

河川放流アユの体型変化に関する研究 ※

田中秀具 木村忠亮

はじめに

近年、琵琶湖では、稚アユの沖曳網漁業が営まれるようになった。この種苗を早期（2月～3月）に池中養成し、河川放流に供する試みがなされている。本報告は、昭和57年度に愛知川で実施した、沖曳養成種苗と天然湖産種苗との放流効果比較試験の一環として、各種苗の河川放流前・後の体型の変化と、放流後の両種苗の体型変化のパターンを、相対成長の方法を中心として解析・検討したものである。

研究方法

1. 放流試験の概略および材料

(1) 試験期間：昭和57年4月～昭和57年6月

(2) 試験区域：滋賀県永源寺町の永源寺ダムの上流約2kmにある堰提から、ダム湖入り口までの愛知川本流。河川形態はAa～Bb移行帯（可児，1944による）で、堰提へはアユの遡上は困難である。尚、試験区には天然アユの遡上はない。

(3) 放流種苗：天然種苗は、琵琶湖岸で追い叉手網漁業によって4月初めに採捕された稚アユを、4月6日に23,000尾（34.75kg）放流した。また、沖曳養成種苗（以後、養成種苗と言う。）は、2月中旬に沖曳網漁業により採捕され、4月初旬まで池中養成されたものを4月13日に5,000尾（33.35kg）放流した。尚、養成種苗は標識として全個体の脂鱗を切除した。

(4) 標本の採集と保存：放流前の標本として、天然種苗は4月4日に120尾、養成種苗は4月7日に51尾をサンプリングし、保存した。放流後の標本採集は、投網・かけ釣り・ドブ釣りおよび友釣りの方法によった。採集日と標本尾数は第1表に示した。標本の保存には10%ホルマリンを用いた。

2. 測定部位

第1表 標本の採集日と尾数

採集月・日	天然アユ(尾)	養成アユ(尾)
4・25	9	20
5・18	6	2
5・19	1	3
6・5	42	14
6・6	20	24
6・9	12	7
6・11	1	4
6・12	2	0
6・13	11	3
6・20	1	1
6・26	2	0
6・27	1	1
合計	108	79

各種苗の放流前・後の標本各個体について、全長・標準体長・吻長・頭長・鰻幹長・尾長・体高・肛門高・尾柄高・体幅および体重を測定した。尚、体各部位の測定にはノギス（精度1/20mm）を用い、体重は島津自動上皿天秤（精度1/100gr.）で測定した。測定部位は第1図に示した。

結果

1. 両種苗の体各部位長—体長関係の放流前・後における変化

両種苗の放流前・後の体各部位長と体長との関係を明らかにする為に、各測定値を両対数座標上にプロットし、第2図に示した。図に明らかのように、各種苗の体各部位の大きさと体長との間には放流前・後とも直線関係が認められ、下記の相対成長式にあてはめることができる。

相対成長式 [(1): 代数式, (2): 対数式]

$$Y = B \cdot X^{\alpha} \quad (1)$$

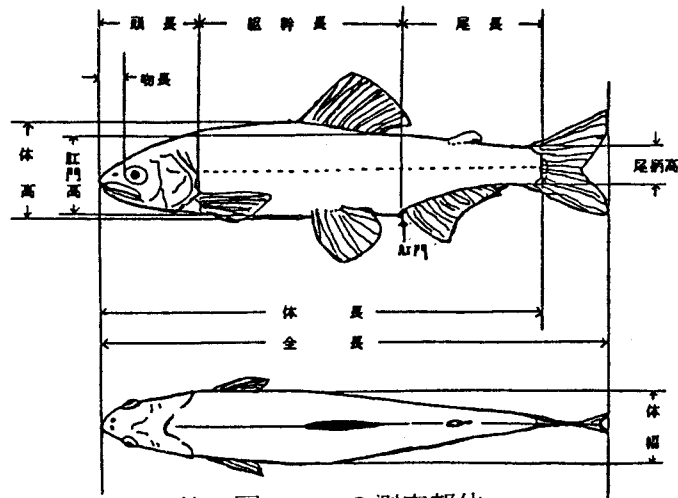
但し、Xは体長、Yは体各部位の大きさ、 α は相対成長係数、Bは基本係数である。

$$y = b + \alpha \cdot x \quad (2)$$

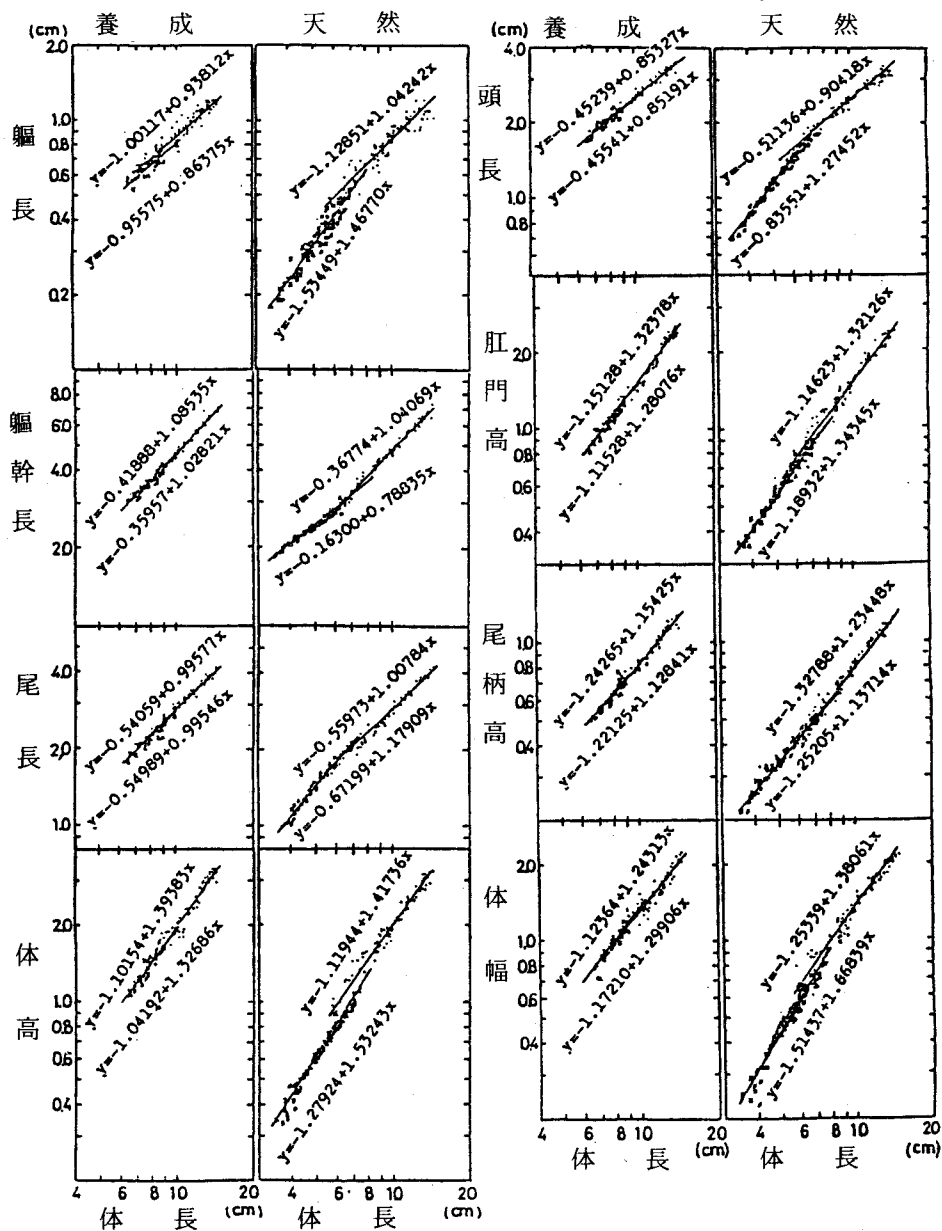
但し、 $y = \log Y$, $x = \log X$,

$b = \log B$ である。

※本報告は、昭和57年度全国湖沼河川養殖研究会河川放流部会アユ分科会に報告したものに若干の考察を加えたものである。



第1図 アユの測定部位



注1) ×印は、放流前、・印は放流後の標本を示す。
 注2) 各図中の式は、下段が放流前、上段が放流後を示す。

第2図 体各部位長一体長関係

各種苗について、放流前・後別に最小二乗法により相対成長式を求め、第2表・第3表および第2図に示した。

1-1 体各部位の相対成長係数 α の変化

各々の相対成長係数 α について、“ $\alpha=1$ ”のF-検定(危険率5%)を行ない、各種苗の放流前・後の各部位の相対成長を、優成長(positive allometry), 等成長(isometry), 劣成長(negative allometry)に分類した。結果は第2表, 第3表に併記した。

a. 養成種苗: 第2表に明らかなように、体軸方向の部位(吻部・頭部・軀幹部・尾部)で放流前・後を通じて変化しないのは、吻部・頭部・尾部で、吻部と尾部は等成長, 頭部は劣成長である。軀幹部は放流を境に等成長から優成長に転ずる。体軸に直角な方向の部位(体高・肛門高・尾柄高・体幅)は、放流前・後を通じて優成長である。

b. 天然種苗: 第3表に明らかなように、体軸方向の部位はいずれも放流を境に変化する。吻部・尾部は優成長から等成長へ、頭部は優成長から劣成長に転ずる。逆に、軀幹部は劣成長から優成長に転ずる。体軸に直角な方向の部位は、すべて放

流前・後を通じて優成長である。

以上のことから、放流前・後における各部位の α の分類についてみると、養成種苗では軀幹部を除く全部位で変化しないのに対し、天然種苗では体軸に直角な方向の部位は変化しないものの、体軸方向の部位はいずれも変化する。

c. 両種苗の放流後の α の比較: 放流後の各部位の α の分類を種苗間で比較すると(第2表・第3表)、頭部(劣成長), 吻部・尾部(等成長), 軀幹部・体軸に直交する部位(優成長)と、すべての部位について両種苗は一致する。

1-2 体各部位の相対成長直線の放流前・後間および種苗間の比較

両種苗の体各部位の相対成長直線の、放流前・後間および、放流後の種苗間の「傾斜の差」および「位置の差」についてF-検定を行ない、その F_0 値を第4表, 第5表に示した。なお、両表中の*印は危険率5%で、**印は危険率1%で有意な差のあることを表わす。

a. 各種苗の放流前・後間の比較: 養成種苗の放流前と後の相対成長直線を、各部位について比較すると、第4表に明らかなように「傾斜の差」はどの部位にも見られず、「位置の差」も吻部にの

第2表 養成種苗の放流前・後における体各部位の相対成長式

	部位長	対数式 $y = b + \alpha \cdot x$	代数式 $Y = B \cdot X^\alpha$	$\alpha=1$ のF検定の F_0 値	α の分類
放流前 (標本数 N=51)	吻長	$y = -0.95575 + 0.86375 x$	$Y = 0.11073 X^{0.86375}$	3.19 ¹⁾	I ²⁾
	頭長	$y = -0.45541 + 0.85191 x$	$Y = 0.35042 X^{0.85191}$	9.66**	N
	軀幹長	$y = -0.35957 + 1.02821 x$	$Y = 0.43695 X^{1.02821}$	0.40	I
	尾長	$y = -0.54989 + 0.99546 x$	$Y = 0.28191 X^{0.99546}$	0.01	I
	体高	$y = -1.04192 + 1.32686 x$	$Y = 0.09080 X^{1.32686}$	23.45**	P
	肛門高	$y = -1.11528 + 1.28076 x$	$Y = 0.07669 X^{1.28076}$	19.89**	P
	尾柄高	$y = -1.22125 + 1.12841 x$	$Y = 0.06008 X^{1.12841}$	4.12*	P
	体幅	$y = -1.17210 + 1.29906 x$	$Y = 0.06728 X^{1.29906}$	14.67**	P
放流後 (標本数 N=79)	吻長	$y = -1.00117 + 0.93812 x$	$Y = 0.09973 X^{0.93812}$	3.44	I
	頭長	$y = -0.45239 + 0.85327 x$	$Y = 0.35287 X^{0.85327}$	92.66**	N
	軀幹長	$y = -0.41888 + 1.08535 x$	$Y = 0.38117 X^{1.08535}$	32.77**	P
	尾長	$y = -0.54059 + 0.99577 x$	$Y = 0.28801 X^{0.99577}$	0.12	I
	体高	$y = -1.10154 + 1.39383 x$	$Y = 0.07915 X^{1.39383}$	126.42**	P
	肛門高	$y = -1.15128 + 1.32378 x$	$Y = 0.07059 X^{1.32378}$	183.38**	P
	尾柄高	$y = -1.24265 + 1.15425 x$	$Y = 0.05719 X^{1.15425}$	53.51**	P
	体幅	$y = -1.12364 + 1.24313 x$	$Y = 0.07522 X^{1.24313}$	41.17**	P

第3表 天然種苗の放流前・後における体各部位の相対成長式

	部位長	対数式 $y = b + \alpha \cdot X$	代数式 $Y = B \cdot X^\alpha$	$\alpha=1$ のF極定の F_0 値	α の分類
放流前 (標本数) (N=120)	吻長	$y = -1.53499 + 1.46770 x$	$Y = 0.02917 X^{1.46770}$	178.83** ₁₎	P ²⁾
	頭長	$y = -0.83551 + 1.27452 x$	$Y = 0.14605 X^{1.27452}$	273.91**	P
	軀幹長	$y = -0.16300 + 0.78835 x$	$Y = 0.68707 X^{0.78835}$	313.10**	N
	尾長	$y = -0.67199 + 1.17909 x$	$Y = 0.21282 X^{1.17909}$	121.43**	P
	体高	$y = -1.27924 + 1.53243 x$	$Y = 0.05257 X^{1.53243}$	407.02**	P
	肛門高	$y = -1.18932 + 1.34345 x$	$Y = 0.06467 X^{1.34345}$	222.63**	P
	尾柄高	$y = -1.25205 + 1.13714 x$	$Y = 0.05597 X^{1.13714}$	39.48**	P
	体幅	$y = -1.51437 + 1.66389 x$	$Y = 0.03059 X^{1.66389}$	416.55**	P
放流前 (標本数) (N=108)	吻長	$y = -1.12851 + 1.04242 x$	$Y = 0.07439 X^{1.04242}$	1.50	I
	頭長	$y = -0.51136 + 0.90418 x$	$Y = 0.30806 X^{0.90418}$	30.66**	N
	軀幹長	$y = -0.36774 + 1.04069 x$	$Y = 0.42881 X^{1.04069}$	13.66**	P
	尾長	$y = -0.55973 + 1.00784 x$	$Y = 0.27559 X^{1.00784}$	0.35	I
	体高	$y = -1.11944 + 1.41736 x$	$Y = 0.07596 X^{1.41736}$	167.41**	P
	肛門高	$y = -1.14623 + 1.32126 x$	$Y = 0.07141 X^{1.32126}$	141.17**	P
	尾柄高	$y = -1.32788 + 1.23448 x$	$Y = 0.04700 X^{1.23448}$	163.35**	P
	体幅	$y = -1.25339 + 1.38061 x$	$Y = 0.05580 X^{1.38061}$	142.95**	P

1) “ $\alpha = 1$ ” の帰無仮設の F-検定の F_0 値であり、*印は危険率 5% で、**印は危険率 1% で有意な差があることを示す。

2) P: 優成長, I: 等成長, N: 劣成長

第4表 放流前・後の「傾斜の差」および「位置の差」

部位長	養成種苗		天然種苗	
	傾斜の差 F_0	位置の差 F_0	傾斜の差 F_0	位置の差 F_0
吻長	0.61	18.63**	70.23**	44.24**
頭長	≒ 0	2.36	222.33**	14.03**
軀幹長	1.61	3.14	231.71**	2.62
尾長	≒ 0	3.24	65.83**	65.09**
体高	0.50	≒ 0	6.87	100.69**
肛門高	0.37	≒ 0	0.32	15.65**
尾柄高	0.14	0.22	11.46**	≒ 0
体幅	0.32	≒ 0	39.66**	5.85*

第5表 放流後の種苗後の種苗間の「傾斜の差」および「位置の差」

部位長	傾斜の差 F_0	位置の差 F_0
吻長	4.03*	19.36**
頭長	4.04*	10.51**
軀幹長	5.94*	3.72
尾長	0.35	10.53**
体高	0.20	≒ 0
肛門高	≒ 0	≒ 0
尾柄高	7.65**	≒ 0
体幅	7.21**	1.85

み見られる ($F_0 = 18.63$ **) ものの、他の部位には見られない。従って、養成種苗は、放流前と放流後とでは、ほぼ同じ相対成長のパターンを示すと言える。

次に、天然種苗の放流前と後の相対成長直線を、各部位について比較すると、第4表に示すように「傾斜の差」は肛門高を除く全部位に見られ(危険率 1%), 「位置の差」も軀幹部・尾柄高を除く他の部位に見られる(危険率 5%)。従って、天然種苗は、放流前と放流後とでは相対成長のパターンが異なると言える。

b. 放流後の種苗間の比較：兩種苗の放流後の相対成長直線を、各部位について比較すると、第5表に示したように、「傾斜の差」は尾柄高と体幅には見られるが、他の6部位には見られない（危険率1%）。また、「位置の差」は吻部・頭部・尾部には見られるが、他の5部位には見られない（危険率1%）。従って、兩種苗の放流後の相対成長のパターンは類似しているといえる。

2. 体重—体長関係および肥満度

2-1 兩種苗の体重—体長関係の放流前・後における変化

兩種苗の放流前と後の体重 W (gr.) と体長 L (cm) の測定値を両対数座標上にプロットし、第3図に示した。図に明らかなように、兩種苗の体重と体長との間には、放流前、放流後とも直線関係が認められ、下式にあてはめることができる。

体重—体長関係式 [(3): 代数式, (4): 対数式]

$$W = a L^n \quad (a, n \text{ は定数}) \quad (3)$$

$$w = b + n \cdot l \quad (4)$$

但し、 $w = \log W$, $l = \log L$, $b = \log a$

各種苗について、放流前・後別に最小自乗法により体重—体長式を求め、第6表・第7表および第3図に示した。

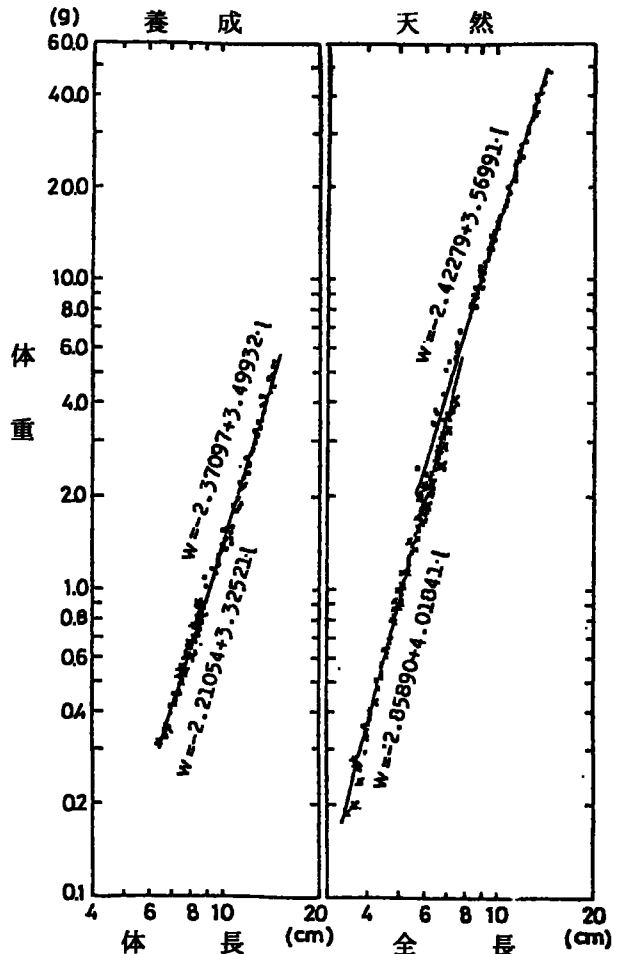
第6表の両式について、「傾斜の差」「位置の差」のF—検定を行なうと、両者の間には、傾斜 ($F_0 = 1.91$), 位置 ($F_0 = 0$) とも有意な差は見られなかった（危険率5%）。即ち、養成種苗では、放流前・後を通じて1本の体重—体長関係式で表わすことができ、その式は次のようになる。

$$W = 0.00444 L^{3.48199} \quad (5)$$

$$(\log W = -2.35287 + 3.48199 \log L)$$

次に、第7表の両式について「傾斜の差」「位置

の差」のF—検定を行なうと、両者の間には、傾斜 ($F_0 = 50.20^{**}$) にも位置 ($F_0 = 33.16^{**}$) にも有意差が認められた（危険率1%）。即ち、天然種苗は放流前と放流後とは異なった体重—体長関係を示すといえる。



注1) ×印は放流前、○印は放流後の標本を示す。
2) 各図中の式は、下段が放流前、上段が放流後を示す。

第3図 体重—体長関係

第6表 養成種苗の体重—体長関係式

	標本数 N	対数式 $W = b + n \cdot l$	代数式 $W = a \cdot L^n$
放流前	51	$w = -2.21054 + 3.32521 \cdot l$	$W = 0.00616 \cdot L^{3.32521}$
放流後	79	$w = -2.37097 + 3.49932 \cdot l$	$W = 0.00426 \cdot L^{3.49932}$

第7表 天然種苗の体重—体長関係式

	標本数 N	対数式 $w = b + n \cdot l$	代数式 $W = a \cdot L^n$
放流前	120	$w = -2.85890 + 4.01841 \cdot l$	$W = 0.00138 \cdot L^{4.01841}$
放流後	108	$w = -2.42279 + 3.56991 \cdot l$	$W = 0.00378 \cdot L^{3.56991}$

また、放流後の両種苗を比較すると（第6表・第7表）、位置には差が見られた（ $F_0 = 7.08^{**}$ ）ものの傾斜には有意な差は認められなかった（ $F_0 = 1.11$ ）。従って、放流後の両種苗の体重—体長関係は類似しているといえる。

以上のことから、体重—体長関係については次のように総括できる。養成種苗は、放流前・後を通じて1本の関係式で表わせるが、天然種苗は、放流を境に傾斜が小さくなり、放流後は養成種苗とは大差なくなる。

2-2. 肥満度の変化

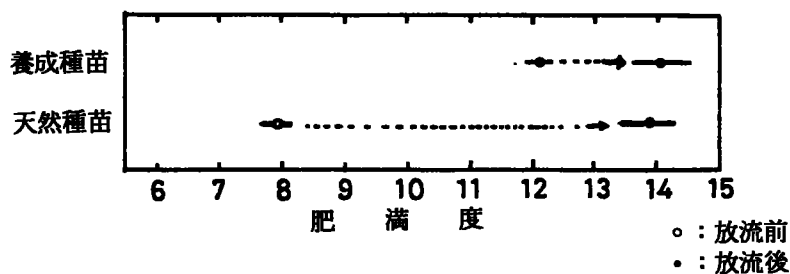
標本各個体の肥満度Kを、

$$K = 10^2 \cdot W / L^3 \quad (6)$$

により求め、各種苗の放流前・後別の肥満度平均値（ \bar{K} ）を算出し、第8表・第4図に示した。養成種苗は、放流前は $\bar{K} = 12.158 \pm 0.204$ であったが、放流後は $\bar{K} = 14.124 \pm 0.406$ へと増加した。また、天然種苗も、放流前は $\bar{K} = 7.939 \pm 0.235$ であったが、放流後は $\bar{K} = 13.848 \pm 0.407$ へと増加した。また、両種苗を比較すると、第4図に明らかなように放流前は養成種苗の肥満度が天然種苗より大きい、放流後は両者の信頼区間は重なっている。即ち、放流前、天然種苗は養成種苗より肥満度が小さいが、放流後は両者増加し、しかも両者の差はなくなるといえる。

第8表 肥満度平均値とその信頼区間

種苗	放流前後	標本数 N	肥満度平均値 \bar{K}	標準偏差 U	95%信頼区間
養成	放流前	51	12.158	0.71985	11.954 - 12.362
	放流後	79	14.124	1.82552	13.718 - 14.530
天然	放流前	120	7.939	1.32436	7.704 - 8.174
	放流後	108	13.848	2.05207	13.441 - 14.255



第4図 肥満度の放流前・後における変化

総括並びに考察

琵琶湖産アユの養成種苗と天然種苗の放流前・後の標本について、体各部位の標準体長に対する相対成長と体長—体長関係を比較した結果は次のように総括できる。

養成種苗の体形変化のパターンは、放流前・後を通じて殆んど変化しない。しかし、天然種苗のそれは、放流前と放流後とでは明らかに異なる。また、放流後の両種苗を比較すると、両者は類似している。

ここで両種苗の放流前・後の各部位相対成長係数 α について検討を加える。伊藤他²⁾は天然産稚ア

ユの相対成長について、大型種苗と小型種苗に分けて成長階梯・ α の分類等を解析し、稚アユの各部位長—体長直線の相対成長係数 α の値は、魚体の成長によって可成変化すると述べている。本研究における両種苗の α の分類をみると、放流前の天然種苗では、測定全部位について伊藤他²⁾の言う「小型種苗」と同一の傾向を示す。また、放流前の養成種苗および放流後の両種苗では、伊藤他²⁾の言う「大型種苗」と同一の傾向を示す。

次に、肥満度の変化について検討する。本研究では、放流前には天然種苗は養成種苗より肥満度が小さかったが、放流後は両者とも増加し、特に天然種苗が急増して、両者の差はなくなった。伊

藤他³⁾は、人工採苗アユと湖産アユの河川放流後における体形変化を比較し、人工採苗アユは放流前には湖産アユに比べて肥満度が著しく大きい、放流後は減少し、逆に、湖産アユは増加して両者の差はなくなると述べている。本研究における養成種苗は、この人工採苗アユのような放流後の肥満度の減少はなく、むしろ増加することから見ると、本試験の養成種苗は、所謂人工採苗アユとは異なり、むしろ天然湖産アユに近いといえる。ただし、伊藤⁴⁾、児玉^{5) 6) 7)}は、体重-体長関係式 $W = B \cdot L^n$ の $n \approx 3$ の場合の肥満度の不十分性を指摘しており、また、伊藤他²⁾によると、天然産アユの場合、肥満度は体長の増加と共に大きくなる（即ち、 $n > 3$ である）と述べている。本試験においても、養成種苗（放流前 3.32521，放流後 3.49932）・天然種苗（放流前 4.01841，放流後 3.56991）ともに n は 3 より大きい。従って、肥満度の比較には標本の体長組成を明らかにし、かつ、肥満度-体長関係を求める必要があり、本試験の肥満度の比較に若干の不十分性があると思われる。

本試験の結論を言えば、今回放流した養成種苗は、天然種苗より大きく、発育段階が進んでいただけで、放流後の体型変化のパターン、体重-体長関係は、ほぼ一致していた。

文 献

- 1) 伊藤 隆・1951：相対成長の推測統計学的考察・科学教育研究会
- 2) 伊藤 隆・岩井寿夫・1982：天然産稚アユ体型の計量形態学的解析・アユの人工養殖研究No. 7
- 3) 伊藤隆・岩井寿夫・渡辺誠一・1982：稚菌アユの河川放流後における体型の変化・同誌No. 7
- 4) 伊藤 隆・1953：魚個体群に於ける体重-体長関係の統計的取扱法について・三重県立大学水産学部業績No. 3
- 5) 児玉康夫・1958：アロメトリーを用いてピク内漁獲物全重量（アユ）を推定する一方法・淡水研報7巻2号
- 6) 児玉康夫・1960：体長・体重関係による河川に放流したアユの成長評価について・淡水研報10巻1号
- 7) 児玉康夫・1963：魚類の体長・体重関係についての一検討。淡水研報13巻2号