

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20日現在

機関番号：32641

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009-2012

課題番号：21405012

研究課題名（和文） 植物鉱化ゴミ化石を中心としたチリパタゴニアにおける南極関連植物相成立史の解明

研究課題名（英文） Studies on the establishment of Antarctica-related flora in Chilean Patagonia based mainly on permineralized plant-debris fossils

研究代表者

西田 治文（ HARUFUMI NISHIDA ）

中央大学・理工学部・教授

研究者番号：70156082

研究成果の概要（和文）：チリのマゼラン州、コンセプション州、及び、南極のキングジョージ島とリビングストン島において、植物化石から現地の植生と環境の変遷を明らかにするための採集調査を実施した。特に、西田らが南米では初めて発見した鉱化ゴミ化石という、微細な植物破片が集積した化石群の資料採集と新産地の発見をめざした。良質の追加資料に加え、コ Cholgue では南米初の硅化泥炭を発見、南極ではゴミ化石の発見が可能であることを確認した。

研究成果の概要（英文）：Field research has been performed in Magallanes and Concepcion Provinces of Chile as well as in the King George and the Livingston Islands of Antarctica, in order to clarify vegetational and environmental changes of the area based on plant fossil collections. Particular interest was focused on permineralized plant-debris assemblages, which was excavated for the first time in South America by Nishida et al. in 2003. In this investigation a plant assemblage preserved in silicified peat, also new to South America, was discovered in Cholgue. It is confirmed that certain assemblages of permineralized plant debris could exist in Antarctica.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	5,800,000	1,740,000	7,540,000
2010年度	6,400,000	1,920,000	8,320,000
2011年度	2,500,000	750,000	3,250,000
年度			
年度			
総計	14,700,000	4,410,000	19,110,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：生物多様性・分類

キーワード：植物、系統、ゴミ化石、環境、南極、チリ、パタゴニア、 Gondwana

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 Gondwana 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 Gondwana 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。特に、旧 Gondwana 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にもあげられている、チリ及びアルゼンチン南部のパタゴニア地域に見ることができる。

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。白亜紀後期から古第三紀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材料を提供しており、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た。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た。わずかに、研究代表者とその先駆研究者が 1980 年代から断続的に継続してきた一連の研究があるのみであった。

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ってきたが、特に、平成 14 年度の同地域の調査において南米南部では初めて発見した鈹化化石の一保存形態であるユニークな「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化石群集であり、パタゴニアや南極において新たな産地を早急に追加発見し、世界に追いつかないような成果を加える必要があった。また、このような生物の時空分布に関する研究では化石の時代決定が重要であるが、当該地域の地層年代決定には不正確さがつきまどってきた。しかし、これまでの我々の調査で導入した栗田裕司(新潟大)による渦鞭毛藻類を用いた生層序決定が軌道に乗り始め、平成 20 年度からようやく成果を学会発表できるまでになった。この手法は同地域における各国研究者による時代論にも多くの影響を与えるため、さらに広範な研究が必要とされた。

研究代表者は、平成 14 年度~17 年度及び、平成 19 年度~20 年度にチリ南部で白亜紀以降の化石採集を行い、あわせて第四紀最終氷期以降の花粉群集解析も行うなど、これまで情報が希薄であったチリ側の古植物学的情報を徐々に蓄積してきた。その成果をまとめた平成 18 年度の報告書(下記:英文論文 9 編を含む)は、チリパタゴニアにおける近代

的手法を駆使した古植物研究に新たな方向を示し、学界にも注目された。

・Nishida H. (ed). 2006. Post-Cretaceous Floristic Changes in Southern Patagonia, Chile. Chuo University, Tokyo, 107 pp.

特に「植物ゴミ化石」と我々が呼んでいる植物破片を大量に含んだ石灰性ノジュールは、これまで発見があまり期待できなかったコケや菌類、着生シダ類などを含むことがわかり、樹幹や葉のような大型化石とは全く異なる堆積過程を経た植物化石集団として新たな研究対象を提供することとなった。(下記参照)

・西田治文. 2004. 鈹化植物化石の植物形態学への貢献. *Plant Morphology*, 16: 93-102.

・Nishida H. et al. 2006. Preliminary report on permineralized plant remains possibly from the Paleocene Chorrillo Chico Formation, Magallanes Region, Chile. In: Nishida H. (ed.), Post-Cretaceous Floristic Changes in Southern Patagonia, Chile, 11-27, 2006

・西田治文. 2007. 植物ゴミ化石の魅力と有用性. *Bunrui*, 7: 5-22.

・西田治文. 2007. 植物鈹化化石から植物の進化を探る. *顕微鏡*, 42: 118-121.

また、西田はこのような鈹化化石研究に世界で初めて高解像度 X 線 CT スキャナを導入し、平成 19 年度までに採集したゴミ化石についても先駆的な研究を始めた。初期の成果は平成 20 年 9 月にドイツのボン大学で開催された国際古植物学機構会議において発表し、注目された。

・Nishida, H. 2008. Use of high resolution X-ray CT for permineralized fossil. *IPC/IOPC Abstract*, p.83.

南極半島においては、近年、主としてドイツ及び英国の研究者が材化石及び葉、花粉化石の研究を進め、白亜紀後期から新生代前半の植物相がかなり明らかになってきていた。しかし、植物ゴミ化石は世界でもほとんど注目されておらず、南極半島においてゴミ化石を発見し、研究資料に加えることは、当該地域における新たな研究の展開が期待された。

2. 研究の目的

研究代表者がこれまで行ってきた、チリ南部のパタゴニア地域における中生代白亜紀末期から新生代前半の植生及び環境変遷を明らかにする古植物学的研究を進展させ、本研究ではその対象地域に南極半島を加えるとともに、鈹化植物ゴミ化石という稀有な化石群集の集中的発見と解析を中心に据えて、既存の研究に新たな視点と展開を目指す資料収集を行う。すなわち、後期白亜紀から新生代前半における南米南部の植生の成立過程を明らかにする一連の研究をさらに展開

するために、1) 植物ゴミ化石に着目し、2) その新産地探索をチリ南部だけでなく、南極半島においても試み、3) 同時にこれまで採集と層位学的検討を続けてきた硅化木、植物葉化石の補完的研究を行い、4) パタゴニアと南極をあわせた植生変遷史を総説的に復元するための資料の追加収集を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

平成 21～23 年の 3 ヶ年を計画年度とし、チリ南部と南極半島における後期白亜紀から新生代前半の植物ゴミ化石及び他の植物化石の採集と、産出層準の正確な時代決定を行う。化石については、分類・形態学的研究にもとづく分類群の同定と化石フロアの復元、相観解析（形態的特徴から平均気温などの環境情報を抽出する手法）による古環境の推定、花粉、渦鞭毛藻などの微化石を用いた生層序の確立などの目的に利用する。鉍化石の研究には、従来から多用しているピール法を用いた。

4. 研究成果

(1) 現地調査

①平成 21 年度。

期間：12 月 26 日～平成 22 年 1 月 27 日。

調査地域：マゼラン州プンタアレナス近郊リエスコ島付近及びフェゴ島、チリ中南部のプエルトモン周辺、及び中部のコンセプション周辺。

参加者：西田、植村、山田、研究協力者として、福井県立恐竜博物館の寺田和雄主任研究員、及びチリ国内の Luis Felipe Hinojosa（チリ大学：プエルトモン、コンセプション担当）、Miguel Rancusi Herrera（コンパニア・デ・マリア高校）。栗田は採集資料を国内で分析。

成果：白亜紀最後期から新生代前半の植物化石採集と地質調査を行った。総計約 700kg の化石標本を採集し、チリ大学で Hinojosa が研究を行う分を除く約 300kg をチリ国家遺産委員会の輸出許可を得て船舶輸送した。含植物破片ノジュールと、併産する葉化石及び材化石も含め、十分な資料と地質情報が得られた。

②平成 22 年度。

期間：12 月 26 日～23 年 2 月 9 日。

調査地域：チリ共和国内及び南極圏の南シェトランド諸島キングジョージ島及びリビングストーン島。

参加者：西田及び研究協力者の朝川毅守、寺田和雄、及びチリ国内の Marcelo Leppe（チリ南極研究所）、Miguel Rancusi Herrera（コンパニア・デ・マリア高校）。西田と Leppe が行う南極地域隊と、朝川、寺田、Rancusi からなるチリ本土隊とに分け別個に活動。

成果：南極ではコンセプション大学学生 2

名、本土では Isaac Tunekawa を調査協力者とした。南極隊は 1 月 7 日～2 月 5 日までチリ南極研の協力で南極域を調査し、前期白亜紀から中新世の植物化石多数を得た。本土隊は、中部のコンセプション、テムコ周辺とチロエ島において白亜紀最後期から新生代前半の植物化石採集と地質調査を行った。南米では新発見の含植物硅化泥炭層を発見し、434 点の化石を採集した。本土隊は 1 月 13 日からプンタアレナス市周辺調査を予定していたが、同月 12 日から同市を中心に発生した暴動のため調査を中止、朝川と寺田は 1 月 23 日に帰国した。チリ南極研から後送される予定の南極産を除く資料は、西田が平成 23 年 3 月 5～11 日に再度輸出許可申請と発送のために出張し、船舶輸送手続きを完了した。資料は中央大学理工学部に着後、担当研究協力者に送付し、研究に供した。

③平成 23 年度

現地採集調査は行わず、年度中に関係諸機関への成果の報告と発表、過去の記載済み標本の返還及び、今後の研究計画協議のためのチリ出張を行う予定であったが、代表者病氣入院のため計画の繰越申請を行い、平成 24 年度に実施した。

④平成 24 年度繰越分現地調査

平成 24 年 12 月 23 日～25 年 1 月 11 日まで西田が以下の調査を行った。

①コンセプション州コ Cholge において、平成 22 年度の現地調査で研究協力者らが新たに発見した古第三紀の珪化泥炭産地の位置と産状を再確認した。研究代表者が平成 22 年度に単独で南極半島の調査に参加しており、現地の確認ができなかったためである。コ Cholge は平成 21 年 2 月のチリ地震と津波の被災地であり、化石を産出する海岸が隆起し露頭も変化したために、22 年度の調査における新発見にもつながった。これまで大部分が海底にあった後期白亜紀キリキナ層が隆起して多量の化石採集が可能になったことも確認し、今後の新たな研究継続の必要性が高まった。なお、本計画による採集物のうち、鉍化石の研究は研究代表者が平成 23 年度から開始した科研費基盤研究 C により実施している。

②チリ国立自然史博物館、チリ大学理学部、チリ南極研究所において現地研究者と会話し、本計画のまとめと将来計画について相談し、パタゴニアと南極地域において共同研究を継続することで合意した。また、在チリ日本大使に研究経過を報告するとともに、南極半島における国際研究協力体制整備について要請した。

③昭和 54 年度から本格的に始まったチリの植物化石研究では、記載した新種のタイプ標本はチリ国立自然史博物館に収蔵することになっている。今回、昭和 61 年に当時の

棚井敏雅北海道大学教授が記載したナンキョクブナ属の新種 *Nothofagus fuegoensis* のタイプ標本を持参し、同博物館訪問時に寄贈した。旧年の成果であるが、採集標本の研究には長期を要するため、両国間の研究協力を継続する上で、今後の海外調査でも同様の留意が必要である。

(2) 採集資料の整理と解析

チリで採集した資料は、中央大学理工学部に着した。南極産資料は、チリ南極研究所での整理が進んでおらず、未着である。到着後の資料は中央大学理工学部で保管し、材化石は研究協力者の寺田に送付した。葉化石は植村と矢部が分担し、朝川はゴミ化石について協働している。なお、平成 23 年 12 月 9-20 日に調査成果と意見交換を目的に、チリ南極研究所の Marcelo Leppe を招聘し、国内連携研究者を交えて 15-17 日に研究会を開催した。

以下に重要な成果を概説する。

①マゼラン州地域では、栗田による渦鞭毛藻による生層序が進展し、ゴミ化石群集を含む植物化石群をもとにした植生と環境変遷を跡づけることのできる資料と情報が集積した。ゴミ化石からは、中生代で絶滅したとされているシダ種子類の生き残りと考えられる植物の生殖器官化石を発見した（学会発表①）。また、南米では最古のナンキョクブナ葉化石を白亜紀最後期層から発見した。

②コチョルゲで平成 23 年度に発見した鈳化泥炭は、南米では初めて発見された保存状態の植物化石群で、これまでの浅海成石灰質ノジュールとは異なった、現地生植物群の解析が可能になった（写真 1）。予備研究によって、ウラジロ科などのシダ、ヒノキ科、マキ科、広葉樹からなる湿地植物群の組成が明らかになりつつある。



写真 1. 新発見の始新世泥炭。無数の植物片がある。

③南極では白亜紀前期 Aptian 世から古第三紀始新世までの葉、材化石を採集し、同時に南極初のゴミ化石発見をめざしたが、最有力候補地であったリビングストーン島では悪

天候で半日の調査しかできなかった。しかし、材化石を含んだ石灰質ノジュール 1 個を発見したので、ゴミ化石産出の可能性ははっきりした（写真 2）。



写真 2. リビングストーン島産の石灰質ノジュール中材化石（前期白亜紀）。

④平成 22 年 12 月に学術振興会特別研究員 (PD) として来日したフランスの Julien Legrand は、千葉県銚子産の白亜紀化石花粉研究をテーマの一つとしているが、銚子からはかつて Gondwana 要素であるナンキョクブナ類似の材化石産出が予報されたことがあり (Nishida 1982)、この問題を検証するための花粉資料採集調査を平成 23 年 1 月に急遽実施して、約 100kg の資料を得た。解析は Legrand が、学振特別研究員補助金による研究として行い、花粉からはナンキョクブナは存在しないことが明らかになった。

(3) 成果の発表

本研究は現地調査による資料収集を目的としているが、並行して資料の解析を進めている。新化石産地の発見に加え、マゼラン州とコンセプション州という約 700 km 離れた地域における白亜紀後期から古第三紀にかけての植生と環境を詳細にあきらかにできる資料が整った。予察的な成果は、一般向けの記事も含め、下記 5 に挙げてある。なお、南極調査については現地新聞はじめ、中南米各国で紹介報道された。

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)

① Terada, K., Poole, I., and Nishida, H. 2012. Vegetational changes during the Late Cretaceous-Tertiary interval across Antarctica and South America, based on the fossil wood record. *Japanese Journal of Palynology* 58 (Special Issue), Abstracts: IPC/IOPC 2012: 235. 査読有

② 西田治文, 2012, 化石の精子から南極のゴミ化石探査まで. 化石研究会会誌, 44(2):

③ Leppe, M., Mihoc, M. Varela, N., Stinnesbeck, W., Mansilla, H. Bierma, H., Cisterna, K. Frei, E., Nishida, H., Riveros, P., and Jujihara, A. 2011. Evolucion de la flora austral-antartica desde el Cretacico. VIII Reunion Chilena de Investigacion Antartica, Resumenes. INACH, Punta Arenas. pp. 162-166.査読有

〔学会発表〕(計7件)

① Terada, K., Poole, I., and Nishida, H. Vegetational changes during the Late Cretaceous-Tertiary interval across Antarctica and South America, based on the fossil wood record. 2012. 8. 26. XIII International Palynological Congress/ IX International Organization of Paleobotany Conference, Chuo University, Tokyo.

② 西田治文, 植村和彦, 寺田和雄, 朝川毅守, 矢部淳, 山田敏弘, 栗田祐司, Luis Felipe Hinojosa, Miguel Rancusi, Marcelo Lepe. 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、2012. 3. 16. 日本植物分類学会第12回大会、千葉大学

③ Nishida, H., et al. Recent advances in the search of permineralized plant fossils from the Late Cretaceous of South Chile and Antarctica. 2011. 11. 29., Nakhon Ratchasima, Thailand.

④ 西田治文, 化石の精子から南極のゴミ化石まで—植物化石のエキサイティングな世界—、2011年6月4日、化石研究会第29回学術大会特別講演会(招待講演)、京都教育大学

⑤ Nishida, H., et al. In search of Cenozoic permineralized plant-debri fossils in south Chile and Antarctica. Int' l Symposium on Paleontology of Liaoning, China (招待講演), 2011. 5. 22. Shenyang Normal University, China.

⑥ Nishida, H., et al. On some Cenozoic Cupressoid (s.l.) remains from south of Chile. 3rd International *Metasequoia* Symposium, 2010. 8. 4., Osaka City Natural History Museum.

⑦ Nishida, H. et al. New permineralized plant-debris assemblage from the Upper Cretaceous of south Chile. 16th International Congress OFP, 2009. 9. 11.,

Aguilar de Campoo, Spain.

〔図書〕(計2件)

① 西田治文 他共著者 32名、講談社、新しい植物分類学、pp. 123-130 (グロッソプテリス 「植物化石のつづやき」序章) .,2012

② 西田治文 (塚腰実と共著)、INAX出版、植物化石-5億年の記憶、2010、pp. 44-48 (悠久の植物史に魅せられて) .

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

http://www.chuo-u.ac.jp/chuo-u/news/contents_j.html?suffix=i&mode=dpttop&topics=13014 中央大HP

<http://www.inach.cl/2011/chile-iniciara-etapa-maritima-de-su-expedicion-cientifica-antartica/> 2011年1月4日南極出発前の写真(チリ南極研究所HP)

<http://www.inach.cl/2011/descubren-para-iso-paleontologico-y-nuevos-microorganismos-con-potencial-industrial/> 調査の様子の写真、大学名はChuoがChibaと誤記されている(チリ南極研究所HP)

http://www.elpinguino.com/digital/verpagina_anterior.php?PAGINA=18-01-2011-12 現地新聞 El Pinguino, 2011.1.18

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：70156082

(2) 研究分担者(平成21年度のみ、平成22年度以降は連携研究者)

植村 和彦 (UEMURA KAZUHIKO)

(独) 国立科学博物館・地学研究部・グループ長

研究者番号：50000138

栗田 裕司 (KURITA HIROSHI)

新潟大学・理学部・準教授

研究者番号：60334645

山田 敏弘 (YAMADA TOHIHIRO)

金沢大学・自然システム学系・講師

研究者番号：70392537

(3)連携研究者（平成 22 年度以降）

朝川 毅守 (ASAKAWA TAKESHI)
千葉大学・理学部・助教
研究者番号：5 0 2 1 3 6 8 2

その他、研究分担者欄既出 3 名

(4)研究協力者

寺田 和雄 (TERADA KAZUO)
福井県立恐竜博物館・主任研究員

矢部 淳 (YABE ATSUSHI)
福井県立恐竜博物館・研究員

Marcelo Leppe (LEPPE MARCELO)
チリ南極研究所 (Instituto Antartico
Chileno)・研究部長

Luis Felipe Hinojosa (HINOJOSA LUIS
FELIPE)
チリ大学 (Universidad de Chile)・理学
部・准教授

Miguel Rancusi Herrera (RANCUSI MIGUEL
HERRERA)
コンパニア・デ・マリア高校 (Colegio
Compania de Maria)・教諭