

吉備国際大学研究紀要
 (人文・社会科学系)
 第23号, 11-19, 2013

岡山県の高梁川, 旭川, 吉井川における アユ漁獲量に及ぼす水質変化の影響

村本 茂樹

**Effect of the change of water quality on the amount of ayu fish
 (*plecoglossus altivelis*) at Takahashi R. Asahi R., and
 Yoshii R. in Okayama prefecture**

Shigeki MURAMOTO

Abstract

Japan is rich in freshwater fish, regional cuisine as represented by ayu fish (*plecoglossus altivelis*) has played a major role in community revitalization throughout Japan. The amount of ayu fish in Japan has a linear increase from the 1950s to 1992. This phenomenon will be spread across the country, and a similar trend was observed in each of the rivers in Okayama prefecture. The cause of the decrease in the amount of ayu fish fishing is a instability of river water by the construction of dams and weirs, river environment degradation, such as raw predation by cormorants of the cold water disease. On the other hand, the concentration of BOD (biochemical oxygen demand) and Total-N ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$) tended to increase compare with those before 1993. The amount of ayu fish is affected by the water pollution such as Total-N, BOD, has been suggested in the three rivers in Okayama prefecture. We need to live a life that controls the discharge of polluted water as well in order to preserve the environment of the river and river fish. I would like to be place at center of flow of the river rock by using many rocks dug up along with the renovation of the Takahashi R.

Key words : amount of catch fish, river water quality, total nitrogen, BOD, detergent,
 River environment factors

キーワード : アユ漁獲量, 河川水質, 総窒素, BOD, 河川環境

1. はじめに

わが国は列島を南北に縦断する脊梁山脈を擁し、

森林面積も約67%で世界第3位と緑に恵まれている。降雨も豊富で山岳や森林地帯を流下する多数の河川は支流を含め全国各地の川魚の豊かさをもたら

吉備国際大学通信制大学院環境リスクマネジメント研究科
 〒716-8508 岡山県高梁市伊賀町8

*Environmental risk management, graduate school (correspondence), kibi international University
 8, Iga-machi, Takahashi, Okayama, Japan (716-8508)*

し河川資源として地域活性化の役割を担ってきた。なかでもアユ (plecoglossus altivelis) は、地域を代表する郷土料理としても美味を誇ってきた。しかし、人間活動の増大や自然環境の変化も相まって、このところ漁獲量の急激な減少が顕著になっている。かつて全国の川魚漁獲量はアユを中心に1950年代から1990年初めのピーク時まではほぼ直線的に増加していた。しかし1992年をピークに2012年現在まで漁獲量の減少傾向に歯止めがかからず、アユのみならずウグイ、オイカワなどの川魚の減少傾向も続いている。この現象は岡山県の三大河川である高梁川、旭川、吉井川についても例外ではなく概ね類似傾向がみられる。

この減少の原因¹⁾として、河川環境の悪化、冷水病などの疾病、種苗放流の変化、遊漁者の減少、放流魚の質の変化やカワウなどによる食害、ダムや堤の建設による水量、水温の変化、餌となる藻類の繁殖の変化などが複雑に影響していると考えられる。一方、川魚の豊漁期には漁業規制や産卵場の造成などアユの資源管理が功を奏していたと推察される。また減少の一因として河川水質の影響があり、一般論では再三取り上げられるが、自然界では多様な要素が絡むために影響に時間的遅れが発生しやすく、直接的影響は実験以外では漁獲量と水中成分との関係で検討された事例は、明らかに魚の生息が困難な汚濁地点以外には少ない。そこでこの点に着目し、高梁川、旭川、吉井川の岡山県三大河川について、アユの漁獲量に対する水質、特に総窒素 (Total-N)、生物化学的酸素要求量 (BOD) の変化の影響を中心に、カワウによる食害およびアユの生息場であり、アユの餌である藻類の生産の場所である河床の岩など河川構造の影響などについて検討した。約30年間の推移からみると、アユの漁獲量はウグイなどの他の川魚とほぼ類似の漁獲量推移を示す。アユ漁獲量がピーク時期を境にした前後の変化は、水中の総窒素、BODなどの水中濃度変化と呼応し、漁獲に影響

していると考えられる興味ある結果を得たので報告する。

2. 調査方法

アユ (plecoglossus altivelis altivelis) などの漁獲量データは中四国農政局統計局岡山農林水産統計年報²⁾、岡山県水産総合センター報告³⁾ および農水省、魚業・養殖生産統計年報⁴⁾ を中心に資料収集を行い、河川水質については著者らの調査研究データの他に、小林の報告⁵⁾、国土交通省河川局岡山工事事務所⁶⁾ および岡山県環境管理課データ⁷⁾ を中心に資料調査を行い検討に供した。

なお、アユ漁獲量は各河川における値であり、水質に関しては高梁川(高梁駅前大橋)、旭川(落合橋)、吉井川(周さい大橋)の各地点での値を用いた。

3. 調査結果および考察

3-1 岡山県の3大河川におけるアユの漁獲量の推移

(1) 全国のアユの漁獲量の推移

まず全国アユ漁獲量 (t/年) の約10年毎の推移をみると(図1)、1956年(5,313 t)、1965年(8,217 t)、1975年(13,951 t)、1989年(16,868 t)、1991年(18,096 t)と上昇しているが、1998年(11,386 t)、2006年(3,015 t)へと急落している。この間には1987年に養殖場で初

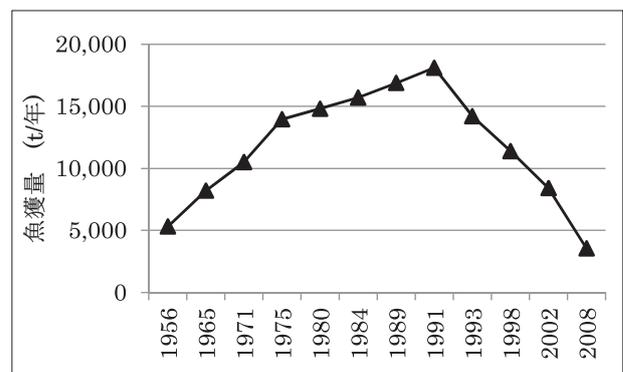


図1. 全国アユ漁獲量の推移 (t/年)

めて冷水病の発生がみられ、1991年には河川でも冷水病が確認された。また1998～2002年には一時回復の兆しはあったが、再び2003年からは激減した推移を示した⁴⁾。冷水病のみならず様々な環境要素の変化が川魚の漁獲量に影響を顕著に及ぼしていることは明確である。そこで河川水質とアユ漁獲量との関係を知るために、富栄養化などの指標である窒素素やリンや有機的汚濁の指標である生物化学的酸素要求量（BOD）などを中心にアユ漁獲量への影響について検討した。

3-2 アユの漁獲量と河川水中の総窒素(Total-N)濃度の変化

まず総窒素（Total-N）について河川水中の濃度とアユ漁獲量について、1971年～2008年における推移について検討した。なお、2009～2011年間のデータは未整理で欠落部分が多く検討に適さないため省いた。また図中の単位はアユ漁獲量（t/年）とTotal-N濃度（NH₄-N、NO₃-N、NO₂-Nの合計）との関係を明瞭にするためにTotal-N濃度は100倍の値（mg/L）で同軸に図示した。

(1) 高梁川のアユ漁獲量とTotal-N濃度の推移

まず高梁川についてみると（図2）、アユ漁獲量推移の特徴として、1971年～1985年の間は年間128～139 tで推移しているが、漁獲量はその後1988年～

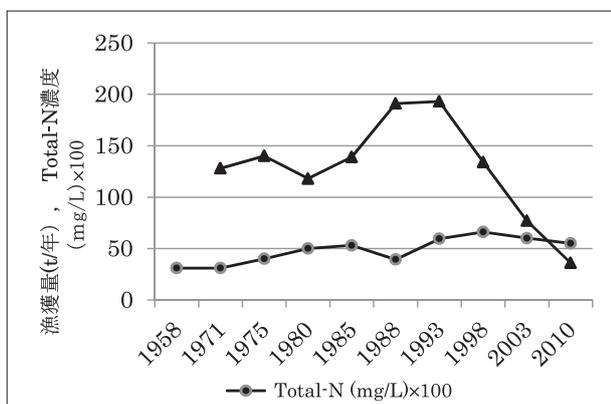


図2. 高梁川のアユ漁獲量とTotal-N濃度の推移

1989年には急激に増大して191～193 tと40%近くの豊漁を示している。しかし、冷水病の発生がみられた1993年には、1971年と同程度の漁獲量に減少し、最近の2008年にいたるまで減少の回復は見られていない。この推移と対比させて河川水質のTotal-N濃度の推移をみると、アユ漁獲量の推移と全く逆のパターンを示しており、川水中のTotal-N濃度が影響を及ぼしていることが推測される。すなわち、1971年の濃度は3.1mg/Lであり、1988年までは5.3mg/L以下であり、その後1989年までのアユ漁獲量の最盛期まではほぼTotal-N濃度の上昇は見られない。しかし1993年以降は5.5～6.6mg/Lに上昇している。この間のアユ漁獲量の推移をみると、1985年までは上下を繰り返しながら年間128～139 tのほぼ一定量を保っている。しかし、冷水病の発生がみられた1993年にピークを見せるもの、その後最近の2010年にいたるまで激減している。すなわちTotal-Nを指標とした水質変化とアユ漁獲量には統計的な優位な相関はこれらのデータからは判明しないものの、1988年を境にした前後の間のTotal-N濃度には明らかな有意差（p<0.05）が認められ、アユ漁獲量の変化との呼応がみられ、河川水質の汚濁の一因を示すTotal-N濃度の変化も関係していると推測される。自然界では様々な干渉作用があり直接的にアユの生育あるいは漁獲量に反映されるとは言えないが、環境変化も影響することが推測された。

(2) 旭川のアユ漁獲量とTotal-N濃度の推移

次に岡山県三大河川の中では最もアユ漁獲量の少ない旭川についてみると（図3）、1971年～1975年の間は年間42～82 tで推移しているが、漁獲量はその後1988年までは74～82 tへと急増をしている。しかし、1988年には再び減少をはじめ1998年には45 tにまで減少し、2003年に一度回復するものの2010年現在では36 tにまで激減している。この推移

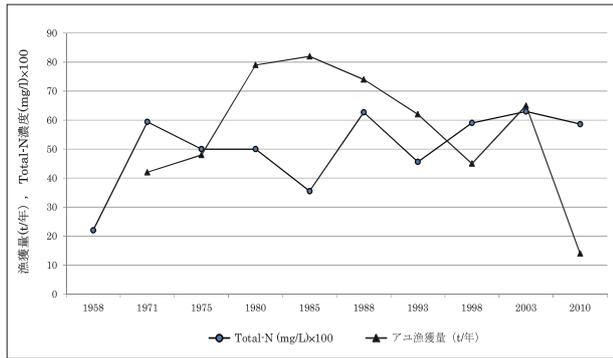


図3. 旭川のアユ漁獲量とTotal-N濃度の推移

と対比させて河川水質のTotal-N濃度の推移をみると、アユ漁獲量の推移と概ね逆のパターンを示しており、川水中のTotal-N濃度が影響を及ぼしていることが推測される。すなわち、1971年の濃度は0.59mg/Lであり、1985年までは0.50mg/L以下で推移している。この間のアユ漁獲量は1971年の42 tから82 tに上昇しており、水質の良い状態では漁獲量の増大も見られた。しかし、Total-N濃度の上昇傾向が続きはじめた1988年以降2010年に至るまで激減している。すなわちTotal-N濃度を指標とした水質変化とアユ漁獲量には統計的な優位な相関は認められないが、アユ漁獲量と河川水質の汚濁の一因を示すTotal-N濃度の変化には呼応する傾向が示され、Total-N濃度0.6mg/L以上になるとアユ漁獲量が減少する傾向がみられ、関係要因の一つであると推測される。

(3) 吉井川のアユ漁獲量とTotal-N濃度の推移

同様に高梁川と並んでアユ漁獲量の多い吉井川についてみると（図4）、1971年～1980年の間は年間98～178 tへの急激な上昇を示し、1998年までは170 t前後を保っていた。しかし、その後急激に減少傾向を示し、2010年現在では5 tにまで激減している。この推移と対比させて河川水質のTotal-N濃度の推移をみると、アユ漁獲量の推移と概ね逆のパターンを示しており、川水中のTotal-N濃度が影響を及ぼしていることが推測される。すなわち、

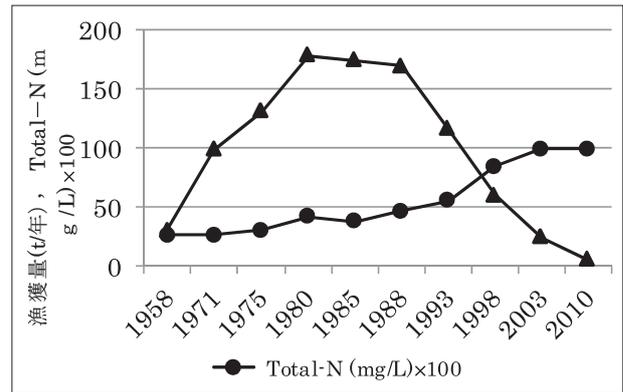


図4. 吉井川のアユ漁獲量とTotal-N濃度の推移

1971年の濃度は0.26mg/Lであり、1988年までは0.50mg/L以下で推移している。この間のアユ漁獲量は上昇しており、水質の良い状態では漁獲量の増大が見られた。しかし、Total-N濃度の上昇傾向が続きはじめた1988年以降、100mg/Lに達しており汚濁が進み、アユ漁獲量は激減している。すなわちTotal-Nを指標とした水質変化とアユ漁獲量には統計的な優位な相関は認められないが、アユ漁獲量と河川水質の汚濁の一因を示すTotal-N濃度の変化に呼応する傾向が示された。1988年を境に前後での差をみると、アユ漁獲量 ($p < 0.05$) およびTotal-N濃度 ($p < 0.05$) にそれぞれ有意差が認められ関係要因の一つであると推測される。

3-3 高梁川のアユ漁獲量と水質 (BOD) の関係

次に、河川水質の有機的汚濁の指標となる生物学的酸素要求量 (BOD) の濃度と漁獲量について、1971年～2008年における関係の変化を検討した。なお、2009～2011年の間のデータは未整理で欠落部分が多く検討に適さないため省いた。また図中の単位はアユ漁獲量 (t/年) とBOD濃度との関係を明瞭にするためにBOD濃度は100倍の値 (mg/L) で同軸に表示した。

(1) 高梁川のアユ漁獲量とBOD濃度の推移

まず高梁川についてみると（図5）、アユ漁獲量推

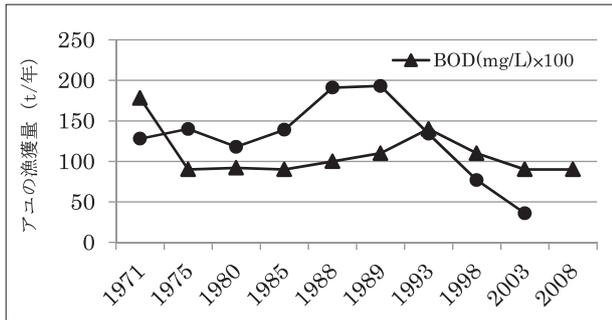


図5. 高梁川アユ漁獲量とBOD濃度 (mg/L) 推移

移の特徴として、1971年～1985年の間は年間128～139 tで推移しているが、漁獲量はその後1988年～1989年には急激に増大して191～193 tと40%近くの豊漁を示している。しかし、冷水病の発生がみられた1993年には、1971年と同程度の漁獲量に減少し、最近の2008年にいたるまで減少の回復は見られていない。この推移と対比させて河川水質の有機汚濁の指標であるBOD濃度の推移をみると、アユ漁獲量の推移と全く逆のパターンを示しており、川水中のBOD濃度が影響を及ぼしていることが推測される。すなわち、1971年の濃度は1.78mg/Lと高かったが、水質が改善された1975～1985年の間は年間1.00mg/L以下の濃度で推移している。この間のアユ漁獲量は1985年までは上下を繰り返しながらも一定量を保っている。その後1989年までのアユ漁獲量の最盛期まではほぼBOD濃度の上昇は見られない。しかし、冷水病の発生がみられた1993年には、1971年と同程度の漁獲量に減少し、最近の2008年にいたるまで減少の回復は見られていない。すなわちBODを指標とした水質変化とアユ漁獲量には統計的な優位な相関はこれらのデータからは判明しないものの、1993年にはBOD濃度の明らかな上昇状況がみられ冷水病発生による漁獲量に河川水質の変化も影響したのではとも推測される。

(2) 旭川のアユ漁獲量と水質 (BOD) の推移

次に旭川についてみると (図6)、アユ漁獲量推移の特徴として、高梁川、吉井川に比べて漁獲量は

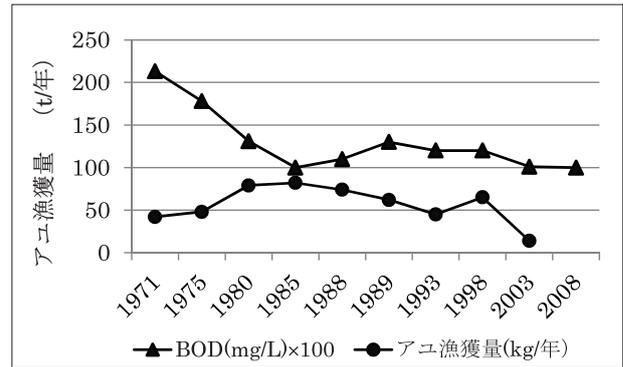


図6. 旭川のアユ漁獲量とBOD濃度の推移

少ないが、1971年～1985年の間は年間42～82 tで推移し、ピークは1985年であった。その後1988年～1993年には漸減し、途中1998年に65 tを示すがその後も上昇は見られず、2003年にいたるまで減少している。この推移と対比させて河川水質の有機汚濁の指標であるBOD濃度の推移をみると、統計的には有意な相関は認められないが、アユ漁獲量の推移と全く逆のパターンを明確に示しており、河川水中のBOD濃度が影響を及ぼしていることが推測される。すなわち、1971年の濃度は2.13mg/Lと高かったが、徐々に水質が改善された1975～1985年の間は年間1.00mg/L前後の濃度に低下したのに対し、逆にこの間のアユ漁獲量は上昇している。またその後1993年までの間のBOD濃度はやや低下するものの大きな変化はなく、2003年のアユ漁獲量の急減はその後のデータが得られておらず1988年を境にした前後の有意差も認められずここでは判断ができず今後の記録で検討したい。

(3) 吉井川のアユ漁獲量と水質 (BOD) の推移

同様に吉井川についてみると (図7)、1971年～1980年の間のアユ漁獲量は年間98～178 tの間で上昇傾向を示し、その後1985年～1989年には170 t前後を維持している。しかし、冷水病の発生がみられた1993年からは急激な減少傾向を示し、最近の2008年には5 tに至るまでに減少し回復は見られていない。この推移と対比させて河川水質の有機汚濁の

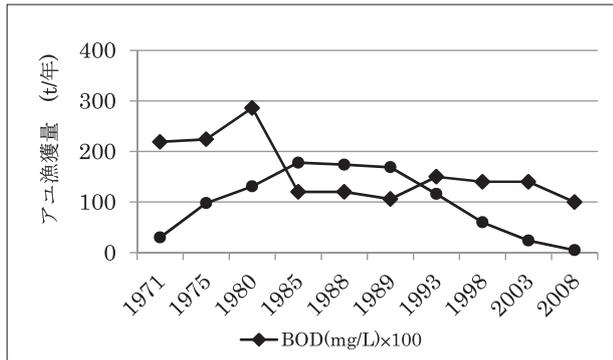


図7. 吉井川のアユ漁獲量とBOD濃度の推移

指標であるBOD濃度の推移をみてみると、アユ漁獲量の推移とは逆のパターンを示しており、川水中のBOD濃度が影響を及ぼしていることが推測される。すなわち、1971年の濃度は2.19mg/Lと高く、1980年には2.86mg/Lに上昇しているが、水質が改善された1985～1989年までは1.50mg/L前後に減少しており、これに呼応するように明らかにアユ漁獲量は上昇傾向がみられた。しかし、冷水病の発生がみられた1993年から最近の2008年にいたるまで減少の回復は見られていない。アユ漁獲量とBOD濃度とは統計的な優位な相関は判明しないものの影響があることは確認された。

4. 岡山県三大河川間におけるアユ漁獲量、BOD、Total-N濃度の比較

岡山県三大河川の間のアユ漁獲量、Total-N、BODの有意差を見てみると（表1）、アユ漁獲量は

表1. 三河川間のアユ漁獲量、Total-N、BODの有意差

項目	高梁川-旭川	高梁川-吉井川	旭川-吉井川
アユ漁獲量 (t/年)	**	-	*
Total-N濃度 (mg/L)	-	-	-
BOD (mg/L)	-	*	-

* : $p < 0.1$, ** : $p < 0.05$

高梁川と吉井川にはその差が少なく、旭川が他の河川に比べやや少ないことが示された。Total-N濃度では三川間には特に差はなく、BOD濃度も高梁川と旭川には有意な差はないが、高梁川と吉井川には有意差があり、吉井川がやや有意に高濃度であることが示された。

5. 高梁川の陰イオン界面活性剤濃度の推移

高梁川の陰イオン界面活性剤濃度は高濃度ではないが、上流の新見から倉敷まで流下する間に漸減傾向を示しており（図8）、汚濁の少ない支流の流入による希釈での濃度低下が推察される。また、経年変化から見ると、2000年は8～36 $\mu\text{g/L}$ であったが、2001年には45～64 $\mu\text{g/L}$ に急激な濃度上昇がみられ^{8,9)}、下水道設備が完備していない生活排水などの影響が推測される。2010年はさらに64～69 $\mu\text{g/L}$ へ濃度上昇がみられ、アユの漁獲量の減少傾向を助長している可能性も考えられるが明確ではない。一般的には洗剤などに含まれる陰イオン界面活性剤は下水処理場でも十分に除去されず河川水中でも希釈に頼るしかないことが多く、多量の洗剤が使用されると河川環境の悪化に拍車をかけることが懸念される。洗剤に含まれる陰イオン界面活性剤は魚類の鰓組織に影響を与え、鰓呼吸の機能障害を起こすことが推察されており⁹⁾、アユなどの忌避行動も引き起こすことも考えられ、流域住民の洗剤使用量の抑制と石鹸への切り替えなどが望まれる。

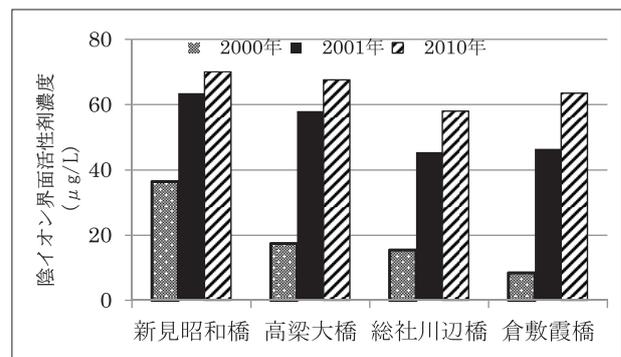


図8. 高梁川の陰イオン界面活性剤濃度 ($\mu\text{g/L}$)

6. 岡山県のカワウによるアユの食害被害額およびカワウ捕獲数の推移

近年、カワウ (*Phalacrocorax carbo*) はじめ野生鳥獣によるアユをはじめとする水産業被害が深刻化している。特にカワウは広域に分布し、コロニーを形成しやすく(写真1)、移動する特徴があるために1河川あるいは県内だけの対策では防止効果は低く、広域にわたる国レベルの保護管理対策が必要であると考えられている。岡山県においてもカワウによる水産業被害が深刻化し、特に1990年代に入り増加が確認され始めたが数羽であったが、1999年には100羽を超える捕獲数に達している。2001年には「カワウ被害対策協議会」が設置され県内のカワウ生息数などの生育状況調査を開始している。しかし、有害鳥獣駆除許可を得て捕獲を行っている現状であるが、1河川の駆除を行っても他の河川へ移動するのみでその効果は上がらず、現在も河川内に何か所もコロニーを形成しているのが現状である(写真1)。コロニーを攪乱すると繁殖集団を広域に分散させることも考えられ、広域的な一斉駆除が必要と考えられる。

岡山県のカワウの食害による被害額は2003年から急激に増加し、2007年にはピークに達し2008年からはやや減少傾向にある。これは必ずしもカワウの増加のみによる被害額ではなく、遊漁者数の減少から



写真1. 高梁川のカワウのコロニーの様子
(成羽川合流下200m地点)

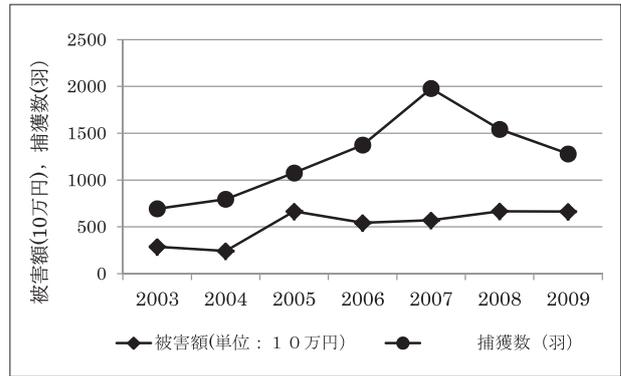


図8. 岡山県のカワウ食害による被害額と捕獲数¹⁰⁾

遊漁料金の収入減が影響しているとの指摘もある¹¹⁾。

密度効果が働いて増加率が低下する考えもあるが、河川流域では相当な被害が発生しており有害鳥獣の駆除は必要であり、新たな対策が求められる。

7. 河川環境の構造における河床の小岩、石礫、巨岩の被度の影響

アユは河底の石に繁殖する珪藻、藍藻などの藻類を摂食するために、なわばりを確保しており約1m四方の範囲を1尾のナワバリアユが占有すると川那部ら¹²⁾により推察され報告されている。その結果から放流のアユ尾数を算出している。すなわち、 $\text{放流アユ尾数} = \text{平均川幅 (m)} \times \text{川の延長 (m)} \times (7/10)$ により算出する方法が基準となり、一般的には現在もこの式が活用されている。アユ稚魚放流に関しては別の機会に討論をすることとして、ここ

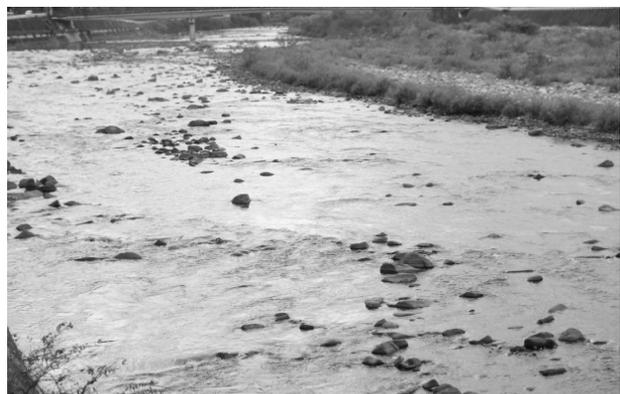


写真2. 成羽川の岩石豊かな河床の様子
(かぐら橋下付近)

では成羽川は1960年前後に河川改修工事を行った際に出た岩石を河床に戻し、あたかも庭石のように再生して比較的岩石豊かな河川環境を構築している(写真2)。その効果でアユはじめ川魚にとって良好な河川環境と考えられる。

(1) 高梁川の河床環境状況

高梁川水系でも巨石(長径25～50cm)の河床材料は本流の新見から高梁の境あたりまでは豊富であるが、それより下流はほとんど見られず、成羽川の河床材料のほうが豊富である(写真2)。伊藤らの報告¹³⁾によると、河床材料がアユの漁獲量と関係が深く、粒度組成が細粒化するとアユの漁獲量に減少がみられ、河床材料に長径(25～50cm)が多いと漁獲量が増加し、砂泥が多いと減少する傾向があり相関関係があると報告している。



写真3. 岩石が少ない高梁川の河床の様子
(高梁駅前大橋付近)



写真4. 改修工事で掘り出された岩石
(高梁川落合橋上流部)

高梁川本流の場合(写真3)、河床勾配の大きい新見から高梁市の境界あたりまでは岩石も豊富で、水しぶきもいたる所で見られ、水への酸素供給も豊富で生きた河川の様相を呈しているが、方谷橋上流から広瀬までの間は高梁川の河床勾配は急激に減少し平坦な水面となって水流も弱まっているのが現状である。

そこで提案したいのは、河床の小石をアユの餌の藻類の生産の場として豊かにすることはもちろんのこと、現在進行中の河川改修工事に伴い掘り出された巨岩石(写真4)の活用である。これまで落合から広瀬にかけて河川改修をした際のように岩石を岸辺に並べるのではなく、アユはじめ川魚などに良好な生息環境を構築するために、掘り出した巨岩を成羽川と同様に流心の河床に配置することにより適度な流速となるような流れによる酸素供給の効果も期待できると考える。アユなどの川魚の生息や隠れ家としての役割を持たす河川環境の改善策の一つとしての取り組みを強く望みたい。

8. まとめ

日本全国各地でアユをはじめとする川魚郷土料理は地域おこしの一策ともなっているが、近年急激に漁獲量の減少が深刻になり、その解決策が求められている。泥による被覆、ダム・堰での砂礫の堆積、セメントによる河川改修など河川環境の悪化はアユ産卵場の荒廃を招き、大量の合成洗剤の使用による生活排水の影響などでアユの遡上忌避をはじめとする川魚の漁獲量減少に拍車をかけていると思われる。ここでは岡山県三大河川におけるアユの漁獲量に対する水質、特に総窒素(Total-N)濃度および有機汚濁の指標であるBODの影響について検討した。その結果、アユの漁獲量と河川水中の総窒素(Total-N)の間には統計的に有意な相関は認められなかったものの、1971～2010年の約30年間の推

移からは明らかに双方には密接な関係があり、水質汚濁がそれほど進行していない比較的低濃度の状況下でもアユの漁獲量に対し影響があることが示唆された。同様にBOD濃度についても影響があることが確認された。特に1991年前後のアユ漁獲量のピーク時を境にTotal-N濃度、BOD濃度ともにそれ以前の汚濁の少ない状態からやや汚濁が進行を始めた間の濃度との間には明らかに有意差があり、この現象はアユ漁獲量の推移とも呼応しており、水質変化が

アユ漁獲量に影響することが判明し、また陰イオン界面活性剤もこの影響を助長する可能性があることが推察された。アユ生息の場、餌となる珪藻や藍藻などの藻類の生育場として河床への岩石配置が重要であることが知られており、高梁川でも現在進行中の河川改修事業で掘り出されている岩石を河川の流心部分に配置する対策が期待される。また同時にカワウによる食害防止のために捕獲駆除を推進して環境整備を推進する対策にも期待したい。

参考文献

- 1) 内田和男 (2010) アユの釣り科学—アユ資源の増殖と管理, 日本水産学会誌, 76 (3), 416
- 2) 中四国農政局統計局 (2020) 岡山農林水産統計年報 (平成19～20年)
- 3) 岡山県農林水産総合センター水産研究所 (2012) 岡山県農林水産総合センター水産研究所報告
- 4) 農林水産省 (2009) 内水面漁業・養殖業魚種別生産量累年統計, 漁業養殖生産統計年報
- 5) 小林純 (1975) 水健康診断, 岩波新書, p55.
- 6) 国土交通省河川局岡山工事事務 (2007) 高梁川水系河川整備基本方針
- 7) 岡山県環境部水質保全課 (2010) 公共用水域および地下水の水質測定結果, 昭和46～平成23年
- 8) 井田裕之 (2002) 家庭排水由来合成化学物質による水質汚濁と生態毒性評価に関する研究, 岡山大学大学院自然研究科 (博士論文)
- 9) Muramoto S. (2005) Influence of the anionic active agents, sodium dodecyl sulfate, on Al accumulation a fish. 吉備国際大学政策マネジメント学部紀要, 第1号, 82-95.
- 10) 農林水産省, 環境省 (2011) 野生鳥獣による被害防止対策の充実, p99
- 11) 石田朗, 沢有紀, 亀田佳代子, 成末雅恵 (2000) 日本におけるカワウの増加と被害. Strix, 18,1-28
- 12) 川那部浩哉 (1982) 桜井淳史アユの博物誌, 平凡社
- 13) 伊藤陽人, 小池利通, 樋口正仁, 野上泰宏, 森直也 (2011) 魚野川におけるアユ不振原因の解明, 新潟県内水面水産試験場報告

