

## 長野県産イワナの斑点の変異

山本 聡・小原昌和・沢本良宏・築坂正美

Variation of spots in Japanese char *Salvelinus leucomaenis* in the rivers of Nagano prefecture, Japan.

Satoshi Yamamoto, Masakazu Kohara, Yoshihiro Sawamoto and Masami Tsukisaka

イワナ *Salvelinus leucomaenis* は体表の斑点の変異が著しく、過去にはその変異を主な分類形質として数種に分類されていた(大島, 1961; 稲村・中村, 1962)。その後、電気泳動によるヘモグロビンの解析、骨学的形質の地域的連続性の検討(Yoshiyasu and Fumoto, 1972; Yoshiyasu, 1973)、アイソザイムの分析(沼知, 1984; Nakajima, 1995)などが行われ、現在では *Salvelinus leucomaenis* 1種と考えられている。そして過去に独立した種とされていたアメマス、ニッコウイワナ、ヤマトイワナ(含むキリクチ)、ゴギについては、種の中の亜種ないしは地方型と考えられている(稲村, 1980; Cavender and Kimura, 1989; 川那部・水野, 1989)。

このように種内変異が大きいイワナであるが、近年の遊漁者の増加に伴って人工種苗放流量が増加しており、放流集団が在来集団に与える遺伝的影響が懸念されている。近交弱勢や非適応的遺伝子の導入などの弊害を未然に防ぐためには、イワナの遺伝的多様性を保存しながら放流事業を進めていく必要がある。しかし、本県イワナ資源の遺伝的多様性の状況については必ずしも明らかではない。

イワナの斑点の変異については、遺伝的変異をどの程度反映しているかは明らかになっていないが、まず集団の変異を示す形質としてこのような表現型の変異を把握しておくことが重要と考える。そこで、長野県内の野生イワナの斑点を調べ、その変異の実態を把握することを目的として研究を行った。

### 材料と方法

#### 採集河川

千曲川水系の7河川、天竜川水系の3河川、木曾川水系の6河川で釣りまたは徒手採捕により、イワナを採集した(表1)。採捕を行った水域では漁業協同組合による放流の記録がなく、また放流が行われている水域とは堰堤等で隔離されており、調査の対象としたイワナは、放流に伴う遺伝的影響をうけていない野生群と考えられるものである。なお、対象群は全て陸封型の集団である。

#### 調査方法

斑点の色の記録は、まず、採集地でイワナを即殺し、ただちに JIS-Z8102(日本規格, 1988)により、最も濃い斑点の色について、色の3属性(色相、明度、彩度)を記

表1 採集河川と標本数

| 水系  | 河川名       | 採集年月日     | 標本数 |    |
|-----|-----------|-----------|-----|----|
|     |           |           | 雌   | 雄  |
| 千曲川 | 奈良井川支流鎖川  | 1988/8/22 | 4   | 3  |
|     | 中津川支流雑魚川  | 1988/9/13 | 5   | 7  |
|     | 犀川支流女鳥羽川  | 1989/9/21 | 6   | 9  |
|     | 犀川支流薄川    | 1989/9/25 | 3   | 6  |
|     | 抜井川       | 1989/9/26 | 3   | 3  |
|     | 大石川支流石堂川  | 1990/8/22 | 1   | 2  |
|     | 高瀬川支流モミ沢  | 1990/9/27 | 3   | 2  |
|     | 小計        |           | 25  | 32 |
| 天竜川 | 三峰川       | 1992/8/30 | 3   | 3  |
|     |           | 1992/9/17 | 1   | 0  |
|     |           | 1992/9/28 | 0   | 2  |
|     | 中田切川      | 1992/8/21 | 0   | 1  |
|     | 与田切川      | 1992/8/27 | 1   | 1  |
|     | 1992/8/20 | 1         | 5   |    |
| 小計  |           | 6         | 12  |    |
| 木曾川 | 笹川        | 1987/9/3  | 2   | 3  |
|     | 野上川       | 1987/9/15 | 3   | 2  |
|     | 伊奈川       | 1988/7/27 | 3   | 0  |
|     |           | 1988/8/31 | 0   | 1  |
|     |           | 1988/9/2  | 1   | 1  |
|     | 味噌川       | 1988/8/18 | 8   | 8  |
|     |           | 1988/9/14 | 5   | 4  |
| 川   | 王滝川       | 1988/8/23 | 0   | 6  |
|     |           | 1988/7/26 | 0   | 1  |
|     |           | 1988/8/24 | 2   | 3  |
|     |           | 1990/9/7  | 4   | 2  |
|     | 正沢川       | 1988/9/9  | 5   | 1  |
| 小計  |           | 33        | 32  |    |
| 計   |           |           | 64  | 76 |

録した。さらに最も大きな斑点の最大径を計測し、次いで背部の斑点の分布状態を記録した。標本は現地で体重(BW)を計測した後、10%ホルマリン液で固定し、研究室にて全長、瞳孔径を計測した。次に生殖巣を取り出して雌雄を確認し、生殖腺重量(GW)を測って、GSI( $GW \times 10^3 / BW$ )を算出した。イワナの斑点の色は、未成魚では発現しないことが知られており(稲村・中村, 1962; 加藤・山川, 1981)、色の特性は成魚で判断する必要があるため、山本ら(1994)に基づき、採集した個体のうち、雄ではGSIが6以上、雌では40以上の個体、または、雌雄とも全長が20cm以上の個体を成魚と判断して解析に用いた。対象標本数は千曲川水系が57、天竜川水系が18、木曾川水系が65である(表1)。

### 斑点の分布、大きさ、色の解析

各標本の斑点の特徴を、①背部斑点の分布、②斑点の大きさ、③斑点の色の3項目によって評価した。

背部斑点の分布は、3段階の変数で表した。すなわち背中線上に斑点が認められないものを1、背鰭基部から

後ろにのみ背中線上に斑点が認められるものを2、背鰭基部から前方にも背中線上に斑点が認められるものを3とした(図1)。数が多いほど背部の斑点が分布する面積が多いこととなる。なお、背鰭前方にのみ斑点が分布する標本はなかった。

斑点の大きさは、稲村・中村(1962)に従って、最大斑点径の瞳孔径に対する比率を百分率で表した。なお、瞳孔径の全長に対する比率は各水系間で有意差はなかった( $F=3.06$ , ns)。

斑点の色は、記録した色相、明度、彩度の3属性に対応する系統色名によって評価するとともに、3属性を表2に示した順位変数で表して解析した。変数が大きくなるほど色相は赤色から黄色に、明度は濃い色から薄い色に、彩度はくすんだ色から鮮やかな色に変化することとなる。

次に斑点の変異を総合的に評価するために、主成分分析を行った。分析は各要素の基準値を用いる相関行列によって行った。

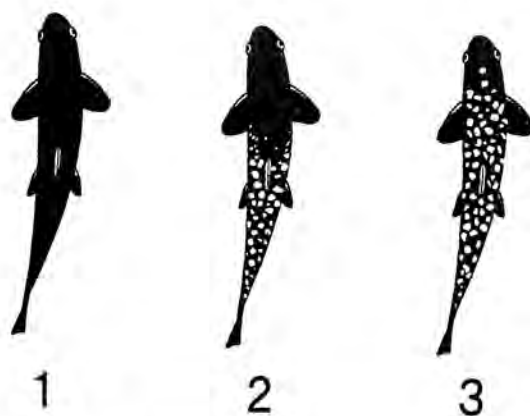


図1 背部斑点の分布と対応する変数

1: 背中線上に斑点がない、2: 背鰭基部後方のみ背中線上に斑点がある、3: 背鰭基部の前方まで背中線上に斑点がある。

表2 斑点の色の系統色名に基づく順位変数の設定

| 色相    |      | 明度   |    | 彩度   |    |
|-------|------|------|----|------|----|
| 系統色名  | 変数   | 系統色名 | 変数 | 系統色名 | 変数 |
| 2.5YR | 2.5  | 5V   | 5  | 14C  | 1  |
| 5YR   | 5    | 6V   | 6  | 12C  | 2  |
| 7.5YR | 7.5  | 7V   | 7  | 10C  | 3  |
| 10YR  | 10   | 8V   | 8  | 8C   | 4  |
| 2.5Y  | 12.5 |      |    | 6C   | 5  |
|       |      |      |    | 4C   | 6  |

結 果

雌雄差の検討

イワナの斑点の色について Nagasawa (1989) は、青森県のイワナを調査して雌雄で差がみられたとしている。そこで水系、河川ごとの変異を検討する前に、背部斑点の分布、斑点の大きさ(表3)、斑点の系統色名の頻度(表4)を各水系の雌雄で比較したところ、いずれの要素でも差が認められなかった。このため雌雄を区別せずに、水系、河川ごとの変異を解析することとした。

水系間の比較

3水系間で、背部斑点の分布、斑点の大きさ、斑点の色を比較した。

背部斑点の分布は、千曲川水系では、全く斑点のない変数1から、背鰭の前方にも明瞭な斑点が見られる変数3まで全てのタイプが見られた。天竜川水系では変数3に該当する標本はなく、変数1と2が見られた。木曽川水系でも変数3に該当する標本はなく、変数1と2が見られ、中でも1に該当する標本が多かった。各水系の変数の平均値は全ての水系間で有意差( $p < 0.01$ )が認めら

れ、千曲川水系では背部の斑点の分布範囲が広い個体が多く、天竜川水系がそれに続き、木曽川水系では背部斑点の分布範囲が狭いあるいは分布しない個体が多かった(図2)。

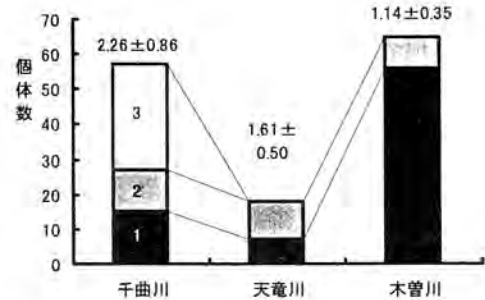


図2 イワナの背部斑点分布の水系別比較

1: 背中線の上に斑点がない、2: 背鰭基部後方のみ背中線の上に斑点がある、3: 背鰭基部の前方まで背中線の上に斑点がある。数値は変数の平均±標準偏差を示し、平均値は各水系間で有意差あり ( $F=49.6, p < 0.01$ )。

表3 背部斑点の分布および斑点の大きさの雌雄比較

| 水系  | 要素        | 雌           | 雄           | 検定結果        |
|-----|-----------|-------------|-------------|-------------|
| 千曲川 | 背部斑点の分布   | 2.3 ± 0.8   | 2.3 ± 0.9   | $t=0.13$ ns |
|     | 斑点の大きさ(%) | 76.3 ± 20.8 | 80.0 ± 20.6 | $t=0.68$ ns |
| 天竜川 | 背部斑点の分布   | 1.7 ± 0.5   | 1.6 ± 0.9   | $t=0.32$ ns |
|     | 斑点の大きさ(%) | 91.7 ± 8.3  | 87.5 ± 17.0 | $t=0.55$ ns |
| 木曽川 | 背部斑点の分布   | 1.2 ± 0.4   | 1.1 ± 0.2   | $t=1.76$ ns |
|     | 斑点の大きさ(%) | 67.8 ± 17.5 | 70.9 ± 13.6 | $t=0.56$ ns |

数値は平均値±標準偏差を示す。

表4 斑点の系統色名の出現頻度の雌雄比較

| 斑点の色名    | 千曲川                 |    | 天竜川                |    | 木曽川                |    |
|----------|---------------------|----|--------------------|----|--------------------|----|
|          | 雌                   | 雄  | 雌                  | 雄  | 雌                  | 雄  |
| こい赤みの黄   | 0                   | 1  | 1                  | 0  | 0                  | 0  |
| 赤みの黄     | 1                   | 5  | 2                  | 4  | 3                  | 0  |
| 鮮やかな赤みの黄 | 0                   | 0  | 1                  | 5  | 0                  | 0  |
| 明るい赤みの黄  | 1                   | 1  | 0                  | 0  | 0                  | 0  |
| くすんだ黄赤   | 0                   | 2  | 0                  | 0  | 0                  | 0  |
| こい黄赤     | 1                   | 0  | 0                  | 0  | 2                  | 2  |
| 黄赤       | 6                   | 2  | 0                  | 1  | 12                 | 13 |
| 鮮やかな黄赤   | 5                   | 13 | 1                  | 0  | 6                  | 12 |
| 明るい黄赤    | 11                  | 7  | 1                  | 2  | 10                 | 5  |
| 明るい黄みの赤  | 0                   | 1  | 0                  | 0  | 0                  | 0  |
| 計        | 25                  | 32 | 6                  | 12 | 33                 | 32 |
| 検定結果     | $\chi^2=13.5$<br>ns |    | $\chi^2=5.2$<br>ns |    | $\chi^2=6.7$<br>ns |    |

斑点の大きさは3水系間で値の範囲が重複しているものの、平均値では3水系間で有意差( $p < 0.01$ )が認められ、天竜川水系が最も大きく、次いで千曲川水系となり、木曾川水系が最も小さかった(図3)。

斑点の色については、系統色名の出現頻度について独立性の検定を行ったところ、水系と斑点の色との間に関連が認められた(表5)。そこで色の3属性の順位変数についてそれぞれ相関分析を行った(表6)。

色相は3水系間で有意差( $p < 0.01$ )が認められ、天竜川水系が最も黄みが強く、続いて千曲川水系がそれに続き、木曾川水系が最も赤みが強かった。明度は千曲川水系と天竜川水系間では差が認められないが、両水系と木曾川水系間では有意差( $p < 0.01$ )があり、木曾川水系は色が比較的暗かった。彩度は全ての水系間で有意差が認められなかった。

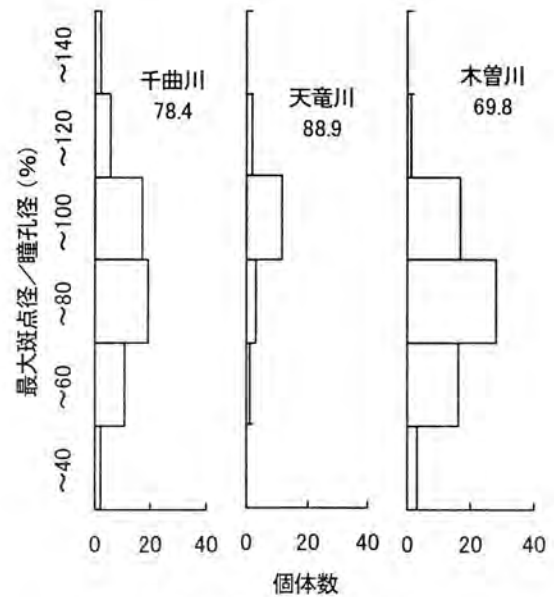


図3 斑点の大きさ(最大斑点径/瞳孔径)の水系別比較。数値は平均値を示し、各水系間で有意差あり( $F=3.06$ ,  $p < 0.01$ )。

表5 水系間での斑点の系統色名の出現頻度の比較

| 系統色名     | 千曲川水系 | 天竜川水系 | 木曾川水系 |
|----------|-------|-------|-------|
| こい赤みの黄   | 1     | 1     | 0     |
| 赤みの黄     | 6     | 6     | 3     |
| 鮮やかな赤みの黄 | 0     | 6     | 0     |
| 明るい赤みの黄  | 2     | 0     | 0     |
| くすんだ黄赤   | 2     | 0     | 0     |
| こい黄赤     | 1     | 0     | 4     |
| 黄赤       | 8     | 1     | 25    |
| 鮮やかな黄赤   | 18    | 1     | 18    |
| 明るい黄赤    | 18    | 3     | 15    |
| 明るい黄みの赤  | 1     | 0     | 0     |
| 計        | 57    | 18    | 65    |

検定結果  $\chi^2 = 79.8$   $p < 0.01$

表6 水系間での斑点の色の3属性の比較

| 属性 | 千曲川水系<br>n=57     | 天竜川水系<br>n=18     | 木曾川水系<br>n=65     | 有意性                    |
|----|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------|
| 色相 | $5.47 \pm 2.12^b$ | $6.91 \pm 1.09^a$ | $3.80 \pm 1.66^c$ | $F=3.06$<br>$p < 0.01$ |
| 明度 | $6.84 \pm 0.52^a$ | $6.94 \pm 0.24^a$ | $6.35 \pm 0.59^b$ | $F=25.1$<br>$p < 0.01$ |
| 彩度 | $1.96 \pm 0.82$   | $1.83 \pm 0.79$   | $1.91 \pm 0.70$   | $F=0.22$<br>ns         |

数値は平均値±標準偏差を示し、肩の記号の違いは有意差を示す。

### 主成分分析

水系間で有意な差が認められた背部斑点の分布、斑点の大きさ、斑点の色の色相と明度の4要素について主成分分析を行った。第1主成分、第2主成分の固有値がそれぞれ1を超え、第2主成分までの累積寄与率は76.8%であった。第1主成分は各要素とも固有ベクトルが正の値となり、色相、明度、背部斑点の分布が大きく寄与した。第2主成分は背部斑点の分布と斑点の大きさが負の値をとり、色相と明度が正の値となった(表7)。

第1主成分では、その固有ベクトルから、値が大きくなるほど、斑点の色は黄みが強くかつ色が薄くなり、斑点の大きさは大きくて、背中に広く分布する特性が強いこととなる。逆に値が小さくなると、斑点の色は赤みが強くかつ色がやや暗い色になり、斑点の大きさは小さく、背中の斑点の分布範囲は狭くなる。この第1主成分の値の大から小への特性は、ニッコウイワナ(大島, 1961 での *S.pluvius*; 稲村・中村, 1962 の D 型)→ヤマトイワナ(大島, 1961 での *S.japonicus*; 稲村・中村, 1962 の E 型)の変異と一致し、いわば東北地方から中部地方にかけての、南北のイワナの変異を表すものと解釈された。

第2主成分では値が大きくなるほど、斑点の色は黄みが強くかつ色が薄い色に近くなり、斑点の大きさは小さく、背中の斑点の分布範囲は小さくなる特性があった。逆に値が小さくなると、斑点の色は赤みが強くかつやや暗い色になり、斑点の大きさは大きく、背中の斑点の分

表7 斑点に関する4要素の第2主成分までの固有ベクトルと固有値

| 要素      | 第1主成分  | 第2主成分   |
|---------|--------|---------|
| 背部斑点の分布 | 0.4946 | -0.4411 |
| 斑点の大きさ  | 0.3718 | -0.6697 |
| 色相      | 0.5645 | 0.3867  |
| 明度      | 0.5464 | 0.4555  |
| 固有値     | 1.9    | 1.1     |
| 寄与率%    | 48.3   | 28.5    |
| 累積寄与率%  | 48.3   | 76.8    |

布は前方に広くなることとなる。この第2主成分の大から小への特性は、ニッコウイワナ(前述)→ゴギ(稲村・中村, 1962 の F 型; 佐藤, 1963)の変異と一致し、いわば中部地方から中国地方までの、日本海側における東西のイワナの変異と一致するものと解釈された。

第1主成分-第2主成分平面における各水系の位置を図4に示した。

千曲川水系は、3水系の中では第1主成分、第2主成分とも数値の幅が広がった。第1主成分の値が大きく3水系の中では比較的ニッコウイワナの特徴が強かった。また第2主成分では値の範囲が広くゴギの特徴を持った個体も含まれた。

天竜川水系は値の幅は狭く、千曲川水系に内包された位置を占めたが、木曾川水系とはほとんど重ならない位置をしめた。

木曾川水系は、千曲川水系ほどではないが天竜川水系よりは値の幅が広がった。千曲川水系と重なる部分もあるが、第1主成分の特性から、3水系の中では最もヤマトイワナの特徴が強かった。

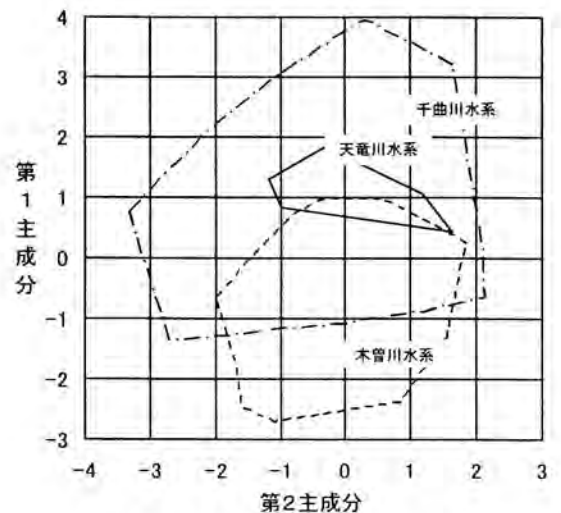


図4 長野県内3水系のイワナの斑点に関する4要素の主成分分析

## 水系内での変異

第1主成分-第2主成分平面における河川ごとの水系内の位置を図5から図7に示した。天竜川水系では水系内の各河川の占める位置はほぼ重なっているが、千曲川水系、木曾川水系では、主成分平面に占める位置が全く重ならない河川がみられた。図3のとおり、両水系が平面上で占める範囲が広い理由は、各河川単位で占める範囲が広いだけでなく、河川間で占める位置に差異があるためであった。

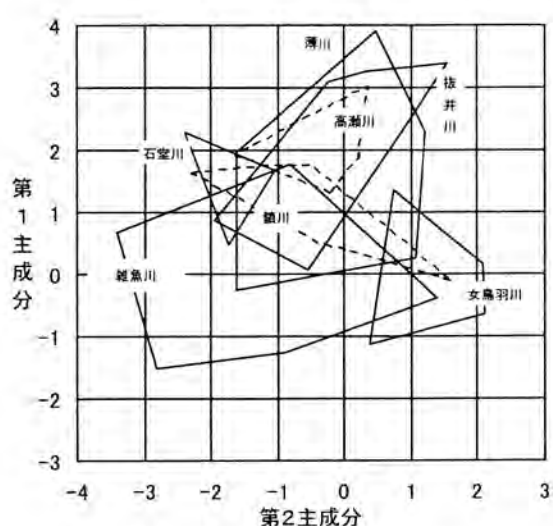


図5 千曲川水系のイワナの斑点に関する4要素の主成分分析

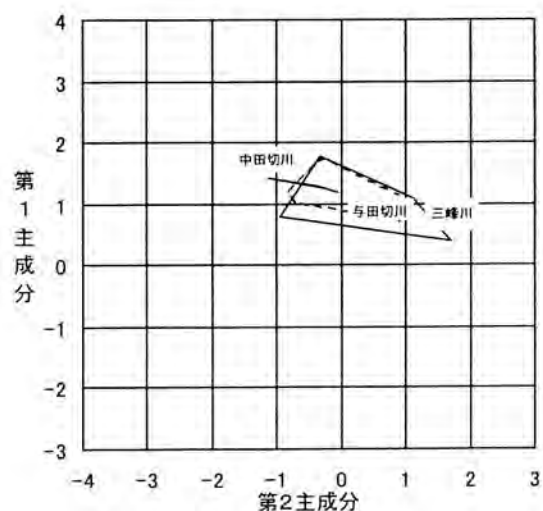


図6 天竜川水系のイワナの斑点に関する4要素の主成分分析

## 考察

イワナの斑点の状況は、分類形質として注目されてきたが、一定の規格に従って調査された例は少なく、Nagasawa(1989)がカラーチャートにより青森県産イワナの斑点の色を解析しているにすぎない。長野県のイワナについては、上原(1980)が、斑点の状況、色から千曲川水系には最上流を除いてニッコウイワナが、木曾川水系、天竜川水系と千曲川最上流部にはヤマトイワナが生息するとしているが、骨学的形質からこれらはひとつの種の中の変異であるとしている。しかし、斑点の状況は目視に基づく判断によるもので、一定の規格に従って調査した例はないと思われる。

本研究において、長野県の主要な3水系のイワナについて、斑点の分布、大きさ、色について定量的に解析を行った結果、3項目とも平均値では水系間で有意差が認められるものの、値の範囲が重なる部分が多く、千曲川がニッコウイワナ型、木曾川、天竜川がヤマトイワナ型とは明確に区別できないことが明らかになった。

主成分分析の結果を見ると、第1主成分の特性がニッコウイワナ型→ヤマトイワナ型の変異を、第2主成分の特性がニッコウイワナ型→ゴギ型を表しており、従来から言われてきた日本のイワナの変異があてはまる結果が示された。この2つの主成分による累積寄与率は77%となり、長野産イワナの斑点の変異はこれら主成分でほぼ説明することができ、全国的に見られる変異を内包していることが示された。

水系ごとの変異をみると、主成分分析平面上で各水系

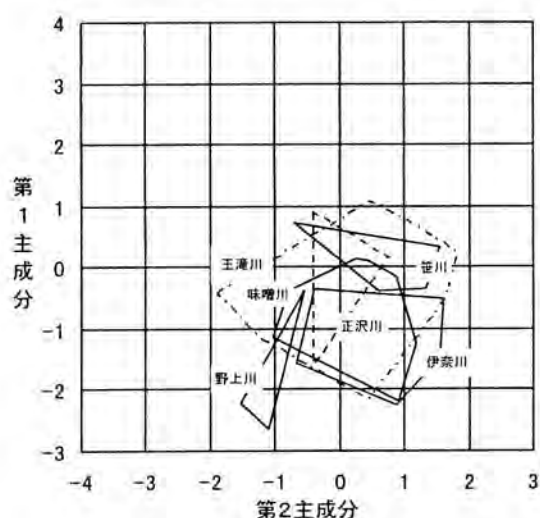


図7 木曾川水系のイワナの斑点に関する4要素の主成分分析

の占める位置は、それぞれ重なりながらも特徴のある分布を示しているものの、明確には区別できないことが示された。

各水系の特徴をみると、千曲川水系は第1主成分、第2主成分とも変異が大きい特徴が見られた。各河川間では互いに重ならない事例があり、水系内の変異の大きさは、河川内での変異が大きいことによるのではなく、河川間での変異が大きいことに由来していることがわかった。木曾川水系も千曲川水系ほどではないが変異が大きく、その要因は千曲川水系同様、河川内の変異よりは河川間の変異が大きいことに由来していた。天竜川水系は最も変異が小さかったが、標本数が上記水系に比べて少なかったため、水系の特徴を反映できなかった可能性がある。

イワナの斑点の特徴が、遺伝ではなく環境の影響を大きく受けている事例としては、Goto *et al.* (1989)が、南北海道のイワナについて、アイソザイム分析を行い斑点の色の差異は、降海型と河川型という生活型の違いによると指摘している。また、近縁のヤマメ *Oncorhynchus masou masou*、アマゴ *O. masou macrostomus* では、斑点の色が餌料中のカロチノイド成分に影響されることが知られている(松野, 1982)。

一方、体表の斑点が遺伝の影響を大きく受けている報告もある。立川(1982)はアマゴとヤマメの交配実験を行い、交雑魚の体側の朱点は、両亜種の間間的な形態をとることを報じている。また、東京都水産試験場奥多摩分場(1989)はヤマメの側線上斑(いわゆるパーマーク)と、背部斑紋の数についての遺伝率  $h_s^2$  をそれぞれ 0.22、0.39 と推定しており背部斑紋数については遺伝の関与が大きいことを論じている。

本報で対象とした集団はすべて陸封型であり、Goto *et al.* (1989)の指摘する生活型の違いから受ける影響は少ないと考えられる。また、餌料についても全て山岳溪流の野生魚を対象としたため、その主要な餌料は昆虫類であり、餌料中のカロチノイド組成の差異は少ないものと考えられる。

イワナの斑点についての遺伝的知見が十分得られていない現状では、近縁種で遺伝の影響が大きいとする事例があることを考慮し、今回明らかにした斑点の多様性に留意しつつ資源管理を進める必要があろう。

現在の増殖事業は放流を主体に行われており、放流種苗は対象河川由来の親魚から作出したものを選ぶことが望ましい。しかしイワナの斑点は、同一水系内でも河川間での変異が大きいことから、斑点の変異に基づいて放流対象河川ごとに親魚を養成し放流種苗を用意すること

は実際には不可能であろう。このため現状では、放流を行わず生息環境の保全と漁業管理によりイワナの野生資源を保存する水域を確保することが、多様性の保全に資するものと思われる。すでに県内には漁業協同組合の遊漁規則、漁業権行使規則によって禁漁区とされ、放流を行わない原種の保護水域がある。今後はこのような水域を十分確保するとともに、その水域の集団についての遺伝的状況を調査し、集団の有効な大きさを確保して近交弱勢を防ぎつつ、イワナの遺伝資源の保存を進める必要があると考える。

## 要 約

- 1 長野県産イワナ *Salvelinus leucomaenis* の多様性を保存しつつ増殖事業を進める上での資料とするため、千曲川、天竜川、木曾川の各水系で採集した成魚の斑点の変異を調べた。
- 2 斑点の特徴を、①背部斑点の分布、②斑点の大きさ、③斑点の色の3項目について数値化して比較するとともに、その変数の主成分分析を行った。
- 3 3項目とも平均値では水系間で有意差が認められるが、重なる範囲が多く、千曲川がニッコウイワナ型、木曾川、天竜川がヤマトイワナ型といったようには区別されなかった。  
主成分分析の結果、第1主成分の特性がニッコウイワナ型→ヤマトイワナ型の変異を、第2主成分の特性がニッコウイワナ型→ゴギ型を表すと解釈され、日本産イワナの変異があてはまる結果が示された。第2主成分までの累積寄与率は77%であり、長野県産イワナの斑点の変異はこれらの主成分でほぼ説明でき、全国的に見られる変異を内包していることが示された。
- 4 イワナの斑点は、同一水系内でも差異が大きく、斑点の変異に基づいて河川ごとに放流種苗を用意することは極めて困難である。このため現状では、放流を行わずに生息環境の保全と漁業管理により、遺伝資源を保存する水域を確保しておくことが、イワナの多様性の保全に資するものと思われた。

## 文 献

- 大島正満(1961):日本産イワナに関する研究. 鳥獣集, 18(1), 3-70.
- 稲村彰郎・中村守純(1962):日本産イワナ属魚類の分布と変異. 資源科学研究所彙報, 58・59, 64-80.
- Yoshiyasu, K and Y. Fumoto (1972): Starchgel Electrophoresis of Hemoglobins of Freshwater Salmonid Fishes in Southwest Japan

1. Genus *Salvelinus* (Char). *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 38(7), 779-788.
- Yoshiyasu, K. (1973) : Starch-gel Electrophoresis of Hemoglobins of Freshwater Salmonid Fishes in Northwest Japan. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 39(4), 449-459.
- 沼知健一(1984) : アイソザイムによるサケ科魚類の分化と系統の研究. 遺伝, 38(1), 4-11.
- Nakajima, M. and Y. Fujio (1995) : Genetic Differentiation among Local Populations of Japanese Char *Salvelinus leucomaenis*. *Fisheries Science*, 61(1), 11-15.
- 稲村彰郎(1980) : 日本産イワナ属の変異と系統について. 「淡水魚 [増刊イワナ特集], 青泉社, 大阪」, 14-18.
- Cavender, T.M. and S. Kimura (1989) : Cytotaxonomy and inter-relationships of Pacific basin *Salvelinus*. *Physiol. Ecol. Japan. Spec.*, 1, 49-68.
- 川那部浩哉・水野信彦(1989) : 山溪カラー名鑑 日本の淡水魚. 山と溪谷社, 東京, 719p.
- 日本規格協会編(1988) : JIS ハンドブック色彩. 日本規格協会, 東京, 71-89.
- 加藤憲司・山川正巳(1981) : 多摩川水系のイワナ資源の保護と増殖に関する研究. 「多摩地域における自然環境と動植物生態との関連に関する調査研究, 東京都総務局, 東京」, 69-81.
- 山本 聡・沢本良宏・小原昌和(1994) : 長野県における野生イワナの成熟全長. 長野水試研報, 3, 5-7.
- Nagasawa, K. (1989) : Color variation of spots in *Salvelinus leucomaenis* in northern Honshu, Japan. *Physiol. Ecol. Japan. Spec.*, 1, 69-76.
- 佐藤月二(1963) : ゴギ(中国地方のイワナ). 「広島文化財調査報告書, 第3集(天然記念物編), 広島県教育委員会編, 広島県教育委員会, 広島」, 3-30.
- Goto, A., M. Takahashi and F. Yamazaki (1989) : White-spotted and red-spotted morphs as a phenotypic variation of the Japanese charr *Salvelinus leucomaenis* in the rivers of southern Hokkaido, Japan. *Physiol. Ecol. Japan. Spec.*, 1, 421-428.
- 松野隆男(1982) : ヤマメ, アマゴの体色. 「淡水魚 [増刊ヤマメ・アマゴ特集], 青泉社, 大阪」, 125-129.
- 立川 互(1982) : アマゴとヤマメの交雑種  $F_1$ ,  $F_2$  ならびに退交雑種の形質について. 「淡水魚 [増刊ヤマメ・アマゴ特集], 青泉社, 大阪」, 82-84.
- 東京都水産試験場奥多摩分場(1989) : ヤマメの斑紋と黒点数の遺伝特性. 「第14回全国養鱒技術協議会, 大分県」, 242-245.