

先端材料部門 材料設計研究分野 (細田秀樹研究室)

Email: hosoda.h.aa@m.titech.ac.jp

http://kenwww.pi.titech.ac.jp/

(研究分野)

各種機能性形状記憶合金（生体用，磁性，高温用，防振性），構造用・機能用金属間化合物，機能性コーティング，水素吸蔵合金などの高・多機能スマートマテリアル・コンポジットの設計と開発

(研究テーマ)

1) 新生体用形状記憶合金の開発（細田秀樹，稲邑朋也）

唯一の実用形状記憶合金Ti-Niは大きな形状回復歪と回復力を有し，かつ，強くしなやかである。このため，駆動素子，MEMSや最先端医療デバイスなど広い分野で利用されているが，さらなる高・多機能化のためTi-Ni合金を凌駕する新形状記憶材料が望まれている。特に医療用途では，心臓病や脳卒中などの血管系疾患の患者数が増えており（図1），その低侵襲性治療としてカテーテル，ガイドワイヤー，ステントなどの血管内治療機材に超弾性合金Ti-Niの使用量が増加している。しかし，Ti-Ni合金ではNiアレルギーが懸念され，より生体安全性の高い新生体用形状記憶合金が要求されている。このため，我々は有害元素を使わない合金設計により，Ti-Nb-AlやTi-Cr-Sn系など新生体用チタン合金や，白金族元素を基調とする生体用形状記憶合金を創造し，これらにおいて実用に耐える優れた形状記憶・超弾性特性の発現に成功している（図2），また，その時効による組織変化や機械的性質の変化などを明らかにし，特性向上のための処理についても研究している。（図3）。

2) 磁性・高温用形状記憶合金の開発（細田秀樹，稲邑朋也）

通常形状記憶合金は熱サイクル中に起こるマルテンサイト（M）変態により動作するため，動作速度は熱伝導や冷却速度に律速され，Ti-Niでは100Hz程度が上限となる。このため，我々は，超高速駆動可能な磁場駆動形状記憶スマートコンポジットを複合材料設計により開発している。その動作特性の向上のため，複合材料内部の磁場駆動形状記憶合金の粒子分布や粒子形状変化をX線マイクロCTにより評価できることを示した（図4）。また，M変態温度に依存する動作温度は，Ti-Niでは最高100°C程度であり，より高温で使用できる材料が求められている。我々は，白金族元素を用い，1000°C以上でも動作する高温形状記憶合金や，500°C程度でも磁場により非接触で大きな駆動歪みを示す高温形状記憶合金／高キュリー温度磁性体複合材料アクチュエータ材料の研究を行っている（図5）。

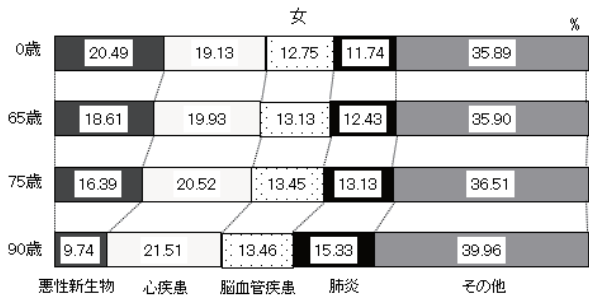


図1 厚生労働省によるH20年の日本人女性の死因別死亡確率
Fig.1 Cause of death in Japanese women in 2008 reported by Health, Labour and Welfare Ministry:
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life08/index.html>

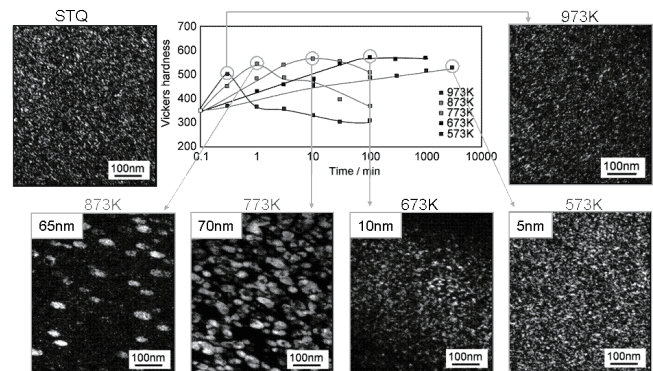


図3 TiMoMn合金の硬度変化と組織変化に及ぼす時効熱処理の影響
Fig.3 Effect of aging on hardness and microstructural change of TiMoMn biomedical shape memory alloy

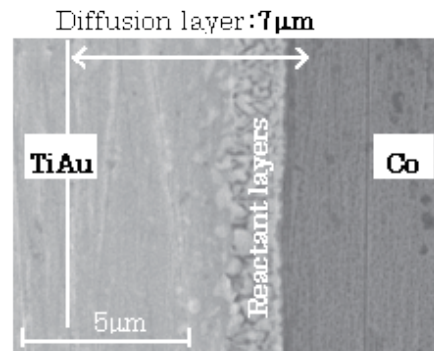


図5 高温磁場駆動複合材料TiAu/Coの界面組織
Fig.5 Interfacial structure of TiAu/Co high temperature magnetodriver actuator material

Advanced Materials Division

Materials Design Section

(Hideki Hosoda Group)

(Research Field)

Innovation, design and development of multifunctional smart materials and composites based on biomedical, ferromagnetic, high-temperature and high-damping shape memory alloys, structural/functional intermetallics, coating materials, hydrogen absorption materials and others.

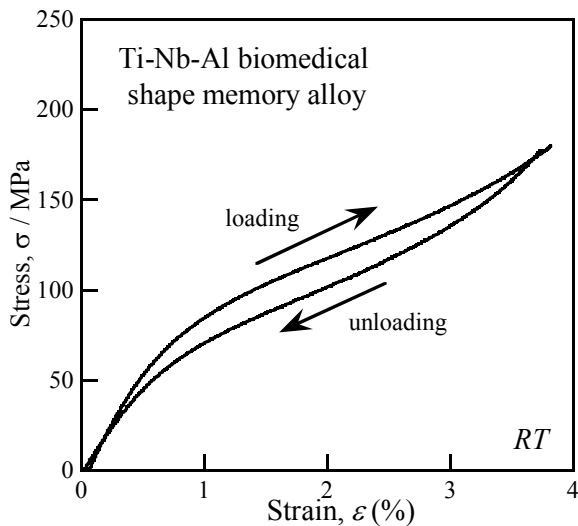


図2 集合組織を発達させたTi-Nb-Al生体用形状記憶合金の超弾性

Fig.2 Superelasticity of texture-developed Ti-Nb-Al biomedical shape memory alloy

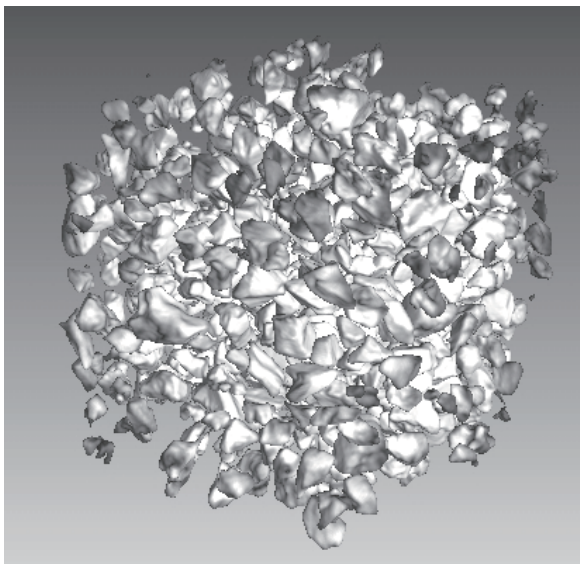


図4 磁性形状記憶合金/ポリマーコンポジットの
マイクロCTによる3次元内部分散状態測定

Fig.4 3D in-situ distribution of NiMnGa ferromagnetic shape memory alloy particles embedded in silicone polymer matrix

(Current Topics)

1) New biomedical shape memory alloys

(H. Hosoda and T. Inamura)

It is clearly understand that the heart disease and cerebrovascular disease become increasing with age in comparison with cancer (Fig.1). Then, endovascular operation using microdevices such as stents, catheters and guidewires becomes important day by day. Now Ti-Ni shape memory /superelastic alloys are widely used for such implant devices. However, the possibility of Ni hypersensitivity due to constituent Ni atoms is a problem and thus Ni-free (toxic element free) biomedical shape memory / superelastic alloys are required in order to replace Ti-Ni. Based on the background, we have conducted the development of Ni-free biomedical shape memory / superelastic alloys composed of biocompatible elements only such as Ti, Nb, Cr, Sn, precious metals, and excellent superelasticity was found in several Ti based alloy. Besides, in order to enhance shape memory and superelastic properties, mechanical behavior and texture/microstructural change of Ti-Mo base and TiAu base alloys have been studied through various thermomechanical treatments (Fig.3).

2) Ferromagnetic and high-temperature shape memory alloys and composites (H. Hosoda and T. Inamura)

Since most shape memory alloys are driven thermally, the drive frequency is limited by thermal conductivity. The maximum frequency of Ti-Ni is around 100Hz. In order to increase the frequency, ferromagnetic motion by magnetic field is promising. However, such ferromagnetic shape memory alloys are often brittle and then we have innovated new smart composites based on ferromagnetic shape memory alloy (NiMnGa) particles and polymer matrix composites equipping with good formability and workability (Fig.4). Besides, in order to increase service temperature of actuator materials, we have studied new high temperature shape memory alloys based on precious metals which can be applied over 1000°C and new high temperature magneto driven composite actuator based on high Curie temperature material (Co, Fe) and high temperature shape memory alloys (TiAu, TiPt) (Fig.5).