

魚類と溪畔林の相互作用に関する研究

1. はじめに
2. 天然アマゴ個体群の動態
 2. 1 方法
 2. 2 結果
3. 溪畔林とアマゴの餌資源
 3. 1 方法
 3. 2 結果
4. 考察
5. おわりに

引用文献

三重大学 生物資源学部

姫路工業大学 自然環境研究所

北海道大学 農学部付属演習林

本田直之・直井将人

永田 洋・原田泰志

田中哲夫

門松昌彦

1. はじめに

日本の河川はこれまで主として治水・利水の観点からの改修が行われた。その結果、直線的で瀬渦の構造のない、流速と底質が均一な河川を作り上げ、砂防堰堤は魚類の移動を阻んできた。またその集水域の植生は、ほぼ完全にスギ・ヒノキの植林に置き換えられた。しかし近年このような河川改修と森林管理に対する見直しが始まりつつある。これにともなう河川・森林環境の変化がそこで生活する生物にどのような影響を与えるのかを明らかにすることは、河川・森林の総合的な管理の指針を定めるに当たって基礎的かつ極めて重要な課題である。

本研究は、溪流に生息する魚種のうち、溪流環境や集水域の森林環境の変化の影響を顕著に受け、また放流により地域個体群の存続が危ぶまれているアマゴに注目し、とくに森林管理の方向転換により広葉樹中心の植生に再創造されていく過程におけるアマゴの生息環境の変化と個体群動態を長期調査により明らかにすることを目的に1997年より開始した。

この長期調査は現在も継続中であるが、本報告では、調査開始後約1年半の間に得られた成果の一部を報告する。なお、1998年の調査に対して、河川環境管理財団の河川美化・緑化調査研究助成をうけた。ここに記して謝意を表する。

調査は、和歌山県東牟婁郡古座川町平井を流れる古座川源流に位置する北海道大学農学部和歌山地方演習林内の平井川（ゴンズイ谷およびクボイ谷）において行った（図1）。

同演習林は標高250mから842mの範囲にあり、年間平均降水量3501.2mm（1971～1988年）である。降水は4月から9月に多く、これらの月における月間降水量は400mm～500mmに達するが、冬季には降水量は少なく乾燥する。演習林内河川にはアマゴが優先して生息しており、アマゴ以外にはごく少数のウナギ、タカハヤ、ウグイが生息するのみである。アマゴはその分布の南限に近い。なお、演習林内は地元七川漁業協同組合の協力によって、1993年より禁漁とされており、また演習林内への種苗放流はなされたことがない。演習林外の平井川ナルイ谷には毎年放流が行われ、遊漁場として釣りでの漁獲が行われている。

演習林の原植生は広葉樹（トチノキ・ケヤキ・サワグルミ・モミジ・カツラ・シイ・カシ・コナラ等）であると考えられるが、現在はスギ・ヒノキの造林地、造林途中の伐採跡地、そして常緑広葉樹と落葉広葉樹の混生する原植生に近い広葉樹林からなっている。演習林では多様な森林の造成に向け、溪畔域やそれ以外の斜面でも可能な箇所においては、スギ・ヒノキ人工林をケヤキ・シイ・カシ・コナラ等の広葉樹林に積極的に変換する長期計画をたて、集水域の植生変化が、河川の水量・栄養塩の濃度や溪流の構造とそこにすむ動物相にどう影響するかを、50年100年という長期スケールで明らかにしていくことが予定されている。その出発点における現状把握を行うことも、本研究の目的である。

本報告では、調査開始後1年半の間に得られた成果のうち、「天然アマゴ個体群の動態」および「溪畔林とアマゴの餌資源」の2つについて記す。

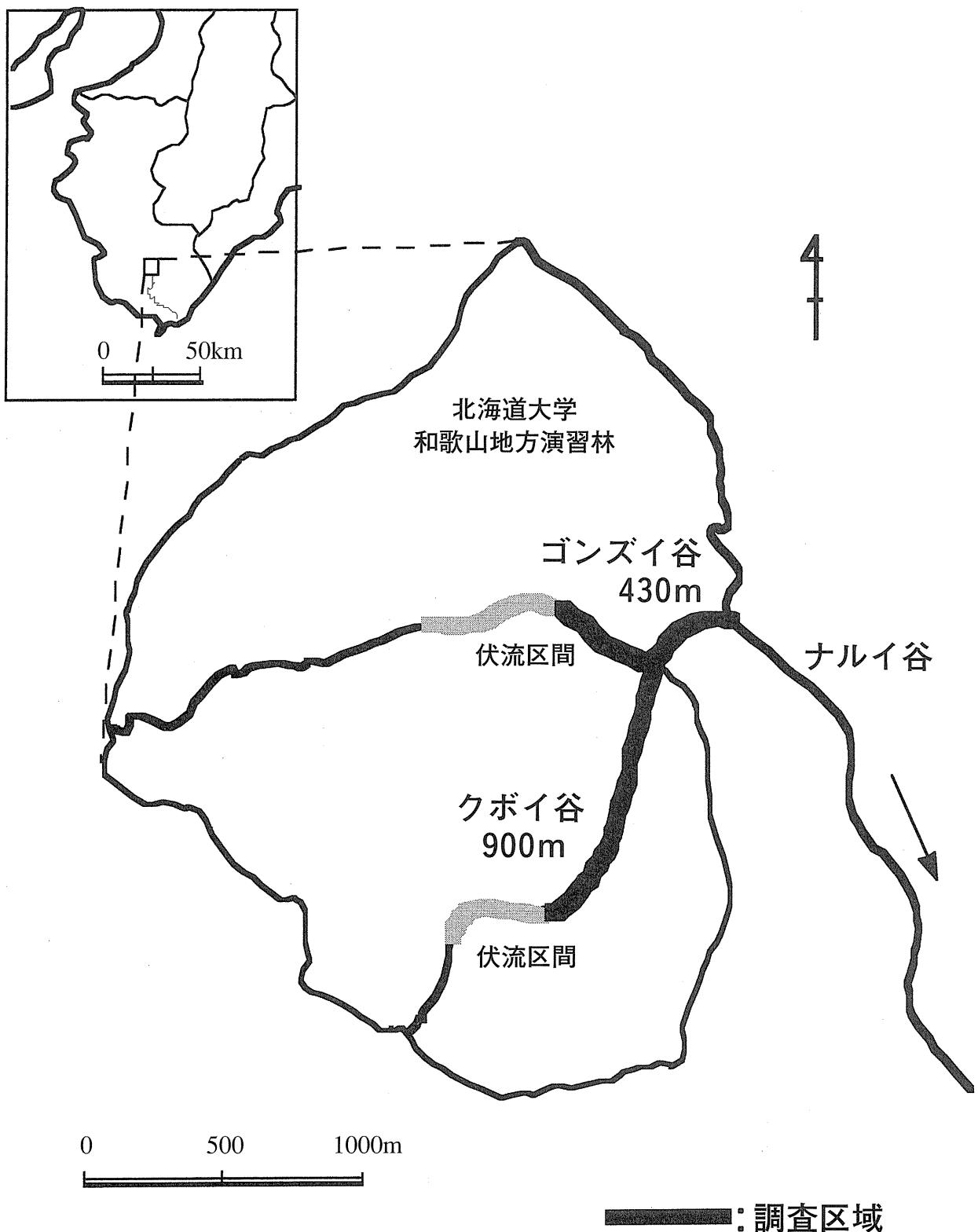


図1 調査地位置：和歌山県を流れる古座川源流平井川源流ゴンズイ谷とクボイ谷。黒い太線部分が調査区間。調査区間の上端から伏流している。

2. 天然アマゴ個体群の動態

2.1 方法

1997年8月より、2ないし3ヶ月ごとにアマゴを採捕し、計測や標識の装着と確認を行った後、採捕場所に放流する、標識再捕調査を継続して行った。これにさきだつ1997年6月に、調査準備として調査河川へのランドマークの設置と魚類標識方法の検討を行った。

2.1.1 調査準備

ランドマークの設置：標識再捕調査においては、魚の採捕地点の記録と、採捕魚の採捕地点への再放流の必要がある。そのため、調査河川に流程10メートルおきにランドマークを設置し、河川内での位置が容易にわかるようにした。ランドマークは、約20cm四方のプラスティック板に黒色ペンキで数字を記したもの用い、河畔の樹木等にプラスティック製の結束バンドによって固定した。

魚類標識方法の検討：標識再捕調査においては、アマゴの個体識別が必要となる。そのための標識方法を、養殖されているアマゴに実際に標識する試験により検討した。その結果、「標準体長6センチ程度の小型個体にも標識可能であること」、「採捕魚を傷つけずに確認可能であること」、「標識個体に与える影響が軽微であること」、「数千個体程度の個体識別が可能であること」という、今回の調査に必要な条件を満たす標識方法として、Visual Implant Elastomer（North West Marine Technology社）を用いることにした。この標識方法は、4色（赤、緑、黄、オレンジ）のElastomer樹脂を、魚体表皮下に小型注射器によって少量を注射するものである。液状のElastomer樹脂は固化剤と混合することにより数時間で硬化し、半永久的な標識が可能となる。われわれは、頭部表皮下の軟骨部に6個所注入することにより、4⁶、すなわち4096個体の識別を可能にした。なお、本標識方法がアマゴの成長や生存等に与える影響について、養殖魚を用いて検討し、影響は無視できる程度であることを確認している（発表準備中）。

2.1.2 本調査（標識再捕調査）

1997年8月、10月、12月、1998年3月、5月、8月、10月、12月の計8回、各回2ないし3日をかけて調査区間全体からアマゴを採捕し、計測や標識の確認・装着、採捕場所の記録等を行った後、捕獲場所に放流する標識再捕調査を行った。

採捕は3から5名のグループで、一名が電気捕魚器（Smith-Root社製Model 12 A、300-400ボルトに設定）を操作してしびれさせた魚を、残りの人員と協同して手網および叉手網をもちいてすぐうことによって行った。

採捕した魚は、2-Phenoxy-Ethanolを200-300ppmの濃度になるように加えたうえ、エアレーションをした河川水内で麻酔したのち、計測と標識の装着や確認を行った。計測においては体長（標準体長）をmmの単位まで、体重を0.1gの単位までよみとった。処理をした個体は、麻酔がさめるまで河川水中に

1時間程度保持した後、採捕場所に再放流した。

このようにして得たデータをピーターセン式¹⁾にあてはめ、推定個体数を算出した。

2.2 結果

2.2.1 体長組成の変化

図2・1に採捕された個体の体長組成を各調査回ごとに示す。3月に小型個体が現れ、その後その年級群が成長していく過程が数カ月みてとれる。しかし8月以降は前年度産まれの1歳魚中の小型魚に追い付き、協会が不明瞭になる。なお、電気捕魚器の捕獲効率は小型個体ほど低く、非常に小型の個体（60mm未満）はとくに採捕されにくいで、非常に小型の個体の割合は過小評価となっていると考えられる。

参考までに、1998年12月に採捕された個体について、演習林外（釣り場として開放されている）と演習林内の体長組成を比較してみる（図2・2）。とくに大型個体の割合に相違がみられ、演習林外では大型個体が少ない。これは演習林外において大型個体が釣獲された結果であると考えられる。

各調査時点間の個体の成長（体重変化）を図2・3に示す。また、肥満度（K: 体重(g)を体長(mm)の3乗で除したのち、100,000を乗じたもの）の時間変化を図2・4に示す。これらの図から、アマゴは3月から5月に大きく成長するのみでその他の時期の成長は小さく、またこの3月から5月の間に肥満度を増すことがわかる。また12月において、相対的に大型の個体はやせており、これは10月から12月の間にある産卵期にエネルギーを使い果たすことによると思われる。

また、1997年10月に採捕された個体のうち、1998年10月にも採捕された個体について、その間の時点も含めて採捕時の体長を示す（図2・5）。1年間の間に30mm程度しか成長していない個体も多く、成長率はかなり低いと考えられる。また1997年10月時点ではほぼ同じ大きさであっても、一年後の大きさが大きく異なる例もみられ、成長の個体差が極めて大きい。

2.2.2 移動

各調査時点間のアマゴの移動距離を図2・6に、移動の方向を表2・1に示す。すべての調査時点間において、移動距離は小さく、'98年5月から8月の間をのぞき、統計的に有意に上流方向あるいは下流方向への移動が多いということはない。量水用の堰堤（図2・7）がゴンズイ谷との合流点から約250メートル上流のクボイ谷に存在する。図表には示されていないが、調査期間を通じて、この堰堤の下流から上流へ移動した個体は見られなかった。この堰堤は遡上を阻害しており、そのため、堰堤上流は下流からの個体の移入のない個体群となっている。

2.2.3 個体数変動

ピーターセン法によって求めた推定個体数の推移を、図2・8に示す。この図より、調査区域全体では400から800個体程度、クボイ谷の堰堤上部にはおよそ150から250個体程度の電気捕魚器で採捕可

能なサイズのアマゴが生息していることがわかる。

個体群が存続していく可能性を評価するうえにおいては、どれくらいの数の個体が繁殖に参加しているかが重要な情報となる²⁾。そこで以下のようにして、繁殖個体の概数を求めた。図2・3から1997年および1998年の10月と12月の間の体重変化をみると、10月時点でおよそ120 mm以上の個体の多くで体重減小がみられる。この体重減小は産卵や放精といった繁殖活動に起因するものと考えられる。そこで、120 mm以上の個体が繁殖に参加可能であると仮定すると、1997年10月時点における繁殖可能個体数は、調査地全体で300弱程度（95 %信頼範囲は232から329個体）、堰堤上部では100弱程度（95 %信頼範囲は82から105個体）と推定される。

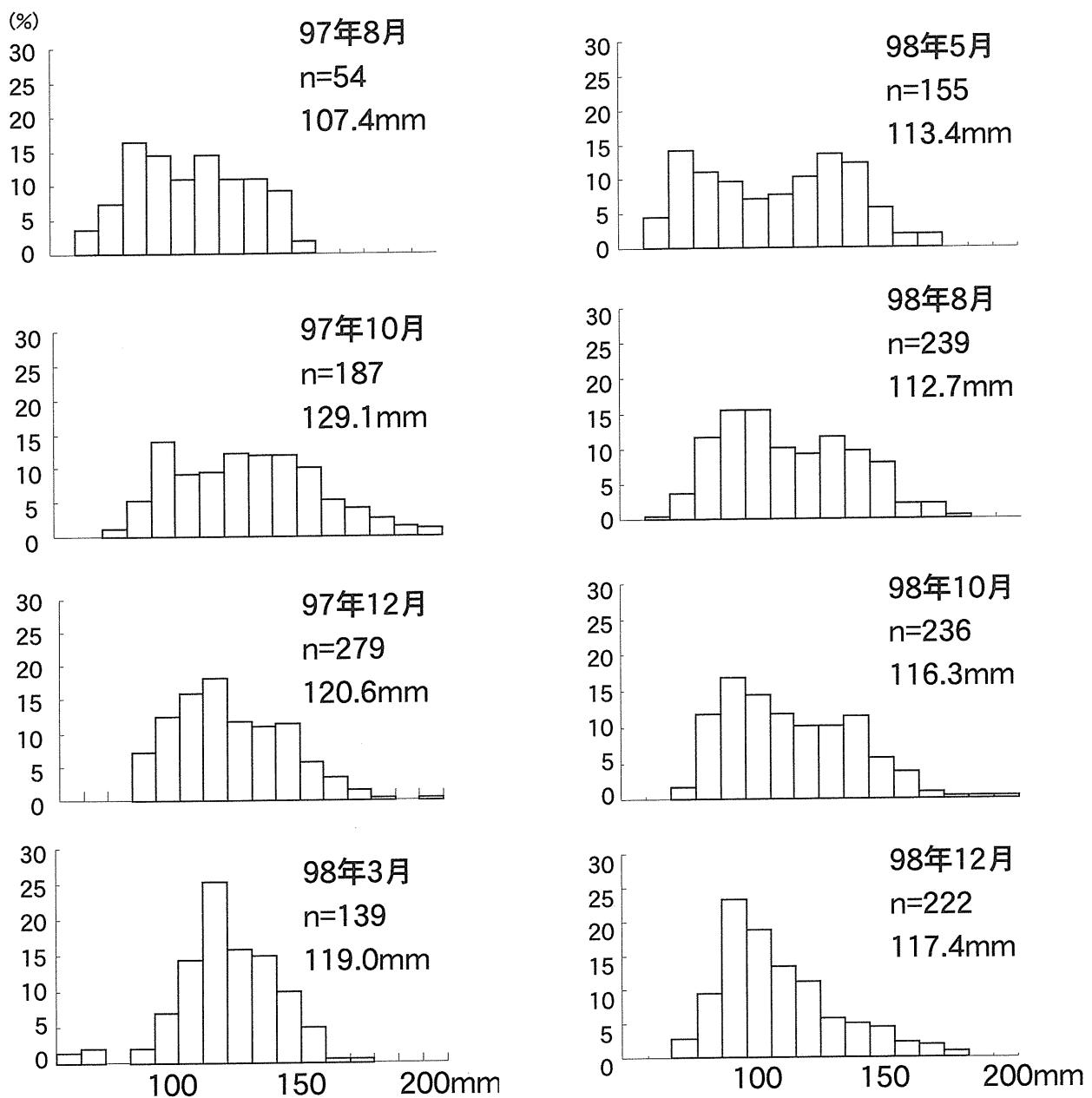


図2・1 採捕個体の体長組成の推移：横軸は体長（mm）、縦軸は割合（%）。各図の右肩に、採捕時期、採捕個体数、採捕個体の平均体長を示す。

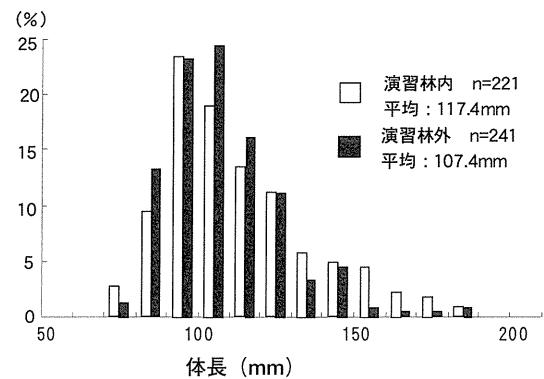


図2・2 1998年12月における演習林内と演習林外の採捕個体の体長組成：横軸は体長 (mm)、縦軸は割合 (%)。白抜きが演習林内、黒く塗りつぶしたのが演習林外。

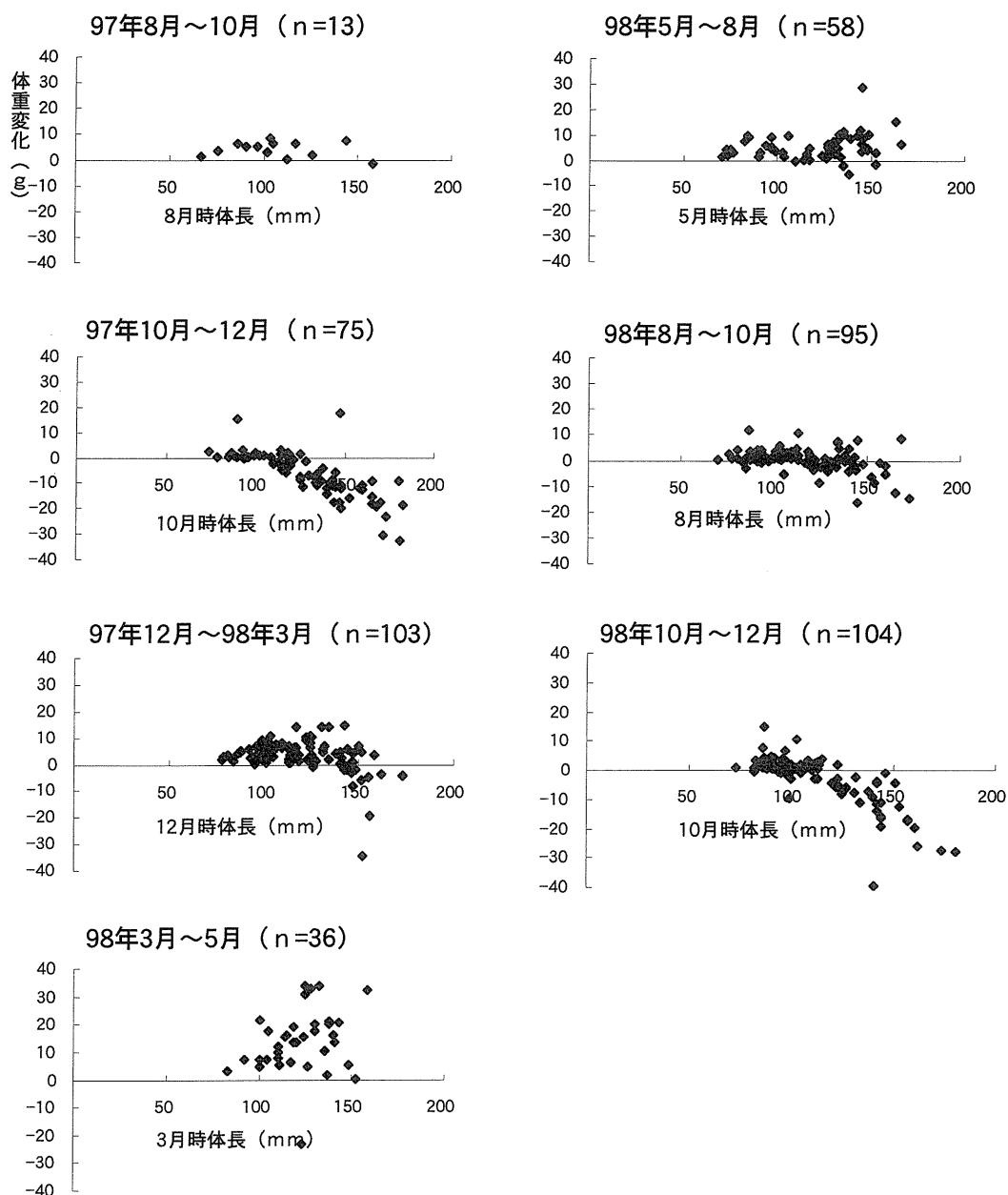


図2・3 調査時点間の成長：体長を横軸に体重変化を示す。各図の上に期間および2調査時点の両方で採捕された個体数（図上の点の数）を示す。

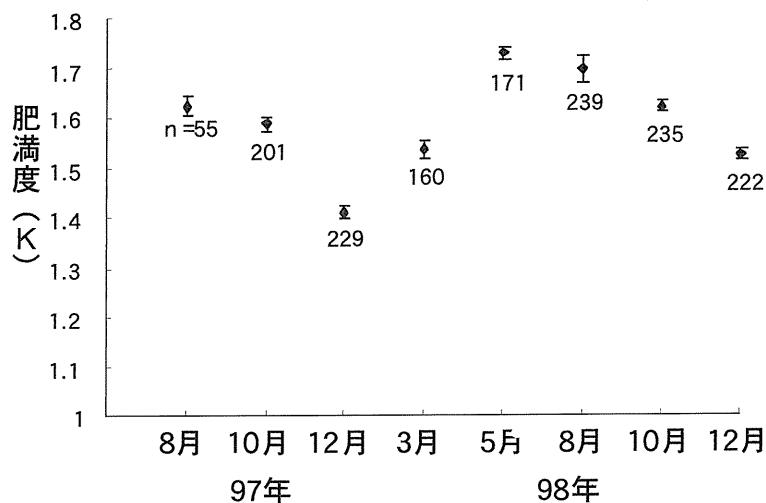


図2・4 採捕個体の平均肥満度の推移：標準誤差および標本個体数（n）をあわせて示す。

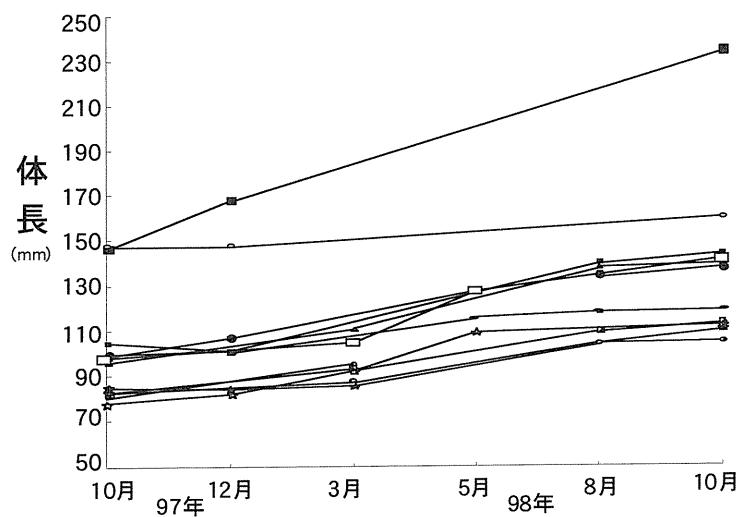


図2・5 1997年10月と1998年10月の両方で採捕された個体の成長：それぞれの線が個体の成長の軌跡をあらわす。

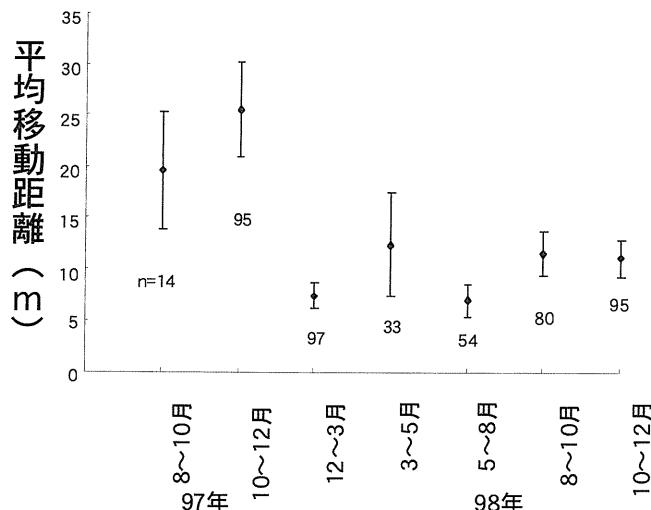


図2・6 各調査時点間の個体の平均移動距離：標準誤差と標本個体数（n）を合わせて示す。

表2・1 移動方向：*を付した98年5月から8月の間にのみ、5%水準で有意に上流方向への移動が多かった。

期間	上流方向	下流方向	移動なし
97年8月～10月	6	8	0
97年10月～12月	30	47	18
97年12月～98年3月	32	28	37
98年3月～5月	8	17	8
98年5月～8月*	22	10	22
98年8月～10月	29	31	20
98年10月～12月	34	36	25

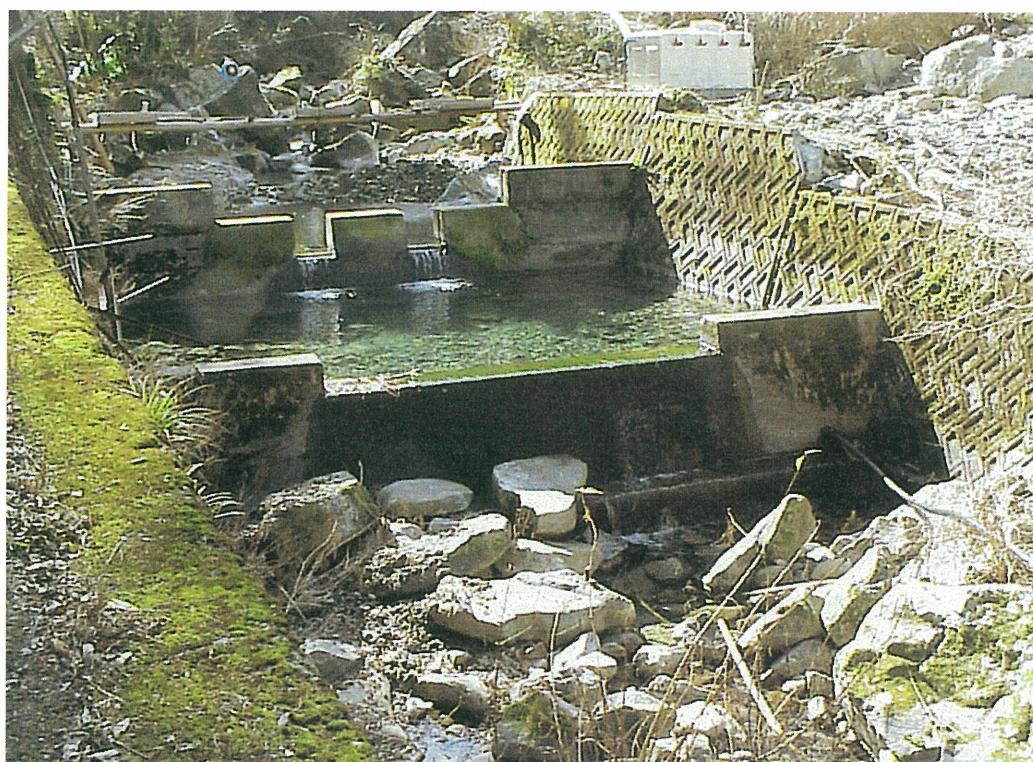


図2・7 クボイ谷の量水堰堤：下段（高さ約1m）の下には淵がなく、そのために遡上阻害要因となっていると考えられる。

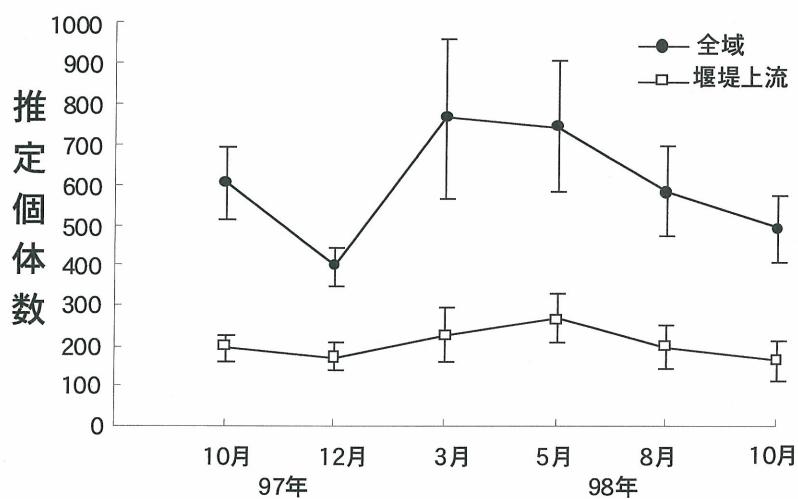


図2・8 推定個体数の推移：95%信頼範囲とともに示す。黒丸が調査範囲全域、白丸が堰堤上。

3. 溪畔林とアマゴの餌資源

3.1 方法

植生の異なる演習林内の河川内3地点（広葉樹林内、スギ造林地内、伐採跡地内）を調査地点に選び、それぞれの地点において、河川に落下する無脊椎動物および底生無脊椎動物の採集・計量を行うとともに、それぞれの地点近傍に生息するアマゴを採捕し、生息数の見積もりとその胃内容物の採取・計量を行った。標本の採集は、1998年8月より開始し、現在も継続しているが、本報告では、今までに解析の済んだ1998年の8月と12月の標本を用いた検討結果を示す。以下に、方法の詳細を述べる。

3.1.1 落下無脊椎動物の採集

各調査地点の河川上1.3m～1.5mに、1m四方の木製の水盤トラップ（図3・1）を6個設置し、8月は1日～7日間隔で14回、12月は25日間隔で2回、ハンドネットを用いて、トラップ上の落下動物を採集した。落下動物の脱出を防ぐため、水盤トラップ内の水には少量の界面活性剤を入れた。採集した落下動物は、直ちにエタノールで固定した。



図3・1 水盤トラップ

3.1.2 底生無脊椎動物の採集

各月のはじめに、各調査地点それぞれにおいて、瀬と淵で各3箇所、合計6箇所をランダムに選び、サーバネットを用いて25cm四方の底生動物を採集した。採集した底生動物は、直ちに99%エタノールで固定した。

3.1.3 胃内容物の採集

アマゴの捕食活動が活発に行われる早朝に、各調査地点下流の流程 100 m 区間において、電気捕魚器を用いて 10 ~ 20 個体のアマゴを採捕し、麻酔後、スポットを用いた吐き出し法によって胃内容物を採集した。アマゴは採捕地点に再放流した。

3.1.4 流水面積の計測

流水面積は、流程 10 m ごとに流水幅を計測し、その平均に流程長を乗じて求めた。このようにして求めた流水面積で、同時に行われた採捕調査における区間内のアマゴの採捕数を除し、単位流水面積当たりのアマゴの生息尾数の指標とした。

3.1.5 標本の計量

採集した落下無脊椎動物と底生無脊椎動物は、後日実験室にて、実体顕微鏡下で科または目まで分類した。アマゴの胃内容物は陸生無脊椎動物、水生昆虫の成虫、底生無脊椎動物、その他（既消化物および砂利やトビケラの巣などの消化不能物）の 4 つのカテゴリーに分類した。

分類後、各分類群ごとにアルミ皿にのせ、ドライオーブンを用いて 60 °C で 24 時間乾燥させた。乾燥させた標本は直ちに 0.1 mg 単位で、重量計測を行った。

落下無脊椎動物については、各調査地点の 6 トрапへの落下量（乾燥重量）を平均し、さらに回収の日数間隔で除して、単位面積（1 m²）当たりの 1 日平均の落下量（落下密度）を求めた。本研究では、アマゴの餌動物としての無脊椎動物を問題としているため、アマゴの胃内容物中に見られた無脊椎動物の最大体長（15 mm）を超える体長のものは解析から除いた。

底生無脊椎動物については、各調査地点から採取した 6 標本の乾燥重量を平均し、サーバーネットの採集面積（0.0625 m²）で除することによって、その月の 1 m² 当たりの生物量とした。

胃内容物については、各地点ごとに異内容物を採集したアマゴの個体数で総量を除して、各カテゴリーごとの個体当たり乾燥重量を求めた。

3.2 結果

3.2.1 落下無脊椎動物（図3・2）

8月1日から8月31日の間の落下量（日平均落下密度：単位はmg/m²/day）は、広葉樹林で9.1、スギ造林地では14.6、伐採跡地では11.4であった。このように点推定値は広葉樹林が最も少なかったが、3地点の差は統計的には有意ではなかった。落下動物中の陸生無脊椎動物の量は、スギ造林地、広葉樹林、伐採跡地の順に少なくなり、スギ造林地と伐採跡地の差は5%水準で有意であった。しかし、伐採跡地と広葉樹林の間、スギ造林地と広葉樹林の間の差は有意ではなかった。落下動物中の水生昆虫の成虫の量は、広葉樹林では他の2箇所に比べて5%水準で有意に少なかった。その結果、広葉樹林では落下無脊椎動物中に占める水生昆虫の割合は顕著に少なかった。

12月1日から12月28日の間の日平均落下密度は、広葉樹林で0.6、スギ造林地では2.0、伐採跡地では0.8と、いずれの地点でも8月にくらべて激減した。

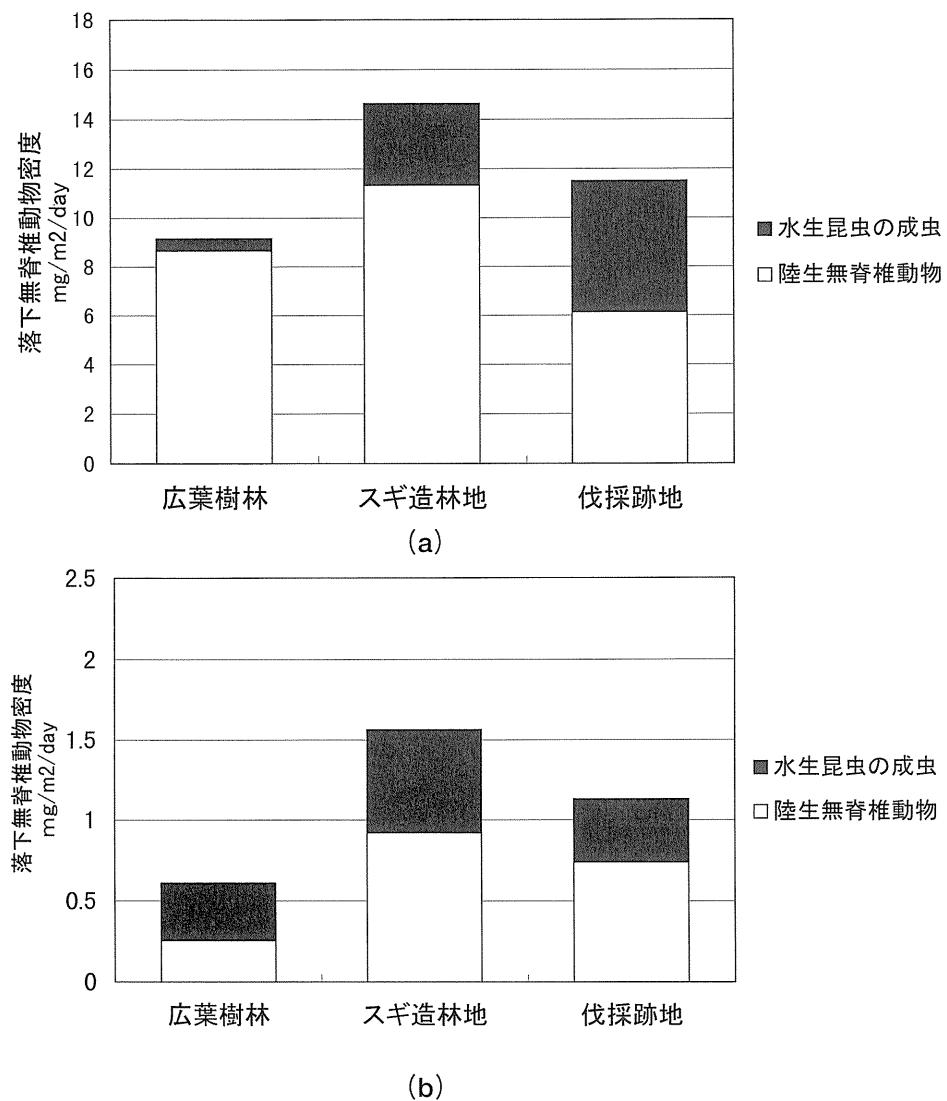


図3・2 落下無脊椎動物密度：aは1998年8月、bは1998年12月。調査地点ごとに示す。

3.2.2 底生無脊椎動物の現存量（図3・3）

8月の底生無脊椎動物の現存量（単位はmg/m²）は、瀬では広葉樹林では点推定値540.3、標準誤差105.6（これを 540.3 ± 105.6 SEと表す：以下同様）、スギ造林地では 489.1 ± 121.1 SE、伐採跡地では 1320.0 ± 331.2 SEであった。点推定値は伐採跡地で高かったが、それぞれの差は統計的には有意ではなかった。淵ではそれぞれ 275.2 ± 133.1 SE、 205.3 ± 173.7 SE、 532.3 ± 159.2 SEとやはり伐採跡地で点推定値が高かったが、差は統計的には有意ではなかった。有意差が出なかったのは、標本数が少ないと想定され、現実に差は存在するものと考えてはいるが、それを確かめるためにはさらに多くの標本をとって検討する必要がある。

12月になると、瀬では広葉樹林で 1037.3 ± 469.1 SE、スギ造林地では 911.5 ± 313.9 SE、伐採跡地では 1219.7 ± 349.7 SEであり、点推定値は広葉樹林とスギ造林地で増加し、3地点間の差は8月に比べて小さくなっている。淵ではそれぞれ 619.7 ± 174.9 SE、 627.7 ± 68.3 SE、 916.0 ± 92.6 SEであり、点推定値は3地点ともに増加しているとともに、瀬と同様、点推定値の比でみた3地点のちがいは8月にくらべ

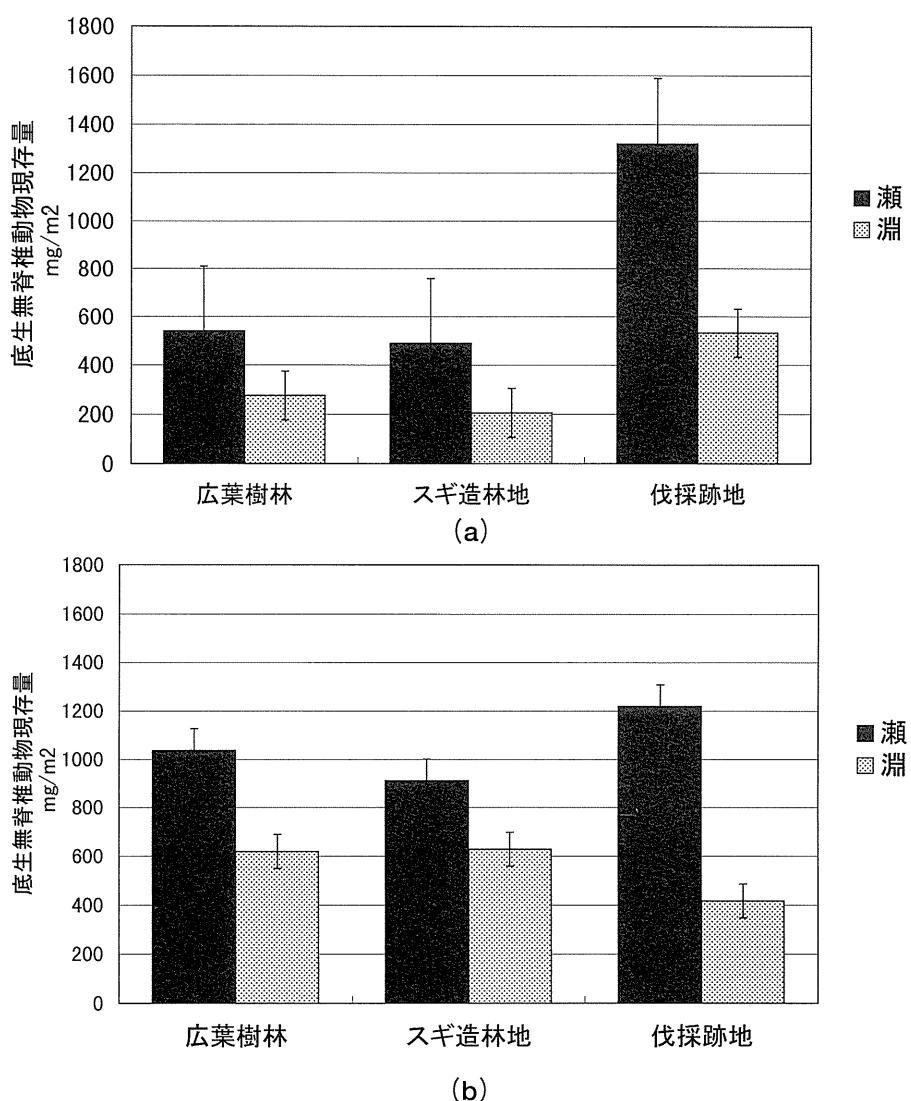


図3・3 底生無脊椎動物密度：aは1998年8月、bは1998年12月。標準誤差とともに調査地点ごとに示す。

て小さくなつた。

3. 2. 3 アマゴの胃内容物（図3・4）

8月には、広葉樹林で陸生無脊椎動物の割合が大きく、66%を占めたのに対し、伐採跡地では、底生無脊椎動物の割合が大きく、78%を占めていた。スギ造林地ではこれら2地点の中間の組成を示した。

12月には、広葉樹林と杉林において、8月に比べて陸生無脊椎動物の割合が低下していた。

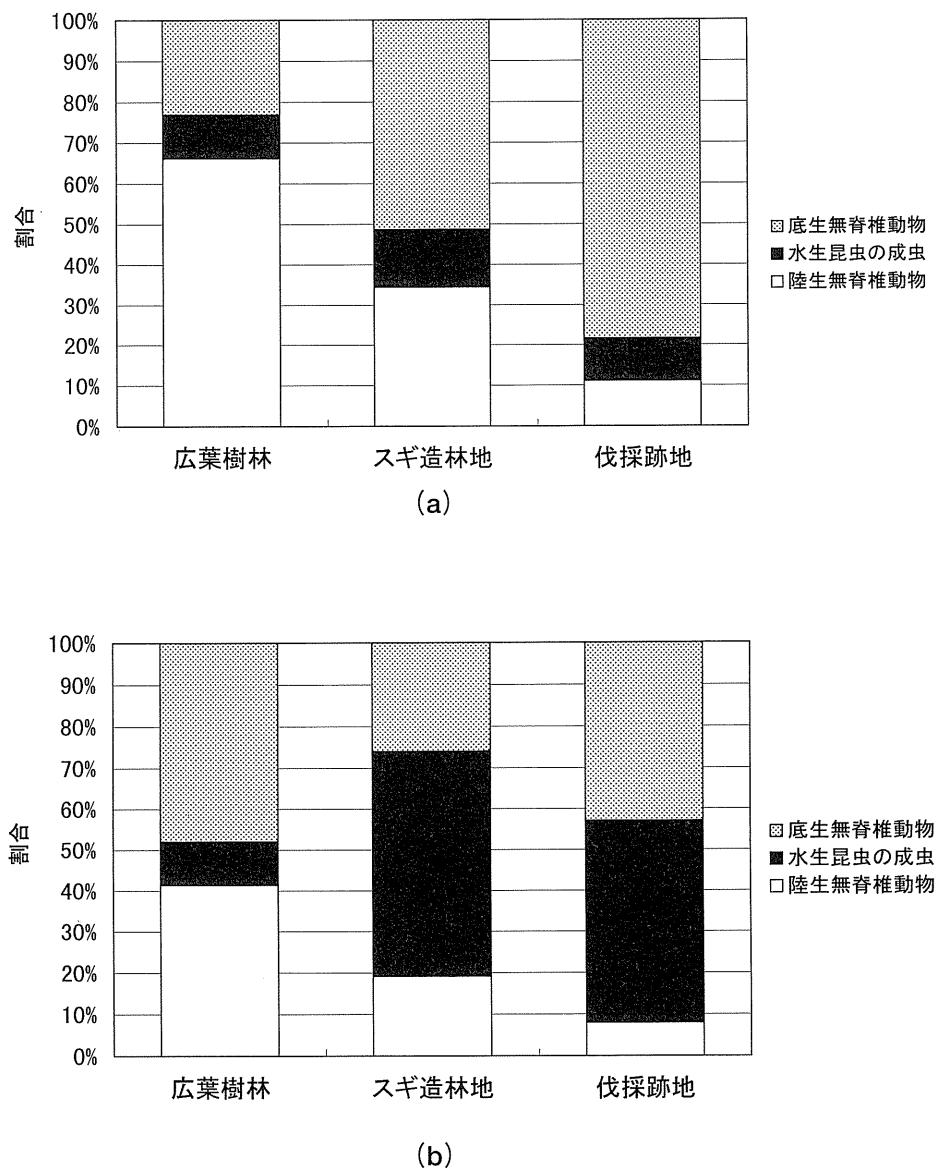


図3・4 アマゴの胃内容物の組成：aは1998年8月、bは1998年12月。調査地点ごとに示す。

3.2.4 アマゴの生息密度（図3・5）

8月、12月のいずれにおいても、伐採跡地で最も生息密度の指標が高く、次いでスギ造林地、広葉樹

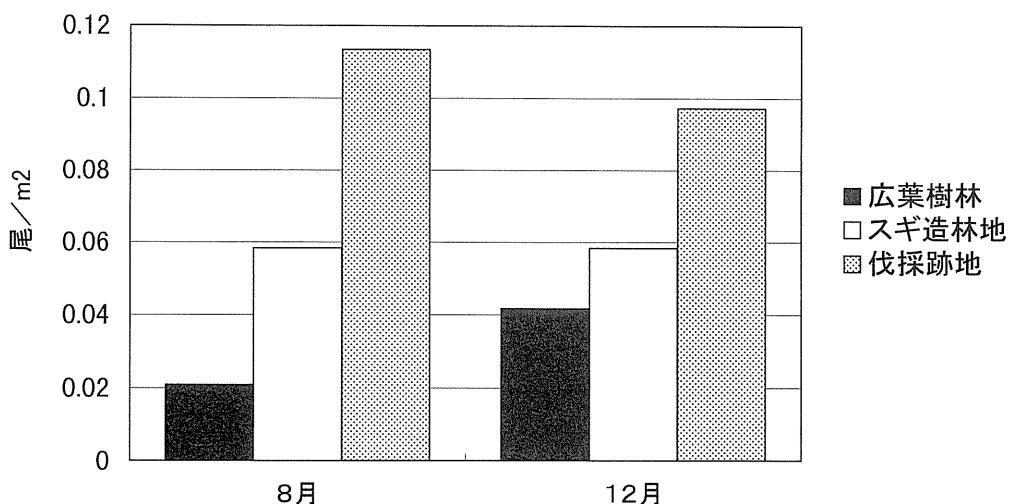


図3・5 アマゴの生息密度の指標：1998年8月と12月の結果を調査地点ごとに示す。
林の順になった。

4. 考察と今後の課題

4.1 成長

年齢に伴うアマゴの成長についての知見は、必ずしも多くの場所から得られているわけではないが、現在までに報告されている情報³⁾からみて、アマゴの分布域の南限に近い本調査地におけるアマゴの成長は必ずしも芳しいものではない。その原因として、餌供給が潤沢でないことや水温が高いために体を維持するためのエネルギー消費量が大きいことなどが予想される。前者を確かめるには餌供給量とアマゴにとっての餌の価値の定量化が必要であり、後者についてはアマゴの基礎代謝についての情報が必要である。これらのうち、陸上と水中からの餌供給量は、3節で紹介した調査を継続することにより、定量化が可能であり、その結果を他の場所での情報と比較することによって評価できる。アマゴにとっての餌の価値は、食性が類似する他の冷水性サケ科魚類についての既往情報が利用できると考えられる。アマゴの基礎代謝については、厳密には実験を行い測定をする必要があるが、これも他の冷水性サケ科魚類における既往研究^{4, 5)}を参考にすることができると考えられるが、そもそも環境水温が類似する場所での情報が既往のものに存在するかどうかが現時点では不明であり、今後実際に計測することも必要になるかもしれない。これらの情報は、単にこの調査地におけるアマゴの成長を理解するのに必要なだけにとどまらず、植生改変や地球温暖化による水温や餌供給の変化の影響を予測する上で重要である。

4.2 移動

調査河川は、紀伊半島南部の多雨地帯にあり、台風や集中豪雨時の増水はすさまじいものがある。調査期間中にも何度も増水があった。それにもかかわらず、移動が非常に限られており、同じ個体がほぼ同じ場所で再捕されるのは、不思議なことである。なぜなら、増水時に平水時と同じ場所にとどまることは、不可能であるように思われるからである。増水時に定住場所からはなれて流れの緩い場所に避難し、その後、元の定住場所にもどるのか、それとも定住場所内に避難場所があるのかを確かめることには興味がもたれる。

源流域の渓流魚において移動が限られていることは、アマゴについてはNakanoら⁶⁾によって報告されており、本調査の結果もこれを裏付けるものである。また、海外においても渓流魚の移動性が少ないという報告が多くRestricted Movement Paradigmともよばれている⁷⁾。しかし、必ずしも常に移動性がすくないわけではない場合も報告されている。たとえば、河川内的一部区間において環境改善が行われた場合、隣接する生息場所から個体が移動して改善された区間に定着し、あたかも環境改善の効果によって魚類の生存率が高くなった結果、生息数がふえたかのように見える場合があることも指摘されている⁸⁾。そのため、常に移動性が小さいのか、それとも環境条件が変化すれば大きく移動することもあるのかどうかを明らかにすることは、山岳渓流の環境改善の効果を評価するうえで重要な情報である。また、渴水等の自然要因や河川工事等の人為的要因によって水が涸れた区間への再侵入が速やかにおこるかどうかも、移動性の大小の影響を受けると考えられ、やはり移動についての情報は非常に重要となる。我々の調査区間内にも、冬季に渴水により水が涸れる区間がある。この区間について、すでに収集したデータを解析するとともに、再侵入の過程をより詳しく調査することにより、これらの問題についても明らかにできると考えている。

4.3 堤堰の遡上阻害効果

調査区間内にある堰堤がアマゴの遡上を阻害していることが示された。以下に述べるように、このことは在来アマゴの保全にとって、プラスにもマイナスにも働きえ、いわば両刃の刃である。

演習林外の平井川ナルイ谷には、三重県産の祖先をもち、養殖場において何世代も重ねた魚の子孫が放流されている。そのため、これらの魚が演習林内に遡上してきて繁殖に加わると、在来のアマゴと放流アマゴの混血化がすすんでいく。すなわち、在来アマゴの遺伝的形質が失われていく。放流されている個体は、三重県に由来するだけでなく、長い間人工環境で飼育されてきた個体を親とすることから、人工環境下での生活や再生産には適応しているが、野外で生活し再生産していくのには適応していない遺伝的性質を持つよう変化している可能性がある（サケ科魚類の放流魚が遺伝的に変化している例については、Reisenbichler⁹⁾、Campton¹⁰⁾などがレビューしている）。このような放流魚も堰堤を超えてはいないと考えられるので、少なくともこの堰堤上の個体群は放流魚の血が混じらない、純潔の在来系であると考えられる。

アメリカでは源流部に残っている在来魚（カットスロートトラウトの一亜種*Salmo clarki pleuriticus*）の

生息場所に、外来魚であるカワマス *Salvelinus fontinalis* が侵入することを防止するために、人工的に遡上障害物を設置する研究も行われている¹¹⁾。このように堰堤を積極的に利用して、在来種の保全をはかることが、日本でも考えられるようになるかもしれない。

しかし一方で、堰堤上で繁殖に参加した個体数は 100 程度と小さく、このことが、堰堤上の個体群の絶滅の確率を高める可能性がある²⁾。魚類では生存率が年ごとに変動するのが普通であり、個体群の大きさが小さいと、生き残りの悪い年にたまたまオスかメスのどちらかが一個体も残らない状況が起こり、繁殖が行えなくなる可能性がある。とくに、アマゴのように定住性が高い種においては、たとえ雌雄両方が堰堤上にいても、離れ離れで出会えないこともあるかもしれない。また、集団が小さいと、偶然的要因によって遺伝子頻度が変化する遺伝的浮動によって、遺伝的多様性が失われて適応能力が失われたり、劣性有害遺伝子が発現しやすくなったり、有害遺伝子の固定が起こりやすくなったりする。そのため、遺伝的劣化が起こる可能性がある。そして、このように劣化した遺伝的性質が、稚魚の流下によって堰堤下の個体群に広がり、堰堤下の個体群をも遺伝的に劣化させてしまうこともありうる。

絶滅の危険性を小さくするために、どれくらいの繁殖個体数が必要であるかについては議論があるが、最低でも 100 以上が必要と考えられており²⁾、数千が必要という説もある¹²⁾。いずれにせよ、堰堤上の個体群の大きさは安全とは言えない大きさである。堰堤上の個体群の大きさをこれ以上小さくしないことは在来アマゴの保全上非常に重要であり、在来アマゴ保全のためには、少なくとも堰堤上では禁漁が継続されることとともに、アマゴに配慮した森林管理が望まれる。

堰堤下も含めた調査地全体でも繁殖個体数はたかだか 300 程度であり、その数は必ずしも安全とは言い切れない範囲にある。そのため、仮に演習林内への放流アマゴの侵入がほとんどなく、演習林内のアマゴのすべてが在来と考えられたとしても、これ以上個体数を減らすことは在来アマゴの保全上の脅威となる。やはり、アマゴに配慮した森林管理等、何らかの施策が望まれる。

4.4 溪畔植生と餌条件

森林の機能として、魚に対する餌供給があげられることがあり、その機能においては、広葉樹林がもっとも優れていると通常考えられている。そして、溪流魚の生息にとって広葉樹林がもっとも望ましいとも考えられている。しかし、本研究の結果は必ずしもそれを支持するものではなかった。すなわち、本調査地においては、必ずしも他の場所に比べて広葉樹林区で陸生無脊椎動物の供給が多いわけではなく、落下動物中の水生昆虫の成虫は少なかった。また 8 月においては水生無脊椎動物の量は、統計的に有意ではなかったが伐採跡地にくらべて少ない傾向がみられた。ただし、12 月にはその差はなくなっていた。そして、アマゴの生息密度は広葉樹林区がもっとも低かった。

これらについて考察をこころみる。

まず、8 月の陸生無脊椎動物供給量が広葉樹林で多いわけではなかったことの理由としては、調査を行った広葉樹林が、落葉広葉樹のみの林ではなく、常緑広葉樹との混交林であったことが考えられる。常緑広葉樹は落葉広葉樹に比べて、昆虫類の餌として適していない可能性がある。そのため、落葉広葉樹のみ

の林に比べて、林冠部に生息する昆虫の量自体が少ないと落する量そのものが少なかったのかもしれない。また、今回の調査地のスギ造林地にも広葉樹が混生していることも影響していると考えられる。

また、8月において底生水生生物の量が、他の2地点にくらべて伐採跡地で多かった。これは伐採跡地の日当たりがよかつたことによると思われる。すなわち、樹冠によって日光が遮断されないために、河床の藻類による一次生産量が大きくなり、それをえさとする底生無脊椎動物の現存量が増加したのではないかと考えられる。

12月には3地点で底生無脊椎動物の現存量にあまり差がなくなった。12月には伐採跡地以外の2地点で、一部の樹種の落葉により、日照がよくなつたために藻類の一次生産が活発になったり、落葉が供給されたことにより、藻類や落ち葉をえさとする水生昆虫の密度が高まつたことによる可能性がある。

12月にはアマゴの胃内容物にしめる水中由来のもの（水生昆虫の成虫および底生無脊椎動物）の割合が増加したが、これは落下無脊椎動物中の陸生昆虫の量の低下に対応している。ただし、トラップに入つた落下無脊椎動物中に必ずしも多くなつた水生昆虫の成虫を多く捕食しているのが、伐採跡地やスギ造林地でみられるが、これは羽化直後、すなわち水中生活から陸上生活への移行時点のものを捕食していると考えられる。

これらのうちいくつかについては、現時点における手持ちの情報を用いて検討可能であるが、新たなデータ収集が必要なものもあり、今後検討していきたいと考えている。とくに今回は8月と12月の標本のみを用いて検討したが、現在継続中の調査の結果を用いて、一年を通じての検討を行う予定である。とくに広葉樹が葉を広げていく晩春から初夏の時期には、林冠からの餌供給も非常に多くなると考えられ、この時期の情報を収集して検討することは非常に重要であろう。実際、調査地のアマゴにおいては、大きな体重成長がこの時期に起こっている（図2・3）。

伐採跡地にアマゴの生息量が多かったことから、アマゴの増殖のためには溪畔林を伐採したほうがよいと考えられるだろうか？実際、地元住民のなかにも経験的に日あたりのよい伐採跡地にアマゴが多いということを知つておられ、アマゴを増やすためにはもうすこし溪畔林を伐つたほうがよいという考えを述べられる方もある。また、溪畔林が伐採された場所でサケ科魚類、とくに稚魚の個体数や現存量が増加するという例が、北米においてしばしば報告されている¹³⁾。これは、伐採による日射量の増大によって川床での藻類の一次生産が増大し、それを餌とする底生無脊椎動物が増加することによって魚類の餌条件が好転することによると考えられており、本調査地でも同様のことが起こっていると考えられそうである。

しかし、一方で、伐採による日照の増大は河川水温の上昇を引き起こし、冷水性のサケ科魚類に致命的な影響を与えることもある¹³⁾。本調査地の伐採地は、その上流部に広葉樹主体の森林をもち、伐採に由来する水温上昇の影響をあまりうけないと考えられる場所であった。そのため、藻類の一次生産増大とそれにともなう水生昆虫の増大という、日照が増えたことのプラスの影響を局地的にうけた結果、伐採跡地がアマゴの生息にとってすぐれた場所となつたのではないかと考えられる。言い方をかえると、森林による日光の遮断がアマゴの生息におよぼす影響のうち、水温上昇の抑制という比較的大きな空間的スケールで

働くものは、隣接する森林の存在によって維持されたまま、一次生産の抑制という有害な影響だけが除去された結果、伐採跡地が生息地として優れたものになったと考えられる。そのため、全流程にわたって渓畔林が伐採された場合には、アマゴの生息量が減少することも十分考えられる。

渓畔林の影響としては、日光の遮断以外にも、餌となる陸生無脊椎動物の供給や、倒流木による淵や隠れ場所といった生息場所の生成があげられている¹³⁾。先にも述べたように、本研究の調査地における広葉樹のなかに優占する常緑広葉樹は陸生無脊椎動物の溪流内への供給能力に劣る可能性がある。また、調査地が急峻な山岳渓流であるため岩によって淵が形成され、流木に由来する淵がほとんど作出されない。これらのことから原因で、広葉樹林が存在することの意義が小さくなり、広葉樹林での生息密度が高くならないことも、伐採跡地のアマゴの生息密度を相対的に高くしたと考えられる。

比較的大きな空間スケールで働く渓畔林の好影響が維持された中に点在する伐採跡地でアマゴが増えるということから、モザイク状に伐採跡地が存在することがアマゴにとって望ましいということになりそうに思われる。しかし、モザイク状であれ、渓畔林が伐採されることで、下流の水温上昇をもたらし、下流におけるアマゴの生息域を狭めることになる可能性がある。上流でアマゴを増やすことが原因で下流のアマゴを減らすことになるかもしれない。このことに限らず、局所的にはプラスの影響をもたらすものが、より大きな空間スケールではマイナスの影響をもたらす場合や、その逆の場合があることは、森林管理において留意しておく必要があるだろう。そして、本調査地のように、上流部に貴重な在来個体群が存在し、上流部のアマゴの生息場所を保全することが下流部の保全に比べて重要と考えられる場合には、下流部の保全を犠牲にしても上流部を保全するような施策も受け入れられる可能性もあるが、必ずしもいつもそうではないことには留意する必要があるだろう。

5. おわりに

本報告に記した調査の一部は、河川環境管理財団の河川美化・緑化調査研究助成の補助によって行った。研究を進めるにあたり、北海道大学農学部和歌山地方演習林の職員の皆さんには、さまざまなかたちで調査を補助していただいた。北海道大学苦小牧演習林の青井俊樹林長は、本調査のきっかけをつくってくださるとともに、地元漁協との交渉など、数々の手間をとってくださいました。また、北海道大学農学部苦小牧演習林の中野繁さんとその研究グループのみなさんには、調査を開始するに当たり、調査方法の御指導をいただいた。また、七川漁業協同組合のみなさんおよび古座川町平井のみなさんには、調査遂行にさまざまな便宜をはかっていただきましたとともに、われわれを暖かく迎えてくださいました。調査においては、三重大学生資源学部の多数の学生諸氏に補助をいただいた。これらの人々に記して感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 能勢幸雄・石井丈夫・清水誠 1988 水産資源学 東京大学出版会 pp.217.
- 2) 鶴谷いづみ・矢原徹一 1996 保全生態学入門 遺伝子から景観まで, 文一総合出版, pp. 270.
- 3) Nakano, S. and M. Nagoshi 1985 Density regulation and growth of a redspot masu-trout, *Oncorhynchus rhodurus*, in a mountain stream. *Physiol. Ecol. Japan*, 22: 1-16.
- 4) Elliott, J. M. 1994 Quantitative Ecology and the Brown Trout, pp. 286, Oxford University Press, Oxford.
- 5) Miura, T., N. Suzuki., M. Nagoshi. and K. Yamamura 1976 The rate of production and food consumption of the biwamasu, *Oncorhynchus rhodurus*, population in Lake Biwa. *Researches on Population Ecology*, 17, 135-151.
- 6) Nakano, S., T. Kachi and M. Nagoshi 1990 Restricted movement of the fluvial form of red-spotted masu salmon, *Oncorhynchus masou rhodurus*, in a mountain stream, central Japan. *Japanese Journal of Ichthyology*, 37: 158-163.
- 7) Gowan, C., M. K. Young, K. D. Fausch and S. C. Riley 1994 Restricted movement in resident stream salmonids: a paradigm lost? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 51: 2626-2637.
- 8) Riley, S. C. and K. D. Fausch 1995 Trout population response to habitat enhancement in six northern Colorado streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 52: 34-53.
- 9) Reisenbichler, R. R. 1997 Genetic factors contributing to declines of anadromous salmonids in the Pacific Northwest. pp. 223-244 in "Pacific salmon & their ecosystems: status and future options." D. J. Stouder, P. A. Bisson and R. J. Naiman eds. Chapman & Hall, New York.
- 10) Campton, D. E. 1995 Genetic effects of hatchery fish on wild populations of pacific salmon and steelhead: what do we really know? *American Fisheries Society Symposium* 15: 337-353.
- 11) Thompson, P. D. and Rahel, F. J. 1998 Evaluation of artificial barriers in small rocky mountain streams for preventing the upstream movement of brook trout. *North American Journal of Fisheries Management* 18: 206-210.
- 12) Lande, R. 1995 Mutation and conservation. *Conservation Biology* 9: 782-791.
- 13) 井上幹生. 1998 森と魚, 森誠一編「魚から見た水環境」 145-157.