

令和元年6月25日現在

機関番号：24402

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K18016

研究課題名(和文) 高解像度古植生復元のための迅速かつ網羅的な植物有機分子化石解析方法の確立

研究課題名(英文) Rapid and comprehensive identification of plant molecular fossils for high-resolution paleovegetation reconstruction

研究代表者

中村 英人 (Nakamura, Hideto)

大阪市立大学・大学院理学研究科・特任講師

研究者番号：00785123

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：堆積物に含まれる植物有機分子化石の分析により地質時代における古植生の時系列変動を高解像度に復元するための迅速かつ網羅的な解析方法を開発することを目的に、(1)年代・熟成度の異なる幅広い試料セットの分子化石相を解析し、(2)植物有機分子化石のマススペクトルと保持指数を収録したライブラリを構築した。さらに、(3)ライブラリを用いた半自動解析法により簡便に主要な植物有機分子化石を同定できることを示した。小さなピークの検出精度は手動解析に及ばないが、迅速な分子化石相スクリーニング・古植生指標の予察的な計算が可能になった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

植物分子化石解析による古植生解析のための基盤的な技術を開発した。形態の保存された花粉や植物化石が産出しない層準においても、極微量に含まれる有機分子から古植生情報を得ることができる。本研究で構築した古植生指標の計算に必要な植物有機分子化石のマススペクトルと保持指数を収録したライブラリは、古植生解析のみならず植物分子化石に着目した応用研究に広く活用されると期待される。

研究成果の概要(英文)：Towards the high-resolution reconstruction of paleovegetation by molecular fossil analysis, a rapid and comprehensive analysis method of plant molecular fossils were developed. (1) A wide sample set with different ages and maturity was analyzed for its molecular facies, and (2) a new mass spectra library of plant biomarkers were constructed with mass spectrum and retention index obtained in this study. In addition, (3) use of the library with deconvolution software enabled semiautomatic workflow on convenient identification of major plant molecular fossils. Although the detection accuracy of small peaks is not yet up to manual analysis, a rapid assay of molecular facies and provisional calculation of paleovegetation indices have become possible.

研究分野：有機地球化学

キーワード：植物バイオマーカー GC-MS 化合物ライブラリ マススペクトル バイオマーカー 分子化石 堆積物 古植生

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

陸域の気候・環境は複雑で、植物化石や花粉分析から推定される古植生は過去の陸上環境を考察する上で重要な情報を与える。海洋の古環境変動は、世界中で採取された海洋掘削コアや堆積岩の微化石分析・地球化学分析により多種のプロキシーが応用され、幅広い地域や年代をカバーするデータセットが蓄積されてきた。しかし、植物化石相や花粉分析による陸上植生データの多くは、それらと直接対比可能な時空間分解能を持たない。一方、海洋堆積物中には陸上植物由来の有機分子化石が普遍的に含まれている。これに着目して、2000年代以降、海洋堆積物中の植物有機分子化石の解析により陸域古環境の変動を復元する研究が報告されるようになった。ガスクロマトグラフィー質量分析計 (GC-MS) を用いた分子化石分析は、数グラムの堆積物試料から古植生指標を求めることができ、時空間分解能の高い植生データを提供するポテンシャルがある。

ところが、堆積物中の有機分子化石は多種多様で (例: 白亜系蝦夷層群堆積岩中の植物由来分子化石は芳香族化合物だけで 30 種以上)、構造や起源が未解明ながら既知の分子化石と特徴の似る化合物 (指標候補分子) まで含めると、解析対象分子の数はさらに増える。また、植物有機分子化石の多くは汎用のマススペクトルデータベースに収録されておらず、標準試薬も存在しない。従って、堆積物中に含まれる植物有機分子化石を網羅的に解析するためには、過去数十年分の文献で報告されてきた数百種におよぶ化合物の情報を適宜参照しながら化合物同定を行う必要があり、その準備と習熟はコストが大きい上に、測定ごとの解析時間も目的化合物数に比して長くなる。このことが、植物有機分子化石分析の普及と、実際の多試料分析による高解像度な植生データの蓄積に対する重大な足かせとなっている。

## 2. 研究の目的

堆積物中に含まれる植物有機分子化石の分析から、地質時代における古植生の時系列変動を高解像度に復元するための迅速かつ網羅的な解析方法を開発することが本研究の目的である。植物分子化石同定用ライブラリの構築・活用に加え、幅広い堆積物試料における植物有機分子化石相に関する新知見の獲得も目標とした。

- (1) 幅広い年代・熟成度・堆積環境を代表する試料セットの分子化石相の解明。
- (2) 植物有機分子化石の同定用ライブラリを構築する。
- (3) 植物有機分子化石ライブラリとデータ処理ソフトを組み合わせた半自動解析ワークフロー (ターゲット解析系) を検討する。さらに、ライブラリ未登録の化合物を含めたノンターゲット分析により分子化石相から新規指標分子を探索する。

## 3. 研究の方法

### (1) 堆積物データセットの構築と分子化石の保存状態の解明

植物有機分子化石解析の基盤となる植物有機分子の同定用マススペクトルライブラリー作成のため、幅広い堆積物試料を確保・分析した。試料は、北海道 (夕張地域・苫前地域・穂別地域・三笠地域)・和歌山県広川町・徳島県勝浦町・高知県香北町・福井県勝山市の白亜系-新第三系堆積岩と植物化石、瀬戸内海・中海・淀川・琵琶湖・豊似湖の近現世堆積物、岐阜県多治見市・大阪府岸和田市・大阪府大阪市の新第三系-第四系堆積物・現生植物を用いた。溶媒抽出・濃縮・分画などの前処理により試料中の抽出性有機物を精製し、GC-MS (Agilent GC7890B/5977A MSD; GC6890N/5975 inert XL MSD), GC-FID (SHIMADZU GC-2010) を用いて測定した。堆積物の熟成度・堆積環境を示す基礎的なバイオマーカー指標を求め、有機物の保存状態と植物有機分子組成の対応関係を明らかにする。

### (2) 植物有機分子化石ライブラリの構築

手動解析によりライブラリ登録対象化合物のスクリーニングを行い、対象化合物のマススペクトルが純度よく得られる試料からマススペクトルライブラリに登録した。堆積物中に含まれる無数の有機化合物のうち、本研究では幅広い年代の堆積岩で炭化水素画分から検出される植物由来の脂肪族・芳香族テルペノイドを主なターゲットとして優先的に登録した。

### (3) ライブラリを活用した迅速な解析ワークフローの検討

複雑に重なったピークから個別の化合物のマススペクトルを取得するデコンボリューション機能を備えた解析ツール (AMDIS, AnalyzerPro) を用いて、ライブラリを利用した化合物の迅速な同定法を検討した。

## 4. 研究成果

### (1) 堆積物中の植物分子化石組成

現世表層堆積物から白亜系堆積岩に至るまですべての試料から、陸上植物由来のセスキテルペノイド (S)、主に針葉樹に由来するジテルペノイド (D)、被子植物やその他の陸上植物に由来するトリテルペノイド (T) が検出された。主要な分子化石のうち植物有機分子化石の占める割合は植物化石や非海成堆積物で高く、堆積物有機物に占める陸源有機物の寄与を反映していると考えられる。第四系堆積物からは、-アミリン (T)、ミリアシン (T) や、フリーデリン (T)、デヒドロアピエチン酸 (D) 等、植物の生体成分の構造をよく保存した極性化合物が検出された (図 1a)。これらの極性化合物は、本研究の試料セットのうち更新世以前の堆積物からはほとんど検出されず、続成変化の過程で比較的早期に失われる成分であることが確かめられ

た。対して、芳香族テルペノイド(図1b)は熱熟成の進行した白亜系の堆積物にもよく保存されていたが、未熟成な第四系堆積物の芳香族画分からもよく検出された(特に diaromatic des-A 型)。表層堆積物中の芳香族テルペノイドの検出頻度や量は、石油由来成分やリワークに由来すると考えられる成分とは独立した挙動を示したことから、生体テルペノイド分子が初期続成段階で芳香族炭化水素へと変化したものと推測された。白亜系堆積岩・植物化石中の植物分子化石は、その大半が芳香族テルペノイドとして含まれていた。熱熟成の進行した試料ほど芳香族化の進行した芳香族トリテルペノイドの割合が増加した。2,9-ジメチルピセンは、被子植物由来のトリテルペノイドが卓越する試料で他のジメチルピセン異性体に対して顕著に豊富に含まれた。そのような分子化石組成を示す試料においては、植物起源の分子化石(pentaaromatic oleanane)とみなせる。熟成度の進行に伴う芳香族トリテルペノイドの異性体組成の変化や、骨格ごとの芳香族化の進行の度合いの差異など、熟成度や続成変化と植物分子化石組成の関係について引き続き成果(3)の解析法の改善を通じて検討し、指標性の特徴の解明を試みる予定である。

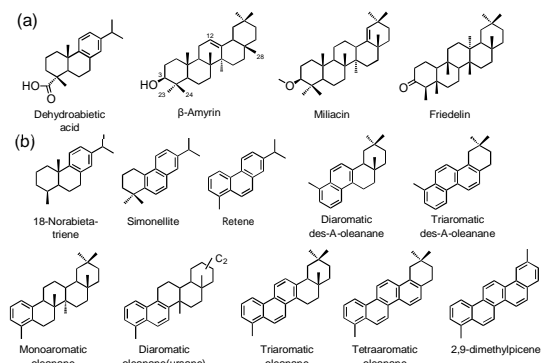


図1 (a) 未熟成堆積物中の代表的な植物テルペノイド。(b) 堆積岩中に見られる代表的な芳香族テルペノイド

## (2) 植物分子化石ライブラリの構築

対象化合物が豊富に含まれ夾雑物の影響の少ないピークを含む試料を選定し、マススペクトルをライブラリに登録した。下部白亜系堆積岩のように熱熟成の進行した試料ほど環式テルペノイド化合物が減少し、植物由来テルペノイド化合物の純粋なマススペクトルを得るのが難しくなる傾向にあった。第四系堆積物や、新第三系から産した植物化石、あるいは白亜系であっても苦前地域の比較的未熟成な堆積岩の測定結果を中心に、良好なマススペクトルが得られた。保持指数は、試料と前後して測定またはスパイクして測定した *n*-アルカン(C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>)の保持時間を基準に計算して求めた。

登録内容: ピーク検出結果登録数 205 件、うち検索対象として有効化したマススペクトル登録数 172 件、うち 168 件は保持指数データを有する。脂肪族炭化水素・芳香族炭化水素を中心に登録を進め、植物分子化石に着目した既存の古植生指標の計算に用いる成分を網羅した(図2)。植物有機分子化石以外にも、指標性の高い分子化石や、高頻度で見られる未同定も一部収録した。

ライブラリ形式: Agilent 社製 GC-MS 付属の解析ソフトウェアを用いて Agilent 形式(.L)のマススペクトルライブラリを作成した。ライブラリには、登録対象ピークごとに、化合物名・化学式・保持指数(保持時間を同条件で測定した *n*-アルカンの保持時間と比較して算出)・分析データファイル名を登録した。構築したライブラリは、他の解析ソフトウェアでも活用できるように、汎用性の高い NIST 形式(.MSP/.MSL)に変換した。さらに、解析ソフトを介さずにライブラリ収録情報を閲覧できるよう、ウェブ上からアクセスできる簡易データベースを構築して一連の情報を登録している。試料の情報や測定条件、予察的な同定に関する記述など、ライブラリ形式によってはサポートされない項目についてはデータベース側に付記した。ライブラリと簡易データベースはウェブサイトでの公開を予定している。

## (3) 植物有機分子化石ライブラリを活用した半自動解析ワークフローの検討

デコンボリューションにより堆積物試料の芳香族画分からは 600~2000 程度の成分が認識され、各成分のマススペクトル・保持時間が植物有機分子化石ライブラリの情報と比較され、30 種程度の植物分子化石が自動的に同定される。この一連の動作が 1 試料あたり約 30 秒で完了す

Compound ID	RI	HPP	ar-AGI	Compound ID	RI	HPP	ar-AGI
(C14 terpane)	1324			monoaromatic des-A triterpenoid O7	2355		
(C14 terpane)	1341			n-tetracosane (D50, 98%)	2366		
(C14 terpane)	1362			Des-A-26,26-bisnorbornane-5,7,9,11,13-pentane	2411	T	
(C14 terpane)	1373			undefined 2422 (monoaromatic des-A terpane)	2422		
diene isomer 1408	1408			Des-A-26,27-bisnorbornane-5,7,9,11,13-pentane	2426	T	
cadmane isomer 1413	1413			Des-A-26,27-bisnorbornane-5,7,9,11,13-pentane	2444	T	
diene isomer 1420	1420			undefined 2467	2467		
cadmane	1432			Des-A-26,27,28-trisnorbornane-5,7,9,11,13,15,17	2500		
(C15 terpane)	1433			monoaromatic des-A-ferriene (ar-AGI)	2532		
(C15 terpane)	1437			bis(2-ethylhexyl)phthalate	2536		
(C15 terpane)	1432			3,4,7-trimethyl-1,2,3,4-tetrahydrochrysenone (ms)	2556	T	
(C15 terpane)	1438			3,3',7'-trimethyl-1,2,3,4-tetrahydrochrysenone (ms)	2563	T	
(diene isomer type7 monosubstituted)	1467			dimeric des-A-A-oleanane	2592	T	
desudmane isomer	1473			desingoyl triaromatic B,14-secopimaradiene	2706	T	
ferriene isomer 1481	1481			triaromatic B,14-secopimaradiene	2735	T	
calamane (isoprene)	1512	S		undefined 2741 (ms 408)	2741		
(C16 terpane)	1538			undefined 2752	2752		
(C16 terpane)	1568			triaromatic B,14-secopimaradiene	2756	T	
cadmane 150,6-isomer	1572	S		undefined 2759 (ms 408)	2759		
cadmane	1664	S		C20:0 wax ester	2765		
isocadmane	1667	S		undefined 2771 (ms 408)	2771		
C17-diterpane 1705	1705			undefined 2797 (ms 408)	2797		
C18-diterpane 1720	1720			triaromatic B,14-secopimaradiene	2862	T	
C18-bicyclic diterpane 1721	1721			undefined 2933	2933		
C18-diterpane 1730	1730			C20:0 wax ester	2961		
C18-diterpane 1746	1748			Aring monoaromatic triterpane 2965 (tetraene)	2965		
C18-diterpane 1751	1751			monoaromatic oleanane/arsane/12-ene	2969		
C19-diterpane 1766	1766			biacotane (C30 alkane)	3000		
C19-diterpane 1777	1777			Aring monoaromatic triterpane 3021 (tetraene)	3021		
C19-diterpane 1783	1783			diacotane/1,3,5,10-bisene (Aring monoa-	3028		
C18-diterpane 1796	1796			Viola-oleanane	3046	(T)	
C20 tetracyclic terpane 1858	1853			lupane	3049	(T)	
diterpane x (C19 diterpane, dt x)	1855			dimeric diarsane	3052	T	
C20 tetracyclic terpane 1863	1863			2,3,4,6-tetramethyl-1,1a,2,3,4,4a,5,6-octahy-	3057		
norpinane isomer (NPV)	1871	(D)		C30:0 Hopane	3084		
Rb-labdan	1888	(D)		Zbeta-methylhopane	3087		
19-norbornane (19NP)	1894	(D)		Aring monoaromatic triterpane 3092 (tetraene)	3092		
norbornane isomer 1906	1906	(D)		2,6-bis(methyl)hopane	3093		
Re-labdan?	1912	(D)		hentriacontane (C31 alkane)	3100		
18-norbornane	1924	(D)		triaromatic oleanane	3113	T	
19-norbornane (19NP)	1930	(D)		triaromatic ursane	3120	T	
C18 tetracyclic terpane?	1937			2,3,4,6-tetramethyl-1,1a,2,3,4,4a,5,6-octahy-	3120	T	
norbornane isomer	1940	(D)		triaromatic lupane	3128	T	
pseudo-beyerane (C20 tetracyclic diterpane, dterp)	1949			2,3,4,6-tetramethyl-1,1a,2,3,4,4a,5,6-octahy-	3132	T	
(C20 terpane)	1950			2,3,4,6-tetramethyl-1,1a,2,3,4,4a,5,6-octahy-	3135	T	
norbornane	1961	(D)		2,2-dimethyl-1,2-dicyclopentadiene(1,2,3)	3150	T	
isopimarane	1963	(D)		1,2-dimethyl-1,2,4-tetrahydropicene (A-ang c)	3153	T	
19-norbornane	1965	D		dimeric arsane	3157	T	
C18 tetracyclic terpane?	1967			2,2-dimethyl-1,2,4-tetrahydropicene (A-ang c)	3164	T	
16(10)phytyldiolane	1973	(D)		squalenol	3190	(T)	
diterpane f (C20 tetracyclic diterpane, similar RI set)	1984			undefined terpenoid methyl ether (alpha-am)	3187	(T)	
undefined 1988	1988			undefined 1988	3188		
diterpane e (C20 diterpane)	1988			pseudo-DAPH1	3188		
(C20 tetracyclic terpane)	1991			bis(amylin) methyl ether	3198	(T)	
18-norbornane	2000	D		dotriacontane (32 alkane)	3200		
arbitane	2001	(D)		milacin	3206	(T)	
16(10)phytyldiolane	2003	(D)		7-methyl-5-acetonyl-1,2-cyclopentadienyl ether	3208		
beyerane isomer (diterpane b)	2010	(D)		undefined 3215	3215		
C20 tetracyclic terpane (dimethyltricyclichydroxy)	2013			undefined 3256	3256		
C20 tetracyclic terpane (diterpane F)	2022			bis(amylin)	3257	(T)	
C20 tetracyclic terpane (diterpane F)	2025			ferriene(ferriene)-3-ol methyl ether isomer 3267	3268		
dehydroabietane	2039	D		7-methyl-7-ethyl-1,2-cyclopentadienyl ether (ls)	3272		
tetrahydronerane	2076	D		tetraaromatic triterpenoid 3273 (tricyclopentadienyl)	3273		
(2,6-dimethyl-4-(6-methylpent-1-en-1-yl)pyrrolizidin-	2090	(D)		7-methyl-5-acetonyl-1,2-cyclopentadienyl ether	3278		
simonellite	2113	D		pseudo-DAPH2	3283		
undefined 2146 (non-500um, aromatic)	2146			ferriene(ferriene)-3-ol methyl ether isomer 3307	3307		
nerane	2189	D		2,2,6-trimethyl-1,2,3,4-tetrahydropicene (beta)	3322		
undefined 2266 (ONA, 500um, aromatic)	2263			ferriene(ferriene)-3-ol methyl ether isomer 3323	3323		
2-methylnerane	2280	D		1,2,6-trimethyl-1,2,3,4-tetrahydropicene (beta)	3346	T	
undefined 2318	2318			ferriene(ferriene)-3-ol methyl ether isomer 3348	3348		
undefined 2366 (ONA, 500um, aromatic)	2331			resolin-isomer	3402	(T)	
beta-methylnerane	2348	D		resolin	3408	(T)	
monoaromatic des-A triterpenoid O7	2355			2,6-dimethylpicein (pentaaromatic oleanane)	3487	T	
n-tetracosane (D50, 98%)	2366			1,2,6-trimethylpicein (pentaaromatic oleanane)	3689	T	

図2 植物分子化石ライブラリ収録化合物リスト(一部)。化合物名と保持指数を抜粋し、既存の植生指標 HPP, ar-AGI に関連するセスキテルペノイド(S)、ジテルペノイド(D)、トリテルペノイド(T)を記号で示した。

る。幅広い堆積物試料の分析により、試料セットごとに誤不検出・誤検出を極力抑えるための解析パラメータの最適化が重要であること、保持指数データを用いて制約することで誤検出を大幅に低減できることが確認された。植物有機分子化石ライブラリを用いたターゲット解析による自動同定結果から、古植生指標（HPP<文献1>：針葉樹の寄与，arAGI<文献2>：被子植物/裸子植物植生指標）を計算して手動解析結果を比較したところ、HPPは両手法でよく一致した。arAGIは、試料間の変動パターンは似るものの、自動同定で顕著に低い値を示した。自動同定での不検出はピーク強度が小さい成分ほど顕著で、デコンボリューションにより取得されるマスペクトルの品質低下と関係している。arAGIの計算に用いる被子植物由来の芳香族トリテルペノイドは種類が多く、ピーク強度が低いものから誤不検出となるにつれて被子植物の寄与が相対的に低く計算されたものと考えられる。ライブラリ検索時のマスペクトル一致度の閾値を下げると、目視で確認できる植物有機分子化石の検出率は増加したが誤検出も増加した。白亜系蝦夷層群堆積岩中の植物分子化石相の迅速なスクリーニングならびに古植生指標の予察的な算出には、マスペクトル一致度は維持したまま誤検出を抑えた自動同定を行い、必要に応じてライブラリを活用した目視での誤不検出ピーク解析を組み合わせるワークフローを採用した。

非ターゲット分析の予察的な検討を行い、レテンやシモネライトといった裸子植物バイオマーカーと類似の挙動を示す未同定化合物を見出し、構造未決定の植物分子化石候補化合物としてライブラリに登録した。この化合物は、マスペクトルの特徴から構造未決定の芳香族トリテルペノイドであると推定された。今後、その構造や堆積物中での挙動を解明していく。非ターゲット分析は、新規指標分子の探索に有用であり、ライブラリの拡充によるターゲット解析の充実にもつながる。ただし、ターゲット分析と比較して狭い保持時間範囲に多数の成分が検出されるため、保持時間を精密に揃えたデータセットでなければピークの厳密な配列・対応付けが難しい。スタンダードによる保持指数の記録に加えて、測定時期による保持時間の変化を最低限に抑える技術の併用も検討中で、プロトコルの構築は今後の課題となる。

## 引用文献

- <1> van Aarssen et al., 2000, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 64 DOI: 10.1016/S0016-7037(99)00432-9  
 <2> Nakamura et al., 2010, *Organic Geochemistry* 41 DOI: 10.1016/j.orggeochem.2010.03.007

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕（計 4 件）

Takashima, R., Nishi, H., Yamanaka, T., Orihashi, Y., Tsujino, Y., Quidelleur, X., Hayashi, K., Sawada, K., Nakamura, H., and Ando, T., Establishment of Upper Cretaceous bio- and carbon isotope stratigraphy in the northwest Pacific Ocean and radiometric ages around the Albian/Cenomanian, Coniacian/Santonian and Santonian/Campanian boundaries. 査読あり, *Newsletters on Stratigraphy*, Vol. 289, 2018, pp.570-582.

DOI: 10.1127/nos/2019/0472

池田 A. 雅志, 中村 英人, 沢田 健, 地衣類ハナゴケ属およびオオロウソクゴケ属から検出された脂肪族炭化水素：化学分類・環境指標の可能性. 査読有, *Researches in Organic Geochemistry*, Vol. 34, 2018, pp. 15-28

DOI: 10.20612/rog.34.2\_15

Ken Sawada, Takaaki Arai, Hideto Nakamura, Minoru Tsukagoshi, Higher plant triterpenoids bound in resistant macromolecules in extant and Pliocene fossil Liquidambar fruits, *Researches in Organic Geochemistry*, 査読有, Vol. 34, 2018, pp. 37-45

DOI: 10.20612/rog.34.2\_37

Araie Hiroya, Nakamura Hideto, Toney Jaime L., Haig Heather A., Plancq Julien, Shiratori Takashi, Leavitt Peter R., Seki Osamu, Ishida Ken-ichiro, Sawada Ken, Suzuki Iwane, Shiraiwa Yoshihiro, Novel alkenone-producing strains of genus *Isochrysis* (Haptophyta) isolated from Canadian saline lakes show temperature sensitivity of alkenones and alkenoates, *Organic Geochemistry*, 査読有, Vol. 121, 2018, pp. 89-103

DOI: 10.1016/j.orggeochem.2018.04.008

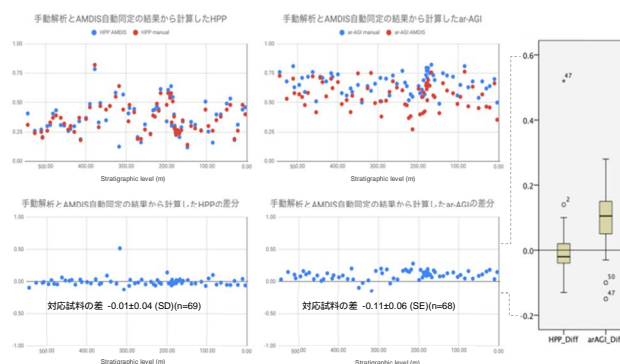


図3 若前地域の白亜系蝦夷層群堆積岩70試料中の植物分子化石の手動解析と自動同定結果に基づく植生指標の比較（HPPとarAGI；AMDIS一括解析例）：(a)-(b)計算された指標の値（手動解析，自動解析）、(c)-(d)対応試料の差とその箱ひげ図（e）。

〔学会発表〕（計 15 件）

Ishino, Y., Nakamura, H., Mitamura, M., Holocene paleoenvironmental changes based on biomarker analysis at the western part of the Kawachi plain, Osaka, Japan, Japan Geoscience Meeting 2019, 2019

Masashi A. Ikeda, Ken Sawada, Takuto Ando, Hideto Nakamura, Reishi Takashima, Hiroshi Nishi, Paleovegetation changes reconstructed by terrestrial plant biomarker analyses in the sediments deposited across the Cenomanian/Turonian boundary in the Tomamae area, Hokkaido, Japan, Japan Geoscience Meeting 2019, 2019

中村仁哉, 沢田健, 池田雅志, 中村英人, 塚越実, 滋賀県野洲川から産した鮮新世樹幹化石の化石化過程：有機地球化学分析によるアプローチ, 日本地球惑星連合大会 2019, 2019

Kotaro Hirose, Hideto Nakamura, Takuto Ando, Satoshi Asaoka, Ken Sawada, Comparison between assemblages of diatom fossil and biomarkers in surface sediments from Seto Inland Sea, Japan Geoscience Meeting 2019, 2019

Hattori Y., Sawada K., Ando T., Nakamura H., Hirose K., Variability of alkenone producers recorded in brackish lacustrine sediments of Lake Nakaumi, western Japan, American Geophysical Union Fall Meeting 2018, 2018

池田雅志, 沢田健, 安藤卓人, 中村英人, 高嶋礼詩, 西弘嗣, 北海道苫前地域のセノマニアン/チューロニアン境界堆積岩中の地衣類バイオマーカーによる古環境・古生態変動の復元, 日本地質学会第 125 年学術大会, 2018

池田雅志, 沢田健, 安藤卓人, 中村英人, 高嶋礼詩, 西弘嗣, 北海道苫前地域のセノマニアン/チューロニアン境界堆積岩中のパイオニア植物バイオマーカーに記録された古環境変動, 日本地球惑星連合大会 2018, 2018

Ikeda M., Sawada K., Ando T., Nakamura H., Takashima R. Nishi H., Terrestrial environmental changes reconstructed by non-vascular plant biomarkers across the Cenomanian/Turonian boundary in the Tomamae area, northern Hokkaido, Japan, American Geophysical Union Fall Meeting 2018, 2018

服部由希, 沢田健, 安藤卓人, 中村英人, 廣瀬孝太郎, 中海における藻類バイオマーカーを用いた古環境復元.特にアルケノン古水温に注目して, 日本地球惑星連合大会 2018, 2018

Sawada K., Miyata Y., Nakamura H., Paleoenvironmental reconstruction using resistant macromolecules in the Cretaceous terrestrial plant fossils and kerogens, Japan Geoscience Union Meeting 2018, 2018

Nakamura H., Ando T., Biomarker analysis of the uncorrelated Early-Pleistocene marine clay layer of the Osaka Group in the Kishiwada City, Osaka Prefecture, Japan Geoscience Union Meeting 2018, 2018

中村英人, 安藤卓人, 廣瀬孝太郎, 浅岡聡, 沢田健, 瀬戸内海表層堆積物中の藻類バイオマーカー組成とその環境指標としての利用について, 島根大学研究学術情報機構エスチュアリー研究センター第 25 回新春恒例汽水域研究発表会・汽水域研究会第 6 回例会合同研究発表会, 2018

舘下雄輝, 沢田健, 安藤卓人, 中村英人, 林圭一, 北海道白亜系蝦夷層群函淵層に挟在する石炭層の有機物分析による堆積環境の復元, 日本地質学会学術大会第 124 年学術大会, 2017

舘下雄輝, 沢田健, 宮田遊磨, 中村英人, 林圭一, 北海道白亜系函淵層に挟在する石炭層のバイオマーカー分析による陸上古環境復元, 2017 年度日本地球化学会第 64 回年会, 2018

中村英人, 安藤卓人, 廣瀬孝太郎, 浅岡聡, 沢田健, 瀬戸内海表層堆積物中の藻類バイオマーカーの分布：淀川水系-紀伊水道トランセクト, 2017 年度日本地球化学会第 64 回年会, 2017

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

6 . 研究組織

(1)研究分担者