



教授 / 理学博士

掛下 知行

Tomoyuki Kakeshita

学歴

北海道大学 理学部 物理学科、北海道大学 大学院 理学研究科 物理学専攻 修士課程、大阪大学 大学院 基礎工学研究科 物理系専攻 博士課程中退

経歴

大阪大学助手、助教授/准教授、大阪大学教授、大阪大学 教育研究評議員、工学部長・工学研究科長、経営協議会委員、大阪大学名誉教授/金属学会会長 金属学会賞（2018）

相談・講演・共同研究に応じられるテーマ

構造・機能材料に関する基礎から応用（作製も含む）の講演と技術相談、X線・中性子線による結晶学と動的解析ならびに電子顕微鏡、SEM等に関する解析評価

メールアドレス

kakesita@fukui-ut.ac.jp



主な研究と特徴

「変位型構造相転移に及ぼす強磁場および超高静水圧効果」

変位型構造相転移、特に金属・合金、セラミックスで見られるマルテンサイト変態は、原子の拡散を伴わずにその連携的な運動により引き起こされる典型的な一次の構造相転移である。この変態は、構造材料のみならず機能性材料において現在広く利用されていることもあり、今後、宇宙、海底、地底などの極端な条件下で使用される可能性があるが、これら極限環境下（強磁場、極低温、高圧力、超真空など）での変態挙動に関する研究は極めて少ない。

本研究では、外場として、強磁場（60T）および超高静水圧（100GPa）を用いて、これらが外場のマルテンサイト変態に及ぼす影響について系統的に調べている。その結果、磁場ならびに静水圧は、マルテンサイト変態開始温度に著しい影響を与えることがわかった。たとえば、32MA/m（40T）の磁場印加はFe-31.7at.%Ni合金のマルテンサイト変態開始温度を約75Kも上昇させ（図1）、逆にFe-29.9at.%Ni合金に1.5GPaの圧力を負荷すると、マルテンサイト変態開始温度を100K程度も下降させる。これら実験事実を考慮して、変態開始温度の磁場依存性ならびに圧力依存性を決める式を新たに導出するとともに、この変態の核生成・成長と関連する変態のkineticsを説明できる統計熱力学的手法に基づいた新しい理論を構築した。また、磁場は上述した変態温度だけでなく、マルテンサイト晶のマクロな分布に影響を及ぼすことを見出した。このことは、組織が磁場で制御されることを示唆している。その組織のフラクタル次元は1.8次元となり、拡散変態の1.6次元とは異なっている。さらに、磁場印加中だけマルテンサイトが生成する「磁気弾性マルテンサイト変態」の存在を初めて見出すとともにFe基強磁性形状記憶合金において、極めて低い応力で数%の巨大ひずみが見られることを見出した。

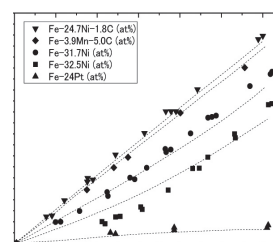


図1. Fe基合金におけるマルテンサイト変態開始温度と臨界磁場の関係。点線は計算値。

今後の展望

上述した構造相転移ならびに磁気転移に関する基礎研究および強磁場ならびに高静水圧付加により構造相転移ならびに磁気転移を制御した新機能性材料・構造材料の開発を、今後の研究展望にする。

Department of Mechanical Engineering

Key words

Shape memory materials, steel materials, magnetic materials(magnets),superconducting materials, microstructure control, physical properties of structural functions,electron theory,first principles calculation



Doctor of Science / Professor

Tomoyuki Kakeshita

Education

Department of Physics, Faculty of Science, Hokkaido University, Hokkaido University Graduate School of Science, Physics Master's Program, Osaka University Graduate School of Engineering Science, Department of Physics(Doctoral Program)

Professional Background

Research Associate, Assistant Professor/Associate Professor, Osaka University, Professor at Osaka University, Osaka University Educational Research Councilor, Dean of Engineering and Engineering Research, Member of the Management Council, Professor Emeritus of Osaka University / President of The Japan Institute of Metals and Materials Award(2018)

Consultations, Lectures, and Collaborative Research Themes

Lectures and technical consultations from basic to applied (including manufacturing) on structural and functional materials. Crystallography and dynamic analysis by X-ray / neutron beam, and analysis/evaluation of electron microscope, SEM etc.

e-mail address

kakesita@fukui-ut.ac.jp



Main research themes and their characteristics

Effects of magnetic field and hydrostatic pressure on displacive transformation

Displacive transformation, in particular martensitic transformation observed in many metals, alloys and ceramics is a first order transition and now widely exploited in smart materials as well as structural materials. In near future, these materials will be used under extreme conditions such as outer space, undersea, and underground. Despite of such expected requirements, there are few investigations related to phase transformation under extreme conditions (high magnetic field, high hydrostatic pressure, cryogenic temperature, high stress and high vacuum etc.).

Then, we are going to investigate systematically the effects of high magnetic field (60 T) and high hydrostatic pressure (100 GPa) on martensitic transformation. As a result, we find that both the magnetic field and hydrostatic pressure remarkably influence the martensitic transformation temperature. For instance, in an Fe-31.7at.%Ni alloy, the transformation temperature increases by about 75 K by the application of magnetic field of 32MA/m (40T) (Fig.1), while it decreases in an Fe-29.9at.%Ni alloy by 100 K by the application of hydrostatic pressure of 1.5 GPa (Fig.2). Taking these results into account, we derive a new formula which determines magnetic field and hydrostatic pressure dependences of martensitic transformation temperature. In addition, we derive a new model which can explain kinetics of martensitic transformation by introducing statistical thermodynamics to the nucleation process. Moreover, we find that the distribution of martensite plates is affected by magnetic field, meaning that morphology of martensite is controlled by magnetic field. Furthermore, we firstly find a magnetoelastic transformation, in which the martensite phase exists only under magnetic field. We also find a giant strain (several %) induced by quite low stress in Fe-based ferromagnetic shape memory alloys.

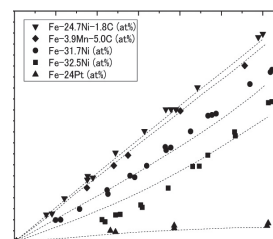


Fig.1 Magnetic Field dependence of martensitic transformation temperature in Fe-Ni alloys --calculation

Future prospects