



本件の報道解禁につきましては、平成 30 年 10 月 5 日
(金)18 時 (日本時間) 以降にお願いいたします。

平成 30 年 10 月 4 日

取り替える(とりかエル)性染色体 ～カエル類で解明された性染色体の新しい進化様式～

【本研究成果のポイント】

- ・世界に生息する 28 種のカエルについて性染色体^{注1}を同定した結果、過去 5500 万年の間に 13 回、性染色体の高頻度な取り替え現象が明らかになりました。
- ・性染色体の取り替えはランダムではなく、5 本の染色体の間で繰り返されていることが明らかになりました。
- ・哺乳類では 1 億 7 千万年、鳥類では 1 億年の間、性染色体の取り替えは生じていません。それに対し、カエルでは 5 種類の性染色体を高頻度で取り替えるという、性染色体進化の新しい様式が解明されました。

【概要】

広島大学両生類研究センターの三浦郁夫准教授および、スイス、アメリカ、イタリア、フランス、カナダ、メキシコ、スペイン、韓国そしてアルメニアの国際共同研究チームは、世界に生息する 19 種のアカガエル類^{注2}について性染色体を同定しました。そして、これまで調べられた 9 種と合わせ合計 28 種において、系統進化に伴う性染色体の進化様式について解析しました。その結果、アカガエル類には 5 種類の性染色体が存在し、種の間で非ランダムな取り替えが生じていたこと、さらに、過去 5500 万年の間に 13 回という、非常に高い取り替え率が明らかになりました。ヒトや鳥類の安定した性染色体とは異なり、非ランダムな高頻度置換という、性染色体の新しい進化様式が明らかになりました。

この研究成果は、ロンドン時間で 2018 年 10 月 5 日 10 時 (日本時間: 10 月 5 日 18 時) に、「Nature Communications」のオンライン版に掲載されます。

【論文に関する情報】

タイトル (和訳)

A rapid rate of sex-chromosome turnover and non-random transitions in true frogs (アカガエル類の性染色体における高速で非ランダムな取り替え)

著者名

Daniel L. Jeffries^{1*}, Guillaume Lavanchy^{1*}, Roberto Sermier¹, Michael J. Sredl², Ikuo Miura³, Amaël Borzé⁴, Lisa N. Barrow⁵, Daniele Canestrelli⁶, Pierre-André Crochet⁷, Christophe Dufresnes¹, Jinzhong Fu⁸, Wen-Juan Ma¹, Constantino Macías Garcia⁹, Karim Ghali¹, Alfredo G. Nicieza^{10, 11}, Ryan P. O'Donnell², Nicolas Rodrigues¹, Antonio Romano^{12, 13}, Íñigo Martínez-Solano¹⁴, Ilona Stepanyan¹⁵, Silvia Zumbach¹⁶, Alan Brelsford¹⁷, Nicolas Perrin¹

1. Department of Ecology and Evolution, University of Lausanne, CH-1015 Lausanne, Switzerland
2. Arizona Game and Fish Department, 5000 W. Carefree Highway, Phoenix, AZ 85086, USA
3. Amphibian Research Center, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima 739-8526, Japan
4. Division of EcoScience and Department of Life Sciences, Ewha Womans University, Seoul, 03760, Republic of Korea
5. Museum of Southwestern Biology, MSC03 2020, 1 University of New Mexico,

- Albuquerque, NM 87131, USA.
6. Department of Ecological and Biological Science, University of Tuscia, 01100 Viterbo, Italy
 7. CEFE, CNRS, University Montpellier, University Paul Valéry Montpellier 3, EPHE, IRD, Montpellier, France.
 8. Department of Integrative Biology, University of Guelph, Guelph, ON N1G 2W1, Canada
 9. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Mexico City, Mexico
 10. Research Unit of Biodiversity and Department of Biology of Organisms and Systems, University of Oviedo, 33006 Mieres, Spain
 11. Unidad Mixta de Investigación en Biodiversidad y Departamento de Biología de Organismos y Sistemas, Universidad de Oviedo, 33600 Mieres, Spain
 12. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per i sistemi agricoli e forestali del mediterraneo, Via Patacca 84, I-80056. Ercolano (NA). Italy
 13. MUSE - Museo delle Scienze, Sezione di Zoologia dei Vertebrati, corso del Lavoro e della Scienza 3, 38122 Trento, Italy
 14. Department of Biodiversity and Evolutionary Biology, Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, Spain.
 15. Scientific Center of Zoology and Hydroecology, National Academy of Science, Republic of Armenia, P. Sevak str.7, 0014, Yerevan, Armenia
 16. Info Fauna - karch, UniMail, Bellevaux 51, 2000 Neuchâtel, Switzerland
 17. Evolution, Ecology, and Organismal Biology Department, University of California Riverside, Riverside, CA, 92521, USA

第一著者 Daniel L. Jeffries, Guillaume Lavanchy

責任著者 Daniel L. Jeffries

掲載誌

Nature communications

DOI

10.1038/s41467-018-06517-2

【背景】

哺乳類では過去1億7千万年、鳥類では1億年の間、それぞれの性染色体は維持され続けています。一方、他の脊椎動物では、むしろ、種間、あるいは地域集団間で他の染色体と入れ替わる現象が知られていました。これを性染色体の取り替え（ターンオーバー）と呼んでいます。特にカエルにおいて、性染色体の取り替え現象が様々な種で報告されてきましたが、これまで系統進化に沿って、詳細かつ網羅的に解析した研究はありませんでした。

今回、スイスを中心とする本国際共同研究チームが世界のアカガエルについて、ゲノム解析の手法を用いて性染色体の同定を行い、系統進化に伴う性染色体の取り替えについて詳しく解析しました。

【研究成果の内容】

研究チームは、ヨーロッパ、アジアおよびアメリカに生息するアカガエル類19種について、ゲノム解析の一つであるRADseq解析法^{注3}を用いて、性染色体上のDNAマーカーを探索しました。さらに、得られた配列を全ゲノム配列が決定されているネットイツメガエルのゲノムと照合し、それらのマーカーが位置する性染色体を同定しました。その結果、性染色体は5種類が存在し、種によってそれぞれ使い分けられていることがわかりました。また、これまでに性染色体が同定されている9種の情報も合わせて、アカガエル類の系統進化に沿った性染色体の取り替え数を調べたところ、過去5500万年の間、少なくとも13回の取り替えが生じていることがわかりました。哺乳類や鳥類では一度分化した性染色体が取り替えられることは極めて稀ですが、カエルでは非ランダムで高頻度の性染色体の置換が生じており、性染色体の新たな進化様式が明らかとなりました。

【今後の展開】

カエル類に5種類の性染色体が存在し、種の間で取り替えが起きていることは、Miura (2007) ^{注4}が11年前に提唱しており、今回の研究成果はそれを実証することになりました。さらに Miura (2017) ^{注5}は、加えてもう1種類の性染色体が存在し、合計6種類の性染色体上に7種類の性決定遺伝子が存在し、それぞれの遺伝子(性染色体)の間で取り替えが生じていることを提唱しています。今後、調査する種を広げることでこの仮説が実証されていくものと期待されます。そして、今後の重要課題は、なぜ性染色体(=性決定遺伝子)の取り替えが起こるのか、という進化学的理由の解明です。種によっては、比較的最近、地域集団の間で性染色体の取り替えが報告されています。とくに日本国内のカエルにはその例が多く、従って我が国は最適な研究材料を入手できる恵まれた環境にあります。これらの種を詳細にしかも多方面から解析することで、性染色体取り替えの進化学的理由について解明していきます。

【参考資料】

■用語解説

(注1) 性染色体

オスないしメスの性を決める染色体を性染色体と呼び、性を決定する遺伝子が乗っています。それ以外の染色体を常染色体と呼びます。

(注2) アカガエル類 (True frog)

アカガエル科に属するカエルで池や水田を主な生息地とします。わが国では、ニホンアカガエル、ヤマアカガエル、トノサマガエル、ツチガエルなどがこれに含まれます。

(注3) RADseq 解析

ゲノム解析のデータ量を減らしながらも、サンプル間での比較を可能にする方法の一つで、Restriction Site Associated DNA Sequence (RADseq)と呼ばれます。これは、ゲノムを制限酵素で消化し、切断サイトの近傍の配列を決定することで、その中に含まれる1塩基多型 (SNP) を同定・比較します。

(注4) Miura (2007)

An evolutionary witness: the frog *Rana rugosa*, underwent change of heterogametic sex from XY male to ZW female. *Sexual development*. 1 (6): 323-331.

(注5) Miura (2017)

Sex determination and sex chromosomes in Amphibia. *Sexual Development*. 11:298-306. DOI:10.1159/000485270

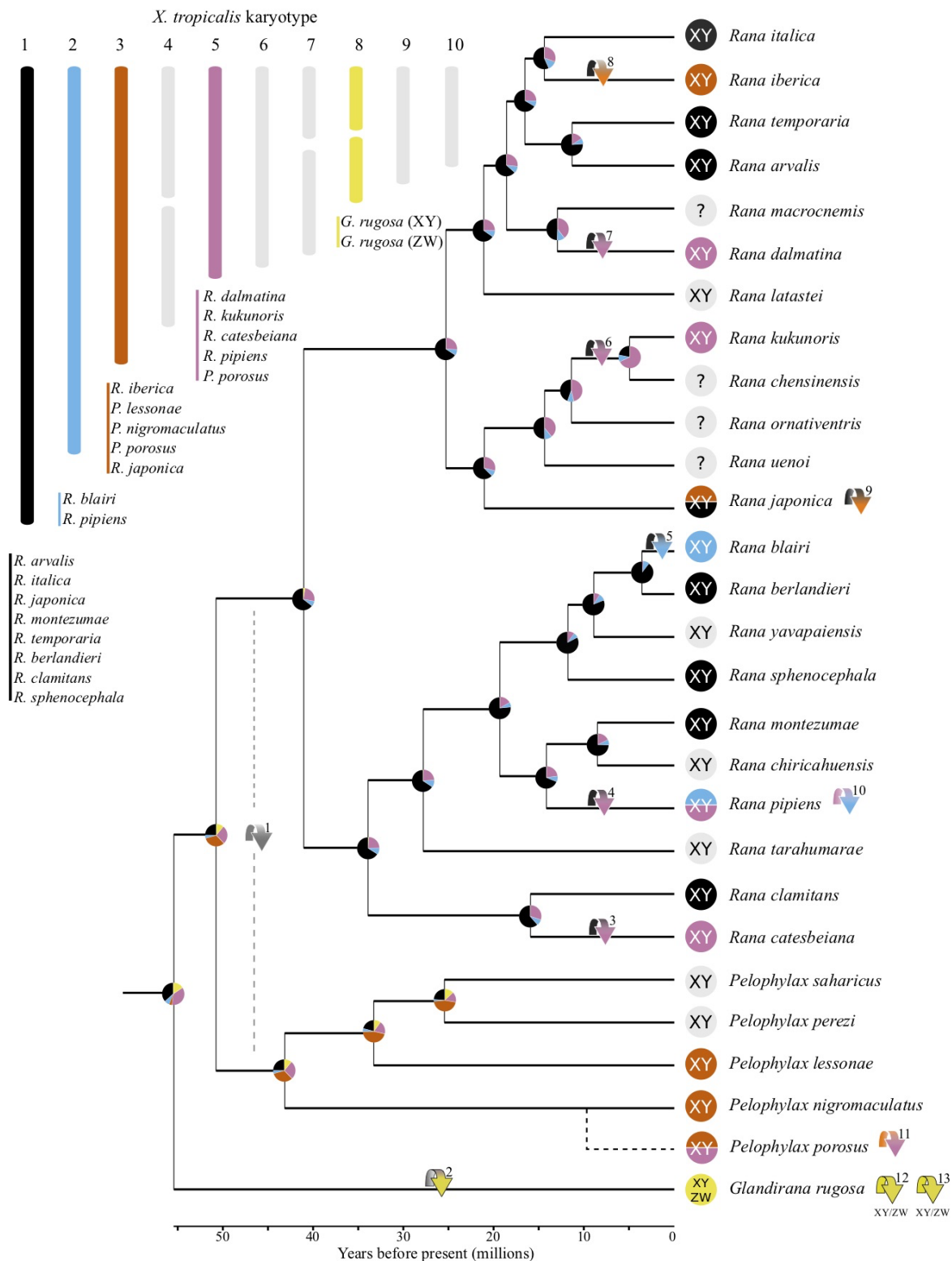


図1 28種のアカガエル類における性染色体の取り替え

5種類の性染色体を左上に色付けで示してあります。なお、グレーを含む合計10本の染色体はネットイツメガエルの全染色体に相当します。5色の染色体の下には、それぞれを性染色体にもつカエル名をリストで表しました。右側には28種のカエルの系統樹を示し、性染色体の取り替えが起きた時期を矢印で示しています。おそらく第1染色体（黒色）が元祖型の性染色体であり、それが合計13回（矢印に番号を振ってある）に渡って別の性染色体へと取り替えられました。矢印の色は取り替えられた性染色体を示します。グレーは性染色体がまだ不明のカエルです。

【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)