

研究拠点形成事業
平成 26 年度 実施報告書
B.アジア・アフリカ学術基盤形成型

1. 拠点機関

日本側拠点機関：	秋田大学
ボツワナ拠点機関：	ボツワナ大学
モンゴル拠点機関：	モンゴル科学技術大学
カザフスタン拠点機関：	東カザフスタン工科大学

2. 研究交流課題名

(和文)： 資源フロンティア国間交流によるレアメタル資源学拠点形成
(交流分野： 資源学)

(英文)： Establishment of Research and Education Hub on Rare Metal Resources Science and Engineering by Collaboration among Resources Frontier Countries and Japan

(交流分野： Metal Resources Science and Engineering)

研究交流課題に係るホームページ：<http://www.akita-u.ac.jp/icremer/index.html>

3. 採用期間

平成 24 年 4 月 1 日～平成 27 年 3 月 31 日

(3 年度目)

4. 実施体制

日本側実施組織

拠点機関：秋田大学

実施組織代表者（所属部局・職・氏名）：秋田大学学長・澤田 賢 一

コーディネーター（所属部局・職・氏名）：国際資源学部・国際資源学教育研究センター・
教授・安達 毅

協力機関：独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構、北海道大学、東北大学、東京大学、早稲田大学、九州大学

事務組織：秋田大学 国際課

相手国側実施組織（拠点機関名・協力機関名は、和英併記願います。）

(1) 国名： ボツワナ共和国

拠点機関：(英文) University of Botswana

(和文) ボツワナ大学

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：(英文)

Faculty of Engineering and Technology

Deputy Dean・Joseph M. CHUMA

協力機関：(英文) 該当なし

(和文)

(2) 国名： モンゴル共和国

拠点機関：(英文) Mongolian University of Science and Technology

(和文) モンゴル科学技術大学

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：(英文)

School of Geology and Petroleum Engineering

Head of Department of Mineral Exploration・Sereenen JARGALAN

協力機関：(英文) 該当なし

(和文)

(3) 国名： カザフスタン共和国

拠点機関：(英文) East Kazakhstan State Technical University

(和文) 東カザフスタン工科大学

コーディネーター (所属部局・職・氏名)：(英文)

Science and International Cooperation

Vice Rector, Professor・Oleg D. GAVRILENKO

協力機関：(英文) 該当なし

(和文)

5. 研究交流目標

5-1. 全期間を通じた研究交流目標

新興国の経済発展に伴い急増する資源需要により、レアメタル等の金属資源の確保が大きな社会問題となってきた。我が国の産業にとって生命線ともいえる金属資源を安定的に確保するためには、高い専門性と実務能力を兼ね備えた人材の育成が急務の課題である。一方、鉱物資源を豊富に有する発展途上国では、鉱物資源の高度な開発が経済発展上不可欠であり、教育研究能力の向上と人材育成の必要性が高く、より高度で適正な生産技術の適用と環境保全を考慮した調和ある鉱山開発が強く求められている。

本研究交流では、鉱物資源の埋蔵ポテンシャルが高く、新規資源開発地域としてフロンティアに位置づけられているにも係わらず、鉱山開発の先進的な技術力・プランニング力を担う人材が不足している中央アジアのモンゴル、カザフスタン、アフリカ南部のボツワナの3カ国の代表的な大学との相互交流を深めることを目的としている。秋田大学はすで

にこれら各国 3 大学と交流協定を締結しており、本事業により各大学間を結ぶ研究拠点として秋田大学を更に機能させる。この交流によって資源現場を持たない我が国の学生・若手研究者にとっては、先端的な研究フィールドが確保され、実践的な教育研究の現場に関与できるメリットがある。一方、上記相手大学 3 カ国にとっても我が国でこれまで培われた高度な資源探査、資源開発、選鉱、製錬、環境対策等の資源学研究を習得する機会が必要とされている。

特に資源争奪が激化する資源市場において通用する実践的な人材育成には、資源フィールドを効果的に組み込んだ大学院教育が極めて有効であり、資源国との若手研究者の交流を深めることにより、レアメタル資源学に関する研究促進と資源系人材供給を通じて我が国の資源確保の推進が期待される。

5-2. 平成 26 年度研究交流目標

<研究協力体制の構築>

これまで 2 年間の活動を通じて研究協力体制が固まりつつある状況である。25 年度は本事業の他にも、海外 3 校から大学を代表する研究者を秋田大学に招へいし、11 月に資源学に関するフォーラムを開催するなど、研究者交流を盛んに行うことで双方が提供できることが明らかになってきた。

資源学の研究フィールドは海外の資源国に求めるほかなく、秋田大学側はこれら 3 ヶ国で調査フィールドを整えつつある。また、資源国側は、分析手法、分析機器の操作等で日本の研究技術を必要としており、双方に利点のある研究協力体制が構築されつつある。平成 26 年度はこれまで培ってきた協力体制をさらに強固にするために、研究をさらにすすめ、成果を出すことを第一の目標とする。さらには、大学院生向けのセミナーの他に、技術移転の一環として資源国の若手研究者を秋田大学に招き、実験機器の操作法に関する研修を行うこととする。これは、途上国において実験機器が導入されたにもかかわらず、装置の利用方法に精通した研究者がいないため、利用されていない現状が散見されることに対処するためである。お互いの分析技術を共有する事で、より密接な協力関係と研究成果の進展を促すことが期待できる。

東カザフスタン工科大学においては、レアメタル・レアアースに関する鉱物のキャラクター化ならびにシリカ資源の高度利用化プロセスの開発について、継続して共同研究を行っていく予定であり、新たな鉱床でのフィールド調査や、現地の東カザフ大所属の研究センターにおいて、シリカ資源の高度利用化プロセスに関する実験を進めていき、今後の研究交流の促進を目指す。また、技術移転の一環として、東カザフ大の若手研究者を秋田大学に招き資源に関する化学分析機器利用の講習・研修を開催し、お互いの分析技術を共有する事で、より密接な協力関係と研究成果の進展を促す。

個別の企画として、東カザフスタン工科大学においてより一層の研究交流の場を広げるために、資源開発分野のワークショップを開催する予定である。その他、レアメタル・レ

アアースに関する鉱物のキャラクタリゼーションならびにシリカ資源の高度利用化プロセスの開発について、継続して共同研究を行っていく予定である。モンゴル科学技術大学とは新規鉱山の探鉱及び開発と環境に関する共同調査を実施し、今後の研究交流の促進と体制整備を目指す。ボツワナ大学とは鉱山開発の経済性評価ならびにボツワナ経済全体におよぼす影響の調査を継続して行う。

<学術的観点>

モンゴル科学技術大学の共同研究では、ハラティアガン地域における岩石の磁化率の計測などレアメタル濃集に関与した UST 岩石やアルカリ花崗岩の成因的研究と調査を行った。採取した岩石・鉱石試料の鉱石顕微鏡による詳細検討によって、レアメタル鉱化作用と UST 岩石形成の関連に関する新たな知見があり、モリブデン等のレアメタル資源探査技術に資するものである。本年度はさらに地質調査の範囲を周辺にまで拡大し、レアメタル鉱化作用に関する仮説の検証を確かなものとする。また、大学を通じてモンゴル鉱山企業との連携も進みつつあり、環境修復に関わる現地調査用の化学分析キットの提供を行い、鉱山開発にともなう環境汚染に関する共同研究を開始する。これによって日本の環境保全技術をモンゴルに適用し、より持続可能な資源開発に貢献することが期待できる。

また、カザフスタンでは、太陽光発電パネルなどに用いられる高品位シリコンの原料となる石英鉱床の地質調査とそこで得られたサンプルの分析を行っている。高品位シリコンの原料となるシリカは世界的に多くはなく、その不純物の特定と濃度の測定、およびそれら不純物を除外するための基礎的実験を秋田大学、カザフスタン双方で行い、未利用資源を資源として利用できるよう研究開発を行う。また、東カザフスタン工科大学の若手研究者を秋田大学に招き、分析機器の研修を行うことで、人材育成と今後の共同研究の連携強化にもつながる効果が期待できる。

ボツワナはダイヤモンドをはじめとしたレアメタル、銅等の鉱物資源の輸出で外貨の多くを稼いでおり、その利益をインフラや教育に還元してきているが、多くの資源国が直面している課題である、資源輸出以降の産業の育成が不十分な点が指摘されている。ボツワナ大およびボツワナの鉱山企業である BCL 社との共同研究では、銅－ニッケルなどの新規鉱山開発プロジェクトの経済性評価をリアルオプション分析を用いて行い、最適な投資基準の提示を行う。また、鉱物資源、石炭、ダイヤモンドの開発がボツワナ経済全体に与える影響は分析が十分にされていないため、この点をボツワナ大学と関係機関の協力を得て、実証的な分析を行うことを 26 年度の目標とする。

<若手研究者育成>

これまで本予算によって 2 年間にわたり秋田大学で開催してきた資源学に関する 4 週間短期研修を本年度も開催する。1 年目は、ボツワナ、モンゴル、カザフスタンからそれぞれ 3 名の大学院生を受け入れたが、2 年目は別予算を活用して東南アジアのフィリピン、インドネシア、タイの 3 ヶ国を加え、それぞれ 2 名の学生、計 12 名に対して短期研修セミナーを開催した。これによって、日本にとって今後重要な資源供給国となるアフリカー中央ア

ジア－東南アジアの包括的な若手研究者育成と連携につながることを期待できる。本年度も引き続き、これら 6 ヶ国から参加者を募り、4 週間の短期研修セミナーを 10 月に開催する。

セミナーは 1 週間の資源学に関する地質・採鉱・選鉱・リサイクル・製錬等の座学、数日間の秋田県近隣の資源に関する施設見学とその後各研究室に配属しての研究研修から成るプログラムをこれまでの実績から確立できた。

このセミナーによって、秋田大学がアジア・アフリカ地域の資源学教育研究の拠点として機能するだけでなく、留学生を受入れる機会を広げ、プログラム終了後も交流を持続するための人的ネットワークを確立するために重要な取り組みとなっている。

6. 平成26年度研究交流成果

6-1 研究協力体制の構築状況

「ボツワナでの研究交流活動 (R-1)」

これまで、秋田大学の教職員がボツワナを訪問し、ボツワナ拠点機関（ボツワナ大学）を中心に他の大学機関（ボツワナ国際科学技術大学）を含め、日本・ボツワナ間の教育・研究関係の強化を図ってきた。またボツワナ大学出身の留学生を受け入れることで、ボツワナ大学およびボツワナの鉱山企業等との研究協力体制を構築してきた。平成25年度までは、両国の教官間の研究マッチングが単純ではなかったため、共同研究として計画していたレアメタルに関する地質調査が実施できなかった。この事を踏まえ、平成26年度は、秋田大学とボツワナの教員と研究・交流をさらに推し進めるため、秋田大学内でボツワナとの共同研究に参加できる研究者の範囲を広げたところ、共同研究となりえる教員間のマッチングを新たに進めることができた。

具体的には、平成26年6月ボツワナ国内の大学機関（ボツワナ大学及びボツワナ国際科学技術大学）を訪問した際、ボツワナ国際科学技術大学の教員1名と大学院生2名の案内で、リンポポ帯中央部の西側での資源に関する地質巡検を行った。また新しく完成したボツワナ国際科学技術大学の研究施設および設備の見学を行ったところ、現地の研究環境の理解が深まった。今後の共同研究について役割分担などの打合せを十分に行うことができ、共同研究をさらに効率的に行えるようになった。

「モンゴルでの研究交流活動 (R-2)」

モンゴルの研究交流を行っているモンゴル科学技術大学とは、25年度に引き続き26年度においても、6月にモンゴル西部のレアメタル・ベースメタル鉱床の調査を行った。訪問回数を重ねるごとに、大学間交流は進み、現地調査の手配などもスムーズに運ぶようになった。さらに、2015年3月にはモンゴル科学技術大学オフナ教授と来年度の共同研究と研究活動計画について協議を行い、新しい共同研究プロジェクトを立ち上げることで合意した。

「カザフスタンでの研究交流活動 (R-3)」

カザフスタンとの研究交流については、前年度から引き続いて大学の附属研究所である“IRGETAS”をカザフスタンでの共同研究の拠点として、シリカ資源の高度利用化プロセスおよびレアアース鉱物の資源評価等に関する実験・分析を行った。また、より密接な研究連携のため、IRGETASの技術者を秋田大学に招聘し、実験・分析に関する技術研修を行った。さらに、カザフスタンでの実験の効率化のため、秋田大学より固液分離用ろ過キットが併せて導入された。研究結果については、日本およびカザフスタンにおいて8月・2月・3月に Gavrilenko 副学長、Kulnova 教授らと協議を行い、2015年5月にカザフスタンで行われる国際会議で発表することを確認し、発表の準備を行っている。

6-2 学術面の成果

「ボツワナでの研究交流活動 (R-1)」

ボツワナの銅-ニッケル鉱山の鉱山拡張に関する経済性分析では、ボツワナの国営企業である BCL 社がボツワナ北東部に所有する Selibe 鉱山を対象とした。本鉱山では、近年これまで生産されてきた鉱床の枯渇が見られてきたことから周辺部に展開することを検討し始めてきた。その一つの有望鉱床として Selibe-Central 鉱床のフィージビリティスタディが進められている。本研究では、将来の金属価格の不確実性を考慮した経済性分析としてリアルオプション分析法を用いて、鉱山を拡張するかどうかの意思決定基準を算出するモデルを開発した。BCL 社およびボツワナ大学の協力のもと、必要となる実際のデータを取得した。その結果、現時点の NPV は正であるものの、不確実性を考慮すると現在の金属価格では拡張のための投資には十分な水準でなく、少なくとも 33% 以上の上昇が必要であることを示唆する結果を得た。さらにこれを基本モデルとして埋蔵量の不確実性を含めたモデルとすべく改良を進めている。

次に、平行して資源産業がボツワナ経済と他のセクターにおよぼす影響を定量的に分析した。ボツワナの経済はダイヤモンドをはじめとした鉱産物の産出に大きく依存しており、特に輸出額に占める資源産業の割合は非常に高くなっている。過去の分析では、資源国ほど経済発展が遅れる現象（資源の呪い）や資源産業の興隆が自国通貨高を招き、他の産業の発展を阻害するとするオランダ病といった現象が資源国でみられるとされてきた。これらの現象がボツワナで確認されるかを VAR およびインパルス応答関数といった計量経済学の方法を用いて分析した。データの取得や結果の検討でボツワナ大学の協力を得た。その結果、資源産業が他の産業へおよぼす悪影響は見られず、資源輸出による収入が適正に用いられていることが分かった。他の資源国（南アフリカ、オーストラリア）と比較したところ、産業の広がり乏しく、資源産業に過剰に頼らない産業構造を構築することが重要であることがわかった。これらの成果を国際学会等で発表した。

ボツワナ国際科学技術大学との共同研究では、レアメタルの産出に関する地質学的背景を定めるための研究として、始生代の変動帯であるリンポポ帯中央部から産し、コマチアイトが高温変成作用を被って形成したと考えられる輝石岩の岩石学的研究を行った。ジンバブエクラトンとカープバールクラトンの間に位置するリンポポ帯は、岩相・構造的に北縁部、中央部、南縁部に分けることができ、調査地域は中央部に位置する。始生代のクラトンは世界的に重要な鉱床を多く胚胎しており、リンポポ帯の形成過程を知ることは、始生代の変動帯を理解する上で欠かせない。また本研究で着目しているコマチアイトは、一般にニッケル鉱床やコバルト鉱床を胚胎することで知られている。本研究のコマチアイトは、2013 年に新たなコマチアイトの産地として報告された。本研究において、偏光顕微鏡下での詳細な鉱物学的観察を行った結果、コマチアイトと報告されている岩石は、現在はグラニュライト相当の変成作用を被った輝石岩であると結論づけられた。またコマチアイトが後に変成作用を被り輝石岩になるまでの物理・化学条件及び元素の移動に関する新たな知見が得られた。

「モンゴルでの研究交流活動(R-2)」

平成 26 年度はさらに精密な地質調査を行うために、モンゴル西部におけるモリブデン鉱化作用に伴われる直径 500m の UST 組織の顕著なリング状岩体の詳細な産状・形状や分布と地質構造との関連性を検討し、鉱化作用の解明を行った。

特に現地調査では、鉱床探査分野ではあまり使用されていない簡易型空撮ヘリを用いた探査技術の開発を主目的とし、モンゴル国内の Bayan Airag VMS 鉱床、Undur Tsakhair モリブデン鉱床、Zuun Mod モリブデン鉱床および Kharaatyagan UST 岩体の 4 カ所で、低空空撮の基礎的技術開発を行った。本研究により得られた結果は、極めて高解像度画像と 0.5m 等高線の DEM 図が得られた。これらの情報は、地表の岩石の産状と相関が認められ、いわゆるリモートセンシング地質図に匹敵する結果を得ることができた。また、この DEM 及び画像データを用いて、Zuun Mod 鉱床のモリブデン鉱化作用に伴われる直径 500m の UST 組織の顕著なリング状岩体の詳細な産状・形状や分布と地質構造との関連性を調査・試料採取を行い、鉱化作用の解明に関わる地質データが迅速に収集できた。流体包有物、カソードルミネッセンスや EPMA を用い UST 岩石中の石英に関する地球化学・鉱物化学的特徴の検討とその結果をもとにモリブデン鉱化作用の成因について分析を進めている。この研究成果は、アメリカ地質学会（カナダ）と Economic Geology 学会（アメリカ）で学会発表がなされた。

簡易型空撮ヘリを用いた本手法は、今後、更に海外の調査地域で適用されることにより、衛星リモートセンシングにかわる次世代鉱床探査の新たな手法として利用されると考えられる。今後は、多くの鉱兆地で応用し、モンゴル側からも若手研究者も交えて研究技術交流を行い、今後も密接な共同研究活動と研究成果を継続して行くこととなった。

「カザフスタンでの研究交流活動 (R-3)」

カザフスタンでは、シリカ資源の高度利用化プロセスに関する基礎的検討に関して、前年度に引き続いてオパールを対象として、現地東カザフスタン工科大学内の研究拠点である IRGETAS においても追加実験を行い、2 月には技術研修として、IRGETAS の若手技術者らを秋田大学に招聘し、シリカ資源の高度利用化における基幹プロセスとなるアルカリ溶解・シリカ沈殿挙動に関する実験を共同で行った。その結果、本プロセスを適用することにより、金属不純物の除去とシリカの回収に適した条件について知見を得ることができた。レアメタル・レアアースに関する鉱物のキャラクタリゼーションに関しては、試料調整法および EDX-SEM による希土類鉱物同定手法について同試料に最適な技術を確立することができ、カザフスタンにおいて引き続き同定を行っていくことが計画されている。

また、8 月に東カザフスタン工科大学の Gavrilenko 副学長の協力のもと、東カザフスタン州 Ust-Kamenogorsk 郊外および Zaysan 湖周辺に位置する East-Tagan での野外調査において、小型の無人飛行機による地形データ取得方法の検討を行った。調査結果は Gavrilenko 副学長らと協議され、地形データ以外に赤外カメラや磁気検出器などによるデータ取得から、野外地質調査や鉱床探査と併用した疑似リモートセンシング技術開発を目的とした共同研究として、カザフスタンでの助成金公募に応募することとなった。その結

果、本共同研究プロジェクト名を、「Development of methodology for geological and geophysical mapping using UAVs」として、カザフスタン政府が行う公募事業に採択された。秋田大学側は、現地地質調査、小型飛行機の運用とGIS解析を担当する。これらの活動は、2015年度以降も引き続き継続することで、先方と合意形成がなされている。

6-3 若手研究者育成

若手研究者として秋田大学の学生と研究者には相手国との共同研究を進めるために現地を訪れ、共同の地質巡検の実施や、研究設備へのアドバイスなどを行った。これらの作業を通じて、海外の大学と共同研究を進めるために必要な手続きや相手方等の交渉といった研究を支えるために必要な業務についても学べたため、今後も共同研究をすすめる上で貴重な体験になったと考える。

また、本年度で4回目の開催となる、短期滞在型研修として4週間、海外の資源国6カ国から若手の学生と研究者を毎年12名受入れ、座学と視察、研究からなる研修を実行した。毎年プログラムを精査し、改善点を挙げて改良をしてきたことから、秋田大学でこの事業を継続していくためのノウハウを蓄積できたと考える。3年間で33名の学生を受け入れたことになり、いずれも秋田大学や日本への良い印象と資源学に関する教育効果も高かったものと自負する。この研修生の中から正規の留学生として秋田大学に再度来日した学生は3名あり、現在留学を希望している学生が数名いる。これらの正規の留学生の活動を通じてさらに本事業の相手国側大学との協力関係が密になったことは大きな収穫であった。事業前と比較して、相手国側での共同研究の受入も積極的になり、若手の研究者育成のみならず大学間での交流を促進する起点が構築されたことが大きい。

また、本年度は新しい試みとしてカザフスタン・東カザフスタン工科大学から若手研究者を秋田大学に招き、1週間の研究研修を行った。これは先の学生主体の研修とは異なり、実験設備の操作方法や分析手法について伝えることが主なプログラムとなっている。開発途上の資源国の大学や研究機関では、国や海外の支援で実験設備を導入できたとしても導入後の分析やメンテナンスを担える人材が不足していることが多く見られ、東カザフスタン工科大学でも同様に人材不足に悩んでおり、今回の研修を行うこととした。2015年2月2日～2月6日にかけて研修を行い、内容は、高純度シリカ精製とICPによる定量分析とXRD、EDX-SEM、EPMAによる鉱物試料の同定からなる内容であった。参加者の意識が高く、短期間にも関わらず効率的に分析方法・技術を伝えられたことが実感できた。本国の帰国後に実験を進めていることから、共同研究を早く進展させるためにも非常に有意義な研修であった。

6-4 その他（社会貢献や独自の目的等）

6-5 今後の課題・問題点

今後の課題としては、相手国となった3カ国ともに本研究拠点形成事業で得られた共同研究のシードを継続し、秋田大学を中心とした研究体制を維持することにある。繰り返し

になるが、資源の研究フィールドに乏しい日本の大学にとって資源国に研究者独自のフィールドを確保できたことは拠点作りと同様に重要な進展であった。またこれには、相手国への貢献と人的ネットワークの構築の観点から、学生、若手研究者を対象とした短期研修プログラムの継続性も含まれる。継続性の維持の一つとして、相手側対象国の大学教員と一緒にになり、日本および相手国での外部資金の獲得に現時点で動き出している。

また、資源学に関する短期研修受入については、これまでの活動で学内外での認知度が高まってきたことから、来年度以降、学内予算での補填も視野に入ってきている。優秀な留学生を確保し、秋田大学で学位を受けた学生が資源国で活躍することを長期的な目標にすえて、持続的な人材育成に取り組むことが秋田大学の価値を高める大きな一つの方針であり、それに向けて今回の事業に携わった教員が力を尽くしていく考えである。

6-6 本研究交流事業により発表された論文

平成26年度論文総数 1本

相手国参加研究者との共著 1本

(※ 「本事業名が明記されているもの」を計上・記入してください。)

(※ 詳細は別紙「論文リスト」に記入してください。)

7. 平成26年度研究交流実績状況

7-1 共同研究

整理番号	R-1	研究開始年度	平成 24 年度	研究終了年度	平成 26 年度
研究課題名	(和文) ボツワナにおけるレアメタル資源評価と鉱山開発プロジェクト評価				
	(英文) Evaluation for rare metal resources and mine development project in Botswana				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 安達毅・秋田大学国際資源学部・国際資源学教育研究センター・教授				
	(英文) Tsuyoshi ADACHI, International Resource Sciences, International Center for Research and Education on Mineral and Energy Resources, Akita University, Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Zibisan BAGAI, Faculty of Engineering and Technology, University of Botswana, Lecturer				
参加者数	日本側参加者数	6 名			
	ボツワナ側参加者数	6 名			
	() 側参加者数	名			
26年度の研究 交流活動	<p>ダイヤモンドをはじめ、銅、ニッケル等の金属資源にもボツワナは恵まれている一方で、その経済は、GDP や輸出額の点で資源生産に大きく依存している。本年度は、新しく拡張計画が予定されている銅・ニッケル鉱山の経済性評価を、リアルオプション分析を用いて評価した。分析の枠組みを秋田大学側から提案し、実際の鉱山のデータはボツワナの鉱山企業(BCL 社)やボツワナ大学の教員との連携で収集した。また、資源の生産や鉱山の開発といった資源産業がボツワナの経済全体や他の産業セクターにどのような影響を与えるかを定量的に分析した。</p> <p>また、ボツワナ国際科学技術大学の研究者 (Prof. Hariharan M. Rajesh) との研究シーズに一致がみられたことから、共同研究の可能性を検討するにあたって現地の状況を把握するため、ボツワナ訪問の際に本学の福山繭子助教も参加し、現地の研究者と共同研究について議論を行った。その結果、レアメタル等金属鉱床の発見につながる実験系の研究として、リンポポ帯中央部から産する輝石岩の岩石学的研究について共同研究を行うこととなった。ボツワナ科学技術大学ではサンプル採取を、秋田大学では偏光顕微鏡による岩石記載および化学分析を担当した。</p>				

<p>26年度の研究 交流活動から得 られた成果</p>	<p>ボツワナの国営企業であるBCL社から新しく拡張が予定されている銅・ニッケル鉱床およびその採掘計画のデータを得て、現状の資源価格で拡張をすぐさま実行すべきかどうかの意思決定ツールとしてリアルオプション分析を行った。これは、資源価格の不確実性を考慮したうえで最適な投資基準を提案するものである。その結果、現状ではNPVがポジティブであるものの資源価格が十分に高いとは言えず、拡張計画の実行を待つべきとの判断が得られた。さらに埋蔵量等の地質的な不確実性を計算に含めるようにプログラムの開発を行っている。</p> <p>また、資源産業がボツワナ経済と他のセクターに及ぼす影響を定量的に分析した。これには、VARおよびインパルス応答関数分析といった計量経済学の方法を用いた。その結果、ボツワナには資源の呪いと呼ばれる資源産業が他の産業へおよぼす悪影響は見られず、資源輸出による収入が適正に用いられていることが分かった。しかし、他の資源国（南アフリカ、オーストラリア）と比較して、産業の広がり乏しく、資源産業に過剰に頼らない産業構造を構築することが重要であることがわかった。</p> <p>さらに、レアメタル等金属鉱床の発見につながる実験系の研究として、リンポポ帯中央部の地質学的研究を行った。詳細な岩石学的観察の結果、コマチアイトが後に変成作用を被り輝石岩になるまでの物理・化学条件及び元素の移動に関する新たな知見が得られた。この研究成果を学術論文誌に投稿したが、データの不足が指摘されたため、秋田大学で追加の化学分析を行っている。</p>
--------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

整理番号	R-2	研究開始年度	平成 24 度	研究終了年度	平成 26 年度
研究課題名	(和文) モンゴル南西部 レアメタル鉱化作用を伴う分化岩体の UST 形成に関する研究				
	(英文) Implication of unidirectional solidification textures in highly differentiated intrusive rocks related to rare metal mineralization in the Southwestern Mongolia				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 緒方武幸・秋田大学国際資源学教育研究センター・助教				
	(英文) Takeyuki OGATA, International Center for Research and Education on Mineral and Energy Resources, Akita University, Assistant Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Genden Ukhnaa, School of Geology and Petroleum Engineering, Mongolian University of Science and Technology, Professor				
参加者数	日本側参加者数	3 名			
	モンゴル側参加者数	3 名			
	() 側参加者数	名			
26 年度の研究 交流活動	<p>前年度に引き続き、モンゴル科学技術大学を訪問し、共同研究者のモンゴル科学技術大学の Ukhnaa 教授らとモンゴル国内の UST 及びレアメタル資源研究に最も適した現地地質調査の計画について打ち合わせを行い、Bayan Airag、Undur tsakhir、Zuun Mod、Kharaatyagan を対象として地質調査を行うこととした。現地地質調査では、簡易型低空空撮とその応用を目的としたマルチコプターを用いた低空空撮技術の開発を行い、またその応用としてより詳細な UST 岩石の記載と試料採取を行った。現地調査には、Ukhnaa 教授による調査準備等の協力やモンゴル国内の鉱山会社の協力の便宜を図って頂いた。採取した試料は、日本国内でモンゴル人留学生 Erdenebayar Jamsran と室内実験・機器分析を行った。</p>				

<p>26年度の研究 交流活動から得 られた成果</p>	<p>レアメタルに関する地質調査では、より精密な地形・地質図の作成が必要となるため簡易型低空空撮とその応用を目的としたマルチコプターを用いた低空空撮技術の開発を行い、衛星画像よりも鮮明な画像および地形データの収集を行った。これらのデータをもとに精密な地質調査を行い、モンゴル西部の UST 岩体の精密な地質・岩相図の作成と試料採取を行った。その結果、UST 形成に関わるマグマ - 熱水活動履歴について、従来の鉍化作用を伴うマグマ性熱水の発生に至るプロセスの解明に関わる新たな知見が得られた。これらの精密な野外地質調査に基づいて採取された岩石試料は、流体包有物測定器、カソードルミネセンスなどの最新の機器分析装置を用いた詳細な地球化学的・鉍物化学的分析を行った。その結果、UST 鉍化作用にかかわる石英中に含まれる微量成分の相違と関連するカソードルミネセンス像の特徴から UST 形成履歴とレアメタル鉍化作用の重要な関係性のほかに、新たな知見として、マグマ性熱水流体には CO₂ ガスが含まれていることがわかった。この研究成果は、Jamsran Erdenebayar の博士論文と国際雑誌である Resource Geology へ掲載された。また、低空空撮技術も合わせた結果はアメリカ地質学会（カナダ）と Economic Geology 学会（アメリカ）で学会発表がなされた。</p>
--------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

整理番号	R-3	研究開始年度	平成 24 年度	研究終了年度	平成 26 年度
研究課題名	(和文) 資源の高度利用化技術に関する基礎研究				
	(英文) Basic study for advanced resource utilization technology				
日本側代表者 氏名・所属・職	(和文) 別所昌彦・秋田大学国際資源学教育研究センター・准教授				
	(英文) Masahiko Bessho・International Center for Research and Education on Mineral and Energy Resources, Akita University・Associate Professor				
相手国側代表者 氏名・所属・職	(英文) Natalya Kulenova・East-Kazakhstan State Technical University・Head of a Sub-department(Chemistry, Metallurgy and Ore-dressing), Professor				
参加者数	日本側参加者数	7 名			
	カザフスタン側参加者数	9 名			
	() 側参加者数	名			
26 年度の 研究 交流活動	<p>今年度については、同国内に賦存するシリカ資源を対象として、とくに太陽光発電パネルなどに用いられる高品位シリコン原料として適合する可能性のある種々のシリカ資源を調査し、含まれる不純物の特定とその濃度の測定など試料のキャラクタリゼーションを行う。また、高純度シリカ精製のための不純物除去プロセスに関して、実際に適用されるアルカリ溶解・pH 調整による回収の 2 つの基幹プロセスにおけるシリカの溶解・沈殿挙動に関して詳細な調査を行うことで、高付加価値の資源としての高度利用化プロセスの基礎的条件について検討する。これらの実験手法について、技術研修を通してカザフスタンに提供する。</p>				
26 年度の 研究 交流活動から 得られた 成果	<p>平成 26 年度は、おもに苛性アルカリに溶解する非晶質のオパールシリカを対象として、シリカ資源の高度利用化プロセスに関する実験を行った。定性分析結果からオパールシリカ溶解量や溶出の可能性が高い不純物元素について検討を行った後、アルカリ溶解試験では、溶解時の温度や固液比の影響について主成分であるシリカと不純物として Ca, Fe, Al の挙動を調べた。この結果を基に、pH 12 のシリカ溶液を用いて回収試験を行い、pH を段階的に低下させてシリカの沈殿挙動を観察し、中性付近においてシリカの沈殿を得た。また、シリカ回収のための pH 調整の際、金属不純物が pH により回収されるシリカから分離できる条件があることを確認でき、高純度シリカ精製の可能性が示唆された。</p>				

7-2 セミナー

整理番号	S-1
セミナー名	(和文) 日本学術振興会研究拠点形成事業 「短期滞在プログラム-持続可能な資源開発 2014-」
	(英文) JSPS Core-to-Core Program “Short-Stay Program on Sustainable Resource Development 2014”
開催期間	平成 26 年 10 月 6 日 ~ 平成 26 年 10 月 31 日 (26 日間)
開催地 (国名、都市名、会場名)	(和文) 日本、秋田市、秋田大学
	(英文) Japan, Akita City, Akita University
日本側開催責任者 氏名・所属・職	(和文) 安達毅・秋田大学・教授
	(英文) Tsuyoshi Adachi, Akita University, Professor
相手国側開催責任者 氏名・所属・職 (※日本以外で開催の場合)	(英文)

参加者数

派遣先 派遣	セミナー開催国 (日本)	
	A.	B.
日本 〈人/人日〉	A.	9/ 234
	B.	
ボツワナ 〈人/人日〉	A.	
	B.	2
モンゴル 〈人/人日〉	A.	2/ 54
	B.	
カザフスタン 〈人/人日〉	A.	2/ 56
	B.	
合計 〈人/人日〉	A.	13/ 344
	B.	2

A. 本事業参加者 (参加研究者リストの研究者等)

B. 一般参加者 (参加研究者リスト以外の研究者等)

※日数は、出張期間 (渡航日、帰国日を含めた期間) としてください。これによりがたい場合は、備考欄を設け、注意書きを付してください。

<p>セミナー開催の目的</p>	<p>海外の資源国では急増する資源開発プロジェクトに対応するための人材が近年著しく不足してきており、資源系の人材育成が急務となっている。一方で、秋田大学ではこれまで培ってきた資源学の蓄積のもと、最新の教育研究分野の教員と実験設備が整っているが、海外の資源開発の現場を研究フィールドとして常に確保する必要がある。</p> <p>本セミナーでは、資源開発の最前線である6カ国からそれぞれ2名ずつ計12名の大学院生・研究者を秋田大学に招き、資源学に関する4週間の短期研修をセミナー形式で開催した。資源国の人材育成に寄与することと、それを通じて大学間連携のネットワーク強化を目指したものである。本事業の対象国であるボツワナ・モンゴル・カザフスタンに加えて、フィリピン・タイ・インドネシアの東南アジアからの学生も受け入れることで、より世界的な視野と人的ネットワークを得られるように工夫を行った。</p> <p>また、通常は専門分野に細分化されているため、資源の上流分野から下流分野までを総合的に学べる機会は少ないのに対して、本セミナーでは持続可能な資源開発を目指した内容で、地質から開発、環境まで資源学全体を学べる構成した点にも特徴がある。さらに資源に関する現場見学も取り入れることで、重層的な知見を得られるものとした。</p>
<p>セミナーの成果</p>	<p>全4週間の日程のなかで第1週目は、それぞれの国における資源開発の現状及び課題等についての発表と、秋田大学教員により、資源の探査から開発、製錬、精製、リサイクル、そして開発後の環境保全にいたる広範囲の分野について最新の研究内容などを座学での講義を行った。2週目は秋田県内・近隣の資源に関連する施設を視察した。製錬所、リサイクル工場、地熱発電所、石炭火力発電所などを訪れて、日本の環境配慮型資源産業について実地に学ぶ機会を与えた。3週間目からは、個別研究に移行し、各学生の専門に合わせて教員の指導のもと秋田大学の実験機器を利用するなどの研修を行った。最終日には各学生が行った研究成果の発表会を行い、それぞれの成果について相互に批評を行う場を設けた。</p>

<p>セミナーの成果（続き）</p>	<p>参加者からは一様に非常に有意義なセミナーであったこと、自国では触れることができない最新の実験施設を操作できたこと、日本の資源・環境技術が優れていることなどの感想が得られた。参加者の今後の研究につながることおよび、将来的には共同研究につながることも望んでいる。総じて資源国における持続可能な資源開発について伝えられたと考える。</p> <p>また、参加大学の教員とのネットワークも強化され、参加者からは将来秋田大学に留学したいとの希望者も多く、学生を通じた人材交流を深める機会を提供できたと考える。</p> <p>なお、ボツワナからの参加者は学部生であったため、また、東南アジアの学生は本研究拠点形成事業の相手国でないため、本学の他の予算を適用した。</p>		
<p>セミナーの運営組織</p>	<p>責任者：安達毅（秋田大学国際資源学部・国際資源学教育研究センター・教授）</p> <p>事務局：倉科芳朗（秋田大学・国際交流推進役）、秋田大学国際課</p> <p>運営委員：増田信行（秋田大学国際資源学教育研究センター・教授）、高崎康志（秋田大学国際資源学教育研究センター・准教授）、別所昌彦（秋田大学国際資源学教育研究センター・准教授）、緒方武幸（秋田大学国際資源学教育研究センター・助教）、柴山敦（秋田大学工学資源研究科・教授）</p> <p>協力メンバー：秋田大学大学院工学資源研究科地球資源工学専攻大学院生</p>		
<p>開催経費 分担内容 と金額</p>	<p>日本側</p>	<p>内容</p> <p>宿泊費（4名分、のべ100泊@5,000円）</p> <p>秋田県近隣資源施設巡検費</p> <p>個別研究消耗品費</p> <p>計</p>	<p>金額</p> <p>500,000円</p> <p>427,280円</p> <p>61,020円</p> <p>988,300円</p>
	<p>ボツワナ側</p>	<p>内容 参加者2名のボツワナー秋田間の交通費</p>	
	<p>モンゴル側</p>	<p>内容 参加者2名のモンゴルー秋田間の交通費</p>	
	<p>カザフスタン側</p>	<p>内容 参加者2名のカザフスタンー秋田間の交通費</p>	

7-3 研究者交流（共同研究、セミナー以外の交流）

所属・職名 派遣者名	派遣・受入先 (国・都市・機関)	派遣期間	用務・目的等
秋田大学国際資源学教育研究センター・教授・増田信行	カザフスタン・ウスチカメノゴルスク・東カザフスタン工科大学	2014年6月4日～6月12日	東カザフスタン工科大学と秋田大学の今後の共同研究、共同研究および短期研修についての打ち合わせ。
秋田大学国際資源学部・教授・今井亮および秋田大学工学資源学研究所・助教・福山繭子	ボツワナ・ハボロネ・ボツワナ大学およびボツワナ・パラペ・ボツワナ国際科学技術大学	2014年6月7日～6月14日	共同研究および大学間協定についての打ち合わせを行った。共同研究の候補地となる地質巡検を行い、研究推進のめどを立てた。また、ボツワナ国際科学技術大学とは大学間協定を延長することで合意した。
秋田大学国際資源学教育研究センター・助教・緒方武幸および秋田大学大学院工学資源学研究所・博士3年・Jamsran Erdenbayar および修士2年・業田顕行	モンゴル・ウランバートル・ンゴル科学技術大学	2014年6月18日～7月4日	共同研究のためのレアメタル鉱床に関する地質調査ならびに地質地形の航空写真撮影の試行を行った。
秋田大学国際資源学教育研究センター・准教授・別所昌彦および助教・緒方武幸および秋田大学大学院工学資源学研究所・博士3年・	カザフスタン・ウスチカメノゴルスク・東カザフスタン工科大学	2014年7月28日～8月13日	共同研究の一環として、高品位シリコン原料となるシリカ資源の地質調査とサンプル採取を行った。また、サンプルに含まれる不純物の特定とその濃度の測定など試料のキャラクタリゼーションを行った。

Jamsran Erdenbayar			
秋田大学大学院 工学資源学研究 科・博士 3 年・ Jamsran Erdenbayar	アメリカ合 衆国・コロラ ド	2014 年 9 月 25 日～ 10 月 3 日	Society of Economic Geology 学会にて モンゴルに関する共同研究の成果発表 を行った。

8. 平成26年度研究交流実績総人数・人日数

8-1 相手国との交流実績

派遣先 派遣元	日#期	日本	ボツワナ	モンゴル	カザフスタン	アメリカ (第三国)	合計
日本	1		2/14 (1/7)	3/51 ()	1/9 ()	()	6/74 (1/7)
	2		()	()	3/51 ()	1/9 ()	4/60 (0/0)
	3		()	()	()	()	0/0 (0/0)
	4		()	()	()	()	0/0 (0/0)
	計		2/14 (1/7)	3/51 (0/0)	4/60 (0/0)	1/9 (0/0)	10/134 (1/7)
ボツワナ	1	()		()	()	()	0/0 (0/0)
	2	()		()	()	()	0/0 (0/0)
	3	()		()	()	()	0/0 (0/0)
	4	()		()	()	()	0/0 (0/0)
	計	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)
モンゴル	1	()	()		()	()	0/0 (0/0)
	2	()	()		()	()	0/0 (0/0)
	3	2/54 ()	()		()	()	2/54 (0/0)
	4	()	()		()	()	0/0 (0/0)
	計	2/54 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	2/54 (0/0)
カザフスタン	1	()	()	()		()	0/0 (0/0)
	2	()	()	()		()	0/0 (0/0)
	3	2/56 ()	()	()		()	2/56 (0/0)
	4	3/30 ()	()	()		()	3/30 (0/0)
	計	5/86 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)	5/86 (0/0)
アメリカ (第三国)	1	()	()	()	()		0/0 (0/0)
	2	()	()	()	()		0/0 (0/0)
	3	()	()	()	()		0/0 (0/0)
	4	()	()	()	()		0/0 (0/0)
	計	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)		0/0 (0/0)
合計	1	0/0 (0/0)	2/14 (1/7)	3/51 (0/0)	1/9 (0/0)	0/0 (0/0)	6/74 (1/7)
	2	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	3/51 (0/0)	1/9 (0/0)	4/60 (0/0)
	3	4/110 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	4/110 (0/0)
	4	3/30 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	0/0 (0/0)	3/30 (0/0)
	計	7/140 (0/0)	2/14 (1/7)	3/51 (0/0)	4/60 (0/0)	1/9 (0/0)	17/274 (1/7)

※各国別に、研究者交流・共同研究・セミナーにて交流した人数・人日数を記載してください。(なお、記入の仕方の詳細については「記入上の注意」を参考にしてください。)

※相手国側マッチングファンドなど、本事業経費によらない交流についても、カッコ書きで記入してください。

8-2 国内での交流実績

1	2	3	4	合計
()	()	()	()	0/0 (0/0)

9. 平成26年度経費使用総額

(単位 円)

	経費内訳	金額	備考
研究交流経費	国内旅費	1,034,380	
	外国旅費	4,530,140	
	謝金	0	
	備品・消耗品 購入費	952,214	
	その他の経費	73,404	
	外国旅費・謝 金等に係る消 費税	321,862	
	計	6,912,000	
業務委託手数料		691,200	
合 計		7,603,200	

10. 平成26年度相手国マッチングファンド使用額

相手国名	平成26年度使用額	
	現地通貨額[現地通貨単位]	日本円換算額
	[]	円相当
	[]	円相当

※交流実施期間中に、相手国が本事業のために使用したマッチングファンドの金額について、現地通貨での金額、及び日本円換算額を記入してください。