



令和4年6月17日

ツチガエルが持つ、世界に類を見ない性染色体 進化の全体像を解明しました

論文掲載

【本研究成果のポイント】

- 日本のツチガエルの2つの祖先集団において、それぞれ異なる性染色体を同定した。
- 2種類の異なる性染色体を持つ集団が交雑することによって、別の第3の性染色体の進化を誘導する、という新しい性染色体の進化機構が明らかになった。
- 性染色体の取り替えにおける染色体選択の必然性が示唆された。
- 高度に保存されてきたヒトの性染色体とは対照的に、カエルにおける性染色体進化の著しく多様な全体像が明らかとなった。

【概要】

広島大学、京都大学、産業技術総合研究所、横浜市繁殖センター、北里大学およびキャンベラ大学とローザンヌ大学の国際共同研究チームは、網羅的ゲノム解析とバイオインフォマティクスを用いて、日本のツチガエルの2つの祖先集団（西日本と東日本集団）がそれぞれ異なる性染色体¹⁾を持つことを明らかにしました。本種が持つ13対(2n=26本)の染色体のうち、第1と第3番染色体に相当します。一方、この2つの祖先集団から過去の交雑によって進化した新しい集団では、性染色体は第7番染色体であることがすでに知られています。

以上のことから、異なる2種類の性染色体をもつ集団の交雑によって、さらに別の性染色体の進化が誘導されるという、これまでとは異なる、全く新しい性染色体の進化様式が明らかとなりました。特に、この3種類の性染色体は、別のカエルにおいて相互に融合して6本の性染色体を進化させていることから、性染色体選択の必然性を強く示唆します。さらに、今回の発見により、ツチガエルが持つ、世界に類を見ない性染色体進化の全体像が解明されました（性染色体の取り替えが少なくとも2回、XY型からZW型への変換、そして性染色体が同形²⁾から異形³⁾への進化）。

本研究成果は、ロンドン時間の2022年6月12日23時(日本時間:2022年6月13日午前7時)「Molecular Ecology」オンライン版に掲載されました。

〈発表論文〉

論文タイトル

Identification of ancestral sex chromosomes in the frog *Glandirana rugosa* bearing XX-XY and ZZ-ZW sex-determining systems

著者

三浦郁夫^{1, 2*}, Foyez Shams², Daniel Lee Jeffries³, 桂有加子⁴, 回渕修治⁵, Nicolas Perrin³, 伊藤道彦⁶, 尾形光昭⁷ & Tariq Ezaz²

¹ 広島大学両生類研究センター

² キャンベラ大学（豪州）

³ ローザンヌ大学（スイス）

⁴ 京都大学

⁵ 産業技術総合研究所

⁶ 北里大学

⁷ 横浜市繁殖センター

* 責任著者

掲載雑誌

Molecular Ecology

DOI 番号 <https://doi.org/10.1111/mec.16551>

【背景】

ツチガエル (*Glandirana rugosa*) は、本州から四国・九州および近接する離島に生息する日本の固有種です。性決定や性染色体に著しい変異が知られており、6つの異なる地域集団に分けられます（図1）。そのうち、3つの地域集団 (XY, ZW, Neo-ZW) では第7番染色体が異形の性染色体であり、XY型あるいはZW型を示します。種内に2つの異なるタイプの性染色体が存在する生物は世界的に大変珍しく、性染色体進化の研究に好適とされてきました。そして、その2つの集団 (XY と ZW) は東日本と西日本集団の過去の交雑を起源として進化したことがわかっています。

しかし、東西日本集団の染色体は雌雄差が確認できないため、性染色体の同定は極めて困難とされてきました。そこで今回、ツチガエルの性染色体進化の全体像を明らかにするため、ゲノム DNA の網羅的解析を用いて2つの祖先集団（東西日本）の性染色体の同定を試みました。

【研究成果の内容】

東西日本集団の核ゲノムから約11万個の1塩基多型 (SNP) ⁴⁾ を抽出し、その中から性に連鎖した DNA マーカーをそれぞれ157個と611個を同定しました。比較ゲノム解析によって、東日本集団のマーカーは第3番染色体、西日本のマーカーは第1染色体上に位置しており、それぞれが性染色体として同定されました。

この結果は、東西日本が異なる性染色体を持ち、両者が交雑することによって、さらに異なる別の性染色体（第7番）が進化したことを示しています。このような三つ巴の性染色体の進化様式は世界でも例がありません。そして、本結果により、ツチガエルの性染色体進化の全貌が明らかになりました。すなわち、最低2回の性染色体の取り替え、XY型からZW型への性決定様式の変換、そして、性染色体が同形から異形への進化が種内で生じたこととなります（図2）。

特に今回同定された3種類の性染色体 (第1、第3、第7染色体) は台湾の蛙では相互に融合して6本の性染色体を形成していることから、性染色体進化（取り替え）に関わる染色体は必然的に選択されていることが強く示唆されました。

【今後の展開】

3種類の性染色体がなぜ、どのようにして選択されたのか、そして、異なる2本の性染色体がどのようにしてもう一つ別の性染色体の進化を誘導したのか。その分子機構について、全ゲノム解析を中心に研究を進めます。最終的に、性染色体多様性の進化的理由を解明していきます。

【参考資料】

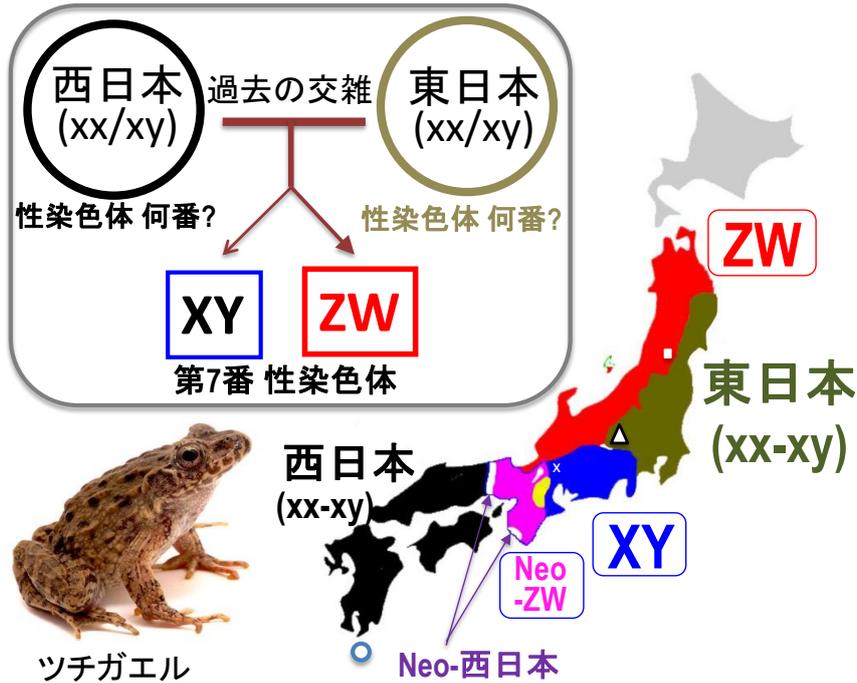


図1 ツチガエルの6つの地域集団と性染色体様式。色がついた3つの集団（青、赤、ピンク）はXY型あるいはZW型の異形の性染色体（第7番染色体）を持ち、東西日本集団間で生じた過去の交雑によって進化した（左上の四角の中）。東西日本の性染色体は同形で雌雄差がないため、これまで同定されていなかった。（写真提供：関慎太郎）

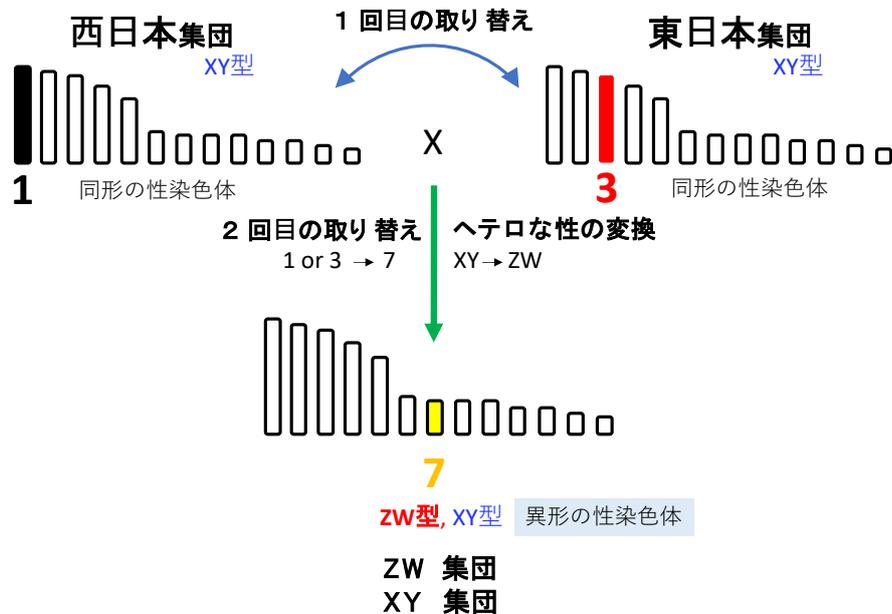


図2 ツチガエルにおける性染色体の進化。東西日本集団はそれぞれ第3番および第1番染色体が性染色体であることが今回の研究でわかった。この成果により、3種類の性染色体を中心に展開された性染色体進化の全容が明らかとなった。

【用語解説】

1) 性染色体

性決定遺伝子を含む染色体のことを示す。それ以外の染色体は常染色体と呼ぶ。

2) 3) 異形（同形）の性染色体

XとY染色体、あるいはZとW染色体の形が相互に異なる性染色体を異形の性染色体という。これに対し、両者が形態的に区別がつかない場合を同形の性染色体という。哺乳類や鳥類はほぼ全ての種が異形の性染色体を持つが、爬虫類から魚類ではいずれのタイプも存在する。

4) 1塩基多型

ゲノムのDNA配列において塩基が1つだけ異なる短い配列をいう。個体間のDNA配列の違いを多数検出することができる。

【お問い合わせ先】

両生類研究センター 三浦郁夫

Tel : 082-424-7323 FAX : 082-424-0739

E-mail : imiura@hiroshima-u.ac.jp

発信枚数 : A4版 4枚（本票含む）