

# Co 過剰型 Fe-Co 磁歪合金の XAFS による構造解析 Structural analysis of Co-rich Fe-Co magnetostrictive alloys by XAFS

佐野世樹<sup>1</sup>, 久保田健<sup>2</sup>, 宮永崇史<sup>1</sup>

<sup>1</sup>弘前大理工, 〒036-8224 青森県弘前市文京町 3

<sup>2</sup>北日本新エネ, 〒030-0813 青森県青森市松原 2 丁目 1-3

Toshiki Sano<sup>1\*</sup>, Ken Kubota<sup>2</sup>, Takahumi Miyanaga<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hirosaki Univ Science and technology, 3 Bunkyou-cho, Hirosaki, Aomori, 036-8224, Japan

<sup>2</sup>NJRISE, 1-3 Matsubara 2, Aomori 030-0813, Japan

## 1 はじめに

磁歪材料とは、磁場を印加し磁化させたときに歪みが生じる機能性材料であり、逆に、応力・歪みにより磁化状態を変化（逆磁歪効果）させることもできる。工業的には、検知（センサ）と駆動（アクチュエータ）の二つの役割を担うことができ、システムによっては駆動電源を必要としないため、次世代エネルギーマネジメントシステムの基幹要素を担うばかりか、エネルギーハーベスト（環境中の分散希薄エネルギーを有効に利用する技術）においても期待されている。

本研究で対象とする Fe-Co 合金も磁歪材料として知られる。Co の平衡状態の結晶構造は hcp であるが Co 過剰な Fe-Co 合金（70at%Co 近傍）を作製した場合、その構造は熱履歴や Co 含有率によって bcc 構造、または fcc 構造を形成する。既知の平衡状態図によれば Co 含有率を増加させると主相の bcc 中に fcc 構造が増えること、ならびにおおよそ 730~750°C を超える温度でアニールすると高温相である fcc 構造の析出が起り、焼入れすることによって室温まで凍結できることが系統的に理解されており、この fcc 構造がわずかに混在しているときの飽和磁歪が高くなることが報告されている[1]。Fig.1 は組成比や熱処理の条件を変えた試料の構造について XRD 測定から得られた結果を図にしたものである。ここではアーク溶解法により Fe-Co 合金を作製し、銅単ロール型急冷凝固装置により薄帯にしたものを ribbon、その ribbon を 57% 圧延したものを rolled ribbon、塊状で作製し 87% 圧延した板材を bulk と表す。また、Fig.2 の  $\chi(k)$  フーリエ変換スペクトル (FT) に示すように、これまでの EXAFS の結果から ribbon、rolled ribbon および bulk 状の Fe-Co 合金試料では、Fe は bcc 構造、Co も bcc 構造を形成していることが示唆されている。今回、各試料の磁歪の違いを構造からみるため、XAFS を用いて Fe と Co 周辺の構造解析を行った。

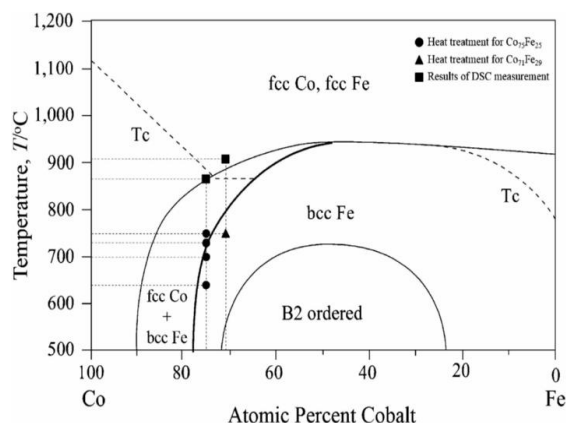


Fig.1 組成比とアニール温度による Fe-Co 合金の構造[1]

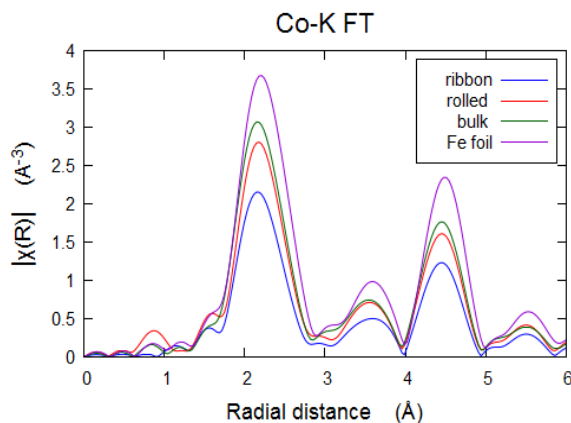


Fig.2 Fe<sub>25</sub>Co<sub>75</sub> 合金の Co-K FT

## 2 実験

Fe<sub>25</sub>Co<sub>75</sub> (at%) の合金組成をもつ ribbon、rolled ribbon、bulk 試料を 730~1000°C で 1~10h アニールしたものとアニールを行っていない as-quenched を用意した。750°C 1h アニール試料については温度依存性をみるため、測定する際の温度を -202~+27°C (25~300K) の間で変化させて X 線吸収スペクトルを測定した。また、組成の影響を比較するために Fe<sub>29</sub>Co<sub>71</sub> (at%) も作製して実験に供した。Fe-K 端と

Co-K 端についての XAFS 測定は KEK-PF の BL9C で透過法により行った。EXAFS の解析方法については X 線吸収スペクトルより得られた EXAFS を、Athena を用いて  $\chi(k)$  スペクトルの抽出・フーリエ変換を行い、フーリエ変換したものに Artemis を用いてカーブフィッティングをすることで合金中の原子間距離や Debye-Waller 因子などを求めた。解析に使用した各試料の基本情報とその磁歪および原子間距離を Table1 に表す。

Table.1 解析に使用した FeCo 合金の特性

Fe-Co(at%)	形状	アニールの条件	結晶構造(XRD Cu-K $\alpha$ )	第一近接原子間距離 [Å]	飽和磁歪 [ppm]
Fe <sub>25</sub> Co <sub>75</sub>	ribbon	as quenched	A2	2.448	53
		750°C - 1h	A2+A1	2.461	37
	rolled ribbon	750°C - 1h	A2+A1	2.458	72
		as rolled	A2	2.452	77
	bulk	730°C - 1h	A2+A1	2.450	76
		750°C - 1h	A2+A1	2.453	72
Fe <sub>25</sub> Co <sub>71</sub>	ribbon	as quenched	A2(+B2?)	2.453	75
		750°C - 3h	A2	2.452	65

### 3 結果と考察

750°C で 1h アニールされた ribbon、rolled ribbon、bulk の Fe<sub>25</sub>Co<sub>75</sub> を比較したところ、Fe-K 端では原子間距離と Debye-Waller 因子に明瞭な違いはみられなかったが Co-K 端では試料によって違いがみられた。この違いを調べるため、組成やアニール条件の異なる試料も含め、Co-K 端の第一近接 Debye-Waller 因子と磁歪をプロットしたものを Fig.3 に示す。

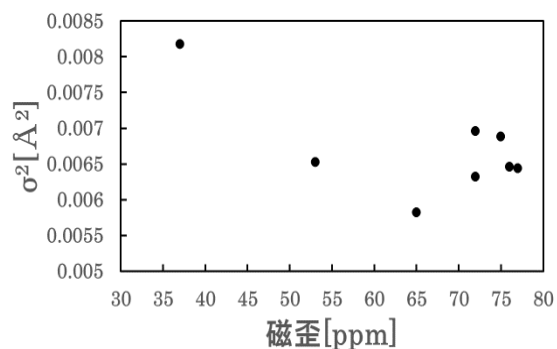


Fig. 3 合金中の Co-K 端の第一近接 Debye-Waller 因子と合金の磁歪

磁歪の小さい試料の Debye-Waller 因子は他に比べ大きいですが、全体の値から相関性ははっきりしない。Co-K 端から見積もった原子間距離についても同様に磁歪との相関はみられなかった。みられないものの、現在種々の解析を進めている。

### 4 参考文献

- [1] N. Kimura, T. Kubota, T. Yamamoto, S. Fukuoka and Y. Furuya, J. Japan Inst. Met. Mater., Vol.79, No.9, pp.441-446 (2015).