

照射下でのダイナミックな 材料強度の解明

第2サブグループ

（先端エネルギーシステム学講座
材料分野）

研究室人員：研究者2名（併任教官1名）
修士課程2名

305-0047 茨城県つくば市千現1-2-1

TEL: 0298-59-2014 FAX: 0298-59-2014

URL: <http://www.nrim.go.jp>

研究室紹介

本研究室は、平成元年の研究所機構改革により旧原子炉材料研究部第2研究室から組織替えとなり、核融合炉などの炉心部構造材料における照射下でのダイナミックな強度特性変化の解明を目指し、金材技研小型サイクロトロンを活用した国際的にも稀少な照射下での材料強度の研究を進めている。

また、平成10年度より九州大学総合理工学府先端エネルギー理工学専攻の連携講座となり、翌年より院生が約半年間筑紫キャンパスで授業を受けた後につくば市に移って研究活動に参加している。

研究テーマ

（1）照射下誘起変形に関する研究

ITERなどの核融合環境ならびに軽水炉炉心部での照射下クリープ・照射誘起応力緩和など、生成する点欠陥が応力下で直接かつダイナミックに誘起する著しい塑性変形について計算機シミュレーションと照射下試験による研究を進めている。

（2）照射下での疲労破壊に関する研究

核融合炉用低放射化材料などを対象として、点欠陥の活発な動的活動が発生している照射下での疲労特性について、サイクロトロンをもちいた照射下実験により挙動・機構の解明を進めている。

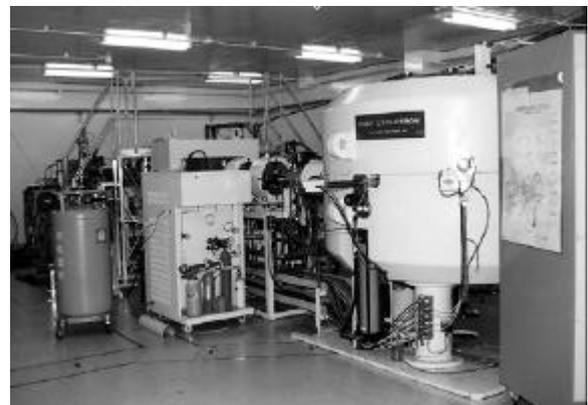


写真 金材技研小型サイクロトロン材料照射施設

主要論文・著書

- [1] “Irradiation Creep at 60 °C in SUS 316 and its Impact on Fatigue Fracture”, J. Nucl. Mater., 283-287, 391(2000).

スタッフ



永川 城正（リーダー、教授、Ph.D.）

1978年 Northwestern Univ., Dept. Mater. Science 博士課程修了
材料強度、照射損傷

E-mail: johsei@nrim.go.jp



村瀬 義治（研究員、理学修士）

1991年早稲田大学大学院理学研究科修士課程修了
光物性、相転移、強弾性体、照射

E-mail: murase@nrim.go.jp

第2研究グループ

先進低放射化 核融合炉構造材料の研究

第3サブグループ

研究室人員： 研究員 3名
 外来研究員 3名
305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1
TEL: 0298-59-2844 FAX: 0298-59-2801
URL: <http://www.nrim.go.jp>

研究室紹介

金材技研第2研究グループは、新型原子炉用材料の研究を担ってきた「原子炉材料研究部」が1988年に発展的に改組されてできた組織で、以後5年ごとに組織レビューを受けながら活動を続けている。各サブグループの研究の主眼は、その時々で変遷があったが、現在第3サブグループでは将来の核融合炉を目指した低放射化先進構造材料の研究を行っている。具体的には山本がサイクロトロンを用いた金属系材料のヘリウム脆化の研究を主催し[1]、鈴木、荒木が中心となって SiC の高性能化へ向けた研究を進めている[2,3]。

研究テーマ

(1) 線照射によるヘリウム脆化研究

核融合炉での材料の照射損傷の特徴として、他の炉型に比べて遙かに多くの核変換ヘリウムが生成することが挙げられる。このヘリウムは、第一壁・ブランケット構造材料に「ヘリウム脆化」と呼称される粒界脆化をもたらすことが危惧されている。そこで我々は、金材技研の材料照射専用サイクロトン施設で線照射を実施して、試験片にヘリウムを注入し、特にヘリウム脆化が顕著に現れるとされる長時間試験に重点をおいて、力学特性の評価を行っている。

図に最近得られた低放射化フェライト鋼 F82H の

ヘリウム注入後クリープ試験の結果を掲げる。図にも示されるように、原型炉で想定されるブランケット寿命までに蓄積される量に相当するヘリウム(1000 appm)を導入し、同鋼の最高使用温度(823 K)で試験を実施したにもかかわらず、クリープ特性に劣化は認められなかった。また、破面観察においてもヘリウムによる粒界破壊の誘発はなく、同鋼が良好な耐ヘリウム脆化特性を有することが明らかとなった。

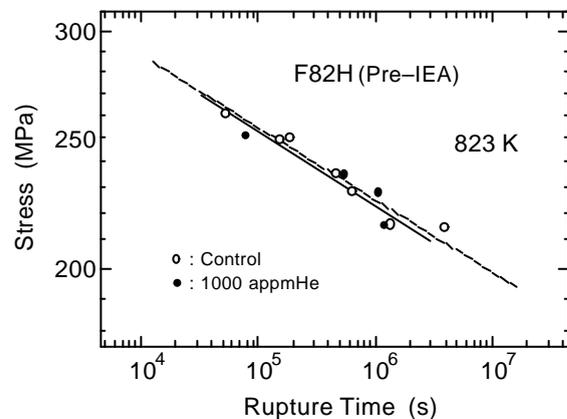


図 F82H 鋼のクリープ破断線図

(2) 同位体変換制御材料の開発

自然界の Si は質量数が 28、29 及び 30 の同位体から構成されてる。それぞれの同位体組成比を任意に変えることが出来ると、核的性質、熱物性等においてより優れた特性を示すことが期待される。²⁸Si のみからなる Si では同位体散乱低減による熱伝導

度の上昇が予測される。また、 ^{29}Si 、 ^{30}Si で構成される SiC は高速中性子照射下でも低誘導放射化の観点で有利であり、さらに高濃度の ^{30}Si を含む Si は大口径の均一組成の n 型半導体製造を容易にする。

しかし、これまで Si 同位体はいわゆる電磁分離による生産が一般的であるため、極微量しか手に入れられずトレーサー利用しかなされていないのが現状である。このため、材料化につながる同位体濃縮技術が望まれる。一方、赤外レーザを用いた多光子分離より多くの元素の同位体分離が試みられ、Si については近年 Si_2F_6 を用いて比較的容易に Si 同位体が得られることが見いだされた。

本研究では、この赤外レーザ照射による Si 同位体濃縮について、レーザ照射条件や Si_2F_6 ガス導入条件の影響を調べ、それぞれの Si 同位体濃縮の最適条件を検討している[2]。

また、シリコン同位体が濃縮された Si_2F_6 及び Si_4F をプラズマ CVD による直接分解で Si 膜を製造することを検討している。

(3) SiC/SiC 複合材料の開発及び特性評価

核変換特性に優れている SiC の構造材料への適用のために、SiC/SiC 複合材料の製造方法としての CVI 法の技術開発(写真)を行っている。本方法では、反応炉の改良と材料の大型化、繊維強化 SiC 複合材料の緻密化を試みている。

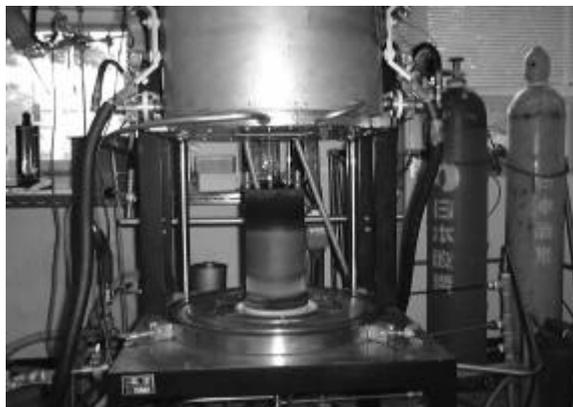


写真 金材技研 120 mm CVD システム

現在、写真の装置を用いて密度 2.36 g/cm^3 、曲げ強度 800 MPa が得られている。

主要論文・著書

- [1] “Effects of helium implantation on creep rupture properties of low activation ferritic steel F82H IEA heat”, J. Nucl. Mater., 283-287, 400 (2000).
- [2] “赤外線レーザ照射による Si 同位体濃縮”, 日本金属学会誌, 61, 145 (1997).
- [3] “Effect of high temperature heat treatment in vacuum on microstructure and bending properties of SiCf/SiC composites prepared by CVI”, J. Nucl. Mater., 258-263, 1540 (1998).

スタッフ



山本 徳和 (リーダー, 工学博士)
1978 年京都大学大学院工学研究科
修士課程修了
照射損傷、金属材料学

E-mail: yamamoto@nrim.go.jp



鈴木 裕 (主任研究官)
1989 年千葉大学大学院電気工学研究科
修士課程修了
レーザ同位体分離、プラズマ CVD、
光 CVD

E-mail: suzuki@nrim.go.jp



荒木 弘 (研究員)
1976 年茨城県立勝田工業高等学校
卒業
材料工学、物理分析

E-mail: araki@nrim.go.jp