シンポジウム記録 水産育種の現状とゲノム情報利用の将来展望

I-4. 水産生物における染色体操作による育種

藤本貴史^a

I-4. Genetic breeding using chromosome manipulation in fish

TAKAFUMI FUJIMOTO^a*Fisheries and Oceans Canada, West Vancouver, BC, Canada, V7V 1N6*

1. 染色体操作とその応用

染色体操作とは染色体の数と組合せを統御する技術をし、多くの場合ゲノム（染色体セット）単位での操作について用いられる。染色体操作は受精前の配偶子や受精卵、発生を開始した初期胚を対象とする。魚介類では多くが体外受精を行うことから、これらの操作を比較的容易に行うことができ、今日まで様々な水産生物種で研究が進められてきた。^{1,2)} 広義には異なるゲノムセットを持つ「雑種」の誘起も染色体操作に含めることも可能であろう。現在までに、遺伝的に不活性化された配偶子を用いた受精により「雌性発生」や「雄性発生」が誘起され、これらは性統御や純系・クローンの作出に応用されてきた。特に極体放出の阻止により誘起される雌性発生二倍体は多くの生物種で作出とその応用が報告されてきた。しかしながら、クローン作出に必須の第一卵割期の処理による完全ホモ接合体作出の成功例は少ない。一方、「倍数体」誘起については、不妊化が期待できる三倍体が多く研究されており、不妊三倍体や異種間交配と倍数化を組み合わせた異質三倍体の養殖利用も報告されている。³⁾ 近年、遺伝子組み換え魚類の観賞あるいは食用等への応用の現実性が指摘されており、これらの生物学的封じ込めの観点からも交雑を含んだ染色体操作による不妊化は重要となる。また、人為四倍体は理論的には二倍性配偶子の給源となり、同質・異質の三倍体、四倍体誘起の中間素材としての役割が期待されるが、その極めて低い生存性が克服すべき課題である。

このように染色体操作によって誘起される単為発生個体では誘起世代における遺伝的変異幅の拡大や遺伝形質の顕在化もさることながら、ある程度の育種が進んだ段階での形質の固定やその個体の産する配偶子の方が育種的な価値が高いであろう。また、倍数体個体の利用においても形質が固定された系統を用いた不妊化種苗や新品種合成に価値が見出されるであろう。すなわち、染色体操作は育種の後期の段階で非常に強力なツールとなると考えられる。

2. 自然倍数体と非還元配偶子の応用

多くの生物種は、遺伝的に多様な配偶子形成を行い有性生殖する二倍体である。しかしながら、天然では稀に、同一種内で倍数性の変異が見られることがある。両性生殖を行う四倍体が種内変異として存在すれば、それ

らを人為四倍体の場合と同様に二倍体配偶子の給源として各種倍数体の誘起が可能となる。⁴⁾ 一方、自然倍数体が存在する魚類ではクローン生殖や雑種発生といった特殊な生殖様式が存在することが報告されており、このような自然倍数体は雑種を起源としており、生殖細胞におけるゲノムの異質性が特殊な配偶子形成の要因となると考えられている。⁵⁾ 一部のドジョウでは減数分裂前核内分裂、ギンブナでは無配偶生殖によりクローン性の非還元卵が形成され、これらは雌性発生によりクローン生殖する。一方、イペリアミノーで見られる雑種発生による生殖では、配偶子形成過程で父親由来のゲノムが排除され、形成される卵のゲノムは母親由来のゲノムのみで構成される。見かけ上は両性生殖するかのように振る舞うが、その中身は母親由来のゲノムは常にクローンであるため子孫はヘミクローンとなる。

自然倍数体が雑種起源であることから、人為的に雑種を作出し倍数性配偶子を誘導する試みがある。ドジョウでは日本国内に遺伝的に大きく分化した二集団が存在することが報告されており、これらの集団間での人為交配によって得られる集団間雑種では減数分裂に異常が生じ、正常な配偶子形成に乱れが生じる。⁴⁾ この集団間雑種雄では半数性精子に加えて、二倍性の精子が形成される。雌では半数性卵に加えて非還元性の二倍性卵が形成されるが、この二倍性卵では精子の取り込みが起こり雌性発生はしない。フナ雌とコイ雄の交配から生じた雑種では、雑種 F2 世代において非還元性の二倍性配偶子が形成され、これらを用いた交配によって異質四倍体（複二倍体）系統が樹立されている。⁶⁾ さらに、この系統を用いた不妊三倍体の大量生産や雌性発生、雄性発生二倍体の誘起が行われている。

このように交雑魚から倍数性配偶子を得る可能性は示されたものの、自然倍数体で観察される特殊な減数分裂過程の詳細や、雌性発生のメカニズムは未だ不明である。この特殊な減数分裂過程の分子機構を解明することによって、減数分裂制御による配偶子形成の操作が可能となり新たな染色体操作法による育種の新展開が期待できる。

文 献

- 1) 鈴木 亮. 「水産増養殖と染色体操作」恒星社厚生閣, 東京. 1989.
- 2) 荒井克俊. 染色体操作. 「魚類の DNA」(青木 宙, 隆島 史夫, 平野哲也編) 恒星社厚生閣, 東京. 1997; 32-62.
- 3) Arai K. Genetic improvement of aquaculture finfish species by chromosome manipulation techniques in Japan. *Aquaculture* 2001; **197**: 205-228.
- 4) 荒井克俊. ドジョウの倍数性とクローン, それらの特殊な生殖様式. 動物遺伝育種研究 2009; **37**: 59-80.
- 5) Avise JC. Clonality. Oxford University Press, New York. 2008.
- 6) Liu SJ. Distant hybridization leads to different ploidy fishes. *Science China* 2010; **53**: 416-425.

^a 日本学術振興会海外特別研究員