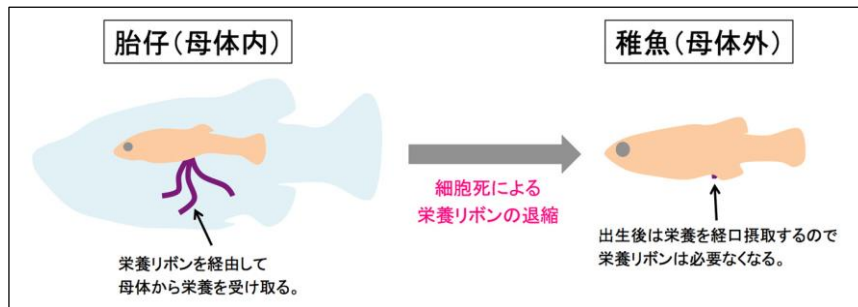


魚類が“胎生”になるために獲得した仕組みの一端を説明

概要

- ・お腹の中で子供を育てる“胎生”を調べる材料としてグーデア科の胎生魚に着目した。
- ・グーデア科胎生魚の胎仔は“栄養リボン”を経由して母体から栄養を受け取る。
- ・出生後に不要となる“栄養リボン”は、出生前から退縮を開始する。
- ・退縮にはアポトーシスと呼ばれる“プログラム細胞死”の機構が働いている。



1. 背景

珍しい生き物で新しいことを見つけたい！

卵を体内で受精して成長した子供を出産する胎生は、哺乳類で最も普及している繁殖様式である。しかし哺乳類以外の脊椎動物においても、爬虫類、両生類、魚類など幅広い種で胎生種が分布している。彼らのほとんどは“胎盤”や“臍帯”を使用する哺乳類とは異なる胎生機構を獲得している。特に真骨魚類では、進化の過程で独立に複数の胎生種が出現したと考えられており、種ごとに異なるユニークな胎生機構を持つ。しかしこれまで、魚類の胎生機構の研究は形態や組織の記載に留まり、分子機構まで踏み込んだ解析は未開拓であった。そこで私は、メキシコ原産のグーデア科胎生魚を用い、多様な真骨魚類の胎生機構のひとつを研究することを試みた。

2. 研究手法・成果

レアな魚を飼って繁殖させて観察したら、お腹の子供で面白いものが見つかった！

実験に先立ち、グーデア科胎生種であるハイランドカーブ (*Xenotoca eiseni*) を実験室で飼育・繁殖することを試みた。ハイランドカーブは中南米原産の淡水魚であり、メダカやゼブラフィッシュなどの一般的な実験モデル魚類と同様の条件で飼育することができる (図 1)。雌雄 1 対での交尾行動により体内受精し、交尾から約 5 週間後に 1.5cm に成長した稚魚を 10-30 匹ほど出産する。(動画は次ページ URL を参照)

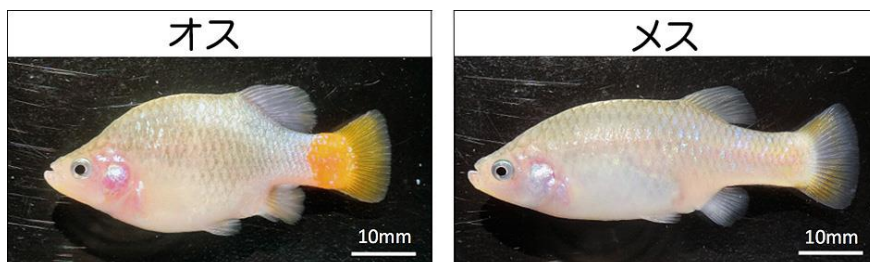


図 1.ハイランドカーブ成魚。派手さはなく、観賞魚としての需要は高くない。

動画 (YouTube)

- ・ハイランドカープの交尾：<https://www.youtube.com/watch?v=PVDOMV5D3dw>
- ・ハイランドカープの出産：<https://www.youtube.com/watch?v=bgAzfpiPJtY>

次に胎仔の観察を行った。胎仔は肛門部に栄養リボン (trophotaenial placenta) という独自の構造物を持ち、母体から分泌された栄養分を吸収して成長すると考えられている。ハイランドカープについても、交尾後 2~4 週間の胎仔で栄養リボンが観察された。だが、この栄養リボンは出産時 (交尾後 5 週間に相当) には消失している (図 2)。このことから、栄養リボンは出産に先立ち母体内で退縮を開始することが予想された。

組織の観察および細胞死マーカーを用いた染色により、栄養リボンではプログラム細胞死 (apoptosis) が起こっていることが明らかになった (図 3)。これは母体外で不要となる構造物をあらかじめ分解・吸収して、出産に備える機構だと捉えることができる。哺乳類を始めとする胎生動物において、このような退縮機構はこれまでに報告がなく、グーデア科の胎生で新奇に見出された現象である。

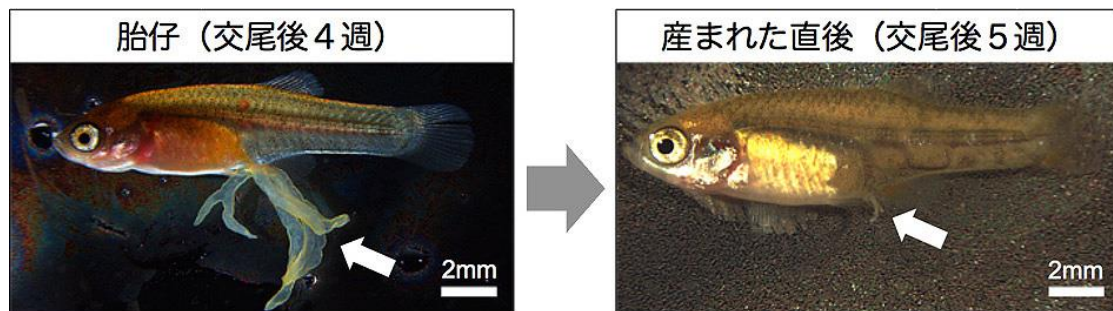


図 2.胎仔の肛門部から伸長している栄養リボンが、出産直後の稚魚では退縮している。

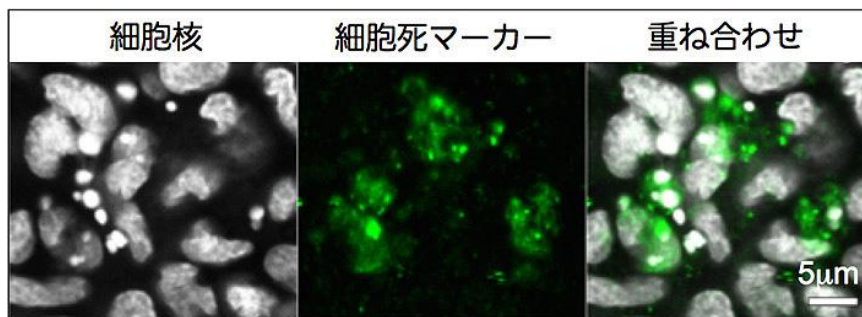


図 3.退縮した栄養リボンでは細胞核の断片化や、マーカー染色 (Caspase3) など細胞死の特徴が見られる。

3. 波及効果

珍魚・珍獣から面白い現象を見つける楽しさを伝えたい！

一般に“胎生”は哺乳類の繁殖様式だと認識されており、非哺乳類の胎生種の知名度はそれほど高くない。それは研究の世界でも同様であり、非哺乳類の標準的な実験動物 (メダカ、ゼブラフィッシュ、イモリ、カエル等) が卵生種であるため、胎生の多様性や、その仕組みの理解が進んでいるとは言いがたい。

しかし近年、飼育技術の発展や新しい実験手法の開発により、そうした垣根無くあらゆる生物を“実験動物”として取り扱い、分子生物学的に解析することが可能になってきた。筆者はユニークな特徴をもった生物を解析することに『人類社会に貢献できる現象や物質の発見』や『多様性から探る生命機構の本質の理解』を期待している。また、本研究を通じて魚類の面白さを社会に啓蒙し、一人でも多くの子供や自然科学を志す学生がサカナに興味を持つきっかけとなれば、これに勝るものはない。

4. 今後の予定

細胞死に至る分子機構を明らかにしつつ、他の胎生魚も調べてみたい!

これまで分子機構の知見の乏しかった真骨魚類の胎生種を用い、胎生に関わる新しい仕組みを見いだすことに成功した。今後、細胞死を誘導するスイッチを探索するとともに、母体側での妊娠維持機構を解析することで、グーデア科魚類で胎生を構成する仕組みを理解したい。また前述の通り、真骨魚類では他にも多くの胎生種が存在しており、ヨツメウオ科やウミタナゴ科は形態に関する記録も豊富である。将来的には、他の胎生魚での妊娠の仕組みを探ることで、“胎生 (=仔を母体内で成長させてから産む)” という共通の目的のために、それぞれの種が獲得した戦略の多様性に迫りたい。

<論文タイトルと著者>

表題: Prenatal regression of the trophotaenial placenta in a viviparous fish, *Xenotoca eiseni*

(胎生魚ハイランドカープ胎仔の栄養リボンは出生前に退縮する)

著者: Atsuo Iida¹, Toshiyuki Nishimaki², and Atsuko Sehara-Fujisawa¹

(飯田敦夫¹、西槇俊之²、瀬原淳子¹)

所属: ¹Department of Growth Regulation, Institute for Frontier Medical Sciences, Kyoto University

(¹ 京都大学再生医科学研究所 再生増殖制御学分野)

²Department of Anatomy, Kitasato University School of Medicine

(² 北里大学医学部 解剖学研究室)

掲載誌: Scientific Reports (DOI: 10.1038/srep07855)

<用語解説>

胎生

卵で出産された子供が母体外で孵化する卵生種とは異なり、母体内で孵化した子供が出産される繁殖様式。出産までに母親からの栄養供給を伴う場合と、胎仔自身の卵黄栄養のみで成長する場合がある。現生の脊椎動物では円口類 (ヤツメウナギ等) と鳥類以外の全ての分類群に胎生種が報告されている。

グーデア科

カダヤシ目に属する中南米に生息する小型の淡水魚。科内に約 40 の胎生種を含む。近縁の胎生種にカダヤシ目カダヤシ科に属するグッピーや、カダヤシ目ヨツメウオ科に属するヨツメウオなどがいる。

栄養リボン (trophotaenial placenta)

腸の組織が体外へ伸長した、グーデア科胎仔に独特な構造物。経口摂取して消化された栄養分を腸が吸収するように、母体内で分泌された栄養分を吸収して、胎仔の成長に貢献していると考えられている。

細胞死

文字通り細胞が“死ぬ”こと。酸素や栄養分の不足による“強制的な”細胞死を『ネクローシス (necrosis)』と呼ぶ。それに対して、遺伝情報によってあらかじめ“プログラムされた”細胞死を『アポトーシス (apoptosis)』と呼ぶ。今回見出した細胞死は後者。アポトーシスは生物が成長に伴い体の構造を変化させる際によく利用されている。よく知られた例として、ヒトの胎児期に見られる水かき構造の消失や、オタマジャクシからカエルへの変態過程で観察される。