

# 日本初の GSSP：千葉セクションとチバニアン

板木 拓也<sup>1)</sup>

2020年1月17日、「地質時代チバニアン誕生！」のニュースが日本国内を駆け巡った。一見は何の変哲もない房総半島にある1つの地層が地質年代(地質時代)を定義する世界の標準となり、地質年代の名称として初めて日本の地名に由来する「チバニアン期」(千葉時代)が正式に認められたのである。地層の話題が一般の方々からの関心を受けるのは珍しいことだが、やはり「日本初！」という事に響くものがあったのかもしれない。しかし、実際にはチバニアンのことを正確に理解している人は少なかったようだ。本稿では、チバニアンとは何か、その審査の過程、産業技術総合研究所地質調査総合センター(以下、GSJ)が果たした役割について簡単に解説したい。

## 1. 房総にあるスゴイ地層「千葉セクション」

房総半島の中央部、千葉県市原市の田淵を流れる養老川沿いに前期更新世と中期更新世の境界を示す地層(露頭)「千葉セクション」が露出している(第1図)。国際地質連合(IUGS)は、地質年代の境界が世界で最も典型的に現れている地質セクションのひとつとして千葉セクションを下部更新統一中部更新統境界 GSSP (Global Boundary Stratotype Section and Point: 国際境界模式層断面とポイ

ント)に認定した。そして、この境界より上位の地層が形成された地質年代およびその地層の示す年代層序区分である中期更新世/中部更新統の地質年代/年代層序単元(期/階)に対してチバニアンと名付けられた(第2図)。年代で言うと77.4万年前から12.9万年前で、ネアンデルタール人が闊歩していた時代を含む。

地質年代/年代層序の境界は、生物の出現・絶滅や気候変動の特徴的な変化などを根拠として区分される。例えば、鮮新統と更新統の境界は、258万年前の温暖な気候から氷期が卓越する時代へと移り変わる地球規模の気候変動が根拠とされ、イタリアのシチリア島に GSSP が置かれている。下部更新統一中部更新統境界の場合、約125～70万年前の期間に気候変動の卓越周期が10万年から4万年に遷移(中期更新世遷移期: Mid-Pleistocene Transition)したことが根拠とされた。しかし、その遷移的な変化から地質年代の明確な境界をピンポイントで引くことは出来ないため、この期間に起こった最後の地磁気の逆転イベント(松山-ブルン境界: 松山逆磁極期とブルン正磁極期の境界)を境界位置の目安とすることとなった(第3図)。地磁気の逆転は、世界各地で同時に起こるため時代境界の目安として適していたのである。

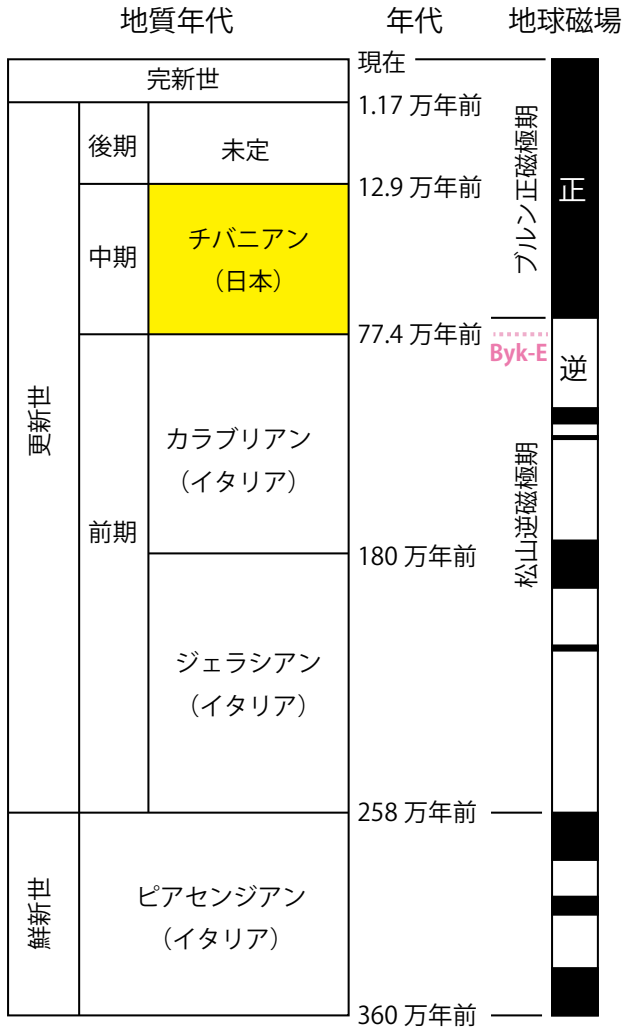
千葉セクションは、上総層群のうち、泥岩と砂岩の互層



第1図 千葉セクションの露頭写真 (2016年10月20日、筆者撮影)

1) 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

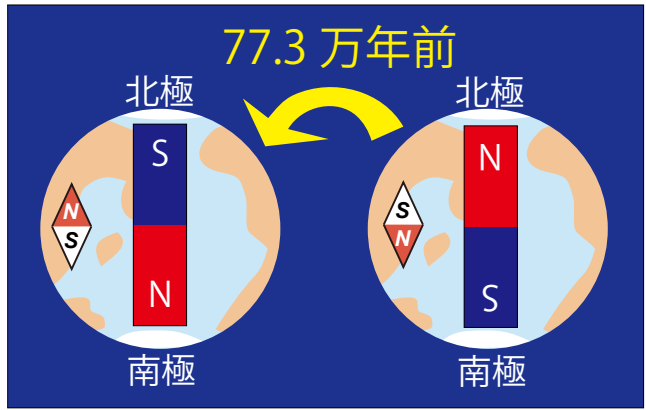
キーワード: GSSP, 地質年代, 更新統, チバニアン, 千葉セクション



第2図 地質年代表と古地磁気層序との関係

からなる国本層こくもとに含まれ(第4図)、地磁気逆転の痕跡はこの露頭上部で確認されている(Okada *et al.*, 2017)。このような逆転の痕跡は目で見て確認することは出来ないが、その約1m下位には遠く長野県の古期御嶽山おんたけが噴出した際に降り積もった白尾火山灰層(Byk-E)が挟まれていて良い目印となっている。この火山灰層に含まれるジルコンのウラン-トリウム放射年代測定の結果、その噴出年代が77.3 ± 0.7万年前であったことが明らかとなっており(Suganuma *et al.*, 2015)、GSSPの境界もこの火山灰層の下面で定義されている(第1図、第2図)。

そもそも、何故、千葉セクションで地磁気の逆転層が明瞭に記録されているのか。それは、この地層の大部分が深海で堆積した泥岩によって構成されているところが大きい。千葉セクションの深海堆積物は、細粒の泥が静かに堆積し(Nishida *et al.*, 2016)、また沿岸などから多くの磁性鉱物が供給されることで地磁気の記録が残りやすい。一方、千葉セクションを含む上総層群は、構造運動による隆起速



第3図 地磁気逆転の模式図

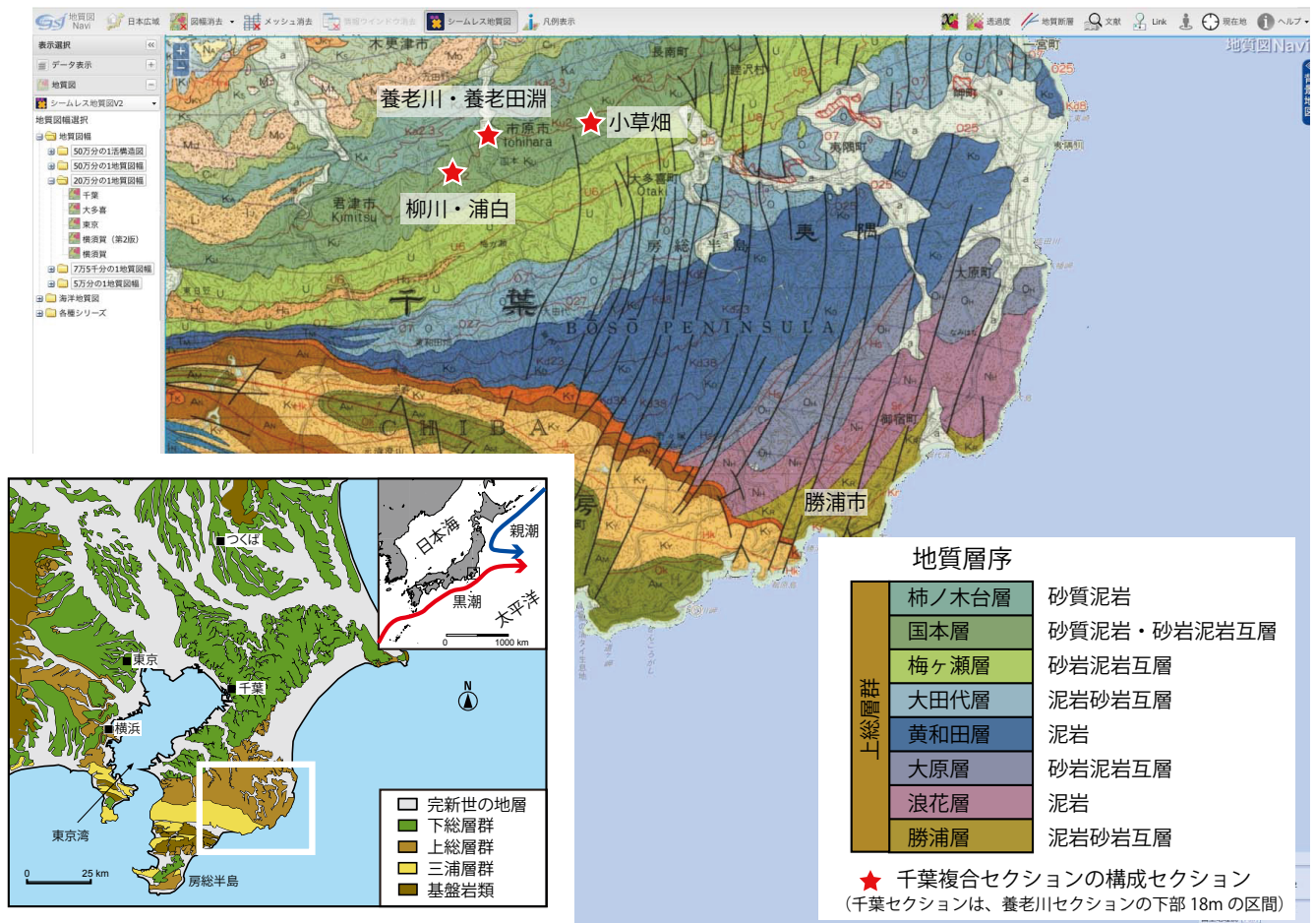
度が速いため、比較的新しい時代の深海堆積物でも陸上に露出している世界でも希少な存在である。このことが、下部更新統一中部更新統境界 GSSP として認定される重要な鍵となったのである。

更に泥岩に含まれる多様な微化石の産出も重要な役割を果たした。このうちのひとつ、有孔虫は炭酸塩の骨格を持ち、その酸素同位体比は過去の気候変動を記録している。千葉セクションを含む「千葉複合セクション」<sup>注1</sup>で得られた有孔虫の酸素同位体比記録は、地磁気逆転と白尾火山灰層が酸素同位体比ステージ(MIS)19の温暖な間氷期に含まれることを示していた(Suganuma *et al.*, 2018; Haneda *et al.*, 2020)。更に地球と太陽の軌道要素が関連する気候変動の周期性(ミランコビッチ・サイクル)を利用した天文年代補正法により、白尾火山灰層の年代に対して放射年代測定と誤差範囲で一致する77.4万年前という年代値が導き出された。

このように、千葉セクションでは、松山-ブルン地磁気逆転境界、火山灰の絶対年代測定、有孔虫酸素同位体比記録による天文年代補正法という複数の手法で年代の層序関係が確かめられた。このことから、ここが下部更新統一中部更新統境界 GSSP として最も適していると考えられていたが、そんなに簡単なことではなかった。ライバル、イタリアの存在である。次に、数ある候補の中から千葉セクションが選ばれた理由について考えてみたい。

## 2. 何故、千葉が認められたのか

全部で116ある地質年代境界の内、千葉セクション GSSP は74番目の登録となり、それまでは多くがヨーロッパやアメリカ、中国などに集中していた。特にイタリアは GSSP を多く有しており、前期更新世のジェラシアン期とカラブリアン期もイタリアに GSSP を置いている(第2図)。



第 4 図 地質図ナビで見た 20 万分の 1「大多喜」地質図副と千葉セクションの位置

下部更新統一中部更新統境界 GSSP についても、イタリア南部の 2 箇所が候補に挙がっていた。ヴァレ・デ・マンケとモンタルバーノ・イオニコである。

そもそも、下部更新統一中部更新統境界 GSSP の条件のひとつとして、露頭から最後の地磁気逆転である松山逆磁極期からブルン正磁極期への境界を認定する必要があった。しかし、イタリアの 2 つの候補地のうち、ヴァレ・デ・マンケは砂泥互層で堆積速度が遅いため解像度の高い古地磁気記録は望めなく、その信頼性にも疑問が呈されていた。また、モンタルバーノ・イオニコにいたっては古地磁気測定そのものが不可能な状態であった(千葉セクション GSSP 提案チーム, 2019)。それにも関わらず GSSP 候補として有力を保っていたのは、地磁気逆転の代替指標となり得る  $^{10}\text{Be}$  のデータを提案してきたためである (Simon *et al.*, 2017)。地磁気が逆転する際、地球磁場の強度が弱まることで銀河宇宙線が大気に多く降り注ぎ  $^{10}\text{Be}$  の生成量が増加する。地層中から  $^{10}\text{Be}$  の極大期を検出したことで地磁気逆転の痕跡と見なされたのである。これに対し、日本の千葉セクションでも  $^{10}\text{Be}$  測定を実施し、確かに地

磁気逆転層で  $^{10}\text{Be}$  が極大を示すことを確認した (Simon *et al.*, 2019)。さらに、それまで手薄だった花粉化石の高解像度分析などを行うなどしてイタリアの候補に対抗してデータセットを補強し、申請書の準備を着々と進めていった。

GSSP の審査は合わせて 4 段階ある。最初は、下部更新統一中部更新統境界 GSSP 選定作業部会、次に第四紀層序小委員会 (SQS)、続いて国際層序委員会 (ICS)、そして最後に国際地質連合 (IUGS) で投票が行われ、それぞれ審査委員の投票で 60 % 以上の票を得る必要がある。2017 年 6 月、最初の審査のために申請書を提出し、同年 11 月 10 日に 3 つの候補の中から千葉セクションが最終候補として選ばれ次の答申へ進められることとなった。その後、続く審査でも高い得票を得て、今年 1 月 17 日の最終決定となった。

千葉セクションがイタリアの 2 候補に勝っていたのは、高解像度の古地磁気記録と世界最高水準の古気候記録に加え、その立地条件も大きかったかもしれない。地中海に面したイタリアの候補地は、そこに記録されている様々な古

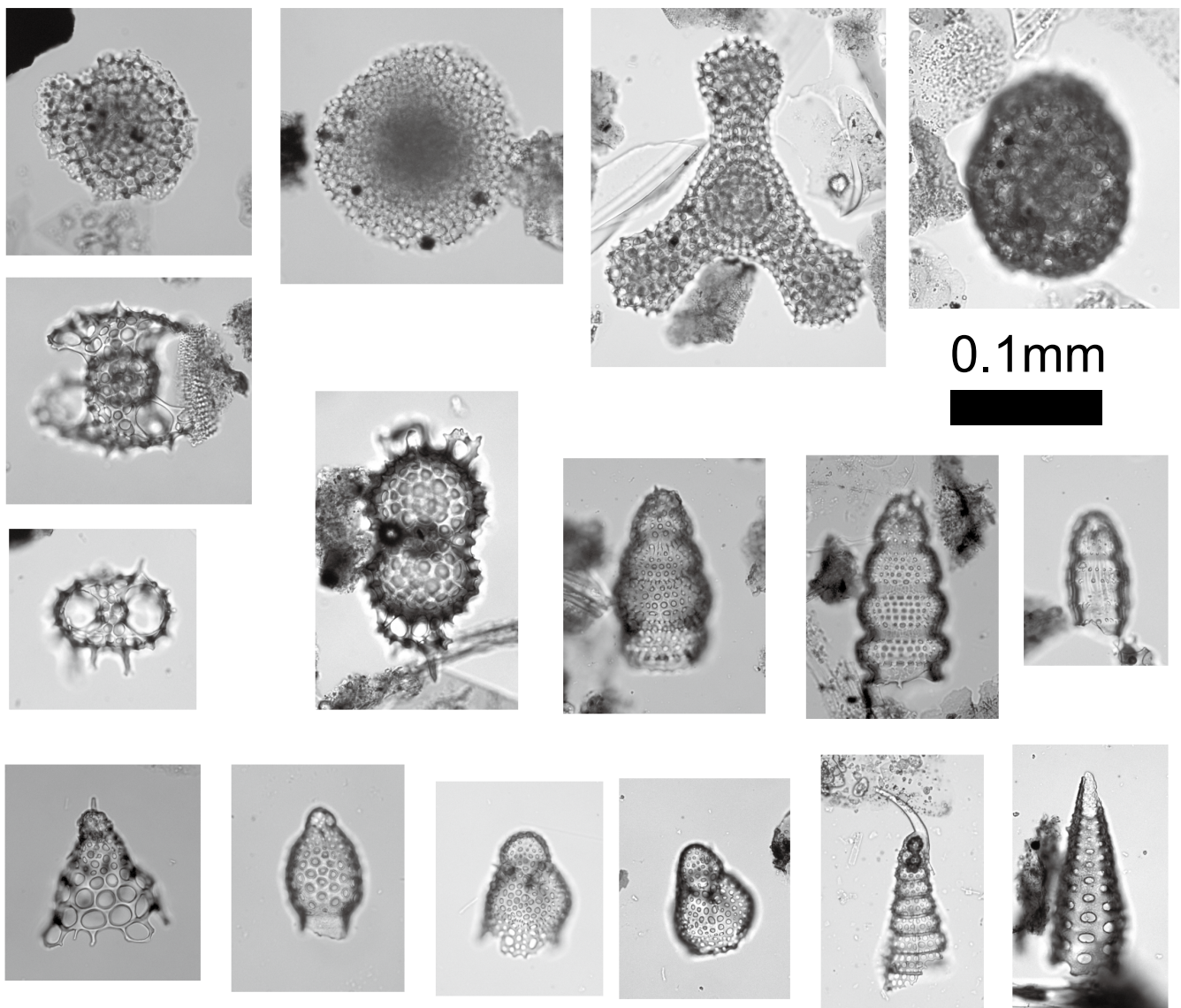
海洋環境の記録も地中海で閉じられた地域的な現象を捉えたものである。一方、千葉セクションのある房総半島は太平洋に面しており、地球規模の気候変動の影響を受けやすい場所に位置している。気候変動の卓越周期が10万年から4万年に遷移した時期に設定するという下部更新統一中部更新統境界の基準から言えば、汎世界的な気候変動を記録している房総半島という場所は世界のGSSP基準として理にかなっていたと言える。

### 3. 黒潮と親潮の狭間で

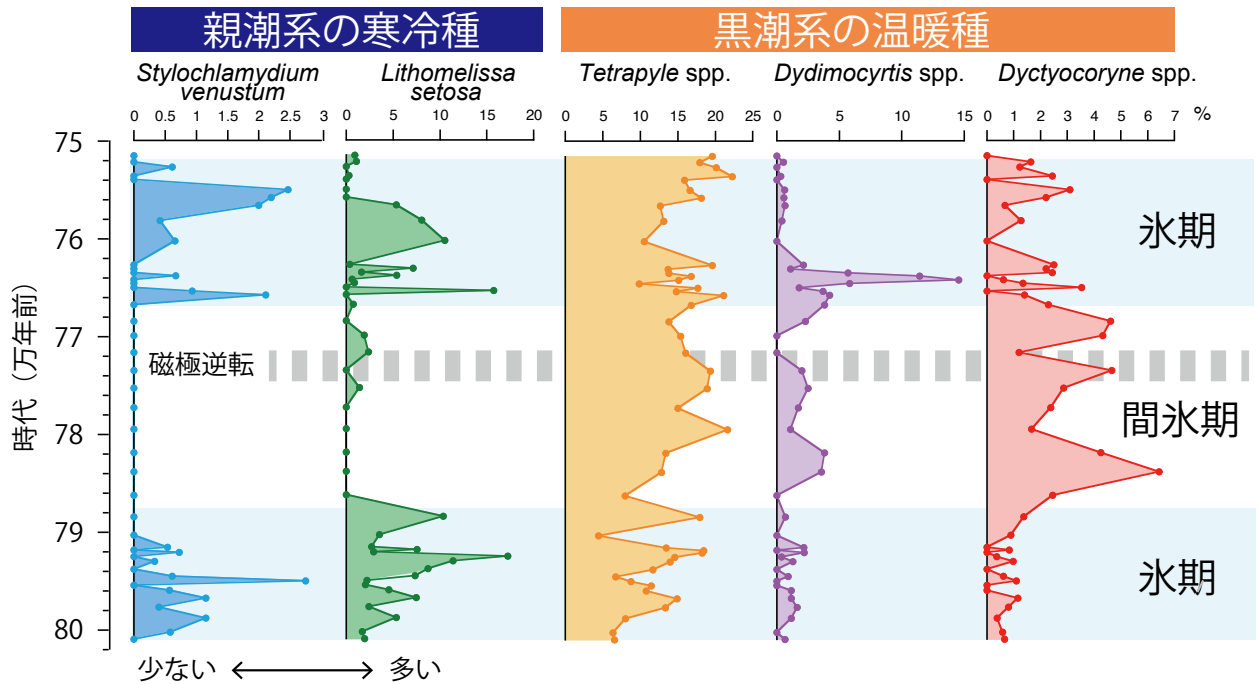
房総半島が汎世界的な気候変動の影響を受けやすいのは、本州の沖合で北太平洋を代表する暖流の黒潮と寒流の親潮がぶつかり合っているためである(第4図)。日本の上空に吹いている偏西風の変化によって黒潮—親潮境界も

南北に移動する。その痕跡は、微化石群集からも読み取ることができる。以下に、筆者が分析を担当した放散虫化石(第5図)を例に見てみよう。

海洋プランクトンの放散虫は、その珪質骨格が化石として保存されることから古海洋環境の復元に広く使われてきた。千葉複合セクションでは30種類(タクサ)の放散虫が認められ(Motoyama *et al.*, 2017)、これらは約80万年前から75万年前にかけて特徴的な変化を示していた(Suganuma *et al.*, 2018)。その一部を第6図に示した。*Dictyocoryne* spp., *Didymocyrtis* spp., *Tetrapyle* spp. は現在の黒潮域を代表する温暖域を特徴付ける放散虫であり、期間中に連続して産出するものの間氷期に増加する傾向を示す。一方、*Lithomelissa setosa* や *Stylochlamydidium venustum* は親潮域に多い寒冷種であり、氷期に増加していた。これらの事実は、房総半島周辺では間氷期(MIS



第5図 千葉複合セクションから産出した放散虫化石の顕微鏡写真



第6図 千葉複合セクションにおける放散虫群集の変化

19)に現在と同様に黒潮の影響を強く受けていたが、氷期には親潮が南下して黒潮との混合域を形成していたことを物語っている。

放散虫に限らず黒潮と親潮の狭間を漂う多くの海洋生物相の変化は、気候変動に敏感に反応していた。房総半島南部の沼地区には、約6千年前のサンゴ礁群集の化石が見られ、当時の環境が亜熱帯であったことを示している。このように、房総半島周辺では、氷期のように親潮の影響を受ける寒い時期があれば、現在よりもっと暑い時期もあったことが化石から知ることが出来る。

千葉複合セクションで有孔虫の酸素同位体比を高時間分解能で分析した Haneda *et al.* (2020) は、数千年周期の気候変動を検出し、その表層水温の変動幅を7℃と見積もった。この変動に認められた顕著な水温低下は、遠く離れた北大西洋で氷山の流出量が増加したタイミングと一致しており、大気循環を介して北太平洋の黒潮-親潮変動に影響を与えたと解釈されている。このことから、汎世界的な気候変動を記録している GSSP として千葉セクションが最も適した地層であることが言えるだろう。

#### 4. 地質学をより広く、正しく知ってもらうために

千葉セクション GSSP は、先人達による長年の研究の積み重ねの上に、茨城大学の岡田 誠教授と国立極地研究所の菅沼悠介准教授を中心とした国内外 23 機関 35 名の研

究者・技術者からなる千葉セクション GSSP 提案チームが提案し、各機関の関係部署、自治体や地元住民など、非常に多くの方々の協力があって初めて成し遂げられた成果である。GSJ からは筆者と石塚 治主任研究員が提案チームに参加し、また東京学芸大学に異動した西田尚央准教授も GSJ 在職中からプロジェクトに関わっていた。

さて、GSSP 正式決定のニュースが筆者のもとに届いたのは、第 61 次南極地域観測隊に参加し、南極沿岸域調査でキャンプ生活が 12 日目を迎えた日の朝であった。昭和基地から無線連絡を受け、提案チームの一人として記者会見で発表するコメントを求められたのだが、ここに至るまでのことを考えると深い安堵の気持ちと同時に、地質学をより広く、正しく知ってもらう事の重要性も強く感じたことを伝えた。そんなセンチメンタルな気持ちになっていたのには訳があった。

実は、申請に先立つ 2016 年頃から、国内の団体によって GSSP の申請活動に関する疑義が出され、それが世間に広く流布されたことで誤った理解が広がりかねない状況であった。団体の主張していた疑義の大部分は、我々の行っている地質学的手法に照らし合わせると的外れであったものの、提案チームは全ての疑義に対して最新データを含む詳細な資料を作成するなどして各方面に真摯に説明していた。しかし、2019 年 5 月には、この団体によって千葉セクションを含む土地の借地権を取得されていたことが発覚。これによって GSSP 認定条件のひとつである「研究の

自由」が保証されなくなったことから4つある審査の内の3段階目のICSへの申請を中断せざる得なくなったのである。

これに対し、日本地質学会をはじめ国内の関連学協会には、申請チームが提案していた研究活動について支持を表明。GSJも地質調査のナショナルセンターとして“地層「千葉セクション」認定に向けた申請活動について”と題するコメントをホームページ上に発信するなどしてGSSPの申請活動をバックアップしていた。更に、千葉セクションを有する千葉県市原市は、「研究の自由」を不当に妨げる行為を禁止した「市原市養老川流域田淵の地磁気逆転地層の試料採取のための立入り等に関する条例」(案)に関するパブリックコメントを広く求め、多くの好意的な意見を受けたことでこの条例が同年9月に施行されることとなった。これによって「研究の自由」が保証されることとなり、何とかICSの審査が開始されたことでこの最大の危機を乗り越えられた。

皮肉なことに、この件があったことによってチバニアンがより社会に広く知られることとなった訳だが、ゴシップ的な要素が強く、必ずしも「正しく」知ってもらえたとは限らない。我々としては、この機会に千葉セクションGSSPのことを純粋に科学の成果として普及を目指したいと考えていた。しかし、今度は新型コロナウイルス感染症の影響で講演がキャンセルされるなど、思うように普及活動が進められない状況が続いた。

そんな中、一般向けの書籍として菅沼(2020)『地磁気逆転と「チバニアン」』が出版された。地球磁場やチバニアンについて詳しく紹介されており、関心がある方には是非一読をお勧めしたい。また、7月には地質標本館で特別展「祝チバニアン誕生—国際境界模式層と地磁気の逆転とは?—」が企画されるなど、一般へ普及する機会が徐々に増えてくることが期待される。更にGSSP決定後も千葉セクションの研究は続いており、まだまだ新しい知見・発見がなされている。これらの成果を含む「チバニアン決定! その後の話・・・」などについても常に発信していくことがGSSPとしての役割を果たす上で重要である。「地質学を広く、正しく知ってもらう」ために我々が出来ることはまだある。

**謝辞:** 茨城大の岡田 誠教授と国立極地研の菅沼悠介准教授には、本稿の内容についてのご確認とともに多くのコメントを頂いた。また、GSSP申請活動時から現在に至るまで、GSJ所内外の大変多くの方々には支援・激励を頂いた。この場を借りてお礼を申し上げます。

## 脚注

注1 千葉複合セクション:層序の連続性を担保して重点的な研究を行うために養老川セクション、養老-田淵セクション、小草畑セクション、柳川セクション、浦臼セクションから構成。千葉セクションは養老川セクションの最下部18 mの区間のことを指す。

## 文 献

- 千葉セクションGSSP提案チーム(2019)千葉セクション:下部—中部更新統境界の国際境界模式層断面とポイントへの提案書(要約).地質学雑誌, 125, 5-22.
- Haneda, Y., Okada, M., Kubota, Y. and Suganuma, Y. (2020) Millennial-scale hydrographic changes in the northwestern Pacific during marine isotope stage 19: teleconnections with ice melt in the North Atlantic. *Earth and Planetary Science Letters*, 531, 115936. doi:10.1016/j.epsl.2019.115936
- Motoyama, I., Itaki, T., Kamikuri, S., Taketani, Y. and Okada, M. (2017) Cenozoic biostratigraphy, chronostratigraphy and paleoceanography in the Boso Peninsula and Bandai Volcano in the Aizu region, East Japan. *Science Report of Niigata University (Geology)*, No. 32 (Supplement), 1-27.
- Nishida, N., Kazaoka, O., Izumi, K., Suganuma, Y., Okada, M., Yoshida, T., Ogitsu, I., Nakazato, H., Kameyama, S., Kagawa, A., Morisaki, M. and Nirei, H. (2016) Sedimentary processes and depositional environments of a continuous marine succession across the Lower-Middle Pleistocene boundary: Kokumoto Formation, Kazusa Group, central Japan. *Quaternary International*, 397, 3-15.
- Okada, M., Suganuma, Y., Haneda, Y. and Kazaoka, O. (2017) Paleomagnetic direction and paleointensity variations during the Matuyama-Brunhes polarity transition from a marine succession in the Chiba composite section of the Boso Peninsula, central Japan. *Earth, Planets Space*, 69:45, 19p.
- Simon, Q., Bourlès, D.L., Bassinot, F., Nomade, S., Marino, M., Ciaranfi, N., Girone, A., Maiorano, P., Thouveny, N., Choy, S., Dewilde, F., Scao, V., Isguder, G. and Blamart, D. (2017) Authigenic  $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$  ratio signature of the Matuyama-Brunhes boundary in the Montalbano Jonico marine succession. *Earth and Planetary Science Letters*, 460, 255-267.
- Simon, Q., Suganuma, Y., Okada, M., Haneda, Y. and

ASTER Team (2019) High-resolution  $^{10}\text{Be}$  and paleomagnetic recording of the last polarity reversal in the Chiba composite section: Age and dynamics of the Matuyama-Brunhes transition. *Earth and Planetary Science Letters*, **519**, 92–100.

菅沼悠介 (2020) 地磁気逆転と「チバニアン」。講談社ブルーバックス, 東京, 251p.

Suganuma, Y., Okada, M., Horie, K., Kaiden, H., Takehara, M., Senda, R., Kimura, J., Haneda, Y., Kawamura, K., Kazaoka, O. and Head, M.J. (2015) Age of Matuyama-Brunhes boundary constrained by U-Pb zircon dating of a widespread tephra. *Geology*, **43**, 491–494.

Suganuma, Y., Haneda, Y., Kameo, K., Kubota, Y., Hayashi, H., Itaki, T., Okuda, M., Head, M.J., Sugaya, M.,

Nakazato, H., Igarashi, A., Shikoku, K., Hongo, M., Watanabe, M., Satoguchi, Y., Takeshita, Y., Nishida, N., Izumi, K., Kawamura, K., Kawamata, M., Okuno, J., Yoshida, T., Ogitsu, I., Yabusaki, H. and Okada, M. (2018) Paleoclimatic and paleoceanographic records of Marine Isotope Stage 19 at the Chiba composite section, central Japan: A reference for the Early–Middle Pleistocene boundary. *Quaternary Science Reviews*, **191**, 406–430.

---

ITAKI Takuya (2020) The first GSSP in Japan: Chiba section and Chibanian.

---

(受付：2020年7月1日)