

タングステンおよびタングステン合金における損傷の組織発達における 中性子・イオン照射に関する研究

Correlation between microstructural development of W and W alloys by neutron and ion irradiation

*長谷川晃¹, 福田誠¹, 黄 泰現¹ 野上修平¹

¹東北大学・工

核融合炉ダイバータ用のタングステンにおける中性子照射環境下での挙動を調べるために、中性子照射や重イオン照射が行われているが、その微細組織発達やそれによる照射硬化挙動は、照射温度や照射量によって類似点もあれば相違点も多い。これまで得られた重イオン照射と中性子照射による損傷組織発達について検討を行って、いわゆる照射相関を理解する上で必要な事項をまとめた。

キーワード：ダイバータ、タングステン、中性子照射、重イオン照射

1. 緒言

タングステン (W) およびタングステン合金は核融合炉のダイバータ用の材料として注目され、中性子やイオン照射による損傷の微細組織発達や機械特性に関する多くの研究が現在進められている。それぞれの照射条件においてボイドや転位ループ、析出物などが観察されているが、それらは温度や照射量によって類似点もあれば相違点も多く、統一的な理解が進んでいない。本研究では 1dpa 以下の損傷の組織発達における W 重イオン照射と中性子照射による損傷組織発達について検討を行って、いわゆる照射相関を理解する上で必要な事項を抽出することを目的とした。

2. 方法

検討に用いた照射データは、我々がこれまで純 W および W-xRe-yOs 合金を JMTR および HFIR といった熱中性子束の高い材料試験炉と、高速中性子束の高い常陽で照射した試験片における微細組織とビッカース硬さ測定の数値と、TIARA で W の自己イオンを照射して得られた微細組織とナノインデンテーション硬さの数値と、常陽照射材に対して行ったアトムプローブトモグラフィ (APT) によるレニウム (Re) の照射誘起偏析データである。

3. 結果と考察

非照射においては W 中の Re は 26%Re まで固溶することが知られているが、照射下では σ 相 (WRe) や χ 相 (WRe₃) が 500~800°C で析出することが原子炉照射で明らかになっている。これらの析出物が形成されると転位ループやボイドなどの照射欠陥による照射硬化を大きく上回る照射硬化を生ずると考えられる。析出物の形成は核変換による Re 生成量に依存することから、照射硬化の挙動は図 1 に示すように原子炉の熱中性子束によって照射硬化の現れ方の dpa 依存性が変わってくると考えられる。APT の結果から、常陽で 0.4dpa の照射でも W-10Re 合金で析出物として同定されない Re の顕著な偏析が観察された。この偏析は W の母相と同じ BCC 構造のため TEM では観察できなかったと考えられる。この偏析領域では σ 相形成組成に達している場合もあり、析出物として結晶構造が変わる条件に損傷量が大きく影響すると考えられる。一方、重イオン照射では 8dpa の照射によっても析出による大きな硬化が認められないことから、照射下における析出物形成に照射速度 (dpa/s) が大きく影響していると示唆された。講演においてはこれらの結果を基に、W-Re 系合金における材料特性の変化と損傷の組織発達における中性子・イオン照射相関を考える上で重要な事項をまとめる。

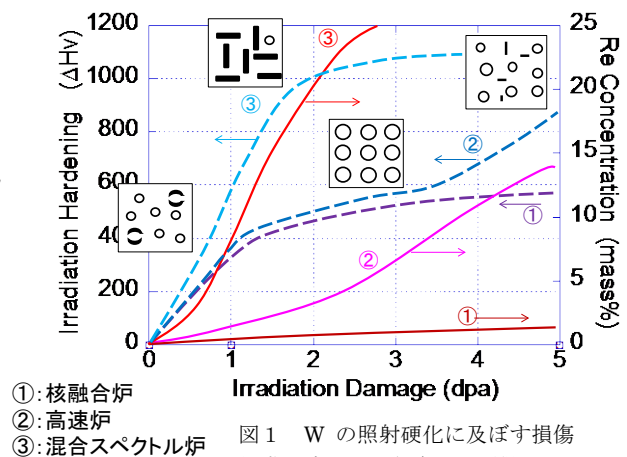


図1 W の照射硬化に及ぼす損傷組織発達と dpa 依存性の影響

*Akira Hasegawa¹, Makoto Fukuda¹, Hwang Teihyon¹ and Shuhei Nogami¹

¹Tohoku University.