

(様式 2)
議事録番号

提出 2011 年 1 月 24 日

会合議事録

研究会名：高圧物性科学研究会・地球惑星科学研究会の合同研究会

日 時：2011 年 1 月 5 日(水)、6 日(木)

場 所：SPring-8 普及棟 大講堂

出席者：計 5 2 名（参加者氏名は別紙記載）

議事録記載者：久保友明

議題：高圧物質科学研究および地球惑星科学研究に携わる研究者間の研究成果
および技術ノウハウの情報交換・共有化

議事内容：1 日目は高圧物性および地球惑星、高圧実験技術の最近の成果について
研究発表および討論を行なった。高圧物性および地球惑星の発表においても
測定手法および得られる情報について解説がなされ、高圧物性・地球惑星の分
野を越えて有益な情報交換がなされた。2 日目はビームライン報告および
SPring-8 次期計画についての講演が行なわれ、来年度の計画から中・長期的な
将来計画について議論が行なわれた。その後、各研究会の総会が行われた。

以下に別紙として、次の資料を添付する。

別紙 1 参加者氏名

別紙 2 地球惑星科学研究会 総会議事録

別紙 3 研究会プログラムおよび要旨集

出席簿

氏名	所属
青木 勝敏	日本原子力研究開発機構
赤浜 裕一	兵庫県立大学
朝原 友紀	大阪大学
石松 直樹	広島大学大学院
井上 徹	愛媛大学
入船 徹男	愛媛大
浦川 啓	岡山大学大学院
大石 泰生	高輝度光科学研究センター
太田 健二	東京工業大学
大高 理	大阪大学
大和田 謙二	日本原子力研究開発機構
鍵 裕之	東京大学
片山 芳則	日本原子力研究開発機構
川添 貴章	愛媛大学
河村 直己	高輝度光科学研究センター
神崎 正美	岡山大学
國本 健広	高輝度光科学研究センター
久保 友明	九州大学大学院
久米 徹二	岐阜大学
小木曾 哲	京都大学大学院
小林 寿夫	兵庫県立大学
齋藤 寛之	日本原子力研究開発機構
境 毅	東北大学
清水 克哉	大阪大学
鈴木 基寛	高輝度光科学研究センター
角谷 均	住友電気工業(株)
瀬戸 雄介	神戸大学

高橋 栄一	東京工業大学大学院
竹村 謙一	物質・材料研究機構
丹下 慶範	愛媛大学
千葉 文野	慶大
辻野 典秀	東京工業大学
寺崎 英紀	東北大学大学院
西山 宣正	愛媛大学
西原 遊	愛媛大学
樋口健介	原子力機構
肥後 祐司	高輝度光科学研究センター
平尾 直久	高輝度光科学研究センター
福井 宏之	兵庫県立大学
舟越 賢一	高輝度光科学研究センター
増田 亮	原子力機構
町田 晃彦	日本原子力研究開発機構
松井 正典	兵庫県立大学大学院
松岡 岳洋	高輝度光科学研究センター
水牧 仁一郎	財団法人高輝度光科学研究センター
村上 元彦	東北大学大学院
森 嘉久	岡山理科大学
山崎 大輔	岡山大学
吉田 雅洋	原子力機構
芳野 極	岡山大学
米田 明	岡山大学
綿貫 徹	原子力機構

計 52 名

提出 2011 年 1 月 24 日

会合議事録

研究会名：地球惑星科学研究会

日 時：2011 年 1 月 6 日(木)

場 所：SPring-8 普及棟大講堂

議題：

大型研究「高圧地球科学コンソーシアムの形成による地球惑星内部の解明」について

議事内容：

日本学術会議地球惑星科学委員会に申請された大型研究「高圧地球科学コンソーシアムの形成による地球惑星内部の解明」(代表：大谷、副代表・事務局：入船)について、入船より全体計画の概要報告があった。中核 6 拠点(東北大、東大、東工大、愛媛大、岡山大、IFREE)に加え、コンソーシアム共同利用施設、連携拠点(各大学)、連携企業も含めたコンソーシアムを形成し、超高压と量子ビームによる地球惑星深部研究を推進する計画である。ここでは、SPring-8 における放射光新 BL および地球惑星科学研究棟の建設、また J-PARC の中性子新 BL の高度化、超大型高压合成施設の建設、化学分析センターの設置などが計画されている。放射光新 BL 構想に関して、DAC については大石から、また MA については西山から、それぞれ現状と今後の検討課題について報告があった。また鍵から J-PARC の中性子 PLANET BL の高度化について報告があった。今回の報告をスタートとして、それぞれの計画事項について、建設計画や装置のスペック、取り組むべきサイエンスの詳細を検討していくこととなった。

**SPring-8 利用者懇談会 高圧物質科学研究会・地球惑星科学研究会
2010 年度合同研究会合**

会場: SPring-8 放射光普及棟 大講堂 および 中講堂

日時: 平成 23 年 1 月 5 日(水)13:00 ~ 6 日(木)12:45

プログラム

1 日目 (1 月 5 日)

13:00-13:05 開会挨拶(高圧物性代表 石松直樹)

13:05-14:25 セッション1「研究発表I(高圧物性)」(20 分×4) 座長: 綿貫 徹

○松岡岳洋(JASRI)

水素圧力媒体中にある金属水素化物に対する X 線回折と電気抵抗の同時測定
— 技術開発と FeH_x の結晶構造と電気伝導特性の相関 —

○小林寿夫(兵庫県立大)

強相関化合物における核共鳴散乱 - EuNiO_3 を中心として -

○久米徹二(岐阜大)

高圧力下における半導体クラスレート化合物のゲストラットリング振動と構造相転移

○千葉文野(慶応大)

液体 V 族の圧力誘起液液転移

14:25-14:45 休憩

14:45-16:05 セッション2「研究発表II(地球惑星)」(20 分×4) 座長: 山崎大輔

○村上元彦(東北大)

ブリルアン散乱法による下部マントル領域 MgO/Pv 弾性波速度測定

○境毅(東北大)

地球中心核物質の X 線非弾性散乱による音速測定

○小木曾哲(京都大)

微小領域分析で究める白金族元素の地球化学: 現状と今後の展望

○芳野極(岡山大)

マントル鉱物の電気伝導度の圧力依存性

16:05-16:25 休憩

16:25-17:45 セッション3「研究発表III(高圧実験技術)」(20 分×4) 座長: 松岡岳洋

○竹村謙一(物材機構)

静水圧はどこまで実現できるか?

○瀬戸雄介(神戸大)

デバイリングの二次元パターンフィッティングによる配向性評価手法の開発

○寺崎英紀(東北大)

高圧 X 線トモグラフィーによる高温高圧下の Fe-Ni-S 合金の 3 次元分布

○西原遊(愛媛大)

BL04B1 に設置した高圧変形装置

18:00-19:30 懇親会(於 SPring-8 食堂)

2日目 (1月6日)

9:00-10:00 セッション4:「BL 報告」(20分×3) 座長:久保友明

- 肥後祐司(JASRI):2010年度 BL04B1 ビームライン報告
- 大石泰生(JASRI):2010年度 BL10XU ビームライン報告
- 河村直己(JASRI):BL39XU ビームライン報告:圧力下の吸収測定の現状

10:00-11:00 セッション5:「SP8 次期計画」 座長:石松直樹

- 鈴木基寛(SP8 次期計画 WG):次期計画が目指す光科学(30分)
- フリーディスカッション(30分)

11:00-11:05 閉会挨拶(地球惑星代表 久保友明)

11:05-11:15 休憩

以下パラレルセッション

11:15-11:45 高圧物質科学研究会総会 於 中講堂

11:15-12:45 地球惑星科学研究会総会 於 大講堂

ポスター発表 (コアタイムを設けておりませんので、休憩時間などを利用して議論ください)

○太田健二(東工大)

FeOの金属転移

○E. Takahashi, T.Imai, Y.Tsumagari, N.Tsujino, ほか(東工大)

Experimental Study on formation of terrestrial planets using single
crystal diamond capsule

○神崎正美, 薛献宇(地球物質科学研究センター)

粉末 X線回折法と NMR 分光法による AlPO_4 高压未知相(3相)の結晶構造解析

○辻野典秀(東工大)

単色 2次元 X線回折を用いたカンラン石の粒成長

○川添貴章, 西原遊, 大内智博, 西山宣正, 肥後祐司, 舟越賢一, 入船徹男(愛媛大,
JASRI)

放射光単色 X線と D-DIA 型高压変形装置を用いた変形実験・応力測定における温度圧
力条件の 15 GPa・1700 K までの拡大

○朝原友紀(大阪大学)

高压下における氷 VII 相とその高压多形相の熱弾性的性質

次ページよりアブストラクト

水素圧力媒体中にある金属水素化物に対するX線回折と電気抵抗の同時測定 —技術開発、及び FeH_x の結晶構造と電気伝導特性の相関—

松岡岳洋, 平尾直久, 大石泰生(JASRI) 清水克哉(阪大極限セ)
町田晃彦, 青木勝敏(JAEA)

現在、鉄水素化物 FeH_x の高圧下における電気伝導特性の研究を進めている。 FeH_x はFeが3.5 GPaで水素化して合成されるが、常温常圧にクエンチすることができない。そのため、DACの試料室中に、電極を付けたFeを流体 H_2 とともに封じ込めて加圧する必要がある。しかし、従来用いてきた圧力下電気抵抗測定用の絶縁体ガスケット材料（c-BN等）では、高圧下で H_2 を試料室内に保持することが出来ない。これは H_2 がc-BN等の粒界から流出することに起因する。また、金属水素化物の物性研究で極めて重要となるのは、試料中の水素量 $x(=H/M)$ である。水素量が変われば結晶構造も電気伝導特性も変化する。したがって、結晶構造を確かめながら(x を見積ながら)、電気抵抗測定を行うことが不可欠になる。今回、ダイヤモンドパウダーにNaClを混合して圧縮形成したガスケットを開発し、 H_2 を封じ込めることに成功した。これを使用してX線回折と電気抵抗の同時測定を行い、 H_2 中にある FeH_x について、25 GPaまでの結晶構造と電気伝導特性の相関を明らかにした。講演では技術開発の詳細と得られた結果を報告する。

強相関化合物における核共鳴散乱 — EuNiO_3 を中心として —

小林 寿夫（兵庫県立大学）

$R\text{NiO}_3$ (R : 希土類, Y) は電荷移動型絶縁体と考えられ、温度による金属 - 絶縁体転移が観測される系として注目されてきた。この酸化物中で EuNiO_3 は、常圧力下 463 K で金属 - 絶縁体転移を示し、低温絶縁相 220 KにおいてNi磁気モーメントが反強磁性状態へと秩序化する。また 5.8GPa以上の高圧力を加えることにより、構造変態をとまわず反強磁性絶縁相を金属相へと制御することが可能である。そこで我々は、 EuNiO_3 の圧力誘起金属 - 絶縁体転移が反強磁性状態へおよぼす影響を、 ^{151}Eu 核をプローブとした高圧力・低温下 ^{151}Eu 核共鳴前方散乱分光法により研究を行っている。ここで、 Eu^{3+} イオンは非磁性状態であり、Ni 磁気モーメントの磁気秩序状態を観測するプローブとしては最適である。

5 K での ^{151}Eu 核共鳴前方散乱スペクトルの圧力依存性を図1に示す。圧力誘起金属 - 絶縁体転移(5.8 GPa)にともなう前方散乱スペクトルの変化はわずかであることから、金属相でも Ni 磁気モーメントの磁気秩序状態は保たれ、その磁気構造にも変化がないことが分かる。一方、10 GPa 以上では ^{151}Eu 核位置に内部磁場が存在せず反強磁性秩序の消失を示している。すなわち、 $R\text{NiO}_3$ は、加圧により構造変態・体積変化をとまわず金属 - 絶縁体、反強磁性量子臨界点を示すことが分かってきた。したがって、 $R\text{NiO}_3$ は、金属絶縁体転移と反強磁性量子臨界点が接近した状況で発現する物性に $3d$ 遷移金属原子の電子状態が如何に関与しているかを実験的に解明する系としては最適である。

(時間が許せば、高圧力下磁気コンプトン散乱の話題も提供します。)

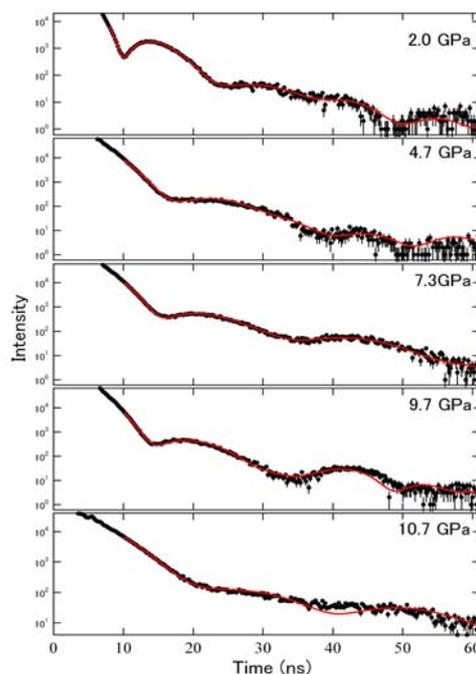


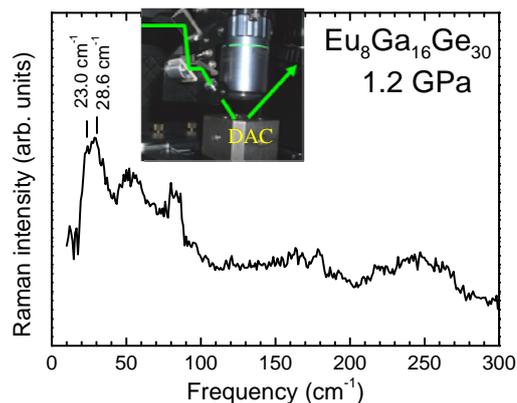
図1 ^{151}Eu 核共鳴前方散乱スペクトル

高圧力下における半導体クラスレート化合物のゲストラットリング振動と構造相転移

久米徹二、佐々木重雄、清水宏晏（岐阜大工）

Geをホストの主成分とするI型クラスレート（例えば、 $A_8Ga_{16}Ge_{30}$ ：A = Sr, Ba, Eu）は、ゲスト原子(A)がラットリング振動を提供する重要なモデル物質群として盛んに研究されてきた。加圧によるケージ収縮がゲスト原子のラットリング振動に与える影響を解明することは、ゲストホスト相互作用を知る上で非常に重要になる。

これまでに我々は、半導体クラスレートに対して、高圧XRD測定及びラマン散乱測定を行ってきた。本講演では、これまでの研究結果を整理し、ゲストホスト相互作用のケージサイズ依存性や高圧構造相転移を議論する。また、最近構築した擬似後方散乱配置による $Eu_8Ga_{16}Ge_{30}$ の高圧・低波数ラマン散乱実験を紹介する。



液体V族の圧力誘起液液転移

千葉 文野（慶大理工）

液体V族の構造の圧力変化で代表的な面白い結果としては、流体リン(P)の圧力誘起相転移[1]が広く知られており、P原子4つの P_4 で構成される四面体の分子性の流体に圧力をかけていくと、ネットワーク構造をもった高分子性液体に相転移するというものである。では、Pと同じ周期表V族に属する、ヒ素(As)の液体状態では、どのような圧力依存性がみられるであろうか。結晶では、圧力によって、3配位の「パイエルス歪」を持った構造が、6配位の単純立方構造に相転移する「圧力誘起パイエルス歪の解消」が知られる。液体においても、これに対応する構造変化があることを発見した[2]ので紹介する。このほかに、液体アンチモン、液体ビスマスについて、構造をエネルギー分散型X線回折によって高温高圧下で調べ、圧力-温度相図上の液体領域に境界線を引く試みを行っているので紹介したい。

[1] Y. Katayama, et al.: Nature 403, 170 (2000).

[2] A. Chiba et al.: Phys. Rev. B 80, 060201 (2009).

Brillouin 散乱分光法を用いた地球深部物質の音速測定

東北大学大学院理学研究科 村上元彦

地球深部を伝播する地震波速度データは地球の内部構造、鉱物学的モデルおよび弾性的性質に関して最も強い制約を与えるものの一つであると考えられる。したがって、地球深部に相当する条件において構成鉱物の弾性波速度を正確に決定することは地震波と直接比較ができるという意味で極めて重要である。

近年の高圧実験技術の発達により、放射光を用いた X 線回折実験が地球深部条件まで可能になり、現在では比較的容易に様々な地球深部物質の圧縮曲線の決定が行われるようになってきている。このため圧縮曲線から求まる密度と地震波の比較からこれまで地球深部マンツルの鉱物学的モデルの議論が多くなされてきたが、地震波モデルとの比較という意味では「密度」からの制約は非常に弱く、実験上のエラーを考慮すると鉱物学的モデルを決定することは困難と言わざるを得ない。

地球マンツルの鉱物学的モデルに関しては、我々が地上で手にすることができる岩石試料の地球化学的、岩石学的な研究により、少なくとも上部マンツルの最上部はパイロライト的(カンラン岩的)な全岩組成を持つものと考えられているが、それ以深における鉱物学的モデルへの制約、特に地球下部マンツルの鉱物学的モデルに関しては、弾性波速度実験データの欠如により、非常に弱いものであった。

近年、レーザー加熱式ダイヤモンドアンビルセルとブリルアン散乱分光法を組み合わせて 1Mbar を越えるような地球深部条件における弾性波速度測定技術の開発が行われ、現在までに地球下部マンツルの主要構成鉱物と考えられる MgSiO_3 ペロブスカイト(及び MgSiO_3 ポストペロブスカイト相)と MgO について地球最下部マンツルにおける圧力条件までの弾性波速度の決定に至っている。上記の結果から導かれる下部マンツルの鉱物学的モデルは、従来パイロライト的と考えられていたものとは大きく異なり、ペロブスカイト相が 9 割を占めるペロブスカイト(ペロブスカイト岩)的なモデルを強く示唆することとなった。

上記した弾性波速度測定では、 MgSiO_3 ペロブスカイトおよび MgO の単純成分における結果であるため、実際には有意に含有される「Fe」の効果、あるいは下部マンツルにおける「温度」条件での効果は理論的な研究から予想される物性パラメータを使用せざるを得なかったため、実際のマンツルの条件(多成分、高温条件)を再現した場合に不確定性が残る。

この結果を受けて、我々はこのペロブスカイト岩的な下部マンツルモデルのより詳細な検証をおこなうために、地球下部マンツル構成鉱物の弾性波速度の組成依存性および温度依存性の解明に向けて現在研究に取り組んでいる。

弾性波速度の組成依存性に関しては、 $(\text{Mg,Fe})\text{O}$ フェロペリクレス相の最下部マンツル圧力条件における弾性波速度測定を行った。 $(\text{Mg,Fe})\text{O}$ フェロペリクレス相においては、近年下部マン

トル中部付近の圧力条件で鉄のスピンの転移が起こることが発見され、それ以降スピンの転移に伴う物性変化に関して多くの注目が集まっているが、本研究ではスピンの転移における弾性波速度の挙動および、低スピン状態の本相の弾性波速度プロファイルの変化に注目して測定を行った。

そして、弾性波速度の温度依存性に関しては、現在 SPring-8 BL10XU に導入された高温高圧条件での弾性波速度測定および X 線回折同時測定システムについて紹介し、下部マントル深部に相当する温度圧力条件における測定の現状について発表を行う。以上の研究結果をまとめ、地球下部マントルのより詳細な鉱物学的モデルについて議論を行う予定である。

地球中心核物質のX線非弾性散乱による音速測定

境 毅(東北大)

地球核の構成を解明するには、核の温度圧力条件における密度とともに地震波速度の情報が不可欠である。しかしながら、核を構成する金属鉄合金の密度・状態方程式の情報に比べて、地震波速度についての情報は非常に限られている。本研究では、地球核を構成すると考えられるhcp構造の金属鉄および $\text{Fe}_{0.83}\text{Ni}_{0.09}\text{Si}_{0.08}$ 合金の音速(縦波速度)を高分解能非弾性散乱法によって、100 GPaを超える圧力条件まで測定した。

測定は、分光器に取り付けられた12個(縦3個×横4個)のアナライザーによって $3.3\sim 12.5\text{nm}^{-1}$ の間の移行運動量 Q に対して行われ、多結晶体である試料の縦波に対応するフォノンモードのエネルギーピークが明瞭に認められた。それぞれの移行運動量に対するフォノンのエネルギーは、測定データをガウス関数で近似して求めた。測定によって得られた移行運動量に対するエネルギー値は、Fiquet et al. (2001)にしたがって分散曲線を正弦曲線として最小二乗法で近似して V_p および Q_{\max} のパラメーターを決定した。

微小領域分析で究める白金族元素の地球化学：現状と今後の展望

小木曾 哲(京都大学大学院人間・環境学研究科)・鈴木 勝彦(IFREE, JAMSTEC)

丸岡 照幸(筑波大学大学院生命環境科学研究科)・西尾 嘉朗(JAMSTEC高知コア研究所)

白金族元素は、地球の層構造の形成過程と、その後の化学的進化を解明する上で重要な鍵となる元素群であるが、その地球化学的な挙動には未解明な部分が多い。我々は、地球内部や隕石中における白金族元素のホスト相を特定することで、白金族元素の挙動解明の手掛かりを得ることを目指している。これまでに、マイクロXRF・X線CT・ラミノグラフィー等の手法を用いて、様々な岩石試料中で白金族含有相を発見・記載する試みを続けてきた。そして、マントルカンラン岩中から、Fe-Ni-Cu硫化鉱物やガラス包有物に伴う $1\sim 10\mu\text{m}$ 程度の微小な白金族鉱物を発見した。今後は、これらの白金族鉱物の相同定と三次元形態の解析を行っていく予定である。また、隕石衝突によって形成されたと考えられている白亜紀-第三紀境界の粘土層から、銀を含む微小鉱物を発見した。この地層中では、銀の濃度とイリジウムの濃度との間に強い正の相関があることがわかっている。このことは、発見された銀濃集相が、イリジウムとともに隕石からもたらされた可能性を示している。今後は、銀濃集相を手掛かりに、隕石起源の白金族元素の在処を探索する予定である。

川井型プレスを用いたマントル鉱物の電気伝導度の圧力依存性の精密決定

芳野 極

岡山大学地球物質科学研究センター

マントル鉱物の電気伝導度の知識は、地球内部の構造や組成を知る上で非常に重要である。電気伝導度特性は、特に、通常のマントル鉱物に含まれる鉄や構造式に水素を含まないようなマントルの主要鉱物中に微量に水が存在するとき、電気伝導度は非常に敏感であるので、弾性的特性で得ることが難しい情報を地球電磁気学的観測の結果と比較することにより得ることが出来る。さらに、鉄のスピン転移といった結晶内の電子構造の変化にも敏感である。マントル全体の電気伝導度構造を実験データから構築するためには、電気伝導度への圧力効果を考える必要がある。本発表では、川井型マルチアンビル装置を用いて SPring8 のビームライン BL04B1 で得られた①フェロペリクレースのスピン転移圧力への鉄の量の依存性、②オリビン・リングウッダイトのホッピング伝導(小さなポーラロン)の圧力依存性に関する2つの話題を紹介する。

① フェロペリクレースのスピン転移圧力への鉄の量の依存性

フェロペリクレースは下部マントルの主要構成鉱物の1つであり、その物性の知識は下部マントルのダイナミクスを考える上で重要である。フェロペリクレースは圧力誘起の鉄のスピン転移が下部マントル圧力で起こることが知られており、鉄の量の減少につれスピン転移圧力が減少する傾向が知られてきている。下部マントル最上部のフェロペリクレースは比較的鉄の量が少ないと考えられているが、少量のフェロペリクレースのスピン転移圧力は、検出が難しいために正確に決まっていない。ホッピング伝導による電気伝導度はスピン転移に敏感であるので、フェロペリクレースの電気伝導度の圧力効果を調査することは、鉄の量の関数としてスピン転移圧力変化を検出するのに適した方法である。また、鉄の量の少ない試料は、抵抗が高くなるため、DAC では測定できないが、大容量の川井型プレスでは試料サイズが大きいので測定が可能である。

実験は5種類の鉄の量の異なるフェロペリクレースを出発物質として用いて、高圧力を発生するために2段目アンビルに焼結ダイヤモンドを用いて行った。フェロペリクレースの電気伝導度は、25GPa 程度までは圧力の増加に伴い増加した。しかしながら、最も鉄の量の少ない試料(XFe=0.07)の電気伝導度は、30GPa 程度で一度減少し、その後40GPa 程度でまた上昇に転じた。これは、スピン転移によるものと考えられる。一方、鉄の多い試料(XFe=0.24)は50GPa まで電気伝導度の減少は認められなかった。以上の結果から、スピン転移圧力はフェロペリクレースの鉄の量が増加するにつれて増加することが示唆される。

②オリビン・リングウッダイトのホッピング伝導(小さなポーラロン)の圧力依存性

マントルを構成する珪酸塩鉱物の電気伝導度は、水が存在しない場合、主に鉄の量に依存した小さなポーラロン伝導に支配されていると思われる。小さなポーラロン伝導は鉄の2価、3価の間の

電子ホールのホッピングによって起こる電荷移動機構である。電子ホッピングは、高圧になるにつれ、異なる価数のサイト間距離が縮まることにより促進されるので、負の活性化体積をもつと考えられる。しかしながら、オリビンでは逆に正の活性化体積が報告されてきた。これらの実験は、加重一定の下で徐冷しながら測定された結果であるので、圧力一定の実験ではないため、圧力一定を仮定して求められた活性化体積は大きな誤差を含んでいる。上部マントルにおいてもっとも豊富な鉱物であるオリビンは、広い圧力範囲で安定であるため、マントルの電気伝導度構造を理解するうえでオリビンの電気伝導度の圧力依存性を調査した。

試料は微量な水の存在下でもホッピング伝導を検出できるように、鉄を多く含むオリビン多結晶体を用いた。実験は荷重一定で温度を上下させながら、インピーダンススペクトルを取得すると同時に圧力決定を行い、徐々に荷重を増加させながら、幅広い圧力範囲で行った。電気伝導度は概して圧力の増加に伴い、増加する傾向がオリビンでもリングウッドイトでも認められ、ホッピング伝導は負の活性化体積を持つことが明らかとなった。

静水圧はどこまで実現できるか？

竹村謙一 (物質・材料研究機構)

高圧実験における静水圧性の重要性は多くの人々が認識している。しかし、すべての物質が固体となる温度・圧力領域では、高圧実験は必然的に固体圧縮となり、理想的な静水圧環境は実現できない。一方、ダイヤモンドアンビルセルへのガス充填技術の普及により、現在では多くの人々がヘリウムを圧力媒体とした準静水圧実験を行うようになった。ヘリウムは室温、約12 GPa で固化するが、固体ヘリウムはたいへんやわらかく、ある程度の圧力まで準静水圧環境を提供する。ヘリウム圧力媒体は、準静水圧性以外にも多くのすぐれた特長を兼ね備えており、10 GPa 以上の圧力領域ではおそらく最良の圧力媒体であろう。しかし、実験を重ねるたびにその限界もまた明らかになりつつある。いくつかの例を紹介しながら、ヘリウム圧力媒体の問題点とそれを克服する試み、応力状態の評価、そして静水圧と非静水圧をどのように考えるべきかについてお話したい。

デバイリングの二次元パターンフィッティングによる配向性評価手法の開発

瀬戸雄介 (神戸大・院・理)

平面検出器(IPやCCDなど)を用いた角度分散透過X線回折実験は光学系が簡便であり、多結晶試料の評価に広く利用されている。撮像したデバイリング図形は相同定や格子定数の測定のために一次元化して角度(2θ)—強度プロファイルに変換することが多いが、この際に二次元の強度分布が含んでいる結晶の配向性や粒子サイズに関連する情報は失われてしまう。配向性や粒子サイズはその結晶集合体のバルク物性に大きな影響を及ぼす本質的に重要な要素である。

そこで本研究では、コンピュータ上で模擬的な多結晶試料の方位分布を再現し、実際の撮像図形と一致するように分布モデルを改良することによって選択配向の情報を抽出するソフトウェアを開発した。テスト用試料として、貝骨格を構成するアラゴナイト、DACで一軸圧縮したRe(ガスケット材)、CaIrO₃、CsIなどを用いて解析を行ったところ、他手法によるデータと概ね整合的な結果が得られることがわかった。今後、二次元・全回折パターンフィッティング手法は粉末試料解析の新展開を拓く有力な候補と考えられる。発表では具体的なアルゴリズム(局所解に収束せず、かつ収束速度上げる工夫)と解析例を紹介する。

高圧X線トモグラフィーによる高温高圧下のFe-Ni-S合金の3次元分布

寺崎 英紀 (東北大・理)、浦川 啓、中塚 明日美(岡山大・理)、上杉 健太郎、舟越 賢一 (JASRI)、岡本義広(兵庫県立大・理)、大谷 栄治(東北大・理)

我々はX線トモグラフィー測定用に水平開口角が広い高圧プレスを開発し、トモグラフィー専用ビームライン(BL20B2)に設置して高温高圧下でのトモグラフィー測定を行っている(Urakawa et al. 2010)。これにより、高温高圧下における試料の三次元分布、体積といった情報が明らかとなる。本研究では高温高圧下におけるマントル鉱物中の鉄合金融体の浸透性、すなわち惑星内部の核-マントル分離様式を解明することを目的とし、かんらん石中のFe-Ni-S融体の高温高圧その場X線トモグラフィー測定を行い、Fe-Ni-S融体の3次元分布を測定した。実験は3.0 GPa, 1273 Kまでの温度・圧力条件で行い、融体の浸透度に与える圧力の効果を調べた。単色X線のエネルギーには透過率を確保し試料のコントラストが最も得られる30 keVを用いた。圧力が2.5 GPa以下の条件では高温保持中にFe-Ni-S融体の移動がおき、融体が成長していく様子が観察された。

BL04B1に設置した高圧変形装置

西原遊, 西山宣正, 川添貴章, 入船徹男(愛媛大学), 舟越賢一, 肥後祐司(JASRI)

BL04B1, ステーション2では、2002年にマルチアンビル型高圧発生装置SPEED-Mk.II が設置されて以降、多くのユーザーによって重要な成果が生み出されてきた。愛媛大学グループは2010年夏にPU課題に関連したビームラインの高度化の一環として、SPEED-Mk.IIのガイドブロックの交換を行った。愛媛大学から移設した新しいMADONNAガイドブロックは、上下の1段目アンビルを独立に駆動する差動ラムを内蔵しており、同時に移設した差動ラム油圧系と組み合わせることでDIA型変形実験装置として機能する。この新しいガイドブロックの導入により、従来の高精度な加圧に加えて高圧変形実験を行うことが可能となった。今後この装置の利用により、高圧変形その場観察実験による地球深部レオロジーの研究や、高圧下での周期的変形実験による地球深部での非弾性的性質の研究の展開が期待される。本講演では、装置の概要の紹介とこれまでに得られた高圧変形その場観察実験の予察的結果の報告に加えて、この装置を用いた研究の今後の展望について議論する。

2010年度 BL39XU ビームライン報告：高圧下X線分光測定の実況

河村直己 (JASRI/SPring-8)

BL39XU では、X線分光法 (X線吸収(XAS), X線磁気円二色性 (XMCD), X線発光分光 (XES) など) を用いた元素選択的な電子状態・磁気状態の研究が盛んに行われている。2009 年度に 10 μm 以下に集光可能な Karkpatric and Baez (KB) ミラーが導入され、高圧下X線分光 (XAS, XMCD) 測定に対する統計精度の格段の向上し、測定時間も大幅に短縮されるようになった。その結果、170 GPa の超高圧下で 10^{-4} オーダーの XMCD 信号の検出に成功し、また 3*d* 遷移金属や 4*f* 希土類元素を含む強磁性体に対する複合環境 (低温・強磁場・高圧) 下での XMCD 測定を中心に多くの成果が得られている。

本講演では、BL39XU の光学系および試料環境を中心に高圧下X線分光測定の実況について、最近の研究成果を交えて紹介する。