

GSJ 地球をよく知り、地球と共生する 地質ニュース

2017

6

Vol.6 No.6



6月号

-
- 181 **サイエンスの舞台裏 - カリフォルニア湾の作り方 -** 高橋雅紀
-
- 190 **SIP「次世代海洋資源調査技術」における
産総研の2016年度成果と今後の取り組み**
山崎 徹・池原 研
-
- 195 **J.J. ライン著「中山道旅行記」邦訳（その1）**
山田直利・矢島道子
-
- 202 **CCOP-GSJ-GA Groundwater Phase III Meeting 開催報告**
内田洋平・シュレスタ ガウラブ・塚脇真二
-
- 204 **インドネシアの世界遺産
「バリ州の文化的景観：スバック灌漑システム」** 塚脇真二
-
- 208 **地質学用語の中国語表記：第5回 地球化学** 伊藤 剛
-
- 212 **平成29年度地質調査総合センター新規採用職員研修報告**
佐藤智之

サイエンスの舞台裏

—カリフォルニア湾の作り方—*

高橋雅紀¹⁾

*日本地球惑星科学連合2010年大会にて講演

1. 経緯

パソコンの中を整理していたら、懐かしい原稿が出てきた。2009年の3月に東京大学理学部の松浦充宏先生が退官される際、有志が集まって雑誌「月刊地球」に特集号を出そうということになり、私にも何か記事を書いてくれないかと頼まれ書いたものである。企画はその後に頓挫して、特集号は結局出版されることはなかった。たぶん、依頼された誰よりも早く原稿をまとめ上げてPDFを提出したが、そのまま記憶の彼方に忘れ去られてしまった。それではもったいないので、ここにそのまま報告しようと思う。

記事のタイトルは「紙と鉛筆と地質学と地球物理学 (Integration of geology and geophysics in Japan)」。地質学会に本籍を残しつつも、覚悟を決めて住民票を地震学会に移した数年後だったから、地質学と地球物理学の融合 (fusion)、あるいは統合 (integration) の必要性を強く感じていたのであろう。振り返れば、その後の10年近く地球物理研究者の中に入り込み、分野間融合を主張しながら研究発表を続けてきた。目に見える効果には疑問符が付くが、どこかの誰かに私の哲学が伝わっていると思いたい。

記事は、軽微なミスや投稿規定に対応する修正だけにした。当時のアカデミーを取り巻く時代背景と併せてこの記事の評価するためには、リアリティーをそのまま記録することが必要と思われたからである。奇しくも、記事を書き上げた日付は、東日本大震災のちょうど2年前であった。あの時、私は何を思い、何を考えていたのだろうか。過去と現在を行ったり来たりする地質学者の習性から、8年前を振り返ってみたい。

2. はじめに

固体地球を研究対象としている日本の地質学と地球物理学は、いつの頃からか遠く離れてしまった感がある。地質学の研究もますます個別現象に特化され、声高に叫ばれてきた“分野間融合”は、分野内の“専門分野間融合”から始

めなければならない。ひとつには、多くの研究者の関心を集められる、根幹となるべき研究テーマの枯渇が原因であろう。それは、プレートテクトニクスという宴のあとなのだから仕方がないにしても、あまりにも時間が経った気がする。蛸壺研究に陥らないためにも、分野を越えた情報の交換と問題の共有化は、意識して続けるべきと思う。

具体的にどのようなテーマが発見されるのかわからないけれども、「隣は何をする人ぞ。」と意欲的に動き回れば、棒に当たる犬も出てこよう。居心地の良い自分の専門性の中に閉じこもらず、隣の食堂に出かけてまずは食べてみる。うまいかまずいかは、それから判断する。もしかすると、隣は宝の山かもしれない。宝の価値に、気づいていないだけなのかもしれない。歳をとってからはなかなか難しいので、若い研究者は積極的に周辺分野に出向いて欲しい。そのような行動を奨励する雰囲気、学会に求められていると思う。

3. 松浦先生との気まずい出会い

松浦充宏先生の退官記念号をまとめるにあたって、私にも何か執筆して欲しいとの松浦先生の意向を名古屋大学の鷲谷威教授からメールを受けたのは、2009年2月の終わりであった。私は典型的な地質学者であり、生粋の地球物理学者である松浦さん(以下、“さん”付けをご容赦願いたい)と初めてお会いしたのは2004年秋の九州大学での日本地震学会だから、たかだか数年間のお付き合いである。もちろん専門分野が違うので、お会いできるのは春の地球惑星科学連合大会と秋の地震学会だけであり、これまで10数回しかお会いしていない。何を書いてもよろしいようなので、記憶を頼りに思いつくままキーボードをたたいてみた。

2004年の地震学会は、私にとっては地震学会に入会して初めての発表であり、それまで20年以上も発表を続けてきた日本地質学会から地震学会に活動場所を移した覚悟の参加であった。伝手も柵もない地震学会で、立ち見が

1) 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

キーワード：思考実験、テクトニクス、海嶺の沈み込み、背弧拡大

出ることを期待した初めての発表は肩すかしとなり、消沈しきって聴いていた講演のうちで松浦さんの発表が印象に残った。「衝突率を導入すると、プレート沈み込み帯の地殻変動が説明できる。」と言うような内容だったと記憶するが、地質屋にはなんとも難しい。インドの衝突は100%、伊豆-丹沢の衝突は50%で、日本海溝では10%だという。前二者はいいとしても、日本海溝には何もぶつかっていない。

ぶつかっているのが何なのか、講演を聴いていてすぐピンときた。その学会で私が発表した、日本海溝の移動のものではないか。私のモデルでは、日本海溝の西向きの移動速度は年に1~2 cm、一方、太平洋プレートの速度は9~10 cmだから、太平洋プレートの運動の10~20%が衝突していると考えても実質は変わらない。インドや伊豆半島と違って日本海溝では何かが衝突しているわけではないが、観測としては同じに映るはずである。早速、懇親会で松浦さんにお話を伺おう、というより私のモデルを売り込もうと接近を試みた。

背広姿に品のある眼鏡のいかにも東京大学教授といった風貌にちょっと尻込みし、同じ地質屋同士で地質学会では昔から気さくな松田時彦さんをお願いし、きっかけを作っていた。「日本海溝では何も衝突していないのに、10%の衝突率は、実際には何をみているのですか?」。一瞬、松浦さんの顔色がこわばって、「失敗したかな。」と内心つぶやいた。そのあとの10分間だか20分間だかの気まずい雰囲気は、今でもはっきり憶えている。

「何か話題を変えなければ。そうだ、西南日本のフィリピン海プレートのスラブの話しよう。」その日の講演では、西南日本の地下のフィリピン海プレートのスラブの先端がどこまで沈み込んでいるのかといった内容の発表がいくつかあり、単純に新鮮な印象を受けていたからである。「先生、西南日本のフィリピン海プレートが、山陰よりも先には見えないとの講演がいくつかありましたが、なぜ西南日本には、フィリピン海プレートのスラブが途中までしか見えないのか分からないのですか?」と質問してみた。「さっぱり分からない。」との返事を受けて、早速、日本列島の模型を引っ張り出して説明を始めた。「2,500万年前まで遡って考えると、西南日本にはフィリピン海プレートのスラブが途中までしかないことが分かりますよ。」と。

日本海の拡大と四国海盆の拡大、そしてそれ以降の日本列島の成り立ちを簡単に説明し、フィリピン海プレートのスラブは山陰よりも先にはもともと存在していないことを話したら、ちょっと雪解けを感じた。その後、ひとつふたつ会話をしたあと、「今度、東大にきてセミナーで話をし

てごらん下さい。」との一言を頂いた。「まあ、初めての場所だ。新人のつもりでよくやった。」と自分に言い聞かせて、九州をあとにした。私はそのとき、41歳であった。

実際に東京大学理学部の「固体地球セミナー」で講演したのは、そのときのパワーポイントファイルをみると2005年12月14日、タイトルは「日本列島の圧縮テクトニクスの原因」で、スライド数は772枚、2時間ノンストップの講演であった。地質研究者ではただひとりセミナーに参加していた木村 学さん(教授なのだけれど、昔からそういう間柄なので)も、最後まで必死に聴いてくれた。講演後、セミナーを担当していた松浦さんの直弟子である深畑幸俊君(現在は京都大学防災研究所)からは鋭いコメントが入り、さすが地球物理研究者は論理(logic)に厳しいと感心した。

その後、東京大学で開催された国際ワークショップに参加し、引き続き野外巡検で伊豆半島の衝突地域(足柄層群や丹沢層群、箱根火山など)を海外の研究者と一緒に歩いたときは、思った以上に地球物理研究者が地質に興味があることに驚いた。そういえば、地球物理学の大御所の故・竹内均東京大学名誉教授も、随分地質学の訳本を執筆していた。地質屋は嫌いだけれど、地質学はとても好きだったのかもしれない。巡検初日の夜中、東京から箱根に駆けつけた松浦さんと明け方近くまで酒を呑みながらの熱い議論は結構きつかった。

その後は、深畑君がコンビナーをしている地球惑星科学連合大会のセッション(プレート収束帯のテクトニクス)で、毎回トリで講演している。昨年の講演で、「今年もトリをつとめさせていただきます。」と言ってから講演したら、そのあとポスター会場でコーヒーを飲みながら、松浦さんが「トリかぁ・・・」と呟いたのが今でも忘れられない。トリは次の講演を気にしないで済むだけのだけれど、それでも毎回責任を感じつつ準備している。あと何回、トリで講演できるだろうか。

思い出話だけでは申し訳ないので、サイエンスの話をして松浦さんへの祝辞としよう。何を話そうか悩むのだけれど、通常の論文集ではないこのような企画だから、最近考えていることのひとつを紹介したい。まとまっているわけでもなく、レビューをきちんとしているわけでもない。私のサイエンスの最初の一步は、いつもこのような感じであるとの紹介文だから、気楽に読んで頂きたい。

4. 紙と鉛筆と時間があれば

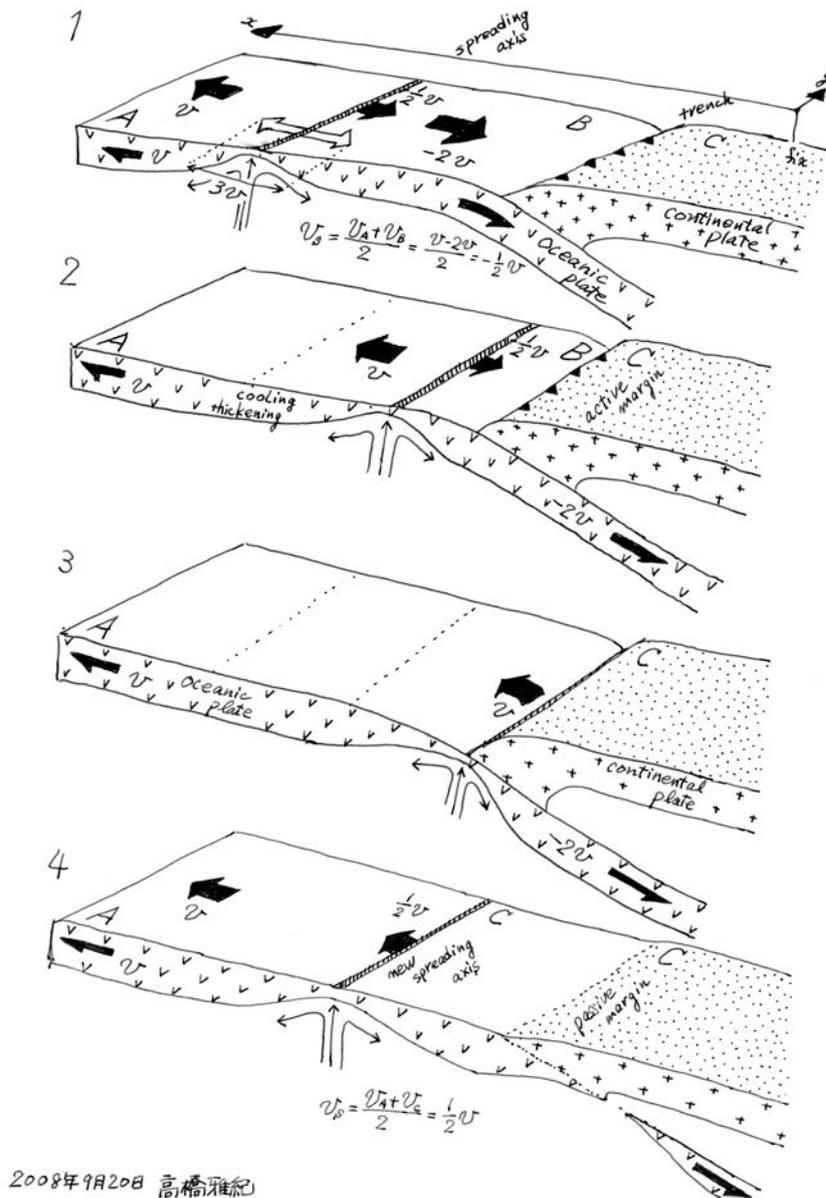
拡大している海洋プレートのAとBがあり、片側の海

洋プレート B が大陸プレート C の下に沈み込んでいる基本モデルから思考実験を始めてみよう (第 1 図)。図で右向きをマイナス (-), 左向きをプラス (+) とし, わかりやすいようにそれぞれ東および西向きとする。したがって, 奥に向かう方向が北向きである。そして, 大陸プレート C は固定させておく。

海洋プレート A は西に向かって V の速さで移動し, 一方, 海洋プレート B はその 2 倍の速さで東に移動している, すなわち $-2V$ の速度で移動しているとしよう (第 1 図の 1)。したがって, 海洋底は $|3V|$ の速さで拡大している, 片側拡大速度の大きさは, その半分の $|1.5V|$ となる。海洋底は東西に発散している, その中間に

位置する海洋底拡大軸は南北方向となる。そして, 海洋プレート B は $-2V$ で移動しており, 一方, 片側拡大速度の大きさは $|1.5V|$ なので, 拡大軸は $-0.5V$ の速度で移動していく。すなわち, 海洋底拡大軸は, $|0.5V|$ の速さで海溝に向かって東に移動していく (第 1 図の 2)。そして, ついには海溝に到達するはずだ。

海洋底拡大軸が海溝に到達したら, どうなるだろうか。それまでは, 大陸プレート C に対して海洋プレート B は $-2V$ の速度で移動している, 海溝では両者は $|2V|$ の速さで収束, すなわち海洋プレートが $|2V|$ の速さで沈み込んでいた。ところが, 拡大軸が海溝に達すると, それまで大陸プレート C と海洋プレート B の境界であった



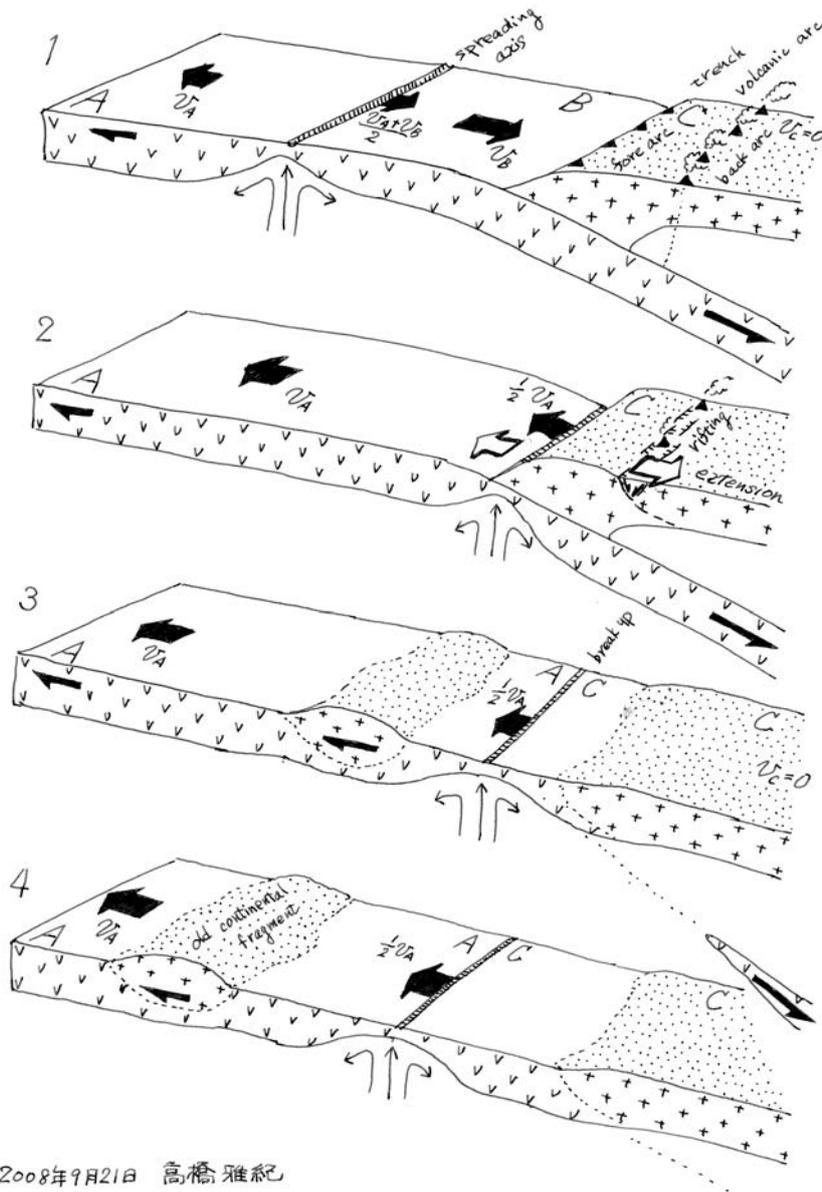
第 1 図 海溝に到達した海洋底拡大軸に関する思考実験 (基本モデル)。

海溝は、大陸プレートCと海洋プレートAの境界になってしまう(第1図の3)。大陸プレートCに対して海洋プレートAは $|V|$ の速さで西に移動しているの、両者は発散していくこととなる。その結果、大陸プレートCと海洋プレートAの新たな拡大軸が $|0.5V|$ の速さで西に移動しながら、両側のプレートに海洋底が付け加わっていくはずである(第1図の4)。

海洋プレートAは何もなかったように西に移動していくが、大陸プレートCは沈み込み帯から大西洋型大陸縁に移行してしまう。個々のプレートが一樣な運動を継続していたとしても、大陸プレート縁が活動的大陸縁(active margin)から非活動的大陸縁(passive margin)に転換して

しまうことがあり得る。ちょっと騙されているようだ。

続いて、このモデルを基本とし、沈み込み帯の地学現象を考慮し考察してみよう。海洋プレートが沈み込んでいる上盤プレートには、プレートの沈み込みにもなって、海溝と平行な火山列が形成される。例えば、南米大陸西縁の陸弧(continental arc)や東北日本弧などの島弧(islands arc)である。これらの陸弧や島弧では、海溝からある距離だけ離れた地下深部でマグマが発生し、地表に噴出したものが火山となる。火山活動のない海溝側は前弧(foreside arc)、火山活動が活発な範囲を背弧(back-arc)と大別されるが、後者を火山弧(volcanic arc)と呼ぶ場合が多い。両者の境界が火山フロント(volcanic front)だ。



2008年9月21日 高橋雅紀

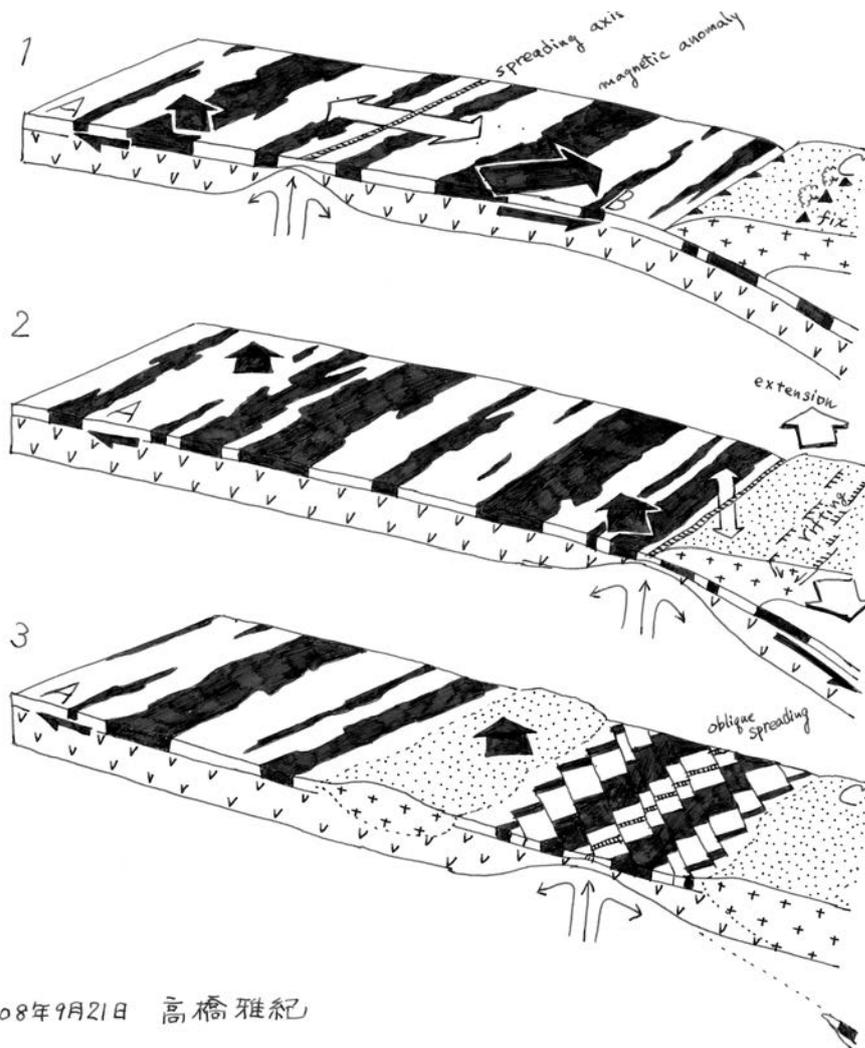
第2図 海溝に到達した海洋底拡大軸に関する思考実験(背弧拡大モデル)。

火山弧はマグマの熱で温められているので、冷たい前弧域よりも変形しやすい。冷えたチョコレートは固いけれど、温まったチョコレートが軟らかいのと同じである。そのため、沈み込み帯の上盤プレート縁では、いつも火山弧に変形が集中する。さて、このような火山弧の特質を基本モデルに組み入れたら、どうなるであろうか。先ほどと同様に、3つのプレートを使って思考実験をしてみよう。

海洋プレートBが大陸プレートCに沈み込み、大陸プレートCの端には海溝と平行な火山弧が形成されている(第2図の1)。海洋底拡大軸が海溝に到達すると、大陸プレートCの縁に成長していた陸弧は、西に移動している海洋プレートAの運動により、海洋側(西)に引き出されようとされるはずである。このとき、変形は熱的に軟らかい火山弧に集中すると予想され、火山弧に沿って東西に引っ張られた地溝帯、すなわちリフト(rift)が形成されるであろう(第2図の2)。

そして、リフトが拡大して、ついには大陸プレート縁が伸張破断(breakup)すると、海洋底拡大に移行する。その結果、海洋プレートAは、かつてのプレートCの陸弧の前弧域をのせたまま西に移動していくが、前弧をはぎ取られた大陸プレートCは非活動的大陸縁に移行する(第2図の3と4)。白亜紀の花崗岩塊が海底から採取されている大東諸島のように、古い大陸地殻がより新しい海洋底に取り囲まれているパラドックスは、このようなメカニズムで説明できるかもしれない。

さらに、空想をつづけて、今度は海洋プレートのAとBのいずれの運動にも、北向きの成分がある場合を考えてみよう。つまり、プレートAは北西にプレートBは東北東に移動し、両者は東西に発散しながら北に移動しているとするケースである。わかりやすいように、海洋底の縞状地磁気異常も示しておく(第3図の1)。今度のケースでもこれまでと同様に拡大軸は南北となる(というより、そ



2008年9月21日 高橋雅紀

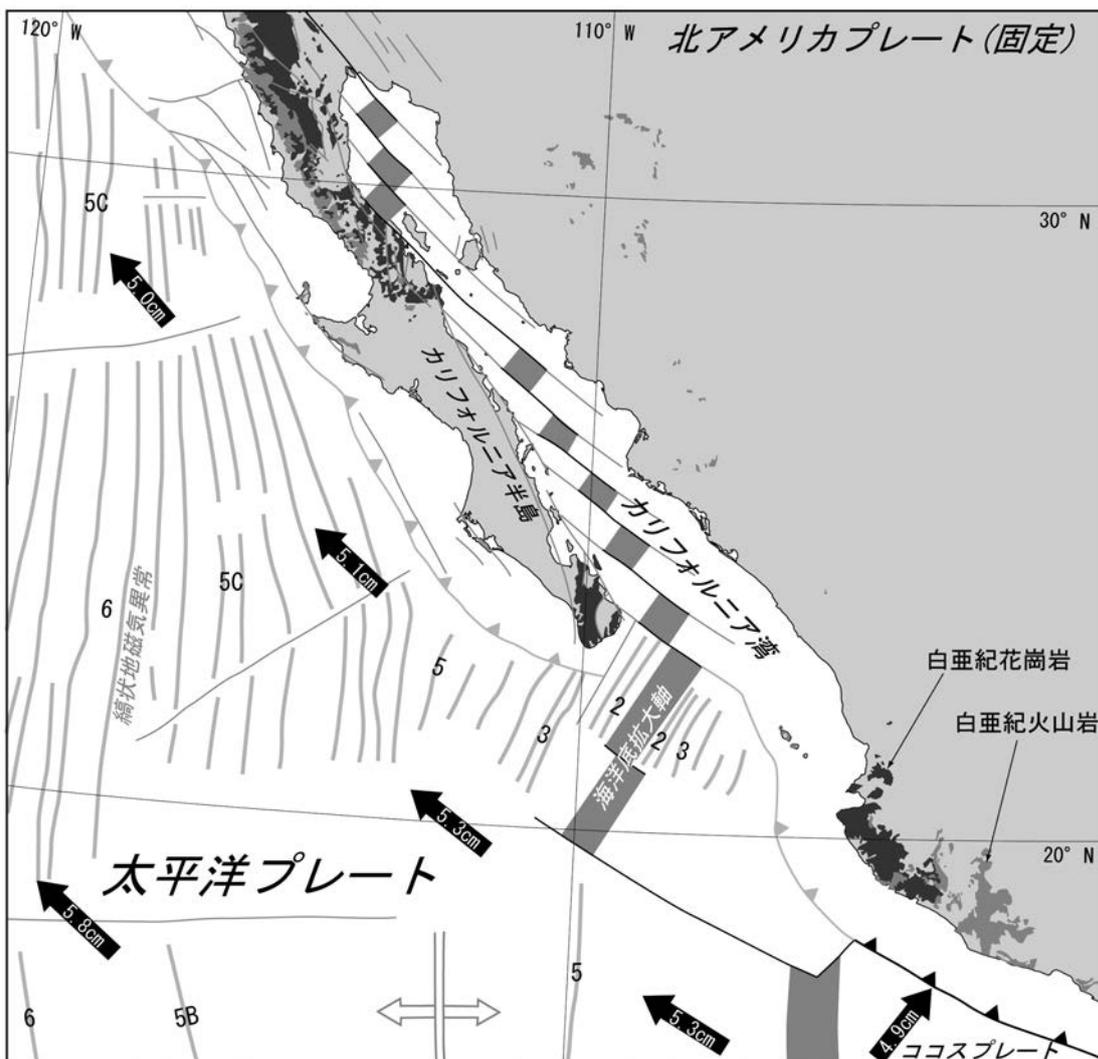
第3図 海溝に到達した海洋底拡大軸に関する思考実験(斜め背弧拡大モデル)。

のように設定する)。プレートAの東向き速さよりもプレートBの西向き速さの方が大きいので、拡大軸はこれまでと同様に $|0.5V|$ の速さで海溝に近づいてくる。拡大軸が海溝に到達すると大陸プレートCの火山弧でリフトが成長し、ついには伸張破断に至って海洋底拡大が開始する(第3図の2)。

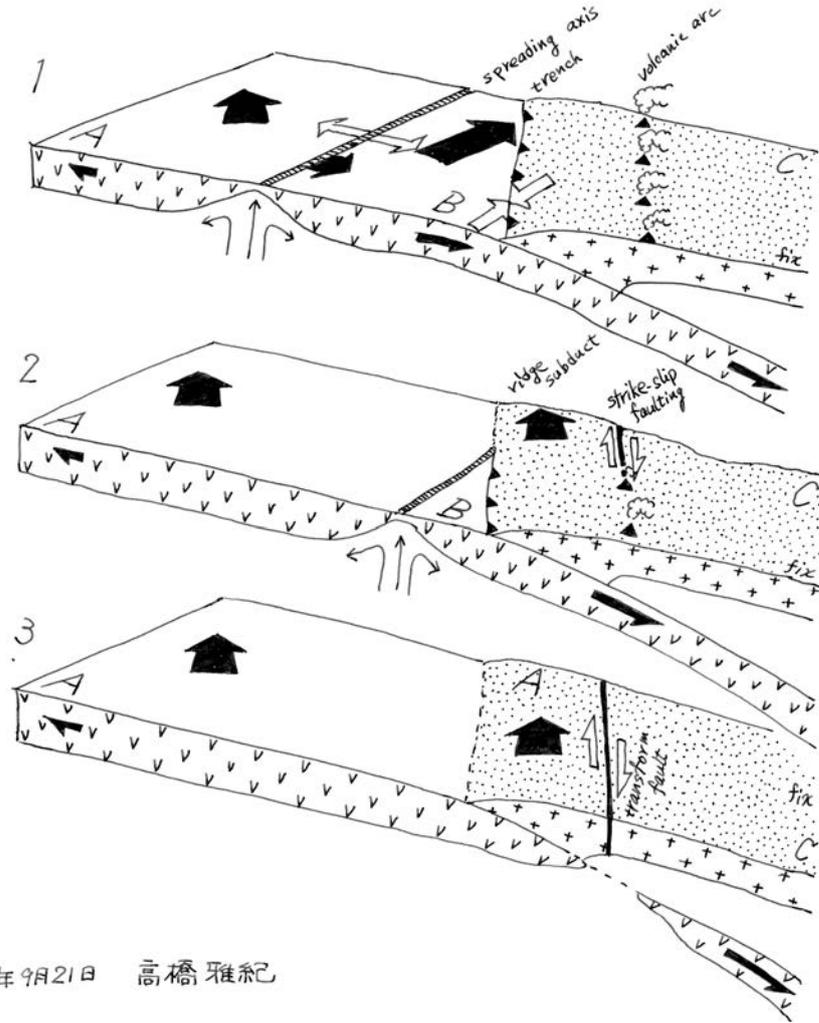
このとき、火山弧は海溝と平行であるが、大陸プレートCに対して海洋プレートAは北西に移動しているため、両者の相対運動の方向は北西-南東方向である。したがって、個々の海洋底拡大軸の方向は、相対運動の方向と概ね直交する北東-南西方向に形成されると考えられる。そして、それらは北西-南東方向のトランスフォーム断層(transform fault)に細かく分断されつつ、全体としては南北方向の海洋底拡大軸(群)が形成されると予想される(第3図の3)。北米大陸から分裂しつつあるカリフォルニア

半島やカリフォルニア湾の雁行する海洋底地磁気異常は、このように形成されていると考えられる(第4図)。そして、このことは、海嶺の拡大が能動的(active spreading)ではなく受動的(passive spreading)であることを物語っている。

さらに、思考実験を続けてみよう。これまででは、拡大軸が海溝と平行である場合を考えてきた。拡大軸と海溝が平行でない場合は、どうなるのであろうか。最初は海溝が、海洋プレートAの運動方向に平行である場合を考えてみよう(第5図の1)。海洋プレートAとBのいずれも北向き成分があり、相対運動は東西に発散、そして拡大軸は南北で東に移動し、プレートAの運動方向(北西-南東)に平行な海溝に到達するケースである。この場合も拡大軸は徐々に海溝に近づくが、拡大軸と海溝が平行でないため北部ほど早く拡大軸が海溝に到達する(第5図の2)。



第4図 カリフォルニア湾の雁行状拡大により、北アメリカ大陸から離れつつあるカリフォルニア半島。白亜紀の花崗岩や火山岩が分布するカリフォルニア半島は、周囲の海洋底よりも古い。



2008年9月21日 高橋雅紀

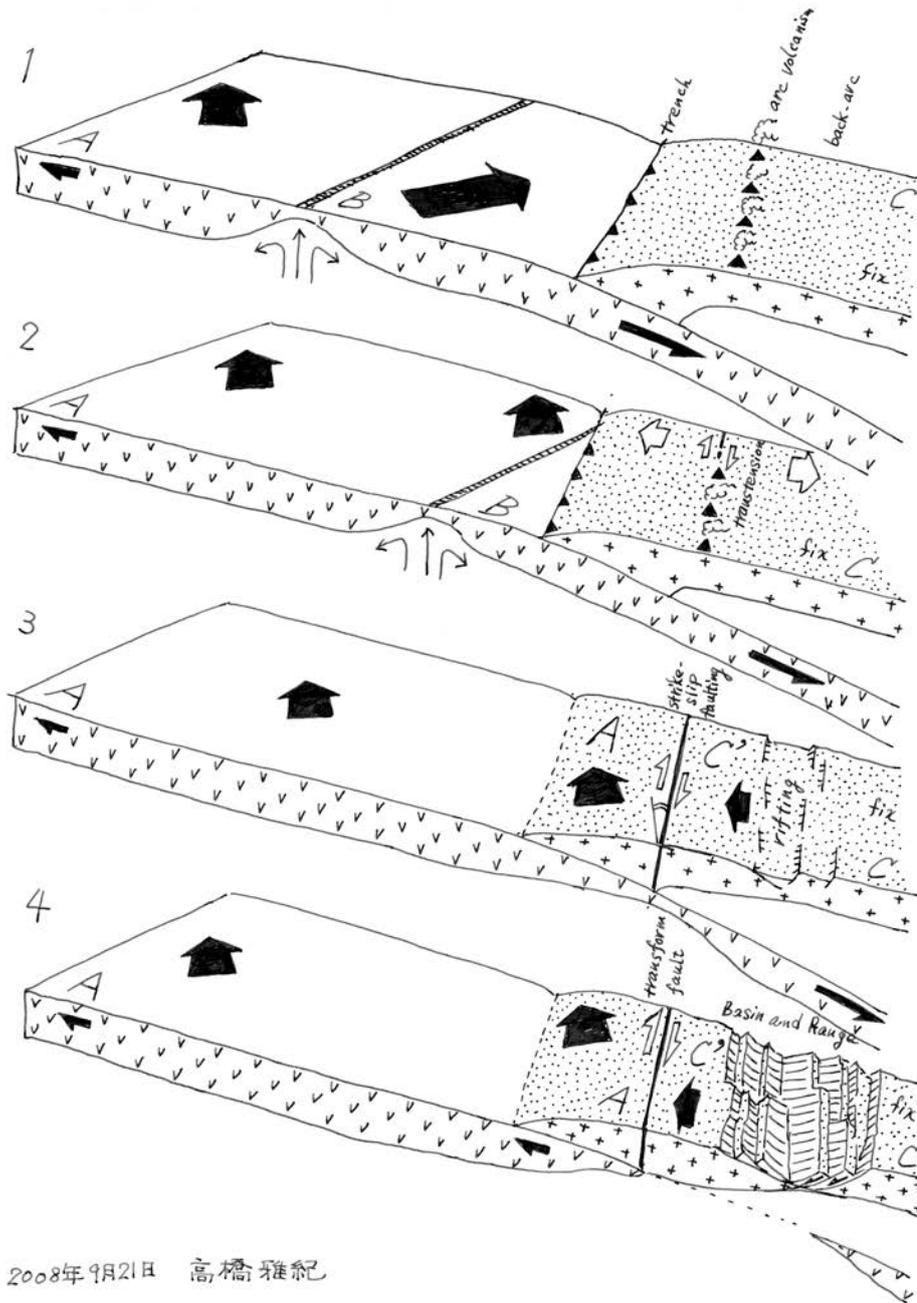
第5図 海溝に到達した海洋底拡大軸に関する思考実験（トランスフォーム断層発生モデル）。

拡大軸が海溝に達した範囲では、大陸プレート縁では火山弧に沿って海洋プレートとの相対運動に対応した変形が形成される。このケースでは、両プレートの相対運動は北西-南東方向であり、海溝と平行な火山弧では、収束も発散もせず右横ずれの変位（横ずれ断層）が予想される。そして、拡大軸がすべて海溝に達すると、海洋プレートAと大陸プレートCの境界は、右横ずれのトランスフォーム断層となる（第5図の3）。このようにして、サンアンドレアス断層が発生した。

ただし、この考えは既に Atwater (1970) によって提示され見事に解かれている。彼女のモデルとの違いは、しいて言うならば、トランスフォーム断層は海溝ではなく、熱的に変形しやすい上盤の陸側部分（火山弧）で発生するというぐらいであろうか。

ところが、海溝の方向が海洋プレートAの運動方向と平行であるというのは、偶然というにはあまりにも都合が

良すぎる。そこで、海洋プレートAの運動方向が海溝よりも若干西向きである場合について、思考実験をしてみよう（第6図の1）。このケースでも拡大軸は南北であり、北ほど早く海溝に到達する（第6図の2）。拡大軸が海溝に達した際、大陸プレートCと海洋プレートBの相対運動は北西-南東方向であるが、海溝と平行な火山弧に形成されたトランスフォーム断層は、プレート相対運動の方向に比べて若干時計回りに偏っている。そのため、新たに発生したトランスフォーム断層で発散成分がまかなわれない、換言するなら、トランスフォーム断層であり続けるためには、断層を挟む両側が海洋側（西）に移動せざるを得ない。その結果、その背後（東側）では東西伸張変形、すなわちリフトが形成されるはずである（第6図の3と4）。サンアンドレアス断層の東側に発達するベースンアンドレンジ (Basin and Range) の伸張変形は、このように形成されたのかもしれない。



2008年9月21日 高橋雅紀

第6図 海溝に到達した海洋底拡大軸に関する思考実験（トランスフォーム断層＋背弧リフトモデル）。

仮にそうであるとする、なぜカリフォルニア湾では海洋底拡大に移行したのに、その北側ではトランスフォーム断層とリフト帯の組み合わせになったのだろうか。単に、海溝と海洋プレートAの運動方向との斜交度の違いによるのであろうか。サンアンドレアス断層の背後ではスラブウインドウ (slab window) が広がっていくので、その影響も無視できない。あれこれ思考実験を続けたら、何かいいアイデアが浮かぶかもしれない。

そのあとも、いろいろ条件を変えてみて、「ああなればこうなる、こうすればああなる。」といった思考を繰り返

しては、スケッチブックやチラシの裏に描きとめている。紙と鉛筆があれば、このように空想の世界を楽しむことができる。それらのうちのいくつかが発展して、最終的に論文となるのだけれど、かたちにまとまらなかったり、まとめていないものも沢山ある。あるいは、詳しく調べてみたら、既に海外の研究者が、立派な論文として公表していたことも何度かあった。

実は、この原稿を書いている合間に調べてみたら、ここまでのストーリーは既に Severinghaus and Atwater (1990) が各種データに基づいた復元をまとめている、

McQuarrie and Wernicke (2005) によってきれいなアニメーションまで作られていた。彼らは実データから復元を行い、一方、私は思考実験から組み立てたのでアプローチは異なるが、最終的なストーリーは読者には同じように映るので、ここまでの思考実験を論文として学術雑誌に投稿しても、掲載されることはないだろう。でも、それは構わない。要は、何かを見て(観察)、疑問を持って(興味)、考えて(思考)いく過程が楽しいのであって、論文になったかどうかは単に結果なのだから。だから、サイエンスの種は、多い方が楽しい。そして、種をひねり出すには、とりあえず紙と鉛筆があればいい。それだけあれば、絵を描く時間は何とかしてひねり出す。分析機器や解析装置はそれからだ。サイエンスはまだまだ、ひとりでも十分に楽しめる。最先端巨大プロジェクトだけが、サイエンスというわけではない。

5. 地質学と地球物理学

数年前に地震学会に入って地球物理研究者と話をしてみると、「地質研究者は、何を言っているのかさっぱり分からない。」としばしば耳にする。地質学者である私ですら、最近ようやく他の地質研究者の言わんとすることが理解できるようになってきたのだから、それはやむを得ない。地質学は間口が広いだけでなく、懐がとても深い。というより、底なし沼の様な学問分野なので、専門用語があまりにも多い。さらに定性的といえども聞かえは良いが、実際には研究者ごとの感覚的な概念が乱立していて、その交通整理は容易でない。それは、複雑な自然をそのままでは理解できないので、ひとつひとつ丁寧に記載せざるを得ない地質学の宿命でもある。

それでも、そのように複雑な現象の大局的な変化(地史あるいは地球史)には、そうせしめた法則がその背後に存在するであろうとの希望のもとに、地質研究者は日々部品の収集と記載を続けている。だから、地質学の醍醐味が味わえるようになるには、早くても20年かかると思う。世知辛い世の中、科学の世界もそんなに気長に待つてはくれないようで、若い地質研究者が目先の小さいネタを研究対象にせざるを得ないのはとても悲しい。

同じ固体地球を扱っているながら、実際に目の前に存在している複雑な物(岩石)を、まずは手にとり己の目で観察する地質学と、直接触れることができない地球内部や、一人では到底調査し尽くせない広域の現象を観測する地球物理学の手段は決定的に異なる。だから、地質研究者と地球物理研究者は、とても遠くに離れている。それでも、木を

見て森を見ない(見られない)地質学と、森を見て木を見ない(見られない)地球物理学は、どこかで繋がなくてはならない。

そのために両者を単に同じ空間に閉じこめても、そもそも言葉が通じないのだから会話は成立しない。どちらかが相手の言葉を学んで用い、あるいは相手が理解できる様に言葉を選んで意思疎通を心がけるしかないであろう。日本の地球惑星科学連合が、単に異なる分野の寄せ集めにならないためにも、まずは手の届きそうな所へ手を伸ばす意識が必要であると思う。

地質学と地球物理学は、一部ではあったかもしれないけれど、昔は一緒に議論していた。そして、その頃の書物を読むと、とても盛り上がっていた(上田・杉村編, 1973など)。2004年の秋、九州大学での地震学会で私から松浦さんに手を伸ばしてみたら、嫌々だったのかもしれないけれど、彼も手を伸ばして掴んでくれた。紙と鉛筆と時間さえあれば、サイエンスは十分楽しめる。地質学と地球物理学が繋がれば、地球科学はもっと盛り上がる。松浦さんも、きっとそう思っていると思う。

(2009年3月11日)

文 献

- Atwater, T. (1970) Implications of plate tectonics for the Cenozoic tectonic evolution of western North America. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **81**, 3513–3536.
- Severinghaus, J. and Atwater, T. (1990) Cenozoic geometry and thermal state of the subducting slabs beneath western North America. *Geol. Soc. Am. Mem.*, **176**, 1–22.
- McQuarrie, M. and Wernicke, B. P. (2005) An animated tectonic reconstruction of Southwestern North America since 36 Ma. *Geosphere*, **1**, 147–172.
- 上田誠也・杉村 新(編)(1973) 世界の変動帯。岩波書店, 東京, 387p.



高橋雅紀 (たかはし まさき)

群馬県出身。1990年に東北大学で博士号を取得後、日本学術振興会特別研究員及び科学技術特別研究員を経て、1992年に地質調査所(現産総研)に入所。関東地方を中心に地質を調べ、日本列島の成り立ちを研究中。
URL: <https://staff.aist.go.jp/msk.takahashi/>

TAKAHASHI Masaki (2017) The back stage of the science -How to make the Gulf of California-

(受付: 2017年3月4日)

SIP「次世代海洋資源調査技術」における 産総研の2016年度成果と今後の取り組み

山崎 徹¹⁾・池原 研¹⁾

1. はじめに

戦略的イノベーション創造プログラム(Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program ; SIP)は、総合科学技術・イノベーション会議(CSTI)が司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野の枠を超えたマネジメントに主導的な役割を果たすことを通じて、科学技術イノベーションを実現するために創設されたプログラムです。SIPは、社会的に不可欠で、日本の経済・産業競争力にとって重要な課題、そのプログラムディレクター(PD)及び予算をCSTIがトップダウンで決定し、府省連携による分野横断的な取組を産学官連携で、基礎研究から実用化・事業化までを見据えて一貫通貫で研究開発を推進するという特徴をもっています。

産総研地質調査総合センター(GSJ)地質情報研究部門は、11課題あるSIPプログラムのうち、「次世代海洋資源調査技術」(PD、浦辺徹郎東京大学名誉教授、国際資源開発研修センター顧問)に発足当初の2014年度から参画しています。本論では、このSIPプログラムにおける海洋資源の成因研究に関するGSJの2016年度までの成果と、第4事業年度となる今年度の取り組みを紹介します。

なお、本論におけるSIP施策全体および「次世代海洋資源調査技術」全体に関する記述は、内閣府のウェブサイトやパンフレットに公開されている資料に基づいており、全体としてそれらの内容を引用・要約したものです。本SIPプログラムに関しては、研究開発計画(内閣府政策統括官、2017)に、より詳しい記述があります。また、本SIPプログラムに関するGSJの取り組みの全体像については、本論における完結性を保つために、山崎・池原(2014)及び山崎ほか(2015, 2016)に基づいて記述しており、それらと一部重複があります。

2. 「次世代海洋資源調査技術」(海のジパング計画)の概要

我が国は、国土面積の12倍を超える領海・排他的経済

水域を有しており、これらの海域には、産総研をはじめ、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)、国立研究開発法人海洋研究開発機構(JAMSTEC)や大学等の海洋調査によって、海底熱水噴出口を伴う塊状硫化物やコバルトリッチクラストなど、数多くの有用元素濃集域の存在が報告されています。しかしながら、これらは厚い海水に覆われているため、資源の確認や開発、利用のためには、有望海域を絞り込むための海洋資源の成因解明研究や、従来よりも飛躍的な効率で調査するための調査機器・手法の開発、さらに、開発に伴う海洋環境悪化を防止するための海洋環境を長期に監視する技術の開発が必要です。

SIPプログラム「次世代海洋資源調査技術」(海のジパング計画)では、府省連携のもと、海洋鉱物資源を低コストかつ高効率(従来の数倍以上のスピード)で調査する技術を世界に先駆けて実現すること、資源が眠る深海域において使用可能な未踏海域調査技術を確認することを目標に研究開発に取り組んでいます。そして、競争力のある技術を産学官一体で開発、技術ノウハウを民間企業に移転し、海洋資源調査産業を創出すること、また、グローバルスタンダードを確立し、海外での調査案件受注など海外へ展開することを出口戦略としています。これらの実現のため、本SIPプログラムでは(1)海洋資源の成因の科学的研究に基づく調査海域の絞り込み手法の開発、(2)海洋資源調査技術の開発、そして(3)生態系の実態調査と長期監視技術の開発の3つの柱で研究開発を実施してきました。そして2015年度からは、既存の取組みの充実に向けて、大学等を取り込んで海洋資源調査技術を産学官一体で開発することによって海洋調査産業の創出の加速化を図るとともに、2016年度には本SIPプログラムのマネジメント体制を一新し、それらの大学等の公募事業を既存の研究課題と統合し、3つのテーマとしました。さらに、2017年度からは、海底熱水鉱床を対象として、技術移転を受ける民間企業が主体となって調査を行う、(4)統合海洋資源調査システムの開発・検証を重点化し、これを4つ目のテーマとして、最終的な次世代海洋資源調査技術の確立を目指し

1) 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

キーワード：戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)、次世代海洋資源調査技術、海底鉱物資源、海洋地質

ています。

GSJ地質情報研究部門は、4つのテーマのうち、「(1) 海洋資源の成因の科学的研究に基づく調査海域の絞り込み手法の開発」(以下、「成因研究」)においてJAMSTECや国立大学法人九州大学を代表とする研究課題と連携して研究開発に取り組んでいます。加えて、「(4) 統合海洋資源調査システムの実証」の主体である民間の次世代海洋資源調査技術研究組合(J-MARES)及び一般社団法人海洋調査協会(JAMSA)と連携し、「成因研究」で得られた科学的知見や海洋調査技術の民間企業への橋渡しを目指しています。

3. 産総研の取り組みの全体像

我が国周辺の海洋鉱物資源有望海域は数千km²規模であり、船舶や探査機が短期間で行動でき概査が可能な面積である数百km²規模にまで絞り込むためには、資源の形成過程や濃集メカニズム等の成因解明による地球科学的根拠に基づいた手法を用いるほかに考えられません。また、その後の準精査によって有望海域をさらに絞り込むためにも、成因論に基づき最適な取得データ項目や調査機器のスペックを決定することが重要です。そして、その海洋資源の成因を深く理解するためには、採取試料の化学分析等の解析結果に加え、海洋調査によって得られる空間的広がりを持った海底地形や海洋地質情報等の知見が必要です。

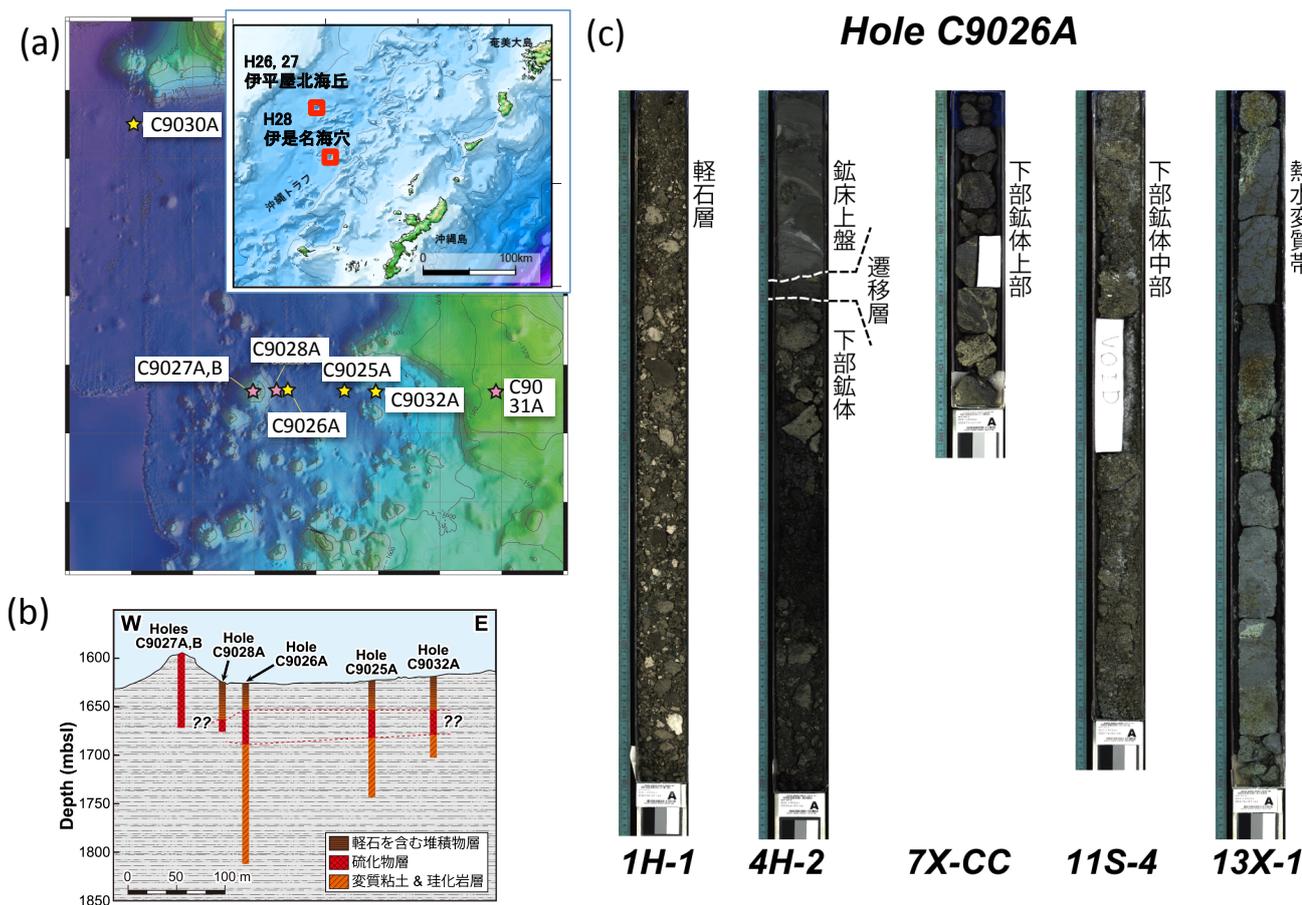
GSJは我が国の「地質の調査」に関するナショナル・センターとしての役割を担っており、地質学的研究の多岐にわたる専門家を有しています。また、同センターでは、過去40年以上にわたり日本周辺海域の海洋地質学的研究およびその成果としての海洋地質図の出版を行っており、海域の地質調査による資試料の取得からその解析・分析を一貫して行うことのできる組織です(例えば、荒井ほか, 2013)。海底鉱物資源に関しては、特にこの数年、沖縄周辺海域において活発な熱水活動域を複数域で発見し、多種類の金属を含む塊状硫化物等の採取に成功しています(注1-3)。そこで、本SIPプログラムにおける「成因研究」において、GSJでは、モデル海域の海底熱水鉱床を胚胎する地質基盤の成因モデル(造構モデル)の確立を通じて、調査海域の絞り込みに資する地質学的情報や地球科学的指標を特定することを目指しています。そのために、JAMSTECや大学等と連携し、「成因研究」全体で一体となって研究開発を推進すると同時に、GSJの強みとする部分については主たる分析・解析等を分担・主導して実施しています。

4. これまでの研究成果

本SIPプログラム発足当初の3本柱のひとつである「生態調査・長期監視技術開発」との共同調査航海として、2014年7月に19日間、沖縄トラフ伊平屋北海丘(水深約1,000m)において、地球深部探査船「ちきゅう」による掘削航海が実施されました。また、「成因研究」の一環として、2015年2月に10日間、南鳥島沖の拓洋第5海山の水深3,000-4,000mにおいて、深海調査研究船「かいいい」による、遠隔操作無人探査機(Remotely operated vehicle: ROV)「かいこう Mk-IV」を用いたコバルトリッチクラスト調査航海が実施されました。これらの成果の概要は、山崎・池原(2014)及び山崎ほか(2015)に紹介されています。さらに、第2事業年度となる2015年度は、2016年2月から3月にかけて32日間、沖縄トラフ伊平屋北海丘及び伊平屋小海嶺(水深約1,550m)において「ちきゅう」を用いた海底熱水域掘削調査航海が実施され、GSJは船上研究に従事しました。この掘削結果の概要及びその他の2015年度の成果の概要は、山崎ほか(2016)に紹介されています。

第3事業年度である2016年度は、2016年11月16日から12月15日にかけて、30日間にわたる「ちきゅう」掘削航海が沖縄トラフ伊是名海域(水深約1,600m)で実施され、乗船研究者の一員としてGSJからも参加し、掘削コアの肉眼記載や電気的特性の計測などを担当しました。この掘削結果の速報は、航海終了時の2016年12月19日にJAMSTECからプレス発表されており(注4)、以下の船上での成果は主としてこの発表に基づく共同研究成果です。この航海では、海底熱水鉱床の成因モデル構築と調査海域の絞り込み手法実証のため、沖縄本島の北西、中部沖縄トラフに位置する伊是名海穴 Hakurei サイト(注5-6)(第1図a)において、海底下鉱体、マウンド鉱体、その周辺の海底下地層構造の把握を目的とした科学掘削調査を行いました(第1図b)。そして、既存情報が存在し、潜頭性熱水鉱床の調査指針確立に適したフィールドである同海域を対象とし、系統的なコア試料採取(第1図c)、船上分析、孔内物理検層を行いました。

海底熱水鉱床の海底下鉱体の成因モデルには、①硫化物マウンドやマウンド上に生成したチムニーの崩落物が堆積して生成したという説と、②海底下に存在する地層が置換されて生成したという説との、大きく分けて2つの仮説が提案されています。これまでの沖縄トラフ・伊平屋北海丘における調査では、熱水の流れを水平方向に規制する不透水層(キャップ層)の存在が鉱化作用・変質作用を支



第1図 地球深部探査船「ちきゅう」による中部沖縄トラフ伊是名海穴の掘削地点と回収された掘削コア。(a) 伊是名海穴及び掘削地点の位置(星印)。右上の海底地形図の「H28 伊是名海穴」海域が拡大図に相当。「H26, 27 伊平屋北海丘」海域は2016年度に掘削を実施し、今回の航海でモニタリング装置を設置した伊平屋小海嶺海域。(b) 掘削地点(Hakurei サイト)の東西断面。(c) Hakurei サイトの掘削孔 C9026A のコア試料の断スキャン画像。左から順に、鉬床上盤の軽石層、鉬床上盤と下部鉬体の遷移層(キャップ層)を含むコア試料、下部鉬体上部、下部鉬体中部、下部鉬体の下盤(熱水変質帯)から採取された磁硫鉄鉬(Fe_{1-x}S)・キューバ鉬(CuFe₂S₃)の脈を含むコア試料。記号(例えば、1H-1)は、コア・セクション番号で、数字が大きいくほどコア深度が深いことを意味する。図・写真はいずれも、国立研究開発法人海洋研究開発機構プレスリリース^(注4)掲載の図に基づく。

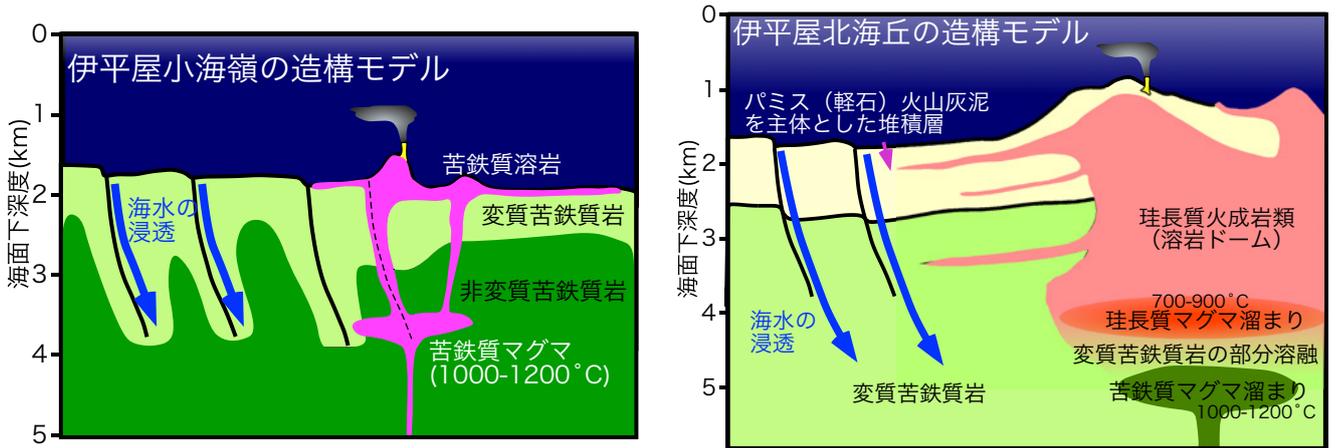
配する重要な鍵であることが明らかにされていました。本調査航海では、海底下鉬体と鉬床上盤との間の境界層(遷移層)、海底下鉬体中の堆積層との互層構造等が観察され、船上における海底下鉬体の観察・記載とあわせて、海底下に存在する地層が置換されて鉬化帯が生成されたという説が支持されるデータが取得されました。今回の掘削調査により、従来から提案されていた成因モデルの仮説のうち②が支持され、今後の資源探査指針および有望海域絞り込み指針の方向性が定まることが期待されます。さらに、船上でのコア試料の成分分析結果、物理パラメーター測定結果と孔内物理検層結果との比較や、塊状鉬石試料を含む各種岩相を網羅するコア試料の電気的特性データの蓄積により、電気・電磁探査や高解像度深海地震波探査の調査結果等との比較検証といった、コア試料と照合できる物理探査データが増加し、より簡便かつ安価に海底熱水鉬床の海底

下での分布を調査できる見込みが立ちました。

その他の成果として、産総研のSIP全体開発計画書(5カ年)では、第3事業年度にあたる2016年度に、中間目標として、特定の検討海域での造構モデルの提案を掲げました。そこで、2016年度は、「成因研究」全体として、これまでの調査海域である伊平屋北海丘・伊平屋小海嶺海域における掘削及びその試料の陸上での研究結果を踏まえた、研究開発成果資料集(鈴木ほか、2016)の作成・出版を行うとともに、第2図に示すような、造構モデルの提案を行いました。

5. 産総研における2017年度(第4事業年度)の取り組み

今後、「成因研究」テーマ全体として、最終年度までに海底熱水鉬床の有望海域の絞り込みのための成因モデルを



第2図 伊平屋小海嶺海域・伊平屋北海丘の火成岩類(基盤岩類)の造構モデル(戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)次世代海洋資源調査技術(海のジパング計画)第3回シンポジウム発表ポスターより)。このモデルは、未だ進行中の分析・解析の現段階の解釈を示したもので、引き続き、2016年度の伊是名海域の記載・化学分析データ等も統合してリバイズしていく予定。

構築するとともに、それを基にし、開発した調査技術を網羅した海洋資源調査技術プロトコルの提案を行うことが開発目標に掲げられています。この目標に向けて、2017年度は、①調査技術プロトコルの一次案の策定、②成因モデルのリバイズ、そして③最終年度に実施する統合海洋資源調査システム実証の計画策定が達成目標として挙げられています。このうち、③は、本SIPにおける他のテーマ(前述のテーマ(4))に関係したもので、実施主体は民間ですが、有望海域の絞り込みやその海域での調査手法に関しては「成因研究」からの提案が大きな役割を果たします。また、①から③までは、相互に密接に関連しており、①は、成因モデルの検討を通じて得られた、有望海域絞り込みのための地球科学的指標を反映させた高効率な調査の手順書の作成であり、③は、それをもとにした検証の実際的な計画策定にあたります。したがって、「成因研究」の研究開発自体本質的な課題は、成因モデルのリバイズによる高度化・一般化にあるといえます。

そこで、GSJでは、昨年度までに得られた試料・データの解析を引き続き「成因研究」全体で連携して進めるとともに、海底地形や海洋地質情報と資源を胚胎する地殻形成過程・地質構造発達史との関連性を検討するため、地形地質調査手法の精度向上に関する研究開発とあわせて、伊是名海域の掘削結果を踏まえた基盤岩類の造構モデルのリバイズに取り組みます。

具体的には、第2事業年度(2015年度)までに「ちきゅう」掘削によって得られた伊平屋北海丘及び伊平屋小海嶺の資試料や、同海域で2010年に実施された統合国際深海掘削計画(IODP)第331次航海で得られたコア試料につい

ての、室内での顕微鏡観察・記載、全岩・鉱物化学組成分析・同位体比・物性測定等を引き続き実施するとともに、第3事業年度(2016年度)に実施された伊是名海域の資試料の分析・解析を実施することにより、資源濃集部周辺の基盤岩類の岩石学的・地球化学的・物性的特徴を明らかにします。そして、これらの観察結果・データをもとに、伊是名海域における火成活動のモデルを提案し、第3事業年度に提案した、伊平屋北海丘・伊平屋小海嶺海域におけるモデルとの総合化を目指します。

コバルトリッチクラストの成因研究に関しては、これまでに引き続いて、調査が予定されているモデル海山を対象に、ROVを用いた詳細な産状観察や試料採取を実施し、JAMSTECや高知大学等と分担して化学分析・解析を実施し、成因・形成過程についての研究を連携して進めていきます。

6. おわりに

本SIPプログラムは、GSJの有する海洋地質学的な知見・地質情報に関するこれまでの蓄積を活かし、科学的知見や基礎研究成果を、出口を見据えた調査機器開発や民間での調査技術開発に活かす「橋渡し研究」の一環といえます。私たちは、我が国の地質調査に関するナショナル・センターとして継続的かつ着実な地質情報の整備を行うと同時に、これらの研究開発や科学的知見の蓄積の継続的な努力によって、日本の産業や社会に役立つ技術の創出とその実用化や、革新的な技術シーズを事業化に繋げるための「橋渡し」を目指していきます。

- 注1：沖縄県久米島西方海域に新たな海底熱水活動域を発見（2012年12月12日プレス発表）http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2012/pr20121212_3/pr20121212_3.html（2017/5/7確認）
- 注2：鹿児島県徳之島西方海域に新たな火山活動域を発見（2013年9月9日プレス発表）http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2013/pr20130909/pr20130909.html（2017/5/8確認）
- 注3：沖縄県硫黄島周辺海域のごく浅海に海底火山を発見（2014年3月6日プレス発表）http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2014/pr20140306/pr20140306.html（2017/5/8確認）
- 注4：地球深部探査船「ちきゅう」による「沖縄トラフ熱水性堆積物掘削III」について（航海終了報告）（2016年12月19日JAMSTECプレス発表）http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20161219/（2017/5/8確認）
- 注5：沖縄海域に大規模な海底熱水鉱床を確認（2013年3月27日、JOGMECニュースリリース）http://www.jogmec.go.jp/news/release/news_01_000009.html（2017/5/8確認）
- 注6：沖縄伊是名海穴の海底熱水鉱床の資源量を740万トンと確認（2016年5月26日、JOGMECニュースリリース）http://www.jogmec.go.jp/news/release/news_06_000130.html（2017/5/8確認）

文 献

- 荒井晃作・下田 玄・池原 研（2013）沖縄海域の海洋地質調査—海底鉱物資源開発に利用できる国土の基盤情報の整備—. *Synthesiology*, **6**, 162-169.
- 内閣府政策統括官(科学技術・イノベーション担当)(2017) 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP) 次世代海洋資源調査技術(海のジパング計画) 研究開発計画. 内閣府, 40p. (<http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/index.html>) (2017/5/8 確認)
- 鈴木勝彦・池原 研・石橋純一郎・熊谷英憲・山崎 徹(編著)(2016) SIP『次世代海洋資源調査技術』研究開発成果資料集 海底熱水鉱床の成り立ち—調査手法の確立に向けて—. 国立研究開発法人海洋研究開発機構次世代海洋資源調査技術プロジェクトチーム, 60p.
- 山崎 徹・池原 研(2014) 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「次世代海洋資源調査技術」に対する産総研の成因研究への取り組み. *GSJ 地質ニュース*, **3**, 346-349.
- 山崎 徹・池原 研・後藤孝介・井上卓彦(2015) SIP「次世代海洋資源調査技術」における産総研の2015年度の取り組み. *GSJ 地質ニュース*, **4**, 191-195.
- 山崎 徹・池原 研・石塚 治・井上卓彦(2016) SIP「次世代海洋資源調査技術」における産総研の2015年度の成果と今後の取り組み. *GSJ 地質ニュース*, **5**, 251-255.
- YAMASAKI Toru and IKEHARA Ken (2017) GSJ's 2016FY results and future research objectives for the genesis of submarine mineral resources on the Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP), "Next-generation technology for ocean resources exploration".

(受付:2017年4月14日)

J.J. ライン著「中山道旅行記」邦訳（その1）

山田直利¹⁾・矢島道子²⁾

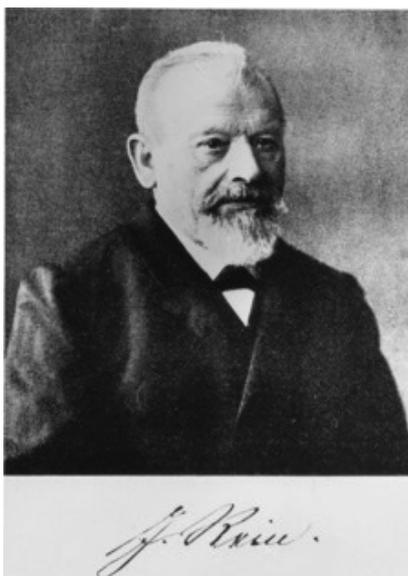
1. 訳出にあたって

本邦訳は、ドイツ人地理学者J. J. ライン(Johannes Justus Rein: 1853-1918) (第1図)が、1874年と1875年に日本の中山道を旅行した時の見聞に基づいて出版した論文, “Der Nakasendô in Japan, nach einigen Beobachtungen und Studien im Anschluss an die Itinerar-Aufnahme von E. Knipping und mit Benutzung von dessen Notizen” (Rein, 1880) (第2図)の全訳である。本号から7回に分けて連載する。

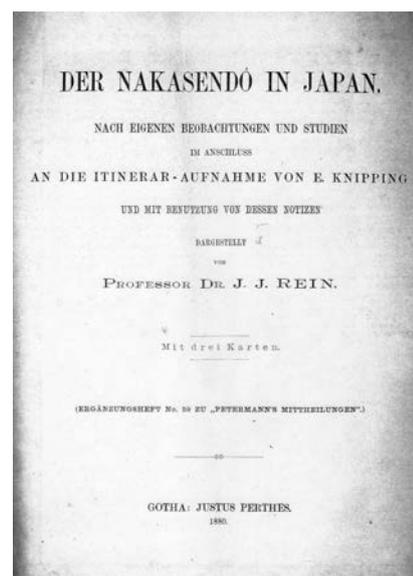
ラインは1835年1月27日にドイツ・ヘッセン州のラウエンハイムで生まれた。1954-56年にギーゼン大学で数学と自然科学(植物学を含む)を学び、その後、フランクフルト、エストニア、バーミュダ諸島などで教育、研究活動を行い、1868年にはフランクフルトのゼンケンベルク自然研究協会の会長に就任した。1873年、プロイセン政府から日本の美術工芸と貿易の調査を委託されて来日し、2年間の滞在の間に、本来の仕事のほか、日本の地理や植物

の研究を行った。ラインは、当時交通がきわめて不便であったにもかかわらず、本州・四国・九州の各地に足跡を残したが、このとき通訳として終始ラインと行動を共にしたのが、三田^{さんだ} 信^{ただし}(後の日本銀行監事)であった。ドイツへ帰国後、1876年にマールブルク大学の地理学の助教授(のち教授)となり、1883年にはボン大学のリヒトホーフエン教授の後を継いで同大学地理学の教授に就任し、1910年まで教鞭を取った。後に東京帝国大学理科大学地理学科の初代教授となる山崎直方は、1898年から2年間ボン大学に留学し、ライン教授に師事した。ライン教授は日本地理学の礎を築いた人でもある。1918年1月23日、ボンにて83歳で死亡した(以上、山崎、1925による)。

ラインには、代表作である『日本(2巻)』(Rein, 1881/86)のほかに、「日本紀行」(Rein, 1875)、「東京から京都への旅」(Rein, 1876)、「富士の山」(Rein, 1879)、「日本の中山道」(本論文)、「日本の美術工芸」(Rein, 1882)など日本に関する多くの論文があり、ラインは文字通りの日本研究者であった。しかし、これらの著作・論文



第1図 ライン教授の写真
マールブルク大学(Foto Marburg)より提供。



第2図 「中山道旅行記」原論文(Rein, 1880)の表紙。

1) 地質調査所(現産総研 地質調査総合センター)元所員
2) 日本大学文理学部

キーワード: ライン, クニッピング, 中村新太郎, 中山道, 地形, 地質, 歴史, 植物, 交通, 淀川, 京都, 大阪

は「中山道」の一部などを除いてほとんど邦訳されていない。ラインが白山登山の途中、白峰村(現白山市)の桑島(手取層群の好露出地)で植物化石を採集し、それを Geyler (1877) が日本で最初のジュラ紀の化石として記載したことは、よく知られている(以上、楠根, 2001 による)。

ラインは中山道旅行にあたって、街道沿いの地形、地質、動植物、農業、工芸、交通、風俗などについて観察、記述したのみでなく、各地の歴史、伝説等についても丁寧に取上げて紹介している。ラインが来日した 1873 年(明治 6 年)頃は、日本は幕末・維新の混乱が収まっておらず、廃藩置県や徴兵制度は決まったものの、各地に一揆や反乱が起りつつあった。このような混乱期に冷静な科学者の目で中山道を初めて踏破、観察したラインの旅行記が、正確な路線図と共に後世に残された意義は大きい。この旅行記を読むと、いまから 140 年も前の中山道の自然、風俗、産業の動向などが眼前に再現されるかのようである。

本論文に付帯する中山道路線図は、当時滞日中のクニッピン(G Erwin Knipping: 1844-1922)によって作られた。クニッピンはプロシャの航海士であったが、1871 年に東京で下船したのち、大学南校(のちの東京開成学校)のお雇いドイツ語教師となった。この頃、ラインの中山道旅行に従って、方位磁石を用いて路線図を測量、作図し、街道近傍の地形も描いた。本論文の副題にもあるように、本旅行中に彼が書いた覚書は本論文の多くの箇所でも引用されている。クニッピンはその後 1876 年に内務省駅通局、1891 年に同地理局に移り、専ら暴風警報事業の創設に当たった。1891 年にドイツに帰国し、その後はハンブルクの海洋気象台で気象学や航海術に関する著書・論文の執筆に携わった(小関・北村, 1991)。

なお、前記のリヒトホーフ教授も第 2 回目の訪日で東京-九州を旅行した際、1870 年 12 月から翌年の 1 月にかけて上諏訪・大津間の中山道を通り、沿道の様子を詳しく記述している(リヒトホーフ・上村, 2013)。リヒトホーフ教授とライン教授は奇しくも同じ中山道を 3 年の間を置いて旅行したことになる。

ラインの「中山道」に関しては、かつて中村新太郎が雑誌「地球」に「新訳日本地学論文集(15)~(17). ライン-中山道誌」(中村, 1931)と題して邦訳を載せている。しかし、この邦訳は原論文の前半(緒言・第 I 章・第 II 章)のみであって、後半(第三章・第四章・付録)は含まれていない。中村がなぜ邦訳を途中で打ち切ったかは不明である。本稿では、改めて全文を通して邦訳し、付図、付録も日本語にリライトして掲載することにした。邦訳に際しては中村の訳文を参考にしたところが少なくない。

原論文の表題は、直訳すれば「日本の中山道」であるが、山崎(1925)は「中山道旅行記」と呼び、中村は「中山道誌」と訳した。本稿では、原論文が京都から東京までの中山道六十九次を正確に辿って書かれた旅行記であるという認識に立って、山崎に倣って「中山道旅行記」と呼ぶことにする。

原論文は 2 段組み、38 ページにも及ぶ大作なので、今回、GSJ 地質ニュース誌への投稿にあたって、以下の 7 篇に分けて掲載することとした(後ろの括弧内の文字は原論文の章・節を示す)。

その 1. 緒言

その 2. 京都から美濃境まで (I)

その 3. 美濃を横切る (II)

その 4. 信濃を横切る - 1 馬籠峠^{まごめとうげ}から鳥居峠^{とりいとうげ}まで (III a)

その 5. 信濃を横切る - 2 鳥居峠^{とりいとうげ}から和田峠^{わだとうげ}まで (III b)

その 6. 信濃を横切る - 3 和田峠^{わだとうげ}から碓氷峠^{うすいとうげ}まで (III c)

その 7. 碓氷峠から東京へ (IV)

付録 I. 中山道の路線測量に関する覚書

付録 II. 中山道の宿駅一覧および宿駅間の距離

付録 III. E. クニッピン測定による中山道標高一覧表

原論文は「章・節」のほかには見出し語がなく、段落も長く、大変読み辛い。そこで、今回の邦訳では段落をなるべく短くすると共に、新たに小見出しを設けて、読者の理解を助けることとした。原論文には著者による多くの脚注が付いているが、邦訳ではそれらを「原注」として各章・節ごとにその末尾に一括して配置した。また、訳者による注は訳文中の括弧〔 〕内に記入したほか、別に「訳注」を設けて、各章・節ごとに原注の次に配置した。さらに、原論文・原注・訳注に引用された文献のリストを各章・節ごとに載せた。

原論文の付図「中山道路線図-クニッピン自身の測量による-」(縮尺 1:250,000)は、付図 I (大津-加納)、付図 II (加納-下諏訪)、付図 III (下諏訪-東京)の 3 図からなる。邦訳では、構成上の都合により、これらの付図をそれぞれ 2~3 分割し、それらを「その 2」~「その 7」に適宜縮小して挿入した。また、上記の路線図のほかに、中山道全体の概略図を新たに作成し、「その 1」に挿入した。

訳者らが翻訳に用いた原論文は、東京大学理学系研究科・理学部地球惑星科学専攻図書室の所蔵資料で、通称「小藤文庫」といわれる小藤次郎蒐集資料の一部であり、小藤教授がライン教授から直接にもらった別刷りと思われる。

謝辞：東京大学地球惑星科学専攻図書室の図書委員長からは原論文利用の許可をいただいた。同図書室の星 理絵子さんと陶山和子さんには図書閲覧に際してお世話になった。青山学院女子短期大学の八耳俊文氏は訳者らにラインについての関心を呼び起こさせ、また、ラインに関する楠根重和氏の論説があることを教えて下さった。マールブルク大学元教授のエリッヒ・パウアー氏ならびにボーフム大学のレギーネ・マチアス氏からはマールブルク大学所蔵のライン教授の写真をお送りいただき、その使用が許されるよう計らっていただいた。ドイツ日本研究所の西岡奈美氏ならびに同研究所元研究員のマティアス・コッホ氏には、ライン教授に関する資料全般についてお世話になった。上記の各位に心からお礼申し上げる。

なお、中山道の旅を紙上で辿るにあたって、「ちゃんと歩ける中山道六十九次」(五街道ウォーク・八木, 2014)は、なによりも街道の正確な位置が2万5千分の1地形図上に示されているので、すばらしく役立ったことを記して置きたい。

文 献

- Geyler, H. T. (1877) Ueber fossile Pflanzen aus der Juraformation Japans. *Palaeontographica*, 24, 221-232.
- 五街道ウォーク・八木牧夫 (2014) ちゃんと歩ける中山道六十九次(2分冊). 山と溪谷社, 東京, 318p(合算).
- 小関恒雄・北村智明訳編 (1991) クニッピングの明治日本回想記. 玄同社, 東京, 325p.
- 楠根重和 (2001) ライン博士 その1 (ライン博士の日本観と足跡). 金沢法学, 43 (3), 165-197.
- 中村新太郎 (1931) 新訳日本地学論文集 (15)~ (17). ライン—中山道誌. 地球, 16, 133-139, 188-199, 279-292.
- Rein, J. J. (1875) Dr. J. Rein's Reise in Nippon 1874. *Petermann's Mittheilungen*, 21, 214-222.
- Rein, J. J. (1876) Reise von Tokio nach Kioto in Japan. *Verhandlungen der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin*, 1876, 3, 51-52, 60-66.
- Rein, J. J. (1879) Der Fuji-no-yama und seine Besteigung. *Petermann's Mittheilungen*, 25, 365-376.
- Rein, J. J. (1880) Der Nakasendô in Japan, nach eigenen Beobachtungen und Studien im Anschluss

an die Itinerar-Aufnahme von E. Knipping und mit Benutzung von dessen Notizen. *Petermann's Mittheilungen, Ergänzungsheft*, No. 59, S. 38.

- Rein, J. J. (1881/1886) *Japan nach Reisen und Studien im Auftrage der Königlich Preussischen Regierung dargestellt*. Erster Band : *Natur und Volk des Mikadoreiches*, Zweiter Band : *Land- und Forstwirtschaft, Industrie und Handel*. Engelmann, Leipzig, S.630, S.678.
- Rein, J. J. (1882) Das japanische Kunstgewerbe. *Österreich Monatschrift für den Orient*, 8, 1-7, 20-24, 52-58, 68-70, 88-93, 100-106.
- リヒトホーフエン著・上村直己訳 (2013) リヒトホーフエン日本滞在記—ドイツ人地理学者の観た幕末明治—九州大学出版会, 福岡, 236p.
- 山崎直方 (1925) ライン先生とライン文庫. 地理学評論, 1, 583-598.

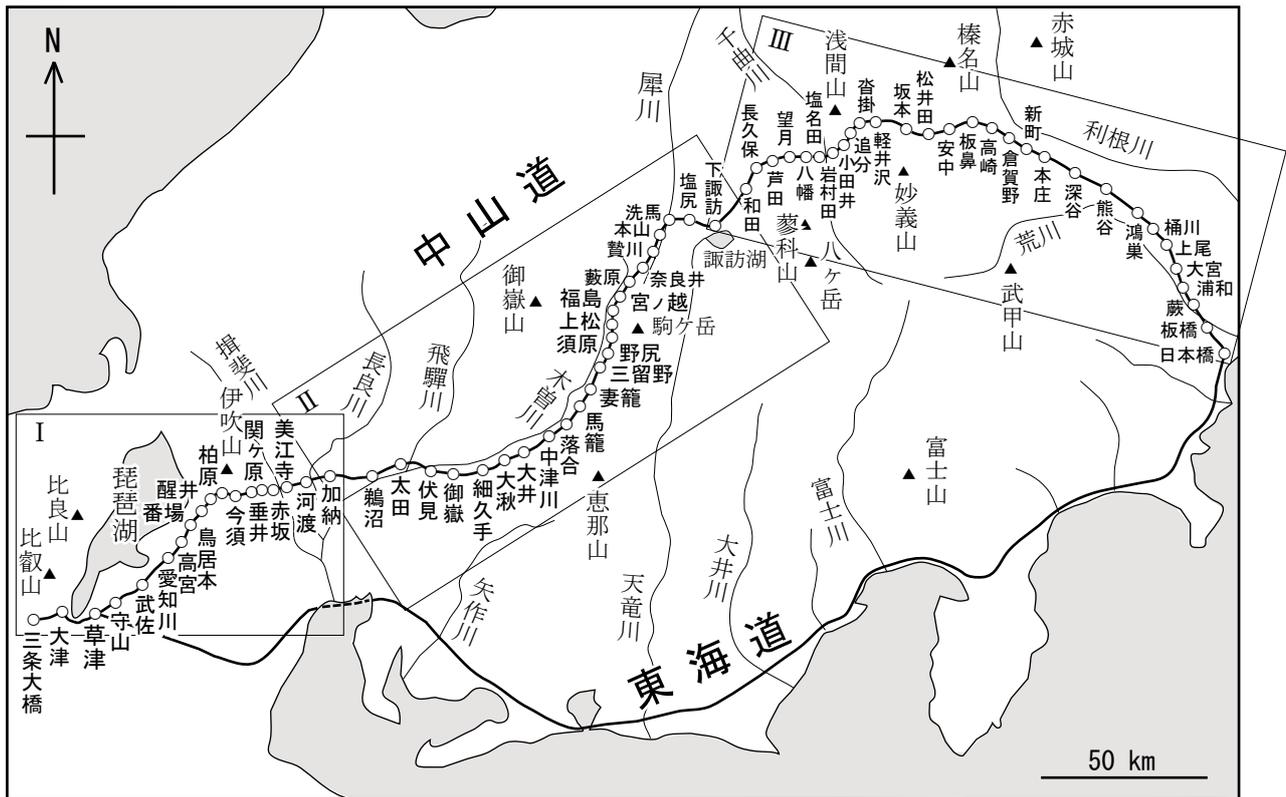
2. J.J.ライン著「中山道旅行記—著者自身の観察と研究に基づき, E. クニッピング氏の路線測量に従い, その覚書を利用した—」全訳

2.1 緒言 (第3図)

<淀川流域の地形>

瀬戸内海の北東部, 大阪湾すなわち古称浪速津^{なにわのつ}(速い波の湾)を含む和泉灘が, 兵庫・大阪・堺の間で深く陸地に湾入するところに, 多くの点で注目される川, 淀川が注いでいる。淀川は, ここ(和泉灘)から9ドイツ・マイル [1ドイツ・マイルは7,420 m]離れた近江の国の広い盆地を満たしている琵琶湖から流出する河川である。楕円形の和泉灘, 琵琶湖の長軸および両者を結ぶ淀川の流路は, 共に南西から北東へ向かう1本の線を構成し, この線の近傍で西暦紀元前660年¹⁾に神武天皇の下に帝国が創建された。淀川流域は日本の古代から栄えた土地であり, そこでは住民の独自の文明が発達し, そして彼らの内紛と内乱, 長い歴史に書き留めねばならない多くの血なまぐさい戦いが起きた。今日では, 鉄道が我々を海岸に沿って兵庫から大阪へ, 大阪から淀川平野を遡って京都へと速やかに運んでおり, 間もなく琵琶湖にまで通じるようになるであろう。

この地帯の地形の状態をより正確に観察するならば, 淀川平野と呼ばれるものは, 川の東および西に接近する低山脈によって2つの, あるいは琵琶湖の窪地まで含めるときには3つの小平野に分けられ, それらは属する国名によって摂津(あるいは大阪)平野, 山城平野および近江平



第3図 中山道概略図

中山道六十九次の宿駅，中山道から見える主要山岳および中山道が越える主要河川などの名称を示した。また，原論文の付図(I, II, III)の範囲を長方形の枠で示した。

野と呼ぶことができる。淀川の名は摂津平野においてのみ用いられる。淀川は中流では左岸側で木津川によって伊賀および北大和の河川を受け入れ，伏見町の下流では山城北西部からの鴨川を合わせた桂川を斜めに受け入れている。淀川はここ中流部と琵琶湖に至る上流部では宇治の名前から宇治川と呼ばれる。

<山城平野>

山城平野は宇治川およびその下流のここに挙げた支流〔木津川・桂川〕の両側に広がり，伏見を中心として南北方向に延びている。1つの低山脈〔比良山地の南方延長〕がこの平野の東の境界となり，鴨川と琵琶湖の間の分水界をなし，それは琵琶湖に向かって急斜面で傾斜する。この低山脈は宇治川によって分割され，伏見と琵琶湖の間で二又になって宇治川に密着し，そして，木津川と琵琶湖の間の分水界として，また山城と近江の間の境界として彼方〔北方〕および東方に続く。上記の山城平野の北部には，桂川と鴨川によって灌漑された日本の古い首都(都)，京都の街が広がっている。京都の都域は山城平野の楕円形の形に従っており，その長軸はこの街を2つの不均等な部分〔西

部が東部より広い〕に分ける鴨川の方向に南北に延びている。桂川の河床は街の西側の少し離れたところにある。

<神武東征から仏教伝来まで>

日本の古い伝説に富む歴史に従えば，その漢字名が意味するように天照大神あまてらすおみかみまたは天照大神のひ孫にあたる神武天皇てんしやうだいじんは，西暦紀元前660年頃，九州からやって来た征服者として淀川地方に帝統治の基礎を築いた。この統治は，栄枯盛衰はあったけれども，彼の後継者たちの下でますます強化され，同時に拡大されて，紀元300年頃には大八州おおやしま(津軽海峡以南の8つの大きな島)〔本州・四国・九州・淡路・壱岐・対馬・隠岐・佐渡〕のほとんどすべてを包含したのみならず，朝鮮半島のかなりの部分にまで及んだ。このようなアジア大陸への侵略は実際に夥しい遠征や戦争を引き起こしたが，その他の点ではまだ未開であった日本民族の文明開化に対するこの上ない手段であった。なぜなら，朝鮮はこれによって〔日本とアジア大陸を〕繋ぐ橋となり，この橋を渡って，文字と言語と文学，工業と芸術，法律と国家制度，要するに全中国文明が日出づる国，日本に到達し，文明と共にその担い手，すなわち仏教も渡来した。仏

教はインドに根ざした力強い樹木の果実であり、6世紀以降にその枝が日本に広がり、この国の保護の下に見事な精神的精華となって開花した。

<京都定住>

紀元794年頃までは、ほとんどすべての新しい帝は畿内あるいは5つの主要国、すなわち山城、大和、河内、和泉および摂津の中で、前とは異なる官居地を選んで来た。この頃になると、平和の事業をこれまで以上に促進し、文明の担い手、すなわち仏教はもちろん、工業、芸術および学問にも不動の定住地を指定することが必要だったので、このような〔官居地〕の絶えざる転変はもはや許されなかった。それ故、第50代の帝、桓武天皇は彼の定住地を今日の京都に移し、その後継者たちは今日まですべてこの街を保ち続けた。このようにして京都(古い書物ではつねに都、すなわち首都と呼ばれた)は日本の心臓となり、そこから多くの世紀にわたって国民生活の脈拍が伝わって行った；しかし大阪は、少なくとも物質的方面に関しては、大きな副室〔補給基地〕であった。国の主要街道(道)は動脈のように北や南から来て京都で会し、それぞれの街道は長く伸びた肢体、すなわち海・山に囲まれた国々に対する重要な滋養の源であった。

<第2の中心：鎌倉と江戸>

源頼朝が1186年に世襲制の幕府を創始し、将軍が代表する政権が鎌倉¹⁾に、そして後に(1600年頃)江戸に移ったことにより、国の体制は変化し、このときに第2の生活中心が創出された。政権はそのときから鎌倉によって、そして後にはさらに強力で江戸によって代表され、江戸はやがて重要な都市へと成長した。けれども、京都は依然として国の精神的中心としてあり続けた。結局、京都と江戸は数世紀の間〔日本の〕2つの中心地であったし、そのため両者を結ぶ街道、東海道と中山道はきわだって重要な意味を持つことになった。

<日本の街道>

日本の道あるいは街道に対して、鉄道建設以前のわがドイツの軍用道路〔軍隊の通れるような広い道幅の道路〕に類似した交通手段のような、一貫したシステムで建設された舗装道路を思い描く必要はない。日本の道にはマカダム舗装〔碎石を締め固めた道路〕をされた区間は全くなく、敷石を張ったところもきわめてまれであり、それ〔後者〕はとくに重要な山越えの急坂のため必要となる場所にだけ見られる。前からこの理由で、多くの日本の街道は雨期

には重い車両では通行できない；日本の街道はこの点に関してまったく考慮されていない。街道の建設に当たってはほとんど軍事的配慮のみが決定的なものであり、そしてここでは車両は使用されることなく、実際全く知られていなかった。人々は徒歩で行くか、馬に乗るか、あるいは輿〔駕籠〕に乗ったままで進み、荷物や商品はつい最近までもっぱら担ぎ人あるいは荷駄(馬と牛)によって運ばれており、堅牢な路床や広い道路幅の要求などもなかったのである。今日でもなお、多数の人力車²⁾のほか、若干の郵便馬車が、東海道、中山道および奥州街道のよりましな区間、すなわち東京からそれぞれ小田原、高崎および宇都宮まで行っている。そして大きな都市に見られる鈍重大八車が、日本の街道では辛うじてもう1つの車両なのである。

これらの街道の道幅は非常にばらついていて、ある場所では裸馬の幅にまで狭くなり、ある場所では10mあるいはそれ以上の幅がある；街道は、固い岩石質あるいは砂礫質の路床の上を通っていたり、稲田の間の沖積地の上を通っていたりする。雨期には稲田から溢れた水の一部が街道を浸す。川を越えるには大小の橋や渡し船が用いられるが、豪雨や長雨の時にはしばしば幾日も中断される。なぜかといえば、強い流れとなって増水する山地の溪流は手軽に架けられた橋をいとも簡単に押し流すからであり、あるいはいかなる船頭も急流となった川の力に対抗して小船を操縦することができないからである。

日本の街道の両側に沿ってしばしば常緑針葉樹が植えられて来た。なかでもこの国で最も好まれる木はマツ、しかもクロマツ(*Pinus massoniana*)〔原文のまま〕およびアカマツ(*Pinus densiflora*)である。その幹はときには樹高25~30m、幹周り5~6mにも達し、そしてこれらの木々は我がドイツの街路樹より木陰をつくることは少ないけれども、他方では樹下の道を速やかに乾かす。しかし、なによりもマツの力強い形と容姿の珍しさが絵のように美しく、景観に対してきわめて大きな効果を持っている。まれにはマツあるいはこれとヒノキ(*Chamaecyparis obtusa*や*Ch. pisifera*)〔原文のまま〕の混合林の代わりに、はるかに立派なスギの並木に出会うこともある。

<東海道の旅>

日本の最も有名な街道である東海道は、京都から東京まで長さ125里(66ドイツ・マイル)である。それは「東の海の道」という名前に値する。なぜなら、それは京都から出て大津で琵琶湖の流出口に触れた後は、近江と伊勢を通して東方の海の方へ向きを変え、それからは常に海岸沿いあるいは海岸近くを通して東京に向かうからである。

〔東海道では〕数日間、いくつもの湾とその後方の鬱蒼たる高地、そしてなによりも富士山の壮麗な光景を眺めることができる。富士山はその風格から無比の堂々たる火山錐で、我々は昨年本報告の10巻にこの山の特別な記事〔Rein, 1879〕を寄稿した。東海道は最後に温泉が豊富で見事な森をもつ箱根山を通る。ここは横浜や東京に在留する多くの外国人がしばしば訪れる保養地である。

<中山道の旅>

中山道(第3図)、すなわち日本の2つの首都の間を結ぶ「山」の「中」の「道」は、長さ132里(70ドイツ・マイル)で、琵琶湖畔の草津で東海道から分かれる。それは、近江・美濃・信濃・上野・武蔵を、つまり日本国の中央を、そして本土島³⁾の最も幅広い部分を通っている。この道は多くの川を渡り、豊かな平原と花咲く野を越え、さらさらと流れる山の溪流の側を通ったり、高い山の背や鞍部を越えるときは清涼な森陰の間を通ったりし、そしてあるときは狭く区切られた視野の中で、またあるときは広い遠景の中で、この上なく美しい多くの景観を提供する。

冬の旅は寒さと峠の雪のために東海道よりも辛いものとなるであろう。しかし、暑い夏の日々木陰や涼しく爽やかな山の空気を求める者、内陸と森とその縁の花咲く草原を知る者、一言でいえば、美しい日本の山地景観を楽しみたい者は、中山道を選ぶに違いない。なぜなら、彼は日本のどこにもこの「山の中の道」ほどさまざまな自然の美を多く提供できるような街道を見いだすことはできないから。——この街道は9つもの峠を越えており、とくにその南部区間で、中世の歴史に偉大な役割を果たした、至る所でよく保存されている多くの場所のそばを通る。これらすべての理由で中山道は日本人にきわめて人気があり、東海道と同様に言葉や絵画でくりかえし描かれている⁴⁾。

<中山道の歴史>

中山道はすでに710年頃、第43代の帝、元明天皇によって設けられた；けれども、そこにはすでに以前から小さな道があったと考えることができる。しかし、中山道の全盛時代は東海道の場合と同様に1600年～1868年の徳川統治時代であった。すなわち、17世紀の初めに、日本の歴史上最も重要な人物である家康が政権を掌握し、将軍〔幕府〕に新しくより高い輝きを与え、大名の力を裂き、国の平和を回復し、以前は漁村であった江戸を繁栄する首都へと改造した後に、交通がこの両街道〔東海道と中山道〕で発達したのであり、今日の状況はその衰退した名残にすぎない。

かの時期にはドイツの著名人、ケンペル²⁾が東海道を旅行したが、彼は、そのためにせねばならなかった膨大な準備作業や旅行中の厳しい監視および自由の制限について、また同じく、彼が偉そうに振る舞ったすべての卑しむべき役割や大名行列の華麗さおよび東海道の群衆とその振舞について、興味深く生々しいありのままの姿を描いている。彼のオランダ商館医師役の後継者、とくにツェンペリー³⁾およびフォン・シーボルト〔ジーボルト・斎藤, 1967〕もまた、この「参府旅行」を行い、それを記述した。

これに対して、中山道には明治維新(1868年)前に外国人が足を踏み入れたことはなかった⁵⁾。けれども、我々はこの交通は〔東海道と〕まったく同様に活発であったと考えることができる。なぜなら、たとえ南方から大阪や京都を越えて来る者の通常の旅行経路が東海道に沿って江戸に至るものであるとしても、中山道はそれが横切る国々のみならず、それより西方に位置する北陸道の国々に対してもまた天然自然の道であったから。しかもさらに、南から御嶽〔御嶽山〕に登ったり、善光寺やその他の有名な寺、なかでも将軍の墳墓をもち無比の美しさを示す日光を訪れようと望んだ多数の巡礼者たちは、中山道の道を採用した。

中山道はまた幾千の人々に仕事と生計を授けた；中山道に沿って多くの村や町が形成され、しばしばたった2列の家並の幅で街道沿いに続き、ときには2つの隣り合う村が完全に並列する程であった。ここにはまた、多くの家にいまでも外国人の宿泊にも役立つくらい立派な部屋があり、かつては大きな需要がありそれに応じた十分な設備と広さを持っていたことを思い起こさせる。

<今日の中山道>

しかし、大名行列やこれと一緒に起きた一切のことは消えて無くなってしまった！ 今日では、君主の先触れが扇子や刀で指図したり、高い位の君主の前に道を開けて土下座することを強いることはなく、乞食がうるさく付きまとうこともなく、礼儀作法やその他の制限が旅行者の動きを妨げることもない。外国人は、かつてケンペルやツェンペリーが150～200人の随員を用いたようには、彼を監視する役人を必要とはしない。外国人は、言葉さえできれば、故郷にいるときと同じように安全に、1人で旅行することができ、至る所で少なくとも同様な歓待を受けるであろう。

活発で雑然とした賑やかさは、おそらく東海道ほどではないけれども、中山道からも消えた。政治的状況の改変はこのような変化を生み出し、大多数の街道が荒廃した。しかし、両首都とそれ以外の顕著な商業地との間の交通の大

部分を奪い取ったのは、主として蒸気船の輸入であった。

もし荷馬車と郵便馬車の車輪が街道上を妨げなしに回る
ことができるほど、街道が一度でも改造されるときには、
中山道は初めて、より大きな意義をもう一度獲得し、新し
い交通時代がその上に始まるであろう。

<我々の中山道の旅>

さて、以下の文章をよりよく理解されるために必要だと
思われることを、日本の街道の特徴と意義についての上記
の一般的な記事をもって短い緒言とした後に、我々は我々
の主題に立ち向かい、我々に興味のある一面あるいは他の
面から見える中山道のすべてを探究する。——ドイツの都
市では市庁舎と市場が、そこからの里程標が数えられる街
道の起点となるが、日本ではそれは橋である；京都では三
条大橋、東京では日本橋。中山道は東海道と同じように、
この一方から始まり、他方で終わり、すべての距離の表示
はこの2つの橋に関係している。

我々はクニッピング氏の優れた「旅行路線図」に従い
ながら、中山道の記述を京都の三条大橋から始め、東京
の日本橋で終えるつもりである。我々は、1874年および
1875年に我々の足で街道を歩んだ2度の場合のように
一日一日の旅程を作ることなく、当面の目的によく合うよ
うに章に区切って書き記そう。

原注

- 1) 現在では横浜の南西の村〔現鎌倉市〕。
- 2) 最新の交通手段で、急速に採用されるようになった。車軸上に2人用
の座席を備えた軽量の二輪車。この乗り物は特に都会の個人交通に
のみ使われ、馬車の長柄の位置にいる1人の男によって引かれ、そ
から名前が人力車、すなわち人—力—車となった。
- 3) 本土は主部、本州、主要地の意味。我々が間違って日本とよぶ日本最
大の島に対して、最近の日本人はしばしば2つの名前、すなわち日本
全体を意味する「日本」と本土を用いる。
- 4) この街道に関する最も注目すべき作品は7分冊本として1805年に出版
された。それは「木曾路名所図会」〔秋里・西村, 1805〕、すなわち
「木曾路の名所の絵の画集」という表題である。中山道はまたこの
名前〔木曾路〕あるいは同義の木曾街道と呼ばれている。木曾路とは
「木曾を通過する道」を意味する。
- 5) 中山道の旅の簡単な記事は、イギリス公使館秘書官のローレンス氏
が王立地理学会の雑誌43巻（1873年）に載せている〔Lawrence,
1873〕。しかし、我々の記述と比較すれば、我々がそれを利用できな
かったことが分かるであろう。

訳注

- *1 この年数は1872年（明治5年）明治政府が太陽暦を採用するに際し
て、『日本書紀』の記述をもとに神武天皇即位の年を紀元前660年
にとしたことに基づいている（牧原, 2008）。現在の歴史学では神武
天皇を実在した人物と認めていない。
- *2 Engelbert Kämpfer（現代ドイツ語読みではエンゲルベアト・ケン
プファー）（1651-1716）。ドイツの博物学者・医者。1683年、スウェー
デンのロシア・ベルシャ向け帝国使節団中の大使館書記官としてこ
れに随行し、途中で使節団から分かれてオランダ東インド会社の医

官となり、1690年来日し、オランダ商館付の医師として約2年間長
崎の出島に滞在した。1691年と1692年に2回の江戸参府を経験し
た。1712年に『廻国希観』を出版し、それと同時期に『日本誌』の執
筆にも取り組んでいたが、その出版を見ることなく死去した（ケンペ
ル・斎藤, 1977による）。

- *3 Carl Peter Thunberg（1743-1828）。スウェーデンの植物学者。
カール・フォン・リンネ（1707-78）の弟子として近代博物学、とくに
植物分類学に大きく貢献した。南アフリカ喜望峰での3年間にわたる
探検博物学調査ののち、オランダ東インド会社の長崎商館付医師と
して、1775年8月から翌年12月まで日本に滞在した。この間に江戸へ
の参府旅行を果たし、各地での植物の観察・採集および日本人医師
たちとの交流を通じて、日本の植物学の発展に寄与した。「日本のリ
ンネ」ともいわれる。『喜望峰植物序説』、『日本植物誌』など著作
多数。師の没後、ウプサラ大学の博物学教授および同大学の学長を
務めた（西村, 1989；ツェンペリー・高橋, 1994による）。

文 献

- 秋里籬鳥（編）・西村中和（絵）（1805） 木曾路名所図会。
全7冊。京都。
- ケンペル（著）・斎藤 信（訳）（1977） 江戸参府旅行日
記。平凡社東洋文庫、東京、303、371p。
- Lawrence, C. W.（1873） Journey from Kiôto to Yedo
by the Nakasendô Road. *The Journal of the Royal
Geographical Society of London*, 43, 54-65.
- 牧原憲夫（2008）「文明国をめざして」。全集『日本の歴
史』、小学館、東京、13、364p。
- 西村三郎（1989） リンネとその使徒たち。探検博物学の
夜明け。人文書院、京都、348p。
- Rein, J. J.（1879） Fuji-No-Yama und seine Besteigung.
Petermann's Mitteilungen, 25, 365-378.
- ジーボルト（著）・斎藤 信（訳）（1967） 江戸参府旅行。
平凡社東洋文庫、東京、87、271p。
- ツェンペリー, C.P.（著）・高橋 文（訳）（1994） 江戸参
府随行記。平凡社東洋文庫、東京、583、406p。

山田直利（やまだ なおとし）

1953年東京大学理学部地質学科卒、工業技術院地質調査所入所。78年地質
部地質第1課長。88年地質標本館長。2000年日本地質学会名誉会員。専
攻は岩石学・火山学・地学史（理学博士）。2010年以降、矢島道子と共に
ナウマン論文を翻訳。E-mail: naotosi-y@h7.dion.ne.jp

矢島道子（やじま みちこ）

1975年東京大学理学部地質学科卒。81年東京大学大学院理学研究科博士課
程修了（理学博士）。2016年より日本大学文学部。専攻は地学史（主に日本、
古生物学）。E-mail: pxi2070@nifty.com

YAMADA Naotoshi and YAJIMA Michiko (2017) Japanese
translation of "Der Nakasendô in Japan" (Rein, 1880),
Part 1.

（受付：2017年2月16日）

CCOP-GSJ-GA Groundwater Phase III Meeting 開催報告

内田洋平¹⁾・シュレスタ ガウラブ¹⁾・塚脇真二²⁾

2017年3月21日(火)～23日(木)の3日間、インドネシア・バリ島において、CCOP-GSJ-GA地下水プロジェクトの会議が開催されました。会議には、CCOP加盟国から12ヶ国(カンボジア、中国、インドネシア、日本、韓国、ラオス、マレーシア、ミャンマー、パプアニューギニア、フィリピン、タイ、ベトナム)とCCOP事務局から、計32名が参加しました。本会議は2014年度に開始した地下水プロジェクトフェーズⅢの年次会議であり、今回は、インドネシア地質調査局(GA: Geological Agency)がホスト機関として共催しました(写真1)。

議事は、(1)開会、(2)フェーズⅢプロジェクトの概要及び現状説明、(3)各国のカントリーレポート、(4)ディスカッション、(5)特別講演、(6)巡検という内容でした。日本からは、塚脇真二(金沢大学・教授)、内田洋平(産総研地質調査総合センター(GSJ)/プロジェクトリーダー)、シュレスタ ガウラブ(GSJ)の3名が参加しました。

開会挨拶に引き続き、内田よりフェーズⅢプロジェクトの概要及び現状説明を行いました。本フェーズでは、CCOP地下水データベースはデータベースの対象国を拡充

することと、データベースをOpen Web GISシステム上に構築することを目指しています。しかし、地下水観測システムやデータベースの開発現状は国々で異なっており、本フェーズでは3つのグループに分けて活動を行っています。また、データベース構築はCCOP地球科学情報総合共有システム(GSi)プロジェクトとリンクしており、これまでに数カ国(韓国、マレーシア、フィリピン、日本)が地下水データを提出し、日本側でGSiポータルサイトへのアップロードを完了しました。

また、サブプロジェクト“Development of Renewable Energy for GSHP System in CCOP Region”における、タイとベトナムでの地中熱ヒートポンプシステム実証試験の状況や、2017年2月20日のベトナム・ハノイで開催されたワークショップについての報告がなされました。

今回のカントリーレポートのテーマは“Hydrogeological map -Present status and future plan”で、各国における地下水マップの現状と、今後の計画や方針などについて発表が行われました。なお、本カントリーレポートの内容は、“Project Report of the CCOP-GSJ-GA Groundwater Phase



写真1 全体集合写真.

1) 産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門

2) 金沢大学 環日本海域環境研究センター

キーワード: CCOP, 地下水プロジェクト会議, インドネシア

III Meeting(GW-7)”としてGSJから出版する予定です。

2日目の午前には、まず、シュレスタ ガウラブが、3つのグループ(DB Group I, DB Group II, Public Policy Group)の2015年と2016年の活動方針をレビューし、本会議で期待される成果(Deliverables)について説明を行いました。その後、グループに分かれて2015年と2016年の活動状況及びデータベースのコンパイル状況を確認し、2017年のコンパイル方針を話し合いました(写真2)。その結果は、コーヒープレイク後、各グループリーダーより報告されました。



写真2 グループディスカッションの様子。

午後は、招待講演として、金沢大学・環日本海域環境研究センターの塚脇真二より、“Groundwater resources and water management in popular tourist areas - An example of the Angkor World Heritage site, Cambodia -”と題する発表を行いました。カンボジアのトンレサップ湖は、国際河川であるメコン川とトンレサップ川を通じてつながっています。トンレサップ湖の水収支は、雨季はメコン川からの流入、乾季はメコン川への流出で年間を通じてバランスが取れており、同時に湖底泥の流入・流出もバランスが取れています。しかし、最近のメコン川におけるダム開発などの影響によって、これらの水・泥の収支バランスが崩れはじめており、トンレサップ湖の消失が危惧されています。また、アンコール世界遺産の周辺ではホテルが数多く建設されており、地下水を大量に揚水しています。これらの人

間活動が世界遺産であるアンコール遺跡に及ぼす影響は大きいことが予想され、地下水管理の必要性が高まっています。講演後は、特に世界遺産を有しているメンバー国との間で活発な質疑応答が行われました。

3日目はGAの主催で、バリ島の世界遺産地域であるプクリサン川流域ジャティルウィのスパック(棚田)(写真3)とバトゥール山における巡検が行われました。スパックとは、バリ島の農家からなる水利組合です。バリ島では、水源から流れてきた水を一旦ダムのような場所で貯水し、それを均等に各水田へ分配するシステムを保有するだけではなく、水田や水にかかわる宗教行事を行っているそうです。バトゥール山は過去に何度も噴火しており、その麓にはカルデラ湖のバトゥール湖があります。また、近くにはGAが管轄しているバトゥール火山博物館があり、バトゥール山の火山活動や地層、歴史を紹介しています。館内には、火山活動を監視しているGAのモニタリング室も設置されていました。

今回の地下水会議は、Phase IIIプロジェクトが開始されて3回目の会議となりました。カントリーレポートにより、各国の地下水データベースの状況や課題を把握することができ、2日目のグループディスカッションによって、本プロジェクトの成果物の姿が明確になったと思います。次回の会議からは、そろそろプロジェクトのとりまとめを意識した運営を行いたいと考えています。



写真3 世界遺産地域であるプクリサン川流域ジャティルウィの棚田。

UCHIDA Youhei, SHRESTHA Gaurav and TSUKAWAKI Shinji (2017) Report on COP-GSJ-GA Groundwater Phase III Meeting.

(受付:2017年4月18日)

インドネシアの世界遺産 「バリ州の文化的景観：スバック灌漑システム」

塚脇真二¹⁾

1. はじめに

地質学を専門としながらも筆者は、アンコール・ワット寺院で有名なカンボジアのアンコール世界遺産を、国際的な枠組みの中で管理する UNESCO/ アンコール国際管理運営委員会 (CIC-Angkor, 2014) の特別専門家委員を務めています。環境保全と開発管理が担当で、なかでも増加し続ける観光客対策と、水環境の整備と管理がもっとも重要な担当案件です。アンコール世界遺産は、東南アジアでかつて栄えたクメール帝国が遺した石造建築物群です。この帝国は、熱帯モンスーン気候に特有の渇水期への対応のため、巨大な貯水池や精緻な運河網を建設した「水の帝国」として知られており、その一部は現在もまだ活用されているほどです。このようにアンコールでは帝国主導で大規模な水管理システムが建設されましたが、一方、インドネシアのバリ島には、河川の発達が発達した火山島での渇水問題を解決するために、地域住民主導による伝統的な水管理システムであるスバック (Subak) 灌漑システムが構築されたことが知られています。このシステムは 2012 年にユネスコの世界遺産に登録されました。そのため、バリ島で 2017 年 3 月 21 ~ 23 日に開催された CCOP-GSJ-GA 地下水プロジェクト会議に招待されたとき、この伝統的な水管理システムをぜひとも調べてみたいと考えていました。

会議主催者のご厚意で、会議の前後となる 3 月 20 日と 24 日の両日にスバック灌漑システムの調査に出かける機会に恵まれました。また、23 日には会議後の巡検でこの一部を見学することができました。なお、この調査には、主催者である産総研地圏資源環境研究部門地下水研究グループの内田洋平氏とシュレスタ ガウラブ氏、CCOP 事務局の Adichat Surinkum 事務局長ほかの方々には同行いただいています。

2. バリ島のスバック灌漑システム

バリ島の世界遺産は「バリ州の文化的景観：トリ・ヒ

タ・カラナ哲学に基づくスバック灌漑システム (Cultural Landscape of Bali Province: the Subak System as a Manifestation of the Tri Hita Karana Philosophy)」と呼ばれるもので、登録基準は、1) 価値の交流、2) 文化的伝統の証拠、3) 人類の伝統的集落、4) 普遍的な価値をもつ出来事との関連性の 4 つです (日高, 2014)。「スバック」とは、9 世紀ころに始まったバリ島独自の水管理システムのことで、年間を通して不足気味の水を急斜面に建設された棚田群へ公平に分配するために、水路と堰を地域住民が共同で管理するものです。現在のバリ島には約 1,200 のスバックが存在します。また、「トリ・ヒタ・カラナ」とは、神の世界、人の世界、自然界の融合と調和を重視するバリ・ヒンドゥー教の世界観に基づく概念です (Suradisastira *et al.*, 2002)。地域住民による水管理システムであるスバックは地域信仰にも支えられて、耕作可能な土地に限られる火山島にもかかわらず、バリ島の高い人口密度を支え、それとともに生態系の保全にも貢献したとされています (日高, 2014)。

3. スバック灌漑システムなどの現地調査

3 月 20 日にはバリ・ヒンドゥー寺院であるタマン・アユン寺院やジャティルウィの棚田群、タバナンにあるスバック博物館などを、同 24 日にはバリ島水信仰の中心とも言えるバトゥール湖やバリ・ヒンドゥー信仰の総本山ブサキ寺院を訪れました。同 23 日の地下水プロジェクト会議の巡検では、観光地として有名なトゥガラランの棚田群やバトゥールのジオパーク博物館などを見学しています (内田ほか, 2017)。

スバック灌漑システムには水源管理の要となる寺院がそれぞれにあり、「水の寺院」と呼ばれています。20 日にまず訪れたタマン・アユン寺院 (写真 1) は、バリ島の水の寺院の中ではもっとも規模が大きいもので 18 世紀の建立とされています。環壕がめぐらされた広い境内には美しい庭園があり、ジェロアンと呼ばれる奥の院は四方を低い塀

1) 金沢大学 環日本海域環境研究センター

キーワード：CCOP, バリ島, 世界遺産, 文化的景観, スバック灌漑システム, インドネシア



写真1 タマン・アユン寺院の奥の院。低い塀と内環壕に囲まれた中にメルなどの宗教施設がある。



写真2 タバナンにあるスバック博物館。建物の周囲にはスバック灌漑システムのミニチュアが設置されている。

と内環壕とで囲まれ、屋根が幾層にも重なった尖塔（メル）群などの宗教施設をその中に見ることができました。地域住民の手による管理が行き届いたこの寺院の訪問で、スバックが単なる灌漑システムではなく、地域信仰の点からも重要な存在であることを実感できました。

続いて訪れたスバック博物館(写真2)は、タマン・アユン寺院から車で30分ほどのところにあります。博物館の建物をとりまくようにスバック灌漑システムのミニチュアが展示しており、広々とした建物の中にはこのシステムの委細にわたる説明はもちろんのこと、システムの全容をわかりやすく表現した大きな立体模型や伝統的な農法の解説、実際に使用されていた農機具などが整然と展示され、

担当の方の丁寧な解説もあって、スバックについての十分な知識をここで得ることができました。

昼食後に訪れたのが世界遺産にもなっているジャティルウィの棚田です(内田ほか, 2017: 写真3参照)。バリ島第2の高山であるバトゥカウ山(標高2,276 m)の南斜面にこの棚田があります。青々と稲が実った棚田がゆるやかな斜面いっぱい広がる光景は美しくまた壮観でした。棚田のあぜ道を歩くと、縦横にはりめぐらされた水路と巧みに作られた分水機構をここかしこで見ることができました。博物館で得た知識によれば、分水するための樋の幅は大人の指の幅が基準になっており、たとえば棚田の面積が2区画ならば樋の幅が指2本分、4区画ならば4本分の幅



写真3 ジャティルウィの棚田でみられるスバック灌漑システムの水路と分水堰。

になっているそうです(写真3)。

ジャティルウィの棚田は世界遺産ということもあってバリ島有数の観光地にもなっていますが、実際の維持管理は地方自治体と地域住民にまかされているようです。棚田群のある斜面の最上部付近を通る狭くて曲がりくねった道路沿いには、棚田を見おろすように新しいレストランや洒落たカフェがたくさん建てられていて多くの観光客でにぎわっていました。しかしながら、不法駐車による道路の渋滞や交通事故、散らかったゴミ、飲食店からの汚水などの問題が顕在化しつつあるように感じました。

会議後の24日は、バリ・ヒンドゥー教の総本山であるブサキ寺院をまず訪れました。バリ島の最高峰アグン山(標高3,031 m)の南斜面にあるこの寺院は、総本山だけあって20日に訪れたタマン・アユン寺院よりもさらに巨大なもので、スバック灌漑システムとの直接的な関係はないものの、バリ島におけるバリ・ヒンドゥー教信仰の深さをこの訪問で感じる事ができました。ただ、筆者にとっては今回が3度目の訪問でしたが、10年前には参道にあふれるほどだった外国人観光客の姿があまり見られず、参道沿いの商店のシャッターがほとんど降りていたのは不思議でした。

ブサキ寺院の見学後に、バトゥール山(標高1,717 m)

を中央火口丘とするカルデラ(最高点の標高2,151 m)とカルデラ湖であるバトゥール湖(面積15.9 km², 最大水深88 m)を訪れています(写真4)。このカルデラは長径14 kmほどの楕円形をしていて、そのほぼ中央に活火山であるバトゥール山があり、半月型のバトゥール湖はバトゥール山の南東に位置しています。四方を外輪山に囲まれたカルデラ湖であるため、この湖から外輪山外への直接的な水の流出はないようです。また、カルデラ内には10ほどの村があり、約1万5千人の住民が農業や観光業を営みながらそこで暮らしています。バトゥール山の南西斜面には、近年のものと容易にわかる溶岩流の跡を見ることができました。その後に訪れたバトゥール湖の湖岸には大きな温泉レジャー施設があり、また、湖面には養魚場のいかだが多数浮かんでいて、ここでも水環境の今後の悪化が気になるどころでした。

4. おわりに

これまで記述してきたとおり、今回の調査でバリ島の伝統的な水管理システムであるスバック灌漑システムの概要を理解することができました。王朝の交代が相次ぎ19世紀末にはオランダの植民地ともされたバリ島にもかかわら



写真4 外輪山からみるバトゥール山(左)とバトゥール湖(右)。バトゥール山の山腹には溶岩流の跡がみえる。

ず、このシステムが9世紀から現在に至るまで、地域住民の手によって1,000年以上も維持管理されてきていることはまさに感嘆するものでした。

バリ島の人口は2014年時点で約420万人であり、農林水産業の従事者はその4分の1となる100万人ほどです。観光産業の発達とともに農林水産業人口は減少し、それとともに従事者の高齢化も進んでいるようです。また、この島を訪れる観光客数は、2015年についてみるとインドネシア国内から約780万人、国外から約480万人です。合計すると島の人口の3倍にもなります。利用できる土地が少ない火山島ということ考えると、ただでさえ人口密度が高い島にもかかわらず、さらにこれだけの数の観光客を受け入れることは、島の住民にとっても島の自然にとってもかなりの負担になることが考えられます。これに加えて観光産業の発達にもなっている水環境劣化の兆候が今回の調査中に散見されました。このような状況の中で、世界遺産にもなっているバリ島のスバック灌漑システムを、どう維持していくのが島民にとっては今後の大きな課題となりそうです。

バリ島のスバック灌漑システムやバリ・ヒンドゥー信仰などについては金沢大学の鏡味治也教授にご教示をいただきました。島の人口や観光客数、山の標高などの数値情

報はバリ島の観光情報サイト (<http://www.balisurfadvisor.com/>)、インドネシア中央統計局 (<https://bps.go.id/>)、バリ州政府観光局 (<http://www.disparda.baliprov.go.id/>)、バリ州政府中央統計局 (<https://bali.bps.go.id/>) のウェブサイト参照(いずれも2017年4月17日確認)しています。

文 献

- Comité International de Coordination pour la Sauvegarde et le Développement du Site Historique d'Angkor (CIC-Angkor) (2014) *20 Ans de Coopération Internationale pour la conservation et le Développement Durable*. Bureau de l'UNESCO à Phnom Penh, 138p.
- 日高健一郎 監修 (2014) 世界遺産百科 全987の世界遺産. 柊風舎, 東京, 896p.
- Suradisastira, K., Sejati, W. K., Supriatna, Y. and Hidayat, D. (2002) Institutional description of the Balinese subak. *Journal Litbang Pertanian*, **21**, 11-18.
- 内田洋平・シュレスタ ガウラブ・塚脇真二 (2017) CCOP-GSJ-GA Groundwater Phase III Meeting 開催報告. GSJ 地質ニュース, **6**, 202-203.



塚脇真二 (つかわき しんじ)

福岡県出身、東北大学大学院理学研究科博士後期課程修了、理学博士、日本学術振興会特別研究員などをへて1994年金沢大学教養部に着任、現在、金沢大学環日本海域環境研究センター研究領域部門陸域環境領域教授、専門は地域地質学、海洋地質学、堆積学。1992年からカンボジアでの調査に従事。2012年からアンコール世界遺産国際管理運営委員会特別専門家委員会委員、アンコール世界遺産の環境保全と開発管理を担当。

TSUKAWAKI Shinji (2017) World heritage "Cultural Landscape of Bali Province: the Subak System" in Indonesia.

(受付: 2017年4月18日)

地質学用語の中国語表記：第5回 地球化学

伊藤 剛¹⁾

本稿では、元素名(第1表)と地球化学用語(第2表)の中国語表記を紹介する。日中同形語の例は限られ、中国独自の漢字が用いられている用語が多い。

1. 元素名

元素名は、各々に独自の漢字一文字が当てられており、新たに作られた漢字も多い。常温での状態が気体の元素の漢字には「气」が、液体であるものには「水」が付く。常温で固体のものうち、非金属元素の漢字には「石」が、金元素の漢字には「金」が使われる。古くから鉱物資源として用いられた単語のうち日本でも漢字一文字のものについては、日中同形語が元素名の表記としても用いられる。例えば、Fe(鉄; 铁)やCu(銅; 铜), Au(金; 金), Pb(鉛; 铅)などがこれに当たる。元素は一文字で表すため、日本

語で二文字の漢字からなる用語は異なる漢字が用いられる。B(硼素; 硼)やS(硫黄; 硫)のように日本語の漢字一文字目と一致する例や、F(弗素; 氟)やBr(臭素; 溴)のように漢字一文字と上述の「气」や「水」とが組み合わされている例もある。

2. 地球化学用語

日中同形語は極めて少ない。簡体字と日本の漢字の違いとしては、「微」と「微」, 「昇」と「昇」, 「机」と「機」などがある。O(酸素)は中国語では漢字一文字の「氧」が使用されている(第1表)。そのため、酸素の状態を示す用語、例えばRedox condition(酸化還元環境; 氧化还原环境)やAnoxic(無酸素; 缺氧)などは日中で表記が異なる。

第1表 元素名の対訳。アクチノイドより大きい元素は省略してある。

元素番号	元素記号	英語	日本語	中国語	ピンイン
1	H	Hydrogen	水素	氢	Qīng
2	He	Helium	ヘリウム	氦	Hài
3	Li	Lithium	リチウム	锂	Lǐ
4	Be	Beryllium	ベリリウム	铍	Pī
5	B	Boron	ほう素(硼素)	硼	Péng
6	C	Carbon	炭素	碳	Tàn
7	N	Nitrogen	窒素	氮	Dàn
8	O	Oxygen	酸素	氧	Yǎng
9	F	Fluorine	ふっ素(弗素)	氟	Fú
10	Ne	Neon	ネオン	氖	Nǎi
11	Na	Sodium	ナトリウム	钠	Nà
12	Mg	Magnesium	マグネシウム	镁	Měi
13	Al	Aluminium	アルミニウム	铝	Lǚ
14	Si	Silicon	けい素(珪素)	硅	Guī
15	P	Phosphorus	りん(磷)	磷	Lín
16	S	Sulfur	硫黄	硫	Liú
17	Cl	Chlorine	塩素	氯	Lù
18	Ar	Argon	アルゴン	氩	Yà

1) 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

キーワード：地質学用語, 中国語, 日本語, 英語, 地球化学

第1表 続き.

元素番号	元素記号	英語	日本語	中国語	ピンイン
19	K	Potassium	カリウム	鉀	Jiǎ
20	Ca	Calcium	カルシウム	鈣	Gài
21	Sc	Scandium	スカンジウム	钪	Kàng
22	Ti	Titanium	チタン	鈦	Tài
23	V	Vanadium	バナジウム	钒	Fán
24	Cr	Chromium	クロム	鉻	Gè
25	Mn	Manganese	マンガン	錳	Měng
26	Fe	Iron	鉄	鐵	Tiě
27	Co	Cobalt	コバルト	鈷	Gǔ
28	Ni	Nickel	ニッケル	鎳	Niè
29	Cu	Copper	銅	銅	Tóng
30	Zn	Zinc	亜鉛	鋅	Xīn
31	Ga	Gallium	ガリウム	鎳	Jiā
32	Ge	Germanium	ゲルマニウム	锗	Zhě
33	As	Arsenic	ひ素 (砒素)	砷	Shēn
34	Se	Selenium	セレン	硒	Xī
35	Br	Bromine	臭素	溴	Xiù
36	Kr	Krypton	クリプトン	氙	Kè
37	Rb	Rubidium	ルビジウム	鉷	Rú
38	Sr	Strontium	ストロンチウム	锶	Sī
39	Y	Yttrium	イットリウム	钇	Yī
40	Zr	Zirconium	ジルコニウム	锆	Gào
41	Nb	Niobium	ニオブ	铌	Ní
42	Mo	Molybdenum	モリブデン	钼	Mù
43	Tc	Technetium	テクネチウム	锝	Dé
44	Ru	Ruthenium	ルテニウム	钌	Liǎo
45	Rh	Rhodium	ロジウム	铑	Lǎo
46	Pd	Palladium	パラジウム	钯	Bǎ
47	Ag	Silver	銀	銀	Yín
48	Cd	Cadmium	カドミウム	镉	Gé
49	In	Indium	インジウム	铟	Yīn
50	Sn	Tin	すず (錫)	锡	Xī
51	Sb	Antimony	アンチモン	锑	Tī
52	Te	Tellurium	テルル	碲	Dì
53	I	Iodine	よう素 (沃素)	碘	Diǎn
54	Xe	Xenon	キセノン	氙	Xiān
55	Cs	Caesium	セシウム	铯	Sè
56	Ba	Barium	バリウム	钡	Bèi
57	La	Lanthanum	ランタン	镧	Lán
58	Ce	Cerium	セリウム	铈	Shì
59	Pr	Praseodymium	プラセオジウム	镨	Pǔ
60	Nd	Neodymium	ネオジウム	钕	Nǚ
61	Pm	Promethium	プロメチウム	钷	Pǐ

第1表 続き.

元素番号	元素記号	英語	日本語	中国語	ピンイン
62	Sm	Samarium	サマリウム	钐	Shān
63	Eu	Europium	ユウロピウム	铕	Yǒu
64	Gd	Gadolinium	ガドリニウム	钆	Gá
65	Tb	Terbium	テルビウム	铽	Tè
66	Dy	Dysprosium	ジスプロシウム	镝	Dī
67	Ho	Holmium	ホルミウム	铥	Huǒ
68	Er	Erbium	エルビウム	铒	Ěr
69	Tm	Thulium	ツリウム	铥	Diū
70	Yb	Ytterbium	イッテルビウム	铽	Yì
71	Lu	Lutetium	ルテチウム	镧	Lù
72	Hf	Hafnium	ハフニウム	铪	Hā
73	Ta	Tantalum	タンタル	钽	Tǎn
74	W	Tungsten	タングステン	钨	Wū
75	Re	Rhenium	レニウム	铼	Lái
76	Os	Osmium	オスミウム	铱	É
77	Ir	Iridium	イリジウム	铱	Yī
78	Pt	Platinum	白金	铂	Bó
79	Au	Gold	金	金	Jīn
80	Hg	Mercury	水銀	汞	Gǒng
81	Tl	Thallium	タリウム	铊	Tā
82	Pb	Lead	鉛	铅	Qiān
83	Bi	Bismuth	ビスマス	铋	Bì
84	Po	Polonium	ポロニウム	钋	Pō
85	At	Astatine	アスタチン	砹	Ài
86	Rn	Radon	ラドン	氡	Dōng
87	Fr	Francium	フランシウム	钫	Fāng
88	Ra	Radium	ラジウム	镭	Léi
89	Ac	Actinium	アクチニウム	锕	Ā
90	Th	Thorium	トリウム	钍	Tǔ
91	Pa	Protactinium	プロトアクチニウム	釷	Pú
92	U	Uranium	ウラン	铀	Yóu
93	Np	Neptunium	ネプツニウム	镎	Ná
94	Pu	Plutonium	プルトニウム	钚	Bù
95	Am	Americium	アメリシウム	镅	Méi
96	Cm	Curium	キュリウム	锔	Jū
97	Bk	Berkelium	バークリウム	锿	Péi
98	Cf	Californium	カリホルニウム	镆	Kāi
99	Es	Einsteinium	アインスタイニウム	镅	Āi
100	Fm	Fermium	フェルミウム	镆	Fèi
101	Md	Mendelevium	メンデレビウム	镎	Mén
102	No	Nobelium	ノーベリウム	锘	Nuò
103	Lr	Lawrencium	ローレンシウム	鏷	Láo

第2表 地球化学用語の対訳.

英語	日本語	中国語	ピンイン
Major elements	主要元素	常量元素	Cháng-liàng-yuán-sù
Trace elements	微量元素	微量元素	Wēi-liàng-yuán-sù
Rare earth elements	希土類元素	稀土元素	Xī-tǔ-yuán-sù
Alkali metals	アルカリ金属元素	碱金属元素	Jiǎn-jīn-shǔ-yuán-sù
Halogen	ハロゲン元素	卤素	Lǔ-sù
Platinum group elements	白金族元素	铂族元素	Bó-zú-yuán-sù
Noble gases	希ガス元素	稀有气体	Xī-yǒu-qì-tǐ
Isotope	同位体	同位素	Tóng-wèi-sù
Stable isotope	安定同位体	稳定同位素	Wěn-dìng-tóng-wèi-sù
Radioisotope	放射性同位体	放射性同位素	Fàng-shè-xìng-tóng-wèi-sù
Isotope anomaly	同位体異常	同位素异常	Tóng-wèi-sù-yì-cháng
Positive anomaly	正異常	正异常	Zhèng-yì-cháng
Negative anomaly	負異常	负异常	Fù-yì-cháng
Radiocarbon	放射性炭素	放射性碳	Fàng-shè-xìng-tàn
Organic matter	有機物	有机物	Yǒu-jī-wù
Inorganic substance	無機物	无机物	Wú-jī-wù
Redox condition	酸化還元環境	氧化还原环境	Yǎng-huà-huán-yuán-huán-jìng
Oxic	有酸素	富氧	Fù-yǎng
Suboxic	貧酸素	贫氧	Pín-yǎng
Anoxic	無酸素	缺氧	Quē-yǎng
Aerobic	好氣的	需氧的, 好氧的, 有氧的	Xū-yǎng-de, Hǎo-yǎng-de, Yǒu-yǎng-de
Anaerobic	嫌氣的	厌氧的, 嫌气的	Yàn-yǎng-de, Xián-qì-de

ITO Tsuyoshi (2017) Geological terms in Chinese: Part 5. Geochemistry.

(受付：2016年7月25日)

平成 29 年度地質調査総合センター 新規採用職員研修報告

佐藤智之¹⁾

1. はじめに

地質調査総合センター(GSJ)では、円滑な研究とユニットを超えた交流を推進するために新規採用職員向けに毎年4月に研修を実施しています。研修では、GSJや各ユニットの紹介、安全管理や各種手続き、野外巡検、研究発表会、およびアウトリーチ研修などのプログラムを組んでいます。今年度は、常勤職員15名、第一号契約職員(ポスドク研究員)8名、リサーチアシスタント2名の計25名の新人に参加いただき(写真1)、4月13日から19日にかけて実施しました。その概要について紹介します。

2. 座学の研修

初日は、矢野雄策地質調査総合センター長からの挨拶に続き、各ユニット長からそれぞれのユニットについての

紹介がなされました。地質情報基盤センターからは図書室やアーカイブ室などの紹介・見学のほか、地質標本館の見学もなされ豊富で興味深い展示を楽しみながら学ぶことができました。二日目と三日目では勤務生活とイントラの説明やコンプライアンス、著作権など研究生活を進める上で必要な基本事項の説明がなされました。今年度からは別途開催していた救急救命実習も本研修に合わせて実施しました。

3. 研究発表会

新規採用職員の顔見せ、自己紹介も兼ねこれまでの研究についての研究発表会を4月18日(火)に行いました。常勤職員による口頭発表15件と、ポスドク研究員によるポスター発表8件の計23件の発表が行われました。GSJ内では全研究ユニットが参加する研究発表の機会はそれほ



写真1 平成29年度GSJ新規採用職員研修に参加された皆さん。前列左から、八木雅俊、大西里佳、松本恵子、中村友梨江、遠山知亜紀、綱澤有輝、朝比奈健太、阿部朋弥、大上隆史、後列左から、白濱吉起、森田雅明、松本親樹、Arif Widiatmojo、山崎 雅、北村真奈美、須田 好、中村佳博、三澤文慶、岡本京祐、Li Yi、渡邊教弘、向井宏樹(敬称略)。

1) 産総研 地質調査総合センター研究戦略部

キーワード：つくば、新規採用職員、巡検

ど多くはなく、ユニット間の連携も重視される昨今では、GSJ 全体の研究を知る上でも貴重な機会となっています。いずれの発表でも会場の別棟第二会議室がほぼ埋まるほどの職員が集まり、時間ぎりぎりまで質疑が繰り広げられました。以下に、発表題目を紹介します。

口頭発表

遠山知亜紀（地質情報研究部門 資源テクトニクス研究グループ）I/Br 比を用いたキンバーライトとその捕獲岩の地球化学的分類

三澤文慶（地質情報研究部門 海洋地質研究グループ）反射法地震探査結果から推定したスマトラ北西部沖の海底地質構造

中村佳博（地質情報研究部門 地殻岩石研究グループ）炭質物を利用した地質構造の解析と応用

阿部朋弥（地質情報研究部門 平野地質研究グループ）沿岸域における津波による堆積過程と津波水理条件の逆解析法の開発

綱澤有輝（地圏資源環境研究部門 鉱物資源研究グループ）選鉱プロセスの最適化を目的とした粉体シミュレーション

松本親樹（地圏資源環境研究部門 地下水研究グループ）インドネシアの露天掘り石炭鉱山における酸性坑廃水の抑制を目的とした覆土および再緑化工法の開発

朝比奈健太（地圏資源環境研究部門 燃料資源地質研究グループ）有機化学から地球科学へのアプローチ

渡邊教弘（再生可能エネルギー研究センター 地熱チーム）次元混在要素を用いた増強型地熱貯留層シミュレータの開発とその適用例

岡本京祐（再生可能エネルギー研究センター 地熱チーム）P 波初動に表れる伝播特性の地域性 - 震央距離推定での利用 -

Arif Widiatmojo（再生可能エネルギー研究センター 地中熱チーム）Modeling and Optimization of Ground Source Heat Pump

森田雅明（活断層・火山研究部門 マグマ活動研究グループ）諏訪之瀬島と浅間山における火山ガス放出量の測定

白濱吉起（活断層・火山研究部門 活断層評価研究グループ）2016 年熊本地震に関わる緊急調査とトレンチ調査結果の紹介

松本恵子（活断層・火山研究部門 大規模噴火研究グループ）鉱物の酸化反応を用いた噴煙ダイナミクスの復元

山崎 雅（活断層・火山研究部門 大規模噴火研究グループ）

ブ）粘弾性地殻変動からマグマ活動を推論する
大上隆史（活断層・火山研究部門 地震災害予測研究グループ）地球表層の堆積物・地形から過去の変動を探る

ポスター発表

八木雅俊（活断層・火山研究部門 地震災害予測研究グループ）高分解能地層探査装置を用いた海底下極浅部の 3 次元地質構造解析—日奈久断層帯海域延長部の例—
北村真奈美（活断層・火山研究部門 地震テクトニクス研究グループ）Strength and mechanical behavior of the Nankai accretionary prism sediments from NanTroSEIZE Expedition 348

大西里佳（活断層・火山研究部門 マグマ活動研究グループ）高温高压下における MgO-MgSiO₃ 系の溶融関係

中村友梨江（地圏資源環境研究部門 CO₂ 地中貯留研究グループ）マリ産低対称ガーネットの {110} および {211} 成長分域における陽イオンの秩序配列

須田 好（地圏資源環境研究部門 地圏微生物研究グループ）蛇紋岩温泉に含まれる炭化水素の起源：分子および分子内炭素同位体解析

向井宏樹（地圏資源環境研究部門 鉱物資源研究グループ）福島汚染土壌の顕微解析および種々の粘土鉱物についての Cs-137 吸着実験

Li Yi（再生可能エネルギー研究センター 地熱チーム）Large scale subsurface velocity estimation with array GPR system YAKUMO

香取拓馬（活断層・火山研究部門 地震テクトニクス研究グループ：RA）：岐阜県南東部、屏風山断層周辺の断層帯発達過程 - 応力場の変化に伴う断層帯の応答 -

4. 野外巡検

地質学の進展とともに室内実験やシミュレーションなどを専門とし、野外調査経験の少ない研究員も徐々に増えてきました。しかし、野外での地層観察は地質学の基本でもあり、つくば周辺の地層を実際に観察してもらうべく毎年巡検を実施しています。

今年も 4 月 19 日（水）に巡検を行いました。晴天で暖かく爽やかな風の吹く絶好の巡検日和でした。新規採用職員研修参加者のうち 19 名が巡検に参加しました。巡検案内は、地質情報研究部門の中島 礼氏、佐藤大介氏が担当し、研究戦略部研究企画室からは佐藤が参加しました。

最初の観察地点は美浦村馬掛^{みほまがき}で、浅海成層（第四系下総層群）を観察しました。砂泥互層（波状層理）や生痕、貝化

石などが観察され、堆積当時の環境について説明がなされました。崖の下から上に向かって岩相が変化しており、その変化を引き起こしたのが海水準の変化なのか、あるいは地殻変動なのか、といった活発な議論が繰り広げられました。

次に北上して笠間に向かい、株式会社^{そうせき}想石の稼働中の採石現場を見学しました。大規模な採石場で花崗岩の細かな岩相の違いや捕獲岩が観察できました。特に最近採石された箇所はワイヤーソーによる採石のため、表面が平らで魅惑的でした(写真2)。ここで集合写真の撮影を行いました(写真3)。次に、JR 稲田駅に隣接する「石の百年館」を見学しました。この施設は稲田石の資料館として建てられたもので、稲田石に限らず様々な石材を見ることができました。石材の表面加工、研磨技術や道具、表面仕上げの多様な方法と違いが展示されていました。丁寧に手を加えて表面加工をしていることに驚くとともに、採石場で見る岩石から身近な石材として加工される各段階と最終仕上がり物が展示されていたため「ああ、こんな石材ならあそこで見たことある！」などと言いながら、野外の岩石が社会に活かされる過程を身近に感じることができました。

その後、筑波山の梅林に移動して、筑波山を構成している斑れい岩を観察しました。筑波山は山自体が御神体であり、ハンマーの使用はできませんでしたが、斑れい岩の転石が多く、新鮮な断面もある程度観察できました。花崗岩を観た直後のため、細かな鉱物構成の違いもよくわかりやすく、持参したルーペを貸しあって観察しました。そのほか、山腹からつくば全体を見渡して地層と地形、地史の関係も観察しました(写真4)。

最後に、つくば市上管間の桜川河原で河岸の堆積層を観察しました。インブリケーション構造^{ふくが}(覆瓦構造)を示す河川成の砂礫層からなっており、桜川の現世河床に発達する中州の堆積物と似た堆積相がみられました。しかし、礫の種類や堆積物の年代から、砂礫層は桜川ではなく、かつて桜川低地に流れていた鬼怒川によってもたらされて形成された堆積層であるという解説がされました。

5. 最後に

研修を行うにあたり、研究ユニットや研究支援ユニットの皆様には、講義、研究室見学、実地研修、巡検などで多大なご協力をいただきました。研修に参加、ご協力いただいた皆様にこの場を借りてお礼申し上げます。



写真2 稲田石採石現場(株式会社想石)。ワイヤーソーによる採石のため、表面が平らで美しく観察しやすい。



写真3 野外巡検の集合写真。



写真4 筑波山からつくばを一望し、地形と地質、地史の関係を学んだ。

GSJ 地質ニュース編集委員会

委員長 岡井貴司
副委員長 中島礼
委員 井川怜欧
児玉信介
竹田幹郎
山崎誠子
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6巻 第6号
平成29年6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 : Takashi Okai
Deputy Chief Editor : Rei Nakashima
Editors : Reo Ikawa
Shinsuke Kodama
Mikio Takeda
Seiko Yamasaki
Junko Komatsubara
Yuichiro Fusejima
Rie Morijiri

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. 6 No. 6
June 15, 2017

Geological Survey of Japan, AIST

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



稲田花崗岩は筑波山の北方、笠間市稲田地区に分布する花崗岩で、通称「稲田石（稲田みかげ石）」と呼ばれる。この地区での花崗岩の採掘は明治時代に遡り、「石切山脈」と呼ばれている。白く均質で美しい岩肌を持つため国内を代表する多くの建造物の石材として使われている。階段状の段差は約5mの高さで、徐々に掘り下げられて現在の面に至っている。（株）想石の採石場にて、2017年度新人巡検の一風景。

（写真・文：地質調査総合センター地質情報研究部門 中島 礼・佐藤大介）

Inada Granite Quarry, Kasama, Ibaraki. Photo and Caption by Rei NAKASHIMA and Daisuke SATO