

# 樹上性カエルの手足の指に特異的な骨格要素に注目した

## カエルの樹上性の起源の解明

広島大学大学院統合生命科学研究科統合生命科学専攻 博士前期課程 2 年（助成時）

同上 博士後期課程 1 年（現 在）

中西 健介

### 研究の背景・目的

現在地球上には約 7,900 種のカエルが生息し、その約 9 割はカエル亜目という系統に属している。カエル亜目は約 1 億 4,000～5,000 万年前に誕生し、1 億 2,000 万年前頃にアマガエル上科とアカガエル上科の二つの系統に分岐した。これら二系統は恐竜の絶滅に代表される 6,600 万年前の大量絶滅後に爆発的に多様化したことが分子系統学的な解析から明らかになっている。さらにこの過程で、両系統の一部のカエルは独立に、樹上性を獲得したと考えられている（図 1）。

樹上性のカエルの多くは、Intercalary Element(IE)と呼ばれる骨格要素を有する（図 2）。IE は手足の指の第一関節に介在し、関節の可動性を増すことで、指先の吸盤の吸脱着を効率化し樹上性に寄与している。先の通説に従うと、6,600 万年前の多様化の中、一部の系統が IE を獲得し、樹上性を果たしたと推測されるが、IE の進化的起源は明らかになっていない。仮に 6,600 万年よりも前に分岐したアマガエル上科とアカガエル上科のカエルの IE が相同な組織で、その進化的起源が単一であれば、それらの祖先種は IE を持っており、カエルは現在考えられているよりも遥か昔に樹上性を獲得していた可能性がある。

本研究は、カエル亜目の歴史の初期に分岐したアマガエル上科とアカガエル上科のそれぞれに属するカエルの IE の分子組成、及び発生過程の比較によって、それらが相同な組織か

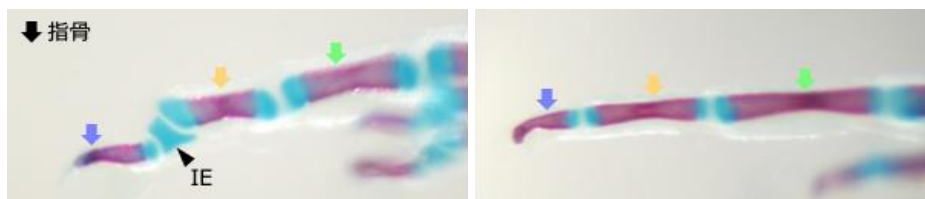


図 2. IE のあるカエル（左）と IE のないカエル（右）の指先の骨格

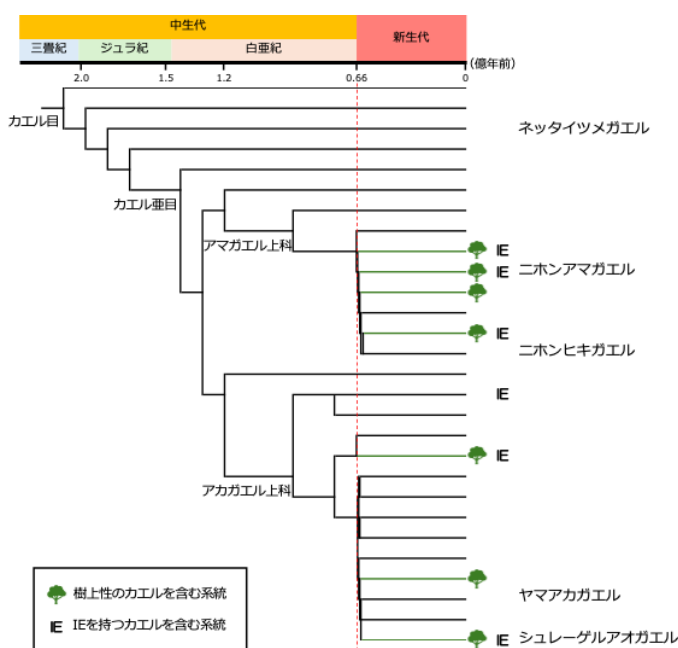


図 1. 現生カエルの系統関係

否かを明らかにし、6,600 万年以前にカエルが樹上性を果たしていたかを検証することを目的とした。

## 研究成果

本邦産のアマガエル上科の樹上性種であるニホンアマガエル及びアカガエル上科の樹上性種であるシュレーゲルアオガエルの IE を比較に用いた。いずれの IE も軟骨あるいは骨様の特徴を示すことが知られている。そこで、軟骨の主要な有機成分であるⅡ型コラーゲンと、骨の主要な有機成分であるⅠ型コラーゲンの有無及びその分布について免疫組織化学的手法を用いて比較した（図3）。

二種の IE に含まれるコラーゲンの分布は大きく異なっていた。ニホンアマガエルの IE では、Ⅱ型コラーゲンが分布しなかった一方、シュレーゲルアオガエルでは遠位（指先）側の領域を除く領域でⅡ型コラーゲンが分布した。Ⅰ型コラーゲンはニホンアマガエルの IE 全体及びシュレーゲルアオガエルの IE の遠位側領域の細胞の周囲に分布した。いずれの IE も組織学的に軟骨である一方で、一般的な軟骨とは異なる特徴を示す組織が共通して見られたことは、これらが相同な組織であることを示唆する。

IE の進化過程をより詳細に明らかにするために、カエル亜目外群のネツタイツメガエルと、アマガエル上科及びアカガエル上科の IE を持たない種であるニホンヒキガエルとヤマアカガエルの指第一関節にも同様の解析を拡大した。IE のように指骨との明確な分離を示さないものの、いずれの種の関節中にもⅠ型コラーゲンが分布するがⅡ型コラーゲンは分布しない組織が存在した。特に、カエル亜目以前に分岐したネツタイツメガエルの関節中組織は、樹上性二種に共通して見られたⅠ型コラーゲン分布領域の組織と状態が似ており、これは IE が生じる前の祖先的状态を保存している可能性を示す。一方、ニホンヒキガエルやヤマアカガエルに見られた組織は、IE の進化的な名残であると解釈できる。

## 総括・今後の展望

本研究により、約 1 億 2,000 万年前に分岐した二系統は、その分岐以前に IE を獲得していたことが示唆された。従って、現在考えられているよりも古くにカエルは木に登っていた可能性がある。また、現生のカエル亜目において多数を占める IE を持たないカエルは、6,600 万年前に生じた多様化の過程で IE を失う方向へ進化し、樹上から地表へ再進出した可能性がある。今後は、IE の発生基盤など、これまで調べられたことのない側面に比較対象を拡大し、統合的にカエルの樹上性進化を推定していく。

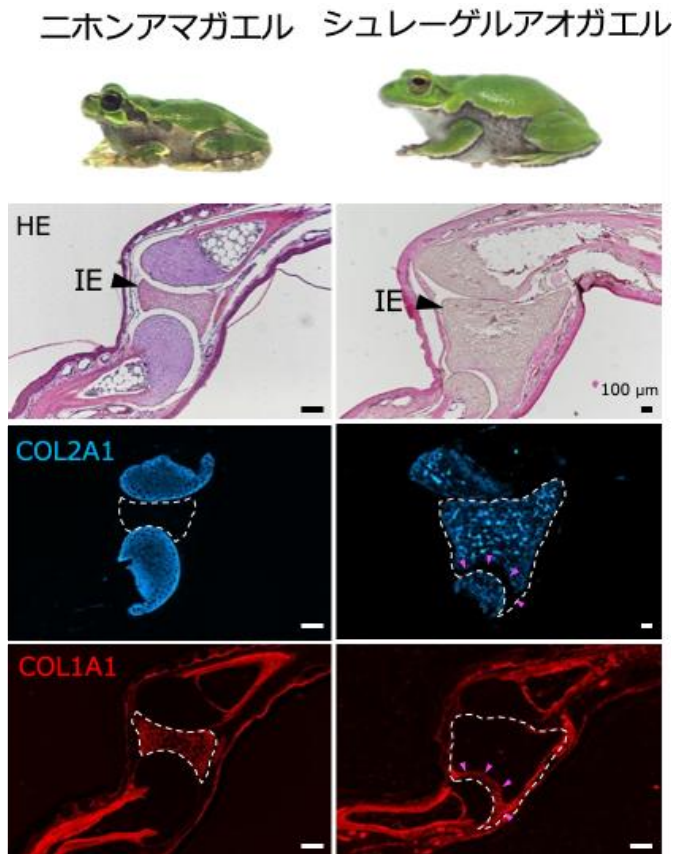


図3. IEにおけるⅠ型コラーゲン（COL1A1）及びⅡ型コラーゲン（COL2A1）の分布