

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月10日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21570092

研究課題名（和文） 大型放射光施設(Spring-8)による後期白亜紀の初期被子植物群の花化石の解明

研究課題名（英文） Inner structure of primitive fossil flowers of early Angiosperms from Upper Cretaceous by the synchrotron radiation facility (Spring-8)

研究代表者

高橋 正道 (TAKAHASHI MASAMICHI)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：00154865

研究成果の概要（和文）：

白亜紀の花化石の直径はわずかに 1mm前後であり、その中の構造を非破壊的に明らかにすることは容易なことではない。被子植物の花化石の内部構造を、Spring-8 およびシカゴの大型加速器 (APS) のビームライン 2-BM-B のマイクロ CT による解析を行った。大型加速器のビームラインで得られた透過データをトモグラフィー法にて、3次元データに再構築した。これらの3次元構築データの解析によって、これまで、花芽の内部に隠れていた各器官の状態を解明することができた。

大型加速器は、広視野・高分解能撮影が可能なビームを有し、サイズや形状も多様な白亜紀の花化石の構造解明のために、極めて有効な装置である。その結果、従来は解明できなかった、白亜紀の微小な花や果実の内部の情報を高分解能で明らかにすることができるようになった。

これらの研究成果を取りまとめつつ、それぞれの花化石について、研究論文を作成している。

研究成果の概要（英文）：

Flowering plants (angiosperms) consisting of more than 350,000 living species dominate the vegetation of most terrestrial ecosystems. The origin and early evolution of angiosperms had remained as an abominable mystery in evolutionary biology in the last twenty-five years. The mesofossils that are usually preserved as charcoal from ancient forest fires provide unrivalled insights into the structure, biology and evolutionary relationships of ancient angiosperms. There are usually one or a few specimens available for the paleobotanical studies of mesofossils in Cretaceous, and synchrotron radiation X-ray microtomography (SRXTM) is a useful new tool for obtaining details of the internal structure without the need for destructive analysis. The SRXTM at SPring-8 is a powerful tool for obtaining a new level of detail from fossil angiosperm flowers from Cretaceous.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生物多様性・分類

キーワード：Spring-8, APS, マイクロCT, 白亜紀、被子植物, 初期進化, 小型炭化石, 3次元構造

1. 研究開始当初の背景

近年、分岐分類学の発展や分子系統学および小型植物化石の新発見などによる研究成果により、被子植物の起源と初期進化に関する研究は、急速に展開しつつある。これまで、動物化石に比べて、被子植物の初期進化の解明につながる植物化石は少ないと言われてきた。

日本での小型植物化石の研究は、全くの未開発の分野であったが、申請者らによるこれまでの研究によって、保存状態が良好な花化石などの小型化石を多量に含んでいる8900万年前の地層が存在していることを明らかにしてきた。これまでに明らかにされた日本における白亜紀の小型植物化石によって、白亜紀の年代に地球上の陸上植生を構成していた被子植物基幹群の具体的な姿が明らかにされ、被子植物基幹群の初期進化のプロセスを解明する先駆的で重要な研究が開始された。

2. 研究の目的

本研究においては、約9960万年前から6500万年前の後期白亜紀の地層から、被子植物始原群の「花」「果実」「種子」の化石をとりだし、被子植物の初期進化を解明することを目的としている。

白亜紀の花化石について集中的な研究の取り組みによって、保存性の良い植物化石が発見することにより、8500万年～8900万年前の後期白亜紀に生育していた被子植物を具体的に明らかにし、後期白亜紀における被子植物基幹群の初期進化過程を解明していくことを目的としている。

3. 研究の方法

「花化石」は、いくつかの堆積条件が積み上げられた特殊な地層でないと保存されることはなく、国際的にも炭化した「花化石」を単離できるのは、わずかの地点に限られている。申請者は、炭化した小型「花化石」を含んでいる新たな白亜紀の地層を探すことにする。

野外では、植物化石の状態を確認できないので、双葉層群から採取した後期

白亜紀の堆積岩を実験室に持ち帰り、室温にて十分に乾燥した後、堆積岩をフッ化水素水で処理し、花化石および果実化石や種子化石などの植物化石をBulk Sieving法によってとりだし、種類別に類型化し、得られた花化石の走査型電子顕微鏡による観察で微細形質を明らかにし、現生植物との比較した。さらに、これらの内部構造を解明するために、大型放射光施設(Spring-8, 兵庫県)のビームラインBL20B2にて、マイクロX線CT断層像を撮影した。

4. 研究成果

福島県双葉郡広野町からいわき市にかけて分布する双葉層群(Coniacian期～Santonian期)は、白亜紀にユーラシア東側の海に面していた地域に堆積した地層に特に興味深い層を見つけた。東アジアで初めて、被子植物の花、果実、種子や裸子植物の球果などの多くの小型化石が発見され、上北迫(かみきたば)植物化石群と名づけた。その中には、クスノキ科、センリョウ科、モクレン科、バンレイシ科などの原始的被子植物群や、シクンシ科やミズキ科などの真正双子葉類が含まれている。また、ブナ目やツバキ目の可能性のある小型化石も発見している。これらの上北迫植物化石群から発見された植物の小型化石には、欧米の白亜紀の地層から発見された共通の科が含まれており、被子植物の分布の広がりや分化の状態を探るための重要なデータを提供している。これらの上北迫植物化石群は、被子植物の初期進化の中では、真正双子葉群も含む主な基幹群が分化してきた段階にあたり、ユーラシア東部からの初めての発見であり、後期白亜紀における北半球における地理的分布の状況を明らかにする上でも重要な発見として位置づけて考察することになっている。

[雑誌論文] (計5件)

- (1) 高橋正道、Spring-8が白亜紀の被子植物の初期進化を解明する、Spring-8 information, 14巻、2009、223-227 (査読有)
<http://user.spring8.or.jp/sp8inf>

- o/?p=3081
- (2) 高橋正道 花粉と植物の話 –被子植物の初期進化は、どこまで解明されたか?、分類 9巻、2009、91–103 (査読有)
http://ci.nii.ac.jp/els/110007339723.pdf?id=ART0009199021&type=pdf&lang=jp&host=cinii&order_no=&ppv_type=0&lang_sw=&no=1367469476&cp=
- (3) Takahashi, M., Inner structure of Cretaceous fossil flower revealed by X-Ray Microtomography (XRMT)、SPRING-8 Research Frontiers 2009号、2010年 38–39 (査読有)
http://www.spring8.or.jp/pdf/en/res_fro/09/040-041.pdf
- (4) Nakamura, H., K. Sawada, and M. Takahashi, Aliphatic and aromatic terpenoid biomarkers in Cretaceous and Paleogene angiosperm fossils in Japan、Organic Geochemistry、41巻 2010、975–980 (査読有)
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0146638010000756>
- (5) Schonenberger, J., von Balthazar, M., Takahashi, M., Xiao, X., Crane, P. R. and Herendeen P., *Glandulocalyx upatoiensis*, a fossil flower of Ericales (Actinidiaceae/Clethraceae) from the Late Cretaceous (Santonian) of Georgia, USA、Annals of Botany、109巻、2012、921–936 (査読有)
<http://aob.oxfordjournals.org/content/109/5/921.full?sid=5d1e4df5-9099-469d-a328-f964e0e8ead7>

[学会発表] (計4件)

- ① Herendeen, P. S. Takahashi, M., Crane, P., Microtomography analyses of fossil flowers from the Late Cretaceous of Georgia、Botanical Society of America、St. Louis、2010年8月3日
- ② 高橋正道、P. S. Herendeen, Xiao, C., Crane, P. R. 大型シンクロトロン (APS) による福島県広野町の白亜紀後期から発見されたクスノキ科の花構造の解明、日本植物学会、2011年9月18日、東京大学
- ③ 高橋正道、Herendeen P. S.

Herendeen, Xiao, C., Crane, 白亜紀の福島県広野町に、マダガスカル固有科である Didymelaceae が、!? 日本植物分類学会、2012年3月23日 大阪学院大学

- ④ Herendeen, P. R., Crane, Peter; Takahashi, Masamichi; Leslie, Andrew; Glasspool, Ian; Ichinnorov, Niiden; Gombosuren, Tsolmon; Nyamsambuu, Odgerel. Exceptionally well-preserved Early Cretaceous seed plants from Mongolia and their evolutionary significance、Botanical Society of America, Ohio, July 10th, 2012

[その他]
ホームページ等

<http://env.sc.niigata-u.ac.jp/~masa/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 正道 (TAKAHASHI MASAMICHI)

新潟大学自然科学系・教授

研究者番号：00154865