

地質分野2006年夏の話題 -英文ニュース誌から拾う-

高橋裕平¹⁾

1. まえがき

地質学に限らず、最近の科学では専門が分化し先鋭化しているため、少し専門が異なるだけでも最新動向を直接知るのは困難となっている。しかしながら、地質学で今どんなことが話題となっているのか、あるいは社会が何を地質学に求めているかを絶えず意識することは、研究や教育分野のみならず、資源開発や国土保全の最前線に立つ地質技術者にも重要である。これから地質学を学ぼうとする学生諸氏にとっても科目の選択や将来の進路決定の上で参考になる。

そのためには、国内の地質系諸学会発行の邦文ニュース誌に加えて、諸外国のニュース誌を利用して情報を整理しておく必要がある。そこで高橋(2006)の春の話題に引き続き、2006年夏までに発行された英文ニュース誌や連絡誌から英語圏における地質学の最近の話題を紹介する。内容の多くは筆者の知識を越えるものなので、的確な紹介になっていない部分があるが、少なくとも何が今話題となっているかを知ることにはできる。内容をもっと深めたい読者のためにそれぞれのニュースのウェブサイトを記した。

2. “Geotimes” 2006年5-6月号

(http://www.geotimes.org/archives2/search_issue.html)

Geotimesはアメリカ地質協会(American Geological Institute)のニュース誌である。同協会は、1948年に設立され、現在は、44の地球科学関係団体の連合体として10万人を越える地球科学の専門家を擁する。ウェブで全文閲覧可能な解説は、5月号では放射能汚染地下水、6月号ではナノテクノロジーと地球科

学で、ともに日本でも今後身近な話題となりそうな内容である。6月号には、このナノテクノロジーに関する解説記事のほか、3つの解説があるがフリー閲覧にはなっていない。これらの解説のほか、6月号では、進化過程のギャップを埋める化石の話題や先カンブリア時代のメタンガスの証拠など、8つの短い記事(ニュースノート)がフリーで公開されている。

放射能汚染地下水 (Avner Vengosh; Rooting Out Radioactive Groundwater. *Geotimes*, 2006 May.)

チェルノブイリ原発事故や米ソの核実験で放射能汚染が心配されているが、循環の早い地下水では汚染の程度が低下してきてほとんど問題がなくなっている。むしろいまままで看過されていた天然の地下水系に放射能汚染が懸念される。

はじめに単位や環境基準値が、国によって違うことに触れている。放射線量の単位は国際的にはベクレルだが、米国ではピコキュリーを使っている。また、許容値は、国によって違うものがある。例えば、米国ではラジウム226と228の最大許容値はそれぞれともに5ピコキュリーだが、欧州共同体ではそれぞれ14ピコキュリーと5ピコキュリーである。

放射能汚染を懸念する大きな理由は、飲料水中の高い放射能濃度が癌の要因となっていることにある。2003年のあるレポートでは、ニュージャージー州南部のある地域では、米国の基準値を超える放射能を有する地下水(飲料水)を産出したが、そこでは、胃癌の発生が通常の3倍となっている。さらに、気体のラドンが喫煙に次ぐ肺癌の原因となっていることも放射能汚染を懸念する理由である。土壌中のラドンが空気を汚染して家屋に侵入することがある。環境基準では気体1リットルあたり4ピコキュリーを最大許容値としているが、最近の研究ではこの許容上限値でも

1) 東北産学官連携センター

キーワード: 地質, ニュース, ナノテクノロジー, 放射能, 汚染, ASTER, 資源

肺癌のリスクが高らしい。高濃度のラドンを有する飲料水は、シャワーの利用でラドンが気体となる。ノースカロライナ州西部にある高濃度ラドンの井戸の実験では、シャワー利用中ならびに利用後の浴室において、ラドン濃度が1リットルあたり50ピコキュリーを越えることがわかった。

地下水の放射能は、水と岩石の相互作用に起因するので地質の理解が必要である。頁岩や磷酸塩岩はウランに富み、それが壊変したラジウム226が地下水に混入する。花崗岩はウランとトリウムに富み、それらが壊変したラジウム226と228が地下水に含まれるようになる。南ニュージャージーの水系ではラジウム濃度が高い。それは、農耕地を経た水は窒素に富みpHを減じているので、粘土鉱物からラジウムが放出されて地下水のラジウムレベルが高くなる。地下水の塩濃度もラジウム濃度に関連している。真水ではラジウムは岩石中に留まっているが、塩水では岩石から放出され、地下水のラジウム濃度が高くなる。酸素欠乏や温度上昇も地下水中のラジウム濃度を上げる。滞留した水は岩石と接触している時間が長いために放射エネルギーを増すことがある。

さまざまな事例をあげているが、それらの一つの場合として、中東の地下水がある。中東では化石水を使うため、塩濃度が高く、かつ地下水と岩石が接触している時間が長いので放射エネルギーが高い。特にNubian砂岩に關与した地下水はラジウムが高濃度である。ハンガリー産のあるミネラルウォーターは、地温が高くかつ塩濃度が高い地下水に由来するためラジウム226が高濃度となっている。これらについては長期的なモニタリングをしつつ、イオン交換等で水質の改善を進める必要がある。一方、これらの事例研究は放射性廃棄物地層処分に応用できる。

ナノテクで資源エネルギー革命 (Stephen L. Gillett; A Nanotechnology Revolution for the Geosciences. *Geotimes*, 2006 June.)

ナノテクノロジーは、既に生命科学や材料科学に應用されているが、地球科学分野における應用では鉱物資源やエネルギーの概念を変えてしまうかもしれない。再生可能エネルギーの太陽光利用は既にさまざまに使われているが、断続的で蓄積が困難である。太陽エネルギーを燃料に変えることができれば、化石燃料並みに重工業でも利用できるようになるであろう。

そのためにはシリコンなどの半導体を利用した人工光合成が考えられる。この解説では、整然と器材が並んだ、太陽光を燃料に変える基地の想像図を載せている。半導体にナノ粒子加工が必要で、現在のところ白金のような貴金属を使うため経済性に問題がある。これらが克服されれば、日照量が多い砂漠地帯は一大燃料生産地となるだろう。

汚染物から有害物質を除去する環境浄化、鉱石から金属を抽出する精錬、さらにかん水(海水)から塩を精製するなどの工程には莫大なエネルギーを要している。ところが、生体では、ある種のたんぱく質の働きで生体が必要とする元素を抽出している。このような生体反応を應用できれば、多大な熱エネルギーを用いた相分離を必要としない。この分離技術の経済性が克服できれば、将来汚染物質と資源の違いはあいまいになるかもしれない。例えば、鉱山から採掘された銅のほかに、汚水から抽出した銅も資源となる。すなわち、さまざまな汚水、鉱山からの酸性の坑内水、海水、油田や塩湖のかん水は、ナノテクノロジーの利用で資源となる可能性がある。

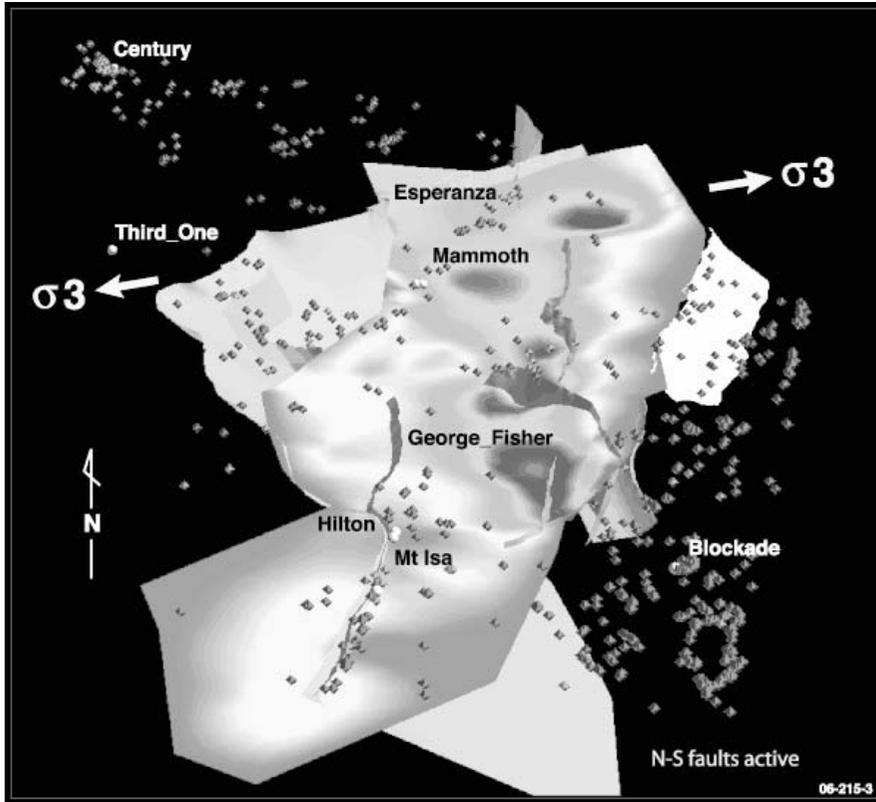
3. “GSA Today”, 2006年7月号

(<http://www.geosociety.org/pubs/gsatoday/>)

GSA Todayは、アメリカ地質学会 (Geological Society of America) の定期刊行物の一つである。情報交換など学会のニュース誌としての役割がある。また毎回時機を得た論説が一編載っている。7月号の論説は、プレートテクトニクスを過去どこまでさかのぼるかという議論である。

先カンブリア時代のプレートテクトニクスを探る (Peter A. Cawood, Alfred Kröner and Sergei Pisarevsky; Precambrian plate tectonics: Criteria and evidence. *GSA Today*, vol. 16, no. 7, p4-11.)

プレートテクトニクスが、地球の歴史上、いつ頃までさかのぼれるかに関する見解である。プレート間の境界は、発散、トランスフォーム、収束に分けられるが、それぞれ地球科学的・地質学的な特別の特徴がある。過去にプレートテクトニクスをさかのぼるために、個々のリソスフェアの動きを各々独立に知るために古地磁気記録を利用する。さらに、火成活動やそ



第1図 マウントアイザMyally期(1770-1780Ma)の鉱物資源分布と盆地を規制する主要断層を統合したアイソバック図。鉱物資源分布は、原図では銅が赤、鉛・亜鉛が緑色で示されている。(Gibson *et al.*のFig.3. オーストラリア地球科学機構から転載許可済み)。

れに関連する鉱床、過去のサブダクションを想定できる地震学的なイメージ、プレート境界に沿った大陸リソスフェアのさまざまな地質体とそれらの組み合わせなどを総合的に用いる。

オフィオライトが、前期原生代のカナダ楕状地のTrans-Hudsonオロゲン、バルト楕状地のSvecofennianオロゲン、南西ローレンシアのMazatzal-Yavapaiオロゲンに産出する。太古代のエクロジヤイトがバルト楕状地に見出される。鉱床に関する知見として、後期原生代以前のものの中に、造山帯を特徴づける金鉱床、斑岩銅鉱床、塊状硫化鉱床がある。中期太古代の島弧を指示する火山岩の発見も加え、これらを総合すると、プレートテクトニクスは少なくとも30億年前にさかのぼることができる結論できる。

4. AusGeo News 2006年6月号

(<http://www.ga.gov.au/ausgeonews/download.jsp>)

同誌はオーストラリア地球科学機構のニュース誌で、年4回発行される。内容はもっぱらオーストラリア地球科学機構の活動や成果物紹介からなる。6月号(通算82号)では、「東イルガルン(Yilgarn)の金鉱床」、「マウントアイザ(Mt Isa)の3D地質解析」、「ASTERを使った鉱物資源マッピング」、「石油探鉱区紹介」、「西オーストラリア沖合の天然ガス」、「地球を聴診する」、「堆積物と地面のゆれの関係」という解説からなる。さらに、短報としてフィリピンの地すべりやアジアの山火事モニタリングなど、オーストラリア地球科学機構の最近の貢献を紹介している。ここでは、マ

ウントアイザにおける3D解析とASTERに関する解説を紹介する。

マウントアイザ (Mt Isa) の3D地質解析 (George Gibson, Paul Henson, Avon McIntyre and Narelle Neumann; Expanding our knowledge of Mt Isa to a third dimension)

2002年3月からマウントアイザの西部について、3D表示を駆使して地質と鉱物資源を理解しようとするプロジェクトが、オーストラリア地球科学機構、大学、鉱業関連政府機関、それに探査会社で行われている。このプロジェクトは、オーストラリア地球科学機構で以前に行われていたNABRE (North Australian Basin Resource Evaluation, 北オーストラリアの盆地資源評価)と外部機関で行われていた流体モデリングに関するプロジェクトを合体して引き継いだものである。

これらの以前のプロジェクトでは、Calvert (1730-1670Ma)とIsa (1670-1595Ma)の2つの盆地解析にあてられ、より古いLeichhardt盆地 (1790-1740Ma)はあまり注目されていなかった。新たなプロジェクトでは、このLeichhardt盆地がその後の盆地とどう関係にあるかを堆積相の広がりや火成活動の変遷から明らかにした。成果は、2006年4月に公開され、出版準備にとりかかった。以下に成果を列挙する。

成果として、盆地の3D表示を行い、その結果、時空的な詳細な解析が可能となったことが挙げられる。すなわち、変成作用・続成作用を解析し埋没史が明らかとなり、さらに鉱化作用に関連した断層活動の時代を特定できた。さらに、リモートセンシングデータを用いて、鉱物指標 (例えば、白雲母とフェンジャイトの消長)や変質タイプ (例えば、珪化作用)を明らかにして鉱床と関連づけた。これらの成果の一例として、鉱物種の分布とアイソパック図を組み合わせた図が載っている (第1図)。

ASTERを使った鉱物資源マッピング (Simon Oliver and Simon van den Wielen; Mineral mapping with ASTER)

リモートセンシングから鉱物指標と変質タイプを明らかにした成果の解説である。すなわち、ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)を利用して鉱物指標図を作成して



第2図 マウントアイザの熱水性フェンジャイト地帯。ASTERでイメージから解析された地域について、地表踏査による確認も行った。(Oliver and WielenのFig.2. オーストラリア地球科学機構から転載許可済み)。

鉱床探査の効率を上げている。この技術は、産業技術総合研究所が世界を先導しているが、オーストラリアにおける事例であることと内容が専門外の読者向けに書かれているので触れてみた。

1999年12月に人工衛星Terraが軌道に乗り、ASTERは、NASA、(日本の)経済産業省、ERSDAC (Earth Remote Sensing Data Analysis Center; 財団法人資源・環境観測解析センター)により実用化された。ASTERは、可視近赤外放射計 (VNIR)、短波長赤外放射計 (SWIR)、熱赤外放射計 (TIR)の3つのセンサーからなる。14のバンド情報があり、このうち1-3がVNIR、4-9がSWIR、10-14がTIRである。

ASTERを用いてさまざまな鉱物の分布を知ることができる。この解説中の図で、マウントアイザのMt Gordon断層帯付近を例として、地域の地質図とともに、ASTERから作成した石英、フェンジャイト、白雲母の鉱物指標図を図示している。このASTER鉱物指標図の検証のため、PIMA (a Portable short-wavelength Infrared Mineral Analyzer; 携帯鉱物同定装置)を用いて現地調査も行った (第2図)。

従来、大規模な金や銅鉱床では、白色雲母のハローを容易に認識できなかったが、ASTERを用いることによって、フェンジャイトと白雲母の分布域を区分できるようになった。その結果、マウントアイザのMt Gordon銅鉱床地帯では、白雲母とフェンジャイトの混在地域で銅鉱化作用が起きていることがわかった。

そのほか、Telfer金-銅鉱床では、フェンジャイトから白雲母への変化が鉱化作用に関係したある化学勾配を示すものと解釈できた。

これらの事例に基づき、オーストラリア地球科学機構は、ASTER鉱物指標図を採鉱段階での新しいツールとして利用できるよう諸機関に提供する企画がある。

5. “Geology Today” 2006年4号 (7月)

(<http://www.blackwell-synergy.com/loi/gto>)

Geology Todayは英国の地質協会 (The Geologists' Association) とロンドン地質学会 (The Geological Society of London) の連絡誌で、地球科学のトピックス、専門雑誌のエッセンス、化石や鉱物紹介の連載物、ニュースとコメントなどからなる。前報 (高橋, 2006) で2006年1号を紹介したが、それはたまたまサンプルとしてフリーで公開したものであった。4号は、契約者以外には解説の要旨しか閲覧できないようになっている。産業技術総合研究所でもオンライン契約をしていないので、つくば以外では中身を見ることができない。

4号の解説記事は、「カナリア諸島のテネリフェ (Tenerife) の地震やガスが本当に噴火の前兆なのか?」ならびに「軍事地質 (Military geology) とゲティスバーグの戦い」である。前者では、テネリフェ島のテイデ火山に噴火の警告が発せられたが、観光客受入で成り立っているこの島の経済は大損害を被っているという。噴火の前兆現象とされているものに疑問を投げかけている。後者では、南北戦争の分岐点といわれるゲティスバーグの戦いは、地質や地形などが戦闘に大きな影響を与えたことで興味深いとしている。わが国では、軍事地質 (Military geology) は耳慣れない用語だが、諸外国では、地質学が軍事戦略上大きな役割を果たすと理解され、軍事地質学は地質学の分野として定着している。この戦いが軍事地質学の原点と位置づけられているのかもしれない。

6. Episodes 2006年2号 (6月)

(<http://www.iugs.org/iugs/pubs/pubs.htm>)

Episodesは国際地質学連合 (IUGS) から年4回発行される雑誌である。地球科学に関する最新の成果や学会報告記事あるいは書評が載っている。IGC総

会開催の前には、開催国の地質の特集号となる。本誌は全面的なオンライン配信とはなっていないが、廉価であるので筆者は購読していて、最新号を紹介できる。

2006年2号 (6月発行) の論説は次の6つである。すなわち、「国際地球観測年 (2007-2009) - 社会のための地球科学」, 「バヌアツの火山湖-スルツェイ式噴火の目撃」, 「英国ヨークシャー Wine Haven のプリンスバッキアン階 (下部ジュラ系) 基底の模式断面」, 「カラブリアンとイオニアン: 下部-中部更新統について地中海からの提案」, 「ジオパーク選定のガイドライン」, 「1980年パリで開催の第26回万国地質学会」。そのほか、地質図紹介として中国の地質図紹介がある。中国の地質図整備事業の一端を知ることができるので次に記す。

中華人民共和国250万分の1地質図 (Geological Map of the People's Republic of China (1:2,500,000))

本地質図を本誌両開きでカラー印刷し、掲載している。周辺国は白地図だが、日本などとの面積の比較から、いかに広大な地域の地質図であるかがわかる。本地質図は、全部で8シートからなる。編集代表は Huang Chongke, そのほかの編集幹事は17名で氏名が明記されている。さらに100名以上の地質専門家、製図専門職、電子化担当職が携わった。

中国では1950年から20万分の1地質図作成が行われるようになり、2000年までに72%が完成している。陸域5万分の1地質図は18.4%が完成している。100万分の1地質図は1995年に全域完成した。そのほか小縮尺の地質図はさまざま作成されている。例えば、1981-1989年には当時の地質産省のもと、特別区や自治区30地域について、50万分の1または200万分の1縮尺で諸テーマの図面類 (一般地質、火成岩、地質構造、変成岩、火山岩、基盤岩、第四系) が整備された。

このように地質図作成のため、多くの事業が展開されてきている。今回の250万分の1地質図には、1999年から2002年10月までの間に出版された5万分の1ならびに25万分の1地質図115シート分のデータが加えられている。ことにチンハイチベット高原の25万分の1地質図39葉の貢献は大きく、西中国の地質に関する見解は変わった。このほかにも最近の中国の成果を盛り込み、それらを踏まえ系統的な区分を

可能な限り行っている。

区分の例として、火成岩では、25億年にわたる火成活動を大きく10期に分け、さらにそれぞれを細分している。その中で貫入岩から噴出岩など産状による区分と超苦鉄質から珪長質やアルカリ質などに至る組成を考慮している。用語は、IUGS勧告のQAPF分類に基づく。岩相と地質時代とから、地質図には290の組み合わせが表現された。すなわち、超苦鉄質岩類で50、苦鉄質岩類で50、中性岩類で30、アルカリ岩類で30、珪長-中性質から珪長質岩類で130である。このほか、変成した深成岩類やミグマタイトなども区分した。

数値化とそれにとまなうデータベース化も行われ、データ全体で600MBである。地質図の編集には、MAPGIS 6.2上でCADテクノロジーが用いられたとあるが、いろいろ工夫があったものと思われる。このようにこの地質図は、中国の地質に関する最新の成果であるとともに、高いレベルのデジタル地質データベース技術を反映したものである。

7. あとがき

今回とりあげたニュース誌では、直接的あるいは間接的に資源に関わる話題が多かった。最新技術の応用として、リモートセンシングのように既に地質に応用されて実用化している例に加え、ナノテクノロジーのように今後実用化が期待される例も紹介した。地質学に対する社会の期待は多岐にわたるが、それに応え

るためには日進月歩の関連技術の動向にも注意する必要性を痛感した。

前報(高橋, 2006)でも触れたが、今回のAusGEO Newsの紹介からもわかるようにオーストラリアの鉱業は相変わらず世界を先導している。関連してオーストラリア鉱業についての邦文報告(永井・久保田, 2006)によると、産学官連携推進のためにオーストラリアでは、すでに1959年にシーズ(研究)とニーズ(産業界)を結びつける組織が設立され、47年間で約550件の企業化前の初期プロジェクトに関わっているという。タスマニア大学の鉱床研究センターは、共同研究(産学官連携)の基本方針を7つあげ、その中に全世界的な視野を持つことがあげられている。わが国(産総研)の産学官連携の多くが、地域還元や地域経済活性化を謳って国内に向いているのとは対照的である。

謝辞: オーストラリア地球科学機構のLen Hatch氏からは図の転載許可について便宜を図っていただいた。地質情報研究部門青矢睦月氏からは中国の地名についてご教示いただいた。ここに謝意を表します。

文 献

- 高橋裕平(2006):地質分野2006年春の話題-英文ニュース誌から拾う。地質ニュース, no.622, p.67-72.
 永井正博・久保田博(2006):オーストラリア鉱業における産学官共同の取り組み。JOGMEC カレント・トピックス, 06-42号, 4p.
 (http://www.jogmec.go.jp/mric_web/current/06_42.html)

TAKAHASHI Yuhei (2006): Some topics in English geological newsmagazines in 2006 summer.

<受付:2006年8月15日>