

旭川のアユ漁場で実施した漁場環境調査

杉野博之・山下泰司・増成伸文

Environmental Studies of the Ayu (*Plecoglossus altivelis altivelis*) Fishing Grounds of Asahi River

Hiroyuki SUGINO, Yasushi YAMASHITA and Nobufumi MASUNARI

アユ *Plecoglossus altivelis altivelis* をはじめとした岡山県の内水面の漁獲量は、近年、大きく減少しており、冷水病などの疾病の蔓延、カワウ *Phalacrocorax carbo* やブラックバス *Micropterus salmoides* による食害、水温の上昇などの要因が複合的に作用していると考えられている。漁場環境の悪化もその一つに挙げられるものの、具体的な環境要因が不明であることから、有効な対策の構築に至っていない¹⁾。

本県では、アユの減少原因解明と環境改善策の提案に向けて、2015年度から内水面漁場環境モニタリング事業を開始し、2016年度には、旭川上流域のアユ漁場において、水産庁がとりまとめた「良好なアユ漁場を維持するための河川環境調査の指針」²⁾に準じた調査を行った。本調査場所は、旭川中央漁業協同組合（以下、「旭川中央漁協」とする）がアユ漁解禁前の「友釣り」の試釣データを過去から蓄積しており、現在でもアユの釣獲が良好な漁場（以下、良好漁場とする）と過去には良好であったが現在は不良となった漁場（以下、不良漁場とする）の判断が可能であったことから、漁場間の環境調査結果を比較し、若干の知見が得られたので報告する。

材料と方法

調査場所 調査漁場の位置と地区名を図1に、各地区の河川概要を表1に示した。調査漁場は、岡山県の中央部を南北に流れる旭川水系の上流部に位置し、上流には

湯原ダム、下流には旭川ダムが建設され、アユ漁場は旭川中央漁協が放流する種苗により形成されている。上流域から「真庭市勝山」(以下、勝山地区とする)、「真庭市久世」(以下、久世地区とする)、「真庭市落合」(以下、落合地区とする)にあるアユ漁場3地区とした。最上流部にある勝山地区は、可児の河川形態の分類³⁾によるとAa-Bb移行型(中間溪流型)に分類され、河川勾配は1/57、標高168mに位置し、河口から約89km上流の地点にある。その下流の久世地区はBb型(中流型)で河川勾配は1/236、標高145mに位置し、河口から約84kmの地点にある。最下流の落合地区もBb型で河川勾配は1/303、標高122mに位置し、河口から77kmの上流に位置している。

良好漁場と不良漁場の選定 2009~17年の旭川中央

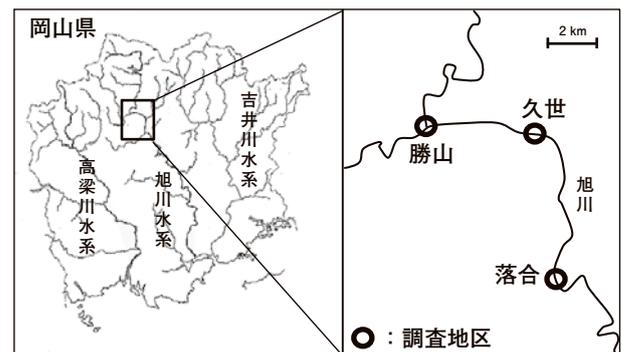


図1 調査漁場の位置と地区名

表1 調査地区の河川概要

地区	河川型*	河川勾配	標高 (m)	河口からの距離 (km)	平均川幅 (m)	平均水深 (m)	平均流速 (m/秒)
勝山	Aa-Bb 移行型	1/57	168	89	22	0.56	0.71
久世	Bb 型	1/236	145	84	85	0.30	0.45
落合	Bb 型	1/303	122	77	40	0.27	0.84

*可児の分類³⁾による

漁協のアユ漁解禁前のアユ友釣り試釣データから、3地区毎に単位時間、試釣者一人当たりの釣獲尾数 (CPUE) を求めた。3地区の CPUE 平均値について、一元配置による分散分析を行った上で、Scheffe による多重比較検定から有意差を確認し、CPUE の高い地区を良好漁場、低い地区を不良漁場とした。

水質環境調査 調査は2016年7月から9月まで月一回の間隔で行い、水質の測定項目として、水温、pH、溶存酸素量 (DO)、化学的酸素要求量 (COD)、栄養塩濃度 (溶存態無機窒素, DIN) を測定した。水温は水銀棒状温度計で、pH はハンディー型 pH メーター (堀場社製) を用いて現場で測定した。その他の測定項目は、現場で採水したものを研究室に持ち帰り各分析に供した。溶存酸素量は、ウインクラー・窒化ナトリウム変法により、化学的酸素要求量はアルカリ性過マンガン酸カリウム-よう素滴定法により、栄養塩濃度は口径47mmGF/F フィルター (Whatman 社製) で濾過し、濾液中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ をオートアナライザー QuAAtro2HR (BL-Tech 社製) で分析した。

物理環境調査

1) 流速・水深 調査は2016年8月に行った。両漁場の代表的な河川横断面を選定し、その水深と流速を5m間隔で測定した。水深は、塩ビ管に目盛りを付けた測定棒で測定し、流速は、ポータブル電磁流速計 LP30 (ケネックス社製) を用いて10秒間の平均値により測定した。

2) 河床材料の組成 両漁場の河床材料の組成は、面積格子法を応用して求めた。両漁場で30か所ずつ河床材料の長径を竹門ら⁴⁾の底質粒度の簡便階級に応じて、80×80cm (20cm 間隔の格子) の平方枠を用い、格子の交点に当たる箇所の物を測定し、岩 (長径50cm 以上)、巨石 (25~50cm)、石 (5~25cm)、砂利 (0.4~5 cm) および砂泥 (0.4cm 未満) の区分で整理した。

餌料環境調査 アユの餌となる付着藻類の調査は、2016年7月から9月まで月一回の間隔で行った。各漁場を代表する石4個から各々10×10cmの表面積をブラシで擦り採集した。現場で採集した付着藻類は、最終濃度10%となるよう中性ホルマリンで固定し、実験室に持ち帰り測定に供した。試料を沈殿管に収容して48時間後の沈殿量を測定した後、小型のつぼに移し、乾燥器内で80℃8時間乾燥後に乾重量を秤量した。秤量後の試料をマッフル炉 (いすゞ社製) 内で550℃5時間加熱し、デシケーター内で放冷した後秤量した。乾重量と強熱後の試料重量との差を強熱減量とし、これを現存量とした。また、生産量の測定は、一度付着藻類をブラシで擦り落と

した石を河川中に設置した食害防除用の籠の中に収容し、翌日、付着藻類を採集し、この現存量を1日の生産量とした。

採集した付着藻類の一部は、生物顕微鏡 (400~1000倍) を用いて属レベルの分類を行い、藍藻・珪藻・緑藻に区分して、類型組成としてまとめた。

結 果

各地区のアユ試釣時 CPUE とアユ種苗の放流量 地区毎のアユ試釣時 CPUE の平均値と標準偏差は、勝山地区が 6.6 ± 3.7 尾/時間/人、久世地区が 2.6 ± 1.9 尾/時間/人、落合地区が 0.2 ± 0.2 尾/時間/人であった。一元配置による分散分析の結果、3地区の CPUE の平均値には有意な差が認められた ($F(2, 24) = 15.9, p < 0.01$)。そこで、Scheffe による多重比較検定により有意差が最も大きかった ($p < 0.01$) 2地区を選定し、勝山地区を良好漁場、落合地区を不良漁場とした。

CPUE の違いがアユの種苗放流量の多寡によるものか検討するため、2016、'17年の各地区の放流量を確認したところ、琵琶湖産種苗と人工産種苗を約2:1の割合で、各地区毎に3等分して放流しており、地区間における放流量の違いは見られなかった。

水質環境調査 水質調査の結果を表2に示した。水温は調査時刻や場所の違いにより下流に位置する不良漁場で高い傾向がみられたものの、その他の項目を含めアユに影響を及ぼすような値は見られなかった。

物理環境調査 良好、不良各漁場の河川横断面の水深と流速を図3に示した。また、それぞれの平均値と標準偏差から変動係数を求め、表3に示した。

良好漁場の水深は最大98cm、流速は0.15~1.11m/秒で、不良漁場の水深は最大43cm、流速は0.13~1.42 m/秒であった。水深の横断面および変動係数から、良好漁場

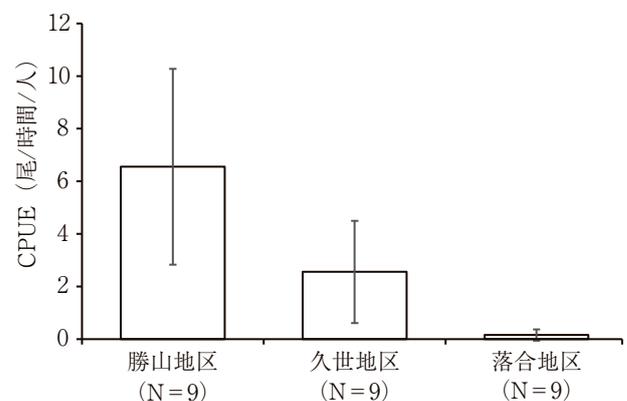


図2 各地区のアユ試釣時 CPUE の比較 (2009~'17年の平均値) バーは標準偏差を示す

表2 水質環境調査結果

項目	良好漁場				不良漁場			
	7月	8月	9月	平均値	7月	8月	9月	平均値
水温(°C)	18.2	23.6	20.5	20.8	25.8	27.4	21.5	24.9
pH	8.2	7.7	7.7	7.9	8.8	8.7	7.9	8.4
DO(mg/L)	6.24	6.09	6.26	6.20	7.03	7.21	6.75	7.00
COD(mg/L)	0.878	0.846	0.835	0.853	0.875	0.883	1.091	0.950
DIN(μM/L)	22.3	20.7	30.7	24.6	19.6	14.8	27.8	20.7

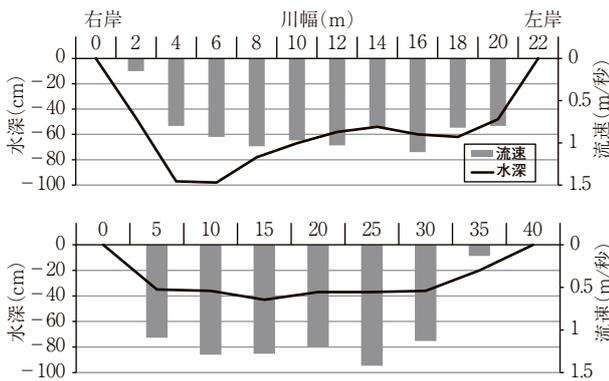


図3 河川横断面の水深および流速（上段：良好漁場，下段：不良漁場）2016年8月5日調査

表3 各漁場の水深と流速

項目	測定地点数	水深(cm)			流速(m/秒)		
		平均値	標準偏差	変動係数*	平均値	標準偏差	変動係数*
良好漁場	12	66.9	18.5	0.277	0.85	0.27	0.318
不良漁場	9	34.9	7.1	0.203	1.08	0.43	0.398

*変動係数 = 標準偏差 / 平均値

の河床には起伏が見られたが、不良漁場の河床は平坦であった。

河床材料の組成について図4に示した。良好漁場の巨石以上の割合は23.3%であったのに対し、不良漁場は10.0%と、組成割合に違いが見られた。

餌料環境調査 両漁場の7～9月の付着藻類現存量の平均値と標準偏差を図5に、8月の付着藻類生産量を図6に示した。付着藻類の現存量は、良好漁場が7.3±4.4g/m²、不良漁場が8.4±1.1g/m²と、有意差は見られなかった（t検定、p=0.714）。一方、生産量では、良好漁場が3.0g/m²/日、不良漁場が1.7g/m²/日と、良好漁場が高かった。

7～9月の付着藻類の類型組成を図7に、分類結果を表4に示した。両漁場とも *Homoeothrix* sp., *Lyngbya* sp. などの藍藻類が全体の約8割を占め、残り約2割を *Navicula* spp., *Rhoicospenia* sp. などの珪藻類と *Scenedesmus* spp., *Stigeoclonium* sp. などの緑藻類が占めており、漁場間による組成の違いは見られなかった。

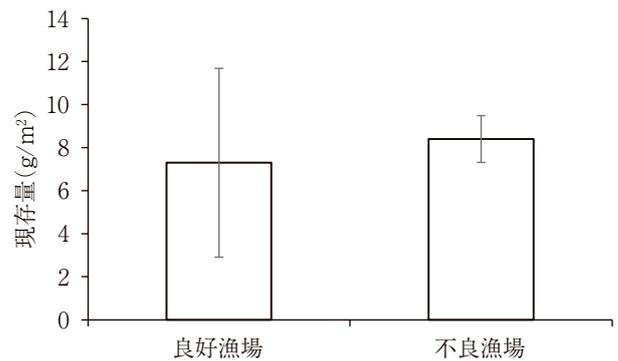


図5 付着藻類現存量の比較（7～9月の平均値）バーは標準偏差を示す

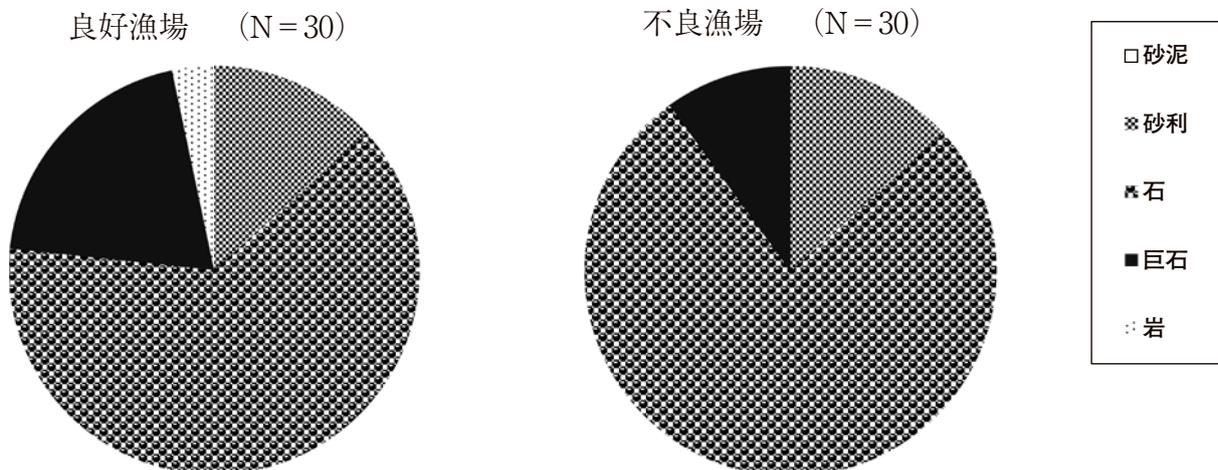


図4 両地区の河床材料（長径サイズ）組成の比較
砂泥：0.4cm未満，砂利：0.4～5cm，石：5～25cm，巨石：25～50cm，岩：50cm以上

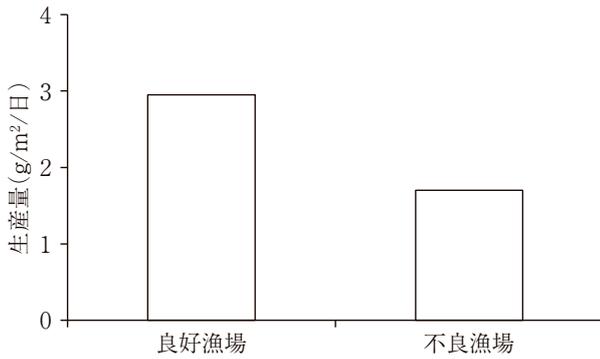


図6 付着藻類生産量の比較（8月）

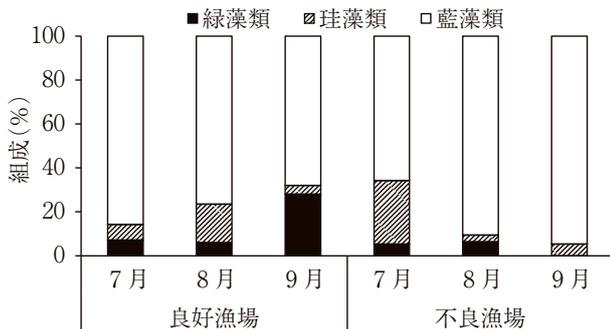


図7 付着藻類の月別類型組成の比較

考 察

天然アユの遡上が見込めない旭川の上流部において、アユの友釣りの良好漁場と不良漁場とが存在した。両漁場における種苗の放流量は同程度であり、旭川中央漁協の過去の放流状況も踏まえるとCPUEの違いは放流量の多寡によるものとは考えにくい。

環境調査では、河川勾配、川幅、河川横断面の起伏や河床材料の組成に違いが見られた。これは、坪井らの川幅が狭い方が多くのアユを観察できるとする知見⁵⁾や阿部の不良漁場の川幅は広く勾配も緩やか⁶⁾で、アユが平滑な河床よりも、でこぼこした河床の場所により多く集まる⁷⁾とする知見に一致する。アユが好んで定着する場所は、餌が豊富で外敵から身を守る隠れ場がある所と思われる。餌が豊富に存在するには、藻類が繁茂できる表面積の大きい長径25cm以上の巨石が多い方が有利であり、河床に起伏があると、流域に泡立ちが発生すると考えられる。関根らの迷路型水槽実験水路を用いた気泡状況の選好性実験では、アユは鳥類などの外敵から身を隠すため気泡をカバーとして選好する⁸⁾ことから、河床の起伏は、アユの生息環境にとって重要な要因と考えられる。

河床材料の組成について、阿部らは、河床に占める石

表4 付着藻類の分類結果

単 位：400倍5視野分の細胞数

門	綱	調査点 属 名	良好漁場			不良漁場		
			7月	8月	9月	7月	8月	9月
藍藻植物	藍 藻	<i>Xenococcus</i> sp. ⁺	3	1	3	0	12	3
		<i>Homoeothrix</i> sp. [*]	9	17	8	10	15	11
		<i>Oscillatoria</i> sp. [*]	8	0	2	10	0	0
		<i>Lyngbya</i> sp. [*]	4	8	4	5	2	4
珪藻植物	珪 藻	<i>Melosira</i> spp.	2	0	0	0	0	0
		<i>Achnanthes</i> spp.	0	1	1	2	0	0
		<i>Rhoicosphenia</i> sp.	0	2	0	5	0	1
		<i>Navicula</i> spp.	0	2	0	3	1	0
		<i>Gomphonema</i> spp.	0	0	0	1	0	0
		<i>Nitzschia</i> spp.	0	1	0	0	0	0
緑藻植物	緑 藻	<i>Scenedesmus</i> spp. ⁺	2	0	0	2	0	0
		<i>Stigeoclonium</i> sp. ⁺	0	1	5	0	2	0
		<i>Cladophora</i> sp. ⁺	0	0	1	0	0	0
		<i>Oedogonium</i> spp. ⁺	0	1	1	0	0	0

*印は糸状体、+印は細胞が連結した1塊を1単位として計数した。

上記単位は1検体当たりの細胞数を示す。

の長径が25cm以上の巨石や岩が占める比率が26%を下回った場合に漁獲不振に移行する危険性が增大する⁹⁾と指摘している。良好漁場は、巨石以上の割合が高く、不良漁場の割合は10.0%と低かった。「過去は良好であった」とする聞き取り結果を踏まえると、巨石以上の割合が何らかの影響で減少し、漁獲不振に移行した可能性が推察された。

餌料環境では、現存量や類型組成に差は見られなかった。しかし、それぞれの生産量を基に、アユの成長率がゼロとなる時の日間摂餌率(0.028g AFDM/g 魚体湿重量/日、水産庁2007)¹⁰⁾を用いて算定した環境収容力(ある環境下において、そこに継続的に存在できる生物の最大量)では、良好漁場の推定値は105g/m²と、不良漁場の61g/m²より約2倍高い値であった。今回調査した良好漁場のCPUEは不良漁場と比較して約30倍高く、餌料環境に差がないにもかかわらず漁獲に著しい差が認められる事例も報告されており、そのような場合は物理環境の差が指摘されている。

阿部らは、河床が平滑化し漁獲不振に陥った場合には、何らかの環境改善策を講じる必要があると、その対策として、巨石の投入や埋まった石を掘り起こす河床耕耘を提案している⁶⁾。他県ではその実証試験に取り組み、効果を確認している事例¹¹⁻¹⁴⁾もあることから、今後は本県でも不良漁場における物理環境を人為的に改変し、漁獲不振の改善効果を検証していくことが必要である。

要 約

1. 旭川上流3地区のアユ漁場で、「アユ友釣り」による単位時間、試釣者一人当たりの釣獲尾数(CPUE)の調査から、現在でも良く釣れる良好漁場と今はほとんど釣れなくなった不良漁場を判断し、それぞれの漁場環境を比較した。
2. 良好漁場のCPUEは6.6尾/時間/人で不良漁場の0.2尾/時間/人より約30倍有意に高かった。
3. 物理環境調査では、河川勾配や川幅および水深に違いが見られた。また、良好漁場では河床材料のうち巨石以上の割合が高かった。
4. 餌料環境調査では、アユの餌である付着藻類の現存量や類型組成に違いは見られなかったものの、生産量から推定した環境収容力では、良好漁場が不良漁場の約2倍高い値となった。
5. 今回調査した良好、不良漁場間の違いは、物理環境の差が影響しているものと推察された。今後、物理環境を改変する漁場改良を行い、その効果を検証す

る必要がある。

謝 辞

本調査を行うに際し、旭川中央漁業協同組合の理事の方々には過去の貴重な資料の提供や試釣調査の協力をお願いしたところ快く御協力頂いた。ここに記して謝意を表する。

文 献

- 1) 岡山県, 2017: 岡山県水産振興プラン2017.
- 2) 水産庁, 2011: 「良好なアユ漁場を維持するための河川環境調査の指針～漁場環境調査指針作成事業報告書～」, 独立行政法人水産総合研究センター, 全国内水面漁業協同組合連合会編.
- 3) 可見藤吉, 1944: 溪流棲昆虫の生態, 日本生物誌, 研究社, 171-317.
- 4) 竹門康弘, 谷田一三, 玉置昭夫, 向井 宏, 川端善一郎, 1995: 棲み場所の生態学, 平凡社, 29.
- 5) 坪井潤一, 高木優也, 2016: アユの生息にとって重要な環境要因の検討, 日水誌, 82: 12-17.
- 6) 阿部信一郎, 2011: アユ漁場環境評価手法の開発～アユが釣れない川～, 水産庁, 34-43.
- 7) 阿部信一郎, 2012: でこぼこした河床と平滑な河床に対するアユの生息場所選択, 水産増殖, 60(4), 445-449
- 8) 関根雅彦, 金本裕史, 神野有生, 山本浩一, 今井 剛, 樋口隆哉, 2016: 選好性に基づく横野川水辺の小わが魚道の入口選択機構の研究, 土木学会論文集, 72, No 7 481-487.
- 9) 阿部信一郎, 新井 肇, 荒木康男, 榎本昌宏, 原 徹, 藤本勝彦, 伊藤陽人, 井塚 隆, 松崎 賢, 田子泰彦, 山本敏哉, 2014: 河床に露出した巨石の割合とアユの漁獲不振の関係, 水産増殖 62(1), 37-43.
- 10) 阿部信一郎, 2007: 河川における最大アユ資源豊度の推定法「環境調和型アユ増殖手法開発事業報告書」, 水産庁, 1-6.
- 11) 村上恭祥, 村田 誠, 水野信彦, 1987: 瀬と淵の改善事例巨石の投入, 内水面漁場環境・利用実態調査報告書, 全国内水面漁業協同組合連合会, 33-43.
- 12) 栃木県水産試験場, 1995: アユ漁場における河床石の投入効果および小型種苗の早期放流について, アユ増殖研究部会, 84-88.
- 13) 山形県内水面試験場, 2011: 寒河江川・月布川におけるアユ漁業実態および漁場環境調査, 「良好なアユ漁場を維持するための河川環境調査の指針」, 水産庁, 46-59.
- 14) 水産庁, 2011: 「良好なアユ漁場を維持するための河川環境調査の指針～漁場環境調査指針作成事業報告書～漁場環境の改善を試みた事例」, 独立行政法人水産総合研究センター, 全国内水面漁業協同組合連合会編, 10-11.