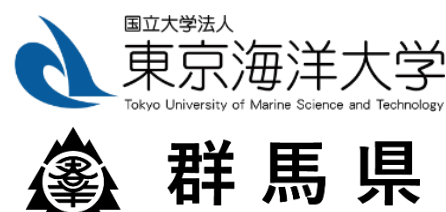


令和 7 年 7 月 31 日

Press Release



アユ凍結細胞から個体を復元する技術の開発に成功 日本各地のアユ地域個体群の遺伝子の半永久的な保存が可能に?!

ポイント

- ✓ アユは過去 100 年以上にわたり各地の河川への放流が行われてきた。しかし近年、放流アユ（湖産アユ）と天然アユが交雑することによる遺伝子攪乱^{注 1)}が起きていることが明らかとなり、新たな問題となっている。
- ✓ 凍結したアユの生殖腺から生殖幹細胞^{注 2)}を調整して、自らの卵や精子を作れなくした三倍体^{注 3)}アユ仔魚を宿主として移植した結果、これらの宿主が凍結細胞由来の精子、卵を生産し、両者を受精することで凍結細胞由来の次世代個体を作成することに成功した。
- ✓ 日本各地に生息する天然アユの凍結細胞バンクの作成により希少な地域個体群の遺伝子のバックアップ体制の樹立が期待される。

国立大学法人東京海洋大学水圏生物生産工学研究所の市田健介助教らは、凍結した天然アユの生殖腺から生殖幹細胞を単離して、不妊化したアユ仔魚を宿主として移植することで、宿主から凍結細胞に由来の個体を作成する技術の開発に成功しました。

アユは日本における重要な淡水魚であり、海と川を行き来する「海産アユ」と一生を湖で生息する「湖産アユ」の 2 系統の存在が知られています。特に湖産アユは友釣りにおける特性が高いことから放流用の種苗として好まれており、過去 100 年以上にわたり各地の河川への放流が行われてきました。これまで湖産アユと各地の海産アユとが交雑することによる各地域集団の遺伝子攪乱の可能性について様々な検証がなされてきましたが、各地のアユ集団の遺伝子攪乱はほとんどないと考えられていました。しかしながら近年の研究で湖産アユと海産アユが交雑することによる遺伝子攪乱が起きていることが明らかとなり、現在の放流事業計画の見直しとともに各地の天然アユの遺伝子資源バックアップ体制の樹立が新たな課題として浮上しています。

本研究グループは、天然アユの遺伝子資源バックアップ体制の樹立を目指して①生殖腺の凍結保存技術による遺伝子資源保存技術、と②解凍した生殖細胞を不妊化した養殖アユ宿主への移植技術の開発に取り組みました。その結果、凍結生殖細胞の移植を施した宿主から凍結細胞由来の精子、卵を得ることに成功し、世界で初めて凍結細胞からアユ個体を復元することに成功しました。

今後、放流計画の見直しに加え、本技術によるアユ凍結細胞バンクを樹立することによる希少なアユ遺伝子資源の半永久的な保存が期待されます。

本研究は、群馬県水産試験場との共同で行いました。

本研究成果は、2025 年 7 月 17 日（英国時間）に Elsevier が出版する水産学専門誌である Aquaculture のオンライン版で公開されました。

＜研究の背景と経緯＞

アユ(*Plecoglossus altivelis*)は両側回遊を行う年魚で、日本では「友釣り」をはじめとした遊漁の人気の高い魚種であり、各地の河川で遊漁目的の放流が長年行われています。アユには海と川を行き来する「海産アユ」と一生を湖で過ごす「湖産アユ」の2系統の存在が知られており、これまで遊漁の種苗としては友釣りにおける罔アユへの攻撃性が高いとされる湖産系アユが好まれ、100年以上にわたって継続的な放流が行われてきました。

これまでの研究では、放流された湖産アユは天然の海産アユと交雑し再生産を行うが、生まれた仔魚の生残率は限りなくゼロに近いと考えられており、放流による天然アユ集団への遺伝的影響は少ないというのが通説でした。しかし、近年マイクロサテライトマーカー^{注4)}を用いた日本全国のアユ天然個体群の遺伝的解析が行われ、湖産系アユの遺伝子移入が発生している河川が複数ある可能性が示唆されました。そのため、現行の放流事業を見直すと同時に、アユ遺伝子資源のバックアップ体制を整えることが喫緊の課題として浮上しております。しかし、現状では魚類の卵を凍結保存することはできないため、凍結配偶子による遺伝子資源の長期保存を行うことができません。そこで、本研究ではアユにおける生殖細胞の凍結保存技術と生殖細胞移植技術を樹立し、それらを組み合わせることで、アユ遺伝子資源の半永久的な保存および凍結細胞からの個体の復元技術の構築を目指しました。

＜研究の内容＞

上記の背景から東京海洋大学の市田健介助教らは群馬県水産試験場との共同研究でアユの生殖幹細胞を含む生殖腺の凍結保存技術の樹立に着手しました。まず様々な成熟段階のアユの生殖腺の中から生殖幹細胞が多量に含まれる時期を特定し、それらの生殖腺を様々な凍結保護剤を用いて凍結保存を行いました。その結果、解凍した細胞のうち75%以上が生残する高効率な凍結保存条件の至適化に成功しました。続いて凍結した細胞からの個体の復元を目指して、生殖細胞の移植技術の開発に取り組みました。上記の条件で5か月間凍結保存した生殖腺を解凍し、酵素分散により生殖細胞をバラバラに分散したのち、免疫系が未発達な孵化後8-10日齢の不妊化した孵化仔魚に移植を行いました。その結果、移植前に蛍光標識した生殖細胞が、宿主生殖腺内へと確かに取り込まれている様子が観察されました。さらに移植を施した宿主アユの1年間飼育を行ったところ、オスで7尾(7/35)、メスで4尾(4/33)から配偶子を得ることができました。これらの配偶子を人工授精させると、正常な形態をした仔魚が得られ、不妊である三倍体アユから機能的な配偶子を得ることに成功しました。また、マイクロサテライトマーカーを用いたDNA解析により、得られた次世代個体は全て凍結細胞由来であったことが判明し、アユにおける生殖細胞移植技術を用いた凍結細胞からの個体の復元に世界で初めて成功しました。

＜今後の展開＞

本研究の内容は現状、アユの系統を半永久的に保存することができる唯一の方法論となります。本技術によるアユ凍結細胞バンクを樹立することによる希少なアユ遺伝子資源のバックアップ体制を樹立するとともに、現行の放流計画の見直しと合わせてアユ遺伝子資源の持続的な利用へとつなげて行けることが期待されます。

また、本技術により、「冷水病に強い」、「早く大きく育つ」などのアユにとって優れた遺伝的形質を保存・活用することも可能となることから、アユの育種を進めていくうえで有用な手段となります。

<参考図>

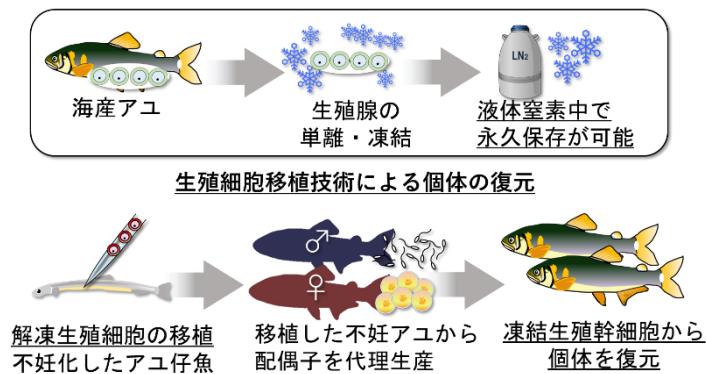


図 1.本研究の概略図

事前に生殖腺を凍結保存しておき、それらを必要な時に解凍して、不妊化した仔魚に移植をすることで移植を施した宿主から凍結細胞由来の次世代個体を作成する技術。

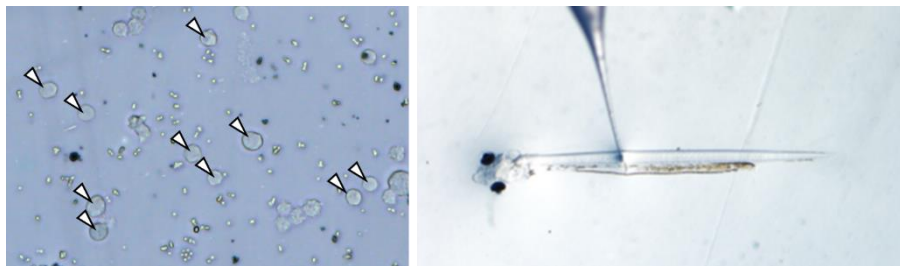


図 2. 凍結保存後のアユ生殖細胞（左）と不妊化したアユ仔魚に移植している様子（右）
左図の矢尻は凍結解凍後も生残している生殖細胞を示している。

オス宿主



メス宿主



図 3. 移植を施した宿主が精子(上)、卵(下)を作出した様子

宿主は不妊化処理を施しているため、通常では精子や卵を作らないと予想されるが、一部のオス宿主は精子をメス宿主は卵を生産した。

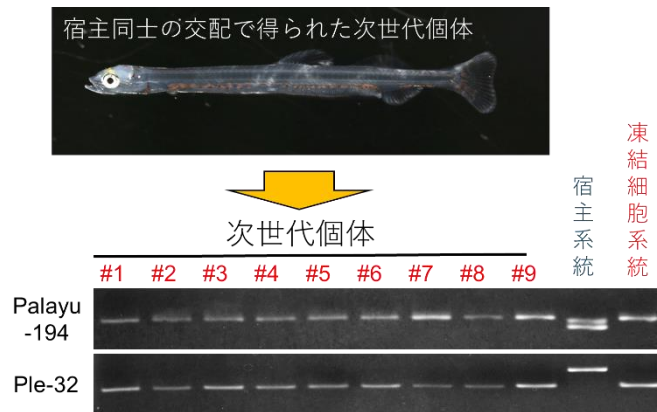


図 4. 宿主同士の交配で得られた次世代個体とその DNA 解析

宿主同士の交配で得られた次世代個体のバンドパターンは凍結細胞由来の系統のバンドパターンと完全に一致し、宿主が凍結細胞由来の配偶子を生産したことが明らかとなった。

<用語解説>

注1) 遺伝子攪乱

在来個体群と異なる遺伝子が、自然環境の中で拡散してしまうこと。生態系や遺伝的多様性に悪影響を与える可能性があり、環境問題・生物多様性の問題として重要視されている。

注2) 生殖幹細胞

配偶子(精子や卵)の起源となる細胞。配偶子へと分化する分化能と自身が増殖する自己複製能を併せ持ち、継続的に配偶子を供給する。

注3) 三倍体

細胞にある染色体の基本数の 3 倍の染色体を持つ倍数体のこと。通常は父親、母親由来の染色体を 1 セットずつ、合計 2 セットを持つ 2 倍体であるが、三倍体はさらに 1 セット多い状態となっている。魚類では減数分裂が不全となるため、受精できる配偶子を作れないため、不妊魚として利用されている。

注4) マイクロサテライトマーカー

ゲノム DNA 上に存在する、2~6 塩基程度の短い配列が反復するマイクロサテライト領域の多型を遺伝子マーカーとして利用する技術。親子鑑定や特定集団の遺伝子型を識別することが可能となる。

<論文タイトル>

" Production of ayu (*Plecoglossus altivelis*) offspring using cryopreserved spermatogonia from surrogate broodstock"

DOI : 10.1016/j.aquaculture.2025.742948

<研究助成>

本研究は、本研究は JSPS 科研費 基盤研究 B (23K23684) の支援により実施されました。

機関の情報

国立大学法人東京海洋大学（東京都港区港南 4 丁目 5 番 7 号、学長 井関 俊夫）
2003 年に東京商船大学と東京水産大学が統合し設立された国内唯一の海洋系大学。海洋に特化した大学であるという特色を活かし、「海を知り、海を守り、海を利用する」をモットーに、海洋分野におけるグローバルな学術研究の強力な推進とその高度化に取り組んでいます。

<https://www.kaiyodai.ac.jp/>

お問い合わせ

<研究に関すること>

東京海洋大学 水圏生物生産工学研究所 助教 市田健介（イチダ ケンスケ）

E-mail : kichid1@kaiyodai.ac.jp

群馬県水産試験場 主任研究員（水産環境係長） 鈴木究真（スズキ キュウマ）

Tel : 027-231-2803 / E-mail : suzuki-q@pref.gunma.lg.jp

<取材に関すること>

東京海洋大学 総務部 総務課 広報室

Tel : 03-5463-1609 / E-mail : so-koho@o.kaiyodai.ac.jp

群馬県水産試験場 総務係

Tel : 027-231-2803 / E-mail : suishi@pref.gunma.lg.jp