

北海道上部白亜系蝦夷層群の炭素安定同位体比層序に
基づくイノセラムス化石帯の再検討

**A revised inoceramid biozonation for the Upper Cretaceous Yezo Group
based on carbon isotope stratigraphy in Hokkaido, Japan**

2014年2月

本田 豊也

Bun-ya HONDA

北海道上部白亜系蝦夷層群の炭素安定同位体比層序に
基づくイノセラムス化石帯の再検討

**A revised inoceramid biozonation for the Upper Cretaceous Yezo Group
based on carbon isotope stratigraphy in Hokkaido, Japan**

2014年2月

早稲田大学大学院 創造理工学研究科
地球・環境資源理工学専攻 古生物学研究

本田 豊也

Bun-ya HONDA

Abstract

This paper describes the stable carbon isotope stratigraphy and megafossil biostratigraphy of the Upper Cretaceous Yezo Group in the Teshionakagawa, Obira, Oyubari, and Hobetsutomiuchi areas, Hokkaido, northern Japan. In the present study, carbon isotopes were measured from kerogens in mudstone and sandy mudstone. The composition and thermal maturation of the kerogens were evaluated in detail. Results show that the carbon isotope curves are correlated with those of marine carbonate in the English Chalk sections. The correlations between these carbon isotope curves demonstrate the existence of eight isotope events in the sections studied.

These results revise the geologic age based on the inoceramid biozonation in Japan. Six zones are able to established in these sections in ascending stratigraphic order: the *Inoceramus hobetsensis* - *teshioensis* Concurrent-range Zone, the *Inoceramus teshioensis* Partial-range Zone, the *Inoceramus uwajimensis* Interval Zone, the *Inoceramus amakusensis* Interval Zone, and the *Platyceramus japonicus* Interval Zone, the *Sphenoceramus schmidti* Interval Zone. These zones are able to correlated with the Middle Turonian, the Upper Turonian, the Upper Turonian to the the Coniacian, the Coniacian to the Lower Campanian, the Lower Campanian, and the Lower Campanian to Upper Campanian, respectively.

Key words

ammonoids, biostratigraphy, carbon isotope, Cretaceous, Hobetsutomiuchi, Hokkaido, inoceramids, Obira, Oyubari, Teshionakagawa, Yezo Group

目次

Abstract

はじめに	1
地質概説	3
試料・分析方法	12
試料	12
有機物評価の分析方法	18
炭素同位体比の分析方法	20
結果	21
大型化石層序	21
有機物の組成とタイプ	32
有機物の熱熟成度	40
炭素安定同位体比	52
考察	59
有機物の起源	59
有機物の熱熟成評価	59
蝦夷層群が分布する各地域で得られた $\delta^{13}\text{C}$ 曲線の対比	60
欧州地域の $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 曲線との対比	63
本邦イノセラムス化石帯が示す時代	69
今後の展望と課題	74
堆積岩中に含まれる有機物の元となった植物種の認定	74
$\delta^{13}\text{C}_{\text{kerogen}}$ 曲線の補間・平滑化の検討	80
$\delta^{13}\text{C}_{\text{wood}}$ 曲線と $\delta^{13}\text{C}_{\text{kerogen}}$ 曲線のピークサイズの違い	80
まとめ	81
謝辞	82
引用文献	83

はじめに

白亜系の階および亜階境界は，1995年に開催された国際地質科学連合（International Union of Geological Sciences）の白亜系層序小委員会による「白亜系各階境界についての第2回シンポジウム（Second International Symposium on Cretaceous Stage Boundaries）」において，階および亜階境界の定義やGSSP（Global boundary Stratotype Sections and Points）の設定に関し提案がなされ，現在もなおその議論は続いている．現在，多くはないが設定された白亜系のGSSPの模式地は，欧州諸地域および米国西部内陸地域にあり，時代境界の定義はアンモナイト類，イノセラムス科二枚貝類，および浮遊性有孔虫類などで定められている．また，GSSPが設定されていない時代境界に関しては，そのほとんどの候補地が欧州諸地域に挙げられている．

本邦を含む北太平洋地域の動物地理区は中期アルビアン期以降，テチス型から北太平洋型へと独自の古動物地理区に変化したことから（Iba and Sano, 2007），GSSPやその候補地と共通した大型化石（アンモナイト類・イノセラムス類）の産出は概して少ない．したがって，本邦を含む北太平洋地域の上部白亜系では，GSSPやその候補地との大型化石を用いた直接的な国際対比は容易ではない（松本・平野, 1985；Iba and Sano, 2007など）．

そこで注目される国際対比のツールの1つに炭素安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ ）の変動曲線を用いた層序学的研究がある． $\delta^{13}\text{C}$ 層序はScholle and Arthur (1980)の先駆的な研究に始まり，白亜系の海成炭酸塩岩（Carbonate）から求めた $\delta^{13}\text{C}$ 変動曲線（ $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 曲線）の対比が欧州地域を中心に行われ，それが国際対比に有効なツールであると明らかにされてきた（例えば，Jenkyns *et al.*, 1994；Erbacher *et al.*, 1996；Stoll and Schrag, 2000；Jarvis *et al.*, 2002, 2006）．本邦においては，陸源性有機物（TOM：Terrestrial Organic Matter）の $\delta^{13}\text{C}$ 変動曲線（ $\delta^{13}\text{C}_{\text{TOM}}$ 曲線）より得られる変動パターンが $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 曲線の変動パターンと良く一致することが示されて（Hasegawa and Saito, 1993）以降，北海道中軸部からサハリンにかけて南北1200 kmにわたり帯状に分布する白亜紀前弧海盆堆積物（Okada, 1982；Takashima *et al.*, 2004）の蝦夷層群（図1）において， $\delta^{13}\text{C}_{\text{TOM}}$ 曲線による時代対比が数多く試みられている（Hasegawa, 1997；Hasegawa and Hatsugai, 2000；Ando *et al.*, 2002, 2003；Hasegawa *et al.*,

2003; 栗原・川辺, 2003; Ando *et al.*, 2007; Uramoto *et al.*, 2007, 2009; Hasegawa *et al.*, 2010; Uramoto *et al.*, 2013; Hayakawa and Hirano, 2013). これらの研究では, 欧州地域で得られた $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 曲線と蝦夷層群の $\delta^{13}\text{C}_{\text{TOM}}$ 曲線を対比することで詳細な時代対比を行っている. その結果, 精度の良い国際対比が行われ, 北太平洋動物地理区の地域から産出する独自の大型化石が示す時代を詳細に議論する上で極めて重要な役割を果たしている. Takashima *et al.* (2010) は北海道古丹別地域において, TOM の内, 木片のみをピックアップして求めた $\delta^{13}\text{C}$ 変動曲線 ($\delta^{13}\text{C}_{\text{wood}}$ 曲線) を用いた国際対比を上部セノマニアン階から下部カンパニアン階にかけて行い, 従来のイノセラムス化石帯 (例えば, 利光ほか, 1995; Toshimitsu *et al.*, 2007) が示す時代と $\delta^{13}\text{C}_{\text{wood}}$ 曲線による時代対比では隔たりがあることを指摘している. 特に, その隔りがあると指摘している時代は, *Inoceramus amakusensis* 帯の範囲であり, 従来の大型化石層序において同種はサントニアン階を示すとされてきたが, Takashima *et al.* (2010) は下部コニアシアン階から下部カンパニアン階下部を指示すると指摘している. しかし, Takashima *et al.* (2010) が示したイノセラムス化石帯は, 化石帯の種類 (間隔帯やタクソン区間帯など) が示されておらず, 設定に用いられたイノセラムス類の層序的産出範囲も示されていない. また, その調査範囲でのイノセラムス化石帯に用いられたイノセラムス化石の産出 (例えば, 和仁・平野, 2000) は少ない.

そこで, 本研究では, *I. amakusensis* 帯付近の $\delta^{13}\text{C}_{\text{TOM}}$ 曲線を求め, 欧州地域の $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 曲線 (Jarvis *et al.*, 2006) と対比することで国際対比を行い, 本邦のイノセラムス化石帯が示す時代, 特に *I. amakusensis* 帯の示す時代について議論することを目的とする. この問題を解決し得る調査地域として, 過去の *I. amakusensis* の産出報告が豊富であり, 連続的に露頭が露出している北海道小平地域 (図 1), *I. amakusensis* の産出報告は少ないが同帯の範囲と推定される層準が連続的に露出している天塩中川地域 (図 1) と大夕張地域 (図 1), *I. amakusensis* 帯の上位に位置するイノセラムス化石帯の示帯種である *Platyceramus japonicus* (Nagao and Matsumoto) の産出報告が豊富な穂別富内地域 (図 1) の 4 地域を選択した. 加えて, $\delta^{13}\text{C}_{\text{TOM}}$ 曲線の研究では測定される $\delta^{13}\text{C}$ 値がどのような組成の有機物に基づき, 熱熟成の影響で堆積



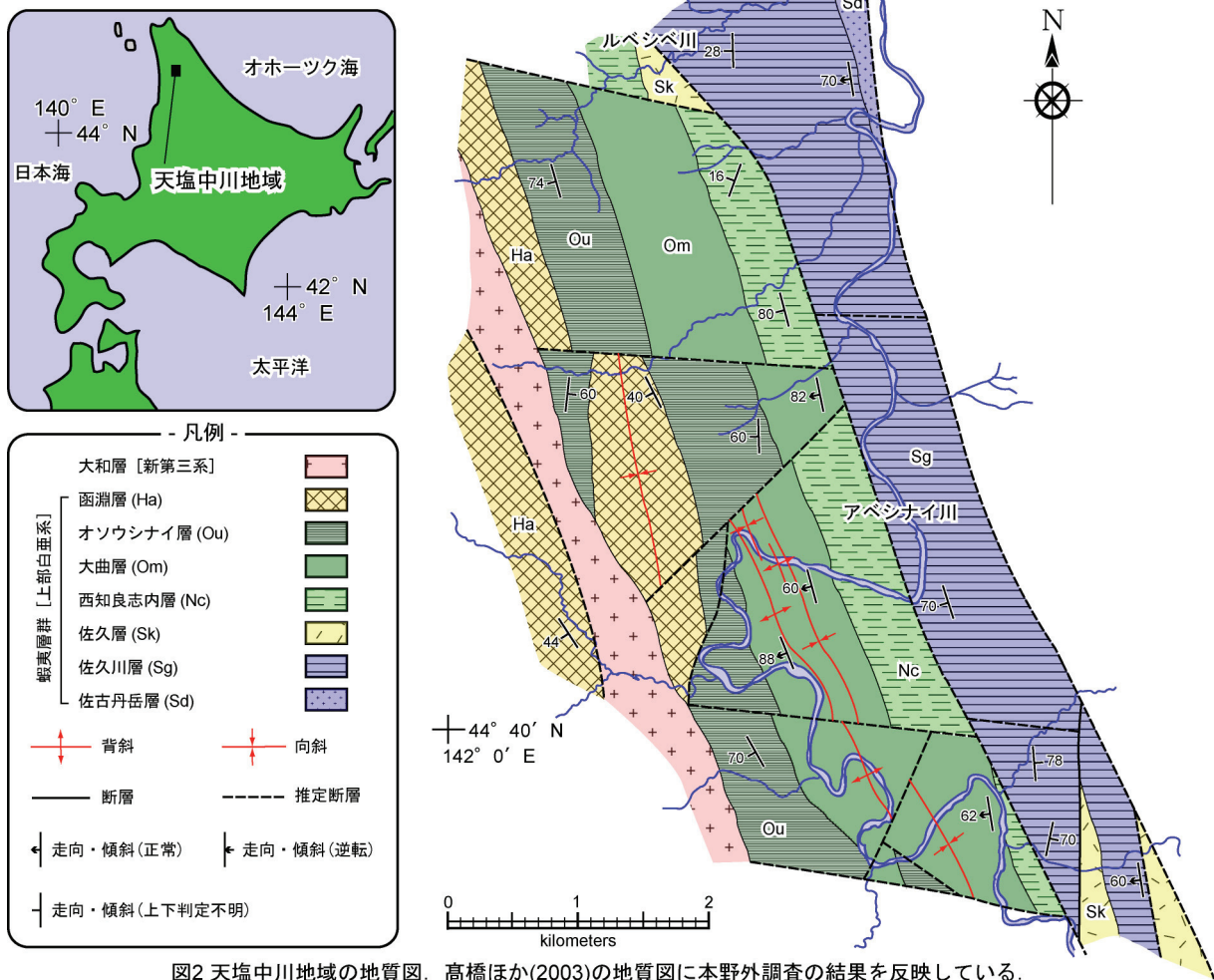
図1 蝦夷層群の分布地域.

当時の値から変化していないかを厳密に評価する必要がある．そこで，本研究においても泥岩中に含まれる有機物量や組成を評価する目的で，全有機炭素量（TOC）分析，ビジュアルケロジェン分析（顕微鏡観察），ロックエバル分析を行い，有機物の熱熟成を評価する目的で，水素／炭素原子比（H／C比）分析，ロックエバル分析，ビトリナイト反射率測定と複数の分析方法を用いて検討を行った．

地質概説

1. 天塩中川地域

本研究の調査範囲は，北海道北部の上川地域の北部に位置しており，調査した河川はアベシナイ川（安平志内川）とルベシベ川である（図2）．この調査地域は，天塩川とアベシナイ川の合流点の南部（図2）に位置し，5万分の1「天塩中川」図幅（長尾，1962）の南西部に位置する区域である（図2）．本地域の上部白亜系は基本的に西方上位で分布し，その西方で中新統



の大和層に不整合で覆われている（図 2；高橋ほか，2003）。一般走向はほぼ南北で，傾斜は西傾斜である（図 2）。

本地域に分布する上部白亜系の岩相層序区分は，Matsumoto（1942）が区分して以来，これまでに数多くの研究がなされている（図3；例えば，長尾ほか，1962；橋本ほか，1967；岡村，1977；高橋ほか，2003；Ando *et al.*, 2010）。本研究では野外調査の結果，層の区分は高橋ほか（2003）に従う事とした（図 3）。したがって，本調査地域周辺に分布する上部白亜系は，下位から蝦夷層群の佐古丹岳層，佐久川層，佐久層，西知良志内層，大曲層，オソウシナイ層，函淵層に区分され（図3），調査した河川に分布するのは，西知良志内層，大曲層，オソウシナイ層，函淵層の4層である（図2）。

本調査地域に分布する西知良志内層は，主に灰色～暗灰色泥岩，砂質泥岩からなる。それらは生物擾乱を強く受けてシルトと極細粒砂の粒子が混在していることが多く，稀に葉理を保存する場合がある。下部から中部にかけて

	Matsumoto (1942)	井島・品田 (1952)	長尾 (1962)	橋本ほか (1967)	岡村 (1977)	高橋ほか (2003)	Ando et al. (2010)
Hakobuchi Gr.	IV	函淵層群 函淵砂岩層	安川層群 (Ya)	函淵層群 安川層 (Yk)	安川層 Yk4 Yk3 Yk2 Yk1	函淵層群 函淵層 (Ha)	Hakobuchi Formation
Upper Ammonite Group	IIIe	ウソウシナイ 泥岩層	オソウ シナイ層 (Uy3)	鹽谷 巽 奥 (Ou) オソウシナイ層	オソウ シナイ層	オソウ シナイ層 (Ou)	Osoushinaï Member
	IIIc						
	IIIb (Omegari Fm.)						
	IIIa	大曲層 砂岩層	大曲層 (Uy2)	大曲層 (Om)	大曲層 (Om)	大曲層 (Om)	Osoushinaï Sandstone Member
	西知良 志内 泥岩層	西知良 志内層 (Uy1)	西知良 志内層 (Nc)	西知良 志内層	西知良 志内層 (Nc)	西知良 志内層 (Nc)	Nishichirashinaï Siltstone Member
				上部蝦夷層群 大曲層 Om2 Om1	上部蝦夷層群 大曲層 Om2 Om1	Yezo Group Habogogawa Formation	

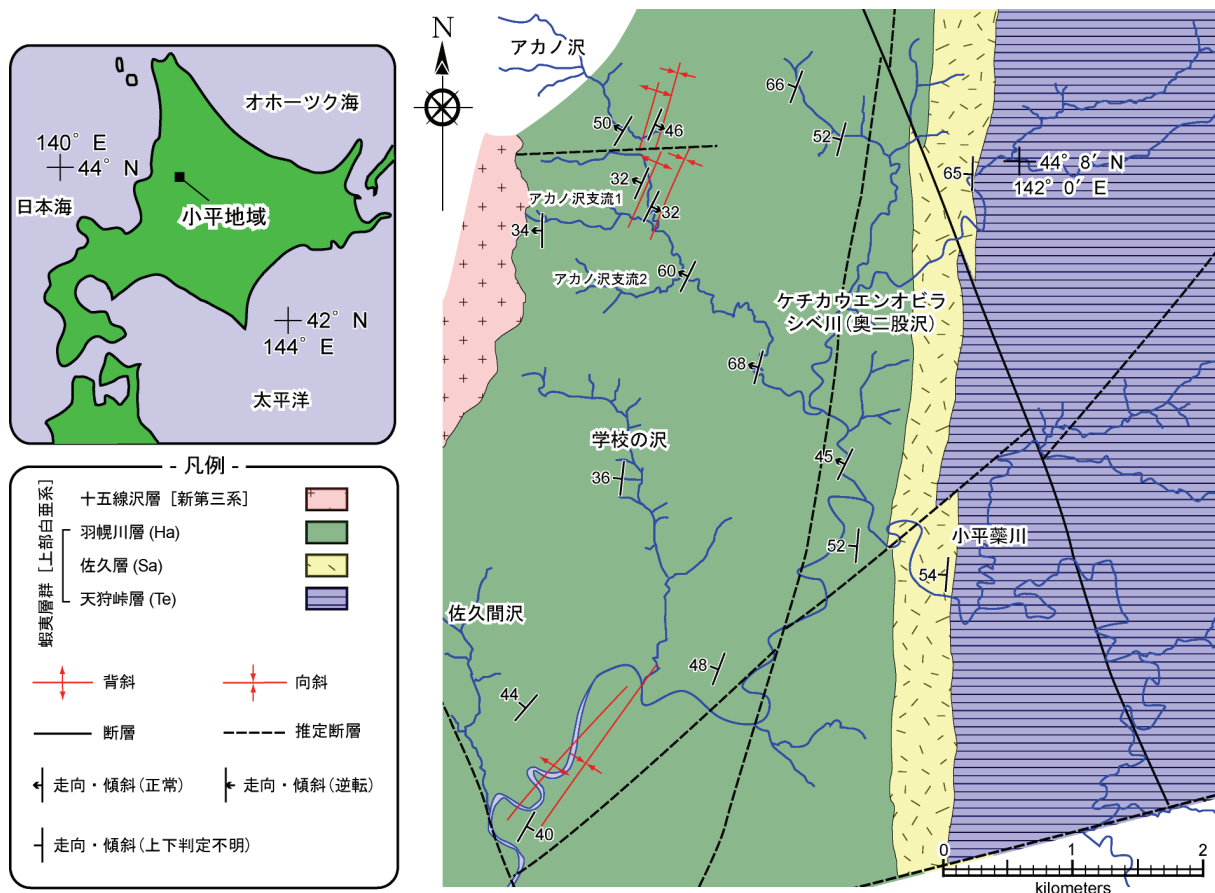
図3 天塩中川地域の岩相区分表.

層厚数 mm 程度の白色～灰白色凝灰岩層を挟み，上部では 30 cm の白色凝灰岩層を挟む．球状の石灰質団塊が稀に確認できるが化石の産出は極めて稀である．調査範囲の大曲層は主にタービダイト性の砂岩泥岩互層からなり，頻繁に泥岩層，砂岩層，礫岩層を挟み，下位の西知良志内層を整合で覆う．砂岩泥岩互層の砂岩部では頻繁に平行葉理や斜交葉理が確認され，一部の砂岩層では級化層理が明瞭に確認される．泥岩層はレンズ状に細粒砂の粒子が混在していることが多く，5 mm 程度の礫も確認できる．一部の泥岩層では極めて弱い葉理を確認できるが，多くは塊状である．礫岩層の礫は，0.5～1 cm 程度のものが殆どで稀に 10 cm 程度のものが確認でき，礫形は円礫である．調査範囲のオソウシナイ層は主に灰色～暗灰色泥岩，砂質泥岩からなり，下位の大曲層を整合で覆う．本層は生物擾乱が強く塊状であり，全体的に層厚数 mm 程度の白色～灰白色凝灰岩層を挟み，上部では数 cm の凝灰岩層を挟む．本層上部では一部砂岩を挟み，級化層理が確認される．調査範囲の函淵層は，主に淘汰の悪い灰色の中～粗粒砂岩および含礫砂岩からなり，下位のオソウシナイ層を整合で覆う．時折，帯黄灰色の炭質物濃集層が認められる（高橋ほか，2003）．下部では稀に，層厚約 15～25 cm の成層砂岩や砂岩泥岩互層が見られ，砂岩層中に泥岩のリップアップクラストが取り込まれていることがある（高橋ほか，2003）．砂岩にはほとんど堆積構造を保存しない場合と層厚 1～2 m 程度の低角の斜交層理や波長数 m のハンモック状斜交層

理，スウェール状斜交層理が発達する場合がある（高橋ほか，2003）．本層基底から約180 mのところには帯緑暗灰色あるいは暗灰色砂質泥岩，泥質砂岩部が存在する．本層に頻繁に挟まれる礫岩および含礫砂岩層は，層厚数 cm ～50 cm 程度で，礫径は大きいものでも10 cm 前後である．

2. 小平地域

本研究の調査範囲は，北海道北西部の留萌管区の北東部に位置しており，調査した河川は，ケチカウエンオビラシベ川（奥二股川），アカノ沢とその支流である（図4）．この調査範囲は，小平ダムより北東に位置する南北およそ2 km，東西およそ2 kmの区域（図4）であり，5万分の1地質図幅「達布」（対馬ほか，1958）の北東部，および Takashima *et al.* (2004) の留萌地域を示した地質図の南西部の区域にあたる．本地域の上部白亜系は砂岩や凝灰岩で確認される級化層理などの堆積構造から判断して西方上位で分布し，その西方で新第三系の十五線沢層に不整合で覆われている（図4；舟木・平野，2004；大泉ほか，2005）．本調査区域は，北西部の一部に褶曲構造が確認されるが，その一部を除けば地質構造が単調であり（図4），連続的に露



出している．走向は N-S から NE-SW であり，西に 30～70° 前後で傾斜する（図 4）．

本地域に分布する上部白亜系の岩相層序区分は，Tanaka（1963）が区分して以来，これまでに数多くの研究がなされている（図 5；棚部ほか，1977；Toshimitsu, 1988；舟木・平野，2004；Takashima *et al.*, 2004；大泉ほか，2005）．本研究では野外調査の結果，舟木・平野（2004）と大泉ほか（2005）に従う事とした（図 3）．したがって，調査地域周辺の上部白亜系は，下位から蝦夷層群天狩峠層，佐久層，羽幌川層に区分され，調査した河川に分布するのは，最下部を除く羽幌川層のみである（対馬ほか，1958；Tanaka, 1963；Takashima *et al.*, 2004）．Toshimitsu（1988）は羽幌川層内の上方粗粒化サイクル（＝羽幌川サイクル；岡田・松本，1969）の最上部に発達する砂岩層が鍵層として有効であることを示した．大泉ほか（2005）は，アカノ沢流域に露出するこれら砂岩層が鍵層として有効なことを確認しているのので，本研究でも名称（MHs2, MHs3or4, MHs5, UHs1）を含めそれを踏襲する．

調査範囲の羽幌川層の最下部には上記念別砂岩部層（対馬ほか，1958；Tanaka, 1963；舟木・平野，2004）が挟まれ（図 5），それより上位の羽幌川層の岩相は下部・中部・上部で多少の違いが見受けられる．下部は生物擾乱が発達した暗灰色塊状泥岩からなり，層厚 1～10 cm の帯緑灰白色凝灰岩薄層を頻繁に挟み，稀に層厚 50 cm 程度の凝灰岩層を挟む．塊状泥岩中にはレンズ状ないし層状の石灰質団塊を多く含むが化石の産出は稀である．下部には層厚約 25 cm の中粒砂岩鍵層 MHs2（Cycle 1 の上限；大泉ほか，2005）が挟まれる．中部も下部と同様に生物擾乱が発達した暗灰色塊状泥岩が主体であるが，泥岩はしばしば砂質となり，砂岩薄層や凝灰質砂岩層が挟在する．凝灰質砂岩層は層厚 1 m 以下のものが多いが，中には層厚約 1.5 m に及ぶものもみられる．石灰質団塊は下部に比べて少ないが化石の含有率は下部に比べて高い．中部には層厚約 15 cm の MHs3 or 4 と層厚約 20 cm の MHs 5 の 2 枚の中粒砂岩鍵層が挟まれる．上部は，暗灰色塊状泥岩と砂質泥岩を主体とし，一部泥質砂岩で砂岩薄層と緑灰色～白灰色凝灰岩薄層を頻繁に挟む．凝灰岩薄層は層厚 1～5 cm のものがほとんどであるが，層厚 10 cm 程度から 30 cm（例えば，露頭番号 O36633）のものも時折挟まれる．また，最上部付

	Tanaka (1963)	Toshimitsu (1988)	Takashima <i>et al.</i> (2004)	大泉ほか (2005)					
Upper Yezo Group	Uk	Upper Yezo Group Upper Haborogawa Formation	舟木・平野 (2004)	蝦夷層群 羽幌川層					
	Uj								
	Ui								
	Uh								
	Ug								
	Uf								
	Ue								
	Ud								
	Uc								
	Ub								
Middle Yezo Group	Ua	L. H. Fm.	Yezo Group Haborogawa Formation	上紀念別; 砂岩部層;					
	Mo	M. Y. G. Shirochi Formation			上部蝦夷層群 下部羽幌川層				
	Mn								
	Mm								
	Ml								
	Mk								
	Mj								
	Mi								
	Middle Yezo Group					Mi	M. Y. G. Shirochi Formation	Yezo Group Saku Formation	上紀念別; 砂岩部層;
						Mj			
Mk									
Ml									
Mm									
Mn									
Mo									
Ua									
Ub									
Uc									

図5 小平地域の岩相区分表.

近の塊状泥岩中には肉眼で確認できる大きさの黒色炭質物片が多く含まれる層準が最低でも3層準で確認できる(露頭番号 O36149, O36151, O36155). 石灰質団塊は下部・中部よりも少なく, 化石の含有率も低い. 上部には層厚約 50 cm の中粒砂岩鍵層 UHs 1 が挟まれる.

3. 大夕張地域

本研究の調査地域は, 北海道中央部の大夕張地域の南端部に位置しており, 調査した河川は, パンケモユーパーロ川支流の熊の沢, 真谷地沢およびホロカクルキ川である(図6). この調査地域は, Takashima *et al.* (2004) の空知地域を示した地質図の南部および5万分の1地質図幅「紅葉山」(高橋ほか, 2002)の北東部にかかる区域である. 本地域は, 北東に位置する夕張岳の山麓より上部白亜系が西方上位で分布し, その西方に, 新第三系石狩層群滝上層が傾斜不整合で覆っている. 一般走向はほぼ南北で, 傾斜は多くが東傾斜であり, 逆転層を示す(図6). また, 蝦夷層群分布域には地質図に反映されない規模での小断層, 小褶曲が数多く確認され, 真谷地沢でも確認される.

本地域に分布する白亜系の岩相層序区分は, Matsumoto (1942) が区分して以来, これまでに数多くの研究がなされている(図7; 長尾ほか, 1954; Hirano *et al.*, 1977; 平野ほか, 1980; Hirano *et al.*, 1989; 本山ほか, 1991; Kawabe, 2000; 高橋ほか, 2002; Takashima *et al.*, 2004; 本田ほか, 2011). 野外調査の結果, Takashima *et al.* (2004) が提唱する蝦夷層群の統一的な岩

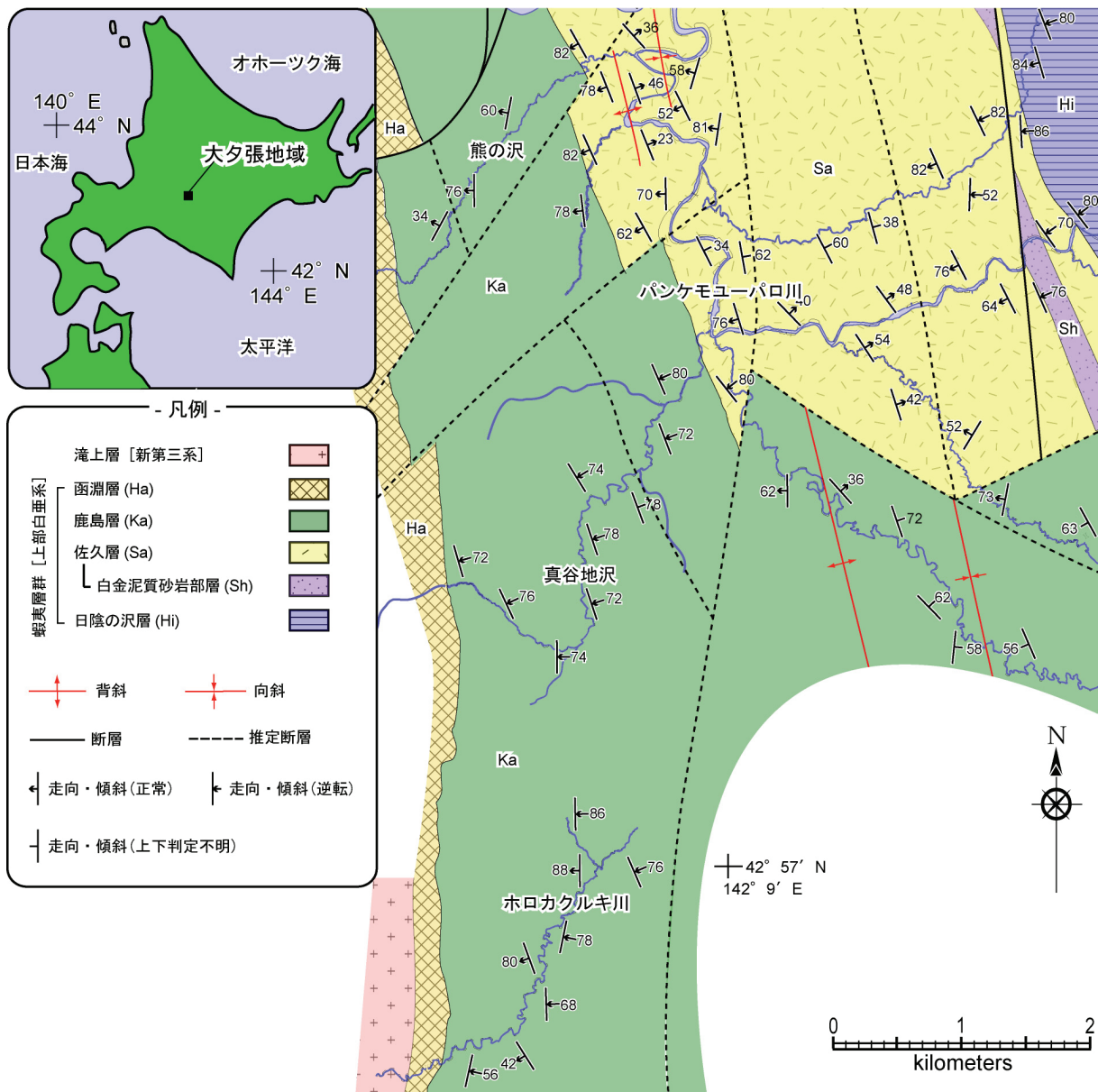


図6 穂別富内地域の地質図. Takashima *et al.* (2004) と本田ほか(2011)の地質図に本野外調査の結果を反映している。相層序区分を適用することが適切であると判断し、Takashima *et al.* (2004) に従う事とした (図 7)。したがって、本調査地域周辺に分布する上部白垂系は、下位から蝦夷層群の日陰の沢層、佐久層、鹿島層、函淵層に区分され、調査した河川に分布するのは、佐久層 (最上部の一部)、鹿島層、函淵層の 3 層である (図 6, 7)。

本調査地域に分布する佐久層の最上部は暗灰色泥岩を主体とし、一部に泥岩勝ちの砂岩泥岩互層がある。泥岩は生物擾乱が確認され塊状である。砂岩泥岩互層の砂岩部では平行葉理が確認される。本調査地域に分布する鹿島層の岩相は生物擾乱が発達した暗灰色から暗緑色の塊状泥岩を主体とし、下位の佐久層を整合に覆っている。稀に層厚数 cm の細粒の白色凝灰岩層や細粒

Matsumoto (1942)	長尾ほか (1954)	平野ほか (1980)	平野ほか (1989)	本山ほか (1991)	高橋ほか (2002)	Takashima et al. (2004)
Hakobuchi Gr.	函淵層群 函淵砂岩層	函淵層群	函淵層群	函淵層群	函淵層群	Hakobuchi Formation
Upper Ammonite Group	上部蝦夷層群 鉾泉沢凝灰質砂岩頁岩層 磯次郎沢頁岩層	上部蝦夷層群 U3 U2 U1	上部蝦夷層群 U2 U1	鹿島層 白金層	長和層 上部蝦夷層群	Kashima Formation
Middle Ammonite Group	中蝦夷層群 白金沢砂岩層 滝ノ沢砂岩頁岩層 中二股砂岩頁岩層 日陰沢頁岩層	中蝦夷層群 M12 M9~M11 M5~M8 M4 M1~M3	中蝦夷層群 M11 M10 M9 M8 M7	滝の沢層 日陰の沢層	又たポマナイ層 稲里層	Saku Fm. Hakkin Muddy Sst. Mbr. Hikege-nosawa Fm.
					U. Y. G. Kashima Fm. (part) Ua Mi Mh Mg Mf Me	
					Middle Yezo Group Saku Formation	Yezo Group
					Kawabe (2000)	

図7 大夕張地域の岩相区分表.

砂岩層を挟在する。塊状泥岩中にはレンズ状ないし球状の石灰質団塊を稀に含み、化石の産出は極めて稀である。本層の中部付近は、Takashima et al. (2004) が蝦夷層群内で広域に対比できるとする凝灰質砂岩の鍵層である KY-5 が露出しており、最上部には凝灰岩の鍵層である KY-6 が露出している (Takashima et al., 2004 ; 林ほか, 2011)。本調査地域に分布する函淵層は主に暗灰色の細粒～中粒砂岩、含礫砂岩および礫岩からなり、下位の鹿島層を整合で覆っている。

4. 穂別富内地域

本研究の調査地域は、北海道南西部の胆振管区の北東部に位置しており、調査した河川は、鶴川と幌去沢である (図 8)。この調査地域は、むかわ町役場穂別総合支所の東部 6 km 地点にある富内橋付近であり、5 万分の 1 地質図幅「紅葉山」(高橋ほか, 2002) の東部にかかる区域である。本地域の東部は、古第三系の幌内層と新第三系の滝上層が断層で上部白亜系に接している。上部白亜系は基本的に西方上位で分布し、一般走向はほぼ南北で、傾斜は多くが東傾斜であり、逆転層を示す (図 8)。本地域には複数の褶曲構造が確認でき、地質構造が複雑な地域である (図 8)。

本地域に分布する白亜系の岩相層序区分は、Matsumoto (1942) が区分して以来、これまでに数多くの研究がなされている (図 9 ; 田中, 1960 ;

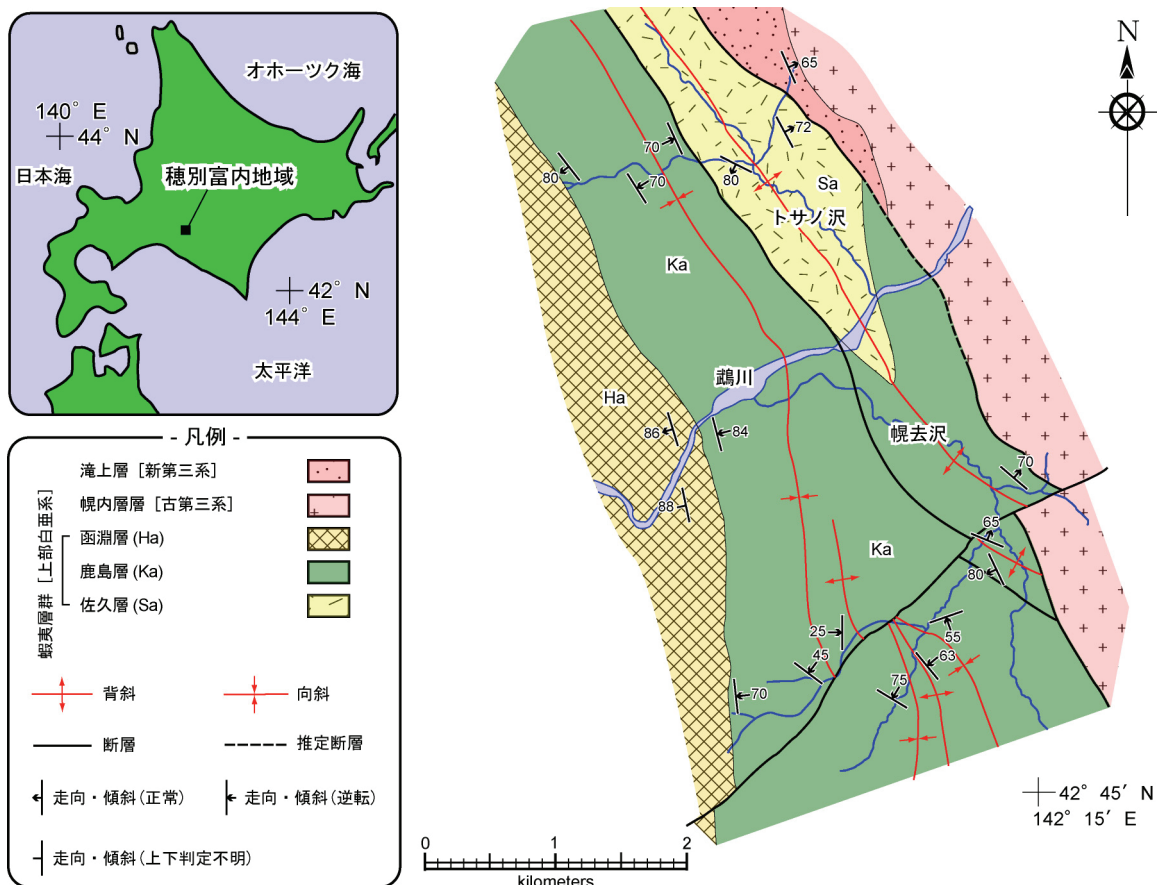


図8 穂別富内地域の地質図. 林ほか(2011)の地質図に本野外調査の結果を反映している.

Matsumoto *et al.*, 1979 ; 高橋・和田, 1985 ; 高橋・和田, 1987 ; 高橋ほか, 2002 ; 林ほか, 2011). 林ほか (2011) は, 本調査地域の岩相層序区分について Takashima *et al.* (2004) が提唱する蝦夷層群の統一的な岩相層序区分を適用できるとしており, 本野外調査でも同様の判断に至った. そこで, 岩相層序区分は林ほか (2011) と同様に Takashima *et al.* (2004) に従う事とした (図 9). したがって, 本調査地域周辺に分布する上部白亜系は, 下位から蝦夷層群の佐久層, 鹿島層, 函淵層に区分され, 調査した河川に分布するのは, 鹿島層, 函淵層の 2 層である (図 8, 9).

本調査地域に分布する鹿島層は上部のみであり, その岩相は生物擾乱が発達した暗灰色から暗緑色の塊状泥岩および砂質泥岩を主体としている. 層厚数 cm の細粒の白色凝灰岩層や細粒砂岩層を挟在し, 塊状泥岩中にはレンズ状ないし球状の石灰質団塊を含み, 化石の産出は稀である. 調査範囲の本層中部付近には, 凝灰岩および凝灰質砂岩の富内凝灰岩部層があり (林ほか, 2011), 本部層が蝦夷層群内で広域対比できる鍵層の KY-6 にあたる (林ほか, 2011). 本調査地域に分布する函淵層は主に灰色の細粒~中粒砂岩, 含礫砂

Matsumoto (1942)		高橋・和田 (1985)	高橋ほか (2002)	本田ほか (2011)	林ほか (2011)
Hakobuchi Gr.	IV	函淵層群	函淵層群		函淵層群
Upper Ammonite Group	III d	上部 蝦夷層群	長和層	鹿島層	鹿島層
	III c				
	III b				
	III a				
Middle Ammonite Group	Saku Fm.	佐久層	ヌタポマ ナイ層		佐久層
	II s				
	Main Part	II r	主部		
		II q			
		II k			
	II g				

図9 穂別富内地域の岩相区分表.

岩および礫岩からなり，下位の鹿島層を整合で覆っている．本層の砂岩は，一部で平行葉理や斜交葉理が確認される．また，級化層理が確認されるものもあるが，多くは極めて淘汰が悪く，側方に数 m 移動しただけで大きく粒度が変化する．

試料・分析方法

試料

1. 大型化石

大型化石（アンモナイト類・イノセラムス類）は，天塩中川地域がアベシナイ川，ルベシベ川（図 2），小平地域がケチカウエンオビラシベ川，アカノ沢とその支流（図 4），大夕張地域が熊の沢，真谷地沢，ホロカクルキ川（図 6），穂別富内地域が鷓川，幌去沢（図 8）で採取した．今回の調査において新たに得られた大型化石の産出地点を図 10～13 に，産出層序分布を図 14～17 に，その産出リストを表 1～8 に示す．大型化石については，従来の産出報告が中川地域（高橋ほか，2003），小平地域（棚部ほか，1977；Toshimitsu, 1988；舟木・平野，2004；大泉ほか，2005），大夕張地域（利光・長谷川，2000），穂別富内地域（利光・長谷川，2000）と全ての地域で行われているのでデータとして引用し，議論に加える．

表1 本調査および高橋・本田 (2013) で新たに産出した天塩中川地域のアンモナイト類の化石リスト。括弧内の数値は個体数を表す。

種名	西知良志内層	大曲層	オソウシナイ層	函淵層
Phylloceratinae				
<i>Hypophylloceras</i> (<i>Neophylloceras</i>) sp.			N23055 (01)	
Gaudryceratinae				
<i>Gaudryceras tenuiliratum</i> (Jimbo)			N23039 (01), N23055 (01)	
Kossmaticeratinae				
<i>Yokoyamaoceras ishikawai</i> (Jimbo)			N23055 (01)	
Pachydiscidae				
<i>Eupachydiscus haradai</i> Jimbo			N23055 (01)	
Diplomocertidae				
<i>Polyptychoceras pseudogaultinum</i> (Yokoyama)			N23053 (01)	
<i>Polyptychoceras</i> sp.			N23055 (02)	

表2 本調査および高橋・本田 (2013) で新たに産出した天塩中川地域のイノセラムス類の化石リスト。括弧内の数値は個体数を表す。

種名	西知良志内層	大曲層	オソウシナイ層	函淵層
Inoceramidae				
<i>Inoceramus amakusensis</i> Nagao and Matsumoto	N20073 (01)			
<i>Sphenoceramus naumanni</i> (Yokoyama)			N23039 (01)	
<i>Sphenoceramus</i> cf. <i>naumanni</i> (Yokoyama)			N23043 (01)	
<i>Sphenoceramus cristatus</i> (Toshimitsu)			N23055 (01)	
<i>Sphenoceramus</i> cf. <i>cristatus</i> (Toshimitsu)			N23041 (01)	
<i>Sphenoceramus</i> aff. <i>nagaoi</i> (Matsumoto and Ueda)			N23055 (01)	
<i>Sphenoceramus sachalinensis</i> (Sokolow)			N23057 (05)	
<i>Sphenoceramus schmidtii</i> (Michael)			N23055 (03), N23057 (03)	N23069 (01)
<i>Sphenoceramus</i> cf. <i>schmidtii</i> (Michael)			N23053 (01)	
<i>Sphenoceramus</i> sp.			N23055 (01), N23057 (01)	N23067 (02)
<i>Platyceramus</i> sp.			N23055 (01)	

表3 本調査で新たに産出した小平地域のアンモナイト類の化石リスト。括弧内の数値は個体数を表す。

種名	羽幌川層
Phylloceratinae	
<i>Hypophylloceras</i> (<i>Neophylloceras</i>) <i>ramosum</i> (Meek)	O36149 (01)
<i>Hypophylloceras</i> (<i>Neophylloceras</i>) <i>subramosum</i> (Spath)	O36085 (01), O36147 (02)
Gaudryceratinae	
<i>Anagaudryceras</i> sp.	O36069 (01), O36073 (01)
<i>Gaudryceras denseplicatum</i> (Jimbo)	O36034 (01), O36063 (01), O36087 (01), O36127 (01), O36139 (01), O36147 (01), O36609 (01)
<i>Gaudryceras</i> sp.	O36059 (01), O36063 (03), O36065 (01), O36073 (01), O36079 (01), O36087 (01), O36123 (01), O36133 (01), O36139 (04)
Tetragonitidae	
<i>Tetragonites glabrus</i> (Jimbo)	O36059 (01), O36147 (01)
<i>Tetragonites popetensis</i> Yabe	O36059 (02)
<i>Tetragonites</i> sp.	O36015 (01), O36034 (01), O36059 (01), O36075 (01), O36079 (01), O36087 (05), O36095 (01), O36119 (01), O36139 (01), O36147 (01), O36609 (01)
Desmoceratinae	
<i>Damesites damesi</i> Matsumoto	O36021 (01)
<i>Damesites sugata</i> Matsumoto	O36119 (01)
<i>Hauericeras angustum</i> Yabe	O36069 (01)
Kossmaticeratinae	
<i>Yokoyamaoceras jimboi</i> Matsumoto	O36085 (01), O36147 (01)
<i>Yokoyamaoceras ishikawai</i> (Jimbo)	O36147 (01)
<i>Yokoyamaoceras</i> sp.	O36013 (01), O36073 (01), O36079 (01), O36085 (03)
Pachydiscidae	
<i>Eupachydiscus</i> sp.	O36147 (01)
gen. et sp. indet.	O36079 (01)
Collignoniceratinae	
<i>Texanites</i> (<i>Plesiotechanites</i>) sp.	O36147 (01)
Diplomocertidae	
<i>Polyptychoceras obstrictum</i> (Jimbo)	O36034 (01)
<i>Polyptychoceras yubarense</i> (Yabe)	O36015 (01), O36079 (01), O36087 (01), O36095 (01), O36147 (01), O36609 (01)
<i>Polyptychoceras</i> cf. <i>yubarense</i> (Yabe)	O36085 (01), O36095 (02), O36147 (01)
<i>Polyptychoceras</i> cf. <i>pseudogaultinum</i> (Yokoyama)	O36093 (01), O36147 (01)
<i>Polyptychoceras</i> sp.	O36015 (01), O36034 (01), O36055 (01), O36059 (02), O36085 (01), O36093 (01), O36124 (01), O36131 (01), O36147 (05), O36149 (01), O36155 (01), O36609 (02), O36631 (01)
<i>Heteroptychoceras obatai</i> Matsumoto	O36147 (01)

表4 本調査で新たに産出した小平地域のイノセラムス類の化石リスト。括弧内の数値は個体数を表す。

種名	羽幌川層
Inoceramidae	
<i>Inoceramus uwajimensis</i> Yehara	O40007 (03), O40009 (02), O40013 (06)
<i>Inoceramus amakusensis</i> Nagao and Matsumoto	O36065 (01), O36085 (01)
<i>Sphenoceramus naumanni</i> (Yokoyama)	O36007 (06), O36013 (07), O36059 (16), O36063 (02), O36073 (02), O36077 (07), O36079 (02), O36087 (02), O36093 (05), O36095 (02), O36119 (01), O36131 (01), O36133 (04), O36139 (04), O36147 (12), O36151 (01), O36609 (31)

表5 本調査で新たに産出した大タ張地域のアンモナイト類の化石リスト。括弧内の数値は個体数を表す。

種名	佐久層	鹿島層
Phylloceratidae		
<i>Hypophylloceras subramosum</i> (Spath)		Y87071 (01)
<i>Hypophylloceras cf. subramosum</i> (Spath)		Y81043 (01)
<i>Phyllopachyceras ezoense</i> (Yokoyama)		Y87057 (01)
Gaudryceratidae		
<i>Gaudryceras</i> spp.	Y49023 (01)	Y52098 (01), Y52115 (15), Y52151 (01), Y87055 (01), Y87099 (01)
Tetragonitidae		
<i>Tetragonites popetensis</i> Yabe		Y87051 (01), Y87071 (03), Y87079 (01)
<i>Tetragonites</i> sp.		Y52099 (01), Y87055 (01), Y870071 (03), Y870081 (02), Y81037 (01)
Desmoceratidae		
<i>Puzosia</i> sp.		Y52031 (01)
<i>Mesopuzosia pacifica</i> Matsumoto	Y49019 (01), Y490023 (01), Y490025 (01)	
<i>Mesopuzosia takahashii</i> Matsumoto	Y49020 (01)	
<i>Mesopuzosia cf. yubarensis</i> (Jimbo)		Y81043 (01)
<i>Mesopuzosia</i> sp.	Y52013 (01)	Y81021 (01)
<i>Jimboiceras planuliforme</i> (Jimbo)	Y49020 (01)	
<i>Damesites damesi</i> Matsumoto		Y87019 (06)
Kosmaticeratidae		
<i>Yokoyamaoceras</i> sp.		Y87098 (01)
Pachydiscidae		
<i>Eupachydiscus haradai</i> Jimbo		Y52073 (01)
<i>Eupachydiscus</i> sp.		Y52105 (01), Y87075 (01)
Nostoceratidae		
<i>Eubostrychoceras japonicum</i> (Yabe)	Y49023 (01)	
Diplomocertidae		
<i>Pseudoxybeloceras</i> sp.		Y87073 (01)
<i>Polyptychoceras yubarensis</i> (Yabe)		Y52129 (01), Y87051 (01)
<i>Polyptychoceras</i> sp.		Y52105 (01), Y52129 (01), Y87019 (01), Y87055 (01), Y87075 (01)
Baculitidae		
<i>Baculites</i> spp.		Y87055 (01), Y87099 (01)

表6 本調査で新たに産出した大タ張地域のイノセラムス類の化石リスト。括弧内の数値は個体数を、∞は密集層を表す。

種名	佐久層	鹿島層
Inoceramidae		
<i>Inoceramus hobetsensis</i> Nagao and Matsumoto	Y81003 (01), Y81005 (01), Y81009 (01), Y52013 (01), Y52015 (01)	Y81017 (01)
<i>Inoceramus tenuistriatus</i> Nagao and Matsumoto	Y81015 (01), Y49019 (01), Y49025 (01)	
<i>Inoceramus teshioensis</i> Nagao and Matsumoto	Y81015 (01), Y49020 (01)	
<i>Inoceramus pedalionoides</i> Nagao and Matsumoto	Y49020 (01), Y49025 (01)	
<i>Inoceramus uwajimensis</i> Yehara		Y81021 (01), Y52031 (01), Y52039 (∞), Y52041 (01), Y52045 (01)
<i>Inoceramus amakusensis</i> Nagao and Matsumoto		Y52083 (01)
<i>Inoceramus cf. amakusensis</i> Nagao and Matsumoto		Y52069 (01), Y52081 (02), Y52085 (01), Y52091 (01), Y52101 (01), Y52145 (01), Y87019 (01)
<i>Sphenoceramus naumanni</i> (Yokoyama)		Y52039 (01), Y87011 (01), Y87057 (06), Y87073 (01), Y87095 (01), Y87098 (01), Y87099 (01)
<i>Sphenoceramus cf. naumanni</i> (Yokoyama)		Y87101 (01)
<i>Cremnoceramus mihoensis</i> (Matsumoto)	Y81023 (01)	
<i>Platyceramus cf. ezoensis</i>		Y87003 (01)
<i>Platyceramus japonicus</i>		Y87093 (03)

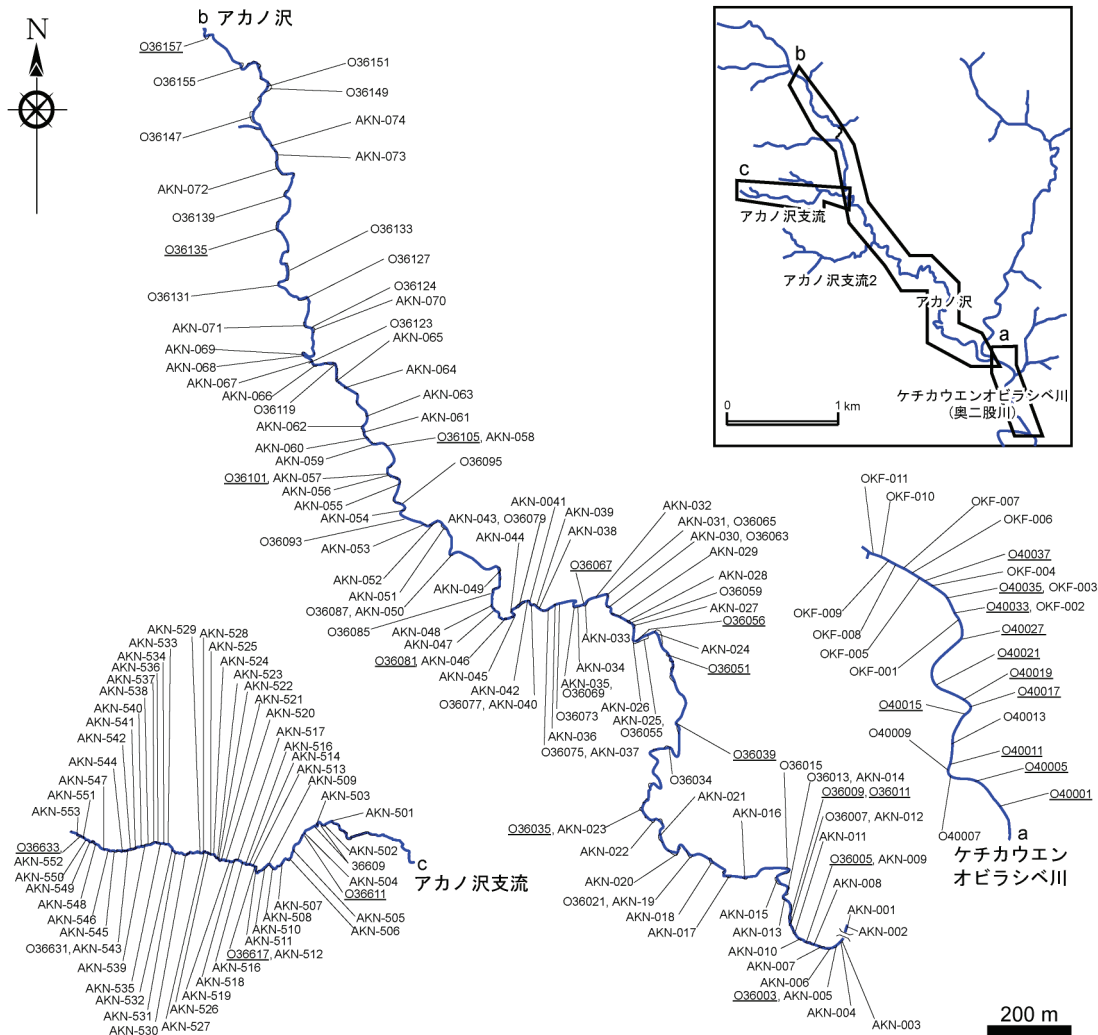


図11 小平地域の大型化石および泥岩試料のサンプリング地点。引用した大型化石のみの産出地点は露頭番号に下線が付してある。新たに発見した露頭を除き、露頭番号は大泉ほか（2005）と共通とし、他地域と差別化する為に露頭番号の最初にOを加えている。

2. 炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) 分析用試料

$\delta^{13}\text{C}$ 分析用の試料は、中川地域がアベシナイ川、ルベシベ川で採取した泥岩（砂質泥岩を含む）107 試料，砂岩（泥質砂岩を含む）11 試料の計 118 試料（図 10），小平地域がケチカウエンオビラシベ川，アカノ沢とその支流で採取した泥岩（砂質泥岩を含む）138 試料（図 11），大夕張地域が真谷地沢で採取した泥岩 96 試料（図 12），穂別富内地域が鶴川，幌去川で採取した泥岩 72 試料，砂岩（泥質砂岩を含む）14 試料の計 86 試料である（図 13）。なお、堆積岩中に含まれる有機物を評価する目的で行った各分析にも同じ試料を用いており、その数はビジュアルケロジェン分析が各地域 12 試料，H/C 比分析，TOC 分析，ロックエバル分析が全試料，ピトリナイト反射率が各地域 4 試料である。

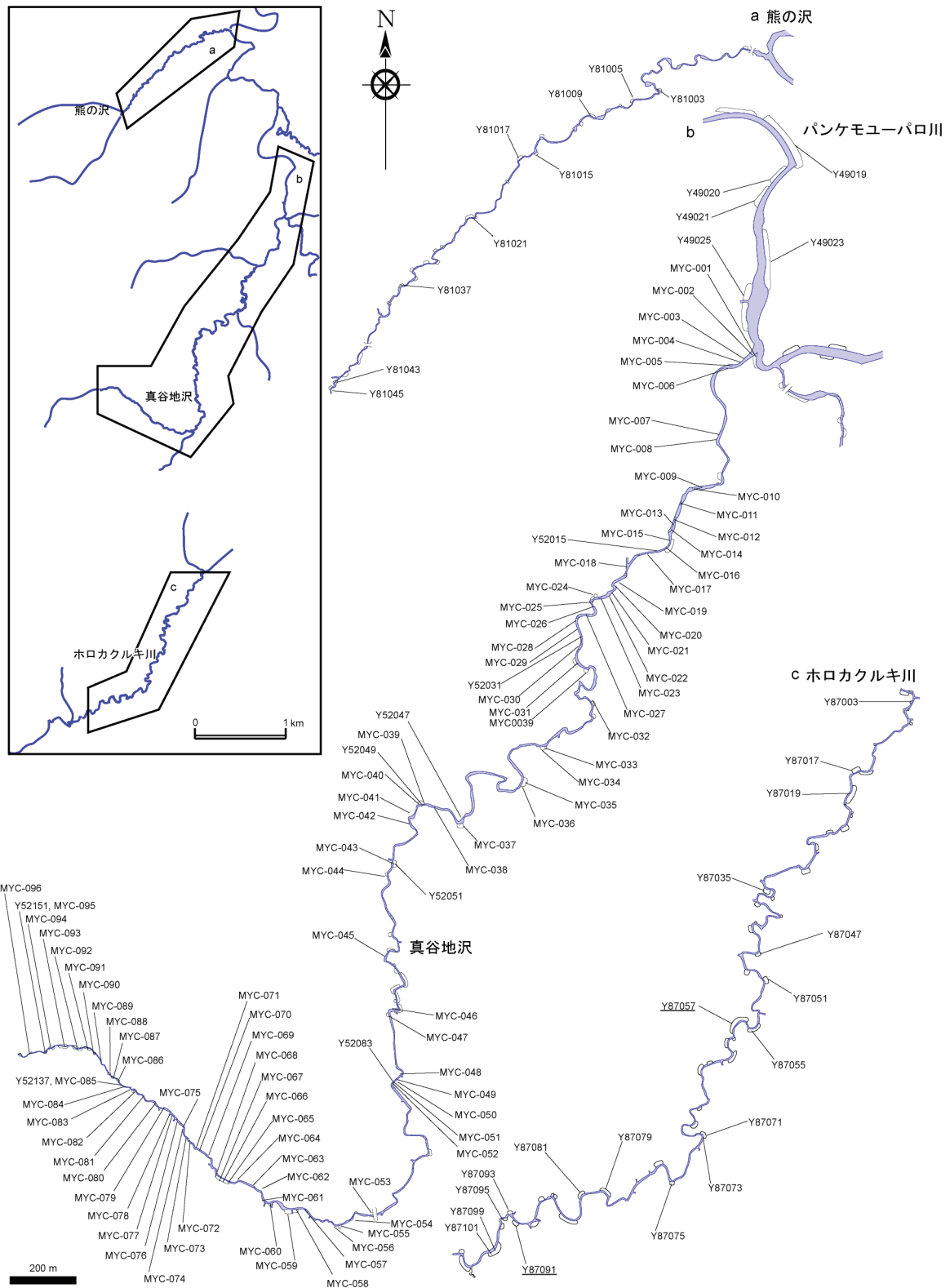


図12 大夕張地域の大型化石および泥岩試料のサンプリング地点. 引用した大型化石のみの産出地点は露頭番号に下線が付してある.

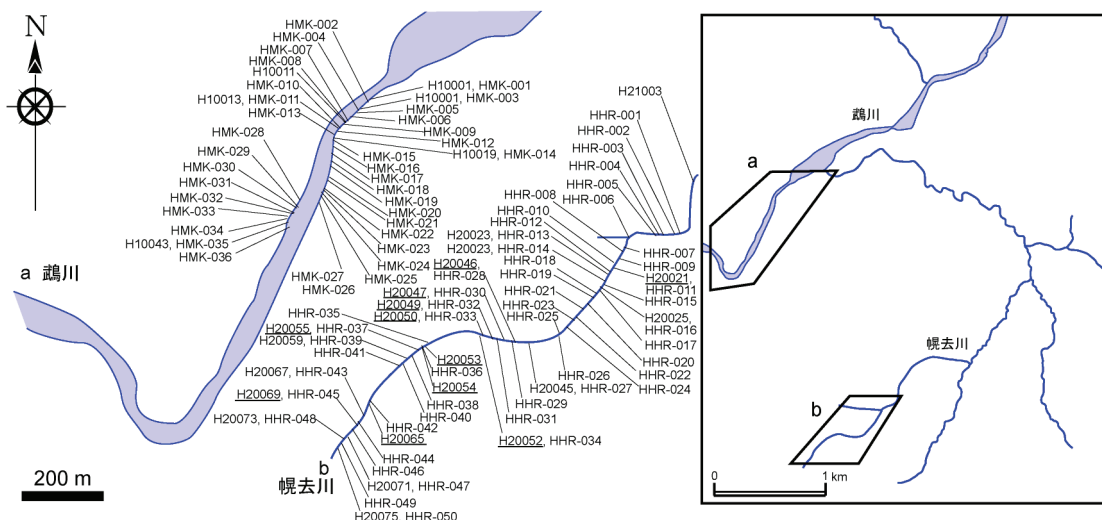


図13 穂別富内地域の大型化石および堆積岩試料のサンプリング地点. 引用した大型化石のみの産出地点は露頭番号に下線が付してある.

有機物評価の分析方法

1. ビジュアルケロジェン分析

ビジュアルケロジェン分析は、はじめに堆積岩をステンレス乳鉢で米粒大に粉砕して 30 g 秤量し、ポリエチレンビーカーに入れたものを試料として用いた。そこに 6 N 塩酸 50 ml を加え 24 時間浸し、炭酸塩鉱物と水酸化鉄を溶解させ、脱イオン水による洗浄で塩酸および溶解した炭酸塩鉱物と水酸化鉄を除去した。次に 46 % 弗化水素酸に 48 時間浸し、ケイ酸塩鉱物を溶解し泥化させた。泥化させた試料は、脱イオン水を加え 24 時間静置した後、傾斜法による上澄み液の除去を pH が 4 以上になるまで数回繰り返した。その後、さらに脱イオン水を加え、遠心分離による洗浄を上澄み液が中性になるまで繰り返した。遠心分離後の泥化試料から有機物を抽出する方法は、比重 2.0 に調整した臭化亜鉛水溶液を用いて比重分離し抽出した。抽出された有機物はグリセリンゼリーにてプレパラートに封入し、透過顕微鏡下で観察を行った。組成比率は、顕微鏡下にてポイントカウント法により 200 カウント中の構成比を求めた。有機物の分類は Tyson (1995) に基づき、木質部を起源とする有機物 (opaque : オペーク, translucent : トランスルーセント, biostructured : バイオストラクチャー), 花粉・孢子, 渦鞭毛藻シストに分類した。

2. H/C 比分析

H/C 比分析の試料は、ビジュアルケロジェン分析と同様の処理によって抽出された有機物を常圧下で 50 °C にて 24 時間乾燥の後、さらに真空下で 50°C にて 2 時間乾燥したものを使用した。乾燥後の試料は、約 1.5 mg 秤量し、石油資源開発（株）技術研究所所有のジェイサイエンスラボ社製マイクロコーダー JM10（CHN 元素分析装置）を用いて測定した。

なお、マイクロコーダー JM10 において分析した際の標準試料には、Antipyrine（ $C_{11}H_{12}N_2O$ ）を用いた。

3. 全有機炭素量（TOC）分析

TOC（Total Organic Carbon content）分析の試料は、ステンレス乳鉢とメノウ乳鉢を用いて粉砕した堆積岩の粉末試料を用いた。粉末試料を約 2.5 g 秤量し（下式の X）、6 N 塩酸に浸し 60°C にて 2 時間温浴させたのち 24 時間静置し、炭酸塩鉱物と水酸化鉄を溶解した。その後、脱イオン水を加え遠心分離による上澄みの液を除去する作業を繰り返し、塩酸および溶解した炭酸塩鉱物などを除去した。塩酸が除去された試料は 50 °C にて 50 時間程度、乾燥させた。乾燥した試料を秤量し（下式の X'）、処理前の重量との差から除去された炭酸塩鉱物や水酸化鉄の全岩に対する重量パーセントを推定した。

$$\text{酸処理で除去された物質（\%）} = [(X - X') / X] \times 100$$

その後、乾燥させた試料を約 25 mg 秤量し、H/C 比分析と同様にマイクロコーダー JM10 を用いて有機炭素量を分析した。堆積岩中の TOC は塩酸処理によって除去された物質量を補正した上で計算した。

4. ロックエバル分析

ロックエバル分析は、石油資源開発（株）技術研究所所有の VINCI 社製ロックエバル 6 型を用いて測定した。試料は TOC 分析と同様の手法で粉砕した粉末試料を使用した。その試料を約 100 mg 秤量し、窒素気流中において、300°C で 3 分間定温加熱した後、毎分 25°C で 650°C まで昇温加熱した。定温加熱中に発生した遊離炭化水素量を S1（ mg_{HC}/g_{Rock} ）、昇温加熱によりケロジェンからの熱分解で生成した炭化水素量を S2（ mg_{HC}/g_{Rock} ）、および 300°C 定温加熱～390°C 間でケロジェンの熱分解で生成した二酸化炭素を S3（ mg_{HC}/g_{Rock} ）とし、ケロジェンの熱分解による炭化水素生成が最も盛んに

なる加熱温度を T_{\max} (°C) とした。加えて、S2 と TOC との比をとり、水素指数 (H.I.; $\text{mg}_{\text{HC}}/\text{g}_{\text{TOC}}$) を求めた。

標準試料には、Institut Français du Pétrole 供給の IFP160000 ($S_2=12.43 \text{ mg}_{\text{HC}}/\text{g}_{\text{TOC}}$, $S_3=0.79 \text{ mg}_{\text{HC}}/\text{g}_{\text{TOC}}$, $T_{\max}=416^\circ\text{C}$) を使用した。

5. ビトリナイト反射率 (Rm)

各調査地域において、それぞれ 4 試料を選別し、石油資源開発 (株) 技術研究所所有のビトリナイト反射率測定装置を用いて測定した。装置はカールツァイス社製の正立型顕微鏡 Avio Imager.M1m と反射率測定用装置の J&M 社製の MSP200new である。

ビトリナイト反射率の測定用チップの作成および分析方法は清家・平野 (2013) に従った。試料はビジュアルケロジェン分析と同様の処理を行い、抽出した有機物を開口径 $20 \mu\text{m}$ のステンレス篩 (合成アクリル樹脂に埋め込み、研磨するので $20 \mu\text{m}$ より小さな有機物は測定に適さない為) を用いて篩い分けし、常圧下で 40°C にて 48 時間乾燥の後、さらに真空下で 50°C にて 2 時間乾燥したものを使用した。乾燥させた有機物試料は丸本ストルアス社製 CitoPress-10 を用いて合成アクリル樹脂に埋め込み、丸本ストルアス社製テグラシステムを用いて鏡面研磨し、測定用チップとした。キャリブレーションに用いた標準試料は反射率 0.424% の spinel (J&M 社製) と反射率 1.724% の Gadolinium-Gallium-Garnet (J&M 社製) を使用し、屈折率 1.518 (23°C) の浸油 Immersol 518F を用いて倍率 50 倍の油浸対物レンズと倍率 10 倍の接眼レンズを用いて測定した。

本研究では、反射顕微鏡観察によるマセラルの分類を ICCP (1998, 2001) に従い、各測定用チップ中のコロテリナイトを 100 点測定した。なお、測定した 100 点の平均ランダム反射率 (Hevia and Virgos, 1977) をビトリナイト反射率 (Rm) として示した。

炭素同位体比の分析方法

TOC 分析と同様に粉末試料を塩酸処理して炭酸塩鉱物を除去した後、遊離性炭化水素を除去するために塩化メチレン・メタノール (7:1) の混合有機溶媒にて洗浄した。洗浄後の試料を真空乾燥機にて 24 時間乾燥させた。乾燥させた試料は先に得られた TOC 値から含有有機炭素量が $40 \mu\text{g}$ になる様

に秤量し，石油資源開発（株）技術研究所所有の元素分析装置直結型 Euro Vector 社製 Euro EA3028-HT（燃焼温度 1030°C）に接続された安定同位体質量分析機 GV Instruments 社製 Isoprime にて $\delta^{13}\text{C}$ 値を測定した．測定誤差は標準試料の繰り返し測定から $\pm 0.10\%$ である．炭素安定同位体比は VPDB（Vienna Pee Dee Belemnite）を標準とした千分率偏差（‰）で表示した．炭素安定同位体比は以下の式で表される．

$$\delta^{13}\text{C} (\text{‰}) = \left[\frac{(\text{}^{13}\text{C} / \text{}^{12}\text{C})_{\text{sample}} - (\text{}^{13}\text{C} / \text{}^{12}\text{C})_{\text{VPDB}}}{(\text{}^{13}\text{C} / \text{}^{12}\text{C})_{\text{VPDB}}} \right] \times 1000$$

測定は，NBS19 とのキャリブレーションが保障された NBS22（国際標準試料）にて値付けされた二次標準試料を 8～12 試料に 1 回の割合で分析し，補正を行った．なお，測定回数は，1 試料につき 3 回行い，本研究ではその平均値を用いて議論している．

結果

大型化石層序

1. 大型化石の産出

1. 1. 天塩中川地域

本研究で調査した範囲は西知良志内層，大曲層，オソウシナイ層，函淵層である（図 14）．西知良志内層は化石の産出頻度が極めて低い．石灰質団塊は直径 10 cm 以下のものが稀に見つかるが，本研究の調査において化石を含むものは見つからなかった．本層で見つかる化石は母岩中に含まれるもので保存状態は良くない．本調査で発見された化石で種まで同定されたものは *I. amakusensis*（露頭番号 N20073；図 18F；高橋・本田，2013）のみである．種が同定できないほど砕かれたイノセラムス類の化石は本層全体の母岩中で多数発見できる．また，30～50 cm の大型イノセラムス類が母岩中で脈状に含まれているのを稀に確認できるが壊さずに採取することができず，種の同定には至っていない．

大曲層も西知良志内層と同様に化石の産出頻度が極めて低い．本調査ではイノセラムス科以外の二枚貝類が砂岩中から見つかったが，保存良好なアンモナイト類やイノセラムス類の化石は見つからなかった．砂岩泥岩互層の泥岩部からは種が同定できないほど砕かれたイノセラムス類の化石が稀に確

認された。

オソウシナイ層は天塩中川地域に露出する白亜系の各層の中でも化石の産出頻度は高く（例えば，高橋ほか，2003），石灰質団塊中に含まれる化石は極めて保存状態が良い。本調査においても特に本層上部で多くの化石が発見された（図 14）。特に，*Sphenoceras naumanni* (Yokoyama), *S. sachalinensis* (Sokolow), *S. schmidti* (Michael) などの *Sphenoceras* 属のイノセラムス

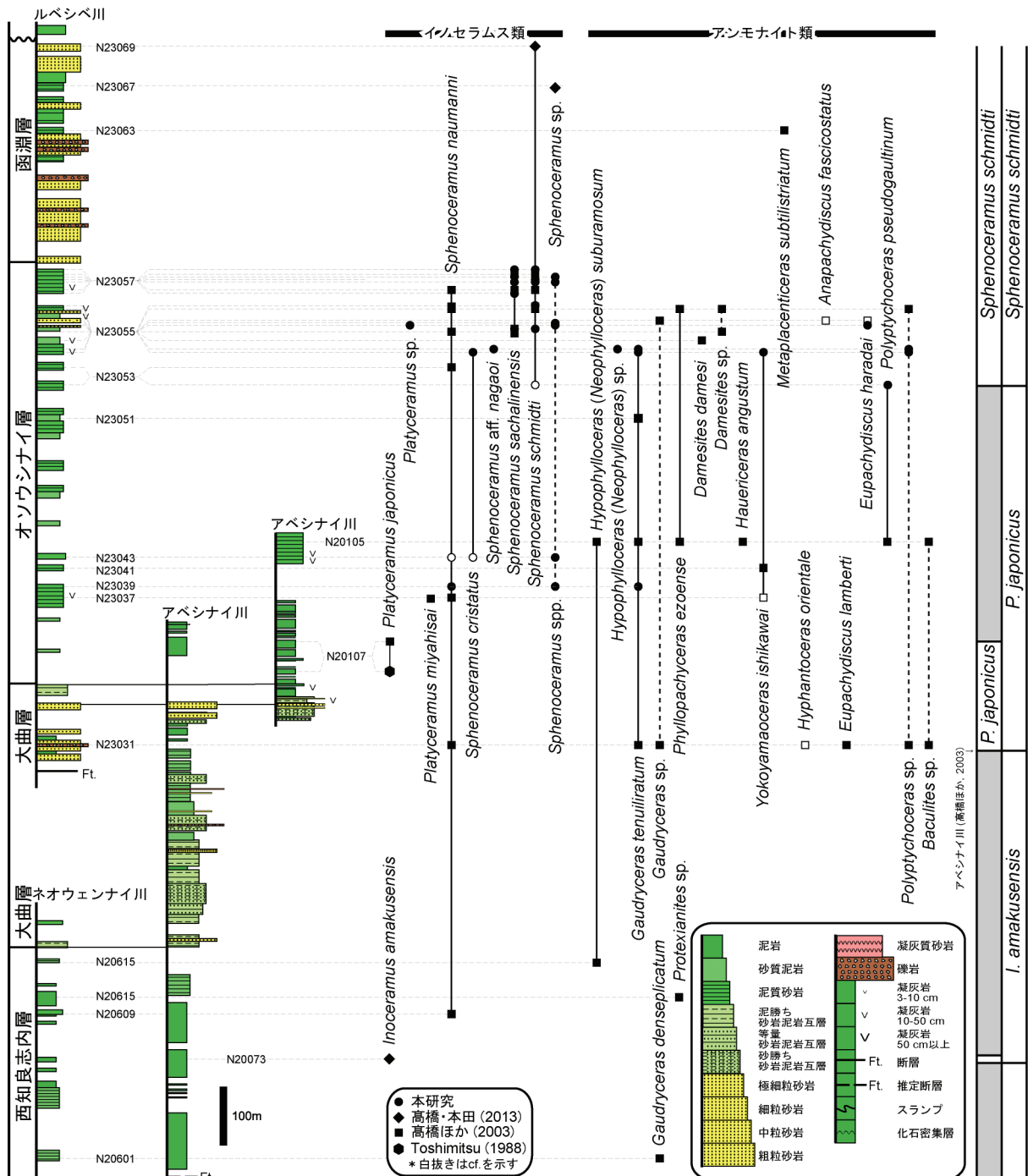


図 14 天塩中川地域の柱状図および大型化石の産出層序分布。なお，ネオウエンナイ川と函淵層上部の柱状図は高橋ほか (2003) より引用している。

類が多く産出した（図 14）。アンモナイト類では *Yokoyamaoceras ishikawai* (Jimbo) や *Eupachydiscus haradai* Jimbo が保存良好に産出した。また、母岩中からは、おそらく *Polyptychoceras* 属と思われる破片が本層の泥岩中から全体的に確認されるが同定には至らない。本調査で保存良好に産出した *Polyptychoceras* 属の化石は、露頭番号 N23053 で発見された *Polyptychoceras pseudogaultinum* (Yokoyama) のみである（図 14）。

函淵層は大型化石の産出頻度が極めて低く、アンモナイト類は *Metaplacenticerus subtilistriatum* (Jimbo) が露頭番号 N23063 から発見されているのみである（高橋ほか, 2003）。また、イノセラムス類は露頭番号 N23067 から *Sphenoceras* 属に同定される化石が 2 個体、露頭番号 N23069 から *S. schmidti* に同定される化石が 1 個体、*Sphenoceras* 属に同定される化石が 1 個体、発見されているのみである（高橋・本田, 2013）。

1. 2. 小平地域

本研究で調査した範囲は羽幌川層のみである（図 15）。調査範囲の最下部は羽幌川層内の上記念別砂岩部層であり、本部層からは *I. uwajimensis* Yehara が母岩中から多く見つかる（図 15）。同種の初産出層準は本部層より約 25m 下位に位置し（舟木・平野, 2004）、今回の調査範囲内には露出していない。上記念別砂岩部層の直上の泥岩中には *I. uwajimensis* の密集層（露頭番号 O40019）が確認される。本密集層から上位およそ 250 m の範囲は、露頭が連続的に露出し石灰質団塊も数多く確認されるが大型化石の産出頻度は極めて低く、本調査では大型化石の産出はなかった（図 15）。

羽幌川層下部付近（露頭番号 O40033）から羽幌川層中部付近（露頭番号 O36101）にかけては Toshimitsu(1988)や大泉ほか(2005)により *I. amakusensis* の産出が報告されている。本調査での同種の産出は石灰質団塊から見つかった露頭番号 O36065（図 18D）と O36085 のそれぞれ 1 個体のみである。*I. amakusensis* が産出する範囲からは他にイノセラムス類の *S. naumanni* が石灰質団塊から多く見つかり、アンモナイト類では石灰質団塊から *Damesites damesi* (Jimbo)（露頭番号 O36021）、*Hauericeras angustum* Yabe（露頭番号 O36069）、*Polyptychoceras yubarense* (Yabe)（露頭番号 O36079 など）が産出し、母岩中からは、数多くの *Polyptychoceras* 属の破片と *Gaudryceras* 属が見

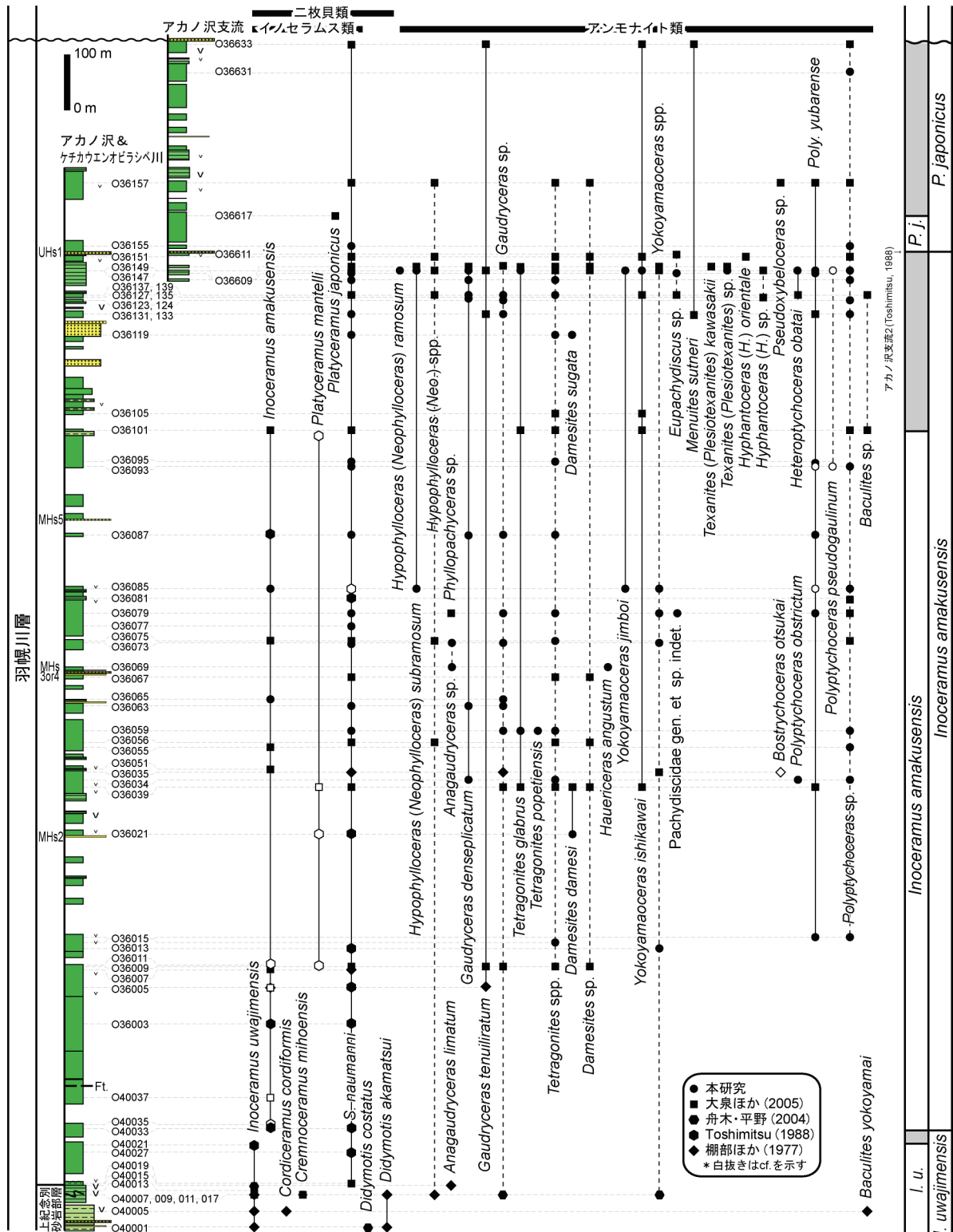


図15 小平地域の柱状図および大型化石の産出層序分布. 柱状図の岩相の凡例は図14を参照.

つかる (図 15).

筆者らの手持ちデータでは, *P. japonicus* は中粒砂岩鍵層 UHs1 の約 70 m 上位から得られたもの (図 15; 露頭番号 O36617; 大泉ほか, 2005) が初産出である. 一方, Toshimitsu (1988) は複数のルートで UHs1 の直上から *P.*

japonicus を報告している。したがって、同種の真の初産出層準はより下位の UHs1 付近にあると推定される。調査ルート of UHs1 直下は化石を多く含む石灰質団塊が特に多く見つかかり、過去の産出記録も含め産出は豊富である。本層準からは *Yokoyamaoceras ishikawai* や *Texanites (Plesiotexanites) sp.* が産出している。*P. japonicus* の産出層準より上位になると極端に石灰質団塊の含まれる量が少なくなり、本調査では母岩中から *Polyptychoceras* 属の破片と *Gaudryceras* 属の化石が見つかったのみである (図 15)。

1. 3. 大夕張地域

本研究で調査した範囲は佐久層上部、鹿島層、函淵層である (図 16)。佐久層上部は大型化石の産出頻度が高く、得に石灰質団塊から保存良好な大型化石が産出した。アンモナイト類では、本邦でチューロニアン階中部から上部を指標する *Mesopuzosia pacifica* Matsumoto が産出しており (図 16)、イノセラムス類では *I. hobetsensis* Nagao and Matsumoto (図 18A)、*I. teshioensis* Nagao and Matsumoto (図 18B)、*I. tenuistriatus* Nagao and Matsumoto、*I. pedalionoides* Nagao and Matsumoto の産出が確認された (図 16)。大夕張地域のこれまでの研究では、*I. hobetsensis* の初産出層準は、白金川に露出する佐久層下部 (Kawabe, 2000)、*I. teshioensis* の初産出層準は、白金川に露出する佐久層上部 (Hasegawa, 1997) であり、*I. hobetsensis* の初産出層準は本調査範囲よりも下位の層準、*I. teshioensis* の初産出層準は本研究の結果とほぼ同層準か少し下位である (図 16)。*I. pedalionoides* と *I. tenuistriatus* の 2 種に関しては本調査範囲よりも下位からの産出報告はないことから (例えば、Kawabe, 2000)、大夕張地域での初産出層準を示すと推察される (図 16)。

鹿島層の最下部からは引き続き *I. hobetsensis* が産出し、下部に *I. uwajimensis* の初産出層準 (露頭番号 Y52031) がある (図 16)。その直上に *I. uwajimensis* の密集層が真谷地沢の 1 露頭 (露頭番号 Y52039) で確認される (図 16)。本密集層から上位およそ 500 m の範囲は、露頭の露出状況が悪いため、大型化石の産出頻度も極めて低く、詳細は不明であるが、その範囲の一部からも *I. uwajimensis* が産出する (図 16)。本層の中部付近から上部にかけては *I. amakusensis* と思われる大型のイノセラムスが確認される。こ

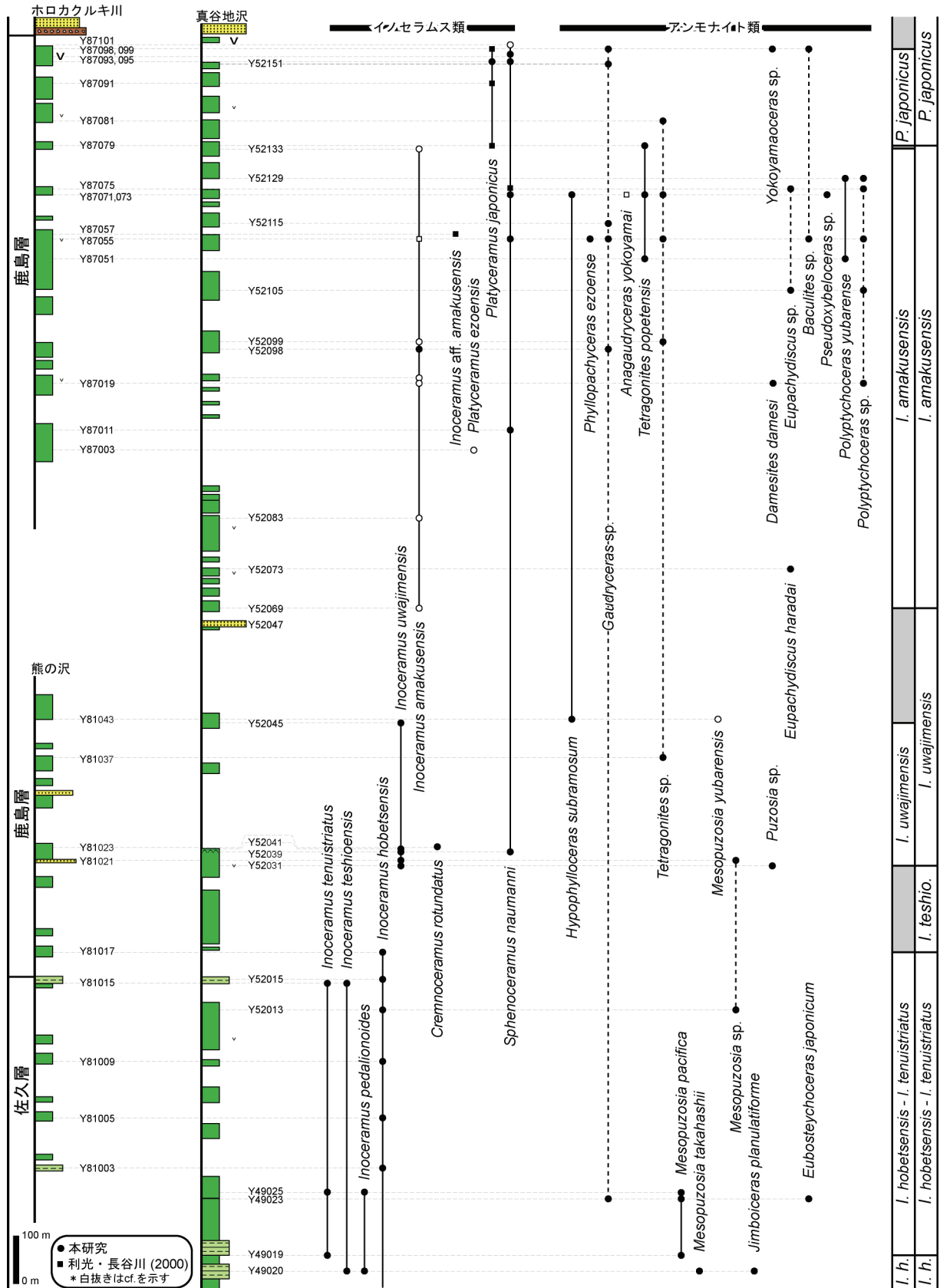


図16 大夕張地域の柱状図および大型化石の産出層序分布. 柱状図の岩相の凡例は図14を参照.

これらの全てはかなり保存状態が悪く、見つかるものは破片的なものである。利光・長谷川（2000）で報告された *I. amakusensis* も同様に保存状態が悪く

破片化したものであるとされている。そのため、本調査地域において詳細な *I. amakusensis* の初産出層準と終産出層準を定めるのは困難である。*I. cf. amakusensis* の産出範囲の露頭の露出は良いが化石の産出は極めて稀であり、他のイノセラムス類としては、*Platyceramus cf. ezoensis* (Yokoyama) と *S. naumanni* が産出している (図 16)。本層の最上部付近には *P. japonicus* の初産出層準がある (図 16)。その産出は少なくとも鹿島層と函淵層の境界付近まで続く (図 16)。なお、函淵層での化石の産出はない (図 16)。

1. 4. 穂別富内地域

本研究で調査した範囲は鹿島層、函淵層である (図 17)。穂別富内地域に分布する鹿島層は、大夕張地域に分布する鹿島層と比べて化石の産出頻度は高い。産出した化石はアンモナイト類が *Yokoyamaoceras ishikawai* や *Eupachydiscus haradai*, *Polyptychoceras pseudogaultinum* である。イノセラムス類は本層下部で *I. amakusensis* が露頭番号 H21003 の石灰質団塊から 1 個体、露頭番号 H20023 の母岩から 1 個体が産出した (図 17)。本層中部から上部にかけては *P. japonicus* が連続的に産出している。本研究で調査した他の地域でも *P. japonicus* は産出しているが、特に穂別富内地域の同種の産出は多い (図 17)。他にも *S. naumanni* や *P. ezoensis* が産出している。

函淵層は露頭番号 H20075 と露頭番号 H10043 の 2 層準のみ大型化石の産出が確認された (図 17)。露頭番号 H20075 は *S. naumanni*, *S. orientalis*, *S.*

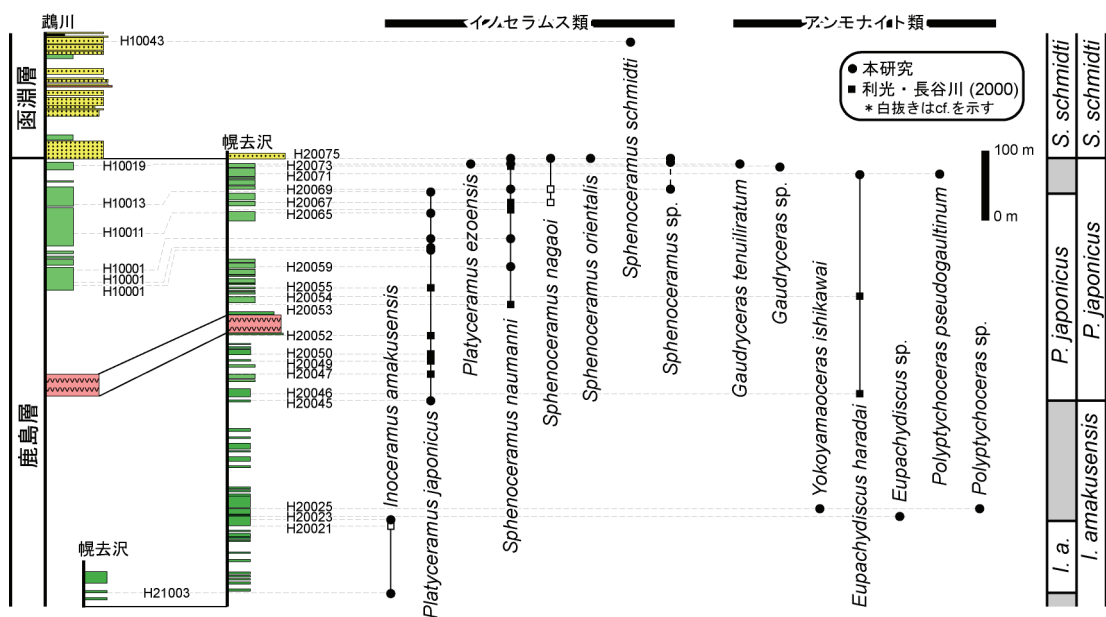


図17 穂別富内地域の柱状図および大型化石の産出層序分布。柱状図の岩相の凡例は図14を参照。

nagaoi が産出し，露頭番号 H10043 は *S. schmidtii* と *Sphenoceras* 属のイノセラムス類が産出した（図 17）．

2. イノセラムス化石帯の設定

本研究では，舟木・平野（2004）によって認定されたイノセラムス化石帯に加え，それより上位の層準も加えて化石層序区分を行い，従来の研究（例えば，利光ほか，1995）で認められた化石帯の認定を試みた．その結果，本研究においては，以下のように 1 つの共存区間帯，1 つの部分区間帯，4 つの間隔帯が確認された（図 14-17）．

(1) *Inoceramus hobetsensis* – *teshioensis* 共存区間帯 [舟木・平野（2004）]
[設定] *I. teshioensis* の初産出層準から *I. hobetsensis* の終産出層準までの層序区間．

[分布] 小平地域では佐久層に分布し（舟木・平野，2004），大夕張地域では佐久層から鹿島層にかけて分布する（図 16）．なお，大夕張地域では *I. hobetsensis* の終産出層準が *I. teshioensis* の終産出層準より上位にある（図 16）．これは産出頻度の低さが要因と考えられるが，*I. hobetsensis* の終産出層準については今後の検討課題である．

(2) *I. teshioensis* 部分区間帯 [舟木・平野（2004）]

[設定] *I. hobetsensis* の終産出層準から *I. uwajimensis* の初産出層準までの層序区間．

[分布] 小平地域では佐久層から羽幌川層最下部にかけて分布する（舟木・平野，2004）．なお，大夕張地域では上記の通り，*I. hobetsensis* の終産出層準が *I. teshioensis* の終産出層準より上位にあることから，本帯内での示帯種の産出はない（図 16）．

(3) *Inoceramus uwajimensis* 間隔帯 [Matsumoto（1959），利光ほか（1995），舟木・平野（2004）]

[設定] *I. uwajimensis* の初産出層準から *I. amakusensis* の初産出層準までの層序区間．

[分布] 小平地域では羽幌川層下部に分布し（図 15），本調査範囲より下位およそ 25 m に *I. uwajimensis* の初産出層準が存在する（舟木・平野，2004）．大夕張地域では鹿島層に分布する（図 16）．

(4) *Inoceramus amakusensis* 間隔帯 [Matsumoto (1959), 利光ほか (1995) を一部修正]

[修正設定] *I. amakusensis* の初産出層準から *P. japonicus* の初産出層準までの層序区間.

[分布] 天塩中川地域では, 西知良志内層から大曲層上部にかけて分布し(図 14), 小平地域では羽幌川層下部から上部に分布する(図 15). 大夕張地域と穂別富内地域では共に鹿島層に分布する(図 16, 17).

(5) *Platyceramus japonicus* 間隔帯 [Matsumoto (1959), 利光ほか (1995) を一部修正]

[修正設定] *P. japonicus* の初産出層準から *S. schmidti* の初産出層準までの層序区間. 利光ほか(1995)は, *P. japonicus* 帯の上位に *S. orientalis*-*S. schmidti*-*P. chicoensis* 帯を設定している. この示帯種の中で蝦夷層群からの産出報告が最も多い *S. schmidti* の初産出層準を本帯の上限とした. また, 本研究では *S. orientalis* と *P. chicoensis* の初産出層準は *S. schmidti* の初産出層準を示すと判断している.

[分布] 天塩中川地域では, 大曲層上部からオソウシナイ層にかけて分布する(図 14). 小平地域では羽幌川層上部に分布する(図 15). 上述の通り, 小平地域全体での *P. japonicus* の初産出層準は中粒砂岩鍵層 UHs1 付近である(Toshimitsu, 1988). 一方, 現段階で *S. schmidti* の産出がないことから本帯の上限は露出していないと考えられる. 大夕張地域と穂別富内地域では共に鹿島層に分布する(図 16, 17). 両地域とも函淵層の直下付近まで *P. japonicus* の産出が確認されているが, 大夕張地域では函淵層から大型化石の産出が確認されていないことから本帯が函淵層まで至るかは現段階で不明である(図 16). 穂別富内地域では函淵層の最下限から *S. orientalis* の産出が報告されている(利光・長谷川, 2000) ことから本帯は鹿島層最上部までである(図 17).

(6) *Sphenoceramus schmidti* 間隔帯 [Matsumoto (1959), 利光ほか (1995) を一部修正]

[修正設定] *S. schmidti*, *S. orientalis*, *P. chicoensis* の初産出層準の内, 最も下位の層準から *Mytiloides shimanukii* Matsumoto and Noda の初産出層準ま

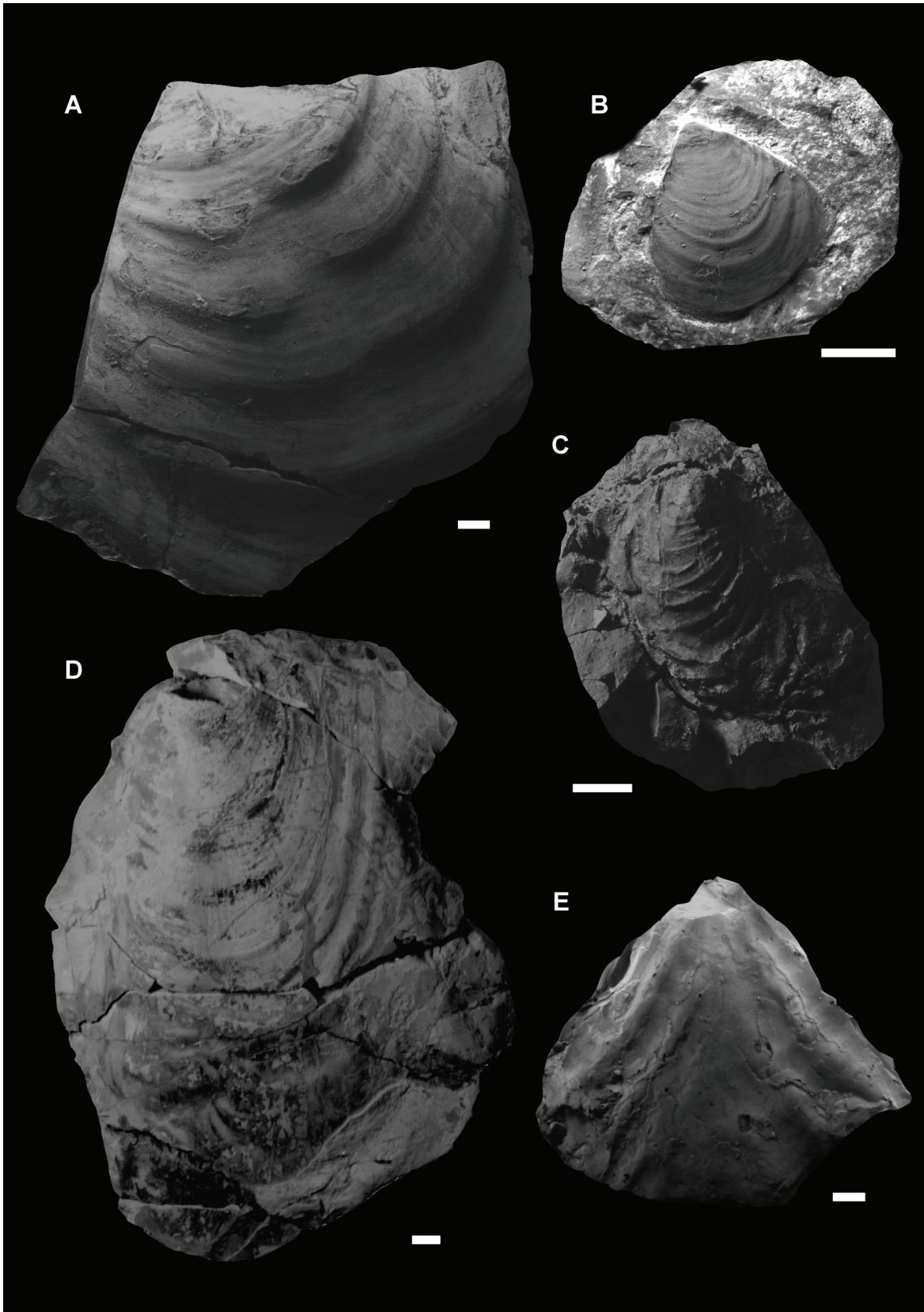


図18-1 示帯種のイノセラムス化石の写真。スケールは1 cmを示す。A : *Inoceramus hobetsensis* Nagao and Matsumoto ; 大夕張地域Y81009, B : *Inoceramus teshioensis* Nagao and Matsumoto ; 大夕張地域Y52015, C : *Inoceramus uwajimensis* Yehara ; 大夕張地域Y52039, D : *Inoceramus amakusensis* Nagao and Matsumoto ; 小平地域O36065, E : *Platyceramus japonicus* (Nagao and Matsumoto) ; 大夕張地域Y87091.

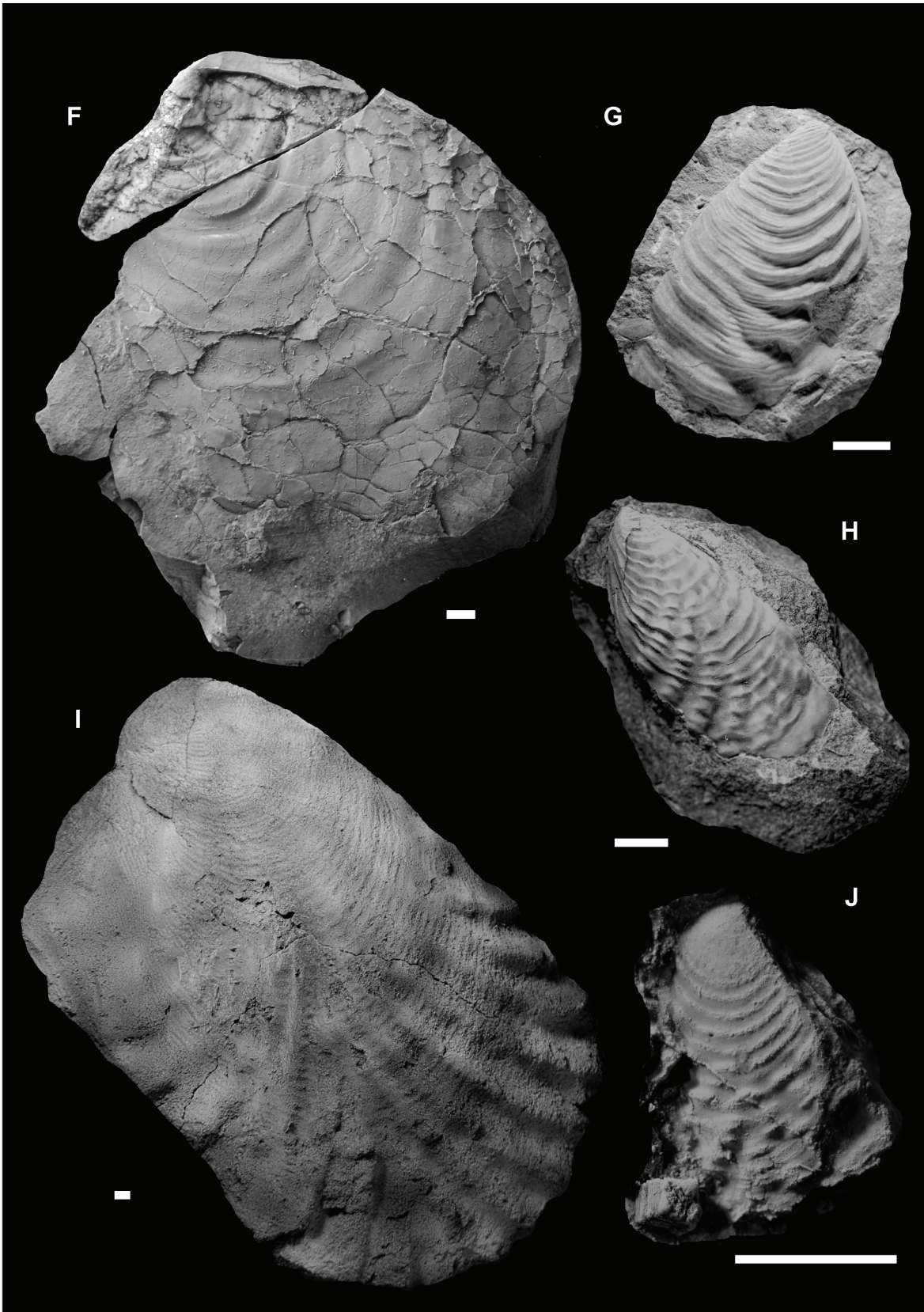


図18-2 示帯種のイノセラムス化石の写真。スケールは1 cmを示す。F : *Inoceramus amakusensis* Nagao and Matsumoto ;
 天塩中川地域N20073 (高橋・本田, 2013) , G : *Sphenoceramus orientalis* (Sokolow) ; 穂別富内地域H20075, H :
Sphenoceramus schmidtii (Michael) ; 天塩中川地域N23057, I : *S. schmidtii* ; 穂別富内地域H10043, J : *S. schmidtii* ;
 天塩中川地域N23069 (高橋・本田, 2013) .

での層序区間.

[分布]天塩中川地域では,オソウシナイ層から函淵層にかけて分布する(図 14). 穂別富内地域では函淵層に分布する(図 17). ただし, 現段階で天塩中川地域と穂別富内地域の両地域で *M. shimanukii* の産出がないことから本帯の上限は露出していないと考えられる. 小平地域と大夕張地域では本帯を示し得る大型化石の産出報告はない(図 15, 16).

有機物の組成とタイプ

1. ロックエバル分析

1. 1. 天塩中川地域

S1 は全試料が $0.01 \text{ mg}_{\text{HC}}/\text{g}_{\text{Rock}}$ 以下の値, S2 は泥岩が $0.10 \sim 0.59 \text{ mg}_{\text{HC}}/\text{g}_{\text{Rock}}$, 砂岩が $0.01 \sim 0.09 \text{ mg}_{\text{HC}}/\text{g}_{\text{Rock}}$ の間の値, S3 は $0.08 \sim 0.74 \text{ mg}_{\text{HC}}/\text{g}_{\text{Rock}}$ の間の値と全体的に低い数値が測定された(表 9). S2 と TOC から求められる H.I. と T_{max} の結果をプロットした図より評価されるケロジェンタイプは, 測定できた全ての試料がタイプ III の範囲に分布した(図 19). なお, S2 値が低すぎるため正確に T_{max} 値が測定できなかったものは, 砂岩の NAB-048, 050, 503, 504, 506, NRB-003 の 6 試料である(表 9).

1. 2. 小平地域

S1 は全試料が $0.02 \text{ mg}_{\text{HC}}/\text{g}_{\text{Rock}}$ 以下の値, S2 は $0.08 \sim 0.52 \text{ mg}_{\text{HC}}/\text{g}_{\text{Rock}}$ の間の値, S3 は $0.06 \sim 0.59 \text{ mg}_{\text{HC}}/\text{g}_{\text{Rock}}$ の間の値と全体的に低い数値が測定された(表 10). H.I. と T_{max} の結果をプロットした図より評価されるケロジェンタイプは, 測定した全ての試料がタイプ III の範囲に分布した(図 20).

1. 3. 大夕張地域

S1 は MYC-001 が $0.07 \text{ mg}_{\text{HC}}/\text{g}_{\text{Rock}}$ と最大値を示し, MYC-069 と MYC-081 がそれぞれ $0.04 \text{ mg}_{\text{HC}}/\text{g}_{\text{Rock}}$, $0.05 \text{ mg}_{\text{HC}}/\text{g}_{\text{Rock}}$ と他の試料が示す値より若干高い. 他の試料は, $0.03 \text{ mg}_{\text{HC}}/\text{g}_{\text{Rock}}$ 以下の値を示し, ほとんどが $0.01 \text{ mg}_{\text{HC}}/\text{g}_{\text{Rock}}$ である(表 11). S2 は測定した全ての試料が $0.11 \sim 0.50 \text{ mg}_{\text{HC}}/\text{g}_{\text{Rock}}$ の間の値を示し, S3 は $0.04 \sim 0.38 \text{ mg}_{\text{HC}}/\text{g}_{\text{Rock}}$ の間と全体的に低い数値が測定された(表 11). H.I. と T_{max} の結果をプロットした図より評価されるケロジェンタイプは, 測定した全ての試料がタイプ III の範囲に分布した(図 21).

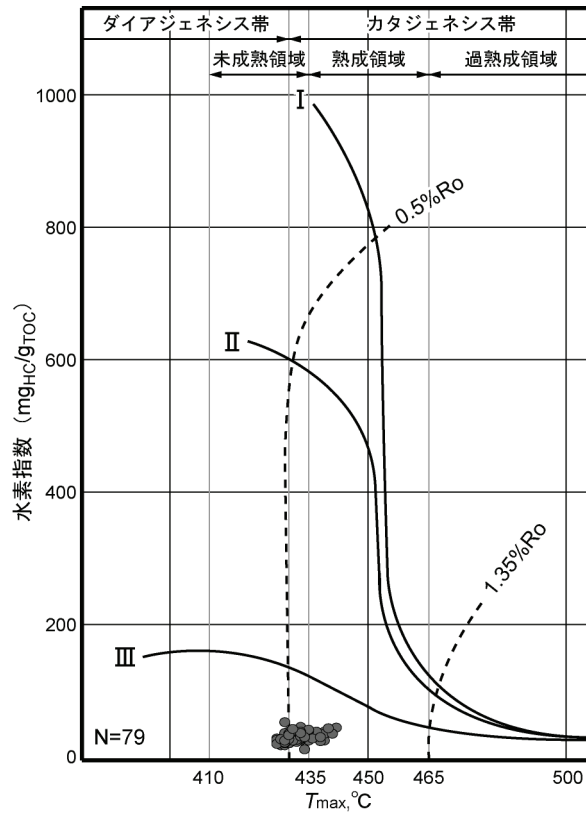


図19 天塩中川地域のロックエバル分析結果のうち、S2とTOCから求められる水素指数と T_{max} の結果をプロットした図.

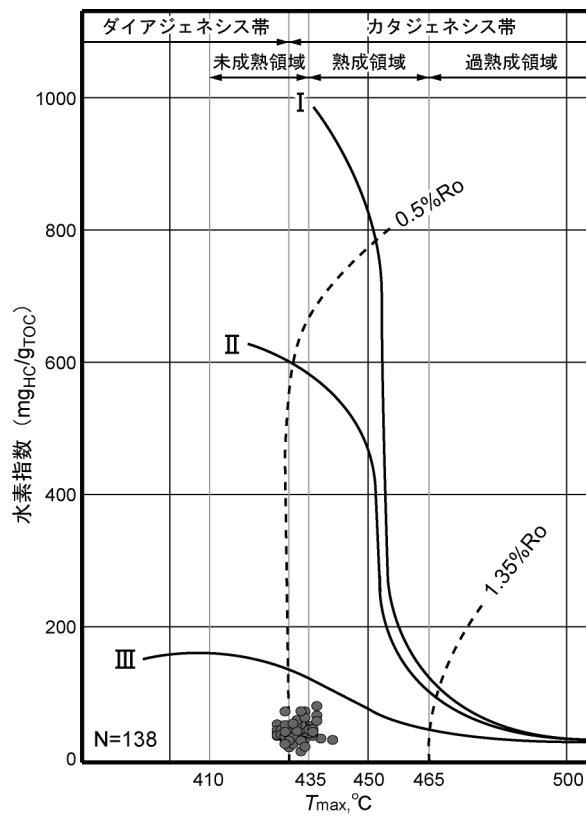


図20 小平地域のロックエバル分析結果のうち、S2とTOCから求められる水素指数と T_{max} の結果をプロットした図.

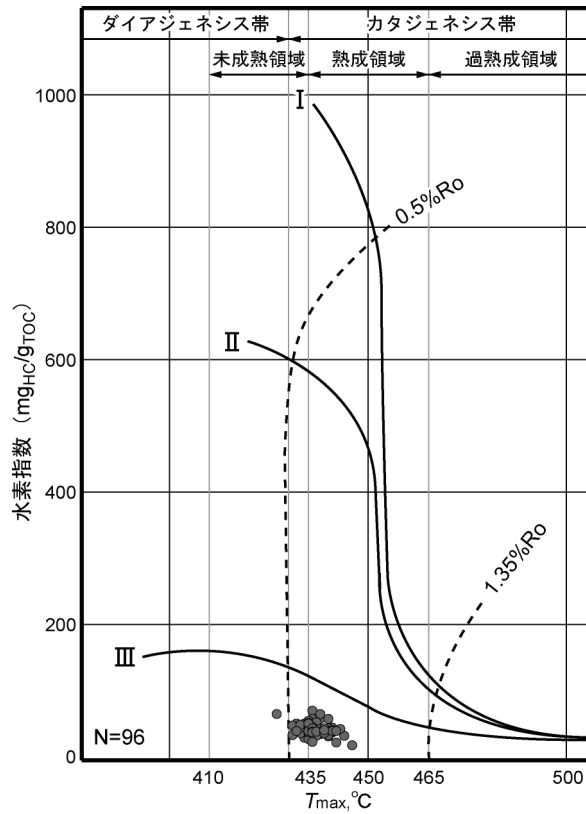


図21 大夕張地域のロックエバル分析結果のうち、S2とTOCから求められる水素指数と T_{max} の結果をプロットした図。

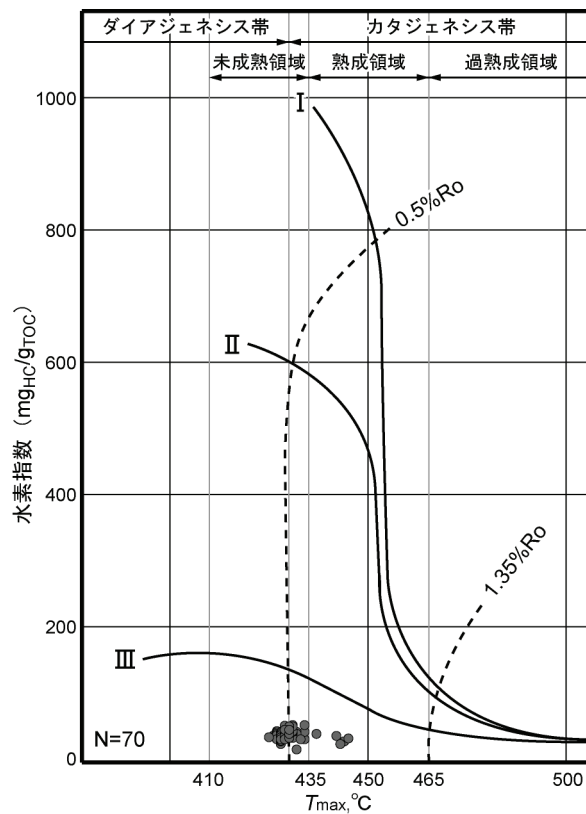


図22 穂別富内地域のロックエバル分析結果のうち、S2とTOCから求められる水素指数と T_{max} の結果をプロットした図。

1. 4. 穂別富内地域

S1は全試料が 0.01 mg_{HC}/g_{Rock} 以下の値, S2は泥岩が 0.10~0.59 mg_{HC}/g_{Rock}, 砂岩が 0.00~0.08 mg_{HC}/g_{Rock} の間の値, S3は 0.07~0.52 mg_{HC}/g_{Rock} の間の値

表9 天塩中川地域で採取した堆積岩試料のロックエバル分析で得られた測定値.

試料名	S1(mg/g)	S2(mg/g)	S3(mg/g)	H.I.(mg/g)	O.I.(mg/g)	T _{max} (°C)	試料名	S1(mg/g)	S2(mg/g)	S3(mg/g)	H.I.(mg/g)	O.I.(mg/g)	T _{max} (°C)
NAB-001	0.00	0.19	0.20	29.83	31.40	429	NAB-504	0.00	0.01	0.18	26.44	475.92	—
NAB-002	0.00	0.29	0.22	33.95	25.76	438	NAB-505	0.00	0.33	0.25	44.37	33.62	429
NAB-003	0.00	0.22	0.34	31.14	48.13	430	NAB-506	0.00	0.01	0.28	20.83	583.33	—
NAB-004	0.00	0.18	0.34	30.68	57.95	428	NAB-507	0.00	0.36	0.25	47.42	32.93	433
NAB-005	0.00	0.15	0.30	30.01	60.02	429	NAB-508	0.00	0.27	0.19	40.50	28.50	433
NAB-006	0.00	0.13	0.29	26.45	59.00	429	NAB-509	0.00	0.30	0.29	37.94	36.67	434
NAB-007	0.00	0.22	0.23	33.76	35.30	430	NAB-510	0.00	0.19	0.21	31.94	35.30	429
NAB-008	0.00	0.13	0.28	23.97	51.64	427	NAB-511	0.01	0.28	0.29	38.55	39.93	434
NAB-009	0.00	0.14	0.28	25.04	50.07	429	NAB-512	0.00	0.07	0.11	36.15	56.81	441
NAB-010	0.00	0.19	0.24	29.46	37.22	431	NAB-513	0.01	0.28	0.31	39.59	43.83	433
NAB-011	0.00	0.20	0.30	30.57	45.86	428	NAB-514	0.00	0.26	0.27	37.19	38.62	433
NAB-012	0.01	0.29	0.30	37.05	38.32	433	NAB-515	0.00	0.16	0.28	30.72	53.76	427
NAB-013	0.01	0.23	0.36	33.14	51.86	429	NAB-516	0.00	0.15	0.32	30.24	64.52	429
NAB-014	0.00	0.19	0.33	30.47	52.92	429	NAB-517	0.01	0.42	0.40	47.88	45.60	435
NAB-015	0.00	0.24	0.40	33.15	55.26	430	NAB-518	0.00	0.15	0.28	26.72	49.87	427
NAB-016	0.00	0.15	0.41	24.56	67.12	430	NAB-519	0.00	0.16	0.19	34.99	41.55	427
NAB-017	0.00	0.21	0.36	29.75	51.00	428	NAB-520	0.01	0.17	0.26	37.61	57.52	427
NAB-018	0.00	0.18	0.57	30.22	95.71	427	NAB-521	0.01	0.32	0.36	43.91	49.40	433
NAB-019	0.00	0.15	0.30	25.06	50.12	430	NAB-522	0.01	0.17	0.33	27.19	52.79	427
NAB-020	0.00	0.17	0.27	29.73	47.22	427	NAB-523	0.01	0.20	0.34	36.62	62.26	430
NAB-021	0.00	0.18	0.33	31.79	58.28	427	NAB-524	0.01	0.22	0.31	33.84	47.69	427
NAB-022	0.00	0.18	0.25	39.20	54.45	431	NAB-525	0.00	0.18	0.35	29.41	57.19	432
NAB-023	0.00	0.26	0.39	42.88	64.32	435	NAB-526	0.00	0.15	0.32	25.48	54.35	427
NAB-024	0.01	0.03	0.27	15.95	143.59	434	NAB-527	0.01	0.15	0.33	27.87	61.32	428
NAB-025	0.01	0.18	0.28	38.64	60.10	439	NAB-528	0.00	0.21	0.30	31.28	44.68	429
NAB-026	0.00	0.21	0.36	40.02	68.60	434	NAB-529	0.01	0.21	0.29	32.11	44.34	427
NAB-027	0.00	0.21	0.31	42.14	62.20	433	NAB-530	0.00	0.16	0.19	33.14	39.35	435
NAB-028	0.01	0.33	0.34	40.63	41.86	437	NAB-531	0.00	0.18	0.20	34.01	37.79	436
NAB-029	0.00	0.59	0.37	48.37	30.33	442	NAB-532	0.00	0.18	0.19	34.17	36.07	437
NAB-030	0.01	0.37	0.42	41.88	47.54	437	NAB-533	0.00	0.16	0.15	34.95	32.76	435
NAB-031	0.01	0.42	0.39	56.40	52.38	429	NAB-534	0.00	0.15	0.11	28.68	21.03	433
NAB-032	0.01	0.38	0.43	46.27	52.35	431	NAB-535	0.00	0.15	0.21	32.10	44.95	430
NAB-033	0.00	0.27	0.31	40.28	46.24	429	NRB-001	0.01	0.26	0.60	40.30	92.99	435
NAB-034	0.01	0.33	0.45	40.19	54.81	433	NRB-002	0.01	0.21	0.38	35.21	63.72	429
NAB-035	0.01	0.28	0.51	37.01	67.41	430	NRB-003	0.00	0.02	0.22	27.60	303.56	—
NAB-036	0.00	0.13	0.30	34.20	78.92	434	NRB-004	0.00	0.09	0.40	28.12	124.98	438
NAB-037	0.00	0.17	0.34	32.05	64.09	436	NRB-005	0.01	0.32	0.54	40.29	67.99	429
NAB-038	0.00	0.32	0.25	41.75	32.62	433	NRB-006	0.00	0.13	0.49	25.45	95.93	427
NAB-039	0.01	0.28	0.34	35.28	42.83	439	NRB-007	0.00	0.26	0.44	36.91	62.46	432
NAB-040	0.01	0.43	0.44	44.98	46.02	435	NRB-008	0.00	0.22	0.45	34.59	70.75	430
NAB-041	0.01	0.36	0.33	42.59	39.04	435	NRB-009	0.00	0.28	0.43	38.94	59.80	434
NAB-042	0.01	0.39	0.41	48.50	50.98	433	NRB-010	0.00	0.16	0.74	28.52	131.92	433
NAB-043	0.01	0.39	0.42	46.64	50.23	440	NRB-011	0.00	0.14	0.41	23.01	67.40	429
NAB-044	0.01	0.32	0.44	41.49	57.05	430	NRB-012	0.00	0.15	0.35	28.01	65.35	432
NAB-045	0.01	0.32	0.35	38.76	42.40	430	NRB-013	0.00	0.21	0.48	25.07	57.30	435
NAB-046	0.01	0.25	0.33	35.35	46.66	433	NRB-014	0.01	0.16	0.36	29.35	66.04	430
NAB-047	0.01	0.32	0.47	38.67	56.80	441	NRB-015	0.00	0.15	0.26	22.09	38.29	429
NAB-048	0.00	0.01	0.08	26.99	215.95	—	NRB-016	0.00	0.22	0.33	35.12	52.68	431
NAB-049	0.01	0.22	0.34	34.99	54.08	432	NRB-017	0.01	0.19	0.26	26.95	36.88	427
NAB-050	0.00	0.02	0.22	40.94	450.33	—	NRB-018	0.00	0.24	0.30	41.93	52.41	439
NAB-051	0.00	0.18	0.27	31.52	47.29	433	NRB-019	0.01	0.22	0.19	35.28	30.47	430
NAB-052	0.00	0.15	0.26	29.82	51.70	432	NRB-020	0.01	0.19	0.17	31.10	27.83	431
NAB-053	0.01	0.18	0.29	28.31	45.61	429	NRB-021	0.01	0.21	0.21	35.40	35.40	436
NAB-054	0.00	0.17	0.35	30.31	62.41	429	NRB-022	0.00	0.16	0.18	31.28	35.19	438
NAB-055	0.00	0.18	0.29	31.49	50.74	433	NRB-023	0.00	0.10	0.19	27.44	52.14	427
NAB-056	0.01	0.18	0.34	29.56	55.83	427	NRB-024	0.00	0.32	0.39	33.38	40.68	433
NAB-501	0.01	0.33	0.28	42.01	35.64	428	NRB-025	0.00	0.19	0.24	27.27	34.45	430
NAB-502	0.01	0.33	0.22	46.70	31.13	432	NRB-026	0.00	0.20	0.32	29.01	46.41	439
NAB-503	0.00	0.02	0.48	48.67	1167.97	—	NRB-027	0.00	0.02	0.09	21.68	97.56	428

* T_{max}の — はS2の測定値が低いため、正確な測定が出来なかったことを示す。

表10 小平地域で採取した堆積岩試料のロックエバル分析で得られた測定値.

試料名	S1(mg/g)	S2(mg/g)	S3(mg/g)	H.I.(mg/g)	O.I.(mg/g)	T _{max} (°C)	試料名	S1(mg/g)	S2(mg/g)	S3(mg/g)	H.I.(mg/g)	O.I.(mg/g)	T _{max} (°C)
OKF-001	0.01	0.41	0.18	75.75	33.25	434	AKN-059	0.00	0.31	0.19	43.55	26.69	431
OKF-002	0.01	0.13	0.06	23.24	10.73	434	AKN-060	0.00	0.32	0.21	44.40	29.14	434
OKF-003	0.01	0.35	0.22	57.42	36.09	431	AKN-061	0.00	0.31	0.19	42.97	26.34	432
OKF-004	0.01	0.36	0.23	66.39	42.42	434	AKN-062	0.00	0.30	0.20	41.72	27.81	433
OKF-005	0.01	0.45	0.23	82.14	41.98	437	AKN-063	0.00	0.36	0.18	51.50	25.75	434
OKF-006	0.01	0.38	0.25	68.69	45.19	437	AKN-064	0.01	0.30	0.16	40.42	21.55	436
OKF-007	0.00	0.34	0.24	62.98	44.45	432	AKN-065	0.01	0.27	0.15	37.76	20.98	430
OKF-008	0.00	0.34	0.19	61.04	34.11	437	AKN-066	0.00	0.25	0.11	39.46	17.36	436
OKF-009	0.01	0.33	0.25	55.93	42.37	433	AKN-067	0.01	0.24	0.11	43.83	20.09	433
OKF-010	0.01	0.33	0.33	55.48	55.48	432	AKN-068	0.01	0.16	0.28	41.62	72.83	429
OKF-011	0.01	0.40	0.28	75.50	52.85	434	AKN-069	0.00	0.08	0.21	32.97	86.54	441
AKN-001	0.01	0.38	0.25	46.52	30.60	432	AKN-070	0.00	0.27	0.14	44.15	22.89	435
AKN-002	0.01	0.36	0.25	45.28	31.44	436	AKN-071	0.00	0.26	0.21	42.26	34.13	430
AKN-003	0.01	0.40	0.33	49.13	40.53	436	AKN-072	0.01	0.20	0.14	47.17	33.02	436
AKN-004	0.01	0.39	0.31	47.75	37.95	432	AKN-073	0.01	0.30	0.12	40.06	16.02	434
AKN-005	0.01	0.37	0.37	47.81	47.81	435	AKN-074	0.02	0.38	0.15	51.46	20.31	431
AKN-006	0.01	0.34	0.31	48.67	44.38	434	AKN-501	0.00	0.23	0.08	45.01	15.66	436
AKN-007	0.01	0.40	0.31	48.36	37.48	433	AKN-502	0.01	0.23	0.08	36.06	12.54	434
AKN-008	0.01	0.34	0.26	48.53	37.11	433	AKN-503	0.02	0.17	0.12	33.83	23.88	429
AKN-009	0.02	0.41	0.32	56.15	43.82	429	AKN-504	0.00	0.22	0.29	36.76	48.45	429
AKN-010	0.01	0.38	0.37	50.10	48.78	431	AKN-505	0.00	0.22	0.10	39.88	18.13	427
AKN-011	0.01	0.29	0.19	44.78	29.34	429	AKN-506	0.00	0.21	0.07	40.11	13.37	428
AKN-012	0.02	0.37	0.28	53.60	40.56	432	AKN-507	0.00	0.30	0.11	46.87	17.19	431
AKN-013	0.01	0.26	0.26	40.71	40.71	434	AKN-508	0.00	0.28	0.12	48.24	20.67	428
AKN-014	0.00	0.24	0.35	40.60	59.21	430	AKN-509	0.01	0.25	0.20	47.18	37.75	427
AKN-015	0.01	0.30	0.30	42.81	42.81	435	AKN-510	0.00	0.25	0.16	42.41	27.14	428
AKN-016	0.00	0.28	0.27	37.49	36.15	429	AKN-511	0.00	0.22	0.16	39.53	28.75	430
AKN-017	0.00	0.25	0.36	39.61	57.04	429	AKN-512	0.01	0.31	0.17	48.20	26.43	431
AKN-018	0.00	0.24	0.34	37.33	52.89	431	AKN-513	0.01	0.32	0.17	50.46	26.81	432
AKN-019	0.00	0.21	0.30	36.65	52.36	431	AKN-514	0.01	0.31	0.18	45.45	26.39	432
AKN-020	0.00	0.21	0.40	33.13	63.11	430	AKN-515	0.01	0.36	0.21	50.43	29.42	431
AKN-021	0.00	0.17	0.21	27.17	33.57	431	AKN-516	0.01	0.37	0.19	49.79	25.57	431
AKN-022	0.00	0.16	0.33	26.85	55.38	429	AKN-517	0.01	0.23	0.13	40.17	22.71	429
AKN-023	0.00	0.19	0.27	31.77	45.15	433	AKN-518	0.01	0.37	0.15	48.27	19.57	430
AKN-024	0.00	0.29	0.18	44.73	27.76	434	AKN-519	0.01	0.34	0.23	47.28	31.98	430
AKN-025	0.00	0.21	0.29	35.72	49.33	430	AKN-520	0.01	0.48	0.18	53.12	19.92	435
AKN-026	0.00	0.20	0.27	36.27	48.96	432	AKN-521	0.00	0.32	0.17	44.96	23.88	434
AKN-027	0.00	0.29	0.22	40.53	30.75	433	AKN-522	0.01	0.30	0.20	44.72	29.82	431
AKN-028	0.00	0.29	0.20	40.67	28.05	428	AKN-523	0.01	0.37	0.23	50.16	31.18	433
AKN-029	0.00	0.32	0.24	44.33	33.24	432	AKN-524	0.02	0.33	0.27	52.59	43.03	431
AKN-030	0.00	0.28	0.31	38.97	43.15	432	AKN-525	0.01	0.37	0.29	49.30	38.64	431
AKN-031	0.01	0.19	0.12	35.27	22.28	430	AKN-526	0.01	0.37	0.21	49.70	28.21	430
AKN-032	0.00	0.27	0.22	38.58	31.44	433	AKN-527	0.01	0.32	0.23	42.97	30.88	429
AKN-033	0.00	0.31	0.19	41.58	25.49	433	AKN-528	0.01	0.33	0.30	42.86	38.97	432
AKN-034	0.00	0.21	0.11	36.61	19.18	433	AKN-529	0.01	0.52	0.26	54.39	27.20	433
AKN-035	0.00	0.29	0.18	40.36	25.05	430	AKN-530	0.00	0.21	0.59	34.59	97.18	438
AKN-036	0.00	0.25	0.29	34.92	40.51	431	AKN-531	0.01	0.28	0.12	38.82	16.64	430
AKN-037	0.01	0.29	0.18	43.26	26.85	431	AKN-532	0.00	0.27	0.16	44.59	26.42	429
AKN-038	0.01	0.23	0.22	37.49	35.86	431	AKN-533	0.01	0.35	0.22	49.58	31.16	428
AKN-039	0.01	0.26	0.24	42.75	39.46	436	AKN-534	0.01	0.31	0.26	47.90	40.17	429
AKN-040	0.01	0.27	0.17	41.38	26.05	430	AKN-535	0.01	0.32	0.25	45.89	35.85	431
AKN-041	0.01	0.24	0.23	40.32	38.64	431	AKN-536	0.01	0.31	0.30	45.09	43.63	427
AKN-042	0.01	0.24	0.18	41.67	31.25	429	AKN-537	0.02	0.36	0.17	75.36	35.59	429
AKN-043	0.01	0.27	0.15	41.43	23.02	430	AKN-538	0.02	0.37	0.21	56.41	32.02	427
AKN-044	0.01	0.25	0.18	44.82	32.27	429	AKN-539	0.01	0.38	0.18	47.04	22.28	429
AKN-045	0.01	0.26	0.15	42.02	24.24	431	AKN-540	0.01	0.36	0.22	49.57	30.29	430
AKN-046	0.01	0.29	0.28	43.36	41.87	432	AKN-541	0.01	0.35	0.22	50.54	31.77	431
AKN-047	0.01	0.24	0.14	36.58	21.34	430	AKN-542	0.02	0.37	0.25	51.39	34.72	430
AKN-048	0.00	0.19	0.18	33.61	31.84	432	AKN-543	0.01	0.38	0.27	50.61	35.96	430
AKN-049	0.01	0.21	0.12	35.11	20.06	429	AKN-544	0.01	0.32	0.17	43.44	23.08	429
AKN-050	0.01	0.23	0.16	36.64	25.49	429	AKN-545	0.01	0.26	0.13	39.12	19.56	427
AKN-051	0.00	0.16	0.15	22.27	20.88	430	AKN-546	0.01	0.24	0.24	15.94	15.94	433
AKN-052	0.00	0.21	0.25	34.82	41.45	431	AKN-547	0.01	0.26	0.13	41.85	20.92	430
AKN-053	0.00	0.25	0.18	39.60	28.51	431	AKN-548	0.00	0.25	0.11	39.36	17.32	431
AKN-054	0.00	0.18	0.13	34.92	25.22	434	AKN-549	0.00	0.29	0.21	41.07	29.74	429
AKN-055	0.00	0.30	0.20	37.54	25.03	429	AKN-550	0.00	0.28	0.29	41.14	42.61	430
AKN-056	0.00	0.32	0.19	44.28	26.29	434	AKN-551	0.01	0.29	0.25	42.71	36.82	429
AKN-057	0.00	0.31	0.21	44.21	29.95	432	AKN-552	0.00	0.34	0.30	46.58	41.10	430
AKN-058	0.00	0.32	0.23	46.04	33.09	433	AKN-553	0.01	0.22	0.10	43.50	19.77	429

表11 大夕張地域で採取した堆積岩試料のロックエバル分析で得られた測定値.

試料名	S1(mg/g)	S2(mg/g)	S3(mg/g)	H.I.(mg/g)	O.I.(mg/g)	T _{max} (°C)	試料名	S1(mg/g)	S2(mg/g)	S3(mg/g)	H.I.(mg/g)	O.I.(mg/g)	T _{max} (°C)
MYC-001	0.07	0.23	0.04	39.71	6.91	439	MYC-049	0.02	0.28	0.12	51.95	22.26	433
MYC-002	0.01	0.25	0.06	43.85	10.52	439	MYC-050	0.01	0.28	0.09	42.05	13.52	436
MYC-003	0.01	0.22	0.04	43.02	7.82	441	MYC-051	0.01	0.44	0.09	73.29	14.99	436
MYC-004	0.01	0.23	0.07	47.32	14.40	439	MYC-052	0.02	0.36	0.13	55.27	19.96	435
MYC-005	0.01	0.25	0.07	46.27	12.95	443	MYC-053	0.02	0.23	0.04	37.42	6.51	431
MYC-006	0.01	0.23	0.05	44.28	9.63	441	MYC-054	0.01	0.11	0.08	21.58	15.70	446
MYC-007	0.01	0.20	0.06	35.67	10.70	444	MYC-055	0.01	0.31	0.11	50.50	17.92	432
MYC-008	0.01	0.24	0.05	43.43	9.05	442	MYC-056	0.01	0.14	0.23	26.02	42.75	442
MYC-009	0.01	0.26	0.04	43.89	6.75	439	MYC-057	0.01	0.28	0.09	45.89	14.75	434
MYC-010	0.01	0.28	0.05	44.01	7.86	442	MYC-058	0.01	0.21	0.04	30.95	5.90	435
MYC-011	0.01	0.23	0.08	36.91	12.84	440	MYC-059	0.03	0.35	0.11	50.34	15.82	434
MYC-012	0.01	0.26	0.08	45.09	13.87	440	MYC-060	0.02	0.26	0.10	45.04	17.32	433
MYC-013	0.01	0.28	0.07	43.45	10.86	440	MYC-061	0.02	0.34	0.09	48.34	12.80	433
MYC-014	0.01	0.28	0.34	42.19	51.23	437	MYC-062	0.02	0.30	0.09	42.70	12.81	434
MYC-015	0.01	0.28	0.38	42.25	57.34	441	MYC-063	0.01	0.26	0.12	42.51	19.62	432
MYC-016	0.01	0.25	0.13	40.87	21.25	441	MYC-064	0.02	0.32	0.10	50.52	15.79	431
MYC-017	0.01	0.23	0.10	43.89	19.08	440	MYC-065	0.01	0.25	0.09	40.33	14.52	433
MYC-018	0.01	0.32	0.11	46.63	16.03	440	MYC-066	0.02	0.26	0.08	43.19	13.29	434
MYC-019	0.01	0.23	0.13	40.43	22.85	434	MYC-067	0.02	0.27	0.07	42.91	11.13	434
MYC-020	0.01	0.30	0.06	51.74	10.35	435	MYC-068	0.02	0.32	0.14	48.33	21.14	433
MYC-021	0.01	0.37	0.13	54.30	19.08	435	MYC-069	0.04	0.32	0.14	49.34	21.59	437
MYC-022	0.01	0.29	0.08	46.40	12.80	434	MYC-070	0.02	0.36	0.08	54.25	12.05	434
MYC-023	0.00	0.19	0.10	30.73	16.17	435	MYC-071	0.02	0.29	0.08	47.26	13.04	437
MYC-024	0.01	0.27	0.19	41.75	29.38	437	MYC-072	0.02	0.35	0.11	54.25	17.05	432
MYC-025	0.01	0.27	0.16	45.47	26.95	436	MYC-073	0.02	0.33	0.08	46.72	11.33	441
MYC-026	0.01	0.21	0.12	35.84	20.48	437	MYC-074	0.01	0.35	0.17	52.15	25.33	435
MYC-027	0.01	0.24	0.16	38.08	25.39	438	MYC-075	0.02	0.38	0.08	49.52	10.42	435
MYC-028	0.01	0.25	0.09	41.08	14.79	436	MYC-076	0.02	0.32	0.05	49.10	7.67	433
MYC-029	0.01	0.28	0.11	43.38	17.04	440	MYC-077	0.01	0.29	0.08	47.15	13.01	432
MYC-030	0.01	0.29	0.12	46.02	19.04	438	MYC-078	0.01	0.27	0.07	45.73	11.85	434
MYC-031	0.01	0.26	0.07	43.31	11.66	435	MYC-079	0.01	0.50	0.08	68.08	10.89	427
MYC-032	0.01	0.25	0.12	34.59	16.60	440	MYC-080	0.02	0.32	0.13	46.47	18.88	435
MYC-033	0.01	0.24	0.08	41.64	13.88	436	MYC-081	0.05	0.36	0.09	53.49	13.37	436
MYC-034	0.01	0.26	0.07	46.59	12.54	436	MYC-082	0.03	0.41	0.07	57.89	9.88	435
MYC-035	0.01	0.22	0.10	40.54	18.43	435	MYC-083	0.01	0.31	0.07	48.71	11.00	436
MYC-036	0.01	0.26	0.09	42.53	14.72	434	MYC-084	0.01	0.33	0.07	47.16	10.00	435
MYC-037	0.01	0.23	0.08	45.63	15.87	439	MYC-085	0.01	0.36	0.17	51.07	24.12	435
MYC-038	0.01	0.30	0.10	50.60	16.87	434	MYC-086	0.01	0.30	0.11	45.85	16.81	436
MYC-039	0.02	0.28	0.12	54.16	23.21	435	MYC-087	0.01	0.33	0.07	44.70	9.48	435
MYC-040	0.01	0.20	0.12	35.23	21.14	434	MYC-088	0.02	0.38	0.06	52.72	8.32	434
MYC-041	0.01	0.28	0.12	50.03	21.44	435	MYC-089	0.01	0.40	0.07	60.80	10.64	436
MYC-042	0.01	0.36	0.08	60.62	13.47	440	MYC-090	0.01	0.35	0.06	53.10	9.10	434
MYC-043	0.03	0.36	0.10	55.54	15.43	437	MYC-091	0.01	0.24	0.07	44.06	12.85	433
MYC-044	0.03	0.35	0.10	67.87	19.39	438	MYC-092	0.01	0.35	0.08	48.69	11.13	435
MYC-045	0.02	0.26	0.08	50.53	15.55	435	MYC-093	0.01	0.35	0.08	51.44	11.76	432
MYC-046	0.03	0.29	0.09	49.45	15.35	436	MYC-094	0.01	0.37	0.15	52.51	21.29	435
MYC-047	0.02	0.34	0.07	52.19	10.75	436	MYC-095	0.01	0.42	0.10	55.95	13.32	435
MYC-048	0.03	0.44	0.09	61.08	12.49	438	MYC-096	0.01	0.41	0.15	53.93	19.73	437

と全体的に低い数値が測定された（表 12）。H.I.と T_{max} の結果をプロットした図より評価されるケロジェンタイプは、測定できた全ての試料がタイプ III の範囲に分布した（図 22）。なお、S2 値が低すぎるため正確に T_{max} 値が測定できなかったものは、泥岩の HHR-019 の 1 試料と砂岩の HMK-018, 019, 021-030, 034-036 の 16 試料である（表 12）。

2. ビジュアルケロジェン分析（有機物構成比）

臭化亜鉛水溶液の比重分離によって抽出された有機物の中には有機物の分類判別が困難なほど微細なものを多く含む。加えて、比重分離の際に生じ

表12 穂別富内地域で採取した堆積岩試料のロックエバル分析で得られた測定値

試料名	S1(mg/g)	S2(mg/g)	S3(mg/g)	H.I.(mg/g)	O.I.(mg/g)	T _{max} (°C)	試料名	S1(mg/g)	S2(mg/g)	S3(mg/g)	H.I.(mg/g)	O.I.(mg/g)	T _{max} (°C)
HHR-001	0.01	0.23	0.16	40.26	28.00	429	HHR-044	0.00	0.29	0.32	41.15	45.40	430
HHR-002	0.01	0.23	0.16	38.49	26.77	428	HHR-045	0.00	0.31	0.38	41.09	50.37	428
HHR-003	0.01	0.26	0.17	41.89	27.39	429	HHR-046	0.00	0.26	0.29	38.28	42.70	430
HHR-004	0.01	0.21	0.19	33.70	30.49	428	HHR-047	0.00	0.23	0.32	33.70	46.88	429
HHR-005	0.00	0.15	0.14	39.17	36.56	432	HHR-048	0.01	0.30	0.39	40.08	52.11	428
HHR-006	0.01	0.17	0.12	32.29	22.79	428	HHR-049	0.00	0.29	0.43	41.21	61.11	428
HHR-007	0.01	0.27	0.15	42.23	23.46	428	HHR-050	0.00	0.03	0.35	37.59	438.50	425
HHR-008	0.01	0.29	0.17	43.90	25.74	428	HMK-001	0.00	0.19	0.15	44.15	34.85	430
HHR-009	0.01	0.28	0.18	44.02	28.30	427	HMK-002	0.01	0.52	0.17	54.86	17.93	434
HHR-010	0.01	0.24	0.20	40.19	33.49	428	HMK-003	0.01	0.35	0.15	45.28	19.41	431
HHR-011	0.00	0.26	0.17	42.27	27.64	427	HMK-004	0.01	0.35	0.16	45.61	20.85	431
HHR-012	0.00	0.22	0.16	37.84	27.52	427	HMK-005	0.01	0.33	0.12	45.60	16.58	431
HHR-013	0.01	0.22	0.14	38.27	24.35	430	HMK-006	0.01	0.34	0.14	45.88	18.89	431
HHR-014	0.01	0.24	0.18	36.18	27.13	428	HMK-007	0.01	0.33	0.14	52.50	22.27	431
HHR-015	0.01	0.22	0.14	38.86	24.73	429	HMK-008	0.01	0.31	0.15	42.06	20.35	432
HHR-016	0.00	0.23	0.15	37.13	24.22	429	HMK-009	0.01	0.33	0.15	47.46	21.57	430
HHR-017	0.01	0.24	0.16	37.19	24.79	430	HMK-010	0.01	0.36	0.11	49.89	15.25	430
HHR-018	0.00	0.22	0.18	36.82	30.13	427	HMK-011	0.01	0.40	0.12	54.16	16.25	429
HHR-019	0.01	0.07	0.60	15.91	136.36	—	HMK-012	0.00	0.28	0.13	49.33	22.91	430
HHR-020	0.01	0.22	0.16	37.77	27.47	429	HMK-013	0.01	0.28	0.09	45.70	14.69	427
HHR-021	0.00	0.20	0.24	33.54	40.25	434	HMK-014	0.01	0.32	0.08	47.85	11.96	429
HHR-022	0.00	0.26	0.17	39.88	26.07	429	HMK-015	0.01	0.08	0.05	44.77	27.98	434
HHR-023	0.00	0.17	0.14	31.43	25.88	428	HMK-016	0.01	0.07	0.07	42.19	42.19	437
HHR-024	0.00	0.15	0.15	26.92	26.92	428	HMK-017	0.00	0.03	0.04	34.20	45.60	433
HHR-025	0.01	0.18	0.28	34.37	53.46	429	HMK-018	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	—
HHR-026	0.01	0.21	0.18	36.04	30.90	427	HMK-019	0.00	0.02	0.04	37.32	74.63	—
HHR-027	0.00	0.20	0.23	34.47	39.64	427	HMK-020	0.00	0.06	0.05	19.35	16.13	432
HHR-028	0.00	0.21	0.15	39.64	28.32	429	HMK-021	0.00	0.02	0.01	43.28	21.64	—
HHR-029	0.00	0.22	0.22	38.53	38.53	426	HMK-022	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	—
HHR-030	0.00	0.20	0.20	36.21	36.21	430	HMK-023	0.00	0.02	0.06	25.31	75.94	—
HHR-031	0.01	0.27	0.15	39.95	22.19	427	HMK-024	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	—
HHR-032	0.01	0.31	0.12	50.96	19.73	429	HMK-025	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	—
HHR-033	0.01	0.42	0.22	54.62	28.61	431	HMK-026	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	—
HHR-034	0.01	0.32	0.22	48.77	33.53	429	HMK-027	0.00	0.03	0.02	64.13	42.75	—
HHR-035	0.00	0.26	0.19	44.91	32.82	434	HMK-028	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	—
HHR-036	0.00	0.26	0.26	38.69	38.69	429	HMK-029	0.00	0.03	0.04	40.38	53.84	—
HHR-037	0.00	0.29	0.20	39.30	27.10	430	HMK-030	0.00	0.02	0.05	44.82	112.06	—
HHR-038	0.01	0.37	0.31	43.87	36.75	432	HMK-031	0.00	0.18	0.07	39.46	15.35	442
HHR-039	0.00	0.32	0.29	43.09	39.05	431	HMK-032	0.00	0.33	0.10	36.27	10.99	445
HHR-040	0.01	0.45	0.28	53.11	33.05	430	HMK-033	0.00	0.22	0.03	30.11	4.11	444
HHR-041	0.01	0.39	0.23	46.27	27.29	430	HMK-034	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	—
HHR-042	0.01	0.14	0.78	23.18	129.17	443	HMK-035	0.00	0.01	0.10	0.00	0.00	—
HHR-043	0.00	0.26	0.24	37.52	34.63	431	HMK-036	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	—

* T_{max}の—はS2の測定値が低いため、正確な測定が出来なかったことを示す。

る不溶性残渣中にも有機物が取り残されている可能性は否定できない。そのため、抽出した有機物が必ずしも初生的な有機物組成を保持していると断言できないが、各調査地域の堆積岩中に含まれる有機物の特徴を以下に示す。

2. 1. 天塩中川地域

顕微鏡観察の結果、多くが木質部を起源とする有機物（図 23A, B）と判断され、全ての試料中に花粉孢子化石や渦鞭毛藻化石が含まれる。ビジュアルケロジェン分析の結果（表 13）、最も多く含まれる有機物は西知良志内層の NAB-008 と NAB-020 の 2 試料が透過顕微鏡下で透過性のない黒色を呈するオペーク（Tyson, 1995）であり、他の 10 試料が光を透過するトランスル

ーセント (Tyson, 1995) であった。オペークやトランスルーセント, それにバイオストラクチャー (Tyson, 1995) は木質部を起源とする有機物であり, その構成比は全ての試料で 99%以上である (表 13)。

表13 天塩中川地域で採取した泥岩試料から抽出した陸源性有機物の構成比.

試料名	石炭片			花粉・胞子	渦鞭毛藻シスト	試料名	石炭片			花粉・胞子	渦鞭毛藻シスト
	Opaque	Translucent	Biostructured				Opaque	Translucent	Biostructured		
NAB-008	48.0	42.5	9.5	—	—	NAB-514	38.0	56.5	5.0	0.5	—
NAB-020	52.0	43.5	4.5	—	—	NAB-530	44.0	47.5	8.0	—	0.5
NAB-026	44.0	48.0	7.5	0.5	—	NRB-008	42.0	50.5	6.5	0.5	0.5
NAB-039	46.5	48.0	4.5	0.5	0.5	NRB-014	43.5	48.5	7.0	1.0	—
NAB-045	42.5	50.0	7.0	0.5	—	NRB-022	45.0	46.0	8.5	0.5	—
NAB-055	44.0	48.0	8.0	—	—	NRB-025	43.0	47.0	10.0	—	—

2. 2. 小平地域

顕微鏡観察の結果, 多くが木質部を起源とする有機物 (図 23C, D) と判断され, 全ての試料中に花粉胞子化石や渦鞭毛藻化石が含まれる。Amorphous: アモルファス (Tyson, 1995) な有機物はどの試料においても極めて稀であった。ビジュアルケロジェン分析の結果 (表 14), 最も多く含まれる有機物は AKN-545 を除く 11 試料がトランスルーセントであり, AKN-545 がオペークであった。木質部を起源とする有機物の構成比は全ての試料で 97%以上である (表 14)。

表14 小平地域で採取した泥岩試料から抽出した陸源性有機物の構成比.

試料名	石炭片			花粉・胞子	渦鞭毛藻シスト	試料名	石炭片			花粉・胞子	渦鞭毛藻シスト
	Opaque	Translucent	Biostructured				Opaque	Translucent	Biostructured		
OKF-008	31.0	60.0	8.5	0.5	—	AKN-052	34.0	60.0	6.0	—	—
AKN-009	40.5	47.5	9.5	1.5	1.0	AKN-062	33.5	60.0	6.0	0.5	—
AKN-014	34.0	55.5	9.0	1.0	0.5	AKN-071	36.5	53.0	10.0	0.5	—
AKN-024	34.5	56.5	8.0	0.5	0.5	AKN-503	35.0	52.5	11.0	1.0	0.5
AKN-033	33.0	56.0	10.0	0.5	0.5	AKN-521	36.5	55.5	7.5	0.5	—
AKN-048	37.0	53.5	7.5	1.5	0.5	AKN-545	47.0	43.5	8.5	0.5	0.5

2. 3. 大夕張地域

顕微鏡観察の結果, 多くが木質部を起源とする有機物 (図 23E, F) と判断され, 全ての試料中に渦鞭毛藻化石が含まれる。花粉・胞子化石も含まれるが他の調査地域と比較すると少し黒色を帯びているものが全体的に多い。ビジュアルケロジェン分析の結果 (表 15), 最も多く含まれる有機物は全 12 試料でトランスルーセントであり, 次いでオペークであった。木質部を起源とする有機物の構成比は全ての試料で 97%以上である (表 15)。

表15 大夕張地域で採取した泥岩試料から抽出した陸源性有機物の構成比.

試料名	石炭片			花粉・胞子	渦鞭毛藻シスト	試料名	石炭片			花粉・胞子	渦鞭毛藻シスト
	Opaque	Translucent	Biostructured				Opaque	Translucent	Biostructured		
MYC-002	43.0	48.0	8.0	1.0	—	MYC-052	34.0	58.5	6.5	1.0	—
MYC-009	40.5	50.5	7.5	1.0	0.5	MYC-062	27.0	62.5	8.5	2.0	—
MYC-015	42.5	47.5	8.0	1.5	0.5	MYC-074	44.0	44.5	11.5	—	—
MYC-024	35.5	55.0	8.0	1.5	—	MYC-080	35.5	58.0	4.5	1.5	0.5
MYC-036	33.0	56.5	9.5	1.0	—	MYC-084	35.5	56.5	6.0	2.0	—
MYC-046	41.0	51.0	7.0	0.5	0.5	MYC-095	39.5	52.5	5.5	2.0	0.5

2. 4. 穂別富内地域

顕微鏡観察の結果、多くが木質部を起源とする有機物（図 23G, H）と判断され、鹿島層の 10 試料中に花粉胞子化石や渦鞭毛藻化石が含まれる。今回の顕微鏡観察では函淵層の 2 試料中から花粉胞子化石や渦鞭毛藻化石を確認することはできなかった。また、函淵層の 2 試料から抽出される有機物の大きさは、他地域のものや同地域の鹿島層から抽出される有機物よりも大きいものが目立ち、 $100\mu\text{m}$ を超えるものが多く含まれている（図 23H）。ピジュアルケロジェン分析の結果（表 16）も、鹿島層と函淵層で異なり、鹿島層の試料で最も多く含まれる有機物はトランスルーセントであり、函淵層の試料ではオペークであった。木質部を起源とする有機物の構成比は全ての試料で 97%以上である（表 16）。

表16 穂別富内地域で採取した泥岩試料から抽出した陸源性有機物の構成比.

試料名	石炭片			花粉・胞子	渦鞭毛藻シスト	試料名	石炭片			花粉・胞子	渦鞭毛藻シスト
	Opaque	Translucent	Biostructured				Opaque	Translucent	Biostructured		
HHR-003	40.0	51.0	6.5	1.0	1.5	HHR-042	44.5	47.0	6.0	1.5	1.0
HHR-012	41.5	50.0	7.5	0.5	0.5	HHR-048	39.5	48.5	10.0	1.5	0.5
HHR-018	41.0	49.5	8.0	1.0	0.5	HMK-003	44.5	47.0	6.0	2.0	0.5
HHR-024	48.5	46.5	4.5	—	0.5	HMK-013	40.5	49.5	8.0	1.0	1.0
HHR-030	41.0	49.5	6.5	2.0	1.0	HMK-020	67.0	30.0	3.0	—	—
HHR-036	41.5	50.0	6.0	2.0	0.5	HMK-032	58.0	38.0	4.0	—	—

有機物の熟成度

1. ロックエバル分析

ロックエバル分析の T_{max} 値による熟成度の評価は、石油化学の分野で広く用いられており、その区分は石油・ガスの熟成段階が未熟成領域（immature: $410\sim 434^{\circ}\text{C}$ ）、熟成領域（mature: $435\sim 464^{\circ}\text{C}$ ）、過熟成領域（post mature: $> 465^{\circ}\text{C}$ ）である。この区分をケロジェンの熟成度で示すと本研究で得られた T_{max} 値の範囲（表 9-12）では、 430°C 以下がダイアジェネシス帯、 430°C 以上がカタジェネシス帯である。

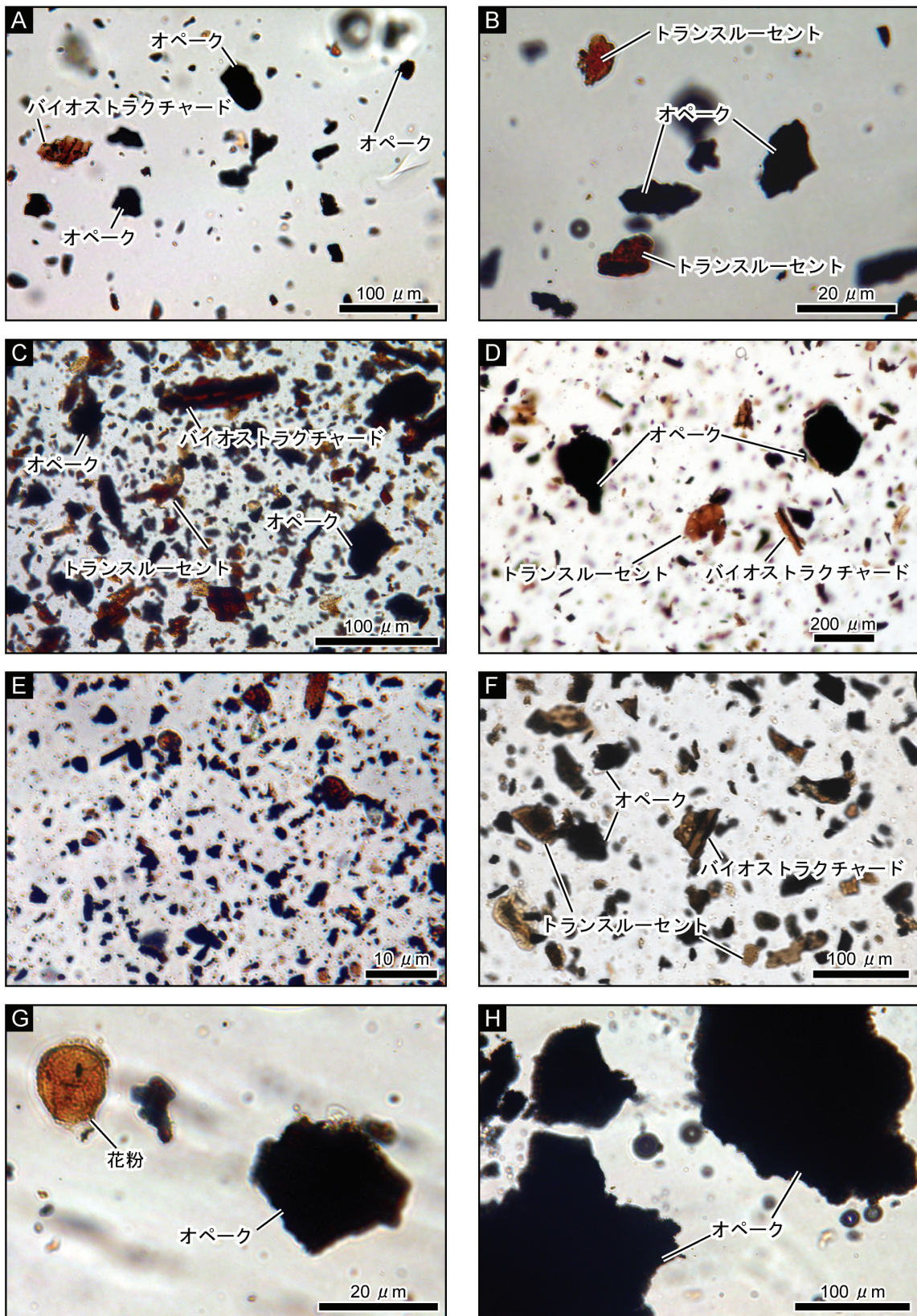


図23 ビジュアルケロジェンの写真。A：天塩中川地域(NAB-020)，B：天塩中川地域(NRB-025)，C：小平地域(AKN-009)，D：小平地域(AKN-502)，E：大夕張地域(MYC-046)，F：大夕張地域(MYC-080)，G：穂別富内地域(HMK-003)，H：穂別富内地域(HMK-020)。

1. 1. 天塩中川地域

測定できた試料の T_{max} 値は $427^{\circ}\text{C} \sim 442^{\circ}\text{C}$ であった(図 19, 表 9). よって, 全ての試料が未熟成領域と熟成領域の境界付近(ダイアジェネシス帯後期～

表17 天塩中川地域で採取した堆積岩試料の全有機炭素量と抽出したケロジェンの水素・炭素・窒素の元素量, および水素/炭素原子比.

試料名	TOC (wt%)	ケロジェン中に含まれる元素量			H/C比	試料名	TOC (wt%)	ケロジェン中に含まれる元素量			H/C比
		H (wt%)	C (wt%)	N (wt%)				H (wt%)	C (wt%)	N (wt%)	
NAB-001	0.64	3.97	63.27	1.70	0.75	NAB-504	0.04	—	—	—	—
NAB-002	0.85	3.97	62.43	1.47	0.76	NAB-505	0.74	4.53	59.29	1.79	0.92
NAB-003	0.71	3.81	60.26	1.59	0.76	NAB-506	0.05	—	—	—	—
NAB-004	0.59	4.08	64.37	1.82	0.76	NAB-507	0.76	4.72	59.86	1.85	0.95
NAB-005	0.50	3.87	62.35	1.67	0.74	NAB-508	0.67	4.46	58.59	1.74	0.91
NAB-006	0.49	3.90	60.51	1.70	0.77	NAB-509	0.79	4.29	56.54	1.67	0.91
NAB-007	0.65	4.03	62.77	1.79	0.77	NAB-510	0.59	3.78	59.84	1.77	0.76
NAB-008	0.54	3.75	56.83	1.67	0.79	NAB-511	0.73	4.37	61.29	1.87	0.86
NAB-009	0.56	4.03	65.19	1.87	0.74	NAB-512	0.19	2.85	44.25	1.12	0.77
NAB-010	0.64	4.20	63.10	1.74	0.80	NAB-513	0.71	3.83	61.92	1.76	0.74
NAB-011	0.65	4.05	61.10	1.68	0.80	NAB-514	0.70	4.01	61.37	1.82	0.78
NAB-012	0.78	4.13	65.92	1.77	0.75	NAB-515	0.52	3.62	58.30	1.71	0.75
NAB-013	0.69	3.75	60.53	1.70	0.74	NAB-516	0.50	4.02	59.08	1.71	0.82
NAB-014	0.62	3.89	63.59	1.80	0.73	NAB-517	0.88	4.11	62.16	1.84	0.79
NAB-015	0.72	3.91	61.06	1.68	0.77	NAB-518	0.56	3.86	62.13	1.80	0.75
NAB-016	0.61	3.72	61.39	1.57	0.73	NAB-519	0.46	3.03	44.15	1.18	0.82
NAB-017	0.71	3.78	61.08	1.63	0.74	NAB-520	0.45	3.29	53.50	1.44	0.74
NAB-018	0.60	3.82	62.50	1.72	0.73	NAB-521	0.73	3.92	60.48	1.77	0.78
NAB-019	0.60	3.97	61.56	1.70	0.77	NAB-522	0.63	3.85	64.21	1.77	0.72
NAB-020	0.57	3.91	62.38	1.75	0.75	NAB-523	0.55	3.76	61.03	1.83	0.74
NAB-021	0.57	3.78	63.44	1.82	0.72	NAB-524	0.65	3.89	61.45	1.82	0.76
NAB-022	0.46	3.79	58.26	1.56	0.78	NAB-525	0.61	3.82	61.85	1.77	0.74
NAB-023	0.61	4.15	62.51	1.87	0.80	NAB-526	0.59	3.69	61.41	1.87	0.72
NAB-024	0.19	3.98	64.28	1.21	0.74	NAB-527	0.54	3.41	52.75	1.55	0.78
NAB-025	0.47	3.94	50.21	1.29	0.94	NAB-528	0.67	3.88	58.48	1.71	0.80
NAB-026	0.52	3.91	54.80	1.43	0.86	NAB-529	0.65	3.91	61.82	1.88	0.76
NAB-027	0.50	4.01	52.64	1.49	0.91	NAB-530	0.48	3.99	62.23	1.78	0.77
NAB-028	0.81	4.45	59.76	1.69	0.89	NAB-531	0.53	4.00	60.88	1.66	0.79
NAB-029	1.22	4.39	59.22	1.73	0.89	NAB-532	0.53	3.93	58.59	1.53	0.80
NAB-030	0.88	4.34	58.53	1.46	0.89	NAB-533	0.46	3.84	61.63	1.56	0.75
NAB-031	0.74	3.87	46.66	1.32	1.00	NAB-534	0.52	4.01	62.61	1.62	0.77
NAB-032	0.82	4.54	63.87	1.89	0.85	NAB-535	0.47	3.74	59.47	1.31	0.75
NAB-033	0.67	4.39	64.19	1.89	0.82	NRB-001	0.65	4.48	64.73	1.83	0.83
NAB-034	0.82	4.58	64.46	1.69	0.85	NRB-002	0.60	4.19	65.49	1.97	0.77
NAB-035	0.76	4.65	63.16	1.85	0.88	NRB-003	0.07	—	—	—	—
NAB-036	0.38	3.87	50.53	1.30	0.92	NRB-004	0.32	3.77	50.67	1.59	0.89
NAB-037	0.53	4.48	61.13	1.75	0.88	NRB-005	0.79	4.91	75.08	2.06	0.78
NAB-038	0.77	4.58	61.89	1.76	0.89	NRB-006	0.51	4.04	60.78	1.69	0.80
NAB-039	0.79	4.15	56.42	1.61	0.88	NRB-007	0.70	4.19	59.82	1.67	0.84
NAB-040	0.96	4.29	61.29	1.73	0.84	NRB-008	0.64	4.10	56.21	1.56	0.88
NAB-041	0.85	3.95	60.25	1.74	0.79	NRB-009	0.72	4.42	64.11	1.73	0.83
NAB-042	0.80	4.00	62.19	1.78	0.77	NRB-010	0.56	4.16	63.03	1.59	0.79
NAB-043	0.84	4.30	64.74	1.77	0.80	NRB-011	0.61	4.07	61.24	1.66	0.80
NAB-044	0.77	3.56	55.19	1.59	0.77	NRB-012	0.54	4.17	61.70	1.44	0.81
NAB-045	0.83	3.93	60.99	1.62	0.77	NRB-013	0.84	4.03	58.62	1.60	0.82
NAB-046	0.71	3.95	61.54	1.66	0.77	NRB-014	0.55	4.18	61.42	1.81	0.82
NAB-047	0.83	3.97	57.98	1.72	0.82	NRB-015	0.68	4.26	64.49	1.66	0.79
NAB-048	0.04	—	—	—	—	NRB-016	0.63	4.14	62.61	1.71	0.79
NAB-049	0.63	4.08	63.48	1.89	0.77	NRB-017	0.70	4.02	61.49	1.50	0.78
NAB-050	0.05	—	—	—	—	NRB-018	0.57	4.26	63.88	1.68	0.80
NAB-051	0.57	3.91	64.48	1.75	0.73	NRB-019	0.62	4.13	64.34	1.83	0.77
NAB-052	0.50	3.39	51.13	1.32	0.80	NRB-020	0.61	3.95	59.23	1.59	0.80
NAB-053	0.64	4.04	65.14	1.75	0.74	NRB-021	0.59	4.22	63.08	1.70	0.80
NAB-054	0.56	3.90	64.18	1.78	0.73	NRB-022	0.51	3.91	61.38	1.76	0.76
NAB-055	0.57	3.58	58.95	1.50	0.73	NRB-023	0.36	4.06	60.76	1.33	0.80
NAB-056	0.61	4.05	64.56	1.80	0.75	NRB-024	0.96	4.04	63.83	1.56	0.76
NAB-501	0.79	4.76	62.28	1.83	0.92	NRB-025	0.70	3.85	63.02	1.60	0.73
NAB-502	0.71	4.55	61.43	1.52	0.89	NRB-026	0.69	3.91	61.42	1.51	0.76
NAB-503	0.04	—	—	—	—	NRB-027	0.09	3.42	44.52	1.32	0.92

* ケロジェン中の H, C, N 元素量と H/C 比の — は TOC 値が低いため, 正確な測定が出来なかったことを示す.

表18 小平地域で採取した堆積岩試料の全有機炭素量と抽出したケロジェンの水素・炭素・窒素の元素量, および水素/炭素原子比.

試料名	TOC (wt%)	ケロジェン中に含まれる元素量			H/C比	試料名	TOC (wt%)	ケロジェン中に含まれる元素量			H/C比
		H (wt%)	C (wt%)	N (wt%)				H (wt%)	C (wt%)	N (wt%)	
OKF-001	0.54	3.75	62.81	1.81	0.72	AKN-059	0.71	4.07	60.46	1.61	0.81
OKF-002	0.56	3.62	60.10	1.68	0.72	AKN-060	0.72	4.30	59.29	1.58	0.87
OKF-003	0.61	3.67	61.72	1.68	0.71	AKN-061	0.72	4.18	61.62	1.58	0.81
OKF-004	0.54	3.85	63.97	1.81	0.72	AKN-062	0.72	4.44	63.96	1.66	0.83
OKF-005	0.55	3.82	61.97	1.84	0.74	AKN-063	0.70	4.27	58.61	1.55	0.87
OKF-006	0.55	3.59	58.69	1.75	0.73	AKN-064	0.74	3.95	60.76	1.38	0.78
OKF-007	0.54	3.70	61.83	1.77	0.72	AKN-065	0.72	4.23	59.97	1.59	0.85
OKF-008	0.56	3.74	62.79	1.79	0.71	AKN-066	0.63	4.17	62.51	1.58	0.80
OKF-009	0.59	3.80	64.18	1.78	0.71	AKN-067	0.55	4.21	62.43	1.63	0.81
OKF-010	0.59	3.71	61.60	1.78	0.72	AKN-068	0.38	3.88	50.83	1.38	0.92
OKF-011	0.53	3.83	61.51	1.92	0.75	AKN-069	0.24	5.05	72.86	2.24	0.83
AKN-001	0.82	3.77	61.16	1.82	0.74	AKN-070	0.61	4.06	56.75	1.57	0.86
AKN-002	0.80	4.04	65.31	1.88	0.74	AKN-071	0.62	3.84	51.77	1.44	0.89
AKN-003	0.81	4.39	64.38	1.94	0.82	AKN-072	0.42	4.16	56.81	1.34	0.88
AKN-004	0.82	4.07	62.45	1.80	0.78	AKN-073	0.75	4.43	60.91	1.54	0.87
AKN-005	0.77	3.92	61.59	1.82	0.76	AKN-074	0.74	4.01	59.47	1.49	0.81
AKN-006	0.70	3.96	63.36	1.85	0.75	AKN-501	0.51	3.70	58.07	1.57	0.76
AKN-007	0.83	3.93	62.71	1.83	0.75	AKN-502	0.64	4.03	65.06	1.78	0.74
AKN-008	0.70	4.41	66.51	1.91	0.80	AKN-503	0.50	3.53	52.77	1.50	0.80
AKN-009	0.73	3.90	62.16	1.72	0.75	AKN-504	0.60	3.85	59.46	1.68	0.78
AKN-010	0.76	4.02	62.89	1.71	0.77	AKN-505	0.55	3.67	59.84	1.65	0.74
AKN-011	0.65	3.39	49.69	1.48	0.82	AKN-506	0.52	3.95	62.93	1.72	0.75
AKN-012	0.69	3.84	62.95	1.74	0.73	AKN-507	0.64	4.00	64.44	1.80	0.74
AKN-013	0.64	3.73	60.96	1.71	0.73	AKN-508	0.58	3.74	60.42	1.66	0.74
AKN-014	0.59	3.66	59.11	1.65	0.74	AKN-509	0.53	3.93	63.78	1.78	0.74
AKN-015	0.70	3.83	60.75	1.77	0.76	AKN-510	0.59	3.80	62.62	1.77	0.73
AKN-016	0.75	3.81	59.94	1.75	0.76	AKN-511	0.56	3.89	59.39	1.67	0.79
AKN-017	0.63	3.99	63.74	1.82	0.75	AKN-512	0.64	4.04	61.89	1.71	0.78
AKN-018	0.64	3.82	62.72	1.77	0.73	AKN-513	0.63	4.12	60.33	1.66	0.82
AKN-019	0.57	3.90	61.08	1.69	0.77	AKN-514	0.68	4.30	63.81	1.79	0.81
AKN-020	0.63	3.94	64.04	1.83	0.74	AKN-515	0.71	4.18	65.60	1.87	0.76
AKN-021	0.63	4.28	65.34	1.81	0.79	AKN-516	0.74	4.26	67.46	1.93	0.76
AKN-022	0.60	4.13	67.41	1.85	0.74	AKN-517	0.57	4.22	62.23	1.78	0.81
AKN-023	0.60	4.38	69.85	2.09	0.75	AKN-518	0.77	3.97	60.10	1.74	0.79
AKN-024	0.65	3.47	52.67	1.49	0.79	AKN-519	0.72	4.16	66.93	1.98	0.75
AKN-025	0.59	4.02	64.35	1.76	0.75	AKN-520	0.90	4.36	64.57	1.84	0.81
AKN-026	0.55	3.55	54.74	1.67	0.78	AKN-521	0.71	4.42	67.36	1.91	0.79
AKN-027	0.72	3.42	51.11	1.47	0.80	AKN-522	0.67	4.04	64.08	1.69	0.76
AKN-028	0.71	3.80	59.54	1.67	0.77	AKN-523	0.74	4.15	62.88	1.82	0.79
AKN-029	0.72	4.08	64.46	1.77	0.76	AKN-524	0.63	3.86	56.49	1.60	0.82
AKN-030	0.72	4.00	66.35	1.86	0.72	AKN-525	0.75	4.09	61.71	1.77	0.80
AKN-031	0.54	3.69	57.62	1.47	0.77	AKN-526	0.74	4.29	66.54	1.97	0.77
AKN-032	0.70	3.89	65.53	1.73	0.71	AKN-527	0.74	3.90	63.25	1.70	0.74
AKN-033	0.75	3.92	62.02	1.77	0.76	AKN-528	0.77	3.99	62.43	1.70	0.77
AKN-034	0.57	3.83	57.25	1.35	0.80	AKN-529	0.96	4.16	62.29	1.80	0.80
AKN-035	0.72	4.01	57.74	1.61	0.83	AKN-530	0.61	3.66	63.31	1.65	0.69
AKN-036	0.72	4.23	62.03	1.76	0.82	AKN-531	0.72	4.01	62.43	1.78	0.77
AKN-037	0.67	4.00	57.49	1.66	0.83	AKN-532	0.61	3.91	63.07	1.80	0.74
AKN-038	0.61	4.03	62.77	1.76	0.77	AKN-533	0.71	3.90	63.80	1.77	0.73
AKN-039	0.61	4.19	62.76	1.81	0.80	AKN-534	0.65	3.85	63.01	1.70	0.73
AKN-040	0.65	4.10	57.42	1.74	0.86	AKN-535	0.70	4.05	67.59	1.68	0.72
AKN-041	0.60	4.07	59.17	1.67	0.83	AKN-536	0.69	4.06	65.85	1.74	0.74
AKN-042	0.58	4.28	62.43	1.77	0.82	AKN-537	0.48	4.01	63.34	1.89	0.76
AKN-043	0.65	4.19	64.39	1.81	0.78	AKN-538	0.66	4.02	64.10	1.81	0.75
AKN-044	0.56	3.98	60.48	1.61	0.79	AKN-539	0.81	3.96	62.42	1.81	0.76
AKN-045	0.62	4.11	62.68	1.72	0.79	AKN-540	0.73	3.91	63.25	1.77	0.74
AKN-046	0.67	4.33	64.84	1.83	0.80	AKN-541	0.69	3.72	58.97	1.77	0.76
AKN-047	0.66	4.10	64.25	1.70	0.77	AKN-542	0.72	3.77	61.99	1.67	0.73
AKN-048	0.57	4.24	64.72	1.74	0.79	AKN-543	0.75	3.98	64.10	1.73	0.75
AKN-049	0.60	3.85	59.69	1.65	0.77	AKN-544	0.74	3.96	62.65	1.72	0.76
AKN-050	0.63	3.92	60.17	1.58	0.78	AKN-545	0.66	3.92	64.70	1.74	0.73
AKN-051	0.72	4.16	61.25	1.62	0.82	AKN-546	0.58	4.01	65.35	1.76	0.74
AKN-052	0.60	3.84	58.26	1.59	0.79	AKN-547	0.62	3.71	60.15	1.54	0.74
AKN-053	0.63	3.98	57.62	1.62	0.83	AKN-548	0.64	3.93	63.43	1.64	0.74
AKN-054	0.52	4.02	60.06	1.46	0.80	AKN-549	0.71	3.54	56.51	1.51	0.75
AKN-055	0.80	4.15	63.44	1.58	0.78	AKN-550	0.68	3.93	64.90	1.62	0.73
AKN-056	0.72	4.16	59.77	1.57	0.84	AKN-551	0.68	3.70	60.56	1.43	0.73
AKN-057	0.70	4.08	60.71	1.55	0.81	AKN-552	0.73	3.77	61.78	1.50	0.73
AKN-058	0.70	4.72	63.65	1.68	0.89	AKN-553	0.51	3.97	50.56	1.25	0.94

カタジェネシス帯前期) に位置付けられた (図 19).

1. 2. 小平地域

T_{max} 値は 427°C ~ 441°C であった (図 20, 表 10). よって, 全ての試料が未熟成領域と熟成領域の境界付近 (ダイアジェネシス帯後期 ~ カタジェネシス帯前期) に位置付けられた (図 20).

1. 3. 大夕張地域

T_{max} 値は 427°C ~ 444°C であった (図 21, 表 11). よって, 全ての試料が未熟成領域と熟成領域の境界付近 (ダイアジェネシス帯後期 ~ カタジェネシス帯

表19 大夕張地域で採取した堆積岩試料の全有機炭素量と抽出したケロジェンの水素・炭素・窒素の元素量, および水素/炭素原子比.

試料名	TOC (wt%)	ケロジェン中に含まれる元素量			H/C比	試料名	TOC (wt%)	ケロジェン中に含まれる元素量			H/C比
		H (wt%)	C (wt%)	N (wt%)				H (wt%)	C (wt%)	N (wt%)	
MYC-001	0.58	3.50	54.90	1.33	0.77	MYC-049	0.54	4.00	60.05	1.37	0.80
MYC-002	0.57	3.36	54.38	1.41	0.74	MYC-050	0.67	3.40	60.98	1.62	0.67
MYC-003	0.51	3.47	60.35	1.57	0.69	MYC-051	0.60	3.56	56.56	1.33	0.76
MYC-004	0.49	3.67	60.74	1.62	0.73	MYC-052	0.65	4.18	65.93	1.59	0.76
MYC-005	0.54	3.47	56.20	1.37	0.74	MYC-053	0.61	3.86	61.47	1.46	0.75
MYC-006	0.52	3.50	57.35	1.27	0.73	MYC-054	0.51	3.16	55.21	1.22	0.69
MYC-007	0.56	3.20	57.71	1.31	0.67	MYC-055	0.61	3.85	60.26	1.46	0.77
MYC-008	0.55	3.34	56.53	1.17	0.71	MYC-056	0.54	3.58	60.97	1.59	0.70
MYC-009	0.59	3.49	58.57	1.59	0.72	MYC-057	0.61	3.64	57.10	1.37	0.76
MYC-010	0.64	3.84	61.64	1.67	0.75	MYC-058	0.68	3.78	52.46	1.24	0.86
MYC-011	0.62	3.42	58.43	1.72	0.70	MYC-059	0.70	3.52	56.54	1.39	0.75
MYC-012	0.58	3.84	62.85	1.77	0.71	MYC-060	0.58	4.45	75.89	2.00	0.70
MYC-013	0.64	3.73	60.60	1.66	0.74	MYC-061	0.70	4.05	62.24	1.58	0.78
MYC-014	0.66	3.57	55.99	1.51	0.77	MYC-062	0.70	3.79	66.18	1.70	0.69
MYC-015	0.66	3.71	61.09	1.67	0.73	MYC-063	0.61	3.44	57.68	1.50	0.72
MYC-016	0.61	3.59	61.63	1.63	0.70	MYC-064	0.63	3.77	65.74	1.61	0.69
MYC-017	0.52	3.89	64.52	1.83	0.72	MYC-065	0.62	3.91	62.24	1.57	0.75
MYC-018	0.69	3.77	60.66	1.58	0.75	MYC-066	0.60	4.13	63.31	1.60	0.78
MYC-019	0.57	3.43	50.32	1.23	0.82	MYC-067	0.63	3.92	61.17	1.54	0.77
MYC-020	0.58	3.70	58.61	1.63	0.76	MYC-068	0.66	3.70	61.61	1.57	0.72
MYC-021	0.68	3.82	59.84	1.65	0.77	MYC-069	0.65	3.59	60.22	1.52	0.72
MYC-022	0.63	3.72	60.82	1.62	0.73	MYC-070	0.66	3.79	59.58	1.48	0.76
MYC-023	0.62	3.86	57.81	1.65	0.80	MYC-071	0.61	3.57	60.09	1.51	0.71
MYC-024	0.65	3.72	65.52	1.76	0.68	MYC-072	0.65	3.68	55.85	1.40	0.79
MYC-025	0.59	3.56	60.65	1.59	0.70	MYC-073	0.71	4.01	62.26	1.57	0.77
MYC-026	0.59	3.67	63.82	1.67	0.69	MYC-074	0.67	3.93	62.88	1.50	0.75
MYC-027	0.63	3.77	65.91	1.75	0.69	MYC-075	0.77	3.66	60.82	1.50	0.72
MYC-028	0.61	3.98	65.47	1.78	0.73	MYC-076	0.65	3.84	58.61	1.39	0.79
MYC-029	0.65	4.05	69.39	1.97	0.70	MYC-077	0.62	3.79	61.95	1.55	0.73
MYC-030	0.63	3.73	62.53	1.56	0.72	MYC-078	0.59	3.89	62.03	1.51	0.75
MYC-031	0.60	3.53	59.73	1.49	0.71	MYC-079	0.73	3.84	60.39	1.50	0.76
MYC-032	0.72	3.32	44.67	1.19	0.89	MYC-080	0.69	3.88	61.18	1.45	0.76
MYC-033	0.58	3.64	57.71	1.58	0.76	MYC-081	0.67	4.22	65.58	1.62	0.77
MYC-034	0.56	3.53	61.05	1.67	0.69	MYC-082	0.71	3.62	60.47	1.51	0.72
MYC-035	0.54	3.60	60.51	1.60	0.71	MYC-083	0.64	4.14	65.84	1.67	0.75
MYC-036	0.61	3.44	58.80	1.54	0.70	MYC-084	0.70	3.84	50.19	1.30	0.92
MYC-037	0.50	4.18	73.05	2.05	0.69	MYC-085	0.70	3.96	63.03	1.52	0.75
MYC-038	0.59	3.64	58.45	1.57	0.75	MYC-086	0.65	3.54	58.98	1.51	0.72
MYC-039	0.52	4.04	67.31	1.97	0.72	MYC-087	0.74	3.74	62.01	1.45	0.72
MYC-040	0.57	3.89	61.38	1.54	0.76	MYC-088	0.72	3.66	57.11	1.45	0.77
MYC-041	0.56	3.69	58.97	1.47	0.75	MYC-089	0.66	4.32	67.12	1.86	0.77
MYC-042	0.59	4.14	63.19	1.67	0.79	MYC-090	0.66	3.73	61.62	1.57	0.73
MYC-043	0.65	3.16	60.77	1.62	0.76	MYC-091	0.54	3.79	65.73	1.71	0.69
MYC-044	0.52	4.26	64.42	1.58	0.79	MYC-092	0.72	3.62	60.50	1.54	0.72
MYC-045	0.51	4.06	60.99	1.56	0.80	MYC-093	0.68	4.01	61.31	1.60	0.78
MYC-046	0.59	3.89	60.78	1.58	0.77	MYC-094	0.70	3.60	61.51	1.54	0.70
MYC-047	0.65	3.91	63.37	1.59	0.74	MYC-095	0.75	3.93	65.24	1.74	0.72
MYC-048	0.72	3.90	61.09	1.48	0.77	MYC-096	0.76	3.53	57.13	1.45	0.74

表20 穂別富内地域で採取した堆積岩試料の全有機炭素量と抽出したケロジェンの水素・炭素・窒素の元素量，および水素/炭素原子比。

試料名	TOC (wt%)	ケロジェン中に含まれる元素量			H/C比	試料名	TOC (wt%)	ケロジェン中に含まれる元素量			H/C比
		H (wt%)	C (wt%)	N (wt%)				H (wt%)	C (wt%)	N (wt%)	
HHR-001	0.57	3.70	62.05	1.53	0.72	HHR-044	0.55	3.81	60.91	1.73	0.75
HHR-002	0.60	3.79	62.02	1.66	0.73	HHR-045	0.55	3.66	57.61	1.60	0.76
HHR-003	0.62	3.26	53.42	1.41	0.73	HHR-046	0.54	3.65	59.20	1.58	0.74
HHR-004	0.62	3.56	59.58	1.61	0.72	HHR-047	0.61	3.87	62.41	1.69	0.74
HHR-005	0.38	4.08	69.52	1.83	0.70	HHR-048	0.56	3.75	59.18	1.65	0.76
HHR-006	0.53	3.73	59.36	1.71	0.75	HHR-049	0.54	3.67	56.01	1.58	0.79
HHR-007	0.64	3.39	56.26	1.53	0.72	HHR-050	0.09	3.58	48.03	0.96	0.89
HHR-008	0.66	3.67	59.36	1.58	0.74	HMK-001	0.43	4.04	56.83	1.54	0.85
HHR-009	0.64	3.40	57.18	1.58	0.71	HMK-002	0.95	3.97	59.96	1.63	0.79
HHR-010	0.60	3.53	55.84	1.53	0.76	HMK-003	0.77	3.76	60.34	1.61	0.75
HHR-011	0.62	3.73	60.53	1.62	0.74	HMK-004	0.77	4.10	60.76	1.62	0.81
HHR-012	0.58	3.66	60.44	1.74	0.73	HMK-005	0.72	3.81	59.43	1.57	0.77
HHR-013	0.57	3.46	54.76	1.47	0.76	HMK-006	0.74	3.71	59.63	1.54	0.75
HHR-014	0.66	3.79	58.81	1.56	0.77	HMK-007	0.63	3.45	51.88	1.31	0.80
HHR-015	0.57	3.35	54.00	1.41	0.74	HMK-008	0.74	3.71	57.56	1.46	0.77
HHR-016	0.62	3.68	60.16	1.61	0.73	HMK-009	0.70	3.86	62.32	1.66	0.74
HHR-017	0.65	3.74	61.72	1.69	0.73	HMK-010	0.72	3.76	58.55	1.60	0.77
HHR-018	0.60	3.87	60.48	1.63	0.77	HMK-011	0.74	3.92	62.27	1.68	0.76
HHR-019	0.44	3.45	60.22	1.41	0.69	HMK-012	0.57	3.82	60.45	1.67	0.76
HHR-020	0.58	3.79	59.06	1.57	0.77	HMK-013	0.61	3.76	59.49	1.59	0.76
HHR-021	0.60	4.02	59.74	1.59	0.81	HMK-014	0.67	3.61	59.19	1.50	0.73
HHR-022	0.65	4.09	63.40	1.69	0.77	HMK-015	0.18	3.23	48.40	0.99	0.80
HHR-023	0.54	3.63	58.34	1.62	0.75	HMK-016	0.17	3.32	46.57	0.91	0.86
HHR-024	0.56	4.02	61.99	1.69	0.78	HMK-017	0.09	2.94	40.47	0.81	0.87
HHR-025	0.52	3.80	59.54	1.63	0.77	HMK-018	0.00	—	—	—	—
HHR-026	0.58	3.62	57.60	1.63	0.75	HMK-019	0.05	—	—	—	—
HHR-027	0.58	4.50	49.32	1.51	1.09	HMK-020	0.31	2.49	39.86	0.83	0.75
HHR-028	0.65	3.43	56.00	1.49	0.74	HMK-021	0.05	—	—	—	—
HHR-029	0.76	3.58	59.32	1.51	0.72	HMK-022	0.00	—	—	—	—
HHR-030	0.73	3.62	59.25	1.56	0.73	HMK-023	0.08	3.90	49.12	1.06	0.95
HHR-031	0.70	3.52	55.19	1.48	0.77	HMK-024	0.00	—	—	—	—
HHR-032	0.83	3.62	56.46	1.44	0.77	HMK-025	0.00	—	—	—	—
HHR-033	0.70	3.70	57.63	1.54	0.77	HMK-026	0.00	—	—	—	—
HHR-034	0.77	3.24	48.09	1.31	0.81	HMK-027	0.05	—	—	—	—
HHR-035	0.82	4.07	63.21	1.67	0.77	HMK-028	0.00	—	—	—	—
HHR-036	0.81	3.66	59.92	1.64	0.73	HMK-029	0.00	—	—	—	—
HHR-037	0.80	3.69	59.25	1.61	0.75	HMK-030	0.00	—	—	—	—
HHR-038	0.82	3.78	61.30	1.72	0.74	HMK-031	0.73	3.90	57.07	1.06	0.82
HHR-039	0.53	3.61	57.21	1.56	0.76	HMK-032	0.91	3.70	57.61	1.15	0.77
HHR-040	0.59	3.54	55.21	1.46	0.77	HMK-033	0.46	3.67	56.73	1.06	0.78
HHR-041	0.59	3.55	55.25	1.56	0.77	HMK-034	0.04	—	—	—	—
HHR-042	0.56	3.60	58.33	1.49	0.74	HMK-035	0.07	3.15	46.45	0.88	0.81
HHR-043	0.54	3.77	61.77	1.64	0.73	HMK-036	0.00	—	—	—	—

* ケロジェン中のH, C, N元素量とH/C比の—はTOC値が低いため、正確な測定が出来なかったことを示す。

前期) に位置付けられた (図 21)。

1. 4. 穂別富内地域

測定できた試料の T_{max} 値は $425^{\circ}\text{C} \sim 445^{\circ}\text{C}$ であった (図 22, 表 12)。よって、全ての試料が未熟成領域と熟成領域の境界付近 (ダイアジェネシス帯後期～カタジェネシス帯前期) に位置付けられた (図 22)。

2. H/C 比分析

2. 1. 天塩中川地域

測定できた 113 試料について求めた H/C 比は 0.72～1.00 の範囲内であり (図 24, 表 17), この範囲はカタジェネシス帯 (Hunt, 1996; Vandenbroucke and Largeau, 2007) である。なお, 試料 30 g の弗化水素酸による泥化と比重

2.0 に調整した臭化亜鉛水溶液の比重分離において，CHN 元素分析装置の測定に必要な有機物量を抽出できなかつたものは，砂岩の NAB-048, 050, 503, 504, 506, NRB-003 の 6 試料である（表 17）。

2. 2. 小平地域

泥岩全 138 試料について求めた H/C 比は 0.69~0.94 の範囲内であり（図 25，表 18），この範囲はカタジェネシス帯である。

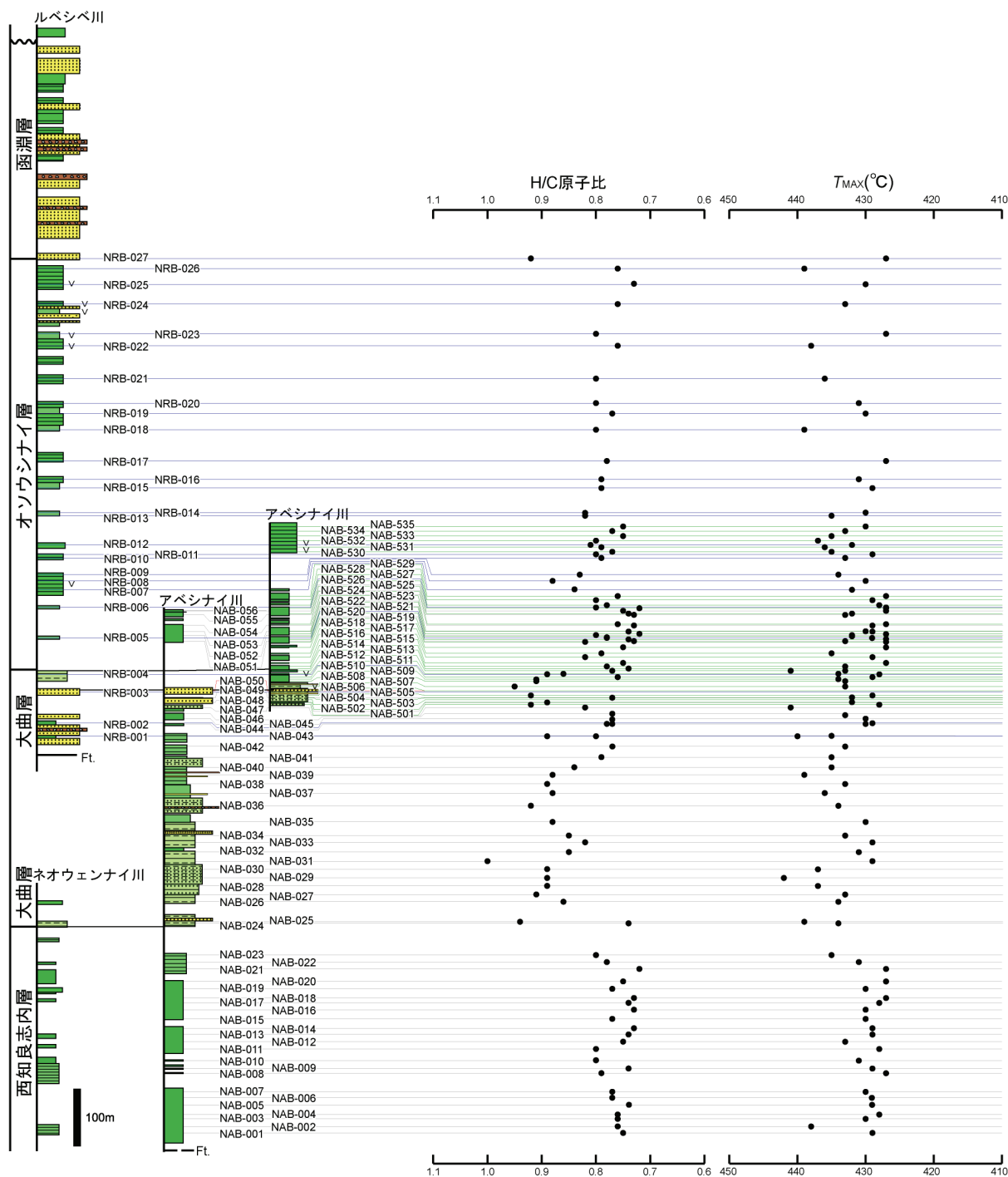


図24 天塩中川地域で採取した堆積岩試料の熟成度を表す水素／炭素原子比とロックエバル分析より得た T_{max} 。柱状図の岩相の凡例は図14を参照。

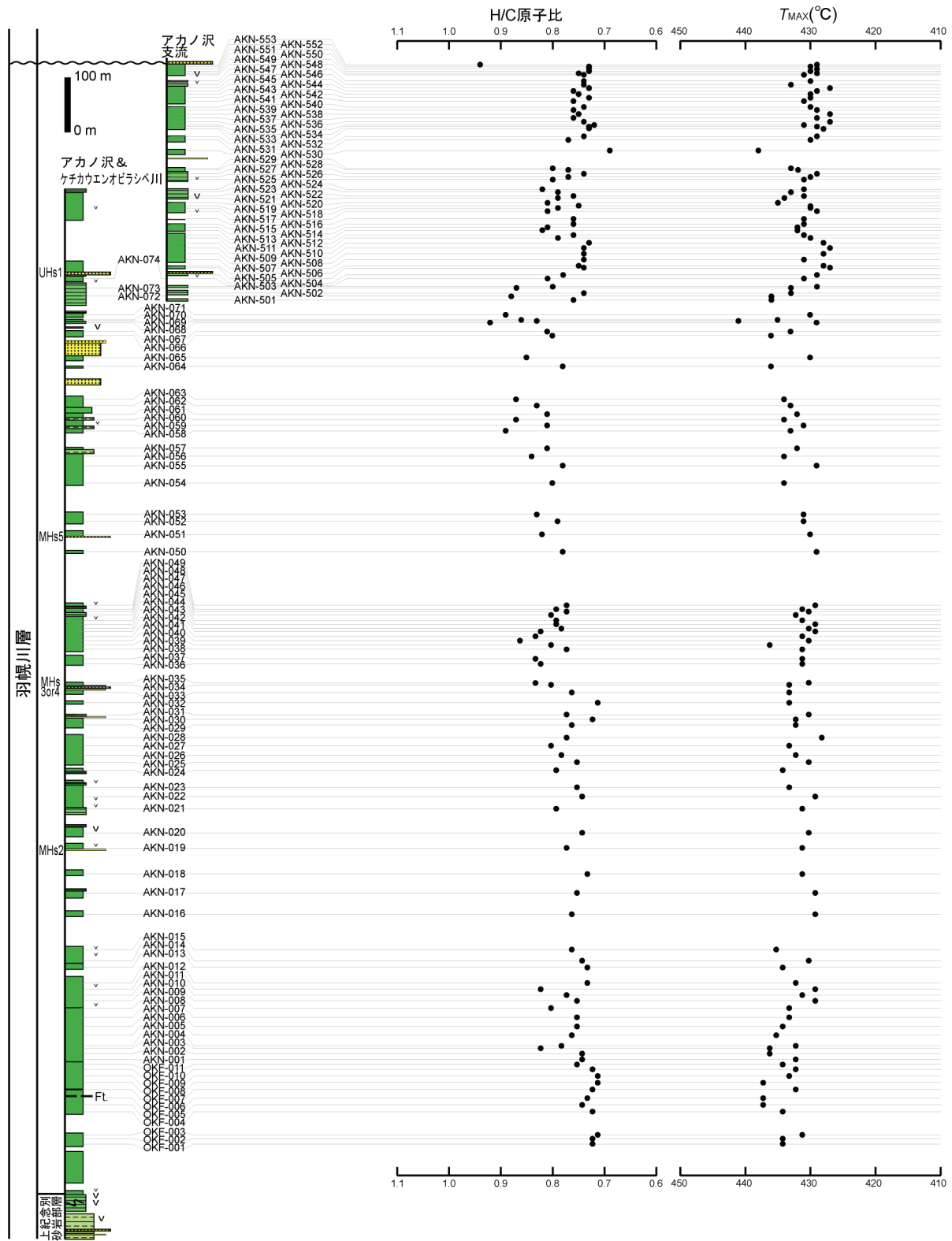


図25 小平地域で採取した堆積岩試料の熟成度を表す水素／炭素原子比とロックエバル分析より得た T_{max} . 柱状図の岩相の凡例は図14を参照.

2. 3. 大夕張地域

泥岩全 96 試料について求めた H/C 比は 0.67~0.92 の範囲内であり (図 26, 表 19), この範囲はカタジェネシス帯である.

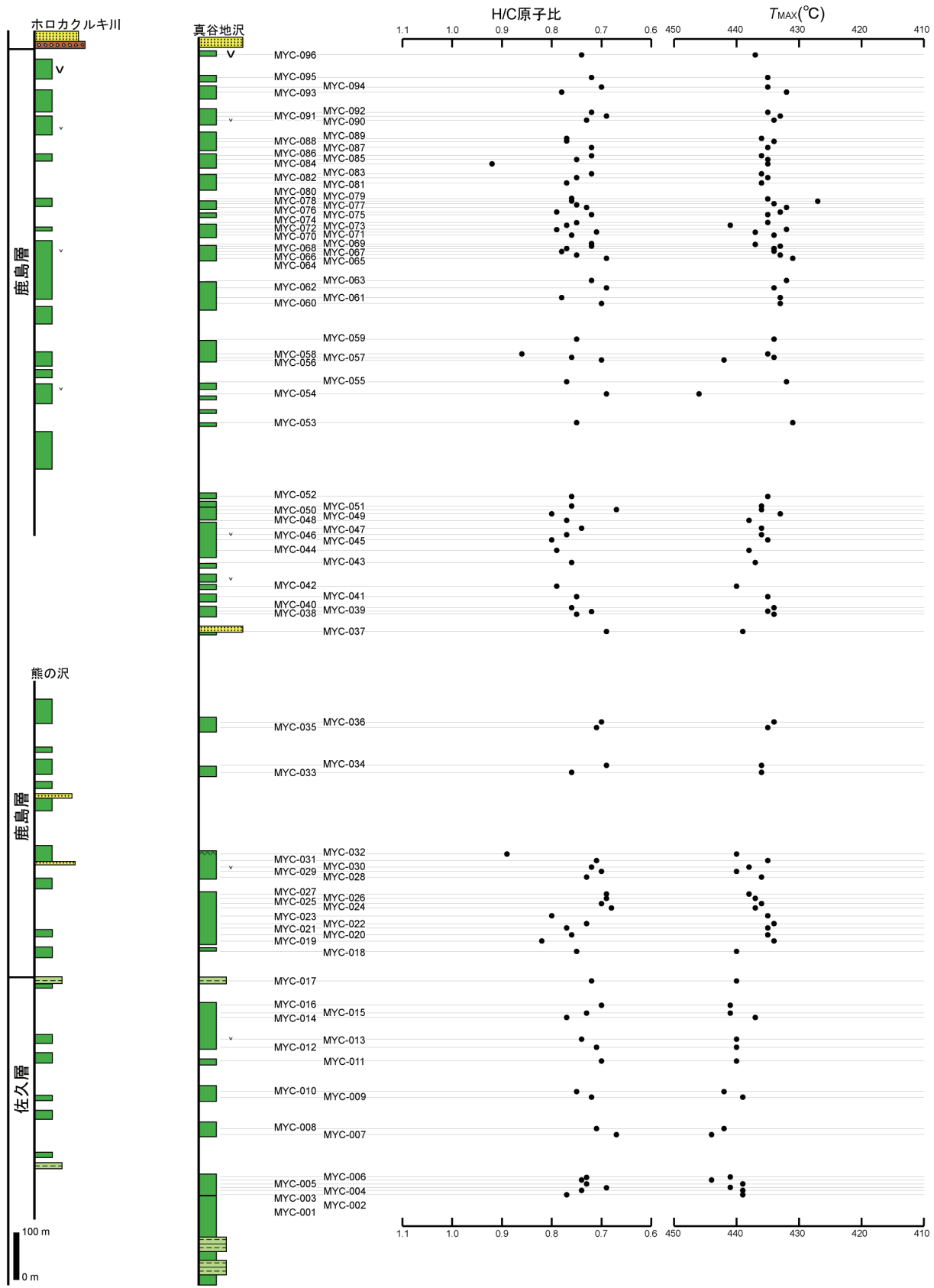


図26 大夕張地域で採取した堆積岩試料の熟成度を表す水素／炭素原子比とロックエバル分析より得た T_{max} . 柱状図の岩相の凡例は図14を参照.

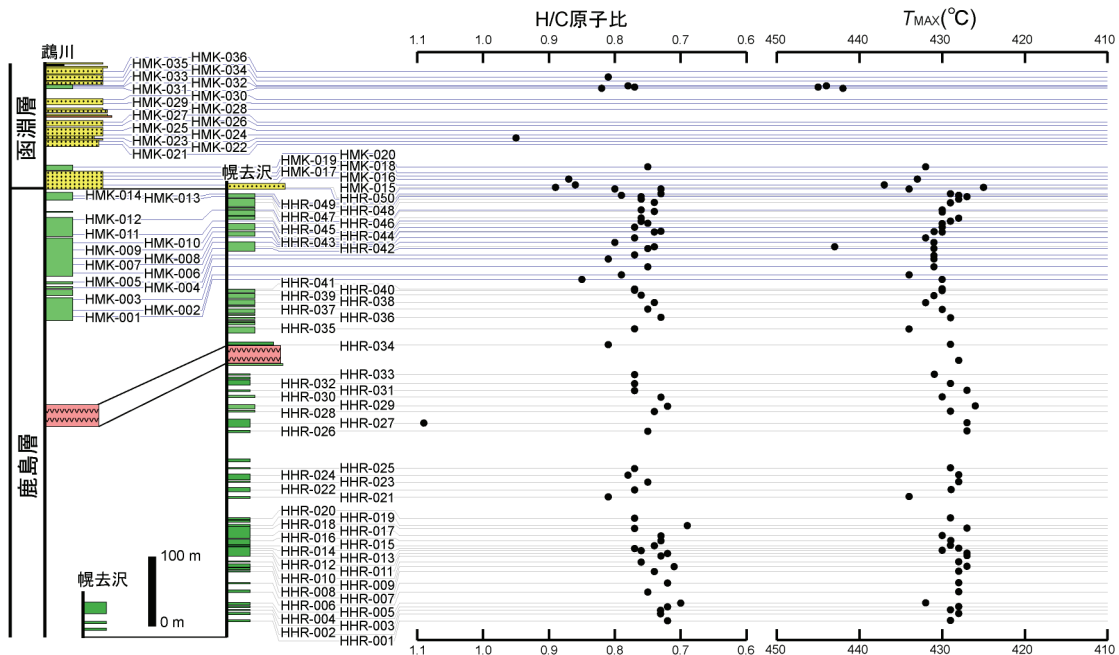


図27 穂別富内地域で採取した堆積岩試料の熟成度を表す水素／炭素原子比、ロックエバル分析より得た T_{max} 。柱状図の岩相の凡例は図14を参照。

2. 4. 穂別富内地域

測定できた73試料について求めたH/C比は0.69~1.09の範囲内であり(図27, 表20), この範囲はカタジェネシス帯である。なお, 試料30gの弗化水素酸による泥化と臭化亜鉛水溶液の比重分離において, CHN元素分析装置の測定に必要な有機物量を抽出できなかったものは, 砂岩のHMK-018, 019, 021, 022, 024-030, 034, 036の13試料である(表17)。

3. ビトリナイト反射率

3. 1. 天塩中川地域

ビトリナイト反射率(R_m)を測定した4試料(NAB-014, 025, NRB-022, 027)の結果は, それぞれ0.68, 0.44, 0.43, 0.45であり, ダイアジェネシス帯後期~カタジェネシス帯前期に位置付けられた(図28A, B, 図29)。

3. 2. 小平地域

ビトリナイト反射率(R_m)を測定した4試料(AKN-004, 042, 502, 545)の結果は, それぞれ0.63, 0.66, 0.51, 0.54であり, カタジェネシス帯前期に位置付けられた(図28C, D, 図30)。

3. 3. 大夕張地域

ビトリナイト反射率(R_m)を測定した4試料(MYC-002, 020, 037, 096)

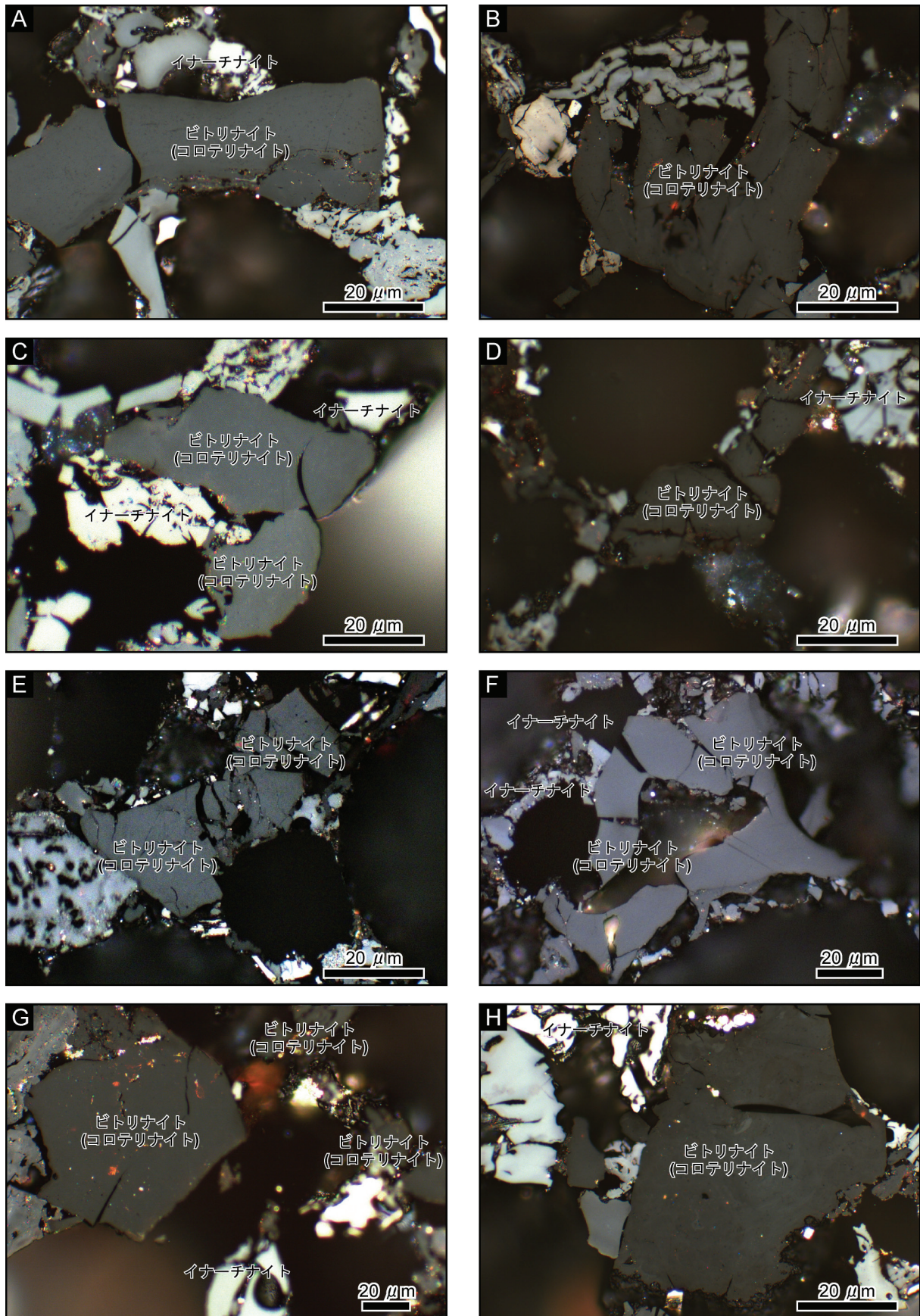


図28 ビトリナイトの写真。A：天塩中川地域(NAB-014)，B：天塩中川地域(NRB-027)，C：小平地域(AKN-042)，D：小平地域(AKN-502)，E：大夕張地域(MYC-020)，F：大夕張地域(MYC-037)，G：穂別富内地域(HHR-034)，H：穂別富内地域(HMK-033)。

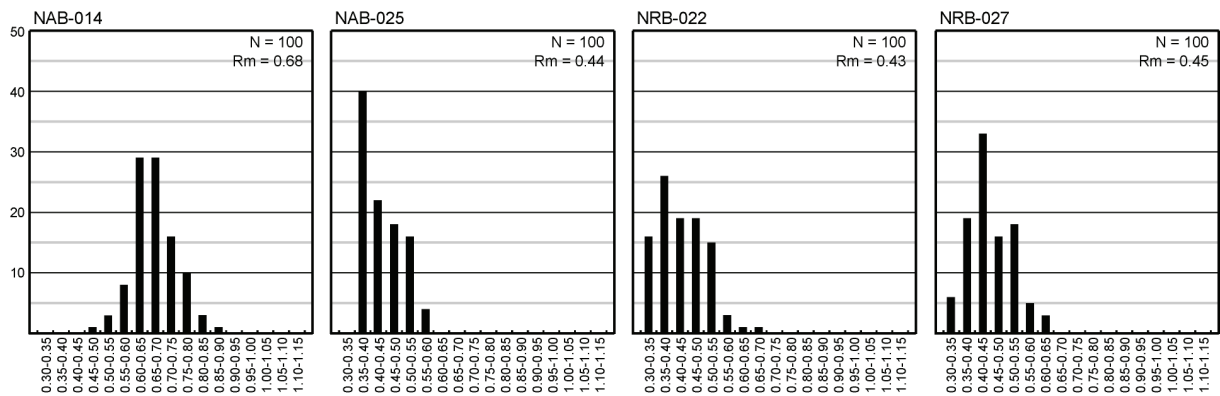


図29 天塩中川地域のビトリナイト反射率(Rm).

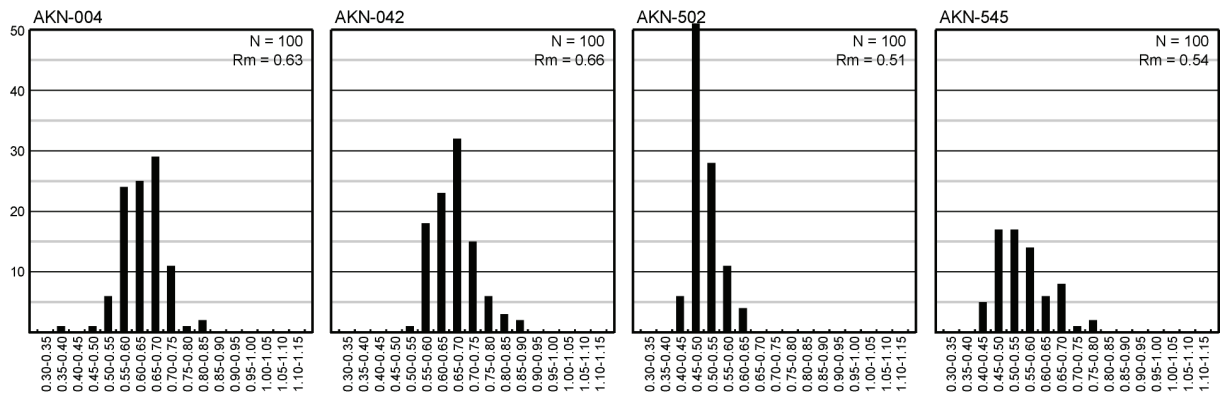


図30 小平地域のビトリナイト反射率(Rm).

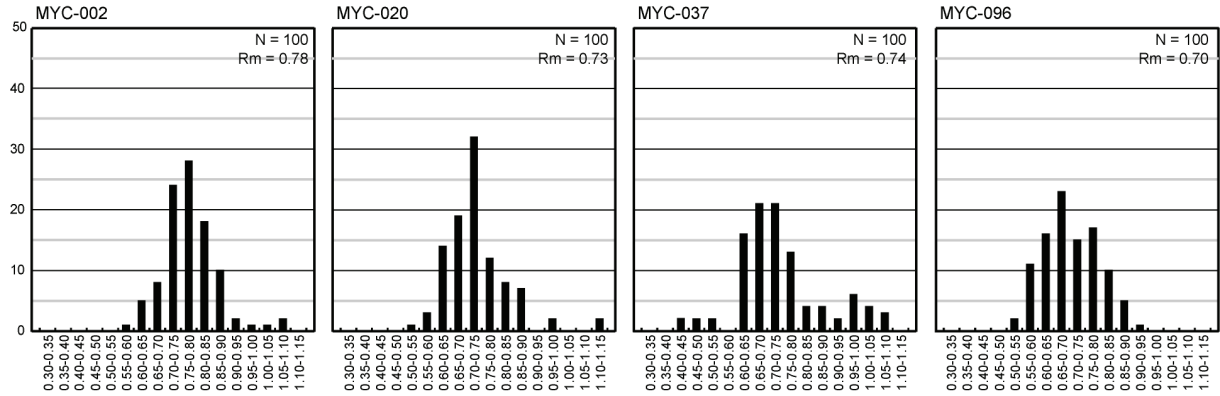


図31 大夕張地域のビトリナイト反射率(Rm).

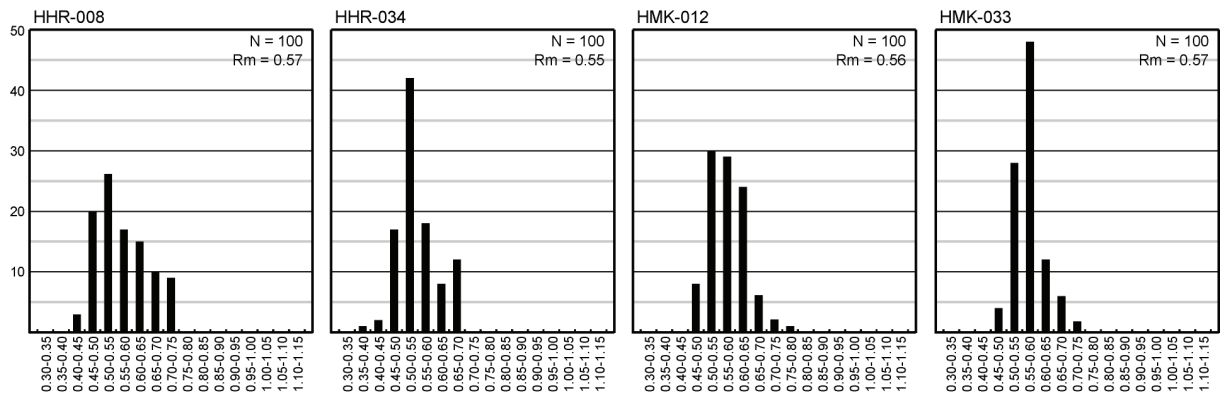


図32 穂別富内地域のビトリナイト反射率(Rm).

の結果は、それぞれ 0.78, 0.73, 0.74, 0.70 であり、カタジェネシス帯前期に位置付けられた（図 28E, F, 図 31）。

3. 4. 穂別富内地域

ビトリナイト反射率(Rm)を測定した4試料(HHR-008, 034, HMK-012, 033)の結果は、それぞれ 0.57, 0.55, 0.56, 0.57 であり、カタジェネシス帯前期に位置付けられた（図 28G, H, 図 32）。

炭素安定同位体比

1. 天塩中川地域

本研究において測定した天塩中川地域の堆積岩試料の TOC と $\delta^{13}\text{C}$ 値をそれぞれ表 17 と表 21 に、それらの層序学的な変動曲線を図 33 に示した。本研究で得た $\delta^{13}\text{C}$ 値の平均は、-24.29‰ である。 $\delta^{13}\text{C}$ 値の変動は下部が -24.25‰ 付近、上部が -24.50‰ 付近を中心に 0.5‰ 以下の変動を全体的に繰り返す。

表21 天塩中川地域で採取した堆積岩中のケロジェンの炭素安定同位体比値。

試料名	測定 1回目	測定 2回目	測定 3回目	平均値	試料名	測定 1回目	測定 2回目	測定 3回目	平均値	試料名	測定 1回目	測定 2回目	測定 3回目	平均値
NAB-001	-24.35	-24.37	-24.35	-24.36	NAB-039	-23.99	-23.98	-23.86	-23.95	NAB-526	-24.18	-24.17	-24.12	-24.16
NAB-002	-23.79	-23.71	-23.72	-23.74	NAB-040	-24.20	-24.05	-24.11	-24.12	NAB-527	-24.29	-24.36	-24.35	-24.33
NAB-003	-24.55	-24.49	-24.57	-24.54	NAB-041	-23.89	-23.76	-23.71	-23.79	NAB-528	-24.60	-24.73	-24.64	-24.66
NAB-004	-24.55	-24.49	-24.46	-24.50	NAB-042	-24.07	-24.03	-24.01	-24.04	NAB-529	-24.61	-24.65	-24.69	-24.65
NAB-005	-24.29	-24.18	-24.24	-24.24	NAB-043	-24.06	-24.00	-23.94	-24.00	NAB-530	-24.43	-24.61	-24.57	-24.54
NAB-006	-24.16	-24.04	-24.08	-24.09	NAB-044	-24.01	-24.15	-24.23	-24.13	NAB-531	-24.47	-24.50	-24.54	-24.50
NAB-007	-24.40	-24.41	-24.37	-24.39	NAB-045	-24.17	-24.15	-24.17	-24.16	NAB-532	-24.44	-24.57	-24.60	-24.54
NAB-008	-24.38	-24.29	-24.31	-24.33	NAB-046	-24.11	-24.06	-24.09	-24.09	NAB-533	-24.43	-24.46	-24.51	-24.47
NAB-009	-24.32	-24.21	-24.22	-24.25	NAB-047	-24.28	-24.28	-24.39	-24.32	NAB-534	-24.51	-24.51	-24.65	-24.56
NAB-010	-24.07	-23.99	-24.04	-24.03	NAB-048	-24.08	-24.10	-24.15	-24.11	NAB-535	-24.49	-24.45	-24.45	-24.46
NAB-011	-24.19	-24.17	-24.26	-24.21	NAB-049	-24.15	-24.30	-24.31	-24.25	NRB-001	-23.89	-23.93	-23.83	-23.88
NAB-012	-24.11	-24.12	-24.09	-24.10	NAB-051	-24.47	-24.44	-24.42	-24.44	NRB-002	-24.13	-24.04	-24.07	-24.08
NAB-013	-24.30	-24.40	-24.31	-24.34	NAB-053	-24.71	-24.60	-24.64	-24.65	NRB-003	-24.65	-24.65	-24.63	-24.64
NAB-014	-24.07	-24.17	-24.17	-24.14	NAB-054	-24.70	-24.60	-24.62	-24.64	NRB-004	-23.76	-23.90	-23.77	-23.81
NAB-015	-24.15	-24.18	-24.16	-24.16	NAB-055	-24.19	-24.15	-24.13	-24.16	NRB-005	-23.98	-24.17	-24.03	-24.06
NAB-016	-24.02	-24.09	-24.08	-24.07	NAB-056	-24.30	-24.29	-24.30	-24.30	NRB-006	-24.48	-24.50	-24.46	-24.48
NAB-017	-24.25	-24.32	-24.25	-24.27	NAB-501	-24.39	-24.31	-24.42	-24.37	NRB-007	-24.31	-24.38	-24.36	-24.35
NAB-018	-24.24	-24.36	-24.29	-24.30	NAB-502	-24.14	-24.15	-24.13	-24.14	NRB-008	-24.52	-24.60	-24.50	-24.54
NAB-019	-24.14	-24.20	-24.19	-24.17	NAB-505	-24.21	-24.23	-24.29	-24.24	NRB-009	-24.66	-24.69	-24.56	-24.64
NAB-020	-24.08	-24.14	-24.05	-24.09	NAB-507	-24.07	-24.09	-24.08	-24.08	NRB-010	-24.46	-24.43	-24.47	-24.45
NAB-021	-24.20	-24.31	-24.25	-24.25	NAB-508	-23.87	-23.88	-23.92	-23.89	NRB-011	-24.40	-24.47	-24.48	-24.45
NAB-022	-24.33	-24.43	-24.31	-24.36	NAB-509	-23.83	-23.86	-23.82	-23.84	NRB-012	-24.39	-24.48	-24.41	-24.43
NAB-023	-24.39	-24.43	-24.35	-24.39	NAB-510	-23.91	-23.84	-23.90	-23.88	NRB-013	-24.27	-24.14	-24.25	-24.22
NAB-024	-24.71	-24.68	-24.70	-24.70	NAB-511	-23.84	-23.76	-23.81	-23.80	NRB-014	-24.78	-24.82	-24.84	-24.81
NAB-025	-24.59	-24.44	-24.50	-24.51	NAB-512	-23.66	-23.62	-23.74	-23.67	NRB-015	-24.68	-24.75	-24.69	-24.71
NAB-026	-24.40	-24.37	-24.35	-24.37	NAB-513	-24.10	-23.98	-24.02	-24.03	NRB-016	-24.63	-24.61	-24.68	-24.64
NAB-027	-24.53	-24.57	-24.48	-24.53	NAB-514	-24.11	-24.11	-24.18	-24.13	NRB-017	-24.47	-24.57	-24.55	-24.53
NAB-028	-23.47	-23.58	-23.51	-23.52	NAB-515	-24.42	-24.43	-24.49	-24.45	NRB-018	-24.51	-24.45	-24.50	-24.48
NAB-029	-23.67	-23.51	-23.59	-23.59	NAB-516	-24.50	-24.39	-24.48	-24.46	NRB-019	-24.28	-24.38	-24.42	-24.36
NAB-030	-23.90	-23.92	-23.86	-23.89	NAB-517	-24.19	-24.21	-24.20	-24.20	NRB-020	-24.58	-24.56	-24.50	-24.55
NAB-031	-24.49	-24.50	-24.55	-24.51	NAB-518	-24.25	-24.25	-24.31	-24.27	NRB-021	-24.44	-24.43	-24.31	-24.39
NAB-032	-23.95	-24.03	-24.06	-24.01	NAB-519	-24.51	-24.56	-24.59	-24.55	NRB-022	-24.58	-24.61	-24.64	-24.61
NAB-033	-24.25	-24.26	-24.20	-24.24	NAB-520	-24.48	-24.49	-24.51	-24.49	NRB-023	-24.49	-24.40	-24.51	-24.47
NAB-034	-23.95	-23.99	-23.88	-23.94	NAB-521	-24.20	-24.18	-24.28	-24.22	NRB-024	-24.41	-24.42	-24.48	-24.44
NAB-035	-24.12	-24.16	-24.12	-24.13	NAB-522	-24.20	-24.13	-24.29	-24.21	NRB-025	-24.82	-24.87	-24.92	-24.87
NAB-036	-24.15	-24.01	-24.02	-24.06	NAB-523	-24.24	-24.24	-24.28	-24.25	NRB-026	-24.62	-24.67	-24.62	-24.64
NAB-037	-23.82	-23.79	-23.72	-23.78	NAB-524	-24.68	-24.70	-24.75	-24.71	NRB-027	-25.89	-25.80	-25.74	-25.81
NAB-038	-23.97	-23.86	-23.91	-23.91	NAB-525	-24.12	-24.12	-24.11	-24.12					

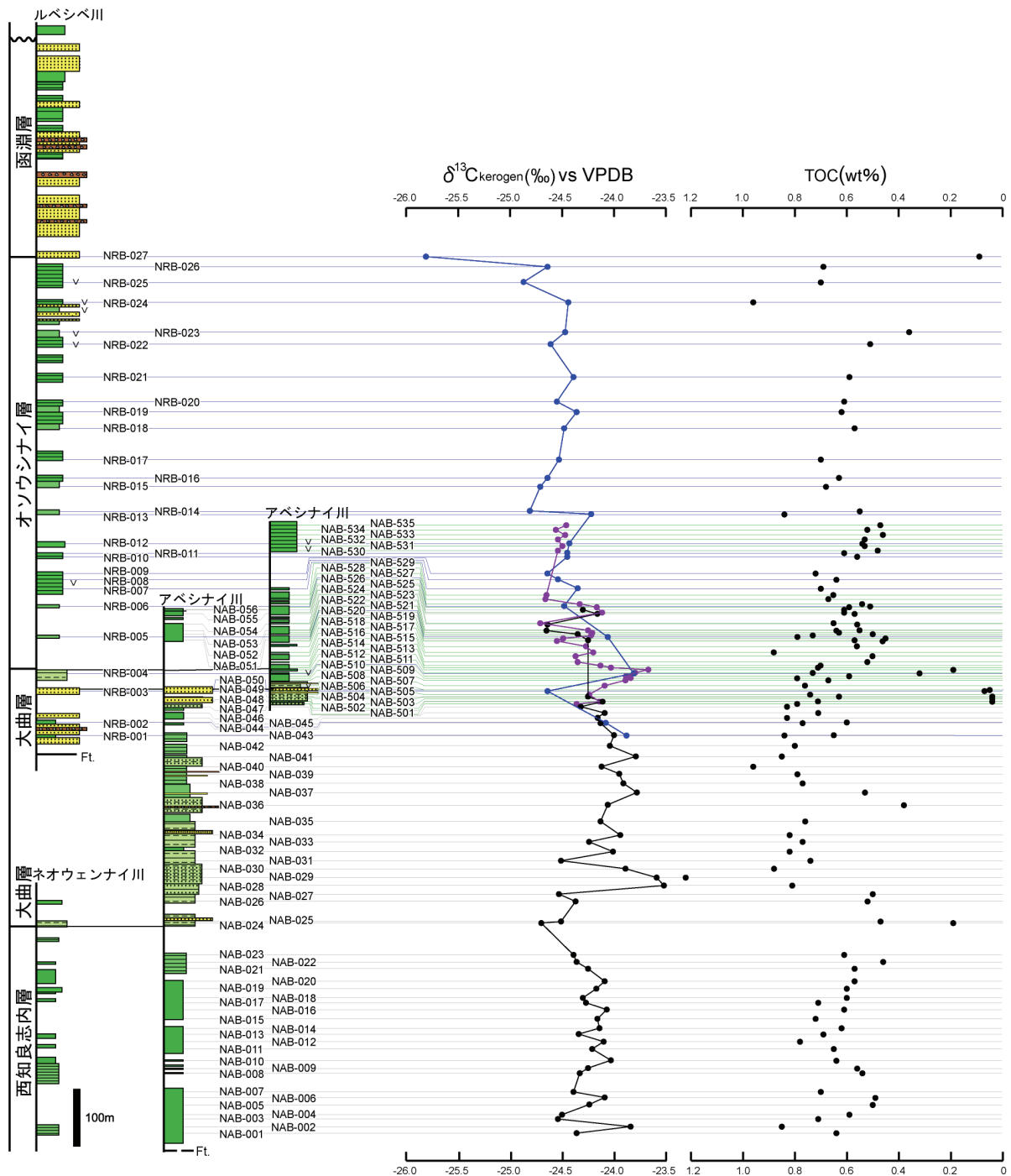


図33 天塩中川地域で得られたケロジェンに含まれる有機炭素の $\delta^{13}\text{C}$ 変動曲線と元素分析に基づく全有機炭素量(TOC)の変動曲線。

返している（図 33）。特に大きな変動を生じさせている層準は、本研究での最大値である NAB-028 の -23.52‰ ，最小値である NRB-027 の -25.81‰ の層準である（図 33，表 21）。TOC は泥岩が $0.32\sim 1.22\text{ wt\%}$ の範囲であり，砂岩が $0.04\sim 0.19\text{ wt\%}$ の範囲である（表 17）。TOC の変動は他の地域と異なり激しい変動が見受けられ，大まかな傾向として大曲層の泥岩中の TOC は西知良志内層とオソウシナイ層の泥岩中の TOC より若干高い（図 33）。

表22 小平地域で採取した堆積岩中のケロジェンの炭素安定同位体比値.

試料名	測定 1回目	測定 2回目	測定 3回目	平均値	試料名	測定 1回目	測定 2回目	測定 3回目	平均値	試料名	測定 1回目	測定 2回目	測定 3回目	平均値
OKF-001	-24.35	-24.34	-24.29	-24.33	AKN-036	-24.21	-24.25	-24.30	-24.25	AKN-508	-24.39	-24.42	-24.34	-24.38
OKF-002	-24.41	-24.44	-24.36	-24.40	AKN-037	-24.35	-24.34	-24.46	-24.38	AKN-509	-24.62	-24.59	-24.60	-24.60
OKF-003	-24.60	-24.61	-24.55	-24.58	AKN-038	-24.33	-24.34	-24.39	-24.35	AKN-510	-24.50	-24.46	-24.61	-24.52
OKF-004	-24.64	-24.65	-24.58	-24.62	AKN-039	-24.59	-24.52	-24.49	-24.53	AKN-511	-24.50	-24.35	-24.42	-24.42
OKF-005	-24.46	-24.50	-24.42	-24.46	AKN-040	-24.60	-24.58	-24.57	-24.58	AKN-512	-24.41	-24.47	-24.50	-24.46
OKF-006	-24.65	-24.65	-24.59	-24.63	AKN-041	-24.34	-24.37	-24.34	-24.35	AKN-513	-24.54	-24.47	-24.54	-24.52
OKF-007	-24.25	-24.28	-24.18	-24.24	AKN-042	-24.47	-24.46	-24.44	-24.46	AKN-514	-24.61	-24.54	-24.57	-24.57
OKF-008	-24.34	-24.29	-24.28	-24.30	AKN-043	-24.36	-24.40	-24.30	-24.35	AKN-515	-24.76	-24.76	-24.78	-24.77
OKF-009	-24.41	-24.35	-24.39	-24.38	AKN-044	-24.32	-24.39	-24.27	-24.33	AKN-516	-24.63	-24.61	-24.67	-24.64
OKF-010	-24.61	-24.56	-24.58	-24.58	AKN-045	-24.33	-24.34	-24.33	-24.33	AKN-517	-24.69	-24.68	-24.67	-24.68
OKF-011	-24.53	-24.45	-24.44	-24.47	AKN-046	-24.29	-24.32	-24.33	-24.31	AKN-518	-24.54	-24.45	-24.49	-24.49
AKN-001	-24.42	-24.41	-24.33	-24.38	AKN-047	-24.26	-24.28	-24.28	-24.27	AKN-519	-24.44	-24.37	-24.39	-24.40
AKN-002	-24.41	-24.40	-24.30	-24.37	AKN-048	-24.33	-24.37	-24.28	-24.32	AKN-520	-24.57	-24.51	-24.57	-24.55
AKN-003	-24.48	-24.45	-24.35	-24.43	AKN-049	-24.38	-24.49	-24.38	-24.42	AKN-521	-24.48	-24.46	-24.42	-24.45
AKN-004	-24.41	-24.42	-24.36	-24.40	AKN-050	-24.49	-24.59	-24.50	-24.53	AKN-522	-24.57	-24.45	-24.51	-24.51
AKN-005	-24.54	-24.55	-24.51	-24.53	AKN-051	-24.61	-24.57	-24.60	-24.59	AKN-523	-24.70	-24.60	-24.57	-24.62
AKN-006	-24.63	-24.67	-24.62	-24.64	AKN-052	-24.30	-24.32	-24.24	-24.29	AKN-524	-24.79	-24.81	-24.76	-24.78
AKN-007	-24.49	-24.45	-24.40	-24.45	AKN-053	-24.37	-24.40	-24.42	-24.40	AKN-525	-24.47	-24.40	-24.41	-24.43
AKN-008	-24.36	-24.29	-24.31	-24.32	AKN-054	-24.28	-24.24	-24.27	-24.26	AKN-526	-24.58	-24.48	-24.53	-24.53
AKN-009	-24.92	-24.83	-24.91	-24.89	AKN-055	-23.91	-23.95	-23.87	-23.91	AKN-527	-24.51	-24.43	-24.48	-24.47
AKN-010	-24.08	-24.01	-24.10	-24.06	AKN-056	-23.96	-23.91	-23.98	-23.95	AKN-528	-24.65	-24.60	-24.63	-24.63
AKN-011	-24.03	-23.97	-24.07	-24.02	AKN-057	-24.14	-24.12	-24.14	-24.13	AKN-529	-24.64	-24.55	-24.51	-24.57
AKN-012	-24.57	-24.67	-24.57	-24.60	AKN-058	-23.73	-23.80	-23.71	-23.75	AKN-530	-24.76	-24.67	-24.70	-24.71
AKN-013	-23.88	-23.90	-23.88	-23.89	AKN-059	-24.06	-24.05	-23.98	-24.03	AKN-531	-24.76	-24.67	-24.77	-24.73
AKN-014	-24.12	-24.19	-24.16	-24.15	AKN-060	-24.10	-24.20	-24.24	-24.18	AKN-532	-24.86	-24.77	-24.77	-24.80
AKN-015	-24.14	-24.11	-24.14	-24.13	AKN-061	-23.75	-23.75	-23.84	-23.78	AKN-533	-24.81	-24.77	-24.77	-24.78
AKN-016	-24.20	-24.19	-24.22	-24.20	AKN-062	-23.78	-23.80	-23.84	-23.81	AKN-534	-24.98	-24.93	-24.93	-24.95
AKN-017	-24.32	-24.35	-24.35	-24.34	AKN-063	-24.09	-24.13	-24.18	-24.13	AKN-535	-24.42	-24.41	-24.28	-24.37
AKN-018	-24.34	-24.31	-24.28	-24.31	AKN-064	-23.43	-23.52	-23.51	-23.49	AKN-536	-25.25	-25.16	-25.27	-25.23
AKN-019	-24.46	-24.38	-24.36	-24.40	AKN-065	-24.17	-24.16	-24.13	-24.16	AKN-537	-24.42	-24.33	-24.32	-24.35
AKN-020	-24.57	-24.58	-24.48	-24.54	AKN-066	-24.04	-24.14	-24.08	-24.08	AKN-538	-24.56	-24.48	-24.43	-24.49
AKN-021	-24.43	-24.50	-24.41	-24.45	AKN-067	-24.10	-24.13	-24.04	-24.09	AKN-539	-24.90	-24.82	-24.76	-24.83
AKN-022	-24.29	-24.26	-24.26	-24.27	AKN-068	-24.44	-24.49	-24.39	-24.44	AKN-540	-24.23	-24.15	-24.13	-24.17
AKN-023	-24.44	-24.47	-24.47	-24.46	AKN-069	-24.27	-24.37	-24.41	-24.35	AKN-541	-25.03	-24.91	-24.94	-24.96
AKN-024	-24.36	-24.40	-24.39	-24.38	AKN-070	-23.93	-23.86	-23.89	-23.89	AKN-542	-24.27	-24.21	-24.18	-24.22
AKN-025	-24.31	-24.28	-24.24	-24.28	AKN-071	-24.71	-24.65	-24.68	-24.68	AKN-543	-24.76	-24.78	-24.73	-24.76
AKN-026	-24.57	-24.55	-24.51	-24.55	AKN-072	-24.39	-24.39	-24.32	-24.37	AKN-544	-24.21	-24.18	-24.13	-24.18
AKN-027	-24.37	-24.47	-24.36	-24.40	AKN-073	-23.79	-23.93	-23.84	-23.85	AKN-545	-24.81	-24.80	-24.77	-24.79
AKN-028	-24.80	-24.86	-24.75	-24.80	AKN-074	-23.94	-23.87	-23.92	-23.91	AKN-546	-24.78	-24.74	-24.75	-24.75
AKN-029	-24.43	-24.47	-24.49	-24.46	AKN-501	-24.12	-24.01	-24.07	-24.06	AKN-547	-24.73	-24.58	-24.57	-24.63
AKN-030	-24.24	-24.20	-24.17	-24.20	AKN-502	-24.13	-24.20	-24.08	-24.14	AKN-548	-24.63	-24.64	-24.51	-24.59
AKN-031	-24.28	-24.24	-24.29	-24.27	AKN-503	-24.50	-24.58	-24.51	-24.53	AKN-549	-24.73	-24.72	-24.70	-24.71
AKN-032	-24.27	-24.32	-24.17	-24.25	AKN-504	-24.84	-24.73	-24.87	-24.81	AKN-550	-24.61	-24.47	-24.53	-24.54
AKN-033	-24.39	-24.42	-24.34	-24.38	AKN-505	-24.50	-24.29	-24.46	-24.42	AKN-551	-24.71	-24.55	-24.60	-24.62
AKN-034	-24.07	-24.13	-24.01	-24.07	AKN-506	-24.51	-24.51	-24.50	-24.51	AKN-552	-24.65	-24.57	-24.52	-24.58
AKN-035	-24.27	-24.28	-24.37	-24.31	AKN-507	-24.55	-24.49	-24.50	-24.51	AKN-553	-24.47	-24.48	-24.43	-24.46

2. 小平地域

本研究において測定した小平地域の泥岩試料の TOC と $\delta^{13}\text{C}$ 値をそれぞれ表 18 と表 22 に、それらの層序学的な変動曲線を図 34 に示した。本研究で得た $\delta^{13}\text{C}$ 値の平均は、 -24.41‰ である。 $\delta^{13}\text{C}$ 値の変動は全体的に -24.50‰ 付近を中心に 0.5‰ 程度の変動を繰り返している。特に大きな変動を生じさせている層準は、Uramoto *et al.* (2009) が示した AKN-008 と 009 の間である -25.16‰ 、本研究での最大値である AKN-064 の -23.49‰ 、最小値である AKN-536 の -25.23‰ の層準である (図 34, 表 22)。TOC は $0.24\sim 0.96\text{ wt\%}$ の範囲にあり、ほとんどの試料が 0.7 wt\% 程度である (図 34, 表 18)。TOC の

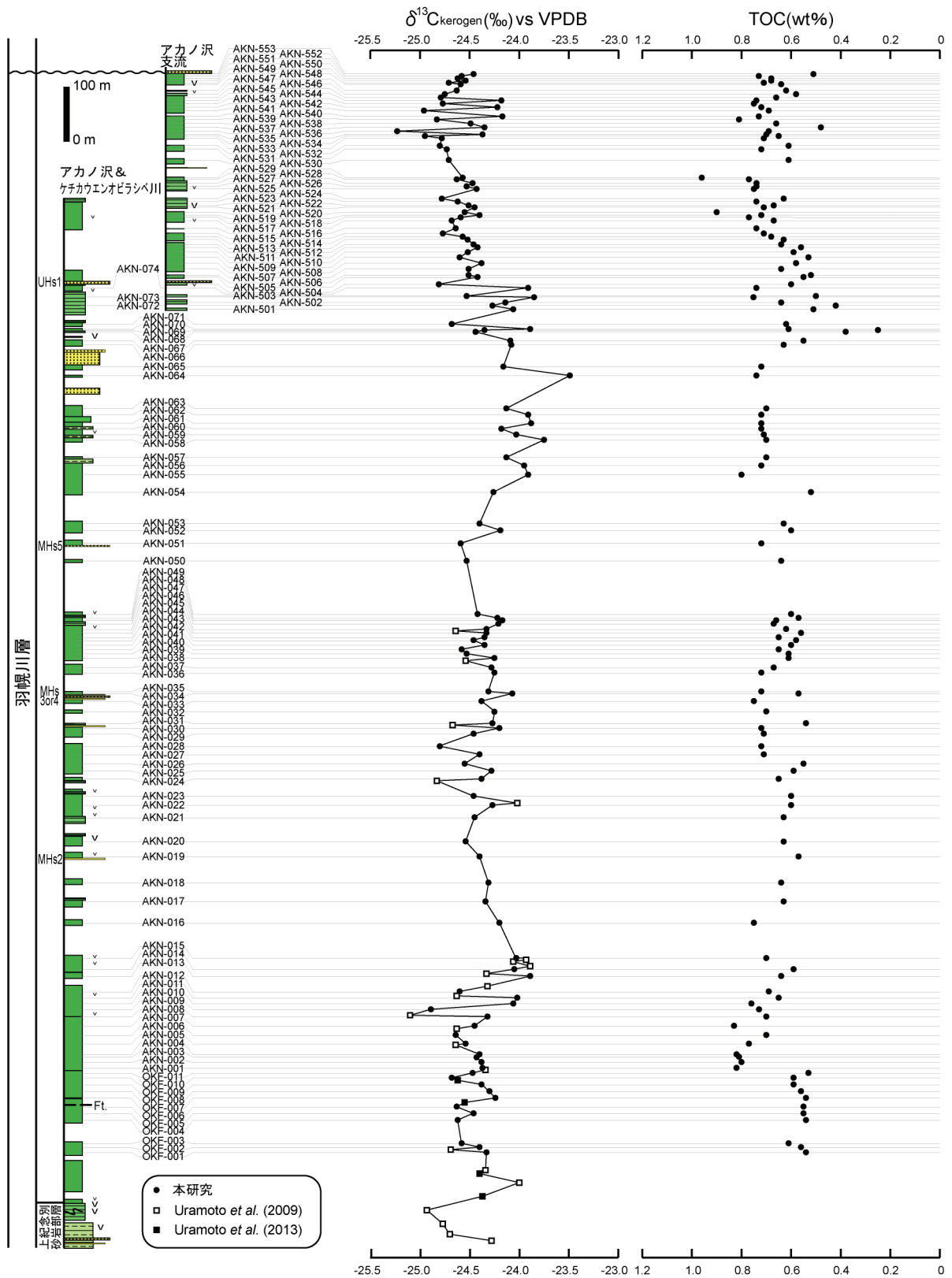


図34 小平地域で得られたケロゲン中に含まれる有機炭素の $\delta^{13}\text{C}$ 変動曲線と元素分析に基づく全有機炭素量 (TOC) の変動曲線。

変動は UHs1 前後でのみ見受けられ、UHs1 から下位 100 m までの層準の一部は他の層準と比べ TOC が低く、UHs1 より上位の 100~200 m 区間の一部が高い (図 34)。

3. 大夕張地域

本研究において測定した大夕張地域の堆積岩試料の TOC と $\delta^{13}\text{C}$ 値をそれぞれ表 19 と表 23 に、それらの層序学的な変動曲線を図 35 に示した。本研究で得た $\delta^{13}\text{C}$ 値の平均は、 -24.64‰ である。 $\delta^{13}\text{C}$ 値の変動は全体的に -24.50‰ 付近を中心に 0.5‰ 程度の変動を繰り返している。特に大きな変動を生じさせている層準は、本研究での最大値である MYC-007 の -23.69‰ 、最小値である MYC-043 の -25.53‰ の層準、2 番目に大きな値を示している MYC-083 の層準である（図 35、表 23）。TOC は $0.49\sim 0.77\text{ wt\%}$ の範囲である（表 19）。TOC の変動は他地域と比較しても緩やかで、下位から上位に向けて約 0.6 wt\% から約 0.7 wt\% へと緩やかに上昇する傾向が見て取れる（図 35）。

表23 大夕張地域で採取した堆積岩中のケロジェンの炭素安定同位体比値。

試料名	測定 1回目	測定 2回目	測定 3回目	平均値	試料名	測定 1回目	測定 2回目	測定 3回目	平均値	試料名	測定 1回目	測定 2回目	測定 3回目	平均値
MYC-001	-24.64	-24.74	-24.76	-24.71	MYC-033	-24.88	-24.85	-25.00	-24.91	MYC-065	-24.24	-24.05	-24.22	-24.17
MYC-002	-24.84	-24.99	-24.91	-24.91	MYC-034	-24.84	-24.85	-24.94	-24.88	MYC-066	-24.64	-24.27	-24.25	-24.39
MYC-003	-24.72	-24.94	-24.81	-24.82	MYC-035	-24.55	-24.18	-24.57	-24.43	MYC-067	-24.31	-24.11	-24.08	-24.17
MYC-004	-24.63	-24.61	-24.70	-24.65	MYC-036	-24.56	-24.53	-24.68	-24.59	MYC-068	-24.03	-24.41	-24.26	-24.23
MYC-005	-24.35	-24.37	-24.47	-24.40	MYC-037	-24.93	-25.07	-24.95	-24.98	MYC-069	-24.50	-24.55	-24.70	-24.58
MYC-006	-24.34	-24.34	-24.45	-24.38	MYC-038	-25.42	-25.35	-25.31	-25.36	MYC-070	-24.10	-23.86	-24.01	-23.99
MYC-007	-23.60	-23.70	-23.78	-23.69	MYC-039	-25.24	-25.20	-25.27	-25.24	MYC-071	-24.65	-24.42	-24.51	-24.52
MYC-008	-23.75	-23.79	-23.92	-23.82	MYC-040	-25.36	-25.26	-25.17	-25.26	MYC-072	-24.42	-24.46	-24.41	-24.43
MYC-009	-24.65	-24.60	-24.53	-24.60	MYC-041	-24.97	-24.76	-25.03	-24.92	MYC-073	-24.08	-24.27	-24.09	-24.15
MYC-010	-24.66	-24.74	-24.87	-24.75	MYC-042	-25.26	-25.21	-25.29	-25.25	MYC-074	-24.69	-24.40	-24.46	-24.52
MYC-011	-24.77	-24.56	-24.80	-24.71	MYC-043	-25.40	-25.50	-25.69	-25.53	MYC-075	-24.44	-24.42	-24.55	-24.47
MYC-012	-24.62	-24.81	-24.86	-24.76	MYC-044	-25.41	-25.50	-25.40	-25.43	MYC-076	-23.92	-24.10	-23.86	-23.96
MYC-013	-24.60	-24.79	-24.79	-24.73	MYC-045	-25.20	-25.26	-25.14	-25.20	MYC-077	-24.46	-24.16	-24.36	-24.33
MYC-014	-25.01	-24.91	-25.01	-24.98	MYC-046	-24.85	-24.80	-24.84	-24.83	MYC-078	-24.09	-24.04	-24.01	-24.05
MYC-015	-24.85	-25.14	-25.11	-25.04	MYC-047	-24.49	-24.51	-24.42	-24.47	MYC-079	-24.80	-24.60	-24.65	-24.68
MYC-016	-24.57	-24.74	-24.71	-24.67	MYC-048	-24.64	-24.73	-24.86	-24.74	MYC-080	-23.84	-24.09	-23.87	-23.93
MYC-017	-25.22	-25.15	-25.31	-25.23	MYC-049	-24.72	-24.88	-24.96	-24.85	MYC-081	-24.35	-24.31	-24.13	-24.26
MYC-018	-24.53	-24.48	-24.73	-24.58	MYC-050	-24.91	-25.07	-25.09	-25.02	MYC-082	-25.02	-25.04	-25.06	-25.04
MYC-019	-24.17	-24.34	-24.45	-24.32	MYC-051	-25.25	-25.23	-25.13	-25.20	MYC-083	-23.79	-23.95	-23.90	-23.88
MYC-020	-24.87	-24.65	-24.80	-24.77	MYC-052	-24.69	-24.94	-25.20	-24.94	MYC-084	-24.04	-24.21	-24.32	-24.19
MYC-021	-24.91	-24.98	-25.09	-25.00	MYC-053	-24.45	-24.65	-24.42	-24.51	MYC-085	-24.30	-24.20	-24.23	-24.24
MYC-022	-25.10	-25.10	-25.10	-25.00	MYC-054	-23.91	-24.12	-24.27	-24.10	MYC-086	-24.45	-24.41	-24.69	-24.52
MYC-023	-25.34	-25.20	-25.52	-25.35	MYC-055	-24.89	-25.00	-25.15	-25.01	MYC-087	-24.27	-24.06	-24.07	-24.13
MYC-024	-24.77	-24.85	-24.73	-24.79	MYC-056	-24.92	-24.94	-24.80	-24.89	MYC-088	-24.49	-24.33	-24.39	-24.40
MYC-025	-24.63	-24.72	-24.91	-24.75	MYC-057	-24.43	-24.57	-24.47	-24.49	MYC-089	-24.59	-24.43	-24.43	-24.48
MYC-026	-24.95	-24.95	-25.13	-25.01	MYC-058	-24.71	-24.76	-24.96	-24.81	MYC-090	-24.41	-24.50	-24.38	-24.43
MYC-027	-24.63	-24.67	-24.63	-24.64	MYC-059	-24.09	-24.42	-24.36	-24.29	MYC-091	-24.37	-24.45	-24.40	-24.41
MYC-028	-25.13	-25.19	-25.06	-25.13	MYC-060	-24.23	-24.29	-24.20	-24.24	MYC-092	-24.45	-24.55	-24.74	-24.58
MYC-029	-24.49	-24.73	-24.55	-24.59	MYC-061	-24.25	-24.12	-24.13	-24.17	MYC-093	-24.62	-24.51	-24.60	-24.58
MYC-030	-24.64	-24.76	-24.89	-24.77	MYC-062	-24.21	-24.36	-24.32	-24.30	MYC-094	-24.66	-24.43	-24.73	-24.61
MYC-031	-25.03	-25.21	-25.15	-25.13	MYC-063	-24.63	-24.50	-24.75	-24.63	MYC-095	-24.65	-24.63	-24.85	-24.71
MYC-032	-24.80	-24.71	-24.83	-24.78	MYC-064	-24.32	-24.44	-24.45	-24.40	MYC-096	-24.76	-24.97	-25.00	-24.91

4. 穂別富内地域

本研究において測定した穂別富内地域の堆積岩試料の TOC と $\delta^{13}\text{C}$ 値をそれぞれ表 20 と表 24 に、それらの層序学的な変動曲線を図 36 に示した。本研究で得た $\delta^{13}\text{C}$ 値の平均は、 -24.51‰ である。 $\delta^{13}\text{C}$ 値の大まかな変動は調

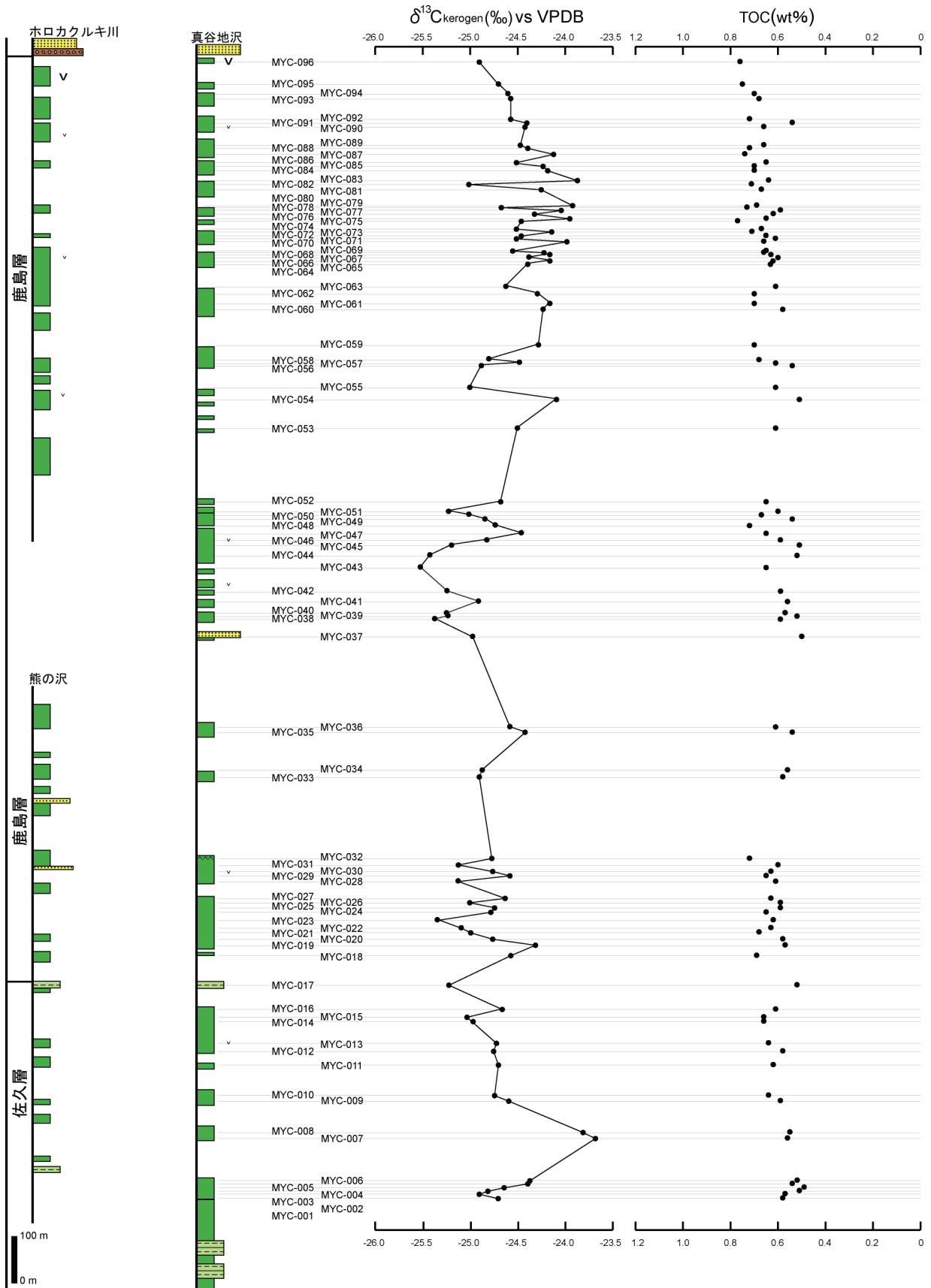


図35 大タ張地域で得られたケロジェン中に含まれる有機炭素の $\delta^{13}\text{C}$ 変動曲線と元素分析に基づく全有機炭素量(TOC)の変動曲線.

表24 穂別富内地域で採取した堆積岩中のケロジェンの炭素安定同位体比値.

試料名	測定 1回目	測定 2回目	測定 3回目	平均値	試料名	測定 1回目	測定 2回目	測定 3回目	平均値	試料名	測定 1回目	測定 2回目	測定 3回目	平均値
HHR-001	-24.40	-24.39	-24.38	-24.39	HHR-026	-24.41	-24.31	-24.42	-24.38	HHR-050	-25.12	-25.24	-25.01	-25.12
HHR-002	-24.21	-24.26	-24.17	-24.21	HHR-027	-24.36	-24.27	-24.29	-24.31	HMK-001	-24.78	-24.70	-24.67	-24.72
HHR-003	-24.60	-24.56	-24.54	-24.57	HHR-028	-24.65	-24.49	-24.63	-24.59	HMK-002	-24.59	-24.64	-24.68	-24.64
HHR-004	-24.34	-24.41	-24.29	-24.35	HHR-029	-24.49	-24.42	-24.28	-24.40	HMK-003	-24.46	-24.45	-24.47	-24.46
HHR-005	-24.46	-24.40	-24.40	-24.42	HHR-030	-24.51	-24.48	-24.32	-24.44	HMK-004	-24.46	-24.39	-24.43	-24.43
HHR-006	-24.10	-24.10	-24.12	-24.11	HHR-031	-24.65	-24.58	-24.59	-24.61	HMK-005	-24.44	-24.40	-24.44	-24.43
HHR-007	-24.59	-24.55	-24.56	-24.57	HHR-032	-24.82	-24.75	-24.76	-24.77	HMK-006	-24.49	-24.41	-24.43	-24.44
HHR-008	-24.68	-24.65	-24.61	-24.65	HHR-033	-24.54	-24.58	-24.46	-24.53	HMK-007	-24.90	-24.86	-24.83	-24.86
HHR-009	-24.62	-24.51	-24.56	-24.56	HHR-034	-24.98	-24.97	-24.91	-24.95	HMK-008	-24.62	-24.57	-24.58	-24.59
HHR-010	-24.54	-24.47	-24.51	-24.51	HHR-035	-24.63	-24.48	-24.50	-24.54	HMK-009	-24.60	-24.60	-24.64	-24.61
HHR-011	-24.30	-24.22	-24.28	-24.27	HHR-036	-24.69	-24.55	-24.57	-24.60	HMK-010	-25.05	-24.97	-25.00	-25.01
HHR-012	-24.57	-24.50	-24.51	-24.53	HHR-037	-24.64	-24.49	-24.54	-24.56	HMK-011	-24.43	-24.54	-24.45	-24.47
HHR-013	-24.18	-24.03	-24.11	-24.10	HHR-038	-24.56	-24.44	-24.50	-24.50	HMK-012	-25.11	-25.15	-25.16	-25.14
HHR-014	-24.30	-24.32	-24.30	-24.30	HHR-039	-24.57	-24.52	-24.60	-24.56	HMK-013	-24.45	-24.51	-24.50	-24.49
HHR-015	-24.18	-24.15	-24.26	-24.20	HHR-040	-24.57	-24.68	-24.58	-24.61	HMK-014	-24.64	-24.64	-24.67	-24.65
HHR-016	-24.30	-24.22	-24.26	-24.26	HHR-041	-24.74	-24.57	-24.66	-24.66	HMK-015	-25.08	-25.17	-25.24	-25.16
HHR-017	-24.28	-24.29	-24.30	-24.29	HHR-042	-24.30	-24.17	-24.17	-24.22	HMK-016	-25.22	-25.17	-25.07	-25.15
HHR-018	-24.24	-24.16	-24.26	-24.22	HHR-043	-24.77	-24.63	-24.69	-24.70	HMK-017	-25.49	-25.48	-25.34	-25.44
HHR-019	-23.78	-23.68	-23.76	-23.74	HHR-044	-24.47	-24.33	-24.30	-24.36	HMK-020	-24.56	-24.48	-24.53	-24.52
HHR-020	-24.43	-24.37	-24.43	-24.41	HHR-045	-24.91	-24.85	-24.85	-24.87	HMK-023	-25.35	-25.08	-25.04	-25.16
HHR-021	-24.40	-24.30	-24.31	-24.33	HHR-046	-24.47	-24.32	-24.32	-24.37	HMK-031	-24.27	-24.42	-24.24	-24.31
HHR-022	-24.01	-24.01	-24.00	-24.00	HHR-047	-24.34	-24.18	-24.18	-24.23	HMK-032	-24.18	-24.16	-24.13	-24.16
HHR-023	-23.97	-23.82	-23.94	-23.91	HHR-048	-24.92	-24.79	-24.83	-24.85	HMK-033	-24.10	-24.07	-24.04	-24.07
HHR-024	-24.18	-24.10	-24.12	-24.13	HHR-049	-24.89	-24.86	-24.77	-24.84	HMK-035	-24.29	-24.18	-24.30	-24.26
HHR-025	-24.21	-24.13	-24.18	-24.17										

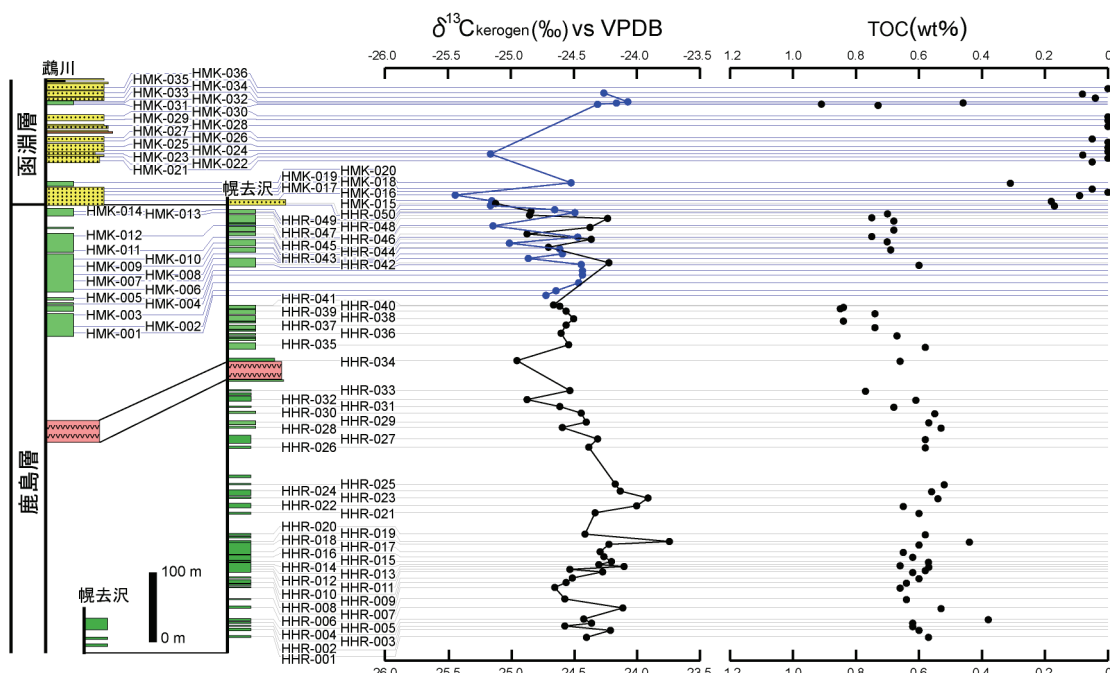


図36 穂別富内地域で得られたケロジェン中に含まれる有機炭素の $\delta^{13}\text{C}$ 変動曲線と元素分析に基づく全有機炭素量(TOC)の変動曲線.

査範囲下位が -24.50‰ 付近であり，最下位から HHR-019 にかけて正方向に緩やかに変動し，HHR-019 から函淵層にかけて負方向に緩やかに変動する特徴が見受けられる（図 36）. 函淵層中は $\delta^{13}\text{C}$ 値が測定できた試料が少なく連続

的に測定できていないことから変動を読み取れない。特に大きな変動を生じさせている層準は、本研究での最大値である HHR-019 の-23.74‰、最小値である HMK-017 の-25.44‰の層準である（図 36, 表 24）。TOC は泥岩が 0.38～0.95 wt%の範囲であり、砂岩が 0.00～0.31 wt%の範囲である（表 20）。TOC の変動は下位から鹿島層最上部にかけて約 0.6 wt%から約 0.8 wt%へと上昇する傾向が見て取れる（図 36）。

考察

有機物の起源

有機物は、一般に化学組成上 3 つのケロジェンタイプに分類され、ケロジェンタイプの違いにより異なる熟成経路をたどることが知られている（Tissot *et al.*, 1974）。この 3 つのタイプは有機物の起源の違いも示し、蝦夷層群の堆積岩中に含まれる有機物は陸上高等植物起源であるタイプ III に分類されることが一般的に知られている（例えば、Hasegawa, 1997; Ando *et al.*, 2002; Uramoto *et al.*, 2007）。本研究で調査した天塩中川地域、小平地域、大夕張地域、穂別富内地域も同様に全ての試料がタイプ III に分類される結果となった。よって、本研究の有機物起源の検討結果は、過去の蝦夷層群の堆積岩中に含まれる有機物の精査と調和的であり、陸源高等植物由来の有機物がほとんどである。ビジュアルケロジェン分析を行った各地域それぞれ 12 試料の結果（表 13-16）も全ての試料の 97%以上が木質部を起源とする有機物（オパーク、トランスルーセント、バイオストラクチャー）である（図 23, 表 13-16）。このことから、本研究で用いられた泥岩試料中に含まれる有機物のほとんどは陸源高等植物由来の有機物であることが分かる。

有機物の熱熟成評価

一般に、ケロジェンの炭素安定同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ ）は、変成領域で変化することが知られている（Whiticar, 1996）。変成領域未満の温度領域（カタジェネシス帯やダイアジェネシス帯）ではケロジェンの $\delta^{13}\text{C}$ は極々微量の変化を起こす（Whiticar, 1996）ものの、その値は初生的な $\delta^{13}\text{C}$ の値とほとんど変わらない。また、この極々微量な変化は安定同位体質量分析機の測定誤差内であることから無視できる。本研究で用いた天塩中川地域、小平地域、大

夕張地域，穂別富内地域の堆積岩試料は，全てがダイアジェネシス帯かカタジェネシス帯の領域を示し，熱熟成が変成領域に至ったものはない．したがって，本研究で用いた堆積岩試料中に含まれるケロジェンは熱熟成の影響をほとんど受けておらず，堆積当時の初生的な $\delta^{13}\text{C}$ の値を保持していると考えられる．また，本研究で得られたケロジェンの特徴は蝦夷層群が分布する他の地域の先行研究（例えば，Hasegawa and Saito, 1993；Hasegawa, 2001；Uramoto *et al.*, 2007）の結果とも調和的である．

よって，従来の研究と同様に本研究で得られた $\delta^{13}\text{C}$ 値は，蝦夷層群堆積当時の北東アジア縁辺部の陸上高等植物が持つ平均的な値を示していると推察される．

蝦夷層群が分布する各地域で得られた $\delta^{13}\text{C}$ 曲線の対比

蝦夷層群において本研究と同時代の $\delta^{13}\text{C}$ 曲線が示された研究には，サハリンのナイバ地域（Hasegawa *et al.*, 2003），北海道古丹別地域（Takashima *et al.*, 2010），羽幌地域（Hayakawa and Hirano, 2013）がある．

本研究と従来の研究の計 7 地域で示された $\delta^{13}\text{C}$ 曲線の対比には，Toshimitsu（1988）が提唱した留萌管区（羽幌地域，古丹別地域，小平地域など）内で対比できる砂岩鍵層（MHs5, UHs1 など），Takashima *et al.*（2004）が提唱した留萌管区，空知管区（三笠地域，大夕張地域など），胆振管区北東部（穂別地域）で対比できる凝灰岩（凝灰質砂岩を含む）鍵層（KY-5, KY-6），蝦夷層群内で時代対比に有効と考えられているアンモナイト類，イノセラムス類以外の二枚貝類，浮遊性有孔虫類の初産出層準を基に行った（図 37, 38）．

留萌管区内の対比では，二枚貝類 *Didymotis costatus* の初産出層準にある正のピークと凝灰岩鍵層 KY-5 の直上にある負と正のピークを対比した（図 37, 38）．羽幌地域では砂岩鍵層 MHs2 が露出していないので対比できていないが（図 37），小平地域と古丹別地域に露出する MHs2 より下位の負のピークと上位の正のピークは対比できる可能性が高いと判断した（図 38）．しかし，小平地域の MHs2 の層準が Toshimitu（1988）と大泉ほか（2005）で異なっているため確証を得られない．MHs5 と UHs1 の間で最も大きな値を持つ大きな正のピークは留萌管区内で顕著に見られるのでそれぞれが対比

できる (図 37, 38).

古丹別地域, 大夕張地域の対比では, 凝灰岩鍵層 KY-5 の存在が両地域で示されており (Takashima *et al.*, 2010 ; 林ほか, 2011), 凝灰岩鍵層 KY-5 の直下にある正のピークと直上にある負と正のピークを対比した (図 38). 両地域とも凝灰岩鍵層 KY-5 の直上にある正のピークの上位に浮遊性有孔虫の *Contusotruncana fornicata* (Plummer) の初産出層準がある (本山ほか, 1991 ; Takashima *et al.*, 2010). その上位にある最初の顕著な負のピークは対比できる可能性が高い. しかし, 大夕張地域で求めた $\delta^{13}\text{C}_{\text{kerogen}}$ 曲線は真谷地沢 (図 12) であり, *C. fornicata* の産出報告 (本山ほか, 1991) はホロカクルキ川 (図 12) と調査ルートが異なっている. つまり, 大夕張地域の各調査ルートの対比は鹿島層と函淵層の境界直下の凝灰岩層 (KY-6) のみの対比に留まっており, 詳細な対比ができていないことから確証を得られていない. 両地域に加えて穂別富内地域では凝灰岩鍵層 KY-6 が示されており (Takashima *et al.*, 2010 ; 林ほか, 2011), KY-6 より下位にある大きな値を持つ大きな正のピークを対比した. 対比したこの正のピーク付近には, 浮遊性有孔虫 *Globotruncata arca* (Cushman) の初産出層準 (本山ほか, 1991 ; Takashima *et al.*, 2010 ; 林ほか, 2011) がある.

ナイバ地域および天塩中川地域と他地域は鍵層などの対比の根拠が極端に少ないことから正確な対比はできていない (図 37).

欧州地域の $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 曲線との対比

古丹別地域の $\delta^{13}\text{C}_{\text{wood}}$ 曲線 (Takashima *et al.*, 2010), 羽幌地域の $\delta^{13}\text{C}_{\text{TOM}}$ 曲線 (Hayakawa and Hirano, 2013), 小平地域の本調査範囲より下位の層準の $\delta^{13}\text{C}_{\text{TOM}}$ 曲線 (Uramoto *et al.*, 2007, 2009, 2013) は, 国際対比可能な時代指標種のアンモナイト類, 二枚貝類, 浮遊性有孔虫類の産出層準を基にイングランド・セクションで得られた炭素同位体比イベントを定義した $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 曲線 (Jarvis *et al.*, 2006) とを詳細に対比している. 本研究で得られた $\delta^{13}\text{C}_{\text{kerogen}}$ 曲線も, 国際対比可能な時代指標種の産出層準を基にイングランド・セクションの $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 曲線 (Jarvis *et al.*, 2006) の変動パターンとの比較を試みた (図 39-41).

本研究で得られた $\delta^{13}\text{C}_{\text{kerogen}}$ 曲線に該当する $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 曲線の炭素同位体比イ

ベント (Jarvis *et al.*, 2006) の範囲は, 天塩中川地域が Santonian/Campanian Boundary Event より下位から Mid-Campanian Event (図 39), 小平地域が Hitch Wood Event から Santonian/Campanian Boundary Event よりやや上位まで (図 40), 大夕張地域が Pewsay Event から Santonian/Campanian Boundary Event よりやや上位まで (図 41), 穂別富内地域が Santonian/Campanian Boundary Event から Mid-Campanian Event と考えられ (図 41), その理由を以下に詳述する.

本研究で得た $\delta^{13}\text{C}_{\text{kerogen}}$ 曲線において最も下限の時代を示しているものは大夕張地域である (図 41). 調査地域より北に流れる白金沢の佐久層と鹿島層の境界から下位約 400 m の層準にて上部チューロニアン階に対比されるアンモナイト類 *Subprionocyclus cf. bravaisianus* (d'Orbigny) の産出 (Kawabe, 2000) が確認されている. 同種の初産出層準付近に大きな正のピークがあることから, 中部チューロニアン上部から上部チューロニアン階下部の範囲において唯一顕著に正のシフトが確認できる Pewsay Event に一応対比した (図 41). しかし, *S. cf. bravaisianus* の産出ルートが本調査ルートから少し離れていることから今後, 再検討が必要である.

小平地域, 古丹別地域, 大夕張地域の凝灰岩鍵層 KY-5 の直下には正のピーク (小平地域: -24.00‰, Uramoto *et al.*, 2009; 大夕張地域: -24.43‰, MYC-035), 直上には大きな負のピーク (小平地域: -25.10‰, Uramoto *et al.*, 2009; 大夕張地域: -25.36‰, MYC-038) が存在し (図 38), それぞれ同位体比イベントの Hitch Wood Event と Navigation Event に対比した (図 40, 41). その根拠は次のとおりである. Turonian/Coniacian 階境界 (以下, T/C 境界) の GSSP の候補地であるドイツのニーダーザクセン州ザルツギッター・ザルダー (Salzgitter-Salder village, Lower Saxony Province, Germany) では, 二枚貝類 *Didymotis* が多産して産出するイベント (*Didymotis* イベント) が上部チューロニアン階で 2 回確認されており (Walaszczyk *et al.*, 2010), その *Didymotis* イベントが世界各地で報告されている (例えば, Wood *et al.*, 1984). このイベント層準に産するアンモナイト類の *Forresteria* 属や *Barroisiceras* 属の中にも T/C 境界付近を指標し得る可能性を有するものがあるとされている (Kauffman *et al.*, 1996). 小平地域でも *Barroisiceras* 属や *Didymotis* の産出

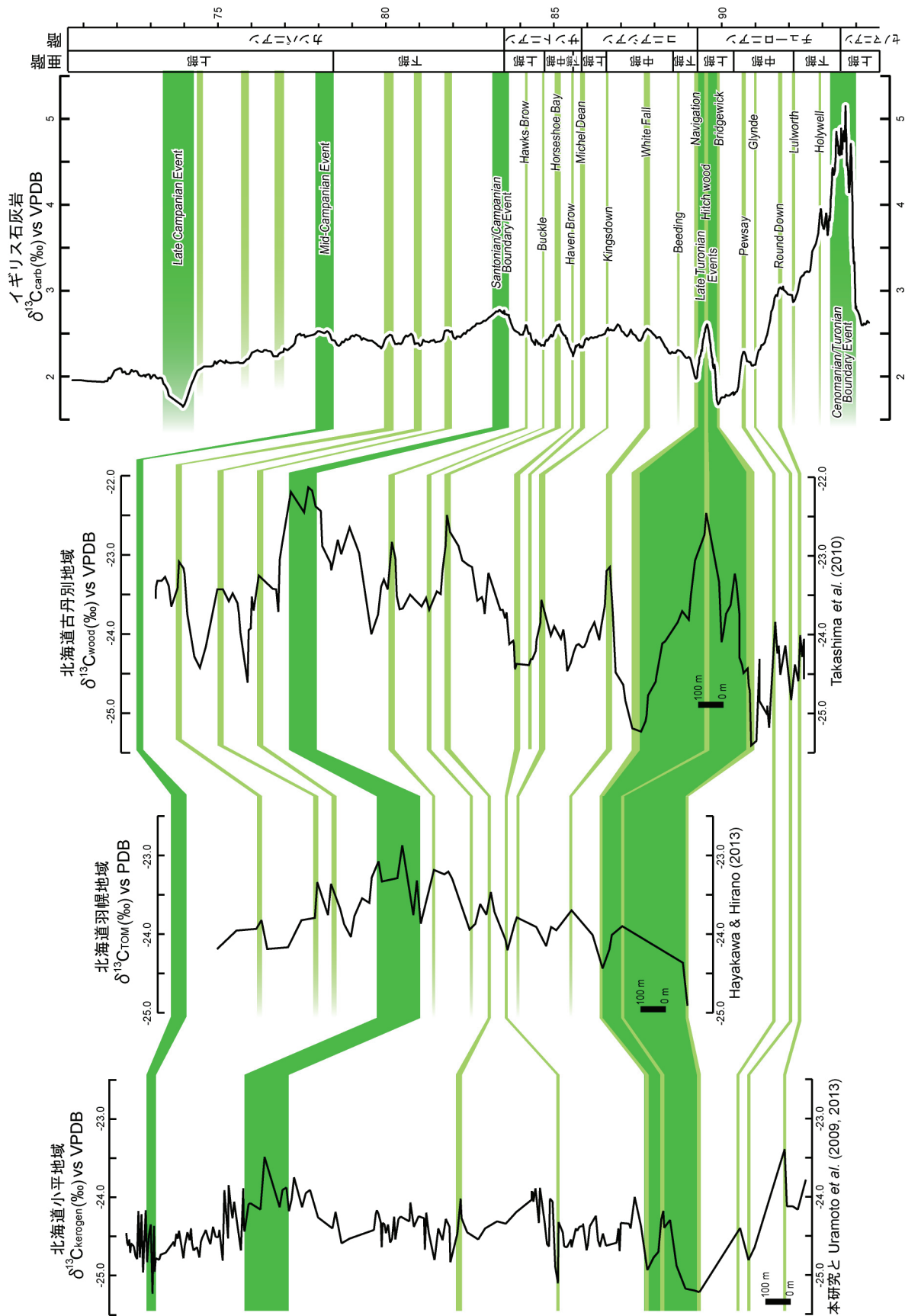


図40 蝦夷層群(小平地域, 羽幌地域, 古丹別地域)とイギリス石灰岩の時代対比。なお, 古丹別地域とイギリス石灰岩の時代対比はTakashima et al. (2010)の解釈に従う。

が調査範囲の最下部付近で確認されている (Matsumoto *et al.*, 1981; 舟木・平野, 2004). よって, 舟木・平野 (2004) で述べられているように, 小平地域の調査範囲最下部付近は T/C 境界付近である可能性が高く, この付近の $\delta^{13}\text{C}_{\text{kerogen}}$ の正負のピークは Late Turonian Events に属する両イベントに対比できる.

小平地域と古丹別地域の MHs2 の下位, 古丹別地域と大夕張地域の浮遊性有孔虫 *C. fornicata* の初産出層準 (本山ほか, 1991; Takashima *et al.*, 2010) の上位にある大きな負のピークはサントニアン階中部最下限の Haven Brow Event に対比した (図 40, 41). その根拠は次のとおりである. *Texanites* 属のアンモナイトは, 小平地域において中粒砂岩鍵層 MHs2 の直上から産出報告がある (図 38; 大泉ほか, 2005). 従来, サントニアン階の基底は *Texanites* (*Texanites*) の初産出層準で定められていた (例えば, Kennedy, 1984) が, 一部の種がコニアシアン階のイノセラムス類と共産する事から, 同属・同亜属の初産出は必ずしもサントニアン階基底を示さないと考えられている (Lamolda and Hancock, 1996). しかし, *Texanites* 類が多産するのはやはりサントニアン階からであり (Toshimitsu and Hirano, 2000), UHs2 より上位はサントニアン階に対比される可能性が高い. 小平地域の UHs2 より約 280 m 下位にある大きな負のピークが存在する (図 38). また, 古丹別地域では UHs2 付近で *C. fornicata* の初産出 (Takashima *et al.*, 2010) が確認されおり, 大夕張地域の同種の初産出層準 (本山ほか, 1991) より上位にも大きな負のピークが存在する (図 38). イングランド・セクションの $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 曲線における Late Turonian Events から Santonian/Campanian Boundary Event に至る範囲において大きな負のピークを有するイベントは Haven Brow Event のみであることから本イベントに対比した (図 40, 41). ただし, イングランド・セクションの $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 曲線の Navigation Event と Haven Brow Event を比較すると前者の方が大きいピークであるが, 小平地域の $\delta^{13}\text{C}_{\text{kerogen}}$ 曲線では Haven Brow Event に対比されるピークの方が大きい (図 38). この大きな負の $\delta^{13}\text{C}$ 値 (-25.16‰, AKN-008 と 009 の間) は Uramoto *et al.* (2009) によるデータであることから, 本研究では詳細に検討していない. 大きな負の値を生じさせた要因については今後, さらに検討する必要がある.

小平地域と古丹別地域に露出する MHs2 より上位の大きな正のピークが対比できると判断しているが、この正のピーク付近で時代を指標し得るデータはない。古丹別地域において、Takashima *et al.* (2010) はこの正のピークを Horseshoe Bay Event に対比していることからこの解釈に従った (図 40)。

羽幌地域, 小平地域, 古丹別地域の MHs5 と UHs1 の間にある正のピーク, 古丹別地域, 大夕張地域, 穂別富内地域の KY-6 より下位で浮遊性有孔虫 *G. arca* の初産出層準付近にある正のピークを Santonian/Campanian Boundary Event に対比した (図 39-41)。その根拠は以下のとおりである。北海道穂別富内地域の幌去沢の *G. arca* の初産出層準 (林ほか, 2011) より上位, かつ凝灰岩鍵層 KY-6 (林ほか, 2011) の間にある灰白色凝灰岩中に含まれる黒雲母に基づき 82.2 ± 0.6 Ma の K-Ar 年代が得られている (柴田・内海, 1995; 利光・長谷川, 2000)。つまり, MHs5 から UHs1 (Takashima *et al.*, 2010 の表現では砂岩 SS3 および KY-6 に相当) の間では少なくとも下部カンパニアン階下部に対比される可能性が高い。イングランド・セクションの下部カンパニアン付近の $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 曲線を眺めると, Santonian/Campanian Boundary Event (Late Turonian Events より上位の時代で最大値の正のピーク) がある (Jarvis *et al.*, 2006)。穂別富内地域の調査範囲では凝灰岩鍵層 KY-5 付近の層準は露出しておらず, KY-5 付近にある Late Turonian Events の $\delta^{13}\text{C}_{\text{kerogen}}$ 曲線を得られていないため不明であるが, 他の地域では Late Turonian Events より上位の $\delta^{13}\text{C}_{\text{kerogen}}$ 曲線で最大値を有する正のピークであり, Santonian/Campanian Boundary Event に対比される (図 39-41)。

天塩中川地域や穂別富内地域の調査範囲上部では -26.00‰ 付近にまで及ぶ大きな負のシフトが存在する。この大きな負のシフトはナイバ地域 (Hasegawa *et al.*, 2003) でも確認される。本シフトがイングランド・セクションのどの同位体イベントに対比されるかの明確な根拠は得られていない。少なくとも Santonian/Campanian Boundary Event より上位ではあるので, カンパニアン階において確認できる負のシフトの中から, 現段階においては Mid-Campania Event 直下の負のピークに対比した (図 39, 41)。

本邦イノセラムス化石帯が示す時代

イノセラムス類以外の国際対比可能な大型化石, 浮遊性有孔虫類, 同位体

比イベントの対比から、天塩中川地域が少なくともサントニアン階から上部カンパニアン階、小平地域が上部チューロニアン階上部から少なくとも下部カンパニアン階、大夕張地域が中部チューロニアン階から下部カンパニアン階、穂別富内地域がサントニアン階から上部カンパニアン階に対比される可能性が高い。そこで、本研究で設定されたイノセラムス化石帯（間隔帯等として修正設定）が示す時代の対比試案を示す。

1. *Inoceramus hobetsensis* – *teshioensis* 共存区間帯

I. hobetsensis – *teshioensis* 共存区間帯は、舟木・平野（2004）において中部チューロニアン階上部から上部チューロニアン階下部に対比されている。*I. teshioensis* の初産出層準は大夕張地域の調査範囲の直下付近と考えられる（Hasegawa, 1977）が、本研究範囲外である為、本帯下限の詳細な時代は不明である（図 16, 43）。ただし、大夕張地域の $\delta^{13}\text{C}_{\text{kerogen}}$ 曲線の最下限は確証を得ていないが Pewsay Event に対比される可能性が高いことから（図 43）、中部チューロニアン階上部付近である。本帯上限は Pewsay Event と層序変動パターンから考えて Bridgewick Event に対比される可能性が高いピークの間付近にあることから、中部／上部チューロニアン垂階境界付近であると推察される（図 41, 43）。よって、本帯が示す時代は中部チューロニアン階上部であり、上限は上部チューロニアン階に至る可能性もある。

2. *Inoceramus teshioensis* 部分区間帯

I. teshioensis 部分区間帯は、舟木・平野（2004）において上部チューロニアン階に対比されている。本帯の下限は *I. hobetsensis* – *teshioensis* 共存区間帯の上限と等しいので中部／上部チューロニアン垂階境界付近であると推察される（図 41, 43）。本帯の上限は Hitch Wood Event より下位（Bridgewick Event 付近）に対比されることから上部チューロニアン階上部付近であると推察される（図 41, 43）。よって、本帯が示す時代は上部チューロニアン階である。

3. *Inoceramus uwajimensis* 間隔帯

I. uwajimensis 帯は、利光ほか（1995）においてコニアシアン階に対比されている。本帯の下限は *I. teshioensis* 部分区間帯の上限と等しいので上部チューロニアン階上部付近であると推察される（図 41, 43）。本帯の上限は凝

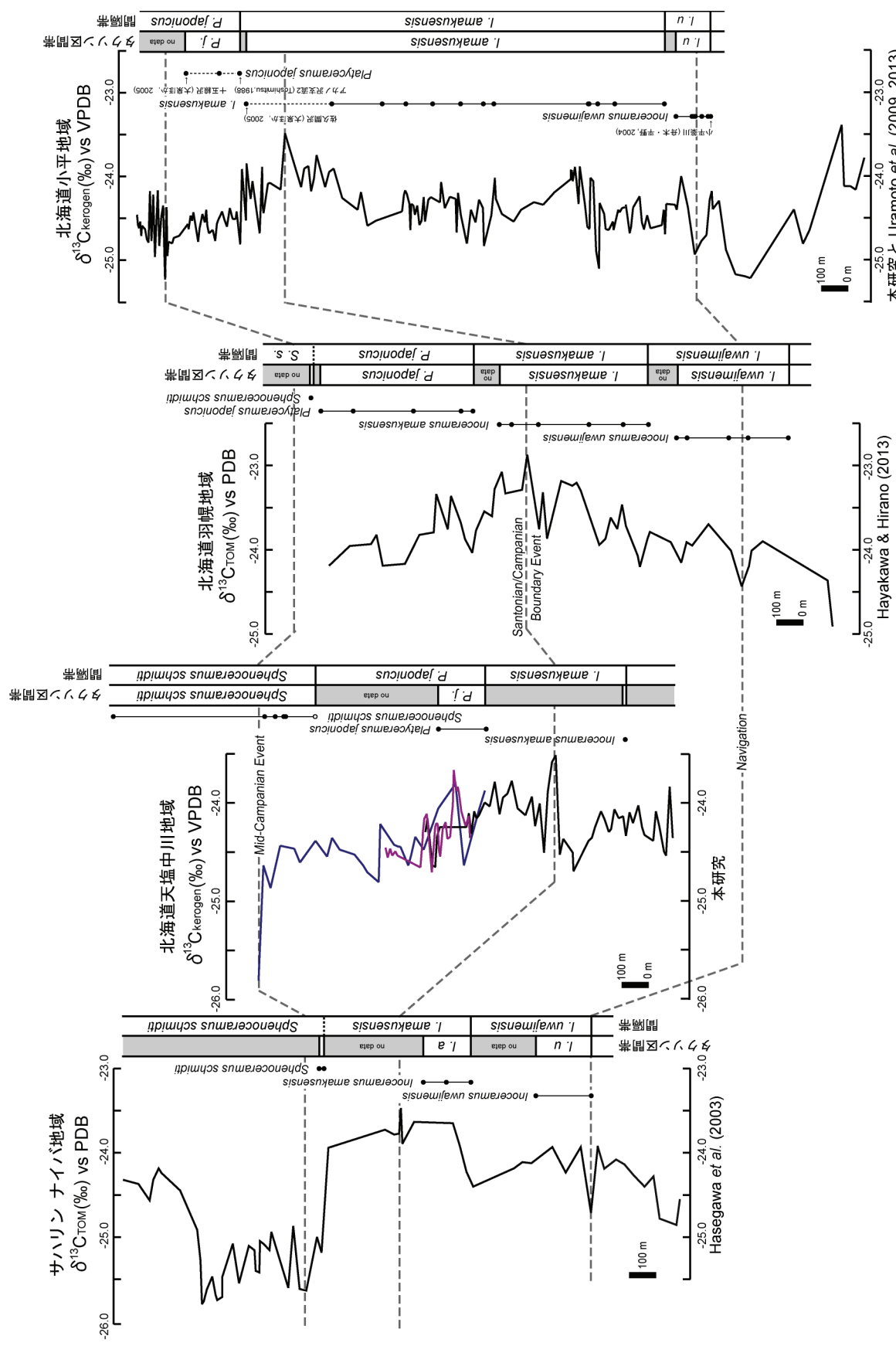


図42 $\delta^{13}\text{C}$ 変動曲線の時代対比に基づく、ナイバ地域、天塩中川地域、穂別地域、小平地域のイノセラムス化石帯の示す時代。本研究と Uramoto et al. (2009, 2013) Hayakawa & Hirano (2013)

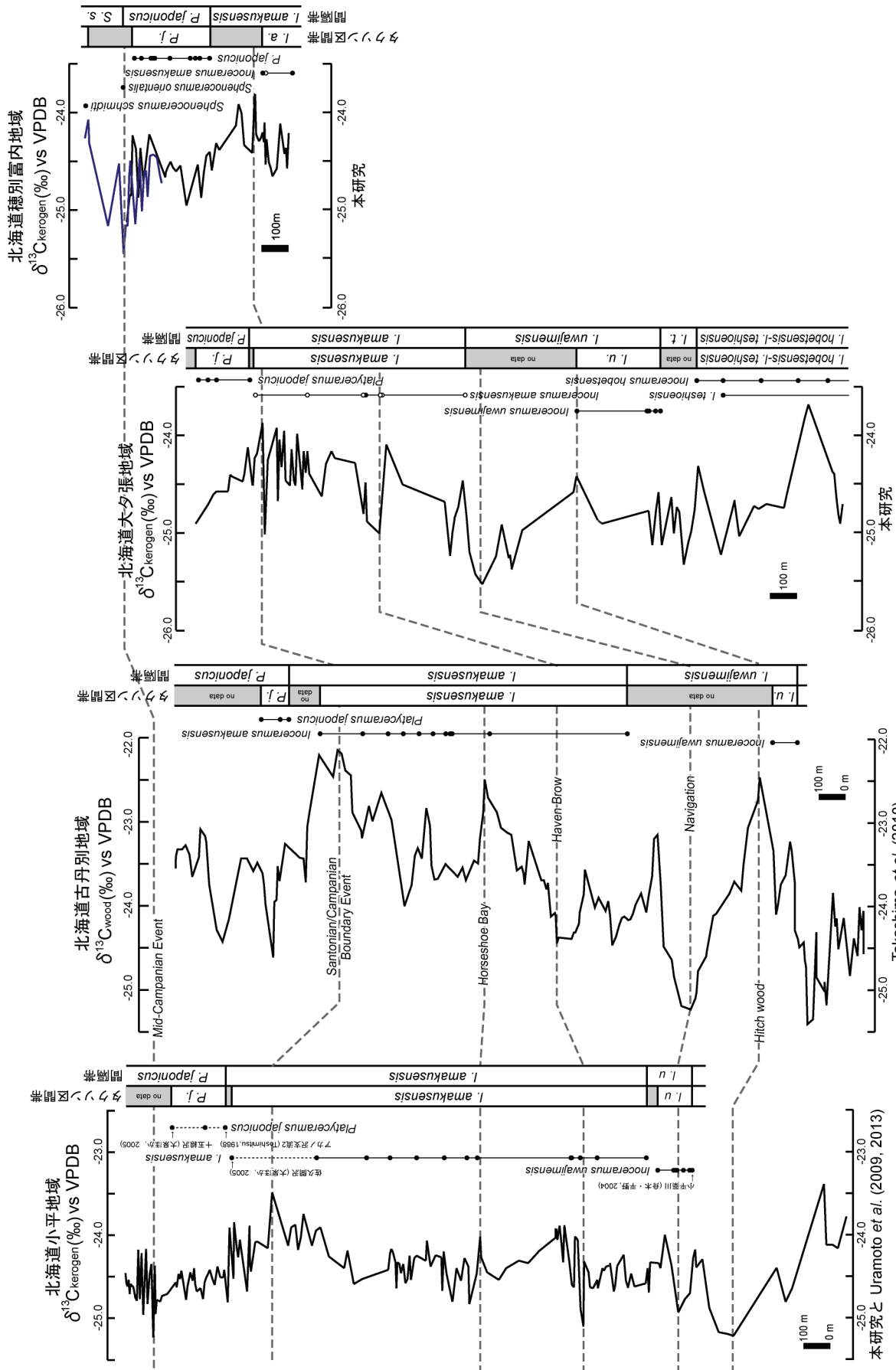


図43 $\delta^{13}\text{C}$ 変動曲線の時代対比に基づく、小平地域、古丹別地域、大夕張地域、種別富内地域のイノセラムス化石帯の示す時代。

灰岩鍵層 KY-5 の上位にある負のピークの Navigation Event より上位の層序範囲に対比されることから、下部か中部コニアシアン階であると考えられる (図 42, 43). Takashima *et al.* (2010) では、Navigation Event 直上の正のピークを White Fall Event に対比している (図 40, 41). 小平地域と大夕張地域でも Navigation Event に対比した負のピークの直上に大きな正のピークがあり、このピーク付近に本帯の上限があるが、根拠不足のため本研究では本イベントを対比していない。もし、この正のピークが Takashima *et al.* (2010) と同様に White Fall Event に対比されるのであれば本帯の上限は中部コニアシアン階である。よって、本帯が示す時代は上部チューロニアン階からコニアシアン階中部付近である。

4. *Inoceramus amakusensis* 間隔帯

I. amakusensis 帯は、利光ほか (1995) においてサントニアン階に対比されている。本帯の下限は *I. uwajimensis* 帯の上限と等しいのでコニアシアン階内である (図 40-43)。本帯の上限は Santonian/Campanian Boundary Event より上位に対比されることから、下部カンパニアン階下部である。よって、本帯が示す時代はコニアシアン階中部付近から下部カンパニアン階下部である。なお、古丹別地域の *I. amakusensis* の初産出層準を示す個体は、誤同定であり、*I. amakusensis* ではないことが Hayakawa and Hirano (2013) で指摘されている。しかし、現在その詳細については検討段階にあるため本論では *I. amakusensis* として示している (図 43)。

5. *Platyceramus japonicus* 間隔帯

利光ほか (1995) のイノセラムス帯はカンパニアン階を下部と上部に 2 分しており、*P. japonicus* 帯は、利光ほか (1995) において下部カンパニアン階下部に対比されている。本帯の下限は *I. amakusensis* 帯の上限と等しいので下部カンパニアン階下部である (図 40-43)。本帯の上限は Mid-Campanian Event の直下に対比されることから下部／上部カンパニアン階境界付近に対比される。よって、本帯が示す時代は下部カンパニアン階下部から下部カンパニアン階最上部付近である。

6. *Sphenoceramus schmidtii* 間隔帯

S. schmidtii 帯は、利光ほか (1995) で下部カンパニアン階上部に対比され

ている．本帯の下限は *P. japonicus* 帯の上限と等しいので下部カンパニアン階最上部付近である（図 40-43）．本帯の上限である *Mytiloides shimanukii* の産出はなく，本帯の上部は砂岩が卓越した岩相であることから詳細な $\delta^{13}\text{C}_{\text{kerogen}}$ 曲線も得られていない．よって，詳細は不明である．しかし，天塩中川地域と穂別富内地域で Mid-Campanian Event（上部／下部カンパニアン階境界付近）に対比したピークよりも上位から *S. Schmidtii* の産出が確認されていることから，本帯が示す時代は少なくとも上部カンパニアン階に至っていると考えられる．

今後の展望と課題

堆積岩中に含まれる有機物の元となった植物種の認定

蝦夷層群に含まれる陸源性高等植物由来の有機物から得られる $\delta^{13}\text{C}_{\text{TOC}}$ 曲線の変動パターンと欧州諸地域で得られた $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 曲線の変動パターンが類似することは先行研究で示されているとおり明らかである（例えば，Hasegawa and Saito, 1993）．特に，セノマニアン／チューロニアン階境界で見られる Cenomanian/Turonian Boundary Event (Jarvis *et al.*, 2006) や Late Campanian Event といった 2‰以上の大きなピークを伴う同位体イベント，本研究でも 1.0～1.5‰程度の顕著なピークが表れた Late Turonian Events や Santonian/Campanian Boundary Event での変動の様にピークサイズが大きいイベント付近は，同じ変動パターンを示している．この変動パターンの類似は，大気 CO_2 と海洋中の炭酸イオン (CO_3^{2-}) が炭素同位体平衡状態にあり， $\delta^{13}\text{C}$ 変動曲線が地球規模の環境変動を反映していることに起因する (Hasegawa, 1997)．

蝦夷層群の有機物は，Hasegawa and Saito (1993) がロックエバル分析から陸生起源であることを明らかにした後，Hasegawa (1997) などの蛍光顕微鏡観察，清水ほか (2001) のバイオマーカー分析から陸源高等植物の木質部リグニン由来であることが明らかになっている．加えて，蝦夷層群の泥岩中の有機物は，顕微鏡観察から 98%前後が陸源高等植物の木質部であり（例えば，Hasegawa and Hatsugai, 2000 ; Uramoto *et al.*, 2007），本研究でも同様の結果を得ている（表 13-16）．つまり， $\delta^{13}\text{C}_{\text{TOC}}$ 曲線は陸源高等植物の木質部

リグニンが持つ $\delta^{13}\text{C}$ 値の変動を表していることになる。

この蝦夷層群中の木質部リグニンは、様々な植物種および部位（幹、枝、根など）の混合物であると推察されるが、供給源から堆積盆に至る過程で広域かつ長距離に運搬作用が働き、更に生物擾乱により強く攪拌されていると判断される（土屋ほか，2003）。また、蝦夷層群の堆積速度（約 200 m/m.y.）から判断するにその木質部リグニンは、強い攪拌により数百年単位で平均化されたものであり、短期的・局所的影響を受けて同位体比が変わることはないと考えられる（例えば，Hasegawa and Hatsugai, 2000）。しかし、実際に堆積岩中に含まれる木質部リグニンが何の植物種由来であるかを検討した例はない。なぜなら、泥岩または砂岩中に含まれる有機物の多くは 100 μm 以下（ほとんどが 10 μm 以下）の破片であり（図 23）、加えて多くの有機物が多少ではあるが炭化するなどして植物の微細構造を有していない。つまり、泥岩や砂岩中の有機物の元となった植物種を同定し、植物種の構成比を求めることは事実上無理である。したがって、運搬作用などによって十分に攪拌されているとしても、ある特定の時期に特定の植物が大繁栄していれば、地球規模の環境変動のみではなく、特定の植物種の濃集に起因して同位体比が変わる可能性は否定できない。

蝦夷層群では植物化石が石灰質団塊中に 3 次元のかつ微細構造までよく保存された状態で産出することが知られており（例えば，Stopes and Fujii, 1910；西田，2005），これまでに約 130 種以上の植物化石の産出が報告されている（例えば，Nishida, 1991；西田，2005）。つまり、泥岩や砂岩中ではなく石灰質団塊中に保存されている植物片であれば、ある程度植物種の同定は可能であり、石灰質団塊中の植物片の構成比を得られる可能性はある。松本ほか（投稿中）は、本研究の調査地域である小平地域と大夕張地域で露頭から直接採取した石灰質団塊中に含まれる植物片をセノマニアン期からカンパニアン期にかけて連続的に確認し、植物相の変遷の解明を試みている。その結果を見るとナンヨウスギ科 *Araucaria vulgaris* Ohsawa を筆頭にスギ科、マツ科、ヒノキ科、ソテツ科に属する裸子植物の植物片が全体的に多く含まれる一方で、シダ植物のヘゴ科に属する植物片が多く含まれる層準が点在している。松本ほか（投稿中）の結果は試料の採取間隔の分解能が低いこと

表25-1 現生裸子植物4門7科51種187試料の $\delta^{13}\text{C}$ 値測定結果. 植物部位の欄にあるローマ数字は個体を示す. Ko=筑波実験植物園, Tsu=小石川植物園

学名	英名	和名	部位	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	採取地点・採取日			
CONIFEROPHYTA								
CUPRESSACEAE								
<i>Chamaecyparis obtusa</i> Siebold & Zuccarini	Hinoki Cypress	Hinoki	leaf - I	-27.35	Ko Jun. 17, 2010			
			leaf - II	-28.04	Ko Jun. 17, 2010			
			leaf - III	-26.76	Ko Jun. 17, 2010			
			leaf - IV	-28.97	Tsu Jun. 21, 2010			
			bark - I	-26.53	Ko Jun. 17, 2010			
			bark - II	-25.39	Ko Jun. 17, 2010			
			bark - III	-25.58	Ko Jun. 17, 2010			
			bark - IV	-24.99	Tsu Jun. 21, 2010			
			pollen - IV	-28.92	Tsu May. 19, 2010			
			female strain - I	-25.80	Ko Jun. 17, 2010			
			female strain - IV	-25.43	Tsu Jun. 21, 2010			
			<i>Chamaecyparis pisifera</i> (Sieb. & Zucc.) Endlicher	Sawara Cypress	Sawara	leaf - I	-31.38	Ko Jun. 17, 2010
						leaf - II	-30.33	Tsu Jun. 21, 2010
bark - I	-29.23	Ko Jun. 17, 2010						
bark - II	-27.24	Tsu Jun. 21, 2010						
<i>Chamaecyparis pisifera</i> (Sieb. & Zucc.) Endl. var. <i>filifera</i> Beiss. & Hochst. Endl.	Threadleaf False Cypress	Hiyokuhiba	leaf - I	-28.00	Ko Jun. 17, 2010			
			leaf - II	-30.96	Ko Jun. 17, 2010			
			bark - I	-28.22	Ko Jun. 17, 2010			
			bark - II	-27.96	Ko Jun. 17, 2010			
<i>Glyptostrobus pensilis</i> (Staunton) K. Koch	Chinese Swamp Cypress, Shui Song	Suishou	leaf	-30.91	Ko Jun. 17, 2010			
			bark	-29.40	Ko Jun. 17, 2010			
			fruit	-28.54	Ko Jun. 17, 2010			
<i>Juniperus chinensis</i> Linnaeus	Chinese Juniper	Ibuki	leaf	-29.20	Tsu Jun. 21, 2010			
			bark	-28.04	Tsu Jun. 21, 2010			
<i>Juniperus chinensis</i> L. cv. <i>Globosa</i>	Globe Chinese Juniper Shrubs of globe type	Tamaibuki	leaf	-27.66	Ko Jun. 17, 2010			
			bark	-27.33	Ko Jun. 17, 2010			
<i>Juniperus chinensis</i> L. cv. <i>Pyramidalis</i>	Pyramidal Chinese Juniper	Kaizukaibuki	leaf	-29.75	Ko Jun. 17, 2010			
			bark	-28.06	Ko Jun. 17, 2010			
<i>Juniperus chinensis</i> L. var. <i>procumbens</i> Siebold ex Endl.	Creeping Chinese Juniper	Haibyakashin	leaf	-27.37	Tsu Jun. 21, 2010			
<i>Juniperus conferta</i> Parlatores	Shore Juniper	Hainezu	leaf	-26.69	Tsu Jun. 21, 2010			
			female strain	-27.73	Tsu Jun. 21, 2010			
<i>Juniperus taxifolia</i> Hooker & Arnott var. <i>lutchuensis</i> (Koidzumi) Satake	—	Okinawahainezu	leaf	-29.85	Ko Jun. 17, 2010			
			blanch	-29.92	Ko Jun. 17, 2010			
<i>Taxodium distichum</i> (L.) Richard	Bald Cypress, Swamp Cypress	Numasugi, Rakuushou	leaf	-30.11	Tsu Jun. 21, 2010			
			bark	-27.48	Tsu Jun. 21, 2010			
			blanch	-29.29	Tsu Jun. 21, 2010			
<i>Thuja orientalis</i> L.	Oriental Arbor-Vitae, Chinese Thuja	Konodegashiwa	leaf - I	-29.94	Ko Jun. 17, 2010			
			leaf - II	-30.67	Ko Jun. 17, 2010			
			leaf - III	-30.40	Tsu Jun. 21, 2010			
			bark - I	-25.49	Ko Jun. 17, 2010			
			bark - III	-27.26	Tsu Jun. 21, 2010			
			female strain - I	-27.60	Ko Jun. 17, 2010			
<i>Thuja Standishii</i> (Gordon) Carriere	Japanese Thuja, Japanese Arbor-Vitae	Kurobe	leaf	-26.05	Tsu Jun. 21, 2010			
			bark	-25.22	Tsu Jun. 21, 2010			
<i>Thujopsis dolabrata</i> (Thunberg & L.) Sieb. & Zucc.	Hiba Arbor-Vitae	Asunaro	leaf	-29.53	Tsu Jun. 21, 2010			
			blanch	-23.99	Tsu Jun. 21, 2010			
<i>Thujopsis dolabrata</i> (Thunb. & L.) Sieb. & Zucc. var. <i>hondae</i> Makino	—	Hinokiasunaro	leaf	-25.73	Tsu Jun. 21, 2010			
			bark	-24.09	Tsu Jun. 21, 2010			
			blanch	-21.44	Tsu Jun. 21, 2010			
<i>Thujopsis dolabrata</i> (Thunb. & L.) Sieb. & Zucc. var. <i>hondae</i> Makino cv. <i>Nana</i>	—	Himeasunaro	leaf	-27.51	Ko Jun. 17, 2010			
TAXODIACEAE								
<i>Cryptomeria japonica</i> (Thunb. & L.) D. Don	Japanese Red Cedar	Sugi	leaf - I	-31.71	Ko Jun. 17, 2010			
			leaf - II	-26.89	Tsu Jun. 21, 2010			
			bark - I	-28.35	Ko Jun. 17, 2010			
			bark - II	-25.34	Tsu Jun. 21, 2010			
			pollen - II	-27.25	Tsu Mar. 19, 2010			
			female strain - II	-25.66	Tsu Jun. 21, 2010			
			<i>Cunninghamia lanceolata</i> (Lambert) Hooker	Chinese Fir	Kouyouzan	leaf - I	-30.35	Ko Jun. 17, 2010
leaf - II	-28.54	Tsu Jun. 21, 2010						
bark - I	-25.61	Ko Jun. 17, 2010						
bark - II	-25.06	Tsu Jun. 21, 2010						
pine cone - II	-24.19	Tsu Jun. 21, 2010						
<i>Metasequoia glyptostroboides</i> Hu & Cheng	Dawn Redwood	Metasekoia	leaf - I	-29.13	Ko Jun. 17, 2010			
			leaf - II	-29.70	Ko Jun. 17, 2010			
			leaf - III	-30.08	Ko Jun. 17, 2010			
			leaf - IV	-29.54	Ko Jun. 17, 2010			
			stem - I	-28.09	Ko Jun. 17, 2010			

表25-2 現生裸子植物4門7科51種187試料の $\delta^{13}\text{C}$ 値測定結果. 植物部位の欄にあるローマ数字は個体を示す. Ko=筑波実験植物園, Tsu=小石川植物園

学名	英名	和名	部位	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	採取地点・採取日
			bark - II	-26.62	Ko Jun. 17, 2010
			bark - III	-27.98	Ko Jun. 17, 2010
			bark - IV	-28.40	Ko Jun. 17, 2010
SCIADOPITYACEAE					
<i>Sciadopitys verticillata</i> (Thunb.) Sieb. & Zucc.	Umbrella-Pine	Kouyamaki	leaf - I	-30.07	Ko Jun. 17, 2010
			leaf - II	-28.56	Tsu Jun. 21, 2010
			bark - I	-21.66	Ko Jun. 17, 2010
			bark - II	-23.83	Tsu Jun. 21, 2010
			blanch - II	-29.02	Tsu Jun. 21, 2010
PINACEAE					
<i>Abies firma</i> Sieb. & Zucc.	European Fir	Metasekoia	leaf - I	-32.12	Ko Jun. 17, 2010
			leaf - II	-31.93	Tsu Jun. 21, 2010
			bark - I	-27.67	Ko Jun. 17, 2010
			bark - II	-28.82	Tsu Jun. 21, 2010
<i>Abies homolepis</i> Sieb. & Zucc.	Nikkou Fir	Uraziromomi	leaf	-28.55	Tsu Jun. 21, 2010
			bark	-26.41	Tsu Jun. 21, 2010
			blanch	-28.65	Tsu Jun. 21, 2010
<i>Abies mariesii</i> Masters	Maries Fir	Ooshirabiso	leaf	-33.01	Tsu Jun. 21, 2010
			bark	-29.80	Tsu Jun. 21, 2010
<i>Abies sachalinensis</i> (F. Schmidt) Masters	Todo Fir	Todomatsu	leaf	-29.65	Tsu Jun. 21, 2010
			bark	-27.51	Tsu Jun. 21, 2010
			blanch	-27.14	Tsu Jun. 21, 2010
<i>Abies veitchii</i> Lindley	Veitch Fir	Shirabe	leaf	-32.70	Tsu Jun. 21, 2010
			blanch	-31.28	Tsu Jun. 21, 2010
<i>Cedrus deodara</i> (Roxburgh) G. Don	Himalayan Cedar	Himarayasugi	leaf - I	-31.75	Tsu Jun. 21, 2010
			leaf - II	-31.51	Tsu Jun. 21, 2010
			bark - I	-28.30	Tsu Jun. 21, 2010
			blanch - I	-28.63	Tsu Jun. 21, 2010
			blanch - II	-28.52	Tsu Jun. 21, 2010
<i>Cephalotaxus harringtonia</i> (Knight & J. Forbes) K. Koch	Japanese Plum Yew	Inugaya	leaf	-30.28	Tsu Jun. 21, 2010
			bark	-27.30	Tsu Jun. 21, 2010
			fruit	-27.25	Tsu Jun. 21, 2010
<i>Cephalotaxus harringtonia</i> (Knight & J. Forbes) K. Koch var. <i>nana</i> (Nakai) Rehder	Japanese plum yew	Haiinugaya	leaf	-28.28	Tsu Jun. 21, 2010
			bark	-24.83	Tsu Jun. 21, 2010
<i>Larix kaempferi</i> (Lamb.) Carriere	Japanese Larch	Karamatsu	leaf	-28.63	Tsu Jun. 21, 2010
			bark	-27.47	Tsu Jun. 21, 2010
<i>Pinus armandii</i> Franchet var. <i>Masteriana</i> Hayata	Armand pine , Chinese white pine	Takanegoyou	leaf	-30.52	Ko Jun. 17, 2010
			bark	-28.89	Ko Jun. 17, 2010
<i>Pinus densiflora</i> Sieb. & Zucc.	Japanese Red Pine	Akamatsu	leaf - I	-29.18	Ko Jun. 17, 2010
			leaf - II	-30.39	Ko Jun. 17, 2010
			leaf - III	-29.42	Ko Jun. 17, 2010
			leaf - IV	-32.12	Tsu Jun. 21, 2010
			bark - II	-28.21	Ko Jun. 17, 2010
			bark - III	-29.09	Ko Jun. 17, 2010
			bark - IV	-28.75	Tsu Jun. 21, 2010
			pollen - IV	-30.33	Tsu Jun. 21, 2010
			pine cone - IV	-30.86	Tsu Jun. 21, 2010
<i>Picea glehnii</i> (F. Schmidt) Mas	Japanese Spruce	Akayezomatsu	leaf	-31.37	Tsu Jun. 21, 2010
			bark	-26.42	Tsu Jun. 21, 2010
<i>Picea jezoensis</i> (Sieb. & Zucc.) Carrier	Yezo spruce	Ezomatsu	leaf - I	-26.38	Ko Jun. 17, 2010
			leaf - II	-28.64	Tsu Jun. 21, 2010
			bark - I	-25.52	Ko Jun. 17, 2010
			bark - II	-25.96	Tsu Jun. 21, 2010
			blanch - II	-26.36	Tsu Jun. 21, 2010
<i>Picea jezoensis</i> (Sieb. & Zucc.) Carrier var. <i>hondoensis</i> (Mayr) Rehder	—	Touhi	leaf	-29.63	Tsu Jun. 21, 2010
			bark	-27.36	Tsu Jun. 21, 2010
			blanch	-29.57	Tsu Jun. 21, 2010
<i>Pinus koraiensis</i> Sieb. & Zucc.	Kedru mandsuruskii	Chousengogou	leaf - I	-30.00	Ko Jun. 17, 2010
			leaf - II	-29.48	Ko Jun. 17, 2010
			bark - I	-28.57	Ko Jun. 17, 2010
			bark - II	-27.33	Ko Jun. 17, 2010
<i>Pinus massoniana</i> Lambert	Masson pine	Taiwan-akamatsu	leaf	-31.34	Ko Jun. 17, 2010
			bark	-28.42	Ko Jun. 17, 2010
<i>Pinus parviflora</i> Sieb. & Zucc.	Japanese White Pine	Goyomatsu	leaf	-30.05	Ko Jun. 17, 2010
			bark	-28.44	Ko Jun. 17, 2010
<i>Pinus parviflora</i> Sieb. & Zucc. var. <i>pentaphylla</i> (Mayr) Henry	—	Kitagoyou	leaf	-29.17	Tsu Jun. 21, 2010
			blanch	-29.58	Tsu Jun. 21, 2010
<i>Pinus pumila</i> (Pallas) Regel	Siberian Dwarf Pine	Haimatsu	leaf	-28.17	Ko Jun. 17, 2010
			bark	-28.32	Ko Jun. 17, 2010

表25-3 現生裸子植物4門7科51種187試料の $\delta^{13}\text{C}$ 値測定結果。植物部位の欄にあるローマ数字は個体を示す。Ko=筑波実験植物園, Tsu=小石川植物園

学名	英名	和名	部位	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)		採取地点・採取日
<i>Pinus thunbergii</i> Parlatores	Japanese Black Pine	Kuromatsu	pollen	-27.05	Ko	Jun. 17, 2010
			leaf - I	-29.26	Ko	Jun. 17, 2010
			leaf - II	-31.44	Ko	Jun. 17, 2010
			leaf - III	-31.27	Ko	Jun. 17, 2010
			leaf - IV	-31.08	Tsu	Jun. 21, 2010
			bark - III	-27.50	Ko	Jun. 17, 2010
			bark - IV	-29.26	Tsu	Jun. 21, 2010
			pollen - III	-33.78	Ko	Jun. 17, 2010
			pollen - IV	-29.18	Tsu	May. 14, 2010
<i>Pinus strobus</i> L.	Eastern white pine	strobematsu	leaf	-30.15	Ko	Jun. 17, 2010
			bark	-27.23	Ko	Jun. 17, 2010
<i>Podocarpus macropyllus</i> (Thunberg) Sweet	Shrubby Japanese yew	Inumaki	leaf - I	-27.74	Ko	Jun. 17, 2010
			leaf - II	-29.02	Tsu	Jun. 21, 2010
			leaf - III	-29.01	Tsu	Jun. 21, 2010
			bark - I	-24.42	Ko	Jun. 17, 2010
			bark - II	-24.95	Tsu	Jun. 21, 2010
			blanch - I	-28.23	Ko	Jun. 17, 2010
			pollen - II	-26.69	Tsu	Jun. 21, 2010
<i>Podocarpus nagi</i> (Thunb.) Kuntze	Nagi Podocarp	Nagi	leaf - I	-31.76	Ko	Jun. 17, 2010
			leaf - II	-30.50	Tsu	Jun. 21, 2010
			bark - I	-23.96	Ko	Jun. 17, 2010
			bark - II	-29.07	Tsu	Jun. 21, 2010
			blanch - II	-29.61	Tsu	Jun. 21, 2010
<i>Taxus cuspidata</i> Sieb. & Zucc.	Japanese Yew	Ichii	leaf - I	-31.44	Ko	Jun. 17, 2010
			leaf - II	-27.55	Tsu	Jun. 21, 2010
			bark - I	-27.55	Ko	Jun. 17, 2010
			bark - II	-26.00	Tsu	Jun. 21, 2010
			blanch - II	-27.69	Tsu	Jun. 21, 2010
<i>Taxus cuspidata</i> var. <i>nana</i> Rehder	Dwarf Japanese Yew	Kyaraboku	leaf - I	-29.40	Ko	Jun. 17, 2010
			leaf - II	-27.64	Ko	Jun. 17, 2010
			leaf - III	-29.53	Tsu	Jun. 21, 2010
			bark - I	-26.41	Ko	Jun. 17, 2010
			pollen - III	-27.31	Tsu	Mar. 19, 2010
			blanch - III	-28.76	Tsu	Jun. 21, 2010
<i>Torreya nucifera</i> (L.) Sieb. & Zucc.	Japanese Torreya	Kaya	leaf	-30.35	Tsu	Jun. 21, 2010
			bark	-26.15	Tsu	Jun. 21, 2010
<i>Tsuga diversifolia</i> (Maximowicz) Masters	Northern Japanese Hemlock	Kometuga	leaf	-32.57	Tsu	Jun. 21, 2010
			bark	-25.52	Tsu	Jun. 21, 2010
<i>Tsuga sieboldii</i> Carriere	Southern Japanese Hemlock	Tsuga	leaf	-30.00	Tsu	Jun. 21, 2010
			bark	-26.19	Tsu	Jun. 21, 2010
			blanch	-25.52	Tsu	Jun. 21, 2010
CYCADOPHYTA						
CYCADACEAE						
<i>Cycas revoluta</i> Thunberg	Japanese Fern Palm	Sotetsu	leaf - I	-29.32	Ko	Jun. 17, 2010
			leaf - II	-28.98	Tsu	Jun. 21, 2010
			bark - I	-27.57	Ko	Jun. 17, 2010
			bark - II	-26.26	Tsu	Jun. 21, 2010
			pollen - II	-24.80	Tsu	Oct. 19, 2010
<i>Ginkgo biloba</i> L. ♂	Maidenhair Tree	Ityou	leaf	-30.89	Ko	Jun. 17, 2010
			bark	-27.16	Ko	Jun. 17, 2010
			pollen	-26.38	Ko	Jun. 17, 2010
<i>Ginkgo biloba</i> L. ♀	Maidenhair Tree	Ityou	leaf	-29.90	Ko	Jun. 17, 2010
			bark	-28.68	Ko	Jun. 17, 2010
GNETOPHYTA						
EPHEDRACEAE						
<i>Ephedra sinica</i> Stapf	Chinese Ephedra	Maou	leaf - I	-29.09	Ko	Jun. 17, 2010
			leaf - II	-25.87	Tsu	Jun. 21, 2010
			pollen - II	-25.75	Tsu	May. 14, 2010

から、より発展的な研究が求められるが、少なくともセノマニアン期からカンパニアン期にかけて植物片の科の構成比は均一ではなく、特定の植物種が卓越した有機物を含む層準があることを強く示唆する結果となっている。

表26 シダ植物ヘゴ科ヘゴと現生裸子植物3種計21試料の $\delta^{13}\text{C}$ 値測定結果。植物部位の欄にあるローマ数字は個体を示す。Ha=八丈島

学名	英名	和名	部位	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	採取地点	採取日
PTERIDOPHYTA						
CYATHEACEAE						
<i>Cyathea spinulosa</i> Wall. ex Hook.	large spiny tree fern	Hego	leaf - I	-31.43	Ha	Apr. 13, 2013
			leaf - II	-30.54	Ha	Apr. 13, 2013
			leaf - III	-31.54	Ha	Apr. 14, 2013
			bark - I	-29.19	Ha	Apr. 13, 2013
			bark - II	-28.45	Ha	Apr. 13, 2013
			bark - III	-30.13	Ha	Apr. 14, 2013
			trunk - I	-28.90	Ha	Apr. 13, 2013
			trunk - II	-28.72	Ha	Apr. 13, 2013
			trunk - III	-29.60	Ha	Apr. 14, 2013
CONIFEROPHYTA						
CUPRESSACEAE						
<i>Chamaecyparis obtusa</i> Siebold & Zuccarini	Hinoki Cypress	Hinoki	leaf	-31.11	Ha	Apr. 13, 2013
			bark	-28.68	Ha	Apr. 13, 2013
TAXODIACEAE						
<i>Cryptomeria japonica</i> (Thunb. & L.) D. Don	Japanese Red Cedar	Sugi	leaf	-29.38	Ha	Apr. 13, 2013
			bark	-29.78	Ha	Apr. 13, 2013
			trunk	-26.62	Ha	Apr. 13, 2013
CYCADOPHYTA						
CYCADACEAE						
<i>Cycas revoluta</i> Thunberg	Japanese Fern Palm	Sotetsu	leaf - I	-28.64	Ha	Apr. 13, 2013
			leaf - II	-26.15	Ha	Apr. 13, 2013
			bark - I	-26.25	Ha	Apr. 13, 2013
			bark - II	-28.46	Ha	Apr. 13, 2013

一般的に、裸子植物や被子植物は種類や部位で異なった $\delta^{13}\text{C}$ 値を持つことが知られており（例えば、Smith and Epstein, 1971; Jahren, 2004）、同種であっても生息環境や気象条件で $\delta^{13}\text{C}$ 値が異なることも分かっている（例えば、Porté and Loustau, 2001; Loader *et al.*, 2003; McCaroll and Loader, 2004）。著者が榊原康明氏（早稲田大学）と共同研究した独立行政法人国立科学博物館筑波実験植物園より供与された現生裸子植物3門6科37種（99試料）と東京大学大学院理学系研究科附属小石川植物園より供与された現生裸子植物4門7科29種（88試料）の結果においても、 $\delta^{13}\text{C}$ 値の最大値は-21.44‰（ヒノキアスナロ、*Thujopsis doabrata* var. *hondai* Sawdust：枝）、最小値は-33.78‰（クロマツ、*Pinus thunbergii*：花粉）でその変位幅は12.34‰であった（表25）。また、シダ植物ヘゴ科に関しても伊豆諸島の八丈島に自生するヘゴ *Cyathea spinulosa* Wall. ex Hook.の $\delta^{13}\text{C}$ 値を測定した結果、最大値は-28.45‰（幹肌）、最小値-31.54‰（葉）で、その変位幅は2.99‰であった（表26）。つまり、植物種や部位の違いで数‰の差があることから、特定の種や部位が濃集した堆積岩中の有機物の $\delta^{13}\text{C}$ 値は $\delta^{13}\text{C}_{\text{TOM}}$ 曲線のピークを作る要因になり得る。

これら現生植物の $\delta^{13}\text{C}$ 値測定の結果は、現生裸子植物やシダ植物ヘゴを直接粉碎して測定した結果であり、リグニン、セルロース、脂質などを分離

してそれぞれの $\delta^{13}\text{C}$ 値を測定したわけではない。よって、蝦夷層群のリグニン由来の有機物と直接比較することは妥当ではないが、少なくとも特定の植物種由来の有機物が多く含まれる層準があると推定されることから、今後の更なる詳細な検討が求められる。

$\delta^{13}\text{C}_{\text{kerogen}}$ 曲線の補間・平滑化の検討

本研究の様に、ある程度高い分解能で求めた $\delta^{13}\text{C}$ 曲線は 0.5% 以下の細かい変動が全体的に表れている。そのため、時代対比に有効な同位体イベント (Jarvis *et al.*, 2006) が $\delta^{13}\text{C}$ 曲線中に埋もれてしまい時代対比を困難にしている。そこで、 $\delta^{13}\text{C}$ 曲線を平滑化し、顕著なピークを見出すことは重要な作業である。また、細かな変動が生じる理由が地球規模の環境変動のみを反映しているのであれば問題はないが、安定同位体質量分析機の測定誤差 (本研究では $\pm 0.10\%$) や有機物の基となる植物種の違いで生じている可能性も大きいことから、平滑化によってこれらの要因を打ち消すことも重要となる。

Jarvis *et al.* (2006) や Takashima *et al.* (2010) で示されている $\delta^{13}\text{C}$ 曲線は、移動平均を用いて $\delta^{13}\text{C}$ 曲線の平滑化がなされており、測定された $\delta^{13}\text{C}$ 値のみをみれば本研究の様に細かな変動が顕著に現れている。これらの研究と同様に本研究で移動平均による平滑化がなされていない理由は、測定試料を約 15 m 間隔で採取しているが、約 100~200 m の間隔で露頭が露出していない層準が複数箇所が存在しているためである。測定した層準の間隔が全体的に均等 (堆積速度から年代幅で測定間隔を均等にすることが望ましい) でなければ、数学的に移動平均を用いることは不適當である。

そこで、本研究で得た $\delta^{13}\text{C}_{\text{kerogen}}$ 曲線に適した補間・平滑化の手法を検討したが、適した手法を見出すことはできなかったので今後の課題とする。

$\delta^{13}\text{C}_{\text{wood}}$ 曲線と $\delta^{13}\text{C}_{\text{kerogen}}$ 曲線のピークサイズの違い

本調査範囲の一部で説明すると、Takashima *et al.* (2010) が示した $\delta^{13}\text{C}_{\text{wood}}$ 曲線の Late Turonian Events を示す各ピークの値や幅が、本研究や Hayakawa and Hirano (2013) の $\delta^{13}\text{C}_{\text{kerogen}}$ 曲線 (または $\delta^{13}\text{C}_{\text{TOM}}$ 曲線) で示されたそれとを比較すると非常に大きい違いが見受けられる (図 37, 38)。Takashima *et al.* (2010) の調査地域は、本研究と Hayakawa and Hirano (2013) が行った調査地域の間 (図 1) にあり、どちらにも同じ岩相が分布していることから、ピー

ク値の違いは岩相や堆積場所の差異ではなく手法の違いによって生じていると考えられる。今回の対比ではピーク値や幅に差異はあるものの、層序変動パターンの傾向に差異は認められないことから対比可能と判断したが、手法の違いがもたらす $\delta^{13}\text{C}$ 値の差異については今後の検討課題である。

まとめ

1. $\delta^{13}\text{C}_{\text{kerogen}}$ 曲線に基づく時代対比の結果より、調査範囲に分布する上部白亜系蝦夷層群の時代範囲は、天塩中川地域が少なくともサントニアン階から上部カンパニアン階、小平地域が上部チューロニアン階上部から少なくとも下部カンパニアン階、大夕張地域が中部チューロニアン階から下部カンパニアン階、穂別富内地域がサントニアン階から上部カンパニアン階であることが明らかとなった。
2. 本研究では、6つのイノセラムス化石帯が認定され、 $\delta^{13}\text{C}_{\text{kerogen}}$ 曲線の対比によりその時代対比の新試案が得られた。すなわち、下位より、(1) *Inoceramus hobetsensis* – *teshioensis* 共存区間帯（中部チューロニアン階上部）、(2) *I. teshioensis* 部分区間帯（上部チューロニアン階）、(3) *I. uwajimensis* 間隔帯（上部チューロニアン階～コニアシアン階中部）、(4) *I. amakusensis* 間隔帯（コニアシアン階中部～下部カンパニアン階）、(5) *P. japonicus* 間隔帯（下部カンパニアン階）、(6) *Sphenoceramus schmidtii* 間隔帯（下限は下部／上部カンパニアン階亜階境界付近。上限の詳細は不明）である。
3. 他地域に分布する蝦夷層群で行われた $\delta^{13}\text{C}_{\text{TOTM}}$ 曲線に基づくイノセラムス化石帯の時代対比の結果（Takashima *et al.*, 2010；Hayakawa and Hirano, 2013）とは、細部において必ずしも一致していない。このようにイノセラムス化石帯の示す時代が研究ごとに異なる要因のひとつに、当該地域のイノセラムスは必ずしも層序的に連続して多産しないため、その産出記録にばらつきがあることが挙げられる。タクソン区間帯内で比較すれば地域的な矛盾は生じていないことから、各地域の結果を総合的に鑑みると少なくとも従来の大型化石層序の時代対比とはやや異なる結果が本研究で得られている。

謝辞

本研究を進めるにあたり平野弘道教授（早稲田大学）には終始変わらぬ御指導，御助言を頂いた．主査である太田 亨准教授（早稲田大学）には有益な御指導，御助言を頂き，副査の利光誠一博士（産業技術総合研究所），高木秀雄教授（早稲田大学）には有益な御助言を頂いた．高橋昭紀博士（早稲田大学）には，度重なる本論の校閲をして頂き，有益な議論・御助言を頂いた．本研究の分析を実施するにあたり，石油資源開発株式会社技術研究所に全面的なご協力を頂き，特に早稲田 周博士・西田英毅氏・梶原義照氏・奥村文章氏・黒川将貴氏・青山睦子氏・土田真澄氏・菅原茎子氏（石油資源開発株式会社技術研究所）には炭素同位体比測定，ロックエバル分析，CHN 元素分析に際して各種機器を使用させて頂き，分析値の解釈に関して有益な御助言を頂いた．岩野裕継氏（石油資源開発株式会社技術研究所）・清家一馬氏（早稲田大学）には，ビトリナイト反射率の測定に際し有益な御助言を頂いた．榊原康明氏（現東京エレクトロン，前早稲田大学）・工藤直樹氏・間杉友亮氏（早稲田大学）には分析および実験において一部の作業を手伝って頂いた．菅原拓矢氏（現 BOSCH，前早稲田大学）・小松原佑太氏（現 NEC ソフト，前早稲田大学）・尾林 充氏（現伊藤忠商事，前早稲田大学）・生野賢司氏・鶴田 卓氏（早稲田大学）には，野外調査において試料採取を手伝って頂いた．小野昌子学芸員・東 豊土学芸員・笠原幸子氏（日高山脈博物館）には，野外調査時に実験施設や宿泊施設の提供に関して格別の便宜を図って頂いた．加えて，早稲田大学古環境科学研究室の諸先輩方・同僚には，同研究室でのゼミで多くの議論をして頂いた．国有林，道有林，町有林の入林の際には上川北部森林管理署，小平町教育委員会，達布森林管理署，空知森林管理署，胆振東部森林管理署，胆振森づくりセンター，むかわ町役場穂別総合支所に便宜を図って頂いた．記して上記の方々ならびに諸機関に深く感謝申し上げます．

なお，本研究で示した新たな大型化石の産出記録の一部において，小平地域のものに佐藤大成氏の卒業論文で採取された記録，天塩中川地域と穂別富内地域のものに鶴田 卓氏と共同調査した際に採取し，同氏の卒業論文で公表された記録を用いている．

引用文献

- Ando, A. and Kakegawa, T., 2007, Carbon isotope record of terrestrial organic matter and occurrence of planktonic foraminifera from the Albian Stage of Hokkaido, Japan: ocean-atmosphere $\delta^{13}\text{C}$ trends and chronostratigraphic implications. *Palaios*, **22**, 417-432.
- Ando, A., Kakegawa, T., Takashima, R. and Saito, T., 2002. New perspective on Aptian carbon isotope stratigraphy: data from $\delta^{13}\text{C}$ records of terrestrial organic matter. *Geology*, **30**, 227-230.
- Ando, A., Kakegawa, T., Takashima, R. and Saito, T., 2003. Stratigraphic carbon isotope fluctuations of detrital woody materials during the Aptian Stage in Hokkaido, Japan: comprehensive $\delta^{13}\text{C}$ data from four sections of the Ashibetsu area. *Journal of Asian Earth Sciences*, **21**, 835-847.
- Ando, H., Tamura, Y. and Takamatsu, D., 2010. Fourth- to third-order cycles in the Hakobuchi Formation: Shallow-marine Campanian final deposition of the Yezo Group, Nakagawa area, northern Hokkaido, Japan. *Island Arc*, **19**, 567-589.
- Erbacher, J., Thurow, J. and Littke, R., 1996. Evolution patterns of radiolarian and organic matter variations: a new approach to identify sea-level changes in mid-Cretaceous pelagic environments. *Geology*, **24**, 499-502.
- 舟木泰智・平野弘道 (Funaki, H. and Hirano, H.), 2004. 北海道小平地域北東部の白亜系層序. 三笠市立博物館紀要 (*Bulletin of the Mikasa City Museum*), **8**, 17-35.
- Hasegawa, T., 1997. Cenomanian-Turonian carbon isotope events recorded in terrestrial organic matter from northern Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **130**, 251-273.
- Hasegawa, T., 2001. Predominance of terrigenous organic matter in Cretaceous marine fore-arc sediments, Japan and Far East Russia. *International Journal of Coal Geology*, **47**, 207-221.
- Hasegawa, T. and Hatsugai, T., 2000. Carbon-isotope stratigraphy and its

- chronostratigraphic significance for the Cretaceous Yezo Group, Kotanbetsu area, Hokkaido, Japan. *Paleontological Research*, **4**, 95-106.
- Hasegawa, T., Pratt, L.M., Maeda, H., Shigeta, Y., Okamoto, T., Kase, T. and Uemura, K., 2003. Upper Cretaceous stable carbon isotope stratigraphy of terrestrial organic matter from Sakhalin, Russian Far East: a proxy for the isotopic composition of paleoatmospheric CO₂. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **189**, 97-115.
- Hasegawa, T. and Saito, T., 1993. Global synchronicity of a positive carbon isotope excursion at the Cenomanian/Turonian boundary: validation by calcareous microfossil biostratigraphy of the Yezo Group, Hokkaido, Japan. *Island Arc*, **3**, 181-191.
- Hasegawa, T., Seo, S., Moriya, K., Tominaga, Y., Nemoto, T., Naruse, T., 2010. High resolution carbon isotope stratigraphy across the Cenomanian/Turonian boundary in the Tappu area, Hokkaido, Japan: correlation with world reference sections. *The Science Reports of the Kanazawa University*, **54**, 49-62.
- 橋本 亘・長尾捨一・菅野三郎・浅賀正義・大友練一・小屋開地 稔・戸野 聡・北村一成・平 一弘・和島 実 (Hashimoto, W., Nagao, S., Sugano, S., Asaga, M., Otomo, R., Koyakaichi, M., Tono, S., Kitamura, K., Taira, K. And Wajima, M.), 1967. 北海道天塩国中川郡中川町の地質及び地下資源. 中川町 (*Nakagawa City*), 48p.
- Hayakawa, T. and Hirano, H., 2013. A revised inoceramid biozonation for the Upper Cretaceous based on high-resolution carbon isotope stratigraphy in northwestern Hokkaido, Japan. *Acta Geologica Polonica*, **63**, 239-263.
- 林 圭一・西 弘嗣・高嶋礼詩・友杉貴茂・川辺文久 (Hayashi, K., Nishi, H., Takashima, R., Tomosugi, T. and Kawabe, F.), 2011. 北海道中央南部に露出する上部白亜系の地質と有孔虫層序. 地質学雑誌 (*The Journal of the Geological Society of Japan*), **117**, 14-34.
- Hevia, V. and Virgos, J. M., 1977. The rank and anisotropy of anthracites: the indicating surface of reflectivity in uniaxial and biaxial substances. *Journal*

of Microscopy, **109**, 23-28.

平野弘道・安藤寿男・平川正人・森田利仁・石川 亨 (Hirano, H., Ando, H., Hirakawa, M., Morita, R. and Ishikawa, T.), 1980. 北海道大夕張地域南部の化石層序学的研究, 第1部, 岩相層序と地質構造. 早稲田大学教育学部学術研究－生物学・地学篇 (*Biology and Earth science. Gakujutsu kenkyu*), **29**, 37-46.

Hirano, H., Matsumoto, T. and Tanabe, K., 1977. Mid-Cretaceous stratigraphy of the Oyubari area, central Hokkaido. *Palaeontological Society of Japan. Special Papers*, **21**, 1-10.

Hirano, H., Takizawa, K. and Tsuchida, S., 1989. Biostratigraphy of the Upper Cretaceous in the Oyubari area, central Hokkaido, Japan (I). *Bulletin of Science and Engineering Research Laboratory, Waseda University*, **123**, 13-34.

本田豊也・高橋昭紀・平野弘道 (Honda, B., Takahashi, A. and Hirano, H.), 2011. 北海道北穂別地域における上部白亜系蝦夷層群の大型化石層序. *地質学雑誌 (The Journal of the Geological Society of Japan)*, **117**, 599-616.

Hunt, J.M., 1996. *Petroleum Geochemistry and Geology, 2nd ed.* W.H. Freeman Company, New York, 743p.

Iba, Y. and Sano, S., 2007. Mid-Cretaceous step-wise demise of the carbonate platform biota in the Northwest Pacific and establishment of the North Pacific biotic province. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **245**, 462-482.

井島信五郎・品田芳二郎 (Ijima, S. and Shinada, H.), 1952. 北海道天塩国安平志内油田北部地区地質調査報告. *地質調査所月報 (Bulletin of the Geological Survey of Japan)*, **3**, 609-619.

International Committee for Coal and Organic Petrology (ICCP), 1998. The new vitrinite classification (ICCP System 1994). *Fuel*. **77**, 349-358.

International Committee for Coal and Organic Petrology (ICCP), 2001. The new inertinite classification (ICCP System 1994). *Fuel*. **80**, 459-471.

Jahren, A. H., 2004. The carbon stable isotope composition of pollen. *Review of*

- Palaeobotany and Palynology*, **132**, 291-313.
- Jarvis, I., Gale, A.S., Jenkyns, H.C. and Pearce, M.A., 2006. Secular variation in Late Cretaceous carbon isotopes: a new $\delta^{13}\text{C}$ carbonate reference curve for the Cenomanian-Campanian (99.6-70.6 Ma). *Geological Magazine*, **143**, 561-608.
- Jarvis, I., Mabrouk, A., Moody, R. T. J. and De Cabrera, S.C., 2002. Late Cretaceous (Campanian) carbon isotope events, sea-level change and correlation of the Tethyan and Boreal realms. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **188**, 215-248.
- Jenkyns, H.C., Gale, A.S. and Corfeld, R.M., 1994. Carbon- and oxygen-isotope stratigraphy of the English Chalk and Italian Scaglia and its palaeoclimatic significance. *Geological Magazine.*, **131**, 1-34.
- Kauffman, E. G., Kennedy, W. J. and Wood, C. J., 1996. The Coniacian stage and substage boundaries. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*, **66**, 81-94.
- Kawabe, F., 2000, Cretaceous stratigraphy in the Oyubari area, central Hokkaido, Japan. *Bulletin of the National Science Museum. Series C, Geology & paleontology*, **26**, 9-56.
- Kennedy, W. J., 1984. Ammonite faunas and the 'standard zones' of the Cenomanian to Maastrichtian Stages in their type areas, with some proposals for the definition of the stage boundaries by ammonites. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, **33**, 147-161.
- 栗原憲一・川辺文久 (Kurihara, K. and Kawabe, F.), 2003. セノマニアン/チューロニアン期境界前後の軟体動物相：北海道大夕張地域と米国西部内陸地域の比較. 化石 (*Fossils*), **74**, 36-47.
- Lamolda, M. A. and Hancock, J. M., 1996. The santonian stage and substages. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*, **66**, 95-102.
- Loader, N. J., Robertson, I., and McCarroll, D., 2003. Comparison of stable carbon isotope ratios in the whole wood, cellulose and lignin of oak

- tree-rings. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **196**, 395-407.
- 松本みどり・村上瑞季・本田豊也・朝川毅守 (Matsumoto, M., Murakami, M., Honda, B., and Asakawa, T. O.), 投稿中. 北海道小平・大夕張地域における上部白亜系蝦夷層群の植物相変遷. 化石 (*Fossils*).
- Matsumoto, T., 1942. Fundamentals in the Cretaceous stratigraphy of Japan, Part I. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series D, Geology*, **1**, 129-280.
- Matsumoto, T. 1959. Zonation of the Upper Cretaceous in Japan. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series D, Geology*, **9**, 55-93.
- 松本達郎・平野弘道 (Matsumoto, T. and Hirano, H.), 1985. 西欧模式地白亜系の研究の現状. 地質学論集 (*Memoirs of the geological society of japan*), **26**, 3-28.
- Matsumoto, T., Muramoto, K., Hirano, H., and Takahashi, T., 1981. Some Coniacian ammonites from Hokkaido (Studies of the Cretaceous ammonites from Hokkaido-XL): *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan: New Series*, **121**, 51-73.
- Matsumoto, T., Kanie, Y. and Yoshida, S., 1979. Notes on Pachydiscus from Hokkaido. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series D, Geology*, **24**, 47-73.
- McCarroll, D. and Loader, N. J., 2004. Stable isotopes in tree rings. *Quaternary Science Reviews*, **23**, 771-801.
- 本山 功・藤原 治・海保邦夫・室田 隆 (Motoyama, I., Fujiwara, O., Kaiho, K. and Murota, T.), 1991. 北海道大夕張地域の白亜系の層序と石灰質微化石年代. 地質学雑誌 (*The Journal of the Geological Society of Japan*), **97**, 507-527.
- 長尾捨一・小山内熙・酒匂純俊 (Nagao, S., Osanai, H. and Sako, S.), 1954. 5 万分の 1 地質図幅「大夕張」および同説明書 (札幌一第 24 号) [Explanatory text of the geological map of Oyubari, scale 1 : 50,000 (Sapporo-24)], 北海道開発庁 (Hokkaido Development Agency), 121p.

- 長尾捨一 (Nagao, S.), 1962. 5 万分の 1 地質図幅「天塩中川」および同説明書 [Explanatory text of the geological map of Teshionakagawa, scale 1 : 50,000]. 北海道立地下資源調査所 (Geological Survey of Hokkaido), 39p.
- Nishida, H., 1991. Diversity and significance of Late Cretaceous permineralized plant remains from Hokkaido, Japan. *Botanical Magazine, Tokyo*, **104**, 253-273.
- 西田治文 (Nishida, H.), 2005. 鉱化化石から探る日本の白亜紀植物の世界. 化石 (*Fossils*), **78**, 5-20.
- 大泉満彦・栗原憲一・舟木泰智・平野弘道 (Oizumi, M., Kurihara, K., Funaki, H. And Hirano, H.), 2005. 北海道小平地域の上部白亜系層序. 三笠市立博物館紀要 (*Bulletin of the Mikasa City Museum*), **9**, 11-26.
- Okada, H., 1982. Geological evolution of Hokkaido, Japan: an example of collision orogenesis. *Proceedings of the Geologists' Association*, **93**, 201-212.
- 岡田博有・松本達郎 (Okada, H. and Matsumoto, T.) , 1969. エゾ地向斜白亜系の一部に認められる堆積サイクル. 地質学雑誌 (*The Journal of the Geological Society of Japan*), **75**, 311-328.
- 岡村 眞 (Okamura, M), 1977. 北海道天塩地方佐久地域に分布する白亜系の地質および微化石. 熊本大教育紀要自然科学 (*Memoirs of the Faculty of Education, Kumamoto University. Natural science*), **26**, 146-161.
- Porté, A. and Loustau, D., 2001. Seasonal and interannual variations in carbon isotope discrimination in a maritime pine (*Pines pinaster*) atand assessed from the isotopic composition of cellulose in annual rings. *Tree Physiology*, **21**, 861-868.
- Scholle, P.A. and Arthur, M.A., 1980. Carbon isotope fluctuation in Cretaceous pelagic limestones: potential stratigraphic and petroleum exploration tool. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **64**, 67-87.
- 清家一馬・平野弘道 (Seike, K. and Hirano, H.), 2013. 和泉山脈地域における和泉層群の有機物熟成と堆積盆の埋没モデル. 地質学雑誌 (*The Journal of the Geological Society of Japan*), **119**, 397-409.

- 柴田 賢・内海 茂 (Shibata, K. and Utsumi, S), 1995. K-Ar 年代測定結果-5—地質調査所未公表資料—. 地質調査所月報 (*Bulletin of the Geological Survey of Japan*), **46**, 643-650.
- Smith, N. B. and Epstein S., 1971. Two Categories of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ Ratios for Higher Plants, *Plant Physiology*, **47**, 380-384.
- Stoll, H.M. and Schrag, D.P., 2000. High-resolution stable isotope records from the Upper Cretaceous rocks of Italy and Spain: Glacial episodes in a greenhouse planet? *Geological Society of America Bulletin*, **112**, 308-319.
- Stopes, M. C. and Fujii, K., 1910. Studies on the structure and affinity of Cretaceous plants. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B*, **210**, 1-90.
- 高橋昭紀・本田豊也 (Takahashi, A. and Honda, B.), 2013. 北海道天塩中川地域上部白亜系の蝦夷超層群から新たに産出したイノセラムス類とその層序学的意義. 日本古生物学会第 162 回例会講演要旨 (*Abstracts with Programs 162th Regular Meeting of the Palaeontological Society of Japan*). 37.
- 高橋昭紀・平野弘道・佐藤隆司 (Takahashi, A., Hirano, H. and Sato, T.), 2003. 北海道天塩中川地域上部白亜系の層序と大型化石群の特性. 地質学雑誌 (*The Journal of the Geological Society of Japan*), **109**, 77-95.
- 高橋功二・谷口久能・渡辺 順・石丸 聡 (Takahashi, K., Taniguchi, H., Watanabe, J. and Ishimaru, S.), 2002. 5 万分の 1 地質図幅「紅葉山」および同説明書 (札幌—第 33 号) [Explanatory text of the geological map of Momijiyama, scale 1 : 50,000 (Sapporo-33)]. 北海道立地質研究所 (*Geological Survey of Hokkaido*), 117p.
- 高橋功二・和田信彦 (Takahashi, K. and Wada, N.), 1985. 穂別町の地質. 穂別町立博物館研究報告 (*The bulletin of the Hobetsu Museum*), **2**, 1-15.
- 高橋功二・和田信彦 (Takahashi, K. and Wada, N.), 1987. 5 万分の 1 地質図幅「穂別」および同説明書 [Explanatory text of the geological map of Hobetsu, scale 1 : 50,000]. 北海道立地下資源調査所 (*Geological Survey of Hokkaido*), 40p.

- Takashima, R., Kawabe, F., Nishi, H., Moriya, K., Wani, R. and Ando, H., 2004. Geology and stratigraphy of forearc basin sediments in Hokkaido, Japan: Cretaceous environmental events on the north-west Pacific margin. *Cretaceous Research*, **25**, 365-390.
- Takashima, R., Nishi, H., Yamanaka, T., Hayashi, K., Waseda, A., Obuse, A., Tomosugi, T., Deguchi, N. and Mochizuki, S., 2010. High-resolution terrestrial carbon isotope and planktic foraminiferal records of the Upper Cenomanian to the Lower Campanian in the Northwest Pacific. *Earth and Planetary Science Letters*, **289**, 570-582.
- 棚部一成・平野弘道・松本達郎・宮田雄一郎 (Tanabe, K., Hirano, H., Matsumoto, T. and Miyata, Y.), 1977. 北海道小平地域の上部白亜系層序. 九州大学理学部研究報告 地質学 (*Science reports of the Faculty of Science, Kyushu University, Geology.*), **12**, 181-202.
- 田中啓策 (Tanaka, K.), 1960. 北海道中央南部富内地域の白亜系. 地質調査所月報 (*Bulletin of the Geological Survey of Japan*), **11**, 543-554.
- Tanaka, K. 1963. A study on the Cretaceous sedimentation in Hokkaido, Japan. *Reports, Geological Survey of Japan*, no.197, 122p.
- Tissot, B., Durand, B., Espitalie, J. and Combaz, A., 1974. Influence of nature and diagenesis of organic matter in formation of petroleum. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **58**, 499-506.
- Toshimitsu, S., 1988. Biostratigraphy of the Upper Cretaceous Santonian Stage in northwestern Hokkaido. *Memoirs of Faculty of Science, Kyushu University, Series D, Geology*, **26**, 125-192.
- 利光誠一・長谷川 卓 (Toshimitsu, S. and Hasegawa, T.), 2000. 穂別町安住地区および夕張市登川地区におけるサントニアン～カンパニアン(上部白亜系)の層序について. 穂別町立博物館研究報告, (*The bulletin of the Hobetsu Museum*), **16**, 1-7.
- Toshimitsu, S., Hasegawa, T. and Tsuchiya, K., 2007. Coniacian–Santonian stratigraphy in Japan: a review. *Cretaceous Research*, **28**, 128-131.
- 利光誠一・松本達郎・野田雅之・西田民雄・米谷盛壽朗 (Toshimitsu, S.,

- Matsumoto, T., Noda, M., Nishida, T. and Maiya, S.), 1995. 本邦上部白亜系の大型化石－微化石層序および古地磁気層序の統合に向けて. 地質学雑誌 (*The Journal of the Geological Society of Japan*), **101**, 19-29.
- Toshimitsu, S. and Hirano, H., 2000. Database of the Cretaceous ammonoids in Japan –stratigraphic distribution and bibliography-. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, **51**, 559-613.
- 土屋 健・長谷川 卓・プラット リサ M. (Tsuchiya, K., Hasegawa, T. and Pratt, L. M.), 2003. 北海道蝦夷層群における炭素同位体比曲線とイノセラムス生層序の対応関係. 地質学雑誌 (*The Journal of the Geological Society of Japan*), **109**, 30-40.
- 対馬坤六・田中啓策・松野久也・山口昇一 (Tsushima, K., Tanaka, K., Matsuno, K. and Yamaguchi, S.), 1958. 5万分の1地質図幅「達布」および同説明書 (旭川－第38号) [Explanatory text of the geological map of Tappu, scale 1 : 50,000 (Asahikawa-38)], 地質調査所 (*the Geological Survey of Japan*), 74p.
- Tyson, R.V., 1995. *Sedimentary organic matter: organic facies and palynofacies*. Chapman & Hall, London, 648p.
- Uramoto, G., Fujita, T., Takahashi, A., and Hirano, H., 2007. Cenomanian (Upper Cretaceous) carbon isotope stratigraphy of terrestrial organic matter for the Yezo Group, Hokkaido, Japan. *Island Arc*, **16**, 465-478.
- Uramoto, G., Abe, Y., and Hirano, H., 2009. Carbon isotope fluctuations of terrestrial organic matter for the Upper Cretaceous (Cenomanian-Santonian) in the Obira area of Hokkaido, Japan. *Geological Magazine*, **146**, 761-774.
- Uramoto, G., Tahara, R., Sekiya, T. and Hirano, H., 2013. Carbon isotope stratigraphy of terrestrial organic matter for the Turonian (Upper Cretaceous) in northern Japan: implications for ocean-atmosphere $\delta^{13}\text{C}$ trends during the mid-Cretaceous climatic optimum. *Geosphere*, **9**, 355-366.
- Vandenbroucke, M. and Largeau, C., 2007. Kerogen origin, evolution and structure. *Organic Geochemistry*, **38**, 719-833.
- Walaszczyk, I., Wood, C., Lees, J., Peryt, D., Voigt, S. and Wiese, F., 2010. The

Salzgitter-Salder Quarry (Lower Saxony, Germany) and Slupia Nadbrzezna river cliff section (central Poland) : a proposed candidate composite Global Boundary Stratotype Section and Point for the Coniacian Stage (Upper Cretaceous). *Acta Geologica Polonica*, **60**, 445-477.

和仁良二・平野弘道 (Wani, R. and Hirano, H.), 2000. 北海道北西部古丹別地域の上部白亜系大型化石層序. 地質学雑誌 (*The Journal of the Geological Society of Japan*), **106**, 171-188.

Whiticar, M.J., 1996. Stable isotope geochemistry of coals, humic kerogens and related natural gas. *International Journal of Coal Geology*, **32**, 191-215.

Wood, C. J., Ernst, G. and Rasemann, G., 1984. The Turonian-Coniacian stage boundary in Lower Saxony (Germany) and adjacent areas: the Salzgitter-Salder Quarry as a proposed international standard section. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, **33**, 225-238.

早稲田大学 博士 (理学)

学位申請 研究業績書

氏名 本田 豊也 印

(2014年 2月 現在)

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者 (申請者含む)
論文	<p>○本田豊也・平野弘道, 2014, 北海道小平地域における上部白亜系蝦夷層群の大型化石層序と炭素同位体比層序. 化石, 第 95 号, pp19-37.</p> <p>○本田豊也・高橋昭紀・平野弘道, 2011, 北海道北穂別地域における上部白亜系蝦夷層群の大型化石層序. 地質学雑誌, 第 117 巻, pp. 599-616.</p>
講演	<p>高橋昭紀・本田豊也, 2013, 北海道天塩中川地域上部白亜系の蝦夷超層群から新たに産出したイノセラムス類とその層序学的意義. 日本古生物学会第 162 回例会, 横浜 (横国大・海洋研究開発機構) .</p> <p>本田豊也・平野弘道, 2012, 北海道大夕張地域と小平地域における上部白亜系炭素安定同位体比層序. 日本古生物学会 2012 年年会, 名古屋 (名古屋大) .</p> <p>高橋昭紀・本田豊也・平野弘道, 2012, 北海道蝦夷層群チューロニアン階 (上部白亜系) 産のイノセラムス類 3 種について. 日本古生物学会 2012 年年会, 名古屋 (名古屋大) .</p> <p>本田豊也・平野弘道, 2011, 北海道大夕張地域における上部白亜系炭素同位体比層序とイノセラムス化石帯の設定. 日本古生物学会第 160 回例会, 高知 (高知大) .</p> <p>平野弘道・利光誠一・本田豊也・早川達也, 2011, 白亜系の化石層序ー その統合への努力. 日本古生物学会第 160 回例会松本達郎会員追悼シンポジウム白亜紀研究の進展, 高知 (高知大) .</p> <p>Hirano, H., Li, G., Jiang, B., Ishiguro, H., Sakakibara, Y., Aida, K., Iwasaki, S., Ohta, T., Sakai, T., Kozai, T., Yoshikawa, T., Fusegi, K., and Honda, B., 2011, Toward the international correlation of the jehol group -Technical problems of stable carbon isotope stratigraphy-. "sixth International Symposium of Paleoclimates of the Cretaceous in Asia and their global correlation (IGCP507)", Beijing-Chinese.</p> <p>本田豊也・平野弘道, 2010, 北海道南大夕張地域の炭素同位体比層序とイノセラムス化石帯の設定. 日本地質学会第 117 年学術大会, 富山 (富山大) .</p> <p>高橋昭紀・本田豊也, 2010, 後期白亜紀 <i>Cremnoceramus</i> 属 (二枚貝綱: イノセラムス科) 1 種の産出とその古生物地理学的・生層序学的意義. 日本地質学会第 117 年学術大会, 富山 (富山大) .</p> <p>Honda, B., Sugawara, T., Hirano, H., 2009, Upper Cretaceous biostratigraphy and Inoceramid biozones in the southern Oyubari area, Hokkaido, Japan. "Fourth International Symposium of Paleoclimates of the Cretaceous in Asia and their global correlation (IGCP507)", Kumamoto-Japan.</p>

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
	<p>本田豊也・高橋昭紀・平野弘道, 2008, 北海道北穂別地域における上部白亜系大型化石層序. 日本地質学会第 115 年学術大会, 秋田（秋田大）.</p>
	<p>本田豊也・菅原拓矢・平野弘道, 2008, 北海道南大夕張地域における上部白亜系大型化石層序. 日本古生物学会第 157 回例会, 宇都宮（宇都宮大・栃木県博）.</p>
	<p>菅原拓矢・本田豊也・平野弘道, 2008, 後期白亜紀アンモナイト類 <i>Mesopuzosia</i> 属及び <i>Jimboiceras</i> 属における分類基準の再検. 日本古生物学会第 157 回例会, 宇都宮（宇都宮大・栃木県博）.</p>
(紀要)	<p>小松原佑太・本田豊也・円城寺守, 2008, 北海道南大夕張産石灰質ノジュール中の黄鉄鉱. 学術研究（生物・地球科学編）, 第 57 号, pp. 9-24.</p>
(記事)	<p>本田豊也, 2011, 「松本達郎会員追悼シンポジウム白亜紀研究の進展」について. 日本地質学会 News, 第 14 巻, 第 2 号, pp. 14.</p>