

2006 年度 第 8 回 地質学セミナー

日時: 6 月 21 日 (水)

開始時間: 18:00

* 開始時間はいつもよりも1時間遅れて開始です! ご注意下さい!

会場: 自然系学系棟 B 棟 B215 教室

軟体動物殻内タンパク質 Dermato pontin の 起源と進化 更科 功 (生命環境科学研究科)

[はじめに]

(1) 多細胞動物の進化は発生プログラムの改変である

古生物学における最も重要な一次情報は化石である。しかし、多細胞動物の進化は事実上発生プログラムの改変であり、多細胞動物の化石の多くは(せいぜい各発生段階における)その最終産物を記録しているに過ぎないという制約がある。

(2) 分子古生物学

分子生物学的な手法を使用して古生物の研究をする分野を分子古生物学と称するが、事実上それは化石中に含まれる高分子(DNA やタンパク質等)を扱う分野を意味していた。しかし化石中の高分子は最近(高々数 10 万年)しか保存されず、しかも断片的なので、そこから期待される情報量は非常に少ない。化石に残りやすい硬組織の発生プログラム(形成システム)を現生生物において分子レベルで解明し、その知見を化石に応用して進化を探究する手法は新しい発想であり、その情報量は化石中の高分子に比べ、はるかに多いことが期待される。

(3) カンブリア紀の爆発における硬組織の獲得

カンブリア紀の初期に多くの多細胞動物のボディプランが確立したと考えられているが、このカンブリア紀の爆発の現象面における最も重要な特徴は、様々な分類群における硬組織の獲得である。このときに生物に何が起こったのかは謎に包まれているが、本セミナーでは、生体内の分子に刻まれた歴史情報という観点から、カンブリア紀の爆発における軟体動物の硬組織の獲得に関係する一つの仮説を検証した結果を紹介する。

(4) *dermatopontin* は、カンブリア紀に軟体動物が殻を獲得したときに関与した遺伝子の候補である

軟体動物の殻体は、少量の有機基質(タンパク質等)を含んでおり、これは殻体形成を制御する因子として注目されてきた。ヒラマキガイの殻内タンパク質である Dermato pontin は、他の多細胞動物にも細胞外タンパク質として広く分布する。従って、カンブリア紀の軟体動物が *dermatopontin* 遺伝子をゲノム上に保持していた事は確実であり、軟体動物がカンブリア紀(あるいはその少し前)に殻体形成システムを獲得した時に関与した遺伝子の候補と考えられていた。

問題は、この遺伝子産物(タンパク質)がカンブリア紀の時点で、殻内タンパク質であったかあるいは殻体形成に関与しない

細胞外タンパク質であったかを検証する事であり、これが今回紹介する研究の目的である。

[方法・結果・考察]

巻貝の有肺類に属する基眼目(モノアラガイ等)2 種と柄眼目(ヒタチマイマイ等)6 種から *dermatopontin* 遺伝子を同定した。その結果、各々の種が少なくとも 2 種類(タイプ 1 とタイプ 2)の *dermatopontin* 遺伝子を持つことが明らかになった。

RT-PCR 及び Real-time の結果、殻を形成する外套膜で発現しているのはタイプ 1 だけであり、タイプ 1 が殻内タンパク質、タイプ 2 が一般的な細胞外タンパク質であると考えられた。

NJ 法、最尤法、ベイズ法により系統解析を行った結果、基眼目と柄眼目の Dermato pontin が各々まとまり、さらにその中でタイプ 1 同士およびタイプ 2 同士が各々まとまった。この結果は、基眼目と柄眼目の共通祖先は Dermato pontin を 1 種類だけ(これは一般的な細胞外タンパク質である可能性が高い)持っており、その後基眼目と柄眼目の各系統で独立に遺伝子重複が起きたことを示唆する。

[結論]

基眼目と柄眼目の共通祖先の *dermatopontin* 遺伝子は、殻体形成に関与しない細胞外タンパク質であり、基眼目と柄眼目が分岐した後、各系統で遺伝子重複によって生じた Dermato pontin が殻体形成に関与するようになったと解釈される。すなわち Dermato pontin が殻内タンパク質として使われるようになったのは、カンブリア期初期ではなく比較的最近であることが示唆された。

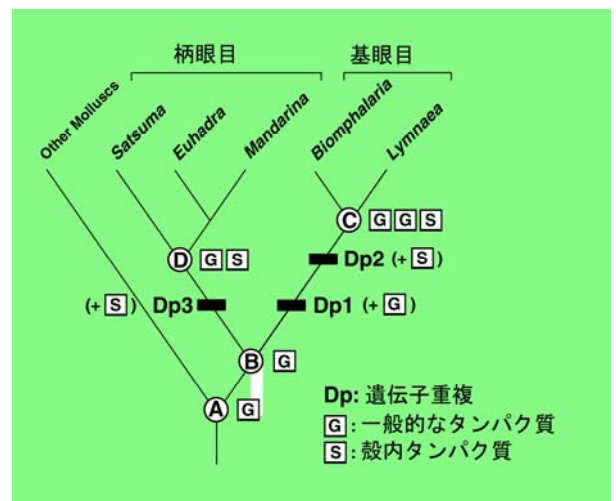


Fig. 1. 軟体動物における Dermato pontin の進化

軟体動物現生7綱における/Hox/遺伝子群の進化 飯島 実 (生命環境科学研究科)

多細胞動物は、体制(ボディープラン)の未分化な海綿動物、放射相称の体制をもつ刺胞動物(いわゆるクラゲ)など、そして左右相称の体制を示す左右相称動物に大きく分けられる。左右相称動物の中にも、様々な体制を示す動物群(phylum: 門)が存在するが、それらはたったひとつの左右相称型祖先種から派生したと考えられている。ボディープランの設計図は遺伝情報であるが、遺伝情報の起源を一にする祖先種から、どのようにして多様なボディープランが進化してきたのだろうか。その謎を解く鍵のひとつとして左右相称動物に広く保存された *Hox* と呼ばれる遺伝子群が挙げられる。

Hox 遺伝子は、DNA 結合性タンパク質をコードし、他の遺伝子の発現を調節する転写調節因子として働く。左右相称動物のゲノム(染色体)上には複数の *Hox* 遺伝子が連続して並んでいるため、まとめて *Hox* 遺伝子群と呼ばれ、かつ、その並びの順序と胚(発生途中の段階)の前後軸に沿った発現領域の順序が一致することで、胚の前後軸が決定される。

現生8綱からなる軟体動物は多様なボディープランを示す動物群のひとつであり、派生形質として発達させた殻のため、化石記録は先カンブリア代の終わり頃にまで遡ることができる。これまで、軟体動物 *Hox* 遺伝子群についての研究は、腹足綱、頭足綱、二枚貝綱に限られていたが、より多くの種における *Hox* 遺伝子群のゲノム上の構成、発現、機能を解明することは、軟体動物の進化過程を明らかにするためには非常に有用な研究となり得る。その足掛かりとして本研究では、単板綱を除く現生軟体動物7綱(上記3綱の他、溝腹綱、尾腔綱、多板綱、掘足綱)について、*Hox* 遺伝子群のゲノム上の構成を推定し、軟体動物の形態の多様性と *Hox* 遺伝子群との関連について考察する。

実験動物は、溝腹類(種未同定)、尾腔類 *Chaetoderma japonica*、多板類 *Acanthopleura japonica*、頭足類 *Nautilus pompilius*、腹足類 *Lymnaea stagnalis*、掘足類 *Dentalium octangulatum*、二枚貝類 *Patinopecten yessoensis* を用いた。実験方法を以下に簡略に示す。それぞれの種からゲノムDNAを抽出し、polymerase chain reaction (PCR)法を用い、

Hox の DNA 結合領域をコードするホメオボックスの一部を増幅し、サブクローニング後、配列を得た。DNA データバンクに登録されている *Hox* 遺伝子の配列のいくつかを含め、得られた *Hox* 遺伝子断片の配列について、Clustal W program を使用し、近隣結合法による系統樹作成を行った。配列間の類似性、系統樹上の grouping から、各 *Hox* 遺伝子を特定した。

それぞれの種において、複数の *Hox* 遺伝子の断片が得られた。溝腹類では9、尾腔類 *C. japonica* では5、多板類 *A. japonica* では6、頭足類 *N. pompilius* では11、腹足類 *L. stagnalis* では10、掘足類 *D. octangulatum* では10、二枚貝類 *P. yessoensis* では11であった。配列の類似性または系統樹から、それぞれの種における *Hox* 遺伝子群のクラスター構造を推定した (Fig. 1)。

軟体動物は、殻の発達から、大きくふたつのグループに分けることができる: 体制がより複雑で貝殻形成を発達させた頭足類、腹足類、掘足類、二枚貝類、単板類と、体制が比較的単純で貝殻形成をあまり発達させていない溝腹類、尾腔類、多板類である。軟体動物の最終共通祖先種の形態は後者の様であったと考えられているが、今回の結果より、その *Hox* 遺伝子群は、より体制が複雑な種における *Hox* 遺伝子の数に匹敵する、少なくとも12の *Hox* 遺伝子で構成されていたと推定される。

また、腹足類 *L. stagnalis* を除く、今回調べたすべての種において、*Hox5* に対応する2つの遺伝子断片 (*Hox5a*, *Hox5b*) が得られた。この重複は軟体動物に特異的であった。軟体動物の最終共通祖先種では、すでに *Hox5* が重複しており、この重複は軟体動物門の共通派生形質である可能性が考えられる。

軟体動物において、体制がより複雑で殻を発達させたグループでは確かに多くの *Hox* 遺伝子が存在していたが、体制がより単純で殻がなかったと思われる、軟体動物の最終共通祖先種でも多くの *Hox* 遺伝子が存在していたとすると、体制の複雑さと *Hox* 遺伝子の数の多さとの積極的な関連をもたせることは難しい。しかし、軟体動物ボディープラン形成において、*Hox* 遺伝子も含め、多くの遺伝子の役割を明らかにすることは、今では化石種となった軟体動物の進化過程をも想像させる可能性を秘めている。

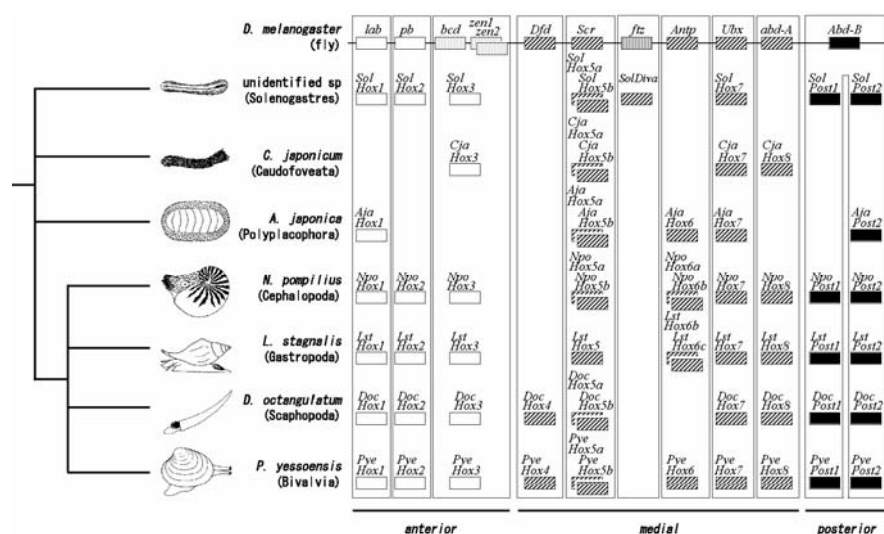


Fig. 1 軟体動物門(単板綱を除く)における推定された *Hox* 遺伝子群。キイロショウジョウバエ *Drosophila melanogaster* の *Hox* 遺伝子群が最上段に示されている。

*地質学セミナーは今回が本学期の最終回です。次回は9月6日になります。

連絡先: 伊藤利彦 (生命環境科学研究科 1 年) sk8erberoi@arsia.geo.tsukuba.ac.jp
西村直樹 (生命環境科学研究科 1 年) nisimura@arsia.geo.tsukuba.ac.jp
異野 純 (生命環境科学研究科) kyono@arsia.geo.tsukuba.ac.jp