

<研究室紹介>

京都大学 大学院エネルギー科学研究科 エネルギー応用科学専攻 Department of Energy Science & Technology, Graduate School of Energy Science, Kyoto University

1. 研究室スタッフ

白井康之(教授) 廣岡良隆(技術専門職員) 大学院生(11名) 学部生(3名)

2. 研究室概要

エネルギー問題は地球規模での喫緊のものであり、その解決に向けて我々の研究科では、エネルギー政策・経済から自然エネルギー・核融合・材料など幅広い研究領域が融合し新たな展開を進めています。その中で、当研究室では電力システム・エネルギー機器という電気工学の観点を中心に、別の分野の研究にも触れながらより高い視点からエネルギー問題を見ることを目指しています。主な研究テーマは、超伝導現象のエネルギー応用に関する研究、環境調和型電力インフラに関する研究、先進的エネルギー輸送や貯蔵に関連する熱流体力学諸問題です。

3. 主な研究テーマ

3.1 超伝導現象のエネルギー応用に関する研究

超伝導現象は、各方面 特にエネルギー機器にその応用が期待され、現在各種マグネット、超伝導電力機器(発電機、エネルギー貯蔵、限流器)、核融合用マグネット、磁気浮上列車等の開発研究が進められている。本研究室においても、東京大学、住友電工、三菱電機、TMEIC、核融合科学研究所(NIFS)、日本原子力研究開発機構(JAEA)、宇宙航空開発研究機構(JAXA)などと共同で以下の研究を行っている。

3.1.1 超伝導故障電流限流器に関する研究: 超伝導線材の相転移を用いた故障電流限流器の設計と特性に関する研究。モデル限流器を製作し(図1)、模擬電力系統(20 kVA/220 V)を用いた限流特性実験を実施し、限流から有負荷での待機状態への復帰や系統安定度向上効果を検証している。[1] (共同研究: 東京大学、住友電工)

3.1.2 液体窒素・水素冷却における高温超伝導材料の特性: 液体水素および窒素で冷却した超伝導材料の特性を評価し、冷却安定性、設計指針について実験的・解析的検討。図2に示す液体水素冷却超伝導材料の磁場下(~7 T)での通電特性試験を行える実験装置を製作し、MgB₂線材などの特性評価を実施している[2] (科学技術振興機構JST-ALCA)

3.1.3 高温超伝導を用いた MRI 装置に関する研究: 伝導冷却高温超伝導線材を用いた MRI マグネットの磁場安定性に関する



図1 高温超伝導限流器

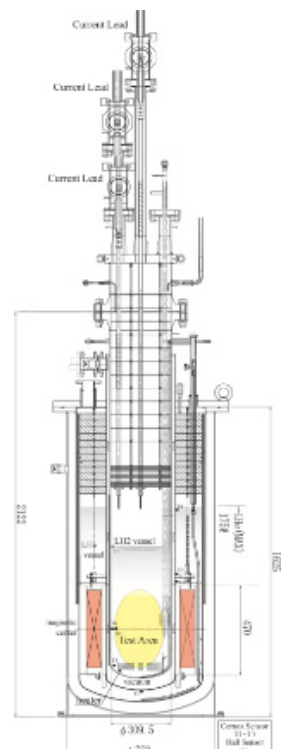


図3 伝導冷却超伝導材料通電特性測定装置

図2 液体水素冷却超伝導線材磁場下特性測定装置

る研究(図3)。Y系線材は、医療用MRIの永久電流モードでは、磁場の安定性が悪くイメージングに適さないため、励磁電源から常時電流を供給することとし、電源の安定度がイメージングシステムに与える影響を評価し、遮蔽電流(超電導線の磁化)がマグネットの空間磁場均一度に与える影響を考慮した励磁システムの検討を行う。(経産省プロジェクト:三菱電機)

3.1.4 超流動ヘリウム冷却超電導マグネットの安定性: 超流動ヘリウムで冷却した超電導導体の冷却安定性、設計指針について実験的・解析的検討。(共同研究:NIFS)

3.2 環境調和型電力インフラに関する研究

地球温暖化問題や電力事業の自由化に伴い、成熟しているといわれる現在の電力エネルギーインフラは変革を求められている。太陽光・風力・潮力など再生可能エネルギー源や燃料電池、マイクロガスタービンなどが需要地側の系統に導入され、能動的な負荷やエネルギー貯蔵・制御機器が連系されるであろう将来のシステムに対して、模擬電力系統(図4:模擬発電機3台、太陽光発電システムPCS、バッテリーシステム、力率可変負荷装置、模擬SMESなど)を用いて、東京大学、関西電力、TMEICなどと共同で以下の研究を行っている。

3.2.1 分散電源や能動的負荷の導入された負荷電力系統の動特性評価に関する研究: 分散電源や能動的負荷を含む負荷系統の総合的な動特性を系統的に同定・評価する。[3]

3.2.2 太陽光・風力・潮力など再生可能エネルギー源の系統導入、分散電源とエネルギー貯蔵装置の協調運転制御などに関する研究

3.2.3 洋上風力・潮力ハイブリッド発電システム: 洋上風力発電の出力変動抑制を考慮した潮力発電とのハイブリッド発電システムの提案と系統特性の評価[4](図5)。



図4 模擬電力系統試験装置 (6 kVA/220 V/
3300 V送電線模擬)



図5 洋上風力潮力ハイブリッド発電システム

3.3 先進的エネルギー輸送や貯蔵に関連する熱流体力学諸問題

核融合炉用あるいはエネルギー貯蔵用大型超伝導マグネットの設計やその安定性解析の基盤となる超流動状態を含む極低温液体ヘリウム、液体水素、液体窒素等における定常・非定常冷却現象の解明を行っている。核融合科学研究所(NIFS)、日本原子力研究開発機構(JAEA)、宇宙航空開発研究機構(JAXA)などと共同研究を進めている。

3.3.1 超流動液体ヘリウムにおける定常・非定常熱伝達と臨界熱流束: 優れた冷却特性を持つ超流動液体ヘリウムによる大型超伝導マグネットの高安定化を目指した冷却設計のデータベース確立を目指す。(共同研究:NIFS)

3.3.2 液体水素における定常・非定常熱伝達と臨界熱流束: 液体水素はエネルギー貯蔵機能とともに、超電導材料の冷媒としても優れた特性を持つ。液体水素冷却超伝導機器を目指した冷却設計のデータベース確立を目指す。[5](JST-ALCA)

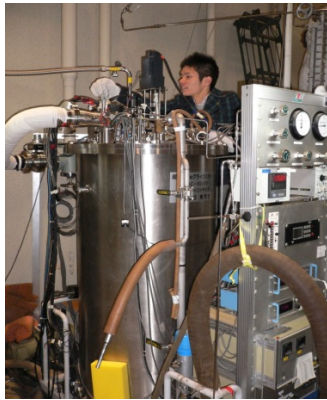


図6 加圧超流動ヘリウム実験槽

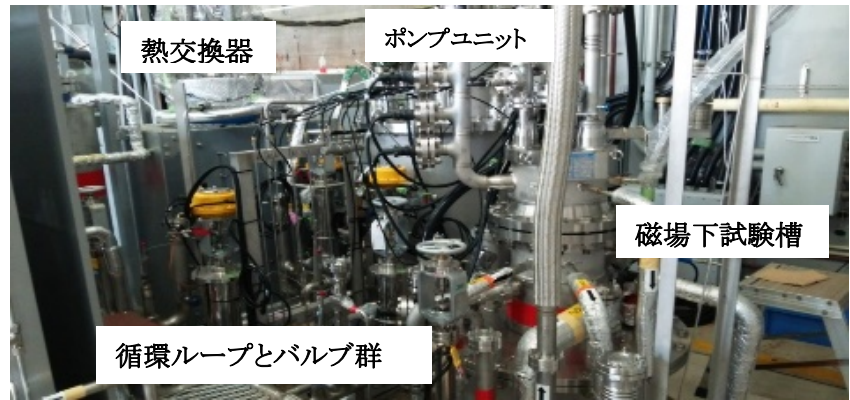


図7 液体水素熱伝達特性試験用強制対流循環装置

4. 発表論文

- [1] Yasuyuki Shirai, *et.al.*, Physica C **484** (2013) 248, doi: 10.1016/j.physc.2012.03.039.
- [2] Yasuyuki Shirai, *et.al.*, IEEE Trans. Appl. Supercond. **23** (2013) 9500404, doi:10.1109/TASC.2012.2234820.
- [3] Y. Shirai, *et.al.*, Int. J. of Elec. Power & Energy Systems, **42** (2012) 473, doi:10.1016/j.ijepes.2012.03.052.
- [4] Rahman, M.L., *et.al.*, IEEE Trans. Sustain. Energy. **1** (2010) 92, doi: 10.1109/TSTE.2010.2050347.
- [5] H. Tatsumoto, *et.al.*, Adv. in Cryogenic Eng., AIP Conf. Proc. **1573** (2014) 44, doi: 10.1063/1.4860681.

5. 連絡先、ホームページアドレス等

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院エネルギー科学研究科 白井康之
E-mail: shirai@energy.kyoto-u.ac.jp, <http://www.pe.energy.kyoto-u.ac.jp>