

原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ  
研究炉・ホットラボ等活用研究プログラム 事後評価総合所見

研究開発課題名：中性子照射超伝導材料の高磁場、極低温下での物性に関する研究	
研究代表者（研究機関名）：四竈樹男（国立大学法人東北大学）	
再委託先研究責任者（研究機関名）：西村新（大学共同利用機関法人核融合科学研究所）	
研究期間及び予算額：平成20年度～平成22年度（3年計画） 117 百万円	
項目	要 約
1. 研究開発の概要	中性子照射された材料の物性研究を行うため、ホットラボ内に高磁場、極低温試験装置を導入し、中性子照射した超伝導コイル材料などの、高磁場、極低温条件下での物性研究を行い、超伝導磁石を応用した原子炉構造検査システム開発、核融合炉用超伝導磁石開発などに資することを目的とする。
2. 総合評価	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; margin-right: 10px;"><b>A</b></div> <div> <p>・世界的にみてもホットラボ施設が数的、質的に限定されている現状にあって、照射材料に対する、高磁場、極低温条件下での研究を可能にするユニークな研究設備が整備され、優れた成果が挙げられ始めている。国際連携を含む共同研究等によって関連研究が進展することを期待する。</p> <p>S) 極めて優れた成果が挙げられている  <b>A) 優れた成果が挙げられている</b>            B) 一部を除き、相応の成果が挙げられている            C) 部分的な成果に留まっている            D) 成果がほとんど挙げられていない</p> </div> </div>
3. その他	・照射済み試料の本格的なデータ取得はこれからとなるが、ホットラボ内に設置された世界唯一の装置を使った核融合超伝導材料などの研究に、今後大いに寄与することを期待する。

1. 目的・目標	<p>中性子照射された材料の物性研究を行うため、ホットラボ内に高磁場、極低温試験装置を導入し、中性子照射した超伝導コイル材料などの、高磁場、極低温条件下での物性研究を行い、超伝導磁石を応用した原子炉構造検査システム開発、核融合炉用超伝導磁石開発などに資することを目的とする。</p>
2. 研究成果	<p><b>【研究開発項目(1) 極低温、高磁場試験設備導入に関する研究】</b>  <b>[得られた成果]</b>  液体ヘリウムの入手が困難で、設備の管理に制限があるホットラボ管理区域内に、大きなボア径を有し、15.5Tの磁場を発生できる、無冷媒型超伝導マグネットを整備することに世界で初めて成功した。システムは当初想定されたホットラボ内に設置され、15.5Tの磁場が安定に発生することを確認した。また、特別に設計した磁気シールド内にマグネットを設置することにより、発生する高磁場が管理区域内の他の装置に影響を及ぼさないことを確認した。これにより、他の共同利用に障害をきたすことなく、管理区域内での高磁場実験が行えることになった。</p> <p><b>【研究開発項目(2) ホットセルでの高磁場中超伝導評価法に関する研究】</b>  <b>[得られた成果]</b>  高い臨界電流密度までの測定が可能で、無冷媒システムの中で、精確な温度制御ができるインサートの開発に成功した。通常システムは液体ヘリウム中での実験を想定しているが、本システムでは高熱伝導度銅ロッドを通した冷却を試みた。その結果、温度制御には新たな工夫が必要となったが、その技術的課題を克服し開発された装置を用いて4Kまでの温度制御を実証し、また、超伝導電流導入端子を開発し500Aまでの大電流を用いた測定が可能であることを実証した。</p> <p><b>【研究開発項目(3) 中性子照射による超伝導材料の特性変化に関する研究】</b>  <b>[得られた成果]</b>  本設備整備と平行して、産学連携で開発している超伝導材料を国内及び国外の原子炉で照射した。原子炉照射には通常、計画から数年の時間が必要であり、本計画終了までに、予定通りの照射が実施出来た。  また、整備した装置で、中性子照射され高い誘導放射能を持った試料の臨界磁場測定を成功裏に実施することができた。臨界磁場は照射により低下する傾向が認められたが、得られたデータの外挿からは低温ではむしろ照射により臨界磁場が増大する可能性が示唆された。</p>

【論文、特許等】

[学術雑誌]

- 1) Y. Inaba, K. Tsuchiya, T. Shikama, A. Nishimura, H. Kawamura, "Feasibility Study on Cryogenic Irradiation Facility in JMTR", Fusion Engineering and Design, 86 (2011) 134-140.
- 2) A. Nishimura, T. Takeuchi, S. Nishijima, G. Nishijima, T. Shikama, K. Ochiai, N. Koizumi, "Neutron Irradiation Effects on Superconducting Wires and Insulating Materials", Fusion Engineering and Design, 84 (2009) 1425-1428.
- 3) A. Nishimura, T. Takeuchi, S. Nishijima, K. Ochiai, G. Nishijima, K. Watanabe, M. Narui, H. Kurishita, T. Shikama, "Study on Neutron Irradiation Effect of Superconductors and Installation of 15.5T Magnet in Hot Laboratory at IMR in Tohoku University", Journal of Nuclear Materials, to be published in 2011.

[国際会議]

- 1) T. Shikama, A. Nishimura, H. Katsui, H. Kawamura, S. Nagata, B. Tsuchiya, Y. Katoh, T. Muroga, and A. Hasegawa, "Radiation Effects in Functional Materials for Nuclear Fusion Application", presented at the IAEA meeting on Materials under High-Energy and High-Intensity neutron Fluxes for Nuclear Fusion Technology, IAEA Headquarter in Vienna,
- 2) T. Shikama and A. Nishimura, "Report on RCM Related to the IAEA CRP on Development, Characterization and Testing of Materials of Relevance to Nuclear Energy Sector using Neutron Beams", to be presented at the 2nd IAEA-RCM meeting at Beijing, 19-23, September, 2011.
- 3) A. Nishimura, T. Takeuchi, S. Nishijima, K. Ochiai, G. Nishijima, K. Watanabe, T. Shikama, "14MeV Neutron Irradiation Effect on Critical Current and Critical Magnetic Field of Nb<sub>3</sub>Al Wires", Advances in Cryogenic Engineering; Transactions of the Cryogenic Engineering Materials Conference, ICMC 56 (2010) 255-262.

[解説記事]

- 1) 四竈 樹男、「東北大学大洗センター照射後施設 一超伝導マグネット整備の現況一」、低温工学、46 (2011) 18-19。
- 2) 西村 新、「最近の中性子照射研究について、一Nb<sub>3</sub>Sn, Nb<sub>3</sub>Al線材の話題を中心に一」、低温工学 46 (2011) 176-183。
- 3) 西村 新、「超伝導コイルと極低温システム、電源システム」、プラズマ核融合学会誌 87 増刊 (2011) 161-169。

