

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 15 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23360402

研究課題名(和文) 岩石透水性の時間-空間変化の解明と超長期地下水流動予測への応用

研究課題名(英文) Clarification of spatial-temporal change of rock permeability and its application to prediction of long-term groundwater flow

研究代表者

小池 克明 (Koike, Katsuaki)

京都大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：80205294

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,100,000円、(間接経費) 4,230,000円

研究成果の概要(和文)：土岐花崗岩体(岐阜県)を対象に選び、岩石の浸透率測定、化学分析、微小亀裂抽出と亀裂特性の定量化を行うとともに、これと広域的な3次元亀裂分布シミュレーション結果を統合することで、透水性のマルチスケール構造を明らかにできた。また、熱水変質帯は数千万年オーダーで高透水性を維持したのに対し、ガウジ卓越の断層帯は長期間遮水の状態が継続したことが示唆された。よって、数千年の時間スケールでは岩体の透水係数分布は殆ど変化しないと推察され、風化・侵食による地形変化、それに伴う水理的境界条件の変化、断層運動に伴う亀裂・クラックの形成と透水係数の局所的増大などによって、地下水流動形態に時間変化が生じると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Comprehensive studies including permeability measurement, chemical analysis, microcrack extraction, and characterization of microcrack properties of rocks have been implemented by selecting the Toki granitic body, central Japan as a test site. By integrating the results at site scale with a simulation result of regional 3D fracture distribution, a multi-scale structure of permeability was clarified. The integration suggested that the hydrothermally-altered zones had maintained high permeability for the period of several ten million years, while the gouge-rich fault zone had acted as a water shielding structure. Therefore, the permeability structure of rock body can be considered to be almost the same for the period of several thousand years. Topographic change by weathering and its accompanying change of hydraulic boundary conditions, generation of fractures and cracks by fault movements, and local enhancement of permeability may cause the temporal change in groundwater-flow patterns.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学 地球・資源システム工学

キーワード：応用地質 透水係数 鉱物組成 元素濃度 亀裂分布 地球統計学 空間モデリング 土岐花崗岩

1. 研究開始当初の背景

地球科学・工学は地質や物性に関して時間スケールの長い現象を対象とする学問である。高レベル放射性廃棄物の地層処分など、1 万年以上という工学的には超長期にわたる現象を扱う場合には、岩石物性が時間的にどのように変化するのか、および空間的にどれほど不均質であるのか、という時間的・空間的な変化を明らかにすることが不可欠となる。その対象となる物性として、超長期での地下水流動や物質移行を支配する「透水性」が重要であることは広く認識されている。

岩石の生成年代は、Rb - Sr 法などの同位体年代測定法によって推測できる。しかしながら、岩石物性の時間的変化に対しては、風化や熱水などにより物性が急変する岩石変質の継続時間は、岩石の生成年代とは異なるので、時間軸は定まらず、超長期における透水性の変化速度はわかっていない。また、岩石の不連続面である断層や亀裂に透水性は強く支配されるが、同一岩体において透水性に関するデータの量と測定場所は限られており、工学的に信頼できるほど透水性の空間分布は明らかになっていない。このように地殻表層における透水性の「時間 - 空間変化」の解明は重要であり、これに本研究は貢献する。

2. 研究の目的

超長期地下水流れ現象の高精度予測が研究代表者らの研究の全体構想である。そのために本研究は cm オーダーで透水性の不均質構造をモデル化するとともに、これに時間スケールを新たに導入し、透水性の時間 - 空間変化を支配する因子と物理的・化学的メカニズムの解明を試みる。さらに、これに基づいて超長期にわたる地下水流動パターンの予測を可能にできるためのコンピュータ・シミュレーションも検討する。

本研究の目的を達成させるには、信頼性の高いデータを数多く取得することが不可欠であり、現位置測定に重点を置く。現位置では透水性、鉱物組成、元素組成を測定する。フィールドデータを解釈し、岩石の風化継続時間を求めるための基礎資料として、岩石試料スケールでの構造や元素組成も求める。

3. 研究の方法

岐阜県の土岐花崗岩体 (約 20 km × 20 km) は日本原子力研究開発機構 (以下 JAEA) が、瑞浪超深地層研究所計画をはじめとした深地層の科学研究を進めている東濃地域の一部であり、地表からの深度 200 m と 300 m では坑道壁面を利用して岩盤の現位置試験が実施され、我が国で最も深部地質環境に関する情報が得られているフィールドである。この理由から土岐花崗岩体を研究サイトに選定し、下記の項目で研究を実施する。

(1) 測点の設定：水平坑道において露岩部分の地質調査を行い、亀裂のない健岩部、系統的な亀裂が発達する割れ目帯、断層粘土

や断層コアを含む断層破碎帯と 3 つに区分し、それぞれを代表する領域を選ぶ。

(2) 透水係数の測定：窒素ガス圧入式の透水係数測定機器 (パーミアメーター) により、(1) で選んだ測点において透水係数 (浸透率から換算) を測定する。本機器は世界的に広く使用されているが、岩石表面にガス圧が一定にかからず、データの再現性に乏しいという欠点がある。これを改善するための装置を開発し、亀裂性岩石に対して信頼性の高い透水係数データが得られるようにする。

(3) X 線粉末回折分析 (XRD) による鉱物分析：構成鉱物の種類を全測点で明らかにする。

(4) 岩石表面の元素マッピング：蛍光 X 線分析装置を用いて、風化や熱水変質に関連した主要元素の有無や元素の構成を各測点で明らかにする。

(5) 亀裂と透水係数分布の高精度空間モデリング法の開発：水理試験や測定による多くの透水係数データを用い、透水係数分布を高分解能で推定できる手法を開発する。また、スケールの異なる亀裂の 3 次元分布モデリング法についても検討し、亀裂分布と透水係数分布とを関連付ける。

(6) ボーリングコアの透水係数測定：土岐花崗岩体での深層ボーリング調査によって得られたコアを用い、健岩部・割れ目帯・断層破碎帯に相当する箇所を選んで一定の角度間隔で透水係数を測定し、異方性を明らかにする。

(7) 岩石の微細構造と元素分布の解析：岩石試料の顕微鏡観察により、微小亀裂に関する構造を明らかにする。これと鉱物組成を組み合わせ、透水係数の空間分布を支配する因子を特定する。さらに、元素分析結果から、いずれの元素が風化に伴って選択的に移行・拡散し、時間スケールファクターとなり得るかを明らかにする。

(8) 透水係数の時間変化の解明：(7) に基づく指標元素の初生鉱物からの移行・拡散範囲を検討し、風化継続時間の空間分布を求める。これと(5)による透水係数分布とを組み合わせ、透水係数の時間変化パターンを明らかにする。

4. 研究成果

(1) GEOFRAC (GEOstatistical FRACture simulation method) は研究代表者による 3 次元亀裂分布モデリング法であり、地球統計学を応用して、ボーリング調査や坑道壁面で観測された亀裂の位置と方向 (走向・傾斜) をそのモデリングで反映させることに特長がある。本研究では、亀裂密度の定義、亀裂方向バイアスの補正法、および亀裂密度の空間分布の推定法を検討し、GEOFRAC を改良した。

まず、ボーリング調査による計 50,900 本の亀裂データに GEOFRAC を適用した結果、3 km 程度以上の連続性の良いシミュレーション

オン亀裂に注目すると、ENE-WSW, NW-SE, NNW-SSE の 3 方向に卓越する亀裂系が土岐花崗岩体全体にわたって発達することを明らかにできた。ENE-WSW は既知の断層である月吉断層と調和する方向であり、断層周辺にこれと平行する急な亀裂面が集中する傾向を、より鮮明に表すことができた。次に、主立坑・換気立坑、水平坑道の壁面亀裂データに GEOFRAC を適用し、数十 m 長さのスケールの小さい亀裂分布をモデル化した。その結果、ボーリング亀裂データからも推定された標高 0 m 付近に亀裂集中帯が現れた。また、急な亀裂は NW-SE 方向に卓越し、これもボーリング亀裂データからのモデリング結果に対応した。よって、亀裂のスケールが異なっても集中帯の位置と卓越方向に関する大局的な傾向は相似的であることが確かめられた。

- (2) ロードセルを用いて、パーミアメーターの岩石への押しつけ圧をコントロールできる測定システムを開発した(図 1)。また、ガス漏洩防止用の補助器具を付加したことで、データの信頼性がさらに向上した。水平坑道から実施され、小断層と交差した水平ボーリング調査による 5 本の水平コア、および深度 980 m 付近の垂直コアを用い、この測定システムで浸透率を測定した。その結果、断層帯と割れ目帯で浸透率が高く、健岩部に比べて浸透率が 10 ~ 10,000 倍であることがわかった(図 2)。また、浸透率は亀裂面から離れるにつれて減少するが、いずれの断面でも NE-SE と NW-SE 方向の値が高くなるという異方性の存在が顕著であった(図 3)。

この浸透率特性を詳細に検討するために、岩石薄片のデジタル画像から長さ 0.1 ~ 20 mm の微小亀裂を抽出した。これから開口幅を有する微小亀裂の数、長さ、方位、連結度を求めたところ、いずれの断面でもほぼ直交する NE-SE と NW-SE 方向への配向性が確認でき、浸透率が高い方向と調和した。したがって、微小亀裂が互いに連結し、より連続性の高いネットワークを形成することで、透水性の異方性が生じると考えられる。

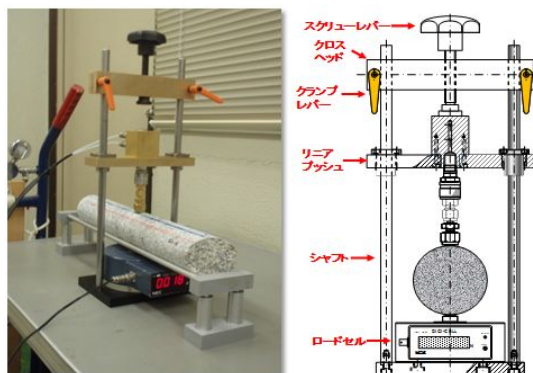


図 1 押しつけ圧一定の条件で精度の高い浸透率測定を可能にした測定システム

- (3) 月吉断層付近の 1 km 長さの垂直ボーリングコアを対象とし、深度方向の浸透率変化と異方性の把握のために 25 m 間隔で 4 方位、および部分的に 16 方位の浸透率を計測した。その結果、浸透率は変質帯や断層帯で急増するとともに、浸透率の異方性は付近に存在する月吉断層の走向と調和的であることがわかった。これは(2)の結果と整合する。

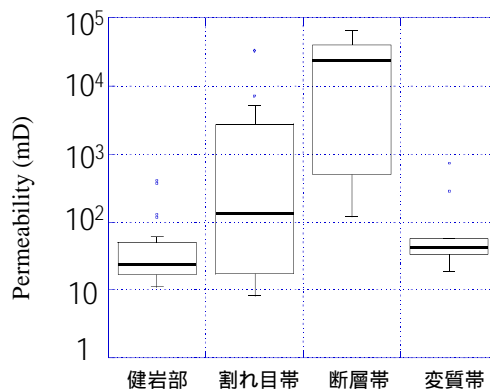


図 2 ボーリングコアの性状で区分した浸透率測定データ(ボックスプロット)。中央の太線は中央値(メディアン)を表す。

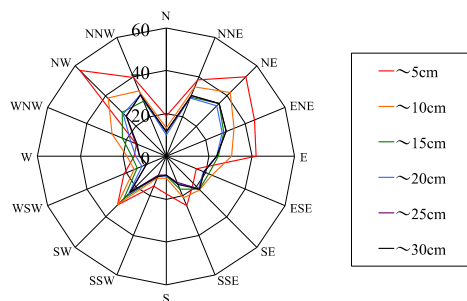


図 3 ボーリングコアを用いた巨視的亀裂面からの距離と方位による浸透率の変化。

- (4) 健岩部・割れ目帯・断層破碎帯付近の坑道壁面から浸透率を測定した結果、その中央値は、ボーリングを利用した透水試験による 394 個の透水係数データの中央値に近く、パーミアメーターによる測定結果の信頼性を確かめられた。これらの坑道実測と透水試験のデータを、GEOFRAC によるシミュレーション亀裂、マイクロクラック、および数 km 以上の長さをもつ亀裂に一部関連した地形的特徴であるリニアメントと組み合わせ、亀裂長さと透水係数との関連性を表した(図 4)。これにより、mm から km オーダーでの透水係数分布をマルチスケールで推定できるようになり、一つの岩体における代表的な透水係数の下限と上限のおおよその値を特定できた。

さらに、地球統計学的シミュレーション法の一つである逐次ガウスシミュレーションにより、亀裂長さと透水係数との相関性を利用して、透水性の空間的な不均質構造を微視的、巨視的なスケールでモデル化することが可能になった。

(5) 透水性の不均質構造の応用として、東西 12km 南北 8km 深度 1.5 km の領域に対し、数十 m から数 km の長さの亀裂に支配される透水係数分布を求め、MODFLOW による地下水流動シミュレーションを行った。地下水流動モデルを用いて月吉断層周辺の流れを詳細に検討したところ、流れパターンは連続性の良い亀裂の分布形態と調和的であることが示された。よって、概ね長さ 2 km 以上の亀裂面が主要な地下水流動経路を形成し、広域的な流動形態を支配していると考えられる。

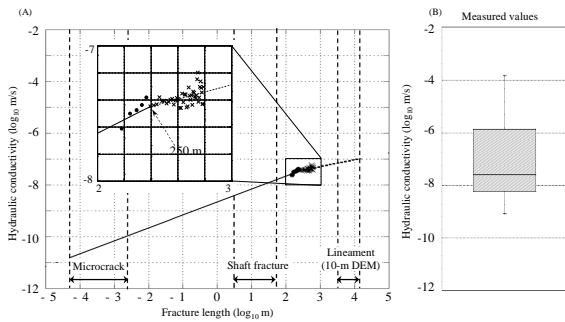


図4 (a)マイクロクラック、GEOFRAC によるシミュレーション亀裂、およびリニアメントの長さ と透水係数との関連。(b)坑道壁面での測定透水係数データのボックスプロット表現。測定データに対応するおおよその亀裂の大きさが推察できる。

(6) 風化継続時間を検討するために、前述の変質・破碎程度が異なる水平コアを用いて、XRD による鉱物同定、および蛍光 X 線分析装置による化学組成分析を行った。その結果、割れ目帯や断層帯でイライト、緑泥石などの粘土鉱物の生成が顕著であり、全試料で方解石の存在が確認できた。また、方解石の主成分であるカルシウム (Ca) 濃度と浸透率とに概ね正の相関関係が見出された (図5)。

斜長石のイライト化の過程で Ca が沈殿するので、Ca 濃度が高い変質帯や割れ目帯は熱水変質が顕著に進んだことが示唆される。すなわち、このような領域は高透水性の領域であり、熱水の流動経路として機能したと考えられる。よって、Ca が流体に伴って選択的に移行・拡散し、この濃度分布は岩石の熱水変質の影響、および風化継続時間を見積もるための良い指標となることがわかった。

なお、ボーリングコアを用いた項目(2)、(3)、(4)、(6)の研究成果の一部に対して、2012年に日本情報地質学会論文賞が授与された。

(7) (6)で見出された傾向の一般性を確認するために(3)で用いたコアを分析した。その結果、熱水変質帯と割れ目帯ではイライトなどの熱水変質鉱物が存在し、Ca と Fe 濃度が高く、微小亀裂が多く存在して浸透

率も高いことがわかった。この熱水変質は岩体形成初期時に生じ、それが数千万年オーダーで高透水性を維持していることが示唆される。断層帯でガウジ卓越部の透水係数は低く、Ca と Fe 濃度は低い。この断層は新第三紀鮮新世以前に活動が終了したことが報告されている。よって、ガウジ卓越の断層帯が長期間遮水的であり、地下水から Ca が付加されにくい状態が継続したと考えられる。

以上から、数千年の時間スケールでは岩体の透水係数分布は殆ど変化しないことが推察され、風化・侵食による地形変化、それに伴う水理的境界条件の変化、および突発的な断層運動に伴う亀裂・クラックの形成と透水係数の局所的増大などによって、地下水流動形態に時間的変化が生じると考えられる。よって、GEOFRAC により亀裂、断層、微小亀裂の集中域、亀裂起因の変質帯の分布を正確に推定することが、岩体中の超長期地下水流動の高精度予測に貢献するといえる。この検証が今後の重要な課題となる。

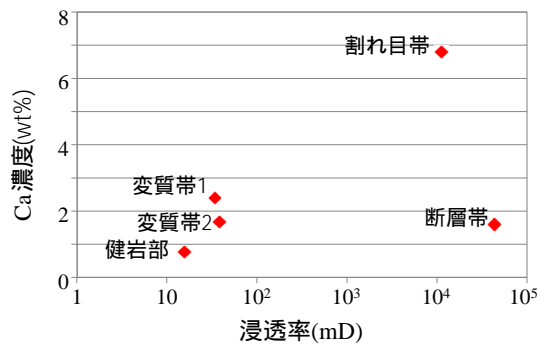


図5 コア試料の XRF によるカルシウム濃度と浸透率との関係。データを岩石の性状によって区分している。

(8) 地下水流動に伴う物質移行数値解析として、移流・分散・拡散方程式、および濃度変化に起因する密度流を考慮した飽和非定常流方程式を連成させるという手法を適用した。その結果、地下水の流動形態とともに塩化物イオン濃度などの時間的変化も推定でき、変化の大小と亀裂分布との関連性を明らかにできた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 17 件)

松田典大, 久保大樹, 柏谷公希, 小池克明: 薄片画像解析による花崗岩の微小割れ目抽出と透水性評価への応用, 情報地質, 査読無, vol. 25, no. 2, p. 81-82, 2014.

久保大樹, 小池克明, 劉春学, 栗原新, 松岡稔幸: 地球統計学的手法による亀裂性花崗岩体の3次元透水係数モデリングと広域地下水流動解析への応用, 地学雑誌, 査読有, vol. 122, no. 1, p. 139

-158, 2013.
DOI:10.5026/jgeography.2012ap02
久保大樹, 柏谷公希, 小池克明: GEOFRAC
を用いた3次元亀裂分布シミュレーション
と広域水理構造へのリンク, 情報地質,
査読無, vol. 24, no. 2, p. 49-50, 2013.
Jean Aurelien Moukana, Hisafumi Asaue,
Katsuaki Koike: Co-kriging for
modeling shallow groundwater level
changes in consideration of land
use/land cover pattern, *Environmental
Earth Sciences*, 査読有, vol. 70, no.
4, p. 1495-1506, 2013
DOI:10.1007/s12665-013-2235-0
Katsuaki Koike: Advanced applications
of remote sensing and GIS to disaster
risk assessment, resources explora-
tion, and environmental monitoring,
*Proceeding of the International
Symposium Hanoi Geoengineering 2013*,
査読有, vol. 1, p. 141-148, 2013.
鶴田忠彦, 田上雅彦, 天野健二, 松岡稔
幸, 栗原新, 山田泰広, 小池克明: 瑞浪
超深地層研究所における深部地質環境
のモデル化を目指した地質学的調査, 地
質学雑誌, 査読有, vol. 119, no. 2, p.
59-74, 2013.
DOI:10.5575/geosoc.2011.0010
Koki Kashiwaya, Takuma Hasegawa,
Kotaro Nakata: Effect of silica phase
transformations on hydrogen and
oxygen isotope ratios of coexisting
water, *Procedia Earth and Planetary
Science*, 査読有, vol. 7, p. 401-404,
2013.
DOI:10.1016/j.proeps.2013.03.174
Akira Sato: Analysis of the tracer
diffusion phenomena through cracks in
the porous media by means of X-ray CT,
Materials Sciences and Applications,
査読有, vol. 4, no. 8A, p. 18-31, 2013.
DOI:10.4236/msa.2013.48A003
Akira Sato: Visualization of CO₂
migration process in rock by hybrid
X-ray CT method, *Tomography of
Materials and Structures*, 査読有, vol.
1, p. 265-268, 2013.
Katsuaki Koike, Chunxue Liu, Tomoji
Sanga: Incorporation of fracture
directions into 3D geostatistical
methods for a rock fracture system,
Environmental Earth Sciences, 査読有,
vol. 66, no. 5, p. 1403-1414, 2012.
DOI:10.1007/s12665-011-1350-z
久保大樹, 浜田拓良, 柏谷公希, 吉永徹,
小池克明: 土岐花崗岩体における深部の
水理的性質と地質的要因, 資源・素材学
会春季大会講演集, 査読無, p. 359-360,
2012.
柏谷公希, 浜田拓良, 久保大樹, 吉永徹,

小池克明: 土岐花崗岩の微視的亀裂の空
間分布と浸透率の関係, 情報地質, 査
読無, vol. 23, no. 2, p. 72-73, 2012.
小池克明, 久保大樹: 花崗岩体での亀裂
と透水性の三次元モデルに基づく地下
水流動シミュレーション, 日本情報地
質学会シンポジウム 2012 (地形・地質・
地球物理情報の三次元モデリング) 講演
論文集, 査読無, p. 1-4, 2012.
Akira Sato: Applications of X-ray CT
methods to the analysis of
transitional phenomena in porous
media at X-Earth Center, *Proc. of the
2012 World Congress on Advances in
Civil, Environmental, and Materials
Research (ACEM '12)*, 査読有, vol. 1,
p. 21-28, 2012.
Hisafumi Asaue, Taiki Kubo, Toru
Yoshinaga, Katsuaki Koike:
Application of Magnetotelluric (MT)
resistivity to imaging of regional
three-dimensional geologic
structures and groundwater systems,
Natural Resources Research, 査読有,
vol. 21, no. 3, p. 383-393, 2012.
DOI:10.1007/s11053-012-9184-2
鏡頭正, 天野健治, 小池克明, 鶴田忠彦,
松岡稔幸: 多変量解析を用いたボーリ
ング孔での断層の区間判定と岩盤区分 -
瑞浪超深地層研究所における深層ボー
リング孔での事例 -, 情報地質, 査読有,
vol. 22, no. 4, p. 171-188, 2011.
DOI:10.6010/geoinformatics.22.171
Alaa Masoud, Katsuaki Koike:
Auto-detection and integration of
tectonically significant lineaments
from SRTM DEM and remotely-sensed
geophysical data, *ISPRS Journal of
Photogrammetry and Remote Sensing*, 査
読有, vol. 66, no. 6, p. 818-832, 2011.
DOI:10.1016/j.isprsjprs.2011.08.003

[学会発表](計 19 件)

松田典大, 久保大樹, 柏谷公希, 小池克
明: 薄片画像解析による花崗岩の微小割
れ目抽出と透水性評価への応用, 第 25
回日本情報地質学会講演会, 2014 年 6
月 12 日, 京都大学百周年時計台記念館.
久保大樹, 松田典大, 柏谷公希, 小池克
明: 土岐花崗岩体における透水性変化と
亀裂構造および変質作用との関係性, 日
本地球惑星科学連合 2014 年大会, 2014
年 4 月 29 日, パシフィコ横浜.
久保大樹, 松田典大, 柏谷公希, 小池克
明: 花崗岩体を対象とした亀裂のマルチ
スケール解析と地下水流動推定への応
用 - 東濃地域におけるケーススタディ
-, 日本地球惑星科学連合 2013 年大会,
2013 年 5 月 21 日, 千葉県幕張メッセ.
久保大樹, 柏谷公希, 小池克明: GEOFRAC

を用いた 3 次元亀裂分布シミュレーションと広域水理構造へのリンク, 第 24 回日本情報地質学会講演会, 2013 年 6 月 20 日, 産業技術総合研究所つくば中央第 2 本部.

Katsuaki Koike: Advanced applications of remote sensing and GIS to disaster risk assessment, resources exploration, and environmental monitoring, *International Symposium Hanoi Geoengineering 2013* (招待講演), 2013 年 10 月 17 日, ベトナム国家大学ハノイ校.

佐藤晃: X線CT法による多孔質内流動現象の可視化と分析, 資源・素材 2013 (札幌), 2013 年 9 月 4 日, 北海道大学.
久保大樹, 浜田拓良, 柏谷公希, 吉永徹, 小池克明: 土岐花崗岩体における深部の水理的性質と地質的要因, (社)資源・素材学会春季大会, 2012 年 3 月 28 日, 東京大学本郷キャンパス.

柏谷公希, 浜田拓良, 久保大樹, 吉永徹, 小池克明: 土岐花崗岩における亀裂特性および熱水変質程度と浸透率の関係, 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, 2012 年 5 月 20 日, 千葉県幕張メッセ.

柏谷公希, 浜田拓良, 久保大樹, 吉永徹, 小池克明: 土岐花崗岩の微視的亀裂の空間分布と浸透率の関係 第 23 回日本情報地質学会講演会, 2012 年 6 月 22 日, 高知大学朝倉キャンパス.

Taiki Kubo, Katsuaki Koike, Chunxue Liu, Koki Kashiwaya: Hydraulic characterization of a granitic body by 3D fracture modeling, groundwater simulation and rock core tests, *34th International Geological Congress (IGC34)*, 2012 年 8 月 7 日, プリスぺン コンベンションセンター.

小池克明, 久保大樹, 呂磊, 柏谷公希: 地質と物性データの空間分布モデリングの統合と地質現象解釈の深化への応用, 資源・素材 2012 (秋田), 2012 年 9 月 11 日, 秋田大学手形キャンパス.

小池克明, 久保大樹: 花崗岩体での亀裂と透水性の三次元モデルに基づく地下水流動シミュレーション, 日本情報地質学会シンポジウム 2012 (招待講演), 2012 年 11 月 2 日, 産総研臨海センター本館 (東京).

Akira Sato: Applications of X-ray CT methods to the analysis of transitional phenomena in porous media at X-Earth Center, *The 2012 World Congress on Advances in Civil, Environmental, and Materials Research (ACEM '12)*, 2012 年 8 月 27 日, ソウル.

Akira Sato: Analysis of CO₂ migration and residual gas trap characteristic in porous rock under high-pressure

environment, *ARMS7 -Present and Future of Rock Engineering-*, 2012 年 10 月 15 日, ソウル.

麻植久史: 比抵抗法による沿岸域断層構造推定, 資源・素材 2012 (秋田), 2012 年 9 月 11 日, 秋田大学手形キャンパス.

鶴田忠彦: 深部結晶質岩における透水性割れ目の特徴: 土岐花崗岩を事例として, 日本地球惑星科学連合 2012 年度連合大会, 2012 年 5 月 20 日, 千葉県幕張メッセ.

久保大樹, 小池克明, 劉春学: 地球統計学的手法による花崗岩体の透水性モデリングと広域地下水流動解析への応用, 第 22 回日本情報地質学会講演会, 2011 年 6 月 23 日, 大阪市立大学.

久保大樹, 小池克明, 栗原新, 松岡稔幸: 花崗岩体深部の透水性と地下水流動の地球統計学的解析, 資源・素材 2011 (堺), 2011 年 9 月 29 日, 大阪府立大学.

小池克明: 地質情報の空間モデリング法のこれまでと今後, 日本情報地質学会シンポジウム (招待講演), 2011 年 11 月 2 日, 産総研臨海副都心センター別館.

[その他]

ホームページ等

<http://www.geoenv.kumst.kyoto-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小池 克明 (KOIKE KATSUAKI)

京都大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号: 80205294

(2) 研究分担者

柏谷 公希 (KASHIWAYA KOKI)

京都大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号: 40447074

(平成 24 年度より研究分担者)

佐藤 晃 (SATO AKIRA)

熊本大学・大学院自然科学研究科・准教授

研究者番号: 40305008

麻植 久史 (ASAUE HISAFUMI)

熊本大学・大学院自然科学研究科・助教

研究者番号: 70462843

鶴田 忠彦 (TSURUTA TADAHIKO)

(独)日本原子力研究開発機構・地層処分研究開発部門・研究員

研究者番号: 10421679

松岡 稔幸 (MATSUOKA TOSHIYUKI)

(独)日本原子力研究開発機構・地層処分研究開発部門・研究員

研究者番号: 40421672