

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 12 日現在

機関番号：32641

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24570112

研究課題名(和文)新発見の珪化植物化石によるチリ南部の植生史解明

研究課題名(英文)Vegetation history in south Chile based on newly-found permineralized plant fossils

研究代表者

西田 治文(Nishida, Harufumi)

中央大学・理工学部・教授

研究者番号：70156082

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,300,000円

研究成果の概要(和文)：a) マゼラン州産後期白亜紀～前期新生代石灰質団塊、b) コンセプション州の後期白亜紀～始新世石灰質団塊、c) Cocholgueで新たに発見した始新世珪化泥炭、d) 南極新産の珪化土壌内植物化石の形態分類学的研究を行った。菌類から被子植物まで多様な分類群が発見され、特にa) では絶滅したシダ種子類の生殖器官や南米最古のナンキョクフナ、b) では針葉樹の新しい科と多様な暖温帯性白亜紀植物群、c) では現在アジアに局在するシダ植物マトニアを含む現地生湿地植物群、d) では前期白亜紀のフサシダ科新属を発見し、広範に古植生を解明した。成果発表は国際学会・集会5、国内学会2、関連図書1、論文3がある。

研究成果の概要(英文)：A diverse array of paleovegetation since the Cretaceous to the Eocene of south Chile and Antarctica has been revealed by anatomical and taxonomical works on plant debris preserved in calcified or silicified rocks collected beyond time and space along southern longitude. From Magellan region, one of the oldest Nothofagus from the Late Cretaceous, and an ovuliferous organ of possible extinct pteridosperm were found. From Concepcion region highly diversified conifers including an ovulate cone to be designated as a new family representing humid warm temperate forest were identified from Late Cretaceous concretions, and components of in situ bog vegetation was recovered from Eocene silicified peat. From newly found silicified soil from the Early Cretaceous of Antarctica, a new Schizaeaceae fertile leaf was found. Some results were presented in five international and two domestic meetings, and three papers and one related book were published.

研究分野：古植物学、植物系統進化学

キーワード：古植物学 ゴミ化石 ゴンドワナ 植生・環境 古第三紀 白亜紀 南極 国際情報交換・チリ

1. 研究開始当初の背景

チリ南部のパタゴニア地域の生物相は、独特である。その理由のひとつとして、同大陸が北米と長期にわたり地理的連絡をもたなかったことと、かつてのゴンドワナ大陸の一部として、中生代白亜紀後期から新生代前半に至るまで南極と地理的な近接を続け、オセアニア地域と関連する旧ゴンドワナ要素植物群の侵入をたびたび受けたことが指摘されている。チリ及びアルゼンチン南部のパタゴニア地域に見られるこのような旧ゴンドワナ植物相を反映した独特の植生は、生物多様性ホットスポットのひとつとして植物系統進化学のみならず植物地理学的、保全生態学的にも注目されており、南極の寒冷化などの環境変動と連動したその成立過程にも興味が集まっている。

現在の南米南部の植生は、その起源を被子植物が世界的に分布を拡大した白亜紀後期にまでさかのぼることができる。白亜紀後期から新生代前半の温暖期までは、熱帯から亜熱帯性の植生が南米南端までみられたが、ゴンドワナ大陸の分裂が進み、南米と南極が分離することにより、3500 万年前には周南極海流が成立し、その影響を受けた地球規模の寒冷化によって、南極からの寒冷地域植生が繰り返し侵入した。さらに、500~200 万年前に起きたアンデス造山は、チリ側とアルゼンチン側とに顕著な植生の相違をもたらすとともに、アンデス高地では新たな種分化が起きたはずである。その後、約 1 万年前まで繰り返し訪れた氷期・間氷期を経て、現在の植生が成立した。

このような、白亜紀後期から新生代前半における南米南部での植生移動の過程は、植物系統進化・植物地理・古生態と気候変動の関連など多くの視点からの研究に材料を提供している。特に植物化石に基づく植生の時空移動過程の解明は、南米側ではアルゼンチンとアメリカの研究者が、南極では南極半島に基地を有する各国の研究者が行っている。しかし、パタゴニア南部を特徴づけるナンキョクブナを主体とした亜南極林が主に分布するチリ側においては、チリの研究者不足により、研究の空白域が今でも生じている。

研究代表者らが 1980 年代から科研費の補助を受けて継続してきた一連の化石採集調査は、新化石産地の発見も含め多く資料を集積し、チリにおける当該分野の発展にも貢献してきた。研究代表者は平成 14 年度から、チリパタゴニアの複数の地域において異なる時代の化石植物の採集を行い、たとえば、南米大陸に侵入してきた最古のナンキョクブナの葉化石記録(2006 年英文報告書)のように、パタゴニアのアルゼンチン側と南極半島における各国の研究を時空的に補完する証拠を提出してきた。特に、平成 14 年度の調査において南米では初めて発見した「植

物ゴミ化石」(後述)は、世界でも研究代表者が最初に注目したユニークな鈹化石群集で、通常、浅海成堆積物に含まれる石灰質ノジュール中に保存されている。その後の調査でパタゴニア以外のチリ中南部でも同様の化石群を見出した。また、平成 23 年度には南米では初めての珪化植物泥炭に含まれる鈹化石群を新たに発見した。同年度にはさらに、南極半島地域でゴミ化石探査を初めて実施した。これらの鈹化石資料は膨大であるとともに、世界的にも稀有なものであるため、逐次その組成解明と含まれる植物の系統分類学的研究を急ぐ必要がある。本研究の目的は、従来の海外調査による成果を踏まえて、自然に着想されたものである。

2. 研究の目的

本研究では、平成 14 年度~平成 22 年度に西田を代表とする学術調査隊がチリで採集未研究の後期白亜紀から新生代前半の鈹化石群集の組成を解明するとともに、個々の植物の形態学的、系統進化学的研究をはじめとした古植物学的研究を行う。鈹化石群について、1)顕微鏡薄片標本を作製し、解剖学を中心とした形態学的研究に基づいて含まれる植物の同定と分類学的記載、系統進化学的研究を可能な限り行い、2)明らかになった植物相からそれぞれの生態学的特徴を見出し、3)植物相の時空分布をもとにして南米南部の植物地理と古環境の変遷を解明するための基礎資料とする。

本研究は、植物系統分類学、植物地理学、古植物学、生態学、地質学、層位学、堆積学などの広範な自然科学分野にまたがる横断的な研究である。しかし、その根幹は過去から現在にわたる生物多様性の内容と変遷を明らかにすることにある。南米南部では地理的な遠さと現地研究者人口の不足、資金不足が主な原因となっており、このような基礎研究の進展が遅れている。また、鈹化石研究は、珪化木を除いてはほとんど進んでいない。特に、ゴミ化石は西田の造語で、その保存形態は古生代のコールボールや北海道産の後期白亜紀蝦夷層群鈹化石群などと同様であるものの、これまで注目されてこなかった微少な植物破片を重点的に研究することに特色がある。

3. 研究の方法

具体的な研究資料はチリ産の以下 a)~d)のものである。なお、d)は平成 22 年度に南極で採集した化石で、研究協力を依頼したチリ南極研究所 INACH が保管整理中のものを送付してもらい、同様の研究に供する。

- a) チリ最南部マゼラン州産後期白亜紀及び漸新世~始新世の石灰質ノジュール
- b) チリ中南部コンセプション州周辺(Arauco, Cocholgue)の後期白亜紀~始新世の石灰質ノジュール
- c) 同 Cocholgue で新発見した始新世の珪化

泥炭中の化石群

d) 南極産珪化石

各産地と産出層準ごとに資料を整理しなおし、保存状態の良いものから研究に供する。鉱化石は、岩石カッターで切断し、一般に普及しているピール法(Joy et al. 1953)を主として用いて顕微鏡薄片(プレパラート)とする。プレパラートは光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡などによる形態観察に供し、種と上位分類群の同定を行う。必要に応じて、X線CTスキャナによる3次元構造解析を用いる。画像は電子情報として記録する。標本の整理とプレパラート作成には作業協力者の雇用、岩石の質によっては薄片作成のために外注が必要である。CTスキャナは研究室設置のものを用いるが、さらに精細な観察は業者に依頼する。

分類群が同定できたものについて、さらに系統分類学的、進化学的、植物分類地理学的、生態学的考察を行う。さらに、それぞれの化石群について、その組成と全体像を明らかにする。研究成果は随時、国内外の学会で発表するとともに、英文学会誌に投稿する。

4. 研究成果

a)~d)の材料について、その研究成果を概説し、うち特筆すべき発見について紹介する

(1)マゼラン州産後期白亜紀~前期新生代石灰質団塊、a)

後期白亜紀 Maastrichtian ドロテア層 Dorotea Fm.からは、南米最古のナンキョクブナ(図1)や球果類、シダ植物を見いだした。これまでナンキョクブナの大型化石は報告者らが発見していた始新世の印象化石が最古であった。また、花粉化石も複数種がみつき、ナンキョクブナは白亜紀後期にはすでに南米南部でかなり多様化していたことがわかった。

暁新世のチョリーヨ近・Chorillo Chico Fm.層からは、菌類からコケ植物、絶滅したシダ種子類と見なせる生殖器官、シダ植物、球果類、被子植物がみつき、現在のヴァルディビア型と呼ばれる段温帯性湿潤林の存在が明らかになった。すでに発見していた被子植物の星形果実は、アオイ科の *Melochia* 属であることがわかり、同属の最古の化石となった。

全体として、白亜紀~暁新世まではヴァルディビア型森林が存在したことがわかったが、その組成はK/T(P)境界を挟んで近代的なものに変化しつつある。しかし、暁新世のパタゴニアには、白亜紀時代の旧 Gondwana 要素の影響が強く残っており、シダ種子類が生き残っていた可能性が明らかになったことは特筆できる。

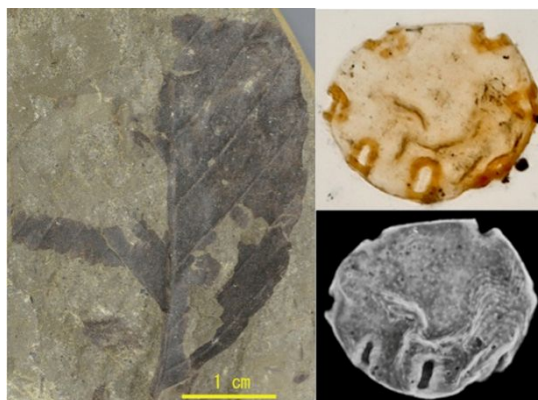


図1 パタゴニア最古のナンキョクブナ葉化石と花粉化石

(2) コンセプション州の後期白亜紀~始新世石灰質団塊、b)

石灰質団塊の多くは、後期白亜紀 Maastrichtian のキリキナ層 Quiriquina Fm.のもので、本研究では主にこの材料を扱った。マゼラン州のドロテア層からは南緯で約15度北に位置しており、同時代の植生を比較できる。シダ植物や針葉樹が多様であるほか、ソテツ類などもみられる、より多様な暖温帯性白亜紀植物群が明らかとなった。ナンキョクブナも材や花粉がある。特に針葉樹の新しい科と考えられる化石は現在さらに研究中であるが、平成27年にカナダで学会発表して注目された(図2)。

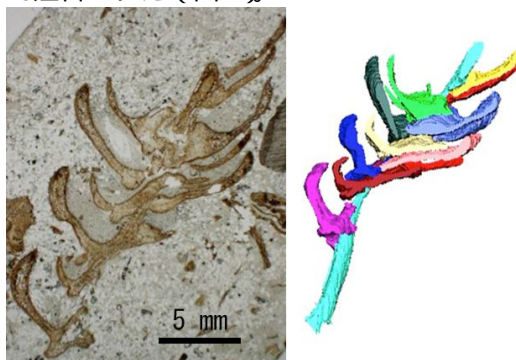


図2 球果類の新しい科となる球果とその3D復元画像

(3) Cochoigue で新たに発見した始新世珪化泥炭、c)

この泥炭層は現在も資料収集を続けているが、今後多くの成果が期待される。

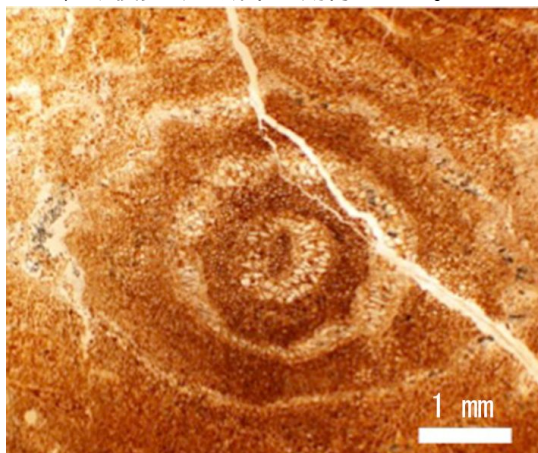


図3 新発見のマトニア科根茎化石

これまでにウラジロ科シダ類の根茎や多くの植物遺体が見つかったが、現在東南アジアの一部のみに現生するシダ植物マトニア(図3)の発見は、同科の進化史に新たな知見を加えた。堆積状況から現地生湿地植物群と考えられ、このような湿地が様々な中生代型植物の避難場所となった可能性を提示した。また、新たに珪化した雄花序を発見したが、その形態と含まれる花粉から、現在南米には分布していないモクマオウ科のものとなった。花粉分析でもヤマモガシ科などを含む多様な種組成が明らかになりつつある。

(4) 南極新産の珪化土壌、d)

珪化木 50 点以上を含む標本は平成 27 年 3 月にチリから到着し、南極では新発見の珪化土壌 3 点について予備研究を行った結果、前期白亜紀のフサシダ科孢子葉化石を発見した(図4)。独自の形態からカニクサ属に近い新属と判断している。平成 28 年 11 月にブラジルで学会発表する予定である。

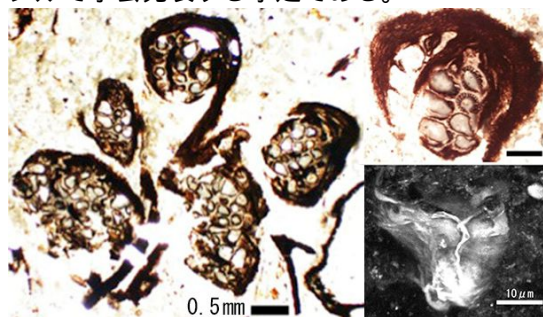


図4 フサシダ科の絶滅新属とすべき化石孢子葉と孢子

(5) 統合的成果

南米南部の植生の成立過程を明らかにするというような研究課題は、一連の調査と研究を積み重ねることによって初めて包括的な成果が現出する、統合生物学的な研究である。したがって、個別の経費と成果とを常に一体のものとして扱うことができない場合がある。研究協力者 Hinojosa は、本研究の過程で得られた成果を含め、過去のナンキョクブナの生態的ニッチを理論モデルで説明しようとした(雑誌論文)。後期白亜紀からすでに南米ではナンキョクブナがかなり多様化していたという本研究の成果が生かされている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計3件)

Takeshi, A. O. et al. (全8名中8番目). 2016(掲載決定). Araucarian leaves and cone scales from the Loreto Formation of Rio de Las Minas, Magellán Region, Chile. Botany,

94: ページ未定. 査読有

Hinojosa, L. F. et al. (全11名中7番目). 2015. Non-congruent fossil and phylogenetic evidence on the evolution of climatic niche in the Gondwana genus *Nothofagus*. Journal of Biogeography 43: 555-567. DOI:10.1111/jbi.12650 査読有

Nishida, H. et al. (全9名中筆頭). 2013. Restos vegetales permineralizados: una ventana a la vegetación pasado de Patagonia y Antártica. Libro de Resúmenes VII Congreso Latinoamericano de Ciencia Antártica. p. 176-178. 査読有

[学会発表](計7件)

Harufumi Nishida. From Hokkaido to Patagonia, hunting plant remains in calcite nodules. Botany 2015 (全米植物学大会). 2015年7月29日、エドモントン(カナダ)

Harufumi Nishida et al. Permineralized Matoniaceae fern from the Eocene Cranilhue Formation of Cocholgue, Chile. 4th International Paleontological Congress (国際古生物学会). 2014年9月30日、メンドサ(アルゼンチン)

西田治文ほか8名. チリ南部コ Cholgue 産始新世の薄囊シダ類マトニア科の根茎化石について。日本植物分類学会13回大会。2014年3月23日、熊本大学(熊本市)

Harufumi Nishida. Reconstructing vegetation changes in Patagonia and Antarctica since the Late Cretaceous, based on permineralized plant remains. Today Forum. 2013年11月7日、サンチアゴ(チリ)

Harufumi Nishida et al. (全9名). Restos vegetales permineralizados: una ventana a la vegetación pasado de Patagonia y Antártica. VII Congreso Latinoamericano de Ciencia Antártica (ラテンアメリカ南極科学会議). 2013年9月5日、ラ・セレナ(チリ)

西田治文ほか9名. チリパタゴニアの後期白亜紀から古第三紀の植物ゴミ化石調査予報。日本植物分類学会第12回大会。2013年3月15日、千葉大学(千葉市)

Kazuo Terada, Poole, I., & Nishida, H. Vegetational changes during the Late Cretaceous-Tertiary interval across Antarctica and South America, based on the fossil wood record. XIII International Palynological Congress/IX International Paleobotany Conference (国際花粉学会/国際古植物学会). 2012年8月25日. 中央大学(東京都)

[図書](計1件)

西田 治文 他 30 名分担執筆、講談社、
新しい植物分類学 11、2012、320

〔その他〕
ホームページ等
<http://c-faculty.chuo-u.ac.jp/~helecho/>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

西田 治文 (NISHIDA, Harufumi)
中央大学・理工学部・教授
研究者番号：7 0 1 5 6 0 8 2

(4)研究協力者

イノホサ、ルイス・フェリペ (HINOJOSA,
Luis Felipe)

朝川 毅守 (ASAKAWA, Takeshi)

植村 和彦 (KAZUHIKO, Uemura)

寺田 和雄 (KAZUO, Terada)

矢部 淳 (YABE, Atsushi)

山田 敏弘 (YAMADA, Toshihiro)