

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 29 日現在

機関番号：83704

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26450277

研究課題名(和文) カジカ個体群間の産卵期変異を通じた地域個体群の固有性の明示と保全

研究課題名(英文) Clarification and conservation of the characteristic of the local population through the spawning season variation between the Japanese fluvial sculpin population

研究代表者

藤井 亮史 (Fujii, Ryouji)

岐阜県水産研究所・下呂支所・専門研究員

研究者番号：70455525

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：無秩序な移植・放流による遺伝的な攪乱の危険性を、イメージしやすく説明するため、カジカ大卵型を対象に、個体群ごとの産卵期の違いを明らかにすることを目的に、産卵実験および河川調査を行った。

その結果、環境が異なる河川の個体群は、同じ水温であっても、それぞれ異なる時期に産卵を開始することが明らかとなった。また、産卵開始は最低水温や特定の水温に上昇した時などといった、水温変化の目立ったタイミングとは無関係であると考えられた。これより、カジカ大卵型の産卵開始は、その時の水温ではなく光周期などの他の要因によって、生息環境にあわせて繁殖に最適な時期になるよう決定づけられていると考えられた。

研究成果の概要(英文)：To explain the risk of genetic disturbance by disorder transplantation, the spawning experiments and river investigations was conducted to reveal the difference of the spawning season among populations in the Japanese fluvial sculpin.

Populations of different environments start spawning at different times, even at the same temperature. It was considered began to spawn is irrelevant as the timing of temperature change, such as minimum temperature or increased to a specific water temperature. Therefore it was thought that the start spawning of the Japanese fluvial sculpin was determined not by the water temperature at that time but by other factors such as the light cycle.

研究分野：水産増殖学

キーワード：カジカ 個体群 産卵期 放流

## 1. 研究開始当初の背景

淡水魚類の移植・放流に関する問題点は、大きく 国外外来魚 国内外来魚 別の地域集団(個体群)の移植・放流の3つに分けることができる。この中でも 別の地域集団の移植・放流は、水産増殖行為(内水面の漁業権免許の条件となる増殖行為としての放流)や希少魚の保護、保全を目的とした放流を通して、日本国内において多くのケースが見られる。特に、希少魚の放流では、野生個体群や地域生態系にさまざまな影響を及ぼし、逆の効果も及ぼす危険性が指摘されていることから、放流に十分な検討がなされるよう、指針が策定された(日本魚類学会, 2005)。一方、水産増殖行為としての放流に関しては、例えばイワナでは、日本各地に遺伝的分化を遂げた集団が存在することが明らかにされ(Yamamoto et al., 2004)、遺伝的かく乱を生じさせない資源の維持・増殖が求められている(中村, 2005)。しかし、市民団体等の環境保全活動や環境教育の現場、あるいは漁業権魚種の増殖義務に伴う放流において、異なる地域個体群の移植放流が行われるケースが存在する。

本研究で焦点を当てるカジカ属魚類では、河川や生息地ごとに遺伝的な分化が見られ、移動分散能力の乏しい河川性の生活史をもつハナカジカやカジカ大卵型では、多くの地域集団に分化している(Yokoyama and Goto, 2002; 糸井, 2009)。このカジカ大卵型では、岐阜県美濃市の個体群では1月下旬から、岐阜県飛騨地方の個体群では3~4月に産卵が確認され(藤井 未発表データ)、長野県開田村では、6月上旬に産卵床が確認されている(山本・沢本, 2000)ことなど、地域によって産卵期が大きく異なることも示唆されている。さらに、両側回遊性であるカジカ中卵型でも、遺伝的に分化した地理グループの存在が認められている(Tsukagoshi et al., 2011)。

## 2. 研究の目的

異なった河川、地域からの移植放流は生態系のかく乱(在来個体群の遺伝的汚染)を引き起こす恐れが指摘され、安易な放流を行わないよう求められているなかで、資源の増大や保全を目的として、いわば“善意”での放流が見られることも多い。カジカ類などでは、これまでに大規模放流が行われず、在来の集団が保存されている河川が多いため、“善意”による放流活動によって遺伝的な汚染が起こらないよう、漁業協同組合や一般県民等に説明、啓発する必要がある。

しかし、これまで、別の地域集団の移植・放流による遺伝的な攪乱の危険性を説明する際には、遺伝的分化などを中心として行われることが多く、難解となりがちであった。このため、移植・放流による影響を広く説明していく材料として、より直感的に理解できる例を用いることが求められる。

そこで、本研究は、各地のカジカを用いて、

産卵期というより多くの人にイメージしやすい生態的な形質について、個体群ごとの違いを、飼育実験や河川調査などによって明らかにすることを目的とした。

## 3. 研究の方法

(1) カジカ大卵型を対象に各地域、各河川の地域個体群、特に隣接した地域の別水系、同一水系であるが離れた地域で気候等の環境の異なる地域の個体群について、河川から親魚を採捕し、同一飼育水の飼育環境下において産卵実験を行い、水温条件等の等しい環境下での産卵期の比較を行った。

採捕した個体は、岐阜県水産研究所下呂支所の飼育施設に設置した円形プラスチック水槽に収容した。飼育水は岐阜県水産研究所下呂支所第5井戸水を用いた。

産卵実験では、産卵水槽として、260×55×15 (D) cm、348×45×15 (D) cm、140×65×10 (D) cm の FRP 水槽、190×46×10 (D) cm の塩ビ水槽、140×52×10 (D) cm のステンレス水槽および 120×75×10 (D) cm のプラスチック水槽を用い、人工産卵巣と雌雄の親魚を入れ、自然に産卵させた。人工産卵巣には瓦あるいは鉄製アングル材を使用した。産卵の確認は、1週間に1、2回産卵巣を取り出すか水槽内で反転させ、産卵巣内側上部に産着される卵の有無を目視することによって行った。また、産着卵は認められなかったものの、産卵床外に放出卵が見られた場合や雌親魚の抱卵状況から雌親魚が卵を放出したことを確認した場合も記録した。

(2) 産卵実験で得られた卵からふ化し、養成した子世代について、産卵実験を行い、ふ化から産卵まで飼育環境下に置かれた場合における各個体群の産卵期を比較した。

ふ化仔魚は人工海水を用いた循環飼育で餌付けを行い、稚魚期以降は(1)の天然親魚と同様、円形プラスチック水槽で井戸水を用いて養成した。産卵実験は(1)と同様の方法により、産卵および卵の放出を記録した。

(3) 産卵期の河川において、採捕調査を行い、卵巣の状態から産卵前、産卵後を推測すると共に、産卵床の調査により産着卵の確認時期から、河川での産卵期を推定した。

(4) 親魚採捕河川および飼育水の水温を自記式水温計により記録し、産卵期を中心にそれぞれの水温を比較、各個体群の産卵期と水温の関係性を調査した。

## 4. 研究成果

(1) 天然親魚の産卵実験として、以下の河川よりカジカ大卵型を採捕した。

- ・長良川支流板取川支流片知川
- ・長良川支流鷺見川
- ・長良川支流吉田川
- ・飛騨川支流和良川
- ・飛騨川支流和良川支流大月谷
- ・飛騨川支流馬瀬川
- ・木曾川支流末川

- ・神通川支流宮川支流小鳥川
- ・神通川支流宮川支流川上川支流
- ・神通川支流高原川
- ・庄川支流馬狩谷
- ・庄川支流六厩川およびその支流
- ・九頭竜川支流石徹白川
- ・九頭竜川支流石徹白川支流朝日添川
- ・南川上流
- ・那珂川支流藤井川および支流郷戸川

これらの個体群の飼育環境下での産卵期（産着卵および親魚の放卵が認められた期間）は以下の通りであった。

2014 年度

片知川個体群で 2015 年 2 月 21 日～4 月 20 日、和良川個体群で 2 月 27 日～4 月 20 日、馬瀬川個体群で 3 月 18 日～4 月 7 日、六厩川個体群で 4 月 1 日～4 月 28 日、馬狩谷個体群で 4 月 7 日～4 月 28 日、石徹白川個体群で 4 月 7 日～5 月 1 日、高原川個体群で 3 月 27 日～4 月 20 日、南川個体群で 3 月 18 日～4 月 28 日であった。

2015 年度

片知川個体群で 2016 年 2 月 19 日-4 月 20 日、鷲見川個体群で 4 月 28 日-4 月 26 日、和良川個体群で 2 月 16 日-5 月 6 日、大月谷個体群で 3 月 14 日-4 月 15 日、馬瀬川個体群で 3 月 9 日、末川個体群で 4 月 26 日、小鳥川個体群で 4 月 20 日-5 月 2 日、高原川個体群で 3 月 27 日-5 月 6 日、六厩川個体群で 3 月 23 日-5 月 6 日、馬狩谷個体群で 3 月 18 日-5 月 6 日、石徹白川個体群で 3 月 14 日-5 月 1 日、朝日添川個体群で 4 月 6 日-5 月 2 日、南川個体群で 3 月 14 日-5 月 2 日、藤井川・郷戸川個体群で 2 月 9 日-4 月 26 日であった。

2016 年度

片知川個体群で 2017 年 3 月 3 日、鷲見川個体群で 4 月 5 日-4 月 10 日、吉田川個体群で 4 月 10 日-4 月 18 日、和良川個体群で 3 月 10 日-3 月 17 日、小鳥川個体群で 4 月 26 日-5 月 10 日、川上川支流個体群で 5 月 2 日-5 月 10 日、六厩川個体群で 3 月 21 日-3 月 28 日、南川個体群で 3 月 21 日-5 月 2 日、藤井川・郷戸川個体群で 2 月 17 日-3 月 16 日であった。

2014 年度の産卵実験からは、カジカ大卵型の産卵期は 2 月下旬から 5 月上旬と推定できた。これを個体群ごとに見た場合、片知川や和良川などの太平洋側河川の比較的標高が低い地域の個体群では産卵開始が 2 月下旬であるのに対して、庄川水系や石徹白川、高原川など日本海側河川の山間部の個体群では 3 月末から産卵が始まっていた。また、2015 年度の実験では、那珂川水系藤井川・郷戸川の個体群の産卵期が、大きく地域が離れながらも同じように太平洋側河川であり標高の低い河川である片知川などと同じように、2 月という早期に始まることが確認された。

庄川水系六厩川の産卵期は 3 月後半から開始されたのに対して、地理的に近接していながら水系の異なる宮川支流の小鳥川および

川上川支流では 4 月下旬から 5 月に産卵が開始されていた。

それぞれの個体群で確認された産卵期は、産卵実験を行った 3 シーズンで大きく異なることはなかった。これらの個体群は、親魚の多くが昨年度から継続飼育してきたものであり、同じ水温条件で 1 年以上飼育しても、それぞれの産卵時期は維持されることが示された。

2015 年度（2016 年）に飼育実験で観察され産卵期をまとめると図 1 の通りとなり、産卵時期が、個体群によって異なることが示された。さらに、同一個体が複数回産卵するのが見られた中で、1 回目の産卵だけを抽出すると図 2 の通りとなり、特に産卵開始時期が個体群ごとに異なることが明瞭に示された。このことは、水温や日長など成熟に関わる条件を同一として飼育しても、水系や地域によって異なる産卵開始時期が変わらないことを示唆し、個体群の固有性が存在する可能性が考えられる。

一方、産卵期の終了については、いずれの個体群でも 4 月下旬から 5 月上旬と比較的同じ時期となっていた（図 1）。この時期になると、飼育用水として用いている井戸水の水温が日間平均で 10 を超えるようになり、卵の発生に適さない高水温を避けるために親魚が産卵を中止している可能性がある。そのため、この飼育用水での産卵実験では、産卵期の終了時期については、水温の影響に関する知見は得られるものの、個体群ごとの固有性に関しての知見は得られにくいことが推察される。

水系	2月	3月	4月	5月	標高	
長良川	片知川	1	5	2	2	150
	鷲見川	1	1	1	2	300
木曾川	和良川	1	3	8	2	400
	大月谷	2	4	2	1	500
	竹原川	5	4	3	4	700
	馬瀬川	1	5	2	4	950
神通川	末川	2	1	1	2	1150
	小鳥川	1	2	1	1	1000
庄川	馬狩谷	1	1	2	4	700
	六厩川	1	2	2	2	1050
九頭竜川	石徹白川	4	23	9	7	700
	朝日添川	2	3	3	1	800
南川	南川	2	8	5	3	150
	香川	3	1	5	2	150
那珂川	郷戸川	2	3	2	2	150
	藤井川	2	2	1	1	200

図 1. 各河川集団の水槽内産卵確認回数 (2016 年)

水系	2月	3月	4月	5月	標高	
長良川	片知川	1	5	1	2	150
	鷲見川	1	1	1	2	300
木曾川	和良川	1	3	8	2	400
	大月谷	2	4	2	1	500
	竹原川	5	4	3	4	700
	馬瀬川	1	5	2	4	950
神通川	末川	2	1	1	2	1150
	小鳥川	1	2	1	1	1000
庄川	馬狩谷	1	1	2	4	700
	六厩川	1	2	2	2	1050
九頭竜川	石徹白川	4	23	9	7	700
	朝日添川	2	3	3	1	800
南川	南川	2	8	5	3	150
	香川	3	1	5	2	150
那珂川	郷戸川	2	3	2	2	150
	藤井川	2	2	1	1	200

図 2. 各河川集団の 1 回目産卵確認回数 (2016 年)

(2) 和良川個体群は 2015 年度および 2016 年度に、片知川、南川および郷戸川の個体群は 2016 年度に卵から飼育した個体（子世代）の産卵を観察した。その結果、和良川個体群では 2016 年 3 月 9 日-5 月 2 日、2017 年 3 月 3 日-3 月 28 日に産卵が確認され、片知川個

体群では2017年3月3日-3月28日に、南川  
 個体群では3月21日-5月2日に、郷戸川個  
 体群では2月17日-3月16日に産卵が確認さ  
 れた。天然親魚では、和良川、片知川、郷戸  
 川の個体群は産卵が早く、南川個体群ではそ  
 れよりも遅れて産卵が始まる傾向にあった  
 (図1, 2)。子世代においても、産卵開始が  
 全体的にやや遅くなっているものの、和良  
 川・片知川・郷戸川の個体群に比べ南川の個  
 体群の産卵が遅く始まる傾向に変わりは無  
 く、天然親魚の産卵実験で示唆された産卵開  
 始の個体群ごとの固有性は、卵から飼育環境  
 においても同じように現れると考えられた。  
 (3)産卵期における採捕調査では、2016年  
 3月10日に郷戸川において産卵直前の個体お  
 よび1回目の産卵を終えた個体を確認した。  
 また、南川における産卵調査では、2016年3  
 月15日に産卵直前の個体が採捕され、それ  
 まで認められなかった産卵床が、卵が産着さ  
 れて間もない状態で確認された。このタイミ  
 ングは、産卵実験において、郷戸川個体群の  
 多くの個体で1回目の産卵を終え、2回目の  
 産卵が開始される時期、南川個体群で産卵を  
 開始した時期であり、これらの個体群では飼  
 育環境下と河川での産卵期がほぼ同一であ  
 ると考えられた。このことから、産卵実験で  
 観察された各個体群の産卵期は河川での産  
 卵期を反映しているものと思われる。

(4)ほぼ同じ標高(150m付近)であるが地  
 理的に離れた片知川、郷戸川(茨城県那珂川  
 水系)および南川(福井県)、標高の高い  
 (1000m付近)隣接した2地点(六厩川およ  
 び小鳥川)の水温、産卵実験に用いた岐阜県  
 水産研究所の井戸水水温(すべて2016年)  
 を比較すると図3のとおりとなる。同程度の  
 標高の片知川、郷戸川および南川では水温と  
 その変動傾向が大きく変わらず、また、標高  
 の高い2河川でも水温の変動パターンは変わ  
 らず、水温変動に関連して産卵期が決定され  
 る(最低水温の時点で産卵を開始するなど)  
 とは言えない。さらに、井戸水である産卵実  
 験水温は河川水温と大きく異なった変動傾  
 向であり、加えて、例えば六厩川の個体群で  
 は、水槽内での産卵時の水温と、同時期の河  
 川水温が大きく異なっているにもかかわらず、  
 飼育環境下と河川内での産卵期が大きく  
 変わらないであろうことは、産卵期がその時  
 の水温によって決定されていないことを支  
 持すると考えられる。

一方、六厩川と小鳥川は、源が近接し(清  
 見と荘川の境の松ノ木峠)、水温もほぼ同じ  
 であるにもかかわらず、産卵開始時期が大き  
 く異なっていた。これは、遺伝的、系統地理  
 的要因、つまり、現在の分布を形成する際に  
 遺伝的に異なる集団がそれぞれ別の経路で  
 分布拡大を行い、近接地域に2集団の分布が  
 確立され、その後の混合がほとんど起きてい  
 ないことによる可能性が考えられる。



図3. 2016年産卵期における河川水温と飼育水温

#### 引用文献

- 糸井史郎. 2009. 多摩川で回復したカジカ個  
 体群の系統分類に関する研究. 財団法人  
 とうきゅう環境浄化財団. 東京. 23pp.  
 日本魚類学会. 2005. 生物多様性の保全をめ  
 ざした魚類の放流ガイドライン(放流ガイ  
 ドライン, 2005). 日本魚類学会ホームペ  
 ージ:  
<http://www.fish-isj.jp/iin/nature/guideline/2005.html> (参照 2017-5-12).  
 中村智幸. 2005. 遺伝子解析によるイワナの  
 原種さがし. 広報ないすいめん 41:  
 46-49.  
 Tsukagoshi, H., R. Yokoyama and A. Goto.  
 2011. Mitochondrial DNA analysis reveals  
 a unique population structure of the  
 amphidromous sculpin *Cottus pollux*  
 middle-egg type (Teleostei: Cottidae).  
 Mol. Phylogenet. Evolut. 60: 265-270.  
 山本 聡・沢本良弘. 2000. カジカ *Cottus*  
*pollux* 産卵床の物理的環境条件. 長野水  
 試験報 4: 4-6.  
 Yamamoto S., K. Morita, S. Kitano, K.  
 Watanabe, I. Koizumi, K. Maekawa and K.  
 Tamura. 2004. Phylogeography of  
 white-spotted charr (*Salvelinus*  
*leucomaensis*) inferred from  
 mitochondrial DNA Sequences. Zool. Sci.  
 21: 229-240.  
 Yokoyama, R. and A. Goto. 2002.  
 Phylogeography of a fluvial sculpin,  
*Cottus nozawae*, from the northeastern  
 part of Honshu Island, Japan. Ichthyol.  
 Res., 49: 147-155.

#### 5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計8件)

- 藤井亮史. 2017. ナマズ精子の希釈液  
 による運動性の比較. 岐阜県水産研究所  
 研究報告, 62: 27-33. (査読なし)  
 Koya, Y., R. Fujii, H. Yambe and D.  
 Tahara. 2016. Nesting behavior is  
 associated with increased urinary  
 volume in the urinary bladder during the  
 reproductive period in small-egged  
 Kajika, *Cottus pollux* SE. Ichthyol  
 Res., 63: 59-67. (査読あり)  
 doi:10.1007/s10228-015-0475-6  
 Koya, Y., R. Fujii, H. Yambe and D.  
 Tahara. 2016. Hypertrophy and  
 polysaccharide production in the kidney

associated with sexual maturation of male small-egged Kajika, *Cottus pollux* SE Ichthyol Res., 63: 260-266. (査読あり) doi:10.1007/s10228-015-0496-1  
徳原哲也・桑田知宣・藤井亮吏・原 徹・苅谷哲治・岸 大弼. 2016. 長良川におけるサツキマスの遡上動態. 魚類学雑誌, 63, 5-10. (査読あり)  
向井貴彦・北西滋・伊藤玄・古屋康則. 2016. 岐阜県の河川におけるブラウントラウトの分布拡大. 魚類学雑誌, 63: 157-159. (査読あり)  
山野井貴浩・佐藤千春・古屋康則・大槻朝. 2016. ゲンジボタルの国内外来種問題を通して生物多様性の保全について考える授業の開発. 環境教育, 25: 75-85. (査読あり)  
岸 大弼・辻 寛人・藤井亮吏・大原健一・徳原哲也. 2016. 飛騨地方の渓流におけるイワナおよびヤマメ・アマゴの産卵地点の標高・河床勾配・水面幅. 岐阜県水産研究所研究報告, 61: 1-9. (査読なし)  
岸 大弼・藤井亮吏・辻 寛人. 2015. 継代飼育アマゴから得られた雌雄同体個体. 岐阜県水産研究所研究報告, 60: 6-9. (査読なし)

〔学会発表〕(計3件)

藤井亮吏・棗田孝晴・田原大輔・古屋康則. 2016. カジカ大卵型の産卵期の変異と水温の関係. 2016年度日本魚類学会年会. 2016年9月24日-9月25日. 岐阜大学.  
古屋康則・森温子・田原大輔・山家秀信・棗田孝晴・藤井亮吏. 2016. 冬季の高水温がカジカ小卵型の雄の精子形成に及ぼす影響. 平成28年度日本魚類学会春季大会. 2016年3月26日-3月30日. 東京海洋大学.  
古屋康則・森温子・棗田孝晴・藤井亮吏. 2015. カジカ(大卵型)の生殖腺発達と繁殖期の多様性. 平成27年度日本水産学会春季大会. 2015年3月30日. 東京海洋大学.

〔図書〕(計1件)

棗田孝晴. 2016. 生きざまの魚類学魚の一生を科学する(猿渡敏郎 編著). 東海大学出版部, pp. 143-168 (全240pp).

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕  
ホームページ等  
岐阜県水産研究所  
<http://www.fish.rd.pref.gifu.lg.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤井 亮吏 (FUJII, Ryouji)  
岐阜県水産研究所・下呂支所・専門研究員  
研究者番号: 70455525

(2) 研究分担者

古屋 康則 (KOYA, Yasunori)  
岐阜大学・教育学部・教授  
研究者番号: 30273113

棗田 孝晴 (NATSUMEDA, Takaharu)  
茨城大学・教育学部・准教授  
研究者番号: 00468993

田原 大輔 (TAHARA, Daisuke)  
福井県立大学・海洋生物資源学部・准教授  
研究者番号: 20295538