

Sun. Sep 4, 2022

oral room 3

symposium | S1. [Symposium] Geology of the Kanto Plain —From outcrops to deep underground

[1oral301-06] S1. [Symposium] Geology of the Kanto Plain — From outcrops to deep underground

Chiar:Kiyoshi KATO, Tomohiro KASAMA

9:00 AM - 12:00 PM oral room 3 (Build. 14, 102)

[S1-O-1] Geologic setting of the Kanto Region considered from the continuity of the Cretaceous Paleo-Japan arc-trench system and the distribution of the geologic units within the forearc basin

*Hisao ANDO¹ (1. Department of Earth Science, Faculty of Science, Ibaraki University)

9:00 AM - 9:30 AM

[S1-O-2] Eastern extension of the Median Tectonic Line in the basement of the Kanto Plain

*Hideo TAKAGI¹ (1. Waseda University)

9:30 AM - 10:00 AM

[S1-O-3] The cause of the east-west contraction tectonics of the Japanese islands and the abrupt uplifting of the Boso fore-arc basin

*Masaki Takahashi¹ (1. Geological Survey of Japan/AIST)

10:00 AM - 10:30 AM

[S1-O-4] Characterization of the crust and mantle

structure beneath the Kanto region, Japan

*Hiroshi SATO^{1,2}, Susumu Abe³, Makoto Matsubara⁴, Tatsuya Ishiyama¹, Naoko Kato^{5,1}, Eiji Kurashimo¹, Takaya Iwasaki^{6,1}, Naoshi Hirata^{1,4} (1. The Univ. of Tokyo, 2. Shizuoka Univ., 3. JGI. Inc., 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. Nihon University, 6. Association for the Development of Earthquake Prediction)

10:30 AM - 11:00 AM

[S1-O-5] The marker tephras of the lower part pf the Kazusa Group in the southern Kanto area, Japan and its significance -Focusing on the 2.5 Ma Tanzawa-garnet pumice found in the Kanto Plain

-
*Itoko TAMURA¹ (1. Chuo University)

11:00 AM - 11:30 AM

[S1-O-6] Reconstruction of the emergence in the Kanto area deduced from the Quaternary Kazusa Group

and tephras

*Takehiko Suzuki¹ (1. Dept. of Geography, Tokyo Metropolitan University)

11:30 AM - 12:00 PM

symposium | S1. [Symposium] Geology of the Kanto Plain —From outcrops to deep underground

[1oral307-07] S1. [Symposium] Geology of the Kanto Plain — From outcrops to deep underground

Chiar:Tomohiro KASAMA, Sakae Mukoyama(Kokusai Kogyo Co., Ltd.)

1:30 PM - 2:15 PM oral room 3 (Build. 14, 102)

[S1-O-7] Grand condition and Applied geology of Tokyo

*Toshio NAKAYAMA¹ (1. Tokyo civil engineering suport and training center)

1:30 PM - 2:00 PM

Mon. Sep 5, 2022

oral room 2

symposium | S2. [Symposium]Geology in the Anthropocene: Frontiers in boundary studies on age and material

[2oral213-27] S2. [Symposium]Geology in the Anthropocene: Frontiers in boundary studies on age and material

Chiar:Yukio Isozaki, Hodaka Kawahata, Azumi KUROYANAGI

1:30 PM - 5:45 PM oral room 2 (Build. 14, 101)

[S2-O-1] The Earth's environment in the Anthropocene, corresponding to a geochronologic boundary – Can geoscience contribute to society ?

*Hodaka Kawahata¹ (1. Faculty of Science and Enginnering, Waseda University, AORI, the University of Tokyo)

1:30 PM - 1:45 PM

[S2-O-2] Contributions of Academic research for social activity

*Hiroshi Nishi¹ (1. Fukui Prefectural University)

1:45 PM - 2:00 PM

[S2-O-3] Contribution of geology to the society:

Perspective from hazard and disaster researches

*Kazuhsia Goto¹ (1. The University of Tokyo)

2:00 PM - 2:15 PM

[S2-O-4] Importance of water quality monitoring for usage of aquifer thermal storage systems in large cities -case studies in Osaka Plain

*Harue Masuda¹, Masaki Nakao¹, Yasuhiro Nakaso¹, Linri Cui², Shinji Mihara², Koichi Hashimoto³ (1.

Osaka Metropolitan University, 2. Mitsubishi Heavy Industries Thermal Systems, 3. Environment Bureau, Osaka City)	2:15 PM - 2:30 PM
[S2-O-5] Marine biodiversity in the Anthropocene	*Moriaki YASUHARA ¹ (1. The University of Hong Kong)
	2:30 PM - 2:45 PM
[S2-O-6] The future global environment contributed by geology: ocean acidification and foraminifera	*Azumi KUROYANAGI ¹ (1. Tohoku Univ.)
	2:45 PM - 3:00 PM
[2oral213-27-7add] Break	3:00 PM - 3:15 PM
[S2-O-7] “Boundary” studies in geology: Now and then	*Yukio Isozaki ¹ (1. University of Tokyo)
	3:15 PM - 3:30 PM
[S2-O-8] A boundary study in making discrimination diagrams for detrital zircon	*Yusuke SAWAKI ¹ (1. The University of Tokyo)
	3:30 PM - 3:45 PM
[S2-O-9] Boundaries in metamorphism, the scale conundrum	*Tatsuki Tsujimori ¹ (1. Tohoku University)
	3:45 PM - 4:00 PM
[S2-O-10] Tipping point of water and carbon cycles in the Earth’s interior	*Ikuo Katayama ¹ (1. Hiroshima University)
	4:00 PM - 4:15 PM
[S2-O-11] Fluid-rock boundaries: Dynamic petrology coupled with reaction and fracturing	*Masaoki Uno ¹ (1. Tohoku University)
	4:15 PM - 4:30 PM
[S2-O-12] Energy aspect of the oxidation of ocean-atmosphere	*Masafumi Saitoh ¹ (1. The University of Tokyo)
	4:30 PM - 4:45 PM
[S2-O-13] Temporal variations in extraterrestrial ³ He flux across the Permian/Triassic boundary: Toward a cross-disciplinary approach in earth and planetary sciences	*Tetsuji Onoue ¹ , Naoto Takahata ² , Katsuhiro Soda ³ , Yuji Sano ³ , Yukio Isozaki ² (1. Kyushu Univ., 2. Univ. Tokyo, 3. Kochi Univ.)
	4:45 PM - 5:00 PM
[S2-O-14] Current Status of Geologic Age Boundary	

Determination in the Pleistocene
*Makoto Okada ¹ (1. Ibaraki University)
5:00 PM - 5:15 PM
[S2-O-15] The Anthropocene and river deltas
*Yoshiki SAITO ¹ (1. Shimane University)
5:15 PM - 5:30 PM

symposium | S1. [Symposium] Geology of the Kanto Plain —From outcrops to deep underground

[1oral301-06] S1. [Symposium] Geology of the Kanto Plain — From outcrops to deep underground

Chair:Kiyoshi KATO, Tomohiro KASAMA

Sun. Sep 4, 2022 9:00 AM - 12:00 PM oral room 3 (Build. 14, 102)

[S1-O-1] Geologic setting of the Kanto Region considered from the continuity of the Cretaceous Paleo-Japan arc-trench system and the distribution of the geologic units within the forearc basin

*Hisao ANDO¹ (1. Department of Earth Science, Faculty of Science, Ibaraki University)

9:00 AM - 9:30 AM

[S1-O-2] Eastern extension of the Median Tectonic Line in the basement of the Kanto Plain

*Hideo TAKAGI¹ (1. Waseda University)

9:30 AM - 10:00 AM

[S1-O-3] The cause of the east-west contraction tectonics of the Japanese islands and the abrupt uplifting of the Boso fore-arc basin

*Masaki Takahashi¹ (1. Geological Survey of Japan/AIST)

10:00 AM - 10:30 AM

[S1-O-4] Characterization of the crust and mantle structure beneath the Kanto region, Japan

*Hiroshi SATO^{1,2}, Susumu Abe³, Makoto Matsubara⁴, Tatsuya Ishiyama¹, Naoko Kato^{5,1}, Eiji Kurashimo¹, Takaya Iwasaki^{6,1}, Naoshi Hirata^{1,4} (1. The Univ. of Tokyo, 2. Shizuoka Univ., 3. JGI Inc., 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. Nihon University, 6. Association for the Development of Earthquake Prediction)

10:30 AM - 11:00 AM

[S1-O-5] The marker tephras of the lower part pf the Kazusa Group in the southern Kanto area, Japan and its significance -Focusing on the 2.5 Ma Tanzawa-garnet pumice found in the Kanto Plain -

*Itoko TAMURA¹ (1. Chuo University)

11:00 AM - 11:30 AM

[S1-O-6] Reconstruction of the emergence in the Kanto area deduced from the Quaternary Kazusa Group and tephras

*Takehiko Suzuki¹ (1. Dept. of Geography, Tokyo Metropolitan University)

11:30 AM - 12:00 PM

Geologic setting of the Kanto Region considered from the continuity of the Cretaceous Paleo-Japan arc-trench system and the distribution of the geologic units within the forearc basin

*Hisao ANDO¹

1. Department of Earth Science, Faculty of Science, Ibaraki University

日本海拡大前の日本列島の地質学的背景を理解するには、白亜紀から古第三紀の古日本陸弧-海溝系の地質記録をよく保存する前弧堆積盆の地層を比較し、西南日本、東北日本の連続性と違いを検討することが重要である（安藤，2006）。しかし、その境界域にある関東地域は、新第三紀以降のテクトニクスによる改変や厚い被覆層のためその当時の情報が乏しい。

関東地方の古第三紀以前の地質を考えるには、1) 断続的に続く古第三紀以前の地層群の分布とその連続性の評価、2) 日本海拡大に伴う東北日本弧と西南日本弧の相対運動やその横ずれリフト帯である北部フォッサマグナの形成などによって被った、古第三紀以前の基盤岩類の構造変形、3) 関東地域の地下で会合する太平洋、アジア、フィリピン海プレートの相対運動に伴う基盤岩類への影響の、3つの視点が必要であろう。

西南日本から東北日本に散点的ながら断続的帶状に分布する、白亜紀前弧の堆積物は、安藤・高橋（2017）において層序と堆積相、年代層序から広域対比と連続性の評価が試みられている。西南日本では、1) 外帯の秩父帯（関東山地～九州）に断続的に分布するものと、2) 紀伊半島一四国の和泉層群とその西方の九州中央部に分布する地層群の、2列をなしている。一方、東北日本では福島県南部から岩手県北部にかけて太平洋岸に孤立しながら散点的に分布するが、現在の前弧堆積盆の海底下には厚く南北に連続的に広がっていることが知られている。そして、その北方は北海道中軸部の蝦夷層群に連続する。個々の地域における地層の時代範囲は短く、堆積相も合わせてそれぞれ異なることが多いが、堆積盆レベルで見ると白亜紀前期から末期まで広がっている。白亜紀/古第三紀境界付近の地層は認められないが、暁新統が断続的に確認できる。全体として、明瞭な層序の類似性は見出し難いが、大きな差異や広域不整合も認められない。化石相や古生物地理研究からは大局的に同一の北西太平洋の温帯域生物相が分布すると解釈されている。こうした、地質学的背景から、サハリン-北海道まで含めれば、基本的には西南日本から東北日本にかけて2,500 kmにおよぶ一連の白亜紀古日本陸弧-海溝系が連続していたものと復元されている。

近年、各地の前弧堆積物の碎屑性ジルコンのU-Pb年代スペクトルが明らかにされ、その時間的・地理的変遷が弧-海溝系内の位置や後背地の変化（場合によって背弧側からの異地性岩体）によるもの解釈されるようになった（例えば、中畠ほか、2016、長谷川ほか、2020）。特に三河から関東山地にかけての白亜紀後期～暁新世の孤立した地層群の年代スペクトルから、2列の地層分布が少なくとも関東東部までは連続することが示された。こうした研究動向を把握して、関東対曲構造と呼ばれる、日本海拡大に続く、伊豆小笠原弧の衝突による、白亜紀古日本陸弧-海溝系の構成要素の変形・移動を考慮して、関東地方の重要性をまとめてみる。

一方、三陸沖から鹿島沖にかけての東北日本の太平洋海底下の白亜系～古第三系は、基礎物理探査や基礎試錐によって広域に厚く分布することが判明している。公表されたものは多くないが、馬場（2017）では、日高沖～棚倉構造線南方延長域にいたる前弧域で、白亜系～古第三系暁新統（Cr），始新統～漸新統下部

（P2），漸新統上部～中新統下部（P1）の震探層序ユニットが識別され、三陸沖堆積盆ではP2，P1間に大規模傾斜不整合（漸新世不整合）があるのに対し、常磐沖堆積盆には認められずP1+P2が一連で、新第三系に不整合で接する。常磐沖では、最大層厚2,000mを越えるCrが認められており、棚倉構造線東側までは潜在する。場所によっては下部白亜系以下の堆積層と思われる構造も見られるので、3D探査を含めた最新の探査記録解析の公表が待たれる。いずれにしても、東西幅数十～百数十km規模の前弧域が広がっていることは、西南日本への前弧域の延長を考慮する際に重要である。

関東平野では地下地震探査が行われ地下深部構造が調べられており、さらに、関東平野地下で会合する太平洋、アジア、フィリピン海プレートの相対運動に関する研究も盛んであり（例えばWada and He, 2017），こう

した成果が、地表における古第三系以下の地層群の分布や構造にどんな制約を与えてくれるかも興味深い。

文献：安藤, 2006, 地質学雑誌, 112, 84-97／安藤・高橋, 2017, 化石, 102, 43-62／馬場, 2017, 日本地方地質誌2東北地方, 427-478, 朝倉書店／長谷川ほか, 2020, 地学雑誌, 129, 397-421／中畠ほか, 2016, 地学雑誌, 125, 717-745／Wada and He, 2017, GRL, 44, 7194-7202.

Keywords: Cretaceous, Paleogene, Paleo-Japan Arc-Trench system, forearc basin, Kanto region

Eastern extension of the Median Tectonic Line in the basement of the Kanto Plain

*Hideo TAKAGI¹

1. Waseda University

関東山地の中央構造線（以下MTL）は、三波川変成岩や御荷鉢緑色岩と、その北に広く分布する中新統との境界として認識され、下仁田の大北野-岩山断層露頭では50–70°北傾斜、その東部の牛伏山断層（鎌川団体研究グループ, 1985) では20–40°北傾斜をなす。領家変成岩は約60Maの黒雲母K-Ar年代を示す花崗岩類に伴って比企丘陵のみに露出し（高木・長濱, 1987），そのほか70MaのジルコンU-Pb年代（佐藤ほか, 2018）をもつ平滑花崗岩が下仁田に露出する。比企丘陵東部の吉見丘陵に露出する吉見変成岩は、一部に輝石を含む角閃岩～ざくろ石角閃岩を主体とし、結晶片岩が含まれる。それらのK-ArおよびジルコンU-Pb年代（変成年代で70–60Ma）より、吉見変成岩は三波川帯に帰属するものと考えられている（高木ほか, 1989；足立ほか, 2007）。比企丘陵の領家帯と吉見丘陵の三波川帯から想定される中央構造線の地表トレースは不自然にカーブを描くが、地震反射断面（嵐山側線：小澤ほか, 2003）により、比企丘陵の領家帯は低角度に傾斜するMTLが押しかぶさって正断層で落ち込んだ構造的クリッペであることで、説明できる。吉見丘陵より東部では、基盤岩の露出がないため、ボーリングコアやカッティングスの帰属が検討されている（林ほか, 2006；高木・高橋, 2006；高木ほか, 2006a, b, 2010, 2015）。それらのうち、領家帯に帰属を求められたものが防災科学技術研究所による岩槻観測井、つくば南観測井（茎崎コア）および石油資源開発(株)による松伏の基盤コアと、温泉開発のための野田市花井のカッティングスであり、筑波変成岩に帰属を求められたものがつくば市下原のカッティングスである。特に岩槻、松伏、茎崎のコアと野田市のカッティングスはいずれもマイロナイト化しており、MTLから近接している可能性が高い。一方、三波川変成岩に帰属を求められるものは林ほか（2006）による総括に従う。関東山地の跡倉ナップを構成する前期白亜紀変成岩（寄居変成岩）や、その上位の金勝山ナップを構成するペルム紀石英閃緑岩とホルンフェルスの起源として、それぞれ阿武隈帯（肥後帯）および南部北上帯に求められた。従って、東北日本の構成要素がかつて領家帯と三波川帯の間に挟まれており、それが九州の肥後帯まで続いていると考えられ、MTLと棚倉構造線は本来連続するものであると考えられた（高木・柴田, 2000）。それに対し、高橋（2006）は、西南日本の地体構造はフォッサマグナの東縁断層として位置づけられる利根川構造線によって切斷され、右にずらされていることから、それらは延長しても太平洋の中にあると述べた。その根拠として、前期中新世の火山前線の約230 kmの右ずれを挙げている。上述した岩槻コア基底部については、マイロナイトの上位3,346–2,864 m深度に鉛直方向の長さ482 mの花崗斑岩が存在し、その黒雲母K-Ar年代は17.7 Maという前期中新世の年代を示す（高木ほか, 2006a）。従って、前期中新世の火山前線は岩槻観測井の南を通っている可能性がある。つまり、前期中新世の火山前線の右ずれは、フォッサマグナ全体で賄っており、利根川構造線のみで大きくずれる必要はないものと考えられる。

文献

- 足立達朗・岩崎一郎, Dunkley, D. J.・外田智千, 2007, 日本地質学会第114年学術大会演旨, P15.
- 林 広樹・笠原敬司・木村尚紀, 2006, 地質雑, 112, 2-13. 鎌川団体研究グループ, 1985, 地質雑, 91, 375-377.
- 小澤岳史, 川崎慎治, 川中卓, 井川猛, 伊藤谷生, 笠原敬司, 佐藤比呂志, 2003, 日本地震学会講演予稿集.
- 佐藤興平・竹内誠・鈴木和博・南雅代・柴田賢, 2018, 群馬県立自然史博物館研報, no.22, 79-94.
- 高木秀雄・林 広樹・高橋雅紀・岩崎一郎, 2006b, 地質雑, 112, 口絵i.
- 高木秀雄・柴田 賢, 2000, 地質学論集, no.56, 1-12.
- 高木秀雄・柴田 賢・内海 茂, 1989, 岩鉱, 84, 15-31. 高木秀雄・鈴木宏芳・高橋雅紀・濱本拓志・林 広樹, 2006a, 地質雑, 112, 53-64.
- 高木秀雄・高橋雅紀, 2006, 地質雑, 112, 65-71.
- 高木秀雄・高橋雅紀・林 広樹・笠原敬司・堀江憲路・麻原良浩・岩野英樹・山本俊也・関口涉次

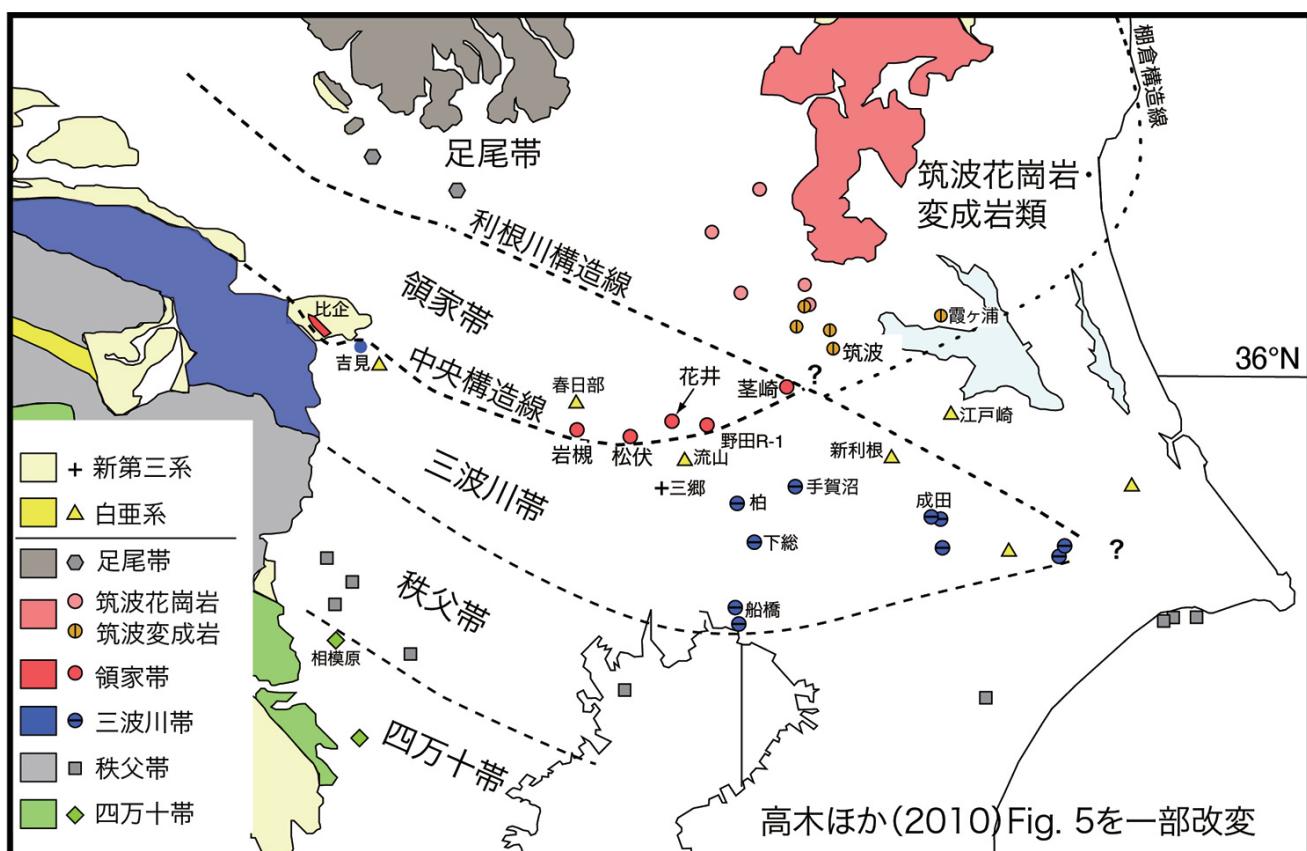
(2015) 地質雑, 121, 325-337.

高木秀雄・武田佳明・石井 徹, 2010, 地質雑, 116, 453-457.

高木秀雄・長濱裕幸, 1987, 地質雑, 93, 201-215.

高橋雅紀, 2006, 地質雑, 112, 14-32.

Keywords: Median Tectonic Line, Kanto Plain, Ryoke Belt, Sanbagawa Belt



The cause of the east-west contraction tectonics of the Japanese islands and the abrupt uplifting of the Boso fore-arc basin

*Masaki Takahashi¹

1. Geological Survey of Japan/AIST

大部分がユーラシアプレートに属する日本列島には、南からフィリピン海プレートが、東から太平洋プレートが沈み込んでいる。日本列島のうち、本州(東北日本から西南日本)の広い範囲は東西圧縮応力場におかれ、内陸地震が頻発し、断層運動に伴って山地は隆起し内陸盆地は沈降している。この東西短縮テクトニクスの原因について、3つのプレートの運動と、3つの収束境界(海溝)が一点に集まる海溝型三重会合点の三次元幾何学を組み合わせた思考実験を行った。

その結果、これまで、西に移動する太平洋プレートの運動そのものに起因すると考えられてきた東西短縮テクトニクスの原因が、北西に移動するフィリピン海プレートの運動によってコントロールされていることが判明した。すなわち、フィリピン海プレートの運動により三重会合点が西に移動し、追随するように日本海溝も西に移動する。その結果、東北日本も西に移動するが、日本海の海洋リソスフェアに阻まれるため、東北日本の島弧地殻は東西に短縮せざるを得ない。このことは、内陸地震の原因が、太平洋プレートの運動そのものではなく、沈み込み位置(日本海溝)の移動であることを意味している。

一方、300万年前以降も沈降を続け、厚い上総層群を堆積させてきた房総前弧海盆は数十万年前から隆起に転じておらず、一様な東西圧縮でこの地殻変動の変化を説明することはできない。そこで、関東地方周辺のプレート運動について三次元幾何学的に再検討したところ、太平洋プレートに進路を遮られたフィリピン海プレートそのものの変形(座屈褶曲)で説明することが可能である。言い換えるならば、本来沈降場であり、深い海域であり続けるはずの房総半島は、フィリピン海プレートの変形によって急激に隆起し山地(清澄山系)が形成されていると考えられる。このように、地質学的に認識されている日本列島の第四紀テクトニクスは、陸側プレートに沈み込む太平洋プレートとフィリピン海プレートの運動によって、合理的に説明することが可能となった。

Keywords: tectonics, Japanese islands, Late Cenozoic, fore-arc basin, geology

Characterization of the crust and mantle structure beneath the Kanto region, Japan

*Hiroshi SATO^{1,2}, Susumu Abe³, Makoto Matsubara⁴, Tatsuya Ishiyama¹, Naoko Kato^{5,1}, Eiji Kurashimo¹, Takaya Iwasaki^{6,1}, Naoshi Hirata^{1,4}

1. The Univ. of Tokyo, 2. Shizuoka Univ., 3. JGI. Inc., 4. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 5. Nihon University, 6. Association for the Development of Earthquake Prediction

はじめに: 関東地域は、太平洋プレート(PAC)とフィリピン海プレート(PHS)の二つのプレートが沈み込むという特異なテクトニクスが進行している。2000年以降、地震災害軽減の基礎となる地殻構造調査や地震観測が積極的に実施され、関東地域に沈み込むプレートの形状から堆積層までの構造が明らかになってきた。ここでは、地殻・マントル構造の概要と、それらの構造を生み出したテクトニックな要因について述べる。フィリピン海プレートの上面形状: 通常プレート境界面は固着しており、地震活動のみでプレート境界を推定することは難しい。このため、深部反射法地震探査や稠密自然地震観測によるレシーバー関数解析などの解析方法を取り入れて、プレートのイメージングにつとめた。東京湾、相模湾、房総半島において、フィリピン海プレート上面からの反射面が捉えられ、従来の推定よりもかなり浅い深度に位置することが明らかになった[1]。関東山地から甲府盆地に至る地域では複雑な形状を示し、PHS上面は大月から丹波山村周辺ではNNW-SSE方向のリッジ状の形状をなす。この東翼では緩傾斜であるが、西翼では傾斜を増大させ、甲府盆地の曾根丘陵下では、深さ40 kmまで追跡される[2]。このリッジ状の背斜軸跡は1923年関東地震の震源の西端と一致し、震源断層の形状を規制している。駿河湾と相模湾において実施した地殻構造探査によって得られたPHS上面の形状は、伊豆衝突帯の東側が緩傾斜で西側では傾斜が増大する。こうした非対称な形状は、関東山地下と共に通する。甲府盆地で確認されたPHS上面は、浮揚性沈み込みにより地殻上部が剥ぎ取られた伊豆-小笠原弧の中北部地殻に相当する。PHS上面深度は南アルプス下で推定されるものより有意に深いが、連続性については更なる検討が必要である。地殻構造の特徴: 関東地域の地殻構造は、重力異常に強く反映されており、関東平野北西部や鬼怒川低地帯にかけて、負のブーゲ異常域が形成されている。この領域では厚い中新世の堆積物が分布するが、逆に地震波トモグラフィーから得られるP波速度構造では下部地殻の速度が増大している。こうした特徴は、北部フォッサマグナ～新潟の中絶リフトと共に通しており、日本海形成-拡大期の地殻スケールのネッキングと、苦鉄質岩の中下部地殻への進入によって形成されたものと推定される。新潟-北部フォッサマグナのリフト縁辺では、リフトの外側に傾斜する断層が形成されている。関東平野北西部や鬼怒川低地帯の縁辺の断層についても、類似の特徴を有している可能性が高い。西南日本の中央構造線は、一貫して北傾斜を示すと共に活断層として再活動している区間が長い。関東平野周辺の中央構造線については、北傾斜の断層としての再活動は不明確で、日本海拡大期に大きな改変を受けたことを示している。地震波トモグラフィーによって推定されたモホ面深度は、関東盆地では25 kmであり、関東山地や足尾山地などに比べて、有意に浅い[3]。この薄い地殻の成因については、充分な議論がなされていないが、地質学的な説明が求められている重要な課題の一つである。関東平野の堆積盆地は、フィリピン海プレートの沈み込みに伴う葉山-嶺岡隆起帯の背後に形成され、最大層厚は川崎沖の東京湾で6 kmに及んでいる。葉山-嶺岡隆起帯下のP波速度構造は、関東平野下の先新第三系の岩石に比べて低下し、付加体としての形成プロセスを反映してP波速度4～5 km/s程度の厚い一様な速度構造を示し、地震基盤は葉山-嶺岡隆起帯に入ると大きく低下する。関東地域の構造とテクトニクス: 関東地域の構造に大きな影響を及ぼしたテクトニックプロセスは、日本海拡大期の関東平野北部下での大規模な右横ずれ運動とリィフティング、中期中新世以降のPHSの北北西進に伴う駿河・相模トラフでの沈み込みと伊豆衝突帯での浮揚性沈み込み、1 Ma以降のPHSの西北西方向への運動方向の変化[4]などがある。伊豆衝突帯西側での地殻の短縮量の増大やPHSスラブの傾斜の増加は、PHSの運動方向の変化に起因すると考えられる。文献
[1] Sato, H. et al., *Science*, 309 (5737), 462-464, 2005. [2] 佐藤比呂志, 首都直下地震防災・減災特別プロジェクト 総括成果報告書, 15-24, 2012. [3] Matsubara, M. et al., *Tectonophysics*, 710-711, 97-107, 2017. [4] Hashima, A. et al., *Tectonophys.*, 679, 1-14, doi: 10.1016/j.tecto.2016.04.005, 2016.

Keywords: Crustal structure, Slab geometry, Kanto, Philippine Sea Plate, Late Cenozoic

The marker tephras of the lower part pf the Kazusa Group in the southern Kanto area, Japan and its significance -Focusing on the 2.5 Ma Tanzawa-garnet pumice found in the Kanto Plain -

*Itoko TAMURA¹

1. Chuo University

鮮新-更新世テフラの広域対比と編年：大規模噴火により広域に分布するテフラは、噴出後極めて短時間に堆積するため、離れた地域に同時間面を示す鍵層として重要である。関東、大阪、濃尾平野等、日本の大平野の土台を構成する鮮新-更新統のテフラ編年は、各地のテフラ記載データの蓄積と、テフラ中の火山ガラスの化学成分分析などの様々な対比手法の適用により進められ、現在、およそ4Ma～1Maにかけて36層の広域テフラが報告されている(Tamura and Yamazaki, 2015など)。

南関東のテフラ編年の現状と成果：関東平野に分布する海成の鮮新-更新統、上総層群には日本列島各地から飛来した夥しい数のテフラ層が挟在されている。時間指標となる広域テフラも多数見出され、房総半島中央部に分布する上総層群において、およそ1Ma～2.2Maの大田代層～最下部の勝浦層中に16層の広域テフラが報告された(田村ほか, 2019a)。また、近年、房総半島北東部の銚子犬吠層群や南部の千倉層群、三浦半島の鎌倉逗子など南関東に分布する上総層群相当層のテフラ記載・対比研究が進んでいる。これらの地域では不整合により地層が削剥されていないため、さらに下位に13層の指標テフラが見出され、その年代は3Maを遡ることが明らかにされた(Tamura et al., 2016; 田村ほか, 2019bなど)。これらの指標テフラは、日本で一番広い関東平野を作った前弧海盆の形成年代、隆起沈降テクトニクス等の解明において重要な役割を果たしている。

南関東に分布する2.5Maの丹沢-ざくろ石軽石層：南関東の上総層群相当層中の指標テフラの一つに、大量にざくろ石を含むという特徴を有する丹沢-ざくろ石軽石層(Tn-G: 2.5Ma, 田村ほか, 2010)がある。銚子半島の屏風ヶ浦に露出する犬吠層群下部の名洗層において、田村ほか(2007)は、広域テフラの可能性が高い細粒ガラス質テフラを14層記載し、下位よりIn1～In14テフラと命名した。このうち8層が他地域のテフラと広域対比され、名洗層の堆積年代におよそ3.1Ma～2.3Maという時間面が入った(田村ほか, 2007; 田村ほか, 2019bなど)。ざくろ石を大量に含む軽石層はIn7とIn6の間に見出され、名洗含ざくろ石テフラと命名された(NaG: 田村ほか, 2010)。NaGより上位のIn7は東海層群の御幣川テフラ(2.4～2.5Ma: 宮村ほか, 1981), NaGより下位ではIn6より一つ下位のIn5が東海層群の寺川テフラ(2.6Ma: 宮村ほか, 1981)に対比されている。南関東では、大量にざくろ石を含むテフラ層について、神奈川県愛川町の中津層群の含ざくろ石軽石層(Mk19: 野田ほか, 1999), 鎌倉市の上総層群下部の含ざくろ石軽石層

(KGP: 稲垣ほか, 2007)が報告され、両テフラは稻垣ほか(2007)により対比された。NaGとMk19, KGPとは記載岩石学的特徴、ざくろ石の化学組成、テフラ層の層位がよく一致し対比された。さらに、東京都江東区の深層ボーリングコア中からざくろ石を大量に含む軽石層が見出された(KT1217: 田村ほか, 2010)。KT1217の諸特徴も他のざくろ石テフラと良く一致し対比され、4地域のざくろ石の粒径の傾向などから、その給源火山が丹沢に求められた。このざくろ石テフラは丹沢-ざくろ石軽石層(Tn-GP)と命名され南関東に分布する広域テフラであることが明らかとなった(田村ほか, 2010)。Tn-GPの堆積年代は各地における生化石層序、テフラ層序、古地磁気層序などから、およそ2.5Maと推定された。名洗層において、NaGより一つ下位のIn5と対比された寺川テフラは2.6Maのガウス上部である。これらの対比から、名洗層において、新第三紀/第四紀の境界がNaGとIn5の間にあることが明らかになった(田村, 2019b)。また、Tn-GPの発見により、関東堆積盆(上総海盆)の沈降中心に近い江東付近では、中津、銚子などの平野周縁部に対し、相対的に平均0.5mm/年の速度で沈降していることが示された(田村ほか, 2010)。

文献：稻垣ほか(2007) 地球科学, 61, 143-148. 宮村ほか(1981) 龜山地域の地質 5万分の1地質図幅, 128p. 野田ほか(1999) 第四紀研究, 38, 65-73. Tamura and Yamazaki (2015) XIX INQUA, S04-P07. 田村ほか(2007) 日本第四紀学会講演要旨集37, 38-39. 田村ほか(2010) 地質雑誌, 116, 360-373. Tamura et al. (2016) Geo. Rep. of TMU. 51, 41-51. 田村ほか(2019a) 地質

雜, 125, 23-39. 田村ほか (2019b) 日本第四紀学会講演要旨集49, 52p.

Keywords: Kazusa Group, marker tephra, widespread tephra correlation, Tanzawa-garnet pumice

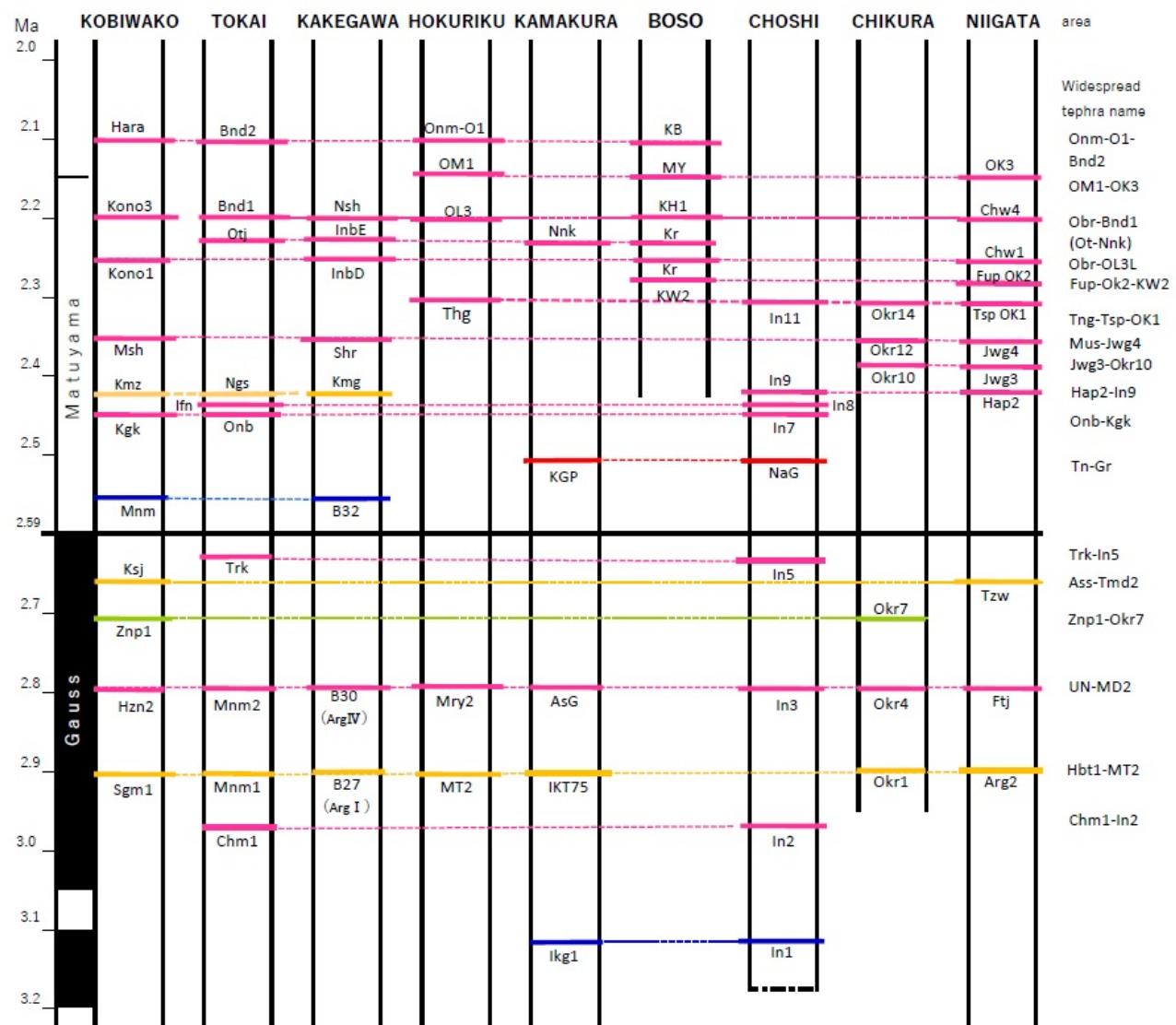


Fig. 1 Time and space diagram of Plio-Pleistocene marker tephras in central Japan

Color of line is estimated source volcano area (pink : Chubu mountainous area, yellow : Kyusyu area, blue : Tohoku area)

Reconstruction of the emergence in the Kanto area deduced from the Quaternary Kazusa Group and tephras

*Takehiko Suzuki¹

1. Dept. of Geography, Tokyo Metropolitan University

はじめに

国内最大の平野である関東平野は、かつての海域（一部は深海域）が堆積と隆起により陸地に至った地域といえる。関東平野に先立つこの海域の一部は、海溝の陸側に発達する前弧海盆と考えられており、その凹地地形は上総トラフとよばれ海成層を主体とする堆積物により埋積されている（貝塚ほか, 2000）。上総トラフを埋積した堆積物のうち第四紀に堆積したものは下位から上総層群、下総層群、段丘構成層、沖積層などである。上総層群・下総層群の堆積期間は第四紀の大半を占め、関東平野の陸化過程を復元する上で必要な情報を多く含む。

上総層群のおおよそ分布・構造・年代・堆積環境は明らかにされている。しかし各地地下に分布する上総層群の深度と年代、堆積環境については未解明な部分が多い。上総層群には年代を知る手がかりとなるテフラが多く含まれ、堆積環境を復元する微化石も含まれている。これらにより前弧海盆から平野への地形変化過程を詳細に復元することができる。本講演ではこうした研究をレビューし、関連する新たなデータを紹介する。

上総層群の類型化

関東における海域から陸域への地形変化過程を整理する上で上総層群を層相に基づき類型化することが役立つ（多摩川中上流域上総層群調査研究プロジェクト実行委員会, 2020）。類型化はそれらの多くが揃う関東西部での模式的な累層名などから、友田層型、加住層型、北多摩層型、小山田層型、段丘礫層型に整理できる。この類型化は堆積環境に対応しており、地域や時代によるその変化は各地域の古地理変遷を反映している。友田層型、加住層型、段丘礫層型は陸成層からなり、友田層型は泥炭質シルトや角礫を含むシルト・砂の互層であり、局所的な分布を示す。加住層型・段丘礫層型は網状流河川により運搬された礫質堆積物からなり、堆積時に扇状地を出現させたと考えられる。

これに対し北多摩層型、小山田層型は主体が海成層からなる。北多摩層型の典型例は、北多摩層（東京都土木技術研究所, 1996）とよばれるシルト層を主体とした堆積物で、堆積環境は外洋性から半深海性と解釈されている。北多摩層型堆積時の水深は氷河性海面変動幅よりも深いために継続的に海域であった。小山田層型は礫層、泥層、砂層からなる堆積物であり多摩丘陵西部において6サイクルが存在し、氷河性海面変動の影響を受けて形成されたことが示されている（高野, 1994）。小山田層型の層相変化は氷河性海面変動により陸域（礫層堆積時）と海域（泥層、砂層堆積時）が交互に出現したことを示しており、相対的な高海面期には大陸棚であった地形環境が推定される。

海域から陸域への地形変化過程

前弧海盆から平野への変化過程を示すもっとも単純な図式は、北多摩層型→小山田層型→段丘礫層型への変化である。房総半島中部の上総層群が北多摩層型、下総層群が小山田層型に相当するのは同地域が外洋性～半深海性から陸棚環境に変化してきたことを示す。こうした変化は前弧海盆における堆積の進行や隆起で説明できる。一方で小山田層型の存在、とくに地下に小山田層型の累重が見られる場合、沈降運動が継続してきたことを示唆し、長期にわたる地殻変動を復元する上で欠かせない。房総半島中部を除くと、小山田層型は多摩丘陵西部に加えて、東京西部の立川・狹山丘陵付近でおよそ2.0 Ma～1.4 Ma頃まで形成されたと考えられる。この小山田層型の出現年代は西方ほど古く東方ほど新しい傾向にあり、その傾向は房総半島に続く。講演ではその中間域にあたる武藏野台地北東部から東京低地にかけてのデータを紹介する。

ところで納谷ほか（2017）によれば埼玉県北東部地下では小山田層型を示すと考えられるサイクリックな堆積物が地下に厚く伏在し、その年代は少なくとも1.6 Ma以降最終間氷期最盛期MIS 5e堆積物まで累重するとされた。MIS 5e海成面の高度は関東平野中央部の埼玉県北東部付近で海成層上面高度が10～20 m（小

池・町田, 2001) であり関東平野でもっとも低く, 小山田層型累重傾向にあることに調和的である。一方で MIS 5e海成面がプラスであることは既に隆起傾向に転じており, 関東平野全域において小山田層型, すなわち沈降域が消滅していることを示唆するのかもしれない。

引用文献: 貝塚ほか (2000) 日本の地形4関東・伊豆小笠原, 東大出版会. 多摩川中上流域上総層群調査研究プロジェクト実行委員会 (2020) 同プロジェクト報告書. 東京都土木技術研究所 (1996) 東京都(区部)大深度地下地盤図一東京都地質図集6—. 高野 (1994) 地質学雑誌, 100, 675-691. 納谷ほか (2017) 地質学雑誌, 123, 637-652. 小池・町田 (2001) 日本の海成段丘アトラス, 東大出版会.

Keywords: Quaternary, tephra, Kanto

symposium | S1. [Symposium] Geology of the Kanto Plain —From outcrops to deep underground

[1oral307-07] S1. [Symposium] Geology of the Kanto Plain — From
outcrops to deep underground

Chair:Tomohiro KASAMA, Sakae Mukoyama(Kokusai Kogyo Co., Ltd.)

Sun. Sep 4, 2022 1:30 PM - 2:15 PM oral room 3 (Build. 14, 102)

[S1-O-7] Grand condition and Applied geology of Tokyo

*Toshio NAKAYAMA¹ (1. Tokyo civil engineering suport and training center)

1:30 PM - 2:00 PM

Grand condition and Applied geology of Tokyo

*Toshio NAKAYAMA¹

1. Tokyo civil engineering suport and training center

「かだいおうち」（鹿児島大理学部地球科学HP）に、応用地質と純粋地質学の関係を樹木に例え、応用地質学は根・幹であり、純粋地質学は葉である、「幹なくして葉無く、葉茂らずして幹成長することなし」とある。東京での応用地質の課題は、都市の発展とともに大きく変化してきた。このうち応用地質の課題として①地盤地質、②資源地質、③防災地質を歴史的背景を踏まえ取り上げ、純粋地質学、地質学との関わりを考える。

1) 地盤地質：明治21年に農商務省地質局技官鈴木敏により「東京地質図説明書」が作成された。ここでは「都下の地質を査定し、もって、地下に包蔵せられる応用物料の適否を弁じ、その地質と水脈、衛生、地震等との関係を説くにあり」とあり、その応用地質課題を取り上げている。一方、明治政府にとって帝都にふさわしい皇居（明治宮殿）造営計画があり、ジョサイヤ ゴルドンに地盤調査（地耐力試験）を依頼している。その後、鹿鳴館（明治16:1883）、三菱1号館（明治27:1894）、東京駅舎（大正4:1914）などが次々と建設されるなか、地盤（特に軟弱地盤）への関心が、建築家（造家）の中に高まり、関東大震災後の昭和4年の「東京及び横濱の地質」（復興局建築部）の刊行に繋がる。この報告書で、初めて沖積低地の地下地質が取り上げられた。この地盤調査の流れは更に「東京地盤図」（1959:東京地盤調査研究会）に引き継がれ、地質調査資料、3421本のボーリング柱状図をもとに、区部の地質図・地盤断面図・礫層分布図などとともに地盤の地質・土質力学特性質・構造物の基礎など、地層と土質の関係がまとめられた。1959年新潟地震を契機に、地震被害想定のための地盤図が求められ、東京都土木技術研究所は、地盤を1kmメッシュで示した区部地盤地質図（1969）を作成している。ここでは沖積層細分化が行われている。この沖積層の細分化は、その後の堆積学の進展とともに、新たな沖積層問題の進展を促した。また、上記、地盤地質図を契機に、地盤盤調査のデータベース化が進み、地盤図の精度向上や地震被害想定のための地震動予測図、液状化予測図などの課題図の作成や3次元都市地盤図（産総研）へと発展している
2) 資源地質：関東構造盆地には良好な地下水帯水層があり、また天然ガスを賦存することが知られている。明治末から始まる都市部での工業生産の高まりとともに、工業用水として地下水の大量くみ上げが始まり、終戦時の一時を除き、戦前・戦後に大量の地下水揚水が行われ、地盤沈下が進行した。また、戦後のエネルギー事情を反映し、水溶性天然ガスの採取も始まり、地盤沈下の一層の加速を促した。東京都は地盤沈下の機構解明と地下水位の監視のために、都内42地点で深度100から1000mの深層ボーリングを行い、地盤沈下観測所を設置した。この調査をもとに、地下水揚水規制、水溶性天然ガス採取の禁止をおこない、地盤沈下を止めることに成功した。一方、これら調査により、都内の深部の地質構造を明らかにした。これら調査ボーリング資料は、その後の火山灰層序学の進展を背景に、都立大グループにより調査研究がすすめられ、より精緻な地質構造が再現されつつある。
防災地質：1995年兵庫県南部地震を契機に、防災科技研では高感度地震観測整備のための深層位観測井の設置が進められ。都内にも府中と江東区に基盤（先第三系）に達する深層ボーリングが行われた。また、東京都も地震研究推進本部からの委託研究として、東西・南北測線で反射法地震探査を実施、合わせて微動アレー探査も行っている。これら資料をもとに、都内の地震基盤までの地下構造だけでなく、関東平野地下の全体の地質構造解明が進みつつある。応用地質の課題を進める中で、東京（関東）の地下地質構造が明らかにされてきた。
「応用地質と純粋地質学との関係」、振り返ると共に順調に成長した木のように思えるが、それとも筆者の気のせいいか？これまでの応用地質の課題が、災害を契機に押し進められてきたことも気になる点である。先を読む課題の提起が必要である。来年は関東地震から100年を迎える。応用地質、特に防災地質への取り組みへの強化が課題である。その一つは、成果の普及活動である。住民の各種ハザードパップへの理解への支援である。3次元地盤図1）はその取り組みの一つになるのではと期待している。参考文献1 産業技術研究所 地質調査総合センター（1921）：都市域の地質地盤図「東京都区部」

Keywords: grand condition map, applied geology

symposium | S2. [Symposium]Geology in the Anthropocene: Frontiers in boundary studies on age and material

[2oral213-27] S2. [Symposium]Geology in the Anthropocene: Frontiers in boundary studies on age and material

Chair: Yukio Isozaki, Hodaka Kawahata, Azumi KUROYANAGI

Mon. Sep 5, 2022 1:30 PM - 5:45 PM oral room 2 (Build. 14, 101)

- [S2-O-1] The Earth's environment in the Anthropocene, corresponding to a geochronologic boundary – Can geoscience contribute to society ?
 *Hodaka Kawahata¹ (1. Faculty of Science and Engineering, Waseda University, AORI, the University of Tokyo)
 1:30 PM - 1:45 PM
- [S2-O-2] Contributions of Academic research for social activity
 *Hiroshi Nishi¹ (1. Fukui Prefectural University)
 1:45 PM - 2:00 PM
- [S2-O-3] Contribution of geology to the society: Perspective from hazard and disaster researches
 *Kazuhisa Goto¹ (1. The University of Tokyo)
 2:00 PM - 2:15 PM
- [S2-O-4] Importance of water quality monitoring for usage of aquifer thermal storage systems in large cities -case studies in Osaka Plain
 *Harue Masuda¹, Masaki Nakao¹, Yasuhiro Nakaso¹, Linri Cui², Shinji Mihara², Koichi Hashimoto³ (1. Osaka Metropolitan University, 2. Mitsubishi Heavy Industries Thermal Systems, 3. Environment Bureau, Osaka City)
 2:15 PM - 2:30 PM
- [S2-O-5] Marine biodiversity in the Anthropocene
 *Moriaki YASUHARA¹ (1. The University of Hong Kong)
 2:30 PM - 2:45 PM
- [S2-O-6] The future global environment contributed by geology: ocean acidification and foraminifera
 *Azumi KUROYANAGI¹ (1. Tohoku Univ.)
 2:45 PM - 3:00 PM
- [2oral213-27-7add] Break
 3:00 PM - 3:15 PM
- [S2-O-7] “Boundary” studies in geology: Now and then
 *Yukio Isozaki¹ (1. University of Tokyo)
 3:15 PM - 3:30 PM
- [S2-O-8] A boundary study in making discrimination diagrams for detrital zircon
 *Yusuke SAWAKI¹ (1. The University of Tokyo)
 3:30 PM - 3:45 PM
- [S2-O-9] Boundaries in metamorphism, the scale conundrum
 *Tatsuki Tsujimori¹ (1. Tohoku University)
 3:45 PM - 4:00 PM

- [S2-O-10] Tipping point of water and carbon cycles in the Earth's interior
*Ikuo Katayama¹ (1. Hiroshima University)
4:00 PM - 4:15 PM
- [S2-O-11] Fluid-rock boundaries: Dynamic petrology coupled with reaction and fracturing
*Masaoki Uno¹ (1. Tohoku University)
4:15 PM - 4:30 PM
- [S2-O-12] Energy aspect of the oxidation of ocean-atmosphere
*Masafumi Saitoh¹ (1. The University of Tokyo)
4:30 PM - 4:45 PM
- [S2-O-13] Temporal variations in extraterrestrial ³He flux across the Permian/Triassic boundary: Toward a cross-disciplinary approach in earth and planetary sciences
*Tetsuji Onoue¹, Naoto Takahata², Katsuhito Soda³, Yuji Sano³, Yukio Isozaki² (1. Kyushu Univ., 2. Univ. Tokyo, 3. Kochi Univ.)
4:45 PM - 5:00 PM
- [S2-O-14] Current Status of Geologic Age Boundary Determination in the Pleistocene
*Makoto Okada¹ (1. Ibaraki University)
5:00 PM - 5:15 PM
- [S2-O-15] The Anthropocene and river deltas
*Yoshiki SAITO¹ (1. Shimane University)
5:15 PM - 5:30 PM

The Earth's environment in the Anthropocene, corresponding to a geochronologic boundary –Can geoscience contribute to society ?

*Hodaka Kawahata¹

1. Faculty of Science and Engineering, Waseda University, AORI, the University of Tokyo

人類は現在78億人となり、地球の隅々までホモ・サピエンスであふれるようになった。人類は地球上のバイオマス量のわずか0.01%を占めるのみだが、人工物を作り続けてきた。その結果、その総重量は2020年に地球上のバイオマス総重量を超えた。20年後には倍になると推定されている。

地球表層環境システムには緩衝機能が備わっている。しかし、人間活動がその閾値に近づいたために、その機能が発揮できない場面が顕著になりつつある。その代表的事例が人為起源の二酸化炭素放出に伴う「双子の悪魔」と呼ばれる脅威である。これまで地球表層環境に放出された人為起源二酸化炭素の約70%が大気中に残存し地球温暖化がもたらされ、約30%が海水中に吸収され、今世紀後半に海洋酸性化が顕在化する見通しである。すなわち、大気中の二酸化炭素濃度(pCO_2)が>550ppmとなると炭酸塩に不飽和の海水が極域に出現し、同海域の生物起源炭酸塩が溶解する事態となる。

一方、白亜紀の pCO_2 は現在の2倍以上の>1,000ppmであったが、フランスやイタリアや世界の大西洋で、石灰岩が大量に堆積した。この事実は pCO_2 が海洋酸性化の第一要因でないことを示している。陸地の風化によるアルカリ度の供給による「海水の中和」は地球環境の代表的緩衝機能である(Yamamura et al., 2007)。しかし、これが機能するには数十万年以上の持続時間が必要となる。

逆に、5500万年前の暁新世/始新世(P/E)境界には深刻な海洋酸性化が起こり、深海底に生息する底棲有孔虫の約半分が絶滅した。原因是、メタンハイドレートの大規模崩壊の可能性が高い。大気中でも海水中でも酸素存在下ではメタンは数年以内に二酸化炭素となる。当時のハイドレート崩壊は約1万年間継続し、大量の二酸化炭素が地球表層環境に放出された。この二酸化炭素流量は現代の人為起源の放出速度の1/30程度だったので、当時の1万年間は現代の300年間に相当する。

P/E境界や現代(人新世)の場合には、二酸化炭素が環境に放出される流量があまりに高いので、大陸の化学風化で海水を中和できない。地球惑星科学の観点より考察すると、海洋酸性化の最重要支配因子は高 pCO_2 ではなく、環境変化速度であると結論できる。「現代の地球環境の最大の問題は速すぎる変化速度である」と一般化できる事象が他にもある。

今後の酸性化の推定をわかりやすく理解するために、P/E境界の堆積物カラムに将来の推定状況を対比して示す(図参照)。2050年前後に南極や北極海域の一部に炭酸塩に不飽和の海水が出現する。これらの海水は密度が高いので2100年に深海に沈みこみ、海底の堆積物の溶解が始まる。太平洋では、底層水は北進し、炭酸塩の溶解が進行する。「カーボンニュートラル2050」が実施されても、途上国での化石燃料は増大し、2050年には現在より消費が増加するという現実的で説得力のある予測がある。海洋酸性化は、脱炭素社会が確立されれば、炭酸塩含有量が低下するものの図中の薄茶色の状態で停止する。しかし、脱炭素化に失敗すれば、炭酸塩はすべて溶解し、堆積物は暗黒色の状態に到達する。

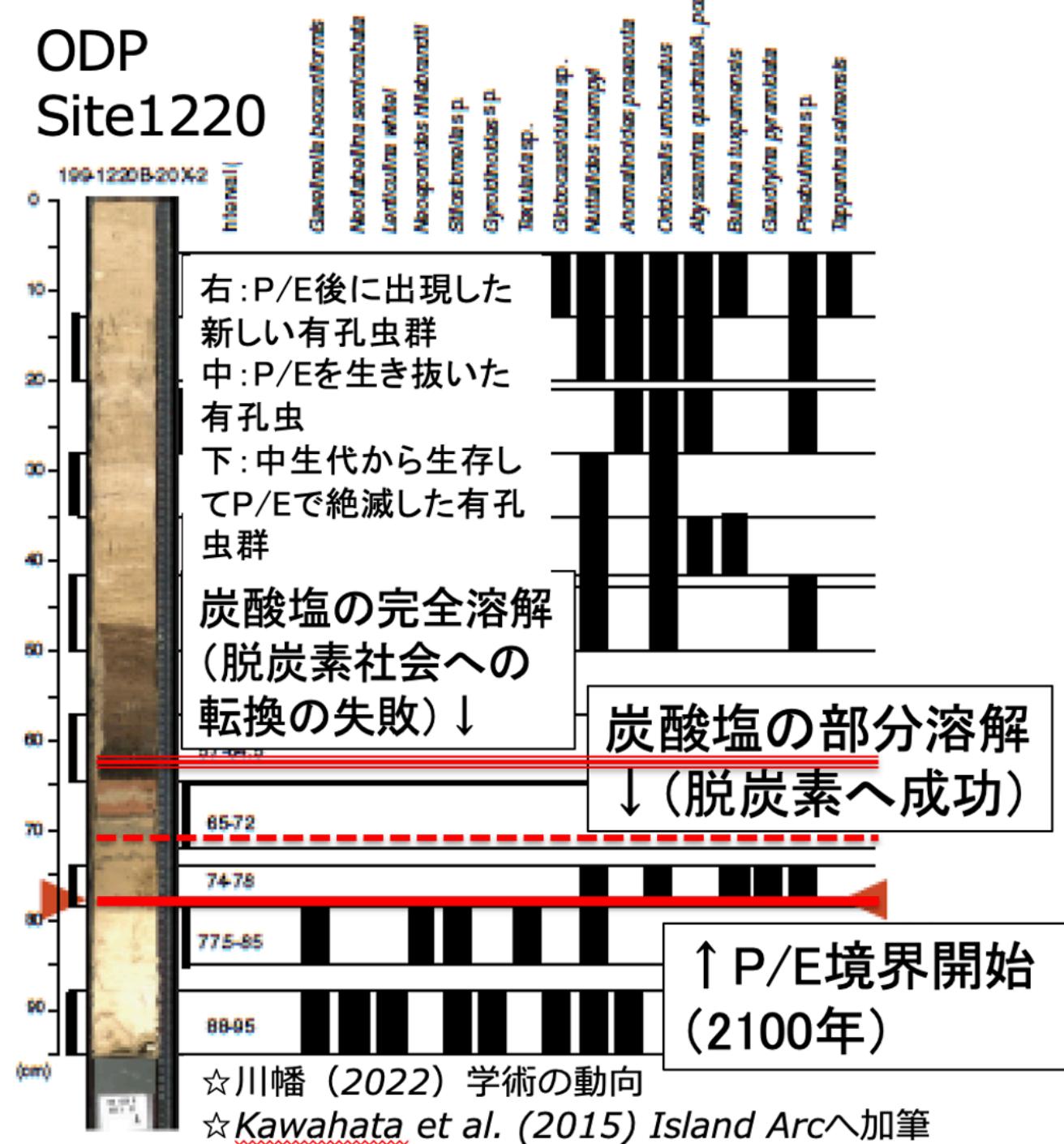
IPCCによれば、現在より平均気温がさらに0.9°C上昇すると、2100年にはサンゴ礁生態系の99%が地球上より消失する。人新世の環境は人類にとって初体験なので、人新世の社会がどこに向かうのかを予測することは難しい。研究者はその専門性を生かして、さまざまな条件に対応して未来を推定することができる。国民あるいは全人類が最終判断をくだす時に役立つよう、その推定シナリオを社会に提示することが研究者の使命と考える。

引用文献: Yamamura, M. et al. (2007) Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 254, 477-491.

Kawahata, H. et al. (2015) Island Arc, doi:10.1111/iar.12106.

川幡穂高(2022)学術の動向, 27巻2, 26-30.

Keywords: Anthropocene, Geochronologic boundary, Ocean acidification, Carbon dioxide, Global warming



Contributions of Academic research for social activity

*Hiroshi Nishi¹

1. Fukui Prefectural University

地球環境の問題は、既に20世紀中盤から大きな社会問題として取り上げられ、1972年にはローマ・クラブから「成長の限界」の報告書が公表された。この報告では、今後人口増加や環境汚染などの傾向が続けば、100年以内に地球上の成長は限界に達するというのがその内容であり、残すところ50年あまりでこの報告の結論が出る時代になってきた。その後も森林破壊、異常気象、オゾンホールの破壊などの問題が次々に取り上げられ、世界全体で取り組まないとこれらの問題が解決できない状況となっている。そのため、国連はミレニアム開発目標（MDGs、2000年9月）やSDGs（持続可能な開発目標、2015年9月）と国際的な目標を続けて提案した。このうちSDGsは国連サミットで採択され、国連加盟193ヶ国が2016年から2030年の15年間で達成するために掲げた目標で、17の大きな目標とそれらを達成するための具体的な169のターゲットで構成されている。日本の産業界でもSDGsを念頭におき、経営に取り込む方針を打ち出す企業も多くなっている。一方、学術研究は幅広い知的創造の活動で、真理の探究という知的欲求に根ざし、新しい法則や原理の発見、新しい知識や技術の体系化、先端的な学問分野の開拓などをを目指すものである。そこから生まれる学術研究の成果は、人類の知的共有財産として文化の知的側面を形成するとともに、応用化や技術化を通して日常生活を豊かにする役割を果たし、人類社会の発展の基盤を形成するものと提言されている。すなわち、学術研究は真理や技術の探究だけではなく、その専門的な知識と研究成果を社会の繁栄に寄与させることを常に意識しておくことが責務であり、学術研究に対する社会的要請の中から研究課題を新たに見出し、貢献を積極的に果たせるようにすることが必要である。そのため、学術会議でもSDGsやゼロ・カーボンのような国際的な社会問題に対する発信や貢献が強く求められている。地質学は災害、資源、環境の分野に広く関連し、社会の基盤を支える分野である。特に日本では変動帯やモンスーン気候下にあり、平野が少なく山地が多い地形であるため、多くの災害が引き起こされてきた。そのため自然災害に関しては、これまで多くの重要な社会貢献を果たしてきたといえる。一方、その時間概念の長さから工学や農学の分野に比べると、災害関連以外の分野における地質学の貢献への社会の理解が弱かったように思われる。また、 フューチャーアースやIPCCといった国際プロジェクトは常に文理融合を基礎にして行われるようになっており、自然界を探る学術研究も社会科学との結びつきを意識しないと受け入れられない時代になってきた。今回、「人新世」という時間尺度が議論されるようになったのも、産業革命以後の約200年間に人類がもたらした森林破壊や気候変動の影響はあまりに大きく、人類社会が第四紀以降という地球史の括りでは足りないという学術的な認識が強くなってきたためである。地球温暖化の問題も、人類がかつてのシアノバクテリアのように大きく地球環境の改変を劇的に行っているという認識と、その改変が我々の生活を阻害するような環境への改悪を引き起こすという懸念からであろう。持続可能という言葉には、未来の人類のカタストロフィを起こしたくないという願いが込められている。われわれ地質学者も社会の要請や期待を強く意識し、それに対応できる学問体制を作らなければならない時代に来ている。そのためにも、「人新世」の問題にも関与する必要性は大きいのではないだろうか。また、近年、学術界は文理融合の方針が大きく打ち出されている。「人新世」は、 フューチャーアースと同様にわれわれ地質学が文理融合で議論できる課題であることも重要な点であると思われる。

文献：ドネラ H. メドウス, 1972, 成長の限界ローマクラブ「人類の危機」レポート, ダイヤモンド社

Keywords: Academic activity, Social contribution , Anthropocene, SDGs

Contribution of geology to the society: Perspective from hazard and disaster researches

*Kazuhisa Goto¹

1. The University of Tokyo

地球科学的には、災害は大気圏や海洋圏等で発生した自然現象が、人間圏の一部または全体に及ぼす影響と捉えることができる。そのため、明確に定義されているわけではないものの、災害研究の対象は本質的には人間圏の成立以降に限られる。

災害を議論する際に、英語ではハザード（hazard：災害を引き起こしうる自然現象を指し、その大きさを外力とも呼ぶ）とディザスター（disaster：ハザードが発生した結果として生じる被害（災害））を使い分けるが、日本語ではこのような明確な用語の区別はない。ハザードの理解は災害研究の根幹をなしており、過去の事象の理解が不可欠であるから、歴史学や考古学等とともに地質学が大きく貢献できる部分である。災害研究の主たる対象範囲が人間圏の成立以降だとしても、ハザードはそれ以前から地球史を通じて繰り返し発生しており、将来にわたって発生する可能性もあることから、地質時代にまで遡ってハザードの理解を深めることが重要である。一方でディザスターは、ハザードの規模だけではなく、それを受けける人間社会の脆弱性も考慮する必要がある。ハザード自体の発生は制御できなくても、対象となるハザードを適切に理解して対策を講じ、人間社会の側の脆弱性を低減させることができれば全体の被害を軽減できる。ここに、工学や社会学あるいは行政の役割がある。

ここで防災の考え方をもう少し深めたい。ハザードは、一般的には規模が大きいものほど発生頻度は低くなる。河田（2003）によれば、ある規模・頻度のハザードを計画外力として防災上は設定し、それに対しては被害抑止を目的とした様々な施策が講じられる。しかしながら、それを上回る規模のハザードの発生は低頻度ながら否定できず、これらに対しては防災教育等を行って被害軽減を図ることになる。ただし、それをも上回る巨大ハザードが発生する可能性も否定できず、河田（2003）はこれを“防災の限界”としている。このように、防災の観点からは小規模かつ高頻度のハザードの側に基点が定められ、段階を追って対応策が定められる。そして、ハザードに対し、いくつかの境界線を設定することで、防災が成り立っていることがわかる。さて、この考え方で問題となるのは、どの規模のハザードまでを想定し、対策の対象とするのかという点である。特に2011年東日本大震災以降、計画外力や防災の限界と考えていたハザード規模の設定を全体的に引き上げる動きがみられる。ただし、どのような種類と規模のハザードが、どの程度の確率で起きうるのかを高い精度で把握できているとは言いがたく、また“防災の限界”として扱うハザード規模についてもコンセンサスが得られているわけでもない。ここに、地質学が担うべき役割があると考えている。

地質学は、地球史の全体像を数億年や数千万年など様々に時間スケールを変化させて把握しつつ、特定の気候・環境変動やイベントに注目して、さらに時間・空間解像度を高めて事象をより詳しく理解しようとする。これは、高頻度から低頻度の順にハザードを評価する防災的思考とは逆の考え方とも言える。全球凍結や巨大隕石衝突等、一般には防災の対象としないような超巨大かつ低頻度のハザードを含む、地球上で起きうるあらゆる規模・頻度のハザードを認識できる可能性があることは、災害研究における地質学の強みであると言える。そのため、近い将来に現実的に起きうるハザードを含め規模・頻度ともに高精度で予測することで、防災対策にも大きく貢献できると考えられる。ただし、高精度の予測が十分に行えているとは言いがたく、さらなる知見の集積や技術開発が不可欠である。

引用

河田惠昭：防災学講座，第4巻，40（2003）

Keywords: Disaster, Boundary

Importance of water quality monitoring for usage of aquifer thermal storage systems in large cities -case studies in Osaka Plain

*Harue Masuda¹, Masaki Nakao¹, Yasuhiro Nakaso¹, Linri Cui², Shinji Mihara², Koichi Hashimoto³

1. Osaka Metropolitan University, 2. Mitsubishi Heavy Industries Thermal Systems, 3. Environment Bureau, Osaka City

地中熱は環境負荷の少ない再生可能熱エネルギーである。中でも、地下水を熱媒体として用い、大規模化が可能なATES（帯水層蓄熱: Aquifer Thermal Energy Storage）は、欧米で先行して普及している¹⁾。一方で、国内では、エネルギー対策への効果が大きいと期待される大都市の多くが、地盤沈下対策のために地下水利用が制限されている海岸平野に立地するため、普及が進まない。ATESでは、冬期に冷却された地下水を夏期の冷房に用い、加温・還水された地下水を冬期の暖房に用いるという循環型の使用（オープンループ）が一般的である。この循環を効率よく行うためには、1) 熱循環の観点からは、停滞的な地下水域であることが好ましく、2) 井戸管理の観点からは、目詰まり事故を誘発する流量や水質変化が起こらないことが好ましい。私たちは、これら2点を水質の観点から評価する方法を確立するために、大阪市と神戸市の沿岸部に設置された施設において、継続的に水質分析を行ってきた。本報告では、それらの結果に基づいて、ATES運用における水質監視の重要性を紹介したい。

大阪市（舞洲の公共施設）では、Dg-2（第2被圧帯水層）とDg-3（第3被圧帯水層）を貫き、パッカーで遮水した井戸（熱源井A・B）を用いてATESを設置した。ATESは2020年5月に冷房用として供用が開始された。10月から2ヶ月間の休止期間を置いて、12月23日に暖房を開始した。この時、Dg-3の地下水は熱源井Aで揚水し熱源井Bに還水、Dg-2の地下水を熱源井Bで揚水し熱源井Aに還水していたが、2021年2月9日に熱源井AのDg-2のストレーナー部分に目詰まりが発生した。事故前後で、酸化還元電位・溶存酸素・溶存鉄濃度のみに変化が見られたことから、大気が配管に流入することによって、井戸と配管内部が一時的に好気的環境となり、溶存鉄が酸化・沈殿したことが明らかであった。また、目詰まり事故発生の2週間前には沈殿が始まっていたと推定された。さらに、この事故に伴って、熱源井A内部でDg-2の地下水がDg-3へ流入し、本来は淡水であったDg-3の地下水に高濃度の塩水（海水の10分の1程度）が混入することとなった。事故後は井戸を使用しない状態で放置し、7月27日に採水・水質分析を行ったところ、井戸～配管で還元反応が進行し、目詰まり状況が改善されていた。そのことから、冷房運転を開始した。井戸内部での還元反応はその後も進行し、10月には鉄は溶解して沈殿は見られなくなった。以上のことから、井戸と配管を大気と遮断して放置しておくことで、自然的に還元状態が回復したことが明らかであった。特に、夏期の気温上昇に伴って配管内の生物活動が活発化することにより還元反応が促進されたと推定された。停滞的かつ還元的な状態で溶存鉄を多く含む水質の地下水を用いたATESでは、還元的環境を保つことが、井戸運用では必須である。また、水質の異なる複数の帯水層を貫く井戸を用いる場合には、地下水混合が起こらないように十分配慮しなければならない。

神戸市に設置されたATESでは、Dg-2の地下水を冷暖房に用いている。運用開始後3年以上経過するが、目詰まり事故は発生していない。しかし、地下水水質の季節変動が観測されており、春期に酸水酸化鉄の安定領域近くまで酸化還元電位が上昇する現象が観察される。この時、わずかではあるが、地下水中に懸濁物が観察される。塩化物イオン濃度の変動も伴うことから、帯水層内で異なる水質を持つ2種類の地下水が自然的要因によって混合割合を変えて井戸内に流入することを示している。このことは、帯水層に貯留した熱が自然的に失われる可能性があることを示唆している。水質分析結果から、熱エネルギーの損失が許容範囲を評価できる可能性がある。

地中熱利用において、地下水質は軽視されがちであるが、ATES施設の適正管理の一環として水質監視を運用開始前から行なうことが望ましい。ATES設置による環境影響評価に関する研究は少ない²⁾。しかし、遠隔地や近隣の異なる帯水層への環境影響評価の観点からも水質監視をすることが望まれる。

引用文献： 1) Fleuchaus, P., et al, 2018. Renewable and Sustainable Energy Reviews 94, 861–876; 2) Sommer, W.T., et al., 2014. Hydrogeol J 22, 263–279.

Keywords: Renewable energy, ATES (Aquifer Thermal Energy Storage), Redox reaction, stacking of well screen, effective utilization of groundwater

Marine biodiversity in the Anthropocene

*Moriaki YASUHARA¹

1. The University of Hong Kong

海洋における人新世の気候変動の影響は陸域における暴風雨や山火事のようにはっきりとは目に付かないかもしれない。しかし、海水の温度、酸性度、酸素含有量の少しの変化が海洋生物に大きな影響を与える。種によっては移動することによってこのような変化に対応するが、移動能力の低い生物は変化に適応するかさもなければ絶滅する。このような異なる気候変動への対応を無数の種がとることにより近い将来、例えば数世紀先、の生物群集・生物多様性の構造が決定される。しかし、断片的な歴史資料や長くとも20年程度に限られる生物学的なモニタリングからこのような過去、現在、未来の生物多様性・生物群集構造の趨勢や気候変動との関わりを理解することは非常に難しい。そこで、一つのアプローチとして、堆積物コア中の化石記録を過去の生態系を見、将来に備えるための「タイムマシン」として使うことが挙げられる (Yasuhara et al., 2020a; Yasuhara and Deutsch, 2022)。このような方向性の研究を生物学的な観測データ・研究と比較することにより、海洋の温暖化がドミノ効果的な種の高緯度方向への移動を引き起こしていることがわかってきた。つまり、海洋温暖化と溶存酸素量の低下により、熱帯域の種は過剰な高水温とそれに伴う低酸素環境を避け中緯度域に移動し、中緯度域の種はさらに高緯度に移動する、そして極域の種は逃げ場がなく絶滅するかもしれない (Yasuhara and Deutsch, 2022)。この結果、熱帯域の多様性は低下し、中緯度域にピークを持つ二峰性の多様性の緯度勾配が発達する (Yasuhara et al., 2020b)。極域の多様性は低緯度域からの種の流入によって高められるが、極域の固有種は高い絶滅リスクにさらされる。このような大規模な生物多様性・群集構造の再編成はすでに最終氷期以降の温暖化期、つまり、産業革命以前から始まっており、人新世の二酸化炭素排出により加速している。熱帯域の海水温は現在すでに海洋生物にとって高すぎるレベルにあり、熱帯域の種多様性の低下が生物学的な観測データからもすでに検出されている。近い将来のさらなる人為的温暖化は熱帯の生物多様性をかつて過去数百万年間無かったレベルまで低下させるかもしれない (Yasuhara et al., 2020b)。

参考文献

Yasuhara, M., Huang, H.-H.M.Ş, Hull, P., Rillo, M.C., Condamine, F.L., Tittensor, D.P., Kučera, M., Costello, M.J., Finnegan, S., O’ Dea, A., Hong, Y., Bonebrake, T.C., McKenzie, N.R., Doi, H., Wei, C.-L., Kubota, Y., Saupe, E.E., 2020a. Time machine biology: Cross-timescale integration of ecology, evolution, and oceanography. *Oceanography*: 33(2), 16–28.

Yasuhara, M., Wei, C.-L., Kucera, M., Costello, M.J., Tittensor, D.P., Kiessling, W., Bonebrake, T.C., Tabor, C.R., Feng, R., Baselga, A., Kretschmer, K., Kusumoto, B., Kubota, Y., 2020b. Past and future decline of tropical pelagic biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*: 117, 12891–12896.

Yasuhara, M., Deutsch, C. A., 2022. Paleobiology provides glimpses of future ocean: Fossil records from tropical oceans predict biodiversity loss in a warmer world. *Science*: 375 (6576), 25–26.

The future global environment contributed by geology: ocean acidification and foraminifera

*Azumi KUROYANAGI¹

1. Tohoku Univ.

人類活動起源による大気中の二酸化炭素濃度の増大により、海洋酸性化が急激に進行している。産業革命以降、pHは既に0.1以上低下しており、今世紀末までに海水pHは現在の8.05 (SWS)から8.0 (SSP1)～7.7 (SSP5)以下まで減少することが予想されている (IPCC, 2021)。この海水のpH低下により、炭酸カルシウムの飽和度が減少するため、海洋の炭素固定を担う石灰化生物にとって、多大な脅威となることが様々な研究結果より指摘されている(Kawahata et al., 2019)。さらに、温暖化による海水温上昇により、共生藻の光合成が阻害されるなど、その影響はさらに加速されることが予想される (Kroeker et al., 2013)。

地質学において有孔虫は、年代決定に用いられるとともに、炭酸塩の殻に生息当時の環境を記録するため、環境推定にも広く用いられている。現在の海洋において、浮遊性有孔虫は外洋炭酸塩生産の23-56%，海洋表層から海底への炭素フラックスの32-80%を担う(Schiebel, 2002)。そのため、有孔虫の炭酸塩殻生産量が環境によりどのように変化するのかを検証することは、将来の地球上の炭素循環や炭素収支を考える上で、重要である。

将来の海洋酸性化が有孔虫の炭酸塩殻形成に及ぼす影響を検証するため、サンゴ礁棲大型底生有孔虫を異なるpH環境下で10週間飼育した。飼育に用いたのは、無性生殖後の*Amphisorus kudakajimensis*の122個体で、アラゴナイトより溶解しやすいHigh-Mg calciteの殻を形成する。飼育の結果、検証された pH 7.7–8.3 (NBS scale) の範囲では、石灰化率は、pHの減少とともに低下する傾向を示した。よって産業革命以降、自然界では既に有孔虫石灰化量が減少していることを示唆している。一方で、pH 7.9 (pH 7.74, SWS)までの範囲であれば、現在の石灰化レベルを維持可能であるが、日常的にpH 7.7 (pH 7.54, SWS)付近まで下降した場合には、サンゴ礁域の大型底生有孔虫にとって大きな打撃を受けることになる可能性が大きい(Kuroyanagi et al., 2009)。炭酸塩殻への詳細な影響についてさらに検証するため、マイクロX線CTを用いて、1 μm以下の解像度で前述の有孔虫殻の体積を測定した。その結果、pHの減少に伴い、有孔虫殻の体積および密度の両方が減少していることが明らかになった。つまり、pHが 7.7 (NBS scale)まで減少した場合、体積と密度はそれぞれ35%および15%減少し、殻重量としては45%と半減することが明らかとなった(Kuroyanagi et al., 2021)。また前述の通り、海洋酸性化とともに海洋温暖化も重要な懸念事項となっている。将来の水温上昇への影響を検証するため、水温を変化させた飼育実験では、殻の体積は変化する一方で、密度は変化しないことが明らかとなった(Kinoshita et al., 2021)。飼育水温が、最適水温である25°Cから、29°Cへ上昇すると大型底生有孔虫*Sorites orbicularis*の殻重量は28%低下した。以上から、IPCCのSSP5では、海洋酸性化と温暖化により、世界の海洋の中で最も感受性の低いとされる熱帯域でも、今世紀末にはサンゴ礁有孔虫の炭酸塩生産量（現在の年間炭酸塩生産量; 4300万トン）に大きな影響を与えることが示唆される。これらの飼育実験結果に加え、地質時代のPETMのような、急激な海洋酸性化や温暖化の時期に起きた生物応答は、これからの地球環境予測の貴重な判断材料となる。地質学的データを基に、今後の地球環境変遷についての考察を深めていくことが期待される。

References

- Kawahata et al.(2019) *Prog Earth Planet Sci.* **6**, 5
- Kinoshita et al.(2021) *Mar. Micropaleontol.* **163**, 101960
- Kroeker et al. (2010) *Ecology Letters* **13**, 1419–1434
- Kuroyanagi. et al. (2009) *Mar. Micropaleontol.* **73**, 190–195
- Kuroyanagi et al. (2021) *Scientific Reports* **11**, 19988
- Schiebel (2002) *Global Biogeochemical Cycles* **16**, 1065

Keywords: ocean acidification, foraminifera, warming

3:00 PM - 3:15 PM (Mon. Sep 5, 2022 1:30 PM - 5:45 PM oral room 2)

[2oral213-27-7add] Break

“Boundary” studies in geology: Now and then

*Yukio Isozaki¹

1. University of Tokyo

地質学は、地球に産する多様な岩石や地層の記載と分類を基礎として発展してきた。特に岩石・地層・化石などの物質研究を通して、さまざまな地質単元が識別され、異なる単元の間の境界が注視されてきた。とくに、断層、不整合、あるいはマグマの貫入面などの明瞭な物質境界についてその形成過程が考察され、基本的な地質学的概念が導かれた。これらは「相接する花崗岩と礫岩との境界」という単純な記載以上に、各々の物質境界に新たな科学的意義を付加された古典的例である。さらに、より広い時空間の理解のためにさまざまな地質学的な抽象概念が認識されるようになり、地質年代の区分や古生物地理区の識別のために境界が想定され、また造山運動という長時間に及ぶ地質過程についても空間的な境界や変動時階の時間的な境界が議論されるようになった。このように地球表層に産する様々な物質単元とそれらに由来する抽象概念について、地質学者は200年以上研究し続けてきたわけだが、常に「境界」の認識とその意義付けに異常な注目を注いできたと言えなくもない。基本的に200年前から同じ場所にはほぼ同じ岩石・地層が分布するが、最近の半世紀には、ほぼ全ての岩石・地層がプレートテクトニクス的視点から記述、分類、そして説明されている。特に近年では目覚ましい技術革新の恩恵のもと、かつては観察不能だったミクロあるいはマクロの世界の詳細が詳らかになり、地質学者に認識できる時空間が大きく拡大した。「境界」認識における時間・空間分解能や記述精度の飛躍的な向上は目覚ましい。さらに、研究対象は地球以外にも及ぶようになり、月や隕石はもとより、火星や金星、さらに太陽系外の惑星もが地質学の研究対象とみなされるに至った。このような大変化が起きている現在においても、「境界」研究が地質学において重要であることに変わりはない。特に、肉眼で見え、また指し示せる具体的な「物質境界」のみならず、視覚では認識できない抽象概念においても「境界」の認識と定義が不可欠で、結局それらがこれまでの研究においても新たな探索の契機となってきたように思われる。地質学における境界認識・解釈は多くの研究者にとって、古くて新しい重要な問題であると言えるだろう。今回のシンポジウムでは、ご招待した多方面・多分野の俊英達によって最先端研究課題における「境界」問題についての話題が提供され、鋭い議論がなされることを期待する。演者自身が関わった「境界」研究の対象を整理してみると、層状チャート中のコノドント化石帯境界に始まり、異なる付加体間（地体構造）の境界、古海洋の遠洋深海でのredox境界、古海洋での炭素固定モードの境界、古地磁気の逆転パターンの境界、堆積盆地の後背地変遷の境界、大量絶滅原因の階層性、東アジアの地体区分などなど、多様な事象について固有の難問に悩み続けてきた記憶がよみがえる。それでも、難問山積みの「境界」問題にこそ地質学の醍醐味があると考えたい。

Keywords: geology, material boundary, abstract concept, cutting-edge research, perspective

A boundary study in making discrimination diagrams for detrital zircon

*Yusuke SAWAKI¹

1. The University of Tokyo

花崗岩は惑星地球を特徴づける岩石の一つであり、その成因を明らかにするために数多の研究が為されてきた。上部大陸地殻は概ね花崗岩質であるとされるが、大陸形成史の解明において碎屑性ジルコンが2000年代以降注目を集めている。砂岩中に含まれる碎屑性ジルコンの大半は花崗岩由来であり、その年代頻度分布から、過去には花崗岩形成時期にいくつかのピークがある事が明らかになってきた(Rino et al., 2008)。これに加えて、ジルコンを供給した母岩組成などに関する情報も得る事ができれば、大陸形成史の理解がさらに深まる期待できる。花崗岩を分類する方法は多々あるが、本研究では花崗岩をI-, S-, M-, A-型に分類する方法に着目し、各型に含まれるジルコンの化学組成を調べ、母岩の違いを反映する元素の特定を行い、ジルコンの母岩推定図の作成を試みている。この判別図を作成するにあたって、2度の境界問題に直面する。1度目は母岩をどのような基準に沿ってI-, S-, M-, A型に分けるかであり、2度目は得られたデータから判別図を作成する際、どこに境界を引くかである。最初に提案されたI-, S型は、オーストラリア・ラクラン褶曲帯に露出する花崗岩のうち、堆積岩の寄与が少ないものと多いものに対して使われたのがその始まりである(Chappell and White, 1974; White and Chappell, 1977)。その中では花崗岩の構成鉱物(Ca角閃石-白雲母)、Na濃度、Al濃度、Sr同位体比や捕獲岩等が分類時に重視され、これを多くの研究者が他の岩体にも適用した。その際、両型にまたがる性質を示す花崗岩も存在し、その都度分類指標の見直しが繰り返され(Chappell and White, 2001)、一般化されたような印象を受ける。1979年にM-, A型が追加された(Loisell & Wones, 1979; White, 1979)後も、各型の特徴は洗練されつつあるものの、一つの花崗岩が複数の型の性質を示してしまう問題は解消されていない。そのような状況下において、本研究ではアルカリ岩をA型に分類し、非アルカリ岩をSr同位体比に基づいてM-, I-, S型に分類した。その際重視したことは結晶分化による影響を受けにくい指標である。

上記分類に基づいてジルコンの化学組成を眺めた時、NbもしくはTaとCe濃度に基づいて、上記4型中のジルコンが上手くわかれ事が明らかになった。想定されるメカニズムは以下のとおりである。A型ではマグマ中のジルコン晶出が早いために、上記元素が他の鉱物に吸収される前にジルコンに分配されるために濃度が高くなる。反対にS型ではマグマ中のジルコン晶出が遅く、先に上記元素が他の副次鉱物に吸収されてしまうためにジルコン中濃度が低くなる。M-, I型中のジルコンはA型とS型の中間に位置する。M型とI型で若干のNb及びTa濃度に違いが見られ、それは母岩が取り込んだ堆積岩量を反映していると思われる。メカニズムが想定されつつも互いに領域が重複している部分も存在し、明確な境界線を引くことは難しい。現状は確立頻度分布を用いて統計学的に境界を引いているがその妥当性については再検討の余地が残る。

境界を定めるとき、数字で分けるのが簡便であって、分ける事自体には議論の余地はさほどなくなるが、数值そのものにそれほどの意味を込められない事が多い。一方であまりに意味を持たせた境界を用いると、その適用範囲に対して議論の余地が生じる。いつ何時も使える完璧な境界は存在しないため、その時々の目的に応じた使い分けが大事だと思われる。

[引用文献] Rino et al., (2008) *Gondwana Research*, **14**(1-2), 51-72. Chappell and White, (1974) *Pacif. Geol.*, **8**, 173-174. White and Chappell, (1977) *Tectonophysics*, **43**(1-2), 7-22. Chappell and White, (2001) *Australian journal of earth sciences*, **48**(4), 489-499. Loisell & Wones, (1979) *GSA Abstracts with Programs*, **11**, 468. White, (1979) *GSA Abstracts with Programs*, **11**, 539.

Keywords: Granite, Zircon, Trace elements

Boundaries in metamorphism, the scale conundrum

*Tatsuki Tsujimori¹

1. Tohoku University

「地質学は物質境界、時間境界、さらに抽象概念としての境界など多様な境界の認定とその意味を考察してきた学問分野である」———变成岩と变成帯、そして变成作用を取り扱う研究者の多くも、多様な物質境界と時間境界の解釈に明け暮れてきたのかもしれない。例えば、古典的な变成岩岩石学のアイソグラッドの概念は、变成帯に記録された見かけの温度構造の地理空間情報の視覚的な表現の1つである。高压变成帯ではアイソグラッドの情報を元に、スラブ深部の物質の熱構造が議論されてきた。また、变成岩の年代と構造の大きな不連続性は变成帯の境界を定義し、造山帯の発達機構と造山運動サイクルを解釈するための1つの重要な標識の役割を果たしてきた。地理空間のなかで明瞭な境界線を認定することではじめて、变成帯の研究がプレート収束域の様々な物理現象について地質学的制約条件を与えることに役に立ってきたといえる。ところが、变成作用に関するさまざまな境界は、時間と空間スケールの問題を無視することができない。今日、科学とテクノロジーの進歩によって、变成岩の記載がナノスケールまで迫れるようになり、化学組成のような高次元データも大きく変数が増えてきたものの、我々は未だに变成帯の空間的な連續性を定めることに苦労し、ある標本に含まれる变成鉱物の斑状変晶1つが成長に要した時間や速度を十分に制約できていない。本講演では变成作用に関する境界の歴史を振り返りつつ、スラブ-マントルウェッジ境界の地質学的な手法に基づく物質境界研究の話題を提供したい。

定常的な海洋プレート沈み込み帶において、前弧域マントルウェッジ深部はスラブとディカップリングしており、比較的低温の状態で蛇紋岩化したかんらん岩が滞留していると考えられている。しかし、蛇紋岩を直接年代測定できないため、前弧域マントルウェッジ深部がどの程度のタイムスケールで滞留できるのか分かっていない。前弧域マントルウェッジ深部で形成する特殊な高压变成岩としてひすい輝石岩が存在する。最近著者らの研究チームは前弧域マントルウェッジ深部で形成するひすい輝石岩を見直すことで前弧域マントルウェッジ深部の静的な状態のタイムスケールの束縛に取り組んでいる。例えば、西南日本では約2億年間、前弧域マントルウェッジ深部で蛇紋岩化したマントルかんらん岩と静的な状態を経験し、スラブ由来の高压变成岩が取り込まれて蛇紋岩メランジュを形成するタイミングで新しい交代作用を経験したことを見出した。現状で前弧域マントルウェッジ深部は高压变成帯の上昇のような非定常的な地質イベントが起こらない限り、静的な状態を2億年近く保てる可能性があると考えている。

Keywords: Metamorphic rocks and metamorphism, Scale conundrum, Slab-mantle wedge boundaries , Boundaries in metamorphism

Tipping point of water and carbon cycles in the Earth's interior

*Ikuo Katayama¹

1. Hiroshima University

地球史を通じて安定的な表層環境がこれまで維持されてきたのは、地球内部での水と炭素循環の動的な平衡が維持されてきたからである (e.g., Tajika and Matsui, 1992; Kasting and Holm, 1992)。とくに炭素循環は、ウォーカーフィードバックにより表層での気候の安定化に寄与し、40億年以上ものあいだ地球が水惑星として存在する大きな要因となったと考えられる。炭素は、火山による脱ガスにより地球内部から放出される一方、海洋プレートに取り込まれた堆積物の沈み込みによって地球内部へと運び込まれる。この地球内部での炭素の放出と吸収の動的平衡が成立すること、そして地球史を通じた太陽放射の変化に対応することで地球表層での安定的な環境が維持されてきた。しかし、物質循環の駆動力である地球内部の熱源は地球史を通じて減少し続けており、プレートテクトニクスの抑制や停止によって未来の地球ではこの動的平衡が破綻する可能性が高い。現在の地球においても、温度低下によりプレートの脆性領域が広がるなど、動的平衡が破綻する兆候が見え始めていると考えられる。近年の地球物理観測では、海溝付近のプレートが折れ曲がるアウターライズ領域において、引張場での断層形成により海水がマントルまで浸透している証拠が数多く報告されている (e.g., Grevemeyer et al. 2018)。マントルと炭素が高い親和性をもつことから、そのような断層沿いでは炭酸マグネシウムの形成など海水中の炭素がマントルへ固定化されると予想される。その場合、従来想定されていた以上の多量の炭素が地球内部へと取り去られることで、現在の地球においてもすでに炭素循環の動的平衡が破綻しているのかもしれない。これまで地球システムとしての物質循環と自己調整機構によって安定的な表層環境が維持されてきたが、現在は大きな転換期を迎えており、不可逆で不安定な状態に移行していると考えられる。本講演では、最新の地球物理観測や実験データに基づいてこの仮説を検証するとともに、地球システムでの水と炭素の動的平衡が破綻する場合にどのような地球環境変動が待ち受けているかについて議論したい。

Grevemeyer, I., Ranero, C., and Ivandic, M. (2018) Structure of oceanic crust and serpentinization at subduction trenches. *Geosphere* 14, 395–418.

Kasting, J. and Holm, N. (1992) What determines the volume of the oceans? *Earth Planet. Sci. Lett.* 109, 507–515.

Tajika, E. and Matsui, T. (1992) Evolution of terrestrial proto-CO₂ atmosphere coupled with thermal history of the earth. *Earth Planet. Sci. Lett.* 113, 251–266.

Keywords: Earth's interior, Water cycle, Carbon cycle, Dynamic equilibrium, Environment

Fluid-rock boundaries: Dynamic petrology coupled with reaction and fracturing

*Masaoki Uno¹

1. Tohoku University

岩石と水の境界は、地震発生やマグマ生成など地球内部の動的な現象の現場である。従来、変成岩や深成岩などの完晶質の岩石は静的な場で、百万年スケールで温度と圧力に応じて静々と反応するというイメージが主流であった。しかしながら近年、岩石と水の境界である反応帯や鉱物脈では、数百年から数年、さらには数時間程度のかなり短時間の破壊や流体移動、反応輸送現象を読み解くことが出来るようになってきた(e.g., John et al., 2013; Beinlich et al., 2020 Nature Geoscience).

例えば、地殻深部で形成された高温変成岩中の鉱物脈は10時間程度の短時間の流体活動を記録しており、火山下の深部低周波地震や群発地震など現在進行中の地球物理現象と比較できるようになってきた(Mindaleva, Uno et al., 2020 Lithos). また、かんらん岩とH₂OやCO₂との反応は、体積膨張を伴うため、破壊や変形を引き起こす。最新の室内実験では、かんらん岩と水の反応組織（メッシュ組織）は、反応によって岩石が破壊して、水の流れや反応が加速された結果、形成された組織であることがわかつってきた(Uno et al., 2022 PNAS).

また、地質学において岩石と水の反応は、多くの場合、反応後の物質しか手に入らず、反応前の物質は分からず、そのため反応プロセスが分からず、ということがよくある。近年の地球化学と機械学習の発展によって、反応前の物質（=原岩）の化学組成を、反応後の岩石の化学組成から復元出来るようになってきた(Matsuno, Uno et al., 2022 Sci. Rep.).

鉱物脈をみてあなたは何年でできたと思うだろうか？蛇紋岩のメッシュ組織からどんな反応プロセスを想像するだろうか？変質した玄武岩からもとの岩石を想像できるだろうか？時間と空間の限界に挑戦する、岩石一水反応の動的な描像をお伝えしたい。

【引用文献】

- John et al. (2012) Nature Geoscience, 5, 489–492.
Beinlich et al. (2020) Nature Geoscience, 13, 307–311. Mindaleva, Uno et al. (2020) Lithos, 372–373, 105521.
Uno et al. (2022) Proceedings of the National Academy of Sciences, 119 (3) e2110776118.
Matsuno, Uno et al. (2022) Scientific Reports, 12 (1) 1385.

Keywords: fluid-rock reactions, duration of fluid activities, crustal fracturing, permeability, geochemical machine-learning

Energy aspect of the oxidation of ocean-atmosphere

*Masafumi Saitoh¹

1. The University of Tokyo

好気性細菌や後生動物が行う好気呼吸に不可欠な分子酸素は、シアノバクテリアやこれに由来する葉緑体が行う酸素発生型光合成によって生成し、地球史における地球と生命の共進化の象徴として理解されてきた（Lyons et al., 2014など）。大気海洋の酸化史については数多の先行研究の集積があり、この中で重要な役割を担ってきた酸素発生型光合成はシアノバクテリアの誕生とともに開始されたと考えられている。この開始時期の推定には幅があるが、地質記録からは約30-27億年前と考えられている（Planavsky et al., 2014など）。光合成の本質は、標準状態にて安定な二酸化炭素と水からより不安定な有機物と分子酸素の対をつくることによって、太陽エネルギーの一部を化学エネルギーとして保存することである。好気呼吸では、有機物と分子酸素の間の酸化還元反応を行うことによってこのエネルギーを解放し、その一部を使ってATPを合成する。化石燃料の燃焼も同様で、解放されたエネルギーの一部を車や蒸気機関車の運動エネルギーや電気的なエネルギーに変換している。このようにして解放されたエネルギーは、地球表層のエネルギー循環に取り込まれ、最終的には赤外線として宇宙空間へ放射される。

エネルギーという観点からみると、大気海洋の酸化史とは、光合成によって地球史を通じて保存してきた太陽エネルギーの「一つの側面」と理解される。現在の大気には20.95%の分子酸素が含まれるが、これはすなわち、地球史を通じて（少なくとも）これに相当する量の有機物が埋没し、そしてこれに相当する量の太陽エネルギーが地球に保存してきたということに他ならない。しかしこれまでに、具体的にどれほどの量の太陽エネルギーが光合成を介して地球に保存してきたかを定量的に見積もった例は多くない。

そこで本発表ではこちらを試みる。すなわち、現在の地球の大気海洋に存在する分子酸素に相当する量として、どれほどの太陽エネルギーがこれまでに光合成を介して保存してきたかを近似的に見積もる。このために二つの量を算出する。1つ目は、光合成を介して単位モルあたりの反応で保存される化学エネルギーの量である。こちらは光合成で生成される有機物をグルコースと仮定し、この燃焼熱に基づいて近似的に算出する。2つ目は、現在の大気海洋に存在する分子酸素の総量である。大気海洋（およびオゾン層）に存在する分子酸素（相当）量からは、大気が分子酸素の主要なリザーバーであることが分かるが、この大気海洋間の偏った分子酸素の分配はヘンリーの法則によって部分的に理解される。以上に基づいて、現在の地球の大気海洋に存在する分子酸素に相当する量として、これまでに光合成を介して保存してきたエネルギーの総量を見積もる。この見積もりはいくつかの仮定を含む近似的なものであるが、この量の大まかな感覚をつかむために、現在の地球表層における太陽エネルギーの年間の収支との比較を行う。

また大気海洋に存在する分子酸素の総量からは、これに相当する形で地球史を通じて埋没してきた有機炭素の総量も見積もられる。こちらと、現存する化石燃料の確認埋蔵量や（Friedlingstein et al., 2022など）、岩石圈に存在するケロジェンの総量の推定値などの比較から（Falkowski et al., 2000など）、有機物の埋没の歴史について考察する。本発表は、大気海洋の酸化史という古くから注目してきたトピックについて、最新の話題を提供するものではないが、そのエネルギーという側面に光を当てようとする試みである。

引用文献

- Lyons et al. (2014) Nature, 506, 307-315.
Planavsky et al. (2014) Nature Geosci., 7, 283-286.
Friedlingstein et al. (2022) Earth Syst. Sci. Data, 14, 1917-2005.
Falkowski et al. (2000) Science, 290, 291-296.

Keywords: the ocean-atmosphere system, redox history, oxygenic photosynthesis, energy

Temporal variations in extraterrestrial ${}^3\text{He}$ flux across the Permian/Triassic boundary: Toward a cross-disciplinary approach in earth and planetary sciences

*Tetsuji Onoue¹, Naoto Takahata², Katsuhito Soda³, Yuji Sano³, Yukio Isozaki²

1. Kyushu Univ., 2. Univ. Tokyo, 3. Kochi Univ.

日本の付加体中に含まれる中古生代の層状チャートは、陸源碎屑物の到達しないパンサラサ海遠洋域で長期間堆積した記録を持つ。一般に層状チャートは、以下の6つの起源物質を構成要素とする混合物とみなすことができる。すなわち、(1) 放散虫などの生物起源物質、(2) 大陸起源物質、(3) 火山性物質、(4) 海水から無機的に沈殿した鉄-マンガン酸化物、(5) 熱水起源物質、(6) 宇宙塵などの地球外物質である。従来の研究では、化学組成分析や微化石年代をもとに上記(1)～(5)の構成要素の寄与率や期間を求ることで、高い時間解像度での古海洋環境の復元が行われてきた。一方、上記(6)については、白金族元素濃度とオスミウム同位体分析による研究や、ヘリウム(He)同位体分析[1]による地球外物質流入に関する研究が近年始まっている。このうち、He同位体(${}^3\text{He}$, ${}^4\text{He}$)分析については、層状チャート堆積期間(ペルム紀～ジュラ紀)の地球外物質流入量の変動を連続的に復元することが可能であり、これらの物質流入が地球環境に与えた影響や、太陽系の物質進化史を解読するといった新しい研究展開も期待できる。本発表では、このHe同位体分析について、美濃帯のペルム系～下部三畳系層状チャートを対象とした最近の研究結果を中心に紹介する。

研究対象は、美濃山地西部舟伏山地域の美濃帯ペルム系上部グアダルピアン(キャピタニアン)～下部三畳系層状チャートである[1, 2]。He同位体分析は、(1) バルク分析、(2) バルク試料の段階加熱分析、(3) 酸処理試料を用いた段階加熱分析を行なった。

検討の結果、バルク分析で得られた ${}^3\text{He}$ 濃度は、ペルム紀キャピタニアンからチャンシンジアンにかけて増加する傾向がみられた。またペルム紀/三畳紀境界より上位層では、 ${}^3\text{He}$ 濃度は急激に低下した。He同位体比(${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ 比)は、0.3～0.8 Raの値をとり、全体としては検討セクションの下部から上部に向かって緩やかに低下する傾向がみられた。試料の段階加熱分析では、750-950°Cの抽出温度で最も高い ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ 比が得られた。さらにHF-HCl酸処理したものを段階加熱した結果、750-950°Cの抽出温度で、地球外物質に特徴的な100Raを超える ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ 比も検出された[1]。

本研究の結果、試料中の ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ 比が地殻岩石中のHeの生成比(0.02 Ra)より高い値を示すこと、また地球外 ${}^3\text{He}$ のホスト鉱物の分解温度である750-950°Cの抽出温度において、高い ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ 比を示すことから、検討した試料に含まれる ${}^3\text{He}$ は、主に地球外起源であることが示された。 ${}^3\text{He}$ 濃度および ${}^3\text{He}/{}^4\text{He}$ 比から地球外由来の ${}^3\text{He}$ 濃度の変動を見積もると、キャピタニアンからチャンシンジアンにかけて増加傾向にあることが明らかになった。この地球外 ${}^3\text{He}$ 濃度の増加については、地球への宇宙塵流入量増加のほかにも、堆積速度の低下によっても説明できるため、今後は美濃帯のペルム系層状チャートを通じた堆積速度との比較検討が必要である。一方、堆積速度が求められているチャンシンジアンの層状チャート[1]について地球外 ${}^3\text{He}$ フラックスを計算すると、ペルム紀末の約50万年間は、フラックスが前の時代に比べて約4倍増加したことが明らかになった。地球外物質流入量の増加期間には、ペルム紀放散虫化石種の絶滅が知られていることから、今後は地球外物質の大規模な流入が地球環境に与えた影響について、詳しく検討を進める必要がある。

引用文献 [1] Onoue, T. et al. 2019. PEPS, 6, 18; 高畠ほか, 2019. 地学雑誌, 128, 667-679. [2] Onoue, T. et al. 2021. *Front. Earth Sci.*, 8, 685.

Keywords: Permian, Triassic, He isotope, bedded chert, Interplanetary dust particle

Current Status of Geologic Age Boundary Determination in the Pleistocene

*Makoto Okada¹

1. Ibaraki University

GSSPは、陸上地質においてグローバルな地層の対比を行うための基準となることから、示準化石（多くは海洋プランクトン化石）を豊富に含む必要がある。すなわち、陸上で見られる海成層であることが条件だ。そこではグローバルな変動を捉えている必要があるので、地磁気の極性や海洋酸素同位体比もしくはそれに類似するグローバルな変動記録を保持することが必須となる。チバニアンGSSPの批准で話題となった下部-中部更新統境界では、最後の地磁気逆転である松山-ブルン境界(MBB)が基底層位の目安とされた。そして実際のGSSPは千葉セクションにおいてほぼ唯一の視認可能な層である白尾火山灰層(Byk-E)の下面に設置された(Suganuma et al., 2021)。Byk-E層は質の高い古地磁気記録で示されるMBB層位より約1.1m下位に挟在しており、基底層位の目安であるMBBとの関係性も明確である。海洋微化石記録および詳細な酸素同位体変動記録も得られており、グローバル対比の基準としての責を十分に果たしうる。さらにByk-E層の堆積年代は、放射年代測定および酸素同位体変動記録を用いた天文年代較正という2つの独立した手法から求められており、信頼性の高い境界年代も提供した。

一方、第四系（更新統）の基底層位は、その目安がガウス-松山地磁気逆転境界(GMB)とされており、シチリア島モンテ・サン・ニコラセクションのジェラシアンGSSPによって定義されている(Rio et al., 1998)。実際のGSSPは、ニコラ層と呼ばれる腐泥層と直上を覆うマール層との境界面に設置された。地中海周辺域では、北半球高緯度夏の日射量が最大となるタイミングでモンスーン強度が上昇し、降水量が増えることで地中海の密度成層が強化され海底に腐泥層が堆積したとされている。このため、露頭面で観察される腐泥層を数えるだけで歳差運動周期のカウントが可能になる上、ある程度の同時性も保証される。このため腐泥層は地中海周辺域において噴火周期が決まっている広域テフラ層の役割を担ってきた。ところが、モンテ・サン・ニコラセクションでは古地磁気記録の報告が少なく、ニコラ層とGMBとの関係性も層厚にして数mの範囲の誤差を含むなど明瞭ではない。さらに浮遊性有孔虫の産出はあるものの、酸素同位体記録が未だに得られていない。現状では他地域で得られた酸素同位体記録と腐泥層との関係を用いて、ニコラ層はMIS（海洋同位体ステージ）104に、直上のマール層はMIS103に対比されている状態であり、第四紀開始年代も含めジェラシアンGSSPによる定義は、極めて間接的な情報をもとにされたといえる。この他、更新統にはかつて更新統の基底を定義したカラブリアンGSSPがある。GSSPは南イタリア・ヴリカセクションの腐泥層である“e”層上面に設置され、現地で得られた酸素同位体記録よりMIS63/64境界に対比されている(Cita et al., 2012)。しかしGSSP層位の8m上位で見られるオルドバイ正磁極亜帯上限境界の古地磁気記録は、続成作用の影響を大きく受け境界位置の特定が困難とされる(Roberts et al., 2010)。

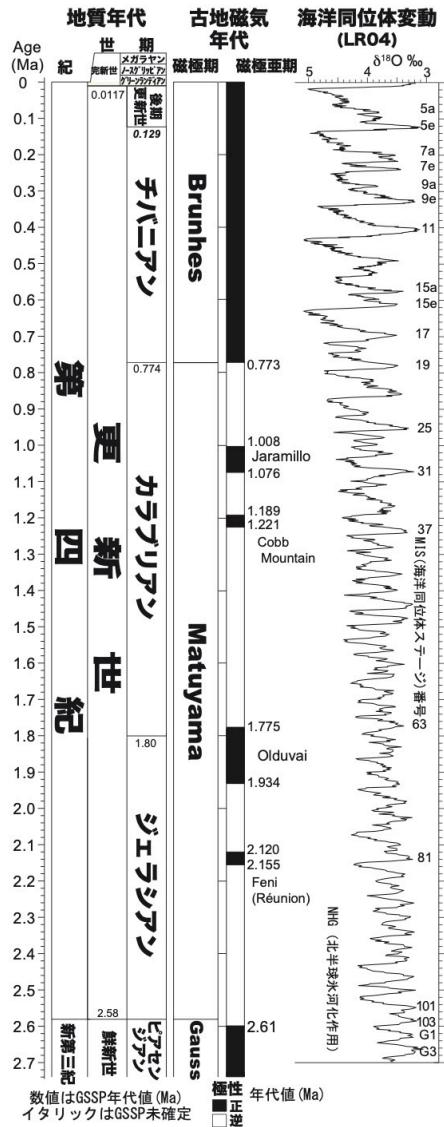
上記で述べたように地中海周辺域における腐泥層序は地域内対比を行う上で大変有用である一方、古地磁気記録や酸素同位体記録などといったグローバル層序対比に必須な情報が欠如しがちである問題を抱えている。さらに腐泥層堆積のタイミングを日射量ピークと合致させるという年代較正手法についても、その仮定が少しでも崩れると、同様の手法で年代決定された新第三系における多くのGSSPの年代値が影響を受けることになる。こうした問題を回避し地質年代の信頼性を向上させる上で、微化石・古地磁気・酸素同位体など各種のグローバル層序対比に必要な記録を保持した地層の解析が極めて有用といえる。チバニアンGSSPを擁する上総層群を始め、房総半島にはこれらの記録を保持した鮮新統～更新統の地層群が広く分布しており、地質年代研究への貢献が期待される。

参考文献：

- Cita et al. 2012, Episodes 35, 388-397
- Roberts et al. 2010, EPSL 292, 98-111
- Suganuma et al. 2021, Episodes 44, 317-347

Rio et al. 1998, Episodes 21, 82-87

Keywords: Quaternary, Pleistocene, GSSP, Chibanian, Gelasian



第四紀における地質年代図(Gradstein et al., 2020より)

The Anthropocene and river deltas

*Yoshiki SAITO¹

1. Shimane University

国際科学会議 (International Council for Scientific Union: ICSU) が1987年から実施してきた地球圏・生物圏国際協同研究 (International Geosphere-Biosphere Programme: IGBP) は、10年が経過した1998年から2003年に、第1期の総括と第2期に向けたコアプロジェクトの再構築を行った。2000年に行われたメキシコでの会議で、副議長のクルツェン(Paul Jozef Crutzen)は、人間活動は地球や大気に大きな影響を与えており、もはや過去11700年間の完新世ではないことから、突発的にAnthropoceneと発した。18世紀後半以降を人類の時代を意味するAnthropoceneとした(Crutzen and Stoermer, 2000)が、以下に述べる作業部会では1950年頃を完新世と人新世の境界として作業が行われている。

地質年代や地層や時代の名称である地質系統は、国際地質科学連合 (IUGS)において定められている。人新世については、国際地質科学連合の国際層序委員会 (International Committee on Stratigraphy) の第四紀層序小委員会 (Subcommittee on Quaternary Stratigraphy)において、人新世作業部会 (Anthropocene Working Group) が2009年に設置され、提案に向けた検討が行われている。IGBPの提案以降、人新世は広く用いられるようになり、地質学的な検討が必要であることからロンドン地質学会が中心となり、作業部会の設立に至っている。人新世作業部会では、人新世は、地質系統のランクでは、世・統が望ましいこと、完新世と人新世の境界は、大加速 (Great acceleration) が始まる時期であり、また地球規模で同期した識別が可能である放射性核種がマーカーとして認められる1950年頃をターゲットに、GSSP (Global Boundary Stratotype Section and Point : 国際境界模式層断面とポイント) の提案に向けた準備が行われている。現在候補地からの提案の基礎となる資料の準備が行われており、2022年末までに人新世作業部会で投票が行われ、GSSPの候補地が選考される予定である。選ばれた候補地と副模式地は論文として取りまとめられ、第四紀層序小委員会で投票が行われる、6割以上の賛成が得られた場合に、上位の委員会に提案される。今回の提案は、完新世を2分し、人新世を設けることの提案と、GSSP候補地の提案の2つから構成される見込みである。

一方、人類と地球との関係を示した人新世という言葉は、人文社会科学、経済学、哲学など、様々な分野で用いられるようになった。地質学における人新世と最も異なる点は、地質学では地質時代の境界であることから人新世の始まりは世界で同じ時間である必要があること、地域による違いが無い基準が求められることである。人類の影響は地域によって異なり、どのような対象をみるかによっても異なる。それらが始まった年代に同期性はない。人新世が正式に地質時代として認められた場合には、用語の使い方が分野によって異なることを注意する必要がある。

人類が地球環境を大きく変化させ、地球環境は限界に達している (Planetary boundary) と認識され、持続的な地球環境との関係が求められ、SDGsのような行動計画が推進されている。沿岸環境においても1950年以降に急激な変化が世界で起こっている。世界で5億人以上が住み、食物の生産、商工業に大きな役割を担っているデルタは、IPCCの第4次評価報告書で最も脆弱な地域として示された。デルタの問題は、多くは陸域における様々な人間活動に起因するものだが、今後はこれらの変化に加えて地球規模の海面上昇などの影響が加わり、より広域にまた大規模な悪影響が懸念されている。特に脆弱な途上国における沿岸環境をいかにして保全し、持続的に利活用してゆくか、知識や取り組みの共有と国際的な連携が求められている。

Crutzen, P.J. and Stoermer, E.F., 2000. The "Anthropocene". Global Change Newsletter 41, 17-18.

Keywords: Anthropocene, river delta, coastal environment, human activity