

機関番号：3 2 6 7 8

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20510016

研究課題名 (和文) 深部地下環境における物質移動に関するナチュラルアナログ研究

研究課題名 (英文) Natural analogue study on mass transfer at deep part under the ground

研究代表者

本多 照幸 (HONDA TERUYUKI)

東京都市大学・工学部・教授

研究者番号：3 0 1 3 9 4 1 4

研究成果の概要 (和文)：高レベル放射性廃棄物 (HLW) 処分に係わる様々な岩相を分析した結果、多くの変質帯において、天然類似元素の濃集を示した。天然類似元素は、地層中に存在するランタノイド (Ln) 及びウラン、トリウムであり、HLW 中の放射性物質と化学的性質が近似である。地下水等に伴い HLW から人工バリアを経て移行した放射性物質が天然の地層中に拡散するが、このような変質帯との相互作用によって、変質帯中に取り込まれ、地層中に保持され、生活環境へ到達するまでの遅延効果が期待できるものと思われる。

研究成果の概要 (英文)：From the analytical results of some lithofaces in the altered rocks on the high level radioactive wastes (HLW) disposal, it was showed that many natural analogue elements concentrated in many alteration zones. Natural analogue elements in the present study are lanthanoids (Ln's), uranium and thorium, especially the chemical properties of Ln's are similar to those of the radioactive materials in HLW. As conclusion in this study, it could be expected that most of the radioactive materials transferred from HLW into the strata through groundwater were uptaken and kept in the alteration zone, and the effect of delay until reaching the living environment.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：地球環境科学

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：深部地下環境、物質移動、高レベル放射性廃棄物、地層処分、変質帯、マイナーアクチノイド、ナチュラルアナログ、ランタノイド

1. 研究開始当初の背景

日本の電力需要の約 30%を担っている原子力発電所からは、発電で使用した燃料の再処理工程において高レベル放射性廃棄物 (High Level Radioactive Wastes, HLW) が排出される。この HLW は初期には非常に高い放射能レベルを有しており、その放射能レ

ベルが、発電で利用されるウラン燃料の元である天然のウラン鉱石の持つ放射能レベルにまで減衰するには、数万年という長い年月を要する。我が国では、この HLW を、長期間にわたり安全性を確保した上で、かつ人間の管理を必要としない処分方法として、地層処分が最適であると判断された。この地層処

分によって、処分後、数千年間は人工に施した人工バリアによって、その後の数万年以上にわたって天然の地層中（天然バリア）によって、HLW 中に含まれる放射性物質を、人間の生活環境圏から隔離することを想定している。数千年後、HLW 中に含まれる放射性物質が、主に地下水によって天然の地層中へ拡散していくことが予想されるが、地層深くでは地下水の移動速度は著しく遅い（遅い場合は、1年間に数 mm 程度）ため、拡散には相当の時間（年数）を有するとされている。しかし、実際の天然の地層中には大小様々な割れ目（断層）の存在が、ボーリング孔調査によって指摘されており、割れ目を考慮した場合、移動速度が速くなり、想定よりも短い時間（年数）で、人間の生活環境圏にまで移行してしまう恐れがある。また、この割れ目では多くの箇所において変質を伴っており、この変質帯の存在が、放射性物質の挙動にどのような影響を及ぼすのか懸念されている。実際、数千年から数万年以上においてなお高い放射能レベルを有している放射性物質は、Am、Cm 及び Np 等のマイナーアクチノイド（MA）で、これら人工の放射性物質が天然の変質帯においてどのような挙動を示すのかは、実証例としてほとんどない。

2. 研究の目的

本研究では、Am、Cm などの MA 等、人工の放射性物質と化学的性質が類似している天然類似元素（ナチュラルアナログ元素）を使用することによって、これら放射性物質が割れ目や岩石粒子間中に存在する変質帯において、どのような挙動を示すか検討する。天然類似元素は、天然の地層中に存在するランタノイド（Ln）及び U、Th（Ln は Am や Cm において、また Th は Np や Pu において、電荷やイオン半径が類似）であり、この天然類似元素が地層中に存在する変質帯において長期間どのような挙動を示してきたかを解明することによって、HLW に含まれる人工の放射性物質（主に Am や Cm）が将来どのような挙動を示すか評価することを本研究の目的とする。

3. 研究の方法

試料は、日本原子力研究開発機構の東濃地科学センター（岐阜県瑞浪市）と幌延深地層研究センター（北海道幌延町）の各ボーリング孔から採取した。ボーリング孔から採取した試料は、東濃の堆積岩、東濃の土岐花崗岩、幌延の堆積岩である。試料数は、全部で約 70 試料である。試料は粉碎後、100 メッシュ以下に篩分けし、東濃地科学センターにある X 線回折分析（XRD）および蛍光 X 線分析

（XRF）により鉱物の同定と主成分の定量を、中性子放射化分析（NAA）により主に微量元

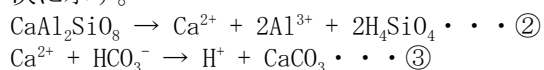
素の定量を行った。また、一部の炭酸塩充填部（未変質部を含む）は酢酸による抽出を行い、抽出した溶液と残った残渣をそれぞれ分析した。

4. 研究成果

(1) 東濃堆積岩の化学的風化部

堆積岩の風化部において、黄鉄鉱（Py）が減少を示したが、Fe の濃度は増加を示している。このことから、風化によって黄鉄鉱が溶解するが、水酸化鉄などの二次的な鉄鉱物として再び沈殿したことが考えられる。黄鉄鉱の溶解に伴う水酸化鉄の生成式を次に示す。
$$4\text{FeS}_2 + 15\text{O}_2 + 14\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3 + 8\text{H}_2\text{SO}_4 \cdots \textcircled{1}$$

また、多くの風化部において、斜長石（Fd）の溶解と方解石（Cal）の生成を示した。この方解石を含む炭酸塩鉱物は、酸性環境において、主要鉱物中最も溶解度が高い鉱物であるが、風化によって斜長石とともに一度溶解した後、酸性環境が弱まり、斜長石中の Ca も含めて、再び沈殿したことが考えられる。斜長石（灰長石）の溶解と方解石の生成式を次に示す。



また、一部風化部においてスメクタイト（Sme）の生成を示した。このスメクタイト等粘土鉱物の生成も、斜長石等の溶解による二次生成物と考えられる。

また、風化部の試料においては、方解石及びスメクタイトの溶解を示した。これら鉱物のうち、スメクタイトにおいては、 $\text{pH} < 4$ の強酸性環境において初めて溶解を示すことから、この割れ目直上の試料は他よりも酸性環境が強く、溶解したことが考えられる。

次に、多くの風化部において、軽 Ln 及び Th の増加（10～30%増）を示した。これら微量元素は、長石や粘土鉱物などの 1 次鉱物中に含まれていたことが考えられ、これら鉱物の溶解に伴い一時的に溶出するが、水酸化鉄等鉄鉱物や粘土鉱物、炭酸塩鉱物などの二次鉱物の生成に伴い再沈殿したことが考えられる。それとは逆に、風化部の試料において、特に重 Ln 及び U の減少を示した。この試料においては、Ce の正の異常を示しており、また、酸性下で溶解を示すスメクタイトや方解石の溶解も示していたことから、二次的に生成した鉄鉱物に取り込まれることなく、岩石から溶出したことが考えられる。

(2) 幌延堆積岩の断層部

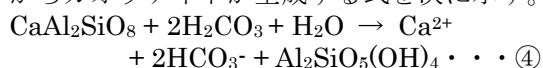
多くの断層部において顕著なスメクタイトの増加を示した。断層部では、断層の形成に伴い、熱水変質を伴って粘土鉱物を生じていることが知られているが、この試料においても粘土鉱物が生成していることが示唆さ

れた。また、この断層部においては、Feの顕著な増加と黄鉄鉱の生成を示した。この黄鉄鉱は、還元環境において生成する鉱物であり、顕著なCeの正の異常を示していないことから、二次的に黄鉄鉱が生成した可能性が考えられる。

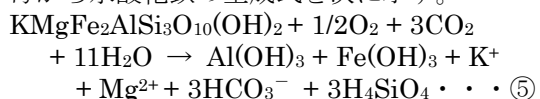
次に、多くの断層部において、特に軽Ln及びThが増加を示した。この断層部においては、スメクタイトや黄鉄鉱の二次的な生成を示したが、黄鉄鉱の顕著な生成を示した試料と微量元素の増加はあまり一致してないため、この微量元素の増加は粘土鉱物による影響が強いことがわかる。また、Uにおいても、一部断層部において増加を示した。このUについても、黄鉄鉱より粘土鉱物の生成と対応しており、粘土鉱物の生成の影響が強いことが示唆される。

(3) 東濃花崗岩の風化部及び熱水変質部

多くの花崗岩の風化部及び熱水変質部において、斜長石(Fd)と黒雲母(Bt)の溶解と、カオリナイト(Kl)と緑泥石(Ch)及び方解石(Cal)の生成を示した。これは、風化及び熱水変質により、黒雲母が緑泥石化し、また、斜長石からカオリナイトと方解石が生成したことが考えられる。斜長石(灰長石)からカオリナイトが生成する式を次に示す。



また、風化部においてはFeの増加も示した。この風化部においては、黒雲母の酸化による水酸化鉄等鉄鉱物の生成が考えられる。黒雲母から水酸化鉄の生成式を次に示す。



しかし、風化部の試料においては、顕著な黄鉄鉱の増加を示した。この試料においては、Ceの正の異常を示しており、酸化環境にあることが示唆されたが、同じグループにおいて最もCe異常値が低いことから、酸化的環境の後、還元環境に変わり、黄鉄鉱が生成した可能性がある。

また、花崗岩の断層部においては、石英以外のほとんどの鉱物が溶解を示したが、方解石のみ二次的に生成していることがわかる。

また、一部の熱水変質部において顕著な斜長石の増加を示した。この試料ではNaが増加を示しており、斜長石の中でも曹長石が生成しているものと考えられる。これは熱水変質による変質作用の一つである曹長石化作用と考えられる。

次に、花崗岩の風化部のグループにおいて、軽LnとThの増加を示した。このグループにおいては、緑泥石やカオリナイトなどの粘土鉱物や炭酸塩鉱物が生成していることから、これら二次鉱物の生成に伴い、軽Lnと

Thが共沈したことが考えられる。

しかし、同じように二次鉱物の生成を示した他の風化部及び熱水変質部においては、多くの試料においてLnの減少を示した。このLnの減少を示した試料において共通していることは、顕著なCeの正の異常を示していることである。Ceの正の異常は、酸化的な地下水が関与したとき生ずるといわれている。この土岐花崗岩では、深度約200m付近までは地表からの酸化性の地下水が浸透していることが報告されている。Ceの正の異常を示したグループは深度約230mであり、地表からの酸化的な地下水が関与している可能性があるが、他のグループにおいては深度600m~1000mであるので、その可能性は低い。このことから、このグループにおけるCeの正の異常は、試料中において熱水による変質が確認できるため、高温の熱水による影響が関係している可能性がある。このことから、Lnの減少を示した試料においては、他よりも熱水の影響が強く、熱水とともに岩石中からLnが溶出した可能性が考えられる。

また、一部の熱水変質部においては、軽Ln及びTh、Uの増加または減少傾向が弱かった。これら試料は、曹長石化作用を示したことから、熱水によって溶出することなく、これら元素が増加した可能性がある。

また、黄鉄鉱の顕著な生成を示した試料において顕著なUの増加を示した。このUは、黄鉄鉱とともに濃集していることが報告されていることから、この試料においても、一時的に溶出されるが、二次的な黄鉄鉱の生成に伴い、再び共沈したことが考えられる。

(4) 東濃及び幌延堆積岩の炭酸塩充填部と亜炭層

炭酸塩充填部において、Ca及びMnの顕著な増加を示した。これは、岩石中に方解石や菱マンガン鉱が充填したことを表している。充填部のグループにおいては、この二つの主要元素以外に顕著な増加がみられないため、このグループにおいては純粋に炭酸塩のみ充填したことが考えられる。しかし、他のグループにおいては、FeやAl、Mgの増加も示した。これら主要元素の増加は、Feにおいては黄鉄鉱や菱鉄鉱、AlやMgにおいては粘土鉱物等が考えられる。このように、多くの炭酸塩充填部においては、炭酸塩鉱物の充填の他に、様々な二次鉱物の生成も示した。

また、亜炭層やその近傍においても、顕著な炭酸塩鉱物の生成の他に、粘土鉱物や黄鉄鉱及び菱鉄鉱等の二次的な鉱物の生成が示された。この亜炭層における炭酸塩鉱物の生成は、亜炭層が炭酸塩充填部における炭酸塩鉱物の供給源であることを示唆している。

次に、多くの炭酸塩充填部において、Ln及びTh、Uの増加を示した。また、亜炭

層やその近傍においても、多くの微量元素が増加を示した。これは、炭酸塩鉱物の充填または生成に伴う濃集を示したか、または他の二次鉱物や有機物などとともに濃集を示した可能性がある。しかし、何によって強く影響を受けているか明確ではないので、挙動の要因を判断するために、酢酸による炭酸塩の抽出実験を行った。

炭酸塩鉱物充填部に共通して、酢酸抽出側に Mn や Ca など、炭酸塩鉱物に含有すると考えられる元素の濃度が増加を示したが、残渣においても同じように増加を示した。この炭酸塩を取り除いた残渣において、Mn と Ca が増加を示したことは、炭酸塩以外の鉱物が存在するとは考えられない。このことは、充填部には大量の炭酸塩鉱物が存在していたため、この抽出作業においては、すべてを抽出することができなかったことを表していると思われる。即ち、残渣においては、炭酸塩が残っていることを意味する。よって、残渣の評価には、炭酸塩鉱物の影響も含めて考えなくてはならない。

次に、酢酸抽出と残渣の両方において、Mn 及び Ca のみ増加を示したグループがある。これは、酢酸抽出部分には炭酸塩のみ存在するが、残渣においても炭酸塩が多く存在することを意味する。このグループにおいては、Ln 及び Th において顕著な増加を示していることから、これら元素は炭酸塩鉱物とともに濃集したことを表していると考えられる。この結果は、全岩分析の結果と同様である。

次に、酢酸抽出側において、Ca の他に、Mg の増加を示した試料がある。この試料については、粘土鉱物の顕著な増加を示したことから、酢酸抽出側には、炭酸塩以外に粘土鉱物も抽出されていることがうかがえる。

次に、酢酸抽出側に Ca のみ増加を示した試料については、酢酸抽出部分の Ln の増加は、ほぼ炭酸塩鉱物による影響と断定できる。残渣においては、Ca 以外に Fe の増加も示すことから、炭酸塩や二次的な Fe 鉱物の影響が考えられるが、Ln の増加は、酢酸抽出側よりも小さいため、その影響は小さいと思われる。

続いて、酢酸抽出側で Ca のみ増加を示した試料がある。このことから、酢酸抽出側で増加を示した Ln 及び U は、炭酸塩鉱物の影響とほぼ断定できる。残渣においては、抽出できずに残った炭酸塩以外に Fe や Ti の増加も示した。このことから、残渣において増加を示した Ln 及びその他の微量元素は、炭酸塩の他、二次的な鉱物の影響が考えられる。ただ、U の増加の要因には有機物の影響も考えられる。上記 5 つの炭酸塩充填部においては U の増加を示さなかったのに対し、この充填部試料においては顕著な増加を示す。酢酸抽出によっても有機物は若干抽出される可

能性があるため、炭酸塩による影響のみとは断定できない。この試料は、東濃のウラン鉱床に近く、ウラン鉱床形成には有機物の影響が大きいと考えられているため、この試料における顕著な U の増加は、有機物の影響が大きい可能性がある。

(5) 各変質部と元素の挙動のまとめ

以上の各変質部と天然類似元素の分布と挙動を検討した結果、様々な要因により天然類似元素が挙動をしていることが推測された。以下にその挙動について考察する。

まず、堆積岩や花崗岩の化学的風化部や断層部では粘土鉱物による天然類似元素（特に軽 Ln と Th）の収着が示唆された。この粘土鉱物の一種であるスメクタイトは、HLW の地層処分において緩衝材として使われるベントナイトの主成分であり、止水性の他、イオン交換能からの核種の収着性が期待されている。この核種の収着性には、陽イオン交換体の存在が大きく関わっているものと思われる。今回分析した試料では、堆積岩では主にスメクタイトであったが、花崗岩においては緑泥石やカオリナイトである。これら粘土鉱物に共通していることは、粘土鉱物の主要陽イオン交換元素が、Al、Mg 及び Fe ということである。これら陽イオン交換体に伴い、天然類似元素が収着したことが推測される。また、この天然類似元素の中でも、特に軽 Ln と Th で増加を示した。この電荷の異なる両元素に共通することは、イオン半径が他の類似元素よりも大きいことである。小野寺ら（1994）は、スメクタイトへのセシウムの収着挙動実験から、セシウムの特異選択収着性を、水和イオン半径が小さいことその他に、裸のイオン半径が大きいことが関係していると報告している。よって、陽イオン交換能をもつ粘土鉱物への元素の収着は、イオン半径が大きいほど収着しやすいのではないかとと思われる。軽 Ln や Th は、MA の Am や Cm、Pu と電荷及びイオン半径（100pm 前後）が似ている。よって、この HLW に含まれるこれら核種も、地層中の変質帯に存在する粘土鉱物とともに収着し、保持・遅延が期待できるものと考えられる。

次に、堆積岩の炭酸塩充填部や風化部及び花崗岩の風化部においては、炭酸塩鉱物が充填または生成を示し、多くの Ln が増加を示した。土橋ら（2008）は、炭酸塩鉱物の主要元素である Ca^{2+} のイオン半径（106pm）が軽 Ln（100pm(Sm)~122pm(La)）に近いことが影響を与えていると報告している。本試料においても、特に東濃の充填部と風化部において、軽 Ln の増加を示しており、この解釈と一致している。しかし、幌延の炭酸塩充填部や東濃の充填部の一試料及び炭酸塩鉱物を多く含んでいる垂炭層においては、重 Ln の

方がより増加を示した。この重 Ln で増加を示した試料において共通していることは、菱鉄鉱が多く存在していることである。この菱鉄鉱の主要元素である Fe^{2+} のイオン半径は、 Ca^{2+} よりも小さく、重 Ln に近いことがわかる。この炭酸塩鉱物中の Fe の存在が、重 Ln の増加に影響を与えている可能性がある。しかし、いずれにしても、炭酸塩鉱物の存在は Ln の濃集に関わっており、この Ln と化学的性質が似ている HLW 中の Am や Cm もまた、炭酸塩鉱物の充填または生成によって、地層中に保持・遅延されることが期待できる。

一方、顕著な Ce の正の異常を示した変質部においては、Ln 等元素を収着する二次鉱物が生成しているにもかかわらず、岩石中から特に Ln が溶出傾向を示した。この Ce の正の異常は、酸化的な地下水が関与すると現れる現象であるが、深部の花崗岩においては熱水による影響が強いことが示唆された。この酸化的な地下水や熱水によって、Ln と類似している Am や Cm も溶出される可能性が考えられる。しかし、上で述べたように、多くの変質部において、Ln の濃集傾向を示しており、この濃集は地下水等によって運ばれてきた Ln がその変質帯中に富加されたことを示唆している。即ち、熱水等によって運ばれた Ln も、地層中に存在するこのような変質帯に移行すれば、その場に富加されることが考えられる。また、熱水変質を受けた試料にあっても、曹長石化作用を示した試料においては、軽 Ln 及び Th、U の増加を示しており、熱水変質による核種の取り込みも期待できると思われる。また、Th については、Ce の正の異常を示した試料においてもあまり減少を示さず、保持の傾向を示している。このことから、熱水の影響は Am や Cm 等の核種の移行において影響が大きい、熱水による曹長石化作用や移行経路に存在する変質帯との相互作用によって、マイナーアクチノイドが地層中に保持されることが期待できる。

(6) 結論

本研究では、HLW に含まれる放射性核種と化学的性質が類似している天然類似元素が、天然地層中に存在する各種変質帯においてどのような挙動を示すか検討した。

その結果、多くの変質帯において、天然類似元素の濃集を示した。その濃集の要因としては、変質帯に二次的に生成または充填した Fe 鉱物、炭酸塩鉱物及び粘土鉱物等の存在が、これら天然類似元素の保持に貢献していることが判明した。これらの変質帯は、天然の地層中の割れ目や岩石粒子間中に広く存在している。地下水等に伴い HLW から人工バリアを経て移行した放射性核種 (MA 等) が天然の地層中に拡散するが、このような変質

帯との相互作用によって、変質帯中に取り込まれ、地層中に保持され、結果として生活環境圏へ到達するまでの時間が遅くなり、遅延効果が期待できるものと思われる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 18 件)

- ① 鈴木孝太、本多照幸、岩月輝希、石井英一、北海道幌延地域における堆積岩中の主要元素と鉱物の同定、フィッション・トラック ニュースレター、査読無、23 号、15-17、2010
- ② 入江寛和、本多照幸、岩月輝希、石井英一、水野崇、高レベル放射性廃棄物処分における堆積岩を対象としたナチュラルアナログ研究、フィッション・トラック ニュースレター、査読無、23 号、12-14、2010
- ③ 水野崇、永田寛、岩月輝希、本多照幸、岐阜県東濃地域における微量元素を利用したナチュラルアナログ研究、東京都市大学原研所報、査読無、No.36、14-24、2010
- ④ 岩月輝希、石井英一、水野崇、本多照幸、北海道幌延地域における微量元素を利用したナチュラルアナログ研究、東京都市大学原研所報、査読無、No.36、1-13、2010
- ⑤ Y.Kikawada, T.Honda et al (8 人中 5 番目), Anomalous Uranium Isotope Ratio in Atmospheric Deposits in Japan, J. Nuclear Science and Technology, 査読有, Vol.46, No.12, 1094-1098, 2009
- ⑥ 本多照幸、永田寛、岩月輝希、水野崇、地下深部における ウラン、トリウム、ランタノイド等微量元素を用いたナチュラルアナログ研究、フィッション・トラック ニュースレター、査読無、22 号、53-57、2009
- ⑦ 入江寛和、永田寛、本多照幸、岩月輝希、水野崇、幌延地域の堆積岩風化部における主要一微量元素の分布と挙動、フィッション・トラック ニュースレター、査読無、22 号、58-61、2009
- ⑧ 木川田喜一、矢島麗那、佐藤直子、本多照幸、北海道北部の新第三紀海成堆積層の地質環境安定性に関する実験的検討、東京都市大学原研所報、査読無、No.35、19-26、2009
- ⑨ 本多照幸、海洋における人工放射性核種の深度分布とインベントリー、東京都市大学原研所報、査読無、No.35、38-45、2009
- ⑩ K.Oda, Y.Kikawada, T.Oi, T.Honda,

Behavior of chemical elements in the atmosphere, Kawasaki, Japan, J. Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 査読有, Vol.278, No.2, 475-478, 2008

- ⑪ M.Suzuki, T.Honda, Investigation of the origin and sedimentary environment of marine sediments from coastal areas in Japan, J. Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 査読有, Vol.278, No.2, 337-341, 2008
- ⑫ T.Honda, P.Pettersson, Determination of lanthanoids and uranium in groundwater from southeast Sweden by neutron activation analysis and their behavior including uranium series nuclides, RADIOISOTOPE, 査読有, Vol.57, No.1, 71-78, 2008
- ⑬ T.Honda, Y.Satoh, Sedimentary environment and origin of marine sediments collected from Kagoshima Bay and Shimabara Bay, Japan, Bull. Soc. Sea Water Sci., Jpn, 査読有, Vo.62, No.1, 28-34, 2008

[学会発表] (計 23 件)

- ① 鈴木孝太、本多照幸、北海道大曲断層におけるランタノイドを対象としたナチュラルアナログ研究、第 35 回日本フィッショントラック研究会、2011 年 1 月 8 日、京都
- ② 入江寛和、本多照幸、高レベル放射性廃棄物処分における水理特性を考慮したナチュラルアナログ研究、日本地球化学会、2010 年 10 月 7 日、立正大学熊谷 C
- ③ 鈴木孝太、本多照幸、北海道幌延地域における断層帯の主要および微量元素の分布と挙動、日本地球化学会、2010 年 10 月 7 日、立正大学熊谷 C
- ④ 萩原武司、本多照幸、土岐花崗岩を対象とした水-岩石反応による微量元素の挙動に関する検討、日本地球化学会、2010 年 10 月 7 日、立正大学熊谷 C
- ⑤ 鈴木孝太、本多照幸、高レベル放射性廃棄物処分に係わる微量元素を対象としたナチュラルアナログ研究、第 47 回アイソトープ・放射線研究発表会、2010 年 7 月 9 日、東京
- ⑥ 入江寛和、本多照幸、岩月輝希、石井英一、高レベル放射性廃棄物処分における堆積岩を対象としたナチュラルアナログ研究、第 34 回日本フィッショントラック研究会、2009 年 12 月 4 日、新潟大学
- ⑦ 鈴木孝太、本多照幸、岩月輝希、石井英一、北海道幌延地域における堆積岩中の主要元素並びに鉱物の同定、第 34 回日本

フィッショントラック研究会、2009 年 12 月 4 日、新潟大学

- ⑧ 入江寛和、本多照幸、岩月輝希、石井英一、北海道幌延地域の堆積岩風化部における微量元素を対象としたナチュラルアナログ研究、日本原子力学会(2009 年秋の大会)、2009 年 9 月 17 日、東北大学
- ⑨ 本多照幸、永田寛、岩月輝希、水野崇、地下深部におけるウラン、トリウム、ランタノイド等微量元素を用いたナチュラルアナログ研究、第 33 回日本フィッショントラック研究会、2009 年 1 月 10 日、金沢大学
- ⑩ 入江寛和、永田寛、本多照幸、岩月輝希、石井英一、幌延地域の堆積岩風化部における主要-微量元素の分布と挙動、第 33 回日本フィッショントラック研究会、2009 年 1 月 10 日、金沢大学
- ⑪ 本多照幸、坪井麻里子、永田寛、土岐花崗岩の変質作用に伴う主要及び微量元素の分配と挙動、日本地球化学会第 55 回年会、2008 年 9 月 18 日、東大教養学部
- ⑫ 永田寛、本多照幸、岩月輝希、水野崇、深部岩盤中の微量元素を対象としたナチュラルアナログ研究、日本原子力学会(2008 年秋の大会)、2008 年 9 月 6 日、高知工科大学
- ⑬ 永田寛、本多照幸、岩月輝希、水野崇、地球化学的環境の相違に起因する堆積岩中の微量・主要元素の分布と挙動、第 45 回アイソトープ・放射線研究発表会、2008 年 7 月 4 日、東京(日本科学未来館)
- ⑭ 永田寛、本多照幸、岩月輝希、断層帯における主要及び微量元素の分布と挙動、日本地球惑星科学連合 2008 年大会、2008 年 5 月 27 日、千葉(幕張メッセ)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

本多 照幸 (HONDA TERUYUKI)
東京都市大学・工学部・教授
研究者番号：30139414

(2) 研究分担者

無し

(3) 連携研究者

① 持木 幸一 (MOCHIKI KOICHI)

東京都市大学・工学部・教授
研究者番号：80107549

② 岩月 輝希 (IWATSUKI TERUKI)

(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：00421678

③ 水野 崇 (MIZUNO TAKASHI)

(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：90421669