

Title	金属における高エネルギー粒子照射効果の研究：高密度電子励起効果を中心として
Author(s)	知見, 康弘
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/44551">https://hdl.handle.net/11094/44551</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	知 見 康 弘
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 7 4 1 4 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 15 年 1 月 24 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	金属における高エネルギー粒子照射効果の研究～高密度電子励起効果を中心として～
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 高橋 亮人  (副査) 教 授 飯田 敏行 教 授 谷村 克巳

### 論 文 内 容 の 要 旨

第 1 章では序論として、高エネルギー粒子から物質へのエネルギー移行過程、及び金属の放射線照射効果に関する研究の歴史的背景について概説し、本研究を行なうに至る経緯について述べた。本研究では、高密度電子励起による原子変位過程のメカニズムの解明に迫ることを目的として、金属の高エネルギー粒子照射効果について幅広いエネルギー及び質量の粒子種を用いて系統的に調べた。

第 2 章では、純鉄における高エネルギー粒子照射効果について述べた。純鉄に、2 MeV 電子線、低エネルギー（～1 MeV）イオン、高エネルギー（～100 MeV）イオン、及び GeV イオンを低温照射し、欠陥蓄積挙動及び欠陥回復挙動を詳細に解析し相互比較を行なうことにより、電子励起効果を定量的に抽出することができた。その結果、純鉄においては、電子励起によって欠陥生成と欠陥消滅が引き起こされることがわかった。さらにその反応断面積が、電子系に投入されたエネルギーである電子的阻止能ではなく、そのエネルギーの一部が引き起こすイオン化の密度である初期イオン化率に非線形に依存していることが明らかになった。このことから、電子系から格子系にエネルギーが移行する過程ではクーロン爆発メカニズムが支配的になっている、と考察した。また、電子励起によって生成される欠陥は、主として比較的単純な構造を持つフレンケル対であることを示すデータも得られた。

第 3 章では、金ナノ結晶における高エネルギー粒子照射効果について述べた。金ナノ結晶に、2 MeV 電子線、60 MeV  $^{12}\text{C}$  イオン、及び 3.54 GeV  $^{136}\text{Xe}$  イオンを室温又は低温照射して欠陥蓄積挙動及び欠陥回復挙動を調べることにより、ナノ結晶中に生成される欠陥は、多結晶に比較すると熱的に不安定であることがわかった。しかし、低温照射の結果から、ナノ結晶は本質的には欠陥が生成されやすいものであることが示された。ナノ結晶では、多結晶よりも実効的な弾き出しエネルギーの閾値が低下している、と考察した。また、ナノ結晶においても高密度電子励起による欠陥生成を示唆するデータが得られた。

第 4 章では結論として、純鉄と金ナノ結晶の研究結果を総括した。本研究によって、金属における高密度電子励起による原子変位過程のメカニズムを解明するための非常に重要な指標が得られた。また、電子励起による金属材料の改質の可能性が十分にあることも示された。

## 論文審査の結果の要旨

高エネルギー粒子による金属を中心とする原子炉や核融合炉の材料の損傷のメカニズムの解明は、核エネルギーシステムの設計・安全性の面から非常に重要な課題である。しかし、核的・原子的反応が数 ps 以下で生じた後の材料の性質を観測できるのはミリ秒以上の時間帯であるため、実験結果から微視的損傷メカニズムを明らかにすることを難しくしており、研究のブレークスルーが待望されている。本論文では、多様な粒子種と低エネルギーから数 GeV におよぶ高エネルギーまでをカバーする粒子照射実験を系統的かつ大量に行なって、実験値の系統性と理論的解析の比較から、粒子照射効果の素過程についての新しい知見、即ち高密度電子励起効果の重要性の結論を得たものである。

本論文での主要成果は次のようである。

- 1) 純鉄材料に対する、電子線、軽イオン、重イオン粒子の 1 MeV から 3.5 GeV の広いエネルギー範囲での電気抵抗の変化の測定データを得ている。
- 2) 測定データの解析より、欠陥生成、消滅断面積を求めているが、それが特に高エネルギー重イオンで初期イオン化率に非線形に依存することを明らかにしている。
- 3) このことより、電子系から格子系へのエネルギー移行の過程でクーロン爆発メカニズムが重要なファクターとなっていることを初めて明らかにしている。
- 4) 金ナノ結晶材料を用いて、同様な実験を行い、高密度電子励起の効果があることを示している。
- 5) ナノ結晶材料では、生成される欠陥は多結晶に比べると熱的に不安定となることを明らかにしている。このことを利用して、材料改質が可能であると結論している。

以上のように、本論文は、核エネルギーシステムに用いる材料の粒子線損傷効果の解明のための基本的データを系統的に与えている上に、新しい知見として高密度電子励起効果の重要性を明らかにしている。原子力科学の基礎への重要な貢献であると言える。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。