

# 地質分野2010年夏の話題「地質デジタル革命, 石材資源遺産, モンゴル地質情報など」- 英文ニュース誌から拾う -

高橋裕平<sup>1)</sup>

## 1. まえがき

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の情報源となるよう、諸外国の英文ニュース誌の話題を2006年春から定期的に紹介している。今回は主に2010年5月から2010年7月に入手した英文ニュース誌や研究論文について紹介する。

今回紹介した文献の過半は、ウェブ上から得ることができる。それらについてはウェブアドレスを記した。

## 2. 地質調査のデジタル革命

(Steven J. Whitmeyer, Jeremy Nicoletti and Declan G. De Paor; The digital revolution in geologic mapping. GSA Today, v.20, no.4/5, p.4-10. April/May 2010.)

GSA Today: <http://www.geosociety.org/gsatoday/>  
序

地質調査データの成果から地質図とそれに基づく地質断面図を作成する。その手法は、Cuvier and Brongniartのパリ盆地やSmithのイングランドとウェールズの地質図に始まる。その後、馬から自動車へと地質調査の移動手段に変化はあったが、データの収集法と表現方法に本質的な変化はなかった。ところが21世紀に入り、野外でのデータ収集や地質図作成で次のような大きな進展があった。

- (1) 全地球位置システム(GPS)で衛星から位置情報を得ることができるようになった。
- (2) 野外で地理情報システムを扱える卓上のコンピューターが発達した。
- (3) ウェブで地上情報を扱うことが可能になった。

小論では最近の技術の進展により改良された調査法や地質図作成について、西アイルランドを例に紹介

する。なお、小論の付録として、KMZファイルのグーグルアース地質図とそのテキストが公開されていて、GSAデータアイテム2010102として次のアドレスから入手可能である。

[www.geosociety.org/pubs/ft2010.htm](http://www.geosociety.org/pubs/ft2010.htm)

### 野外でのデジタル調査

この分野の先駆的研究者達は、ハードとソフトの両面から野外での利用法を試みた。例えば、GPS受信装置とつないだPDAのような初期の卓上の装備が、ソフト面では実用化できることを確認したが、実際の利用では動作が遅いという難点も明らかとなった。また、あらゆる天候でも使用可能かを十分検討しておらず、さらに衝撃に対する防御はどうかなどは考慮されていなかった。そこで、次の段階ではこれらのPDAを全天候に耐えるようにプラスチックケースで密閉した。ソフトウェアは複雑で習得するのに壁があり、また、高価である。例えば、ArcGISライセンスは1万ドル以上で、個人のユーザーが使うには無理がある。そのような問題があるが、GISソフトウェアは空間情報の標準となり、学術分野や産業界では必須となってきた。

野外調査で得たデータは、ArcPADを用いて記録し、そのデータをPCワークステーションに取り込んで地図上に表す。著者らは、Trimble GeoXM pocket PCまたはxPlore iX104Cを用いた。それには、ビットマップ地形図や航空写真をArcGISで位置付けし、shapefileの形で取り込んである。野外調査に際し、観察事項がこれらの地図データに加わる。なお、依然として従来のように野帳にも記録した。その理由はバックアップのためで、バッテリーパワーの制限やGPSデータが途絶えることがある。調査後室内に戻り、現場で得たArcPADデータと地質学的な解釈をArcGISにアップロードする。これらのデジタル情報は、入力容易で修正も思いのままである。ArcGISで使うshapefileはKMLfileに変換することでグーグルアース

キーワード: デジタル, 地質図, 災害, 石材, 資源, モンゴル

1) 産総研 地質標本館

などに利用できる。

### 3D表現

地質図・断面図作成がArcGISの3D機能が可能となったが、そのソフトは高価でかつそのソフトを使いこなすには数ヶ月から数年を要する。その難点をウェブ上の世界DEM (digital elevation model) データベースであるグーグルアース(Google Earth)やNASAワールドウィンド(NASA World Wind)などが解決する。これらのソフトウェアはフリーである。要は高速でインターネットを扱えるPCがあれば良い。野外でのアクセスはリモートワイヤレスレシーバーでできる。

1998年にデジタル地球インターネットの提唱があってから、バーチャルな地球が実現し、2001年にはNASAによりデジタル地球がワールドウィンドとして出現した。引き続きKeyhole Markup Language (KML) が利用できるようになった。現在、多くのバーチャル地球(グーグルアース、ワールドウィンド、Microsoftバーチャルアース)ではKMLを使っている。

### 表示ツールとしてのグーグルアース

ここ数年でグーグルアースは地球科学データの表現ツールとして普及し、地質図をはじめとする2-Dデータをグーグルアース上に重ね3-Dで表現した。インポートするデータの容量が大きい場合にはデータを分割する。この図は単なる重ね合わせではなく、次の特徴や機能がある。(1) 図上で地質単位や境界を選択し加減できる。(2) 地層の走向傾斜などの方向を示す記号が測定地点に正確に示される。(3) 調査地点から露頭写真や生層序情報のフィールドデータにリンクできる。(4) 凡例が同じ図上に重なる。(5) 任意の地点での断面図を作成できる。

### グーグルアースを利用した地質図の作成

著者らは、西アイルランドをモデルフィールドとして、James Madison大学(旧Boston大学)と共同で事例研究を行った。対象としたKnock Kilbride地域は、前-中期中生代の急傾斜の堆積岩からなる。一方、Ben Levy地域は、Knock Kilbride地域の南東10kmにあり、Knock Kilbride地域と同様の前-中期中生代の堆積岩にネオ原生代の結晶片岩が衝上している。すなわち、異地性のConnemaraテレンとSouth Mayoトラフが縫合している。著者らは5年間にわたりデジタルデータを集め、それらのデータをKMLに変換した。

グーグルアース地質図は、塗色したポリゴンで地質単元を示し、3-D地形図に重ね合わせたものである。

しかしながら、本格的な地質図として利用するには解像度が不十分である。そこで基図に高解像度の航空写真を容量が大きくなるようにイメージピラミッドにして使用した。その結果、個々の分割部分の写真は20KBにすぎず、グーグルアースを用いるとありがちな反応の遅さを回避した。

地質図イメージの単なる重ね合わせでは地層の走向傾斜記号は、背景の傾斜した地形のため歪んでしまう。3-D版の走向傾斜記号は地表から数m上がったところに独立して図示した。

### むすび

調査中にデジタル情報のほかにバックアップに従来行っていたように野帳への記述も行うなど、何故デジタル化にするのか疑問を持つかもしれない。確かに調査のはじめはそう感じるであろうが、データが集積し始めるとデジタル化の意義がわかってくる。デジタル地質図はコンピューターで作成されるので、野外調査者は位置情報を持ったデータのコンピューター処理で図面作成までの過程を一本化できる。青焼き図面が必要な技術者やコンピューター環境が整っていない研究者には紙の地質図が必要である。コンピューター編集さえあれば、従来型の紙の地質図を必要に応じて提供できる。

## 3. 災害と隣り合わせの生活：火山活動にさらされたグアテマラとエクアドル、そしてそのほかの災害

(Megan Sever; Hazardous Living: Guatemala and Ecuador under volcanic siege...and other hazards. EARTH, 28 May 2010.)

Earth: <http://www.earthmagazine.org/>

グアテマラのパカヤ(Pacaya)火山とエクアドルのツングラハ(Tungurahua)火山が5月27日(原著では翌日の投稿のため日付は記さず“木曜日”)に噴火し、近くの村や都市に被害をもたらした。

パカヤ火山は溶岩を流し、熱い岩石を吹き上げ、この噴火は、本稿投稿時(5月28日)にも依然続いている。首都グアテマラシティは、火山から約15km離れているが、噴出した灰が積もり、場所によっては7.5cmの厚さになっている。空路は遮断され、また、政府は人々にその地に留まるよう勧告しているが、すでに何千もの人々が村を空け疎開している。一人の報

道関係者が火山弾に被弾して死亡し、数人が行方不明となっている。Alvaro Colom大統領は、災害宣言をした。このパカヤ火山は1966年から断続的に噴火を繰り返してきた。

一方、エクアドルでは、首都キトがツングラハ火山から150kmに位置するが、ツングラハ火山噴火による降灰により、キトから1,200kmにあるペルーの首都リマの便が欠航となった。火砕流がふもとに流れ近隣の村では人々が村を出て避難している。火山は1999年からたびたび噴火していて、2008年には近くの村が疎開している。また、2006年の噴火ではキトが灰に埋もれた。

別の災害のニュースとして、マグニチュード7.2の地震が、5月27日に、南太平洋の島国バヌアツの近くの海底で起きた。当初津波注意報が出たが、すぐに解除された。米国地質調査所によると、震源はオーストラリアと太平洋プレートの境界で、サブダクションに伴う逆断層で地震が起きた。バヌアツでは地震は頻繁で、1973年からマグニチュード7.0以上の地震が50回起きている。

人災も起きている。メキシコ湾での原油流出は依然続いている。次の段階として井戸をセメントで固めることを試みるが、原油流出を食い止められるかはわからない。これがうまくいかなければ、さらに別の手段を講じる。

世界に及ぶ災害の可能性として、アイスランドの大統領が、カタラ(Katla)火山の噴火が近いと警告した。その火山は、4月に噴火してヨーロッパの交通機関に影響を与えたエイヤフィラ(Eyjafjalla)火山の姉妹火山で、過去にしばしば大きな噴火をしてきた。ヨーロッパの政府ならびに世界の航空会社に、この火山の噴火を想定した準備を始めた方が良いと、大統領は忠告している。

最後に、NOAAは大西洋のハリケーンの長期予測を行った。それによると、今年はハリケーンが特に活発なようだ。命名されるハリケーンは14から23で、このうち、8から14がフルハリケーンで、さらにそのうちの3から7がカテゴリー3かそれ以上のハリケーンである。予想通りであれば、今シーズンは、最悪であった2005年に匹敵する。

#### 4. 「グローバル石材資源遺産」確立に向けて

(Barry J. Cooper; Toward establishing a "Global Her-

itage Stone Resource" designation. Episodes, vol.33, no.1, p.38-41. March 2010.)

Episodes: <http://www.episodes.co.in/>

#### 序

建築材(Building Stone,あるいはDimension Stone)は、1,000年以上にわたって利用されてきた天然の岩石であるにもかかわらず地質学的な観点から取り上げられることはほとんどなかった。しかし、ここで提案するグローバル石材資源遺産(Global Heritage Stone Resource; GHSR)が、国際的に建築材の地位(ステータス)を引き上げ、さらに、人類の文化の中で長く利用されてきた天然石資源が、国際的に一定の認知を受けるようになるかもしれない。

GHSRの提案が最初に議題となったのは、2007年後半に行われた国際地質工学環境学会(International Association of Engineering Geology and the Environment; IAEG)の建築装飾材部会であった。引き続き、2008年にIAEG特別委員会で議論となった。さらに、2008年8月、オスロでの第33回万国地質会議のフォーラムで、GHSRの提案が示された。

#### 対象範囲

GHSRは、地質科学と人類の文化遺産にまたがり、天然石資源の利用箇所と天然の岩石採掘場所の両者に焦点が当たっている。また、GHSRは、ユネスコが支援している保護を主とする世界遺産とは一線を画する。それは、例えばイギリスが天然石利用の地域の活動を支援することなど生産活動も視野に入れている。

#### 目的

このGHSRの提案に基づく天然石資源の認知度を高める動きは、地方、国、そして国際的に、広く天然石を利用していることを知らしめる。GHSRに認められることで、地質のみならず、工学、建築、石材管理分野で天然石の専門的な理解が進むであろう。この認定は、建築材や彫刻と装飾の材料として天然石に注目が集まり、さらに、ツーリズムの機会が増え、天然石の産業分野やその地域に経済効果を生む。加えて、将来的にも利用が可能になるよう、既存の岩石採掘の管理を促進するであろう。GHSR認証が、世界中の天然石資源の研究や利用について国際的な連携を進めることになる。

#### 展開と手段

GHSRの提案は、プロジェクトのコーディネータを

Barry J. Cooperがして、IAEG C-10の支援で進展している。国際的にも興味もたれ、2009年12月には22ヶ国32名が賛同した。この活動は続いている。

将来的には、石材遺産認証国際委員会 (International Commission for the Designation of Heritage Stone ; ICDHS) のような形でGHSRを管理する組織が必要となるであろう。その委員会は国際的に信頼されるに足る組織でなければならず、管理組織たるために世界の主要な石材産出地域の代表が委員になる必要がある。

### 名称

グローバル石材資源遺産 (Global Heritage Stone Resource ; GHSR) は、今のところ限定した内容に使われているが、最終的なものではない。このグローバル石材資源遺産 (GHSR) という名称以外に、国際文化重要岩石 (Stone of International Importance in Human Culture) や世界岩石遺産 (World Heritage Stone) なども名称の候補であった。

当初には、世界石材資源遺産 (World Heritage Stone Resource) を名称としたが、世間に広く知られている世界遺産 (World Heritage) と混乱する可能性があるため、GHSRとなった経緯がある。

### GHSRの特徴と条件

GHSR認定にはいくつかの特徴 (条件) が必要である。最も重要なのは、歴史的な実績で、30年から50年位の蓄積が必要である。GHSRの候補は歴史的に重要性を持っていることも一つの条件で、この点について言えば、世界の多くの石材産地の中から例を見つけることができる。GHSRの地理的な広がりも重要な観点である。さらに現在も生産が続けられていることが非常に重要な点である。GHSRの持続性という側面から、建材の供給は、建築物の修復や将来の建築を促すことに必要である。

### 展開と認可

GHSR認定までに準備すべきこととして何があるだろうか？

伝統的な名称は、石材業では広く知れていても地質業界ではなじみがないもので、それを国際的に認識させる。伝統的な名称の例として、Balmoral Red (フィンランドの花崗岩) や Petit Granit (ベルギーの石灰岩) などがある。

どんなものに利用されているか、例えば、特別の建物、景観、彫刻、装飾などを一覧にする。

GHSRの供給元の採掘場を特定することも必要である。

それぞれのGHSRの地質学的特徴を明らかにすることも大切である。それには、地質時代、構造地質学的な位置付け、岩石記載、層序学的な名称、自然界での多様性、それに工学的な特性を含んでいる。

### 提案を進めるのに何が必要か？

IAEGから引き続き支持が必要である。それは、IUGSが地球科学の発達や基準に責任を持っているのと同様にIAEGが石材や文化遺産に関する国際的活動に一定の役割がある。

指定に興味がある人々や組織が増えることが必要である。また、天然の岩石に関わる産業界からの支持も有効である。

ボランティアの活動が引き続き必要となろう。

結果としてGHSRが発展するとすれば、組織 (地域、国、国際) 的な支持が必要となる。

## 5. モンゴル地質情報

昨今、モンゴルの資源に注目が集まっている。日本国内の新聞紙上でもモンゴルへの鉱山開発への投資の話題などが尽きない。ここでは地質学的な側面から鉱床の成因に迫る論文を紹介する。ニュース誌というよりも、やや専門的な原著論文であるが、今後とも有望な探鉱対象鉱床周辺の地質学的背景を提供するものである。

### 5.1 西モンゴルHaldzan-Buregтей岩体とレアメタル鉱床の岩石学

(V.I.Kovalenko, A.M.Kozlovsky, and V.V.Yarmolyuk; Trace Element Ratios as Indicators of Source Mixing and Magma Differentiation of Alkali Granitoids and Basites of the Haldzan-Buregтей Massif and the Haldzan-Buregтей Rare-Metal Deposit, Western Mongolia. Petrology, 2009, vol.17, no.2, p.158-177.)

Haldzan-Buregтей岩体は、西モンゴルに分布するアルカリ火成岩で、岩体内にジルコニウム、ニオブ、希土類の鉱床が分布する。岩体は、Ozernaya帯の前期カレドニア期の島弧性の玄武岩、安山岩、デイサイト、堆積岩類に貫入している。岩体を構成する岩石は、貫入の古いものから、(1) ノルドマーカイトと同源のドレライト；(2) アルカリ花崗岩と同源のドレライト；(3) エーケ

ライト岩脈, 細粒アルカリ花崗岩, アルカリ花崗岩ペグマタイト; (4) パンテライト岩脈; (5) レアメタルアルカリ花崗岩; (6) アルカリ苦鉄質岩と石英閃長岩; (7) ミアロリチックアルカリ花崗岩からなる。なお, 日本ではなじみのないアルカリ岩の名称がいくつか出ている。簡単に補足すると, ノルドマーカイトは, 少量の石英を含むアルカリ閃長岩, パンテライトは, アルカリ流紋岩でAlに比べFeに富むものである。

この付近にレアメタル鉱床が2ヶ所あり, その一つは規模の大きなHaldzan-Buregtey岩体中のHaldzan-Buregtey鉱床である。もう一つは規模が小さく, 岩体の北の別のアルカリ花崗岩のルーフペンダントの交代岩(石英-ジルコン-褐れん石岩)中のTsakhirin鉱床地である。

U-Pb法によるジルコン年代は, (2)のアルカリ花崗岩で $392.2 \pm 2.3$  Ma, (6)の閃長岩で $390.8 \pm 1.2$  Ma, Tsakhirin鉱床地の石英-緑れん-ジルコン-褐れん石岩で $395.0 \pm 1.3$  Maである。

岩体の各相((1)から(7))の10-15標本についてICP-MS分析を行った。以下にデータを示し議論する。

本岩体は, 明瞭にバイモーダルな化学組成を呈し,  $\text{SiO}_2$ が50-60wt%の組成の岩石はまれで, 特に55-60wt%が組成のギャップとなっている。Mg値で見るとそれはもっと明瞭で, 同値11-35にギャップが認められる。苦鉄質岩ではアルカリ組成が多様でノーマルからサブアルカリを経てアルカリの領域にわたる。中間組成から珪長質岩ではアルカリ成分は $\text{SiO}_2$ と負の相関を示す。本岩体で最も珪長質な岩石のAgパイット指数( $(\text{Na}+\text{K})/\text{Al}$ )は1を超える。

Nb-U, Zr-Nb, Th-Ta, La-Ybといったインコンパティブル元素組み合わせから, Haldzan-Buregtey岩体とPantelleria火山岩について, OIB(海洋島玄武岩, Oceanic Island Basalt), 枯渇したマントル起源のMORB(Mid-Ocean Ridge Basalt), 交代性のマントルウェッジのIAB(Island Arc Basalt)を指標として論じた。岩体のマグマ性岩石は幅広い組成を示し, マントルとOIB, MORB, IABら三者の混合物である。一方, Pantelleria火山岩は組成幅が狭く, OIBに一致する。

Haldzan-Buregtey岩体内で, Nb/U比からOIBとMORBの特徴を示すのは, (1)のノルドマーカイトとドレライト, (4)のパンテライト, (6)の苦鉄質岩である。Nb/Uが最も大きいのは, レアメタル花崗岩やエーケ

ライトである。Nb/UではOIBとMORBが区別できないのでZr/Nbでさらに議論する。

IABとMORB起源の岩石は, Zr/NbからOIB起源の岩石と明瞭に区別できる。低いZr/Nbと高いNb/UはOIB起源であると解釈できる。それは(1)のノルドマーカイト, 多くのアルカリ玄武岩, (6)の閃長岩, (4)のパンテライト, エーケライトはOIBアレーの組成である。アルカリ花崗岩はOIBとIABの混合の組成である。分化が進むと, (1)のノルドマーカイト, (3)のエーケライト, (6)の苦鉄質岩類では, OIBの要素は多くなり, IABの要素は少なくなる。Th/Ta, La/Ybでも同様な考察ができる。

要するに, Haldzan-Buregtey岩体はMORBとOIBのさまざまな比の混合物である。レアメタル花崗岩は最も分化が進んだマグマに由来する。

## 5.2 南モンゴルシュテーン岩体の岩石学

(Bayaraa Batkhishig, Tsuchiya Noriyoshi and Bignall Greg; Magmatism of the Shuteen Complex and Carboniferous subduction of the Gurvansaikhan terrane, South Mongolia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 37 (2010), 399-411.)

*Journal of Asian Earth Sciences* :

[http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws\\_home/235/description#description](http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/235/description#description)

### まえがき

シュテーン岩体(Shuteen Complex)は, 南ゴビ地方に分布し, マグマや熱水系を研究するのに理想的な地質条件が揃っている。すなわち, 岩体はアダカイト質火山深成岩環状岩体で珪長質の帽岩を持ち強い熱水変質を受けている。一般にアダカイトや高アルミTTG(high- $\text{Al}_2\text{O}_3$  trondhjemite-tonalite-granodiorite)岩は, YとHREEに枯渇し高いSr/YとLa/Yb比を示す。アダカイト生成は, (1)島弧下でサブダクトする海洋スラブの部分溶融, (2)下部地殻の苦鉄質岩の部分融解, (3)下部地殻ザクロ石角閃岩の部分融解, (4)アセノスフェアメルトと下部地殻の間の反応による。アダカイトは, フィリピン, パプアニューギニア, 米国, 南アフリカなどの例のように, エピサーマルや斑岩銅金鉱化作用を伴う。小論では, アダカイトとして論じられていなかった南モンゴルのシュテーン岩体に注目する。

### 地質

シュテーン地域は、南モンゴル、パリスカン地帯のトランスアルタイ縫合帯 (Trans-Altai suture zone) のゴルバンサイハン島弧 (Gurvansaikhan island arc terrain) に位置する。最下部は、海成の下部石炭系 Ikh Shankhai 層で、凝灰岩、れき岩、砂岩、シルト岩、石灰岩からなる。層厚は2,100-2,700mである。中部石炭系 Dusiin Ovoo 層は、本地域で最も広く分布し、安山岩溶岩と同斑岩、デイサイト斑岩、それらに関連した火山碎屑岩からなる。層厚は3,000mである。そのほか、本層にはレンズ状の厚さ300mの堆積岩がはさまっている。これらの石炭系に白亜系 Tsogt Ovoo 層が重なる。陸成層で、灰-黄灰色砂岩、シルト岩、粘土、れきからなる。さらに地域の南側に第四系が広がる。シュテーン岩体は、地域の東-北東部に分布する。3回の貫入ステージが認められる深成岩体である。後でまた述べるが、Rb-Sr 全岩年代は  $321.5 \pm 9$  Ma である。

#### 火成岩の記載

Dusiin Ovoo 層の火山岩類は、安山岩、安山岩質斑岩、関連する火砕岩である。このうち安山岩は、斑状で、斜長石 (核: An28, 縁: An7)、普通角閃石、黒雲母、石英、正長石からなりスフェーン、ジルコン、不透明鉱物を副成分鉱物として含む。石基は細粒斜長石ラス、正長石、石英、輝石、不透明鉱物、充填状ガラスからなる。安山岩質斑岩は、主に斜長石、普通角閃石、黒雲母からなり、少量の輝石、スフェーン、アパタイトからなる。石基は斜長石、黒雲母、輝石、それに少量のスフェーン、アパタイト、ジルコン、不透明鉱物 (磁鉄鉱) からなる。

シュテーン岩体は、下部石炭系の Ikh Shankhai 層の火山岩や堆積岩に貫入する。ノルム石英を含み、モード組成では多くは花崗閃緑岩と花崗岩領域になるが、第一ステージでは石英モンゾ閃緑岩が卓越する。第一ステージの岩石は、岩体の周辺部にあり、中粒石英モンゾ閃緑岩、閃緑岩、モンゾニ岩からなる。第二ステージ (主ステージ) では中-粗粒花崗岩、花崗閃緑岩、それに少量の石英モンゾ閃緑岩やモンゾニ岩からなる。岩体の東側に広く分布する。第三ステージは岩体の中心部に分布し、中-粗粒花崗岩と少量の花崗閃緑岩からなる。

岩脈類のうち、前期岩脈は安山岩火山活動に関連し、Dusiin Ovoo 層の火山岩や堆積岩に貫入する。閃緑岩、花崗閃緑岩、花崗岩、デイサイト斑岩からな

り、そのほか流紋岩や珪長岩を伴う。後期岩脈はシュテーン岩体に貫入し、閃緑岩、花崗閃緑岩、モンゾニ岩、花崗岩、花崗閃長岩斑岩からなり、まれに閃長岩斑岩、アプライト、ペグマタイトからなる。微花崗岩、花崗閃緑岩、花崗閃長岩岩脈が岩体の縁に、アプライト-花崗岩、微閃緑岩斑岩、閃長岩斑岩岩脈やストックがシュテーン岩体の中心部の第三ステージの深成岩に貫入している。

#### 岩石化学

80を超える試料についてXRFで10の主成分と12の微量成分、ICP-MSで微量成分と希土類元素を分析した。質量分析装置でSrとNdの同位体比を測定した。

岩体の主成分には幅がある。例えば、 $\text{SiO}_2$  が49.9-77.9wt%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  が15.4-20.1wt%,  $\text{Na}+\text{K}$  は3.3-9.3wt% である。ハーカー図からシュテーン岩体は高Kシリーズで高 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、ASI (アルミ飽和指数) は1.1未満である。

Srに富み、YとYbに乏しい。コンドライト (C1) 規格のスパイダー図でLFSE (low field strength elements) に富み、HFSE (high field strength elements) に欠ける。Rb- (Y+Nb) 図で、深成岩はVAG (volcanic arc granite) 領域になり、島弧起源と推定できる。

従来の研究ではシュテーン岩体のRb-Sr全岩アイソクロン年代として  $309 \pm 9$  Ma、全岩-鉱物年代として  $289 \pm 40$  Ma と  $315 \pm 9$  Ma が得られていた。今回新たな全岩アイソクロン年代として  $321 \pm 9$  Ma、初生値  $0.70388 \pm 0.00005$  を得た。安山岩については、 $336 \pm 24$  Ma、初生値  $0.70376-0.70394$  を得た。

全岩化学組成や同位体組成からシュテーン岩体は、アダカイトや太古代高アルミナTTG マグマに比較しうる。Srに富み、高いSr/YとLa/Yb、乏しいY、YbそれにHREE、低いSr同位体初生値などは島弧火山岩の特徴である。

#### 岩石学的モデル

シュテーン岩体は、低シリカ側では説明しきれない点もあるが、大局的にはアダカイトと同様の化学的性質を示す。従来の実験事例なども加味して、シュテーン岩体は沈み込む海洋地殻の部分熔融に由来する。シュテーン岩体は次の5段階を経て形成されたと考えることができる。

(1) 玄武岩質海洋地殻 (N-MORB) がわずかの海洋堆積物とともに沈み込む。

(2) 玄武岩は沈み込み角閃岩となり、さらに脱水化作用でエクロジャイトになる。

(3) 部分溶融で溶け残りのエクロジャイトと安山岩マグマが形成される。これはシュテーン岩体が高いSr/Y比を示すことを説明する。すなわち、Yがザクロ石に極端に分配される。

(4) マグマが上昇する。Sr同位体から地殻の汚染はほとんどなかったと言える。さらに、低MgO, Ni, Cr含有量からマントルウェッジや上部地殻との反応がほとんど起きなかったと推定できる。

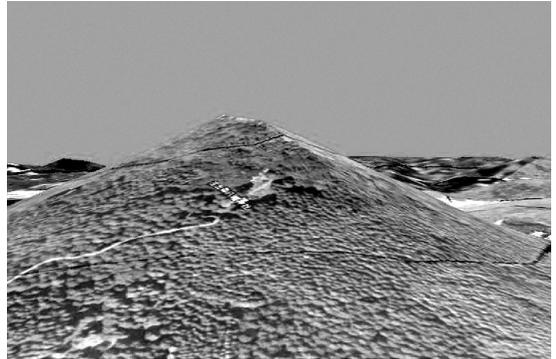
(5) 花崗岩体の貫入。安山岩と花崗岩がシュテーン地域で産出するが、化学的性質から成因的に関係が深いのでモデルと調和的である。

## 6. あとがき

Whitmeyer *et al.* (2010) で紹介したようにGISソフトを駆使してコンピューター処理する地質図作成過程が時代の流れのようだ。産総研でも新しい中期計画の主要課題となっている。紹介者は宿で野帳に墨入れをしていたアナログ時代に大半を過ごした。アナログ手法では、地質図作成のため最も重要であったものは、野外のデータを白地図上に記した野稿図であった。そこには露頭の位置や観察事項の要点が記されている。露頭の場所には岩石種に従い色を塗っている。露頭のないところでも転石から地質を推定し薄く色鉛筆で塗色するなど生のデータを総合的に眺めることができた。デジタル化の流れの中でもそのような総合的な観察データ集の精度を維持したいものである。規格化した観察事項をプルダウンで選択していくだけでなく、コンピューターの仕様から外れた観察事項や推定事項も盛り込める(記録に残る)ようになってほしい。

デジタル化には地質図作成者側だけでなく、利用者側の便宜を図っている。地質図学をある程度習っていないと、平面図から地質断面はなかなか作成できないらしい。そこでグーグルアースを利用した3D表現で地質図にもっと親しんでもらえるであろう(第1図)。

Sever (2010) による中米の火山などの地質災害記事は、5月28日のものである。その日の前後では火山活動や地震が相次いだ。本稿が印刷時には、中南米の火山活動はどうなっているであろうか？ アイスランドの火山活動では、5月はじめにヨーロッパの空港が



第1図 3D表現の地質図。地質図とグーグルアース3D表示を重ねた。

閉鎖され、産総研では学会参加などの出張を取り止めた研究者が多かった。別の火山活動への注意喚起もある。ハリケーンの予想では今年是最悪とあるが、本誌印刷時にはその答えが出ている。杞憂で終わっていい方がいいが。

Cooper (2010) の石材資源遺産の提案は、これからこの認証を確立して地位を高めるところである。現在世界的な盛り上がりを見せているジオパーク活動は、域内に活動鉱山があることは負の評価となる。石材資源遺産ではむしろ現在も活動している採掘場の存在が重要である。情緒的に自然保護といっても人類の活動がある以上、それは矛盾してしまう。この石材資源遺産は、その認定を受けることで、地場産業の活性化になる。

モンゴルの地質情報については、テクトニクスなど必ずしも箇切れ良く紹介ができなかった面がある。それでも、少なくとも、西モンゴルのレアメタル鉱床に関連した火成岩体や南モンゴルの斑岩銅金鉱床で注目されているシュテーン岩体の地質や岩石学的情報を得ていただけたものと思う。

謝辞：デジタル地質調査については、地質情報研究部門の西岡芳晴氏と吉川敏之氏から多くの御教示をいただいた。ここに感謝します。

TAKAHASHI Yuhei (2011) : Some topics in English geological newsmagazines in summer 2010, with special reference to digital revolution in geologic mapping, building stone heritage and geological information of Mongolia.

<受付：2010年8月3日>