

議事録番号

提出 2018 年 10 月 9 日

## 会合議事録

研究会名：地球惑星科学研究会・高圧物質科学研究会・コヒーレント X 線物質科学研究会 合同研究会

日 時：2018 年 8 月 24 日 13 時～8 月 25 日 11 時 45 分

場 所：兵庫県立大学 姫路工学キャンパス A 棟 2 階 小講義室 I\_A204 室

出席者：(議事録記載者に下線)

赤浜 裕一 (兵庫県立大学)、荒木 涼馬 (兵庫県立大学)、石松 直樹 (広島大学)、宇野 和仁 (兵庫県立大学)、浦川 啓 (岡山大学)、大石 泰生 (JASRI)、大内 智博 (愛媛大学)、大川 翼 (兵庫県立大学)、大川 直樹 (兵庫県立大学)、太田 健二 (東京工業大学)、大和田 謙二 (量研)、尾崎 典雅 (大阪大学)、小澤 芳樹 (兵庫県立大学)、片山 芳則 (量研)、鹿山 雅裕 (東北大学)、河口 沙織 (JASRI)、川添 貴章 (広島大学)、國本 健広 (愛媛大学)、小池 真司 (NTT)、河野 義生 (愛媛大学)、齋藤 寛之 (量研)、坂巻 竜也 (東北大学)、佐藤 豊人 (東北大学)、重政 和祐 (兵庫県立大学)、新名 良介 (東京大学)、高橋 幸生 (大阪大学)、谷上 真惟 (兵庫県立大学)、丹下 慶範 (JASRI)、辻野 典秀 (岡山大学)、寺澤 倫孝 (兵庫県立大学)、中尾 敏臣 (大阪大学)、中田 亮一 (海洋研究開発機構)、西 真之 (愛媛大学)、新田 清文 (JASRI)、野牛 政伸 (兵庫県立大学)、平尾 直久 (JASRI)、肥後 祐司 (JASRI)、福井 宏之 (兵庫県立大学)、福岡 宏 (広島大学)、舟越 賢一 (総合科学研究機構)、堀田 善治 (九州大学)、町田 晃彦 (量研)、水上 雄太 (東京大学)、水牧 仁一朗 (JASRI)、村上 心 (兵庫県立大学)、森 嘉久 (岡山理科大学)、山上 皓暉 (兵庫県立大学)、山崎 裕一 (物質・材料研究機構)、遊佐 斉 (物質・材料研究機構)、芳野 極 (岡山大学)、米田 明 (岡山大学)、綿貫 徹 (量研)  
計 52 名

議題：

- (1) 研究開発成果の展開 -最近のトピックから
- (2) 新分野、新領域に関する研究開発ニーズの収集
- (3) 施設報告

#### (4) 総合討論

議事内容：

今回、地球惑星科学研究会の推薦で4件、高压物質科学研究会の推薦で4件、コヒーレント X 線物質科学研究会の推薦で2件、計10件の講演が「研究開発成果の展開 -最近のトピックから」ならびに「新分野、新領域に関する研究開発ニーズの収集」を目的として行われ、さらに BL04B1、BL10XU からの施設報告がなされた。

##### 1. 火星隕石の XAFS について 中田 亮一氏 (海洋研究開発機構)

火星の地殻・マントルの酸素雰囲気理解及び、火星表層環境の酸化還元状態の変遷を解明するために、火星隕石中の衝撃ガラスや硫化物に対する X 線吸収分光測定を行った結果を紹介した。SPring-8 における X 線吸収分光ビームラインの新たな応用例と考えられ、火星に関する最新の研究成果を知ることができた。

##### 2. 月隕石中の水について 鹿山 雅裕氏 (東北大学)

月が保持する水の量を知ることは月の起源や内部構造への理解のために必要なだけでなく、月探査時に利用できる水資源の確保という観点からも重要な研究テーマである。本講演では、月起源の隕石の放射光分析の結果を示し、月内部の水の存在量とその起源に関する考察を紹介していただいた。

##### 3. 290GPa までの鉄の融点測定について 新名 良介氏 (東京大学)

鉄は地球の核の主成分であるため、鉄の融点の情報は核の温度を推定する上でもっとも重要である。しかしながら、報告されている鉄の融点には研究グループ、研究手法の違いによって、非常に大きな隔りがある。本講演では内部抵抗加熱方式という手法を用いた新たな鉄の融点決定法に基づいて決定された、地球内核境界の圧力に迫る 290 GPa までの鉄の融点が発表された。

##### 4. 水素とインジウムの高圧 X 線回折研究について 赤浜 裕一氏 (兵庫県立大学)

格子が収縮した高压下では内部エネルギーの増加により常圧とは異なる結晶構造と電子状態をとる。特に周期律表の単体元素の温度-圧力相図作成は高压科学の重要テーマの一つである。本講演では超高压下で金属化と超伝導転移が期

待されている固体水素について第 III 相までの粉末 X 線回折実験の成果、および圧力増加に対して別の結晶構造を経て元の結晶構造へ再び戻る特異な構造相転移を示すインジウムに関して最新の成果が発表された。

#### 5. 顕微分光イメージング法について 新田 清文氏 (JASRI)

高圧物性や地球惑星科学では、これらの分野で取り扱う微小試料に対して電子状態と局所構造の情報が同時に得られる XAFS への関心が高まっている。このため、この講演では新田氏が管理している分光分析ビームライン BL37XU のスペックおよび顕微分光 XAFS 測定の現状および成果について講演頂いた。特に、顕微分光 XAFS の手法として、微小ビームスキニングによる XAFS の 2D・3D マッピングとコヒーレント X 線の回折イメージングを用いた XAFS 測定について紹介された。

#### 6. 新規水素化物探索研究における未知結晶構造解析について 佐藤 豊人氏 (東北大学)

佐藤氏は錯体水素化物を中心に新規水素化物探索を行っており、その一例として  $\text{LaMg}_2\text{Ni}$  水素化物における構造解析について紹介がなされた。X 線回折と中性子回折を合わせることで水素位置を含めた構造決定を行っているが、さらに中性子非弾性散乱による振動モード解析により水素の結合状態まで明らかにしている。 $\text{LaMg}_2\text{Ni}$  は水素化によって  $\text{LaMg}_2\text{NiH}_7$  を形成するが、このとき水素は共有結合状の錯イオン  $[\text{NiH}_4]^+$  と 3 つの  $\text{H}^-$  であり、それに至る中間状態の  $\text{LaMg}_2\text{NiH}_{4.6}$  では  $[\text{NiH}_4]^+$  の前駆体が形成されることや  $\text{H}$  も原子状であることを報告された。佐藤氏の行っている解析方法、思想は水素化物以外にも適用が可能であり、高圧下の構造研究にも有効である。

#### 7. スパースモデリングを活用したコヒーレント軟 X 線回折磁気イメージングについて 山崎 裕一氏 (NIMS)

軟 X 線領域は 3d 遷移金属の L 吸収端を含むことから興味ある物質系の磁気情報を得る事が出来る。山崎氏らのグループは磁気スキルミオン由来のコヒーレント回折像を取得し位相回復することに成功したことが報告された。さらに事前情報としてスキルミオンの密度が少ないことを利用し (スパースモデリング)、位相回復計算の収束の安定性を図ることに成功したことが報告された。今後、スキルミオンの実空間ダイナミクスの計測を目指すことが紹介された。

## 8. 施設報告 (BL04B1, BL10XU)

施設報告として BL04B1 を JASRI の肥後氏、BL10XU は JASRI の平尾氏に説明いただいた。新たにインストールした設備や装置の改良、課題の採択率、論文数などの報告があった。

## 9. 高圧巨大ひずみ加工による材料改質について 堀田 善治氏 (九州大学)

金属材料に高圧下において巨大な歪を加えることで、加工前とは異なる物性を示すようになる。演者は High-Pressure Torsion 法および High-Pressure Sliding 法という歪加工法を利用し、軽量合金や水素貯蔵合金の性能向上を行った結果を紹介した。

## 10. Fe(Se, S) の高圧下新規超伝導相について 水上 雄太氏 (東京大学)

鉄系の超伝導体について概要を述べられた後、FeSe の超伝導研究に関しての最近の成果について紹介がなされた。FeSe では物理的圧力と Se を S で置換する化学圧力とではその効果が異なり、物理圧力では電子ネマティック相が抑制されるとともに反強磁性相が出現して  $T_c$  も上昇するが、S 置換では電子ネマティック相が抑制されるが磁性相は出現しない。この二つの圧力効果を組み合わせることで、電子ネマティック相と磁性相の両方が出現しない超伝導相を発見したことが報告された。FeSe<sub>0.92</sub>S<sub>0.08</sub> で結晶構造を調べた結果、磁性相で構造相転移が観測されたがその下の超伝導転移では構造相転移が起こらないこと、電子ネマティック相と磁性相の両方が出現しない超伝導相でも構造相転移が起こらないことを明らかにした成果を紹介された。

## 11. X線タイコグラフィ技術の最近の進展について 高橋 幸生氏 (大阪大学)

コヒーレント X 線回折イメージングの中で大面積をスキヤニングして高分解能マッピングを行うタイコグラフィ手法について紹介がなされた。まずタイコグラフィ法の基礎の紹介があった。最近の進歩としては大阪大学で開発された Kirkpatrick-Baez (KB) ミラー光学系に 2 組の双曲ミラーを組み合わせた Advanced KB ミラーを用いることで、従来の KB 集光に比べて極めて安定度の高い集光 X 線が得られることが紹介された。これによりエネルギー情報を付与したイメージングが可能になり、触媒の解析に応用されていることが紹介された。また、最近ではタイコグラフィ法を 3D 空間に展開し、得られた構造情報をデータマイニングと組み合わせて解析することが行われていることが紹介された。



Fig.1 研究会での講演の様子

## 総合討論

### コヒーレント光の高圧研究への適用について：

今回の研究会がコヒーレントと高圧に関係する研究会間の合同研究会であることを踏まえて、コヒーレント光の高圧研究への適用について議論が最初になされた。まず、高圧実験は位相を乱す容器の窓材等を避けられないが、コヒーレントイメージング測定などは可能か？という問題提起がなされ、以下のようなコメントがあった。

- ・CDI は高圧下で測定例があり、Nature Communications に掲載されていたはず。
- ・DAC のタイコグラフィは難しいかも知れない。前方散乱で要求される窓材は、小角散乱がなく、均一であり、表面に乱れがないこと。
- ・以前に DAC で小角散乱をした試みがあったが、その後の進展は報告がない。良い条件のダイヤを探すのが難しかったのかもしれない。
- ・高圧セル (DAC) を置ければ、高橋先生の装置で測定することはできると思われる。
- ・高橋先生の装置で使用している Advanced KB ミラーは集光位置安定性を追求しているので、集光点は変わらない。これは試料が小さい DAC にも適する。

### チャレンジングな高圧実験の実施について：

次に APS では DAC を複数の BL に持ち込んで、いろいろな測定をしているとの情報提供があった。APS ではフレキシブルに BL を渡り歩くことができる。(そういう課題実施のシステムがあるかは未確認) 実際は失敗しているプロジェクトもあると思うが、実りのあるプロジェクトも多いとの印象。

この情報提供を踏まえて、以下のような意見が出た。

- ・ SP8 ユーザーとしてはプロポーサルにあまりチャレンジングなことは書けない。
- ・ 研究会レベルでサポートできると良いかも知れない。例えば研究会枠のようなものを作れないか？
- ・ 制度を変えることは難しいので、今の制度の中で研究会として有志を募ってプロポーサルを出すのが良いと考える。
- ・ チャレンジングな課題でも採択される。
- ・ 上手くいなくても、失敗事例を利用成果集へ投稿すれば良いので、3年縛りも問題にはならない。まずは、やってみることが大事。
- ・ 能動的な SPRUC 研究会が望ましい。
- ・ BL 横断的な利用のニーズは多いと思う。一つの課題で複数のビームラインをカバーできればベター。

#### 大容量高圧プレスの次世代ビームラインに向けての議論：

愛媛大学 GRC の河野義生氏から大容量高圧プレスを用いたビームラインのアップグレードに向けてワーキンググループを組織する提案が出された。JASRI 側からユニークな基幹技術による世界との差別化の一環として提案が出ている高フラックス高エネルギーアンジュレーターのプロトビームラインについて、BL04B1 のマルチアンビル型大容量高圧実験ユーザーが中心となって、積極的にこのプロトビームラインに参画する意志を表明することを確認した。

プロトビームラインの参画に向けて、以下のような意見が出た

- ・ 静的な高圧実験から動的な高圧実験に向けて、魅力的なサイエンスを提示することが必要。
- ・ BL04B1 の高感度 2 次元検出器などのアップグレードをユーザー側でも積極的に目指すことが必要。
- ・ 既存のアンジュレータービームラインのビームを使用して、簡易の高圧プレスでどのようなデータが得られるかチェックすることが必要。

これらを踏まえて、ワーキンググループを形成して新しいサイエンスの内容、そのために必要な挿入光源のスペックについて、GRC の河野義生氏が代表となってワークショップを開催し、そこで議論を行うこととなった。その後、11月25日に第1回のワーキンググループ会議を開催することが決定した。

また、11月に開催予定の高圧討論会において、地球惑星科学研究会のメンバーが世話人となって、高圧変形、破壊研究のシンポジウムが企画されており、研究会として放射光を用いた動的高圧実験に基づく新しいサイエンスの創生に向けて多角的に準備を進めていく予定である。