

## 母親の遺伝情報しか持たないドジョウの卵形成を解明

～みんなママと同じ！ 新たな養殖技術への応用に期待～

### ポイント

- ・母親と全く同じ遺伝情報をもつクローン<sup>\*1</sup>のドジョウが、遺伝的に異なる2つの集団間での交配で誕生したことを染色体<sup>\*2</sup>レベルで証明。
- ・染色体の観察により、クローンドジョウの卵が作られるメカニズムを解明。
- ・成長が早い、病気に強いなどの有益な特徴を持つ魚を安定的に生産する技術への応用に期待。

### 概要

北海道大学大学院水産科学研究院の藤本貴史准教授，同大学院水産科学院博士後期課程の黒田真道氏，麻布大学獣医学部の村上賢教授らの研究グループは，クローンのドジョウは遺伝的に起源が異なる2つの集団の間で起きた交配によって誕生したことを染色体レベルで明らかにしました。

ドジョウの一部の野生集団では，母親と全く同じ遺伝情報を持つクローンのドジョウが，有性生殖<sup>\*3</sup>する個体に混じって存在しています。ドジョウには，遺伝的に大きく異なる2つの集団が存在しており，クローンドジョウはこれらの両グループの交配により誕生したと推測されていましたが，藤本准教授らの研究グループは特定のグループの染色体だけに結合する目印を開発し，このことを実証しました。

また，このクローンドジョウの卵が作られる過程（減数分裂<sup>\*4</sup>）の染色体を詳細に観察した結果，染色体数が通常の2倍に増え，減数分裂で同じ遺伝情報をもつ染色体が接着（対合<sup>\*5</sup>）するために母親と全く同じ遺伝情報を持つ卵が作られることを明らかにしました。この現象を高成長や耐病性などの有用な特徴を持つ個体で人工的に誘起できれば，有用な個体のクローンを作ることが可能になるため，新たな種苗生産技術としての貢献が期待されます。

なお，本研究成果は，2018年6月7日（木）公開のChromosome Research誌に掲載されました。

### 【背景】

私たちヒトなど多くの生物では卵と精子が受精することで，母親と父親の両方の遺伝情報を持つ子どもが作られる有性生殖を行います。そのため，兄弟や姉妹はそれぞれ異なった遺伝情報を持ちます。しかし自然界には，大変ユニークな子孫を作る生物も存在します。その一つが，日本でも馴染みのある魚，ドジョウ（学名：*Misgurnus anguillicaudatus*）です。ドジョウは日本全国の水田や池などに生息しますが，これまでの研究から遺伝的に大きく異なる2つの集団（Aグループ，Bグループ）が存在することがわかってきました。

日本全国に分布するドジョウの多くは有性生殖を行います。しかし北海道の北部で，精子の遺伝情報を受継がず全て母親と同じ遺伝情報を持つ，変わった卵を産むドジョウが発見されました。つまり，このドジョウは母親と全く同じ「クローン」なのです。このドジョウの子孫も，将来は自分と同じ遺伝情報を持つ卵を作ります。藤本准教授らの研究グループはこの変わったドジョウを「クローンドジョウ」

と名づけて研究してきましたが、この卵がどのように作られるのか、そもそもクロノドジョウがどのようにして誕生したのか、についてはわかっていませんでした。

そこでクロノドジョウ誕生の起源を調査するとともに、クロノドジョウの卵が作られるメカニズムについて、卵が作られる過程の細胞分裂（減数分裂）の染色体の数や動きに注目して解明を目指しました。

## 【研究手法】

### ① クロノドジョウの起源調査

これまでの研究から、クロノドジョウは A グループと B グループのドジョウの交配により誕生したと推測されています。ドジョウは A グループ、B グループ、クロノドジョウも通常は 50 本の染色体を持ちます。もしも推測が正しいなら、クロノドジョウは 25 本の A グループ由来の染色体と 25 本の B グループ由来の染色体を両方持つこととなります。研究グループは、B グループ由来の染色体だけに結合する目印（プローブ）を開発し、クロノドジョウでは 25 本の染色体だけがこの目印と結合するか調査しました（図 1）。

### ② クロノ卵の形成メカニズムの解明

減数分裂中には相同染色体\*<sup>6</sup>同士が接着（対合）し、2 本 1 組になります。この接着した状態の染色体組は二価染色体\*<sup>7</sup>と呼ばれ、このとき接着した染色体同士で遺伝情報を交換する「乗換え\*<sup>8</sup>」という現象が起こります。乗換えが起こることで、母親由来の遺伝情報と父親由来の遺伝情報が混ざった染色体が形成され、作られる卵に遺伝的な多様性が生まれます。

クロノドジョウの卵が遺伝的に同じということは、このプロセスに何か秘密があると考えました。そこで①と同じ目印を使い、クロノドジョウの二価染色体の数やそれを構成する染色体の由来を調査しました。

## 【研究成果】

クロノドジョウが持つ 50 本の染色体のうち、25 本でのみ目印が結合しました。このことから、クロノドジョウは A グループと B グループの交配によって誕生したことがわかりました。

また、クロノドジョウでは有性生殖するドジョウと比べて 2 倍の二価染色体を持っていたことや、目印の結合の結果から、減数分裂の開始前に染色体が自らのコピーを作り、さらにその同じ染色体同士で対合することがわかりました。この場合、乗換えが起きても元々同じ染色体の同じ遺伝情報の交換であるため、全ての卵が母親と同じ遺伝情報を持つこととなります。このメカニズムによって母親と遺伝的に同じ卵が作られることが解明されました（図 3）。

## 【今後への期待】

これまで、成長が早い、病気に強いなどの有用な特徴を持つ魚を養殖するためには、選抜育種\*<sup>9</sup>が行われてきました。しかし、目的の特徴を持つ魚を安定的に維持・生産することは簡単ではありません。今後、クロノドジョウで観察されたクロノ性の卵を作る根本となる原因が解明され、それをを用いることができれば、有用な特徴を持つ魚のクロノを大量に作出できるようになることが期待されます。

## 【謝辞】

本研究は日本学術振興会科学研究費助成事業（15H02457）及び日本学術振興会特別研究員奨励費（17J01971）の援助のもとに行われました。

## 論文情報

論文名 Clonal reproduction assured by sister chromosome pairing in dojo loach, a teleost fish (硬骨魚類であるドジョウにおける姉妹染色体間の対合によって保証されるクローン生殖)  
著者名 黒田真道<sup>1,4</sup>, 藤本貴史<sup>1</sup>, 村上 賢<sup>2</sup>, 山羽悦郎<sup>3</sup>, 荒井克俊<sup>1</sup> (1 北海道大学大学院水産科学研究院, 2 麻布大学獣医学部, 3 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター, 4 日本学術振興会特別研究員)  
雑誌名 Chromosome Research (分子細胞遺伝学の専門誌)  
DOI 10.1007/s10577-018-9581-4  
公表日 2018年6月7日(木)(オンライン公開)

## お問い合わせ先

北海道大学大学院水産科学研究院 准教授 藤本貴史 (ふじもとたかふみ)

TEL 0138-40-5536 メール fujimoto@fish.hokudai.ac.jp

## 配信元

北海道大学総務企画部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目)

TEL 011-706-2610 FAX 011-706-2092 メール kouhou@jimu.hokudai.ac.jp

## 【参考図】

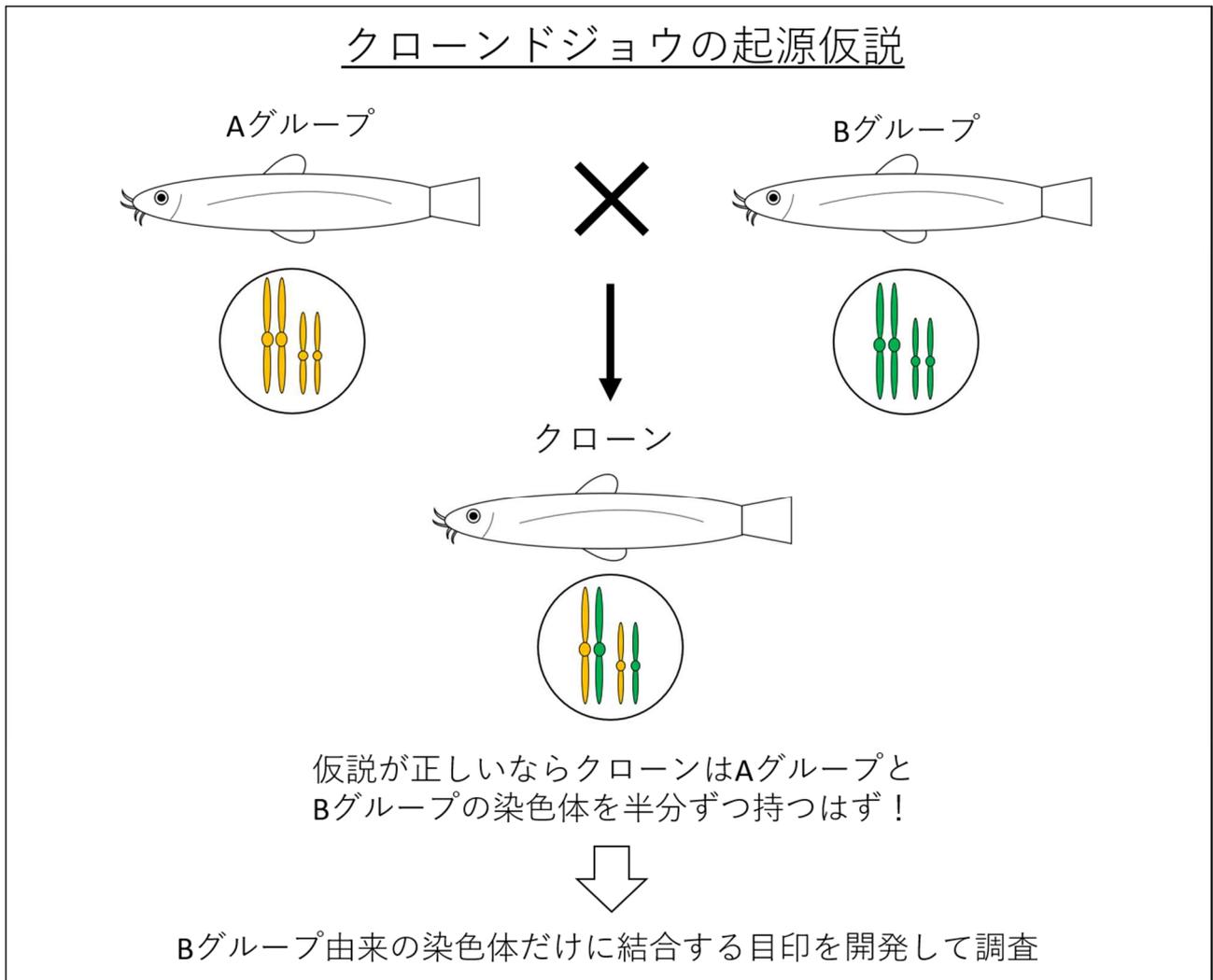


図1 クローンの起源仮説と調査方法

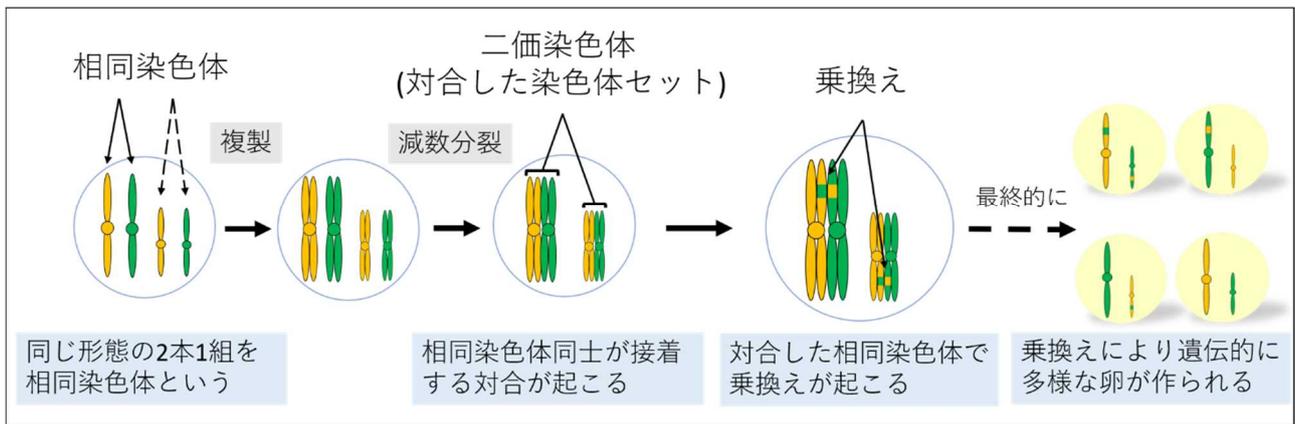


図2 通常の減数分裂の大まかな流れ

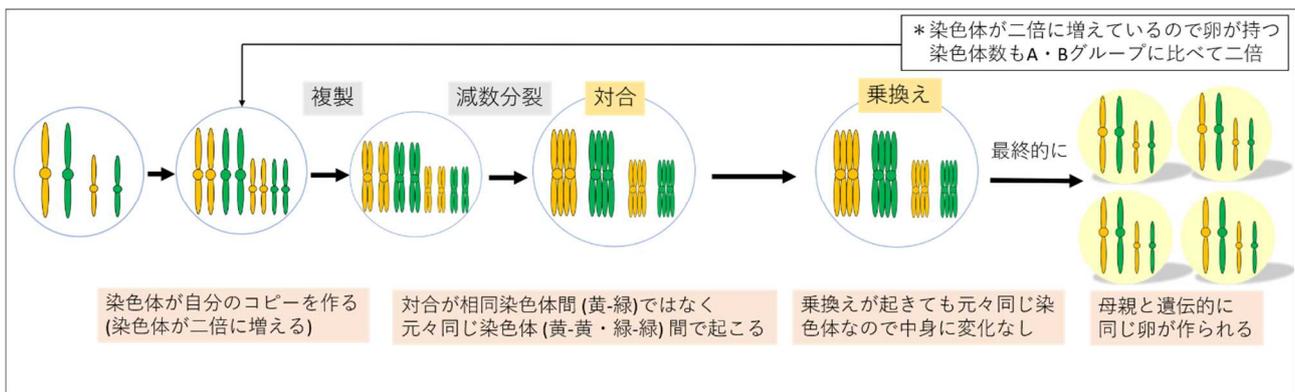


図3 クローンが行う特殊な減数分裂

**【用語解説】**

- \*1 クローン … 本研究では母親と全く同じ遺伝情報を持つ状態、またはその状態の個体のこと。
- \*2 染色体 … 遺伝情報を持つ DNA とタンパク質の複合体で、細胞分裂の際に形成される。染色体数はヒトで 46 本、ドジョウで 50 本、イヌで 78 本など、種によって異なる。
- \*3 有性生殖 … 卵と精子が受精し、両者の遺伝情報が組み合わさった子孫が作られる生殖様式。
- \*4 減数分裂 … 卵、または精子を作るための細胞分裂。親から半数の染色体が卵、または精子に受け継がれる。受精によって子孫も親と同じ染色体数を得る。例えばドジョウは 50 本の染色体を持つので、卵と精子は 25 本の染色体を持つ。受精によって、子孫の染色体も 50 本 (25+25=50) になる。
- \*5 対合 … 第一減数分裂前期に、相同染色体同士が接着すること (図 2)。
- \*6 相同染色体 … 多くの生物には父母由来の同じ形態の染色体が 2 本ずつ存在し、この対を相同染色体という。ドジョウは 50 本の染色体を持つので計 25 組の相同染色体を持つ (図 2)。
- \*7 二価染色体 … 相同染色体の間の対合により構成される染色体組 (図 2)。
- \*8 乗換え … 対合が行われる相同染色体の間で遺伝情報の交換が起こること。これにより、作られる卵一つ一つに遺伝的な多様性が生まれる (図 2)。
- \*9 選抜育種 … 集団に含まれる変異の中から有用な特徴を継代選抜する育種法。