

高速増殖原型炉もんじゅ敷地の花崗岩に見られる非活動的な破碎帯の小規模構造

Meso and microstructures of non-active crush zone in granite at the Monju site

*島田 耕史¹、末岡 茂¹、照沢 秀司¹

*Koji Shimada¹, Shigeru Sueoka¹, Shuji Terusawa¹

1. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

1. Japan Atomic Energy Agency

はじめに：破碎帯の活動性評価を進める際に、活動的ではないことが既知である破碎帯の小規模構造との比較は有用である。重要施設の立地に関連して活動性評価が求められるのは、しばしば、小規模な破碎帯であるが、それらの変形構造に焦点を当てた研究例はあまり多くない。そこで本報告では花崗岩中に発達する非活動的な破碎帯の小規模構造について紹介する。試料は、福井県敦賀半島北部のもんじゅ敷地の花崗岩中にみられる破碎帯から得られたもので、この破碎帯には約19Maの玄武岩岩脈貫入以降の活動は認められない (Sueoka et al., submitted)。

延性的な小規模変形構造：破碎帯は主すべり層に沿って約10cmの右ずれを示す。この主すべり層の外側では、変位マーカー（古い破碎帯）が引きずられたせん断変形がみられる。この外側部分のひずみ測定を、単純せん断を仮定して計測したところ、厚さ9.3mmの部分の平均せん断ひずみは1.6と計算された。このような外側部分のせん断ひずみが肉眼的にわかる形で保存されるためには、変形は延性的である必要がある。

準脆性流動を示す変形微小構造：主すべり層の端部付近の最新活動を示す変形微小構造は、厚さ約1cmのカタクレサイトからなるひずみ集中帯中にみられる。構成鉱物は、主に石英、斜長石、カリ長石、黒雲母である。斜長石の変質による粘土鉱物の生成がみられるが、全体的に偏光顕微鏡下で透明感があり、粘土鉱物の量は少ない。石英の再結晶組織は認められない。母岩との境界は凹凸があり、mm規模で遷移する。母岩に向かって、鉱物粒子を横切る割れ目の数が減少していく。カタクレサイト中の石英、長石の破碎された粒子は、0.5-1mm程度の粒径が目立つ。黒雲母は引き伸ばされ、面構造を規定し、非対称紡錘形の粒子が右ずれセンスを示す。結晶内塑性変形を示す黒雲母と、破碎変形を示す石英、長石類の共存は、破碎帯が準脆性流動を生じつつ形成されたことを示しており、最新活動時期の変形環境は高温であり、活断層ではないことを示している。

Sueoka et al., Fission-track dating of faulting events accommodating plastic deformation of biotites. JGR-SE submitted.

キーワード：破碎帯、もんじゅ、花崗岩

Keywords: crush zone, Monju, granite

森林除染による土砂の流出を観測するための観測装置の設置

Installation of observation device for soil loss in a decontaminated forest

*渡辺 貴善¹、石井 康雄¹、新里 忠史¹、佐々木 祥人¹、三田地 勝昭¹

*Takayoshi Watanabe¹, Yasuo Ishii¹, Tadafumi Niizato¹, Yoshito Sasaki¹, Katsuaki Mitachi¹

1. 日本原子力研究開発機構

1. Japan Atomic Energy Agency

(背景)

東京電力福島第一原子力発電所の事故により環境中へ放出された放射性セシウムは、東日本の広い範囲に沈着した。環境省、地方自治体により人の生活圏の除染が実施されている。そのなかで、落葉広葉樹林に対する除染について「落葉等を除去することによって高い除染効果が得られることが見込まれ」、「森林周辺の居住者の生活環境における放射線量を低減する観点から、林縁から20m程度の範囲をめやすに行うことが効果的・効率的」（環境省除染関係ガイドライン平成25年5月第2版）とされている。除染作業で落葉が除去されることにより地面が露出され、除染前とは降雨での地面の侵食に変化が見られると考えられる。本件では、除染が行われた森林において土砂流出を観測するための土砂受けを設置し、土砂の移動を観測した結果を報告する。

(観測方法)

調査対象の森林は福島県内のコナラ等の落葉広葉樹林で、2014～2015年に林縁から20mの範囲で除染が行われた。除染により、林床では笹等の下草は刈り取られ、堆積有機物層（分解が進み、落ち葉が破片状になったF層・H層を含む）が除去され、鉱質土層が露出した状態となった。樹木の細根が地面に露出している箇所もあった。2016年3月に森林内の除染がなされた領域において、地表流等による土砂流出を観測するための装置を設置した。観測する領域として、斜面方向に長さ4m、等高線方向に幅2mのプロットを設定した。プロット斜面の傾斜は27°である。領域内外の地表流を区別するために、プロット斜面の上端と側辺にプラスチック板で区画した。下端には地表流による流出土砂を捕捉するための土砂受けとして大型の雨どいを設置した。プロット斜面下端にアクリル板を5cm程度地面に差し込むことでスロープをつくり、斜面を流れる地表流がアクリル板を伝い土砂捕捉用の雨どいへ流れるようにした。雨どいから下流に50Lのコンテナボックスを取り付け、貯留タンクとした。2016/3/16から観測を開始し、12/9までに6回の土砂を採取した。

(流出土砂量)

流出土砂を捕捉する雨どいにたまった土砂の量は、合計4,491gであった
(3/16-4/5 : 3.4g/day, 4/5-5/30 : 5.3g/day, 5/30-7/12 : 20.6g/day, 7/12-9/2 : 55.3g/day, 9/2-11/23 : 4.2g/day, 11/23-12/9 : 1.7g/day)。プロットの単位面積当たりでは、561g（平均侵食深0.5mm程度）であり、東京電力福島第一原子力発電所の事故以降林床に人の手が加わっていない同傾斜の斜面での観測値の1オーダー大きい値であった。特に、7/12-9/2の期間に流出土砂の64%が集中していた。調査対象の森林から直線距離で6kmにある気象庁アメダスの観測点での雨量では、日雨量で118.0mm, 75.5mm, 78.5mmの大雨が8月下旬に集中したためと考えられる。土砂を採取した期間ごとの、土砂流亡量式であるUSLE (Wischmeier & Smith; 1978) の降雨係数の近似として友正ほか(1990)で提案されている1時間雨量の2乗の和と雨どいにたまった土砂の量に対して、良い相関が得られた。発表では採取した土砂の放射性セシウムの濃度や沈着している放射性セシウムに対する流出割合についても報告する。今後、落葉により斜面の土壌が次第に被覆され、降雨での侵食が抑制されていくと考えられることから観測を継続する予定である。

(文献)

環境省, 除染関係ガイドライン第2版, 平成25年5月

Wischmeier, W. H., Smith, D. D., Predicting rainfall erosion losses –a guide to conservation planning, Agriculture Handbook No. 537. (1978)

友正達美, 高木東, 中尾誠司, 土壌流亡量式USLEにおける降雨係数の近似計算法 (1990)

キーワード : 福島第一原子力発電所事故、森林除染

Keywords: accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, forest decontamination

レジン注入による割れ目可視化と岩石組織観察

Fracture visualization by resin injection and rock texture observation

*濱田 藍¹、宮川 公雄¹

*Ai Hamada¹, Kimio Miyakawa¹

1. 一般財団法人電力中央研究所

1. Central Research Institute of Electric Power Industry

高レベル放射性廃棄物の地層処分においては、放射性核種が地質環境中を移行する場合、地下の岩盤中に発達する割れ目が主要な移行経路となると考えられている。岩盤中の物質移行特性を直接的に評価する手法の一つとして、岩盤中の割れ目に蛍光剤を添加したレジン（樹脂）を注入し、レジン硬化後のボーリング掘削で得たコア試料に認められるレジン充填割れ目の幅を計測する方法がある。電中研ではスイスグリムゼル試験場においてこの手法を適用し、レジン充填割れ目の幅の評価を行った。この実績を生かし、国内の花崗岩などの結晶質岩に適用するため、割れ目の可視化技術の高度化を進めている。本稿では、可視化した割れ目の地質学的な特徴を把握するために、原位置レジン注入試験に使用予定のレジンを室内で注入したコア試料を用い、レジン充填割れ目とその周辺母岩を含む岩石薄片を製作し、偏光顕微鏡下における観察を行った。日本原子力研究開発機構の瑞浪超深地層研究所の深度300m坑道において掘削したボーリングコアに黄色の蛍光剤を添加したエポキシ樹脂を注入し、レジン充填割れ目とその母岩を含んだ岩石薄片を製作し観察を行った。その結果、レジン充填割れ目の幅は平均0.17mm、割れ目表面には細粒の方解石（0.05mm前後）やより微細な方解石（0.005mm以下）の分布を確認した。前者の方解石中には不透明鉱物や破碎した斜長石も複数混在して認められ、レジン充填割れ目沿いに平行に発達する微細な割れ目にも充填している場合が多い。これに対し後者は方解石のみから成り比較的割れ目表面の最上位に産することが多い。このように異なる粒径の方解石とそれと共に産する鉱物、分布領域の違いにより、レジン充填割れ目に晶出した方解石の新旧関係を見出した。また薄片製作前の岩石チップに青色の顔料を添加したレジンを圧入(15~17MPa)することで、黄色の蛍光剤を添加したレジン注入時よりも大きな圧力下でレジンを注入した場合に可視化される割れ目幅を測定した。その結果、可視化された割れ目の幅は平均0.006mmであり、青色のレジンは鉱物粒界や石英中の割れ目に注入されていることが分かり、より微細な割れ目幅まで評価が可能であることが分かった。上記の方法で深度500mのコア試料についてもレジン注入および岩石薄片観察を行い、レジン注入により可視化された割れ目間隙の評価と割れ目周辺の岩石組織観察から割れ目形成と新旧関係について考察する予定である。なお、本研究の内容は、経済産業省資源エネルギー庁より（一財）電力中央研究所が受託した「岩盤中地下水移行評価確証技術開発」の成果の一部である。また、（国研）日本原子力研究開発機構との共同研究の一部として実施した。

キーワード：地層処分、レジン注入、割れ目可視化、結晶質岩、土岐花崗岩、瑞浪超深地層研究所

Keywords: geological repository, resin injection, fracture visualization, crystalline rocks, Toki granite, Mizunami URL

再冠水試験に伴う埋め戻し試験 (1)坑道埋め戻し材の浸潤・膨潤過程の観測

The backfilling test in the groundwater recovery experiment

(1)Observation of saturation and swelling process

*高安 健太郎¹、竹内 竜史¹、尾上 博則¹

*Kentaro Takayasu¹, Ryuji Takeuchi¹, Hironori Onoe¹

1. 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

1. Japan Atomic Energy Agency

1. はじめに

日本原子力研究開発機構は、高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発の一環として、岐阜県瑞浪市に位置する瑞浪超深地層研究所において、結晶質岩（花崗岩）を主な対象として深地層の科学研究（地層科学研究）を進めている。現在、瑞浪超深地層研究所の深度500mに掘削した水平坑道を利用した研究開発として、①地下坑道における工学的対策技術の開発、②物質移動モデル化技術の開発、③坑道埋め戻し技術の開発の3つの課題を設定し進めている。

これらの研究開発課題のうち、③坑道埋め戻し技術の開発の一環として、瑞浪超深地層研究所の深度500mの坑道内に止水壁を設置することで坑道の一部（以下、冠水坑道：長さ40m×幅5m×高さ4.5m）を地下水で満たし、再冠水に伴う地質環境特性の回復過程を把握する再冠水試験を実施している。この試験の一部として、坑道冠水時の埋め戻し材（ベントナイト、砂、礫）の透水性や膨潤圧などの物性評価手法の構築を目的とした埋め戻し試験を実施している。本発表では、埋め戻し試験の概要とこれまでの観測結果を紹介する。

2. 埋め戻し試験の実施内容

埋め戻し試験は、冠水坑道の床盤に掘削したボーリングピット2ヶ所（長さ4m×幅3m×深さ1m）で実施している。埋め戻し材はベントナイトを配合して周辺地山と同等以上の低透水性をもたせることを想定し、透水係数 10^{-11} m/sオーダーの低透水性が期待できる混合率として、ピットA（ベントナイト15%、砂35%、礫50%）、ピットB（ベントナイト15%、砂85%）とした。埋め戻し施工における管理基準は、室内試験の結果等を参考に乾燥密度 $1.3\sim 1.5\text{g/cm}^3$ 、含水比11~15%とした。

各ピットの初期状態の把握として、ピットの形状計測、壁面観察、割れ目からの湧水量計測を実施しており、ピット壁面の割れ目密度には明瞭な粗密のコントラストがみられたが、湧水分布と割れ目密度に関連性は認められなかった。

埋め戻し方法、埋め戻し条件の確認及び計測機器の設置方法の確認を目的とした予備試験を地上で実施した後、2014年9月に冠水坑道のピットで埋め戻しを行った。ここでは厚さ約0.1mの締固めを繰り返し、高さが約0.7~0.8mとなるよう施工した。埋め戻し材への地下水の浸潤過程などを把握するため、ピット1ヶ所あたり水圧計6個、土壌水分計14個を埋め戻しピット中間深度の同一水平面上、土圧計6個をピットの中央・縁辺・上下端に配置した。埋め戻し完了後には、ピット上部に厚さ0.2~0.3mのコンクリート蓋を打設した。

ピット埋め戻し後、2015年9月10日から9月14日までと、2016年1月25日から2017年2月現在（継続中）までの2回にわたり冠水坑道を冠水させた。

3. 観測結果

ピット内の土壌水分は、両ピットとも、埋め戻し直後から湧水量の多い岩盤面近傍の地点で上昇する傾向が見られた。また、埋め戻しから約1週間後に冠水坑道全体が水深30cm程度湛水し、全28観測地点中26地点で飽和あるいは異常を示した。湛水した水の排水後、ピットAでは土壌水分計の出力はほぼ湛水前の値に回復した。その後のピットAの飽和状況は地点により異なり、ピット中央部で2週間程度、ピット外側部（岩盤との接触部）で数日から1ヶ月程度で飽和に達した。これらの結果は、ピットAでは、岩盤からの湧水により外側から

内側に向かって飽和領域が広がるものの、岩盤からの湧水量の違いや埋め戻し材の透水不均質性により外側部でも飽和までに時間を要する状況にあったことを示唆する。一方、ピットBでは排水後もほとんどの地点で飽和を示す値となった。この原因としては、ケーブルの浸水により出力上昇が生じたこと、ケーブル周縁の締固めが十分でなく水みちが形成されたことなどが考えられる。

第1回の冠水では、止水壁のバルブ閉栓直後から水圧が急激に上昇し、水圧・土圧ともに最大1.7 MPa程度を示した。9月14日以降は冠水坑道からの排水により水圧・土圧ともに急激に低下しほぼ0.0 MPaに戻った。

第2回の冠水では、止水壁のバルブ閉栓直後から水圧が急激に上昇し、水圧・土圧ともにバルブ閉栓18日後に3.1 MPa程度を示した。その後水圧は6ヶ月間低下し、さらにその後6ヶ月間2.4 MPa程度で定常状態となっている。この水圧・土圧の変化は冠水坑道の水圧変化とほぼ一致している。

観測された水圧と土圧から埋め戻し材の膨潤圧を求めたところ、ピットAで0.03~0.09 MPa、ピットBで0.05~0.08 MPaを示し、室内試験で得られたピットA材で0.03~0.04 MPa、ピットB材で0.04 MPaと比べやや大きい値を示した。

4. 今後の展開

今後もピット内部での観測を継続し、基礎データの取得及び観測機器の耐久性や設置法の確認を行う予定である。また、冠水坑道の排水後に、埋め戻しピットの状況やセンサーの設置状況を確認すると共にピット内の埋め戻し材を採取し、室内試験により実際の埋め戻し材の特性を確認する。

キーワード：再冠水試験、埋め戻し試験、埋め戻し材、ベントナイト

Keywords: Groundwater recovery experiment in tunnel, Backfilling test, Backfill material, Bentonite

花崗岩地域に建設した坑道の閉鎖に関わる地球化学解析

Geochemical analysis of groundwater chemistry after the drift closure in granite

*林田 一貴¹、加藤 利弘¹、久保田 満¹、岩月 輝希¹

*Kazuki Hayashida¹, Toshihiro Kato¹, Mitsuru Kubota¹, Teruki Iwatsuki¹

1. 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

1. Japan Atomic Energy Agency

はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分事業では、地上からの様々な調査によりその適性が確認された地質環境に地層処分場が建設される。一方で、その建設・操業時には坑道が大気環境になることや、長期にわたる地下水の排水、セメント材料の使用などの環境擾乱により、地下施設閉鎖後の化学環境が事前の調査により理解された状態と異なる可能性がある。そのため、地下施設閉鎖後の化学環境の形成プロセスを理解しておく必要がある。

本研究では、地下施設の建設・操業により乱された化学環境の確認とその形成プロセスの理解を目的として、岐阜県瑞浪市の瑞浪超深地層研究所において、花崗岩の深度500mに建設された研究坑道の一部（幅5m、高さ4.5m、長さ約45m：総容量約900m³、以下、冠水坑道とする）を止水壁により閉鎖し、周辺の地下水によって冠水させた。その後、約1年間にわたり定期的に冠水坑道内の地下水を採取し、主要成分濃度、トレーサー（蛍光染料）濃度、pH、酸化還元電位などの観測を行った。また、地球化学計算コードPHREEQCにより主要な化学反応プロセスの解析を行った。

結果・考察

冠水坑道内のトレーサー濃度は、坑道が冠水した2016年1月25日から徐々に減少し、冠水から約180日後には初期値の約2割程度まで減少した。止水壁付近の湧水から冠水坑道の地下水と同等の濃度のトレーサーが検出され、冠水坑道内の地下水が冠水坑道外に浸み出していることが確認されたため、冠水坑道周りの地下水が冠水坑道内へ流入し、冠水坑道内の地下水と徐々に入れ替わっていると判断された。

冠水坑道内の地下水の酸化還元電位は、冠水から約20日を過ぎると大きく低下し始め、約120日後には冠水坑道掘削前の値（約-180mv）と同等まで回復した。冠水直後の地下水には酸素が5mg/L溶存していたが、約120日後には<0.02mg/Lまで減少した。また、硝酸イオン濃度が冠水直後に<0.05mg/Lまで減少し、それと共に亜硝酸イオン濃度が一時的に増加したが、すぐに<0.05mg/Lまで減少しており、硝酸イオンの還元反応が確認された。加えて冠水から約100日経過後、硫酸イオン濃度の減少が確認された。これらの一連の水質変化は、微生物による還元作用に特有の過程であり、まず溶存酸素が消費され、続いて硝酸イオン、硫酸イオンの順で還元されたと考えられる。

地下水のpHについては、冠水直後の約pH9から徐々に上昇し、約180日後にはpH10付近まで上昇した。溶存成分の測定結果から、冠水坑道壁面の支保に用いた吹付コンクリートに由来する可能性のあるSi, Al, Feの濃度が冠水後増加した。また、坑道に流入する地下水と接している吹付コンクリートを採取して観察したところ、地下水との反応により吹付コンクリートのセメント材料に含まれるポルトランドイト（Ca(OH)₂）が減少し、炭酸カルシウムが生成していた。このことから、pHの上昇は、吹付コンクリートの溶解によるものと推測された。この現象はセメント材料を使用した坑道内で普遍的に起こるものと考えられる。

冠水坑道内の水質変化を定量的に評価するため、PHREEQCにより冠水坑道内で想定し得る鉱物相と初期地下水の水-鉱物反応を想定して、その再現を試みた結果、冠水坑道周囲からの地下水との混合と、吹付けコンクリートの構成鉱物（ポルトランドイト、シリカ、エトリンサイトなど）、花崗岩中の粘土鉱物などとの水-鉱物反応を仮定することでほぼ再現できることが確認された。

今後、冠水坑道内の岩石や吹付けコンクリートを採取し、その変質状態の確認を行うとともに、PHREEQCによる解析の妥当性を確認していく予定である。

キーワード：地下水水質、花崗岩

Keywords: groundwater chemistry, granite

花崗岩地域における地下水の長期変遷に関わる地球化学解析

Geochemical Modeling of long-term evolution for granitic groundwater

*村上 裕晃¹、渡邊 隆広¹、岩月 輝希¹

*Hiroaki Murakami¹, Takahiro Watanabe¹, Teruki Iwatsuki¹

1. 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

1. Japan Atomic Energy Agency

はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分に関わる安全評価では、地下水の塩濃度やpH及び酸化還元状態といった地球化学特性の長期的な変動幅に基づき放射性元素の挙動を推測する必要がある。地下水の地球化学特性は、地下水流動に伴う複数の水質の異なる地下水の混合や岩盤中での水-鉱物-微生物の相互反応などにより形成される。筆者らは、これまでに長期的な地球化学特性の推測手法の確度を向上させるために、岐阜県東濃地域の土岐花崗岩中の地下水を対象として、過去100万年間にわたる長期的な自然現象（気候変動に伴う涵養量変化や隆起・侵食に伴う地形変化など）を考慮した地下水流動特性の長期変動性解析や、地球化学特性の長期的な形成プロセスに関わる水-鉱物反応の熱力学的解析を行ってきた。本報告では後者の成果について報告する。

方法

地下水の滞留時間が異なる二つの領域を対象として、地球化学計算コードPHREEQC（熱力学データベース：PHREEQC.dat）により、主に地下水のpHと水質を理論的に再現することで、長期的な水質の形成に関わる主要なプロセスについて考察した。具体的には、起源となる表層水と花崗岩中の鉱物（斜長石（albite及びanorthite）、カリ長石（K-feldspar）、石英（quartz）、黒雲母（K-mica）、緑泥石（chlorite）、方解石（calcite）、イライト（illite）など）との水-鉱物反応の熱力学的解析を行った。

結果・考察

1) 相対的な地下水流動域

本研究地域においては、月吉断層の北側に滞留時間が数千年～1万数千年を示す地下水が分布している。当該領域の地下水に対する各鉱物の飽和指数を予備解析したところ、albite、anorthite、calcite及びquartzが地下水に対して未飽和～飽和平衡状態であると推定された。ただし、quartzは表層水に対しても飽和状態であったため、その溶解反応が地下水の水質形成に与える影響は相対的に小さいと推測される。そこで、実際の地下水の飽和指数と同等の飽和指数になるまで、表層水にalbite、anorthite及びcalciteを溶解させることで、地下水のpH及び溶存イオン濃度を再現できるか確認した。その結果、pHは8.2～9.3と算出され、対象領域に分布する地下水のpHの実測値（8.4～10.1）と概ね整合的な値を得た。Ca、Al、Siの各溶存イオン濃度については、地下水の実測データと概ね整合した。

2) 相対的な地下水滞留域

本研究地域においては、月吉断層の南側の地下深部に滞留時間が数万年以上を示す地下水が分布している。この領域の地下水は、主に塩濃度の異なる複数の地下水の混合によりその水質が形成されているため、水-鉱物反応プロセスの影響を受けやすい。そのため、混合プロセスの影響が小さいpHについてのみ解析した。滞留時間が相対的に長い当該領域の地下水は、albite、anorthite、calcite、quartzに加えてK-feldsparが未飽和～飽和平衡状態である。そこで、表層水に対して実際の地下水の飽和指数と同等の飽和指数になるまでこれらの鉱物を溶解させ、地下水のpHを熱力学解析により再現した。その結果、pHは8.2～9.3と算出され、対象領域に分布する地下水のpHの実測値（8.2～9.2）とよく一致した。

まとめ

土岐花崗岩の鉱物組み合わせ及び地下水の各鉱物に対する飽和指数を考慮し、地下水の滞留時間が数千年～1万数千年の地下水と数万年以上の地下水の地球化学特性を熱力学的に計算した。その結果、長期的な地下水のpHに関わる主要な水-鉱物反応を推定することができ、どちらの領域の地下水もpHがアルカリ性を示すことが明らかとなった。本解析で取り扱った鉱物は花崗岩を構成する代表的な鉱物であり、花崗岩地域において天水由来の表層水が地下に浸透して地下水が形成される場合、地下水のpHは普遍的にアルカリ性になるこ

とが示唆された。地下水の地球化学特性の長期的な変動幅を推測する際には、本研究で用いた手法が有効である。

謝辞

本報告は経済産業省資源エネルギー庁からの委託事業である「平成28年度地層処分技術調査等事業（地質環境長期安定性評価確証技術開発）」の成果の一部である。

キーワード：花崗岩、地下水、地球化学解析

Keywords: granite, groundwater, geochemical modeling

日本列島における地質学的ひずみ速度の推定

Estimation of geological strain rates in the Japanese Islands

*渡部 豪¹、浅森 浩一¹

*Tsuyoshi Watanabe¹, Koichi Asamori¹

1. 日本原子力研究開発機構 東濃地科学センター

1. Tono Geoscience Center, Japan Atomic Energy Agency

日本列島は、プレートの沈み込みにより長期にわたって短縮変形を受け続けている。このような変形は、複雑な地形・地質構造で特徴付けられる日本列島の地質環境に影響を与えていると考えられる。日本列島における第四紀後期の地殻変動には、一様継続性と呼ばれる経験則（変位の方向の一様性や変位の等速性）が指摘されている（笠原・杉村, 1978; 松田, 1988）。しかし、日本列島における三辺・三角測量やGNSS観測に基づく測地学的ひずみ速度と活断層データ等から推定された地質学的ひずみ速度には、一桁に及ぶ顕著な食い違いが認められること（池田, 1996; 鷺谷, 2004; Shen-Tu et al., 1995）が知られている。地層処分における将来の地質環境の予測・評価は、過去数万年～数百万年における自然現象の偏在性や変動傾向に基づき、将来へ外挿することが基本となる。そのため、特に外挿法による予測においては、対象とする領域における一様継続性の成立性を検討することも重要と考えられる。そこで本研究では、過去の地殻変動として、活断層の変位等の地形・地質学的な情報をディスロケーションモデルに適用することで地質学的ひずみ速度を推定し、現行の地殻変動を示す測地学的ひずみ速度との比較を行った。

本研究では、産業技術総合研究所の活断層データを利用し、日本列島の地質学的ひずみ速度の推定を行った。ここでは、半無限弾性体を仮定し、Okada (1985) のディスロケーションモデルに従って、443セグメントの内陸活断層の断層パラメータ（1,000年間の平均変位速度、断層の走向・傾斜・長さ・位置等）を用いて、断層運動に伴う地表面の変位速度を計算した。なお、地表面の変位速度の算出地点として、約1,200点のGEONET観測点の位置を採用している。続いて、Shen et al. (1996) の方法を用い、得られた変位速度に基づいて地質学的ひずみ速度を推定した。ここでは、緯度・経度方向に20 km毎に設定したグリッドに対し、直径40 km以内に含まれる変位速度を用いて、各グリッド近傍での平均的なひずみ速度を推定した。

以上の解析により推定した内陸活断層の運動に伴う地殻変動は、水平方向で最大4 mm/yr、上下方向では最大で1 mm/yrの沈降及び3 mm/yrの隆起を示す。このうち上下変動については、日本列島の多くの領域において0.3 mm/yr程度の隆起を示し、新潟－神戸ひずみ集中帯と東海地方（静岡県～愛知県）の太平洋側の領域では1 mm/yrの沈降を示す。また、GPS速度や水準測量による結果（村上・小沢, 2004）では、東北日本の太平洋側において5 mm/yr程度の沈降が示されており、東北地方の太平洋側では長期的に見て隆起、短期的には沈降という従来からの指摘については、本研究の結果においても同様に、地質学的な推定結果と測地学的な推定結果の違いが認められた。その一方で、ひずみ速度の主軸分布においては、新潟－神戸ひずみ集中帯での北西－南東方向の短縮、九州地方（島原－別府地溝帯）での南北伸長が認められ、測地学的ひずみ速度の主軸分布（例えば、Sagiya et al., 2000）と調和的な傾向を示すことが明らかになった。また、本手法には粘弾性の考慮等の課題があるが、このようなアプローチを用いることで一様継続性の検討において有用な情報を与えることができると考えられる。

引用文献：笠原・杉村 (1978): 岩波講座地球科学10, 296p. 松田 (1988): 地球, 10, 599-603. 池田 (1996): 活断層研究, 15, 93-99. 鷺谷 (2004): 地球, 46, 183-189. Shen-Tu et al. (1995): JGR, 100, 24275-24293. Okada (1985): BSSA, 75, 1135-1154. Shen et al. (1996): JGR, 101, 27957-27980. 村上・小沢 (2004): 地震2, 57, 209-231. Sagiya et al. (2000): Pageogh, 157, 2303-2322.

謝辞：本発表は、経済産業省資源エネルギー庁委託事業「地層処分技術調査等事業（地質環境長期安定性評価確証技術開発）」の成果の一部である。また解析には、産業技術総合研究所の活断層データを使用させて頂きました。記して感謝致します。

キーワード：活断層、地質学的ひずみ速度、ディスロケーション
Keywords: active fault, geological strain rate, dislocation