

PIT tag を用いた個体識別法による日光系ニジマス (*Oncorhynchus mykiss*) の成長率に関する遺伝率の推定

佐藤良三^{*1}・東 照雄^{*2}・武藤光司^{*2}

Estimation of the heritability for growth rate in the Nikko strain rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) using the individual identifying method with passive integrated transponder (PIT) tags.

Ryozo Sato^{*1}, Teruo Azuma^{*2} and Koji Muto^{*2}

Abstract The genetic variations in growth rate of Nikko strain rainbow trout were analyzed. Eight males were mated with 20 females using a hierarchical design. Fish from the 20 crosses were raised separately to an average standard length of 11.5~13.0cm and average body weight of 25.9~37.3g. Five hundred and ninety-three fish were then individually PIT tagged and reared in a pond for the growth experiment through 90 days. In this study, one fish died, and 22 fish were not able to be identified. These 22 fish included fish that had lost the tag and also fish that had ingested lost tags. However, information concerned with the growth rate was obtained from 570 fish. Mean values for the ratio of the final to initial body length and body weight were 1.215 and 1.686, respectively. From analysis of variance of half-sib, heritabilities based on the sire components for the ratio of the final to initial body length and body weight were estimated to be 0.242 and 0.261, respectively. These values indicate that individual selection may be effective to improve growth of Nikko strain rainbow trout to some degree.

The method of individual identification by PIT tag is considered to be effective for such genetic studies based on a hierarchical design, because all the examination fish can be reared on one pond after installing the tag and the individual number can be identified from the outside by the detector without damaging fish.

Key words: Rainbow trout, Growth rate, Heritability, PIT tag, Individual identification

水産増養殖において経済的に重要な形質（成長、生残率、抗病性等）の多くは、遺伝的要因と環境要因が複雑に作用して発現する量的形質であると考えられ、集団遺伝学的解析が必要とされる。育種研究では、選択育種の方法を探るパラメータとして諸形質の遺伝率や、ある形質を選択した際に他形質がどのように反応

するかを予知するパラメータである遺伝相関の推定が重要であり、育種の実践に役立てられている^{1~5)}。養鶏及び畜産の分野では、各種の諸形質の遺伝率や形質間の遺伝相関が概ねどの程度の値かの一覧表が作成され、育種研究の成果としてまとめられている^{4,5)}。水産では、1970年の後半からノルウェー、カナダ、アメリ

2005年12月14日 受理 (Received on December 14, 2005)

^{*1}中央水産研究所 〒236-8648 神奈川県横浜市金沢区福浦2-12-4 (National Research Institute of Fisheries Science, Fukuura 2-12-4, Kanazawa, Yokohama, Kanagawa, 236-8648, Japan)

^{*2}中央水産研究所内水面研究部 〒321-1661 栃木県日光市中宮祠2482-3 (Freshwater Fisheries Research Division, National Research Institute of Fisheries Science, Chugushi 2482-3, Nikko, Tochigi, 321-1661, Japan)

カ等でサケ・マス類を中心に諸形質の遺伝率や遺伝相関が推定されるようになったが、我が国での研究報告はごく最近のサクラマスの成長関連形質⁶⁾の報告を含めても非常に少ない¹⁻³⁾。その理由として、理論より実践が先行していることや、これらのパラメータを推定するために必要な飼育施設が不足していること等があげられる。これらの課題を解消するために、今後、有用な個体識別法を遺伝・育種学的研究へ積極的に導入し、上記の設備不足を解消する必要があるものと考ええる。

PIT tag は IC チップとアンテナ・コイルを長さ12mm, 径2.1mm のガラス管にコーティングしてあり、数 cm のところに検出器を近づけてスイッチを入れると、6桁のアルファベットとアラビア数字の組み合わせの番号が読みとれる個体識別用標識である。当標識を個別の魚の体内に装着し、数多くの交配組の魚を1つの飼育環境に収容すれば、交配組間の環境の違いに煩わされずに飼育ができ、個体毎に成長量の情報を生かしたまま追跡できる。著者らが PIT tag を入手し、枝分かれ交配のニジマスに個体識別をして飼育試験を実施したのは1987年11月である。その後、PIT tag は我が国の水産研究ではほとんど普及されず現在に至っているが、もし PIT tag の装着がある大きさ以上の魚へほとんど影響を与えなければ、遺伝・育種研究への有効な手段となるであろう。本研究では、過去に行った飼育試験の資料を解析することにより、PIT tag 装着が成長に及ぼす影響及び成長に関わる遺伝・育種学的研究への有効利用の可否について検討を行ったので報告する。

材料と方法

1987年11月下旬、日光系ニジマス (*Oncorhynchus*

Table 1. Description of parental stock used for hierarchical matings in rainbow trout

Lot	Parents			
	Male		Female	
	B.L(cm)	B.W (g)	B.L(cm)	B.W (g)
1			33.2	655
2	37.5	1155	36.8	890
3			35.8	867
4			34.0	680
5	35.6	945	33.5	780
6			34.5	770
7			33.5	720
8	34.8	975	35.9	880
9			35.2	890
10	36.2	880	36.9	895
11			35.6	860
12			34.0	760
13	32.5	735	35.0	835
14			34.5	790
15			33.7	685
16	32.2	700	34.2	835
17			37.0	985
18	33.0	775	34.0	755
19			36.6	850
20	34.2	737	34.8	850
Mean	34.5	863	34.9	812
S.D. ¹⁾	1.89	156.5	1.23	85.5

¹⁾ Standard Deviation

mykiss) の満3歳雄親魚8尾(平均体長34.5cm, 平均体重863g)と雌親魚20尾(同34.9cm, 同812g)を用いて枝分かれ交配を行い(Table 1), 20交配組を別々の塩ビ製水槽(65×30×35cm)に収容して水温約9℃でふ化・餌付けを行った。ふ化までの水深は約5cm, 餌付け以降の水深は約20~25cmとし、市販

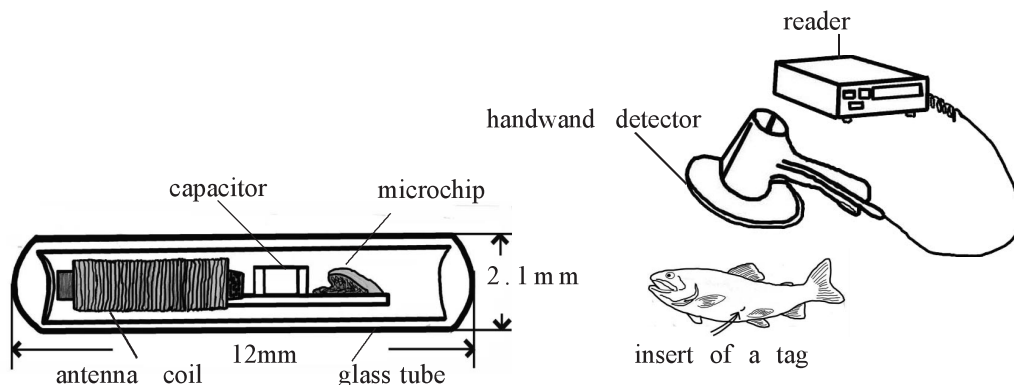


Fig.1. Illustration of the PIT tag, handwand detector and reader. Each tag is 12mm long by 2.1mm in diameter coated by the glass. If the detector is brought close to the position of several cm from the tag and switch is turned on, the code number which is combined with the alphabet and Arabic numerals appears in the reader.

の配合飼料を与えて飼育した。なお、各雌親魚の平均卵卵数は2,145粒 (1,626~2,710粒)、平均卵重は52mg (43~59mg)、平均ふ化率は69.7% (17.1~98.8%) であった。1988年10月中旬、受精後10カ月を経過した0年魚30尾ずつを各交配組から無作為に選び (合計600尾)、腹部後部をカミソリで約1.5~2 mm 切開し、米国・Identification Devices 社製 PIT tag (Passive Integrated Transponder : Fig. 1) を腹腔内に押し込んで標識の装着を行い、200ℓのFRP屋内水槽2つに収容した。12月上旬に切傷がほぼ癒え、PIT tag が脱落しなかった593尾の体長、体重を測定した後、野外池 (1.8×1.8m、水深0.5m) へ収容した。開始時の全交配組の標準体長の平均値は12.37cm (各交配組の平均体長は11.49~12.95cm)、体重の平均値は31.776g (各交配組の平均体重は25.854~37.304g) であった (Table 2)。水温約9℃、流量毎分60ℓ、餌は市販の配合飼料を自動給餌器により与えて90日間飼育した。開始時の密度は5.69kg/m³、換水率は2.3回/時間であった。終了時に体長、体重を測定し、体長の成長倍率 (終了時の体長 / 開始時の体長 ; 以後体長の成長率と称す)、体重の成長倍率 (終了時の体重 / 開始時の体重 ; 以後体重の成長率と称す) を求め、繰り返し数が異なる三

元配置の分散分析法における雄親魚成分から各々の遺伝率を推定した (Becker, 1975)⁷⁾。また、体長の成長率と体重の成長率との間の遺伝相関についても同じく Becker の方法⁷⁾ により推定した。

結 果

へい死個体、標識脱落個体及び識別不能個体 :

野外池での試験期間中に交配組4の1尾 (全供試魚の0.17%) がへい死し、12交配組における計22尾 (3.7%) の PIT tag が識別出来なかった (Table 2)。中でも交配組11では4尾の識別ができなく、全交配組の中で最も多かった。識別できなかった個体は、PIT tag が脱落した個体、或いはその脱落した PIT tag を摂取して2個以上の PIT tag をもつ個体からなり、22尾の中の約1/3が後者に該当していた (両者を識別した記録はとっていない)。ちなみに、1尾の腹腔内から最高4個の PIT tag が見つかった。200ℓの屋内水槽2つを用いて行った予備飼育では、600尾のうち7尾の PIT tag が脱落したが、その際に脱落した PIT tag は全て回収した。

Table 2. Initial, final and ratio in body lengths and body weights in each rainbow trout cross

Lot	Number of fish		Mean of Body Length (cm)			Mean of Body Weight (g)		
	Initial	Final	Initial	Final	Final/Initial ×100	Initial	Final	Final/Initial ×100
1	30	28	12.38	15.05	1.217 ± 0.053 ²⁾	32.044	54.211	1.696 ± 0.18 ²⁾
2	30	30	12.43	14.84	1.195 ± 0.040	33.401	53.897	1.621 ± 0.14
3	30	28	12.50	15.14	1.211 ± 0.049	33.199	55.298	1.670 ± 0.16
4	30	29	12.02	14.74	1.226 ± 0.032	29.084	49.628	1.711 ± 0.13
5	29	29	12.28	14.53	1.183 ± 0.033	31.497	50.012	1.590 ± 0.12
6	29	27	12.37	14.79	1.195 ± 0.029	31.826	51.090	1.607 ± 0.13
7	30	30	12.45	15.60	1.253 ± 0.032	37.304	57.209	1.831 ± 0.12
8	30	30	11.82	14.43	1.221 ± 0.038	27.519	47.972	1.743 ± 0.14
9	29	26	12.95	15.40	1.190 ± 0.038	35.247	57.365	1.628 ± 0.13
10	30	29	12.27	14.92	1.216 ± 0.034	29.782	50.595	1.699 ± 0.13
11	29	25	12.49	14.53	1.163 ± 0.045	31.952	48.179	1.506 ± 0.16
12	30	29	12.66	15.53	1.227 ± 0.036	32.610	56.558	1.738 ± 0.21
13	30	29	12.30	15.37	1.250 ± 0.036	31.263	56.096	1.799 ± 0.16
14	30	30	12.20	14.80	1.214 ± 0.037	30.491	51.418	1.690 ± 0.16
15	30	30	12.49	15.47	1.238 ± 0.032	32.703	57.154	1.744 ± 0.13
16	30	29	12.92	15.46	1.197 ± 0.032	35.873	58.341	1.629 ± 0.12
17	30	29	12.14	14.84	1.222 ± 0.038	31.327	52.681	1.678 ± 0.15
18	29	29	12.49	13.87	1.207 ± 0.034	25.854	43.032	1.660 ± 0.12
19	29	27	12.50	15.58	1.246 ± 0.032	33.434	60.268	1.800 ± 0.11
20	29	27	12.89	15.76	1.223 ± 0.027	34.919	58.856	1.688 ± 0.09
Total	593	570						
Mean			12.38	15.03	1.215	31.776	53.456	1.686

¹⁾Differences in the initial number of fish and the final number were due to the loss of or consumption of a lost tag by the fish. One fish in lot 4 died during the experiment

²⁾Standard Deviation

体長及び体重の成長率：

終了時における全交配組の平均体長は15.03cm（各交配組の平均体長は13.87～15.76cm），平均体重は53.456g（同43.032～60.268g）であり，体長の成長率は全交配組の平均値で1.215（各交配組の平均値は1.163～1.253），体重の成長率は1.686（同1.506～1.831）であった。これらの成長の解析をする前に，個体ごとに開始時の体長及び体重がそれぞれの成長率に影響を与えたかどうかの検討を行った。その結果，開始時の体長とその成長率との間には相関係数 -0.068 が得られ， $t_0=1.62$ （自由度は568）と統計学的に相関のないことが証明された。一方，開始時の体重では，成長率との間に相関係数 -0.112 が得られた。この値について無相関の検定を行うと， $t_0=2.69$ （自由度は568）と1%水準で有意であり，統計学的に相関がないとは言えなかった。しかし，開始時の体重の成長率への寄与率（ R^2 ）は0.013であることから，開始時の体重の大小が成長率へ与える影響はほとんど無視できるものとし，本研究で得られた体長及び体重の成長率について遺伝率及び遺伝相関を推定した。なお，4尾でPIT tagの識別が出来なかった交配組11の体長及び体重の成長率は全交配組の中で一番低い値であった。

体長，体重の成長率における遺伝率の推定及び兩形質間の遺伝相関の推定：

体長の成長率について三元配置の分散分析を行った結果，雄親魚間及び同一雄親魚内雌親魚間の平均平方は同一雌雄親魚内兄弟間（誤差項）の平均平方に対して，それぞれ $F_0=14.40$ （自由度 $f_1=7$ ， $f_2=550$ ）， $F_0=8.74$ （自由度 $f_1=12$ ， $f_2=550$ ）であり，ともに1%水準で有意であった（Table 3）。Table 3から，

雄親魚成分の平均平方は0.00011，雌親魚成分の平均平方は0.00037，同一雌雄親魚内兄弟間成分（誤差項）の平均平方は0.00136となり，雄親魚の分散成分から体長の成長率の遺伝率を求めたところ，0.239と推定された（Table 3）。

体重の成長率についても同様に三元配置の分散分析を行った結果，雄親魚間及び同一雄親魚内雌親魚間の平均平方は同一雌雄親魚内兄弟間の平均平方に対して，それぞれ $F_0=11.69$ （自由度 $f_1=7$ ， $f_2=550$ ）， $F_0=5.86$ （自由度 $f_1=12$ ， $f_2=550$ ）であり，ともに1%水準で有意であった（Table 4）。Table 4から，雄親魚成分の平均平方は0.00174，雌親魚成分の平均平方は0.00364，同一雌雄親魚内兄弟間成分（誤差項）の平均平方は0.02128と推定され，体重の成長率について雄親魚の分散成分から推定された遺伝率は0.261であった（Table 4）。以上の結果，日光系ニジマスの体長及び体重の成長率の遺伝率は個体選択がある程度期待できる0.2～0.3であることが推定された。

次に，体長と体重の成長率間の遺伝相関を推定した。遺伝相関の推定には該当形質の雄成分の分散成分のほかに2形質間の共分散を求める必要がある。雄親魚成分の共分散は0.00043，Table 3の体長の成長率の雄親魚成分の分散は0.00011及びTable 4の体重の成長率の雄親魚成分の分散は0.00174であり，2形質間の遺伝相関は0.983であると推定された（Table 5）。また，兩形質間の表型相関は0.893であり，環境相関は0.844であり，ともに高い値であった（Table 5）。このように，体長と体重の成長率との間には極めて高い正の相関が認められ，体長の成長率の高い個体を選択すると，体重の成長率の高い個体が期待できることが明らかになった。

Table 3. Estimation of heritability for the ratio of the final body length to initial body length of rainbow trout cross

Source of Variation	degrees of freedom	Sum of Squares	Mean Squares	Expected Mean Squares	F_0
Between sires	7	0.1371	0.01959	$E_x+28.59D_x+70.87S_x$	14.40**
Between dams within sires	12	0.1426	0.01188	$E_x+28.44D_x$	8.74**
Between progeny within dams	550	0.7479	0.00136	E_x	

Estimation of each component:

Variance of the ratio of the final body length to initial body length in the sire component

$$(S_x)=0.00011$$

Variance of the ratio of the final body length to initial body length in the dam component

$$(D_x)=0.00037$$

Variance of the ratio of the final body length to initial body length in the progeny component

$$(E_x)=0.00136$$

$$\text{Heritability: } h_s^2 = \frac{4S_x}{S_x + D_x + E_x} = 0.239$$

Table 4. Estimation of heritability for the ratio of the final body weight to initial body weight of rainbow trout

Source of Variation	degrees of freedom	Sum of Squares	Mean Squares	Expected Mean Squares	F _o
Between sires	7	1.7415	0.24879	E _y +28.59D _y +70.87S	11.69**
Between dams within sires	12	1.4976	0.12480	E _y +28.44D _y	5.86**
Between progeny within dams	550	11.7051	0.02128	E _y	

Estimation of each component:

Variance of the ratio of the final body weight to initial body weight in the sire component (S_y)=0.00174

Variance of the ratio of the final body weight to initial body weight in the dam component (D_y)=0.00364

Variance of the ratio of the final body weight to initial body weight in the progeny component (E_y)=0.02128

$$\text{Heritability: } h_s^2 = \frac{4S_y}{S_y + D_y + E_y} = 0.261$$

Table 5. Analysis of covariance and estimation of genetic correlation between the ratio of the final to initial length (x) and that of body weight (y) of rainbow trout

Source of Variation	degrees of freedom	Sum of Cross Products	Mean cross Products	Expected Mean Cross Products
Between sires	7	0.4783	0.06833	E _{xy} +28.59D _{xy} +70.87S _{xy}
Between dams within sires	12	0.4511	0.03759	E _{xy} +28.44D _{xy}
Between progeny within dams	550	2.5647	0.00466	E _{xy}

Estimation of each component:

Covariance of x and y in the sire component (S_{xy}) = 0.00043

Covariance of x and y in the dam component (D_{xy}) = 0.00116

Covariance of x and y in the progeny component (E_{xy}) = 0.00466

Variance of x in the sire component (S_x) = 0.00011 (From Table 3)

Variance of x in the dam component (D_x) = 0.00037 (From Table 3)

Variance of x in the progeny component (E_x) = 0.00136 (From Table 3)

Variance of y in the sire component (S_y) = 0.00174 (From Table 4)

Variance of y in the dam component (D_y) = 0.00364 (From Table 4)

Variance of y in the progeny component (E_y) = 0.02128 (From Table 4)

$$\text{Genetic correlation based on sire component : } R_G = \frac{4S_{xy}}{\sqrt{4S_x \cdot 4S_y}} = 0.983$$

$$\text{Phenotypic correlation : } R_P = \frac{S_{xy} + D_{xy} + E_{xy}}{\sqrt{(S_x + D_x + E_x) \cdot (S_y + D_y + E_y)}} = 0.893$$

$$\text{Environmental correlation based on sire component : } R_E = \frac{E_{xy} - 2S_{xy}}{\sqrt{(E_x - 2S_x) \cdot (E_y - 2S_y)}} = 0.844$$

考 察

へい死個体, 標識脱落個体, 識別不能個体及び標識装着の影響:

本研究ではPIT tagによる個体識別を行い, 成長率の遺伝解析を行った。予備飼育期間中に計600尾のうち7尾のPIT tagが脱落したが, 室内のFRP水槽で行ったため, 脱落した全てのPIT tagが回収できた。野外池で行った本研究では, 593尾のうち1尾(0.17%)

がへい死し, 22尾(3.71%)のPIT tagの識別ができなかった。その結果, 得られた成長情報は合計570尾からとなった(Table 2)。

中でも4尾が識別できなかった交配組11は, 全交配組中で体長及び体重の平均成長率が一番小さかった。交配組11の開始時の平均体長の順位は全交配組中7番目, 平均体重は11番目であったが, これら開始時の魚体の大きさがこのような成長率の低さを直接的に導いたとは考えられない。開始時には, 供試魚の標識装着

の傷口が癒えたことを肉眼で確認したが、尾数が多かったために、傷口の確認が十分できなかった個体があったことも考えられる。さらに、ニジマスの腹腔は総排泄口へつながっているため、傷が治ってもそこから脱落したことも考えられる。また、標識の装着は交配組ごとにまとめて行ったため、交配組11における装着が雑となり、このような結果を生じさせたことも考えられるが、その詳細については不明である。

Prentice *et al.*⁸⁾ は、PIT tag の装着が平均尾又長66～100mm のマスノスケの成長に影響を与えなかったことを報告している。彼らは、PIT tag 装着にメーカー特製の注射筒を使用し、tag の脱落率が平均0.13% (0～1%)、へい死率が平均2.19% (0～5%) と、本研究に比べて脱落率は低く、へい死率は高い結果を得ている。彼らのへい死率が本研究と比べ高かった理由は、魚がやや小さかったことや、注射針による内蔵への傷付け及び同一針使用による免疫的コンタミが考えられる。彼らは、さらにスチールヘッドトラウトやマスノスケで PIT tag 装着による呼吸数や尾鰭のビート数等に変化しなかったことを報告している。なお、本研究では、PIT tag が脱落した個体と、その脱落した tag を摂取して複数保有していた個体を区別して記録しなかったため、真の脱落率を求めることができなかった。何れにしても、本研究で採用した腹部後部をカミソリで切傷をつけて tag を腹腔内に押し込む装着方法は内蔵への傷付けの影響は軽減できるものと考えられ、その操作に十分に慣れ、装着後の傷口の治癒を十分に確認した上で研究に使用すれば、tag の脱落及び摂取の問題はかなり解決できるものと考えられる。

本研究で PIT tag が成長に関する遺伝・育種学的研究へ有効に使えることが明らかになったものの、tag 装着の魚体への影響が少なからず認められた。今後は、tag 装着による魚体への影響をより小さくし、脱落等による識別不能個体を極力少なくする努力が必要であろう。しかも、PIT tag がさらに小型化され、安価な標識となれば、本研究や Prentice *et al.*⁸⁾ が用いたサイズよりさらに小さなサイズの魚の遺伝率や遺伝相関の推定に使えるであろう。残念なことに、PIT tag が発売されて以来、これまで小型化の方向への試みは行われていないようである。今後、この類の tag を魚類の遺伝・育種学研究への導入を促進させていくためには、tag の小型化が必要であろう。

体長及び体重の成長率：

本研究では、90日間の体長及び体重の成長率の平均値はそれぞれ1.216倍、1.686倍と低い値であった。G = (1 + g)^t の式⁹⁾ に体重の成長率 (G) 1.686を代入

すると、日間成長率 (g; %/日) は0.58となる。ここで、t は飼育日数の90日である。ニジマスの日間成長率については多くの報告があるが、本研究の飼育条件と比較的類似しているのは静岡県富士養鱒場の報告であろう。それによると、養魚池での飼育、飼育水温8.9℃、飼育期間84日で得られた平均日間成長率が0.90 (0.87～0.95) であった¹⁰⁾。ただし、この場合の供試魚の平均体重は本研究の約2.4倍の73.5g であり、飼育密度は本研究の約2/5の2.17kg/m³と異なっていた。これらの飼育条件を比較すると、本研究の日間成長率が静岡の日間成長率より低かった主な原因として飼育密度が高かったことが考えられる。また、本研究では、自動給餌器を用いて給餌を行ったため、飼育が進むにつれて給餌量が少なくなっていた可能性がある。給餌量の記録はとっておらず、この点について十分に検討できないが、前述のように、脱落した PIT tag を摂取したニジマスの存在は給餌量の少なさを示唆しており、本研究において日間成長率が低い原因として給餌量の少なさも考えられよう。

体長、体重の成長率における遺伝率の推定及び両形質間の遺伝相関の推定：

本研究では、日光系ニジマスの体長、体重の成長率に関する遺伝率は各々 0.239、0.261と推定された。遺伝率は魚種、系統及び飼育環境によって異なると言われおり、これらの推定値は前述の飼育条件下で得られた日光系ニジマスの特性値である。養鶏⁴⁾ 及び畜産⁵⁾ では数多くの形質の遺伝率の一覧表が作られている。鶏の雛については、成長速度の遺伝率のヒストグラムのモードは0.3～0.4であり、体重の大きい方への選択効果は選択強度の約30%以上となることが明らかにされている⁴⁾。このように、数多くのデータが蓄積されてくると、たとえ系統や飼育環境が異なっても、ある種のある形質の遺伝率がほぼどの程度の値かを示すことができる。ニジマスの成長の遺伝率についても諸外国での報告例が多く、これらをまとめてみると、37例中73%にあたる27例の遺伝率が0～0.30 (遺伝率が範囲で示され、0.30と重複している5例は除く) であり、一般にそれほど高い値でないことが伺える³⁾。ただし、これらの数値を参考とする場合には、諸外国と我が国における飼育環境及び飼育手法の相違点及び類似点がどの程度あり、それらの条件が遺伝率にどのように影響するかについて吟味する必要がある。Choe and Yamazaki⁶⁾ は、サクラマスの成長関連の4形質の遺伝率を全同胞から推定し、全長、体重については各々0.38 (0.26～0.47)、0.39 (0.21～0.65) とニジマスよりやや高めな値を報告している。彼らが用

いた全同胞から推定する方法は、遺伝的変異に優性効果や上下位性効果が含まれているため、遺伝率がやや高目に推定されている可能性がある。本研究で推定した日光系ニジマスの体長、体重の成長率に関する遺伝率はともにニジマスの報告の約7割が該当する0.30未満であり、成長を促進させるための個体選択にはそれほど大きな期待ができないことが示唆された。本研究では成長率そのものは良くなかったが、その遺伝率については諸外国のニジマスとほぼ類似していることを確認し、ニジマスの成長率の情報をより充実させることができた。

PIT tag による個体識別法の有効性及び使用の際の注意：

本研究では、生後約10カ月におけるニジマスの体長、体重の遺伝率及び体長と体重の間の遺伝相関を推定しなかった。それは、交配組間の水温、水量、収容密度等の環境は揃えることが出来たが、給餌の際の人影がニジマスの摂餌行動に影響を与えて交配組間で揃った給餌システムが出来なかったことである。そのため、開始時の体長及び体重が揃えられず、体長及び体重そのものの比較ではなく、成長率の比較を行った。PIT tag を用いた個体識別法により、開始時の体長及び体重がそれぞれの成長率に影響しないことが明らかにできたので、成長率の遺伝率を推定した。本研究では、稚仔魚期には交配組毎に別々の水槽で飼育し、tagの装着が十分可能となった幼魚期からは全交配組の魚を一つの池へ収容して飼育した。後者の場合には、交配組間の環境の違いを考慮しなくても良いことになる。ただし、環境の管理及び把握は如何なる場合でも重要情報であり、他の試験との比較のためにも、詳細かつ正確な環境の記述が求められる。これらの中で最も重要なことは、開始時の魚体の大小が成長率に影響しないことを明らかにしたこと、全交配組を一つの池で飼育したことであり、PIT tag を用いることによって初めて実現したことである。

PIT tag による個体識別法は遺伝・育種学的研究だけでなく、行動学及び生理学への利用も可能であり、さらに、親魚候補の選択・保持の際の標識として大いに役立つことができよう。研究規模が大きく、測定尾数が多い場合には、体長・体重測定装置と PIT tag 検出装置を組み合わせた自動記録システム（現在、それに類似した機能をもつシステムは開発されている）を整備することができれば、効率よく研究情報を容易に入手できる。特に、個体情報の蓄積は関連分野への貢献が期待できる。

PIT tag は IC チップとコイルをガラス管でコーティングした標識である (Fig. 1) ため、我が国では食品衛生法により当標識を装着した魚類等の放流は禁止されている。米国等では PIT tag をワイヤー・タグ同様にサケ・マス等に装着し、自然界へ放流することによって、該当種の回遊、成長及び回帰性等の解明に役立っている。食習慣の違いにより、外観から識別できない標識を装着した魚類等の放流を禁止している我が国では、閉鎖系施設を用いた場合でもこの種の標識の徹底した回収が望まれる。現に、本研究で用いた PIT tag は番号を一つ一つ確認しながら回収した。今後は、脱落した PIT tag を含め、標識を完全に回収できるシステムを構築し、閉鎖系施設を用いた研究が何時も気軽に出来るようなガイドライン作りが必要であろう。

文 献

- 佐藤良三, 1980: ギンザケの系統内におけるふ化率とふ化日数の変異およびふ化日数の遺伝率の推定. 養殖研報, 1, 21-28.
- 佐藤良三, 森川 進, 1982: アマゴにおける発眼率, ふ化率, ふ化日数およびふ化期間の遺伝率の推定. 養殖研報, 3, 21-30.
- 佐藤良三, 1995: 魚類の量的形質の遺伝率の推定. 水産育種, 21, 27-43.
- 田名部雄一, 1971: 鶏の改良と繁殖. 養賢堂, 東京, 414pp.
- 内藤元男, 1973: 家畜育種学. 養賢堂, 東京, 410pp.
- Choe, M.-K. and Yamazaki F., 1998: Estimation of heritabilities of growth traits, and phenotypic and genetic correlations in juvenile masu salmon *Oncorhynchus masou*. *Fish. Sci.*, 64 (6), 903-908.
- Becker, A. W., 1975: Manual of quantitative genetics, 3rd ed. Washington State University Press, Wash. 170pp.
- Prentice E. F., Flagg T. A., and McCutcheon C. S., 1990: Feasibility of using implantable passive integrated transponder (PIT) tags in salmonids. *American Fisheries Society Symposium*, 7, 317-322.
- 立川 互 (1974): 第7章. 飼育管理. 養魚講座10. ニジマス (大島泰雄・稲葉伝三郎監修) 緑書房, 東京, pp.71-109.
- 長野県水産試験場 (1985): 市販養鱒飼料の各社比較試験とりまとめ報告. 第10回養鱒技術協議会議事録, pp.104-133.