

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 13 日現在

機関番号：16301

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2008 ～ 2012

課題番号：20103001

研究課題名（和文）高温高压中性子実験で拓く地球の物質科学の総括と研究支援

研究課題名（英文）Coordination and research support of the project "Earth Science Based on High-Pressure and High-Temperature Neutron Experiments"

研究代表者

八木健彦（YAGI TAKEHIKO）

愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究センター・特命教授

研究者番号：20126189

研究成果の概要（和文）：平成20年度から準備を進めて茨城県東海村のJ-PARCに建設してきた高圧中性子実験に特化した「PLANET」ビームラインおよび6軸型超高压高温発生装置が平成24年度始めにコミッショニングに漕ぎつけ、夏には一応の完成を見た。それを受けて秋からは各研究班ごとにそれぞれが目的とする、含水鉱物、ガラス、液体の回折実験、および中性子カメラによる中性子透過像などの予備実験を行うことができた。平成25年1月からの運転では、各研究班および公募研究者にマシンタイムが配分され、それぞれが最初に行う予定の研究に取りかかった。この装置では期待した通り、高圧下で今までより格段に高い品質の中性子回折データを短時間で取得でき、地球深部の水の振るまいと役割を明らかにするさまざまな新しい研究が可能になった。実際の成果が出てくるまでにはまだもう少し時間が必要とされるが、今後地球科学分野だけでなく材料科学や物理・化学の広い分野において新たな研究の展開が期待される。

研究成果の概要（英文）：A new neutron beam line dedicated for high pressure research named "PLANET" and 6-ram type high-pressure and high-temperature apparatus have finally completed and started its operation. Each research group made preliminary experiments on hydrous minerals, glass, liquid, and neutron radiography. As originally expected, high quality neutron data can be obtained at much shorter time and various new experiments to clarify the role of water in the Earth's deep interior is now possible. It will take some more time until we get real new data but this apparatus is now expected to be quite useful not only in Earth science but also in various fields such as materials science, physics, and chemistry.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	21,800,000	6,540,000	28,340,000
2009年度	219,300,000	65,790,000	285,090,000
2010年度	209,100,000	62,730,000	271,830,000
2011年度	122,400,000	36,720,000	159,120,000
2012年度	34,000,000	10,200,000	44,200,000
総計	606,600,000	181,980,000	788,580,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学、岩石・鉱物・鉱床学

キーワード：高圧、中性子、水、水素、地球深部

### 1. 研究開始当初の背景

地球深部構造の解明にはシンクロトロン放射光の利用による超高圧高温下のX線回折実験が大きな役割を果たした。しかしX線では地球深部物質の物性や構造、粘性、相関係などに大きな影響を与える水や水素を見ることはできない。中性子はこれらの物質をよく見ることができるが、従来の中性子源では高圧下の観察はきわめて低圧領域に限られ、かつデータの質も低かった。東海村に建設された高強度パルス中性子源を利用することにより、実験技術的な問題をクリアーして、地球深部と同じ高温高圧下での中性子実験が可能になる目処が立ったので、高圧実験専用ビームラインを建設し、高圧地球科学とも呼ぶべき新たな研究分野を立ち上げるべきだとの機運が盛り上がった。

### 2. 研究の目的

本研究領域の目的は、地球深部物質中に固定された水、マグマに含まれる水の正体に、世界的にも先駆的かつ挑戦的な実験となる高温高圧下の中性子散乱実験を通じて物質構造科学的に迫ろうとするものである。そのためにまず、東海村 J-PARC に完成した世界最強レベルのパルス中性子施設に高温高圧中性子散乱ビームラインと超高圧実験装置を建設する。それを共通基盤として、水を含む地球深部物質をターゲットとした実験的研究、液体の構造物理解明を目指す実験的研究、加えて近年進展が目覚ましい量子シミュレーションによる含水鉱物・マグマ・水の研究を推進し、新たな研究領域の開拓に挑む。総括班はその研究計画全体の核となって、ビームラインの建設と研究遂行の総括を行う。

### 3. 研究の方法

本領域の総括班は、領域全体の研究戦略の構築、研究項目間のスケジュール調整や情報交換のサポート、および領域の広報活動（ホームページの整備、ニュースレターの発行等）や研究会・総括班会議等の企画・実行などを行うマネジメント担当と、本領域研究における共通基盤実験装置となる J-PARC 高温

高圧中性子散乱ビームラインおよび大型高温高圧実験装置の設計・製作とその運用・実験支援の中核を担う、研究支援担当から構成されている。

ビームライン建設場所の設定に始まり、光学系や遮蔽体の設計を経て、平成 21 年度末にはビームライン全体をカバーする遮蔽体の建設に漕ぎつけた。平成 22 年度末に起きた東日本大震災によって建設は一時全く中断し、ほぼ 1 年近い遅れを余儀なくされたが、幸い中性子ビームの方は多少の問題はあったもののほぼ震災前と同等のレベルの供給が開始され、少しでも遅れを取り戻して当初計画通りに沿った高圧中性子実験をこなしていくべく大車輪での作業が進行した。平成 23 年度末には愛媛県の新居浜市で製造されていた 6 軸型高圧装置が東海村の J-PARC に移送、設置され、その立ち上げを行ってさらに中性子光学系、測定計などのコミッショニングが行われた。平成 24 年度に入り本格的な高圧高圧中性子回折実験を開始して、その後ユーザータイムまで持ち込む予定である。またまだ完成前ではあったが、平成 23 年度秋には新ビームラインに密接に関連した国際結晶学会のワークショップを開き、新装置を使った研究に関して議論を行う予定である。これらの実験、およびその結果に対する議論を経て、研究のとりまとめと総括の会議を開く予定である。なおこれらの実験や研究、および議論は連携研究者と緊密な連携をとりながら進めていく予定である。

### 4. 研究成果

平成 24 年度前半にそれまでに建設した中性子光学系、検出器系、データ処理系などの中性子に関連した部分と、6 軸高圧発生装置に関連した高圧実験部分に関し、それぞれ立ち上げ、テストを行い、ほぼ予定通りの性能が発揮されることを確認した。その後実際に高圧を加えた試料を使っての高圧中性子回折実験を、ポートランダイト、ローソナイト、シリカガラスなどを試料として行い、まだ予備的ではあるが、それぞれ新たな知見を得ることができた。また、6 軸プレスではなく、

パリーエンジンバラ型プレスや低温プレスなどを設置しての実験も行われ、それぞれほぼ期待された実験結果を得ることができた。ただこれらの結果はまだいずれも完結した論文とするには不十分で、この先さらに本実験を重ねて論文とする予定である。

総括班は研究は行わないことになっているので、発表論文としては装置関係だけであり、かつフルペーパーにしたものは少なく、ほとんどが計画の進行状況等を報告したものである。下記の雑誌論文や学会発表に関しては、班ごとの切り分けが難しいので、領域全体としての数字を記載した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 374 件)

- 1) T. Hattori, A. Aano-Furukawa, H. Arima, T. Nagai, W. Utsumi, T. Iitaka, H. Kagi, Y. Katayama, T. Inoue, T. Yagi, New High-Pressure Neutron Beamline PLANET in Ja-PARC, IUCr Commission on High Pressure 2012 Meeting, abstract (2012)
- 2) T. Hattori, H. Arima, A. Sano-Furukawa, W. Utsumi, T. Nagai, T. Iitaka, H. Kagi, Y. Katayama, T. Inoue, T. Yagi, The overview and the current construction state of the high-pressure neutron diffractometer PLANET at J-PARC, 1<sup>st</sup> Asia-Oceania Conference on Neutron Scattering, abstract (2012)
- 3) 服部高典、有馬寛、佐野亜沙美、内海渉、井上徹、鍵裕之、八木健彦、J-PARC 超高压中性子回折装置 (PLANET) の概要と建設状況、第 52 回高压討論会、講演要旨集 (2011)
- 4) T. Hattori, A. Sano-Furukawa, J. Abe, M. Honda, H. Fukazawa, W. Utsumi, T. Okuchi, Y. Ohno, S. Sasaki, M. Arakawa, K. Komatsu, H. Kagi, T. Yagi, High-Pressure Activities in the New Pulsed Neutron Source J-PARC, 5<sup>th</sup> Asian Conference on High Pressure Research, abstract (2011)
- 5) 服部高典、佐野亜沙美、安部淳、内海渉、鍵裕之、八木健彦、J-PARC 高压中性子回折装置 (PLANET) の概要と建設状況、第 51 回高压討論会講演要旨集 (2010)
- 6) H. Arima, T. Hattori, K. Komatsu, J. Abe,

W. Utsumi, H. Kagi, A. Suzuki, K. Suzuya, T. Kamiyama, M. Arai, T. Yagi, Designing PLANET: Neutron beamline for high-pressure material science at J-PARC, J. Phys. Conference Series 215(2010) 012025

doi:10.1088/1742-6596/215/1/012025

7) 服部高典、有馬寛、佐野亜沙美、内海渉、永井隆哉、飯高敏晃、鍵裕之、片山芳則、井上徹、八木健彦、地球内部の「水」を見るツアー-超高压中性子回折装置 PLANET-日本化学会西日本大会概要集 (2010)

[学会発表] (計 693 件)

- 1) 服部高典他、明らかにしてきた J-PARC 超高压中性子回折装置 PLANT の性能、日本中性子科学会第 12 回年会、2012 年 12 月 10-11 日、京都
- 2) 佐野亜沙美他、高温高压下中性子回折実験のための 6 軸型マルチアンビルプレスの概要、第 53 回高压討論会、2012 年 11 月 7-9 日、大阪
- 3) T. Hattori, H. Arima, A. Sano-Furukawa, W. Utsumi, Y. Katayama, T. Nagai, T. Inoue, H. Kagi, T. Yagi, Here Comes the first beam and terrible earthquake at J-PARC new high-pressure neutron diffractometer PLANET, AIRAPT-23, Sep. 25-30, Mumbai, India, 2011

[図書] (計 3 件)

[その他]

ホームページ等  
[http://yagi.issp.u-tokyo.ac.jp/shingaku\\_jutsu/index.html](http://yagi.issp.u-tokyo.ac.jp/shingaku_jutsu/index.html)

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

八木健彦 (YAGI TAKEHIKO)  
愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究センター・特命教授  
研究者番号：20126189

##### (2) 研究分担者

内海渉 (UTSUMI WATARU)  
日本原子力研究開発機構・量子ビーム応用研究部門・研究推進室長  
研究者番号：60193918

服部高典 (HATTORI TAKANORI)  
日本原子力研究開発機構・量子ビーム応用  
研究部門・研究副主幹  
研究者番号：10327687

井上徹 (INOUE TORU)  
愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究セン  
ター・教授  
研究者番号：00291500

(3) 連携研究者

永井隆哉 (NAGAI TAKAYA)  
北海道大学・大学院理学研究院・教授  
研究者番号：20243131

佐野亜沙美 (SANO ASAMI)  
日本原子力研究開発機構・量子ビーム応用  
研究部門・研究員  
研究者番号：30547104

片山芳則 (KATAYAMA YOSHINORI)  
日本原子力研究開発機構・量子ビーム応用  
研究部門・研究主席  
研究者番号：20224462

鈴谷賢太郎 (SUZUYA KENTARO)  
日本原子力研究開発機構 J-PARC セン  
ター  
研究主幹  
研究者番号：50354684

飯高敏晃 (IITAKA TOSHIAKI)  
理化学研究所・戎崎計算宇宙物理研究室  
専任研究員研究者番号：60212700

神山崇 (KAMIYAMA TAKASHI)  
高エネルギー加速器研究機構・物質構造科  
学研究所・教授  
研究者番号：60194982

鈴木昭夫 (SUZUKI AKIO)  
東北大学・大学院理学研究科・准教授  
研究者番号：80011352

有馬寛 (ARIMA HIROSHI)  
東北大学・金属材料研究所・助教  
研究者番号：50422770

丹下慶範 (TANGE YOSHINORI)  
愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究セン  
ター・助教  
研究者番号：70543164

川添貴章 (KAWAZOE TAKAAKI)

愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究セン  
ター・COE 助教  
研究者番号：40527610

山田明寛 (YAMADA AKIHIRO)  
愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究セン  
ター・COE 助教  
研究者番号：00543167