

研究課題名 生体医療用 MRI アーチファクトフリー合金の研究

## 1. 研究目的と成果内容

近年の X 線 CT の進化にともなって特に日本ではその使用頻度が増え、医療被曝が無視できなくなりつつある。そのため、無被曝で診断が可能な MRI が一層注目されている。必要な画像情報が得られる場合は、より低侵襲な MRI の利用は理に適った選択である。

MRI の欠点の 1 つは、体内に金属製の医療用デバイスが留置されていると、金属アーチファクトが生じ、画像情報が劣化・喪失する点である。そのため、脳動脈瘤クリップや血管ステントのように除去できない金属製デバイス周囲の撮影では、アーチファクト回避のため撮影条件が制限されることが多い。また、高性能化を目指した MRI の高磁場化にともないアーチファクト回避は困難になっている。

金属アーチファクトの主因は、デバイスの材料である金属の磁化率と周囲の組織の磁化率が異なることにより生じる磁化率アーチファクトである。生体組織の磁化率は、その主成分である水の磁化率、 $-9$  ppm とほぼ同じ値を示す。したがって、 $-9$  ppm に近い磁化率を示す金属でデバイスを作れば、アーチファクトを生じることはない。

磁化率が負の合金を作るため、磁化率が負である Au に生体親和性の高い元素を添加し、医療用デバイスとして使用可能な機械的特性を示す合金の開発を進めてきた。Au に Ti, Zr, Nb, Ta を添加した合金を試作、評価した結果、Au-Nb 合金が磁化率、機械的特性ともに有望であることを見出し、さらなる強化のため、Ti を微量添加した三元合金を試作、評価した。

今回試作した Au-Nb-Ti 合金では、時効処理後に  $Au_2Nb$  が析出した組成では磁化率は減少を示した。 $Au_2Nb$  の磁化率は  $-23$  ppm と時効処理前の固溶体より小さいことから、析出にともなって磁化率が減少したと考えられた。今回試作した中で Au-12Nb-1.5Ti 合金は、時効処理により目標値付近の磁化率と、 $400$  以上の Hv を示し、Au-Nb 合金より大幅に硬い非磁性合金が得られた。

## 2. 自己評価

一般的に Au への添加元素量を増やすと強度は上がるが、添加元素の磁化率がプラスの場合、同時に磁化率も増加することが多い。つまり、強度向上のために添加量を増やすと、目標磁化率を超えてしまう。そのため、添加元素量を最小限にとどめ、熱処理による第 2 相の析出(異なる固相が出現する現象)で強化する伝統的な手法(時効強化)が有効と考えられるが、第 2 相の析出にともなう磁化率の変動が問題となる。

しかし、現在研究対象としている合金のうち、Au-Nb 合金において  $Au_2Nb$  の析出にともない磁化率が効果的に減少することを発見した。この貴重な現象を活用することで、添加元素(Nb)をさらに増やすことによる強化と、熱処理による強化とを同時に利用して非常に高い強度

を得ても、磁化率を目標値に調整できる可能性が見えてきた。それを利用した合金設計を元に着手したのが、今回対象としている Au-Nb-Ti 合金である。今後は、組成と熱処理の最適化を進めつつ、加工性や耐食性といった諸性質の評価を行う予定である。以上のような性質が、現在の医療用高強度合金である Ti 合金や Co-Cr 合金と同等以上であれば、生体医療用アーチファクトフリー合金として実用化を目指すべき合金となる。

### 3. 学会発表

1. 生体医療用 Au-Nb-Ti 合金の磁化率と硬さ, 第 66 回日本歯科理工学会学術講演会, 東京都, 10 月・2015 年(ポスター), 乾志帆子, 宇山恵美, 浜田賢一
2. Magnetic Susceptibility and Hardness of Alloys of Au and Group IV Elements (Ti, Zr) for MRI Artifact-free Biomedical Applications, 27th European Conf. on Biomaterials, Krakow, Poland, Sep・2015(ポスター), Inui S, Uyama E, Honda E, Hamada K
3. Magnetic Susceptibility of Au-X (X=Nb, Ta, Ti, Zr) Alloys for MRI Artifact-Free Biomedical Applications, 7th International Gold Conf., Cardiff, UK, Jul・2015(ポスター), Inui S, Uyama E, Honda E, Hamada K