

## 材料科学研究所

## 概要

材料科学研究所は、発電プラントの現場適用技術から、自然エネルギー利用技術、省エネのための新材料開発、などの基盤技術開発を実施し、電力の安定供給および低炭素社会の構築に貢献することを目指している。

課題毎の  
概要と  
主な成果

## 構造材料

火力・原子力発電プラントなどの構造材料を対象に高温強度、腐食特性などの各種データの収集・整備を図るとともに、経年劣化事象の評価法、機器の設備診断技術、寿命評価のための手法の開発・改良を進め、プラントの信頼性の向上や安定運用に貢献する。

- 実機で長期間供用した9Cr鋼のエルボ溶接部について、クリープ破壊試験および組織観察、硬さ試験を実施し、背側よりも腹側で余寿命が短いこと(図1)、クリープ損傷の実態であるボイドの発生領域と材料硬さとの間に相関が見られることを明らかにした<sup>[1]</sup>。
- A-USCプラントの候補材であるNi基合金Alloy617の破断延性のひずみ速度依存性(図

2)や疲労寿命特性など、クリープ疲労評価を行う上で重要な基礎的知見を得た[Q13001]。

- 微粉炭火力ボイラの硫化腐食について、管表面付着灰を用いた腐食位置特定手法の実機適用を進めるとともに、炉内で周期的に生じる雰囲気変動が腐食挙動に及ぼす影響の解析から、複数の火力プラントで適用されている当所開発の腐食速度予測手法の高精度化に必要なデータを取得した。

## エネルギー変換・貯蔵材料

太陽光発電の大量導入に向けた屋外発電特性評価技術の開発、電気化学応用技術を用いた再生可能エネルギーの有効利用に関する材料/評価技術の開発を進める。

- 太陽光発電出力把握の広域運用で重要になる日射観測の簡素化のために、1年以上の日射・気象観測データの分析から、日射変動を表すのに適した天気分類を提案した。この天気分類を用いることで、アメダスの情報をもとに日射量推定が可能となる見通しを得た[Q13005]。

- 水素エネルギーキャリアの候補であるアンモニアについて、熔融塩を反応場とした電解合成法の基礎検討を進めている。アンモニアの高収率化を阻害する一因が、水素ガス電極上での副反応によってハイドライドイオンが生じることに伴いアンモニアが電解浴中に溶解するためであることをつきとめ、その反応機構を明らかにした[Q13004]。

## 機能材料

革新的な機能・特性を持つ超伝導材料や有機材料の創出を目的とし、基礎物性制御と結晶成長技術を駆使して次世代の電子機能材料を開発する。

- 鉄カルコゲナイド超伝導体薄膜の成長技術を高め、基板の選定により意図的な格子歪を加えることにより、FeSe薄膜において約1.5倍(8K→12K弱)、FeSe<sub>0.5</sub>Te<sub>0.5</sub>薄膜において約1.3倍(14.2K→19K弱)の超伝導転移温度向上を達成した<sup>[2]</sup>。この物質は高磁場中においても高い臨界電流密度が確認される等、将来の実用化線材での利用が期待される。

- ディスプレー用に必要なRGB3色の発光が可能な電気化学発光素子を開発した(図3)。この素子には電流反転によるリフレッシュ効果(劣化を回復させる効果)が認められ、長期安定性の確保と交流駆動発光の要素技術として特許化した<sup>[3~5]</sup>。

## 高性能SiCパワー半導体

再生可能エネルギー大量導入や連系強化・広域運用に対応する次世代低損失電力制御装置の実現に向けて、大容量・低損失SiCパワー半導体の製作のための高品位SiC単結晶を開発する。

課題毎の  
概要と  
主な成果

■複数の企業との共同研究開発により高品位・高生産SiC単結晶膜成長技術の開発を進め、高速成膜(成膜速度 $50\mu\text{m/h}$ )と高均一化を同時に実現し、低損失SiCパワー半導体の量産を可能とする、直径6インチ、高速、低欠陥密度のSiC単結晶膜の成膜技術を確立した<sup>[6]</sup>。

■耐電圧13kV級の超高耐圧SiCトランジスタに適用可能な超厚膜・多層SiC単結晶ウェハを作製可能とし、特性検証用素子においてSiCの限界に近い良好な通電特性を実証した。

材料評価共通技術

計算材料科学手法や分析手法などの基盤技術の組み合わせによる新たな成果の創出を目指して、物性予測手法や局所応力評価手法の開発に取り組む。

■Fe-Cr-C系を表現できる原子間ポテンシャルモデルを開発し、それを用いた古典分子動力学法計算により、フェライト系耐熱鋼における

$\text{Cr}_{23}\text{C}_6$ 析出物界面付近の析出物粗大化挙動を明らかにした。

[1] S. Nagai et al., Proc. 7th Int. Conf. on Advances in Materials Technology for Fossil Power Plants, 609-701, 2013

[2] F. Nabeshima et al., Appl. Phys. Lett., 103, 172602, 2013

[3] 特願2013-145690「イオン性素子の製造方法」

[4] 特願2013-145691「イオン性素子および電子機器」

[5] 特願2013-145692「イオン性素子モジュールおよび電子機器、ならびにイオン性素子の駆動方法」

[6] H. Fujibayashi et al., Appl. Phys. Express, 7, 015502, 2014



図1 9Cr鋼廃却材のエルボ溶接部のクリープ試験結果の一例

長期使用エルボ溶接部を対象としたクリープ試験において、腹側から採取した試料の方が背側から採取した試料よりも短い破断時間を示した。

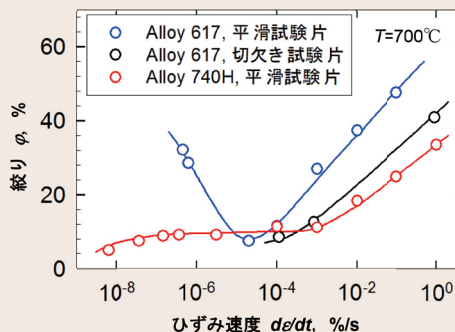


図2 引張試験とクリープ試験におけるひずみ速度と破断絞り(破断延性)の関係(700°C)

いずれにおいてもひずみ速度によって破断延性は大きく変化するが、Alloy617の平滑試験片では中間的なひずみ速度で極小値を持つ特異な挙動を示した。

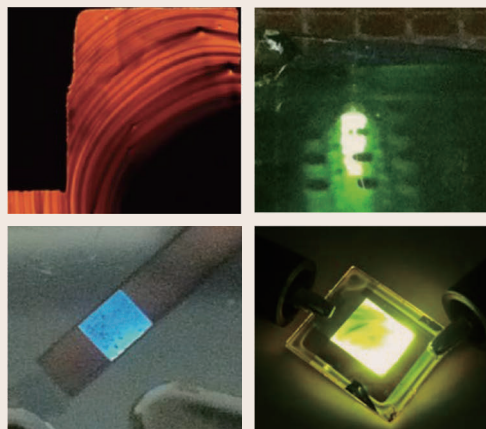


図3 電気化学発光セル(LEC)による多色発光(赤色、緑色、青色、黄色の例)

省エネの新型照明や新型ディスプレイ開発が期待され、更なる高輝度化や耐久性に関して研究開発を進めていく。