

ANSTOにおける研究報告[†]永野哲志^{††}

筆者はOECD/NEA主催のナチュラルアナログプロジェクトである「アリゲータリバー地域におけるアナログ研究(ASARR)」取決めに基づく長期派遣研究員として、平成9年4月からの9ヶ月間本プロジェクトの幹事機関であるオーストラリア原子力科学技術機構(ANSTO)のルーカスハイツ研究所に派遣された。本報ではその派遣先における筆者の研究概要について紹介する。

筆者の勤務する日本原子力研究所(原研)・環境安全研究部では、放射性廃棄物地層処分後の安全評価手法開発に役立てることを目的とし、天然類似現象から放射性核種の長期にわたる移行挙動を推測する研究(ナチュラルアナログ研究)を行っている。この研究の一環として、原研では1987年より約10年間オーストラリア北部のクンガラウラン鉱床を対象としたOECD/NEA主催のナチュラルアナログ研究に参画した。筆者が関わったASARRプロジェクトは、第一フェーズにあたるARAPプロジェクトの後を受け、クンガラの一次鉱床および二次鉱床における地球化学的なプロセスを解明しモデル化する事を目的とし、ANSTO、原研のほか、韓国KAERI、米国USNRCの参加のもとに行われたものである。

クンガラウラン鉱床においては、一次鉱床から地下水によって流されたウランが風化生成物に濃集し、二次鉱床を形成している。この二次鉱床は、ウランのソースタームとなる一次鉱床からの地下水流に沿ったウランの空間的な分布が把握できること、またウランの移行に対する地質媒体による遅延効果が顕著に観察できることなどから、移行モデルの検証や移行機構の解明などを目的とするナチュラルアナログ研究の絶好のサイトとなっている。二次鉱床においてウランは風化生成物である鉄鉱物に再分配される傾向にあることはこれまでの鉱物学的な観察などから明らかにされてきたが、上記の目的のためには、ウランは何故鉄鉱物に再分配したのかや、ウランの移動・再分配がどのくらいのタイムスケールで起こったのか、等に関する知見が必要であった。それらに関するデータをを得ることを目的とした、鉄鉱物へのウランの吸着挙動をより現実的な条件下で調べる研究、および、鉄鉱物中のウラン

の同位体比を測定する研究が、筆者のANSTOにおける仕事であった。

ルーカスハイツ研究所はオーストラリア最大の都市シドニーの中心から南西約40 kmに位置し、周りをnational parkに囲まれた恵まれた環境にある。敷地内にはANSTOとオーストラリア連邦科学産業研究機構(CSIRO)の一部門が同居し、原子力発電所を持たないオーストラリアにある唯一の原子炉(HIFAR)が小高い丘の上に建っている。この原子炉は熱出力が10~15MW程度のものである。1958年以来、研究用の中性子源としての利用だけでなく、医療用や産業用RI製造のための、また、新材料開発のための中性子源としても利用されている。今年でちょうど40年を迎え、来世紀初頭を目指した代替研究用原子炉の建設へ向けての動きもすでに始まっている。

筆者は、環境科学部のAirey博士をマネージャーとする「生態学的影響プロジェクト」に所属し、環境化学、海洋化学の専門家とともに仕事をした。ANSTOの環境科学部では、ウラン鉱山の開発や放射性廃棄物の地層処分に伴う環境汚染を防止・減少させる目的で、(1)大気中ラドンのモニタリング、(2)ウラン鉱山や鉱滓からの有害元素の移行挙動や除去、(3)有用元素の回収(銅、希土類、金など)、(4)海水や淡水中での堆積物、生物による有害元素の濃集や移行評価、(5)地球化学モデリングの応用に関する研究が行われている。興味のある方はANSTOのホームページ「<http://www.ansto.gov.au/>」を参考にいただきたい。

ウランの吸着・固定機構を実験的に調べる研究においては、ASARRプロジェクトのANSTOにおける中心的人物で、岩石や鉱物へのウランの吸着挙動を長年にわたって研究されているPayne氏と協力し、ウラン、銅および磷酸を混合させた共存系における非晶質鉄鉱物への吸着挙動を調べた。具体的に行ったのはpH依存性及び濃度依存性を調べる実験である。銅と磷酸は風化帯の地下水中にあったとされる元素であり、かつ、鉄鉱物内に認められたウラン鉱物torberniteの構成元素である。ウランの非晶質鉄鉱物に対する吸着等温線は傾き0.6~0.7を持ったFreundlichの式に従っており、これから計算した分配係数には明らかな濃度依存性が認められた。また、共存イオンとしての銅はウランの吸着に対して競争を起こさないが、磷酸についてはウラニル磷酸塩の沈殿のためある濃度を超えると劇的な効果を持つこ

[†] Research Activities at ANSTO, by Testushi Nagano (nagano@sparc.tokai.jaeri.go.jp)

^{††} 日本原子力研究所環境安全研究部 Department of Environmental Safety Research, Japan Atomic Energy Research Institute 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4

とが分かった。二次鉱床内には鉄鉱物の他に、たとえばカオリナイトなどの風化生成物が存在しており、ウランの吸着・固定に対する鉄鉱物の働きをより明確にするには今後同様の実験をこれらの鉱物相についても行う必要がある。

また、鉄鉱物中のウランの同位体比を求める研究は、オーストラリア国立大学のWilliams博士のもとで同大学にある二次イオン質量分析装置により行った。この装置はSHRIMPと呼ばれ、数~数十 μm の微小部分分析が可能であること、質量分解能及び感度が高いことなどで、岩石試料中のジルコン粒子のU-Pb年代研究において華々しい成果を納めている。この装置が鉄鉱物や粘土鉱物を中心とするクングラ二次鉱床中の鉱物にも適用可能であることは、原研からANSTOに派遣された前任者により既に確かめられていたため、筆者の仕事は新しい試料をターゲットとしたり、同じ試料でも測定点を増やすなどしてひたすらデータ数を増やすことであった。その結果、ウランがすでに放射平衡に達していることを示唆するウランの放射能比を得た。もし測定した系がずっと閉鎖系を保ち続けてきたとしたら、ウランが放射平衡に達する時間を考慮して、ウランが鉄鉱物に固定されてから少なくとも数十万年の歳月が経過したことになる。

クングラウラン鉱床の風化帯は粘土鉱物、鉄鉱物や石英などを主要構成鉱物とする多孔質媒体と考えられ、このような場における移行モデルには亀裂内拡散、移流や吸着等の現象が組み込まれる。したがって、風化帯におけるウランの移行をモデル化し検証するためには、空間的、また時間的なウランの分布状態に関する知見はいうまでもなく、地下水流、拡散係数及び分配係数などに関するデータが必要不可欠なものとなる。本派遣中に得られた成果は上記の目的に寄与しうるものと考えられる。

滞在中にルーカスハイツ研究所で起こった最も印象的な出来事は、周りをnational parkに囲まれているために巻き込まれたbush fire (山火事) 騒動である。オーストラリアに植生する樹木の多くは油分に富むユーカリであり、夏を迎える頃になると高温と乾燥のために毎年のように大規模な山火事が発生する。1997年の12月にはその山火事の一つが研究所のあるルーカスハイツを中心として発生した。その日は朝から外気の煙たさのためにただならぬ気配を感じていたが、気温が上昇する昼頃になると研究所の近くでも数カ所から煙が立ち上るようになり近くで山火事が発生したことを知った。上空では消火用の水を積んだヘリコプターが忙しく飛び回りはじめ、そのうちに原子炉近くのbushで

も火の手が上がった。山火事には耐えられることになっている原子炉も用心のため緊急に停止した。原子炉の近くに居室を構えていた筆者も、その後研究所内を数ヶ所にわたって避難させられた。研究所と周囲を結ぶ道路が出勤後に封鎖され深夜まで解除されなかったためと、火元が転々としたためである。外気の想像以上の煙たさと、ヘリコプターのけたたましい音に危機感をつのらせ、避難の際にはついついデータノートは手離さず持ち歩いてしまった。山火事が研究所にこれほどまでに接近したことはいまだかつてなかったそうだ。研究所の職員も参加した懸命の消火活動と気温の低下のために深夜には鎮火し、筆者は実質的な被害を受けることなく家に帰ることができたが、近くの町では我家を焼失してしまった不運な人達が少なからずいた。驚いたことに、彼らの中には山火事による自宅消失の可能性を承知の上でbushのそばに住んでいる人達がいるそうだ。山火事で家を失うマイナス面より、bushのそばに住むことで生じるプラス面を優先させられるらしい。近くまで火が迫ることはそうあるものでもないし、それなら大好きなbush lifeを楽しもうということだろうか。

約十年におよんだANSTOと原研のナチュラルアナログ関連の国際協力は、1998年1月をもって終了した。今回、その期間の最後にANSTOに滞在する機会を得、日本人とは異なる習慣、研究に対する姿勢を持つ人達と接することができたのは非常に幸運なことであった。滞在中は、客員研究員という気楽さと、雑音や噂話の入ってこない(理解できない)環境の中で、マイペースで仕事に打ち込めた。職場にはインターネットのシステムが整備され、ここ一番での意思伝達や日本とのやりとり、それに日本の情報を得るのに役立った。周りの人達は概して大らかでフレンドリーであり、筆者の稚拙な英語にも耳を傾けてくれた。研究に対しては、放射性廃棄物の処分という差し迫った問題がないためか、本題に沿ったデータよりもむしろ中身のおもしろいデータを重視する傾向にあった。とかく横道にそれたり、ともすれば単なる自己満足に終わってしまう危険性を含んでいるものの、オリジナリティが必要とされる研究の場においては案外見習うべき姿勢なのかもしれないと感じた。