

養鰻場から出荷されたニホンウナギの成長と性比から構想した 放流用ウナギ集団の作出モデル

服部克也・岩田友三・鈴木貴志

(2016年9月20日受付, 2017年1月17日受理)

A Model for Producing Eel Population with Higher Proportion of Females, based on Growth and Sex Ratio of Japanese Eel, *Anguilla japonica*, rearing at Eel Farms

HATTORI Katsuya*¹, IWATA Yuuzou*¹ and SUZUKI Takashi*²

Abstract : To increase the proportion of females in the Japanese eel (*Anguilla japonica*) population, we surveyed the gonads and specific growth rates of 667 eels shipped from 17 eel farms in Nishio, Aichi Prefecture, Japan. The sex of 665 individuals was assessed, of which 616 individuals were identified as males and 49 as females. The shipments of eels with an average specific growth rate greater than 2.5% day⁻¹ were composed of all males, while those with an average specific growth rate ranging from 1.5 to 2.5% day⁻¹ were composed of all males in certain shipments, and a combination of males and a few females in the rest. In contrast, the shipments of eels with an average specific growth rate ranging from 1.1 to 1.5% day⁻¹ contained 11.8 to 29.4% females. Certain shipments initially contained underdeveloped eels, which were transferred to a culture pond and re-reared for growth recovery; the proportion of females in all such shipments was approximately 50%. On the other hand, in a survey of individuals weighing over 300 g, females were heavier than males. Thus, a higher proportion of females in the eel population can be efficiently achieved by breeding the underdeveloped eels up to a weight greater than 300 g, and selecting eels with a higher body weight in the group.

キーワード ; ニホンウナギ, 養殖, 放流, 性比, 成長, 相対成長率

日本の食文化に欠かせないウナギは、その消費量のほぼ全てが養殖生産され、養殖用の種苗は沿岸河口域に回遊し特別採捕許可に基づき採捕されたニホンウナギのシラスウナギに依存している。しかしながら、その採捕量は近年激減し、1970年頃の100トン前後から1985年以降は25トンを下回るまで落ち込んでいる。¹⁾このため、養殖用種苗の価格高騰や数量確保が困難な状況となって養鰻漁業者の経営を圧迫している。

ニホンウナギには、川に遡上して陸水域で5~10数年間生活した後産卵のため降海する「川ウナギ」と、川に遡上せず一生を海（汽水域含む）で生活する「海ウナギ」が存在し、これらが産卵場のマリアナ諸島西方海域まで産卵回遊する²⁾とされている。こうしたウナギの産

卵生態を踏まえ、シラスウナギの来遊量増大を目指して養鰻関係者による沿岸河口域への放流³⁾が行われている。しかしながら、養殖ウナギの性比は雄に偏っていることが知られており、⁴⁾性比を考慮することなく養殖ウナギを放流するだけでは、産卵量増加に貢献する雌が含まれる割合は極めて小さい。また、ニホンウナギにおいては、成熟期になるまで外部形態により雌雄を判別することは困難であり、放流に供される未成熟の段階では雌を選抜することができないため、養殖ウナギで雌の比率が高い集団を作出する、あるいは養殖履歴からそれが分る手法が求められている。

Yoshikawa⁵⁾によると、ニホンウナギの性は相対成長率と関係があり、性決定や性分化が行われる若齢期にお

*¹愛知県水産試験場内水面漁業研究所 (Freshwater Resource Research Center, Aichi Fisheries Research Institute, Isshiki, Nishio, Aichi 444-0425, Japan)

*²公益財団法人愛知県水産業振興基金栽培漁業部 (Aichi Sea Farming Center, Konakayama, Tahara, Aichi 441-3618, Japan) hio, Aichi 444-0425, Japan)

いては、雌の成長率は雄よりも低かったとされている。ニホンウナギについては、生殖腺で雌雄判別が可能となるのは全長が 20cm 以上とされており、¹⁾ 性分化が行われる若齢期を含む養殖生産初期の相対成長率が、養殖ウナギの性決定に影響している可能性が考えられた。ウナギの消費は夏の土用丑にピークを迎えるため、ニホンウナギの養殖場ではそれに合わせた生産が行われており、愛知県西尾市などでは、シラスウナギを加温ハウス内の水温約 30℃とした養殖池で養成し、収容約 24 週間には出荷⁶⁾ が始まる高成長・早期出荷を主体とした生産が行われている。また、一部では周年出荷に対応した養成や夏の土用丑までに出荷サイズに到達しなかった個体を再飼育して出荷することも行われていることから、生産物として出荷される個体群（出荷魚）には様々な相対成長率の個体が存在していると考えられる。本論文では、養殖場から出荷されたニホンウナギの性と相対成長率について調査し、その結果から、雌の比率が高い「養殖ウナギの放流用集団」を作出する養成モデルを検討したのでここに報告する。

材料及び方法

（供試魚 - 1）一色うなぎ漁業協同組合（西尾市一色町）に加入している養殖業者が、ニホンウナギのシラスウナギを加温ハウス内の養殖池（加温ハウス式養殖）で養成し、同組合に生産物として出荷した個体群の一部を供試魚 - 1 とした。2013 年 4～10 月には 5 か所の養鰻場、2014 年 4～11 月には 4 か所の養鰻場、2015 年 4～11 月には 8 か所の養鰻場からそれぞれ供試魚 - 1 を得た。供試魚 - 1 について養鰻場毎に、出荷年、出荷ロット No.、供試個体数、飼育日数及び平均体重を Table1 に示した。

（供試魚 - 2）シラスウナギから飼育し、出荷前・出荷時等の選別で低成長とされた個体を集めて、加温ハウス内の養殖池または露地池（粗放式養殖）で再飼育し、出荷された個体群の一部を供試魚 - 2 とした。2013 年には加温ハウス式養殖及び粗放式養殖の養鰻場各々 1 か所から、2014 年には加温ハウス式養殖の養鰻場 1 か所から、2015 年には粗放式養殖の養鰻場 1 か所からそれぞれ供試魚 - 2 を得た。供試魚 - 2 について養鰻場毎に、出荷年、出荷ロット No.、養殖方式、供試個体数及び平均体重を Table2 に示した。なお、供試魚 - 2 の出荷ロットでは、多くのロットが混養されていたため、供試魚 - 2 のシラスウナギから出荷までの飼育日数を特定できなかった。

供試魚 - 1 及び供試魚 - 2 は、体重を測定後開腹して、生殖腺を肉眼または生殖腺の組織標本を顕微鏡下で観察した。卵巣及び精巣の肉眼による判定は佐藤ら⁷⁾ が示し

た方法により、幅広で襞が形成されているカーテン状の生殖腺 (Fig. 1-a) を卵巣、白色を呈した半円状の小節が連鎖する膜様の生殖腺 (Fig. 1-b) を精巣とし、顕微鏡下の観察においても卵原細胞または精原細胞が確認できない場合は不明とした。

供試魚 - 1 について、出荷ロット毎に雌比率 (Proportion of female: PF) を求めた。また、出荷ロット毎に雌と雄の平均体重 (±標準偏差) の差を Welch の *t* 検定により比較した。

供試魚 - 1 の個体毎の相対成長率 (Specific growth rate: SGR) は次式により求めた。

$$\text{SGR} (\% \text{ day}^{-1}) = (\text{Ln}(\text{BW}_1) - \text{Ln}(\text{BW}_0)) \times 100 / \text{飼育日数}$$

なお、 BW_1 は観察時体重 (g)、 BW_0 については池入れ時のシラスウナギの平均体重とされる 0.2g とした。

出荷ロット毎に平均相対成長率と雌比率を求め、その関係の評価するため、雌が含まれていた出荷ロットにおいて、平均相対成長率と雌比率との回帰式を求めた。なお、回帰式の有意性は単回帰分析により検定した。また、天然ウナギでは雌雄の比率はほぼ同じとする報告⁸⁾ 雌の比率が高いとする報告⁹⁾ があり、放流するウナギ集団の雌比率は 50% 以上であることが望ましいと考えられるため、得られた回帰式から雌比率が 50% になると見積もられる相対成長率を求めた。

供試魚 - 2 については、出荷ロット毎に雌比率を求め、また出荷ロット毎に雌と雄の平均体重について Welch の *t* 検定により差を比較した。

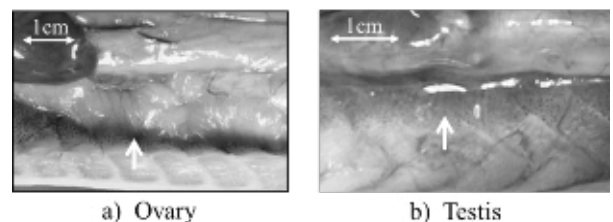


Fig. 1 Gonads of male and female Japanese eels

Arrows indicate the ovary of a female (a) and the testis of a male (b) eel.

結 果

（供試魚 - 1）

調査した 667 尾のうち性別が不明であったのは、出荷ロット B-1 の 2 尾であった。出荷ロット毎に雌比率、雌及び雄の平均体重を Table3 に示した。雌が確認されたのは全 25 出荷ロット中、A-2、B-1、D-1、E-3、E-4、E-7、I-1、I-2、L-1 及び M-1 の計 10 ロットであった。その中で、雌比率が最も低いのは I-2 の 2.7%、最も高いのは A-2 の 29.4%であった。平均体重が 200g より大きかった

出荷ロットにおいては、D-1 及び E-4 で有意に雄よりも雌の体重が大きかった ($p < 0.01$)。B-1, E-3, E-7, I-1, I-2 及び L-1 では有意差は認められなかった。また、出荷ロットの平均体重が 200g に満たなかった A-2 及び M-1 においても有意差は認められなかった。

養鰻場毎、出荷ロット毎に個体毎の相対成長率について、雄及び雌の平均値とともに Fig. 2 に示した。平均相対成長率が $2.5\% \text{ day}^{-1}$ を超えた出荷ロットは全て雄の

みであった。平均相対成長率が $1.5 \sim 2.5\% \text{ day}^{-1}$ の出荷ロットでは、雄のみ、あるいは雌が含まれている場合でも数%の低い雌比率であった。一方、平均相対成長率が $1.1 \sim 1.5\% \text{ day}^{-1}$ の出荷ロットではいずれも雌が含まれており、その雌比率は 11.8~29.4%であった。

雌が含まれていた相対成長率が $1.1 \sim 2.5\% \text{ day}^{-1}$ の出荷ロットにおいて、雌比率と平均相対成長率の関係を Fig. 3 に示した。出荷ロットの雌比率 (PF) と平均相対

Table 1. Basic data of the shipments contained well-grown eels reared from glass eels in green houses

Eel farm	Collection year	Shipment No.	Sample number (inds.)	Rearing period (days)	Average body weight (g)
A	2013	A-1	25	437	291.6
	2015	A-2	85	531	169.7
B	2013	B-1	19	501	275.2
C	2013	C-1	24	449	311.7
D	2013	D-1	19	511	285.3
	2013	E-1	20	214	253.2
	2013	E-2	19	262	251.4
	2014	E-3	19	444	272.8
	2014	E-4	22	503	229.4
	2014	E-5	20	266	237.3
	2014	E-6	30	293	264.5
E	2014	E-7	32	310	255.7
	2014	F-1	24	205	262.8
G	2014	G-1	19	228	276.8
H	2014	H-1	20	272	248.9
	2015	H-2	20	270	252.3
I	2015	I-1	31	361	269.1
	2015	I-2	36	388	449.8
	2015	I-3	30	216	337.9
J	2015	J-1	20	244	263.1
K	2015	K-1	20	285	266.1
L	2015	L-1	41	617	282.6
M	2015	M-1	48	295	105.6
N	2015	N-1	24	308	265.9

Table 2. Basic data of the shipments initially contained underdeveloped eels, which were transferred to a culture pond and re-reared for growth recovery

Eel farm	Collection year	Shipment No.	Farming method	Sample number (inds.)	Average body weight (g)
O	2013	O-1	Green house	24	346.2
P	2013	P-1	Outdoor	85	552.1
	2015	P-2	Outdoor	53	261.4
Q	2014	Q-1	Green house	20	443.3

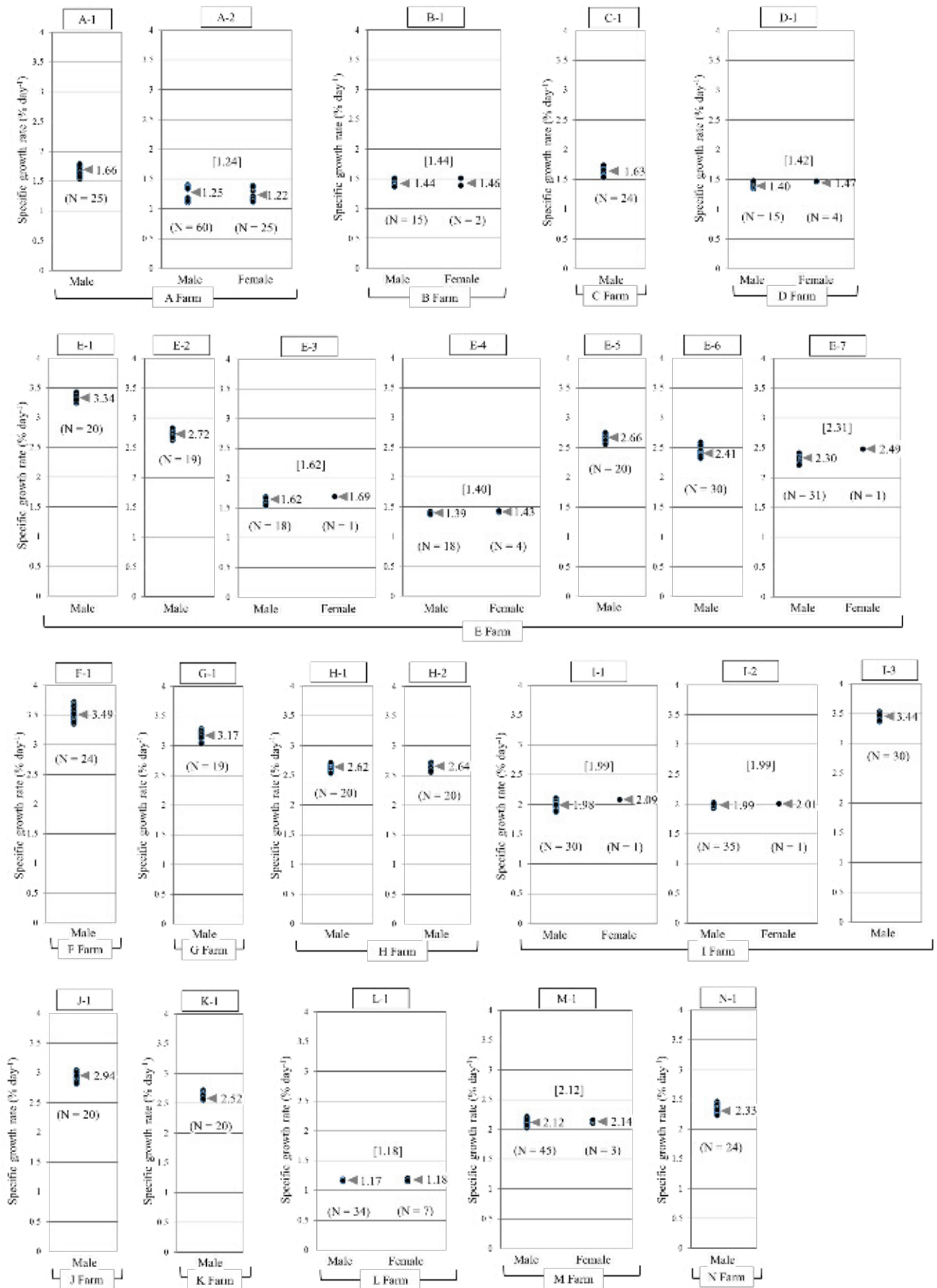


Fig. 2 Specific individual growth rate of males and females in each shipment (see Table 1). ◀ indicates the average specific growth rate of female or male. [] indicates the average specific growth rate of male and female mixed together. N = the number of individuals.

Table 3. Proportion of females and body weights of female and male in each shipment (see Table

Shipment No.	Proportion of females (%)	Female body weight* (g)	Male body weight* (g)
A-1	0	-	291.6 ± 96.1
A-2	29.4	148.6 ± 90.3	178.5 ± 98.4
B-1	11.8	311.5 ± 132.2	276.6 ± 73.3
C-1	0	-	311.7 ± 89.3
D-1	21.1	373.8 ± 12.7 ***	261.7 ± 49.6 ***
E-1	0	-	253.2 ± 29.9
E-2	0	-	251.4 ± 37.5
E-3	5.3	371	267.4 ± 62.3
E-4	18.2	265.3 ± 16.5 ***	229.4 ± 25.1 ***
E-5	0	-	237.3 ± 37.4
E-6	0	-	264.5 ± 62.8
E-7	3.1	293	267.3 ± 44.2
F-1	0	-	262.8 ± 61.8
G-1	0	-	276.8 ± 50.8
H-1	0	-	248.9 ± 35.9
H-2	0	-	252.3 ± 32.9
I-1	3.2	375	269.1 ± 113.8
I-2	2.7	489.9	448.7 ± 32.0
I-3	0	-	337.9 ± 28.8
J-1	0	-	263.1 ± 47.3
K-1	0	-	266.1 ± 57.6
L-1	17.1	294.8 ± 37.4	280.1 ± 14.5
M-1	6.3	111.0 ± 9.7	105.3 ± 13.2
N-1	0	-	265.9 ± 57.8

*: mean±standard deviation

***: Welch's *t*-test, $p < 0.01$

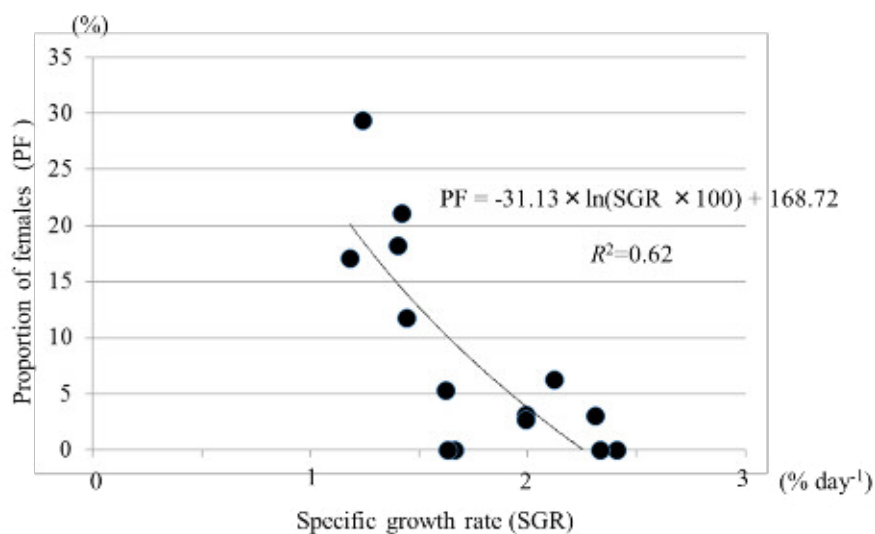


Fig. 3 Relationships between the combined average specific growth rates of males and females (see Fig. 2) and the proportion of females in each shipment (see Table 3)

Table 4. Proportion of females, female and male body weights in each shipment (see Table 2)

Shipment No.	Proportion of females (%)	Female body weight* (g)	Male body weight* (g)
O-1	45.8	424.2 ± 179.2 **	280.2 ± 69.2 **
P-1	52.8	268.2 ± 60.5	253.7 ± 56.8
P-2	51.8	595.8 ± 143.5 ***	505.3 ± 119.6 ***
Q-1	65.0	456.1 ± 80.5	419.4 ± 46.8

*: mean±standard deviation

**: Welch's *t*-test, $p < 0.05$

***: Welch's *t*-test, $p < 0.01$

成長率 (SGR) の間には負の相関 ($R^2=0.62$) があり、以下の回帰式を得た。

$$PF (\%) = -31.13 \times \ln(SGR \times 100) + 168.72$$

(単回帰分析, $p < 0.01$)

この回帰式から求めた場合、雌比率が 50% になると見積もられる相対成長率は $0.45\% \text{ day}^{-1}$ であった。

(供試魚 - 2)

出荷ロット毎に雌比率、雌及び雄の平均体重 (±標準偏差) を Table 4 に示した。出荷ロットの雌比率は 45.8 ~ 65.0% であり、加温ハウス式養殖、粗放式養殖のいずれの養殖方法においても雌が概ね半数を占めていた。平均体重では出荷ロットの O-1 ($p < 0.05$) と P-2 ($p < 0.01$) において、有意に雌の体重は雄よりも大きかった。また、P-1 と Q-1 において有意差は認められなかった。

考 察

愛知県西尾市地区の養殖場から出荷された養殖ウナギの性比と相対成長率から、雌の比率が高い「養殖ウナギの放流用集団」を作出するための養成モデルを検討した。

出荷サイズのニホンウナギでは、相対成長率が $2.5\% \text{ day}^{-1}$ より高いと全て雄であり、これらを放流集団に用いた場合は、雌は含まれないと考えられた。一方、出荷前・出荷時等の選別で成長不足のため棄却され再飼育されていたニホンウナギでは、雌が半数含まれていたことや、相対成長率が $2.5\% \text{ day}^{-1}$ より低い出荷個体には雌が含まれていたことから、Yoshikawa⁵⁾ が示したように緩慢な成長をしている個体が雌になっていることが確認された。ウナギの性分化に関しては、養殖ウナギの未分化生殖腺は一旦卵巣方向へ分化し、その後ほとんどが精巣に分化している⁸⁾ ことが示されている。この性分化には Fox12 遺伝子が関与しており、何らかの環境要因により Fox12 遺伝子の発現量が低下することで精巣へ分化する¹⁰⁾ と考えられている。性分化時期に自然環境下に比べて過大な成長をしている養殖ウナギでは、高成長とい

う因子が Fox12 遺伝子の発現量を低下させ、雄化を促進している可能性が考えられる。

雌比率が 50% の放流集団を養成する場合、Fig. 3 の回帰式から求めた相対成長率は $0.45\% \text{ day}^{-1}$ であったことから、生殖腺を肉眼で性判別できる体重 50g まで養成するには 3 年 4 カ月を要することとなる。天然では体長 30cm (体重約 50g) の個体は 3~4 歳令¹¹⁾ とされており、回帰式から得られた飼育期間は天然での成育期間と概ね一致していた。シラスウナギを人為環境下において天然環境に近い状態で長期間養成するためには、低給餌量、低水温環境などで成長を抑制することが必要と考えられる。低給餌量での飼育は、Yoshikawa⁵⁾ が示したような共食いによる減耗リスクがあり、また低水温での飼育では真菌性疾病や Aeromonas 感染症を発症¹²⁾ するリスクが高まるため、安定して放流集団を養成することは困難と思われた。このため、健全かつ安定して一定比率の雌を作出するための養成モデルを以下に構築する。

養鰻場での出荷までの飼育期間を参考として、回帰式を用いて各体重サイズに到達する相対成長率及び雌比率を求め、Type1~Type5 として Table 5 に示した。夏の土用丑に出荷対応する養鰻場 (Type1 及び Type2) では、出荷サイズの体重 200~300g に 240~270 日で育成するため、関係式から求めた雌比率からは出荷サイズの個体は全て雄となり、また、出荷選別で棄却される体重 50~150 g でも雌比率は 0~3.1% と見積もられた。Type1 及び Type2 の出荷選別では、棄却された個体群 (以下、選別棄却群) の雌比率は低く、これらを再飼育しても雌の個体数が少ないため、高い比率で雌を得ることは困難と考えられる。周年出荷に対応する養鰻場 (Type3) では、夏の土用丑を過ぎた辺りからの出荷を想定し、出荷サイズの体重 200~300g に凡そ一年 (360 日) で育成するようにしているため、関係式から求めた雌比率からは出荷個体の中にはわずかに雌が混在し、選別棄却群には 10 分の 1 程度雌が含まれると見積もられた。この選別棄却群を再飼育する

Table 5. Production styles: Relationship between specific growth rate (SGR) and proportion of females (PF) estimated by a formula from Fig. 3 on the basis of different rearing times

Production style	Rearing span		Body weight					
			50g	100g	150g	200g	250g	300g
Type 1	240 days	SGR (% day ⁻¹)	2.30	2.59	2.76	2.88	2.97	3.05
		PF (%)	0	0	0	0	0	0
Type 2	270 days	SGR (% day ⁻¹)	2.04	2.30	2.45	2.56	2.64	2.71
		PF (%)	3.1	0	0	0	0	0
Type 3	360 days	SGR (% day ⁻¹)	1.53	1.73	1.84	1.92	1.98	2.03
		PF (%)	12.0	8.4	6.4	5.1	4.1	3.3
Type 4	540 days	SGR (% day ⁻¹)	1.02	1.15	1.23	1.28	1.32	1.35
		PF (%)	24.7	21.0	19.0	17.7	16.7	15.9
Type 5	630 days	SGR (% day ⁻¹)	0.88	0.99	1.05	1.1	1.13	1.16
		PF (%)	29.5	25.8	23.8	22.5	21.5	20.7

ことにより、雌比率の高い放流集団を作出できると考えられる。本研究により、再飼育すると雌比率の高い個体群が得られることが明らかとなった (Table4)。ヨーロッパウナギでは体長 40cm を超えるまでは雌雄間に成長速度の差はなく、40cm を超えると雄の成長速度は低下するのに対し、雌は 70cm を超えるまで急速に成長する¹³⁾とされている。また、ニホンウナギにおいても雄では体長 57.5cm が成長限界なのに対し、雌は 60cm 以上に成長して成長限界は雄よりも大きい⁹⁾とされている。本報においても、体重が 300g を超える出荷ロットでは雌は雄より体重が大きかった (Table4)。このことから、体重が 300g 以上になるまで養成した集団では、雌は雄よりも大型化していると推定され、出荷選別された大型個体の中には雌が多く含まれている可能性が示唆された。

Table5 に示した Type4 及び Type5 は概ね 1 年半～2 年間かけて出荷サイズまで養成する方法であり、関係式から推定すると出荷サイズには雌が約 20% 含まれる。この出荷サイズの個体群を大型個体になるまで養成し、上位群を選抜すれば、多くの雌を含む放流集団が得られると考えられる。この養殖管理は、加温ハウス式養殖以前に露地池で行われていた養殖方法¹⁴⁾に相当すると考えられるが、シラスウナギからの年間歩留りは 50%¹⁵⁾とされ、また西尾市一色地区の養鰻漁業者への聞取りでもシラスウナギから出荷までの歩留まりは 4 割程度である。現状では極めて高コストの種苗を用いて養成することになるため、コストを含めてこの方法での放流集団作出が妥当であるのかについては検証が必要である。

要 約

養殖ウナギから選別した放流用ウナギ集団の雌比率を高めるため、愛知県西尾市地区の 17 養殖場から出荷されたニホンウナギ 667 個体について相対成長率と生殖腺を調査した。性別が判定できた 665 個体のうち雄は 616 個体、雌は 49 個体であり、平均相対成長率が 2.5% day⁻¹ より高い出荷ロットでは全ての個体が雄であった。平均相対成長率が 1.5～2.5% day⁻¹ の出荷ロットは雄のみ、あるいは若干雌が含まれ、平均相対成長率が 1.1～1.5% day⁻¹ の出荷ロットではいずれにも雌が含まれ、その雌比率は 11.8～29.4% であった。一方、低成長個体を再飼育した出荷ロットでは約 50% が雌であった。体重 300g 以上では雌の体重は雄よりも大きかったことから、雌比率の高い放流集団を作出するためには、池入れから出荷にかけて緩慢な成長をした個体（低成長個体）を体重 300g 以上まで養成し、この飼育群の中の体重上位群を選抜することが効果的と考えられた。

謝 辞

本研究は、水産庁委託事業「放流用種苗育成手法開発事業」により実施した。供試魚の提供等で一色うなぎ漁業協同組合 鶴殿前組合長、山本前参事（現組合長）始め職員各位には多大なる協力を賜った。また、本稿を稿するにあたり、学校法人トキワ松学園 岡本信明理事長（前東京海洋大学学長）にご指導を賜った。ここに謝意を表す。

文 献

- 1) 廣瀬慶二 (2001) ウナギを増やす. 成山堂書店, 東京, pp. 26-92.
- 2) 塚本勝巳 (2006) ウナギ回遊生態の解明. 日水誌, 72, 350-356.
- 3) 愛知県漁業協同組合連合会 (2016) 愛知県養鰻漁業者協会 うなぎ供養・放流祭を開催. あいちの水産, No. 356, pp. 13.
- 4) 松井 魁 (1972) 内部形態とその構造. 鰻学「生物学的研究編」, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 148-184.
- 5) Yoshikawa M. (2013) Sex differences in growth rates of early life stage Japanese eels *Anguilla japonica* under experimental condition. Journal of Fish Biology, 83, 588-597.
- 6) 一色町秘書広報課 (2009) 「特集 わがまちが誇る地域産業 一色産うなぎ」. 一色町ふれあい広報, pp. 3-9.
- 7) 佐藤英雄・中村中六・日比谷 京 (1962) ウナギの生殖腺の成熟に関する研究—I (性分化および生殖腺の成熟過程). 日水誌, 28, 579-584.
- 8) 松井 魁 (1952) ニホン産ウナギの形態・生態並びに養成に関する研究. 水産講習所研究業績, 第 42 号, 77-90.
- 9) Tzeng W.-N., Cheng P.-W. and Lin F.-Y. (1995) Relative abundance, sex ratio and population structure of the Japanese eel *Anguilla japonica* in the Tanshui River system of northern Taiwan. J. Fish. bio., 46, 183-200.
- 10) 農林水産技術会議事務局 (2014) ウナギの種苗生産技術の開発. 研究成果第 507 集, 農林水産省, pp. 43-51.
- 11) 松井 魁 (1972) 外部形態. 鰻学「生物学的研究編」, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 96-119.
- 12) 江草周三 (1978) 魚の感染症. 恒星社厚生閣, 東京, pp. 303-304.
- 13) 江草周三・広瀬一美 (1973) 再び養殖池におけるヨーロッパウナギの性と成長について. 日水誌, 39, 611-616.
- 14) 石田力三・他 (1975) 淡水魚養殖相談. 農村漁村文化協会, 東京, pp. 136-144.
- 15) 大上皓久 (1974) 新しい養鰻. 養殖タイムス社, 東京, pp. 42-45.