

超高压地球科学: プレート・マントル・核相互作用 の超高压物質科学

著者	大谷 栄治
URL	http://hdl.handle.net/10097/41243

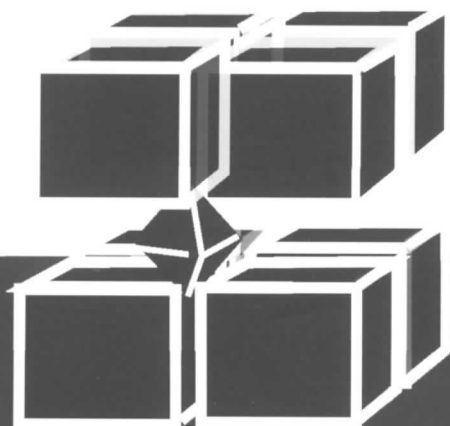


平成12年度—平成14年度
科学研究費補助金（特定領域研究）
研究成果報告書
(12126101)

「超高压地球科学：プレートマントル・
核相互作用の超高压物質科学」

平成16年3月

領域代表者：大谷栄治
(東北大学大学院理学研究科)



目 次

1. 研究組織	1
2. 交付決定額（配分額）	3
3. 領域の概要	3
4. 領域の目標達成度と学界への貢献度	5
5. 領域内の各研究班連携状況	6
6. 研究成果の概要	7
7. 研究成果公表の状況	
（主な論文等一覧）	20
（シンポジウム）	36
8. 主要論文集 及び シンポジウムプログラム	37

はしがき

地球の起源と進化を解明しその未来像を描くためには、地球表層から中心核におよぶ全地球規模での物質の移動・循環の過程を解明することが不可欠である。本特定領域「超高压地球科学：プレート、マントル、核相互作用の超高压物質科学」は、平成12年度から平成14年度の3年間、わが国の地球の物質科学、特に高压科学の研究者を中心に、地球内部における物質の状態を実験的に再現することをめざして組織された。そして、超高压科学のあらゆる手法を駆使して地球の下部マントルと核の条件を実現してその物性を明らかにした。さらに、マグマの発生を促しマントル対流を促進し、大気や海洋の起源と進化の理解に不可欠な、水などの揮発性物質の地球内部での挙動についても、解明した。

この研究領域では総括班のもとに、「沈み込むプレートと核の相互作用と核マントル境界の物質科学」、「マルチメガバールの発生と地球核の超高压物質科学」、「沈み込むプレートと下部マントルの相互作用と下部マントルの物質科学」、「地球史におけるプレート・マントル・核相互作用とマグマ」の4つの班を置き、各班が密接に連携して、上部マントルから地球の中心部におよぶ広い圧力領域において生じるプレートと周囲のマントル・核との相互作用を明らかにした。そして、複数の班の共同と競争によって、マントル遷移層、下部マントル、核マントル境界、核に関する世界をリードする数多くの研究成果が得られた。

本報告は、この特定領域の成果報告書として、地球物質のマントル・核での存在様式、マントル内部への輸送と、全地球規模での物質循環に関して得られた様々な成果を収録した。この特定領域において、プレート、マントル、核の相互作用の物質科学的解明が格段に進んだ。しかしながら、この相互作用に関して、すべてを解明することはできず多くの未解明な現象が残されている。今後、我々の研究成果を地球の様々な地球物理学的観測研究、野外調査と試料の分析などの地質学・地球化学研究など周辺領域の研究と強く連携させることにより、地球のダイナミクスを理解をさらに進めてゆきたいと考えている。

領域代表

東北大学大学院理学研究科・教授 大谷 栄治

1. 研究組織

(役割)	(氏名)	(所属研究機関・職)	(現在の専門)
*総括班			
領域代表：領域総括 研究目標の検討と具体 化	大谷栄治	東北大学・大学院理学研究科・教授	実験鉱物学
計画研究代表	川村春樹	姫路工業大学・理学部	超高压物性
計画研究代表	桂智男	岡山大学・固体地球研究センター・助教 授	超高压地球物理学
計画研究代表	河村雄行	東京工業大学・大学院理学研究科・教授	計算鉱物学
事務的業務を担当	近藤忠	東北大学・大学院理学研究科・助教授	地球物性学
評価担当	庄野安彦	東北大学・名誉教授	超高压物性
評価担当	下村理	日本原子力研究所・関西研究所・所長 放射光化学研究センター	超高压物性
評価担当	石田瑞穂	防災化学技術研究所・総括地球科学・ 研究官	地球システム科学
*A01班			
研究全般の総括	大谷栄治	東北大学・大学院理学研究科・教授	実験鉱物学
超高压力高温実験 X線回折実験	近藤忠	東北大学・大学院理学研究科・助教授	地球物性学
超高压力高温実験 分光測定	鈴木昭夫	東北大学・大学院理学研究科・助手	実験鉱物学
超高压力高温実験 試料分析	久保友明	東北大学・大学院理学研究科・助手 (現在 九州大学・大学院理学研究院・助教授)	実験鉱物学
超高压力高温実験 放射光実験	八木健彦	東京大学・物性研究所・教授	固体地球 物理学
*A02班			
総括・X線回折実験	川村春樹	姫路工業大学・理学部・教授	高压物性
超高压力発生実験 赤外分光	赤浜裕一	姫路工業大学・理学部・助手	高压物性
ラマン散乱実験	小林本忠	姫路工業大学・理学部・助教授	低温物性

超高压力発生実験	竹村謙一	独立行政法人 物質・材料研究機構 物質研究所・主席研究員	高圧物理学
----------	------	---------------------------------	-------

超高压力高温実験	藤野清志	北海道大学・大学院理学研究科	鉱物学
----------	------	----------------	-----

***A03班**

総括・相平衡実験 電器伝導度測定	桂 智男	岡山大学・固体地球研究センター・助教授	鉱物物理学
---------------------	------	---------------------	-------

超高压力発生 相平衡と融解実験	伊藤英司	岡山大学・固体地球研究センター・教授	高圧地球科学
--------------------	------	--------------------	--------

超高压力発生の数値実験 球共振法	米田 明	岡山大学・固体地球研究センター・助教授	地球内部弾性論
---------------------	------	---------------------	---------

超高压力高温実験	久保 敦	岡山大学・固体地球研究センター・COE研究員	高圧地球科学
----------	------	------------------------	--------

放射光による相平衡実験、 高圧力下の弾性波速度測定	入船徹男	愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究センター・教授	高圧地球科学
------------------------------	------	--------------------------	--------

単純系の相平衡実験	赤荻正樹	学習院大学・理学部・教授	高圧地球科学
-----------	------	--------------	--------

***A04班**

総括・計算機シミュレーション	河村雄行	東京工業大学・大学院理学研究科・教授	計算鉱物学
----------------	------	--------------------	-------

試料収集	丸山茂徳	東京工業大学・大学院理学研究科・教授	地質学
------	------	--------------------	-----

試料分析	坂本尚義	東京工業大学・大学院理学研究科・助教授	宇宙化学
------	------	---------------------	------

高温高压実験	廣瀬 敬	東京工業大学・大学院理学研究科・助教授	岩石学
--------	------	---------------------	-----

高温高压力融解実験	加藤 工	筑波大学・地球科学系・助教授 (現在 九州大学・大学院理学研究院・教授)	実験鉱物学
-----------	------	---	-------

高圧力下における揮発 元素の分配	松田准一	大阪大学・大学院理学研究科・教授	同位体地球科学
---------------------	------	------------------	---------

2. 交付決定額（配分額）

（金額単位：千円）

	直接 経費	直接経費内訳					間接 経費	合計
		総括班	A01	A02	A03	A04		
平成12年度	179,400	2,500	44,400	38,600	53,500	40,400	0	179,400
平成13年度	160,000	2,400	49,300	34,700	43,900	29,700	0	160,000
平成14年度	58,400	2,400	18,000	9,200	15,000	13,800	0	58,400
総計	397,800	7,300	111,700	82,500	112,400	83,900	0	397,800

3. 領域の概要

研究目的

地球科学は今、プレートテクトニクス時代から、地球内部の大規模運動すなわちブルームテクトニクスを明らかにする時代に入っている。地球内部には地球表層から中心核におよぶ物質の大規模移動と循環が存在するが、どのような物質がどの程度移動し循環しているのかは全く明らかになっていない。地球の進化を解明し、その未来を予測するためには、このような地球内部の運動の実体を明らかにすることが不可欠である。

この研究領域では、地球表層から中心核におよぶ全地球規模での物質の移動・循環を解明することを目的として、超高压科学のあらゆる手法を用いて、地球の下部マントルと核の条件を実現し、その物性を明らかにし、地球内部における物質の状態を実験的に再現することをめざした。さらに、マグマの発生を促しマントル対流を促進し大気や海洋の起源と進化の理解に不可欠な水などの揮発性物質の地球内部での挙動についても重要な研究対象とした。

研究体制

上記の研究目的を達成するために、総括班のもとにA01班「沈み込むプレートと核の相互作用と核マントル境界の物質科学」、A02班「マルチメガバールの発生と地球核の超高压物質科学」、A03班「沈み込むプレートと下部マントルの相互作用と下部マントルの物質科学」、A04班「地球史におけるプレート・マントル・核相互作用とマグマ」の4つの班を置いた。これらの4つの班の連携のもとに、上部マントルから地球の中心部におよぶ広い圧力領域において生じるプレートと周囲のマントル・核との相互作用を明らかにした。具体的には、本報告に研究成果の章および発表論文リストに示したように、それぞれの班と複数の班の共同によって、以下のようなマントル遷移層、下部マントル、核マントル境界、核に関する世界をリードする数多くの知見が得られた。目覚ましい成果の例として、水などの揮発性物質のマントルへの輸送と循環に関して得られた新しい知見を述べよう。

研究成果

(1) マントル内部に水などの揮発性物質を運び込むホスト相として含水G相（含水D相とも言われている）、 δ -Al₁₀₀H相を発見し、これらが下部マントル深部においても安定である、マントル深部に水を運ぶ重要な物質であることを示した（A01班およびA03班の成果）。さらに(2) マントル遷移層を構成するwadsleyiteとringwooditeが多量の水を含みえることを明らかにし、これらが相転移するマントル遷移層最下部と下部マントル上部が深部マントルの脱水域となることを示した（A01、A03班）。そして(3) 下部マントルを構成する無水鉱物であるMgペロブスカイト相への水の固容量は化学組成によって異なり、通常のマントルに存在するものには1000ppmを超える水が溶け込みうることを示した。下部マントル全域の水の貯蔵能力は、マントル遷移層のそれと同程度であり、海洋の水の約2.5倍に相当することが明らかになった（A01、A04班の成果）。

(5) 下部マントルでは金属鉄と水の反応によって、酸化鉄FeOと鉄水素化物FeHが生じることを明らかにし、初期地球において金属鉄の核への分離の際に、水素が核に輸送されることを明らかにした（A01班）。そして、高圧下における金属水素化物の構造が解明され、理論的に予想されている約50GPaでの鉄水素化物の磁気相転移を裏付ける圧縮曲線の異常を見出した。50GPa以上で鉄水素化物FeHはこれまで考えられていたよりも非圧縮的になり、核の条件でも密度はこれまでの予想ほどは増加しないことが明らかになった。したがって、核の条件でも密度はこれまでの予想ほどは増加しないことを明らかにした。このことは、核の密度を説明する水素量は、これまでの推定値の1/3程度であり、核内部の水素量はこれまでの予想よりも少ない可能性がある（A01、A02班）。さらに(6) マントル遷移層を構成する鉱物（wadsleyite）の電気伝導度の測定や水素の拡散係数の測定を行い、地球内部の電気伝導度プロファイルから、マントル遷移層の含水量の推定を行った。その結果にもとづいて、マントル遷移層は水に関して不均質である可能性を指摘した（A01、A04班）。この方向の研究は、今後さらに詳しい解明が緊急に必要なものである。

研究成果の公表

この特定領域の期間（平成12年から14年）および本年の成果公開の期間（平成15年）に、合計国内シンポジウムを7回、国際シンポジウムおよび国際ワークショップを合計2回開催した。国際シンポジウムの成果は、領域代表者がeditorの一人として、Elsevier出版社からプロシーディングスとして出版予定であり、現在査読作業が行われている。

4. 領域の目標達成度と学界への貢献度

領域の研究目標は、地球表層から中心核におよぶ全地球規模での物質の移動・循環を解明することを目的として、超高压科学のあらゆる手法を用いて、地球の下部マントルと核の条件を実現し、その物性を明らかにし、地球内部における物質の状態を実験的に再現することをめざした。さらに、マグマの発生を促しマントル対流を促進し大気や海洋の起源と進化の理解に不可欠な水などの揮発性物質の地球内部での挙動についても重要な研究対象とした。そのなかで掲げた目標と達成度は以下のようなものである。

超高压技術開発に関しては、(A) マルチメガバール領域 (~300GPa) の圧力発生技術と圧力スケールの確立、(B) マルチアンビル型高压発生装置の技術開発を行い、これまでより遥かに高い温度圧力での高温高压X線その場観察を可能にすること、(C) 下部マントル-核境界領域の温度・圧力条件の実現を目標とした。(A)に関しては、圧力スケールに関してはマルチメガバール領域で利用できる二つの圧力スケール (ビスマススケール、ダイヤモンドアンビルスケール) を提案した。また、現在この圧力領域で利用されている圧力スケールのクロスチェックを行った。圧力発生技術としては最高発生圧280 GPa (白金スケールによる) であった。(B) に関しては、新しい高温高压X線その場観察装置 *SPEED-Mk. II* の実用化に成功し、当初の目的である50GPaを超す高压力発生に成功した。(C) に関しては、YLFレーザーおよびYAGレーザーとDACを組み合わせたシステムで100 GPa-3000 Kの超高压・高温実験が可能となり、ほぼ目標は達せられた。

この特定領域の重要な目標は、マントル深部や核への水の輸送と循環を解明することであった。そして (A) 高压実験にもとづいて、高压下での水素の挙動、マントルへの水 (または水素) の移動過程を明らかにし、水の分布を明らかにすること、(B) 野外試料の分析にもとづいてマグマの生成条件や地球深部における水の挙動を明らかにすることを目標とした。(A) に関しては、以下のような、大きな成果が得られている。固体水素の構造についてはII-相の基本構造を明らかにした。また、固体水素の高温状態方程式の研究については、高压・高温下の水素のX線回折実験の技術的問題点はクリアでき、結果が得られ始めている。また、金属鉄-水系の実験で鉄水素化物の生成を確認し、鉄水素化物の80GPaまでの圧縮実験によって、約50GPa付近での相転移の存在を示唆する実験結果を得た。しかし、核内部の条件での水素の挙動の解明は今後の重要課題として残った。マントル深部への水の輸送と貯蔵に関しては、水を貯蔵する新たな含水鉱物を発見し (hydrous phase G, hydrous phase δ)、それらの安定領域を決定した。そして、マントル遷移層や下部マントルの代表的な鉱物であるスピネルやマグネシウムペロブスカイト中の最大含水量を明らかにし、マントル遷移層が最大の水の貯蔵場所であり、下部マントルにも多量の水が貯蔵されている可能性を指摘した。(B) に関しては、野外調査の結果得られた38億年前から19億年前の火成岩類を用いて、マントルの温度と組成の経年変化を推定することができた。また27億年前のコマチアイト中のメルト

包有物の含水量を測定し、太古代マントル中に現在よりもはるかに多量の水が含まれていたことを実証することができた。これらの結果から、現在の地球ではマントル遷移層が重要な水の貯蔵場所であること、マントル遷移層中の水の量に地域性と不均質性があることが明らかになった。実際の水の地域性と存在量の定量的な解明は今後の重要な研究課題であることが明確に認識された。

その他に、本研究によって、下部マントル条件での天然に近いカンラン岩・玄武岩組成の物質の下部マントル条件下での相平衡関係の解明、 $(\text{Mg, Fe})\text{O}$ と MgSiO_3 ペロブスカイトの相関係、これらと金属鉄と反応関係についても、その解明が大幅に進んだ。一方で核マントル境界の温度圧力の条件の実現は可能になったが、その条件での信頼できる実験については現在進行中であり、近い将来成果が期待できる。

学界への貢献度としては、第一に技術開発によって高压研究分野に大きな技術的な波及効果を与えたことである。特にマルチメガバール領域での圧力スケールのクロスチェックを行い、二つの新しい圧力スケールを提案したことは大きな貢献と考えられる。マルチアンビル装置による高压発生技術とX線その場観察技術は、極めて大きな進歩を成し遂げ、地球物理学・鉱物学など地球科学諸分野への極めて広い貢献をした。また、本研究で明らかとなったマントル内部への水の輸送モデル、マントルの温度・化学組成の経年変化モデルはマントルダイナミクスの研究に大きな制約条件を与えることができ、高压研究から大きな貢献が出来た。

5. 領域内の各研究班連携状況

領域組織内と研究班の内部の相互の協力、連携の状況は概ねうまくいっていたと言える。これは定期的に総括班会議を開催し、さらにニュースレターを数多く発行してきたことによる。総括班会議は2001年、2002、2003年度にそれぞれ2回ずつ開催し、ニュースレターの発行は合計18号に及んでいる。

研究を進める過程で、それぞれの班の研究項目に関連する研究課題とともに、研究課題の相互乗り入れも必要に応じて行なった。類似の研究課題を複数の班で行なうことによって、それぞれの班がその研究項目を優先的に推進することに配慮しつつも、競争的な雰囲気の中かでそれぞれ成果が最大限に上がるよう配慮した。このような方針をとることによって領域内での競争と研究成果を促進し、全体としてこの研究領域の活性化の維持に成功したと考えている。また、マルチアンビル高压装置の開発と新素材である焼結体ダイヤモンドのアンビルへの使用に関しては、領域内部での研究協力と情報の緊密な交換に特に配慮した。

6. 研究成果の概要

A01班「沈み込むプレートと核の相互作用と核マントル境界の物質科学」

2002年には東北大学に導入したレーザー加熱用測温装置を立ち上げ調整し、より信頼性の高いレーザー加熱ダイヤモンドアンビルセルを用いた高温高压実験を可能とした。本装置を用いた測温結果は、金属の融点等を用いた較正から約2000Kで数十Kの測定精度を実現している事が分かった。この装置の設置を通して得た経験を生かして高エネルギー加速器研究機構の放射光実験施設にも同様の測温装置の設置を行い、X線その場観察実験でも実験精度の高い高温高压状態を実現できるように整備を行った。

上記のレーザー加熱ダイヤモンドアンビル装置を用いた実験を進めた結果を以下に述べる。

- (1) 核マントル境界で相転移の可能性を検証するために、下部マントルの代表的鉱物である(Mg, Fe)O系に関してレーザー加熱法と放射光を用いた高温高压X線その場観察実験を行った。(Mg, Fe)OやFeOは100万気圧・2000Kの条件下でもNaCl構造が安定である事を見出し、これまで報告されていたFeO端成分側で出現するNiAs相・及び金属相が、5%-20%のMg成分を含んだ組成ではNiAs相が観察されず、下部マントル条件下では岩塩構造相が安定であることを見出した。
- (2) 核の軽元素の候補として有力な水素と鉄の合金について高压力下での圧縮特性を室温下80万気圧まで調べた結果、dhcp構造の鉄水素化物が磁気転移と考えられる圧縮曲線の異常を示す事を見出し、これまで報告されていた鉄水素化物が純鉄よりも圧縮しやすくなるとの結果に対して、更に高压下では逆に非圧縮的挙動を示す事を示した。その結果を用いると、核の軽元素がすべて水素であると仮定しても、水素量が6-20 atm%と少なく従来の推定値の1/3程度であることが明らかになった。地震波解析で得られた核の密度を説明する核内部の水素量は非常に少ないことは明らかになった。

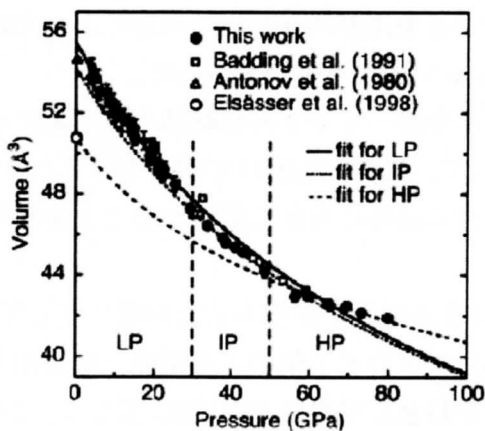
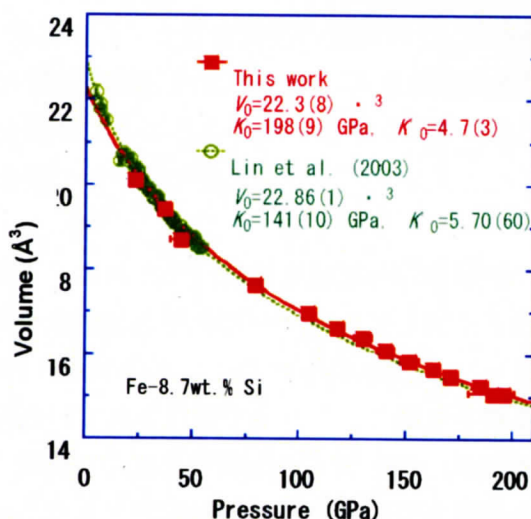


図 A01-1. FeHの圧縮曲線の異常

- (3) 鉄-珪素合金について室温下で、地球核内部の条件である約200万気圧までの圧縮曲線を得た。その結果、珪素が入る事によって鉄珪素合金は純鉄よりも非圧縮的に（硬く）なる事が分かった。したがって、珪素は内核の鉄にくれて低い密度と比較的速い地震波速度を説明することができ、核中に存在する軽元素の有力候補であることを示している。



図A01-2. Fe-8.7wt.%Si合金の200GPaまでの圧縮曲線

- (4) 珪酸塩と熔融金属鉄の反応関係を約80万気圧、3500Kまで調べた結果、珪酸塩中の珪素や酸素の一部が熔融鉄側に取り込まれる可能性がある事を示した。また、鉄が固相状態の場合はガーネットやMORB組成の多成分形を珪酸塩側に用いても鉄を起源とする反応生成物が認められない事が分かった。一方、25GPa、3000K付近では、熔融金属鉄中にSiと酸素が数%溶け込むことが明らかになった。
- (5) 初期地球の内部進化を考える上で重要な鉄-ニッケル合金と水の直接反応を6万気圧、1200Kまでの条件で行った結果、鉄の水酸化物が最初に反応生成物として観測されるが、金属水素化物が生成する条件がニッケルの付加によって純鉄の約9万気圧から36万気圧まで高压側にシフトする事が分かった。
- (6) プレーートの沈み込みに伴う、スピネルやガーネットの相転移のカイネティクスを高温高压X線その場観察実験によって、世界に先駆けて明らかにした。相転移速度がプレート下部マントルへの沈み込みに大きく影響することを明らかにした。
- (7) Allende隕石組成とその鉄・アルミニウム組成を変化させた物質に関して約40GPa、2000Kで生成する三種類のペロブスカイト相の共存関係と出発相の組成依存性を調べた。また、アルミホスト相として重要なNAL相に関して、He媒体を

用いた室温下での加圧実験を行い、約35GPaまでの放射光を用いた精度の高い圧縮データを得た。

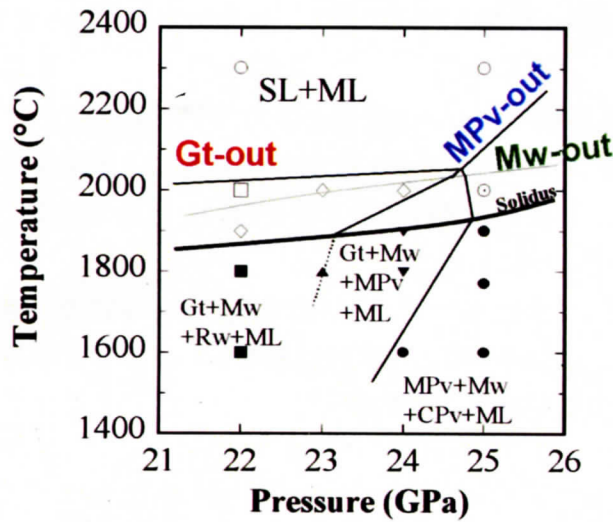


図 Allende隕石の相関係

- (8) マントル内の含水相の候補であるEgg相と δ -AlOOHに関して、それらの安定領域を高温高压X線その場観察実験を用いて明らかにし、さらに、ダイヤモンドアンビルセルにHe媒体を用いた室温下での加圧実験を行ない、精度の高い圧縮データを得た。また、マントル遷移層を構成するwadsleyite, ringwoodite, 下部マントルを構成するperovskite, magnesiowustiteの最大含水量を温度圧力の関数として決定した。その結果、マントル遷移層と下部マントルには総量で海洋の2.5倍の水が貯蔵できることを示した。

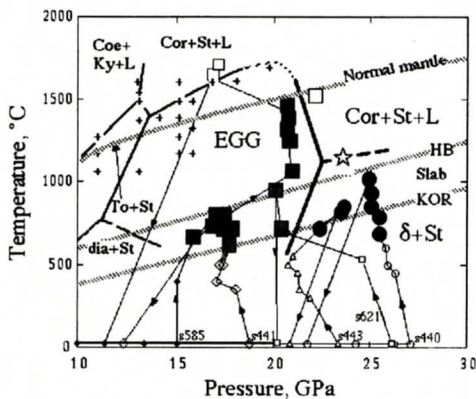


Figure 3

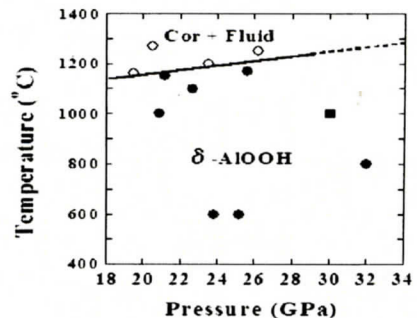


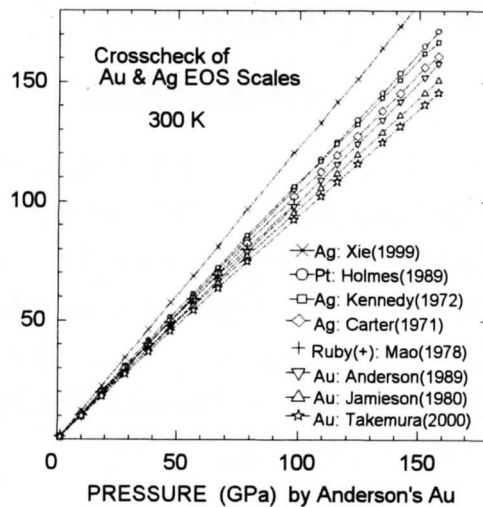
Fig. 2-3 Experimental conditions and results in $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ system. filled circles: δ -AlOOH; open circles: Corundum + Fluid; filled square: δ -AlOOH (Tehma 2002)

図 含水鉱物（含水EGG相と含水 δ 相）の安定領域

本研究班では主に次の三つの研究を行った。(A) マルチメガバール領域の圧力発生技術と圧力スケールの確立、(B) 地球内部物質の高温・超高压下の研究、(C) 水素及び金属水素化物の構造、相転移、状態方程式の研究。成果は以下の通りである。

A. マルチメガバール領域の圧力発生技術と圧力スケールの確立

- (1) ダイヤモンドアンビルセルを用いた地球型惑星の主要構成元素である金属チタン、硫黄、 H_2O 、 O_2 などのX線回折実験を行い、超高压域までの構造、相転移、状態方程式を明らかにした。
- (2) この領域での圧力スケールの精度や異なるスケール間の一致性が問題になっている白金、金、銀状態方程式の直接比較を行い、各スケール間にその精度を越える有意な圧力差があることを検証し、圧力決定精度を精査した。(図1)



図A02-1 圧力スケールのクロスチェック

- (3) マルチメガバール領域までのダイヤモンドアンビル T_{2g} ラマンモードの圧力依存性を明らかにし、この依存性がルビースケールに代わる研究室レベルで使える圧力スケールであることを提案した。

B. 地球内部物質の高温・超高压下の研究

- (1) YLFレーザー・DACシステムにより、100 GPa、3000 Kに至る圧力、温度の発生と、精度よい温度測定が可能となった。
- (2) ウルトラマイクロトム法により、超高压物質について厚さ30 nmに至る電顕用薄

膜が作成でき、より信頼性のある組成値が得られるようになった。

- (3) 上記レーザー加熱DACと分析電顕の組み合わせにより、以下の研究成果を得た。
- (i) 30-80 GPa、1700-2200 K で(Mg, Fe)ペロブスカイトにはCaはほとんど固溶しないが、Caペロブスカイトには(Mg, Fe)が相当量固溶する。
 - (ii) Alが存在するとMgSiO₃ ペロブスカイトへのFeの固溶量は増大し、ペロブスカイト中にFe³⁺Al³⁺O₃の端成分ができる。
 - (iii) CaSiO₃ペロブスカイトのSiをTiが置換すると、広い領域に渡ってダブルペロブスカイト構造になり、これは高温高压下では面心立方だが、急冷でさまざまな低対称相になる。

C. 水素及び金属水素化物の構造、相転移、状態方程式の研究

- (1) 水素は分光学からI-相（低压相）、II-相（低压・低温相）、III-相（高压相）の三つの固体相が知られているが、結晶学的に構造が明らかにされているのはI-相(hcp)のみであった。重水素を試料として、粉末X線回折実験から、II-相においても分子重心は依然としてhcp格子上にあることが判った。更に、低温（15K）での状態方程式を決定した。一方、水素は高温下ではアンビルの破壊を招くため、高温・高压実験は制限されているが、水素/ヘリウム混合ガスから水素結晶を析出させる方法で、高温下での状態方程式の研究を行った。400K-60GPaまでのX線回折実験が可能となり、その領域での状態方程式を定めた。

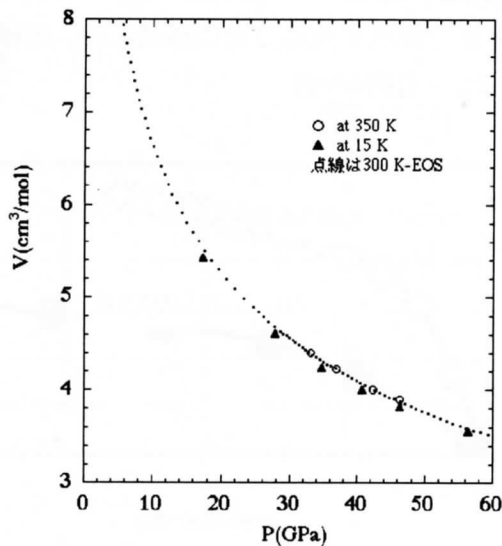


図 A02-2 固体水素のモル体積の圧力依存性

- (2) 金属-水素系ではルチル構造を持つMgH₂の圧力誘起構造相転位を明らかにした。また、ReH_x系では水素原子がレニウム原子が組むhcp格子のc-軸方向の一層おきに水素原子が取り込まれ、anti-CdI₂型構造をとることを明らかにしている。

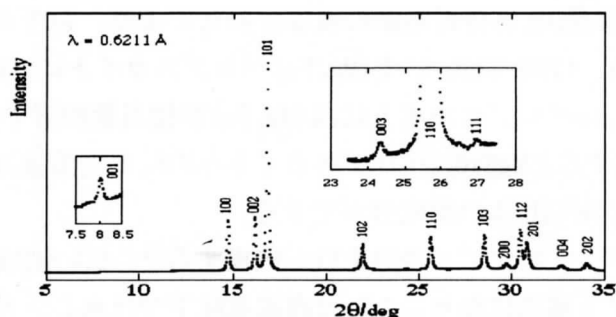
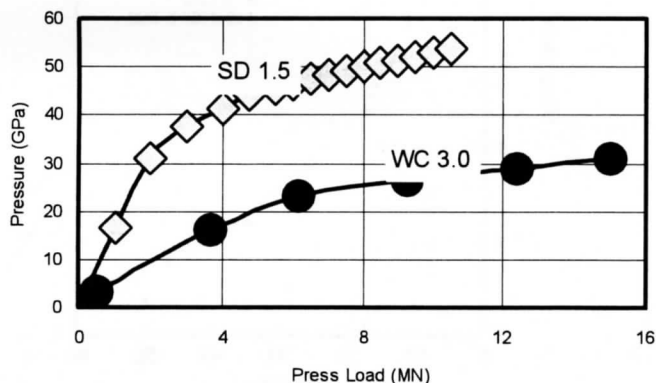


図 A02-3 $\text{ReH}_{0.36}$ の16.6 GPaでのX線回折図

A03班「沈み込むプレートと下部マントルの相互作用と下部マントルの物質科学」

(1) 大容量高温高压X線その場観察用装置SPEED-Mk. IIの製作

大型放射光施設Spring-8のビームラインBL04B1に大容量高温高压その場X線装置SPEED-Mk. IIを設計し、立ち上げを行った。従来この種類の装置では、現実のマントルに相当するような高温条件下で良質の回折パターンを取得することが困難であった。しかし、この装置は、大型プレスであるにもかかわらず、世界で初めて揺動機構を装備した。これにより、2100Kという高温でもマントル鉱物の良質のX線回折パターンの取得が可能となった。また、加圧機構を改良することにより、発生圧力範囲を、先端サイズ1.5mmのSDアンビルで54GPa、2.0mmのSDアンビルで45GPaと、大きく拡大させることに成功した。超硬アンビルでも31GPaの圧力発生を可能にした。(図A03-1)



図A03-1 SPEED-Mk. IIによる高压発生。SD1.5: 先端1.5mmの焼結ダイヤモンドアンビルによる圧力発生曲線。WC3.0: 先端3.0mmの超硬アンビルによる圧力発生。

SPEED-Mk. IIの揺動機構の有用性を証明するために、NaClのB1-B2転移の相境界の決定を行った。この転移の相境界の決定は、粒成長によりNaClの回折線が消失するために非常に困難であった。今回、揺動機構を駆使して、非常に正確に相境界

を決定することが出来た。得られた相境界は、 -5.3MPa/K というかなり急な勾配を持っている。常温では相境界は 30.6GPa に位置すると推定された。

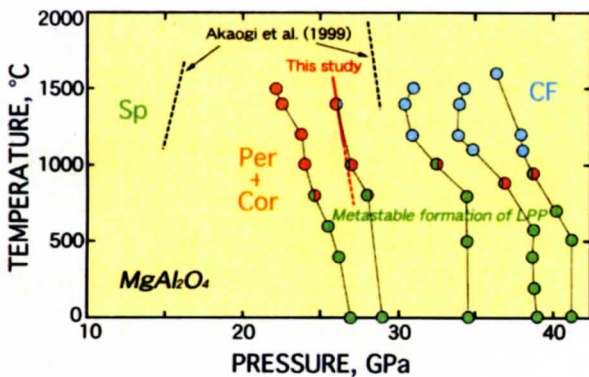
(2) X線その場観察による下部マントル構成鉱物の相平衡関係の決定

これまでのダイヤモンドアンビルセルによる実験により、 35GPa 以上の圧力で、鉄に新しい高圧相 (β 相) が高温相である γ 相と低温相である ϵ 相の間に存在するという報告が数件なされているので、その真偽を確かめるべく焼結ダイヤモンドアンビルにより探査を行った。その結果、 40GPa 程度の圧力では、 γ 相・ ϵ 相間の転移は直接起こり、両者の間に中間相は存在しないことを証明した。

MgAl_2O_4 カルシュームフェライトと KAlSi_3O_8 ホランダイト安定領域を調べた。

MgAl_2O_4 カルシュームフェライトと $\text{MgO}+\text{Al}_2\text{O}_3$ の境界は、 27GPa 付近に位置することが明らかとなった (図2)。また、 MgAl_2O_4 カルシュームフェライトは少なくとも 40GPa までは CaTi_2O_4 構造には変化しないことが明らかになった。更に、

$(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$ のオリビン-ワズレアイトの相平衡関係を精密に決定した。オリビン-ワズレアイト転移の圧力と 410-km 不連続の深さから、 410-km 不連続の温度を 1760K 程度と見積もり、この温度を外挿することにより下部マントル最上部の温度を 1850K 程度と見積もった。

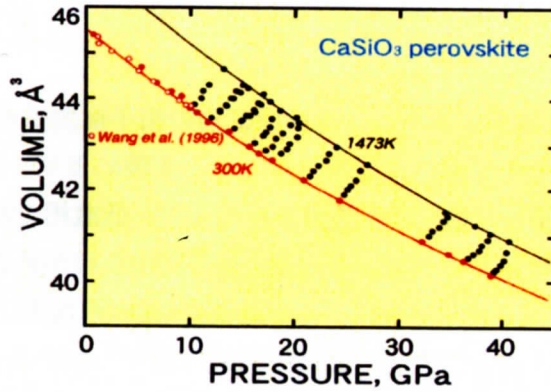


マントルを構成するカンラン岩と沈み込むスラブを構成する玄武岩の相平衡関係を下部マントル上部の温度圧力条件で決定した。カンラン岩の構成鉱物は、少なくとも 40GPa まではMg-ペロフスカイト、ペリクレス、Ca-ペロフスカイトであることが明らかとなった。

図A03-2. カルシュームフェライト型 MgAl_2O_4 の安定関係

(3) X線その場観察による鉱物の状態方程式の決定

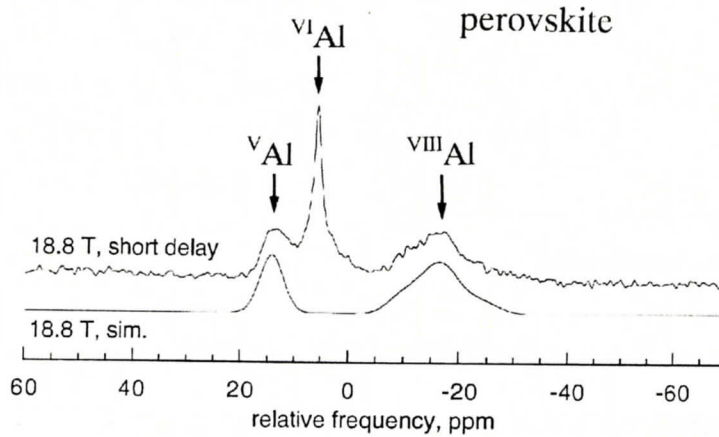
カルシュームフェライト型 MgAl_2O_4 、ペロフスカイト型 CaSiO_3 、ホランダイト型 KAlSi_3O_8 、スピネル型 Mg_2SiO_4 の温度-圧力-体積の関係を求め、これらの鉱物の熱弾性パラメータを見積もった。(図A03-3)



図A03-3 ペロフスカイト型CaSiO₃の温度-圧力-体積関係図

(4) 急凍結法による鉱物の構造と相平衡関係の研究

MgSiO₃-Mg₃Al₂Si₃O₁₂系のガーネット-イルメナイト-ガーネット-ペロフスカイト転移の相平衡関係を1600°Cと1000°Cで行い、高温ではガーネットはペロフスカイトに直接転移するが、低温ではまずイルメナイトに転移してからペロフスカイトに転移することが明らかとなった。また、MgSiO₃の置換機構として、Mg²⁺+Si⁴⁺ ⇌ 2Al³⁺だけではなく、2Si⁴⁺+O²⁻ ⇌ 2Al³⁺+V[•]という欠陥を伴う様式が存在することが明らかとなった。NMR分光法によりこのような酸素欠陥ペロフスカイトには5配位のSiが存在することが明らかとなった。(図A03-4)



図A03-4. 酸素欠陥ペロフスカイトのNMRスペクトル。V Alとラベルしたピークが5配位のSi

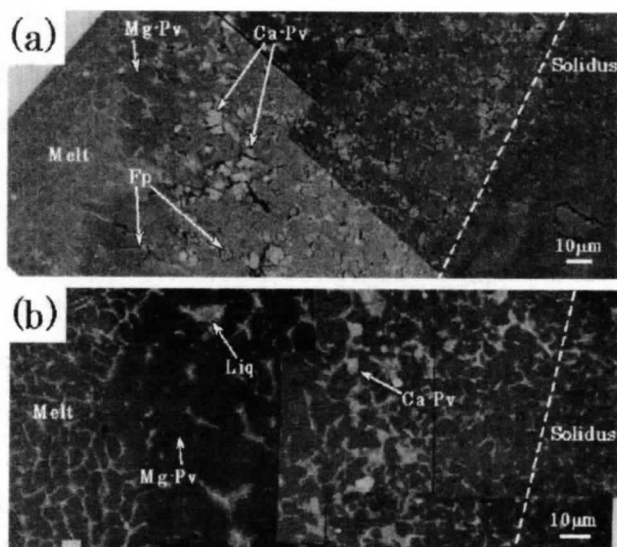
この他、カルシウムフェライト型NaAlSiO₄の安定領域、ホランダイト型KAlSi₃O₈の安定領域をあきらかにした。Mg-ペロフスカイトとCa-ペロフスカイトの固溶関係を決定し、下部マントル起源ダイヤモンドインクルージョンの成因を論じた。

MgAl₂O₄-CaAl₂O₄系において新しい六方晶系の高压相を発見し、結晶構造解析を行

った。この構造はカルシウムフェライト型に類似した新しい構造であり、天然ガーネットや海洋地殻の高圧実験で見出されていたNAL相と呼ばれている未知相と同一構造であることが明らかになった。また $MgAl_2O_4$ - $NaAlSi_3O_8$ 系と $MgAl_2O_4$ - $KAlSi_3O_8$ 系の高圧実験によって、この相がナトリウム、カリウムを豊富に含むことができ、下部マントル条件で安定であることが示された。このことから、下部マントルに沈み込んだ海洋地殻中にはこの六方晶相が存在し、それがカルシウムフェライト相やホランダイト相と並んで、ナトリウム、カリウムの主要なホスト相になることが示された。

(5) 下部マントル条件でのマントル構成物質の融解関係の決定

$(Mg_{0.9}Fe_{0.1})_2SiO_4$ 、ペリドタイト、CIマントルの各系に対して溶融実験を行った(図5)。最初にマグマから晶出する鉱物は、圧力上昇と共にペリクレスからMg-ペロフスカイトに変わることを示し、マグマオーシャン中での結晶分離によるマントル分化の検討を行った。下部マントル上部の条件下でCIコンドライトマントルから34%のMg-ペロフスカイトと3%のCa-ペロフスカイトが分離すると、ペリドタイト組成のマントルが出来ることが明らかとなった。

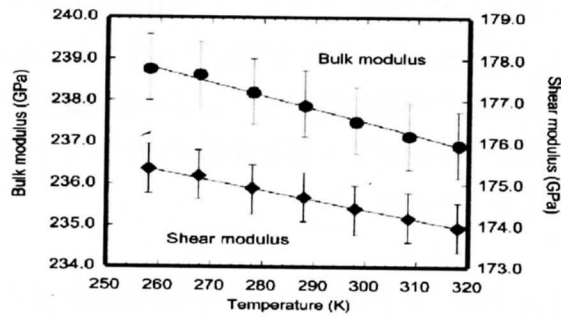


図A03-5 下部マントル条件で融解させた岩石の反射電子顕微鏡写真 (a) 33 GPa and 2500°Cのカンラン岩, (b) 35 GPa and 2500°CでのCIコンドライト質岩石。記号: Liq: 融体、g-Pv: Mg-ペロフスカイト、Fp: ペリクレス、Ca-Pv: Ca-ペロフスカイト。

(6) マントル構成鉱物の弾性定数の温度依存性の決定

ワズレアイト・リングウッドイト・ペロフスカイトの焼結体を作製し、球共振法の手法により、体積弾性率と剛性率の温度依存性を決定した(図A03-6)。この結果から、温度が100K上昇するとマントル鉱物のバルク音速は0.5%低下することが明らかとなった。マントル遷移相最下部には沈み込むスラブが滞留している

と考えられる高速度域が観測されているが、このような領域は周囲より200Kほど低温であることが明らかとなった。



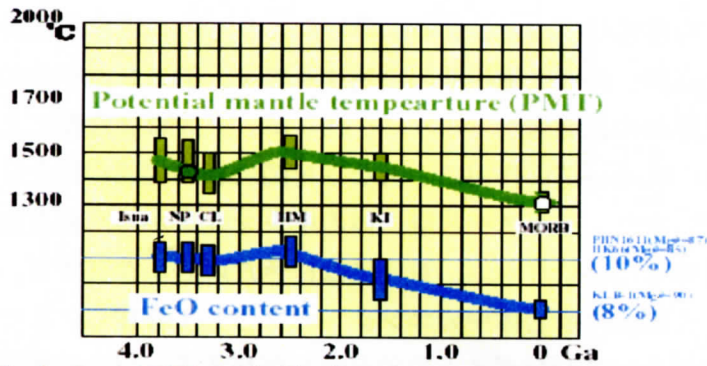
図A03-6 MgSiO₃ペロフスカイトの体積弾性率と剛性率の温度依存性

A04班「地球史におけるプレート・マントル・核相互作用とマグマ」

- (1) 古代初期 (38億年前) から現在までの火山岩試料を用いて、マントルの温度・化学組成の経年変化を明らかにした。

地球のマントルは固体地球の80%を占め、その温度と組成の経年変化は、固体地球変動を推定する上で最も重要である。本研究では、西グリーンランドイスア表成岩帯 (38億年前)、西オーストラリアピルバラ地域のノースポール緑色岩帯 (35億年前)、クリーバビル緑色岩帯 (30億年前)、ハマースレー地域 (25億年前)、グレンガリー地域 (19億年前) の中央海嶺起源玄武岩起源の緑色岩の組成からその母マントル、すなわち上部マントルの温度と組成の経年変化を推定した。その結果、地球のマントルの温度は太古代において、現在よりも150℃ほど高く、かつ、太古代から現在にかけて、徐々に低下したわけではなく、太古代では、おそらくマントルオーバーターンに起因すると思われる変動が見られるもののほぼ一定で、原生代以降低下したことが分かった。また、現在よりもマントルの温度が150℃ほど高い太古代では、形成される海洋地殻の厚さは現在の約3倍の厚さである15-20kmであり、結果として、生じる海洋地殻の総量は現在よりもおよそ6倍多くなることが分かった。

また、マントルの組成、とくに酸化鉄の含有量についても、太古代では、現在よりも約10%高く、原生代以降、温度の低下とともに減少した。この減少は、沈み込んだ海洋地殻物質が上部・下部マントル境界において、ペロブスカイト化した時に、金属鉄が溶離したことによって起きたと考えられる。このようなメカニズムによって、形成された金属鉄が核・マントル境界に沈積した場合、約50km金属核を成長させる結果となる。以上の結果をもとに、新しいマントル内部の物質循環の経年変化モデルを提唱した。



(1) The Archean PMT was hotter than the modern PMT by 100-150 °C.

viscosity ~ 1.7×10^{22} (Archean) → 5×10^{23} (Phanerozoic)
 Ra ~ 2.9×10^7 (Archean) → 10^6 (Phanerozoic)

(2) The PMT does **not** appear to decrease monotonously.

(3) The Archean upper mantle had higher FeO content, ca. 10 wt %.

図A04-1 マントルのポテンシャル温度の時間的变化

- (2) 27億年前のコマチアイト中のメルト包有物の含水量を測定し、太古代マントル中に多量の水が含まれていたことを実証した。

ジンバブエのベリングウェ緑色岩体は27億年前のコマチアイトや玄武岩から成り、その後の変質・変成を免れた世界でもっとも新鮮な太古代火成岩類を産することで知られている。本研究ではこの岩体からコマチアイトを採集し、スピネル中のメルト包有物の含水量を定量した。同地域のコマチアイトを用いた過去の研究によって、かんらん石中のメルト包有物にはわずかな水しか含まれていないことが知られていた。そこで本研究ではより固い構造をもち変質に強いスピネルに着目し、ひとつの岩石試料から数千粒のスピネルを分離して、その中に含まれるメルト包有物を用いた。SIMSを用いた水素の定量結果により、初生的なコマチアイト質マグマは約1%もの水を含んでいたことが明らかとなった。このことは起源マントル中に約0.5%の水があったことを意味している。現在の上部マントルの含水量は高々0.1%程度であり、太古代マントル中に多量の水が含まれていたことを実証した。

- (3) カスタ変麻岩体の詳細な地質図をはじめ作成し、記録に残る地球上最古のマグマ活動の変遷を明らかにした。

アカスタ片麻岩体は最も古い地質体で、およそ40億年前の花崗岩起源の片麻岩からなることが知られている。しかし、40億年前以降も、変成作用やマグマの貫入など、幾度となく造山運動の影響を受け、その詳細な熱史は今なお分かっていない。加えて、アカスタ片麻岩体は、北極圏の閉ざされた地域にあるため、それらの最古の年代を示すジルコンのホストの花崗岩質の産状や分布も、分かっていない。そこで、本研究において、詳細な地質図を作成し、アカスタ片麻岩体地域に出現する花崗岩質片麻岩をその産状と岩相によって分類し、か

つ、ジルコンの局所分析によって、詳細に年代測定を行った。その結果、アカスタ片麻岩体は、主に、約41億年前よりも古い灰色片麻岩、約41億年前の縞状片麻岩、約41億年前の白色片麻岩1、約38億年前の白色片麻岩2、約36億年前の花崗岩からなり、それらが、玄武岩質岩脈によって貫入され、19億年前のWopmay造山作用にともなう角閃岩相の変成作用を受けていることが分かった。また、アカスタ片麻岩体の中央を北東から南西方向に断層がはしり、その西側には縞状片麻岩、東側には白色片麻岩が存在する。灰色片麻岩は白色片麻岩や縞状片麻岩体中のエンクレープとして存在し、また、灰色片麻岩体中にも、ホルンブレンドイトの包有物が存在する。以上の地質学的研究の結果、従来の研究における年代のデータは、白色片麻岩体から得られたものであること、また、片麻岩の産状から灰色片麻岩、さらにはそこに含まれるホルンブレンドイトが本地域において、最古の岩石であることが分かった。

また、従来の地球化学的研究によって、アカスタ片麻岩（白色片麻岩）は、すでにエンリッチした同位体組成を持つことが知られている。その特徴は、本研究における地質調査で明らかになった白色片麻岩体よりも古い岩相（灰色片麻岩とそれに含まれるホルンブレンドイト）が存在することと整合的で、かつ、白色片麻岩体の原岩であるトーナル岩—花崗岩質マグマがその生成時において、灰色片麻岩の部分熔融を伴ったことを示唆する。現在、灰色片麻岩の原岩は閃緑岩—石英閃緑岩の組成を持ち、火成起源のジルコンがきわめて少なく、その詳細な年代が得られていない。今後はその灰色片麻岩の原岩の年代の決定とその成因について、より詳しく研究する必要がある。

(4) チベットの地質と岩石学

チベット、ルオブサオフィオライトはインドとユーラシア大陸の衝突の時に定置したオフィオライトで、ダイヤモンドをはじめとした地球深部の物質を含むことで知られている。本研究では、地球深部物質を含有しているクロミタイトの採取とその岩石学的研究を行った。クロミタイト中には、金属元素単体や合金、硫化物、ケイ酸塩鉱物など、30種以上の副成分鉱物が含まれる。さらに、ダイヤモンドやCa-ペロブスカイトやリングウッドイトの仮像も発見されている。本研究では、クロミタイト中の包有物をLA-ICP-MS、顕微ラマンやEPMAで局所分析することによって、それらの成因を解明した。本研究で詳細に分析した鉱物はクロミタイト中のジルコン、カンラン石、蛇紋石である。まず、ジルコンはオフィオライトの海洋地殻部分が形成された白亜紀の年代だけでなく、原生代の年代を持つものが存在する。また、それらのジルコンには、石英や長石といった大陸地殻に見られる鉱物が包有物として存在する。これらの結果は、このジルコンが、原生代に大陸を形成した花崗岩質マグマ中から晶出し、その一部が侵食され、海溝に運搬され、マントル中に沈み込み、マントル内を循環し、中央海嶺玄武岩マグマ中に取り込まれたことを示す。表層地殻物質がマン

トル内を循環していることを示す直接的な証拠である。クロミタイト中のジルコンは通常のマントルカンラン岩に比べ、NiOに富み、フォルステライト値が高い。カンラン石の多形であるMgスピネルのNiOの分配係数が高いことを考えると、このカンラン石はMgスピネルの仮像であると考えられる。また、蛇紋石は8面体の構造をしており、現在その形状が8面体構造であるリングウツダイトの仮像であることによるのか、包有するクロマイトの結晶構造によるのかについて研究を進めている。後者の場合、最近の実験岩石学を考慮した場合、超高压下で取り込まれた流体包有物であることを示している。

- (5) 下部マントルの代表的な鉱物であるマグネシウムペロブスカイト中の最大含水量を明らかにし、下部マントルに多量の水が貯蔵されている可能性を指摘した。マントル遷移層には数%もの大量の水が含まれ得ることは従来から良く知られていた。ところが過去の実験によれば、下部マントルを代表する鉱物マグネシウムペロブスカイト中への水の溶解度はきわめてわずかであり、スラブから下部マントル中で脱水した水も遷移層へ移動して貯えられるようなモデルが提唱されていた。過去の研究ではMgSiO₃端成分組成のマグネシウムペロブスカイトを用いていたのに対し、本研究では天然マントル組成のものを用いた。合成は下部マントル温度圧力条件で行った。SIMSとFT-IRを用いてマグネシウムペロブスカイト中の水の定量を行ったところ、0.2%もの水が確認された。下部マントルは固体地球全体の半分もの体積を占めることを考慮に入れると、下部マントルには海水の5倍の多量の水が貯蔵されている可能性がある。また過去の研究との大きな違いは、マグネシウムペロブスカイト中のわずかなFe₂O₃やAl₂O₃などの不純物組成が水の溶解度に大きな影響を及ぼしたと考えられる。

7. 研究成果公表の状況

(主な論文等一覧)

2003年～

(A01)

1. Ohtani, E., Litasov, K.D., Hosoya, T., Kubo, T. and Kondo, T. (2004): Water Transport into the Deep Mantle and Formation of a Hydrous Transition Zone, *Phys. Earth Planet. Inter.*, in press.
2. Litasov, K. and Ohtani, E. (2004): Relationship of the Al-bearing phases NAL and CF in the lower mantle. *Russ. Geol. Geophys.*, in press.
3. Asahara, Y., Kubo, T., and Kondo, T. (2004): Phase relations of a carbonaceous chondrite at lower mantle conditions, *Phys. Earth Planet. Inter.*, in press.
4. Hirao, N., Kondo, T., Ohtani, E., Takemura, K. and Kikegawa T., (2004): Compression of iron hydride to 80 GPa and hydrogen in the Earth's inner core, *Geophys. Res. Lett.*, in press (2004).
5. Sano, A., Ohtani, E., Kubo, T., Funakoshi, K. (2004): In situ X-ray observation of decomposition of hydrous aluminum silicate AlSiO_3OH and aluminum oxide hydroxide d-AlOOH at high pressure and temperature. *Phys. Chem. Solids.*, in press.
6. Kondo, T., Ohtani, E., Hirao, N., Yagi, T. and Kikegawa, T. (2004): Phase transitions of (Mg, Fe) O at megabar pressure, *Phys. Earth Planet. Inter.*, in press.
7. Kubo, T., Ohtani, E., and Funakoshi, K. (2004): Nucleation and growth kinetics of the α - β transformation in Mg_2SiO_4 determined by *in-situ* X-ray observations, *American Mineralogist*, 89, 285-293.
8. Kimura M., Chen M., Yoshida T., El Goresy A. and Ohtani E. (2004): Back-transformation of high-pressure phases in a shock melt vein of an H-chondrite during atmospheric passage: Implications for the survival of high-pressure phases after decompression, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 217, 141-150.
9. Ohtani, E., Toma, M., Kubo, T., Kondo, T., and Kikegawa, T. (2003): In situ X-ray observation of decomposition of super hydrous phase B at high pressure and temperature. *Geophys. Res. Lett.*, 30 No.2, 1029, doi:10.1029/2002GL015549.
10. 大谷栄治 (2003), 相平衡: 鉱物の相関係から推定されるその生成環境, *岩石鉱物科学*, 32, 144-146.
11. Suzuki, A. and Ohtani, E. (2003): Density of peridotite melts at high pressure, *Phys. Chem. Minerals.*, 30: 449-456, doi 10.1007/s00269-003-0322-6.
12. Vanpeteghem, C.B., Ohtani, E., Kondo, T., Watanuki, T., Isshiki, M. and Takemura, K. (2003): The equation of state of NAL phase and Al content in the lower mantle, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 138, 223-230.

13. Vanpeteghem, C. B., Ohtani, E., Kondo, T. and Takemura, K. (2003): The compressibility of phase Egg AlSiO₃OH: equation of state and role of water at high pressure, *American Mineralogist*, 88, 1408-1411.
14. Litasov, K. and Ohtani, E. (2003): Hydrous solidus of CMAS-pyrolite and melting of mantle plumes at the bottom of the upper mantle. *Geophys. Res. Lett.*, 30, No.22,2143,10.1029/2003GL018318.
15. Litasov, K. and Ohtani, E. (2003): Hydrous lower mantle: The water source for wetplumes, *8th International Kimberlite Conference long abstract*.
16. Litasov, K., Ohtani, E., Langenhorst, F., Yurimoto, H., Kubo, T., Kondo, T., (2003): Water solubility in Mg-perovskites and water storage capacity in the lower mantle. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 211: 189-203.
17. Litasov, K., and Ohtani, E., (2003): Stability of hydrous phases in CMAS-pyrolite-H₂O system up to 25 GPa. *Phys. Chem. Mineral.*, 30: 147-156.
18. Reid, J.E., Poe, B.T., Rubie, D.C., Suzuki, A., Ohtani, E., Funakoshi, K., Terasaki, H. and Okada, T. (2003): The viscosity of CaMgSi₂O₆ liquid at pressures up to 13 GPa., *Phys. Earth Planet. Inter.*, 139, 45-54.

(A02)

19. Kawamura, H., Akahama, Y., Ohishi, Y., Shimomura, O. and Takemura, K. (2003): Bulk modulus of solid deuterium at 15 K, *Chem. Phys. Lett.*, 372, 373-376.
20. Fujino, K., Yamanaka, T., and Akamatsu, T. (2003): Structural change of minerals. *Japanese Magazine of Mineralogical and Petrological Sciences*, 32, 147-151. (Japanese with English abstract)

(A03)

21. Akaogi, M., Yano, M., Tejima, Y., Iijima, M. and Kojitani, H. (2004): High-pressure transitions of diopside and wollastonite: phase equilibria and thermochemistry of CaMgSi₂O₆, CaSiO₃ and CaSi₂O₅-CaTiSiO₅ system, *High-Pressure Mineral Physics Seminar Proceedings*, accepted.
22. Katsura, T., Funakoshi, K., Kubo, A., Nishiyama, N., Tange, Y., Sueda, Y., Kubo, T. and Utsumi, W. (2004): A Kawai-type high P-T apparatus for in situ X-ray observation 'SPEED-Mk.II', New Developments in High Pressure Mineral Physics and Applications to the Earth's Interior, *Special Issue of Phys. Earth Planet. Int.*, Guest Editors: D. Rubie, T. Duffy and E. Ohtani, in press.
23. Katsura, T., Funakoshi, K., Kubo, A., Norimasa, N., Tange, Y., Sueda, Y., Kubo, T., Utsumi, W. (2004): A large-volume high-pressure and high-temperature apparatus for in situ X-ray observation, 'SPEED-MK.II', *Phys. Earth Planet. Int.*, in press.

24. Ito, E., Kubo, A., Katsura, T. and Walter, M. J. (2004): Melting Experiments of mantle materials under lower mantle conditions with Implication to Fractionation in magma ocean, submitted to *New Developments in High Pressure Mineral Physics and Applications to the Earth's Interior, Special Issue of, Phys. Earth Planet. Int.*, Guest Editors: D. Rubie, T. Duffy and E. Ohtani, in press.
25. Irifune, T., Kurio, A., Sakamoto, S., Inoue, T. Sumiya, H., and Funakoshi, K. (2004): Formation of pure polycrystalline diamond by direct conversion of graphite at high pressure and high temperature, *Phys. Earth Planet. Inter.*, in press.
26. Fujita, K., Katsura, T. and Tainosho, Y. (2004): Electrical conductivity measurement of granulite sample under lower crustal pressure-temperature conditions, *Geophys. J. Int.*, in press.
27. 赤荻正樹 (2004): 「超高压実験による地球内部の解明」 『新しい高压力の科学』 (毛利信男 編) 第5章2節、講談社サイエンティフィック、印刷中.
28. Nishiyama, N., Irifune, T., Inoue, T., Ando, J., Funakoshi, K., and Utsumi, W. (2004): In situ X-ray observation of the spinel-postspinel transition in a pyrolite composition, *Phys. Earth Planet. Inter.*, in press.
29. Nishiyama, N., Katsura, T., Funakoshi, K., Kubo, A., Kubo, T., Tange, Y., Sueda, Y. and Yokoshi. (2004): S Precise determination of the phase boundary between B1 and B2 phases in NaCl by in situ X-ray diffraction experiments, *Phys. Rev. B*, in press.
30. Nishiyama, N., Irifune, T., Inoue, T., Ando, J and Funakoshi, K. (2004), Precise determinations of phase relations in pyrolite across the 660 km seismic discontinuity by in situ X-ray diffraction and quench experiments., *Phys. Earth Planet. Inter.*, in press.
31. Yamazaki, D. and Irifune, T. (2004): Fe-Mg interdiffusion in magnesiowustite up to 3 GPa. *Earth. Planet. Sci. Lett.*, 216, 301-311.
32. 桂 智男・舟越賢一・西山宣正・久保 敦・丹下慶範・末田有一郎・久保友明・内海 渉(2003): 大容量高温高压X線その場観察装置SPEED-Mk.II、放射光、印刷中.
33. Ito, E. (2003): Pressure calibration for multi-anvil apparatuses in high-pressure Earth science (in Japanese with English abstract), *Rev. High Press. Sci. Tech.*, 13, in press.
34. Akaogi, M., Kamii, N., Kishi, A. and Kojitani, H. (2003): Calorimetric study on high-pressure transitions in KAlSi₃O₈, *Phys. Chem. Minerals.*, in press.
35. Isshiki, M., Irifune, T., Hirose K., Ono, S., Ohishi, Y., Watanuki, T., Nishibori, E., Takata, M., and Sakata, M. (2003): Stability of magnesite an its new hig-pressure form in the lower mantle. *Nature*, in press.
36. Inoue, T., Tanimoto, Y., Irifune, T., Suzuki, T., Fukui, H. and O. Ohtaka (2003): Thermal expansion of wadleyite, ringwoodite, hydrous wadsleyite and hydrous ringwoodite, *Phys. Earth Planet. Inter.*, in press.

37. Katsura, T., Yamada, H., Shinmei, T., Kubo, A., Ono, S., Kanzaki, M., Yoneda, A., Walter, M. J., Urakawa, S., Ito, E., Funakoshi, K. and Utsumi, W. (2003): Post-spinel transition in Mg₂SiO₄ determined by in situ X-ray diffractometry, *Phys. Earth Planet. Int.*, 136, 11-24.
38. Kubo, A., Ito, E., Katsura, T., Shinmei, T., Yamada, H., Nishikawa, O., Song, M. and Funakoshi, K. (2003) :In situ X-ray observation of iron using Kawai-type apparatus equipped with sintered diamond: absence of beta phase up to 44 GPa and 2100 K, *Geophys. Res. Lett.* 30, 10.1029/2002GL016394.
39. Irifune, T., Kurio, A., Sakamoto, S., Inoue, T. and Sumiya, H. (2003): Ultrahard polycrystalline diamond from graphite, *Nature*, 421, 599-600.
40. Sugawara, T. and Akaogi, M. (2003): Calorimetric measurements of fusion enthalpies for Ni₂SiO₄ and Co₂SiO₄ olivines and application to olivine:liquid partitioning, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 67, 2683-2693.
41. Sugawara, T. and Akaogi, M. (2003): Heats of mixing of silicate liquid in the system diopside-anorthite-akermanite, diopside-anorthite-forsterite and diopside-silica, *Am. Mineral.*, 88, 1020-1024.
42. Yoshino, T., Walter, M. J. and Katsura, T. (2003): Core formation triggered by grain boundary percolation, *Nature* 422, 154 –157.
43. Sinogeikin, S.V., Bass, J. D. and Katsura, T. (2003): Single-crystal elasticity of ringwoodite to high pressures and high temperatures: implications for 520 km seismic discontinuity, *Phys. Earth Planet. Int.* 136, 41-66.
44. Furuichi, H., Fujii, N., Ito, E., Kanno, Y., Watanabe, S. and Tanaka, H. (2003): Transformation of SiO₂ to the amorphous state by shearing at high pressure, *Am. Mineral.*, 88, 926-928.
45. Kojitani, H., Nishimura, K., Kubo, A., Sakashita, M., Aoki, K. and Akaogi, M. (2003): Raman spectroscopy and heat capacity measurement of calcium ferrite type MgAl₂O₄ and CaAl₂O₄, *Phys. Chem. Minerals*, 30, 409-415.
46. Stebbins, J. F., Kojitani, H., Akaogi, M. and Navrotsky, A. (2003): Aluminum substitution in MgSiO₃ perovskite: multiple mechanisms by ²⁷Al NMR, *Am. Mineral.*, 88, 1161-1164.
47. Yoshiasa, A., Murai, Y., Ohtaka O. and Katsura, T. (2003): Detailed structures of hexagonal diamond (lonsdaleite) and wurtzite type BN, *Jpn J Appl. Phys.* 42, 1694-1704.

(A04)

48. Hirose, K., Shimizu, N., van Westrenen, W. and Fei, Y. (2003): Trace element partitioning in Earth's lower mantle, *Phys. Earth Planet. Int.*, in press.

49. Murakami, M. and Hirose, K., Ono, S., Isshiki, M. and Watanuki, T. (2003): High pressure and high temperature phase transitions of FeO, *Phys. Earth Planet. Int.*, in press.
50. Kutayama, Y. and Hirose, K. (2003): Phase relations in the system Fe-FeSi at 21 GPa., *American Mineralogist.*, in press.
51. Katayama, I., Hirose, K., Yurimoto, H., Nakashima, S. (2003): Water solubility in majoritic garnet in MORB composition at the mantle transition zone, *Geophys. Res. Lett.*, in press.
52. Fei, Y., Li, J., Hirose, K., Minarik, W., Van Orman, J., Sanloup, C., Van Westrenen, W., Komabayashi, T. and Funakoshi, K. (2003): A Critical Evaluation of Pressure Scales at High Temperatures by In-Situ X-ray Diffraction Measurements *Phys. Earth Planet. Int.*, in press.
53. Ono, S., Tsuchiya, T., Hirose, K. and Ohishi, Y. (2003): Phase transition between the CaCl₂-type and a-PbO₂-type structures of germanium dioxide, *Physical Reviews B*, 68, 134108.
54. Murakami, M. and Hirose, K., Ono, S. and Ohishi, Y. (2003): Stability of CaCl₂-type and a-PbO₂-type SiO₂ determined by in situ X-ray observations *Geophys. Res. Lett.*, 30, 10.1029/2002GL016722.
55. Ono, S., Tsuchiya, T., Hirose, K., Ohishi, Y. (2003): New high-pressure form of pyrite-type germanium dioxide, *Physical Reviews B*, 68, 014103.

2002年

(A01)

56. 大谷栄治, 久保友明, 鈴木昭夫(2002): プルーム内部でなにが起こっているのか, 超高压実験から見たプルームテクトニクス.熊沢峰夫, 丸山茂徳編, プルームテクトニクスと全地球史解説, 岩波書店, pp314-322.
57. 大谷栄治, 久保友明, 鈴木昭夫(2002): 水が地球深部を支配するー超高压実験の最新の成果, 熊沢峰夫, 丸山茂徳編, プルームテクトニクスと全地球史解説, 岩波書店, pp323-325.
58. 近藤忠(2002): ダイヤモンドアンビルセルを用いた高温高圧力実験と放射光実験の進歩, 高圧力の科学と技術, 第12巻, 第2号, 112-119.
59. Suzuki, A., Ohtani, E., Funakoshi, K., Terasaki, H and Kubo, T. (2002) : Viscosity of albite melt at high pressure and high temperature, *Phys. Chem. Minerals*, 29, 159-165.
60. Kubo, T., Ohtani, E., Kato, T., Urakawa, S, Suzuki, A., Kanbe, Y., Funakoshi, K., Utsumi, W., Kikegawa, T and Fujino, K. (2002): Mechanisms and kinetics of the post-spinel transformation in Mg₂SiO₄, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 129, 153-171.

61. Kubo, T., Ohtani, E., Kondo, T., Kato, T., Toma, M., Hosoya, T., Sano, A., Kikegawa, T., and Nagase, T (2002): Metastable garnet in oceanic crust at the top of the lower mantle, *Nature*, 420, 803.
62. Vanpeteghem, C.B., Ohtani, E., and Kondo, T. (2002): Equation of state of the hydrous phase δ -AlOOH at room temperature up to 22.5GPa, *Geophys. Res. Lett.*, 29, No.7, 10, 1029.
63. Litasov, K.D and Ohtani, E. (2002): Phase relations and melt compositions in CMAS-pyrolite-H₂O system up to 25GPa., *Phys. Earth Planet. Inter.*, 134, 105-127.

(A02)

64. Akahama, Y., Kawamura, H. and Singh, A. K. (2002): Equation of state of bismuth to 220 GPa and comparison of gold and platinum pressure scales to 145 GPa, *J. Appl.Phys.*, 92, 5892-5897.
65. Uemura, E., Akahama, Y., Kawamura, H., Bihan, T. Le, Shoubu, T., Noda, Y. and Shimomura, O. (2002): Structural studies of β -O₂ under prepressure: *J. Physics: Condens. Matt.*, 14, 10423-10428.
66. Akahama, Y., Kawamura, H. and Singh, A. K. (2002): The equation of state of Bi and cross-checking of Au and Pt scales to megabar pressure, *J. Physics: Condens. Matt.*, 14, 11495-11500.
67. Akahama, Y., Kawamura, H. and Bihan, T. Le (2002): A new distorted body-centered cubic phase of titanium (δ -Ti) at pressure up to 220 GPa, *J. Physics: Condens. Matt.*, 14, 10583-10588.
68. Kawamura, H., Akahama, Y., Umemoto, S., Takemura, K., Ohishi, Y. and Shimomura, O. (2002): X-ray powder diffraction from solid deuterium, *J. Physics: Condens. Matt.*, 14, 10407-10410.
69. Shindo, D., Yoshii, T., Akahama, Y. and Kawamura, H. (2002): Phase transition of solid CF₄ at high pressures, *J. Physics: Condens. Matt.*, 14, 10653-10656.
70. Umemoto, S., Yoshii, T. Akahama, Y. and Kawamura, H. (2002): X-ray diffraction measurements for solid methane at high pressures, *J. Physics: Condens. Matt.*, 14, 10675-10678.
71. Akahama, Y., Minamoto, Y. and Kawamura, H. (2002): X-ray powder diffraction study of CS₂ at high pressures, *J. Physics: Condens. Matt.*, 14, 10457-10460.
72. 赤浜裕一、川村春樹、Anil K. Singh : メガバール領域でのPtとAu圧力スケールのクロスチェックとBiの状態方程式、*高圧力の科学と技術*, 12, 63-68.
73. Tomioka, N., Fujino, K., Ito, E., Katsura, T. and Kato, T. (2002): Microstructures and structural phase transition in (Mg, Fe) SiO₃ majorite, *Eur. J. Mineral.* 14, 7-14.

74. Jiang, D., Fujino, K., Tomioka, N., Hosoya, T., and Das, K. (2002): High temperature X-ray diffraction study of enstatite up to the melting point. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 97, 20-31.
- (A03)
75. Katsura, T. (2002): Thermal diffusivity of forsterite at high pressures and high temperatures, *J. Mineral. Petrol. Sci.* 97, 238-240.
76. Ito, E. and Kubo, A. (2002): Sintered diamond and researches of the Earth's interior (in Japanese with English abstract), *Rev. High Press. Sci. Tech.*, 12, 104-111.
77. Akaogi, M., Tanaka, A. and Ito, E. (2002): Garnet-ilmenite-perovskite transitions in the system $Mg_4Si_4O_{12}$ - $Mg_3Al_2Si_3O_{12}$ at high pressures and high temperatures: phase equilibria, calorimetry and implications for mantle structure, *Phys. Earth Planet. Int.*, 132, 303-324.
78. Akaogi, M., Tanaka, A., Kobayashi, M., Fukushima, N. and Suzuki, T. (2002): High-pressure transformations in $NaAlSiO_4$ and thermodynamic properties of jadeite, nepheline, and calcium ferrite-type phase, *Phys. Earth Planet. Int.*, 130, 49-58.
79. Akaogi, M., Tanaka, A. and Ito, E. (2002): Garnet-ilmenite-perovskite transitions in the system $Mg_4Si_4O_{12}$ - $Mg_3Al_2Si_3O_{12}$ at high pressures and high temperatures: phase equilibria, calorimetry and implications for mantle structure, *Phys. Earth Planet. Int.*, 132, 303-324.
80. Walter, M. J., Katsura, T., Shinmei, T., Kubo, A., Nishikawa, O. Leshner, C. and Funakoshi, K. (2002): Spinel-garnet lherzolite transition in the system CMAS revised: an in situ X-ray study, *Geochem. Cosmochem. Acta* 66, 2109-2121.
81. Reynard, B., Kubo, A. and Akaogi, M. (2002): Raman spectra of ilmenite phases on the $MgSiO_3$ - $Mg_3Al_2Si_3O_{12}$ join, *Eur. J. Mineral.*, 14, 745-747.
82. Tanaka, I., Oba, F. Skine, T., Ito, E., Kubo, A., Tatsumi, K., Adachi, H. and Yamamoto, T. (2002): Hardness of cubic silicon nitride, *J. Mater. Res.*, 17, 731-733.
83. Furuichi, H., Jujii, N., Kanno, Y., Ito, E. and Tanaka, H. (2002): Amorphous silicon formation by shearing at ultrahigh pressure, *J. Non-Cryst. Solid*, 311, 104-106.
84. Navrotsky, A., Schoenitz, M., Kojitani, H., Xu, H., Zhang, J., Weidner, D.J., Akaogi, M. and Jeanloz, R. (2002): Aluminum in magnesium silicate perovskite: synthesis and energetics of defect solid solution, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, 718, 103-108.
85. Irifune, T. (2002): Application of synchrotron radiation and Kawai-type apparatus to various studies in high-pressure mineral physics. *Mineral. Mag.*, 66, 769-790.

(A04)

86. Hirose, K. (2002): Phase Transitions in Pyrolytic Mantle around 670-km Depth: Implications for Upwelling of Plumes from the Lower Mantle, *Journal of Geophysical Research*, 107, 10.1029/2001JB000597.
87. Hirose, K. and Fei, Y. (2002): Subsolidus and melting phase relations of basaltic composition in the uppermost lower mantle, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 66, 2099-2108.
88. Ono, S., Hirose, K., Murakami, M. and Isshiki, M. (2002): Post-stishovite phase boundary in SiO₂ determined by in situ X-ray determination, *Earth and Planetary Science Letters*, 197, 187-192.
89. Ono, S., Hirose, K., Nishiyama N., and Isshiki, M. (2002): Phase boundary between rutile-type and CaCl₂-type germanium dioxide determined by in situ X-ray observations, *American Mineralogist*, 87, 99-102.
90. Ono, S., Hirose, K., Kikegawa, T. and Saito, Y. (2002): The compressibility of a natural composition calcium ferrite-type aluminous phase to 70 GPa., *Phys. Earth Planet. Int.* 131, 311-318.
91. Ono, S., Hirose, K., Isshiki, M., Mibe, K. and Saito, Y. (2002): Equation of state of hexagonal aluminous phase of natural composition to 63 GPa., at 300K, *Physics and Chemistry of Minerals*, 29, 527-531.
92. Murakami, M., Hirose, K., Yurimoto, H., Nakashima, S. and Takafuji, N. (2002): Water in Earth's lower mantle, *Science*, 295, 1885-1887.
93. Ono, S., Suto, T., Hirose, K., Kuwayama, Y., Komabayashi, T. and Kikegawa, T. (2002): Equation of state of Al-bearing stishovite to 40 GPa. at 300K, *American Mineralogist*, 87, 1486-1489.
94. Omori, S., Kamiya, S., Maruyama, S. and Zhao, D. (2002): Morphology of the Intraslab Seismic Zone and Devolatilization Phase Equilibria of the Subducting Slab Peridotite. *Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo*, 76, 455-478.
95. Ueno, Y., Yurimoto, H., Yoshioka, H., Komiya, T. and Maruyama, S. (2002): Ion microprobe analysis of graphite from ca 3.8 Ga metasediments, Isua supracrustal belt, West Greenland: Relationship between metamorphism and carbon isotopic composition. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 66, 153-164.

2001年

(A01)

96. Ohtani, E. and Maeda, M. (2001): Density of Basaltic Melt at High Pressure and Stability of the Melt at the Base of the Lower Mantle, *Earth and Planetary Science Letters*, 193, 69-75.

97. Ohtani, E., Litasov, K.D., Suzuki, A. and Kondo, T. (2001): Stability field of new hydrous phase, δ -AlOOH, with implications for water transport into the deep mantle. *Geophys. Res. Lett.*, 28, 3991-3993.
98. Ohtani, E., Toma, M., Litasov, K., Kubo, T. and Suzuki, A. (2001): Stability of dense hydrous magnesium silicate phases and water storage capacity in the transition zone and lower mantle. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 124, 105-117.
99. 近藤忠 (2001): 地球・惑星中心核の結晶学. *日本結晶学会誌*, 43, 91-95.
100. 近藤忠, 八木健彦, 亀掛川卓美, 綿貫徹 (2001): DACを用いた放射光実験. "岩石鉱物科学", 30, 96-97.
101. Kondo, T. (2001): In-situ X-ray diffraction study with laser heated DAC, *Advanced Materials (ISAM 2001)*, 341-344.
102. Suzuki, A., Ohtani, E. and Kamada, T. (2001): A new hydrous phase δ -AlOOH synthesized at 21 GPa and 1000 °C. *Physics and Chemistry of Minerals*, 28, 364
103. 鈴木昭夫, 近藤忠, 大谷栄治 (2001): 顕微ラマン分光装置を使用した微量試料の解析. *岩石鉱物科学*, 30, 241-246.
104. Suzuki, A., Ohtani, E., Kondo, T., Kuribayashi, T., Niimura, N., Kurihara, K. and Chatake, T. (2001): Neutron diffraction study of hydrous phase G: hydrogen in the lower mantle hydrous silicate phase G. *Geophys. Res. Lett.*, 28, 3987-3990.
105. Yagi, T., Kondo, T., Watanuki, T., Shimomura, O. and Kikegawa T. (2001): Laser heated diamond anvil apparatus at the Photon Factory and SPring-8: Problems and improvements. *Rev. Sci. Inst.*, 72, 1293-1297.
106. Asahara, Y. and Ohtani, E. (2001): Melting relations of the hydrous primitive mantle in the CMAS-H₂O system at high pressures and temperatures, and implications for generation of komatiites. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 125, 31-44.
107. Litasov, K.D., Ohtani, E. and Taniguchi, H. (2001): Melting relation of hydrous pyrolite in CaO-MgO-Al₂O₃-SiO₂-H₂O system at the transition zone pressures. *Geophys. Res. Lett.*, 28, 1303-1306.
108. Litasov K.D., Ohtani, E. and Taniguchi, H. (2001): Phase diagram of pyrolite in the system CaO-MgO-Al₂O₃-H₂O at a pressure up to 25 Gpa. *Dokl. Earth Sci*, 379, 5, 543-545.
109. Litasov, K.D., Ohtani, E. and Dobretsov, N.L. (2001): Stability of hydrous phases in the earth's mantle. *Dokl. Earth Sci.*, 3784, 456-459.
110. Miyajima, N., Yagi, T., Hirose, K., Kondo, T., Fujino, K. and Miura, H. (2001): A host phase of aluminum and potassium in the Earth's lower mantle. *American Mineralogist*, 86, 740-746.

111. Miyajima, N., Yagi, T., Hirose, K., Kondo, T., Fujino, K. and Miura, H. (2001): Potential host phase of aluminum and potassium in the Earth's lower mantle. *American Mineralogist*, 86, 740-746.
112. Watanuki, T., Shimomura, O., Yagi, T., Kondo, T. and Isshiki, M. (2001): Construction of laser-heated diamond anvil cell system for in-situ X-ray diffraction study at SPring-8. *Rev.Sci. Inst.*, 72, 1289-1292.
113. Urakawa, S., Terasaki, H., Funakoshi, K., Kato, T. and Suzuki, A. (2001): Radiographic study on the viscosity of Fe-FeS melts at the pressure of 5 to 7 GPa. *Am. Mineral.*, 86, 578-582.
114. Terasaki, H., Kato, T., Urakawa, S., Funakoshi, K., Suzuki, A., Okada, T., Maeda, M., Sato, J., Kubo, T. and Kasai, S. (2001): The effect of temperature, pressure, and sulfur content on viscosity of the Fe-FeS melt. *Earth and Planetary Science Letters*, 190, 93-101.

(A02)

115. Akahama, Y., Kawamura, H. and Shimomura, O. (2001): Structural phase transition of solid oxygen at low temperature and high pressure, *Phys. Rev. B* 64 054105/1-6.
116. Akahama, Y., Umemoto, S., Takemura, K., Ohishi, Y. and Shimomura, O. (2001): X-ray powder diffraction from solid deuterium: *Solid State Commun.*, 119, 29-32.
117. Akahama, Y., Kawamura, H., and Le, B. Tristan. (2001): New δ (Distorted-bcc) Titanium to 220GPa, *Phys. Rev.* 87, 275503-1-275503-4.

(A03)

118. Katsura, T., Mayama, N., Shouno, K., Sakai, M., Yoneda, A. and Suzuki, I. (2001): Temperature derivatives of elastic moduli of modified spinel, *Phys. Earth Planet. Int.*, 24, 163-166.
119. Ono, S., Katsura, T., Ito, E., Kanzaki, M., Yoneda, A., Walter, M. J., Urakawa, S., Utsumi, W. and Funakoshi, K. (2001): In situ observation of ilmenite-perovskite phase transition in MgSiO₃ using synchrotron radiation, *Geophys. Res. Lett.*, 28, 835-838.
120. Ono, S., Urakawa, S., Utsumi, W. and Funakoshi, K. (2001): In situ observation of ilmenite-perovskite phase transition in MgSiO₃ using synchrotron radiation. *Geophys. Res. Lett.*, 28, 5, 835-838.
121. Sato, K. and Katsura, T. (2001): Experimental investigation on dolomite dissociation into aragonite + magnesite up to 8.5 GPa, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 184, 529-534.
122. Sato, K. and Katsura, T. (2001), Sulfur: a new solvent-catalyst for diamond synthesis under high pressure and high temperature conditions, *J. Crystal Growth*, 223, 189-194.

123. Ono, S., Ito, E. and Katsura, T. (2001): Mineralogy of subducted basaltic crust (MORB) from 25 to 37 GPa, and chemical heterogeneity of the lower mantle, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 190, 57-63.
124. Furuichi, H., Ito, E., Kanno, Y., Watanabe, W., Katsura, T. and Fujii, N. (2001): Amorphous copper formation and related phenomena at ultrahigh pressure, *J. Non-Crystal. Solid*, 279, 215-218.
125. Singoeikin, S. V., Bass, J. D. and Katsura, T. (2001): Single-crystal elasticity of γ -(Mg,Fe) $_2$ SiO $_4$ at high pressures and temperatures: implications for the 520 km discontinuity, *Geophys. Res. Lett.*, 28, 4335-4338.
126. Kojitani, H., Navrotsky, A. and Akaogi, M. (2001): Calorimetric study of perovskite solid solutions in the CaSiO $_3$ -CaGeO $_3$ system, *Phys. Chem. Minerals*, 28, 413-420.
127. 舟越賢一, 内海渉, 大高理, 入舩徹男, 井上徹, 伊藤英司, 桂智男, 久保敦, 廣瀬敬, 安東淳一, 鈴木昭夫, 久保友明, 寺崎英紀 (2001): マルチアンビルを用いた高温高压実験 -最近の成果-, *岩石鉱物科学*, 30, 102-103. 58.
128. Higo, Y., Inoue, T., Irifune, T., and Yurimoto, H. (2001): Effect of water on the spinel-postspinel transformation in Mg $_2$ SiO $_4$. *Geophys. Res. Lett.*
129. Ohtaka, O., Fukui, H., Kunisada, T., Fujikawa, T., Funakoshi, K., Utsumi, W., Irifune, T., Kuroda, K., and Kikegawa, T. (2001): Phase relation and equations of state of ZrO $_2$ under high temperature and high pressure. *Phys. Rev. B*, 63, 174108 (1-8).
130. Ohtaka, O., Fukui, H., Kunisada, T., Fujisawa, T., Funakoshi, K., Utsumi, W., Irifune, T., Kuroda, K., and Kikegawa, T. (2001): Phase relations and volume changes of hafnia under high pressure and high temperature. *J. Am. Ceram. Soc.*, 84, 1369-1373.

(A04)

131. Hirose, K., Komabayashi, T., Murakami, M. and Funakoshi, K. (2001): In Situ Measurements of the Majorite-Akimotoite-Perovskite Phase Transition Boundaries in MgSiO $_3$, *Geophys. Res. Lett.*, 28, 4351-4354. 82.
132. Hirose, K., Fei, Y. Ono, S. Yagi, T. and Funakoshi, K. (2001). In situ measurements of the phase transition boundary in Mg $_3$ Al $_2$ Si $_3$ O $_12$: implications for the nature of the seismic discontinuities in the Earth's mantle, *Earth and Planetary Science Letters*, 184, 567-573.
133. Li, J., Fei, Y., Mao, H., Hirose, K., and Shieh, S. (2001): Sulfur in the Earth's Inner Core, *Earth and Planetary Science Letters*, 193, 509-514.
134. Tsuchiya, T. and Kawamura, K. (2001): Systematics of elasticity: Ab initio study in B1-type alkaline earth oxides", *The Journal of Chemical Physics*, 114:10086-10093.

135. Kitajima, K., Maruyama, S., Utsunomiya, S. and Liou, J. G. (2001): Seafloor hydrothermal alteration at Archean mid-ocean ridge. *Journal of Metamorphic Geology*, 19, 583-600.
136. Liu, F., Z., Xu., Yand, J., Maruyama, S., Liou, J. G., Katayama, I. and Masago, H. (2001) :Mineral inclusions of zircon and UHP metamorphic evidence from paragneiss and orthogneiss of pre-pilot drillhole CCSD-PP2 in north Jiangsu Province, China. *Chinese Science Bulletin*, 46, 12, 1037-1042.
137. Liu, F., Xu, Z., Katayama, I., Yang, J., Maruyama, S. and Liou, J. G. (2001): Mineral inclusions in zircons of para- and orthogneiss from pre-pilot drillhole CCSD-PP1, *Chinese Continental Scientific Drilling Project. Lithos*, 59, 199-215.
138. Katayama, I., Maruyama, S., Parkinson, C.D., Terada, K. and Sano, Y. (2001): Ion microprobe U-Pb zircon geochronology of peak and retrograde stages of ultrahigh-pressure metamorphic rocks from the Kokchetav massif, northern Kazakhstan. *Earth and Planetary Science Letter*, 188, 185-198.
139. Ueno, Y., Isozaki, Y., Yurimoto, H. and Maruyama, S. (2001): Carbon isotopic signatures of individual Archean probable microfossils (?) from Western Australia. *International Geology Review*, 43, 196-212.
140. Pinti, D. L., Matsuda, J. and Maruyama, S. (2001): Anomalous xenon in Archean cherts from Pilbara Craton, *Western Australia. Chemical Geology*, 175, 387-395.
141. Liu, J., Ye, K., Maruyama, S., Cong, B. and Fan, H. (2001): Mineral Inclusions in Zircon from Gneisses in the Ultrahigh-pressure Zone of the Dabie Mountains, China. *The Journal of Geology*, 109, 523-535.
142. Ye, K., Liou, J., Cong, B. and Maruyama, S. (2001): Overpressures induced by coesite-quartz transition in zircon. *American Mineralogist*, 86, 1151-1155.
143. Shimizu, K., Komiya, T., Hirose, K., Shimizu, N. and Maruyama, S. (2001): Cr-spinel, an excellent micro-container for retaining the primitive melts - Implications for a hydrous plume origin for komatiites, *Earth and Planetary Science Letters*, 189, 177-188.
144. Tsuchiya, T. and Kawamura K. (2001): Systematics of elasticity: Ab initio study in B1-type alkaline earth oxides, *The Journal of Chemical Physics*, 114:10086-10093

2000年

(A01)

145. Kubo, T., Ohtani, E., Kato, T., Urakawa, S., Suzuki, A., Kanbe, Y., Funakoshi, K., Utsumi, W., and Fujino, K. (2000) : Formation of metastable assemblages and mechanisms of the grain-size reduction in the postspinel transformation of Mg₂SiO₄. *Geophys. Res. Lett.*, 27, 807-810.

146. Mori, S., Ohtani, E., Suzuki, A. (2000): Viscosity of the albite melt to 7 GPa at 2000K. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 175, 87-92.
147. Ohtani, E., Mizobata, H. and Yurimoto, H. (2000): Stability of dense hydrous magnesium silicate phases in the systems Mg₂SiO₄-H₂O and MgSiO₃-H₂O at pressures up to 27 GPa., *Phys. Chem. Minerals*, 27: 533-544.
148. Kudoh, Y., Kuribayashi, T., Mizobata, H., and Ohtani, E. (2000): Structure and cation disorder of hydrous ringwoodite, g-Mg_{1.89}Si_{0.98}H_{0.30}O₄, *Phys. Chem. Minerals*, 27, 474-479.
149. Suzuki, A., Ohtani, E., Morishima, H., Kubo, T., Kanbe, Y., Kondo, T., Okada, T., Terasaki, H. and Kikegawa, T. (2000): In situ determination of the phase boundary between wadslyite and ringwoodite in Mg₂SiO₄, *Geophys. Res. Lett.*, 27, 803-806.
150. Suzuki, A., Ohtani, E. and Kamada, T.A (2000): New hydrous phase delta-AlOOH synthesized at 21 GPa and 1000°C, *Phys. Chem. Mineral*, 27, 689-693.
151. Abe, Y., Ohtani, E., Okuchi, T., Righter, K. and Drake, M. (2000) : Water in the early Earth, In Origin of of the Earth and Moon, edited by R.M. Canup, K. Righter, *Arizona Univ. Press.* , pp 413-434.
152. Yamazaki, D., Kato T., Yurimoto, H., Ohtani, E., and Toriumi, M. (2000): Silicon self-diffusion in MgSiO₃ perovskite at 25 GPa, *Phys. Earthh and Planetary Inter.*, 119, 299-309.
153. Hamahata, Y. Ohtani, E., and Kawamura, K. (2000): Molecular dynamics simulation of the elasticity of MgSiO₃ perovskite and the temperature anomaly in the lower mantle, *Jour. Mineral. Petrol. Sciences*, 95, 236-244.
154. 近藤忠、八木健彦 (2000): ダイヤモンドアンビルセルとレーザー加熱法を用いた高温超高压実験、*圧力技術*、Vol.38, No.6、14-21.
155. Kondo, T., Yagi, T., Syono, Y., Noguchi, Y., Atou, T., Kikegawa, T. and Shimomura, O., (2000): Phase transitions of MnO to 137 GPa, *J. Appl. Phys.*, 87, 4153-4159.

(A02)

156. Funamori, N., Jeanloz, R., Miyajima, N., and Fujino, K. (2000): Mineral assemblages of basalt in the lower mantle. *J. Geophys. Res.*, 105, 26037-26043.
157. Oguri, K., Funamori, N., Uchida, T., Miyajima, N., Yagi, T., and Fujino, K. (2000): Post-garnet transition in a natural pyrope: a multi-anvil study based on in situ X-ray diffraction and transmission electron microscopy. *Phys. Earth Planet. Int.*, 122, 175-186.

158. Fujino, K., Miyajima, N., and Tomioka, N. (2000): Analyses of Ultrahigh Pressure Materials by an Analytical Electron Microscope. *The Review of High Pressure Science and Technology*, 10, 312-318 (in Japanese with English abstract).
159. Miura, H., Hamada, Y., Suzuki, T., Akaogi, M., Miyajima, N., and Fujino, K. (2000): Crystal structure of the Al-rich new high pressure form. *Amer. Mineral.*, 85, 1799-1803.
160. Tomioka, N., Mori, H., and Fujino, K. (2000): Shock-induced transition of NaAlSi₃O₈ feldspar into a hollandite structure in a L6 chondrite. *Geophys. Res. Lett.*, 27, 997-1000.
161. Akahama, Y. and Kawamura, H. (2000): Structural stability and equation of state of simple-hexagonal phosphorus to 280 GPa: phase transition at 262 GPa. *Phys. Rev.*, B61, 3139-3142
162. Nakano, K., Akahama, Y., Ohishi, Y. and Kawamura, H. (2000): Ruby scale at low temperature calibrated by the NaCl gauge: Wavelength shift of ruby R1 fluorescence line at high pressures and low temperatures; *Jpn. J. Appl. Phys.*, 39, 1249-1251.
163. Akahama, Y. and Kawamura, H. (2000): High-pressure infrared spectroscopy of solid oxygen, *Phys. Rev.*, B61, 8801-8805.
164. 藤野清志, 宮島延吉, 富岡尚敬 (2000) :分析電子顕微鏡による超高压物質の解析. *高圧力の科学と技術*, 10, 312-318. 43.

(A03)

165. Ito, E. (2000): Sintered diamond and development of lower mantle science, *J. Geophy.*, 109, 859-867.
166. Matsuzaka, K., Akaogi, M., Suzuki, T. and Suda, T. (2000): Mg-Fe partitioning between silicate spinel and magnesiow stite at high pressure: experimental determination and calculation of phase relations in the system Mg₂SiO₄-Fe₂SiO₄, *Phys. Chem. Minerals*, 27, 310-319.
167. Akaogi, M. (2000): Clues from a shocked meteorite, *Science*, 287, 1602-1603.
168. Koito, S., Akaogi, M., Kubota, O. and Suzuki, T. (2000): Calorimetric measurements of perovskites in the system CaTiO₃-CaSiO₃ and experimental and calculated phase equilibria for high-pressure dissociation of diopside, *Phys. Earth Planet. Int.*, 120, 1-10.
169. Suzuki, T., Akaogi, M. and Nakamura E. (2000): Partitioning of major elements between garnet-structured minerals and silicate melt at pressure of 3-15 GPa, *Phys. Earth Planet. Int.*, 120, 79-92.
170. Atake, T., Inoue, N., Kawaji, H., Matsuzaka, K. and Akaogi, M. (2000): Low temperature heat capacity of high-pressure phase of SiO₂, coesite, and calculation of the α-quartz-coesite equilibrium boundary, *J. Chem. Thermodynamics*, 32, 217-227.

171. Miura, H., Hamada, Y., Suzuki, T., Akaogi, M., Miyajima, N. and Fujino, K. (2000): Crystal structure of CaMg₂Al₆O₁₂, a new Al-rich high pressure form, *Am. Mineral.*, 85, 1799-1803.
172. Kubo, A. and Akaogi, M. (2000): Post-garnet transitions in the system Mg₄Si₄O₁₂-Mg₃Al₂Si₃O₁₂ up to 28 GPa: Phase relations of garnet, ilmenite and perovskite, *Phys. Earth Planet. Int.*, 121, 85-102.
173. Kubo, A., Yagi, T., Ono, S. and Akaogi, M. (2000): Compressibility of Mg_{0.9}Al_{0.2}Si_{0.9}O₃ perovskite, *Proc. Japan Acad.*, 76, 103-107.
174. Ito, E., Kubo, A., Katsura, T. and Walter, M. J. (2000): Melting experiment of lower mantle material, *Special Issue of THE REVIEW OF HIGH PRESSURE SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 10, 55.
175. Kubo, A., Ito, E., Katsura, T., Shinmei, T., Yamada, H., Kanzaki, M., Song, M.-S., Yoneda, A., Walter, M. J., Urakawa, S., Funakoshi, K., and Utsumi, W. (2000): Exploration of beta-Fe using multianvil with sintered diamond cubes, *Special Issue of THE REVIEW OF HIGH PRESSURE SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 10, 52.
176. Suematsu, H., Ito, T., Karppinen, M., Katsura, T. and Yamauchi, H. (2000): Peak effect in critical current density induced by oxygen deficiency in the CuBa₂Ca₃Cu₄O_{10+d} superconductor, *Supercond. Sci. Technol.*, 13, 1-6.
177. Tani, a., yamanaka, C., Ikeya, M., Ohtaka, O. and Katsura, T. (2000) : ESR study of a new electron center in synthetic stishovite, a high-pressure polymorph of silica, *Appl. Magn. Reson.*, 18, 559-564.
178. Fukui, H., Ohtaka, O., Nagai, T., Funakoshi, K., Utsumi, W. and Katsura, T. (2000), Melting of Portlandite up to 6GPa, *Phys. Chem. Mineral.*, 27, 367-370.
179. Ono, S., Ito, E., Katsura, T., Yoneda, A., Walter, M. J., Urakawa, S., Utsumi, W. and Funakoshi, K. (2000): Thermoelastic properties of high-pressure phase of SnO₂ determined by in situ X-ray observations up to 30 GPa and 1400 K, *Phys. Chem. Mineral.*, 27, 618-622.
180. Tani, A., Yamanaka, C., Ikeya, M., Ohtaka, O., Takada, M., Katsura, T. (2000), Optically stimulated luminescence (OSL) study of synthetic stishovite, *Radiat. Meas.*, 32, 473-477.
181. Irifune, T., Miyashita, M., Inoue, T., Funakoshi, K., and Utsumi, W. (2000) High-pressure phase transformation in CaMgSi₂O₆ and implications for origin of ultra-deep diamond inclusions, *Geophys. Res. Lett.*, 27, 3541-3544.

(A04)

182. Ye, K., Yao, Katayama, Y., Cong, I., Wang, Q., B. and Maruyama, S. (2000): Large areal extent of ultrahigh-pressure terrane of East China: new implications from coesite and omphacite inclusions in zircon of granitic gneiss. *Lithos*, 52, 157-164.
183. Hayashi, M., Komiya, T., Nakamura, Y. and Maruyama, S. (2000): Archean Regional Metamorphism of the Isua supracrustal belt, southern West Greenland: implications for a driving force for Archean plate tectonics. *International Geology Review*, 42, 1055-1115.
184. Kadarusman, A. and Parkinson, C. D. (2000) :Petrology and P-T evolution of garnet peridotites from central Sulawesi, Indonesia. *Journal of Metamorphic Geology, Special Issue on Garnet Peridotites and Ultrahigh Pressure Minerals, (Ed. Liou, J.G. and Carrswell, D. A.)*, 179-190.
185. Katayama, I., Parkinson, C. D., Okamoto, K. Nakajima, Y. and Maruyama, S. (2000): Supersilicic clinopyroxene and silica exsolution in UHPM eclogite and pelitic gneiss from the Kokchetav Massif, Kazakhstan. *American Mineralogist*, 85, (10), 1368-1374.
186. Parkinson, C. D. (2000): Coesite inclusions and prograde compositional zonation of garnet in whiteschist of the HP-UHPM Kokchetav massif, Kazakhstan: a record of progressive UHP metamorphism. *Lithos*, 52, 215-233.
187. Kaneko, Y., Terabayashi, M., Katayama, I., Yamamoto, H., Nakajima, Y., Ishikawa, M., Parkinson, C.D., Anma, R., Ota, T. and Maruyama, S. (2000): Geology of the Kokchetav UHP-HP massif, Kazakhstan, central Asia. *The Island Arc*, 9, 264-283.
188. Ota, T., Terabayashi, M., Parkinson, C. D. and Masago, H. (2000): Thermobaric structure of the Kokchetav Ultrahigh-pressure-high-pressure massif deduced from a north-south profile in the Kulet and Saldat-Kol regions, northern Kazakhstan. *The Island Arc*, 9, 328-357.
189. Masago, H. (2000): Metamorphic petrology of the Barchi-kol metabasites, western Kokchetav Ultrahigh-pressure-high-pressure massif, northern Kazakhstan. *The Island Arc*, 9, 358-378.
190. Okamoto, K., Liou, J. G. and Ogasawara, Y. (2000): Petrology of the diamond-grade eclogite in the Kokchetav massif, northern Kazakhstan. *The Island Arc*, 9, 379-399.
191. Katayama, I., Zayachkovsky, A. A. and Maruyama, S. (2000): Prograde P-T records from inclusions in zircons from Ultrahigh-pressure-high-pressure rocks of the Kokchetav massif, northern Kazakhstan. *The Island Arc*, 9, 417-427.
192. Maruyama, S. and Parkinson, C. D. (2000): Overview of the geology, petrology and tectonic framework of the high-pressure-ultrahigh-pressure metamorphic belt of the Kokchetav Massif, northern Kazakhstan. *The Island Arc*, 9, 439-455.

(シンポジウム)

- 平成12年6月25日～28日 地球惑星科学関連学会2000年合同大会、セッション「地球内部物性と深部構造」(地球内部物性・深部構造) 於：国立オリンピック記念青少年総合センター
- 平成13年2月21日～22日 平成12年度特定領域シンポジウム「プレート・マントル・核相互作用の超高压物質科学研究の現状と今後の研究戦略」於：東北大学工学部青葉記念会館
- 平成13年6月4日～8日 地球惑星科学関連学会2000年合同大会、セッション「地球内部科学：プレート・マントル・核の相互作用」(地球内部科学)、 於：国立オリンピック記念青少年総合センター
- 平成13年2月21日～22日 平成13年度特定領域シンポジウム「プレート・マントル・核相互作用の超高压物質科学研究の現状と今後の研究戦略」於：倉吉未来中心
- 平成14年5月27日～31日 地球惑星科学関連学会2000年合同大会、セッション、「超高压地球科学：プレート・マントル・核の相互作用」(超高压地球科学) 於：国立オリンピック記念青少年総合センター
- August 26-31, 2002 High Pressure Mineral Physics Seminar (HPMPS6) at Verbania, Italy. 平成14年8月26～31日にイタリアのVerbaniaにおいて、本特定領域と欧米の高圧研究者が共同で国際シンポジウム「High Pressure Mineral Physics Seminar (HPMPS6)」を行った。わが国からは、特定領域の関係を中心に約32名が参加し、欧米を合わせて、87名のシンポジウムを行った。その成果は領域代表者大谷がeditorの一人 (Co-editorは、Prof. Dave C. Rubie (Bayerisches Geoinstitute), Prof. Thomas Daffy (Princeton Univ)である) として、Elsevier出版社から国際誌Physics of the Earth and Planetary Interiorの特集号および単行本として出版予定である。現在、55編の論文が投稿され、査読作業が終盤を迎えている。2004年中には出版される見込みである。
- 平成14年11月29日 「超高压地球科学と物性科学」シンポジウム (第43回高压討論会3日目) 於：愛媛県県民文化会館
- 平成15年3月3日～4日 平成14年度特定領域シンポジウム「プレート・マントル・核相互作用の超高压物質科学: 研究のまとめと今後の研究戦略」
- September 14-16, 2003 International Workshop on High-pressure Mineral Physics and Geochemistry: Interaction of Plate, Mantle, and Core, and Global Circulation of the Earth Material, at SPring-8, JASRI, Sayo-cho, Hyogo, JAPAN.

8. 主要論文集 及び シンポジウムプログラム

8.-1 主要論文集

(A01)

1. Ohtani, E. and Maeda, M. (2001): Density of Basaltic Melt at High Pressure and Stability of the Melt at the Base of the Lower Mantle, *Earth and Planetary Science Letters*, 193, 69-75.
2. Kubo, T., Ohtani, E., Kondo, T., Kato, T., Toma, M., Hosoya, T., Sano, A., Kikegawa, T., and Nagase, T. (2002): Metastable garnet in oceanic crust at the top of the lower mantle, *Nature*, 420, 803.
3. Litasov, K., Ohtani, E., Langenhorst, F., Yurimoto, H., Kubo, T., Kondo, T. (2003): Water solubility in Mg-perovskites and water storage capacity in the lower mantle. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 211: 189-203.
4. Suzuki, A. and Ohtani, E. (2003): Density of peridotite melts at high pressure, *Phys. Chem. Minerals.*, 30: 449-456, doi 10.1007/s00269-003-0322-6.
5. Ohtani, E., Toma, M., Kubo, T., Kondo, T., and Kikegawa, T. (2003): In situ X-ray observation of decomposition of super hydrous phase B at high pressure and temperature. *Geophys. Res. Lett.*, 30 No.2, 1029, doi:10.1029/2002GL015549.
6. Kubo, T., Ohtani, E., and Funakoshi, K. (2004): Nucleation and growth kinetics of the α - β transformation in Mg_2SiO_4 determined by *in-situ* X-ray observations, *American Mineralogist*, 89, 285-293.
7. Ohtani, E., Litasov, K.D., Hosoya, T., Kubo, T. and Kondo, T. (2004): Water Transport into the Deep Mantle and Formation of a Hydrous Transition Zone, *Phys. Earth Planet. Inter.*, in press.
8. Asahara, Y., Kubo, T., and Kondo, T. (2004): Phase relations of a carbonaceous chondrite at lower mantle conditions, *Phys. Earth Planet. Inter.*, in press.
9. Kondo, T., Ohtani, E., Hirao, N., Yagi, T. and Kikegawa, T. (2004): Phase transitions of (Mg, Fe) O at megabar pressure, *Phys. Earth Planet. Inter.*, in press.
10. Hirao, N., Kondo, T., Ohtani, E., Takemura, K. and Kikegawa T., (2004): Compression of iron hydride to 80 GPa and hydrogen in the Earth's inner core, *Geophys. Res. Lett.*, in press (2004).

(A02)

1. Akahama, Y. and Kawamura, H. (2000): Structural stability and equation of state of simple-hexagonal phosphorus to 280 GPa: phase transition at 262 GPa; *Phys. Rev.*, B61, 3139-3142
2. Akahama, Y. and Kawamura, H. (2000): High-pressure infrared spectroscopy of solid oxygen, *Phys. Rev.*, B61, 8801 -8805.
3. Miura, H., Hamada, Y., Suzuki, T., Akaogi, M., Miyajima, N., and Fujino, K. (2000): Crystal structure of the Al-rich new high pressure form. *Amer. Mineral.*, 85, 1799-1803.
4. Akahama, Y., Kawamura, H., and Le, B. Tristan. (2001): New δ (Distorted-bcc) Titanium to 220GPa, *Phys. Rev.* 87, 275503-1-275503-4.
5. Akahama, Y., Kawamura, H. and Shimomura, O. (2001): Structural phase transition of solid oxygen at low temperature and high pressure, *Phys. Rev.* B64 054105/1-6.
6. Akahama, Y., Umemoto, S., Takemura, K., Ohishi, Y. and Shimomura, O. (2001): X-ray powder diffraction from solid deuterium; *Solid State Commun.*, 119, 29-32.
7. Akahama, Y., Kawamura, H. and Singh, A. K. (2002): Equation of state of bismuth to 220 GPa and comparison of gold and platinum pressure scales to 145 GPa, *J. Appl.Phys.*, 92, 5892-5897.
8. 赤浜裕一、川村春樹、Anil K. Singh : メガバール領域でのPtとAu圧カスケールのクロスチェックとBiの状態方程式、*高圧力の科学と技術*, 12 , 63-68.
9. Tomioka, N., Fujino, K., Ito, E., Katsura, T. and Kato, T. (2002): Microstructures and structural phase transition in (Mg, Fe) SiO₃ majorite, *Eur. J. Mineral.* 14, 7-14.
10. Kawamura, H., Akahama, Y., Ohishi, Y., Shimomura, O. and Takemura, K. (2003): Bulk modulus of solid deuterium at 15 K, *Chem. Phys. Lett.*, 372, 373-376.

(A03)

1. Kubo, A. and Akaogi, M. (2000): Post-garnet transitions in the system $\text{Mg}_4\text{Si}_4\text{O}_{12}\text{-Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ up to 28 GPa: Phase relations of garnet, ilmenite and perovskite, *Phys. Earth Planet. Int.*, 121, 85-102.
2. Akaogi, M. (2000): Clues from a shocked meteorite, *Science*, 287, 1602-1603.
3. Akaogi, M., Tanaka, A. and Ito, E. (2002): Garnet-ilmenite-perovskite transitions in the system $\text{Mg}_4\text{Si}_4\text{O}_{12}\text{-Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ at high pressures and high temperatures: phase equilibria, calorimetry and implications for mantle structure, *Phys. Earth Planet. Int.*, 132, 303-324.
4. Katsura, T., Yamada, H., Shinmei, T., Kubo, A., Ono, S., Kanzaki, M., Yoneda, A., Walter, M. J., Urakawa, S., Ito, E., Funakoshi, K. and Utsumi, W. (2003): Post-spinel transition in Mg_2SiO_4 determined by in situ X-ray diffractometry, *Phys. Earth Planet. Int.*, 136, 11-24.
5. Yoshino, T., Walter, M. J. and Katsura, T. (2003): Core formation triggered by grain boundary percolation, *Nature* 422, 154 –157.
6. Yoshino, T., Walter, M. J. and Katsura, T. (2003): Core formation triggered by grain boundary percolation, *Nature* 422, 154 –157.
7. Ito, E., Kubo, A., Katsura, T. and Walter, M. J. (2004): Melting Experiments of mantle materials under lower mantle conditions with Implication to Fractionation in magma ocean, submitted to New Developments in High Pressure Mineral Physics and Applications to the Earth's Interior, *Special Issue of, Phys. Earth Planet. Int.*, Guest Editors: D. Rubie, T. Duffy and E. Ohtani, in press.
8. Irifune, T., Kurio, A., Sakamoto, S., Inoue, T. Sumiya, H., and Funakoshi, K. (2004): Formation of pure polycrystalline diamond by direct conversion of graphite at high pressure and high temperature, *Phys. Earth Planet. Inter.*, in press.
9. Katsura, T., Funakoshi, K., Kubo, A., Norimasa, N., Tange, Y., Sueda, Y., Kubo, T., Utsumi, W. (2004): A large-volume high-pressure and high-temperature apparatus for in situ X-ray observation, 'SPEED-MK.II'. , *Phys. Earth Planet. Int.*, in press.
10. Nishiyama, N., Irifune, T., Inoue, T., Ando, J and Funakoshi, K. (2004), Precise determinations of phase relations in pyrolite across the 660 km seismic discontinuity by in situ X-ray diffraction and quench experiments., *Phys. Earth Planet. Inter.*, in press.

(A04)

1. Hirose, K., Komabayashi, T., Murakami, M. and Funakoshi, K. (2001): In Situ Measurements of the Majorite-Akimotoite-Perovskite Phase Transition Boundaries in MgSiO_3 , *Geophys. Res. Lett.*, 28, 4351-4354. 82.
2. Hirose, K., Fei, Y. Ono, S. Yagi, T. and Funakoshi, K. (2001). In situ measurements of the phase transition boundary in $\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$: implications for the nature of the seismic discontinuities in the Earth's mantle, *Earth and Planetary Science Letters*, 184, 567-573.
3. Shimizu, K., Komiya, T., Hirose, K., Shimizu, N. and Maruyama, S. (2001): Cr-spinel, an excellent micro-container for retaining the primitive melts - Implications for a hydrous plume origin for komatiites, *Earth and Planetary Science Letters*, 189, 177-188.
4. Murakami, M., Hirose, K., Yurimoto, H., Nakashima, S. and Takafuji, N. (2002): Water in Earth's lower mantle, *Science*, 295, 1885-1887.
5. Ono, S., Hirose, K., Kikegawa, T. and Saito, Y. (2002): The compressibility of a natural composition calcium ferrite-type aluminous phase to 70 GPa., *Phys. Earth Planet. Int.* 131, 311-318
6. Hirose, K. (2002): Phase Transitions in Pyrolitic Mantle around 670-km Depth: Implications for Upwelling of Plumes from the Lower Mantle, *Journal of Geophysical Research*, 107, 10.1029/2001JB000597.
7. Hirose, K. and Fei, Y. (2002): Subsolvus and melting phase relations of basaltic composition in the uppermost lower mantle, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 66, 2099-2108.
8. Murakami, M. and Hirose, K., Ono, S. and Ohishi, Y. (2003): Stability of CaCl_2 -type and α - PbO_2 -type SiO_2 determined by in situ X-ray observations *Geophys. Res. Lett.*, 30, 10.1029/2002GL016722.
9. Ono, S., Tsuchiya, T., Hirose, K., Ohishi, Y. (2003): New high-pressure form of pyrite-type germanium dioxide, *Physical Reviews B*, 68, 014103.
10. Ono, S., Tsuchiya, T., Hirose, K. and Ohishi, Y. (2003): Phase transition between the CaCl_2 -type and α - PbO_2 -type structures of germanium dioxide, *Physical Reviews B*, 68, 134108.

8.-2 シンポジウムプログラム

- 平成13年2月21日～22日 平成12年度特定領域シンポジウム
「プレート・マントル・核相互作用の超高压物質科学研究の現状と今後の研究戦略」於：東北大学工学部青葉記念会館
- 平成13年2月21日～22日 平成13年度特定領域シンポジウム
「プレート・マントル・核相互作用の超高压物質科学研究の現状と今後の研究戦略」於：倉吉未来中心
- 平成15年3月3日～4日 平成14年度特定領域シンポジウム
「プレート・マントル・核相互作用の超高压物質科学: 研究のまとめと今後の研究戦略」
- September 14-16, 2003 International Workshop on High-pressure Mineral Physics and Geochemistry: Interaction of Plate, Mantle, and Core, and Global Circulation of the Earth Material at SPring-8, JASRI, Sayo-cho, Hyogo, JAPAN.

本報告書収録の学術雑誌等発表論文は本ファイルに登録していません。なお、このうち東北大学在籍の研究者の論文で、かつ、出版社等から著作権の許諾が得られた論文は、個別に **TOUR** に登録しております。