

神奈川県早川におけるアユの生物生産と適正資源量の検討

神奈川県水産技術センター内水面試験場
相澤 康・中川 研*

Examination of Bio-Production and Suitable Stock Size of Ayu,
Plecoglossus altivelis altivelis in Hayakawa River.

Yasushi AIZAWA and Ken NAKAGAWA

緒言

アユ*Plecoglossus altivelis altivelis*の神奈川県内の年間漁獲量は約500 t前後で、内水面漁業生産量の約5割を占める重要な魚種である¹⁾。各河川の内水面漁業協同組合は種苗や成魚を放流しているが、河川内の資源量は相模湾から遡上する天然アユの影響も受けている。アユは現存量と成長率には負の相関があり、過度の現存量は生産性を低下させるが、両者の関係から環境収容力と最大生産を与える生息密度を推定でき²⁾、適正な資源量や種苗放流量の目標となる。

早川は芦ノ湖を水源とし相模湾に注ぐ河川で、アユの漁獲量は20 t前後で¹⁾、相模湾から遡上する天然アユと早川河川漁業協同組合による放流種苗が漁獲対象となっ

ている。天然アユの資源量の変動が大きい上に、漁場の生産力を有効利用するため成魚放流せずに種苗放流を行っているので、適正な放流量について特に関心が持たれている。

そこで本研究では、早川においてアユの現存量と成長率の関係およびアユの餌料となる付着藻類の生産量³⁾から環境収容力を推定し目標となる放流量を検討した。併せて人工種苗の漁獲状況についても考察したので報告する。

方法

現存量及び環境収容力

調査地点は、太閤橋から上流へ約1 kmの範囲とした

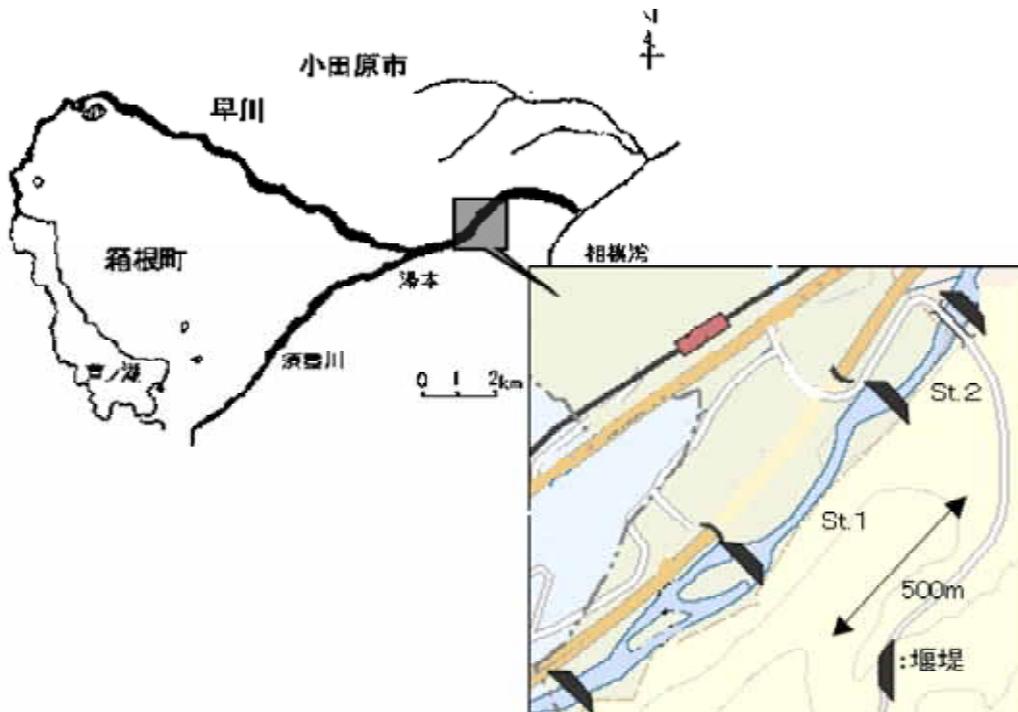


図1 調査地点

(図1)。2003～2006年の5～10月に、友釣り、毛針釣り、餌釣り及び電気ショッカーにより採捕を行った。採捕したアユは、氷蔵して実験室に持ち帰り10%ホルマリン溶液で固定した後、標準体長、体重を測定した。

現存量は月1～2回の潜水目視観察により単位面積あたりの生息尾数を調査した。瀬と淵のある30m程度の区域を選択し、5m区間ごとに中心部から川岸までの範囲内のアユを目視計数するとともに、目視による透視距離を記録した。作業はアユが河床を食むなど落ち着いた状況を見計らって行い、2～3回計数し、平均値を目視尾数とした。これを目視した面積で除することで、尾数生息密度(尾/m²)を求めた。これに同時期に採捕したアユの各月上旬、下旬の平均体重を、尾数生息密度に乗じて重量生息密度(g/m²)とした。

環境収容力 K は重量生息密度と日間成長率(以下、成長率)の関係をロジスティックモデルに当てはめて推定した³⁾。

6月の調査時の平均体重 W_6 と9月の W_9 から、

$$G_{all\ or\ tomo} = \frac{(\ln W_{9,all\ or\ tomo} - \ln W_{6,all\ or\ tomo})}{t}$$

により、成長率 G (従属変数) を求めた²⁾。ここで t は日数、 all は全漁法、 $tomo$ は友釣りを示す添え字である。

生息密度 B (説明変数) は、6月(漁期初期)の重量生息密度を B_6 、6～9月(漁期間平均)を B_{6-9} とした。アユの由来判別

天然アユ、放流種苗及び漁獲されたアユの第1鱗条を基点とする側線上部横列鱗数を計数した⁴⁾。放流種苗は内水面試験場で継代飼育し、神奈川県内水面種苗生産施設で生産した人工種苗と琵琶湖産種苗で、併せて、河口付近で採捕した天然アユも分析に供した。

付着藻類の生産力

2003～2006年の6～10月に月1～2回調査を実施した。川底からアユによく摂餌された石を4～7個採取し、石の片側半分に5×5～10×10cm枠内の付着藻類を採集し、アユの摂餌を受けないように1m立方のカゴ(トリカルネット5mmメッシュ)に入れ、川の中に翌日まで設置した。翌日、同じ石から同様に藻類を採集し、現場でホルマリンを10%溶液になるよう加え固定した。付着藻類の現存量、生産量には強熱減量(AFDM mg/cm²)を用い、測定方法は定法とした³⁾。

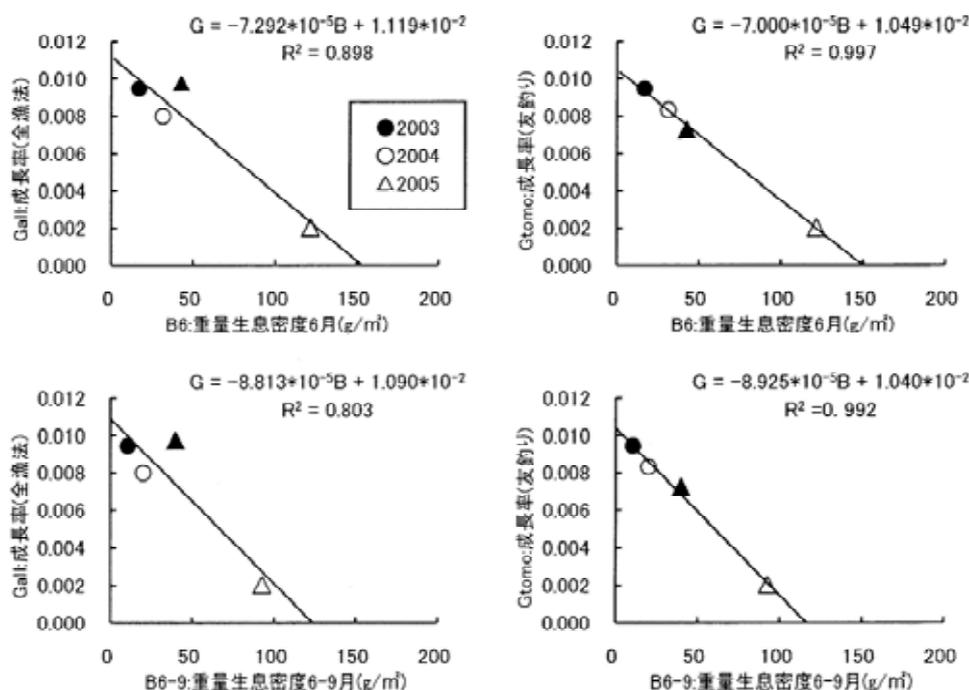


図2 生息密度と成長率の関係

表1 環境収容力等の推定値

記号	重量生息密度 B	漁法	環境収容力 K (g/m ²)	最大生産現存量 $K/2$ (g/m ²)	P(ANOVA)
B6:Ga6-9	漁期初期(6月)	全漁法	153.5	76.7	-
B6:Gt6-9	漁期初期(6月)	友釣り	149.8	74.9	<0.025
B6-9:Ga6-9	漁期平均(6-9月)	全漁法	123.7	61.9	-
B6-9:Gt6-9	漁期平均(6-9月)	友釣り	116.5	58.3	<0.01

表2 由来別の側線上部横列鱗数(第1鱗条)

放流年月日 (海産は採捕日)	由来	平均体長 (mm)	平均体重 (g)	横列鱗数(第1鱗条)			備考
				平均(枚)	標準偏差	最小 最大	
05/4/7-14	人工	70.9	5.3	16.5	1.19	15 18	
05/5/17	湖産	84.4	9.0	21.9	1.64	19 25	
05/6/6	湖産	83.8	9.3	16.9	0.71	15 20	
		82.3	8.6	23.0	1.10	22 25	
06/3/29	海産	66.5	3.9	20.3	1.28	18 23	遡上魚を河口付近で採捕
06/4/7-26	人工	70.7	4.4	16.9	0.88	15 19	
06/5/18	湖産	84.2	-	18.2	2.34	13 23	
06/6/5	湖産	89.1	10.4	19.7	2.47	15 23	

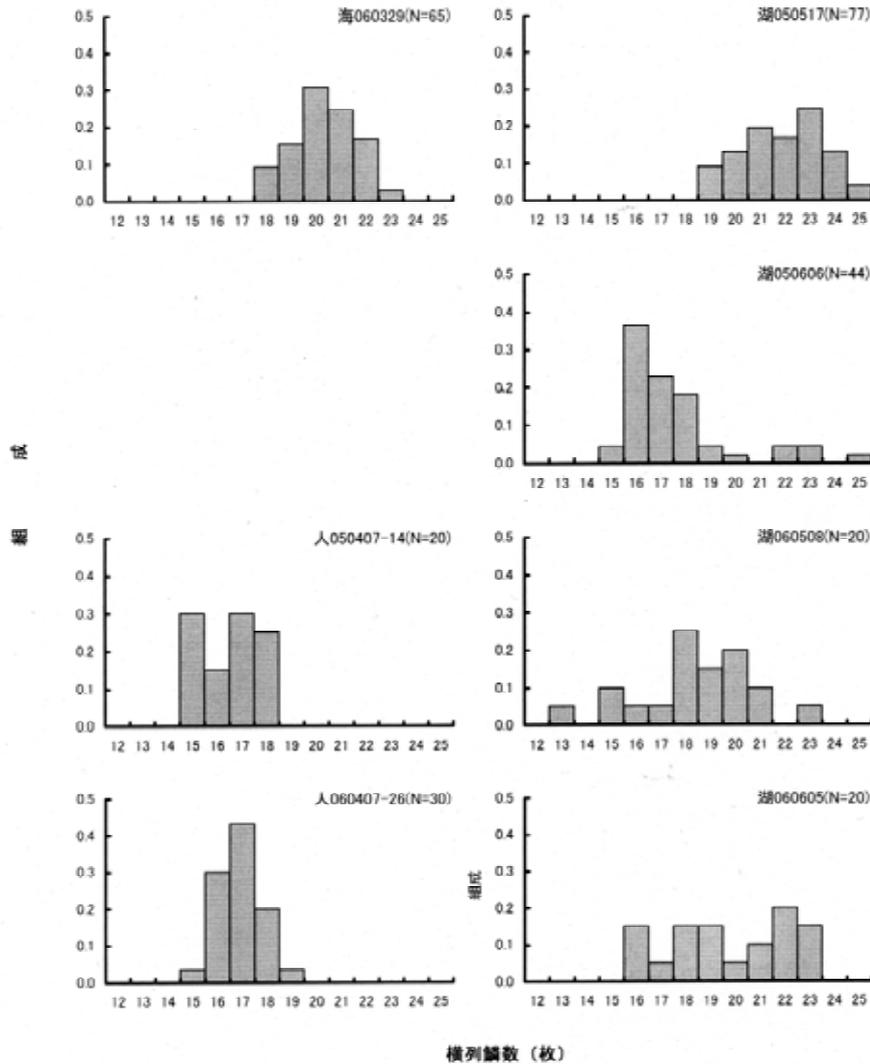


図3 海産、人工、琵琶湖産アユの側線上部横列鱗数(第1鱗条)組成

結果

現存量及び環境収容力

アユの重量生息密度と成長率の関係を図2に示す。生息密度が高いと成長率が低くなり、それぞれの関係は

$$G_{6-9,all} = -7.292 \cdot 10^{-5} \cdot B_6 + 1.119 \cdot 10^{-2}$$

$$= 1.119 \cdot 10^{-2} \cdot (1 - B_6 / 153.470) \quad r^2 = 0.898$$

$$G_{6-9,tomo} = -7.000 \cdot 10^{-5} \cdot B_6 + 1.049 \cdot 10^{-2}$$

$$= 1.049 \cdot 10^{-2} \cdot (1 - B_6 / 149.83) \quad r^2 = 0.977$$

(df = 3, p < 0.025)

$$G_{6-9,all} = -8.813 \cdot 10^{-5} \cdot B_{6-9} + 1.090 \cdot 10^{-2}$$

$$= 1.090 \cdot 10^{-2} \cdot (1 - B_6 / 123.702) \quad r^2 = 0.803$$

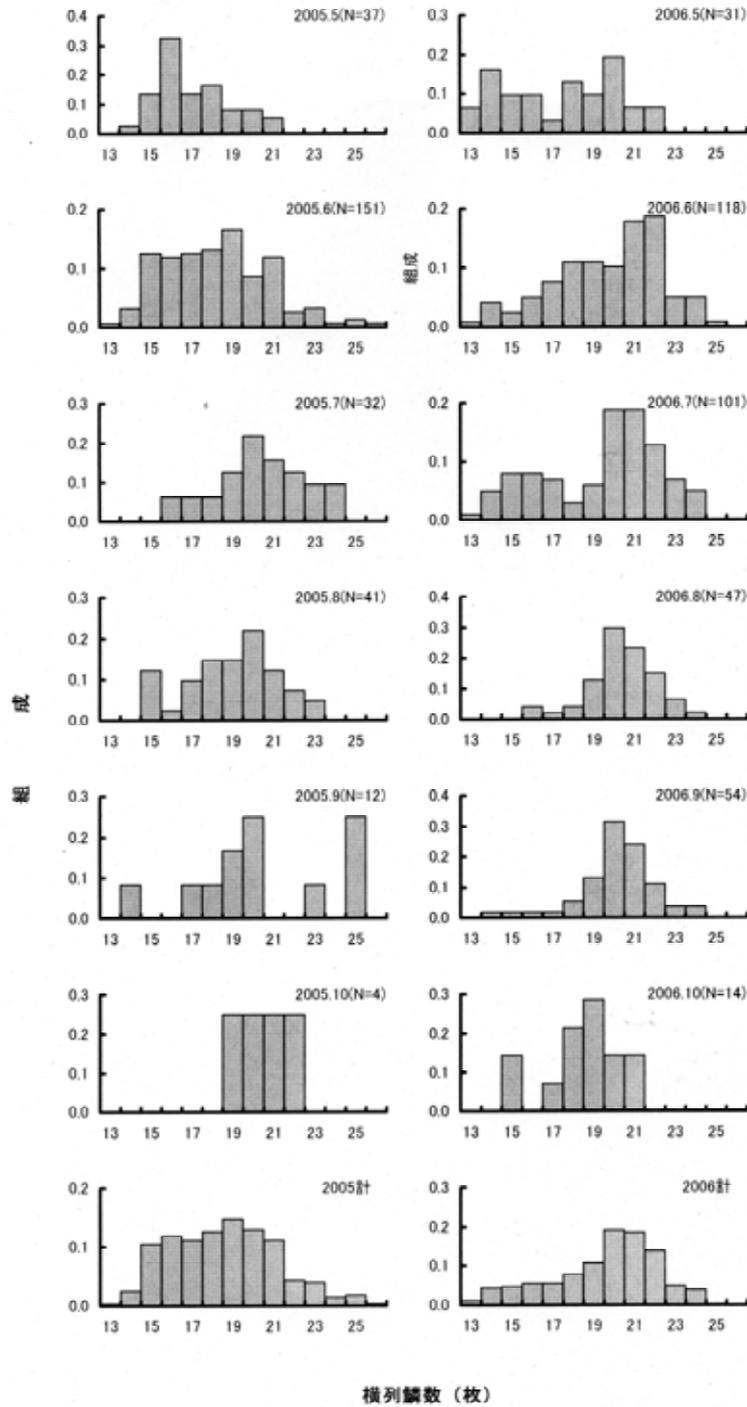


図4 採捕アユの側線上部横列鱗数（第1 鱗条）組成

$$G_{6-9,tomo} = -8.925 \cdot 10^{-5} \cdot B_{6-9} + 1.040 \cdot 10^{-2}$$

$$= 1.040 \cdot 10^{-2} \cdot \left(1 - \frac{B_6}{116.524}\right) \quad r^2 = 0.992$$

(df = 3, p < 0.01)

であった。

成長率が0となる生息密度、すなわち回帰直線と横軸
 が交わる点をアユの環境収容力Kとして、これらの関係
 式から得られる環境収容力は上から153.5 g / m²、149.8
 g / m²、123.7 g / m²、116.5 g / m²で、6月で概ね150

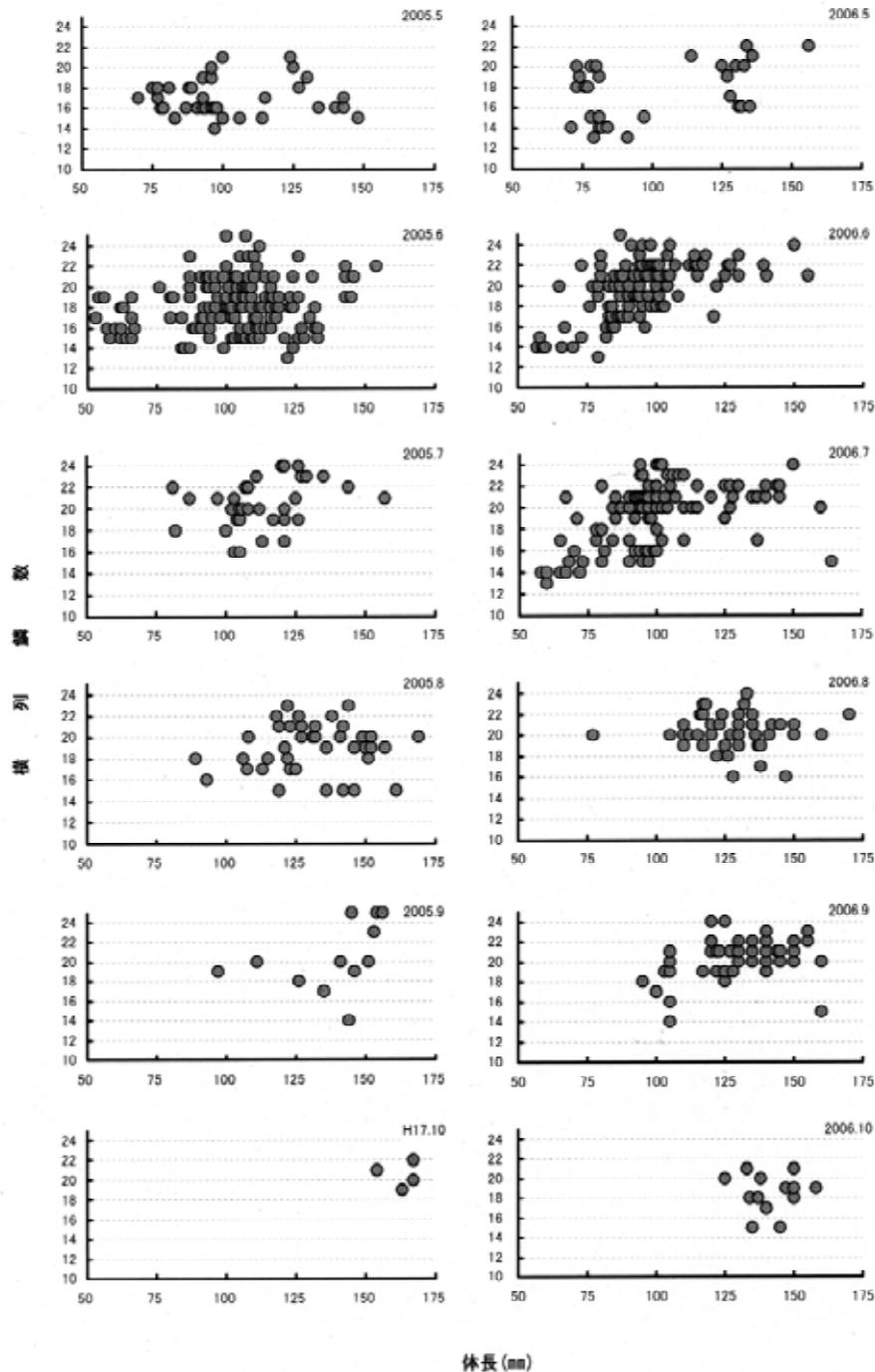


図5 採捕アユの体長と側線上部横列鱗数（第1 鱗条）の関係

g/m^2 、6～9月では $120 g/m^2$ となった。尾数で検討すると6月の魚体重を $15\sim 20 g$ とした場合には概ね $7.5\sim 10尾/m^2$ 、漁期を通じての平均魚体重を $20\sim 30 g$ とした場合には、 $4\sim 5尾/m^2$ であった。

最大生産を得られる生息密度はロジスティックモデルの2次式から $K/2$ で得られるが、 $76.7 g/m^2$ 、 $74.9 g$

$/m^2$ 、 $61.9 g/m^2$ 、 $58.3 g/m^2$ で、6月には概ね $75 g/m^2$ 、6～9月では $60 g/m^2$ であった。尾数では6月には $4\sim 5尾/m^2$ 、6～9月では $2\sim 3尾/m^2$ であった。

回帰直線は友釣りから得た成長率で相関が高く統計的に有意であった。

一方、内的増加率 r については、上から 1.119×10^2 、

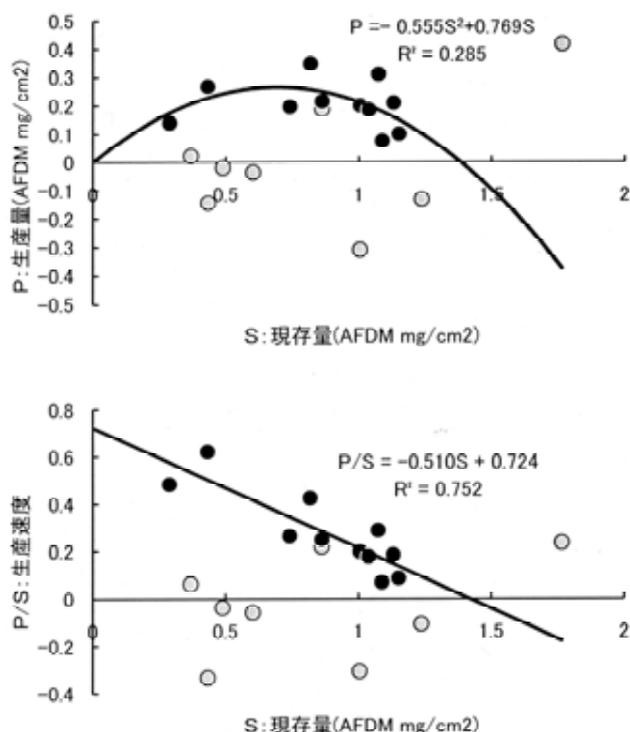


図6 付着藻類の生産路y区と生産速度の関係
 現存量の90%区間推定値の下限が負になった点
 現存量の90%区間推定値の下限が負にならず回帰
 分析に供した点

1.049×10^2 、 1.090×10^2 、 1.040×10^2 で、友釣りでは低く推定された。

アユの由来判別

2005、2006年の由来別の鱗数を表2に組成を図3に示す。2006年3月29日に河口付近で採捕した天然遡上の海産アユの平均鱗数(SD=標準偏差、最小~最大)は20.3枚(SD=1.28、18~23)、人工種苗は2005年16.5枚(SD=1.19、15~18)、2006年16.9枚(SD=0.88、15~19)であった。

琵琶湖産種苗については2005年5月17日放流群21.9枚(SD=1.64、19~25)、6月6日放流群は2モード見られたので16.9枚(SD=0.71、15~20)と23.0枚(SD=1.10、22~25)、2006年5月18日放流群18.2枚(SD=2.34、13~23)、6月8日放流群19.7枚(SD=2.47、15~23)であった。2005年5月17日群については既往の文献値⁴⁾に比較的近い値であったが、それ以外は文献値と離れた値で変異も大きかった。

採捕したアユの鱗数の組成を図4に、体長と鱗数の関係を図5に示す。5月の調査は琵琶湖産種苗放流前なので、漁獲物は海産と人工産となるが、鱗数は2峰で、人工産と判断できる鱗数の少ない群が成長して漁獲加入していることが窺われた。

付着藻類の生産力

付着藻類の調査日別の平均現存量 S と平均生産量 P 及び生産速度 P/S の関係を図6に示す。プロットが分散しているが、1日目の日別平均現存量について90%信頼区間を求め下限が負になるプロット(灰色点)を除いてロジスティックモデルの回帰線を求めたところ(黒点)

$$\frac{P}{S} = -0.510S + 0.724 = 0.724 \cdot (1 - \frac{S}{1.420}) \quad r^2 = 0.7519$$

$$(df = 10, p < 0.01)$$

$$P = -0.555S^2 + 0.769S = 0.769 \cdot (1 - \frac{S}{1.386}) \quad r^2 = 0.285$$

を得た。1次式で相関が高く統計的に有意であった。ここから得られる付着藻類の内的増加率は0.724、付着藻類の環境収容力は 1.386 mg/cm^2 であった。生産量は $0.076 \sim 0.348 \text{ mg/cm}^2$ の範囲で藻類生産量 P とアユの環境収容力 K の関係は

$$P = 0.0028 K$$

なので³⁾、アユの環境収容力は $27.1 \sim 124.3 \text{ g/m}^2$ と推定された。

考 察

内田・阿部²⁾は人工河川での実験から付着藻類の内的増加率0.874、付着藻類の環境収容力 1 mg/cm^2 を得ている。今調査では内的増加率は0.724、環境収容力は 1.386 mg/cm^2 で内的増加率は低め、環境収容力は高めの推定結果となったが、概ね近く、ここで得られた値は妥当なものと考えられた。

また内田・阿部²⁾は人工河川での実験からアユの実験期間中の平均重量生息密度 B と成長率 G の関係から、環境収容力 K を 127 g/m^2 、内的増加率 r を 2.2×10^2 としている。今調査では漁期間の平均重量密度 $B_{6.9}$ と全漁法からの成長率 G_{all} から得た環境収容力 K は 123.7 g/m^2 、藻類生産力の最大値から得た環境収容力 K は 124.3 g/m^2 で、これらの値は近く、矛盾しないものであった。

r については内田・阿部²⁾の半分程度であったが、早川のアユは遊漁の対象で、大きな個体から選択的に漁獲され、順次生残個体が漁獲加入するため、漁獲個体も生残個体も漁獲選択性を受けて、成長率 G が低く推定されることが考えられる。特に、縄張りを形成した大きな個体から選択的に漁獲する友釣りではこの傾向が著しいことが予想され、実際に友釣りから得た成長率 G_{tomo} は全漁法に比較して小さな値であった。回帰線は友釣りから得た成長率 G_{tomo} で相関が高く統計的にも有意であり、縄張りアユは一定の面積を占有するので、生息密度による成長率の変化のいわゆる「密度効果」が顕著に現れたものと考えられた。

由来判別については、琵琶湖産種苗の変異が大きく、既往の文献値⁴⁾と一致しないこともあったことから、毎年の放流種苗の鱗数を把握する必要がある。今調査では海産、人工産、琵琶湖産の由来判別は困難と判断されたが、琵琶湖産の放流前の5月では、鱗数16枚前後の人工産が漁獲加入していることから、漁期初期には放流由来の資源が多く漁獲されていることが窺われた。

早川のアユ資源量は、天然遡上により大きく左右される。重量生息密度と成長率には負の相関となる「密度効果」が見られ天然遡上が多い年には過度の放流は不要であることが示された。

環境収容力 K と尾数は、6月 は概ね $150 \text{ g} / \text{m}^2$ と $7.5 \sim 10 \text{ 尾} / \text{m}^2$ 、6～9月では $120 \text{ g} / \text{m}^2$ と $4 \sim 6 \text{ 尾} / \text{m}^2$ で、最大の生物生産を得る生息密度は $K / 2$ から漁期初期は $75 \text{ g} / \text{m}^2$ と $4 \sim 5 \text{ 尾} / \text{m}^2$ 、漁期平均では $60 \text{ g} / \text{m}^2$ と $2 \sim 3 \text{ 尾} / \text{m}^2$ と推定された。早川河川漁協では4～6月に種苗放流を行い、漁期中の成魚放流は行っていないので、漁期初期6月の重量生息密度から得た値が放流量の目標として使用しやすいだろう。

漁期初期には放流由来が漁獲を支えていることが示唆され、種苗由来についても検討することで、より効果的な資源管理が期待される。

また、ここで得た内的増加率 r 、環境収容力 K の他に、漁獲死亡率、自然死亡率が得られれば、加入量当たり漁獲量解析により資源管理方策の検討が可能となることから、今後は死亡率の推定も実施する必要がある。

謝 辞

早川河川漁業協同組合並びに神奈川県釣インストラクター連絡機構の皆様には多大なご配慮とご協力をいただいた。併せて、神奈川県水産技術センター内水面試験場の職員からは有益なご議論とご協力をいただいた。皆様に厚くお礼申し上げます。

摘 要

- 1 神奈川県西部の早川においてアユ適正放流方法を検討するために、2003～2006年に神奈川県西部の早川で、アユの現存量、環境収容力及び側線上部横列鱗数による由来判別、付着藻類の生産量の調査を実施した。
- 2 重量生息密度と日間成長率をロジスティックモデルに当てはめ、環境収容力、最大の生物生産を期待できる重量生息密度を推定し、漁期初期6月は概ね $150 \text{ g} / \text{m}^2$ と $7.5 \sim 10 \text{ 尾} / \text{m}^2$ 、漁期平均では $120 \text{ g} / \text{m}^2$ と $4 \sim 6 \text{ 尾} / \text{m}^2$ で、最大の生物生産を得る生息密度は $75 \text{ g} / \text{m}^2$ と $4 \sim 5 \text{ 尾} / \text{m}^2$ 、漁期平均では $60 \text{ g} / \text{m}^2$ と $2 \sim 3 \text{ 尾} / \text{m}^2$ と推定された。
- 3 付着藻類の生産量は $0.076 \sim 0.348 \text{ mg} / \text{cm}^2$ で、ここからアユの環境収容力 K は $27.1 \sim 124.3 \text{ g} / \text{m}^2$ と推

定された。

- 4 人工種苗は、漁期初期に多く漁獲され、成長し漁獲加入していることが窺われた。

文 献

- 1) 神奈川県農林水産統計年報平成15-16年 (2007) : 関東農政局横浜統計・情報センター・東京.
- 2) 内田和男・阿部信一郎 (2003) : 生物多様性を維持したアユの種苗放流技術の開発・種苗放流が生物多様性に与える影響に関する研究, 農林水産技術会議事務局編, 研究成果393, 98-102.
- 3) 阿部 信一郎 (2007) : 河川における最大アユ資源豊度の推定法. 「環境調和型アユ増殖手法開発事業報告書」, 水産庁, 1-6.
- 4) 戸井田伸一 (2001) : アユの鱗による産地判別法. 平成12年度アユ資源研究部会研究発表報告書, 全国湖沼河川養殖研究会アユ資源研究部会, 46-47.