

GSJ 地質ニュース

GSJ CHISHITSU NEWS

～地球をよく知り、地球と共生する～

2014

12

Vol. 3 No.12



環境中のベリリウムとその地球化学	金井 豊	357~365
5 万分の 1 地質図幅「南部」の刊行	杉山雄一	366~371
日本地質学の軌跡 2 和田維四郎と小藤文次郎：東京大学地質学専攻と内務省地質課の誕生	鈴木 理	372~377
産総研一般公開・チャレンジコーナー 「地盤の揺れるようすを目の前で見よう！」	武田直人・今西和俊・内出崇彦・木口 努	378~380
産総研一般公開・チャレンジコーナー 「ジオドクトル 2014」実施報告 宮川歩夢・堀口桂香・朝比奈大輔・住田達哉・勝部亜矢・高橋美江・竹内圭史 古川竜太・佐藤隆司・今西和俊・大坪 誠・内田洋平・西来邦章		381~383
第 23 回 GSJ シンポジウム ポスター		384

表紙説明

地震隆起によって生じた江の島と陸繋砂州

江の島は湘南海岸を代表する景勝地であり、相模湾へと突き出た陸繋島である。島の南岸には波浪によって生じた海蝕台、海蝕崖や“岩屋”と呼ばれる海蝕洞が満潮時においても陸上に露出しており、この島は地震隆起の繰り返しによって生じたと理解されている。1891 年（明治 24 年）以前は島と海岸を結ぶ弁天橋はなく、干潮時のみ洲鼻と呼ばれた砂嘴が現れ、参拝者はここを歩いて渡っていた。1923 年（大正 12 年）9 月 1 日 関東地震により島全体が 1 ~ 2 m 隆起し、それ以降は境川河口から伸びた陸繋砂州がほぼ定常的に出現している。

（写真・文：七山 太¹⁾ 1) 産総研 地質情報研究部門）

Cover Page

An aerial photo of the seismically uplifted Enoshima Island and a tombolo taken on May 12, 2013.
(Photograph and caption by Futoshi Nanayama)

環境中のベリリウムとその地球化学

金井 豊¹⁾

1. はじめに

ベリリウム (Be) という元素は、一般には馴染みが少ないかもしれない。しかし、宝石のエメラルドの構成元素と言えば比較的よく知られているかもしれない (エメラルドなどについては、奥山 (2013a, 2013b) を参照)。エメラルドは、ベリリウムを含む緑柱石 ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$) にクロムを不純物として含み、濃い緑色をしたものである。同じ緑柱石で2価の鉄を含み水色に見えるアクアマリン、3価の鉄を含み黄金色に見えるヘリオドール、マンガンを含んで赤みのあるモルガナイトなどの緑柱石も宝石として知られている (Bonewitz, 2007)。同じベリリウム鉱物である金緑石 (クリソベリル) では、表面に猫の目のような光の筋模様が見える猫目石 (キャッツアイ)、光の当て方によって様々な色調に変化するアレキサンドライトなどの宝石もある。宝石以外のベリリウムの用途では、剛性・弾性が高く耐高温性を有するので、軍事・宇宙産業における航空機やミサイル、衛星の構造部材など、工業的にも広く利用されている。また、X線 (放射線) に対する透過性が非常に高いので、X線検出器の透過窓にも使われている。このように、ベリリウムは日常の私達の目に入らない隠れた分野でも大いに活躍している。

ベリリウムの利用は、宝石や産業においてばかりではない。著者らが関わっている地球科学の分野でも、過去に地球に起こったことや現在も起こっている様々な現象の把握や解明に大いに有用である。特に同位体を用いる研究は、半減期という時計が利用できるため、時間の軸を入れた研究が可能で重要である。本論では、このようなベリリウムの同位体について幾つかその特徴を紹介しながら、地球化学 (地球科学) 的な研究に関する話題を提供したいと考えている。その中で、著者らが行っているデルタ域の堆積物への応用研究も紹介したい。また、話題提供のうち、堆積学への応用研究全般についての詳細な研究例は、総説として金井 (2014a) で紹介しているので、そちらを参照されたい。

2. ベリリウムの同位体と化学特性・存在度など

ベリリウムという元素名は、緑柱石 (ベリル; beryl, ギリシア語で beryllos) に由来しており、1828年にドイツの化学者マルティン・ハインリヒ・クラプロートによってベリリウムと命名された。緑柱石を化学処理して元素発見につながった酸化物を得ていたわけであるから、その名称は当然のことであろう。元素としては、1798年にヴォークランが酸化物を確認しており、1828年ヴェーラーとビュシがそれぞれ独立に金属を単離した (Weeks and Leicester, 1968; Ihde, 1972)。

Be は、原子番号が4であるから単純な元素のように見えるが、その安定同位体は陽子4個と中性子5個の質量数が9の核種 ${}^9\text{Be}$ 、ただ1種のみという特徴がある。このように安定核種が一つしかない元素を「モノアイソトピック元素」(mono-isotopic element) と呼んでいる。ちなみに自然界で安定な元素の数は80で、そのうちモノアイソトピック元素は27種ある (海老原, 2005)。これらの内訳は、原子番号が奇数の元素が26、偶数の元素が1と、圧倒的に奇数の元素が多いが、その唯一の原子番号偶数の元素がBeなのである。

安定同位体は1種のみであるが、ほかの同位体はどうであろうか。実は、このほかに質量数が5から16までの11種の放射性同位体が確認されている (NNDC, 2014)。しかし、そのほとんどが不安定な短寿命核種であり、自然界で重要な核種は質量数が7と10の放射性核種、 ${}^7\text{Be}$ および ${}^{10}\text{Be}$ である。これらは地球の大気上空に存在する酸素 (O) および窒素 (N) から宇宙線による核破砕反応によって三重水素 (${}^3\text{H}$; トリチウム) や炭素-14 (${}^{14}\text{C}$) とともに生成しており、その生成速度に太陽活動が関係している。放射性核種の半減期は、一方は53.24日であり、もう一方は151万年 (139万年?) というように大きく異なり、また放射壊変形式も電子捕獲壊変 (EC) と β 壊変という違いがある。これらの核種については次章から詳細に述べていきたい。ちなみに、放射性核種の壊変定数・半減期は核種固有の定数であり、温度・圧力など環境によ

1) 産総研 地質情報研究部門

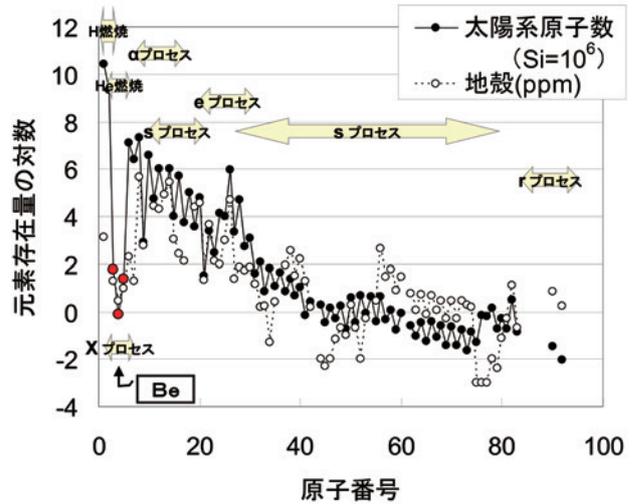
キーワード: 環境, ベリリウム, 地質学, 地球化学, デルタ堆積物, ${}^7\text{Be}$, ${}^{10}\text{Be}$

て変化はしないというのがこれまでの定説であったが、電子捕獲壊変ではその原子核の周りの電子密度によって半減期が変動する。その一番のよい例が⁷Beであり、化合物では約0.1%の変動が検出できたという (Draganic *et al.*, 1996)。

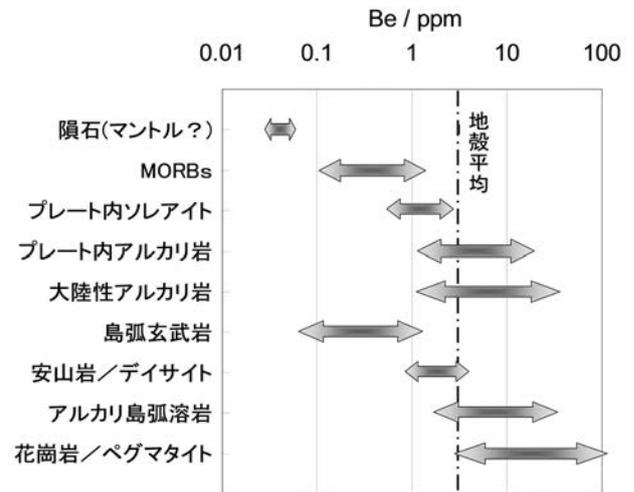
Beの化学的な性質としては、周期表でBeはマグネシウム (Mg) やカルシウム (Ca) と同じアルカリ土類金属元素であるが、亜鉛 (Zn) やアルミニウム (Al) と類似する両性金属の性質 (酸にもアルカリにも可溶) も有するという特徴がある。すなわち、アルカリによる水酸化物は白色の沈殿となるが、過剰のアルカリの存在で溶解するし、炭酸塩も白色の沈殿を作るが過剰の炭酸が存在すると同時に溶解する。このような特徴は、環境中におけるBeの地球科学的挙動にも影響を与えていることであろう。

さて、宇宙に存在する元素は、宇宙誕生のビッグバンが起こった時に水素 (H) やヘリウム (He) 等の原子番号の小さな軽元素がはじめに作られ、その後星の中でs-プロセス (赤色巨星), r-プロセス (超新星爆発) など様々な核反応を経て原子番号の大きな元素が核合成されていく (海老原, 2005)。このため、太陽系での存在比も第1図に示したように軽元素から重元素に向かって多少の変動を持ちながら減少していくという特徴がある。しかし、その特徴からするとBeおよびその前後のリチウム (Li), ホウ素 (B) の存在比は周辺元素の存在比から予想されるよりも少ない。これは、Li, Be, Bの3核種はこのような恒星の元素合成においては生成されず、宇宙線による核破砕によって炭素 (C) や窒素 (N) などのBeより重い元素から生成されるからである。このような核生成過程はx-プロセスと呼ばれている。このため、太陽系におけるBeの存在度は、原子番号が4番であるにもかかわらず、53番目の存在度となっている。

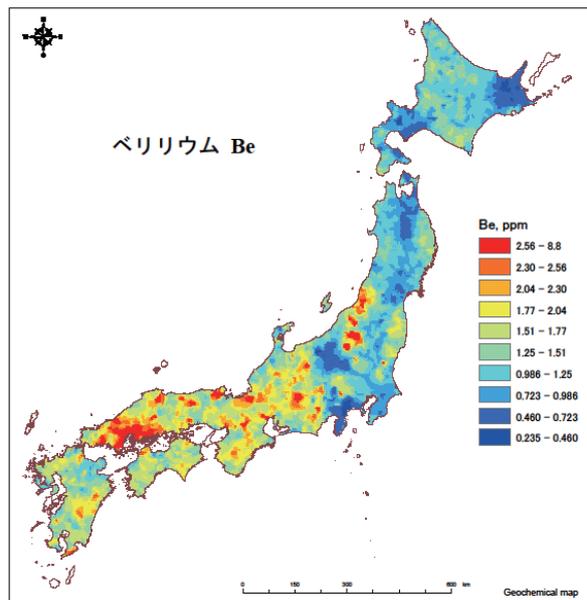
自然界における存在量は、上部大陸地殻で平均約3.1 ppm程度とされている (Wedepohl, 1995)。様々な火成岩におけるBeの濃度範囲 (Ryan, 2002) を第2図に示したが、玄武岩よりも花崗岩に多く含まれている。Beは親石元素で、メルトや結晶化では結晶に入りにくいインコンパチブルな微量元素である。堆積物では粘土鉱物の量に依存しているが、おおむね1~2 ppm程度の場合が多い。特に、アルミニウムと類似した性質を持つことからボーキサイト・ラテライトなどで高く、またマンガンノジュールなどでも高く、それぞれ7 ppmや15 ppmにもなる (Ryan, 2002)。河川堆積物では、日本での平均濃度は1.4 ppmとされ (今井ほか, 2004)、第3図に示したBeの地



第1図 太陽系における元素存在量と主な元素生成プロセスの一例。



第2図 火成岩におけるベリリウムの濃度範囲。

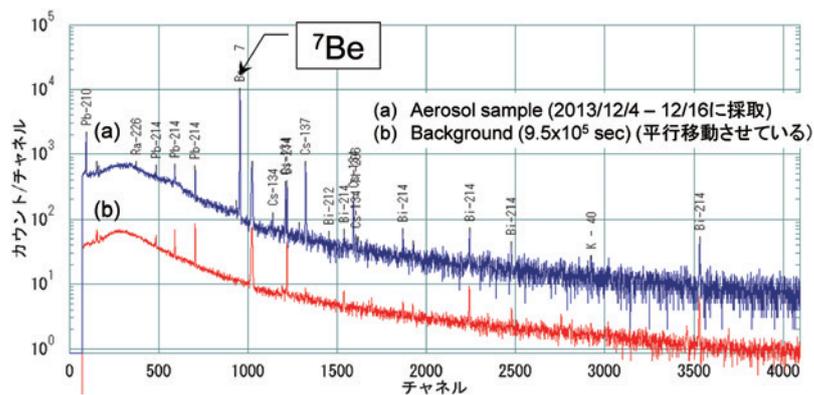


第3図 日本におけるベリリウムの地球化学図 (GSJ, 2014)。

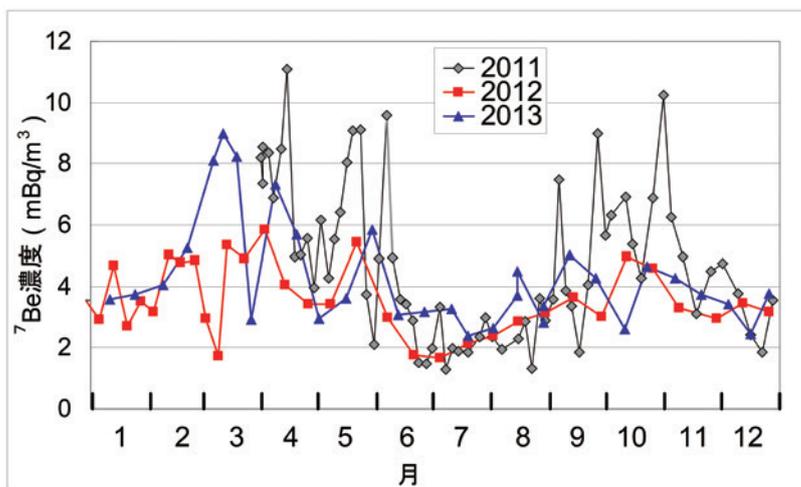
球化学図 (GSJ, 2014) では、花崗岩類の岩石が広く分布しているためか、東日本よりも西日本で高濃度となる傾向が認められる。鉱石で含有量の高い物は、そもそも元素の由来となっている緑柱石(ベリル)がよく知られており、文字通り緑色のきれいなものは宝石のエメラルドとして重宝がられていることはすでに述べたとおりである。

一方、微量分析法の発展とともに Be の実態が次第に明らかにされるようになると、大気中にも、石炭燃焼、ダスト、宇宙・軍事産業の冶金工業などを起源とする Be が浮遊していることがわかってきた。大気中の平均滞留時間は、安定同位体の ^9Be はかなり短く、地表面起源であることから推定して 9 日程度と見積もられているのに対し、放射性同位体では、成層圏中の ^{10}Be が 14 ヶ月、対流圏下層での ^7Be が 10 ~ 48 日というように、安定同位体の ^9Be よりも長い (Vesely *et al.*, 2002)。Be が有機物に濃集しやすい (Lundberg *et al.*, 1983) ことから石炭などでは高濃度となっており、空气中濃度は石炭灰の放出量にも依存している。国内のある鋳物作業場では、 $0.17 \sim 1.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の空气中濃度が報告されており、換気が減少する冬季に高くなる傾向があるという (中村ほか, 1979)。

多量の Be は動植物に有害であることから、その取り扱い方法や汚染問題に関心を高め、注意を払わなければならない。Be およびその化合物は人体には非常に有毒で、特定化学物質の第 1 類物質に指定され、特定管理物質としてその取り扱いに関しては厳しく規定されている。化合物が皮膚に付着すると皮膚炎を起し、傷口から入ると慢性の潰瘍となる。粉塵・ヒュームを吸入すると、呼吸困難・急性肺炎・気管支炎・ベリリウム肺となる危険性がある (厚生労働省, 2004) ので、その取り扱いには十分な注意が必要である。このため、作業場における局所排気装置のフード外側においては、 $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えないこととしている (厚生労働省, 2004)。ちなみに、対流圏下層での ^7Be は、後述する大気中エアロゾル濃度を重量で示すと $10^{-19}\text{g}/\text{m}^3$ ($10^{-13} \mu\text{g}/\text{m}^3$) のレベルであり、有害性を気にかける必要は全くない。



第 4 図 Ge 半導体検出器を用いたガンマ線による ^7Be の検出。

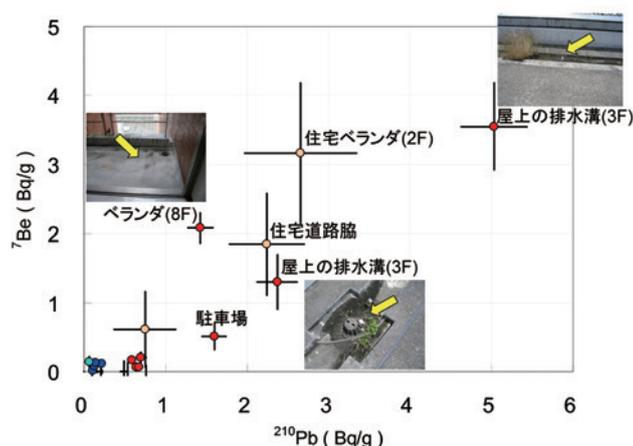


第 5 図 つくばで観測された大気中エアロゾルの ^7Be 濃度変化 (金井, 2014b)。

3. ベリリウム-7 同位体とその地球科学

大気上層の酸素および窒素が宇宙線による核破砕を受けて生成した ^7Be は、 BeO もしくは $\text{Be}(\text{OH})_2$ としてダスト粒子に付着し、そのダスト粒子は雲を作り降雨となって地表にもたらされる。このように考えた Arnord and Al-Salih (1955) は、シカゴにおいて 19 ~ 190 リットルの雨水を集め、そこから初めて ^7Be を検出した。後述する同位体 ^{10}Be よりも 1 年早い発見報告である。Goel *et al.* (1956) は 1 年遅れとなってしまったが、彼もボンベイにおいて雨水から検出している。

^7Be は半減期が 53.24 日と比較的短いので、数日~数ヶ月のタイムスケールの気象や地質現象の解明・トレーサーとしての利用が多い。大気上層から降下してくるので大気の動態を探る良いトレーサーとなっており、大気中の粒径分布や季節変動、フラックスやイベントリー (これまでの蓄積により現在存在している総量) 等が詳しく研究されている (Caillet *et al.*, 2001; Bourcier *et al.*, 2011; Renfro *et al.*, 2013)。

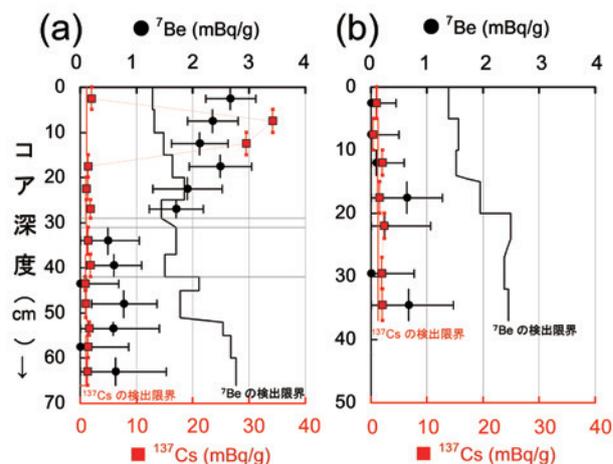


第6図 GSJおよび周辺地域で検出された堆積物中の高濃度⁷Beと²¹⁰Pbの一例。

⁷Beの定量には、半減期が短いので放射線測定が有効である。電子捕獲壊変(EC)して⁷Liになる時に10%の割合でガンマ線(478 keV)を放出するので、そのガンマ線を計測することで定量できる。第4図は、井戸型Ge半導体検出器を用いて、エアロゾル試料を測定したガンマ線スペクトルの一例である。際だって大きな⁷Beのピークが観察されているのがわかる。

第5図には、2011年から2013年にかけてつくばで採取したエアロゾル中の⁷Beの濃度変化を示した(金井, 2012; 金井ほか, 2013a; 金井, 2014b)。おおむね数mBq/m³の濃度レベルであり、これは同時に観測される鉛-210(²¹⁰Pb)濃度の約6倍の濃度となっている。大気中⁷Be濃度は、生成速度に関係する太陽活動、成層圏-対流圏の境界にある圏界面の破れや移動性高気圧による下降気流などの気象状況等にもよるが、つくばでは春季と秋季に高くなる季節変動(土井ほか, 1993; 土井・佐藤, 2004; 金井, 2012; 金井ほか, 2013a)があり、それは第5図でも確認できる。

大気中の⁷Beは地上に降下して土壌などの堆積物中に入るが、建造物の屋上や屋外階段、ベランダの吹きだまりのような箇所では、ダスト粒子がそのまま沈積することがある。屋上の排水溝やベランダの隅にたまった埃では、第6図に一例を示したように2~3.6 Bq/gの高濃度が検出されており、同時に測定された²¹⁰Pbも1.4~5 Bq/gと高濃度であった(Kanai, 2013)。⁷Beは半減期が短いので、私達の周りにある古い堆積物ではほとんど検出困難であるという意外性が興味深い。通常の堆積物であれば⁷Beはほとんど検出されず、また²¹⁰Pbも東アジア地域の湖底など



第7図 ベトナムのメコンデルタで採取されたコアにおける⁷Beと¹³⁷Cs濃度分布。(a)雨季(2011年10月)に採取 (b)乾季(2012年2月)に採取。

の表層堆積物では、湖の平均で0.1~0.6 Bq/gの範囲(測定点では0.05~0.80 Bq/g)と0.1 Bq/gのオーダーであった(Kanai, 2009)。一時、福島原発事故後に環境放射能に興味を持たれ、ビルの屋上で高濃度セシウム-137(¹³⁷Cs)とともに²¹⁰Pbも高濃度で一層の不安をかき立てられたことがあったが(Mochizuki, 2012)、これも意外性のニュースであろう。結局は、高濃度²¹⁰Pbは原発事故とは関係のない現象である。⁷Beと²¹⁰Pbの定常的な沈積を仮定すれば、半減期の異なる2核種によって沈積後の経過時間や古い土壌との混合割合などを推定することも判明した(Kanai, 2013)。

降下物として地表に落ちると土壌粒子に強く結合するので、そのトレーサーとして動態の解明に利用できる。例えば、地表面の土壌等は風雨に晒されて河川に流されて沿岸域に堆積する。従って堆積場の表層にある新しい堆積物には⁷Beが存在しているが、4半減期に相当する約200日経過すると1/16に減衰し検出困難になってしまう。すなわち、堆積物中に半減期の短い⁷Beが検出されるということは、200日以内の堆積物であることを示唆している。その一例を我々の例で示そう。

斎藤ほか(2013)は、アジア沿岸域に多数分布しているメガデルタ(巨大三角州)の沿岸環境保全のための観測、診断・評価技術の確立のために、ベトナム南部のメコンデルタを対象とし、沿岸侵食に焦点をあてて研究を行った。衛星データや数値シミュレーションによる解析と併せて、地形と堆積物の調査が行われ、ベトナムのメコンデルタの堆積物を採取してその中の⁷Beを調べた(金井ほか, 2013b)。

試料は、2011年10月の雨季と翌2012年2月の乾

季に採取されたコアである。第7図に示されるように、2011年の雨季に採取されたコア堆積物(a)の表層(深度約30 cmまで)で ^7Be が検出されたが、翌年の乾季に採取した試料(b)では最表層部でも検出限界以下であった。表層で観察された ^7Be は、調査間隔の3~4ヶ月後にはその28%に減衰して検出限界レベルを下回るため検出不可能となることから、2012年2月時点では ^7Be を含む新たな堆積物の付加がなかったか、もしくは浸食されて無くなっていたことを示唆している。偶然にも雨季に採取したコアの深度5~15 cmにおいては、セシウム-134(^{134}Cs)と ^{137}Cs も同時に検出されており(第7図では ^{137}Cs のみを表示)、乾季の試料ではほとんど検出されなかった。放射性セシウム(^{134}Cs , ^{137}Cs)は2011年3月に起こった巨大地震と津波によって起こった福島第一原子力発電所事故で放出された半減期の長い核種(^{134}Cs は2年、 ^{137}Cs は30年)で、3~4ヶ月で減衰消滅しないことから、この事実も雨季の堆積物が次の乾季には除去されたことを示している。このように堆積物中の ^7Be を調べることで、その堆積物の新旧を解明することができた(金井ほか, 2013b)。

^7Be は存在量が微量で、かつ半減期が短く減衰の速い核種であるため、このような沿岸堆積物コア中における ^7Be 濃度変化を定量的に明らかにした研究例は、これまで国内においてはほとんど報告されていなかった。本研究の場合、試料採取から日本に持ち帰って前処理等を行い、最初の試料測定開始までに約2週間を要し、1試料の測定時間を3~4日間としても最初のコアの数点を測定し終える時には ^7Be の半減期を超える約2ヶ月が経過していた。試料採取から測定時までにはかなり時間経過があり(2ヶ月以上)、それによる減衰と検出限界の上昇とにより、複数のコアのすべての分割試料で有意の値を確認することは困難であることが、これまで研究例が少ない理由であろう。我々は困難ながらも実際に堆積物に適用し、 ^7Be の他に ^{210}Pb や放射性セシウム同位体等がデルタ堆積物を研究する優れた道具となることを示すことができた。今後は、更なる手順の迅速化、測定のマルチ化などを検討する必要があると考えている。

ところで、土壌粒子の良いトレーサーとなる ^7Be は、環境保全や農業施策と密接に絡んで重要な課題の一つである地形浸食や農地の土壌流出などの分野でも、広く利用されている。土壌の再移動・再分配の研究には、様々な仮定(Parsons and Foster, 2011, 2013; Mabit *et al.*, 2013)の下で半減期の長い ^{137}Cs を用いる確立された解析手法があ

り、そのインベントリーの大きさ、変動、分布などが議論されている(例えば、IAEA, 1998)。これは、浸食も蓄積も起こっていない対照地と調査地のインベントリーを比較して、土壌損失および蓄積のエリアを識別するものであるが、 ^7Be や ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 、ウラン系列核種などを含めた環境中の放射性核種を様々に組み合わせた研究例も多い。

例えば、 ^7Be および ^{137}Cs の半減期の違いから、数日から数十年間という種々のタイムスケールで起きた耕作農地土壌の再分配を明らかにした研究例(Walling *et al.*, 1999)や、土壌において示す ^7Be 、過剰 ^{210}Pb および ^{137}Cs の異なる深度分布パターンを利用して懸濁堆積物が土壌のどの部位に由来したのか、どのようなタイプの浸食が行われたか(例えば、シートフローか、細溝(リル)浸食か、ガリー侵食か)、などを推測した研究例(Wallbrink and Murray, 1993)などがある。

また、陸ではなく海洋に降下した ^7Be は表層海水のトレーサーとなる。Inoue *et al.* (2013)は、ラジウム同位体比($^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$)と ^7Be を利用して、日本海の対馬海流における移流パターンを解析した。 ^7Be は50m以深で急激に濃度が低下していたことから下方への移動は少ないとし、50m以浅での平均滞留時間を40~70日と見積もった。河川などの水中でも、川底から再懸濁される「古い」堆積物と、雪解け水の「新しい」堆積物を区別する指標や、水中の再浮遊物質の量の定量などにも ^7Be が利用されている。

4. ベリリウム-10同位体とその地球科学

地球の大気上空の窒素が宇宙線による核破砕で ^3H (T)や ^{14}C が生成していることをLibby(1946)が初めて報告したが、その後Peters(1955)が ^{10}Be も同様に宇宙線による核破砕で生成することを予言し、程なくArnold and Al-Salih(1955)やArnold(1956)によって ^{10}Be および ^7Be の生成していることが報告された。 ^{10}Be の存在を初めて確認したのは、Arnold(1956)が海底堆積物に見いだしたのが最初であろう。彼は赤粘土中の濃度を約0.1 mBq/cm³であるとし、大気上空での窒素・酸素などの陽子による核破砕反応による生成量を 4×10^{-2} atom/cm²・sと算出した。Muller(1977)は、これを 1.5×10^{-2} atom/cm²・sとしているが、20年以上も前に近似した見積もりをしていたことは驚きだ。Draganicほか(1996)は、全地球的インベントリーを430 tとしている。

^{10}Be は151万年(139万年?)という比較的長い半減期を有するので、その時計を利用して数100万年という

タイムスケールの年代測定や ^7Be とは比較にならないほど長期にわたる地質事象のトレーサーとして利用できる。例えば、 ^{10}Be の二次的移動がなく堆積速度が一定という仮定をおけば海洋底の堆積年代を算出できるし、マンガンノジュールのゆっくりとした成長速度も、ウランやトリウムと同位体比を利用した $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ 法や $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 法のように算出できる。

また、海洋に降下した ^{10}Be に対して大地の風化によって供給される安定同位体 ^9Be を組み合わせた $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 比は、大陸の浸食速度の指標となる。即ち、地中海のように陸からの寄与の大きな海水ではこの比は小さく、太平洋のように陸からの寄与が小さく降下 ^{10}Be 量が多い海水では大きい。このため、過去から現在までの海洋への陸源物質のフラックスの指標としてこの比を利用した研究例がある(von Blanckenburg and Bouchez, 2014)。

陸上では、土壌の年代測定・生成速度や地形面の形成・発達過程の研究に応用される(例えば、横山ほか, 2005; 松四ほか, 2007)。 ^{10}Be の適用法には2種類あり、一つには「Meteoric ^{10}Be 法」といわれる高層大気中から地表面に降下して蓄積したインベントリーの時間変化を利用して解析する手法であり、もう一つは「in situ ^{10}Be 法」と呼ばれる地表の岩石表面の石英鉱物などの酸素から宇宙線で生成した ^{10}Be を定量する手法である。研究例としては、前者による土壌の年齢測定(前島・永塚, 2011)や後者による氷成堆積物形成年代測定(青木, 2000)などがある。

^{10}Be は放射性ではあるが、低濃度で半減期が非常に長い核種であるために放射線測定は不可能に近い。このため、測定には壊変数ではなく核種数を直接計測する加速器質量分析法(AMS法)が利用される。AMS法は1977年に初めて報告されたが(Muller, 1977)、その後1980年代に普及し始め、さらに1990年代には高感度化も加わって、 ^{10}Be の生成速度変動に関連する過去の太陽活動や地球磁場の変動などの氷河期事象や沖積扇状地の表層、河岸段丘・海岸段丘、黄砂や風成塵の履歴、火山噴火、地滑りなどの年代測定など、多方面に適用されている(Bierman *et al.*, 2002; 横山ほか, 2005; 松四ほか, 2007; Belmarker *et al.*, 2008)。ちなみに、我が国では約9台のAMS装置が稼働中であるが、その多くが ^{14}C 専用機とされ(若狭ほか, 2004)、 ^{10}Be の測定に利用されているものは少ない。今後はアルミニウム-26(^{26}Al)、塩素-36(^{36}Cl)、カルシウム-41(^{41}Ca)、ヨウ素-129(^{129}I)なども測定できる多目的タンデムAMSが有望になりつつある(中村, 2003)。特に、福島原発事故時に環境中に放出された多量のヨウ素

-131(^{131}I , 半減期: 8.02日)は現在消滅して観測できないが、半減期の長い ^{129}I (半減期: 1570万年)を利用して当時の ^{131}I 分布を再現しようとする研究には、多目的AMSは必須な測定手法である。

ところで、 ^{10}Be は地球科学、宇宙科学、天体物理学、核科学などの分野で活用されているが、利用に当たっては半減期の正確さが特に重要である。1947年に初めてHughes *et al.* (1947)が290万年、McMillan (1947)が 250 ± 50 万年(後には 170 ± 40 万年と修正された)と報告し、Arnold (1956)はその250万年をずっと引用していた。放射線計測では半減期が長いため長時間を要するうえに精度が悪く、報告値も少なかった。1970年代になって迅速・高精度な質量分析計などの利用が可能となると、160万年や150万年前後の半減期が次々と報告されるようになり、少し前までの文献等では151万年とされた。近年になってさらに1割ほど短い報告値が登場し、 143 ± 10 万年(Fink and Smith, 2007)、 136 ± 7 万年(Nishiizumi *et al.*, 2007)、 138.8 ± 1.8 万年(Korschinek *et al.*, 2010)、 138.6 ± 1.6 万年(Chmeleff *et al.*, 2010)のように以前よりもだいたい短めな半減期が報告された。おそらくこれらが真値に近いものではないかと推定される。

さて、話題は ^{10}Be の研究例に戻るが、環境放射能研究をしている者にとって興味深い話題として、これまでの話題から一風変わってはいるものの核実験調査に利用できる可能性がある。核爆発では高速中性子が発生するが、それは大気中に存在する二酸化炭素の ^{13}C (存在比:1.11%)と反応($^{13}\text{C}(n, \alpha)^{10}\text{Be}$)して ^{10}Be を生成する(中性子捕獲反応断面積: 35 mb)。Whitehead *et al.* (2008)は、広島やカザフスタンの土壌や堆積物でバックグラウンドの2~3倍の過剰 ^{10}Be を観測しており、半減期が長いので過去の核実験活動を示す一つの指標になり得ることを示した。

5. おわりに

本論文では、環境中のベリリウムの話とその地球化学(地球科学)への応用研究を紹介しつつ、特に著者らが行っている短半減期の放射性ベリリウム同位体 ^7Be をデルタ堆積物に適用した研究例を報告した。半減期が短いことに伴う様々な測定上の困難さはつきまとうが、環境中の放射性核種を様々な事象のトレーサーとして利用し、事象解明・環境評価に応用できることを示すことができた。今後は工夫を重ねながら活用の幅をより広げていきたいと考えている。

最後に、本論文によって ^7Be をはじめとして長半減期の

^{10}Be やベリリウム元素などについて、多くの方々に関心を持っていただけることを期待したい。

文 献

- 青木賢人 (2000) ^{10}Be 露出年代法を用いた氷成堆積物の形成年代の測定 — 木曾山脈北部, 千畳敷カール・濃ヶ池カールの事例 —. 第四紀研究, **39**, 189–198.
- Arnold, J. R. (1956) Beryllium-10 produced by cosmic rays. *Science*, **124**, 584–585.
- Arnold, J. R. and Al-Salih, H. A. (1955) Beryllium-7 produced by cosmic rays. *Science*, **121**, 451–453.
- Belmarker, R., Lazar, B., Tepelyakov, N., Stein, M. and Beer, J. (2008) ^{10}Be in Lake Lisan sediments - A proxy for production or climate. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **269**, 447–456.
- Bierman, P. R., Caffee, M. W., Davis, P. T., Marsella, K., Pavich, M., Colgan, P., Mickelson, D. and Larsen, J. (2002) 4 Rates and timing of earth surface processes from in situ-produced cosmogenic Be-10. *Rev. Mineral. Geochem.*, **50**, 147–205.
- Bonewitz, R. L. 著, 青木正博 訳 (2007) 岩石と宝石の大図鑑. 誠文堂新光社, 東京, 360p.
- Bourcier, L., Masson, O., Laj, P., Pichon, J. M., Paulat, P., Freney, E. and Sellegri, K. (2011) Comparative trends and seasonal variation of ^7Be , ^{210}Pb and ^{137}Cs at two altitude sites in the central part of France. *J. Environ. Radioact.*, **102**, 294–301.
- Caillet, S., Arpagaus, P., Monna, F. and Dominik, J. (2001) Factors controlling ^7Be and ^{210}Pb atmospheric deposition as revealed by sampling individual rain events in the region of Geneva, Switzerland. *J. Environ. Radioact.*, **53**, 241–256.
- Chmeleff, J., von Blanckenburg, F., Kossert, K. and Jakob, D. (2010) Determination of the ^{10}Be half-life by multicollector ICP-MS and liquid scintillation counting. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. B*, **268**, 192–199.
- 土井妙子・佐藤 純 (2004) つくばにおける大気中 ^{210}Pb , ^{212}Pb , ^7Be 濃度. 第 48 回放射化学討論会, 東京, 118.
- 土井妙子・細見正明・溝口次夫・佐藤 純 (1993) つくばにおける大気中のオゾンとベリリウム - 7 の濃度変化. 天気, **40**, 827–834.
- Draganic, I. G., Draganic, Z. D. and Adloff, J.-P. 著, 松浦辰男・今村 昌・長谷川罔彦・橋本哲夫・朝野武美・小高正敏共訳 (1996) 放射線と放射能 宇宙・地球環境におけるその存在と働き. 学会出版センター, 東京, 280p.
- 海老原 充 (2005) 現代放射化学. 化学同人, 東京, 224p.
- Fink, D. and Smith, A. (2007) An inter-comparison of ^{10}Be and ^{26}Al AMS reference standards and the ^{10}Be half-life. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. B*, **259**, 600–609.
- Goel, P. S., Jha, S., Lal, D., Radhakrishna, P. and Rama (1956) Cosmic ray produced beryllium isotopes in rain water. *Nucl. Phys.*, **1**, 196–201.
- GSJ (2014) AIST 海と陸の地球化学図, <https://gbank.gsj.jp/geochemmap/data/pdf/Be.pdf> (2014/02/10 確認); 産総研 地球化学図 ZOOMA Viewer Edition, <https://gbank.gsj.jp/geochemmap/zooma/land/zBe/index.html> (2014/08/10 確認)
- Hughes, D. J., Eggler, C. and Huddleston, C. M. (1947) The half-life of Be^{10} . *Phys. Rev.*, **71**, 269–269.
- IAEA (1998) Use of ^{137}Cs in the study of soil erosion and sedimentation. *IAEA, Vienna, 1998. IAEA-TECDOC-1028*, 1–123.
- Ilde, A. J. 著, 鎌谷親善・藤井清久・藤田千枝 訳 (1972) 現代科学史 1. みすず書房, 東京, 262p.
- 今井 登・寺島 滋・太田充恒・御子柴 (氏家) 真澄・岡井貴司・立花好子・富樫茂子・松久幸敬・金井 豊・上岡 晃・谷口政碩 (2004) 日本の地球化学図. 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 209p.
- Inoue, M., Furusawa, Y., Fujimoto, K., Minakawa, M., Kofuji, H., Nagao, S., Yamamoto, M., Hamajima, Y., Yoshida, K., Nakano, Y., Hayakawa, K. and Oikawa, S. (2013) $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ ratio and ^7Be concentration in the Sea of Japan as indicators for water transport: comparison with migration pattern of Fukushima Dai-ichi NPP-derived ^{134}Cs and ^{137}Cs . *J. Environ. Radioact.*, **126**, 176–187.
- Kanai, Y. (2009) Fluxes and inventories of ^{210}Pb and ^{137}Cs in lake sediments from East Asia and their relationships to sedimentary environment. *J. Sed. Soc. Jpn.*, **68**, 91–103.

- 金井 豊 (2012) エアロゾルにより輸送された放射性核種の観測 (2011) - 福島第一原子力発電所事故に関連して - . 地質調査研究報告, **63**, 107-118.
- Kanai, Y. (2013) High activity concentrations of ^{210}Pb and ^7Be in sediments and their Histories. *J. Environ. Radioact.*, **124**, 44-49.
- 金井 豊 (2014a) ベリリウム同位体を用いる堆積学的研究. 堆積学研究, **73**, 19-26.
- 金井 豊 (2014b) 地質調査総合センターにおけるエアロゾル中の ^{137}Cs , ^{210}Pb , ^7Be の濃度変化とその堆積挙動. *Proceedings of the 15th Workshop on Environmental Radioactivity, KEK Proceedings 2014*, 印刷中.
- 金井 豊・土井妙子・榎本和義 (2013a) GSJ におけるエアロゾル中放射性核種の 2012 年観測と環境要因の再検討. 地質調査研究報告, **64**, 139-150.
- 金井 豊・斎藤文紀・田村 亨・Nguyen, V. L.・TA, T. K. O・佐藤明夫 (2013b) メコンデルタ堆積物におけるベリリウム-7, 鉛-210 及び放射性セシウム同位体の分布と堆積環境の季節変化. 地球化学, **47**, 89-100.
- Korschinek, G., Bergmaier, A., Faestermann, T., Gerstmann, U. C., Knie, K., Rugel, G., Wallner, A., Dillmann, I., Dollinger, G., von Gostomski, C. L., Kossert, K., Maiti, M., Poutivtsev, M. and Rimmert, A. (2010) A new value for the half-life of ^{10}Be by Heavy-Ion Elastic Recoil Detection and liquid scintillation counting. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. B*, **268**, 187-191.
- 厚生労働省 (2004) 特定化学物質等作業主任者テキスト. 厚生労働省安全衛生部化学物質調査課, 中央労働災害防止協会, 東京, 473p.
- Libby, W. F. (1946) Atmospheric helium three and radiocarbon from cosmic radiation. *Phys. Rev.*, **69**, 671-672.
- Lundberg, L., Ticich, T., Herzog, G. F., Hughes, T., Ashley, G., Moniot, R. K., Tuniz, C., Kruse, T. and Savin, W. (1983) ^{10}Be and Be in the Maurice River-Union Lake system of southern New Jersey. *J. Geophys. Res.: Oceans*, **88**, 4498-4504.
- Mabit, L., Meusburger, K., Fulajtar, E. and Alewell, C. (2013) The usefulness of ^{137}Cs as a tracer for soil erosion assessment: a critical reply to Parsons and Foster (2011). *Earth-Science Rev.*, **127**, 300-307.
- 前島勇治・永塚鎮男 (2011) 南西諸島に分布するサンゴ石灰岩上の土壌の年齢. 地球環境, **16**, 169-177.
- 松四雄騎・若狭 幸・松崎浩之・松倉公憲 (2007) 宇宙線生成核種 ^{10}Be および ^{26}Al のプロセス地形学的应用. 地形, **28**, 87-107.
- McMillan, E. M. (1947) Energy and half-life of the Be^{10} radioactivity. *Phys. Rev.*, **72**, 591-593.
- Mochizuki, I. (2012) Breaking news: 8400 Bq/Kg of lead-210 was measured from sample of Yokohama, <http://fukushima-diary.com/2012/01/fukushima-news-8400-bq-kg-lead-210-measured-sample-yokohama/> (2014/2/12 確認)
- Muller, R. A. (1977) Radioisotope dating with a cyclotron. *Science*, **196**, 489-494.
- 中村磐男・丸山裕幸・西田典子・鏡 光長・多田 治 (1979) ベリリウム合金作業場の環境測定とその評価. 産業医学, **21**, 621-622.
- 中村俊夫 (2003) I. 加速器質量分析 (AMS) による環境中およびトレーサ放射性同位体の高感度測定. *Radioisotopes*, **52**, 145-171.
- Nishiizumi, K., Imamura, M., Caffee, M. W., Southon, J. R., Finkel, R. C. and McAninch, J. (2007) Absolute calibration of ^{10}Be AMS standards. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. B*, **258**, 403-413.
- NNDC (2014) National Nuclear Data Center, NuDat 2.6, <http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/reCenter.jsp?z=4&n=3> (2014/08/10 確認)
- 奥山康子 (2013a) 誕生石の鉱物科学 - 3月 アクアマリン -. GSJ 地質ニュース, **2**, 67-68.
- 奥山康子 (2013b) 誕生石の鉱物科学 - 5月 エメラルド -. GSJ 地質ニュース, **2**, 154-155.
- Parsons, A. J. and Foster, I. D. L. (2011) What can we learn about soil erosion from the use of ^{137}Cs ? *Earth-Science Rev.*, **108**, 101-113.
- Parsons, A. J. and Foster, I. D. L. (2013) The assumptions of science : a reply to Mabit *et al.* (2013) . *Earth-Science Rev.*, **127**, 308-310.
- Peters, B. (1955) Radioactive Beryllium in the Atmosphere and on the Earth. *Proc. Indian Acad. Sci., Sect. A*, **41**, 67-71.
- Renfro, A. A., Cochran, J. K. and Colle, B. A. (2013) Atmospheric fluxes of ^7Be and ^{210}Pb on monthly time-scales and during rainfall events at Stony Brook, New York (USA) . *J. Environ. Radioact.* **116**, 114-123.

- Ryan, J. G. (2002) 3 trace-element systematics of beryllium in terrestrial materials. *Rev. Mineral. Geochem.*, **50**, 121–145.
- 斎藤文紀・田中明子・田村 亨・金井 豊・西村清和・上原克人・楊 作升・王 厚杰・Nguyen, V. L.・Ta, T. K. O.・Jarupongsakul, T. (2013) メガデルタ沿岸環境保全のための観測診断技術と管理手法の開発. 平成24年度公害防止等試験研究費成果集, 9-1 – 9-49.
- Veselý, J., Norton, S. A., Skřivan, P., Majer, V., Krám, P., Navrátil, T. and Kaste, J. M. (2002) 7 Environmental Chemistry of Beryllium. *Rev. Mineral. Geochem.*, **50**, 291–317.
- von Blanckenburg, F. and Bouchez, J. (2014) River fluxes to the sea from the ocean's $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ ratio. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **387**, 34–43.
- 若狭 幸・松崎浩之・松倉公憲 (2004) 原位置宇宙線生成核種年代測定法: 侵食地形変化速度の解明への適用. 地形, **25**, 247–265.
- Wallbrink, P. J. and Murray, A. S. (1993) Use of fallout radionuclides as indicators of erosion processes. *Hydrol. Process.*, **7**, 297–304.
- Walling, D. E., He, Q. and Blake, W. (1999) Use of ^7Be and ^{137}Cs measurements to document short- and medium-term rates of water-induced erosion on agricultural land. *Water Resour. Res.*, **35**, 3865–3874.
- Wedepohl, K. H. (1995) The composition of the continental crust. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **59**, 1217–1232.
- Weeks, M. E. and Leicester, H. M. (1968) Discovery of the elements. 7th edition. 896p. 大沼正則訳 (1988～1990) 元素発見の歴史 1～3. 朝倉書店, 東京, 996p.
- Whitehead, N. E., Endo, S., Tanaka, K., Takatsuji, T., Hoshi, M., Fukutani, S., Ditchburn, R. G. and Zondervan, A. (2008) A preliminary study on the use of ^{10}Be in forensic radioecology of nuclear explosion sites. *J. Environ. Radioact.*, **99**, 260–270.
- 横山祐典・阿瀬貴博・村澤 晃・松崎浩之 (2005) 宇宙線照射生成核種を用いた地球表層プロセスの研究. 地質学雑誌, **111**, 693–700.

KANAI Yutaka (2014) Beryllium in the environment and its geochemical studies.

(受付:2014年7月26日)

5万分の1地質図幅「南部」の刊行

杉山雄一¹⁾

1. はじめに

2014年8月20日未明の豪雨によって、広島市安佐南区と安佐北区で山崩れが発生し、水と混じり合った崩壊土砂・岩塊は土石流として流れ下り、70人以上の方が亡くられました。この災害は、山崩れとそれによる岩屑流・土石流が発生する可能性がある場所を事前に予測し、適切な対応を取っておくことの重要性を私たちに再認識させました。広島市の災害の場合、その原因は極めて稀な豪雨ですが、山崩れと岩屑流・土石流は地震や火山活動でも発生し、地震と降雨など複数の要因が重なって発生した例もあるようです（例えば町田，1984；井上・今村，1998）。5万分の1「南部」地域（第1図）は駿河湾の北西方に位置

し、発生が懸念されている東海地震の想定震源域の北端部に当たります。「南部」地域周辺でも、後述する大谷崩（第1, 2, 4図）や5万分の1「富士宮」地域の白鳥山（第2図）などで過去の巨大地震に伴って山崩れが発生し、岩屑流・土石流による大きな被害が生じています。

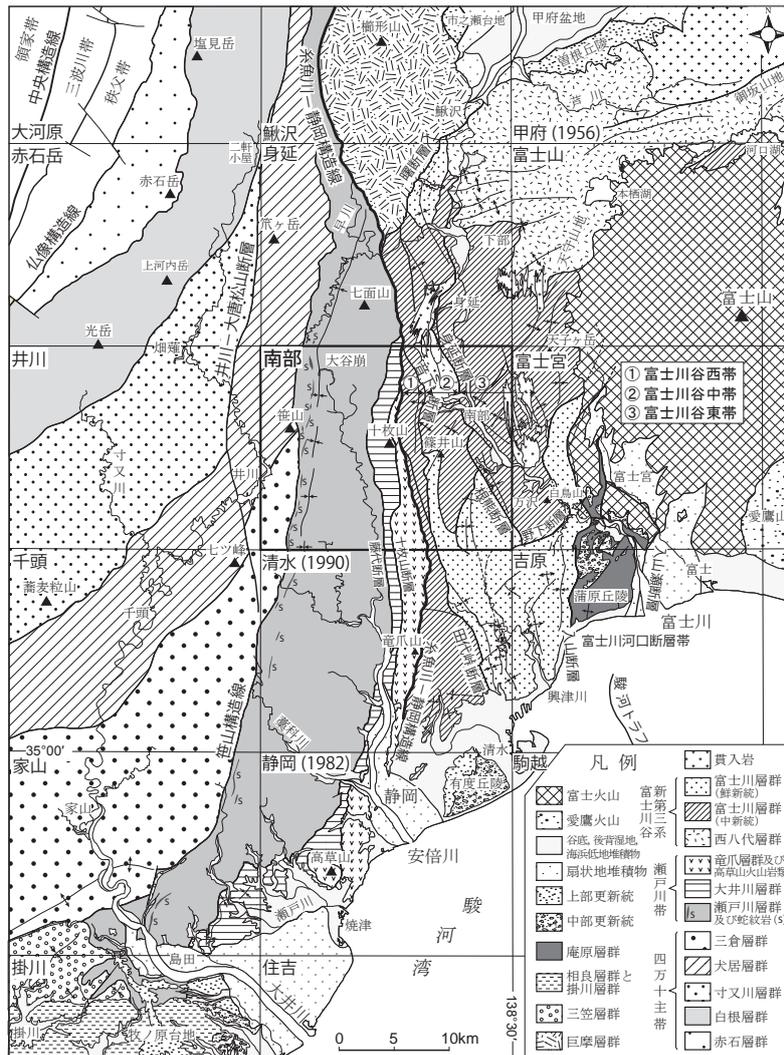
5万分の1地質図幅「南部」の研究は、東海地震の震源域周辺の地質情報を整備すると共に、現在の地殻活動へ繋がる新第三紀以降の地質構造形成史の解明を目指して1989～1993年度に工業技術院特別研究として行われました。後述するように、「南部」地域のほぼ中央を糸魚川-静岡構造線が南北に縦断しています。調査に当たっては、杉山が同構造線以西の四万十帯を、松田時彦東京大学教授（当時）が同構造線以东の南部フォッサマグナ（富士川谷）



第1図 「南部」地域周辺の地形。基図は国土地理院発行50万分の1地方図「関東甲信越」を簡略化。地域地質研究報告（5万分の1地質図幅）南部地域の地質の第1.1図に加筆。

1) 産総研 活断層・火山研究部門（招聘研究員）

キーワード：南部，糸魚川-静岡構造線，富士川谷，南部フォッサマグナ，瀬戸川帯，四万十帯，大谷崩，月夜の段



第2図 「南部」地域周辺の地質の概要。尾崎ほか(2002) および杉山ほか(2010)による。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)南部地域の地質の第2.1図に加筆。

を担当しました。なお、松田教授による富士川谷地域の研究は、主に1953～1955年に実施された東京大学地質学教室による調査研究に基づいています。当初の計画では、「南部」図幅は1995年度に刊行される予定でした。しかし、1995年1月に兵庫県南部地震が発生し、松田教授と杉山が全国の活断層の調査と評価に係わることになったため、原稿の作成が遅れ、2014年の刊行(杉山・松田, 2014)となりました。大幅に刊行が遅れたことを深くお詫び申し上げます。

2. 「南部」地域の地形と「南部」の地名について

「南部」地域の東部では富士川に沿って幅1 kmほどの低地が発達しますが、図幅地域の約3分の1は標高1,000 m以上の山地で占められています(第1図)。標高1,000 m

以上の山地は、図幅地域北西部の山伏から^{やんぶし}笹山・^{かんぎょうみね}勘行峰へ南下する山地と、山伏から東へ分かれて大谷崩の北側を通り、図幅地域中部の十枚山を経て静岡北方の^{りゅうそうざん}竜爪山へ南下する稜線(十枚山山地)からなります(第1図)。これら2列の南北の山地は、それぞれ大井川と安倍川、安倍川と富士川の流域界となっています。山伏から大谷崩を経て、図幅地域中部を南下する稜線は、南端部を除いて、山梨県(東側)と静岡県(西側)の県境に当たります。静岡県側は全域が静岡市です。山梨県側は大部分が南部町ですが、図幅地域北東端部は身延町、山伏～大谷崩の北側は早川町です。

本地質図幅の名称「南部」は南部町の地名「南部」に由来しています。南部町役場の「南部氏の郷」(<http://www.town.nanbu.yamanashi.jp/nanbushi-sato/nanbushi.html> 2014/09/03 確認) および南部町商工会の「南部町の歴史」

(http://www.shokokai-yamanashi.or.jp/~nanbu/about_nanbu/history.html 2014/09/03 確認)によると、甲斐源氏の後裔、加賀美次郎遠光の三男、光行が治承4年(1180年)に石橋山の戦いで功を挙げたため、源頼朝に甲斐国南部牧を与えられ、地名にちなんで南部姓を称したと言われています。これによれば、「南部」の地名は1180年以前の平安時代後期には存在していたと考えられます。青森県にも南部鉄瓶などで有名な「南部町」がありますが、こちらは南部光行が戦功により与えられた奥州糠部郡に移り住み、「南部」の地名がついたといわれています。両南部町は、南部氏にゆかりのある他の7市町と共にバーチャル合併により架空の自治体「平成・南部藩」(<http://www.tonotv.com/heisei-nanbu/index.html> 2014/09/03 確認)を作っています。

3. 糸魚川-静岡構造線、四万十帯と南部フォッサマグナ「富士川谷」

上述した「南部」地域の地形的特徴は、同地域の地質構造・地層分布(第2図)と対応しています。まず、「南部」地域のほぼ中央を南北に縦断する十枚山山地は、四万十帯(西南日本外帯)と南部フォッサマグナの境界に当たります。この山地の東側山腹を両者の境界をなす糸魚川-静岡構造線が通過します。また、図幅地域西部の山伏、笹山、勘行峰からなる南北の稜線は、四万十主帯(狭義の四万十帯)と瀬戸川帯との境界に当たります。このように、「南部」地域は南北に延びる山地を境に、西側から、四万十主帯(主に大井川流域)、瀬戸川帯(主に安倍川流域)、南部フォッサマグナに分けられます。「南部」地域や北隣「身延」地域の南部フォッサマグナ(厚い海成新第三系・第四系分布域)は、主に富士川の流域に当たするため、古くから「富士川谷」と呼ばれています。

4. 「南部」地域の地質の概要

ここでは、四万十主帯、瀬戸川帯、富士川谷の順に、各帯を構成する地層の層相や地質構造の特徴を略述します。

4. 1 四万十主帯

赤石山地の四万十主帯には、主として白亜系からなる赤石・白根・^{すまた}寸又川・犬居の4層群と主に古第三系からなる三倉層群が北から南へ帯状に分布しています(第2図)。「南部」地域には、このうち犬居層群と三倉層群が分布します。犬居層群はスレート劈開が発達する頁岩や堅硬な砂岩と頁

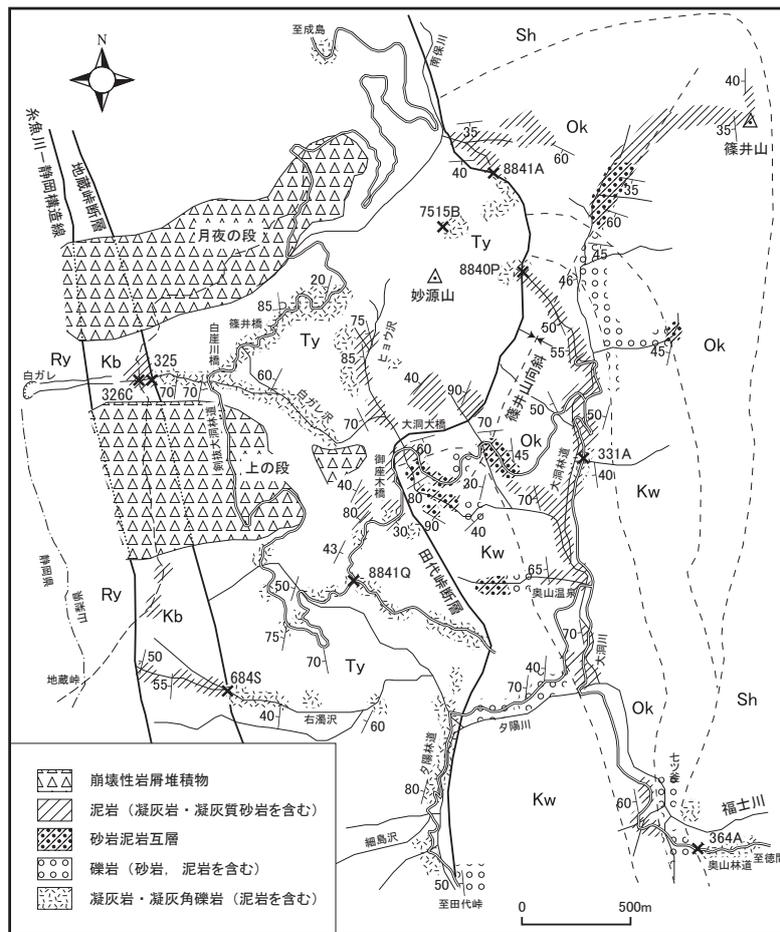
岩の互層などからなり、玄武岩のブロックを伴います。三倉層群は砂岩と頁岩の互層を主体としますが、露頭では犬居層群の互層より風化が進み、緩んでいることが多いようです。灰緑色を呈する頁岩層も分布しますが、スレート劈開は犬居層群の頁岩ほどは発達していません。

赤石山地の四万十主帯では、玄武岩や石灰岩・チャートをしばしば伴う地層(Aタイプと仮称)と、これらを殆ど伴わずに砂岩や泥岩などの砕屑岩からなる地層(Bタイプと仮称)が交互に分布しています。最も北西側の赤石層群はBタイプで、順次南東側に白根層群:Aタイプ、寸又川層群:Bタイプ、犬居層群:Aタイプ、三倉層群:Bタイプです。本図幅作成に当たり、同じAタイプの白根層群と犬居層群の玄武岩を比較するため、各3試料の化学分析を行いました。その結果、白根層群の玄武岩はハワイ諸島のような大洋島の玄武岩に似ているのに対して、犬居層群の玄武岩は中央海嶺起源の玄武岩に似ていることが分かりました。この結果は、白根層群の玄武岩がサンゴ礁の石灰岩を伴う(大久保ほか, 1958)のに対して、犬居層群の玄武岩はまれにチャートや珪質頁岩を伴うことと整合します。分析個数がいずれも3個と少ないことから確定的なことはいえませんが、白根層群と犬居層群に含まれる玄武岩の形成場や沈み込み帯で地層中に取り込まれる過程が異なっていた可能性があります。

4. 2 瀬戸川帯

「南部」地域や南隣「清水」地域では、瀬戸川帯は四万十主帯よりも南北に近い地層の帯状分布で特徴づけられます。西縁の笹山構造線沿いには、南北に細長い蛇紋岩の貫入岩体が断続的に分布しています。瀬戸川帯西縁の蛇紋岩の分布は、大井川下流域の「家山」地域から北隣「身延」地域の南端まで、南北約56 kmに及びます(第2図)。

瀬戸川帯を特徴づけるもう一つの特徴は、玄武岩、石灰岩、チャートなどを伴うことです。これらの岩石は、「南部」地域北端の山梨県身延町の大城川流域から、図幅南端の安倍川支流中河内流域まで、北北東-南南西方向に分布します。地質図上では、緑(玄武岩)と青(石灰岩・チャート)の2色に塗った短冊を引き千切ってまき散らしたような分布を示します。北部では細かく千切ったような比較的小さなブロックが多く、南部では短冊が完全には千切れていない長さ7 kmに達するスラブもあります。このような産状は、もともとは連続していた玄武岩・石灰岩(主に始新世)・チャート層(主に漸新世)が泥の注入や構造運動によってバラバラにされたことを暗示します。化学組成からは、



第3図 富士川谷地域のルートマップの1例（富士川上流奥山地域のルートマップ）。地域地質研究報告（5万分の1地質図幅）南部地域の地質の第7.1図。Kb: 貝伏泥岩部層, Kw: 川合野礫岩部層, Ok: 奥山泥岩部層, Sh: 篠井山火砕岩部層, Ry: 竜爪層群, Ty: 月夜凝灰岩部層。

中央海嶺起源の玄武岩と大洋島起源の玄武岩の両方があり、後者の玄武岩はコケムシや石灰藻などからなる粗粒石灰岩を伴います。玄武岩は笹山以北の笹山構造線沿いにも、主にハイアロクラスタイトとして分布します。この瀬戸川帯西縁の玄武岩はチャートや石灰岩を伴っておらず、化学組成の点でも石灰岩やチャートを伴う玄武岩とは異なっています。

安倍川東岸～十枚山山地の瀬戸川帯東部には、藤代断層と十枚山断層と呼ばれる2条の南北性の断層が存在します（第2図）。藤代断層と十枚山断層に挟まれた地域には主に砂岩頁岩互層と頁岩からなる大井川層群（下部中新統）が分布し、十枚山断層と糸魚川-静岡構造線に挟まれた地域には主に流紋岩とデイサイトからなる竜爪層群（下部～中部中新統）が分布します（第2図）。

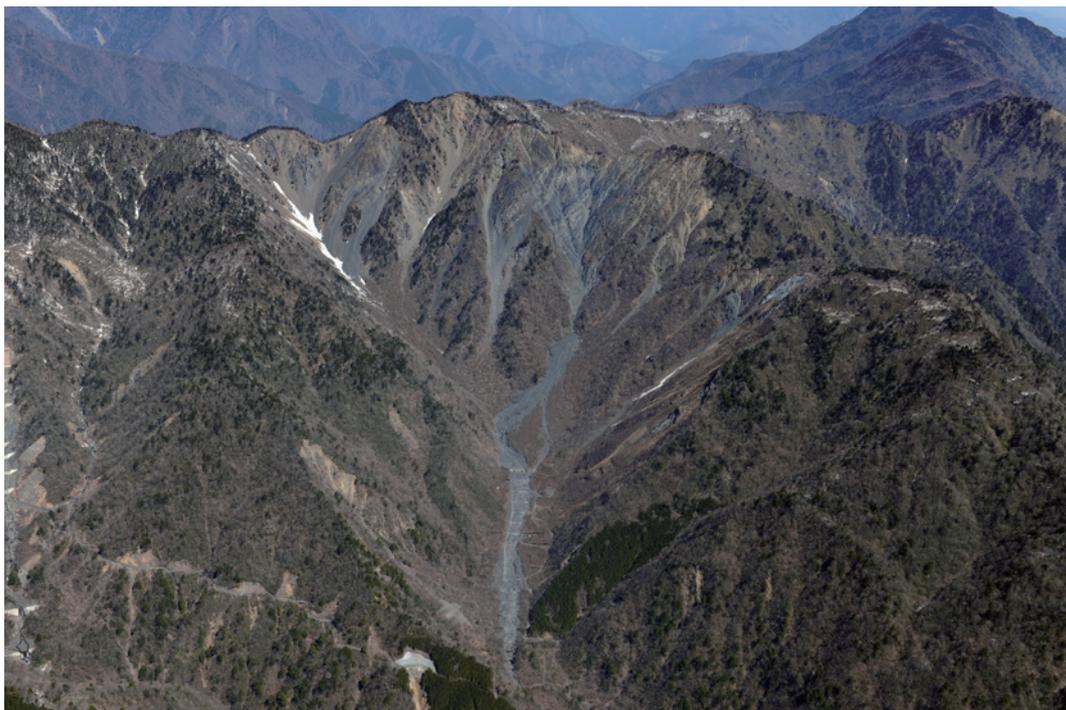
4.3 富士川谷

糸魚川-静岡構造線（糸静線）より東側の富士川谷には、糸静線とほぼ平行な、南北ないし北西-南東走向、西

～南西傾斜の逆断層が存在します。主なものは西側から、音下断層、その南方延長に当たる田代峠断層、および「身延」地域から富士川西岸沿いに南下する身延断層です（第2図）。また、図幅地域南東部には、身延断層から分かれる根熊断層、根熊断層から更に分かれる徳間断層などが分布しています。「南部」地域では、音下断層-田代峠断層、身延断層-根熊断層を境として、富士川谷地域を大きく西帯・中帯・東帯に三分しました（第2図）。

なお、「南部地域の地質」（地域地質研究報告）には、1950年代からの富士川谷の調査データを保存するため、各帯・各地区のルートマップを計15葉収録しました。そのうちの1つを第3図に示します。これらの中には集落や山道の消滅などで、今後再調査が困難と思われるルートの極めて貴重なデータが含まれています。

富士川谷に分布する新第三系は下部の西八代層群（中部中新統）と上部の富士川層群（上部中新～鮮新統）からなり、両層群の層序区分や地層名は松田（1961）の定義が



第4図 大谷崩の遠景. 国土交通省中部地方整備局静岡河川事務所提供. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅) 南部地域の地質の第1.4図.

標準とされてきました. 今回, 松田(1961)以降の地質構造や層序学的研究と微化石年代学的研究の成果を取り入れて, 富士川谷の西帯・中帯・東帯の層序区分と対比を行いました. 3つの帯の富士川層群を対比する上では, いずれの帯でも泥岩卓越層の上に砂岩泥岩互層が重なり, その上に安山岩質の火砕岩を主とする層が広く分布する点を重視しました. これらの安山岩質火砕岩を主とする層は, 各帯の生層序学的研究からも同一の時代(後期中新世の後半)と考えられ, 富士川谷における新第三系広域対比の鍵層となっています.

富士川谷新第三系には, 南北ないし北西-南東方向の断層のほかに, 北東-南西方向と, 南北ないし北北西-南南東方向の褶曲が発達しています(第2図). このうち, 北東-南西方向の褶曲は後期中新世に富士川層群の堆積と並行して成長しています. 篠井山向斜(第3図)には, 富士川層群上部の浜石岳層までが参加しており, 鮮新世にもこの方向の褶曲が成長したことを示しています. これらの褶曲は音下断層, 田代峠断層, 身延断層などの南北ないし北西-南東方向の断層に切られています. これらの南北性の断層および同方向の褶曲は, 鮮新世以降に活動・成長しています.

5. 岩屑流・土石流堆積物と大谷崩

「南部」地域には, 富士川の本流・支流などが形成した高位・中位・低位の各段丘堆積物や扇状地堆積物のほかに, 山地の崩壊によって引き起こされた岩屑流・土石流による「崩壊性岩屑堆積物」が分布します. 代表的な分布地は, 十枚山山地東斜面の月夜の段と上の段(第3図)と呼ばれる緩斜面です. 両緩斜面には, 竜爪層群に由来する岩屑が分布しています. これらの崩壊性岩屑堆積物の形成年代は, 礫の風化程度, 礫層を覆うローム層の色調・風化程度, 月夜の段で発見された火山灰から, 後期更新世から完新世に及ぶと推定されます.

また, 本図幅地域北西部の安倍川最上流域には, 1707年の宝永地震により引き起こされた可能性があるとする「大谷崩の崩壊による岩屑流・土石流堆積物」が分布します. 大谷崩(第4図)は南北に延びる向斜の軸部~東翼に位置し(第2図), 「身延」地域から南南西に延びる砂岩と砂岩頁岩互層が卓越するゾーンが南へ急に狭くなる場所に当たります. このため, 大谷崩付近では複雑な褶曲と断層が発達しています. この崩壊地は4.2で述べた南北に延びる蛇紋岩の岩体列よりも500 m以上東に位置するので, 崩壊と蛇紋岩とは直接的な関係はないと思われます. 大谷崩

の大規模崩壊の発生年代と原因については1530年の暴風雨、1702年の暴風雨、1707年の宝永地震などの諸説がありますが、建設省静岡河川工事事務所（1988）は古文書を再検討し、宝永地震により発生した可能性が高いとしています。大谷崩に発する大谷川が安倍川と合流する新田付近では、土石流堆積物は細粒の砂礫層と互層していることから、この大崩壊の前にも繰り返し崩壊が起きていた可能性があります。

大谷崩については、本GSJ地質ニュースVol. 1 No. 9の森尻ほか（2012）でシームレス地質図と関連づけて取り上げられていますので、是非ご一読下さい。

6. 断層

上述のように、「南部」地域には笹山構造線、糸魚川-静岡構造線、音下断層-田代峠断層、身延断層、根熊断層などの南北ないし北西-南東走向の断層が分布します。これらの断層は、地蔵峠付近より南の十枚山断層を除いて、西に傾斜する逆断層で、糸魚川-静岡構造線以東の富士川谷新第三系を切る断層は鮮新世以降に活動しています。「南部」地域の野外調査では、富士川谷に分布するこれらの断層が段丘堆積物や崩壊性岩屑堆積物を変位させる露頭は確認できず、活断層の証拠を得ることはできませんでした。身延断層については、本図幅地域の北縁から約1.6 km北の大城川河床（「身延」地域）で、河床礫の上に西八代層群が衝上しており（活断層研究会編，1991），この地点を含む身延断層の一部は完新世に活動しています。残念ながら、その活動が「南部」地域の身延断層に及んだか、現時点では不明です。最近、水本ほか（2013）は、図幅地域北部の南部町中野付近の扇状地面上や図幅地域東端の南部町井出の低位段丘面上に身延断層による変位地形の可能性のある崖の存在を指摘しています。東隣「富士宮」地域やその南の「吉原」地域に存在する富士川河口断層帯と「南部」地域の南北～北西走向の断層との関係を解明するため、これらの崖のボーリング調査やトレンチ調査の実施が待たれます。

文 献

- 井上公夫・今村隆正（1998）中部地方の歴史地震と土砂災害．歴史地震，no. 14，57-68.
- 活断層研究会編（1991）「新編日本の活断層—分布図と資料」．東京大学出版会，437 p.
- 建設省静岡河川工事事務所（1988）安倍川砂防史．399 p.
- 町田 洋（1984）巨大崩壊，岩屑流と河床変動．地形，5，155-178.
- 松田時彦（1961）富士川谷新第三系の地質．地質学雑誌，67，79-96.
- 水本匡起・田力正好・松浦律子・松田時彦・後藤秀昭・中田 高・堤 浩之（2013）富士川沿いの活断層「身延断層」の断層変位地形．日本地震学会2013年度秋季大会講演予稿集，P2-27.
- 森尻理恵・中川 充・斎藤 眞（2012）シームレス地質図でたどる幸田 文『崩れ』（第2回）．GSJ地質ニュース，1，no. 9，261-263.
- 大久保雅弘・松島信幸・安井宣昭（1958）赤石山地より六射珊瑚の発見．地質学雑誌，64，346.
- 尾崎正紀・牧本 博・杉山雄一・三村弘二・酒井 彰・久保和也・加藤碩一・駒澤正夫・広島俊男・須藤定久（2002）20万分の1地質図幅「甲府」．産業技術総合研究所地質調査総合センター．
- 杉山雄一・松田時彦（2014）南部地域の地質．地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），産総研地質調査総合センター，134 p.
- 杉山雄一・水野清秀・狩野謙一・村松 武・松田時彦・石塚 治・及川輝樹・高田 亮・荒井晃作・岡村行信・実松建造・高橋正明・尾山洋一・駒澤正夫（2010）20万分の1地質図幅「静岡及び御前崎」（第2版）．産業技術総合研究所地質調査総合センター．

SUGIYAMA Yuichi (2014) Publication of Geological Map of Japan 1:50,000, Nanbu.

（受付：2014年9月8日）

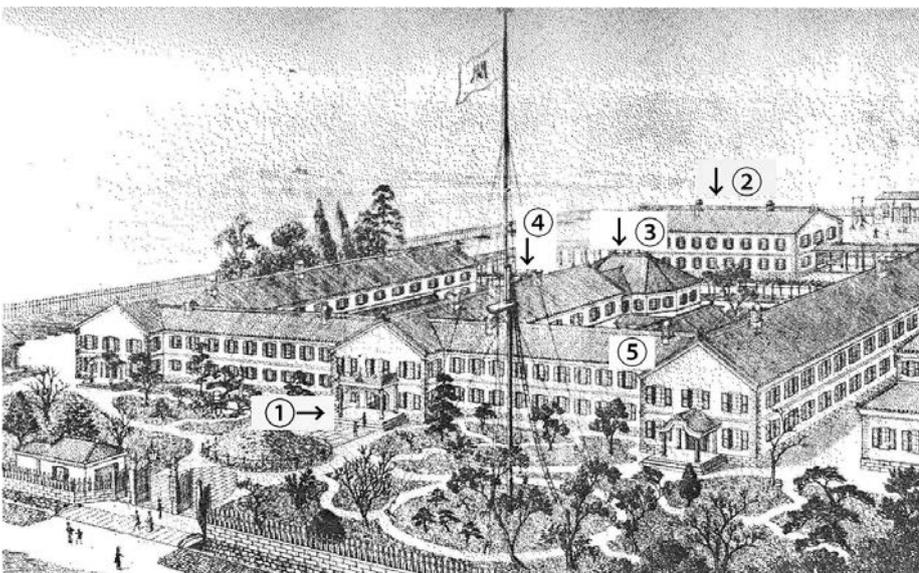
和田維四郎と小藤文次郎 東京大学地質学専攻と内務省地質課の誕生

鈴木 理¹⁾*

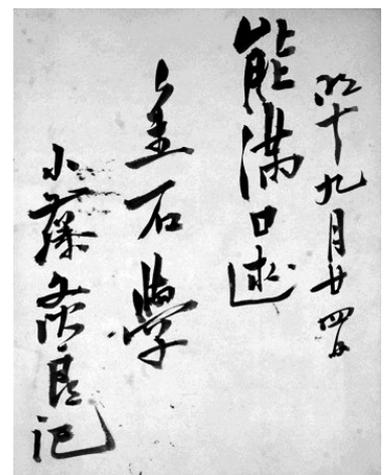
1877年(明治10年)4月, 東京開成学校と東京医学校を統合して東京大学が創立された(東京帝国大学編, 1932). 当初, universityという言葉は使われず, 英語でも, Tokyo Daigakuと表記された. 法・文・理・医の4学部から成り, 法文理学部が神田錦町の旧東京開成学校・校舎(第1図)を使ったのに対し, 医学部は東京医学校の時に本郷元富士町の加賀藩上屋敷跡に移っていた. 5年制の医学部医学科の他は4年制. 理学部の実態は理工学部で, 9月から学生は数学・物理学及び星学科(これで1つ), 化学科, 生物学科, 地質学及び採鉱冶金学科(これで1つ), 工学科の5つに別れた. 旧諸芸学校生を卒業させるために1881年までの4年間フランス語物理学科も置かれる. 教官は, 元南校留学生の菊池大麓(数学, ケンブリッジ大学・ロンドン大学卒, 教授就任と共に父の実家を継いで箕作大六から改名)と矢田部良吉(植物学, コーネル大学卒), 元東校留学生の岩佐巖(冶金学, フライベルク鉱山

学校卒)の日本人教授3人(月給130~150円)と, ナウマン(月給350円)やアメリカ人動物学者モース(Edward Sylvester Morse, 月給370円)等, 外国人が12人. 外国人も教授と呼ばれたが, やがて外国人講師という肩書に変わる.

和田維四郎はナウマンを助ける助教(年俸1000円, この頃の助教は後の助教授に相当)と成り, 小藤文次郎は地質学及び採鉱冶金学科3年に編入された(坪井, 1953). 小藤のノート(第2図)には那翁満もしくは能満口述の地質学, 古生物学, 金石学(鉱物学)が有り, 日付の有る物は全て東大に成ってからで, 東大理学部地質学科学生という書き込みも見られる. 理学部では1年時を理学科という共通学級で過ごし(小藤は3年から始めたので経験していない), 2年から専門学科に別れる仕組みで, 地質学及び採鉱冶金学科では2年から地質学専攻と採鉱冶金学専攻に学生を別けた. 小藤が地質学科学生と記したのはこのた



第1図 創立時の東大, 即ち東京開成学校の校舎(東京大学総務部広報課の許可を得て『東京大学百年史 通史一』から転載, 説明のための数字は著者による) 図の左が北で右が西. 1が正門で, 2が卒業式等の行われた講堂. 3が六角堂(八角形を対角二辺の中心を結ぶ線で割った形)と呼ばれた物理学講義室で, その両隣で物理実験が行われた. 生物学科の教官室は4の辺りで, 5と標識した辺りの2階に講義室, 1階に標本室が有った. あちらこちらに煙突が見えるが, 石炭ストーブが使われたのだろうか? 場所は現在, 学士会館がある千代田区神田錦町である.



第2図 小藤文次郎の金石学(鉱物学)ノートの表紙(東京大学総合研究博物館蔵, 許可を得て転載). 「明治10年9月24日 能(ナウマン)口述金石学 小藤文次郎記」と読み, 日付から間違いない東大創立後の物である.

1) 産総研 バイオメディカル研究部門
* masashi.suzuki@aist.go.jp

キーワード: ベンジャミン・スミス=ライマン, ヘンリー・スミス=マンロー, オスカル・コルシエルト, オットー・シュット, ゲオルグ・リープシャー, 巨智部忠承, 吉田彦六郎, 高山甚太郎, フォッサ・マガナ



第3図 第1回地質巡検に向かった東大地質学及び採鉱冶金学科の学生達（『地学研究』7巻190・191ページ，公益財団法人益富地学会館の許可を得て岡田陽一著「東京大学最初の地質学実習旅行と猫精のこと」から転載）。
左：中央に立つのが岡田一三で右が渡邊渡。裏には「明治10年11月14日 地質学実験の為美濃路へ発向（出発）に臨んで之を写す 奉 御父上様」と書かれている。この写真を持っていた岡田陽一は岡田一三の子（1907年6月東京帝大採鉱冶金学科卒で九州帝大工学部教授）。記事の題に有る猫精とはオパールのもので、一行は近江国田之上山で江戸時代に木内石亭が記載したオパールを探したらしい。
右：前列2人の左が渡邊渡で、右が大島道太郎，中列左から小藤文次郎（地質3年），巨智部忠承（地質2年），山下伝吉（地質2年），岡田一三。後列，左が西松二郎（地質2年）。これは私の知る限り，唯一の小藤の学生時代の写真である。

めである。2・3年では英吉利語以外に^{イギリス}フランス語もしくは^{フランス}日耳曼語を学ばねばならず、小藤はドイツ語を選んだ。教えたのは、東校留学生としてドイツ留学中に医学から冶金学に転向した岩佐巖。こんな風を選択制に成っていたのは、教官がドイツ帰りやドイツ人（地質学のナウマンと採鉱学のクルト・ネットー）の地質学及び採鉱冶金学科だけで、フランス語に決まっている学科が多かった。あくまで英語が主体だが^{ドイツ}独逸語ではなく^{ドイツ}日耳曼語という表現に成る。法文理学部の学生は木綿の小倉袴に^{ドイツ}紺の飛白、^{ドイツ}足袋に麻裏草履、^{ドイツ}革製日除付き鳥打帽という姿で寮から登校したと云われる。

地質学及び採鉱冶金学科では2・3年に地質巡検が有り、その第1回としてナウマンは11月に3年生の小藤^{わたなべ}や渡邊^{わたなべ}渡（採鉱冶金学専攻，長崎出身），2年生の巨智部忠承（地質学専攻，長崎出身）や西松二郎^{まつじろう}（地質学専攻，長崎出身），山下伝吉（地質学専攻，埼玉出身），岡田一三（採鉱冶金学専攻，元越前国加賀藩貢進生）等9人を連れて近江国へ出かけた（岡田，1954）。ハンマーを手に持った学生達の写真（第3図左）が残っている。ハンマーは地質学の象徴である。ナウマンは下僕兼料理人付で人力車で移動したが、英語が下手でしばしば学生達と険悪な雰囲気になり、もっぱら巨智部がとりなしたと云う。後に部下達が巨智部は短気だったと言っている事から考えると（今井，1964）意

外である。12月には、早くも第1期3人が東大を卒業した（東京帝国大学編，1932）。いずれも化学科の学生で、東大には9ヶ月、化学科には3ヶ月しか在籍していない。東大の当初の授業料は年12円（月1円）だったが、学生の多くは月5円的生活費をもらう給費生（小学校教師や警察官の月給が7円）や生活費を借りる貸費生、そうでなくとも授業料免除生で、授業料を払う者は3割も居なかった。

お気付きになっただろうが、開設当初の地質学及び採鉱冶金学科には長崎出身の学生が多かった。渡邊渡は、数学者の父が大学南校の教師に成ったため、父に連れられて上京し、南校に入学（花房・山本編，1892a）。英語を選択し、東京開成学校では小藤と同じ化学科に属した。1875年10月、長崎外国語学校長を辞した渡部温（元開成所英語教官）は、東京外国語学校に出仕するにあたり、長崎県奨学生として東京開成学校に入学させるため、巨智部（20歳）等3人を連れて上京した（片桐，1985；花房・山本編，1892b）。東京開成学校に変わってから入った1期生達で、西もその1人ではないかと思われる。巨智部の父は京都から長崎に移った旗本で、糸割符年寄（税関長の様な職）（今井，1964）。巨智部は佐賀の藩校致遠館や広運学校（長崎外国語学校の前身）で英語を学んだ後、教員として勤めたため歳を取っていた（和田維四郎の2歳上）。長崎から大阪までの船旅で大隈重信・大蔵卿（大臣）と一緒にな

り、励まされたと云う。もう1人、横山又次郎（花房・山本編，1892c）は幕府オランダ語通詞（公式通訳）の子で、1875年（明治8年）に全国7つの国立英語学校から東京開成学校への入学が許された時に、東京英語学校からの田中館愛橋（中村，1943）や大阪英語学校からの中島謙造（地質学雑誌，1913）等と共に長崎英語学校（長崎外国語学校の後身）から東京開成学校に入学。3人とも東大創立時には予備門（東京開成学校予科が東京英語学校を吸収した4年制の課程）の学生だった。

東大が創立された1877年，ナウマンと和田は地質調査所設立建議書を内務省に提出した（地質調査所百年史編集委員会編，1982b，p. 90）。地質学は地質から地球の歴史を解明する学問だが，地下資源の探査に活用出来，欧米列強は地質調査所を設立していた。イギリスでは1835年にサウスケンジントンの大英博物館自然史部に隣接して国立の地質調査所が，アメリカでも1836年にニューヨーク州やペンシルヴェニア州の地質調査所が設立されており（合衆国地質調査所がヴァージニア州レストンに設立されるのは1879年），ドイツには地方政府の地質調査所が，オーストリアでも1849年に国立ウィーン地質調査所が設立されていた。

ナウマンと和田の建議は受け入れられ，翌1878年（明治11年）5月3日，内務省地理局に地質課が発足し，赤坂区葵町の山林課内に事務所が置かれた（地質調査所百年史編集委員会編，1982b，p. 92）。課長は荒井郁之助（第4図）。旧幕臣で，江戸築地の軍艦操練所で学び，頭取（所長）を務めた後，幕府崩壊の際には榎本武揚らを軍艦で箱館に運び，宮古湾や箱館湾での薩摩海軍との海戦を指揮した。敗戦後，榎本と共に開拓使に勤め，札幌農学校の前身，開拓使仮学校の校長に就任。前年7月に内務省に移っていた。地質課職員は，開拓使仮学校でアメリカ人，ベンジャミン・スミス＝ライマン（Benjamin Smith Lyman，年俸7000ドル，ドルは円と等価）やヘンリー・スミス＝マンロー（Henry Smith Munroe，年俸4000ドル）に学んだ白野夏雲（内務六等属 [後の野技手相当の判任官で月給30円]，後，勧業課勸業掛に転任）や，工部省生野銀山鉱山学校でフランス人ジャン・フランシスク・コワニエ（Jean Francisque Coignet，年俸9000ドル）に学んだ高島得三（後，山林課に戻る）等4人で，ドイツ語を話せる者は居らず，13日に和田維四郎・東大助教が内務省御用掛を併任した。5月3日との中間の5月10日に「全国の地質を調査する事を主務とする」という章程（規則）が出された事から，地質課の後身，地質調査所はこの日を地質課誕生の



第4図 荒井郁之助（ウィキペディア http://ja.wikipedia.org/wiki/ファイル:Ikunosuke_Arai.jpg より転載；2014/09/10 確認）

日としている。地質課は，1874年（明治7年）設立の文部省東京司薬場（翌年に内務省に移行，後の東京試験所，現・厚生省医薬品食品衛生研究所）や，翌1875年設立の内務省地理局東京气象台（後の文部省中央气象台，現・気象庁）と並び，日本初の試験研究機関だった。東大では1878年3月に医学部製薬学科の9人が，12月にフランス語物理学科の5人等，併せて2期30人が卒業する。

実は，地質調査所の設立は，開拓使で北海道の地質を調査したスミス＝ライマン（1876年から内務省勸業寮勤務，1877年から年俸1万4000円で工部省工作局で油田を調査していた）がほぼ同時に工部省に建議していて，工作局への報告書にもしばしば日本地質調査所（Geological Survey of Japan）の名を使っていたのだが，工作局と意見が合わず，実現しなかった（今井，1963b）。ライマンはマサチューセッツ州ノーザンプトン出身で，ハーヴァード大学法学部卒業後，フライベルク鉱山学校で学び，イギリス政府の依頼で印度パンジャブ地方で油田を探索した後，開拓使と3年契約を結んで，1872年11月に助手のマンローを連れて来日。ライマンが日本初の広域地質図『日本蝦夷地質要略之図』を完成したのも5月10日（ただし，開拓使に所属していた1876年で2年早い）で，2007年地質関係の組織・学会（日本地質学会ほか）は，地質課の誕生（1878年）と併せて，この日を「地質の日」としている。

ナウマンは東京開成学校時代の1876年11月に静岡と

山梨の県境で断層壁を見て大地溝帯（フォッサ・マグナ）の着想を得ていて（今井，1963a），1879年（明治12年）2月に和田は神奈川・静岡両県の地質を調査した（地質調査所百年史編集委員会編，1982a）。地溝とは，並行に走る断層によって区切られた，峡谷状の地形。ナウマンの考えでは，フォッサ・マグナとは日本列島が折れた裂け目で，本州中央を日本海から太平洋へと長野盆地から松本盆地，諏訪盆地，甲府盆地をつないで縦断している。現在では，日本列島がアジア大陸から分離した際に折れた痕跡と考えられている。

1879年6月，和田は地質課・課長心得と成り，文部省から内務省に移った（地質調査所百年史編集委員会編，1982b，p. 92）。ナウマンは8月に東大を満期解雇と成り，古生物学者ダフィット・ブラウンス（David August Brauns，元ハレ大学地質学講師，英語で教えるとの条件付き）と交代したため（坪井，1953），地質課での起用が決まり，1879年夏から1年間帰独した（地質調査所百年史編集委員会編，1982b，p. 92）。小藤文次郎（23歳）は東大地質学及び採掘冶金学科を第1期首席として7月に卒業（坪井，1953；萩原，1888）。この年の卒業は同じ学科の渡邊渡（採掘冶金学専攻）や工学科の大森俊次（土木工学専攻），さらに10月に医学部医学科を卒業した片山國嘉^{くによし}などを含めて60人だった。以後，法文学部^{くによし}の卒業は7月に落ち着く。小藤の卒業証書には，加藤弘之・法文学部総理の他に，地質学及び金石学教授としてナウマンが，採掘及び冶金学教授としてネットーが，分析及び応用化学教授としてアトキンソン（Robert William Atkinson）が，土木工学教授として米人チャップリン（Winfield Scott Chaplin）が署名（矢島，2007）。この年から東大卒業生には学士の称号が授与され，小藤理学士は8月に地質課地質掛に入った（月給60円で後の技師相当の奏任官）。掛長は居なかったのではないと思われる。11月に東大医学部予科（東京医学校予科は東大予備門に統合されなかった）からオスカル・コルシエルト（Oscar Korschelt）が移って分析掛長（年俸3600円）に，理学部化学科準助教の高山甚太郎（23歳，1878年卒）が分析掛員（小藤と同じ奏任官だろう）に成った（地質調査所百年史編集委員会編，1982b，p. 92）。コルシエルトは，東京医学校と駐独日本公使館の行き違いで，化学者は必要無くなったのに来日し，東京医学校予科で数学やドイツ語を教えながら日本酒醸造法の科学的基礎を研究（安藤，1982）。東大医学部に変わった後も製薬化学や数学を教えていた。12月，神足勝記^{こうたり}（25歳）が地形掛に入る（佐藤，1983）。神足は元熊本藩

貢進生（佐藤，1983）。和田同様ドイツ語を選んだため，鉱山学校中退と成り，内務省地理寮で気象観測を手伝ったり（気象庁編，1975），工部省鉱山寮に出仕したりしていた。

1880年（明治13年）1月，地質課は赤坂区葵町の工部省製糸所跡に移転し，3月に地理局から勸農局に移管された（地質調査所百年史編集委員会編，1982b，p. 92）。溜池を挟んで裏には工部省電信修技学校^{つねとうのりたか}が有り，その向こうは工部大学校。7月にコルシエルト設計の化学所（分析室）が完成し，備前国阿部藩家老の四男で，開校翌年に大学南校に入り（貢進生ではない），東大化学科を卒業したばかりの吉田彦六郎が分析掛に，8月には内務省農学校（駒場農学校の前身）2期（6月）卒の恒藤規隆^{つねとうのりたか}など4人（最初は月給20円の雇い）が土性掛^{どせい}（土壌係）に入った（佐藤，1986）。9月，ナウマンが日本に戻り，内務省地質調査官に就任（年俸6000円で東大時代の1.5倍）。20万分の1全国地質^{すふく}図幅調査が始まった（地質調査所百年史編集委員会編，1982a）。ナウマンがドイツで抜擢したオットー・シュット（Otto Schutt）やゲオルグ・リープシャー（Georg Liebsher）は，先に来日して地形掛長（年俸3900円）や土性掛長（年俸4500円）に就任していた。和田地質課長の収入は年俸1200円（月給100円）である。7月に東大地質学及び採掘冶金学科（9月に地質学科と採掘冶金学科に別れる直前）を卒業した山下伝吉が9月に，10月には同期の巨智部忠承^{こちべただつね}（26歳）が地質掛に入る。巨智部は卒業後，準助教と成っており，こちらは同期の西松二郎が代わった。西は教育職に留まり，やがて，東京農林学校（駒場農学校が東京山林学校を吸収した物），次いで高等師範学校の教授に成る。

東京大学はどんどん変わって行った。1879年（明治12年）から『東京大学理学部紀要』（Memoirs of the Science Department, University of Tokyo）が出版され，ユニバーシティという言葉が登場。デパートメントという言葉で理学部が今日の学科ぐらいの位置付けだった事が想像される。1880年（明治13年）前後に工学科を土木工学と機械工学に，生物学科を動物学科と植物学科に別けた。当初，総理（学長）は医学部と法文学部に2人置かれたが1881年（明治14年）に統一され，各学部^{くによし}に学部長が置かれた。理学部長は菊池大麓である。1期生卒業直後の1882年（明治15年）9月に数学・物理学及び星学科を3分割。1884年（明治17年）に化学科から応用化学科が独立し，同じ年に海軍の要請で出来た附属造船学科や，以前からの土木工学科，機械工学科，そして採掘冶金学科と共に1885年（明治18年）12月に工芸学部を構成。菊

地質学部長が工芸学部長を兼務した。工芸学士という言葉は使われなかった様で、後の『東京帝国大学一覧』（国会図書館公開の近代デジタルライブラリー <http://kindai.ndl.go.jp/search/searchResult?SID=kindai&searchWord=東京帝国大学一覧>）で見る事が出来る；2014/09/10 確認）は工芸学部卒業者を理学士として記載している。1877年12月の第1回卒業式後の宴会ではブンゼン電池70個を使って日本初の電灯（アーク灯）を点けた。1882年の卒業式では発電機を使ってエディソンの白熱電球25個を灯す。しかし、電灯は特別な時だけに使われる物で、1884年5月、元東校留学生、長井長義が13年ぶりに帰国して大日本製薬技師長に成り、6月に東大教授を併任して医学部製薬学科や理学部応用化学科で教えた時、東大には電気はもちろん瓦斯も来ておらず、鰻屋が使う様な炉に炭火を熾して実験する有様だったと云う。

1880年（明治13年）10月、小藤文次郎は地質課を辞し、第4回文部省留学生6人の1人として3年間の留学に出発した（萩原, 1888; 今井, 1965）。『地質調査所百年史』（地質調査所百年史編集委員会編, 1982b, p. 92）には、事業史の項に、文部省からの留学という事実に触れずに書かれていて、まるで地質課の派遣の様な印象を与えるがそうではない。1879年（明治12年）派遣の第3回文部省留学生から東大を卒業した首席クラスが貸費生として渡欧する様に成っていて、それでも分野が多いために順番を待って1年どこかに勤めるのは普通だった。第3回の高松豊吉（化学科卒）は留学まで東京師範学校（高等師範学校の前身）で教えたし、第7回の白石直治（土木工学科卒）は2年近く農商務省に勤めている。生活費年1000円、旅費（ニューヨーク、ロンドン、紐育まで片道480円、ロンドン、仕度料166円などを借りて、帰国後20年で返済する決まりで、留学から戻れば教授就任と高額の収入が約束されていた。

留学期間は第1・2回の5年、3回の4年、4回以降の3年と短縮されていて、1・2回のように外国の学校を卒業する事は期待されず、先端の学問を学べば良かった。1回生が帰国するとその多くが高給で会社に引き抜かれたため（化学科からコロンビア大学鉱山学科に留学した松井直吉、長谷川芳之助、南部球吾の内、東大に戻ったのは応用化学を教えた松井だけで、後2人は三菱合資会社の鉱山技師に成った）、1882年の第6回からは給費生。その代り、留学の倍の期間、文部省の定める職に就かねばならない。小藤の留学先はドイツ。東大では1年間ドイツ語を学んだだけで、地質課に居た1年にドイツ人達に接して磨きかけたのだろう。ドイツの大学に関する情報も得たに違いない。

地質課で行ったのは、加賀国（石川県）手取川付近の地質・岩相をドイツ人ライン（Johann Justus Rein）が採集した植物化石からドイツ人ゲイラー（Hermann Theodor Geyler）が判定したジュラ紀中期との関係で調べるという物で（地質調査所百年史編集委員会編, 1982a）、地質調査との関連は間接的。特別扱いだったのだろうか？

東大採鉱冶金学科でも人材が育っていた。採鉱冶金学専攻生、大島道太郎（陸奥国盛岡藩士で箕作阮甫の弟子だった大島高任の息子）は1879年に中退してフライベルク鉱山学校に私費留学していたが、1881年に卒業（花房・山本編, 1892d）。小藤と同時に卒業した渡邊波は当初、準助教で、1882年6月から第6回文部省留学生としてフライベルク鉱山学校に留学する（花房・山本編, 1892a）。

東大には面白い慣習が生まれていた。1879年（明治12年）12月25日、数物星1期2年生、物理学専攻の田中館愛橘、藤澤利喜太郎、田中正平と、星学専攻の隈本有尚が、実験で温度計等を壊した時に出した小銭を集めてニュートン生誕を祝う宴会を開いたのである（田中館, 1939）。祭壇を作り、壊れた温度計に紙の旗と林檎の振り子を付けたと云う。彼等に「林檎が落ちるのを見て万有引力を思い付いた」という逸話を教えたのは菊池大麓。菊池が学んだケンブリッジ大学セントジョンズ・カレッジの隣、トリニティ・カレッジでは、昔ニュートンが住んだ部屋が使われていた。ただし、問題の逸話はニュートンの死後、親類が創作した物語と云われる。ニュートン祭は教官の東京からの移動と共に京都帝大や東北帝大、九州帝大、さらには金沢大学などに伝搬して行く。初代主任が電気工学科卒だった大阪大学や、理工学部として始まった名古屋大学では祝わない様だが（大阪帝大講師に成った湯川秀樹はニュートン祭に参加するためにわざわざ京都に戻っている）、占領軍が作った琉球大学（創立記念日はリンカーンが誕生した2月12日）では祝うそうだから、ニュートン祭の伝搬を追えば面白い本が書けるだろう。

最初にニュートン祭を開いた4人はアメリカ人地球物理学者トーマス・メンデンホール（Thomas Corwin Mendenhall, モースの紹介で1978年来日し月給400円、学生達はメン公と呼んだ）の富士山頂での重力測定に同行し（中村, 1943）、やがてその1人、田中館は東大、帝国大学、東京帝国大学で地球物理学を教え、二度に亘って全国の地磁気を測定。我が国に於ける地球物理学の開祖に成る。地質学でニュートン祭に相当する祭りが誕生するのは44年後である。

文 献

- 安藤 厚 (1982) 地質調査所における化学分析の歩み
100年. 地質ニュース, no. 337, 140-145.
- 地質調査所百年史編集委員会編 (1982a) I 地質調査所が
できるまで (~明治15年). 地質調査所百年史編集委
員会編, 地質調査所百年史, 茨城県谷田部町, 1-14.
- 地質調査所百年史編集委員会編 (1982b) 年表. 地質調査
所百年史編集委員会編, 地質調査所百年史, 茨城県谷
田部町, 89-157.
- 地質学雑誌 (1913) 理学博士中島謙造君逝く. 地質学雑誌,
20, no. 232, 26-32.
- 萩原善太郎 (1888) 理学博士小藤文次郎君小傳. 帝国博
士列傳, 敬業社, 東京, 175-178.
- 花房吉太郎・山本源太編 (1892a) 工学博士渡邊渡君. 日
本博士全傳, 博文館, 東京, 335-339.
- 花房吉太郎・山本源太編 (1892b) 工学博士巨智部忠承君.
日本博士全傳, 博文館, 東京, 226-229.
- 花房吉太郎・山本源太編 (1892c) 理学博士横山又二郎君.
日本博士全傳, 博文館, 東京, 242-245.
- 花房吉太郎・山本源太編 (1892d) 工学博士大島道太郎君.
日本博士全傳, 博文館, 東京, 350-354.
- 今井 功 (1963a) 地質調査事業の先覚者たち (2) 日
本地質学の創始者—ナウマン—. 地質ニュース, no.
107, 25-29.
- 今井 功 (1963b) 地質調査事業の先駆者たち (4) 炭田・
油田開発の貢献者—ライマン—. 地質ニュース, no.
111, 29-35.
- 今井 功 (1964) 地質調査事業の先覚者たち (5) 応用
地質学を開拓した人—巨智部忠承. 地質ニュース,
no. 114, 37-43.
- 今井 功 (1965) 地質調査事業の先覚者たち (7) 小藤
文次郎. 地質ニュース, no. 135, 13-23.
- 片桐芳雄 (1985) 幕末・明治の洋学者・渡部温 (一郎) (3).
愛知教育大学研究報告, no. 34, 33-47.
- 気象庁編 (1975) 気象百年史. 気象庁, 東京, 740p.
- 中村清二 (1943) 田中館愛橘先生. 中央公論社, 東京,
290p.
- 岡田陽一 (1954) 東京大学最初の地質学実習旅行と猫精
のこと. 地学研究, 7, 187-194.
- 佐藤博之 (1983) 先人を偲ぶ (2). 地質ニュース, no.
347, 28-44.
- 佐藤博之 (1986) 恒藤規隆と肥料鉱物調査所 百年史の
一こま (5). 地質ニュース, no. 378, 34-45.
- 田中館愛橘 (1939) 一ツ橋から赤門へ (II). 科学, 4, no. 8,
349-356.
- 東京帝国大学編 (1932) 東京帝国大学五十年史. 東京帝
国大学, 東京, 1429p., 1333p.
- 坪井誠太郎 (1953) 東京大学地質学教室. 日本地質学会史,
日本地質学会, 東京, 87-92.
- 矢島道子 (2007) 小藤文次郎—日本の地質学・岩石学の父.
地球科学, 61, 155-159.
-
- SUZUKI Masashi (2014) Tracts of Japanese geology (2).
Founding Tokyo Daigaku with Major in Geology, and Sec-
tion of Geology, Ministry of Internal Affairs.
-

(受付: 2014年9月10日)

産総研一般公開・チャレンジコーナー 「地盤の揺れるようすを目の前で見よう！」

武田直人¹⁾・今西和俊¹⁾・内出崇彦¹⁾・木口 努¹⁾

2014年7月19日に開催された産総研つくばセンター一般公開にて「地盤の揺れるようすを目の前で見よう！」と題した出展を行いました。出展内容としては昨年度とほぼ同様でした（長ほか，2013）。

まずは、固さの異なる地盤を模した装置でその揺れ方の違いを観察する実験です。写真1のように家の形をした地震計が柔らかい地盤と固い地盤の上に置いてあります。実験装置が乗っている机を揺らしてみると2つの地震計の動きが違うことがわかります。この実験は一般公開だけでなく地質情報展等で好評を博しています（今西ほか，2013；内出ほか，2014）。机の揺らし方によっても状況は変わりますが、基本的には固い地盤よりも柔らかい地盤の方が揺れ幅（変位）が大きく、机を揺らす手を止めても地震計の揺れは長く続きます。この地盤による揺れ方の違いにより距離的に近くても震度が大きく異なる場合があることを、1923年の関東大震災を例にとってパネルで説明しました。こちらの実験では大人の来場者はスタッフの説明に聞き入っている方々が多かったのですが、子供達にとっては揺れ方の違いよりも思いっきり机を動かしたらどうなるのかが興味の対象の場合が多々ありました。残念ながら、実験装置の都合であまり大きく机を揺らすことができません。思いっきり揺らしたいという願望は隣のもう一つの実験で……。

そのもう一つの実験とは、実際に地面の上で飛び跳ねて地面をどのくらい揺らすことができるかの実験です。写真2のように揺れを計測する地震計のそばで飛び跳ねて、その時の地面の揺れを震度に換算して（気象庁計測震度の算出方法，http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/kaisetsu/calc_sindo.htm 2014/09/19 確認；刃刀ほか，2013）PCで表示しています。今年は気象庁が地震の時に発表している震度階級だけでなく、そのもとになっている計測震度の小数点以下もわかるようにしました。そして、実験に参加された方々の記録をとって、その集計をWEB上（<https://staff.aist.go.jp/n-takeda/yr2014/>



写真1 どっちが大きく揺れるかな？



写真2 みんなで思いっきりジャンプ！

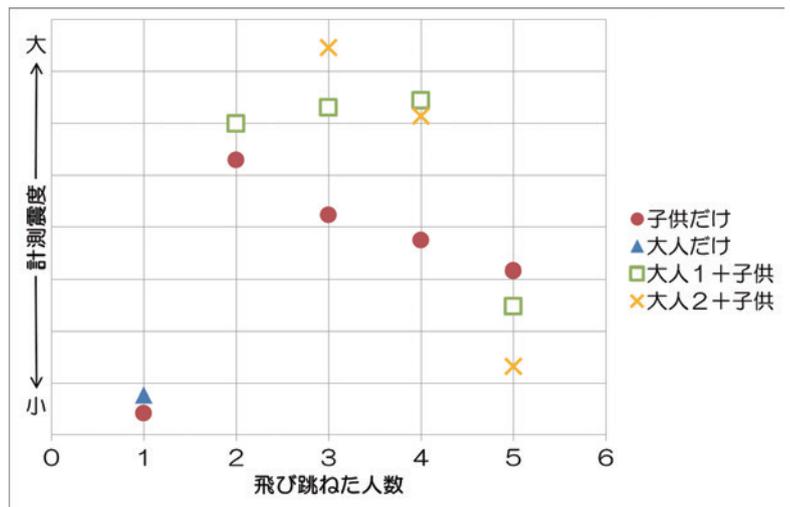
2014/09/19 確認) で公開しました。ここでは、実験の解析結果を一つ紹介します。今回の実験では130グループの方々の参加がありましたが、飛び跳ねた人数と計測震度の関係を第1図のようなグラフにしてみました。グラフ

1) 産総研 活断層・火山研究部門

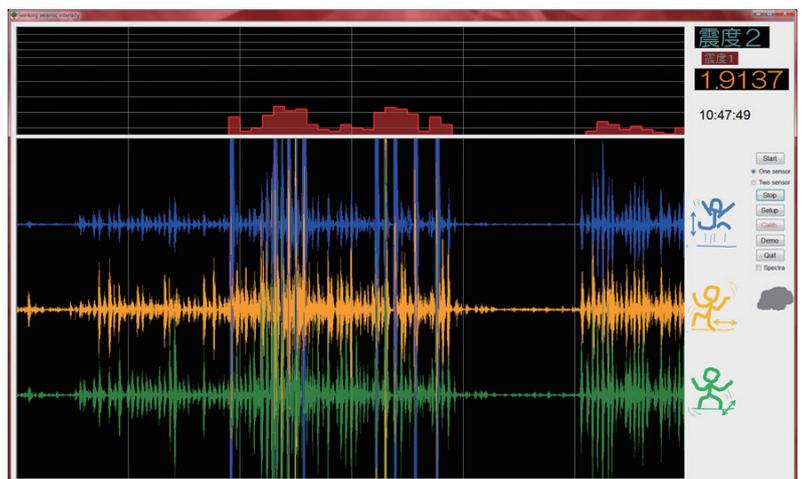
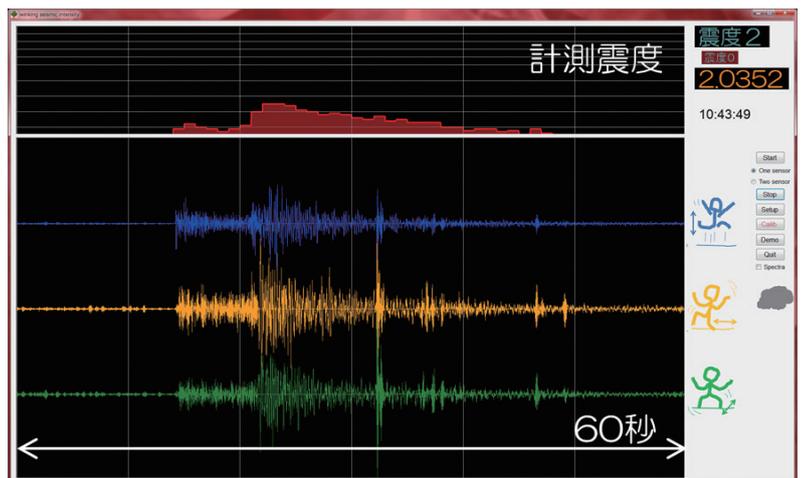
キーワード：一般公開，震度，地震計，地盤，振動，実験

の縦軸が計測震度です。グループ内の大人の人数で印を変えています。写真2のように大人1人、子供2人の場合は四角印の3人のところで。このグラフの点は同様の人数のグループでの平均値を示しています。まず丸印の子供達だけのグループを見ると、1人よりも2人の方が震度は大きくなっていますが、それ以上の人数になると逆に小さくなっています。大人と子供の組み合わせグループの四角印、×印でも同様の傾向で、人数が増えれば増えるほど震度が大きくなるわけではありません。これは地面を揺らすためのエネルギーの総和は人数に応じて増えるものの、人数が多くなれば皆で息を合わせるのが難しくなること・揺れを測る地震計に対して飛び跳ねる人の立つ位置の関係・地面の特性の影響から各々が作った揺れが打ち消しあってしまうのが理由と思われます。「全人類が一斉にジャンプしたら大きな地震が起きる？」といった類の都市伝説がありますが、今回の実験からその現実的な答えとして、地面を揺らすことはできても、タイミングを合わせるのが難しく、必ずしも大きな揺れにはならないと言えそうです。また、クラス全員で運動場・体育館・教室等で飛び跳ねて、揺れ方の違いやどうやったら大きな揺れになるのか試してみるのも面白そうです。もう一つ、地震とは関係ないのですがこのグラフから興味深いことがわかります。大人1人と子供1人で生じる揺れの大きさはほとんど同じになっています。これは、もう一つの実験の項で少し触れたように子供は力一杯挑戦するのに対して、どうしても大人はあまり無理しないでと抑制力が働くものと考えられます。

それから、今回のトピックスとして一般公開当日10時42分に茨城県南部（震源はつくば市の真下約60km）で地震がありました。この地震でつくば各所にて震度1もしくは2を観測しましたが（気象庁、2014）、我々の実験装置でも震度2を記録しました。第2図（上）がその時の地震計（加速度）の波形と震度です。最初に10秒ぐらい小さな揺れ（初期微動）が続き、その後の大きな揺れ（主要動）で震度2が記録されていることがわかります。参考までに第2



第1図 『地面を揺らそう実験』の結果。



第2図 普通の地震（上）と人が飛び跳ねた時（下）の地面の揺れと震度（ここでの震度は1秒ごとの波形を用いて計算している）。



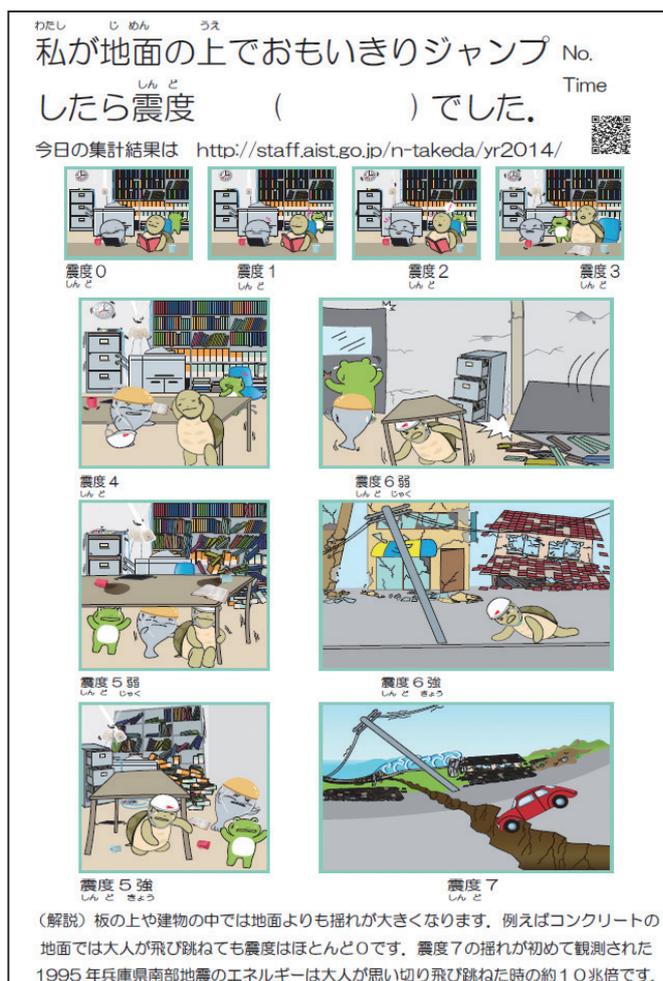
第3図 フィールドノート。

図(下)が今回の実験で人が飛び跳ねて震度2の揺れになった場合の記録です。これらの違いについての細かい解説は省きますが、記録は同じ震度2でも震源からの距離が60 km以上でつくば市全体が揺れているのですから通常の地震で放出されるエネルギーの大きさを実感できると思います。

最後にジオドクトルのフィールドノートについてです。第3図のように、今年は震度階級の図に加え、実験別に2種類のフィールドノートを作りました。いずれの場合もどうやれば揺れが大きくなるかが焦点ですが、それに興味を持った子供たちが、今度は逆に「どうすれば揺れが小さくなる？」を考え、そして防災意識へとつながっていけば幸いです。

文 献

長 郁夫・武田直人・今西和俊・内出崇彦・桑原保人・黒坂朗子・落 唯史・高橋 誠 (2013) 2013年産総研一般公開・チャレンジコーナー「地盤の揺れる様子を目の前で見てみよう！」～展示後の雑感～. GSJ地質ニュース, 2, 335-336.



(解説) 板の上や建物の中では地面よりも揺れが大きくなります。例えばコンクリートの地面では大人が飛び跳ねても震度はほとんど0です。震度7の揺れが初めて観測された1995年兵庫県南部地震のエネルギーは大人が思い切り飛び跳ねた時の約10兆倍です。

今西和俊・吉見雅行・長 郁夫・行谷佑一 (2013) 地質情報展2012おおさか 体験コーナー「地盤の違いによる地震の揺れ実験」. GSJ地質ニュース, 2, 140-141.

気象庁 (2014) 震度データベース検索 (地震別検索結果), <http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/Event.php?ID=9900893> (2014/08/17 確認)

切刀 卓・青井 真・中村洋光・鈴木 亘・森川信之・藤原広行 (2013) 震度のリアルタイム演算に用いられる近似フィルタの改良. 地震 第2輯, 65, 223-230.

内出崇彦・今西和俊・武田直人・長 郁夫・栗田泰夫 (2014) 地質情報展2013みやぎ 体験コーナー「地盤の違いによる地震の揺れ実験」. GSJ地質ニュース, 3, 12-13.

TAKEDA Naoto, IMANISHI Kazutoshi, UCHIDE Takahiko and KIGUCHI Tsutomu (2014) AIST Tsukuba open house 2014, challenge corner "Let's take a firsthand look at an appearance of ground shaking!"

(受付: 2014年9月19日)

産総研一般公開・チャレンジコーナー 「ジオドクトル 2014」実施報告

宮川歩夢¹⁾・堀口桂香²⁾・朝比奈大輔²⁾・住田達哉¹⁾・勝部亜矢²⁾・
高橋美江¹⁾・竹内圭史¹⁾・古川竜太²⁾・佐藤隆司²⁾・今西和俊²⁾・
大坪 誠²⁾・内田洋平³⁾・西来邦章²⁾

2014年7月19日に開催された産総研つくばセンター一般公開において、地質分野ブースの有志企画「ジオドクトル 2014」を出展しました。この企画は2009年の一般公開から開始して以来、「一般公開に来てくださる市民の方々に地質関係のブースを網羅的に回っていただき、地質に関する興味をもっていただくこと」および「参加者に感想をいただき、それをフィードバックさせてより良い一般公開展示を目指す」を目的として出展し、今回で6回目を迎えました（住田ほか，2010，2013；宮川ほか，2013）。

今回の「ジオドクトル 2014」も例年同様、スタンプラリー形式の出展としました。より多くの地質分野の出展を回っていただくためです。例年と同じくジオドクトルの参加ブースでは、各出展に関する資料やクイズを事前に「フィールドノート」として用意しました。一般公開当日には、参加者の方々にジオドクトルの参加ブースを回っていただき、ブース独自の「フィールドノート」やジオドクトルの参加ブース「石を割ってみよう！」において自分で割った石を加え、4点以上集めて「ジオドクトル 2014」のブースに持ってきていただきました。「ジオドクトル 2014」のブースでは、集めた「フィールドノート」をレールファ

イルにまとめてお渡しし、同時に参加者の方々に感想・アンケートへの記入をお願いしました。今回は「フィールドノート」の完成と、感想・アンケートへの記入をいただいた参加者に、記念品として岩石サンプルをお渡ししました（写真1）。

フィールドノートについては、表紙のみジオドクトルで一括して作成しました（第1図）。例年フィールドノートの表紙にはテーマを持たせており、2014年は“地質標本館で見られる「いろいろな色の石や宝石」というテーマで作成しました。ジオドクトルへの参加者の多くが小学生以下の子供であることから、より身近な情報から石や地質に興味を持ってもらうことが狙いで、「色」という見た目にもわかりやすい情報をテーマとして設定しました。いずれも地質標本館に展示されている試料とすることで、興味を持った参加者が後で実物を目にできるようにしました。また、複数のブースを効率的に回っていただくため、ブースの配置図を掲載しました。さらに、前々回・前回に引き続き（住田ほか，2013）、参加者の参考になるよう各ブースの難易度を掲載しました。

ジオドクトルでは例年少しずつ改善を重ねています（宮川ほか，2013）。今回は特に参加者に負担のかからない、



写真1 ジオドクトル 2014 実施風景。ジオドクトル 2014 ブースでは、ジオドクトルのルール説明、記念品の配布、アンケートの回収および、地質関連ブースの総合案内を行っています。

1) 産総研 地質情報研究部門
2) 産総研 活断層・火山研究部門
3) 産総研 再生可能エネルギー研究センター

より参加しやすい運営を心がけました。これまででは、集めたフィールドノートをもとに参加者の名前入りの「ジオドクトル証明書」を発行していましたが、証明書の発行には現地での印刷が必要なため時間がかかり、ブースで参加者を待たせる場面も多くありました。そのため、今回は参加者を待たせることのないよう、事前に準備しておく「記念品」をお渡しすることとしました。「記念品」としては、岩石サンプルを切断・研磨したものを、安全のため、また見栄えを良くするために、透明なプラスチックケースに収め、説明文をつけたものを用意しました(第2図)。しかし、用意した「記念品」は、例年の参加者数を参考に準備していたため、参加者の集まりが良かった今回は、一般公開終了時間前に尽きてしまう事態になりました。当日の対応方法については依然として改善が必要です。

さて、2014年のジオドクトルでは、参加者数は例年と同規模の73名となりました。これは、先に述べた様に、「記念品」が尽きたことによる早期閉店の影響もあります。そのため、十分な「記念品」を用意することや、別の対応方法を準備することでより多くの参加者へ対応できるよう備えることが必要です。この5年の推移をみると、28→53→62→74→68→73名となります。なお、前々回から“リピーター”の参加がありますが、今回も6名のリピーター参加がありました。また、中学生以上の参加者が23名もあり、さらに、外国の方の参加もありました。今後は参加状況をみて、英語資料の準備等の対応が必要かもしれません。

アンケートは「ジオドクトル2014」に参加した70名以上の方から回答をいただき、貴重なご意見をいただきました。一例として、小学生以下の「楽しさ」と「またやってみてみたいかどうか」についてのアンケート結果を示します。「楽しさ」については前回まで増加傾向にあった“楽しかった”がわずかに減少し、“どちらでもない”が増加しています(第3図)。しかし、“楽しかった”が100%であった前回を除けば、概ね例年と同様に楽しんでいただけたかと思えます。「またやってみてみたい」については“またやってみてみたい”が順調に増加し続けて、今回は98%を超えました(第4図)。前々回以降は“もうやりたくない”が0%を維持しています。毎年参加して下さるリピーターの存在もあり、ジオドクトルを含む地質分野の出版に対する“またやってみてみたい”という感想は大いに励みになるかと思えます。また、今回から、フィールドノートに取り上げたテーマについての質問も追加しました。フィールドノートで取り上げた岩石・宝石試料について「フィールド

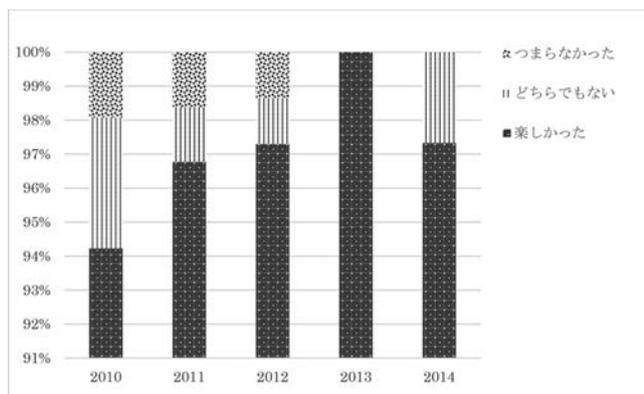


第1図 フィールドノートの表紙の一例。表紙上側には“地質標本館で見られる「いろいろな色の石や宝石」”というテーマでブース毎に異なる試料の情報を掲載しています。表紙下側にはジオドクトル2014のルールおよび参加ブース一覧と地図を掲載しています。

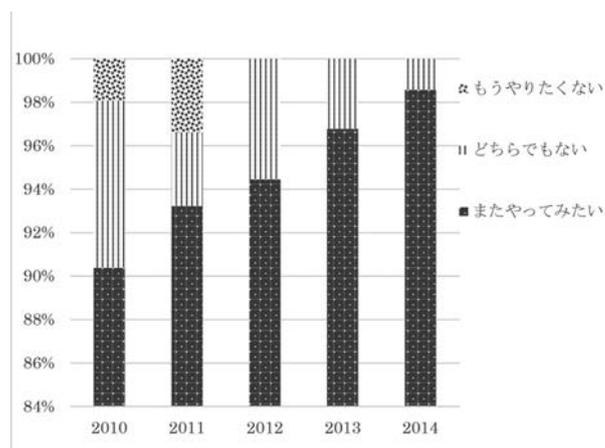


第2図 ジオドクトル2014記念品。地質関連ブースを回り「フィールドノート」を4枚以上集めた来場者に対して、記念品を配布しました。

ノートを見て地質標本館で本物を見なくなったか？」という問に対しては、87%の参加者が“本物を見なくなった”と回答していただきました。ジオドクトルでの経験が、今後の地球科学への興味につながることや、地質標本館に来



第3図 アンケートでの「楽しさ」に関する感想の推移。各年の母数は、2010：49名、2011：60名、2012：72名、2013：62名、2014年：73名。



第4図 アンケートでの「またやってみようか」に関する感想の推移。各年の母数は、2010：47名、2011：55名、2012：68名、2013：60名、2014年：69名。

館していただくなどへの実際のアクションにつながればと期待しています。また、アンケートでは個別のブースについての感想もいただいておりますので、これらの結果を参加ブースと共有し、来年度以降の一般公開に活かせるよう努めたいと思います。また、一般公開当日に、参加者から口頭で「今年は例年に比べてブースが少ないような気がする」とのコメントをいただきました。このことから、参加者の方々は毎年、地質分野の出展を楽しみにしてくださっていると感じ、今後の活動の励みにしたいと思います。

謝辞

フィールドノートに掲載する岩石試料については、地質標本館にお世話になりました。記念品としての岩石サンプル（筑波山の泥質片麻岩の転石）をジオネットワークづくばに提供していただきました。また、本企画の実現に際しては、地質分野の各研究部門、地質調査情報センター、地質標本館、第七研究業務推進室および広報部等、著者に名を連ねていないたくさんの方々のご協力を賜りました。

文献

- 宮川歩夢・堀口桂香・藤井孝志ほか（2013）2013年産総研一般公開・チャレンジコーナー「ジオドクトル 2013」実施報告。GSJ地質ニュース，2，325-328。
- 住田達哉・伊藤順一・名和一成ほか（2010）産総研一般公開，地質分野有志企画「ジオドクトル 2009」コース。地質ニュース，no. 671，8-12。
- 住田達哉・長 郁夫・中井未里ほか（2013）産総研一般公開，地質分野有志企画「ジオドクトル 2012」コース。GSJ地質ニュース，2，37-39。

MIYAKAWA Ayumu, Horiguchi Keika, Asahina Daisuke, Sumita Tatsuya, Katsube Aya, Takahashi Yoshie, Takeuchi Keiji, Furukawa Ryuta, Satoh Takashi, Imanishi Kazutoshi, Otsubo Makoto, Uchida Youhei and Nishiki Kuniaki (2014) "Geo-Doctor 2014" designed by voluntary geoscientists in AIST Tsukuba open house.

(受付：2014年9月26日)

日本列島の長期的地質変動の 予測に向けた取り組みと 今後の課題

— 数十万年の過去を解明し、将来を予測する技術・知見・モデル —

2015年 秋葉原ダイビル 2Fコンベンションホール

定員：300名

1月16日(金)

13:00～18:10
(受付開始 12:30～)

入場無料

主催：産業技術総合研究所 地質調査総合センター

地震・断層、火山・マグマ活動や、深部流体・熱水活動等は互いに影響・関連しており、日本列島の長期的な地質構造発達史の観点での検討・解明を進める必要がある。本シンポジウムでは、各種の地質変動に対する、過去から現在までの履歴の解明と、それに基づく傾向・特徴の抽出、また、将来予測につながる地質学的モデル構築に対する取り組みや代表的な成果を報告すると共に、今後の課題について議論したい。

プログラム

シンポジウムの趣旨	佃 栄吉 (理事・地質調査総合センター代表)
後期新生代、東北日本弧の火成活動史	吉田武義 (東北大学名誉教授)
マグマ含水量分布からみたマグマ活動位置の評価	宮城磯治 (活断層・火山研究部門)
スラブ起源深部流体 — その分布、成因と地震活動との関連について —	風早康平 (活断層・火山研究部門)
プレート運動からみた日本列島の地殻変動	高橋雅紀 (地質情報研究部門)
日本列島の応力場解析と長期の断層活動性評価	大坪 誠 (活断層・火山研究部門)
超巨大地震と日本列島の造山運動	池田安隆 (東京大学大学院理学系研究科)
総合討論	司会：渡部芳夫 (深部地質環境研究コア代表)
閉会挨拶	桑原保人 (活断層・火山研究部門長)

[ポスターセッション]

火山・マグマ・熱水活動、断層活動、地殻変動に関連したポスター (9件)

会場案内



CPD (土質・地質技術者の生涯学習ネット) : 4.5 単位

GSJ 地質ニュース編集委員会

委員長 利光誠一
副委員長 金井 豊
委員 富島康夫
丸山 正
杉原光彦
中嶋 健
七山 太
森尻理恵
伏島祐一郎
渡辺真人
宮内 涉
デザイン
レイアウト 菅家亜希子
12月号
編集担当 下川 浩一

事務局

独立行政法人 産業技術総合研究所
地質標本館
TEL : 029-861-3687
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

<https://www.gsj.jp/publications/gcn/index.html>

GSJ 地質ニュース 第3巻 第12号
平成26年12月15日 発行

独立行政法人 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
つくば中央第7

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

印刷所 前田印刷株式会社

GSJ Chishitsu News Editorial Board

Chief Editor: Seiichi Toshimitsu
Deputy Chief Editor: Yutaka Kanai
Editors: Yasuo Tomishima
Tadashi Maruyama
Mituhiko Sugihara
Takeshi Nakajima
Futoshi Nanayama
Rie Morijiri
Yuichiro Fusejima
Mahito Watanabe
Wataru Miyauchi
Design &
Layout Akiko Kanke
editorial
staff Koichi Shimokawa

Secretariat

National Institute of Advanced Industrial
Science and Technology
Geological Survey of Japan
Geological Museum
Tel : +81-29-861-3687
E-mail : g-news-ml@aist.go.jp

GSJ Chishitsu News Vol. 3 No. 12
Dec. 15, 2014

National Institute of Advanced Industrial
Science and Technology
Geological Survey of Japan
AIST Tsukuba Central 7, 1-1, Higashi 1-chome
Tsukuba, Ibaraki 305-8567 Japan

All rights reserved

Maeda Printing Co., Ltd

