

## ◆ 特集：自然共生センターにおける研究 ◆

## 寄生虫を指標とした魚類の移動状況

浦部美佐子\* 萱場祐一\*\*

## 1. はじめに

野外生物の体内や体表には、一般的に、数多くの寄生生物が生息している。寄生生物の中には人畜に対して病害性をもつものも多く、従来、医学・獣医学・魚病学などの分野で取り扱われてきたが、近年は生態学的な研究も始まり、生態系の一部をになう生物としての認識が広まりつつある。寄生生物は、その生存のために、寄生相手(宿主)となる他種の生物が必要不可欠であるため、食物連鎖における高次捕食者と同じように、所属する生態系を最も集約した形で表す生物であると考えられる。しかし、寄生生物の生息と、個々の環境要因との関連づけは容易ではない。寄生生物は、外部環境から作用を直接に受ける場合と、宿主の生理的变化を介して間接的に受ける場合があり、その影響はそれぞれ異なっている。そのため、現在までの生物学的な知見の限りにおいては、環境指標生物として一般に利用されるには至っていない。しかし、調査対象となる宿主や地域毎に、有用な寄生虫の種類を選択して調査を行うならば、寄生虫の存在は生物の生態を知るうえで重要な情報をもたらす<sup>1),2)</sup>。

一般的に、寄生虫と呼ばれるものは、単細胞の原虫(原生動物門)と、多細胞の蠕虫(ぜんちゅう)(扁形動物門線形動物門鉤頭動物門など)とに分けられる。後者の多くは、一生のうちに複数の宿主を必要とする複雑な生活環を持つ。利用する宿主の種類は寄生虫の種類ごとに決まっており、次段階の宿主への移動、すなわち宿主転換は、宿主間の食物連鎖や生息場所の共有を利用して行われる。このように、寄生虫が生物に感染する経路は限られているので、ある寄生虫の存在から、宿主の食性や移動範囲について情報を得ることができる<sup>1)</sup>。このように、寄生虫は「生物タグ」として、宿主の生態解明に役立てることができる。

魚類の移動調査には、タグピンによる個体識別やテレメトリー、または鱗切り法が広く使用される。これらはそれぞれに長所を持つが、共通の欠点として、魚の採捕やタグの装着・マーキングの際に魚を傷めることと、発信機の重量やひれの切除により、遊泳能力が影響を受けることが挙げられる。そのようなマーキングの負荷は小型の魚ほど大きく、あまり小さな魚には事実上使用できない。また、安定同位体などの化学的な指標を用い、食性の変化と関連させて移動を調べる方法は、検査の技術や費用の点で、必ずしも簡便であるとはいえない。

寄生虫タグには、従来のタッキング法にはないいくつかの長所がある。第一に、マーキングに人為操作が不要で、多数の魚を検査対象とすることができる。次に、魚にほとんど負担をかけないので、物理的なタッキングのできない稚魚でも使用可能である。また、検査は多少のトレーニングで可能であり、実体顕微鏡程度の器具しか必要としない。その反面、人為マーキングと異なり、マーキング自体にむらがある可能性があり、また魚の感染源となる生物の分布状況が把握できていなければ、寄生虫をタグとして使用することはできない等の欠点もある。

自然共生研究センター実験河川の魚類からは、約30種類の寄生性蠕虫が発見されている。その中に、魚類に寄生する前段階の宿主で木曾川本川にしか生息しない寄生虫が7種類含まれていた。従って、これらの寄生虫に感染した魚は、木曾川本川で前段階の宿主と接触を持ち、その後実験河川に遡上してきた個体であると考えられる。そこで、これらの寄生虫を、木曾川からの遡上個体を示す生物タグとして利用し、2001年夏から、実験河川と木曾川本川間の魚類の移動についての調査を行っている。

本報では、初年度に得られた結果について報告する。



## 2. 指標寄生虫

木曾川の指標寄生虫として使用したのは、扁形動物門吸虫綱のメタセルカリア幼生(被囊幼生)6種と、軟体動物二枚貝綱イシガイ科のグロキディウム幼生(有鉤子)1種である。

代表的な吸虫である高橋吸虫の生活環を図-1に示した。水中に落ちた虫卵が第一中間宿主である巻貝のカワニナ類に摂取されると、貝の体内で増殖し、数千~数万個体のセルカリア幼生となって水中に泳ぎ出る。セルカリア幼生は第二中間宿主であるフナ等の体表に侵入し、メタセルカリア幼生となる。メタセルカリア幼生は直径0.15mmほどの大きさで、通常肉眼では識別できないが、高橋吸虫の場合、メタセルカリア幼生の周囲には宿主のメラニン細胞が凝集するので、肉眼で黒い点として認められるようになる。メタセルカリア幼生は基本的に一度魚に寄生すると脱落することなく、終宿主である鳥獣類に第二中間宿主が捕食されるのを待つ。第二中間宿主が終宿主に捕食されると、メタセルカリア幼生は終宿主の消化管内で脱囊し、成虫となって産卵を開始する。

魚類に寄生する吸虫のメタセルカリア幼生は、指標として優れた点がある。第一に、魚に寄生するとすぐ被囊して休眠状態となるため、宿主への病原性がほとんどなく<sup>注1)</sup>、生存率や移

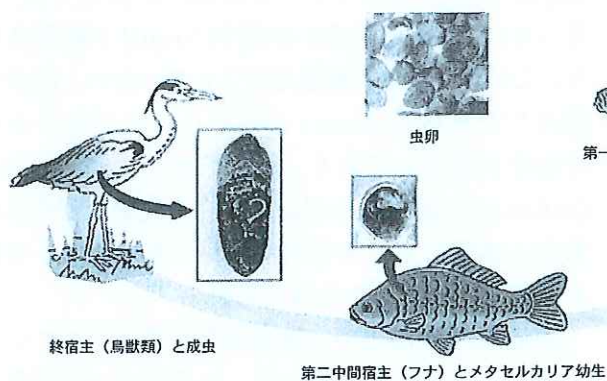


図-1 高橋吸虫の生活環

注1) 吸虫の種類によっては、メタセルカリアが宿主の神経や眼球の中に侵入するものもあり、そのような種では宿主への害が大きい。

動能力に影響を与えないので、タッキングの負荷によるデータバイアスが生じない。また、メタセルカリアは一度寄生するとほとんど脱落しないため、長期に亘る移動の証拠を得るには最適のタグである。また、メタセルカリアが変態を完了するまでの発達段階により、移動に要した時間を推測することも可能である。

図-2に、イシガイ科のドブガイの生活環を示した。ドブガイの雌は産卵した卵をえらの中に保持し、グロキディウム(有鉤子)に育った幼生を水中に放出する。ドブガイのグロキディウムは径0.3mmほどの鈍三角形で、殻は淡褐色である。グロキディウムは、殻にある鉤を利用して、接近した魚のひれ等に寄生する。ドブガイでは、水温20℃前後の場合、グロキディウムは10日程度で宿主を離れ、底生生活に移行する<sup>3)</sup>。従って、グロキディウムは長期間持続するタグとはならないが、移動所要日数の指標となる可能性がある。



図-2 高橋吸虫の生活環

本研究で指標として使用された寄生虫の種名と生活環は以下のとおりである。宮田吸虫 *Metagonimus miyatai* (第1中間宿主:カワニナ類、第2中間宿主:アユ・カワムツなど、終宿主:鳥類・哺乳類)、高橋吸虫 *M. takahashii* (第1中間宿主:カワニナ類、第2中間宿主:フナなど、終宿主:鳥類・哺乳類)、*Centrocestus armatus* (第1中間宿主:カワニナ類、第2中間宿主:オイカワなど、終宿主:鳥類)、*C. formosanus* (第1中間宿主:カワニナ類、第2中



間宿主：カネヒラなど、終宿主：鳥類)、*Pseudexorchis major* (第1中間宿主：カワナ類、第2中間宿主：フナなど、終宿主：ナマズ)、*Echinochasmus milvi* (第1中間宿主：カワナ類、第2中間宿主：カネヒラなど、終宿主：鳥類)、ドブガイ *Anodonta woodiana* のグロキディウム (宿主・ヨシノボリなど)。カワナ類およびドブガイは、実験河川とその取水元である新境川のいずれにも生息が確認されておらず、木曽川本川だけに分布すると考えられる<sup>4)</sup>。

### 3. 材料と方法

2001年度の実験河川の通水は5月10日に開始された。従って、実験河川内で採捕された魚類のうち、1歳以上の成魚はすべて新境川からの移入個体であり、すでに指標寄生虫に感染している可能性が高い。そこで、実験河川内で孵化したと推定される0歳の幼魚を対象として、実験河川と木曽川本川間の分散の程度を調査した。材料として、体サイズで0歳魚と成魚の区別が可能なフナ類 *Carassius spp.* (ギンブナ *Carassius sp.*、ゲンゴロウブナ *C. cuvieri* を含む) とタモロコ *Gnathopogon elongatus* の2分類群を選定した。

7月から12月にかけて、実験河川で0歳の幼魚を採集し、標準体長を測定後に解剖して、実体顕微鏡下でひれえら等を観察し、指標寄生虫の有無を検査した。魚類が新境川から実験河川へ移入する経路は、実験河川の下流端・上流端のいずれかになる。1999年の11月24日～1999年12月25日までの調査結果によると下流側からの移入量が上流側の移入量に比較して約3倍と多くなっている<sup>4)</sup>。下流側から移入する場合、木曽川本川から実験河川までの距離は約0.7km、上流側から移入する場合には約3.2kmである(図-3)。なお、新境川合流点から実験河川第2終末池にかけて河床勾配が1/70、延長100mの接続水路が設置してあるため、実験河川に下流側から移入するためにはこのスロープを遡上する必要がある。

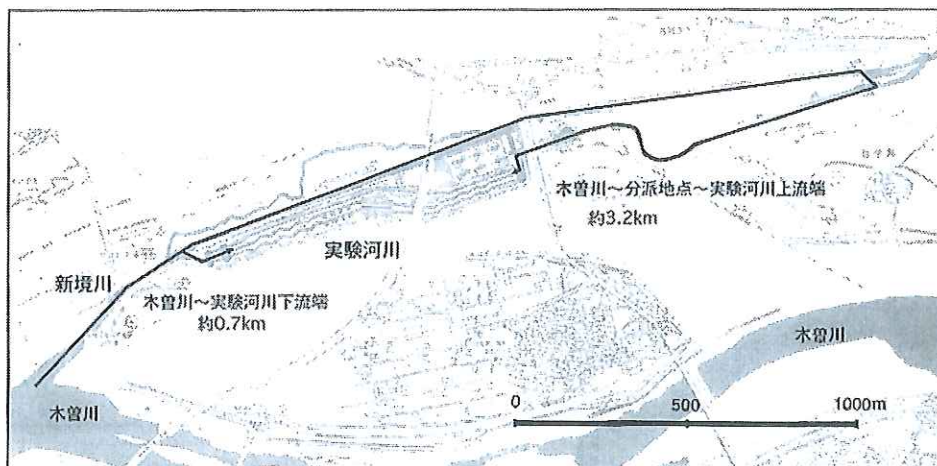


図-3 木曽川から実験河川への魚の移入経路

上流側から移入する場合にはこのような勾配に関連する障害はないが、上流配水池から実験河川間は長さ80m程度の管路によって送水を行っているため、上流側から移入する場合にはここを流水とともに降下して実験河川に移入する必要がある。

### 4. 結果

フナ類：実際に検出された指標寄生虫は、高橋吸虫と *Centrocestus armatus* のメタセルカリアである。6-7月には、稚魚の標準体長は10-50mm程度であり、指標寄生虫は全く感染していなかった。8月下旬から10月初旬にかけて標準体長は50-110mmに成長し、同時に感染魚が多くみられるようになった。11月下旬から12月初旬には標準体長は60mm以上となり、すべての幼魚が指標寄生虫に感染していた(図-4)。

タモロコ：検出された指標寄生虫は宮田吸虫または高橋吸虫(両者を区別せず)、*Centrocestus armatus*、*Echinochasmus milvi*、*Pseudexorchis major* のメタセルカリアである。A河川では、7月3日に感染幼魚(最小体長29.7mm)が確認された。この個体には、変態を完了していない、眼点の残存した *Centrocestus armatus* のメタセルカリア幼生が寄生しており、同属吸虫 [*Stamnosoma* (= *Centrocestus*) *nycticoracis*] の変態に要する日数から推定して、木曽川本川から実験河川まで約4日以内に到達したと考えられる<sup>5)</sup>。

同時期のB河川では感染幼魚が発見されていないが、これは全ての稚魚が、出水時にのみ河道と連結する人工わんどで採集されたためである。このわんどは、5月31日から7月13日まで、実験河川河道と分断されていたため、稚魚は外部との



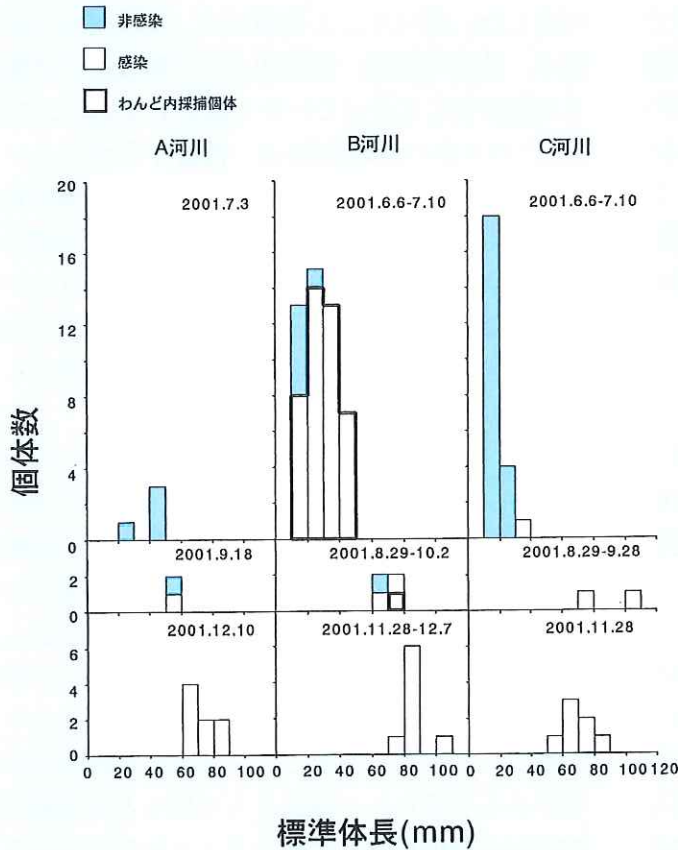


図-4 フナ類の体長と指標寄生虫の感染

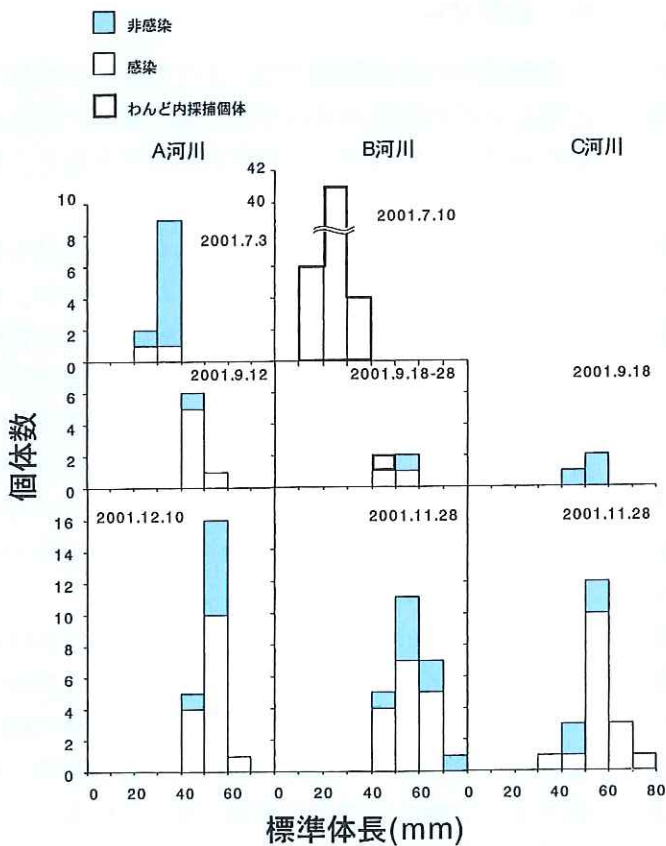


図-5 タモロコの成長と指標寄生虫の感染

行き来が遮断されていた。夏から秋にかけてはフナ同様に指標寄生虫の感染率が増加し、11月下旬から12月初旬には、71%の幼魚に感染が見られた(図-5)。これは、2001年1月および10月に新境川で採集されたタモロコ当歳魚の感染率と有意な差がなかった(実験河川:感染:非感染 = 47:19、新境川:感染:非感染 = 4:6。フィッシャーの正確確率検定、 $p = 0.072$ )。なお、11月下旬から12月初旬の時期に限定してA-C河川間で感染率の比較を行ったが、有意差は見られなかった(G検定、 $p = 0.565$ )。

### 5. 考察

稚魚は通常の標識が難しく、移動の追跡は容易ではないが、指標寄生虫を使用することで、その一端を明らかにすることができた。

コイ・フナなどの多くの淡水魚は、産卵期に活発な移動を示し、水田や支川などの一時的な水域に入り込むことが知られている<sup>6)</sup>。一時的な水域で孵化した稚魚は、引き続き餌の豊富な一時的な水域で仔稚魚の段階を過ごすと考えられている<sup>7)</sup>。実験河川でも、5~6月に、ナマズタモロコフナなどの成魚が入り込んで産卵し、木曾川の魚にとって一時水域的な役割を果たしていると考えられる<sup>8)</sup>。ナマズの場合、仔稚魚は5月に出現し、7~8月ごろには個体数が減少するので、この時期になると実験河川から出ていくと推測されている<sup>8)</sup>。

一方、フナの幼魚は10月ごろ、タモロコの幼魚は12月まで、実験河川で個体数を維持しており、一見定住しているように見える<sup>8)</sup>。本調査により、フナ・タモロコの幼魚も、実験河川と木曾川本川を跨いで700m以上の距離を活発に移動しており、高い移動性を持っていることが明らかとなった。フナでは、夏の終わりから秋にかけて、標準体長が5~6cmを越える頃に移動が活発になり、11月にはすべてが木曾川本川からの遡上個体で



占められるようになり、実験河川内のみで成長する個体は存在しないことが判明した。タモロコでは、7月に体長 3cm に満たない稚魚の段階で既に分散が始まり、11月から12月には71%以上の幼魚が木曾川からの遡上個体で占められるようになった。木曾川から移入した魚がすべて感染しているとは限らないので、本研究で得られた感染個体の比率は、木曾川からの遡上個体の最小限度の割合を示すものである。

このことから、実験河川のフナ類とタモロコの幼魚は、実験河川内に定住しているのではなく、木曾川本川を含む広い範囲を移動しながら生活していることが証明された。このことは、幼魚の成育には、一時的水域に加えて、恒常水域との連結が重要な役割を果たしている可能性を示唆している。

この結果からフナやタモロコ類の生息する水域での保全や河川復元等の際には、周囲の数百 m～数 km の範囲の環境を考慮して行うべきであると考えられ、そうすることによって、より効率的なハビタットの創成を行うことができる可能性がある。例えば、離れた池や小川を水路で連結することなどによって、産卵場所や隠れ場所などのハビタットの多様性を確保し、同時に環境が悪化した際の逃げ場所ができることで、個体群の絶滅リスクが下ると考えられる。また、フナやタモロコ類の生息場所を人工的に設置する必要がある場合には、周囲の環境を考慮したうえで、その地域に不足しているハビタットを重点的に設置すると効率的であると考えられる。ただし、他の淡水魚の中には移動性の低い魚種もあるので、そのような種を保護する場合には、現在の生息場所そのものの保全が必要である。

また、河川改修等により一部の区間のハビタットの構造が単調になっても、他の水域において多様なハビタットが確保され、かつ、そこでの移動性さえ確保されていればその影響が顕著に現れない可能性も示唆している。これは、安易な魚類調査結果のみから人為的インパクトの影響を評価することに対する問題を示すものであり、今後はリーチスケールにおける調査・評価だけでなく他の水域との関係性を十分踏まえた調査・評価手法の確立が急務であることを意味しているだろう。

フナ、タモロコとも、11月下旬から12月上旬

のころには、3本の実験河川内での感染率は上限に達した。従って、この頃には、実験河川の幼魚群は、移動の結果、木曾川および新境川の幼魚群と均質に交じり合っていると見なすことができる。A-Cの3本の実験河川は、構造や出水パターンの設定が異なり、それらの特性が魚類の移動量に影響する可能性がある。しかし、本年度の調査では、感染率が急激に増加する7月から9月にかけての検査魚数が少なかったため、各河川の特性が魚類の移動に与える影響は今後の検討課題として保留された。

なお、上記の指標寄生虫類は、他にもオイカワ、モツゴ、コウライモロコ等で高い感染率を示した。これらの魚種は、サイズでの齢推定が困難なことや、採捕個体数が少ないことなどの理由により、2001年はデータを解析するまでには至らなかった。しかし、鱗の成長線による齢査定の併用などにより、これらの魚種でもフナ、タモロコと同様に、寄生虫を指標として幼魚の移動調査が可能であると思われ、今後さらに異なる魚種間で実験河川の利用形態を比較することが可能になるであろう。

## 6. おわりに

実験河川の計画段階では、2つの水域を連結した場合にどの程度の早さで魚介類の移入と定着が進むかについてはほとんど既存の知見がなく、実験を実施する上での不安材料であった。

実験開始直後から魚介類の移入が活発に見られたことからこの不安は一応払拭されはしたが、実験河川内における魚介類が連結水域とどの程度の早さで入れ替わっているかについては実態把握が難しかった。このため、実験河川内に造成した様々なハビタットでの魚類の生息が一時的な利用なのか、比較的長期間の利用なのか、については判断ができず、結果、魚類の生息から考えたハビタットの評価が曖昧なものとなっていた。

本調査結果は、2つの連結された水域における魚類の移動実態について魚種と移動時間も含めて一定の知見を与えており、実験河川の生物に関する特性だけでなく今後様々な河川事業を調査・評価する上で極めて貴重な情報と考えている。

特に、今後予定しているハビタットと魚類の生息状況に関する研究やこの成果に基づくハビタッ

トインデックス (ハビタットの状況を点数化し水域の生態系を簡易に評価しようとする指標) に対しては、実験河川自体の特性だけでなく、実験河川と木曾川との相対的な位置関係を十分認識する必要があることを示している。今後、寄生虫を指標としながら、実験河川だけでなく、木曾川から比較的距離のある新境川上流部等でも調査を行い、個々の水域の生態的な相互作用を総合的に把握していくことが必要と考えている。

#### 参考文献

- 1) 橋本健一: Pseudozoogonoides ugui Shimazu, 1974 (Digenea, Zoogonidae) を指標としたウグイ Tribolodon hakonensis の河川型と降海型の比較。寄生虫分類形態談話会会報, 18号, pp.1-4, 2000.
- 2) Urawa, S. and Nagasawa, K: Prevalence of Myxobolus arcticus (Myxozoa: Myxosporidia) in five species of pasific salmon in the North Pacific Ocean and Bering Sea. 北海道さけ・ますふ化場研究報告, 第 49 卷, pp.11-19, 1995.
- 3) 福原修一、中井一郎、長田芳和: 淡水二枚貝ドブガイ Anodonta woodiana の魚体寄生時における発生経過, Venus (貝類学雑誌) 第 49 卷, pp.54-62, 1990.
- 4) 萱場祐一: 実験河川における魚類の移入および生息状況, 平成 11 年度自然共生研究センター研究報告, pp.58-125, 平成 12 年 8 月
- 5) 黒川帝文: スタムノゾーマ属吸虫の研究, 特に Stamosoma nyctycoracis Izumi (1935) の第一中間宿主の決定並に其の發育史に就て, 東京医事新誌, 第 3166 卷, pp.3153-3161, 1939.
- 6) 齊藤憲治・片野修・小泉顕雄: 淡水魚の水田周辺における一時的な水域への侵入と産卵。日本生態学会誌, 第 38 卷, pp.35-47, 1988.
- 7) 片野修: 水田・農業水路の魚類群集。水辺環境の保全-生物群集の視点から-, pp.67-79, 朝倉書店, 平成 10 年 11 月
- 8) 田中伸治、力山基: 流量変動の有無が及ぼす水質・生物への影響 (魚類への影響), 平成 12 年度自然共生研究センター研究報告, pp.86-107, 平成 13 年 8 月

浦部美佐子\*



独立行政法人土木研究所  
水循環研究グループ河川  
生態チーム招聘研究員  
福岡教育大学理科教育講  
座助教授, 理博  
(前 科学技術特別研究員)  
Misako URABE

萱場祐一\*\*

同 水循環研究グループ  
河川生態チーム主任研究員  
Yuichi KAYABA