

平成 22 年 5 月 21 日現在

研究種目：基盤研究（B）  
 研究期間：2006～2009  
 課題番号：18404020  
 研究課題名（和文） 東南アジアの地球資源ポテンシャル評価と統合解析システムの構築  
 研究課題名（英文） Evaluation of Earth Resource Potential in Southeast Asia and Construction of General Analysis System  
 研究代表者 渡邊公一郎(WATANABE KOICHIRO)  
 九州大学・工学研究院・教授  
 研究者番号：10182916

## 研究成果の概要（和文）：

インドネシア及びフィリピンの金・銅鉱地と地熱資源、タイ及びマレーシアの含 REE 花崗岩風化殻、フィリピンの斑岩銅鉱床および浅熱水性金鉱床についての地質調査を行い、鉱床生成条件の解析に基づく資源量と開発可能性の評価を行った。また、地質試料と室内実験データについて、地理情報システムとデジタルデータベースを併用した統合管理システムを構築した。

## 研究成果の概要（英文）：

We carried out geological survey on gold and copper mineral occurrences and geothermal resources in Indonesia and Philippines, REE-bearing granitic weathered crusts in Thailand and Malaysia, and porphyry copper and epithermal gold deposits in Philippines, then resource volume and exploitation potential of them were evaluated. Also, we constructed a new general management system for geological specimen and laboratory experiment data using geographical information system and digital database.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
2007 年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2008 年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2009 年度	2,900,000	870,000	3,770,000
総計	13,300,000	3,990,000	17,290,000

研究分野：地球資源学

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：東南アジア，地球資源統合解析，ポテンシャル評価，データモデル，資源データベース

## 1. 研究開始当初の背景

東南アジア各国の地下資源は大きなポテンシャルを有していると考えられているが、どのような資源をどの程度保有しているか、科学的根拠を持つ情報が欠如している。そのためどの地域をどのような手法で探査し、どのように開発すればよいかという効率的な指針を各国で立てることがない。無計画な資源開発は甚大な環境汚染、自然破壊をもたらす。これらの国への我が国の開発援助は効果的に実施されているとは言い難い。

また、我が国の将来は、近隣の友好的な資源国との平和的共存に依存していると言ってよい。近未来に生じるであろう我が国の資源枯渇危機に備えるため、特にインドネシアやフィリピンなど我が国と友好的なアセアン諸国の資源探査、開発、環境保全に関わる統合的地球資源ポテンシャル評価が必要である。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は東南アジアの鉱物資源、エネルギー資源のポテンシャルを正確に評価することである。そのためにインドネシアのジャワ島をモデル地区として、東南アジア各国の地球資源を対象とした地質調査を行い、室内実験データの解析と合わせて、これらのデータを一括して情報処理する統合解析システムを構築することを目指す。

## 3. 研究の方法

インドネシアのジャワ島、バリ島、スラウエシ島、バンカ島、フィリピンのルソン島、ネグロス島、ミンダナオ島、また、タイ、マレーシア、カンボジア、フィジー諸島、ソロモン諸島において、鉱徴地を含む浅熱水性金鉱床、斑岩銅鉱床、含REE花崗岩風化殻、含Niラテライト、火山-地熱帯及び熱水変質帯を研究対象とした地質調査を実施した。

室内実験では、地質試料の顕微鏡観察、K-Ar 及び Ar-Ar 年代測定、粉末 X 線回折分析による鉱物の同定、蛍光 X 線分析、ICP 質量分析による化学組成の測定、SEM-ESD を用いた鉱物の化学組成の測定、流体包有物マイクロサーモメーターによる生成温度と鉱床形成流体の塩濃度の測定及び生成深度の推定、湿式法と原子吸光分析、ICP 質量分析を用いた希土類元素の粘土鉱物への吸着実験を行った。

現地調査で採取した地質試料は、地理情報システム (ArcGIS) を用いて、地質及び地形のシェープファイルを作成し、緯度経度、サンプル情報、分析データを統一したデータ形式で管理し、オンラインアクセスが可能な地質試料データベースを構築した。

## 4. 研究成果

インドネシアの東ジャワ、トレンガレック周辺における金鉱徴地において、現地探査会社の協力を得て地質調査を実施し、地表に露出する石英脈の年代測定、鉱物同定、流体包有物分析を行い、また、関係火成岩の岩石化学分析と年代測定により、鉱床形成モデルを作成した。今後、本研究成果も参考情報となりボーリング調査が行われる予定である。また、カシハン地域の熱水変質帯の金-ベースメタル鉱徴地において、変質区分を実施し、熱水活動の活動中心を明らかにし、熱水変質化作用の特徴について、地球科学的な考察を行った。



図 トレンガレック周辺の鉱徴地で観察された石英脈

また、同国・中央ジャワにおいては、研究モデル地域として、堆積層序の解析から火山層序、各種鉱徴地の地質調査を含む、統合的な地質調査が行われ、得られたデータについて、地理情報システム上で 3D マッピングを含む解析を行った。

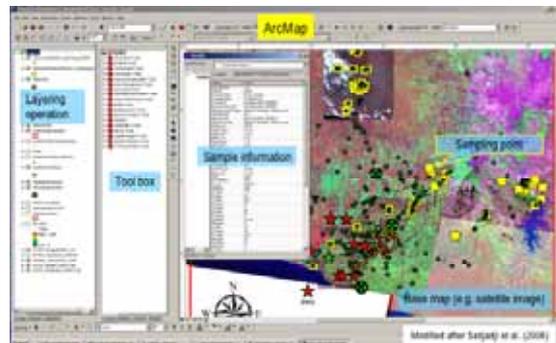


図 地理情報システム (ArcGIS) による中央ジャワの地質試料採取ポイントと室内実験データ

さらに同国バリ島において、複合火山から

なるプラタンカルデラ周辺の火山学的研究を実施した。同地域において、地形・地質層序解析と K-Ar 年代分析に基づく火山群発達史の考察を行った。これらの研究成果から現在火山活動と地下の熱水活動の活動中心の推定を行い、今後、本成果が地熱資源開発の探査に応用される可能性がある。

同国スラウエシ島においては、ピンカナイ地区、バツラベ地区、バンコワ地区において、金-ベースメタルの鉱徴地を対象とした地質調査を実施した。本研究は、鉱石の品位分析と流体包有物測定、熱水変質区分に重点を置き、現時点では、資源開発企業による探査活動等は行われていないが、将来の資源探査に有用な地質情報の集積が行われた。

インドネシアのパンカ島とタイ北部及び南部、マレーシア中央部において、花崗岩風化殻に濃集する重希土類元素を探査する広域的な地質調査が行われた。本研究では、花崗岩風化殻を風化の程度から A, B, C 層と区分し、総サンプリング数は 1000 以上である。室内実験では蛍光 X 線分析と ICP-MS 分析により、重希土類元素の濃度が明らかにされ、また、これらの元素が濃集するメカニズムについて、地球化学的な考察を行った。総合解析として室内分析データより、開発の可能性を含む資源ポテンシャルを検討した。これら研究は、超国家的な探査プロジェクトであり、将来の資源探査に有用な非常に重要な研究成果を獲得したといえる。

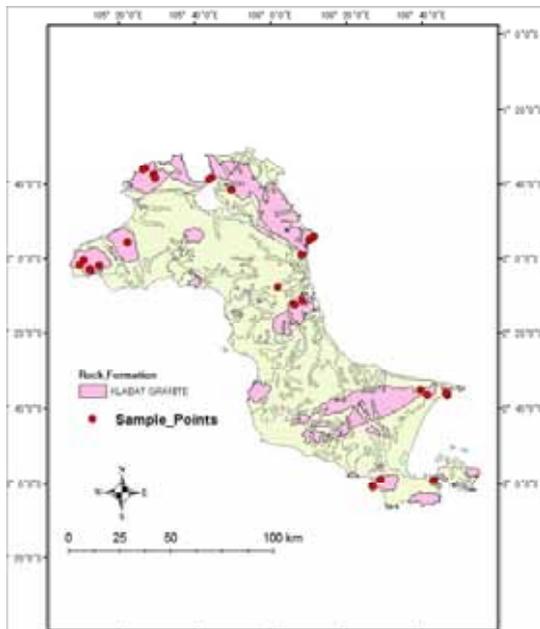


図 地理情報システムで表示したインドネシア・パンカ島における花崗岩の分布と花崗岩風化殻の採取地

フィリピンのルソン島北部、バギオ周辺のサントトーマス II、ビクトリア鉱床、及び、これら鉱床周辺の探鉱地区において、鉱山開

発会社の協力を得て、地質調査を実施した。斑岩銅鉱床及び浅熱水性鉱床の鉱山の坑内及び地表より、鉱石と関係火成岩のサンプリングを行い、流体包有物分析、鉱物化学組成分析、年代測定による貫入岩体区分を実施した。これらの研究成果は、新規鉱体の探査に応用される他、鉱床の形成条件の解明に応用される。

このほか、同国のネグロス島において、資源探査企業の協力により、熱水角礫化作用を伴う金・銅鉱脈の地質調査が行われた。本研究では、鉱石の化学組成分析、流体包有物分析が行われ、これまでに報告されていない含テルル鉱物の存在を明らかにした。また、ミンダナオ島において、数 100km 範囲の広域的な地質調査を実施した。同地域は、未開発地帯が広がっており、未だ十分に明らかにされていない金属資源の鉱徴地から鉱石と関係火成岩を採取し、今後、鉱床のタイプ区分を含む地質解析及び金属資源の成因研究を継続する予定である。

以上の現地調査で得られた地質情報の数は膨大であり、これを統一された形式で情報管理する地球資源評価システムを構築した。地質調査で採取した試料は、採取地域の緯度経度情報を含む GSP データが、地理情報システム (ArcGIS) 上に保存され、また、調査地域の地形・地質図情報をシェープファイル化した。これらの地質試料は、実験開始前に写真撮影が行われ、緯度経度及び試料記載情報と合わせて、LAMP (Linux, Apache, MySQL, PHP) の方式で独自に開発したデジタルデータベース上に登録を行った。本データベースは、オンラインアクセスが可能であるが、非公開情報を含むため研究室からのアクセスによって利用されている。



図 地質試料のデジタルデータベース "Geological Specimen Database (GEO DB)"

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 23 件)

- 石原舜三, 今井 亮 (2009) アジア地域の地球科学, 資源, 環境に関する国際学術討論会(GREAT2008)とそこで得られたインドシナ地域の資源情報. 資源地質, 第 59 巻, pp.181-186.
- Jillian Aira GABO, Carla B. DIMALANTA, Mary Grace A. ASIO, Karlo L. QUEANO, Graciano P. YUMUL, Jr. and Akira IMAI (2009) Geology and Geochemistry of the Clastic Sequences from Northwestern Panay (Philippines): Implications for Provenance and Geotectonic Setting Tectonophysics, Vol.479, pp.111-119.
- Akira IMAI, Leilanie O. SUERTE and Sho NISHIHARA (2009) Origin of Bornite Pods in Intrusive Rocks at the Kingking Porphyry Cu-Au Deposit, Southeastern Mindanao, Philippines. Resource Geology, Vol.59, pp.307-313.
- Leilanie O. SUERTE, Akira IMAI and Sho NISHIHARA (2009) Geochemical Characteristics of Intrusive Rocks, Southeastern Mindanao, Philippines: Implication to Metallogenesis of Porphyry Copper-gold Deposits. Resource Geology, Vol.59, pp.244-262.
- Akira IMAI and Yuki NAGAI (2009) Fluid Inclusion Study and Opaque Mineral Assemblage at the Deep and Shallow Part of the Batu Hijau Porphyry Cu-Au Deposit, Sumbawa, Indonesia, Resource Geology, Vol.59, pp.231-243, September, 2009.
- Akira Imai, Kenzo Sanematsu, Shingo Ishida, Koichiro Watanabe, Jarupong Boosayasak (2008) Enrichment of Rare Earth Elements Associated with Granitic Rocks, Southern Thailand. Proceedings of the 2nd International Workshop and Conference on Earth Resources Technology, 9-13.
- Nureddin Saadi, Essam Aboud, Hakim Saibi, Koichiro Watanabe (2008) Integrating data from remote sensing, geology and gravity for geological investigation in the Tarhunah area, Northwest Libya. International Journal of Digital Earth, 347-366.
- Lucas Donny Setijadji, Koichiro

Watanabe (2008) An Integrative Geoscience Data Model by Linking Field-Specific Data Model in Digital Geologic Map, Earth Resource, and Geo-Hazard. Solid Earth.

- Syafrizal, Akira Imai, Koichiro Watanabe (2007) Origin of Ore-forming Fluids Responsible for Gold Mineralization of the Pongkor Au-Ag Deposit, West Java, Indonesia: Evidences from Mineralogic, Fluid Inclusion Microthermometry and Stable Isotope Study of the Ciurug-Cikoret Vein. Resource Geology, Vol. 57, p.136-148.
- Agung Harijoko, Yukiko Ohbuchi, Yoshinobu Motomura, Akira Imai, Koichiro Watanabe (2007) Characteristics of the Cibaliung Gold Deposit: A Miocene Low Sulfidation Type Epithermal Gold Deposit at the Western Java, Indonesia. Resource Geology, Vol. 57, p.114-123.
- Leilanie O. Suerte, Sho Nishihara, Akira Imai, Koichiro Watanabe, Graciano P. Yumul Jr, Victor B. Maglambayan (2007) The Occurrences of Ore Minerals and Fluid Inclusion Study on the Kingking Porphyry Copper-gold Deposit, Eastern Mindanao, Philippines. Resource Geology, Vol. 57, p. 224-1234. (他 12 件)

[学会発表](計 102 件)

- Ryohei TAKAHASHI, Koichiro WATANABE, Akira IMAI, and Yuuki KOMATA (2009) Applications of Digital Database and Geographical Information System to Earth Resources in Southeast Asia. Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology, Fukuoka JAPAN, pp. 27-32, December, 2009.
- Kotaro YONEZU, Takushi YOKOYAMA, Akira IMAI and Koichiro WATANABE (2009) Contents of Rare Earth Elements of Quartz Veins in the Hishikari Epithermal Gold Deposit: Preliminary Investigation by Laser Ablation ICP-MS. Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology, Fukuoka JAPAN, pp. 125-128, December, 2009.
- Akira IMAI, Kenzo SANEMATSU, Shingo ISHIDA, Koichiro WATANABE and Jarupong BOOSAYASAK (2008)

Enrichment of Rare Earth Elements Associated with Granitic Rocks, Southern Thailand. Proceedings of the 2nd International Workshop and Conference on Earth Resources Technology, April 2008, Bangkok, Thailand, pp. 9-13, April, 2008.

- Kong SITHA, Lucas Donny SETIJADJI, Kenzo SANEMATSU, Takashi IKUNO, Akira IMAI, Arius DIMARAI and Koichiro WATANABE (2008) Granitic Rocks of Bangka Island (Tin Island), Indonesia and Their Associated Mineralization: A Review and Potential of Unexplored Deposits. Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology 2008, pp.517-524, December 2008. (他 98 件)

〔図書〕(計 6 件)

- Pinyo MEECHUMNA, Sunthorn PUMJAN, Pipat LAOWATTANABANDIT, Dwikorita KARNAWATI, Tetsuo YONEDA and Koichiro WATANABE (2008) Proceedings of the 1st Regional Workshop on Geological and Geo-Resources Enginee. Bangkok, 215p, July/August, 2008.
- Akira IMAI (2007) Collection of Achievements on Earth Resources from AUN/SEED-Net, Part II. Blackwell Publishing, 247P. (他 4 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ries.kyushu-u.ac.jp/~wat>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

渡邊 公一郎(九州大学・工学研究院・教授)  
研究者番号：10182916

(2)研究分担者

今井 亮(九州大学・工学研究院・准教授)  
研究者番号：90223304

横山 拓史(九州大学・理学研究院・教授)

研究者番号：20136419

板谷 徹丸(岡山理科大学・自然科学研究所・教授)

研究者番号：60148682

三谷 泰浩(九州大学・工学研究院・准教授)

研究者番号：20301343

小林 哲夫(鹿児島大学・理学部・教授)

研究者番号：70112430

本村 慶信(元九州大学・理学研究院・教授助教)

研究者番号：70112430

セイヤジ ル加 トニ(元九州大学・工学研究院・助教)

旧研究者番号：50432852

高橋 亮平(九州大学・工学研究院・非常勤研究員)

研究者番号：10396286

米津 幸太郎(九州大学・工学研究院・学術研究員)

研究者番号：90552208

(3)連携研究者

糸井 龍一(九州大学・工学研究院・教授)

研究者番号：50108768

池見 洋明(九州大学・工学研究院・助教)

研究者番号：90380576

実松建造(産業技術総合研究所・地圏資源環境研究部門・研究員)

研究者番号：40462840

(4)研究協力者

Agung Harijoko (Gadjamada University)

研究者番号：なし

Anders Schersten (Lund University)

研究者番号：なし

Arifudin Idrus (Gadjamada University)

研究者番号：なし

I Wayan Warmada (Gadjamada University)

研究者番号：なし

Robert A. Duncan ( Oregon State University )  
研究者番号：なし