

創刊30周年記念 佳作論文(要約)

白神山地のイワナ その生態と資源量

世界遺産に指定されている白神山地はイワナにとっての理想郷だ
長期間・広範囲にわたる調査と上流・下流を数値化する指標の導入で
謎に包まれていたイワナの生態を明らかにできた

鹿野雄一(岩壁調査員) / 鎌田直人(金沢大学)

世界最大のブナ林を抱く白神山地。青森県と秋田県の県境には、約13万ヘクタール(ha)の広大な範囲にわたり、ブナの原生林が広がる。中でも特に保存状態のよい1万6971haはユネスコの世界自然遺産に登録され、多種多様な生物が人間の影響をほとんど受けずに生息している。その中で、淡水生物相の主力を担うのがイワナだ。

イワナは釣魚としての人気が高く、各地で養殖や放流が行われている。そのため、乱獲や遺伝的攪乱が進み、原生状態のイワナ個体群が広い範囲で残されているのは、本州では白神山地ぐらいとなってしまった。一方で、イワナ個体群の生態研究は、山深い渓谷での調査になることから、あまり進んでいない。

今回私たちは、世界遺産の核心域である粕毛川水系1507haにおいて、2000年6月から10月の長期にわたり、イワナの生態調査を行った(世界遺産の核心地域は立入禁止、世界遺産地域内の粕毛川源流域は禁漁だが、許可を得て調査を行った)。調査したイワナはのべ約6000匹になる。その結果、イワナの雌雄を判別する新手法の開発や、河川環境を評価する新しいパラメーターの導入により、今まで知られて

いなかったイワナの生態が明らかになってきた。

環境が変われば生態も変わる

今回の調査は、「河川環境が変われば、イワナ個体群の生態的特性も変わる」という仮説から始まった。イワナは、ちよろちよろと流れる源流から、緩やかに流れる本流まで、様々な環境下で生きている。環境が違えば、それぞれの個体群は異なる生態的特性を持つはずだと考えた。

仮説を検証するために、まず、各環境下にあるイワナ個体群の生態的特性を測らなければならない。そこで、調査区域内の下流から上流まで18の捕獲区を設け、捕獲調査をそれぞれ3~4週間おきに行った。最終的に、各捕獲区で4~5回の調査ができた。なお、瀬や淵といった小規模な河川形態の違いを平均化するために、各捕獲区は河川沿いに150m以上の長さをとった。その捕獲区内のイワナを電気ショックによって気絶させて捕らえ、計測・標識を行い、元の場所に放流する。こうして得たデータから、比較すべき生態的特性である個体群パラメーター(平均サイズ、性比など)を求めた。

問題は、河川環境をどう評価するか

だ。河川環境には、水温、pH、水量、流速、河川形態、底質など数限りない要素がある。すべてを計測するのは現実的でないし、多元的過ぎて統計学的に扱いにくい。河川環境を一括して評価するための客観的かつ定量的な「ものさし」がどうしても欲しい。そこで用いたのが「集水面積」である。

集水面積とは、河川のある一点に流れ込む雨水が降り集まる範囲を、鉛直方向から投影した面積である(115ページの図を参照)。集水面積は、地図の等高線から容易に求められる。集水面積それ自体は、生態学的な意味を持たない無機的な数字であるが、実は様々な河川環境を暗示している。

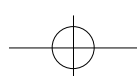
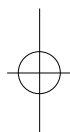
まず、第1に水量を示している。地下水脈を無視すれば、水量は集水面積に比例する。川幅や水深なども、水量の影響が大きいので、これらも集水面積からある程度予測できる。また、集水面積の小さい地点は、傾斜が急で小さな滝が多く、流れが速い。大きい地点は、傾斜が緩やかで流れも遅い。

要するに、今まで定性的に「上流」とか「下流」と言ってきたものを、定量的に表したのが集水面積だ(ただし、地形や気候の違う場所にある河川どうしを集水面積で比較することはできない)。これまで集水面積を河川環境の評価基準として用いた生態研究の例はなく、生態学としては、まったく新しい概念である。

上流にいくほど小さくなり 雌の割合が増える

各捕獲区の生態的特性を調べると、面白いことがわかった。1つは上流ほど雌雄ともサイズが小さくなること、もう1つは上流ほど雌の割合が増えることだ(115ページの図)。前者は、釣り人ならば経験的に感じていたことだが、後者はまったく予想外だった。

サイズに関しては、成熟個体(2歳





白神山地のブナ原生林とイワナ 白神山地（左）では高木はブナが大半で、カツラやトチノキ、ミズナラもところどころに生える。沢沿いにはサワグルミが多い。右は人影に気づいて、いっせいに集まって群れをなしたイワナ（撮影場所は立入禁止区域内でももちろん禁漁区域）普段は互いの縄張りを意識して、ばらけて泳いでいる。これほど大きな群れが観察できるのは、本州では白神山地ぐらいである。

以上)でも未熟な個体(1歳と0歳)でも、雌雄それぞれについて、集水面積の小さい上流の捕獲区ほどサイズが小さくなる傾向が統計学的に有意に認められた。成熟個体での平均値は、本流域(集水面積1000ha前後)では、雌が21cm・110g、雄が23cm・130g前後であるのに対し、源流域(集水面積100ha以下)では、雌が19cm・70g、雄が20cm・90g前後だった。そして、雌雄の割合は、2歳以上の個体では本流域では雌が40%前後なのに対し、源流域では60%前後だった。

何が原因でサイズの変異が生じるのかは今のところわからない。遺伝、エサ環境、水温などが考えられるが、今回は明らかにできなかった。ただ、本調査の対象となった、降海しない陸封型のイワナは、1歳に達するとその後はほとんど移動しなくなるので、サイズの大きい個体が下流に降るとか、成長に伴う移動によるのではないことだけは確かだ。

性比に変異が見られたのは意外だった。哺乳類では性は遺伝子によって決まるが、成長段階で後天的に性別が決まる生物種も多い。ウミガメなどでは

卵発生時の温度によって性別が決まることが知られている。魚類でも後天的に性別が決まる種が多く、なかには成長の途中で性転換する種もいる。イワナの性別がどのように決まるのかは不明だが、もし環境要因で決まるなら、その要因が上流と下流で違い、それが性比の変異をもたらしている可能性がある。逆に先天的に性別が決まるのだとしたら、稚魚の時に雄の方が雌よりも

下流に流れやすい 親が子の性比を偏らせて産んでいる 死亡率の性差による のいずれかだろう。

従来のイワナ調査は、限定された範囲で行われていたため、こうした生態的特性の変異は検出されなかった。今回は、広範囲の調査と集水面積をパラメーターに用いることで、変異を明快かつ統計学的に示すことができた。

なぜ繁殖期に遡上するのか？

釣り人の間では「イワナは秋の繁殖期になると上流に遡上する」と言われる。本当だろうか？ 遡上するならど

触ってわかる雄と雌

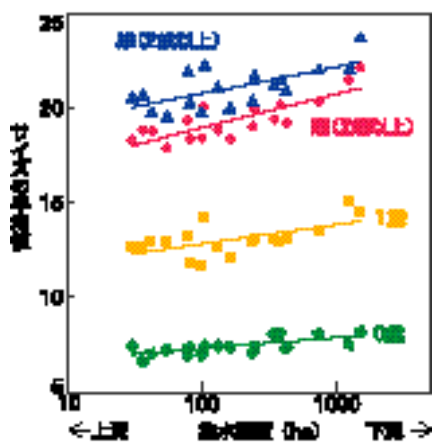
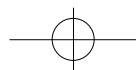
生き物の生態を研究するうえで、雄と雌を区別することは非常に重要だ。しかし、イワナは外見からは性別がわからないことが多い。特に白神山地のイワナのように、一生を河川で過ごす「陸封型」のイワナは、形態的な性差がはっきりしない(大型の個体ならば“顔つき”からある程度わかる)。これまでのイワナ研究では、殺傷して開腹し、生殖腺を確認するしかなかった。

今回の調査では「触診」という新しい手法を用いて殺さずに性を区別することに成功した。イワナに麻酔をかけ、小指を口から胃まで入れて、指の腹で脊髄と胃壁の間にある生殖腺を触診す

る、という方法だ。繁殖可能となる2歳以上の個体ならば、繁殖期(10月)でなくても、生殖腺の手触りから区別ができる。雌の生殖腺は粒々した感じで、雄は雌の生殖腺よりも細く、なめらかな感触となる(写真は雌)。

この雌雄判別法は、他の魚種にも使えるだろう。難点は、指の太い人には不向きなことで、魚の歯で指が傷だらけになることだ。(鹿野雄一/鎌田直人)





集水面積とサイズの変異 下流に行くほど、サイズ(口先から尾鰭の切れ込みまでの長さ)が大きくなっていく。白神のイワナは、1年で7~8cm, 2年で13~16cmに成長し、3歳になる直前の2年目の秋に性成熟して、その後はあまり成長しない。寿命は5~6年と思われる。

のような個体が、なぜ遡上するのか?

沢に築(やな)を仕掛け、繁殖期に遡上する個体を捕獲し、その実態を調べてみた。結果、やはりイワナは遡上していた。約4週間にわたり370匹の遡上個体が築にかかった。イワナは定着性が強いと先に述べたが、繁殖期には一時的に移動して、また元の場所に戻るようだ。遡上は雨の日や夜間に多く、天気の良い昼間にはほとんどなかった。移動は目立つので、天敵に見つかる危険を減らすためと考えられる。沢を遡るのは、体力的にも消耗する。こうしたリスクを負いコストをかけながら、なぜ遡上するのだろうか?

実は、「繁殖期に遡上するのは雄」と予想していた。というのも、下流には雄が多く、上流に雌が多いからだ。ライバルの多い下流域にいるよりも、雌の多い上流の方に移動するのは、理にかなっている。はたして、遡上個体の約8割が雄だった。

雄にとって、遡上で得られるメリットがもう1つある。上流の雄は小さいので遡上すれば、優位に立てる。イワナに限らず多くの動物において、雄のサイズは雌を獲得する際の決定的な条

件となってくる。雌を獲得するには雄同士の闘いに勝ち、雌に気に入られなければならない。その時に、サイズが大きく影響する。

生態学では、残せる子孫の数の期待値を「適応度」と呼ぶ。雌は、たとえば体が小さくとも、ほぼ確実に雄とつがうことができ、その適応度は単純に体(卵巣)の大きさに比例する。ところが雄では、適応度はサイズの2乗や3乗に比例する。大きな個体ならたくさんの雌とつがえるが、小さい個体は繁殖にまったく参加できないこともある。雄にとって体が大きいことは、雌のそれよりもずっと切実な問題なのだ。下流の雄がリスクを負ってでも上流に行き、相対的に自分のサイズを大きくする、という戦略はおおいに納得できるだろう。

割合は少ないが雌も遡上するので、理由はほかにもあるはずだ。イワナは、深さ10cm・直径30cmほどのすり鉢状の穴を川床に掘って「産卵床」とする。卵は常に新鮮な水を必要とするから、産卵床は水が湧き出ている場所に掘る。産卵床に適した場所が、地形的に大味な下流域に比べて、上流の方に多いのかもしれない。卵や稚魚を食べるカジカが上流域では少ない、ということも理由として考えられる。

下流域でも産卵行動や産卵床が多く確認されたことや、ラジオテレメトリーによる追跡調査の結果から、すべての個体が遡上するわけではないことが確認されている。遡上して繁殖するか、それともその場で繁殖するかは、以上のような様々な要因のトレードオフで決まるのだろう。

しめて6万3000匹・6.1tなり

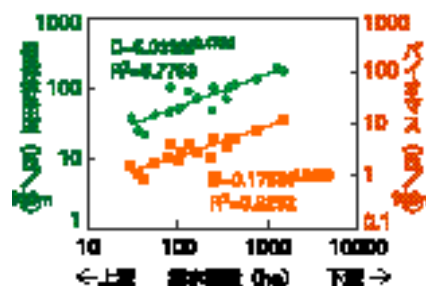
ところで、白神山地にはどのくらいのイワナがいるのだろうか。「集水面積」をうまく利用して推定してみよう。

まず、捕獲調査で得られたデータか

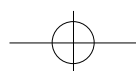
ら、「Jolly-Seber法」という密度推定法によって、18地点の2歳以上の個体群密度(河川の単位長さあたり)をそれぞれ推定する。さらに、その18の数値と各捕獲区の集水面積から、集水面積と個体群密度の一般的な関係を求めると、次のような近似式が得られた： $D=6.0338t^{0.4786}$

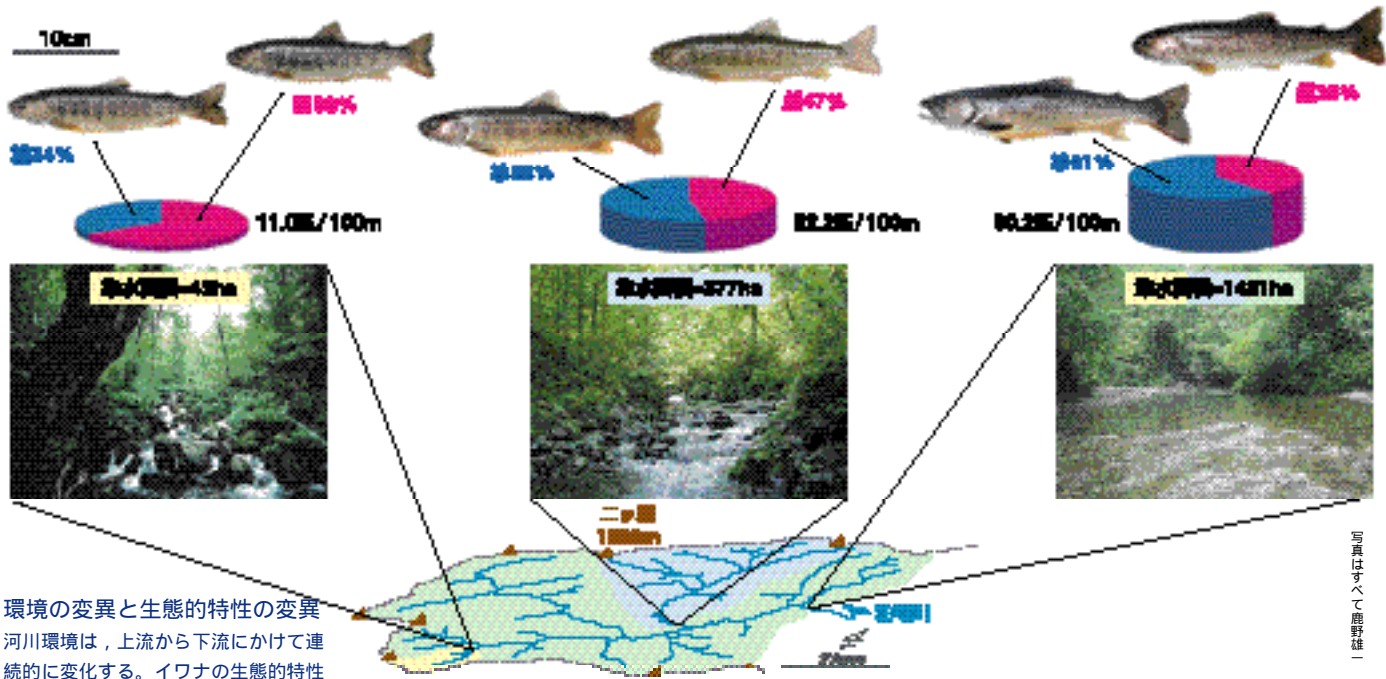
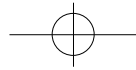
この式でDは密度(河川100mあたりの2歳以上のイワナ個体数)、tは集水面積(ha)を表す。さらに、密度、雌雄の平均生体重、性比から、各地点でのバイオマス(現存量)も計算できる。河川100mあたりの2歳以上のイワナ総重量(kg)をBとすると、次の近似式になる： $B=0.1755t^{0.5689}$

これらの式から、集水面積さえわかれば、捕獲調査をしていない場所でも、イワナの密度・バイオマスを推定できる。調査区域内すべての河川を地図上で100mごとに分割し、上の式を当てはめ、各場所での密度を求めて累計すれば、調査区域内のイワナの総個体数が得られる(集水面積が20~30ha以下のほとんど水がない最上流部や、落差3~4m以上の滝の上流側には、イワナがいない場合が多いので、こうした部分は除く)。その結果、調査区域1507haには5585匹・541kgのイワナがいる、との答えが出た(誤差は±約15%)。1haあたり3.7匹・0.36kg



集水面積と密度・バイオマスとの関係 集水面積が大きくなるほど、イワナの密度・バイオマスの値が大きくなっていく。R²値は0から1の値をとる変数で、1に近いほどその近似曲線が実測点に対して適合していることを示す。縦軸・横軸とも対数表示であることに注意。





環境の変異と生態的特性の変異
 河川環境は、上流から下流にかけて連続的に変化する。イワナの生態的特性もそれに合わせて変異し、上流から下流に行くにつれ、個体数が増え、雄の割合が増えていく。右端の地点の集水面積 1481ha には、地図の黄色・水色・薄緑色の部分すべてが含まれる。

写真はすべて鹿野雄一

のイワナがいる計算になる。単純に面積比で計算すると、世界遺産登録地域には、2歳以上のイワナが約 6万3000匹・6.1t いることになる。

川の生態系を支えるもの

6万3000匹・6.1t とは「意外に少ない」という印象だ。白神ではあまりに多くのイワナが捕れるので、もっと多いだろうと漠然と予想していたが、海産資源と比べればケタ違いに少ない。東京の山手線の内側が約 6000ha だから、その3倍弱もの広大な範囲に、1隻の巻網漁船が1~2回の漁で獲ってしまえるほどの量しかないわけだ。

日本各地でイワナが激減しているのも、資源量を過大評価しがちであることが原因の1つにあるだろう。たとえば、沢を登りながらイワナを何匹も見かけたりすると、「おや、ずいぶんイワナがいるな」などと思ってしまう。しかし、それは「河川沿いに歩いているから」であって、水のない山道では

当然ながら決してイワナに出会うことはない。つまり、河川といういわば一次元的な環境も、実は集水域という二次元的な環境があってはじめて成り立っており、そのような「贅沢な」環境にしかイワナは生息できない。白神山地のような優れた原生林でさえも、たった3.7匹のイワナが生存するために、1haもの面積が必要となるのだ。言葉としての「河川」は、水の流れている場所だけを示すが、生態学的に考えれば、河川は集水域すべての環境を含んでいるのである。

このことはイワナに限った話ではない。絶滅危惧種のリストを見ると、中流から上流域にすむ淡水魚が非常に多いが、これも、河川という生態系の希少性と特殊性を反映しているだろう。

今後の「イワナ学」

イワナは大変美しく神秘的な魅力に満ちた魚で、それだけにファンが多い。そういった人たちが経験的に知っていたり、疑問に思っていたりすることに学問が追いついていないのが現状だ。

今回の調査では、これまでにないアプローチにより、白神山地に生息するイワナの生態と資源量を明らかにでき

た。特に、集水面積とイワナの生態的特性に相関関係があることを示し、それをもとに様々な考察を展開できた。今後は、環境とイワナ個体群との間にある具体的な因果関係を明らかにしていく必要がある。また、白神山地生態系の中で、イワナが他の生物とどのような種間関係を持ち、どのような相互作用を及ぼしているのか、群集生態学的な観点から見るのも楽しいだろう。興味は尽きない。



著者 鹿野雄一(かの・ゆういち) フリーのライター・写真家で、岩壁調査員。自然写真のオンラインデータベースnature-photo-bank.comを作成するかたわら、落石災害防止のため、全国の危険岩壁を調査している。



鎌田直人(かまた・なおと) 金沢大学大学院自然科学研究科助教授。専門は個体群生態学で、ナラ類の衰退を招く昆虫や、イワナの個体群動態を研究している。

もっと知るには...
 『イワナの顔』白石勝彦・和田悟著、山と溪谷社、1993。
 『白神山地』根深誠著、日本交通公社、1995。
 『日本の淡水魚』川那部浩哉・水野信彦編、山と溪谷社、1989。

