

## 固液磁気分離技術の開発

岩手県

【研究者名(所属機関)】中澤廣(岩手大学工学部), 千葉晶彦(岩手大学工学部), 岡田秀彦((独)物質・材料研究機構)

### 1. 研究目的

地熱水中に含まれる有害なヒ素等の除去を高速, 大量に行う技術の開発。

### 2. 研究内容

- (1) 磁気分離を使った地熱水中のヒ素の除去方法の開発
- (2) 磁気分離を使った環境ホルモン分離, 濃縮方法の開発

### 3. 研究成果

(1) 地熱水中のヒ素を水酸化第二鉄フロックに吸着させそれを磁気分離によって熱水中から分離してヒ素を除去する技術を開発した。これによりヒ素濃度を排出基準(0.1mg/L)以下にすることができた。

(2) 環境ホルモン等を吸着する疎水化マグネタイトを開発し, 磁気分離と組み合わせることで, 高速, 大量処理が可能な環境ホルモン濃縮技術を開発した。これにより, 分析の前処理として必要な環境水からダイオキシンを濃縮する時間を従来の1/6以下することができた。

(3) ヒ素, フッ素の磁性吸着剤との磁気分離を組み合わせることで, 温泉水中の, ヒ素, フッ素の除去も可能なシステムを開発した。

### 4. 今後の展開

プロジェクトへの提案を行い, 実証プラントによる評価を行いたい。

### 5. 成果発表

特許出願件数: 9件 論文数: 15件  
口頭発表件数: 国内17件, 国外13件

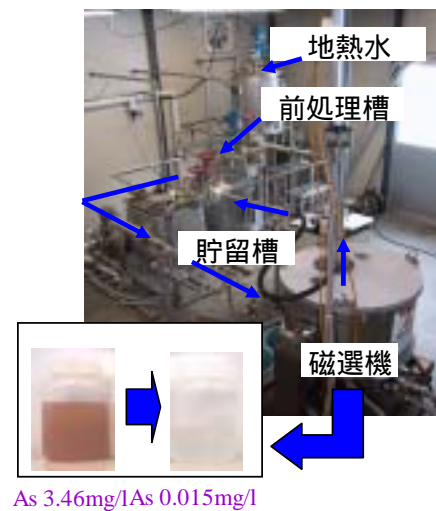


図1 地熱水中のヒ素除去実験装置

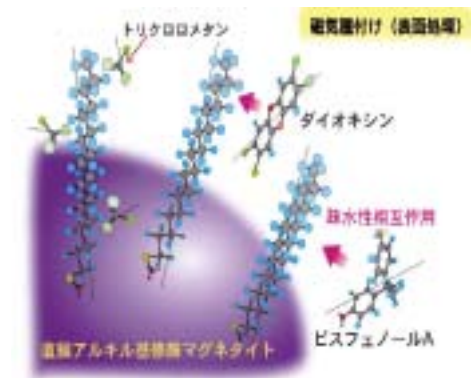


図2 磁性粒子表面の吸着の概念図

# 粉粒体磁気分離技術の開発 ～バルク材応用技術の研究開発～

岩手県

【研究者名(所属機関)】 藤原英治((財)いわて産業振興センター)

## 1. 研究目的

近年の超電導技術の進歩は著しく、これまで想定されていなかった新たな強磁場用途での利用・活用が可能になりつつある。

そこで本研究では、強磁場発生装置を利用した酸化物粉粒体の磁気分離技術の研究・開発を行なう。

## 2. 研究内容

(1) 超電導バルク磁石装置による酸化物粉粒体の磁気分離基礎研究

(2) 超電導バルク磁石装置を組み込んだ粉粒体磁気分離試作機の開発

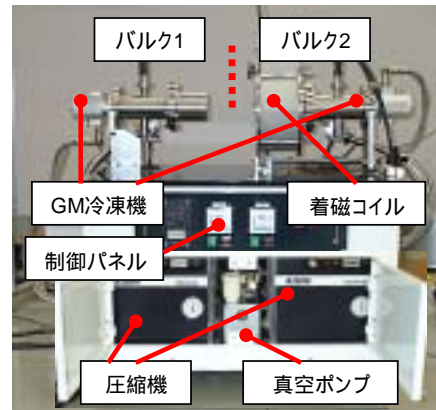


図.1 対向型バルク磁石装置

## 3. 研究成果

研究サンプルとして粒度 $212 \sim 100 \mu\text{m}$ のヘマタイト粒 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 常磁性体, 磁化率  $2 \times 10^{-3}$ ) とシリカ粒 ( $\text{SiO}_2$ , 反磁性体, 磁化率  $-1 \times 10^{-6}$ ) を用いた基礎研究の結果、ヘマタイトを磁極に磁着させることができ、シリカとの分離の可能性を確認。

ヘマタイト粒が磁着することを確認できたことから、粉粒体磁気分離技術の装置化を検討し、対向型バルク磁石装置、粉体分離機、粉体供給機から成る粉粒体磁気分離試作機を開発。

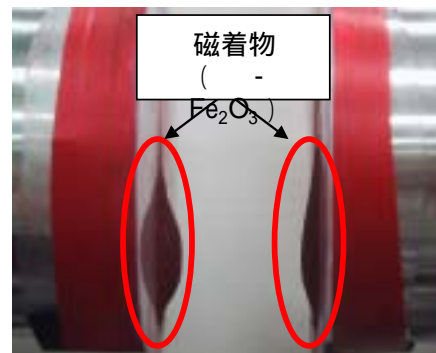


図.2 磁極への磁着物

## 4. 今後の展開

本事業で粉粒体磁気分離の研究開発を行ったことで、磁気分離技術の新たな可能性を示すことができた。今後、更なる粉粒体磁気分離技術の研究開発が行われることを期待する。

## 5. 成果発表

特許出願件数: 1件

口頭発表件数: 国内2件(第五回磁気分離研究開発に関するワークショップポスター発表、第三回高温超伝導材「夏の学校」口頭発表)

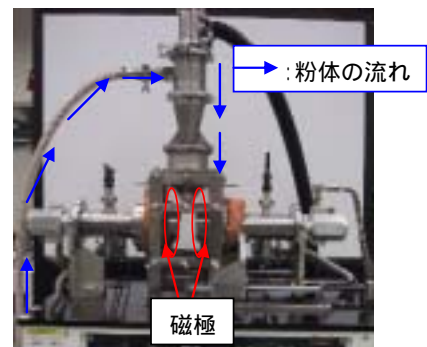


図.3 粉粒体磁気分離試作機

## 磁気利用による機能性有機薄膜の創製

岩手県

【研究者名(所属機関)】 森 邦夫(岩手大学工学部)  
李 尚学((財)いわて産業振興センター)

### 1. 研究目的

機能基を換えることによって様々な分野で利用可能なトリアジンチオールを用いて磁場による高分子構造の制御を検討しながらキャパシタを製作しその製造条件の開発を行なう。

### 2. 研究内容

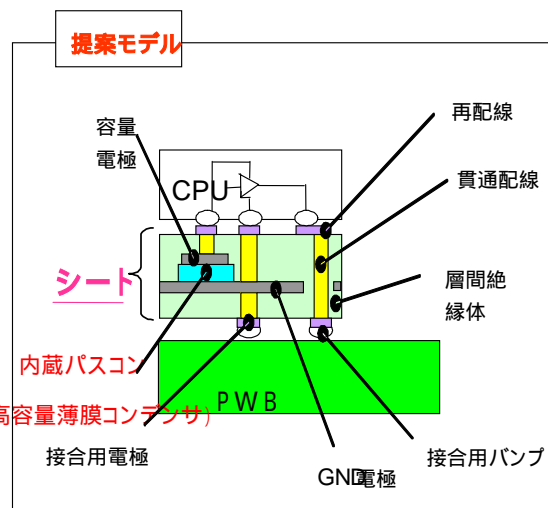
- (1) 磁場を利用したトリアジンチオールによる有機薄膜キャパシタの開発
- (2) トリアジンチオールによる有機薄膜キャパシタ内臓基板の開発

### 3. 研究成果

トリアジンチオールを有機メッキ法を利用してアルミニウム基板に有機薄膜を形成し、キャパシタとしての電気的特性を確認することを達成

磁場中で製作することによって高分子の高配向を示した試料から  $1.5 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ 以上の静電容量を実現

有機薄膜キャパシタ内臓基板を開発



### 4. 今後の展開

有機薄膜キャパシタとして使用するための製造条件確立による商品化及び有機薄膜キャパシタ内臓基板での使用条件確立

### 5. 成果発表

特許出願件数: 5件 論文数: 15件  
口頭発表件数: 国内10件、国外4件

磁場利用による有機機能性薄膜の創製

岩手県

【研究者名(所属機関)】叶榮彬((財)いわて産業振興センター)、馬場守・大石好行・森邦夫(岩手大学工学部)、鈴木 一孝(岩手県工業技術センター)

1. 研究目的

本研究では、強磁場中での真空蒸着法を用いる有機機能性薄膜の製作及び評価, さらに機能性膜を利用して有機トランジスタの製作及び評価を行っている。

2. 研究内容

- (1) 光磁場導入型真空蒸着装置の設計、製作及び薄膜の試作
- (2) 磁場中で機能性薄膜の製作、評価及びデバイスの製作と評価
- (3) 有機COMS及び有機ホモ結合によるAmbipolarデバイスの製作と評価

3. 研究成果

- (1) p形ペンタセン有機TFTsの作製技術に関しては、最先端レベルにまで到達した( $\mu \sim 0.4 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ )
- (2) n形F<sub>16</sub>CuPcとp形CuPc有機有機TFTsの作製技術に関しては、 $\mu$ は $\sim 0.01 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を到達した。(最先端レベル: $\sim 0.03 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ )
- (3) CuPc/F<sub>16</sub>CuPcによる有機ホモ結合によるAmbipolarデバイスに関して $u_p = 1.44\text{e-}3 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ と $u_n = 8.13\text{e-}4 \text{ cm}^2/\text{Vs}$

4. 今後の展開

有機COMS及び n形とp形有機薄膜とOTFTsの整合性の研究

5. 成果発表

特許出願件数:1件 論文数:7件  
口頭発表件数:国内10件、国外3件

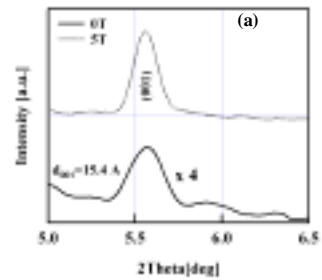


図1. XRD Spectra (a) and AFM Images (b) of Pentacene Thin films on KCl Substrates

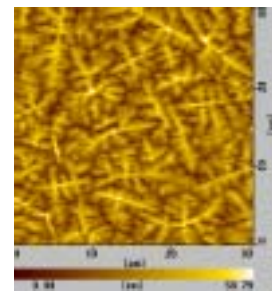


図2. AFM image of an optimum pentacene thin film

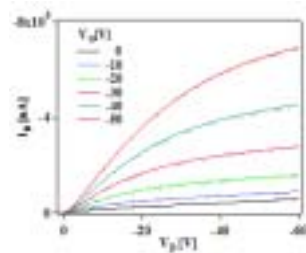


図3. I-V Characteristics of OFET

# 感磁性有機自己集合体の創製

岩手県

【研究者名(所属機関)】小川 智(岩手大学工学部)、吉本則之(岩手大学工学部)  
小川 薫((財)いわて産業振興センター)

## 1. 研究目的

強磁場環境下、金属あるいは無機基板の洗浄表面にデバイス機能を有する機能性有機薄膜を形成させる。

## 2. 研究内容

- (1) 電荷移動SAMsの合成、特性、磁場効果
- (2) 磁場を利用した有機導体の配向制御

## 3. 研究成果

近年、有機薄膜を用いた実用的な分子電子デバイスの開発に期待が持たれている。しかしながら、有機薄膜において、面内単一配向あるいは基板全面に渡る単結晶の作製技術は存在しない。我々は、有機薄膜の新たな配向制御因子としての磁場に着目し、高配向有機薄膜による、分子デバイス作製の基盤技術を確立することを目指した。精密に分子設計したBTTFの合成法を確立し、溶液中自己組織化により形成した単分子膜が十分なドナー性能を持つこと、強磁場中での成膜条件により膜密度および形成するドメインのサイズが変化することを見出した。

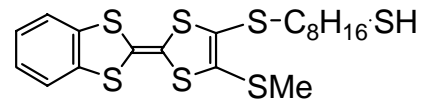
また、一次元の金属的電気伝導性を示すTTF-TCNQの粉末結晶を作製し、個々のTTF-TCNQ単結晶が強磁場中で配向することを見出した。結晶育成の条件を変化させることで様々な形状およびサイズの結晶を作製することに成功し、磁場配向に及ぼす結晶サイズの影響を明らかにした。さらに、分散媒中にTTF-TCNQ結晶を分散させ、磁場中で配向させた後に分散媒のみを蒸発させ、その後TTF-TCNQを真空蒸着することにより、導電率に異方性を持つ配向制御した薄膜を作製することに成功した。

## 4. 今後の展開

デバイスの固有作製技術の開発と共同研究体制の整備

## 5. 成果発表

特許出願件数：2件 論文数：8件  
口頭発表件数：国内25件、国外14件



BTTF

図1 TTF-TCNQ結晶の磁場配向

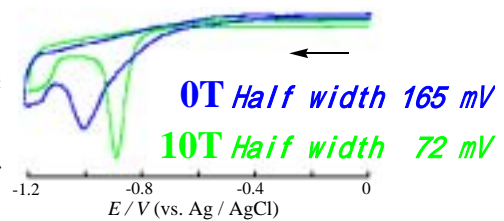


図2 CVによる磁場効果の確認

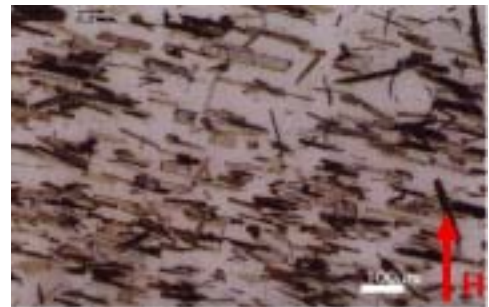


図3 TTF-TCNQ結晶の磁場配向

# 磁気利用による結晶製造プロセス

岩手県

【研究者名(所属機関)】 小川 薫((財)いわて産業振興センター)  
清水健司(岩手大学工学部)、鈴木映一(岩手大学工学部)  
今井 潤(岩手大学地域連携推進センター)

## 1. 研究目的

磁場下での“その場観察装置”を用いて結晶化現象における速度論および構造への磁場効果、添加物効果の定量的データを取得し、その機構解明を行う。

磁場環境を利用した機能性結晶製品の製造を念頭に、素材の選定と磁場下でのそれらの結晶の製造のための装置設計および操作の開発を行う。

## 2. 研究内容

磁場下での場観察装置を用いて所定の過飽和溶液から生成した反磁性体であるアミノ酸結晶の配向および成長の様子を観察した。そして、磁場下において結晶化させた生成結晶の形状、表面および構造の評価を、AFM、XPSおよびX線解析等で行った。

結晶成長に影響を及ぼす磁気力の検討および磁場方向と重力の関係について検討を行った。

さらに、磁場下での流動層型晶析モデル装置を提案し、晶析操作条件と結晶挙動および結晶配向の定量的関係を調べた。

## 3. 研究成果

ある磁場強度以上では溶液を浮遊する析出結晶がある一定の結晶軸を揃えて磁場配向する。

垂直磁場下では結晶のc軸が磁場方向と平行なとき、最も結晶のc軸の成長が抑制される。

水平磁場下では、磁場方向および重力方向が結晶のc軸に対して垂直なときは、c軸の成長が促進される。

磁気力が作用する領域で結晶成長を行った結果、磁場中心より上部では成長速度が抑制され、逆に下部では促進される。

## 4. 今後の展開

共同研究企業と光学的機能素材の選定と製造および素材製造のための磁場を併用した晶析装置の開発と設計を行い、製品化を目指す。

5. 成果発表 特許出願件数: 5件 論文数: 8件  
口頭発表件数: 国内16件、国外5件

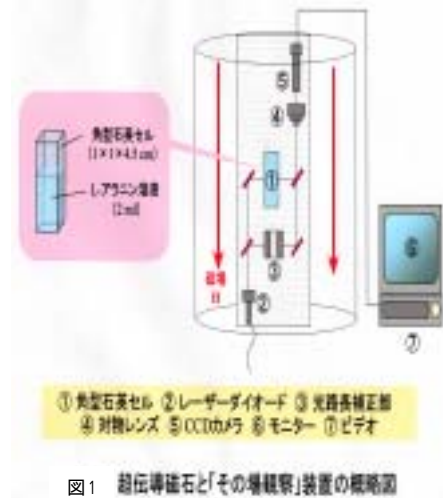


図1 超伝導磁石と「その場観察」装置の概略図

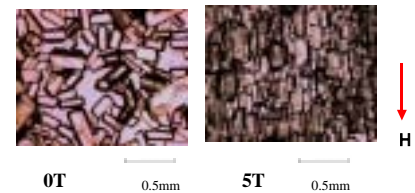


図.2 L-アラニン結晶の磁場配向の一例

# 磁気利用による食品加工・貯蔵法の開発

岩手県

【研究者名(所属機関)】 三浦 靖 (岩手大学農学部)  
金 哲 ((財)いわて産業振興センター)

## 1. 研究目的

資源生物や微生物の生育制御(促成栽培, 発酵の促進・遅延, 静菌, 殺菌), 栄養機能性を高めた食品素材とそれを用いた加工食品の開発, 脂質の結晶化や結晶多形の制御, 品質保持型の凍結・解凍への磁場利用手法の開発を行なう。

## 2. 研究内容

- (1) 資源生物や微生物の生育制御法の開発
- (2) 栄養機能性を高めた食品素材とそれを用いた加工食品の開発
- (3) 脂質の結晶化や結晶多形の制御法の開発
- (4) 品質保持型の凍結・解凍法の開発

## 3. 研究成果

- (1) 静磁場処理(0.745 T)による緑豆モヤシ栽培の生産効率向上, 静磁場処理(10 T)による乳酸菌の延命, パルス磁場処理(0.25/0.5 T相当, 100~200Hz, 1000パルス)による乳酸菌の過発酵抑制の可能性を提言
- (2) 静磁場処理(0.745 T)による豆腐の栄養機能性向上の可能性を提言
- (3) 静磁場処理(5 T)によるトリアシルグリセロールの結晶制御の時間短縮法を開発
- (4) 冷凍ワカメと冷凍ウニの凍結法を開発  
**冷凍ワカメは製造販売(平成16年)**

## 4. 今後の展開

牛乳発酵におけるパルス磁場処理, ショートニング製造における静磁場処理, 冷凍ウニ製造における静磁場処理の効果を生産現場で実証

## 5. 成果発表

特許出願件数: 7件 論文数: 1件  
口頭発表件数: 国内6件, 国外0件

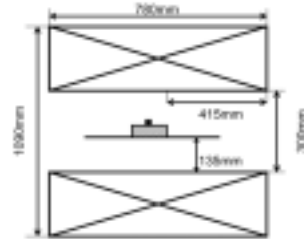


図1 静磁場処理装置

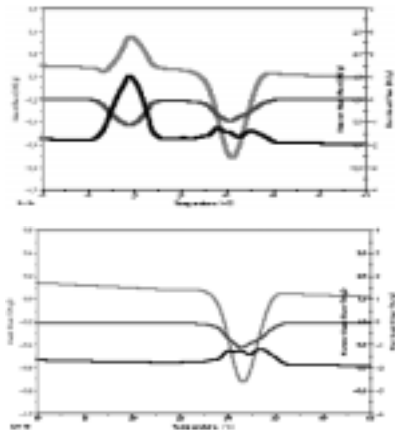


図2 PPOの温度変調示差走査熱量曲線  
静磁場処理すると, 対照(上段)には見られる 型結晶の生成を示す吸熱ピーク, 型結晶 型結晶転移を示す発熱ピークが消失(下段)



図3 パルス磁気処理装置

# 酢の風味に及ぼすパルス磁場の影響

岩手県

研究者名 (所属機関) 金 哲 (財)いわて産業振興センター)

高田 式久 (日本デルモンテ (株))

## 1. 研究目的

食品の多くはその含まれている成分の磁化率が小さいので、作用磁場のエネルギーは極めて小さい。この弱いエネルギーは水分子、酢酸分子の弱い配向性に影響を与えるのに適しているのではないかと考えられる。そのことから熟成手段としてパルス磁場を用い、食酢の風味に及ぼすパルス磁場の影響について検討を行った。

## 2. 研究内容

二種類の発酵母液 (ナトリウム塩入りと無し) を用い酸度  $9 \pm 1\%$  の酢を発酵させ、発酵後加熱により菌、酵素の失活をさせ、その後セラミックUF膜で除菌処理を行った実験用試料に対し、パルス磁場を行った。これらのサンプルを官能検査、味覚センサによる評価、 $^{13}\text{C-NMR}$  による水分子の酸素核のスペクトルを取得し、ピークの半値幅を測定および表面張力の測定を行った。

## 3. 研究成果

味覚センサ及び表面張力の測定では有意差が見られた。官能検査では (6Hz, 1T) と (50Hz, 0.2T) のパルス磁場処理条件で熟成と見られる効果がみられた。 $^{13}\text{C-NMR}$  による酸素核のスペクトルの半値幅は磁場処理によって変化が見られなかった。

## 4. 今後の展開

今回の食酢の熟成促進効果を踏まえ、その他の発酵食品への応用も期待できる。その場合も最適印加条件はそれぞれ異なる可能性もあり、今後の装置開発と合わせて研究が必要である。

## 5. 成果発表

特許 : 食酢の製造方法

出願番号 特願2003-3575 (平成15年10月17日)

出願人 科学技術振興事業団

学会発表 :

1. 酢の風味に及ぼすパルス磁場の影響 日本農芸化学会 広島 2004.3

2. Effect of pulsed-magnetic field on the flavor of vinegar

International Symposium on Microwave Science and Its Application to Related Fields

July 27-30, 2004 Takamatu, Japan

表：官能検査結果

F (Hz) \ B (T)	0.2	0.5	1.0
5	有意差なし	有意差なし	熟成効果あり
20	有意差なし	有意差なし	
50	熟成効果あり		

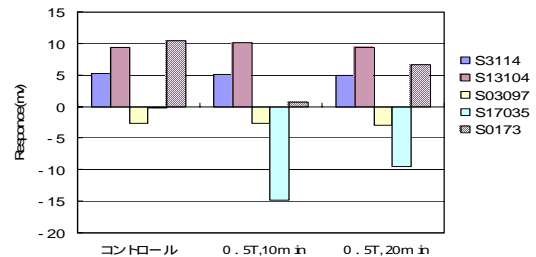


Figure. Sensor response of pulsed magnetic field treated vinegar



# 高磁場環境下での生体リスク評価

岩手県

【研究者名(所属機関)】 小野寺 宏(東北大学大学院神経内科)  
金 哲((財)いわて産業振興センター)

## 1. 研究目的

高磁場が生体に及ぼす影響には不明の点が多い。これまでに発ガン抑止に重要な役割を担っている免疫細胞への超高静磁場の影響を検討し新たな知見を得ているが、超低周波数変動磁場(50Hz)のヒト免疫細胞への影響を検討する。さらに、変動磁場発生装置を開発し磁場の医学への応用のための検討を行う。

## 2. 研究内容・研究成果

### (1) 変動磁場のヒト免疫細胞への影響

健康人のリンパ球への0.15T 50Hzのパルス磁場(2時間)の影響を検討した。通常のリンパ球, ナチュラルキラー細胞への障害は認められず、ナチュラルキラー細胞のキラー活性及び好中球の殺菌能にも変化は無かった。一方、細胞分裂刺激を誘導したT細胞の生存率は変動磁場により低下し、アポトーシスおよびネクローシスによる細胞死が観察された。今回の変動磁場条件では通常の免疫細胞への急性障害効果は認められない事が示された。細胞分裂の誘導された細胞に対して静磁場はリンパ球のプログラム細胞死(アポトーシス)を増加させるが、変動磁場はプログラム細胞死のみならず細胞への直接障害による死を増加させることも明らかになった。

### (2) 高性能変動磁場発生装置の開発

ソレノイドコイルによる高磁場は熱の発生など生体サンプルへの応用には問題が多い。そこでネオジウム磁石を対面配置した円盤を高速で回転させ、熱の問題がない高磁場(0.7T)発生装置を作成した。長期間安定した変動磁場が得られ、パルス磁場(0.15T)をはるかに上回るリンパ球への作用が観察されている。

## 3. 今後の展開

静磁場、変動磁場の免疫細胞への影響に関して多くの知見が得られたが、これらは労働衛生の面でも有用な情報となる。今回開発した変動磁場解析装置を用いて、磁気を用いた特定細胞(癌細胞や自己免疫細胞)除去、特定の免疫細胞の選択的機能制御による臨床応用を目指した研究を進めていく。さらに神経細胞の機能制御への応用を目指したい。

## 4. 成果発表

特許出願件数: 2件 論文数: 1件

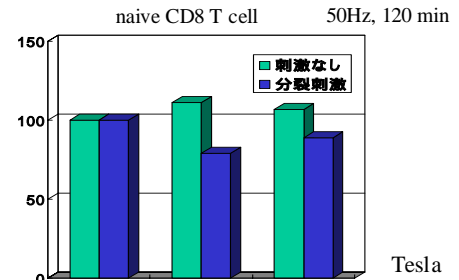


図1. Tリンパ球への変動磁場の影響

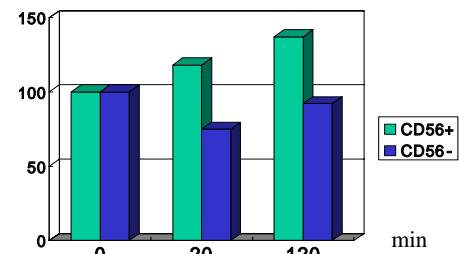
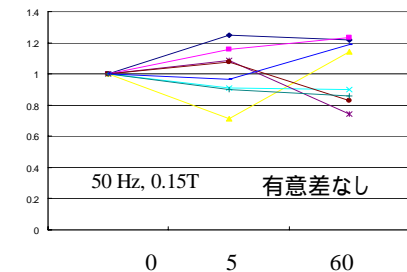


図2. Natural Killer細胞への変動磁場の影響



50 Hz, 0.15T 有意差なし

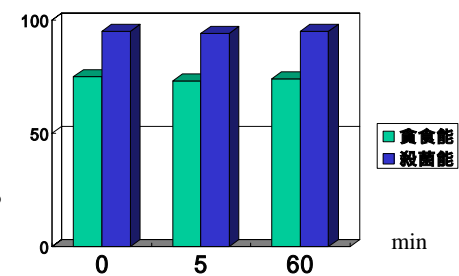


図4. 好中球機能への変動磁場の影響

# 磁気利用による耐熱ばね組織制御プロセス

岩手県

【研究者名(所属機関)】森川明徳(東北日発(株))  
鈴木 健(日本発条(株))  
千葉晶彦(岩手大学工学部)

## 1. 研究目的

磁場を用いてCo-Ni基超合金の耐熱性の高い組織制御法を確立する。耐熱ばねとして開発中のCo-Ni基超合金の高温における耐へたり性の改善に磁場利用が効果的であることを実証し、その製造工程に磁場中時効処理を取り入れた耐熱ばね製造プロセスを開発する。

## 2. 研究内容

- (1) 再結晶挙動、第二相の析出挙動、予ひずみ導入後の時効硬化性(ひずみ時効硬化性)に及ぼす磁場の効果を明らかにする。
- (2) 高温における磁場中強(塑性)変形組織の高温安定性、高温変形挙動について明らかにする。

## 3. 研究成果

1. 室温において強加工を施し、600~700 の温度で数時間の時効熱処理を施すことで、室温で3GPa(およそ300kgf/mm<sup>2</sup>)を超える引張り強さの材料とすることが可能である。
2. 室温~600 付近の温度でピアノ線を遥かに凌ぐ高強度線材の開発には強磁場中における熱処理工程を取り入れることで製造コストを大幅に削減することが可能である。
3. 700、750 におけるひずみ時効硬化性は、磁場印加により顕著になり、磁場中時効熱処理を施すことにより耐熱性を上げるために必要な時効熱処理時間を数時間から数十分に短縮することが可能であり、実用的な製造コストの低減化に寄与する。
4. 応力緩和試験より、磁場中高温変形組織は高温安定性が増すことが明らかになった。このことは、耐熱性の改善に磁場中高温加工が有効であることを示唆する。

## 4. 今後の展開

基本方針

耐熱性に及ぼす磁場効果を詳細に検討する。

具体的な成果の展開について

加工性と耐熱性の両方を具備した耐熱合金の開発と歩調をあわせて研究開発を継続したい。

## 5. 成果発表

特許出願件数: 1件 論文数: 2件  
口頭発表件数: 国内6件、国外2件

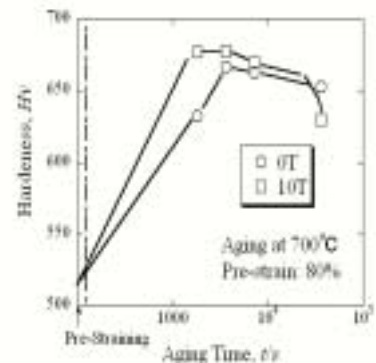


図1. 時効時間と硬さの関係

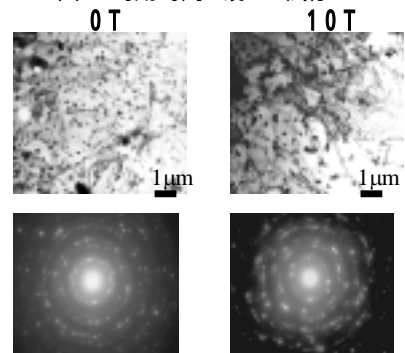


図2. 金属組織図(TEM像)

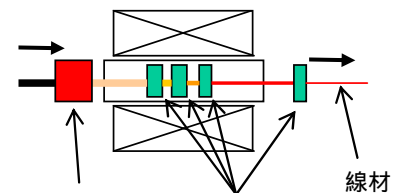


図3. 製造プロセスの構想図

## 心疾患治療評価のための心磁計の開発

【研究者名(所属機関)】中居賢司・川副浩平(岩手医科大学)、吉澤正人・小林宏一郎(岩手大学)、内川義則(東京電機大学)、清水隆行・原田善之((財)いわて産業振興センター)、中村義彦(株新興製作所)、伊藤学(株ICS)、八重樫学(株倉元製作所)、上田智章(株KRI)、山崎慶太・加藤和夫(株竹中工務店)

岩手県

### 生存心筋・信号源推定の評価可能な次世代心磁計の開発

#### 研究成果の概要

心筋梗塞、狭心症等の心疾患治療においてニーズの高い、生存心筋の診断や不整脈信号源の特定を可能とする次世代心磁計の研究開発を行なっている。

64ch-SQUID次世代心磁計を製作し、岩手医科大学 附属循環器医療センターに設置(図1)し、臨床試験を行っている(図3)。成人、小児例、胎児における不整脈信号源と生存心筋などを評価するための独自の画像処理ソフトを開発し臨床での有効性を検証中。

解析画像として、心房心室の伝播の軌跡・心臓外郭・伝搬の範囲等の立体表示が可能である(図2)。



図1 いわて心磁計とシールドルーム(岩手医科大学附属循環器センター内)

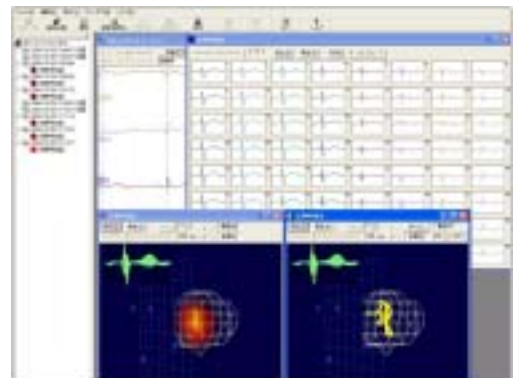


図2 解析画像の一例

#### 成果展開可能なシーズ

1. 心臓生体磁気計測装置
2. 磁気シールド技術
3. 電流密度分布解析ソフトウェア
4. ノイズ除去ソフトウェア
5. 位置決め装置
6. SQUIDセンサ技術



図3 いわて心磁計計測の様子

## 磁気計測技術の開発

### 産業用 SQUID 応用機器の開発

岩手県

【研究者名(所属機関)】 大坊 真洋 (岩手大学工学部)

#### 1. 研究目的

半導体を非接触・非破壊で検査するレーザー-SQUID顕微鏡の開発を行なう。

#### 2. 研究内容

##### (1) 高抵抗シリコンの抵抗率測定

従来の渦電流法による抵抗率測定装置では、100 cm程度までが測定限界であった。そこでSQUIDの高感度性を生かし、高抵抗基板でも計測できる非接触検査法を開発する。

##### (2) 紫外線レーザー-SQUID顕微鏡の開発

GaNなどのワイドバンドギャップ半導体は、青色発光ダイオード(LED)に使われており、今後多くの需要が見込まれる。このようなワイドバンドギャップ半導体では、オーミック接触が得にくいので、非接触計測の必要性が高い。そこで従来のレーザー-SQUID顕微鏡を紫外線対応に改良し、GaN-LEDの非接触検査が可能な装置を実現する。

#### 3. 研究成果

##### (1) 高抵抗シリコンの抵抗率測定

図1のように、擬似的磁気勾配と抵抗率との間には、べき乗則の関係があった。

100 cm以上の抵抗率の基板であっても非接触計測が可能になった。

##### (2) 紫外線レーザー-SQUID顕微鏡の開発

図2に2個のLEDチップの磁場分布を示す。上側チップは正常品であり、下側チップは不良品(非発光)である。不良品は正常品よりも発生する磁場が大きかった。

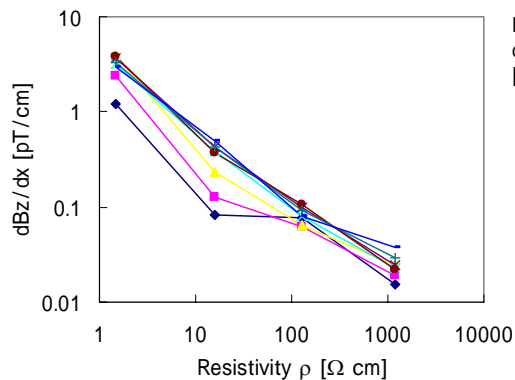


図1 擬似磁気勾配と抵抗率の関係のレーザースポットサイズ依存性

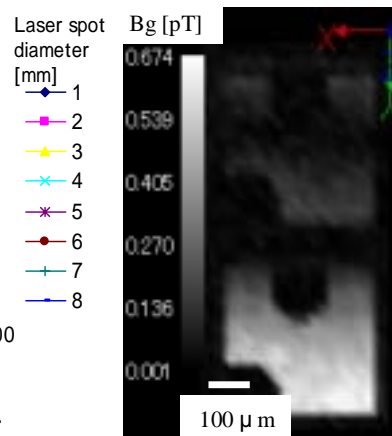


図2 GaN-LEDチップの磁場分布

上側チップ: 正常品、下側チップ: 不良品

#### 4. 今後の展開

LEDテスターメーカーと共同研究を継続する。  
GaN用MOCVDメーカーとの協議を継続する。

#### 5. 成果発表

□頭発表件数: 国内 2 件

国外 1 件

## モバイルSQUID検査システム

岩手県

【研究者名(所属機関)】

何 東風((財)いわて産業振興センター), 吉澤正人(岩手大学工学部)

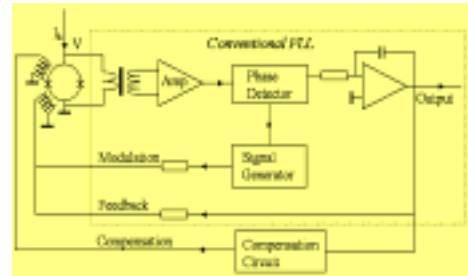
### SQUID(超伝導量子干渉素子)を用いた持ち運びできる非破壊検査装置

#### 研究成果の概要

強磁性材料や大きな物体を対象としたSQUID(超伝導量子干渉素子)を用いた非破壊検査装置では、地磁気の中で動作するモバイル型のSQUID装置が必要である。

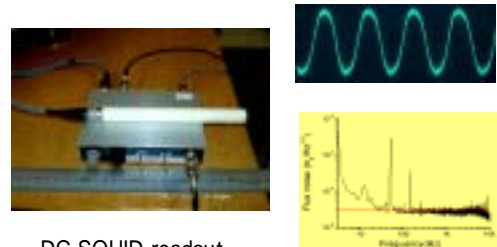
シンプルな環境磁気雑音補償技術(図1)を用いて、モバイル型高温超伝導rf-SQUID磁束計とモバイル型高温超伝導dc-SQUID磁束計を開発した。一定及び20Hz以下の低周波磁界は十分にキャンセルされた。補償フィードバックを効かせた状態では、地球磁場の中でもSQUIDは稼働し、20Hz以上の周波数領域の変動磁界に対しては、地球磁界の中でSQUIDを移動させても磁束ノイズの増加は観測されない(図2)。

モバイル型の高温超伝導rf-SQUIDを用いて、渦電流非破壊検査装置を試作した。それにより、強磁性材料中の欠陥の検出が可能となった(図3)。



Block diagram of dc SQUID readout electronics with compensation circuit in it

図1



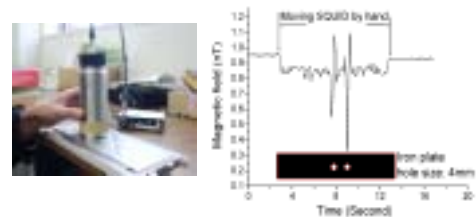
DC SQUID readout electronics

Flux noise spectrum

図2

#### 成果展開可能なシース

1. 航空機検査のための非破壊検査装置
2. 強磁性材料中の欠陥検出
3. 原子力発電所の非破壊検査
4. 航空機や船舶、宇宙船へのモバイル型SQUID装置の搭載とその応用



The hole defect in the iron plate could be detected by moving the SQUID by hand

図3

## SQUIDを用いた食品中の金属異物の非破壊検査

岩手県

【研究者名(所属機関)】 何 東風、清水 隆行、金 哲、千田 晋((財)いわて産業振興センター)、吉澤正人(岩手大学工学部)、村上 猛志 ((株)日清製粉グループ本社)

### SQUID(超伝導量子干渉素子)を用いた食品中の金属異物の非破壊検査装置

#### 研究成果の概要

食品中の異物検査は金属探知機やX線検査装置を利用して行われているが、金属探知機やX線検査ではアルミニウムパック中の金属を検出するのが難しい。

われわれは金属の検出感度の高いSQUID素子を利用し、アルミニウムパックで包装された中の金属探知、及び、金属種類の判別を試みた。

検出する金属材料として鉄球とステンレス球(1.2~0.3mm)を用いた。金属種類判別には鉄、ステンレス、アルミニウム、銅を用いた。

SQUIDはドイツ(JSQ GmbH)製rf-SQUIDを用い、磁気シールドがない環境で測定を行った(図1)。

アルミニウムパックで包装した鉄球とステンレス球は静磁場で励磁したとき、直径0.3mmサイズまで明確に検出できた。また、励磁磁場に交流磁場を用いると、金属種類は鉄とステンレスは直径0.3mm、アルミニウムと銅ではL4mm×2mmまで判別できた。

図2、図3は、アルミ箔中の寒天食品の検出例であるが、アルミニウムパックのレトルト食品で検出実験を行い、上記の結果を得た。

#### 成果展開可能なシーズ

1. 食品中の金属異物の非破壊検査
2. 航空機検査のための非破壊検査装置
3. 強磁性材料中の欠陥検出
4. 原子力発電所の非破壊検査
5. 航空機や船舶、宇宙船へのモバイル型SQUID装置の搭載とその応用



図1. 実験装置



図2. 試験サンプル(アルミ箔中の寒天食品の中の金属異物(球、ホチキス針))

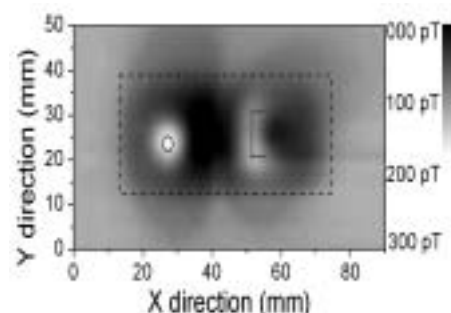


図3. アルミ箔中の食品の金属異物検出画像

## 魚介類へのMRIの応用

【研究者名(所属機関)】金哲((財)いわて産業振興センター), 高原貞行((有)東北シスコ), 千田晋((財)いわて産業振興センター), 上田智広(岩手県水産技術センター), 巨瀬勝美(筑波大学), 能登宏七(岩手大学)

岩手県

魚介類へのMRIの応用(鮭の雌雄判別、貝類の身の判定等)。

### 研究成果の概要

高速撮像が可能で安価な産業用MRI装置(図1)を開発した。

#### 鮭の雌雄判別

NdFeB系永久磁石を用いた0.2Tの均一磁場発生用C型磁気回路およびMRIシステムを開発し、鮭の腹部断層画像の高速撮像を試みた結果、確実な雌雄判別が可能で、撮像時間は最短で4秒/匹必要であった。判別短時間化のため一次元プロファイル測定を試み、高速判別(1秒/匹)が可能であることを確認した。一次元プロファイル波形(図2)では、オスは山型、雌は2山型の特徴がある。

尚、図3のような鮭の雌雄判別システムを構想中である。

#### ホタテ貝の身の判定

ホタテ貝殻の大きさとホタテ貝柱の大きさの相関が弱いところから目視でホタテ貝柱の大きさを判定するのは限界がある。ホタテ貝柱MRI画像の直径と実物の相関が強いことからMRI画像からホタテ貝柱の大きさ判別が可能であることを確認した(図4)。

計測の迅速化を達成するため測定部位をRFコイル中心にセット可能な魚介類保持パレットを開発した。

### 成果展開可能なシーズ

1. 農畜水産物の非破壊検査, 判定, 計測



図1 産業用MRIシステム

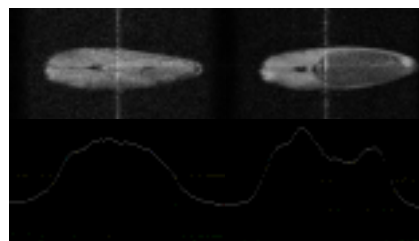


図2 鮭のMRI画像と一次元プロファイル

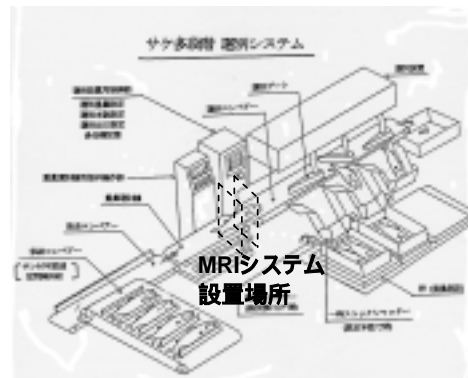


図3 鮭の雌雄判別システム構想図

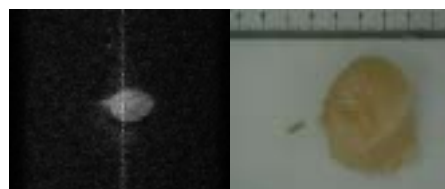


図4 ホタテ貝のMRI画像とホタテ貝の身

# 超電導バルク磁石による強磁場発生とその応用

岩手県

【研究者名(所属機関)】 岡徹雄(アイシン精機(株)), 横山和哉((独)物質・材料研究機構), 藤原英治((財)いわて産業振興センター), 岡田秀彦((独)物質・材料研究機構)

## 1. 研究目的

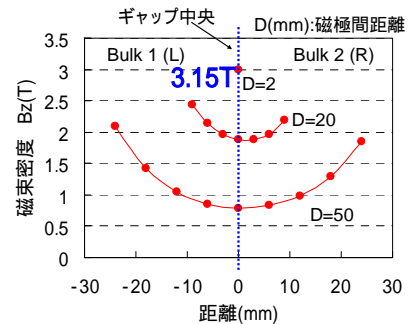
超電導バルク磁石は従来の永久磁石や電磁石とは全く異なった磁場発生装置であり, コンパクトな装置で2T (テスラ: 1T=1万ガウス)以上の強磁場を容易に発生することができる。本研究は超電導バルク体の着磁方法を確立し, 超電導バルク磁石による磁場環境を提供するとともに, 産業応用を目指す。

## 2. 研究内容

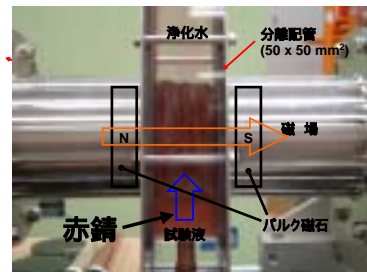
- (1) 超電導バルク体の着磁法・磁場形成技術の確立と磁場環境の提供。
- (2) バルク磁石の強磁場化, 大空間化。
- (3) バルク磁石の応用装置化。

## 3. 研究成果

- ・パルス着磁で最大3.61Tの捕捉磁場を達成。
- ・磁極間の開空間で世界最大の3.15T (磁極間2mmの中央)の強磁場の発生に成功(H13)。
- ・均一磁場の発生手法を特許化。
- ・産業化・実用化を考えて簡便・安全に着磁できる自動着磁装置を導入。
- ・バルク体の着磁メカニズムを温度測定により解明。捕捉磁場向上を目指した着磁方法を検討中。
- ・大空間化を目指してマルチ対向型バルク磁石を製作。磁極径は従来の2.6倍で, 最大1.4Tの磁場を発生。
- ・応用装置化に向けた磁気分離では, 常磁性体のヘマタイトを5l/minで80%以上分離できることを確認(右図)。
- ・乾式の粉体磁気分離のデモ機を製作。
- ・バルク磁石の宣伝活動として, 装置の展示・磁気分離のデモンストレーション, セミナー等を実施。



世界最高の3.15Tを発生 (H13)



バルク磁石で赤錆を80%以上分離

## 4. 今後の展開

バルク磁石の着磁技術はほぼ完成しており, 3Tの磁場が活用できるニーズを探索する。具体的なニーズが発掘できれば, 装置化に向けて詳細な検討を行う。

## 5. 成果発表

特許出願件数: 15件, 論文数: 8件, 口頭発表件数: 国内37件・国外15件



# 磁場応用のためのバルク超電導材料の機械的特性評価技術

岩手県

【研究者名(所属機関)】片桐一宗、吉野泰弘(岩手大学工学部)

## 1. 研究目的

バルク超電導材料応用における機械的信頼性確保のための特性評価技術を開発し、評価結果をバルク作製プロセスにフィードバックするとともに応用機器設計のためのデータベースを構築する。

## 2. 研究内容

- (1)バルク超伝導体の機械的性質として硬さ、各種弾性係数および強度特性の評価装置、治具を作製し、評価法を確立する。
- (2)高性能バルクについて、室温および77までの上記特性について、特性値間の相関および影響因子を明らかにした、提案型データベースを構築する。

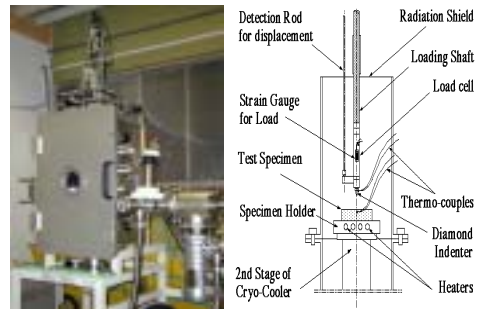


図1. 硬さ試験

## 3. 研究成果

- (1)バルク超伝導体のための極低温硬さ計、各種弾性係数および強度特性の評価装置、治具を作製し、試料寸法の検討など評価法を確立した。
- (2)現在開発中の各種高性能バルクについて、室温から極低温までの上記特性について、特性値間の相関およびポイド、微視き裂などの組織、銀添加や211相分率などの影響因子を明らかにし、提案型データベースを構築して、web上に公開した。

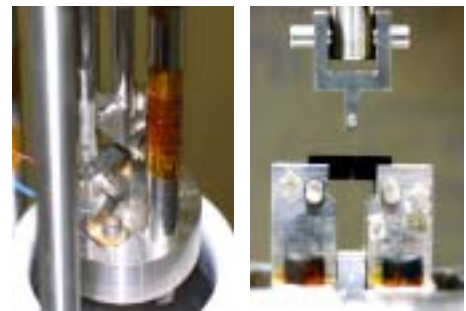


図2. 曲げ試験

表1 データベース化したバルクの種類と評価項目

	YBaCuO系試料	GdBaCuO系試料	SmBaCuO系	(NEG)BaCuO系	YBaCuO/ErBaCuO接合体	YBaCuO/YbaCuO(Ag)接合体
引張試験						
曲げ試験						
圧縮試験	-	-	-	-	-	-
引張破壊靱性						
曲げ破壊靱性						
硬さ試験						

## 4. 今後の展開

岩手大学で研究を継続するとともにINSの活動の一環として、定期的な研究会を、また、若手育成を目標に「バルク夏の学校」を継続し岩手の地にバルク材評価および応用分野の拠点(COE)を作り、産業応用を広める。

5. 成果発表 特許出願件数:0件 論文数:20件  
口頭発表件数:国内14件、国外21件

## 材料評価技術開発(熱的性質)

熱物性測定装置の開発とバルク超伝導体の評価

岩手県

藤代博之(岩手大学工学部)、小早志秀一(同和鉱業(株))、手嶋英一(新日本製鐵(株))、成木紳也(ISTEC)、村上雅人(芝浦工業大学)、池部 学(岩手大学工学部)、能登宏七((財)いわて産業振興センター)

### 1. 研究目的

低温、磁場中熱物性測定装置を用いてバルク超伝導体を含め各種磁気応用材料の熱物性データベースを構築し、岩手の地に熱物性測定分野の拠点を作る。

### 2. 研究内容

#### (1) 磁場中熱物性測定装置の開発

4K-300Kの温度範囲で、0-10Tの磁場範囲で、各種材料の熱的性質(熱伝導率、熱拡散率、熱起電力、熱膨張、音速など)を完全自動で測定する装置を開発する。

#### (2) 各種低温材料の熱物性測定とデータベースの構築

入手可能なバルク超伝導体の熱物性を異方性を含めて評価する。また、低温で用いる各種材料の熱物性も評価する。それらの結果をまとめ、データベースを構築する。

### 3. 研究成果

完全自動で熱物性を測定する装置を開発した。約50種類のバルク超伝導体の熱物性および、各種低温材料を評価し、学术论文や学会で多くの発表を行った。それらの結果からデータベースを構築し、Web上で公開している。

(<http://ikebehp.mat.iwate-u.ac.jp/database.html>)

### 4. 今後の展開

今後も継続して、研究を行う。将来的には、国内外の企業や研究機関と共同研究を実施し、岩手に熱物性研究の拠点(COE)を形成する。

### 5. 成果発表

学术论文数: 5件

口頭発表件数: 国内9件、国外3件

