

GSJ 地球をよく知り、地球と共生する

地質ニュース

2020

9

Vol.9 No.9



9月号

-
- 口絵 233 **カンボジア王国の世界遺産・アンコール遺跡** 鈴木 淳
-
- 238 **カンボジア王国アンコール遺跡の見学記**
鈴木 淳・太田雄貴・築瀬拓也・眞中卓也・川幡穂高
-
- 249 **地質のアウトリーチ活動についての回想** 利光誠一
-
- 252 **「測量はつらいよ」から「データアーカイブ構築」へ**
渡辺和明
-
- 255 **偏光観察台での薄片観察** 佐脇貴幸
-
- 263 **新人紹介** 下野貴也・吉原直志・中谷是崇・椎名高裕
-
- 265 **新刊紹介** 「見えない絶景
深海底巨大地形」

カンボジア王国の世界遺産・アンコール遺跡

鈴木 淳¹⁾

2016年2月、カンボジア王国の世界遺産アンコール遺跡群について、石材とその劣化に関する研究に長年に渡り携わっておられる早稲田大学内田悦生教授の案内で見学する機会を得た。遺跡の石材には、砂岩やラテライトが使用されている。美しいレリーフや石像、建築物の様子を紹介する。参考文献は、本号の鈴木ほか(p. 238-248)及びその文献を参照されたい。



第1図 アンコール・ワットのレリーフ写真。

- A) 寺院遺跡であるアンコール・ワットのの中回廊（第二回廊）のデヴァター像。デヴァターは、ヒンズー教の三主神の一つであるシヴァ神の数百に上る神妃と解される。寺院壁面の連子窓の間などに配置され、アンコール・ワットのほか、タ・プロム遺跡、プレア・カン遺跡には多数のデヴァターが刻まれている。アンコール・ワットのの中回廊のデヴァター像は、写真のように何人も連なって刻まれているものが多い。当時の宮廷に仕えていた女官や踊り子たちをモチーフにして彫られたとされている。
- B) アンコール・ワットの中央に位置する内回廊（第三回廊）の浅浮彫りのデヴァター像。直接風雨にさらされなかったためか保存状態がよい。特にその冠は細部まで美しい。
- C) 同じく内回廊の浅浮彫りのデヴァター像であるが、写真Bとは表情や衣装に違いが見られる。
- D) アンコール・ワット外回廊（第一回廊）の西面南側の壁面に描かれているインドの二大叙事詩の一つである「マハーバーラタ」の物語の最終場面、クルクセートラにおけるカウラヴァ軍とバーンダヴァ軍の18日間にわたる戦い。左からカウラヴァ軍が、右からバーンダヴァ軍が進軍しており、白兵戦が繰り広げられている。中央右側では、刀を振りかざしたカウラヴァ軍の兵士と、槍を構えたバーンダヴァ軍の兵士が戦う様子が描かれている。
- E) 同じく、「マハーバーラタ」の浅浮彫り画の一部。

1) 産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門



第1図 アンコール・ワットのレリーフ写真。(続き)

- F) 同じく、「マハーバーラタ」の浅浮彫り画の一部。馬車に乗り、弓を射るカウラヴァ軍の将兵の姿が描かれている。
- G) 同じく、「マハーバーラタ」の浅浮彫り画の一部。皆左側を向いていることから、彼らはバーンダヴァ軍と思われる。
- H) アンコール・ワットの中央に位置する内回廊（第三回廊）の壁面に施されたレリーフ修飾。
- I) アンコール・ワットの外回廊の東面南側に浅浮彫りとして描かれた「乳海攪拌図」。長さ48mに及ぶ大きなレリーフであるが、写真はその中央部から左側を望む。世界の中心軸であるマンダラ山に大蛇を巻き付けて、ヴィシュヌ神の指揮の下で、左側に並んだ神々と右側に並んだ阿修羅が大蛇を綱として乳海を攪拌するように引き合い、不老長寿の妙薬アムリタを生み出す様子などが描かれている。

(p.235 →)

第2図 アンコール・トムの遺跡のレリーフ写真。

- A) アンコール・トムの中心部に位置するバヨン寺院の外回廊のアプサラス像。アプサラスは、インド神話及びヒンズー教における水の精であり、一般に美しい女性の姿で描かれることが多く、天女とも解される。
- B) バヨン寺院の外回廊の柱に彫刻されたアプサラス神像。
- C) バヨン寺院の外回廊の石彫で、クメール王国に侵攻するチャンパ軍の軍船。蓮型の兜を載せていることからチャンパ軍の兵士と考えられる。
- D) バヨン寺院の外回廊の石彫で、トンレサップ湖の動物たち。ワニや鳥、亀、魚が多数描かれている。写真上部の船は、兵士の坊主頭と耳に長い孔を開けている特徴からクメール軍と考えられる。
- E) バヨン寺院の外回廊の石彫で、クメール王国の象部隊の行軍風景。
- F) バヨン寺院の外回廊の石彫で、トンレサップ湖でのクメール水軍。バヨン寺院の外回廊の石彫は上部が遠景で、手前に近景が配置されている。写真には3隻の軍船が描かれており、上から2つめの船には弓を持った兵士が乗り組んでいる。最下部の近景に描かれているのは、当時の人々の日常生活の風景である。



A



B



C



D



E



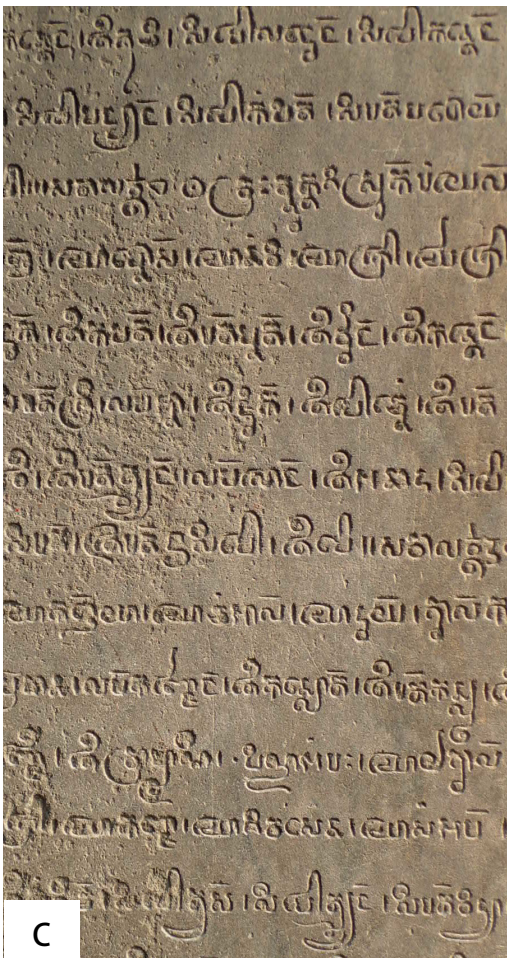
F



A



B



C



D

第3図 アンコール・ワット周辺遺跡のレリーフ写真。

- A) タ・プロム遺跡の柱に掘られたデヴァター像。タ・プロム遺跡は、アンコール・トム東側に位置し、1186年にジャヤヴァルマン7世によって、母の菩提を弔うために建てた寺院である。祠堂や回廊のいたるところで木々が遺跡を覆う様子が見られ、観光客の記念写真スポットとなっている。
- B) プリア・コー遺跡の祠堂の外壁に嵌め込まれたドヴァラパーラ像。プリア・コー遺跡は、1879年にインドラヴァルマン1世によって王の先祖たちの神像を祀るために建立された寺院である。基壇上に6基のレンガ造りの祠堂が配置されている。ドヴァラパーラは、寺院の門柱や祠堂の柱にはめ込まれて聖域を守っている門衛神であって、男性の姿の立像である。右手に槍のような武器を携えている。このドヴァラパーラ像は、青灰色の細粒砂岩に彫刻されているため、祠堂壁面の赤色のレンガとの色彩の対比が顕著。
- C) プリア・コー遺跡の祠堂の前面入口の壁面に彫刻されたクメール文字の碑文。クメール文字は、東南アジアの文字の中で最も古い文字であり、サンスクリットを表記するために用いられ、タイ語の原型にもなった。
- D) プリア・コー遺跡の祠堂の軒に彫刻されたカーラに乗るヴィシュヌ神。カーラは、インド神話に登場する架空の動物神で、食欲旺盛で自らの手足を食い尽くし、終には顔だけになってしまったという。写真では、カーラの口から花綱と怪魚マカラが吹き出している。



E



F



G

第3図 アンコール・ワット周辺遺跡のレリーフ写真。(続き)

- E) バコン遺跡の中央祠堂のデヴァター像。砂岩及び赤色砂岩を使用して彫刻されている。バコン遺跡は、アンコール遺跡の中でピラミッド型寺院として建てられた最初の寺院。
- F) クバル・スピアン遺跡に見られる溪流の河床や岩場に彫刻されたヒンズー神や神話の彫刻。聖牛ナンディに乗るシヴァ神とその妃ウマーが描かれている。河床には、多数のリング(生殖と子孫繁栄の「象徴」)が彫られている。クバル・スピアン遺跡は、アンコール・ワット遺跡から北東へ約 50 km のクレン山(ブノン・クレン)に位置し、シムリアップ川の源流にあたる。白亜紀に堆積した斜交層理が顕著な石英質砂岩及び、淘汰の悪い礫岩が分布する。なお、「クバル・スピアン」は川の源流の意。クレン山は、アンコール王朝発祥の地とされる。
- G) 同じくクバル・スピアン遺跡のアナンタの上に横たわるヴィシュヌ神の浮彫り。ヴィシュヌ神は、ヒンズー教の三主神の一つである。アナンタは、千の頭をもつとされる蛇神。世界の始まりにヴィシュヌ神を乗せて原初の海を漂っていたとされ、ヴィシュヌ神はアナンタの背の上で眠り、世界を創造したという。

SUZUKI Atsushi (2020) Angkor, UNESCO World Heritage Site of the Kingdom of Cambodia.

(受付: 2020年4月30日)

カンボジア王国アンコール遺跡の見学記

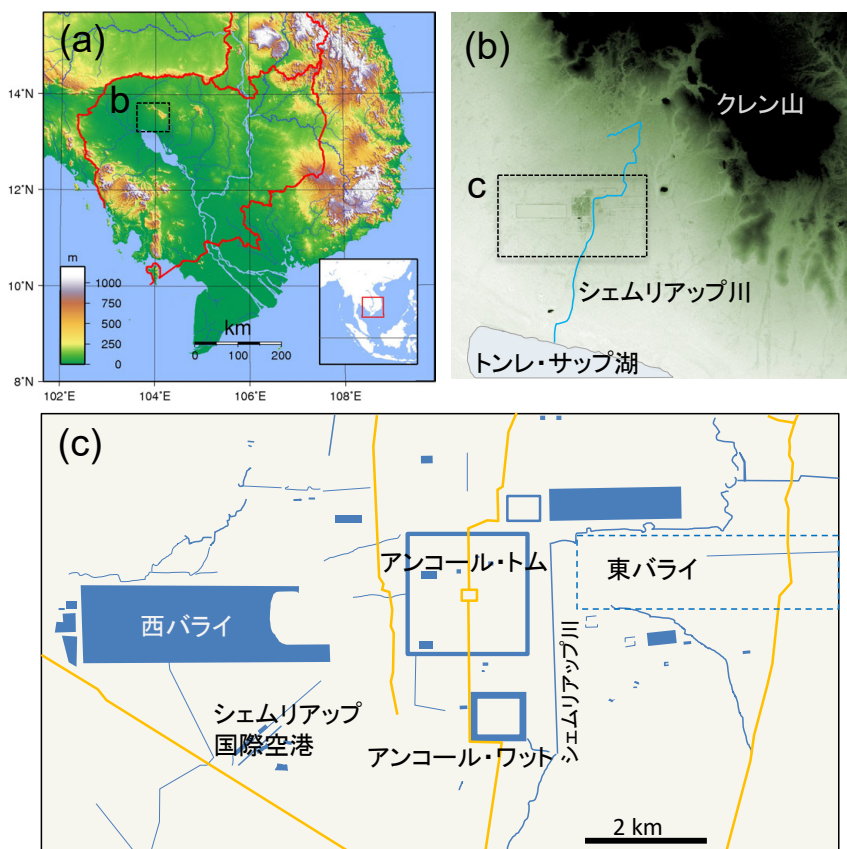
鈴木 淳¹⁾・太田 雄貴²⁾・築瀬 拓也³⁾・眞中 卓也^{4),3)}・川幡 穂高^{3),1)}

2016年2月、カンボジアの世界遺産であるアンコール遺跡について、石材に関する岩石学的研究に長年に渡り携わっておられる早稲田大学内田悦生教授の案内で見学する機会を得た。メコン川水系シムリアップ川流域のアンコール遺跡の概要を紹介しつつ、石材の産地や運搬、遺跡の劣化に関する知見など近年の話題を紹介したい。後半では、メコン川を含め東南アジア河川を対象にした著者ら炭素循環に関する調査研究についても概説する。

1. はじめに

アンコール遺跡は、1992年にUNESCOにカンボジア王国初の世界遺産として登録された(UNESCO World Heritage Centre, 2016)。トンレ・サップ湖の北にクメー

ル王朝の旧都がおよそ200 km²の広大な範囲に広がり、11～15世紀にかけて建造された石造建造物群は、その芸術性の高さから注目を集めている(第1図)。世界的に有名な寺院遺跡アンコール・ワットや城砦都市遺跡であるアンコール・トムの他、灌漑施設や街道の遺構を含めて、世界遺産が構成されている。アンコール遺跡は、世界遺産への登録と同時に「危機にさらされている世界遺産リスト」に登録されたが、UNESCOを初め多くの国の支援と、カンボジア政府がUNESCOの求めにより設立したアンコール地域遺跡保護管理機構(Authority for the Protection and Management of Angkor and the Region of Siem Reap APSARA, 通称: アプサラ機構)の活動により状況の改善が見られ、2004年にこの危機遺産リストから解除された。



第1図 カンボジアの地図(a, https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3c/Cambodia_Topography.png, 閲覧日: 2016年11月26日)。クレン山からトンレ・サップ湖に至る、アンコール遺跡の周辺図(b)。STRM3数値標高モデル(DEM) (Shuttle Radar Topographic Mission v2.1, <http://dds.cr.usgs.gov/srtm/>, 閲覧日: 2020年9月1日)より作成し、シムリアップ川とトンレ・サップ湖を加筆した。アンコール遺跡の中心部(c)。中央の環濠に囲まれた城塞都市遺跡がアンコール・トムで、その南側に、やはり環濠で囲まれたアンコール・ワット遺跡がある。アンコール・トムの東及び西側には、アンコール王朝の灌漑用貯水池(バライ)が見られる。

1) 産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門

2) 産総研 エネルギー・環境領域 環境創生研究部門 (元 地質調査総合センター 地質情報研究部門 リサーチアシスタント)

3) 東京大学 大気海洋研究所 海洋底科学部門 〒277-8564 千葉県柏市柏の葉5-1-5

4) 森林研究・整備機構 森林総合研究所 森林研究部門 〒305-8687 茨城県つくば市の里1

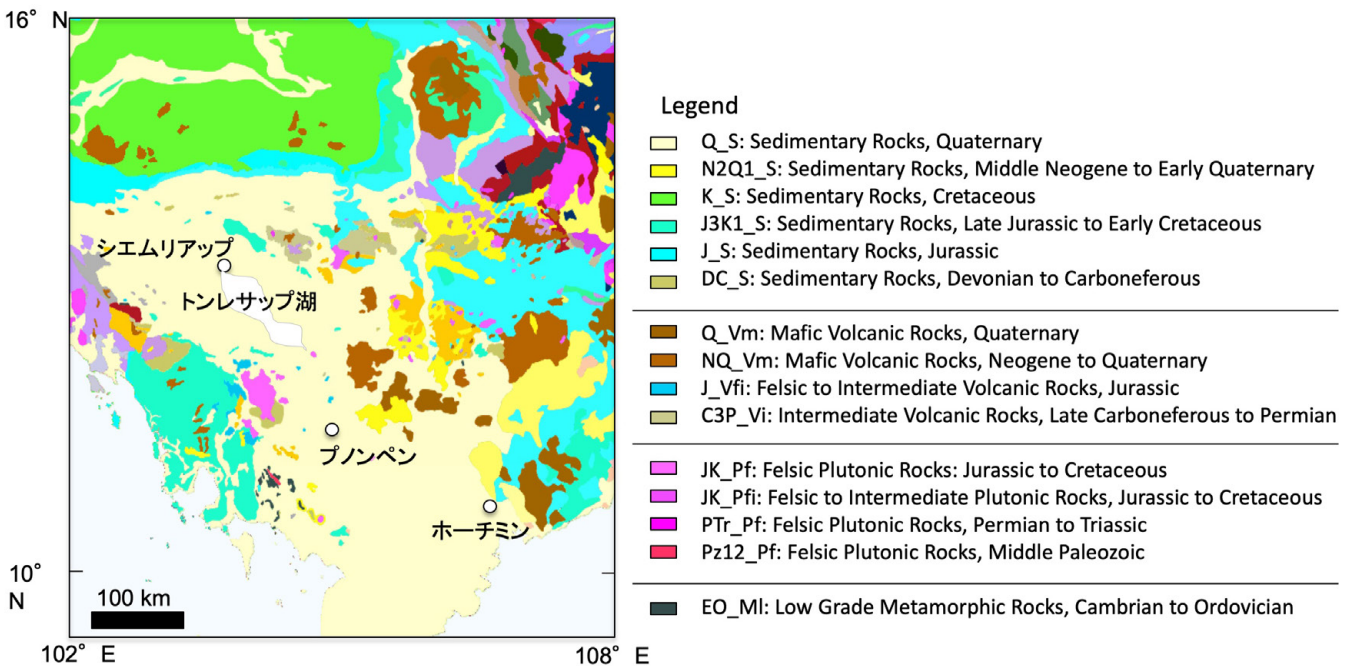
キーワード: アンコール遺跡, トンレ・サップ湖, メコン川

2. クメール王朝の成立と周辺の地勢

クメール王朝は、アンコール王朝とも呼ばれ、その成立と衰退には、メコン川水系シェムリアップ川流域における治水・利水問題が大きく関係していると指摘されている(Stone, 2009; ナショナルジオグラフィック日本版, 2009)。クレン山(Phnon Koulen, Phnon は丘の意)は、アンコール・ワット他の主要な遺跡が集中するシェムリアップの街から北東方向約 50 km の距離に位置する最高標高 487 m, 白亜紀の砂岩層からなる丘陵であり(第 2 図), シェムリアップ川の源流域にあたる(第 1 図 b)。西暦 802 年頃にジャヤーヴァルマン 2 世がこの地で即位したのがクメール王朝の創始とされている。アンコール・ワットは、12 世紀前半にスーリヤヴァルマン 2 世(在位: 1113-1150)によって、30 年程の年月をかけてヒンドゥー教寺院として建造された。その後、クメール王朝初の仏教徒の国王ジャヤーヴァルマン 7 世(在位: 1181-1218)が、環濠都市アンコール・トムを新たな首都として建造するとともに、アンコール・ワットの仏教寺院化を進めた(第 1 図 c)。ジャヤーヴァルマン 7 世の治世に最盛期を迎えたクメール王朝は、その後、タイに興ったアユタヤ朝に首都アンコール・トムを攻められて、1431 年に終焉を迎える。

アンコール・ワット他の主要な遺跡は、クレン山からその南西に位置するトンレ・サップ湖に至る緩やかな斜面上に分布している(第 1 図 b)。現在までの遺跡調査から、クレン山の水を河川や運河を利用してアンコール・ワットやアンコール・トムの環濠に導き(第 3 図), シェムリアップ川を介してトンレ・サップ湖に流していたことが判明している。アンコール・ワットでは、環濠の北東の角に現在もシェムリアップ川から流れ込む水路があり、内部を通過して、反対側の環濠の南西の角から流出している。著者が訪れたのは乾季であったため、流入・流出水路ともに干上がった状態であった。アンコール・ワットやアンコール・トムの東西には、バライと呼ばれる巨大なため池が構築されていた(第 1 図 c)。西バライは現在でも湛水して、農業用水として活用されている。

トンレ・サップ湖には、雨期にはメコン川から大量の河川水が流入し、メコン川下流域の洪水調整機能を有する自然の遊水池となっている(第 4 図)。湖の水上家屋は floating house と呼ばれており、ベトナム人が多く暮らしているという。湖は濁度がたいへん高く、光合成が十分に行われていない印象を受けた。先行研究はあまり多くないようである。トンレ・サップ湖が周辺の水系に与える生物地球化学的な効果及び炭素循環についての研究は興味深い。



第 2 図 カンボジア王国及び周辺の地質図。地質調査総合センター「地質図 Navi」からの転載。原本は東南アジア地質図(GSJ CCOP Combined Bedrock and Superficial Geology and Age)による(脇田ほか, 2004)。CCOP: the Coordinating Committee for Geoscience Programmes in East and Southeast Asia.



第3図 環濠都市の遺跡アンコール・トム。アンコール・トムは、1431年までクメール王朝の首都であり、幅約100mの環濠(a)で囲まれている。その堤防(b)は、ラテライトの石材が積まれている。アンコール・トムの中央部にはバイヨン遺跡が位置し、その四面像が有名である(c)。



第4図 乾季のトンレ・サップ湖。プノン・クロムの船着き場(a)からトンレ・サップ湖へはおよそ3kmほどの水路で繋がっている。トンレ・サップ湖には、多数の水上家屋が浮かんでいる(b)。

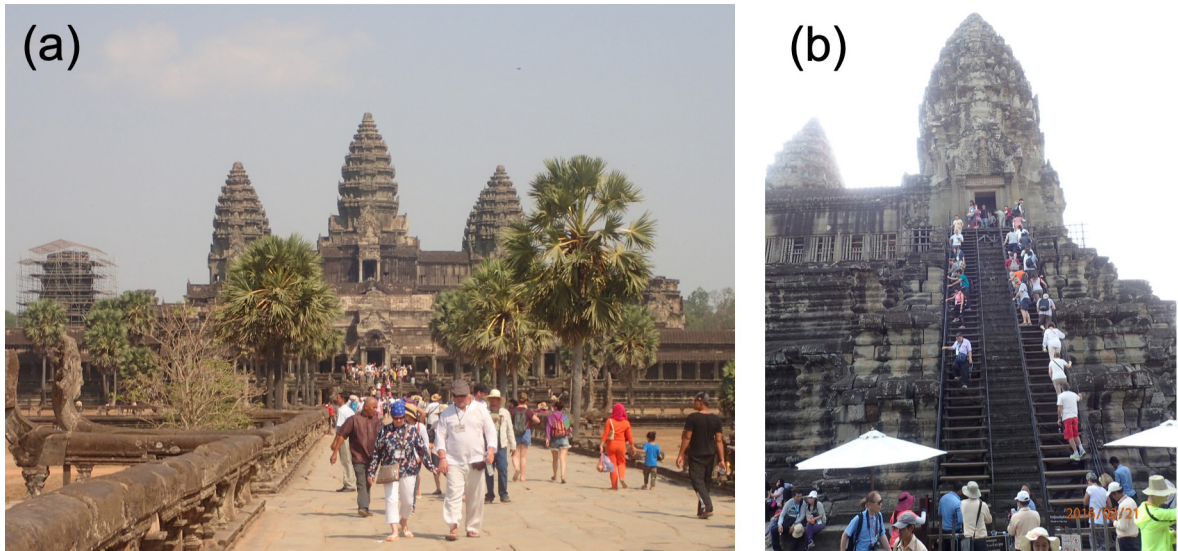
3. カンボジアの地質と世界遺産アンコール遺跡で使用された石材

アンコール遺跡群の建造物では、灰色～黄褐色の砂岩とラテライトのブロックが多用されているが、建築時期に応じて使用される石材に違いが見られる。砂岩は、アンコール地方に分布する白亜紀の砂岩層から採取されたものと考えられている(第2図)。

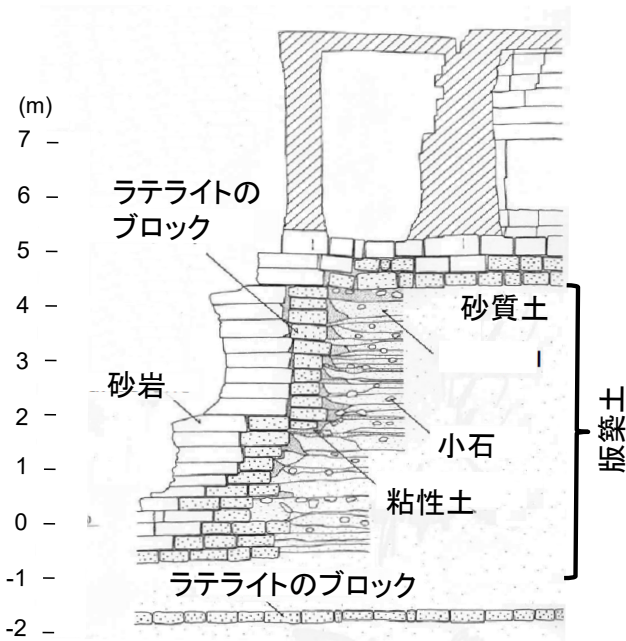
プリア・コー遺跡 初期の遺跡では、このプリア・コー遺跡に見られるように、祠堂や回廊の主たる構造物にレンガが使用されており、ドヴァラパーラやデヴァターなどが彫刻された灰色～黄褐色の砂岩の石材が嵌め込まれている(口絵第2図写真B)。レンガは、その後のアンコール遺跡の建造物ではあまり使用されなくなった。

アンコール・ワット遺跡 アンコール・ワットは、建築技術と意匠の素晴らしさからアンコール遺跡群の中でも傑作とされる建造物である(第5図)。アンコール・ワットは遠景では平坦な建造物にも思われるが、実際には内回廊(第三回廊)のある中央祠堂は、その基壇から約13mの高さがあり、見学者向けに木造の階段が増設されているが、たいへんな急勾配であって、上り下りは容易ではない(第5図b)。このように立体的な建造物は、全てが石材で建造されている訳ではなくて、盛り土をラテライトのブロックで固定し、さらにその外側に灰色～黄褐色の砂岩を配置する手法が取られている(第6図)。これは、姫路城に代表される日本の城郭と類似の造営スタイルである。

バイヨン遺跡 環濠に囲まれた城塞都市アンコール・トムの中央部に位置する(第3図)。仏教に帰依した国王ジャ



第5図 アンコール・ワット遺跡 (a) と中央祠堂 (b). 中央祠堂は、その基壇から約13 mの高さがあり、見学者向けに木造の階段が増設されている。



第6図 アンコール遺跡の積石構造物の基本構造. 岩崎ほか (2014) 及び Iwasaki *et al.* (2019) によるバイヨン寺院北経蔵の部分解体によるトレンチ断面の図を改編. 各部の名称は、岩崎 (2005) によった. 立体的な建造物は、全てが石材で建造されている訳ではなく、締め固められた盛土 (版築土) をラテライトのブロックで固定し、さらにその外側に灰色～黄褐色の装飾用の砂岩を配置する手法が取られている.

Copyright 2019 from "Authenticity of soils and foundation of Bayon temple in Angkor Thom and restoration of retaining structures in Angkor" by Y. Iwasaki *et al.*. Reproduced by permission of Taylor and Francis Group, LLC, a division of Informa plc.

ヤーヴァルマン7世が、アンコール・トムを新たな首都として建造するとともに、このバイヨンの造営を進めた。12世紀の末頃のことと考えられている。塔の4面に彫られている人面像は、バイヨンの四面像として有名である (第3図c)。その後、ヒンズー教の影響を受けて改築されている。

スピアン・コンボンクデイ遺跡 アンコール遺跡群としては、寺院が目されるが、当時の橋梁を見学する機会を得た。シェムリアップから東方に約65 kmには、スピアン・コンボンクデイ (スピアンは橋の意) というラテライト材で造られた橋があり、12世紀末から13世紀始めに建造されたとされ、900年を経た現在でも現地の人々は生活に活用している (第7図)。「擬似アーチ構造」と呼ばれるスタイルが用いられており、ヨーロッパの建造物で見られる「アーチ構造」とは異なっている点の特徴である (第7図c, d)。規模は小さいが、同じ時期に建造された10以上の橋梁が、シェムリアップからコンポントムに至る国道沿いに残されており、現在も生活道路として使用されているが、交通量の多い国道については、それらの橋梁を迂回する措置が進められている。

なお、ごく一部の遺跡に限られるが、玄武岩が石材として用いられているクメール王朝期の建造物がメコン川に近いコンボンチャム周辺に知られている。この付近には、第四紀の火成作用による玄武岩台地が分布し、これは今回の調査でも国道6号線の周辺で確認できた。

これらのアンコール寺院群を建造したクメール王朝は、



第7図 スピアン・コンボンクデイ遺跡 (a)。スピアンは現地語で橋を意味する。乾季のため河川の水はわずかである。現在も使用されているが、保護のために大型の車は通行していない。欄干にデザインされているナーガ(蛇神)は、アンコール遺跡群の至る所に見られ、水の神を守護する存在である (b)。スピアン・コンボンクデイ遺跡ほか、アンコール遺跡で見られる石積みは、擬似アーチ構造 (c) であって、アーチ構造 (d) とは異なっている。

周辺国との戦争を繰り返しつつ衰退し、1431年にタイのアユタヤ朝に攻められてアンコール・トムを放棄する。王統は継続してカンボジア王国と呼ばれるが、「カンボジアの暗黒時代」のはじまりであって、アンコール文化は衰退し、大規模な石造建築の技術も途絶したようである。例えば、日本の飛鳥時代や奈良時代に建造された法隆寺や東大寺の造営技術が、建築集団によって綿々と受け継がれてきているのとは大きな違いがある。シェムリアップからクレン山に至る道路沿いや、首都プノンペンに通じる国道6号線沿いに多数のレンガ工場が稼働していることから、現在は、安価な建築材料としてレンガが用いられている様子が伺えた。



第8図 アンコール・トム遺跡で、石材の層理面について説明する内田教授

4. 日本国政府アンコール遺跡救済チームによるアンコール遺跡研究

日本のアンコール遺跡への取り組みの歴史は、日本国政府アンコール遺跡救済チーム (JAPAN-APSARA Safeguarding Angkor, JASA) のホームページ (<http://angkor-ksa.org>, 閲覧日: 2020年9月1日) に詳しい。早稲田大学内田悦生教授らの研究グループでは、石材として使用されている砂岩の帯磁率の測定から寺院の建造時期を細分し、石切り場の位置の特定を進めている (第8図; Uchida *et al.*, 2003, 2007, 2013, 2014)。

Uchida and Shimoda (2013)によると、クレン山周辺の調査により、その南東山麓に約50カ所の採石場跡を発見し、さらに帯磁率と切り出された砂岩の厚さを基に、4つ

の碎石時期に分かれることが見出される。クレン山の麓の採石場から切り出された砂岩のブロックの輸送経路として、従来は採石場から南方の運河を利用してトンレ・サップ湖に運び、さらにシェムリアップ川を遡ってアンコール遺跡まで約90 kmの距離を運搬していた可能性が指摘されていた。しかし、その後、アンコール遺跡の東側に伸びる直線状の構造が人工衛星画像から見出され、現地調査によって運河跡の可能性が高いことが明らかになった。Uchida and Shimoda (2013)は、採石場からいくつかの運河や河川を経た後、この直線上の運河を通してアンコール遺跡まで35 kmの経路を運ばれていた可能性が最も高い



第9図 クレン山南東山麓の採石場からアンコール遺跡に至る石材の輸送経路。
 Reprinted from *Journal of Archaeological Science*, 40, E. Uchida and I. Shimoda, "Quarries and transportation routes of Angkor monument sandstone blocks", 1158-1164, Copyright (2013), with permission from Elsevier.

と報告し、この研究成果は *Science* 誌でも紹介されるなど、広く注目されている(第9図)。

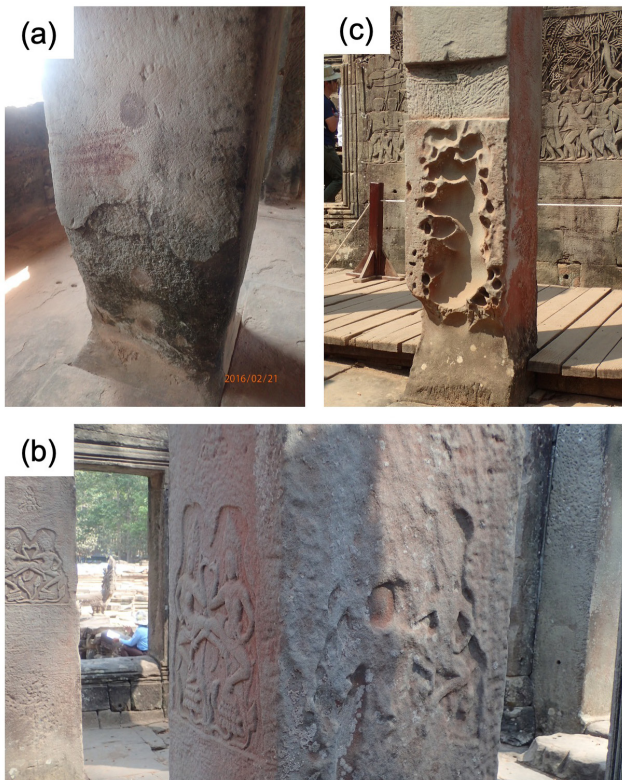
アンコール遺跡は15世紀に放棄された後、密林に埋もれ続けたため、荒廃の進行が随処に見られる。石材の化学的風化の他、コウモリの排泄物に起因する劣化、方解石析出に起因する塩類風化、タフォニ風化が顕著である(Uchida *et al.*, 1999; 内田, 2003, 2016)。今回の見学の際も、棲息するコウモリの排泄物の影響により柱下部が細くなっている様子や、レリーフの劣化現象などが観察できた(第10図)。タフォニ(tafone)は、風化作用によって岩石内部の物質が除去されて表面に生じる円形や楕円形の無数の穴を指す用語であるが、太陽光の影響が大きいと思われるものの、その原因は十分に解明されていないという。石材の劣化防止と保存に関する研究は、今後さらに重要性が増すものと思われる。

また、空中からのレーザー光による測距装置「ライダー」(LiDAR: Light Detection and Ranging)をヘリコプターに搭載した計測による国際共同研究では、アンコール・ワットやアンコール・トムを中心とする広い地域で古代都市の存在を明示する道路や水路網の痕跡が発見された(Evans *et al.*, 2013; 筑波大学, 2013)。遺跡群の大半が熱帯林に覆われていて、地上調査には限界があるため、この新しい手法は有効である。

5. 東南アジアの大河川を対象とした陸域の風化作用に関する研究

1431年にアンコール・トムを退いたクメール王朝最後の王ポニャー・ヤットは、メコン川岸のスレイ・サントー(現在のコンポンチャム州)を経て、プノンペンに移り、この地が現在もカンボジア王国の首都となっている。時代が下り、ヨーロッパ諸国との貿易が盛になるとメコン川は重要な役割を持つようになる。現在はベトナム領となっているメコン川デルタ域も当時はカンボジアの版図であり、プノンペンは海外交易にも便利な拠点であった。

カンボジアを訪れた著者らの研究目的は、このメコン川水系の水質調査である。科学研究費補助金基盤S課題「地球表層システムにおける海洋酸性化と生物大量絶滅」(課題代表: 川幡穂高)の一環として、ヒマラヤ山脈から流れ出し、南アジアや東南アジアに至る大河川の採水調査を実施した。二酸化炭素は酸性気体なので、人為起源の二酸化炭素の放出は、地球温暖化の他に海洋酸性化をもたらし、新たな環境問題として注目されている。これは、海洋でよく見られる炭酸殻をもつ生物群に損傷を与えると共に、5,500万年前の暁新世-始新世温暖化極大事件(Paleocene-Eocene Thermal Maximum, PETM)と同様に、深海底での大量絶滅を引き起こすと危惧される(Kawahata



第10図 アンコール遺跡で見られる石材劣化の状況。棲息するコウモリの排泄物の影響により柱下部が細くなっている様子 (a)。レリーフの劣化現象 (アンコール・トムのバイヨン遺跡) (b)。タフォニ (tafoni) 風化が進行した柱 (c)。(a) はアンコール・ワット遺跡, (b, c) はアンコール・トムのバイヨン遺跡の外回廊にて撮影。

et al., 2015)。本課題では、(1) 水環境の酸性化に伴う生物の応答を精密飼育実験で明らかにする、(2) 海洋酸性化の生物起源炭酸塩の微小領域への影響を解析する、(3) 「大量絶滅海洋酸性化説」を検証する、(4) 中和機能がある陸の風化過程を明らかにする、の4つのサブテーマを設けて研究を推進してきた。最終的に、地球表層システム(大気圏、水圏、生態圏、岩石圏)全体の中で、海洋酸性化の位置付けと pH を支配する地球システムと将来の生物圏への影響を明らかにすることが、本科研費課題の目標であった。今回のカンボジア調査では、当該科研費課題の研究目的の「(4) 中和機能がある陸の風化過程を明らかにする」に掛かる現地調査として、カンボジア王国に出張し、メコン川及びトレン・サップ湖周辺の水系を対象に調査を行った(第11, 12 図)。

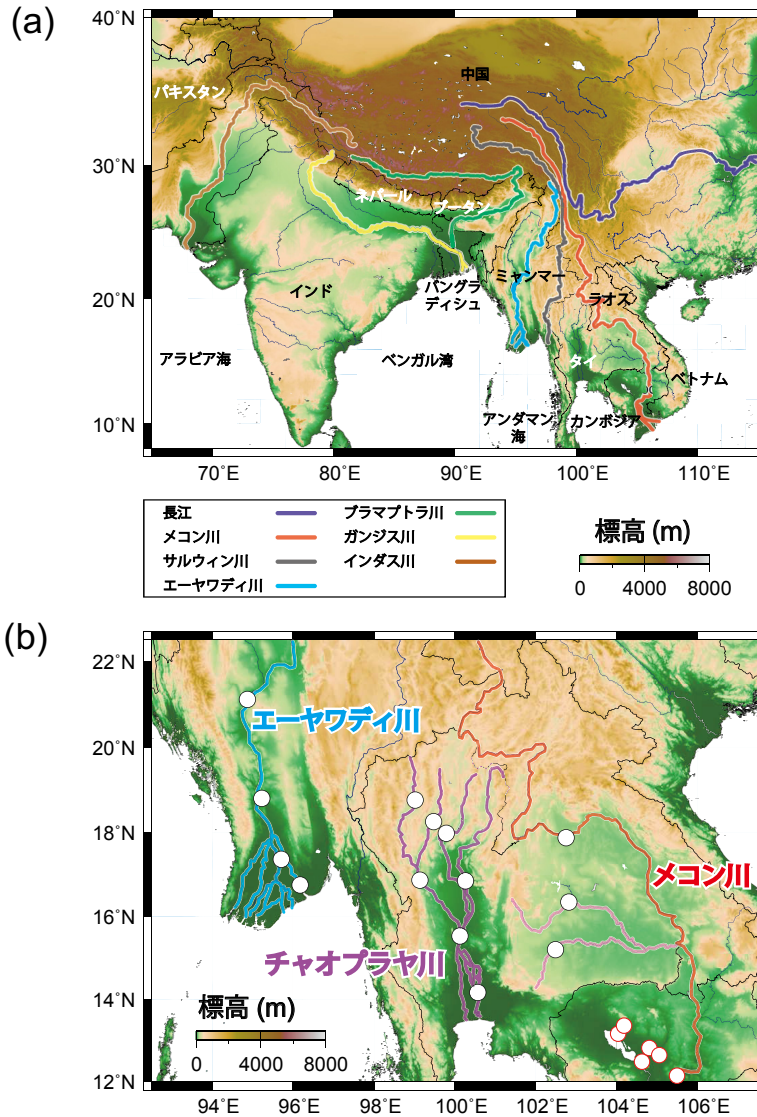
著者らは、この課題に掛る同様の現地調査を、バングラデシュ、ミャンマー及びタイにて実施してきた。バングラデシュは、ガンジス川、ブラマプトラ川、メグナ川という巨大な流域を有する大河川が合流する場所に位置する(第12, 13 図)。これらの河川は大量の碎屑物をベンガル湾という海洋にもたらしているが、海洋に流入するのは、碎屑



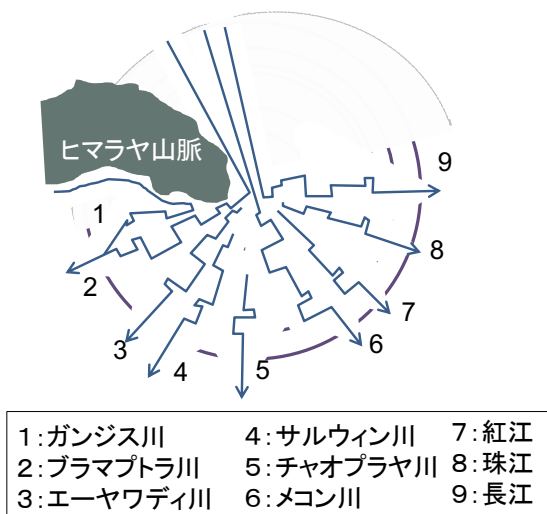
第11図 乾季のメコン川。カンボンチャム付近の右岸の自然堤防から上流方向を望む。

物だけではない。これらの河川から海洋にもたらされる炭素関連物質に注目した。大陸は風化の場であり、大量の二酸化炭素が大気から陸水に移行する場所と考えられているが、具体的な炭素フローについては不明な部分が多い。バングラデシュにおける河川の乾期雨期を含めた水質調査から、これらの河川の下流部では、土壌呼吸に起因する二酸化炭素分圧の上昇が顕著で、河川は大量の二酸化炭素を大気中に回帰させていることが明らかになった(Manaka *et al.*, 2015b)。

また、ミャンマーでは、エーヤワディ川(イラワジ川)を、タイ王国では、メコン川上流部及びチャオプラヤ川を対象に、河川水の採取調査を行ない、炭酸系諸量及び主要な溶存イオンの分析を実施して、流域のケイ酸塩鉱物の風化による二酸化炭素の吸収量の推定値を報告した($63\text{--}145 \times 10^9 \text{ mol y}^{-1}$; Manaka *et al.*, 2015a)。エーヤワディ川の水質についてはアクセスの難しさから研究例が乏しく、世界主要河川のとりまとめでは、世界の主要河川の中でも突出して大きな値が用いられていた(例えば、Gaillardet *et al.* (1999)では、エーヤワディ川について $832 \times 10^9 \text{ mol y}^{-1}$ とされ、これは全世界の約10%に相当する)。Manaka *et al.* (2015a)による新知見は、ヒマラヤ山脈全体での新生代を通じた二酸化炭素の吸収量の見積にも影響があり、今後見直しが進むことと思われる(第14 図)。今回のカンボジア調査では、一連の研究調査を発展させ、メコン川中流域を対象とした。メコン川の最下流部であるベトナムや、反対に上流部に位置するラオスやさらに遡っての中国での現地調査も重要である(Kajita *et al.*, 2020)。今後、さらなる現地調査を展開したいと考えている。



第 12 図 東南アジアの主要河川の流路 (a) とミャンマー、タイ、カンボジアのエーヤワディ川、チャオブラヤ川、メコン川の拡大図 (b)。パネル b には、前回までの採水調査地点を白丸で示す。

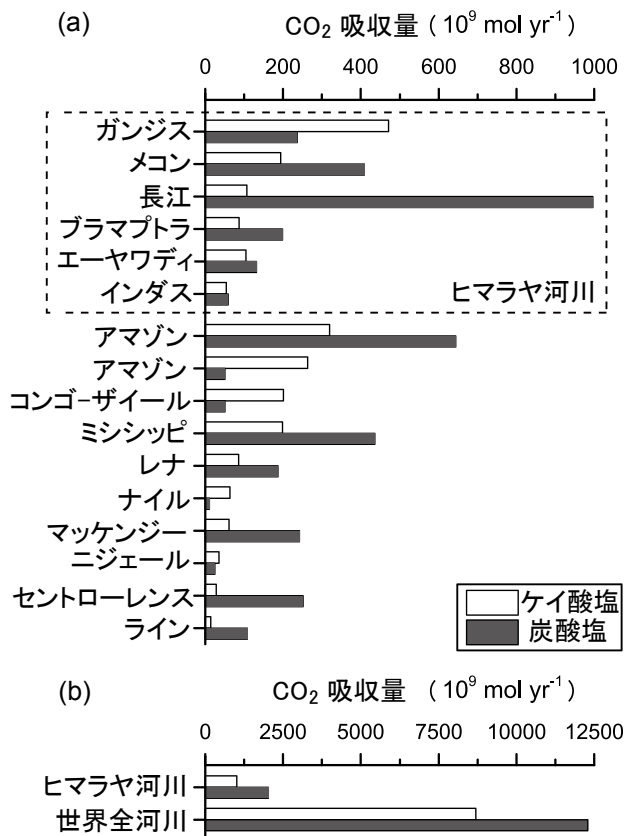


第 13 図 東南アジアの主要河川の流路模式図。高谷 (1986) の図 2 を基に、ガンジス川を追加した。

6. おわりに

カンボジアは、1992 年のパリ和平の成立から約 25 年の年月を経て、ポル・ポト政権下の災禍を短期の滞在者に気づかせるものはほとんどない。当時のカンボジア紛争の様子は、日本でも毎日のように報道されていて、現在、50～60 歳代の世代にはきわめて強い印象が残っている。しかし、最近の日本の若い世代では、犠牲者数が 100 万人にも登るとされる大虐殺の歴史を知らない世代も増えている。

世界遺産アンコール遺跡を訪れる観光客は、我々が訪れた前々年の 2014 年には年間約 502 万人で、このおよそ半数の 235 万人が外国人旅行者であって、その後も増加傾向にあり (ポッ・古屋, 2017)、大きな外貨獲得源とし



第 14 図 東南アジアの主要河川の風化による二酸化炭素吸収量の推定。Gaillardet *et al.* (1999) を基に作成。ケイ酸塩と炭酸塩の風化による吸収のうち、長期的にはケイ酸塩によるものがより重要と考えられている。ミャンマーのエーヤワディ川については、Manaka *et al.* (2015a) の推定値を用いた。

てカンボジア経済に貢献している。比較として日本と京都の外国人観光客の統計を見ておこう。2014年に日本を訪問した外国人はおよそ1,341万人、2018年には3,119万人とこちらも近年顕著な増加傾向にあるが(日本政府観光局, 2020), そのうち京都に宿泊した外国人宿泊客数は2014年に316万人(2018年には450万人)であり(京都市, 2015, 2019), アンコール遺跡の魅力が伺える。年一人当たりの国民総生産(GDP)は、タイ5,878米ドル、ベトナム2,171米ドル、に対して、カンボジアは1,140米ドルであり、まだまだ世界の最貧国と分類されている(ラオス1,725米ドル、バングラデシュ1,235米ドル、ミャンマー1,113米ドル; 外務省, 2016)。しかし、メコン川の採水調査のために訪れたコンポンチャム郊外の村々では、のどかで穏やかな人々の生活を垣間見ることができた。一方、シェムリアップやコンポンチャムなどの地方都市では、道路や公園などのインフラ整備も急ピッチで進展している様子が伺えた。現在はさらに開発が進んでいることであろう。

なお、アンコール遺跡群についての詳細な情報が掲載されている日本語のインターネットサイトとして、「アンコール遺跡フォトギャラリー」(<http://www.angkor-ruins.com>; 波田野, 2016)「アンコール遺跡」(<http://angkor.gogo.tc/index.html>), 「アンコールワット遺跡群ガイド」(<http://angkorwat.jp>), 「クメールの探求 砂岩採掘現場」(<http://www.kume-ru.com/sagan2/sagan2/sagan98.html>) などがあり、現地情報の収集に有用であった(いずれも閲覧日は2016年11月26日)。

謝辞: 早稲田大学創造理工学部環境資源工学科資源地球科学研究室の内田悦生教授には、アンコール遺跡群について詳細な解説を頂くと共に、現地における採水調査にあたり便宜を図って頂いた。また、原稿を読んで頂き改善のためのコメントを頂いた。記して厚く感謝致します。また、日本国政府アンコール遺跡救済チーム(JAPAN-APSARA Safeguarding Angkor, JASA)の皆様より、現地調査にあたりご支援を頂いた。今回の調査は、科研費基盤S課題「地球表層システムにおける海洋酸性化と生物大量絶滅」(課題代表者: 川幡穂高, H22-26年度)のフォローアップ研究として実施したものである。また、産総研地圏資源環境研究部門荒岡大輔博士並びに地質情報研究部門山岡香子博士にはコメントを頂いた。GSJ地質ニュースへの寄稿を薦めて下さった地質情報研究部門広報担当の高橋雅紀博士並びに小松原純子博士に感謝致します。

文 献

- アンコール遺跡 (2016) アンコール遺跡. <http://angkor.gogo.tc/index.html> (閲覧日: 2016年2月28日)
- アンコールワット遺跡群ガイド (2016) アンコールワット遺跡群ガイド. <http://angkorwat.jp> (閲覧日: 2016年2月28日)
- Evans, D. H., Fletcher, R. J., Pottier, C., Chevance, J.-B., Soutif, D., Tan, B. S., Im, S., Ea, D., Tin, T., Kim, S., Cromarty, C., De Greef, S., Hanus, K., Bâty, P., Kuszinger, R., Shimoda, I. and Boornazian, G. (2013) Uncovering archaeological landscapes at Angkor using lidar. *Proc Natl Acad Sci USA*, **110**, 12595–12600.
- Gaillardet, J., B. Dupré, P. Louvat. and C. J. Allègre (1999) Global silicate weathering and CO₂ consumption rates deduced from the chemistry of large rivers. *Chemical Geology*, **159**, 3–30. doi:10.1016/S0009-2541(99)

- 00031-5
 外務省 (2016) 地域別インデックス(アジア). <http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/asia.html> (閲覧日: 2016年11月26日)
- 波田野直樹 (2016) アンコール遺跡フォトギャラリー. <http://www.angkor-ruins.com> (閲覧日: 2016年2月28日)
- 岩崎好規 (2005) 海外における遺跡保存と地盤工学. 土と基礎, 53 (3), 1-7.
- 岩崎好規・福田光治・下田一太・赤澤 泰・中澤重一・友田正彦・中川 武 (2014) アンコール遺跡における基壇盛土の真正性, たたき技法による修復と技術移転. 第49回地盤工学研究発表会発表講演集, 33-34.
- Iwasaki, Y., Ishizuka, M., Soeur, S., McCarthy, R., Nakagawa, T. and Vanna, Ly (2019) Authenticity of soils and foundation of Bayon temple in Angkor Thom and restoration of retaining structures in Angkor. In Mangushev, R., Zhussupbekov, A., Iwasaki, Y. and Sakharov, I., eds., *Geotechnics Fundamentals and Applications in Construction*. CRC Press, Proceedings of Earth and Geosciences, 2, 98-107.
- Kajita, H., Ota, Y., Yoshimura, T., Araoka, D., Manaka, T., Ziyu, O., Iwasaki, S., Inamura, A., Uchida, E., Zheng, H., Yang, Qing., Wang, K., Yanase, T., Suzuki, A. and Kawahata, H. (2020) Seasonal and spatial variations of chemical weathering in the Mekong basin: From the headwaters to the lower reaches. *Aquatic Geochemistry*, 26, 137-159. doi:10.1007/s10498-020-09374-y
- Kawahata, H., Nomura, R., Matsumoto, K. and Nishi, H. (2015) Linkage of deep sea rapid acidification process and extinction of benthic foraminifera in the deep sea at the Paleocene/Eocene transition. *Island Arc*, 24, 301-316. doi:10.1111/iar.12106
- 京都市 (2015) 京都総合観光調査. <https://www.city.kyoto.lg.jp/sankan/cmsfiles/contents/0000202/202863/honsatsu.pdf> (閲覧日: 2020年1月6日)
- 京都市 (2019) 京都総合観光調査. <https://www.city.kyoto.lg.jp/sankan/cmsfiles/contents/0000254/254268/30tyosa.pdf> (閲覧日: 2020年1月6日)
- クメールの探求 砂岩採掘現場 (2016) クメールの探求 砂岩採掘現場. <http://www.kume-ru.com/sagan2/sagan2/sagan98.html> (閲覧日: 2016年2月28日)
- Manaka, T., Otani, S., Inamura, A., Suzuki, A., Aung, T., Roachanakanan, R., Ishiwa, T. and Kawahata, H. (2015a) Chemical weathering and long-term CO₂ consumption in the Ayeyarwady and Mekong river basins in the Himalayas. *Journal of Geophysical Research - Biogeosciences*, 120. doi:10.1002/2015JG002932
- Manaka, T., Ushie, H., Araoka, D., Ohtani, S., Inamura, A., Suzuki, A., Hossain, Zakir H.M. and Kawahata, H. (2015b) Spatial and seasonal variation in surface water pCO₂ in the Ganges, Brahmaputra, and Meghna Rivers on the Indian subcontinent. *Aquatic Geochemistry*, 21, 437-458. doi:10.1007/s10498-015-9262-2
- ナショナルジオグラフィック日本版 (2009) 特集: アンコールの興亡. <http://natgeo.nikkeibp.co.jp/nng/magazine/0907/feature02/index.shtml> (閲覧日: 2016年11月26日)
- 日本政府観光局 (2020) 年別訪日外客数, 出国日本人数の推移 (1964年-2018年). https://www.jnto.go.jp/jpn/statistics/marketingdata_outbound.pdf (閲覧日: 2020年1月6日)
- ポツ ソヴァンナ・古屋秀樹 (2017) カンボジア・アンコール遺跡群の来訪者行動・評価特性に関する研究. 公益社団法人日本都市計画学会 都市計画論文集, 52, 1364-1371.
- Stone, R. (2009) Divining Angkor. *National Geographic Magazine*, July, 26-55.
- 高谷好一 (1986) 東南アジアの地形・地質—大陸棚を中心—. アーバンクボタ, No.25, 8-11.
- 筑波大学 (2013) 空中からのレーザースキャンによりカンボジア・アンコール遺跡群にて巨大な古代都市構造を発見. <http://www.tsukuba.ac.jp/news/n201307301210.html> (閲覧日: 2016年2月28日)
- 内田悦生 (2003) アンコール遺跡 (カンボジア) における砂岩材の劣化現象. 地質学雑誌, 109 XI-XII.
- 内田悦生 (2016) アンコール遺跡の石材とその劣化に関する研究. <http://www.uchida.env.waseda.ac.jp/Research/Angkor.html> (閲覧日: 2016年2月28日)
- Uchida, E. and Shimoda, I. (2013) Quarries and transportation routes of Angkor monument sandstone blocks. *Journal of Archaeological Science*, 40, 1158-1164.
- Uchida, E., Ogawa, Y., Maeda, N. and Nakagawa, T. (1999) Deterioration of stone materials in the Angkor monuments, Cambodia. *Engineering Geology*, 55,

- 101–112.
- Uchida, E., Cunin, O., Shimoda, I., Suda, C. and Nakagawa, T. (2003) The construction process of the Angkor monuments elucidated by the magnetic susceptibility of sandstone. *Archaeometry*, **45**, 221–232.
- Uchida, E., Cunin, O., Suda, C., Ueno, A. and Nakagawa, T. (2007) Consideration on the construction process and the sandstone quarries during the Angkor period based on the magnetic susceptibility. *Journal of Archaeological Science*, **34**, 924–935.
- Uchida, E., Shimoda, I. and Shimoda, M. (2013) Consideration of the construction period of the Khmer temples along the east royal road to Preah Khan of Kompong Svay and the provenance of sandstone blocks based on their magnetic susceptibility. *Archaeological Discovery*, **1**, 37–48.
- Uchida, E., Tsuda, K. and Shimoda, I. (2014) Construction sequence of the Koh Ker monuments in Cambodia deduced from the chemical composition and magnetic susceptibility of its laterites. *Heritage Science*, **2**, 10. doi:10.1186/2050-7445-2-10
- UNESCO World Heritage Centre (2016) Angkor, <http://whc.unesco.org/en/list/668/> (閲覧日: 2016年 11月 28日)
- 脇田浩二・大久保泰邦・J.C. バンディバス・雷 興林・M.J.D. シュルテ・CCOP-DCGM Phase 1 作業部会 (編) (2004) 東・東南アジアの数値地質図200 万分の1 (第2 版), 産総研地質調査総合センター, 数値地質図, G-2, CD-ROM.
-
- SUZUKI Atsushi, OTA Yuki, YANASE Takuya, MANAKA Takuya and KAWAHATA Hodaka (2020) Memoirs of Angkor Archaeological Site in the Kingdom of Cambodia.
-

(受付: 2020 年 4 月 30 日)

地質のアウトリーチ活動についての回想

利光 誠一¹⁾

2020年3月末で産総研地質調査総合センター（GSJ）での定年を迎えましたので、この機会に、入所以来お世話になりましたGSJの皆様へ感謝の意を込めて、少しばかり思い出を綴ってみたいと思います。GSJでの30年間では、専門分野である化石の研究、地質図作成の調査研究などがありますが、ここでは、私にとってもう一つの柱でもありました地質のアウトリーチ活動についてふりかえってみたいと思います。

私は1990年に工業技術院地質調査所に入所し、地質標本館に配属されました。この年はちょうど地質標本館の開館10周年の年でした。地質標本館では、前から開館10周年を記念するイベントを計画しており、私自身も入所と同時に10周年記念イベントの成功に向けて準備に取り組みました。このイベントはGSJ全体の協力を得ての比較的大きな行事でした。具体的には8月19日の開館記念日（日曜日で、当時は休館日）の翌日に2つの特別講演会「地下からの手紙解読—宝石と鉱物」（講師：東北大学名誉教授・元所員 砂川一郎氏）・「恐竜時代と地球環境—その進化と絶滅」（講師：国立科学博物館地学研究部長 小島郁生氏）と祝賀会が行われ、21日（火）～24日（金）に2つの特別展「宝石と貴石」・「三葉虫の世界」が実施されました。さらに、26日（日）に野外実習「川原の石と砂金探し」（会場：茨城県大子町の久慈川）、27日（月）に地質標本館内で岩石・鉱物・化石相談会が開催されました（神谷，1991）。

それ以降、地質標本館の年2回以上の特別展、花室川でのナウマンゾウの化石探索会（1999年まで）、1991年から始まった「化石クリーニング」体験学習、1996年から始まったつくば市主催の「つくば科学フェスティバル」へのブース出展、1997年から始まった地質調査所と日本地質学会共催の「地質情報展」にも参加してきました。そして地質情報展で「化石レプリカ作成体験コーナー」のブース出展したノウハウを生かして、1998年から地質標本館でも「化石レプリカ作成体験学習」のイベントを開始しました。これらの活動に携わりながら、子供をはじめとした一般の方々の地質リテラシー向上に向けたアウトリーチの経験を積み重ねてきました。

2001年の独立行政法人化で工業技術院の16研究所が統合され産総研が発足しました。産総研では、研究所の成果の社会還元としてのアウトリーチの重要性の認識が深まってきました。その中で、地質分野の多くは社会の中で重要な意味を持つにもかかわらず地味な存在であるため、GSJとしても自分たちの組織・活動、そして「地質」の社会における存在をアピールすることが必要と考え、国内の地質関連の学協会や大学などにも働きかけてアウトリーチ活動が年々盛んになってきました。この流れの中で、2008年は特筆すべき年と言えるのではないかと思います。2008年より、5月10日が『地質の日』に制定され、これを記念して第1回「地質の日」とその関連行事を各地の博物館等で開催する記念事業が実施されました（中尾ほか，2009）。GSJでも、経済産業省本館ロビーでのパネル展示、地質標本館および研究本館（7-1棟）ロビーでの関連イベントとつくば市主催の「つくばフェスティバル」へのブース出展等を行いました。また、GSJが事務局となり日本ジオパーク委員会の設置と日本ジオパーク認定が始まり（この年は7地域）、世界ジオパーク認定のための候補推薦（同，3地域）の決定がなされました。このほか、GSJの直接的な関わりは記されていませんが、地質学関連の学会が中心となり世界地学オリンピック（フィリピン大会）への参加（そのための高校生の代表選定事業も実施）などがありました。これらの行事の多くはその後にも継続されており、GSJと国内の地質関連学界が協働して「地質」の盛り上げを図っています。

私自身は、産総研発足後20年の3分の2の期間を地球科学情報研究部門・地質情報研究部門、3分の1の期間を地質標本館・地質情報基盤センターに所属しながら、上記の様々な活動にいろいろな形で関わってきました。中でも2008年の第1回「地質の日」に関連した企画として「化石チョコレート」の開発に取り組んだことは、私にとって「地質」のアウトリーチ活動の視野を広げる機会となったと考えています。「化石チョコレート」は、私自身が携わってきた「化石レプリカ作成体験イベント」が発端の一つとなっています。ここに、地質情報展の立ち上げからイニシアティブをとってきた斎藤 眞氏（斎藤，1998，2001）

1) 産総研 地質調査総合センター 研究戦略部

キーワード：地質標本館、アウトリーチ活動、地質の日、化石チョコレート



第1図 「化石チョコレート」の展示風景
2017年から2階休憩スペース前に移動して展示されている。

の「レプリカ材料としてチョコレートを用いては？」というアイデアが重なり、彼自身の熱意が周囲の賛同者を巻き込んで実現したものです(利光ほか, 2009)。それまで私たちは、地質標本館やGSJの職員との連携で様々な体験学習プログラムなどを考え、実践してきました。「化石チョコレート」開発の企画も、当初は同様にGSJ内の関係者だけで商品化まで進めようと考えていましたが、具体的な商品化を模索するところ(2006年頃)で暗礁に乗り上げてしまいました。このため、しばらく休止状態となりましたが、2007年2月に関係者の一人が電車通勤の中で知人の産総研内の有機化学の研究者に話をしたところから話が再開しました。ここから国内の油脂の研究会仲間を経て、チョコレートの製造業の技術者に話が伝わり、そこからデザイン会社、販売会社へと急展開し、化石チョコレートの商品化が実現したのでした(利光ほか, 2009)。このことは、化石を基にした地質情報の商品化を異業種の民間企業と連携しながら実現できた事例として、今でも思い出深いものとなっています。

「化石チョコレート」は、地球科学系の博物館や類似の展示施設に訪れた方に、見学を通して地球のダイナミックな姿を学習していただき、地球の歴史・活動のストーリーをお土産に持ち帰っていただくという理念で開発し、基本的にはそのような場所に限定されて今も販売されています。2008年の発売当初に、東京上野公園界隈を扱ったテレビ番組の中で、国立科学博物館のミュージアムショップで化石チョコレートが販売されていることが取り上げられたことから、上野の国立科学博物館のお土産という印象が広がった時期もありましたが、嬉しい勘違いということで私

たち関係者一同は微笑ましく見守っておりました。また、「地質標本館が監修したチョコレート素材のレプリカ」という旨のウェブニュースが掲載された際に、インターネット上の掲示板等に「さすが、化石レプリカの地質標本館」と書き込まれたこともありました。これは、地質標本館の日頃の活動をご理解いただいていることとして、関係者としてありがたく思った次第です。当地質標本館では、化石チョコレートの展示はしていますが(第1図)、残念ながら館内のショップで販売できないため、来館の際に「化石チョコレート」が欲しいといわれる方々にはご不便をおかけしています。なお、産総研構内の職員および来訪者向けの売店で平日のみ販売していることから、購入を希望される来館者の方にはそちらをご案内しています。産総研の地質分野以外の職員の中にも、出張時に産総研土産として活用していただいている方もいるようで、産総研内に広く(?)「化石チョコレート」の存在が認識されていることも嬉しく思っています。

「地質」は、社会の中で地味な分野でもありますが、近年、地形・地質に関心のある有名人の方もちらほらというように、特にNHKの番組「プラタモリ」は、出演しているタモリさんのキャラクターもあってお茶の間の人気番組となっています。ちなみにGSJからも何名かの研究者が案内人として複数回出演しており、また出演のない放送回も含めてGSJとして地質に関する情報提供をするなど、この番組には様々な協力がなされています。今後も番組としていろいろなところを訪れて、その土地々々の地形・地質の面白さをお茶の間の視聴者に届けていただけることと期待しています。一方、今年(2020年)になり、テレビアニメ「恋する小惑星(アステロイド)」で地質がテーマとして取り上げられ、その中で登場人物が部活動の夏休みの合宿研修で地質標本館を見学するといったストーリーで館内展示も紹介されたことで、アニメファンの方が多く地質標本館の見学に訪れるようになったようです(森田, 2020)。余談ですが、地質標本館でも2017年からホームページにキッズページを加えて「まんがで学ぼう!地質」のページを開設しています(<https://www.gsj.jp/Muse/kids/index.html> 閲覧日: 2020年5月11日)。これはアニメーションではありませんが、大人でも楽しみながら地質を学べる内容になっていますので、専門外の方にも地質の入門編として見ていただけると幸いです。話は逸れてしまいましたが、上記のようなテレビなどのメディアを通じたアピールは、今後もさらに重要になってくるのだと思いますし、将来、メディアなどと連携をしていく意義がより高くなっていくと思われるので、今後も自分たちの伝えたいメッセージをしつ



第2図 ウィルス感染拡大の影響による外出自粛要請の続く中で奨励されるようになったウェブ利用のデジタルコンテンツの一例（2020年「地質の日」のデジタルコンテンツのウェブサイト <https://www.gsj.jp/geologyday/2020/homestudy.html> 閲覧日：2020年5月11日）

かりと発信しながら連携相手と協調して、地質のアピールをしていただければと思っています。

せっかくの2020年初頭のアニメ人気も、2月以降に社会問題化した新型コロナウイルス感染拡大の影響でその月末から地質標本館は長期にわたる臨時休館を余儀なくされ、残念ながらブームに水を差された形となってしまいました。このウィルス感染拡大予防のため、狭い空間に人が集まり他者との接触をすることや、不要不急の外出を自粛する期間が長くなったため、いわゆるイベント等を全国的に当面の間開催できなくなりました。このような期間に各自が自宅で過ごせるようにインターネットを介したデジタルコンテンツ利用やオンラインによる会議・会話が奨励されるようになり、各地の博物館や様々な機関・団体がインターネット上にコンテンツ提供を始めました(第2図)。いずれウィルス感染拡大による社会不安も収まり、外出しての諸々の活動も再開されるものと思いますが、これを機に、GSJをはじめとした研究機関、大学や博物館などのアウトリーチ活動に関してもインターネットを介したデジタルコンテンツ利用での運用は今後ますます進展していくことと思います。一方で、これまでの人と人が直接に接して相互にコミュニケーションをとる従来型のアウトリーチ活動の意義は薄れるものではないでしょう。

最後に、今年(2020年)は地質標本館開館40周年の年に当たります。そして、2年後にはGSJ創立140周年を迎えます。今後の地質標本館およびGSJ、そして地質分野

全体の発展を祈っております。私自身も定年後の新たな現所属先で、この後もしばらく地質標本館を含むGSJ全体のアウトリーチ活動に微力ながら協力していきたいと思っています。

文 献

- 神谷雅晴(1991)地質標本館開館10周年記念行事を実施して。地質ニュース, no. 442, 37-40.
- 森田澄人(2020)地質標本館は「恋アス」を応援しています。日本地質学会 News, 23, no. 2, 7-7.
- 中尾征三・斎藤 眞・七山 太・高橋裕平・森尻理恵・原 英俊・中川 充(2009)「地質の日」元年：ことはじめ。地質ニュース, no. 653, 8-11.
- 斎藤 眞(1998)九州地質情報展「知っていますかあなたの大地—地質学が探る九州島—」報告。地質ニュース, no. 522, 28-31.
- 斎藤 眞(2001)地質情報展—地質学の普及をめざした地質調査所の試み—。地学教育, 54, 47-59.
- 利光誠一・斎藤 眞・森尻理恵・青木正博・古谷美智明(2009)地質の日記念グッズ「化石チョコレート」。地質ニュース, no. 653, 46-49.

TOSHIMITSU Seiichi (2020) Reminiscence of outreach activities on geology.

(受付：2020年5月29日)

「測量はつらいよ」から「データアーカイブ構築」へ

渡辺 和明¹⁾

1. はじめに

私は 1980 年地質調査所（以下 GSJ という）に入所以来、前半 20 年は「測量」を主な生業とし、産総研発足後の約 20 年は図書関連データベース等の「データアーカイブ構築」に携わってきました。「測量」では、鉱山や活断層、地震・火山の災害現場や海域に何度も出張し、「データアーカイブ構築」では、GSJ 出版物メタデータ作成、図書資料の整備・地質文献データベースに長く関わってきました。その 40 年間の印象深いところをいくつかご紹介します。

2. 測量作業の一端を紹介します

私が入所した技術部地形課は、GSJ 創立当時の明治時代から地質調査に欠かせない地形図を作成するために「測量」を行ってきました。その後、国土地理院により地図類が全国整備されてきて、各地の鉱山や断層地形付近においては縮尺の地形図作成のための測量が必要でした。

地形図の作成には、現場で作図する平板測量が主です。その方法は、三脚上の四角平板の自分の位置から、地物の角や地形の傾斜変換点までの方向・傾斜角・距離を測量し、その位置座標及び標高値を求め、地物・地盤の形状や等高線を平板上のフィルムに記載していくものです。

この作業は、地形の起伏や樹木等の障害物の状態に大きく左右され、慣れるまではどこを測量したら良いのかもわからず、宿に帰っても記載した下書き図に墨入れ等により睡眠時間が削られるという、当時は非常に大変だったことを思い出します。

大変だった測量で思い出すのは、入所して 3 年目の冬（1～3 月）から同時期の 5 年間に渡り、現在のつくば市西部～常総市～坂東市にかけて水準点標高を精密観測した一等水準測量です。

地盤の高さを求める水準測量はこの土木・建築現場でも行われていますが、一番精度の良い一等水準測量は、視準する標尺の左右の目盛りについて 0.1 mm まで読み取り、それを延々と繰り返して距離数 km の水準点間を往復します。路線がカーブしていたり傾斜が大きいと遅々とし

て進まず、往復の測量誤差が規定内でないと最初からやり直しです。総路線長は約 36 km に及び 3 ヶ月以上のほぼ毎日が日帰り出張でした。

その頃はコンビニなど皆無でしたので、朝の手作りおにぎりをポケットにしのばせ、昼食時には冷えきっているおにぎりを道端で食べ、路面の氷を割りながら、「筑波おろし」の強風にも耐えていたという有様で、今から思えばとても悲惨な状況でした。

関わった測量は陸域だけでなく、海域の調査船からの音波探査記録により海底地形図を作成しました。1980 年代は毎年のように海洋地質部の研究者と共に地質調査船「白嶺丸」に乗船しての測量でした。そこでの測量は研究室に籠っての作業なので、採泥のための甲板作業より体力的にはきつくなかったのですが、船酔いに慣れた後でも 24 時間常に揺れている環境のせいなのかいつも頭がぼーっとしている状態で、寄港先でしばらくぶりに陸に上がっても常に揺れているような感じで気持ち悪かったことを覚えています。

3. 地震・火山の災害現場にも行きました

約 30 年前の雲仙普賢岳の噴火初期の頃、光波測距儀を用いた距離測量により、山体膨張の変化をみるため、山腹に設置した反射鏡付近まで道なき道を登ったことがありました。周囲が灰色一色の世界の中を、火山灰まみれで足を取られながら苦労して登ったことを覚えています。その後溶岩ドームが出現し、ドームの南南西約 1,700 m の野岳^{のだけ}中腹付近より距離測量と溶岩ドームの成長をみるための角度測量を行っていたところ、突然山腹より煙が上がり、山腹からも噴火かと思いきや、それが溶岩ドーム崩落による最初の火砕流を目撃したものでした。その数日後に火砕流の流下地域で報道陣が多く詰めていた場所付近を通行したこともあり、一歩間違えればとんでもない事態になるところでした。

火山の噴火前兆を捉えるため、岩手山、富士山、九重山の山頂付近や麓において GPS 測量を定期的に行いました。ソーラーバッテリーや麓の AC 電源による連続的な GPS 測

1) 産総研 地質調査総合センター 地質情報基盤センター

キーワード：測量、データアーカイブ



第1図 伊能忠敬最東端到達記念柱と筆者（七山 太撮影）

量にも携わりましたが、九重山は毎回GPS測量機を担ぎ上げていたので毎日が登山でした。そこでは山中に置いた弁当があえなくカラスの餌食となったり、ある年には凍ったままのおにぎりを震えながら喉に流し込んだこともありました。

地震関係では、1995年の阪神淡路大震災直後に地盤の余効変動を調査するため、何回も神戸市街地の水準測量を行いました（渡辺ほか，1996）。地震直後であったため、つくばより車で行き、大阪市の宿から現場まで往復したのですが、いくつもの建築物の倒壊を目の当たりにし、食料などの生活物資の供給がままならない中の作業は身につまされる思いでした。

北海道東部の調査では、十勝～霧多布～根室～野付半島の海岸付近の湿原等でGPS測量や水準測量により地形断面を作成しました。野付半島からは国後島が間近に望め、擦文時代の竪穴式住居跡が見られるオンネニクルの森を歩くイベントに参加し、GPS測量の説明・実演もできて有意義なものでした（渡辺ほか，2016）。徳川家斉以降幕末まで献上した西別鮭が捕れる別海町西別川河口付近に、測量に関する偉人である伊能忠敬率いる第一次測量隊が到達した日本最東端に記念柱（第1図）があり、現役の測量業務を締めくくるにはふさわしい地を訪問できました。

4. 国内だけでなく海外へも行きました

海外出張としては、白嶺丸航海時に西サモアやグアム、その他ロシア（バイカル湖）、台湾、タイ、ベトナム（メコンデルタ）、後述する情報関係で、オーストラリア、韓国、中国に行きました。

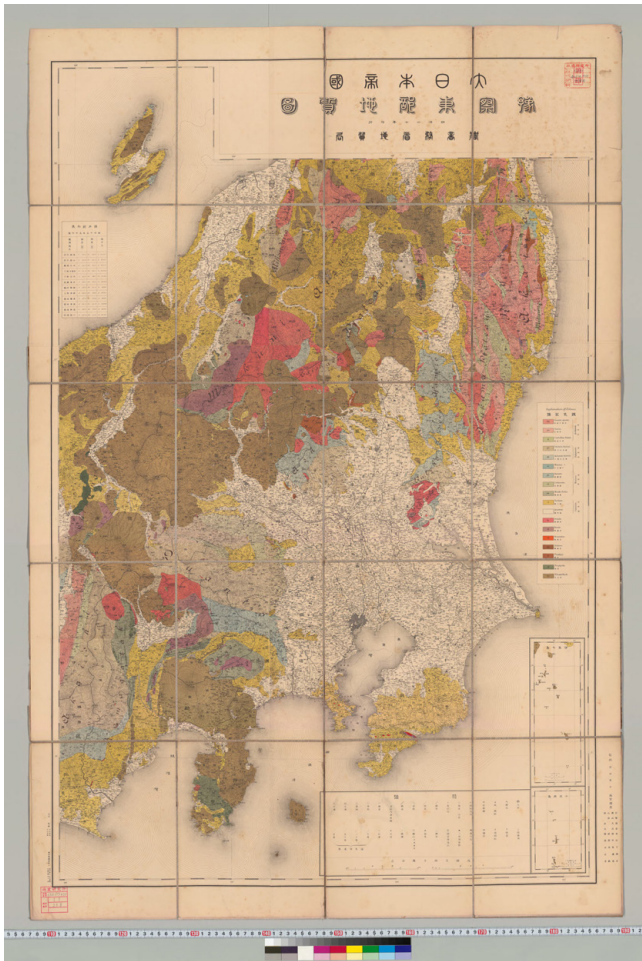
ベトナムでは、ホーチミンから車で7時間くらいかかり、日本人など誰もいないメコンデルタの東南端部において、堆積海岸と浸食海岸の干潮時の地形断面変化を知るための水準測量を何回か行いました（渡辺，2008）。浸食海岸近くのホテルは近いうちに消失するのではないかと心配するくらい海岸地形の変化が激しいところでした。そこでの日中はとんでもない暑さのためベトナム人でも作業できず、朝暗いうちから待機し、少しでも明るくなってきたら作業を開始し、日中暑くなってきたらもう終了という毎日でした。こんなに暑くても氷を食べるには勇気がいるし、ホテルのエアコンが故障したときは最悪で、代替りの扇風機からは熱風が・・・戻ったホーチミンが天国でした。

5. 情報関係が主業務となってきました

後半20年の始めの頃は、GSJ発行の出版物について、ISO19115規格に準拠した地理情報標準JMP2.0仕様の書誌メタデータを作成し、産総研の研究情報公開データベース上で「地質情報総合メタデータ（日本版）」として公開しました。当時はCCOP（東・東南アジア地球科学計画調整委員会）加盟国の間でもメタデータ構築のワークショップを韓国や中国で行い、「同（アジア版）」にて各国の出版物メタデータが検索できるサイト作成・運営に携わりました（渡辺・村上，2006）。現在では毎年の出版物について、国土地理院の「地理空間情報クリアリングハウス」サイトにメタデータを提供し公開されています。

一方では、地質文献データベースGEOLISの管理・運営に関わり、世界地質図データベースと統合、明治時代から1945年以前の出版図類を対象としたGSJ初期出版資料データベースの改修を行ってきました。近年では図書資料やオンラインジャーナルの整備を行うとともに、汎用的に採用されているデジタルアーカイブシステムへの移行作業に関わっています。

図書の資料収集関係では、明治・大正時代にGSJが出版し、関東大震災や第二次世界大戦の戦禍で消失した1/40万地質図等について、国立国会図書館を始め東京大学ほか4大学の計10図書館所蔵図のスキャニング作業を行い、そのデジタルデータをデータベースに公開しました。その



第2図 1/40万大日本帝国豫察東部地質図（東京大学地震研究所蔵，1888年発行）

一例を第2図に示します。

6. おわりに

「測量」を習得していく過程で、当時の上司からはさんざん怒られ、何度もつらい思いをしました。まさに「測量はつらいよ」でしたが、今から思えば叱咤激励でありそれが糧になっていたと思います。情報関係の業務においても、そういう上司や先輩・同僚・契約職員の皆様に恵まれたおかげで、不器用で何事にも要領が悪い私でも何とか研究者の支援に関わり40年間を過ごすことができました。

今後も微力ながらデータアーカイブ・図書関係の業務に携わっていきますので、図書室や地質図ライブラリー室のご利用、図書・地図のご寄贈などご支援をよろしくお願いいたします。

謝辞：各地への出張の際には多くの研究職員とご一緒し見聞を広めさせていただきました。とりわけ地質情報研究部門の七山上級主任研究員には何年にも渡りお世話になり、本稿の第1図を提供していただきました。また、拙文に対し宮地アーカイブ室長（本稿執筆時）及び佐脇地質情報基盤センター長より適切なご助言をいただきました。記して感謝の意を表します。

文 献

- 渡辺和明(2008)メコンデルタ海岸測量記. 地質ニュース, no. 650, 2-14.
- 渡辺和明・村上 裕(2006)地質情報総合メタデータ. 地質ニュース, no. 625, 34-37.
- 渡辺和明・遠藤秀典・渡辺史郎・牧野雅彦・村田泰章・ト部厚志(1996)平成7年兵庫県南部地震による被害集中地帯とその周辺における短い測点間隔の繰り返し水準測量. 地質調査所月報, 47, 165-173.
- 渡辺和明・重野聖之・石渡一人・七山 太(2016)野付半島ネイチャークラブ主催“オンネニクルの森を歩こう”実施報告. GSJ地質ニュース, 5, 21-26.

WATANABE Kazuaki (2020) Carrier shift from hard surveying to soft data archiving.

(受付：2020年6月11日)

偏光観察台での薄片観察

佐脇 貴幸¹⁾

1. はじめに

私たちの身の周りでは、様々な岩石がいろいろな目的に使われています。例えば、道路や建物床面の敷石、壁面の飾り石、庭石、墓石、石垣、鉄道のバラスト、彫刻など、その利用法はあまりにも多く数え上げ切れません。逆に言えば、あまりにも普遍的過ぎて、一般の人にとっては、よほどの巨岩・奇岩・美岩でない限り、身の周りにある岩石そのものに対して、改めて科学的興味を持つことはほとんどないかもしれません。

でも、実は身の周りに使われている岩石のほとんどは、人間社会が形成されるどころか、ヒトという生物が地球上に現れる遙か昔にできたものです。ヒトが出現したのは(諸説ありますが)数100万年前と考えられているのに対し、例えば、産総研つくばセンターからほど近いところに産する筑波山の花崗岩は6,500万年～6,800万年前(宮崎, 2016)に形成されたもので、ヒトの出現よりも10倍以上古い歴史を持っています。さらには、大陸地域であれば数億年～10億年以上前に形成された岩石も珍しくありません。そして、それらの岩石は、私たちが暮らす大地に関する過去の情報を、それぞれの内に持っています。その過去の情報を探り、岩石がどのようにして形成されてきたか、さらには私たちが暮らす大地(地球)がどのようにして形成されてきたかを研究する地質学の中の一領域が「岩石学」です。

小論では、その岩石学の端緒を理解していただくためのアウトリーチ活動のツールの一つとして、「偏光観察台を使っての薄片観察」について紹介します。このようなツールが、いろいろな地質学関係のアウトリーチ活動において、岩石・鉱物を楽しく観察するということの一助になれば幸いです。

2. 岩石学と薄片

まず、岩石とは何か、岩石学ではそれをどう研究するか、ということをおさらいしましょう。

岩石は、様々な鉱物が集合して形成されています。例え

ば、敷石や墓石などでおなじみの花崗岩は、ご飯にゴマをふったような見かけをしていますが、これは、石英・長石などの無色鉱物の間に黒雲母・角閃石などの有色鉱物が含まれているためです(第1図)。

このように、様々な鉱物が集まって岩石という塊を作っているというのは、見方を変えるといろいろな人々が集まって人間社会が構成されているのによく似ています。それを端的に指摘したのが、キリスト教社会運動家の賀川豊彦(1888-1960)で、彼は「岩石学は鉱物の社会学である」と述べています(黒田・諏訪, 1983, p. 1; 諏訪, 2018, p. iii-vi)。人間社会とは、個々の人間が積み重ねてきた経済、文化、政治などにかかわる活動・歴史の総体であり、社会学とは、人間の心理・行動、統計データなどの面から、その社会について分析し解釈するものです。一方、岩石学では、岩石を構成する鉱物の観察・分析から、その岩石の履歴さらには地球の歴史を明らかにしていきます。このような岩石学の研究を進めていくためには、岩石を構



第1図 典型的な花崗岩(真壁石)

1) 産総研 地質調査総合センター 地質情報基盤センター

キーワード：アウトリーチ, 体験型学習, 薄片, 偏光板, 干渉色

成する鉱物同士の関係性や、その物理化学的性状を解き明かすことが最も重要となりますが、そのためにまず必要とされるのが、薄片と偏光顕微鏡です。

普段見ている岩石は、普通はどう見ても不透明なものです。どんどん薄くしていくと、やがて光が透過するようになります。その性質を理解したうえで、岩石カッター、研磨材と研磨機・研磨台などを用い、岩石を厚さ 30 μm 前後まで薄く擦り磨き上げたのが薄片です。岩石学では、偏光顕微鏡で薄片を観察し、鉱物の同定や岩石組織の観察・記載を行うことが非常に重要です。厚さ 30 μm というレベルまで薄くした岩石の薄片を偏光顕微鏡で観察すれば、色鮮やかな干渉色をまとった「鉱物たちの表情」が見られます。その表情から、岩石を構成する鉱物同士の関係性が非常にはっきり見えてきて、岩石がどこで生まれ、どのような履歴をたどってきたのかを解釈するための情報が得られるのです。

鉱物は、人間と違って、自ら喋ったり史料を書き残したりはしてくれませんので、そういう情報を得るために薄片という媒体を使って、人間側から「対話」を持ち掛けることになるわけです。そういった「対話」を通して、鉱物同士の関係性を生き生きとした文学に昇華した例として、高橋(2020)は、宮沢賢治の作品「檜の木大学士の野宿」を紹介しています。なお、高橋(2020)では、岩石学で用いられる偏光顕微鏡の原理の説明、薄片の観察からわかることなどについても平易に解説していますので、本稿と併せてそちらもご覧ください。また、薄片の作製方法の詳細および地質標本館での薄片の展示物については、地質調査総合センター地質情報基盤センター地質標本館室地質試料調製グループのページ (<https://unit.aist.go.jp/gsc/mus/mus-gsp/index.html> 閲覧日: 2020年5月28日)で、さらに偏光に関しては、例えば産総研のキッズページ内の「偏光で遊ぼう(偏光万華鏡?)」(https://www.aist.go.jp/science_town/dream_lab/01/ 閲覧日: 2020年6月4日)で詳しく紹介していますので、そちらもご覧ください。

3. 薄片を観察するために

さてここで、岩石学を含む地質学を学んだ方にとっては、「偏光顕微鏡で薄片を見るのは当たり前じゃない?」と思われるでしょう。しかし、研究現場から離れて、状況の異なる様々なイベント会場でのアウトリーチ活動において偏光顕微鏡を使うことは、実はいろいろな制約があります。

微細な鉱物や岩石組織を観察し、岩石学の研究を進める

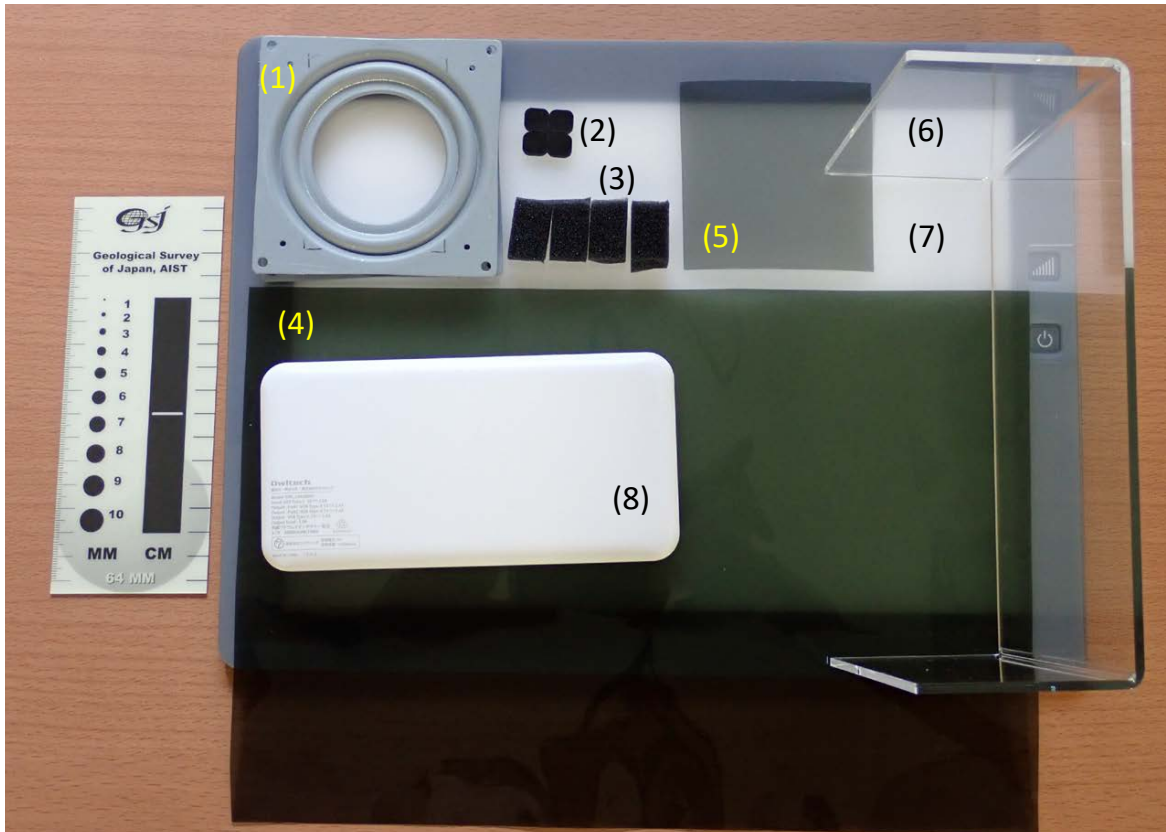
ためには顕微鏡は必須ですが、そのために用いる顕微鏡は精密機器であり、例えば落下による衝撃によりレンズをはじめとする光学系が破損したり歪んだりすれば一大事で、もう使い物になりません。したがって、実験室での研究のために据え置きにしている分には良いのですが、実験室外の様々なイベント会場で顕微鏡を使おうとすると、その運搬および設置には大変気を使います。また、顕微鏡での観察は、観察者が一人であることを前提としますので、イベント参加者の人に顕微鏡の視野内に見えている鉱物や岩石組織のことを説明するときには、その視野の中のこのあたりの鉱物が何々、この組織が何々ということを一いち言葉で説明せざるを得ず、すぐにわかってもらいにくいところがあります。それを解消するために、例えば顕微鏡に接続したカメラを通して、薄片の様子をモニターに映し出して観察する方法もありますが、そうならばさらにカメラ、モニターといった装置が増え、イベント会場内での追加スペース・電源の確保も問題となってしまいます。最近では、比較的低価格で小型モニターを備えたデジタル顕微鏡も販売されるようになってきましたが、薄片観察に必要な、透過型で回転ステージ(載物台)を備えている偏光顕微鏡はまだないようなので、複数人で同時に薄片観察するにはやはり一工夫必要となります。

これらのことを踏まえると、様々なイベント会場においては、詳細な鉱物の産状観察することよりも、まず一般の方々に岩石に対する科学的興味を持ってもらうことを主目的とし、代表的な鉱物の見え方や面白い岩石の組織を、簡便にかつ楽しみながら観察してもらうことを重点に置いた、軽量、コンパクトな道具を用意することが良いと思われます。

4. 偏光観察台

上記のような手軽な薄片観察を目的とし、省スペースで、4~5名程度(一家族単位を想定)の方々に一度に薄片の面白さを伝えられる装置として、「偏光観察台」なるものを考案しました。「偏光観察台」としたのは、顕微鏡と違って鉱物を拡大して見ることはできないからです。この偏光観察台の試作品については、2019年の産総研福島再生可能エネルギー研究所一般公開、地質情報展2019やまぐちにおいて使用しましたが、その際の経験をもとに今回紹介する偏光観察台としました。

第2図に示しているのは、偏光観察台に使う(1)回転盤、(2)クッション材、(3)隙間埋めテープ、(4)大型偏光シート、(5)小型偏光板、(6)コの字型アクリル台、(7)



第2図 偏光観察台の用具一式

- (1) 回転盤, (2) クッション材, (3) 隙間埋めテープ(短く切ったもの), (4) 大型偏光シート, (5) 小型偏光板, (6) コの字型アクリル台, (7) LED トレース台, (8) モバイルバッテリー

LED トレース台, (8) モバイルバッテリーです。また, 第3図に示しているのは(9) 大型薄片です。なお, 小論を読まれた方(特に岩石学に関わるアウトリーチ活動を考えられる方)が偏光観察台を利用される場合の参考とするために, 以下には物品の仕様, 価格, 準備の際に気を付けておくべきこと, さらに説明の仕方等についても記しておきます。

(1) 回転盤

2枚の金属板の間にベアリングが入っており, 自由に水平回転できるものです。サイズは外形が10 cm × 10 cm, 中央の穴が開いている部分の直径が55 mm, 耐荷重は8 kg 程度のものです。ホームセンターやネット販売では1個1,000円程度で売っています。後述する大型薄片を観察することを想定し, 中央の穴のサイズが大きいものをあえて選んでいます。

第2図に示したのは, 重いものを載せない回転台(例えば小型テレビ回転台, 中華テーブル台など)のために作られているものですが, これより大きいサイズで耐荷重が大きいもの(座椅子用, 数10 kg 以上)では回転盤の重量もぐっと重くなり, イベントでは気軽に使いにくくなります。

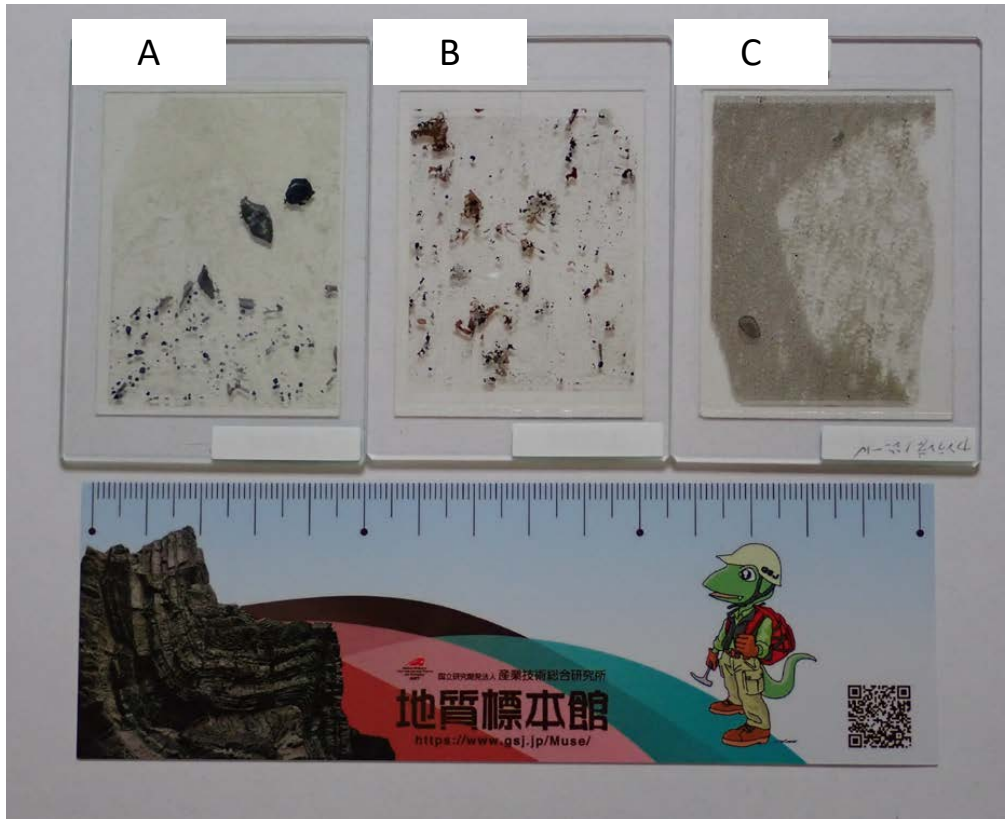
また, けがを防ぐために, 金属板の縁辺部のバリ, 四つ角の尖りなどに気を付け, 必要に応じてやすりをかけて滑らかにしておくか何らかの保護カバーをつける必要があります。さらに, 薄片観察中には, 金属板の回転により小さな子供が指を挟んで怪我をしないよう注意する必要があります。

(2) クッション材

第2図に示したのは, もともとCD-ROMの保管ケースに付属していた滑り止めのクッション材でしたが, それを流用しました。回転盤を回した時の固定, およびLED トレース台の表面の保護のために付けます。この写真のものは4つの小片の集合体で, 一つ一つの大きさは10 mm × 10 mm 程度, 厚さは2~3 mm 程度で, 片面が接着面となっているため, 回転盤に貼り付けるのが容易です。

(3) 隙間埋めテープ

ご家庭でもよく使う, 引き戸などの隙間を埋めるための, 接着テープ付きのクッション材です。回転盤上には, 後述する大型薄片を置きますが, 回転盤を回転したときにそれが動かないように軽く保持するためのものです。(2)のクッション材が多数あれば, それを流用してもよいと思い



第3図 用意した大型薄片
A:電気石を含むペグマタイト, B:ラルピカイト, C:橄欖岩ノジュールを含む玄武岩(第4図のもの)。

ます。

(4) 大型偏光シート

ここに示しているのはA4サイズ、厚さ0.2～0.3 mm のものです。ネット販売では1,200円程度です。

(5) 小型偏光板

ここに示したのはサイズ8 cm × 8 cm、厚さは0.2 mm 程度のもので、ネット販売では、10枚入りのものが1,000円程度です。(4)の大型偏光シートが用意できない時あるいは使いにくい時に使います。

(6) コの字型アクリル台

店頭で物品を展示するための台ですが、ここでは上記の大型偏光シートを置くための台として使います。縦18～20 cm × 横10～15 cmで、下の隙間の高さが10 cm以下のものがよいでしょう。ネット販売では500円程度です。

(7) LED トレース台

昔はトレース台といえば蛍光灯を使ったものばかりでしたが、これに代わって現在では、薄く小型・軽量で持ち運びが容易、かつ長時間使っても熱くならないLEDトレース台が普及しています。これを観察用光源として使います。A4用紙サイズで価格は数千円～1万数千円程度で

購入できますが、機種を選ぶ際にはできるだけ「明るい」ものを選ぶようにします。薄片の観察に使う偏光板は光に対するフィルターでもありますので、トレース台の光源が暗くは薄片の干渉色のきれいさが分からないことになりかねないためです。

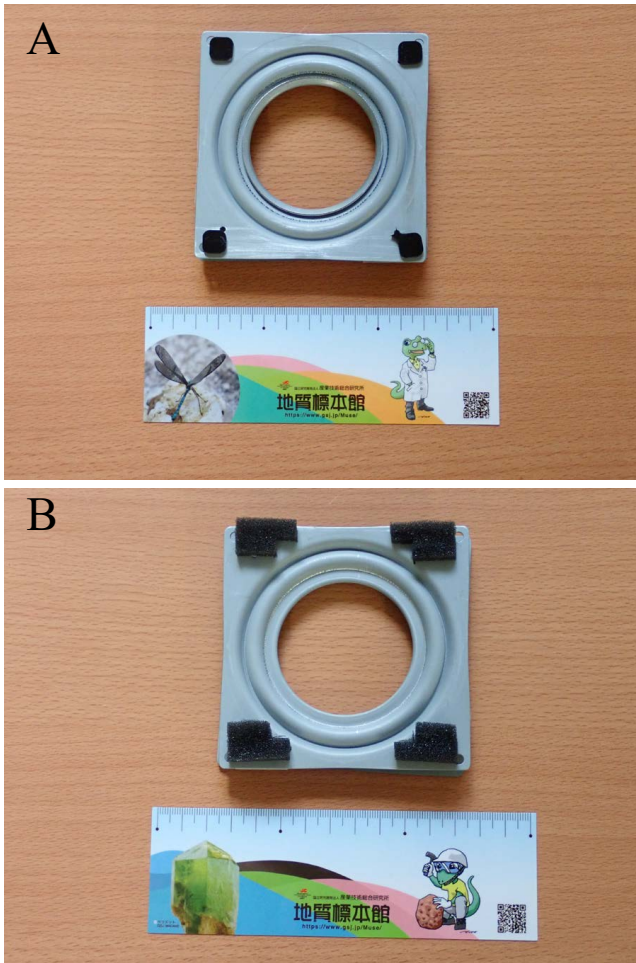
(8) モバイルバッテリー

イベント会場によっては電源が近くにならないこともありますので、LEDトレース台用の補助電源としてモバイルバッテリーを用意しました。

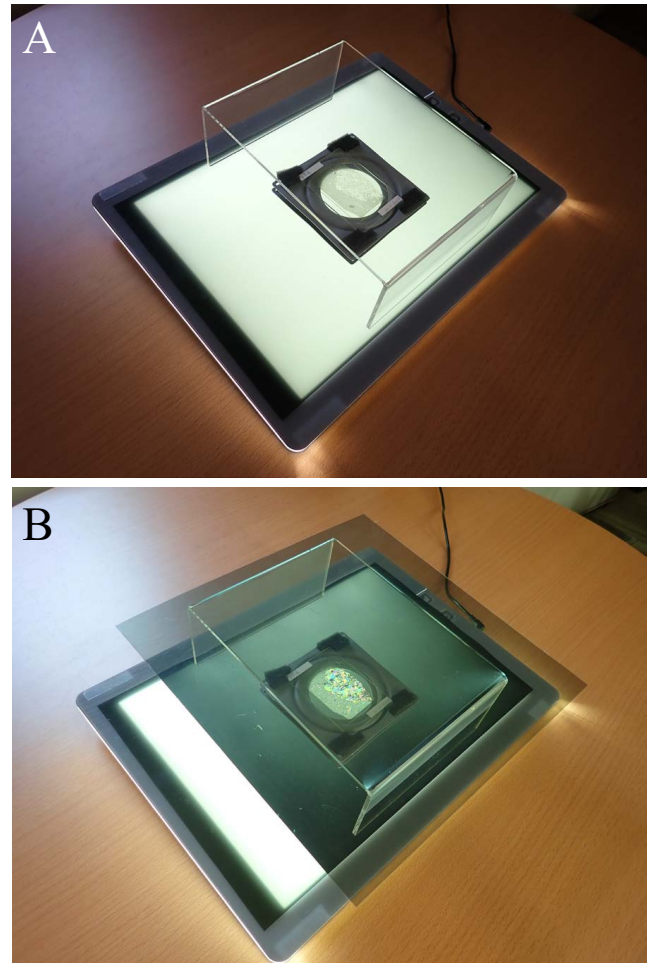
(9) 大型薄片

この偏光観察台では、機器を通して薄片を間接的に見るよりも、できるだけ肉眼で薄片を直接的に見てもらうことを意図しています。そのため、あまり細かすぎる鉱物からなる岩石では何を見ているのかよくわかりませんし、無色鉱物ばかりでは干渉色も白黒で、派手さ・きれいさの点では若干劣るので、できるだけ粗粒で、有色鉱物や炭酸塩鉱物が多く含まれている岩石を使う方が適していると考えられます。

第3図には、この観察台に合わせて特別に作製した粗粒な岩石の大型薄片(スライドガラスサイズ:78～80 mm × 55 mm)を示します。大型薄片にしたのは、肉眼



第4図 回転盤の準備
A：クッション材を貼り付けた下面，B：隙間埋めテープを貼り付けた上面（薄片を置く側）



第5図 偏光観察台のセッティング状況。薄片が載せてある状態。
A：偏光シート1枚の時（単ニコル状態），B：2枚目の偏光シートをかぶせたとき（直交ニコル状態）

でも鉱物粒や岩石の組織・特徴がよりはっきりわかるように、ということを用意したためです。ここに示したのは、電気石を含むペグマタイト、ラルビカイト、橄欖岩ノジュールを含む玄武岩です。

また、回転盤の上面にステージ代わりの大判のスライドガラスを置き、その上に粗粒な岩石の通常サイズの薄片（スライドガラスサイズ：48 mm × 28 mm）を複数枚用意して並べ、岩石同士の組織の違いを比較観察するという方法もあります。

さて、ここからは具体的な作業と説明手順に移りますが、以上の器具を用いて以下のように準備します。

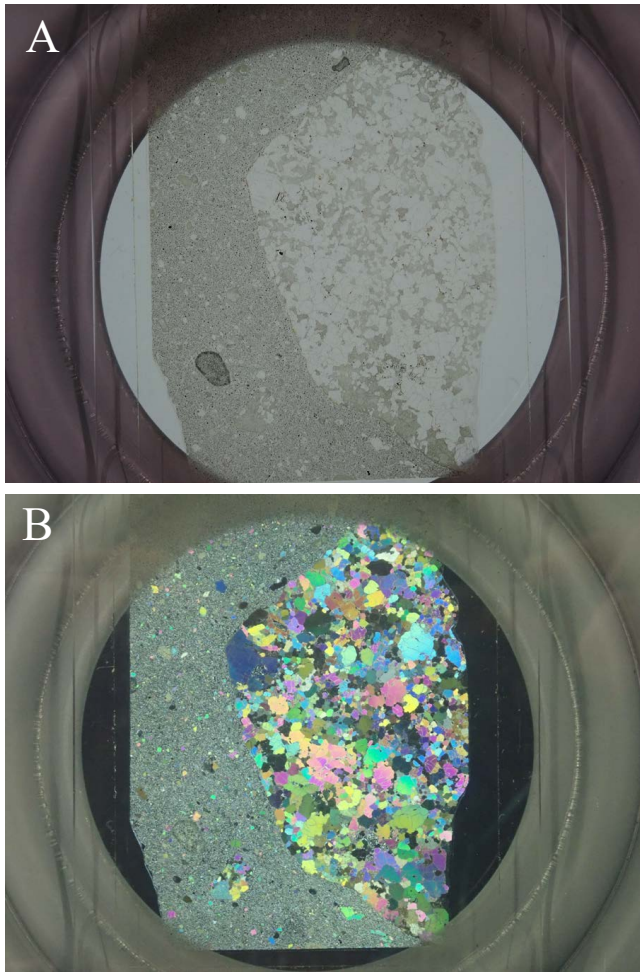
(1) 回転盤の片面の四隅に、回転台の支え（足）となるクッション材を貼り付けます（第4図A）。なお、前述の大型偏光シートが用意できないときには、小型偏光板の四隅を少し切り落とし、保護シートをはがして、このクッション材の間にメンディングテープで貼り付ける作業が必要になります。

(2) クッション材の反対側の面に、大型薄片の大きさに合わせて隙間埋めテープを貼り付けます（第4図B）。

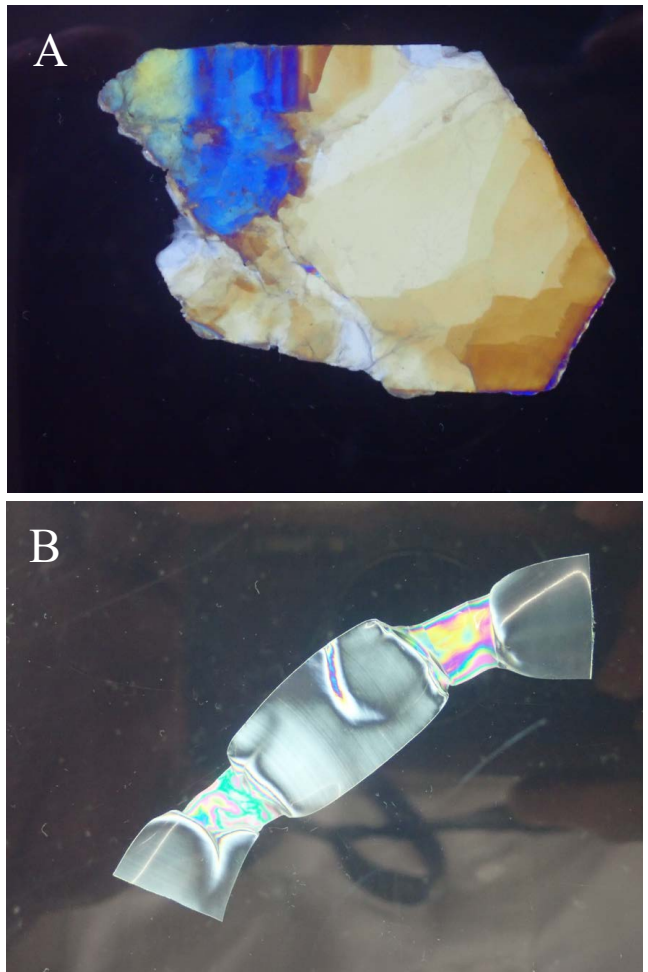
(3) LEDトレース台上に大型偏光シート（ここではトレース台に合わせてA4サイズ）、次に回転盤を載せます。なお、大型偏光シートが用意できないときには、小型偏光板を貼り付けた回転盤を載せます。

(4) その上にアクリル台をかぶせるように置き、さらにもう一枚の大型偏光シートを置きます。この時、トレース台上の偏光シートに対して直交関係（視野が真っ暗）になっている必要があります。第5図には、そのセッティングの外観を示します。

準備を終えたら、イベント会場では以下の順に説明します。まず、薄片と、そのもととなった岩石を見せて、岩石を30 μmまで薄くすると、こんな具合に透明になることを説明したのち、回転盤の上に薄片を置きます。この時、アクリル台の上には偏光シートはまだ置きません（第6図A）。次に、偏光シートを置くかどうか？と問い



第6図 薄片の観察
A：偏光シート1枚の時(単ニコル状態)，B：2枚目の偏光シートをかぶせたととき(直交ニコル状態)



第7図 薄片以外の観察
A：白雲母片，B：引き延ばしたビニール片

かけながら偏光シートをアクリル台にかぶせると、突然それまで色のなかった薄片が様々な干渉色で彩られ(第6図B)、イベント参加者はまず驚くと思います。次に、回転盤を回すと干渉色の変化が見られます。スマートフォンやデジカメの接写機能を使えば、その変化の様子を拡大して観察し、記録することもできます。このような「動き」があることが、さらにイベント参加者の興味を引き付けると思います。そのほか、例えば白雲母のかげらや引き延ばしたビニール片などでも、鮮やかな干渉色が楽しめます(第7図)。

このような、見た目が割と単純そうな道具だけで変化に富んだ面白いものが見られることを知っていただくことで、より自然科学への興味をひきやすくなるものと思います。また、この実演に合わせて、第1章、第2章に記したような、岩石学という学問の存在、研究手法(薄片の作り方等)、岩石の中の鉱物同士の関係、それからわかる岩石の形成過程などを説明することが重要な点となります。

さらに効果的なのは、この薄片観察の前に偏光万華鏡の工作(高橋, 2020)を行い、次に「実はこの偏光万華鏡の原理が岩石の研究を進めるために大事である」ことを話したうえで、上記の偏光観察台で薄片を見せる、という進め方です。この場合は、参加者が各々偏光板の入ったコップを持っているので、アクリル台とその上の大型偏光シートを使わないで、コップを通して回転盤上の薄片の様子を見ても行うこともできます。また、干渉色を生み出す複屈折がどのようなものを体験してもらうために、方解石を使って文字を見ても行うというオプションもあります(第8図)。このような体験学習を通して、偏光板万華鏡から岩石組織、さらには日ごろ何気なく見ている岩石がどのようなものなのか、という一連の流れで説明することで、一般の方に縁遠かった岩石学、さらには身近な地球の歴史に関心を持っていただく一助になると考えています。

薄片の手軽な観察方法については、これまでも地学の教育現場でいろいろと工夫されてきました。例えば、薄片



第8図 方解石の複屈折. 方解石の下の字が二重に見える。

観察用ホルダーの製作(杉山, 2008, 2010), デジタルカメラ, スキャナー, スライド映写機などの利用(山下ほか, 2019), 簡易偏光顕微鏡の製作(國光, 1978; 三輪, 1999), 生物顕微鏡への機能付加(鹿江, 2000; 佐々木・吉川, 2008; 鬼木, 2016)などがあります。また, 必ずしも薄片を対象とするわけではありませんが, 松丸(1998), 佐野・萩谷(2002), 高橋(2020)などに紹介されている偏光板での観察手法も, 非常に効果的です。さらに, 最近ではウェブ上で薄片の観察を模擬できるようにもなってきました。例えば, 岐阜大学教育学部のデジタル偏光顕微鏡(http://www.ha.shotoku.ac.jp/~kawa/KYO/CHISITSU/dezital_henkoh/index.html 閲覧日: 2020年6月9日)や, SCOPin Rock (<https://microscope.fumipo-theta.com/> 閲覧日: 2020年6月9日)などが公開されてきています。これらの手法と並び, 小論の偏光観察台も, 様々な体験学習の場で利用されれば幸いです。

5. 終わりに

今回示したような軽量・コンパクトな装置一式で, 精密で重量のある顕微鏡を代替でき, フットワーク良くイベント出展に臨むことができるのは, 出展する方としては運搬・設営準備が大幅に軽減化されるというメリットがあります。今年(2020年)は昨年度の出展実績を踏まえて, 解説の仕方を含めてより良い内容にしようとして準備したのですが, 残念ながら新型コロナウイルス蔓延に対する感染防止のために, 人が集まるイベントがほとんど中止となっており, 私たちとしても地質学の研究成果を広げる場がなく

なっていました。いつかまた, 大人も子供も集まって, 地質学にかかわる体験型イベントを楽しみ学べる時が来ることを祈っています。

謝辞: 回転盤, トレース台の利用については, 産総研地質調査総合センター地質情報研究部門の高橋雅紀博士に示唆をいただきました。大型薄片については, 地質情報基盤センター地質試料調製グループの皆さんに作成していただきました。また, 薄片用の岩石試料のうち, 電気石ペグマタイトおよび橄欖岩ノジュールについては, それぞれ元産総研職員の笹田政克博士, 名古屋大学の故鈴木和博名誉教授からいただいたものです。以上のご助力いただきました皆様に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 國光正宏(1978) 自作偏光顕微鏡とその利用. 東レ理科教育賞受賞作(高校地学) 理科教育賞. (https://www.toray-sf.or.jp/awards/education/pdf/s53_06.pdf 閲覧日: 2020年6月9日)
- 黒田吉益・諏訪兼位(1983) 偏光顕微鏡と岩石鉱物(第2版). 共立出版, 東京, 343p.
- 松丸敏和(1998) 観察センター誌上教室 10. 光のオブジェを作ろう ―偏光板を利用した実験と観察―. 国立科学博物館ニュース, no. 357, 29-30.
- 三輪伸央(1999) 生徒が作れる簡易偏光顕微鏡の利用. 東レ理科教育賞受賞作(高校地学) 奨励作. (https://www.toray-sf.or.jp/awards/education/pdf/h12_16

- pdf 閲覧日：2020年6月9日)
- 宮崎一博 (2016) 筑波山 —地下12kmにあったマグマの溜まり場—。地質標本館2016年夏の特別展「あの山この山 どんな山？」—「山の日」制定記念 日本の山の地質—。地質調査総合センター, 28p.
- 鬼木哲人 (2016) 岩石薄片作製を取り入れた火成岩の学習 —簡便化された岩石薄片と偏光顕微鏡の作製およびマグマづくりを通して—。教育実践研究, no. 26, 91-96.
- 佐野晋一・萩谷 宏 (2002) ハンディサイズの偏光板を利用した鉱物観察実習の展開例。福井県立恐竜博物館紀要, 1, 134-139.
- 佐々木 孝・吉川和男 (2008) 回転機能を有する簡易偏光顕微鏡の作成 —生徒用生物顕微鏡を偏光顕微鏡に—。群馬大学教育実践研究, no. 25, 67-75.
- 鹿江宏明 (2000) 簡易型偏光装置の製作とその教材化。東レ理科教育賞受賞作 (中学第2分野, 地学的領域) 佳作。 (https://www.toray-sf.or.jp/awards/education/pdf/h12_08.pdf 閲覧日：2020年6月9日)
- 杉山了三 (2008) 地域を生かした生徒自作標本による岩石・鉱物学習。東レ理科教育賞受賞作 (高校地学) 文部科学大臣賞。 (https://www.toray-sf.or.jp/awards/education/pdf/h20_01.pdf 閲覧日：2020年6月9日)
- 杉山了三 (2010) 地学教育における実験とその重要性。地質ニュース, no. 669, 27-36.
- 諏訪兼位 (2018) 岩石はどうしてできたか。岩波科学ライブラリー 269, 岩波書店, 東京, 136p.
- 高橋雅紀 (2020) サイエンスの舞台裏 —石が語る, 石と語る—。GSJ地質ニュース, 9, 42-49.
- 山下浩之・川出新一・山口珠美 (2019) 岩石薄片の作成と観察を取り入れた学習プログラムの開発と実践。神奈川県立博物館研究報告, no. 48, 131-150.
-
- SAWAKI Takayuki (2020) Thin section watching on a turntable with a couple of polarizers in outreach activities.
-
- (受付：2020年6月15日)



下野 貴也 (しもの たかや)

地質情報研究部門 資源テクトニクス研究グループ

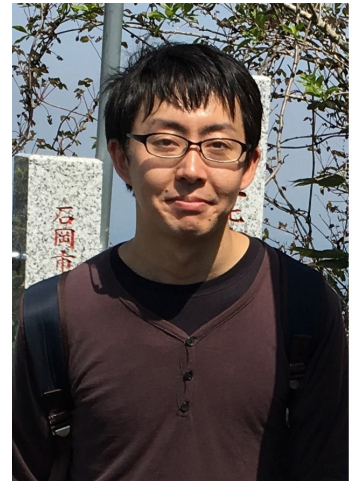
2020年4月より産総研特別研究員として地質情報研究部門資源テクトニクス研究グループに配属となりました。下野貴也と申します。2015年に筑波大学で博士号を取得し、その後5年間、明治大学ガスハイドレート研究所で博士研究員を経て、現職にいたります。

専門は古地磁気・環境磁気学で、海洋コアの磁性に関する研究をおこなっております。学部生の頃に古地磁気研究の幅広さと未開の地を研究する海洋分野に惹かれ、これまで国内外の海洋調査経験をもとにレアアース泥を含む南太平洋の遠洋性粘土や日本海のカス(メタン)ハイドレートを含む粘土、漂流岩砕を含むオホーツク海の粘土など様々な海底の堆積物を対象に研究をおこなってきました。

堆積物の特徴から過去の堆積環境を知るため、古地磁気層序による年代推定をおこなうと共に磁気測定、化学分析、鉱物分析、顕微鏡観察などを組み合わせ、地球環境の移り変わりによって変化する供給物質や

海底の酸化還元状態、元素濃集プロセスの解明を目指して研究をおこなっております。また、自身らの研究で南太平洋の深海底にも広く分布していることが分かってきた走磁性バクテリア由来の磁鉄鉱や過去の日本海海底など還元環境において作られる硫化鉱物由来の磁性鉱物にも興味を持っております。

本研究所では、海底物理探査を含む海洋調査にも加わり、自身の知見を広げていけたらと考えております。これからどうぞよろしくお願い致します。



吉原 直志 (よしはら なおゆき)

地圏資源環境研究部門 地下水研究グループ

本年度4月より地圏資源環境研究部門地下水研究グループに配属されました。吉原直志です。昨年度3月に筑波大学の生命環境科学研究科地球科学専攻で修士号を取得し、このたび修士型研究員として採用していただきました。

大学院では、高密度電気探査による斜面浅部(深度数m程度)の地下構造の推定を行いました。具体的には、山地斜面の比抵抗分布にもとづき、表層崩壊の発生に関わる軟弱土層の空間分布を推定しました。この研究を通して、実際に見ることの難しい環境や構造を、様々な手法で可視化する面白さに気づきました。これをきっかけに研究を仕事にしていきたいと考えようになりました。

地下水研究グループでは、地形学的な視点を取り入れながら地下水調査のノウハウを吸収していきたいです。今まで以上に水文学・地質学について深く、そして幅広く理解する必要があるため、まずは専門知識

や調査技術の習得に努めたいと思います。水文環境図の作成をはじめとして、これから様々な形でGSJに貢献できるように精進します。まだまだ未熟者ですが、どうぞよろしくお願いいたします。





中谷 是崇 (なかたに これたか)

地質情報研究部門 平野地質研究グループ

こんにちは。2020年4月より修士型採用で地質情報研究部門平野地質研究グループに配属になりました。中谷是崇と申します。横浜国立大学理工学部建築都市・環境系学科を卒業し、同大学院環境情報学府自然環境専攻で修士課程を修了しました。

私は学部から修士まで三浦半島の前弧海盆堆積物の調査研究を行ってきました。野外調査で地層の一枚一枚を細かく記載し、岩相層序を組み立ててきました。また、昔の地球磁場の記録である古地磁気や、火山灰が堆積した地層の対比によって地層の堆積年代を推定したり、砂岩層中の砂粒子の配列傾向に着目し、堆積物を運んだ昔の流れの方向を推定したりしていました。

GSJでは紀伊水道の地質・活断層調査を行うことになっています。自分にとっては新しい地域の調査になるので、非常に楽しみです。GSJではこれまで以上に野外に出る機会が増えると思いますので、今までの経験を活かしつつさらにパワーアップしていきたいです。

す。何事にも挑戦する心を持って、いち早く一人前の研究者として成果を上げられるよう努力してまいりますので、どうぞよろしくお願いいたします。



椎名 高裕 (しいな たかひろ)

活断層・火山研究部門 地震テクトニクス研究グループ

2020年4月より、活断層・火山研究部門地震テクトニクス研究グループに配属されました椎名高裕です。私は、地震が発生したときに観測される地震波の特徴から地球内部の構造を調べ、特に沈み込み帯における地震の発生メカニズムや水の循環プロセスの解明を目指した研究をこれまで行ってきました。

地表で観測される地震波形データには、広く知られているP波やS波(直達波)以外にもさまざまな特徴を持つ波形が記録されています。このうち、直達波の後に続いて観測される波群は後続波と呼ばれ、直達波の解析からは検出の難しい、地球内部に局在化した構造の存在を示す直接的な証拠となります。私は、そのような後続波を中心とする地震波形データの解析を通して、地球内部へ沈み込む海洋リソスフェア内部の詳細な構造を明らかにしてきました。活断層をはじめとする断層帯周辺部は、地球の中で最も複雑な構造が発達する領域の一つであり、後続波を含め、特徴的な地

震波形が観測されています。今後はそのような地震波形データから断層帯内部や周辺の地震学的特徴を明らかにし、断層の物理特性や物質構造の解明につなげられるよう研究に励みたいと考えています。どうぞよろしくお願いいたします。



見えない絶景 深海底巨大地形

藤岡換太郎 [著]

講談社 (ブルーバックス)
発売日：2020年5月21日
定価：本体1,000円＋税
ISBN: 978-4065179048
17.2 cm x 11.4 cm x 1.4 cm
ソフトカバー
240 ページ



昨今のコロナ禍にあって、世の中にはバーチャルという言葉が溢れている。私の日常でも、在宅勤務が推奨され、所内や所外の会議は、ネットを用いたバーチャル形式で行われることも多くなった。現在、私の子供が通う大学でも、対面授業の開催にリスクを伴うため、バーチャル形式の遠隔授業が行われているらしい。今年度開催予定であった国内外の学会の多くは、バーチャル開催にシフトしている。このバーチャルな生活様式は、人の移動や対面を伴わないという現実社会における感染症予防の意図がある。しかし、これ以上の効果として、非現実的な仮想空間を制約無しで自由に創造することができるという優れた特性もある。たとえば、ドラゴンクエストなどの多くのゲームソフトで描かれる世界観は、まさにバーチャルそのものである。

ところで最近、私が凄く関心を持っていることの一つに、5000万年前の日本(東アジア)付近に“海嶺”が沈み込んだか否かについての議論がある。この時期に沈み込んだと考えられているイザナギ・太平洋海嶺は既にアジア大陸の下に深く沈み込んでしまっていて地表には存在しないのだが、地震波観測によるトモグラフィーのイメージで見るとその断片は未だにユーラシア大陸地殻下のマントル遷移帯にメガリスとなって浮遊していると言われている。またこの海嶺の沈み込みによって引き起こされた様々な地質現象が、北海道を始め日本列島の各地に断片的に残されていると言われ始めている。このような論理が成立するのは、現在の南米のチリ沖に沈み込んでいるチリ海嶺とそれが南米大陸にもたらしている地質現象の観察事実に基づく斉一論的な解釈の結果といえる。地質学の世界観は、歴史科学の宿命としてのデータセットの不完全さを補うために、

ある程度まで思考や論理で補填する行為が不可欠であり、その意味において、物理や化学分野とは異なり、不確実でバーチャルな部分も含まれているサイエンスなのである。

我々が住む地表から、深海底の地形を直接見渡すことは出来ない。しかし最新の科学技術を駆使すれば、観測データを可視化してイメージすることができる。また、有人潜水調査船やROV (Remotely operated underwater vehicle) を用いれば、その一部を実際に覗き見ることさえも出来る。上述した海底の巨大山脈である海嶺を始め、深海底には地表では決して見られない規模の巨大地形が広がっていることがわかっている。例えば、日本列島の太平洋側には水深10000 mを越える狭長かつ深淵な窪みである海溝が存在し、そこでは太平洋プレートが10 cm/yrの速度で沈み込んでいる。その太平洋プレートが生み出される東太平洋海膨が南米チリ沖に存在することも、よく知られた事実である。さらに海嶺付近にはこれを胴切りに切断する長大な横ずれ断層であるトランスフォーム断層が多数存在する。また、深海底には日本列島の数倍の面積がある海底の台地である海台が存在する。しかし、これらの多くの実態は未だ闇の中である。人類にとって深海底は、宇宙空間に匹敵するサイエンスフロンティアなのである。

深海底の地形は地表で我々がみているものよりも遥かに巨大かつ長大である。なぜ、このような大規模な地形が存在するのか？その成因は？何時から？これらの素朴な疑問の数々は、我々地球科学分野の研究者の第一級の命題でありながら、誰しもが明解に答えることは難しい。この度、元海洋研究開発機構の藤岡換太郎さんが、“見えない絶景”である深海底の巨大地形に焦点を当てた新書を刊行された



ので、以下に読者の皆さまにその内容をご紹介します。

本書の目次は、以下の通りである。

第1章 深海底世界一周

第〇景 世界一周のロードマップ

第一景 日本海溝

第二景 深海大平原

第三景 シャツキー海台

第四景 ハワイ諸島ホットスポット

第五景 巨大断裂帯

第六景 東太平洋海膨

第七景 チリ海溝

第八景 大西洋中央海嶺

第九景 中央インド洋海嶺

第十景 坂東深海盆

第2章 深海底巨大地形の謎に挑む

第3章 プレートテクトニクスのはじまり

第4章 冥王代の物語

終章 深海底と宇宙

前半の第1章では、読者を深海底世界一周の旅に誘っている。その際、フランスのSF作家であるジュール・ガブリエル・ヴェルヌの著した“海底二万里”になぞらえて、“海陸空を自由自在に移動できる潜水調査船ヴァーチャル・ブルー”に乗船し、自らキャプテン・フジオカと称して世界の深海底10ヶ所の「見えない絶景」(第一～十景)をナビゲートし、それぞれ地形の成り立ちについて解説を加えている。

後半の第2章以降では、第1章で巡った深海底巨大地形の成因に関する謎解きを、独自の仮説に基づいて展開している。第2章では、深海底巨大地形の成因に関する謎にせまり、第3章では、それらを作ったドライビングフォースとして、地球上でのプレートテクトニクスの起源について論じている。既に東工大の丸山茂徳教授らはグリーンランドのイスア地域に最古の付加体を見だし、その年代を39億年前と論じていることは、地質分野の研究者の間ではよく知られている。そこからさらに遡った、初期のプレートテクトニクスの姿とはいかなるものであったのか?たいへん魅力的な話題が次々と展開していく。さらに第4章では、冥王代(地球が誕生して6億年間)に焦点を当て、地球創世記の解説を行っている。終章においては、地球史において繰り返し起こってきた天変地異や大量絶滅と天体衝突との関係について概説し、本書の締めくくりとしている。

先にも述べたとおり、この新書に描かれた深海底世界一周旅行はバーチャルなものではあるが、もちろん事実に基づいて記載されている。その裏付けとなっているのは、我が国の誇る潜水調査船“しんかい6500”での総計51回のダイブならびに人類初の三大洋潜行の輝かしい経歴を持つ藤岡さんご自身の行ってきた深海研究の成果や経験である。その意味では、本書は、我が国における深海研究の回想録とも言えよう。

ところで、これまで我が国の深海研究が世界をリードしてこられたのは、潜水調査船“しんかい2000”および“しんかい6500”等のハイスペックな機器開発とその運行が大きかったといえる。しかし現在では、隣国である中国では最大到達水深7000mと公称される潜水調査船“蛟龍(Jiaolong)”が開発され、既に運航されている。潜水調査船の開発と運行には多額の経費が必要となる。このため、“しんかい6500”の後継機の開発計画も頓挫したままとなっている。国土の四方を海域に囲まれた我が国は世界有数の海洋国家であり、それ故、海洋研究は国是と言える。今後、この国の威信をかけて、“蛟龍”のスペックを上回る後継機の開発を国民として切に期待している。

私はこれまでも、藤岡さんの書かれた“「山」、「海」、「川」がどうしてできたか?”“3つの石で地球がわかる”“フォッサマグナ”などのシリーズ5部作(ブルーバックス)について、GSJ地質ニュースの誌上で読者に紹介してきた経緯がある(七山, 2015, 2018a, 2018b)。これらに加え、深海底の地形について詳しく論じた本書をあわせて読むと、どなたでも地球の成り立ちを俯瞰的に理解できるようになると私は考えている。

文 献

七山 太 (2015) <新刊紹介>『川はどうしてできるのか』地形のミステリーツアーによろこそ 藤岡換太郎 [著]. GSJ地質ニュース, 4, 92-93.

七山 太 (2018a) <書籍紹介>三つ石で地球が分かる—岩石がひもとくこの星のなりたち— 藤岡換太郎 [著]. GSJ地質ニュース, 7, 86-86.

七山 太 (2018b) <新刊紹介>フォッサマグナ 日本列島を分断する巨大地溝の正体 藤岡換太郎 [著]. GSJ地質ニュース, 7, 332-333.

(産総研 地質調査総合センター 地質情報研究部門 七山 太)

GSJ 地質ニュース編集委員会

委員長 宮地良典
副委員長 名和一成
委員 杉田創
児玉信介
竹田幹郎
落唯史
小松原純子
伏島祐一郎
森尻理恵

事務局

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター
地質情報基盤センター 出版室
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

GSJ 地質ニュース 第9巻 第9号
令和2年9月15日 発行

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター

〒305-8567 茨城県つくば市東1-1-1 中央第7

印刷所

GSJ Chishitsu News Editorial Board

Chief Editor : MIYACHI Yoshinori
Deputy Chief Editor : NAWA Kazunari
Editors : SUGITA Hajime
KODAMA Shinsuke
TAKEDA Mikio
OCHI Tadafumi
KOMATSUBARA Junko
FUSEJIMA Yuichiro
MORIJI Rie

Secretariat Office

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
Geological Survey of Japan
Geoinformation Service Center Publication Office
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

GSJ Chishitsu News Vol. 9 No. 9
September 15, 2020

Geological Survey of Japan, AIST

AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1, Higashi, Tsukuba,
Ibaraki 305-8567, Japan



アンコール遺跡は、1992年にUNESCOにカンボジア王国初の世界遺産として登録された。トンレ・サップ湖の北にクメール王朝の旧都がおよそ200 km²の広大な範囲に広がり、11～15世紀にかけて、砂岩やラテライトのブロックを積み上げて建造された石造建造物群は、その芸術性の高さから注目を集めている。世界的に有名な寺院遺跡アンコール・ワットや城砦都市遺跡であるアンコール・トムの他、灌漑施設や街道の遺構を含めて、世界遺産が構成されている。

(写真：太田雄貴 元 地質調査総合センター 地質情報研究部門 リサーチアシスタント・
文：鈴木 淳 産総研地質調査総合センター 地質情報研究部門)

Angkor, UNESCO World Heritage Site of the Kingdom of Cambodia. Photo by OTA Yuki, Caption by SUZUKI Atsushi