水環境—復元生態学に向けて / 河川編—自然復元特集 4. 信山社サイテック , 東京 , pp. 177-187.
- Nakano, S. 1995. Competitive interactions for foraging microhabitats in a size-structured interspecific dominance hierarchy of two sympatric stream salmonids in a natural habitat. *Can J Zool.*, 73: 1845-1854.
- 成瀬智仁 . 1982. びわ湖水系のアマゴ・イワナの自然交雑種について . 淡水魚増刊 ヤマメ・アマゴ特集 . 財団法人淡水魚保護協会 , 大阪市 , pp.172-174.
- 日本水産資源保護協会 . 1981. イワナ . 水生生物生態資料 , pp.36-39.
- 頼 茂 . 1980. 秋田県で採れたイワナとヤマメの交雑種について . 淡水魚増刊 イワナ特集 . 財団法人淡水魚保護協会 , 大阪市 , pp.34.
- 佐藤一彦 . 1982. ヤマメとイワナの自然交雑について . 淡水魚増刊 ヤマメ・アマゴ特集 . 財団法人淡水魚保護協会 , 大阪 , pp.167-172.
- 竹川有哉, 河口洋一, 三橋弘宗, 谷口義則 . 2017 日本におけるイワナ *Salvelinus leucomaenis* の生息適地推定と地球温暖化を考慮した保全計画への適用 . 保全生態学研究 , 22: 121-134.
- 東京都水産試験場 , 1979. 河川生態に関する研究—多摩川水系— . 東京都水産試験場調査研究要報 , (141), 330pp.
- 東京都水産試験場 . 1981. 漁場環境と魚族保護に関する研究 . 東京都水産試験場調査研究要報 , (152), 50pp.
- 東京都水産試験場 . 1986. 多摩川水系中・上流域における魚類の分布からみた汚染指標魚種の検討 . 東京都水産試験場調査研究要報 , (189), 111pp.
- 東京都水産試験場 . 1989. 東京都内水面における主要魚種の分布と生活史 内水面生息環境調査報告書 (昭和 45 年度～ 62 年度) . 東京都水産試験場調査研究要報 , (200), 62pp.
- 東京都産業労働局農林水産部水産課 . 2017. (3) 漁業協同組合別, にじます・こい・ふな等放流実績 . 東京都の水産 . 平成 28 年版 : 30.
- 鷺谷いづみ . 2007. 外来種の定着と侵略性の生態的要因 . 日本水産学会誌 , 73: 1117-1120.
- 山本 聡 . 2013. 河川型イワナ *Salvelinus leucomaenis* の特性と持続的利用に関する研究 . 東京海洋大学, 博士論文 .
- 山本祥一郎 . 2011. 溪流魚の遺伝資源および包括的資源管理を考える . *SALMON 情報* , 5: 5-8.
- 山本祥一郎・中村智幸・久保田仁志・土居隆秀・北野聡・長谷川功 . 2008. ミトコンドリア DNA 分析に基づく関東地方産イワナの遺伝的集団構造 . 日本水産学会誌 , 74: 861-863.
- Yamamoto, S., K. Morita, S. Kitano, K. Watanabe, I. Koizumi, K. Maekawa and K. Takamura. 2004.

- Phylogeography of White-Spotted Charr (*Salvelinus leucomaenis*) Inferred from Mitochondrial DNA Sequences. *Zoological Science*, 21(2): 229-241.
- Yano, A., R. Guyomard, B. Nicol, E. Jouanno, E. Quillet, C. Klopp, C. Cabau, O. Bouchez, A. Fostier and Y. Guiguen. 2012a. An Immune-Related Gene Evolved into the Master Sex-Determining Gene in Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Current Biology*, 22: 1423-1428.
- Yano, A., B. Nicol, E. Jouanno, E. Quillet, A. Fostier, R. Guyomard and Y. Guiguen. 2012b. The sexually dimorphic on the Y - chromosome gene (*sdY*) is a conserved male - specific Y - chromosome sequence in many salmonids. *Evolutionary Applications*, 6: 486-496.
- 淀 太我・井口恵一郎 . 2004. バス問題の経緯と背景 . 水研センター研報 , 12: 10-24.