

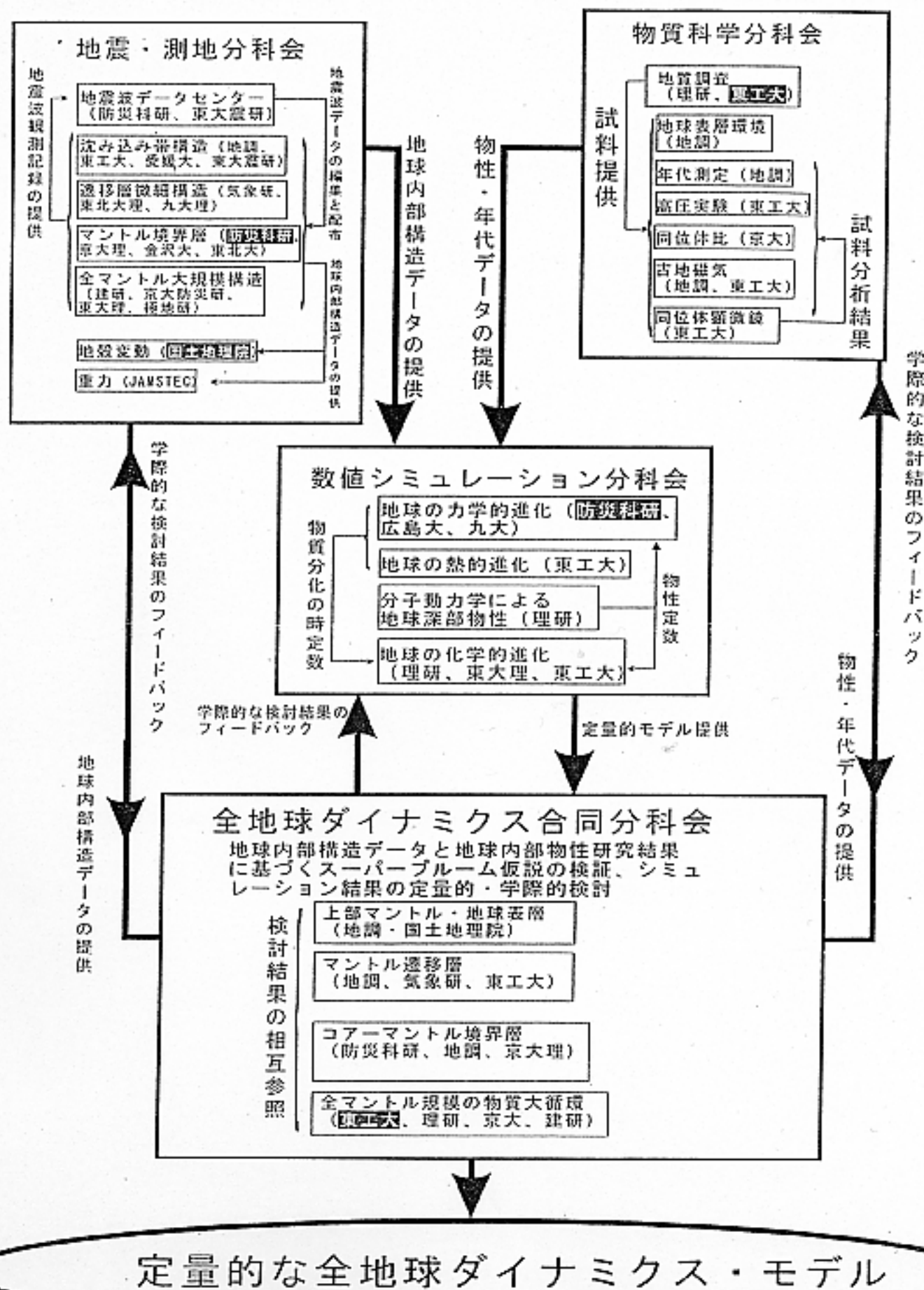
「全地球ダイナミクス：中心核に至る地球システムの変動原理の解明に関する国際共同研究」

(平成 11～12 年度 第 11 期)

研究代表者：石田 瑞穂 (防災科学技術研究所) 研究体制：防災科学技術研究所 他 15 機関

研究の概要・目標	諸外国の現状等	研究進展・成果がもたらす利点
<p>1. 目指すもの 「<u>スーパープルーム</u>」の存在の確認と地球中心核から地球表層までの全ダイナミクスを総合的に解明する</p>	<p>1. 現状 地震関係では、米、仏、独、伊において、<u>地震観測網の展開</u>を行っているが、地球内部ダイナミクスをターゲットとした研究は<u>単発</u>で行われているのみ。 物質関係では、<u>ホットプルーム</u>だけを対象とした<u>個別の研究</u>があるのみ。</p>	<p>1. 世界水準との関係 地球内部ダイナミクスの新たな理論を提唱し、<u>マントル対流の問題</u>も解決するだけでなく、<u>1億年周期の気候変動</u>にも解釈を与えることができる</p>
<p>(第 II 期の目標) 第 I 期で提案した定性的モデルを発展させ、<u>定量的な地球内部物質大循環モデル</u>を構築する</p>	<p>2. 本研究課題の位置づけ 本研究のように大規模に海外に新たな観測網を展開し、<u>地震学と物質学が統合された総合的なプログラム</u>として<u>プルームテクトニクス</u>の解明という明確な目標のもとに研究を行っている例は<u>諸外国にはない</u>。 <u>世界をリード</u>していく研究であると言える。</p>	<p>2. 波及効果 本研究により<u>地球内部変動のメカニズム</u>が明らかになり、地球内部変動に起因する<u>地震発生機構</u>や<u>火山噴火のメカニズム</u>、さらには地球システム中での<u>二酸化炭素の循環</u>などの解明に資することが期待される。</p>
<p>2. 研究の内容 ・<u>地震・測地・岩石分野の研究成果やデータを基に数値シミュレーション</u>を行い、<u>定量的な地球内部物質大循環モデル</u>を構築する</p>	<p>日本のみならず、<u>世界の地球科学の発展</u>に大いに寄与することが期待される。</p>	
<p>3. 何が新しいのか 日本の研究者が行った<u>マントル内地震波トモグラフィ</u>を用いて、日本の研究者が提唱した「<u>スーパープルームテクトニクス</u>」という仮説を検証・発展させる。 現在、マントル対流のパターンがマントル全体が一層になって対流している 1 層対流か、670km 境界を境に上部マントルと下部マントルで別々に対流している 2 層対流かといった問題に決着がつかないが、「<u>スーパープルームテクトニクス</u>」が検証できれば、マントル対流がエピソード的な 1 層対流であるということでこの問題も決着する</p>		

「全地球ダイナミクス」11期研究体制



所要経費一覧

研究項目	実施担当機関等	研究担当者	11年度所要経費	12年度所要経費
1. 上部マントル表層のダイナミクスの解明と「スーパーブルーム」の検証				
(1) GPSによるプレート内部変形の解明	建設省国土地理院	○松坂 茂 (室長)	28,235千円	7,015千円
(2) 重力とジオイドによる「スーパーブルーム」の形態の解明	科学技術庁研究開発局 海洋科学技術センター (委託)	松本 剛 (研究副主幹)	5,910千円	1,684千円
(3) ブルーム活動と地球表層環境変動の因果関係に関する地球化学的研究	通商産業省工業技術院地質調査所	川幡 穂高 (主任研究官)	8,040千円	7,706千円
2. マントル遷移層構造の解明と「スーパーブルーム」の検証				
(1) 西太平洋沈み込み帯構造の解明による「スーパーコールドブルーム」の研究	通商産業省工業技術院地質調査所 東京工業大学 (一部委託) 愛媛大学 (一部委託) 東京大学地震研究所 (一部委託)	大滝 壽樹 (研究員) 金嶋 聡 (助教授) 趙 大鶴 (助教授) 飯高 隆 (助手)	14,626千円	10,716千円
(2) マントル遷移層微細構造の解明による「スーパーブルーム」の研究	運輸省気象庁気象研究所 東北大学 (一部委託) 九州大学 (一部委託)	○神定 健二 (主任研究官) 西村 太志 (助手) 竹中 博士 (助教授)	51,016千円	28,555千円
3. コアーマントル境界の構造・ダイナミクスの解明と「スーパーブルーム」の検証				
(1) マントル不連続面と「スーパーホットブルーム」の相互作用の解明	科学技術庁防災科学技術研究所 京都大学 (一部委託) 金沢大学 (一部委託) 東北大学 (一部委託)	○井上 公 (室長) ◎石田 瑞徳 (総括地球科学技術研究官) 中西 一郎 (助教授) 古本 宗充 (教授) 田中 聡 (助手)	50,472千円	17,912千円
(2) 国際的地震波形データ流通システムの開発と運用	科学技術庁防災科学技術研究所 東京大学地震研究所 (一部委託)	園口 渉次 (主任研究官) 鷹野 澄 (助教授)	40,638千円	48,067千円
(3) 古地磁気学的手法による核・マントルのダイナミクスの研究	通商産業省工業技術院地質調査所 東京工業大学 (一部委託)	山崎 俊嗣 (主任研究官) 網川 秀夫 (教授)	6,915千円	9,069千円

(◎: 研究リーダー, ○: 班長)

研究項目	実施担当機関等	研究担当者	11年度所要経費	12年度所要経費
4. 「スーパーブルーム」と全マントル規模の物質大循環の解明 (1) 「スーパーブルーム岩」の岩石学的研究	科学技術庁研究開発局 理化学研究所 (委託)	戎崎 俊一 (主任研究員)	178,152千円	143,818千円
(2) 放射年代学的手法による「スーパーブルーム」活動史と起源の解明	東京工業大学 (一部再委託) 京都大学 (一部再委託)	○丸山 茂徳 (東工大教授) 坂本 尚義 (助教授)	4,351千円	4,274千円
(3) 全マントル3次元構造解明による「スーパーホットブルーム」の研究	通商産業省工業技術院地質調査所	巽 好幸 (教授) 宇都 浩三 (室長)	19,164千円	15,028千円
5. 数値シミュレーションによる「スーパーブルーム」と地球内部物質循環の解明	建設省建築研究所	末次 大輔 (室長)		
(1) 固体地球の物質分化・熱的進化に関する数値実験	京都大学防災研究所 (一部委託)	澁谷 拓郎 (助手)	9,875千円	5,275千円
(2) 「スーパーブルーム」発生及び遷移層との相互作用に関する数値実験	東京大学 (一部委託) 国立極地研究所 (一部委託)	ゲラーハート (助教授) 神沼 克伊 (教授)	18,293千円	9,275千円
6. 研究推進	広島大学 (一部委託) 九州大学 (一部委託)	○江口 孝雄 (客員研究官) 本多 了 (教授) 田端 正久 (教授)	196千円	196千円
所要経費合計	科学技術庁科学技術振興局 研究開発局		436,883千円	308,599千円

(◎：研究リーダー，○：班長)

研究成果の概要

(1) 基盤的観測網整備、分析・解析データ収集、観測機器開発など

・インドネシアおよび太平洋諸島における地震観測および GPS 観測では、太平洋地域に於いて、それぞれ2点の観測点の新設と、第I期に設置された観測点(地震:32点、GPS:5点)の整備・維持・管理、データ収集装置の整備・維持・管理などが関連諸国との協力により遂行され、観測データが充実し解析に活用された。

・南北アメリカ大陸、ロシア、中国、オーストラリア、インドネシア、太平洋諸島など十数カ国に及ぶ地域において岩石収集、地質調査などを行い、地質図作成、試料製作、顕微鏡による鉱物記載、全岩の主成分・微量成分組成の一次記載を完了した。

・超高感度高分解能投影型二次イオン質量分析装置基本部の改造をおこなった。粒子線用二次元半導体撮像素子を設計・製作し、世界で初めて高精度二次元同位体像を得る事ができる超高感度高分解能投影型二次イオン質量分析装置を完成させた。またこれを用いて「スーパーブルーム岩」の同位体分析法の開発を実施した。

・ダイヤモンドアンビル装置を開発した。

(2) 全地球ダイナミクスのモデル構築

上記のデータ解析により得られた主な成果は以下の通りである。

① スーパーブルームの存在と特性

地震波データ解析から、太平洋南部とアフリカの下に、マンツルの最深部から地表まで上昇する巨大なスーパーブルームが、アジアから日本列島の下に、世界最大のコールドスーパーブルームが存在する事が示された(図1)。

上昇するホットスーパーブルームは、太平洋南部では、660km境界層を突破してマンツル遷移層(深さ410~660km)に入り地表のホットスポット火山に分岐するが、アフリカでは、マンツルの深部から斜に上昇して地表の火山に達している。一方、コールドスーパーブルーム域では、板状のプレートがマンツル遷移層に達した後、日本列島下などでは660km層で滞留し、インドネシア、トンガなどでは下部マンツルに突き抜けているが、いずれの場合にも、660km以深では板状のプレートの形態は著しく変形する。

さらに、スーパーブルームの誕生には超大陸の下のマントル遷移層(410-660km)に溜められた海水が重要な役割を担うことが解ってきた。スーパーブルームの活動は、8-9億年前に著しく低下し地表は氷河で覆われたが、7.5億年前から海水がマントルに流入し始めたためにスーパーブルームが突然活性化し、マグマと共に地表にもたらされた炭酸ガスによって地球は現在のような表層環境になったと考えられる。水の役割については、今後取り組むべき問題として提起された。

③成果の啓蒙

当研究成果を分かりやすく説明するために、日本語・英語版ビデオ「全地球ダイナミクス：中心核にいたる地球システムの変動原理の解明」を製作し、配布している。

上記解析結果と超高压実験結果からマントル遷移層の厚さは、ホットスーパーブルーム域では30-40km程薄く、コールドブルーム域では逆に30-40km程厚くなることが見積もられた。このことから、太平洋ホットスーパーブルームは200-300°C高温で、西太平洋コールドスーパーブルームは200-300°C低温であることが示された。

地震波データ解析から、太平洋スーパーブルームの最深部2900km付近は部分的に融けていることがわかっているが、本研究ではスーパーブルームに含まれるリサイクル玄武岩を用いて下部マントル条件下での熔融実験をおこない、コア-マントル境界の温度が約4000°Cであることが解った。これにより、軽い溶け残り物質がスーパーブルーム上昇の原因であることが示唆された。

ハワイ及び仏領ポリネシアの火山岩の解析から、プレート直下(深さ約100km)のブルームの温度は周囲のマントルの温度より50-100°C程高温であることがわかった。また同地域の火山岩はマントル深部に取込まれた海洋性地殻がスーパーブルームに乗って地表に戻ってきたものであり、水と炭酸ガスに富んでいることが明らかにされた(図2)。

②スーパーブルームの過去10億年の活動史

開発された同位体顕微鏡による微量元素の分析と年代測定により、地表に残された火山岩がスーパーブルーム起源か否かを判別し、以下に示す太平洋スーパーブルームの歴史を明らかにした。

7億5000万年前の太平洋スーパーブルームの誕生により超大陸ロディニアが分裂し、太平洋が誕生した。その後、太平洋の中心に位置したスーパーブルームは、7億年前、5億年前、2.5億年前、1億年前に突発的に活性化し、大量のマグマと炭酸ガスを噴出した。この時期は、中心核起源である地球磁場の逆転頻度が異常に少ない時期と一致し、中心核とスーパーブルームの活動とが密接に関係していることが示された。

2.5億年前の太平洋スーパーブルームの活性化では、揮発性成分に富んだマグマが地球規模で噴出し、ほぼこの時期に表層環境が激変し、生物の大量絶滅と酸素濃度の激減が起こり、1億2500-8500万年前の太平洋スーパーブルームの活性化では、地球全体が温暖化し、南太平洋にオーストラリア大陸と同程度の大規模な複合火山体が出現したことなどが示された。

以上の成果から、地球における変動が「通常期」、「スーパーブルームのバルス期」、「スーパーブルームの誕生期」、「マントルオーバーターン期」の4つの時期に分類されること、地球の内部および表層環境の大変動期にはスーパーブルームが必ず関与してきたことなどが示唆される。

研究成果公表等の状況<課題全体>

課題名 (研究代表者) : 全地球ダイナミクス : 中心核にいたる地球システムの変動原理の解明に関する国際共同研究 (石田瑞穂)

【研究成果発表等】

	原著論文による発表	左記以外の誌上発表	口頭発表	合計
国内	26 (2) 件	29 (1) 件	202 件	257 (3) 件
国外	69 (17) 件	43 件	125 (1) 件	237 (18) 件
合計	95 (19) 件	72 (1) 件	327 (1) 件	494 (21) 件

(注 : 既発表論文について記載し、投稿中の論文については括弧書きで記載のこと)

【特許出願等】 0 件 (国内 件、国外 件)

【受賞等】 3 件 (国内 2 件、国外 1 件)

・ AAAS (アメリカ科学技術振興学会) フェロー (平成 12 年 2 月)

東京工業大学 丸山茂徳

・ 資源地質学会奨励賞 (平成 12 年 6 月) 地質調査所 石塚治

・ 日本計算工学会平成 12 年度奨励賞 (平成 13 年 5 月) 九州大学 鈴木厚