

二国間交流事業 共同研究報告書

平成23年4月13日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

共同研究代表者所属・部局 東京工業大学・大学院理工学研究科

職・氏名 教授・岩森 光
(ふりがな) いわもり ひかる

1. 事業名 相手国（ドイツ）との共同研究 振興会対応機関（DFG: ドイツ科学協会）

2. 研究課題名 沈み込み帯の流体プロセスの解明：二相流数値シミュレーションと観測からの制約

3. 全採用期間

平成21年4月1日～平成23年3月31日（2年0ヶ月）

4. 研究経費総額

(1) 本事業により交付された研究経費総額 5000 千円

初年度経費2500 千円、 2年度経費2500 千円、 3年度経費0 千円

(2) 本事業による経費以外の国内研究経費総額 0 千円

5. 研究組織

(1) 日本側参加者

氏名 <small>(ふりがな)</small>	所属・職名	研究協力テーマ
ぼく てほ 朴 テホ	東京工業大学理工学研究科・流動機構研究員	火成作用の観測的研究
うえき けんた 上木 賢太	東京工業大学理工学研究科・流動機構研究員	相平衡のモデリング
たかはし あゆ 高橋 亜夕	東京大学大学院理学系研究科・大学院生（博士課程）	相平衡・対流のモデリング
ささき じゅん 佐々木 潤	東京大学大学院理学系研究科・大学院生（博士課程）	対流のモデリング
ほりうち しゅんすけ 堀内 俊介	東京大学大学院理学系研究科・大学院生（博士課程）	相平衡・対流のモデリング
くすだ ちほ 楠田 千穂	東京大学大学院理学系研究科・大学院生（博士課程）	熱水作用の理論的・観測的研究
うの まさおき 宇野 正起	東京工業大学大学院理工学研究科・大学院生（博士課程）	変成作用の観測的研究
いいだ かずや 飯田 和也	東京大学大学院理学系研究科・大学院生（修士課程）	火成作用の理論的・観測的研究
まつやま たけし 松山 健志	東京大学大学院理学系研究科・大学院生（修士課程）	対流のモデリング
なかむら ひとみ 中村 仁美	東京工業大学理工学研究科・特任助教	火成作用の観測的研究
こん よしあき 昆 慶明	三号技術総合研究所・研究員	火成作用の観測的研究
なかくき ともえき 中久喜 伴益	広島大学大学院・理学研究科・助教	対流のモデリング
よしだ まさき 吉田 晶樹	海洋研究開発機構・IFREE・研究員	対流のモデリング

(2) 相手国側研究代表者

所属・職名・氏名 J.W. Goethe University Frankfurt・Professor・Harro Schmeling

(3) 相手国参加者（代表者の氏名の前に○印を付すこと）

氏名	所属・職名（国名）	研究協力テーマ
○ Harro Schmeling	J.W. Goethe University Frankfurt・ Professor (Germany)	二相流体の数値モデリング
Guillaume Richard	J.W. Goethe University Frankfurt・ Postdoctoral fellow (Germany) (H21.4.1~H21.8.31 まで、相手国側研 究代表者として参加)	二相流体の数値モデリング
Suranita Kanjilal	J.W. Goethe University Frankfurt・ Ph.D. student (Germany)	二相流体の数値モデリング

6. 研究概要（研究の目的・内容・成果等の概要を簡潔に記載してください。）

本研究の目的は、沈み込み帯における fluid-related processes、すなわち、流体発生、深部地震、流体移動と溶融、火山帯の形成といった一連の地球科学的現象に対する理解を、流体力学および熱力学的な数値モデリングと観測との対比を通して深めることにある。このために、マントル対流と流体の発生・移動を、物理的・化学的に相互作用を行う固液二相流としての定式化、スラブとマントル物質の相平衡モデリング、マグマや熱水の分布や組成および地震学的な構造といった観測を統合し、上記現象の制約を試みた。

流体力学的側面については、沈み込んだ流体が密度、粘性におよぼす影響を数値シミュレーションによって評価した。沈み込むスラブは、主要な脱水後も数千 ppm の水を持ち込み、この水がマントル遷移層に含水ウォズレイトとして達する可能性がある。数値シミュレーションでは、この含水ウォズレイト層がどのような振る舞いをするかを評価した。その結果、含水ウォズレイトの低密度、低粘性ゆえに、数百万年の比較的短い時間スケールで水を多く含むプリュームが発生し、上昇過程（特に 50km 程度の浅い部分に達した時）に溶融する可能性が示された。また、このプリュームと、西南日本から中国大陸にかけて分布する火成活動の特徴とを比較し、これらの火成活動がスタグナントスラブに由来する含水プリュームに対応する可能性があることを初めて指摘した。また、3つのスカラーポテンシャルを用いた2次元2相流の定式化と差分法による数値計算コードの開発を進め、1次元モデルでの解析解との照合を行い、有効性を確かめた。しかし、沈み込み帯の境界条件に合わせた2次元モデルの構築には至らなかった。

化学的側面については、溶融を含む相平衡を再現するための基礎アルゴリズムを進めた。従来のモデルでは、直接的に系全体のエネルギー最小化を行わず、特定相中の成分の化学ポテンシャルに注目するモデル、あるいは離散的な組成点のみで系全体の最小エネルギーを総当り的に探るモデルなどが用いられてきた。しかし、従来のモデルでは、実験結果の再現性が悪く、特に温度と溶融量の関係が大きくずれていることが指摘されていた。本研究では、含まれる複数相が溶液あるいは固溶体である場合の一般的な方程式を導出し、これにそってエネルギー最小化を行うアルゴリズムを開発した。また、鉱物端成分（純粋組成）の融点を基準とし、そこからのポテンシャルエネルギーのずれを温度・圧力・組成の関数として表す方法を、多成分多相系の自由エネルギー最小化アルゴリズムに組み込み、溶融を適切に再現する数値モデルを構築した。これにより、温度・圧力と組成を従来よりも格段に精度良くかつ整合的に再現するモデルを得た。本研究内では、これらの熱力学モデルを対流モデルに組み込む段階までには達しなかったが、今後、適応パラメータを拡張して流体力学モデルのモジュールとして組み込む見通しがたてられた。

以上