

日野川の水環境と魚類相に関する調査研究*

高島 正信^{*1}

Water Environment and Fish Fauna of Hino River

Masanobu TAKASHIMA^{*1}

^{*1} Faculty of Engineering, Department of Architecture and Civil Engineering

In 1992, red tides occurred in Hirono Dam reservoir, which locates upstream of Hino River, and then its water quality was presumed to affect the fishing of sweetfish (*Plecoglossus altivelis*) in the river. In this study, the water environment of Hirono Dam reservoir and Hino River was investigated for the last quarter century. It was found that the water quality has been slightly improved. Also, the fish fauna and the number of sweetfish caught in the river were examined. A limited kind of fish was found based on DNA analysis. The weight of sweetfish caught yearly has been declined, and social factors, such as population decrease, appear to influence the decline significantly.

Key Words : DNA Analysis, Hino River, Hirono Dam Reservoir, Sweetfish, Water Quality

1. 緒 言

日野川は、福井県南条郡南越前町広野の岐阜県との境界付近に位置する夜叉が池を源流とし、福井県嶺北（丹南地域）を南から北に流れる九頭竜川水系の幹川である。源流部には 1976 年竣工の広野ダムがあり、支流の榎谷川には 2005 年竣工の榎谷ダムもある。

アユは、九頭竜川水系に暮らす人々にとって重要な水産・観光資源となってきた。ところが、1992 年に広野ダムにおいて赤潮が発生し、日野川ではアユの不漁に見舞われる出来事があった。また、2017 年は、九頭竜川、笙の川など福井県内河川の多くでアユ漁は不調に終わった。

本研究では、赤潮発生から四半世紀以上経過した今日、広野ダムを含む日野川水系の水環境とアユの状況について調査し、その関係性について評価することを目的とした。また、近年急速に発展している環境 DNA の手法を適用し、魚類相に関する知見を得ようと試みた。

2. 諸元と赤潮の発生

日野川および水量・水質観測所の位置を Fig. 1 に示す。日野川は、南越前町、越前市、越前町、鯖江市、福井市を流れる九頭竜川水系の支流で、一級河川に指定されている。福井市大瀬で足羽川を合流し、福井市高屋で九頭竜川に合流する。主な河川構造物として、広野ダム・榎谷ダムのほか、二ツ屋導水路、湯の尾発電所えん堤、八乙女頭首工、滝波ダムなどがある。日野川、広野ダムの主な諸元をそれぞれ Table 1, Table 2 に示す。

広野ダムは、福井県南条郡南越前町に位置する福井県営の多目的ダムである。その下流ではアユ漁が盛んに行われており、1992 年 5 月中旬から上流で生育したアユの姿が減少し始め過去にない不漁に見舞われた。これによる損害額は約 3 千万円と見積もられている。その後、上流の広野ダムに淡水赤潮がほぼ一面に発生し、魚が死んでいるのも確認された。広野ダムで赤潮が発生したのは 1976 年に完成して以来初めてである。

* 原稿受付 2020 年 5 月 29 日

^{*1} 工学部 建築土木工学科

E-mail: takasima@fukui-ut.ac.jp



Fig. 1 Hino River, Hirono Dam reservoir and observatories

1992年夏に県水産課が水質分析したところ、ダム放水部で全窒素 $0.2 \sim 0.3 \text{ mg/L}$ 、全リン約 0.01 mg/L とやや低かったが、ダム湖奥部ではそれぞれ $0.4 \sim 0.5 \text{ mg/L}$ 、 $0.02 \sim 0.04 \text{ mg/L}$ と高く、植物プランクトンの大量発生を裏付ける結果となった³⁾。

淡水赤潮の原因となった植物プランクトンは主に黄色鞭毛藻類のウログレナであり、その他珪藻類も多数観察された。ウログレナは、琵琶湖や諸外国の例を見ても、貧栄養ないし中栄養の湖でよく見られる種であり、富栄養化が著しく進む過程で生じるものと考えられる。県環境安全課は、赤潮の発生は1992年から雨が少なくダムの中の水の循環が悪かったうえ、赤潮の発生しやすい気象条件がそろったことが原因ではないかと結論付けた³⁾。

このように、アユ不漁の主原因として広野ダム貯水池の水質悪化が考えられたため、日野川漁業協同組合より緊急な対策が要請され、それを受け1993年4月に石炭添加を行うことが採択された。石炭添加は、水中のリン酸をリン酸カルシウムとして沈殿させて摂取しにくくし、植物プランクトンの繁殖を抑制する方法である⁴⁾。

3. 広野ダム貯水池の水環境

広野ダム貯水池の滞留時間と水質項目の中から水温、全窒素、全リン、クロロフィル-a（植物プランクトン濃度の指標）を取り上げ、Fig. 2に示す。なお、水質等の測定は年当たりの時期・回数が一定でないため、回数の多い10月（一部9月）のものを代表として採用した。また、滞留時間は有効貯水量／放流量で概算した。

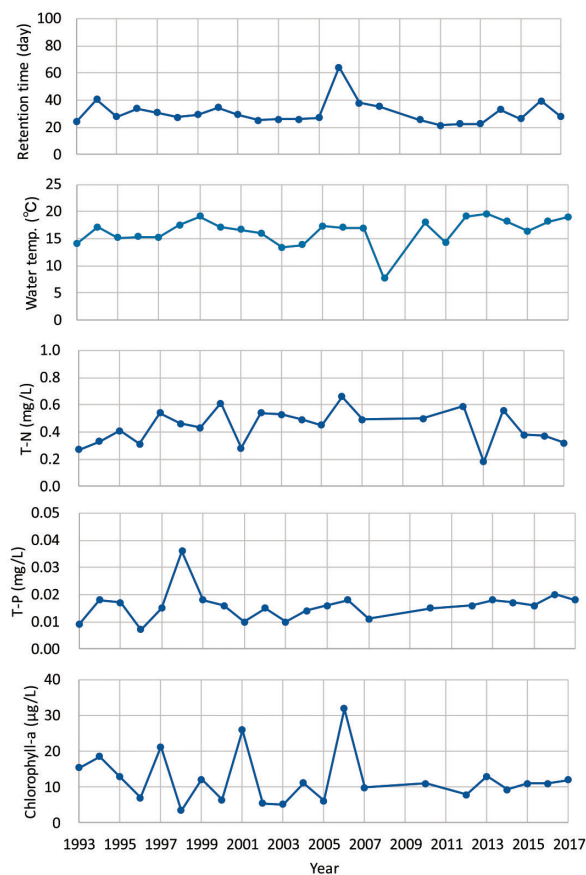
滞留時間はおおむね20日以上あり、一般に植物プランクトンの増殖には7日以上必要であるので⁵⁾、滞留時間に関

Table 1 Summary of Hino River¹⁾

River system	First-class Kuzuryu
Length	71.5 km
River basin area	853 km ² (appro. 20% of Fukui Pref.)
Source	Yashaga-ike
Confluence site	Takaya in Fukui City with Kuzuryu

Table 2 Summary of Hirono Dam²⁾

Dam type	Gravity concrete
Purpose	Flood control, industrial water, electricity generation, unspecified water use
Catchment area	42.3 km ²
Reservoir area	0.54 km ²
Reservoir volume	11,300 x 10 ³ m ³
Dam height	63 m
Dam width	162 m
Completion year	1976

Fig. 2 Retention time and water quality of Hirono Dam reservoir⁶⁾

する条件は全期間で満たしている。水温は、温暖化を反映してか、漸増の傾向にある。

データの入手できた 1993～2017 年において、全窒素は 0.2～0.6 mg/L、全リンは 0.01～0.02 mg/L、クロロフィル-a は 5～30 $\mu\text{g/L}$ の範囲をおおむね推移した。図示していない他の一般水質項目はほぼ一定であった。この全窒素・全リンの濃度は、閉鎖性水域として決して悪いレベルではないが、1992 年赤潮発生時のそれとも大きくかけ離れていないものである。また、この期間のクロロフィル-a は高くなく、植物プランクトンの大量発生に至らない濃度である。

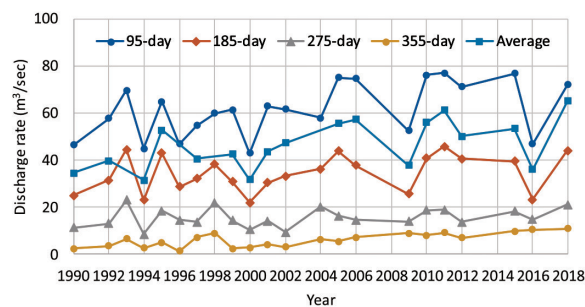


Fig.3 Discharge rate of Hino River (at Mitsuono in Fukui City)⁶⁾

4. 日野川の水環境

日野川の流況と水質の推移をそれぞれ Fig. 3, Fig. 4 に示す。国土交通省の水量観測所は、武生（越前市）が現在廃止されているため、下流側の福井市三尾野を採用した。また、福井県の水質測定地点は、上流側の越前市豊橋もあるが、下流側の福井市清水山が重点的に測定されているため、このデータを用いた。本データについては古くから利用可能であるが、赤潮が発生した前年からのものをプロットした。

年ごとの変動はあるものの、Fig. 3 の流量は微増の傾向にあると思われ、これも温暖化とそれに伴う豪雨の影響を受けている可能性がある。渇水はアユの遡上に悪影響を及ぼすと言われており、この点から流量の増加は好ましい。一方、豪雨に伴う出水は濁度を高め、藻の成長や摂餌に不利になると考えられている。

Fig. 4 の水質については、水温、pH、溶存酸素（DO）と大腸菌群数については、ほぼ横ばいである。もっとも代表的な水質汚濁指標である生物化学的酸素要求量（BOD）と浮遊物質（SS）をみると、濃度減少の傾向にあり、水質は徐々に向上している。この河川水質の改善は、主として生活排水や工場排水の管理が徹底してきた結果であり、全国的にみられる傾向である⁸⁾。

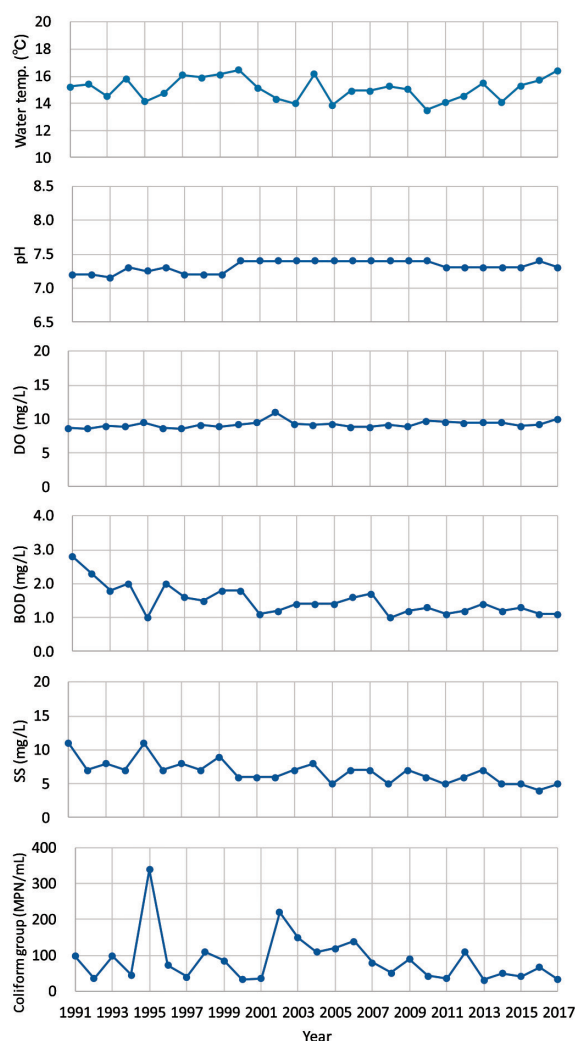


Fig.4 Water quality of Hino River (at Shimizuyama in Fukui City)⁷⁾

5. 日野川魚類相の環境 DNA 解析

5.1 解析方法

本解析では、わずか 1L の試料水から魚類相を調べることができる。手順の概略は、まず 0.22 μm フィルターを用いてろ過し、ろ過残留物から DNA を抽出し、その DNA 濃度を測定する。次いで、12SrRNA 領域などを対象にライブラリー（DNA 分子のコレクション）を作製し、ライブラリーの濃度と品質を確認した後、Illumina Miseq を用いたシーケンシング解析を行う。取得したリード（生物種推定に用いる DNA 配列の単位）を整理し、データベースの DNA 配列と相同性 97%以上あるものの生物種を抽出する。なお、この解析は（株）生物技研に依頼した。

5.2 結果と考察

Fig. 5 には、2018 年と 2019 年の両年で検出された魚種についてリード数を棒グラフで示し、2 年間の傾向を見ることとする。採水は、2018 年 10 月では越前市の松ヶ鼻えん堤付近、2019 年 11 月では同じく下平吹橋付近で行った。

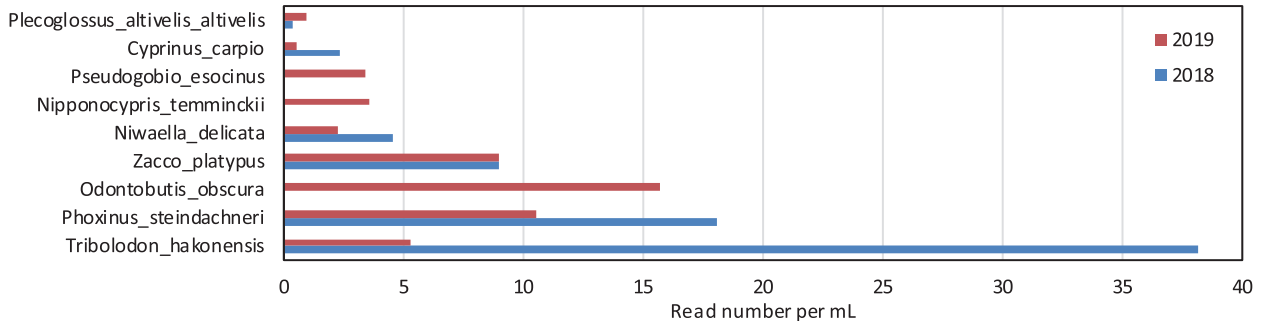


Fig. 5 Environmental DNA analysis of Hino River

2 年間にわたる調査では、年毎のリード数の変化が大きいものの、大まかには検出される魚種に傾向があった。具体的には、ウグイ (*Tribolodon_hakonensis*)、アブラハヤ (*Phoxinus_steindachneri*)、ドンコ (*Odontobutis_obscura*)、オイカワ (*Zacco_platypus*)、アジメドジョウ (*Niwaella_delicata*)、カワムツ (*Nipponocypris_temminckii*)、カマツカ (*Pseudogobio_esocinus*)、コイ (*Cyprinus_carpio*) およびアユ (*Plecoglossus_altivelis_altivelis*) が毎年または比較的高濃度で検出されている。九頭竜川の支流でアユ遡上量の減少が危惧されている永平寺川についても比較対象として調査したが (図示なし)、やはりアユはほとんど検出されなかった。一方、サケとサツキマスについては、永平寺川で検出され、実際、遡上が毎年観察されているのに対し、日野川では両種とも検出されなかったものの、過去に遡上が観察された記録がある⁹⁾。以上より、河川ごとに魚類相に相違があることが明らかである。

加藤¹⁰⁾による九頭竜川上流での調査では、ダム貯水池の流出河川では著しい減水により、早瀬の平瀬化や淀みの増加、水温の上昇などにより、イワナやアマゴの冷水性のサケ科魚類が減少し、代わりにウグイ、アブラハヤなどの温水性で止水域を好むコイ科魚類が増加した。上流域の魚類相から中流域の魚類相への移行化が進み時期と場所によっては魚のすめない水涸れの水域も生じていた。2 年間の環境 DNA 解析結果も、この報告と似た傾向を示していると思われる。

なお近年、アユの環境 DNA 濃度と密度および生物量とが関連することがわかってきたが、それらの関係は河川固有であると考えられている¹¹⁾。したがって、定量性においては環境 DNA 法はまだ発展段階でデータ量が不十分であるので、今後のデータの蓄積を待ちたい。

6. 日野川のアユとアユ漁

アユは、学名 *Plecoglossus altivelis* で、寿命が 1 年であることから「年魚」、香りがあることから「香魚」とも呼ばれる。アユは、春に川を上り、藻類を食べて成長する。秋には川の中流域で産卵する。ふ化後は海へ下って越冬する。このような回遊は「両側回遊」(りょうそくかいゆう)と呼ばれる¹²⁾。ただし、河口域の環境によっては、河口域にも仔稚魚の成育場が形成される場合もある。アユは比較的遡上能力に優れることに特徴がある¹³⁾。

Fig. 6 に日野川におけるアユ漁獲量を示すが、釣り客の減少とともに漁獲量は減少している。日野川漁業協同組合の見解は、レジャーとしてアユ釣りを楽しむ人が減少して

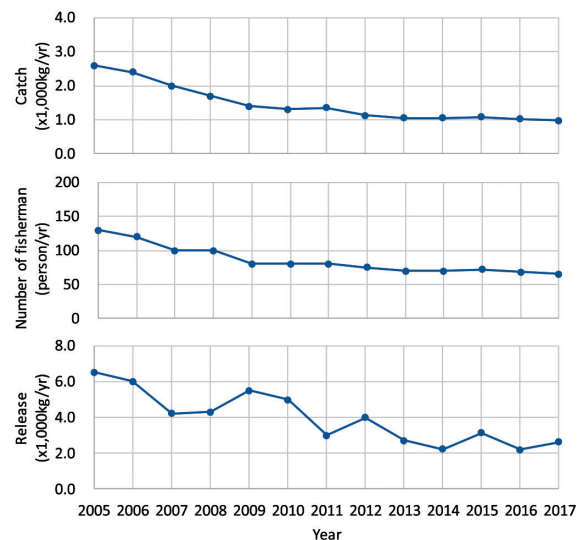


Fig. 6 Catch and fry release of *Plecoglossus altivelis* and fisherman for Hino River¹⁰⁾

いることが理由の一つであり、特に若者の割合が少ないという。これは、わが国における人口減少や地域衰退といった社会的問題とも関係すると思われ、地域をあげて検討すべき課題かもしれない。よって、ダム貯水池および河川の水環境とアユ量との関係を単純に結び付けられない。

7. 結 論

本研究では、おおむね広野ダムで赤潮が発生した以降の期間における日野川、広野ダムの流況と水質について調べ、それらの要素とアユ量との関係性について考察した。しかし、アユの生活史からもわかるように海まで下ることから沿岸環境の影響、進行していると思われる地球温暖化の影響、さらには一時的な渇水、雪解け水、建設工事の影響など、考慮すべき要素はきわめて多岐にわたる。これらとは別に、アユ漁獲量の減少はアユ釣り離れともいえる人々の嗜好性の変化が影響していることも伺えた。一方、環境 DNA 解析より、日野川はほぼ特定の魚種から構成され、比較対象とした永平寺川と異なることが示唆された。

今後は、魚道等の土木構造物、地域活性化など今回取り上げなかった観点からも検討していきたい。

謝 辞

本研究の一部は、福井工業大学学長裁量費の援助を受けた。また、アユに関する情報は日野川漁業協同組合副組合長の佐々木武夫氏に提供していただいた。ここに記して感謝する。

参考文献

- (1) 福井県，九頭竜川水系日野川ブロック河川整備計画 (2017).
- (2) 福井県，“福井県管理のダムについて”，<http://www.pref.fukui.lg.jp/doc/sabo/fukuidam.html> (参照日 2020 年 1 月 20 日).
- (3) 高木弘康，石灰添加による広野ダム貯水池の富栄養化制御に関する研究，福井工業大学修士論文 (1995).
- (4) 高島正信，高木弘康，“石灰添加によるダム湖の富栄養化制御”，環境技術，Vol. 23, No.6 (1994), pp. 351-355.
- (5) 日本水質汚濁研究協会編，湖沼環境調査指針 (1982)，公害対策技術同友会.
- (6) 国土交通省，“水文水質データベース”，www1.river.go.jp/contents.html (参照日 2020 年 1 月 20 日).
- (7) 福井県衛生環境センター，“福井県環境情報総合処理システムみどりネット”，<http://www.erc.pref.fukui.jp/envdb/index.htm> (参照日 2020 年 1 月 20 日).
- (8) 国土交通省，平成 29 年全国一級河川の水質現況 (2018).
- (9) 日野川漁業協同組合，漁獲量データ (2018)
- (10) 加藤文男，“九頭竜川水系上流域におけるダム敷設後の魚類相の変化”，福井市自然史博物館研究報告，第 52 号 (2005), pp. 83-98.
- (11) 赤松良久，乾隆帝，“環境 DNA を用いた河川生物推定法の開発”，水環境学会誌，Vol. 41(A), No.4 (2018), pp. 128-131.
- (12) かながわ森林インストラクターの会，<http://www.forest-kanagawa.jp/5chishiki/fukabori-08.html> (参照日 2020 年 1 月 20 日).
- (13) 伊藤一十三ほか，“魚がのぼりやすい川づくりについて”，リバーフロント研究所報告，第 16 号 (2005), pp. 66-73.

(2020 年 9 月 10 日受理)