

【学術変革領域研究（A）】

性染色体サイクル：性染色体の入れ替わりが支える性の存続原理

	研究代表者	東京都立大学・理学研究科・准教授 野澤 昌文（のざわ まさふみ）	研究者番号：50623534
	研究課題情報	課題番号：26A301 キーワード：性染色体、性決定、実験進化、染色体工学、進化理論	研究期間：2026年度～2030年度

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

●研究の全体像

有性生殖を行う生物では、種の存続のために雌雄を安定に維持すること、すなわち「性の存続」が重要である。性染色体という特殊な染色体による遺伝性決定は、性比を安定化できるため、多くの生物にみられる性決定様式である。しかし、性染色体はその特殊な故に退化する運命にある。そのため、生物は性の存続のために獲得した性染色体によって、逆に性の消滅や種の絶滅危機に瀕していると考えられてきた（図1左）。生物進化におけるこの矛盾を打破すべく、本領域では、生物は進化過程で性染色体を新たなものに入れ替えながら性を存続させてきたとする「性染色体サイクル」を提唱する（図1右）。性染色体進化の研究者に加え、ゲノム生物学、生態学、発生学、染色体工学、細胞工学、医学、理論生物学などを専門とする研究者が集結し、サイクルの各段階（図2）における性の維持機構を解明するとともに、サイクルを人為的に次の段階へ駆動させることでその存在を実証する。以上より、性や生殖の進化学に大きな変革をもたらす。

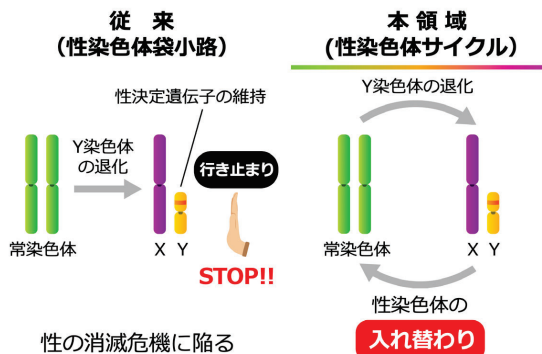


図1 本領域の学術変革の骨子

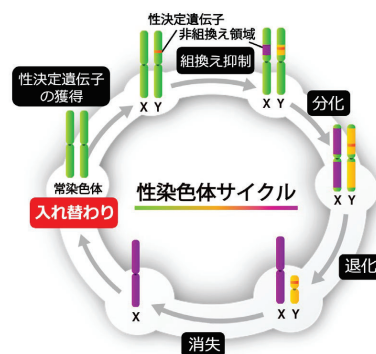


図2 性染色体サイクルの主要な段階

●本領域創成の背景・経緯

学術変革領域研究（B）「性染色体サイクル」において、生物がサイクルの各段階にどのように至ったかという進化過程の一端、すなわち、サイクル存在の傍証を得た。そこで本領域では、さらに多様な性染色体、性決定様式を用いて生物が性を存続させてきたメカニズムを明らかにするとともに、理論研究によりサイクルを次の段階に駆動させる条件を明らかにする。得られた条件に基づいて、染色体工学や集団進化実験を実施し、サイクルを人為的に駆動させることで、「性染色体サイクル」を実証できると考えた（図3）。

学変B（2022～24年度）
4計画班、班員5名



図3 学変Bから学変Aへの飛躍的発展

学変A（本領域）
8計画班、班員16名



●本領域の目的と研究戦略

本領域の目的は、性染色体サイクルを実証し、サイクルの駆動メカニズムと存在意義を明らかにすることである。そして、性染色体が多様な性決定の基軸となっていることを示す。そこで以下の3つの研究項目を設定し、このゴールに到達する（図4）。
【項目A】サイクルの開始：誕生した性染色体が性決定を安定に保つしくみ
【項目B】サイクルの進行：性染色体消失の原因となる分化・退化のしくみ
【項目C】サイクルの更新：古い性染色体が新しい性染色体と入れ替わるしくみ

●本領域の強み

- 日本固有種を含む独自の研究材料
- 遺伝子制御ネットワークを組み込んだ性染色体進化理論
- 世界をリードする染色体工学技術
- 臨床・保全研究などへの応用展開

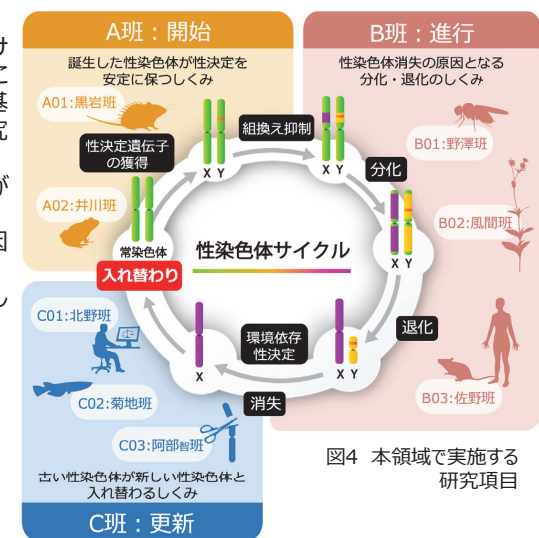


図4 本領域で実施する研究項目

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

●本領域が実施する具体的な研究内容（図5）

【項目A】サイクルの開始：誕生した性染色体が性決定を安定に保つしくみ

誕生した性染色体が安定化するには、性関連遺伝子が組換え抑制によりX染色体とY染色体に蓄積・維持される必要がある。そこで、退化した性染色体から入れ替わりが生じたアマミトゲネズミ（A01）、入れ替わりが頻繁に生じるカエル（A02）を用いて、誕生した性染色体が安定に維持され、性決定が安定に保たれるしくみを明らかにする。

【項目B】サイクルの進行：性染色体消失の原因となる分化・退化のしくみ

分化・退化したY染色体が消失するには、オス妊性遺伝子のY染色体からの転座、X染色体のメス化遺伝子獲得などが生じる必要がある。また、転移因子の蓄積はY染色体消失を促進する駆動因子となる可能性もある。一方、性染色体がもつ性関連以外の機能は、サイクル進行の抑制因子となり得る。そこで、ショウジョウバエ（B01）、ヒロハノマンテマ（B02）、ヒト・マウス（B03）を用いて、Y染色体消失のしくみを明らかにする。また、サイクルの生物学的意義を解明する。

【項目C】サイクルの更新：古い性染色体が新しい性染色体と入れ替わるしくみ

古い性染色体が新しい性染色体と入れ替わるには、サイクル駆動因子として常染色体に潜在的な性決定能をもつ隠蔽的性決定領域が出現し、そのプロト性染色体が集団中に広がる必要がある。そこで、魚類を用いた集団進化実験（C01）および分子・細胞実験（C02）により、プロト性染色体が新しい性染色体として入れ替わるしくみを明らかにする。また、合成Y染色体を用いて入れ替わりに必要な最小構成要素を明らかにする（C03）。以上より、他の性決定様式との連続性も視野に入れた「性染色体サイクル」を明らかにする。

観察：全ての班～多様な実験・解析

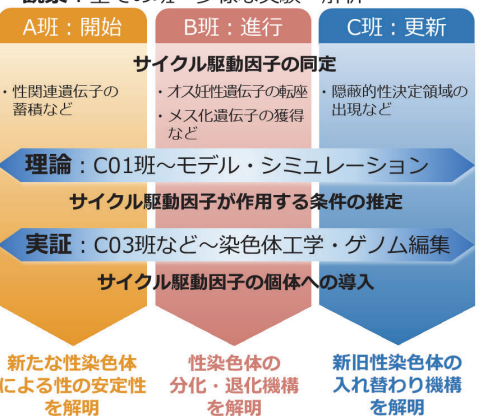


図5 本領域の研究内容

ウェブサイト等

<https://s-chromosome-cycle.hiroshima-u.ac.jp/>

