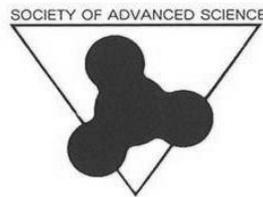


'10 SAS  
*Intelligent Symposium*

**ABSTRACTS**



日時：2010年11月18日(木)～19日(金)

10:30～16:30

場所：東海大学湘南校舎 17号館 2階 ネクサスホール

主催：SAS (Society of Advanced Science)

後援：東海大学

22<sup>nd</sup> ' 10 SAS インテリジェントシンポジウム アブストラクト正誤表

頁等	誤	正
p. V		C: 機械・材料工学カテゴリ最終行へ追加  <b>C-9 異種気体間の対向置換流挙動の可視化と流量評価</b> *武間伊佐久(湘南工科大学)、大川修平(湘南工科大学大学院)、田中賢(湘南工科大学)、**文沢元雄(湘南工科大学)
p. VI	<b>E-7 溶媒キャスト法を用いた自動車用 CFRTP の機械的性質の評価</b> *瀧口将生(東海大学工学部材料科学科)、飯塚翔太(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、山本達也(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、武井廣明(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、**西 義武(東海大学工学部材料科学科)	F: 有機・高分子材料カテゴリ最終行へ移動  <b>F-2 溶媒キャスト法を用いた自動車用 CFRTP の機械的性質の評価</b> *瀧口将生(東海大学工学部材料科学科)、飯塚翔太(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、山本達也(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、武井廣明(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、**西 義武(東海大学工学部材料科学科)
p. VII	<b>G-1 生体適合性ポリマーを用いたアルコール用フレキシブルセンサ</b> *神白匠(東京工科大学大学院バイオ・情報メディア研究科)、白井隆行(東京工科大学大学院バイオ・情報メディア研究科) 矢野和義(東京工科大学大学院バイオ・情報メディア研究科)、初 明星(東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科) 平沼義貴(日本大学大学院応用分子化学研究科)、高橋大志(東京医科歯科大学生体材料工学研究所) 荒川貴博(東京医科歯科大学生体材料工学研究所)、工藤寛之(東京医科歯科大学生体材料工学研究所) **三林浩二(東京医科歯科大学生体材料工学研究所)	カテゴリ番号変更  <b>G-2 生体適合性ポリマーを用いたアルコール用フレキシブルセンサ</b> *神白匠(東京工科大学大学院バイオ・情報メディア研究科)、白井隆行(東京工科大学大学院バイオ・情報メディア研究科) 矢野和義(東京工科大学大学院バイオ・情報メディア研究科)、初 明星(東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科) 平沼義貴(日本大学大学院応用分子化学研究科)、高橋大志(東京医科歯科大学生体材料工学研究所) 荒川貴博(東京医科歯科大学生体材料工学研究所)、工藤寛之(東京医科歯科大学生体材料工学研究所) **三林浩二(東京医科歯科大学生体材料工学研究所)

## 22<sup>nd</sup> '10 SAS インテリジェントシンポジウム・技術展示会 スケジュール

	11月18日(木)	11月19日(金)	技術展示会 (11月18日・19日)
9:20	受付開始 ポスターの準備	受付開始	〈参加企業〉 *順不同 誠和エンジニアリング(株)
10:30	シンポジウム開会式	ショートプレゼンテーション開始	パーカー・S・N 工業(株)
10:40	ショートプレゼンテーション開始 発表領域 (A)、(D)、(E)、(G) (H5) <b>午前の部 終了</b>	発表領域 (B)、(C)、(F) (H1~H4、H6~H13) (I) <b>午前の部 終了</b>	(株)アルバック 岳石電気(株) (株)巴商会 日本ベルパーツ(株)
	<b>** 休憩 **</b>	<b>** 休憩 **</b>	ニホンハンダ(株)
13:30	<b>午後の部 開始</b> ポスター発表開始 発表領域 (A)、(D)、(E)、(G) (H5)	<b>午後の部 開始</b> ポスター発表開始 発表領域 (B)、(C)、(F) (H1~H4、H6~H13) (I)	(株)山本科学工具研究社 日本ミニチュアローブ(株)
16:30	第1日目 終了	第2日目 終了 シンポジウム閉会式	
16:40		ポスターの撤収作業	

### 〈'10 SAS インテリジェントシンポジウム実行委員会組織〉

実行委員長	神田 輝一	(関東冶金工業株式会社 技術開発室室長)
副実行委員長	渋谷 猛久	(東海大学 工学部 光・画像工学科)
実行委員	若木 守明	(東海大学 工学部 光・画像工学科)
	庄 善之	(東海大学 工学部 電気電子工学科)
	落合 成行	(東海大学 工学部 機械工学科)
	内海 倫彦	(東海大学 工学部 原子力工学科)
	山崎 清之	(東海大学 工学部 医用生体工学科)
	松村 義人	(東海大学 工学部 原子力工学科)
	利根川 昭	(東海大学 理学部 物理学科)
	小栗 和也	(東海大学 教養学部 人間環境学科)

## 22<sup>nd</sup> < '10 SAS インテリジェント・シンポジウム 題目一覧 >

会期 2010.11.18~2010.11.19 10:30~16:30

会場 東海大学湘南校舎 17号館2階 ネクサスホール

### A・インテリジェント材料・ナノテク

\*発表者 \*\*指導教員

- A-1 **カーボンナノチューブ(CNT)作製時の水分添加に対するCNT成長率の変化**  
\*吉田和博(東海大学大学院工学研究科電気電子システム工学専攻)、\*\*庄善之(東海大学工学部電気電子工学科)
- A-2 **TFA-MOD法により作製したYBCOテープ線材を用いた超伝導電流リードの通電特性①**  
\*柴田和樹、坂井裕貴(東海大学工学部材料科学科)、石井雄一(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)  
\*\*山田豊(東海大学工学部材料科学科)、\*\*太刀川恭治(東海大学工学部材料科学科)
- A-3 **TFA-MOD法YBCO超伝導テープ線材を用いた電流リードユニットの通電特性②**  
\*坂井裕貴、柴田和樹(東海大学工学部材料科学科)、石井雄一(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)  
\*\*山田豊(東海大学工学部材料科学科)、\*\*太刀川恭治(東海大学工学部材料科学科)
- A-4 **外部拡散法により作製したMgB<sub>2</sub>線材の組織と超伝導特性**  
\*小笠原典宏(東海大学工学部材料科学科)、金澤昌哉(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)  
\*\*山田豊(東海大学工学部材料科学科)、\*\*太刀川恭治(東海大学工学部材料科学科)
- A-5 **外部拡散法 MgB<sub>2</sub> 超伝導線材の特性に及ぼすホットプレスの影響**  
\*大野高弘(東海大学工学部材料科学科)、金澤昌哉(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)  
\*\*山田豊(東海大学工学部材料科学科)、\*\*太刀川恭治(東海大学工学部材料科学科)
- A-6 **化学-カウエネルギー変換(有機エンジン)を用いた自律駆動型薬物放出システム**  
\*畑山宏大(東京医科歯科大学大学院 歯学総合研究科)、加藤了大(東京医科歯科大学大学院 歯学総合研究科)  
ムンフジャルガル ムンフバヤル(東京医科歯科大学大学院 歯学総合研究科)  
松浦佑樹(東京医科歯科大学大学院 歯学総合研究科)、高橋大志(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)  
荒川貴博(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)、工藤寛之(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)  
\*\*三林浩二(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)
- A-7 **高出力ロボット駆動用 LaNi<sub>5</sub> 水素吸蔵合金の電流印加による抵抗加熱を用いた応答速度の評価**  
\*飯塚翔太(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、大川準也(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)  
相川献治(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、\*\*西義武(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)
- A-8 **ロボットアーム駆動素子用 LaNi<sub>5</sub> 粉末分散高分子/銅箔運動素子の通電による可逆運動**  
\*大川準也(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、神田昌枝(INSA de Lyon)、湯瀬かおり(INSA de Lyon)  
Daniel GUYOMAR (INSA de Lyon)、内田晴久(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)  
\*\*西義武(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)
- A-9 **衝撃圧縮法による Cr-W 合金微粒子の固化**  
\*中尾崇文(東京工科大学 バイオ・情報メディア研究科 バイオニクス専攻)  
\*\*毛塚博史(東京工科大学 バイオ・情報メディア研究科 バイオニクス専攻)、小栗和也(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)  
西義武(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、鈴木恒則(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)  
エミル オムルザク(熊本大学)、チェン リリアング(熊本大学)、真下 茂(熊本大学)

## B・自然・環境エネルギー

- B-1 **GPSを用いた河川におけるゴミの流れ調査**  
\*武藤和貴 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、福岡敬士 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)  
\*\*小栗和也 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)
- B-2 **プライマーを用いたCNT/PTFE複合膜の密着性の改善**  
\*久野徹 (東海大学大学院工学研究科電気電子システム工学専攻)、\*\*庄 善之 (東海大学工学部電気電子工学科)
- B-3 **CNT/PEP, CNT/PFA膜被覆ステンレスセパレータの開発と評価**  
\*栗林大樹 (東海大学工学部電気電子工学科)、\*\*庄 善之 (東海大学工学部電気電子工学科)
- B-4 **圧延法を用いた電気二重層キャパシタ (EDLC)の開発**  
\*穴戸勇太 (東海大学工学部電気電子工学科)、\*\*庄 善之 (東海大学工学部電気電子工学科)
- B-5 **CNT混合フッ素樹脂膜の作製および評価**  
\*清宮達也 (東海大学大学院工学研究科電気電子システム工学専攻)、\*\*庄 善之 (東海大学工学部電気電子工学科)
- B-6 **CNT/PTFE複合膜を被覆した耐腐食性反応電極の開発**  
\*福城大介 (東海大学大学院工学研究科電気電子システム工学専攻)、\*\*庄 善之 (東海大学工学部電気電子工学科)
- B-7 **VGCF/PTFE混合膜及びVGCF-X/PTFE混合膜の作製と評価**  
\*石川慎太郎 (東海大学工学部電気電子工学科)、\*\*庄 善之 (東海大学工学部電気電子工学科)
- B-8 **波力発電装置の効率向上 ～新型ファラデー式発電装置の製作～**  
\*戸辺翔太 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、\*山口桂司郎 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)  
\*\*須田不二夫 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)
- B-9 **電力需要量時系列データに対するカオス解析**  
\*浦邊大司 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、西川浩之 (東海大学大学院人間環境学研究所人間環境学専攻)  
\*\*須田不二夫 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)
- B-10 **亜鉛金属葉のフラクタル解析 ～フラクタル次元の硫酸亜鉛濃度依存性～**  
\*鳴海藍 (東海大学教養学部人間環境学科)、\*須田不二夫 (東海大学教養学部人間環境学科)
- B-11 **ヘリ-ショー-セルにおける粘性突起のフラクタル成長パターン～高粘性液体の場合～**  
\*善田瑞己 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、大谷和也 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)  
村山治生 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、吉田翔吾 (東海大学大学院人間環境学研究所)  
\*\*須田不二夫 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)
- B-12 **濃度差直接発電～発電量の淡水中塩分濃度依存性～**  
\*上野雄一郎 (東海大学大学院人間環境学研究所人間環境学専攻)、\*原田晃宏 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)  
菅野恭平 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、松本耕太郎 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)  
\*\*須田不二夫 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)
- B-13 **閉ループ内熱対流数値シミュレーション ～計算条件と対流の振る舞いの関係～**  
\*柳原和馬 (工学部航空宇宙学科航空宇宙専攻)、増子友紀 (理学研究科物理学専攻)、\*\*三村和男 (教養学部人間環境学科自然環境課程)

- B-14 **地球流体室内実験～スーパーローテーションは見られるか？～**  
\*山内健輔（東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程）、\*\*三村和男（東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程）
- B-15 **希土類系水素吸蔵合金添加を行ったマグネシウム系水素吸蔵材料の水素吸放出特性について**  
\*新沼英樹（東海大学工学研究科金属材料工学専攻）、\*\*西 義武（東海大学工学部材料科学科）  
相川献治（東海大学工学研究科金属材料工学専攻）、内田晴久（東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程）
- B-16 **GMM/PZT 複合素子の磁場検出と交流磁場発電**  
\*笠井淳（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）、神田昌枝（INSA de Lyon）、Benoit Guiffard（INSA de Lyon）  
Daniel Guyomer（INSA de Lyon）、岩瀬満雄（東海大学工学部材料科学科）、\*\*西 義武（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）
- B-17 **熔融塩電解法を用いたカーボンナノチューブとマグネシウムの複合化について**  
\*相川献治（東海大学工学研究科金属材料工学専攻）、\*\*西 義武（東海大学工学部材料科学科）、  
新沼英樹（東海大学工学研究科金属材料工学専攻）、内田晴久（東海大学教養学部人間環境学科）

## C・機械・材料工学

- C-1 **小口径真円ジャーナル軸受におけるスターブ潤滑と潤滑油温度の関係**  
\*谷口知弘（東海大学工学部機械工学科）、\*\*落合成行（東海大学工学部機械工学科）、\*\*橋本巨（東海大学工学部機械工学科）
- C-2 **2.5" HDD 用すべり軸受のラジアル衝撃応答実験**  
\*表野愛美（東海大学工学部機械工学科）、\*中嶋建（東海大学工学部機械工学科）  
\*\*落合成行（東海大学工学部機械工学科）、\*\*橋本巨（東海大学工学部機械工学科）
- C-3 **最適化されたスラスト空気軸受における圧力分布および負荷容量測定**  
\*羽生茂臣（東海大学工学部機械工学科）、原山真一（東海大学工学部機械工学科）、\*\*落合成行（東海大学工学部機械工学科）  
\*\*橋本巨（東海大学工学部機械工学科）
- C-4 **航空機電子機器周辺構造用ガラス繊維強化高耐食熱可塑性樹脂(GFRTP)の電子線照射処理による衝撃値の向上**  
\*高津聡（東海大学工学部材料科学科）、飯塚翔太（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）、  
武井廣明（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）、\*\*西 義武（東海大学工学部材料科学科）
- C-5 **接合界面を繊維強化した航空機用 Al/CFRP 複合材の衝撃値**  
\*石井翔（東海大学工学部材料科学科）、笠井淳（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）、  
針替伸拓（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）、\*\*西 義武（東海大学工学部材料科学科）
- C-6 **溶出処理による大型液晶ディスプレイ用シリカ系ガラスの衝撃値への影響**  
\*難波真一郎（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）、岩田圭祐（東海大学大学院理工学研究科総合理工学専攻）  
\*\*西 義武（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）
- C-7 **微量のイットリウムを添加したアルミナ生成合金の酸素-水蒸気雰囲気におけるサイクル酸化**  
\*阿部雄太（湘南工科大学マテリアル工学科）、真壁秀明（湘南工科大学マテリアル工学科）、  
古賀寛行（湘南工科大学マテリアル工学科）、宍戸統悦（東北大学金属材料研究所）、\*\*天野忠昭（湘南工科大学マテリアル工学科）

C-8 **微量の白金およびイットリウムを添加したアルミナ生成合金の酸素-水蒸気雰囲気における酸化**  
\*大内晴彦(湘南工科大学マテリアル工学科)、田中貴之(湘南工科大学マテリアル工学科)、佐竹智成(湘南工科大学マテリアル工学科)  
増田悟(湘南工科大学マテリアル工学科)、宍戸統悦(東北大学金属材料研究所)、\*\*天野忠昭(湘南工科大学マテリアル工学科)

C-9 **異種気体間の対向置換流挙動の可視化と流量評価**  
\*武間伊佐久(湘南工科大学)、大川修平(湘南工科大学大学院)、田中賢(湘南工科大学)、\*\*文沢元雄(湘南工科大学)

## D・教育・基礎科学

D-1 **鉛直発射直後のペットボトルロケットの動き観察**  
\*関 雄太(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、平野溪介(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)  
\*\*小栗和也(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)

D-2 **理科教材として3Dピンホールカメラ作成**  
\*森田格(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、近藤美紀(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)  
\*\*小栗和也(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)

D-3 **グラスハープを利用した教材開発**  
\*石和田侑美(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、中村真梨子(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)  
\*\*小栗和也(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)

## E・光・プラズマ理工学

E-1 **円筒形陰極を用いたIECF装置における放電時の電流-電圧特性**  
\*時枝孝典(東海大学工学部エネルギー工学科)、安藤光雄(東海大学工学部エネルギー工学科)  
白旗誠也(東海大学工学部エネルギー工学科)、ゲン トーン ズイ(東海大学大学院工学研究科応用理学専攻)  
\*\*内海倫明(東海大学工学部原子力工学科)、松村義人(東海大学工学部原子力工学科)

E-2 **慣性静電閉じ込め核融合(IECF)装置における中性子発生領域の研究**  
\*西垣卓馬(東海大学工学部エネルギー工学科)、時枝孝典(東海大学工学部エネルギー工学科)  
本間惟彦(東海大学工学部エネルギー工学科)、谷内康行(東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻)  
\*\*内海倫明(東海大学工学部原子力工学科)

E-3 **生体触媒を用いた呼気中アルコールガスの可視化計測に関する研究**  
\*芳賀俊介(東京医科歯科大学大学院 歯学総合研究科)、北 和昂(東京医科歯科大学大学院 歯学総合研究科)  
王 昕(東京医科歯科大学大学院 歯学総合研究科)、高橋大志(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)  
荒川貴博(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)、工藤寛之(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)  
\*\*三林浩二(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)

E-4 **コンパクトデジタルカメラの撮像素子の性能を考慮したレンズ設計**  
\*成瀬亮(東海大学大学院工学研究科光工学専攻)、\*\*渋谷猛久(東海大学工学部光・画像工学科)、牛山善太(株式会社TYCO)  
南條雄介(東海大学)

E-5 **ホログラフィー干渉法を用いた高密度情報記録に関する研究**  
\*栢野就信(東海大学大学院工学研究科光工学専攻)、\*\*渋谷猛久(東海大学工学部光・画像工学科)

- E-6 **透過型 Four-Detector-Photopolarimeter の校正法に関する研究**  
\*大塚直彦 (東海大学大学院工学研究科光工学専攻)、\*\*渋谷猛久 (東海大学工学部光・画像工学科)
- E-7 F-2 へ移動
- E-8 **長距離伝送用光ファイバーへの引張強度に及ぼす電子線照射の効果**  
\*中原優 (東海大学工学部材料科学科)、川津秀紀 (東海大学工学部材料科学科)  
武井廣明 (東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、利根川昭 (東海大学大学院理学部物理学科)  
\*\*西 義武 (東海大学工学部材料科学科)
- E-9 **ターゲット形状変化に対する再結合プラズマの基礎特性**  
\*小向広泰 (東海大学理学研究科物理学専攻)、梶田貴司 (東海大学理学研究科物理学専攻)、飯島貴朗 (東海大学理学部物理学科)  
\*\*利根川昭 (東海大学理学部物理学科)、佐藤浩之助 (中部電力)、河村和孝 (東海大学)
- E-10 **パルスプラズマ発生時におけるバルマー系列発光強度の時間特性**  
\*嶺直樹 (東海大学理学研究科物理学専攻)、梶田貴司 (東海大学理学研究科物理学専攻)、\*\*利根川昭 (東海大学理学部物理学科)  
佐藤浩之助 (中部電力)、河村和孝 (東海大学)
- E-11 **真空紫外分光法を用いた混合プラズマ中での H<sub>2</sub> 振動温度計測**  
\*飯島貴朗 (東海大学理学部物理学科)、小野智彦 (東海大学大学院理学研究科物理学専攻)、\*\*利根川昭 (東海大学理学部物理学科)  
河村和孝 (東海大学)、佐藤浩之助 (中部電力)
- E-12 **混合シートプラズマにおけるイオンの選択的加熱・分離実験**  
\*濱田大樹 (東海大学大学院理学研究科物理学専攻)、熊本祥大 (東海大学理学部物理学科)、\*\*利根川昭 (東海大学理学部物理学科)  
河村和孝 (東海大学)、佐藤浩之助 (中部電力)

## F・有機・高分子材料

- F-1 **低コスト航空機用サンドイッチ複合材料(CFRP/PC/CFRP)の衝撃値の評価**  
\*土倉直也 (東海大学工学部材料科学科)、難波真一郎 (東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)  
山本達也 (東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、\*\*西 義武 (東海大学工学部材料科学科)
- F-2 **溶媒キャスト法を用いた自動車用 CFRTP の機械的性質の評価**  
\*瀧口将生 (東海大学工学部材料科学科)、飯塚翔太 (東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、  
山本達也 (東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、武井廣明 (東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、  
\*\*西 義武 (東海大学工学部材料科学科)

## G・生命生理工学

- G-1 **住環境中ホルムアルデヒドの高感度モニタリングを目的とした生化学式ガスセンサ**  
\*山下俊文 (東京医科歯科大学大学院 歯学総合研究科)、板橋玄 (東京医科歯科大学大学院 生命情報科学教育部)  
月精智子 (東京都立産業技術研究センター、東京医科歯科大学大学院 歯学総合研究科)  
宮島久美子 (東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)、高橋大志 (東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)  
荒川貴博 (東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)、工藤寛之 (東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)  
\*\*三林浩二 (東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)

- G-2 **生体適合性ポリマーを用いたアルコール用フレキシブルセンサ**  
 \*神白匠（東京工科大学大学院バイオ・情報メディア研究科）、白井隆行（東京工科大学大学院バイオ・情報メディア研究科）  
 矢野和義（東京工科大学大学院バイオ・情報メディア研究科）、初 明星（東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科）  
 平沼義貴（日本大学大学院応用分子化学研究科）、高橋大志（東京医科歯科大学生体材料工学研究所）  
 荒川貴博（東京医科歯科大学生体材料工学研究所）、工藤寛之（東京医科歯科大学生体材料工学研究所）  
 \*\*三林浩二（東京医科歯科大学生体材料工学研究所）
- G-3 **生体適合性ポリマーを用いたウェアラブルグルコースセンサに関する研究**  
 \*入江祐一（東京工科大学応用生物学部応用生物学科）、矢野和義（東京工科大学応用生物学部応用生物学科）  
 初 明星（東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科）、平沼義貴（日本大学大学院応用分子化学専攻）  
 平松秀夫（日本大学大学院応用分子化学専攻）、高橋大志（東京医科歯科大学生体材料工学研究所）  
 荒川貴博（東京医科歯科大学生体材料工学研究所）、工藤寛之（東京医科歯科大学生体材料工学研究所）  
 \*\*三林浩二（東京医科歯科大学生体材料工学研究所）
- G-4 **脳波を用いた障害者向け情報入力方式に関する基礎的検討**  
 \*木村達洋（東海大学開発工学部情報通信工学科）、能 孝明（東海大学大学院開発工学研究科医用生体工学専攻）  
 鈴木大輔（東海大学開発工学部医用生体工学科）、宮本泰介（東海大学開発工学部医用生体工学科）  
 金井直明（東海大学開発工学部医用生体工学科）、大島浩（東海大学開発工学部医用生体工学科）  
 岡本克郎（東海大学開発工学部医用生体工学科）、田所裕之（東海大学開発工学部医用生体工学科）  
 山崎清之（東海大学開発工学部医用生体工学）
- G-5 **ヒューマンインタフェースの情報提示様式における ERP の P300 を用いた基礎的検討**  
 \*鈴木胤紗（東海大学開発工学部情報通信工学科）、熊谷優莉（東海大学大学院開発工学研究科医用生体工学専攻）  
 能孝明（東海大学大学院開発工学研究科医用生体工学専攻）、大島浩（東海大学開発工学部医用生体工学科）  
 田所裕之（東海大学開発工学部医用生体工学科）、山崎清之（東海大学開発工学部医用生体工学科）  
 \*\*木村達洋（東海大学開発工学部情報通信工学科）
- G-6 **ホルター心電図における心拍変動解析法を用いた自律神経機能の評価—健常者及び頻脈の患者を対象とした検討—**  
 \*中村洋志（東海大学開発工学部医用生体工学科）、満間大介（東海大学開発工学部医用生体工学科）  
 大島浩（東海大学開発工学部医用生体工学科）、山崎清之（東海大学開発工学部医用生体工学科）  
 岡本克郎（東海大学開発工学部医用生体工学科）、田所裕之（東海大学開発工学部医用生体工学科）  
 \*\*木村達洋（東海大学開発工学部情報通信工学科）
- G-7 **ラット脳波・行動観察の24時間計測システムの構築**  
 \*宮本泰介（東海大学開発工学部医用生体工学科）、木村達洋（東海大学開発工学部情報通信工学科）  
 鈴木大輔（東海大学開発工学部医用生体工学科）、高田峻佑（東海大学開発工学部医用生体工学科）  
 矢崎幸児（東海大学開発工学部医用生体工学科）、早坂明哲（日本医科大学情報科学センター）  
 伊藤高司（日本医科大学情報科学センター）、金井直明（東海大学開発工学部医用生体工学科）  
 山崎清之（東海大学開発工学部医用生体工学科）、岡本克郎（東海大学開発工学部医用生体工学科）  
 \*\*田所裕之（東海大学開発工学部医用生体工学科）

- G-8 **ラットの脳波と活動状態の関連性についての検討**  
\*高田峻佑(東海大学開発工学部医用生体工学科)、木村達洋(東海大学開発工学部情報通信工学科)  
宮本泰介(東海大学開発工学部医用生体工学科)、鈴木大輔(東海大学開発工学部医用生体工学科)  
矢崎幸児(東海大学開発工学部医用生体工学科)、早坂明哲(日本医科大学情報科学センター)  
伊藤高司(日本医科大学情報科学センター)、大島浩(東海大学開発工学部医用生体工学科)、  
山崎清之(東海大学開発工学部医用生体工学科)、岡本克郎(東海大学開発工学部医用生体工学科)、  
\*\*田所裕之(東海大学開発工学部医用生体工学科)
- G-9 **イソフルランの気化濃度変化が及ぼすラットの聴覚脳幹誘発電位への影響**  
\*矢崎幸児(東海大学開発工学部医用生体工学科)、木村達洋(東海大学開発工学部情報通信工学科)  
鈴木大輔(東海大学開発工学部医用生体工学科)、高田峻佑(東海大学開発工学部医用生体工学科)  
宮本泰介(東海大学開発工学部医用生体工学科)、早坂明哲(日本医科大学情報科学センター)  
伊藤高司(日本医科大学情報科学センター)、山崎清之(東海大学開発工学部医用生体工学科)、  
岡本克郎(東海大学開発工学部医用生体工学科)、\*\*田所裕之(東海大学開発工学部医用生体工学科)
- G-10 **麻酔下ラットの脳幹誘発電位の計測**  
\*森本友哉(東海大学開発工学部医用生体工学科)、岡田拓也(東海大学開発工学部医用生体工学科)  
鈴木大輔(東海大学開発工学部医用生体工学科)、矢崎幸児(東海大学開発工学部医用生体工学科)  
木村達洋(東海大学開発工学部情報通信工学科)、山崎清之(東海大学開発工学部医用生体工学科)  
岡本克郎(東海大学開発工学部医用生体工学科)、\*\*田所裕之(東海大学開発工学部医用生体工学科)
- G-11 **麻酔機序の違いによるラットの ABR 波形の変化**  
鈴木大輔(東海大学開発工学部医用生体工学科)、宮本泰介(東海大学開発工学部医用生体工学科)  
高田峻佑(東海大学開発工学部医用生体工学科)、矢崎幸児(東海大学開発工学部医用生体工学科)  
森本友哉(東海大学開発工学部医用生体工学科)、木村達洋(東海大学開発工学部情報通信工学科)  
早坂明哲(日本医科大学情報科学センター)、伊藤高司(日本医科大学情報科学センター)  
山崎清之(東海大学開発工学部医用生体工学科)、岡本克郎(東海大学開発工学部医用生体工学科)  
\*\*田所裕之(東海大学開発工学部医用生体工学科)
- G-12 **睡眠導入剤投与下ラットの脳幹誘発電位の測定**  
\*吉村正太郎(東海大学開発工学部医用生体工学科)、増子智大(東海大学開発工学部医用生体工学科)  
宮野翔太(東海大学開発工学部医用生体工学科)、矢崎幸児(東海大学開発工学部医用生体工学科)  
木村達洋(東海大学開発工学部情報通信工学科)、山崎清之(東海大学開発工学部医用生体工学科)  
岡本克郎(東海大学開発工学部医用生体工学科)、木村達洋(東海大学開発工学部情報通信工学科)  
\*\*田所裕之(東海大学開発工学部医用生体工学科)
- G-13 **睡眠導入剤投与下ラットの脳波の測定**  
\*増子智大(東海大学開発工学部医用生体工学科)、宮野翔太(東海大学開発工学部医用生体工学科)  
吉村正太郎(東海大学開発工学部医用生体工学科)、木村達洋(東海大学開発工学部情報通信工学科)  
岡本克郎(東海大学開発工学部医用生体工学科)、山崎清之(東海大学開発工学部医用生体工学科)  
\*\*田所裕之(東海大学開発工学部医用生体工学科)
- G-14 **ラット心電図の長時間計測による自律神経系の評価について**  
\*小磯那津美(東海大学開発工学部医用生体工学科)、宮本泰介(東海大学開発工学部医用生体工学科)  
鈴木大輔(東海大学開発工学部医用生体工学科)、山崎清之(東海大学開発工学部医用生体工学科)  
田所裕之(東海大学開発工学部医用生体工学科)、岡本克郎(東海大学開発工学部医用生体工学科)  
\*\*木村達洋(東海大学開発工学部情報通信工学科)

## G-15 聴覚誘発電位を用いた動物実験用ラットの可聴域の検討

\*見目拓也 (東海大学開発工学部医用生体工学科)、宮本泰介 (東海大学開発工学部医用生体工学科)  
鈴木大輔 (東海大学開発工学部医用生体工学科)、高田峻佑 (東海大学開発工学部医用生体工学科)  
矢崎幸児 (東海大学開発工学部医用生体工学科)、山崎清之 (東海大学開発工学部医用生体工学科)  
岡本克郎 (東海大学開発工学部医用生体工学科)、木村達洋 (東海大学開発工学部情報通信工学科)  
\*\*田所裕之 (東海大学開発工学部医用生体工学科)

## H・薄膜・表面物性工学

### H-1 赤外線用 CeO<sub>2</sub> 膜に及ぼす環境試験の影響

\*澤村文哉 (東海大学大学院工学研究科光工学専攻)、\*\*室谷裕志 (東海大学工学部光・画像工学科)

### H-2 水分吸着による光学薄膜の波長シフト

\*杉本洋己 (東海大学大学院工学研究科光工学専攻)、\*\*室谷裕志 (東海大学工学部光・画像工学科)

### H-3 基板の表面粗さが TiO<sub>2</sub> 光学薄膜に与える光散乱への影響

\*高橋和敬 (東海大学大学院工学研究科光工学専攻)、\*\*室谷裕志 (東海大学工学部光・画像工学科)

### H-4 表面 SHG を用いた表面構造の解析方法

\*原 健人 (東海大学大学院理学研究科)、坂本嶺介 (東海大学大学院理学研究科)、大達 剛 (東海大学大学院理学研究科)  
\*\*八木隆志 (東海大学理学部物理学科)

### H-5 CO ガスセンサ用 MoO<sub>3</sub> 系薄膜の形成

山本恭平 (東海大学)、\*千島和憲 (東海大学工学部材料科学科)、一戸隆久 (国立東京工業高等専門学校)  
小栗和也 (東海大学教養学部人間環境学科)、岩瀬満雄 (東海大学教養学部人間環境学科)

### H-6 プラズマ CVD による金ナノ粒子の作製のための蒸着初期物質溶液の調製と評価

\*関根温志 (東海大学大学院工学研究科光工学専攻)、\*\*渋谷猛久 (東海大学工学部光・画像工学科)

### H-7 イオンプレーティング法を用いて作製した Fe-III A 合金薄膜特性

\*酒井謙司 (東海大学工学部エネルギー工学科)、小林彩子 (東海大学工学部エネルギー工学科)  
郡 亜美 (東海大学工学部エネルギー工学科)、江崎祐美子 (東海大学工学部エネルギー工学科)  
カデック・フェンディ・ストリスナ (東海大学大学院工学研究科応用理学専攻)、\*\*松村義人 (東海大学工学部原子力工学科)

### H-8 金属水素化物燃料用被覆管の開発

\*田中慧介 (東海大学工学部エネルギー工学科)、田畑充 (東海大学工学部エネルギー工学科)  
林田史彦 (東海大学工学部エネルギー工学科)、\*\*松村義人 (東海大学工学部原子力工学科)

### H-9 高級車用 Cr メッキ膜の電子線照射処理による表面強靱性の向上

\*平沢宏和 (東海大学工学部材料科学科)、武井廣明 (東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)  
川津秀紀 (東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、岩田圭祐 (東海大学連合大学院理工学研究科総合理工学専攻)  
利根川昭 (東海大学連合大学院理工学研究科)、\*\*西 義武 (東海大学工学部材料科学科)

- H-10 **親水性と疎水性の異種生体適合高分子材料間の電子線照射接着処理**  
 \*川津秀紀（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）、武井廣明（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）  
 工藤寛之（東京医科歯科大学生体材料工学研究所計測分野）、三林浩二（東京医科歯科大学生体材料工学研究所計測分野）  
 利根川昭（東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻）、\*\*西義武（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）
- H-11 **Au+イオン照射による水素吸蔵合金の初期水素吸収速度への影響**  
 \*中川拓也（東海大学工学部エネルギー工学科）、岸本雅彦（東海大学大学院工学研究科応用理学専攻）  
 村木啓太（東海大学大学院工学研究科応用理学専攻）、阿部浩之（独）日本原子力研究開発機構）  
 \*\*内田裕久（東海大学工学部原子力工学科）
- H-12 **エルビウム（Er）薄膜表面上における室温での水素の反応性**  
 \*村木啓太（東海大学大学院工学研究科応用理学専攻）、榎本将明（東海大学大学院工学研究科応用理学専攻）  
 村上翔一（東海大学大学院工学研究科応用理学専攻）、\*\*内田裕久（東海大学工学部原子力工学科）
- H-13 **イオン照射・アルカリ処理による水素吸蔵合金の初期水素吸収速度への影響**  
 \*森山和広（東海大学工学部エネルギー工学科）、村木啓太（東海大学大学院工学研究科応用理学専攻）  
 阿部浩之（独）日本原子力研究開発機構）、\*\*内田裕久（東海大学工学部原子力工学科）

## I・その他

- I-1 **SDD-EDS と多変量イメージ解析技術を用いた銅複合化合物からの効果的な製錬条件の検討**  
 和田充弘（三井金属鉱業株式会社総合研究所）、川下幸夫（三井金属鉱業株式会社金属事業本部（竹原精練所））
- I-2 **多光子イオン化及びトンネルイオン化による電子密度の過渡的変化の研究**  
 \*坂本嶺介（東海大学理学研究科物理学専攻）、原 健人（東海大学理学研究科物理学専攻）、大達剛（東海大学理学研究科物理学専攻）  
 \*\*八木隆志（東海大学理学研究科物理学専攻）
- I-3 **フェムト秒レーザーを用いたサブミクロンアブレーションに伴う Si 超微粒子発生原理の考察**  
 \*大達剛（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、原 健人（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）  
 坂本嶺介（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、\*\*八木隆志（東海大学理学部物理学科）

## カーボンナノチューブ(CNT)作製時の水分添加に対する CNT 成長率の変化

\* 吉田和博 (東海大学大学院工学研究科電気電子システム工学専攻) \*\* 庄善之 (東海大学工学部電気電子工学科)

[はじめに]

カーボンナノチューブ(CNT)は高い電気伝導性,熱伝導性および機械的強度を有しており,LSI のビア配線,電気二重層キャパシタの導電材などの用途に期待されている。CNT の作製方法にはレーザーアブレーション法,アーク放電法,化学気相合成法(CVD 法)などがあり,高純度の CNT を生産するには CVD 法が適している。その CVD 法での CNT 作製方法の中に,気相合成雰囲気中に微量の水分添加を行うと触媒の活性度が向上して CNT の成長率が增加する報告がある。そこで本研究では,熱 CVD 法での合成雰囲気中に水分を添加して CNT を作製した場合の水分の添加量に対する CNT の成長速度の関係を明らかにすることを目的とした。

[実験方法]

シリコン基板上に直流二極型スパッタ装置を用いて鉄触媒を堆積させた。スパッタ条件はイオン電流 5mA としてスパッタ時間を 15 分とした。次にスパッタした基板を熱 CVD 装置の炉内に入れた。炉内にアセチレンとアルゴンを流入して鉄触媒を反応させて CNT を作製した。気体流量はアセチレン 20sccm, アルゴン 980sccm とした。CNT 作製条件は炉内温度 750℃,鉄触媒の活性時間を 5 分,反応時間を 15 分とした。その合成雰囲気には水分を添加した。炉内への水分添加は加湿したアルゴンを流して行った。加湿したアルゴンを 1 から 10sccm まで変化させて流入し実験を行った。作製した CNT を光学顕微鏡で観察し,CNT の長さを測定した。

[実験結果]

Fig.1 に加湿したアルゴン流量に対する作製した CNT の長さを示す。水分添加を行っていない場合の CNT の長さは 194  $\mu\text{m}$  であった。加湿したアルゴンを 1sccm で流入して水分添加を行った場合の CNT の長さは 339  $\mu\text{m}$  で,水分添加を行っていない場合より長かった。しかし,加湿したアルゴンの流量を 2sccm とした場合の CNT の長さは,加湿したアルゴン流量が 1sccm の場合より短くなった。加湿したアルゴンの流量を 5sccm, 10sccm とさらに増やした場合では CNT の長さは加湿したアルゴン流量が 2sccm の場合よりも短くなっていった。

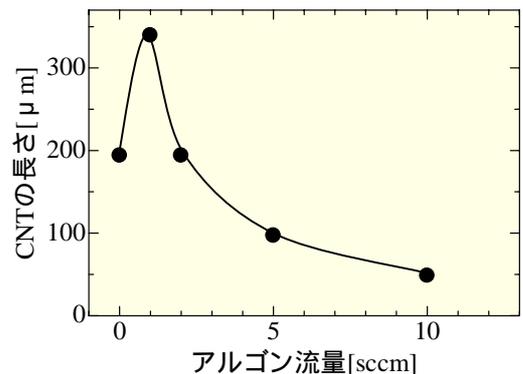


Fig.1. 加湿したアルゴン流量に対する CNT の長さ

[考察]

本実験より微量の水分を添加すると CNT の成長速度は向上した。CNT は基板上に堆積した金属触媒と,熱分解によって分解された炭素原子が化学反応を起こすことで成長していく,金属触媒と反応できなかった炭素原子は炭素原子同士で結合して無定形炭素となる。その無定形炭素が金属触媒を覆うと,熱分解された炭素原子が金属触媒に供給されず CNT の成長が妨げられる。しかし,合成雰囲気中に水分があると,無定形炭素が水分と反応することで金属触媒から無定形炭素が取り除かれる。結果,熱分解された炭素が金属触媒に供給されるようになり CNT の成長が促されるので,水分の添加は CNT の成長を促す効果があると考えられる。

本実験より添加する水分量を増加させていくと CNT の成長速度は減少した。添加する水分が多すぎると,過剰な水分は無定形炭素だけでなく,アセチレンとも反応してしまいアセチレン濃度が低下する。アセチレン濃度が低下すると分解される炭素が減少するため,水分を多く添加していくと CNT の成長速度が低下したと考えられる。

## TFA-MOD法により作製したYBCOテープ線材を用いた超電導電流リードの通電特性

\* 柴田 和樹、坂井 裕貴(東海大学工学部材料科学科) 石井 雄一(東海大学院工学研究科金属材料工学専攻)  
 \*\* 山田 豊(東海大学工学部材料科学科) \*\* 太刀川 恭治(東海大学工学部材料科学科)

## 1. はじめに

電流リードは、常温にある電源から極低温下におかれる各種超電導機器に電流を供給する導体で、一般にはCuあるいはCu合金が用いられる。一方、酸化物高温超電導材料を用いると、電気抵抗0であることからジュール発熱は無く、熱伝導率もセラミックスであるため極めて低い。よって理想的な電流リードが可能となる。

## 2. 実験目的

YBCO超電導電流リードユニットの性能を示すうえで、磁場に対する臨界電流( $I_c$ )値の減衰についても考える必要がある。外部から加わる磁場を無視しても、線材に電流を流した際、流した電流値に応じた強さの自己磁場が発生し、この自己磁場によって、素線 $I_c$ 値が低下する。そこで、YBCO線材が電流リードユニットの形状及び配置によって自己磁場による減衰の程度を詳しく知るため、電流リードユニットの自己磁場シミュレーションを行い、自己磁場分布と $I_c$ 減衰値について計算した。また、TFA-MOD法YBCOテープ線材を用いた超電導電流リードユニットの通電時におけるYBCO線材の素線 $I_c$ 値と発生した電圧を測定した。

## 3. 実験方法

今回作成した電流リードユニットの外観図を図1に示す。本実験では線材長さ190mm、幅5mm、厚さ約120 $\mu$ m(Hastelloy: 100 $\mu$ m, Oxide buffered layers: 1.5 $\mu$ m, YBCO layer: 1.5 $\mu$ m, Ag layer: 15 $\mu$ m)のYBCO線材を使用した。YBCO線材全面をカプトンテープで保護し、Hastelloy層で2枚ずつ重ね合わせて5個のスリットに並列に1mm間隔で5列に配置した。また、Cu電極厚さ方向に6mmの間隔をあけて同様に配置し、合計20枚のYBCO線材を使用し、YBCO線材両端20mmをCu電極(長さ90mm、幅4mm、厚さ18mm)とハンダ接続した。また、表面保護と接続抵抗軽減のためにCu電極の表面にハンダメッキを行った。YBCO線材だけでは強度不足なためCu電極の中心にGFRP(長さ170mm、幅44mm、厚さ1mm)を配置し、YBCO線材のクエンチ時に電流が流れるようにするため、ステンレス鋼板(長さ210mm、幅44mm、厚さ2mm)をシャントとして電流リードユニットの両面に配置した。磁場解析ソフトを用いて、各線材100A、合計2,000Aの電流を流した時の自己磁場シミュレーションを行った。線材の読み方は左(中心部)から、縦方向に上からA、B、C、Dとする。また、電流リードの通電条件は、液体窒素温度(77K)自己磁場中で測定を行い、直流4端子法により各線材の素線 $I_c$ 値を測定した。

## 4. 結果及び考察

YBCO線材の位置による $I_c$ 減衰と自己磁場分布を図2に示す。自己磁場シミュレーションの結果、自己磁場による $I_c$ 減衰率は3.92%で、total  $I_c$ 値は1,922Aだった。中心部のYBCO線材にはこの線材が発生した磁場のみが掛かるが、外側のYBCO線材とでは自身よりも中心部に近い線材からの磁場も掛かるので、中心部のYBCO線材よりも離れた側のYBCO線材の磁場の強さが高くなる。線材端付近の磁場はYBCO線材に掛かる磁場よりも高いことが確認でき、中心部より離れるほど磁場が高くなることが確認できた。また、磁場が掛ると $I_c$ 値は減衰するので、 $I_c$ 値は磁場が高い部分ほど、減衰することが確認できた。今回作製した電流リードユニットに1,600Aの電流を通電した結果、クエンチすることなく10分間通電することができた。この結果より2,000Aの電流を通電した時、電流が約80A減衰した。以前作製した500A級電流リードユニットでは約10A減衰したので、こちらの電流リードユニットを4枚まとめて通電する方が $I_c$ 減衰率は抑えられると考えられる。しかし、今回作成した電流リードユニットではやや $I_c$ 値は低下するが小型化することができた。

## 5. まとめ

Hastelloy層で2枚ずつ重ね合わせて5個のスリットに並列に1mm間隔で5列に配置した20枚のYBCO線材を用いた電流リードユニットを作成した。自己磁場による $I_c$ 減衰率は3.92%で、total  $I_c$ 値は1,922Aだった。磁場が掛ると $I_c$ 値は減衰するので、 $I_c$ 値は磁場が高い部分ほど、減衰することが確認できた。今回作成した電流リードユニットに1,600Aの電流を通電した結果、クエンチすることなく10分間通電することができた。今回作成した電流リードユニットでは以前作製した500A級電流リードユニットに比べやや $I_c$ 値が低くなったが、小型化することができた。

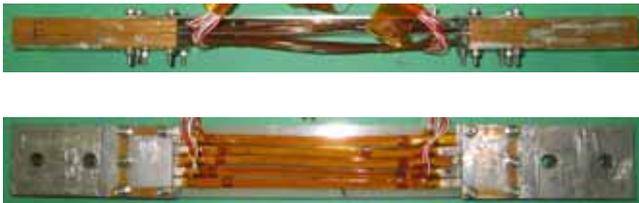
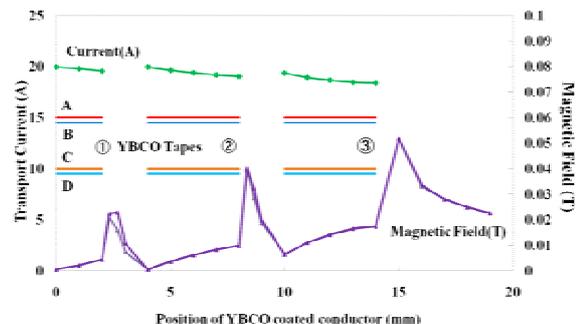


図1 電流リードユニット外観図

図2 YBCO線材の位置による $I_c$ 減衰と自己磁場分布

## TFA-MOD 法 YBCO 超伝導テープ線材を用いた電流リードユニットの通電特性

\*坂井 裕貴、柴田 和樹(東海大学工学部材料科学科) 石井 雄一(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)

\*\*山田 豊(東海大学工学部材料科学科) \*\*太刀川 恭治(東海大学工学部材料科学科)

## 1.はじめに

本研究では、TFA-MOD(三フッ化酢酸塩を用いた金属有機酸塩塗布熱分解)法  $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ (YBCO)テープ線材を用いて電流リードユニットを作製し通電試験を行うと共に熱侵入量を計算した。さらに、TFA-MOD法YBCO超伝導テープ線材を用いた電流リードの通電特性の結果と通電時のCu電極部の抵抗値と熱侵入量を比較した。

## 2.実験方法

図1に電流リードユニットの概観写真及び模式図を示す。各線材を液体窒素温度・自己磁場下において $I_c$ 値を測定後20本を用いて4本ずつ5組重ね合わせ1mm間隔に並列配置した線材両端にCu電極をはんだ接合で取り付け、補強材として厚さ2mmのステンレス板2枚をCu電極間にボルト接合した。通電試験は液体窒素温度・自己磁場下において直流通電し、4端子法により各電圧端子間の発生電圧及び通電電流を測定した。測定箇所はユニットの全体電圧: $V_{overall}$ 、Cu電極(+)とYBCO線材間電圧: $V_{Cu(+)}$ 、Cu電極(-)とYBCO線材間電圧: $V_{Cu(-)}$ 、各YBCO線材の電圧: $V_{YBCO}$ である。測定した電圧と通電電流から結果から電流リードユニットの抵抗値を計算した。

Cu電極部を除いたYBCO線材の150mm間での熱侵入量計算を行った。なお、YBCO超伝導層及び酸化物中間層は熱侵入量に寄与する断面積が小さいため無視した。

## 3.実験結果及び考察

通電試験の結果を図2に示す。1.2kA通電時にいくつかのYBCO線材に電圧が生じたが、ユニット全体ではクエンチすることなく通電を行うことができた。通電結果から電流リードユニットの1.2kA通電時の電流リードユニット全体の抵抗値は21m $\Omega$ と計算された。「TFA-MOD法YBCO超伝導テープ線材を用いた電流リードの通電特性」での電流リードユニットの1.2kA通電時の抵抗値11m $\Omega$ に比べ1.8倍になった。これは銅電極部形状の違いによるものであると考えられる。

電流リードユニットの77K - 4.2K間の熱侵入量は446mW/kAと計算された。これは従来のCu製電流リード(1.2W/kA)に比べ1/3程度になる。

## 4.まとめ

- ・TFA-MOD法YBCOテープ線材20本を4本ずつ5組重ね合わせ等間隔に並列配置し電流リードユニットを製作した。
- ・電流リードユニットを液体窒素中、自己磁場下において1.2kAの通電を10分間安定して行えた。

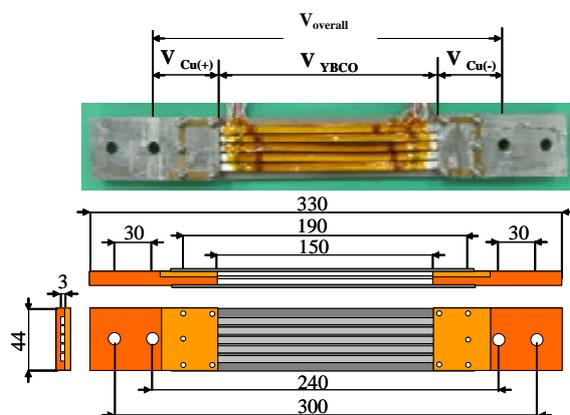


図1.電流リードユニット概観写真及び模式図

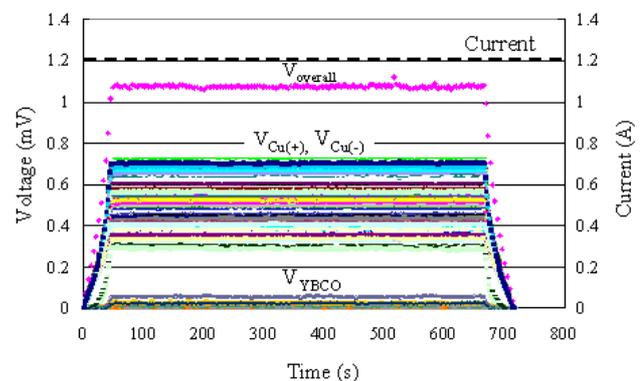


図2.電流リードユニット1.2kA 10分間保持通電結果

## 外部拡散法により作製した MgB<sub>2</sub> 線材の組織と超伝導特性

\*小笠原 典宏（東海大学工学部材料科学科） 金澤 昌哉（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）

\*\*山田 豊（東海大学工学部材料科学科） \*\*太刀川 恭治（東海大学工学部材料科学科）

### 1. はじめに

2001年に金属体の超伝導体の一つとして発見されたMgB<sub>2</sub>は、39(K)の高い臨界温度(T<sub>c</sub>)を持つ。MgB<sub>2</sub>線材は主にPIT(Powder In Tube)法によって作製されることが多く、特にIn-situ法ではMgB<sub>2</sub>合成時に多数の空孔が形成され、臨界電流特性の低下の一因となっている。そこで本研究では高密度のMgB<sub>2</sub>コアを得る方法としてB粉末の外側にMg金属チューブを用い、MgB<sub>2</sub>超伝導線材を外部拡散法により作製する。先の研究では線材加工の際に溝ロールを行ったためMgチューブが四角く形成されてしまい、熱処理後に未反応のMgが残留したため、本実験では溝ロール加工を行わず、全てを丸線引きにて行った。

### 2. 実験方法

図1には試料作製図を示す。試料作製方法にはMgチューブを筒としてBを中央に位置させる外部拡散法を用いる。外部拡散法では外径12 mmφ、内径6.0 mmφ、長さが250 mmの純鉄シースに、片側のみ6.0 mmφ、長さ70 mmの穴を開け、そこへ外形6.0 mmφ内径、3.5 mmφと4.0 mmφのMg金属チューブを挿入し、そのチューブ内に、5 mol%のSiC粉末を添加したアモルファスB粉末を充填した後、10 mmふたをし線引き加工により直径1.0 mmφのMgB<sub>2</sub>線材を作製する。630 で5 h、Ar雰囲気中で拡散熱処理を行った。また4.2 Kにおける臨界電流(I<sub>c</sub>)の磁場依存性については物質・材料研究機構(NIMS)にて測定を行った。

### 3. 実験結果及び考察

今回は溝ロール加工を行わず、全て線引き加工にて試料の作製を行ったためMgチューブが丸く加工された。また、熱処理前の試料横断面図を見ると、Mgの加工は難しいと言われており、一部Mgチューブが破れてしまったが同心円状に加工することが出来た。1.0 mmφ伸線後の断面写真に依れば、熱処理後ではどちらの試料においてもMg金属とBとの拡散反応によりMgB<sub>2</sub>が生成し、Mgの拡散によって空孔が生じるとともに未反応のMgが少量残留していた。

4.2 K、5 Tにおける臨界電流(I<sub>c</sub>)値はMg6/3.5 mmφ (1.0 mmφ)の試料では、5 Tで182 A、Mg6/4.0 mmφ (1.0 mmφ)では5 Tで167 Aと高い値を示した。4.2 K、5 Tにおける臨界電流密度(J<sub>c</sub>)値はMg6/3.5 mmφ (1.0 mmφ)の試料では、2070 A/mm<sup>2</sup>、Mg6/4.0 mmφ (1.0 mmφ)の試料で2930 A/mm<sup>2</sup>と、どちらの試料とも高い値を示した。その理由としては熱処理後のMgB<sub>2</sub>線材の周りにMgが少量残留しているが、まんべんなく拡散反応が行われたからではないかと考えられる。また熱処理後の試料断面を見ると、Feシース部にMgB<sub>2</sub>コアが接触している。これにより通電時にMgB<sub>2</sub>コアに流れる電流の接触面が確保されたと考えられる。

### 4. まとめ

今回は溝ロール加工を行わず、すべてダイスを使った丸線引きにより加工を行ったことにより、Mgをうまく同心円状に加工することが出来た。

4.2 K、5 TにおけるI<sub>c</sub>、J<sub>c</sub>は、Mg6/3.5 mmφ 試料でI<sub>c</sub>=182 A、(J<sub>c</sub>=2070 A/mm<sup>2</sup>)、Mg6/4.0 mmφ 試料ではI<sub>c</sub>=167 A、(J<sub>c</sub>=2930 A/mm<sup>2</sup>)でそれぞれ高い値を示した。これは同心円状に加工したことにより、Mgの拡散反応がまんべんなく行われたためと考えられる。

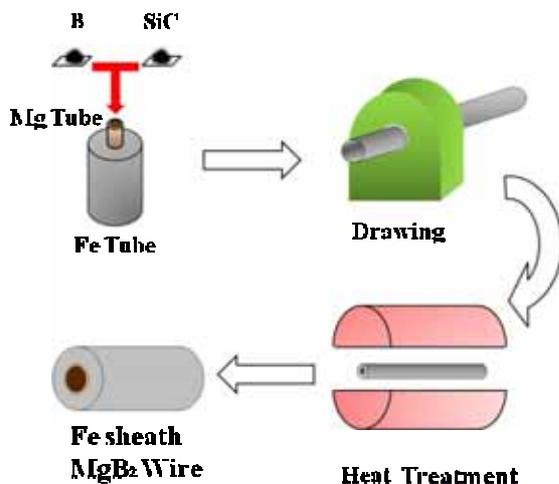


図1 試料作製図

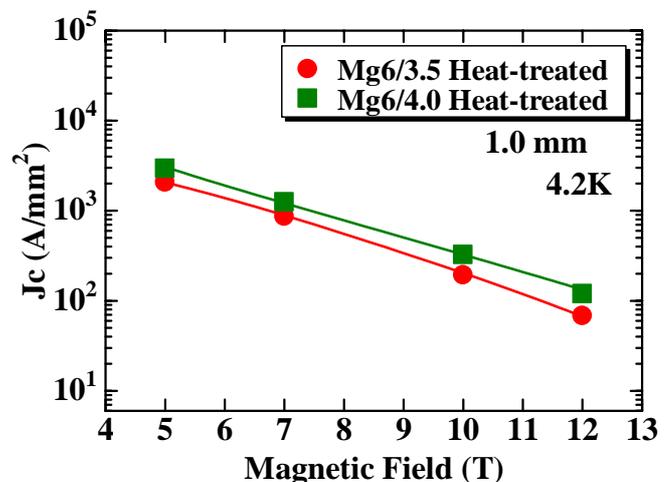


図2 4.2 Kにおける臨界電流密度(J<sub>c</sub>)の磁場依存性

## 外部拡散法MgB<sub>2</sub>超伝導線材の特性に及ぼすホットプレスの影響

\*大野 高弘（東海大学工学部材料科学科）、金澤 昌哉（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）

\*\*山田 豊（東海大学工学部材料科学科）、\*\*太刀川 恭治（東海大学工学部材料科学科）

### 1. 目的

金属系の超伝導体の一つとしてMgB<sub>2</sub>は2001年に発見された。この超伝導体は従来研究されてきた銅酸化物系の超伝導体や金属系の超伝導体に比べても、39 (K)の高い臨界温度(T<sub>c</sub>)を持っている。組成は、マグネシウムとホウ素の2元系からなっており、比較的合成が容易である。本研究では、シース材に純鉄を使用しMg金属チューブとアモルファスBの粉末を用いた、外部拡散法によってMgB<sub>2</sub>超伝導線材を作製する。先の研究では、線材を作製する際に溝ロール加工を用いたために、Mg管が四角く加工されたために熱処理後に未反応のMgが多く残留することが見られた。今回は溝ロール加工を行わず円形ダイスを使用し線引き加工を行った。その後熱処理を行い一部試料についてはホットプレス加工を行い、丸線引きとの比較を行った。

### 2. 実験方法

図1に外部拡散法によるMgB<sub>2</sub>線材の試料作製方法を示す。Mg金属チューブを筒としてBを中央に位置されている外部拡散法によるMgB<sub>2</sub>線材の試料作製方法を示す。外径12 mmφ、長さ250 mmの純鉄管に、片側のみ6.0 mmφ、長さ70 mmの穴を開け、そこへ外径6.0 mmφ、内径4.0 mmφ長さ60 mmのMg金属チューブを挿入しそのチューブ内に、アモルファスB粉末に5 mol% SiC粉末を充填した後、10 mmのふたを閉め、線引き加工により直径1.0 mmφのMgB<sub>2</sub>線材を作製した。各試料の拡散熱処理、ホットプレス処理を行い、作製したMgB<sub>2</sub>超伝導線材の4.2 Kにおける臨界電流(I<sub>c</sub>)の磁場依存性については物質・材料研究機構(NIMS)にて測定を行った。

### 3. 実験結果及び考察

前報では、溝ロール加工を行った結果、Mg金属管が四角く加工されることによって四隅にMgが残留してしまった。本実験は溝ロール加工をせず試料の作製を行ったことにより、Mgチューブが円形に加工されたのがわかる。また、熱処理後ではどちらの試料においてもMg金属とBとの拡散反応により線材中央部にMgB<sub>2</sub>が生成し、Mgの拡散によって空孔が生じているのが分かる。図2には4.2 KにおけるI<sub>c</sub>の磁場依存性を示す。4.2 K、5 TにおけるMg6/4.0 mmφの試料のI<sub>c</sub>値は144 A、ホットプレス処理を行った試料では164 Aと高い値を示した。これは、ホットプレスを行うことにより空孔が潰されたことでMgB<sub>2</sub>コアとの通電部が確保できたことにより高い値を示す事が出来たのではないかと考えらる。

### 4. まとめ

先の実験では、溝ロール加工を行ったが、本実験で溝ロールを行わず全て丸線引き加工を行ったことにより、Mgチューブが上手く円のように加工された。その結果溝ロール加工を用いた先の実験よりも、高い臨界温度特性を出す事が出来た。これは、Mgを円形に加工したことにより多くのMgが反応したためと考えられる。また、ホットプレス処理を行い試料を潰すことにより空孔が押しつぶされMgB<sub>2</sub>コアとの通電部が確実に確保することができた。その結果、4.2 K、5 TにおけるMg6/4.0 mmφ試料では、熱処理後の試料が144 A、ホットプレスを行った試料では164 Aと、ホットプレスを行うことによりI<sub>c</sub>値が向上する傾向が見えた。

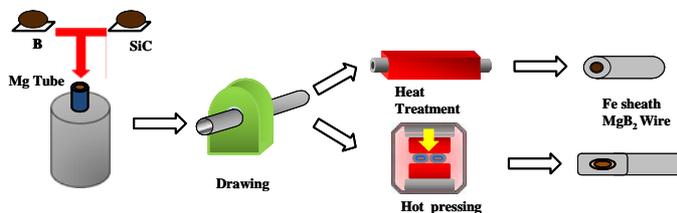


図1 外部拡散法によるMgB<sub>2</sub>線材の作製方法

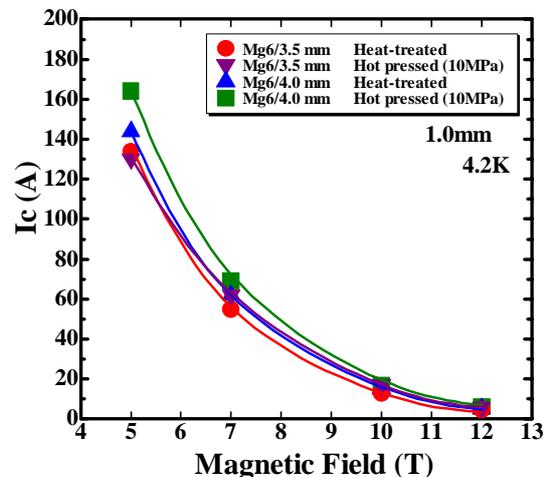


図2 4.2 KにおけるI<sub>c</sub>の磁場依存性

## 化学 力学エネルギー変換（有機エンジン）を用いた自律駆動型薬物放出システム

\*畑山宏大、加藤了大、ムンフジャルガル ムンフバヤル、松浦佑樹（東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科）、高橋大志、荒川貴博、工藤寛之、\*\*三林浩二（東京医科歯科大学 生体材料工学研究所）

### 【はじめに】

我々はこれまでに、生化学反応から直接機械的運動を生み出す分子モーター(ミオシン、キネシン等)と同様に、酵素反応に基づき化学 力学エネルギーの直接変換を行う 有機エンジン を開発してきた。特に、グルコース酸化酵素(GOD)を利用することで、グルコースを認識して、そのエネルギーを作動エネルギーに変換し、能動的な圧力制御が可能となる。これを利用することで、生体におけるインスリンによる血糖値制御機能を模倣した、血中グルコース濃度を自律的に調節する薬物放出システムへの応用が可能と考えられる。本研究では、有機エンジンを用いた自律駆動型薬物放出システムを構築し、その特性評価及び、グルコース脱水素酵素(GDH)を利用したグルコース濃度のフィードバック制御機能の評価を行った。

### 【実験方法】

本システムは、GOD の触媒反応に伴う酸素消費を利用した減圧機構及び薬物放出機構から構成される(図 1)。減圧機構は、紫外線硬化樹脂を用いて GOD を包括固定化した透析膜を、気相及び液相セルにより挟み込んだ構造を有している。また、薬物放出機構は、貫通孔を形成したアクリルセルに、圧力開放弁、ダイヤフラム及び逆止弁としてポリジメチルシロキサン(PDMS)膜を組み込み、さらに、ダイヤフラムと圧力開放弁が運動するようセル内に弁棒を設置することで構築した。図 1 のように減圧及び薬物放出機構を接続することで、減圧機構において発生したエネルギーがダイヤフラムへ伝達されるようにした。実験では、まず薬物放出機構の特性評価のために、主流路にグルコース溶液を送液し、セル内の圧力変化を測定するとともに、副流路に充填した色素の放出過程を CCD カメラにて記録した。さらに、この系のグルコース濃度のフィードバック制御機能の評価のために、副流路にグルコース低下剤として GDH を充填した後、主流路にグルコース及び NADH を含む溶液を環流させ、20 分毎にグルコース濃度の変化を測定した。

### 【結果及び考察】

本システムの薬物放出機構を評価した結果、グルコース溶液の送液に伴う減圧によりセル内が一定圧力以下になる毎に開放弁が作動し、それに伴いダイヤフラムの形状回復による断続的な色素の放出が確認された。また、グルコース濃度のフィードバック制御機能の評価では、グルコース濃度が 100 ~ 67 mmol/l へと漸次減少し、GDH の放出間隔は 6 ~ 11 分間へと次第に遅くなることが確認された。つまり、GDH との反応によりグルコース濃度が低下することで、減圧に要するエネルギーの供給が減少し、その結果、薬物放出機構の作動間隔が延長したと推論される。以上の結果より、本システムによる血糖値の自律的制御の可能性が示された。

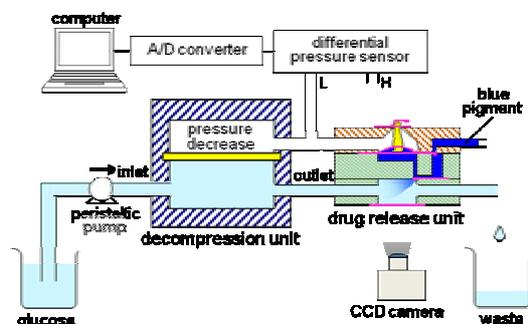


図 1. 自律駆動型薬物放出システムの模式図

## 高出力ロボット駆動用LaNi<sub>5</sub>水素吸蔵合金の電流印加による抵抗加熱を用いた応答速度の評価

\*飯塚翔太(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻), 大川準也(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻), 相川献治(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻), \*\*西 義武(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)

### 【目的】

近年、ロボットの技術が発達しており、小型ロボットハンドの需要も増えてきている。この機器は複雑な構造よりもより単純で確実に駆動する機構が現在求められている。本研究グループでは水素吸蔵合金であるLaNi<sub>5</sub>が約 25%の体積膨張が発生する性質から、大きな力を生み出すことのできる運動機能材料としての利用が期待できると考え、水素吸蔵合金を用いた運動素子の研究を行ってきた。従来の研究ではLaNi<sub>5</sub>を用いた水素吸蔵合金運動素子の応答速度を向上させるために、ニクロム線抵抗加熱により、熱エネルギーを間接的に水素吸蔵合金に与えることで運動の応答速度を向上させてきた。しかし、LaNi<sub>5</sub>に直接電流を流し、LaNi<sub>5</sub>自体を抵抗加熱することで直接熱エネルギーを与え、より水素放出にともなう応答速度向上の可能性に注目した。そこで、LaNi<sub>5</sub>に直接電流を流すことで水素吸蔵合金運動素子の水素放出応答速度の変化を確認した。

### 【方法】

本研究では厚さ 10 μmの極薄銅箔シート上に、厚さ約 30 μm程度のエナメル樹脂を塗布し、その上から厚さ約 25 μmのLaNi<sub>5</sub>合金を蒸着させ、多層薄膜構造のバイメタル試料を作製した。界面にエナメル樹脂を塗布することで絶縁し、LaNi<sub>5</sub>と極薄銅箔シートの両方に電流を流れるようにした。LaNi<sub>5</sub>合金の作製にはD.C.マグネトロンスパッタリング装置を用いた。スパッタリングに用いるターゲットは乳鉢によってLaNi<sub>5</sub>塊を粉碎し、ふるいにより 100 ~ 150 μmに粒径をそろえた粉体をステンレス製のターゲットホルダーに万遍無く敷き詰めて製作した。さらにLaNi<sub>5</sub>の水素吸蔵速度を促進させるためにPdを表面に蒸着させた。D.C.マグネトロンスパッタリング装置によるLaNi<sub>5</sub>水素吸蔵合金薄膜の製膜条件は到達真空度  $5.0 \times 10^{-4}$  Pa以下、スパッタリング電力 100 W、成膜時間 7200 sで行った。同様にPdの成膜にもD.C.マグネトロンスパッタリング装置を用いた。Pdの成膜条件はスパッタリング電力 150 W、成膜時間 60 sで行った。

### 【結果】

LaNi<sub>5</sub>に電流印加による抵抗加熱を施すことで、未通電状態の試験片と比べて非常に早い応答速度を得た。さらに通電時の基板の温度変化、電流印加による結晶の並進性についても同時に評価した。

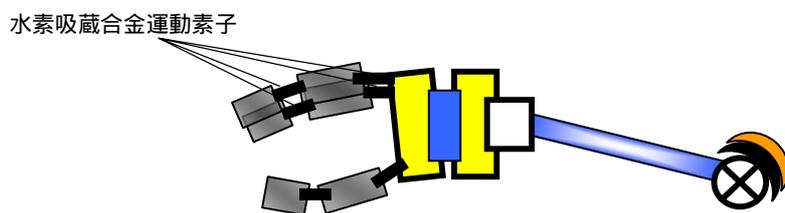


図1 水素吸蔵合金を用いたロボットハンドの概略図

## ロボットアーム駆動素子用LaNi<sub>5</sub>粉末分散高分子/銅箔運動素子の通電による可逆運動

\* 大川準也 (東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、神田昌枝 (INSA de Lyon)、湯瀬かおり (INSA de Lyon)、Daniel GUYOMAR (INSA de Lyon)、内田晴久 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)

\*\* 西藤武 (東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)

### 【目的】

水素吸蔵合金の中でも特にLaNi<sub>5</sub>は大きな応力を発生させるだけでなく、水素導入時に発熱反応、放出時に吸熱反応を示すことが知られている。本研究グループでは、この原理を用いて水素吸蔵合金薄膜に通電し抵抗加熱し、試料表面温度の上昇により歪量が減少したことを確認している。一方で水素導入時の水素吸蔵合金の微粉化を防ぎ、大きな運動を伴う柔構造なバルク状運動素子の開発も行っている。そして、軽量の運動素子でも水平配置での姿勢制御を可能にし、さらに可逆的な運動歪が得られた。本研究では、運動素子の表面に電極を取り付け、表面温度制御することで水素吸脱蔵反応を駆動源とした運動素子の動作制御を目的とした。

### 【方法】

PUとN,N-ジメチルホルムアミドを混合・加熱して液状とした。その後、LaNi<sub>5</sub>粉末(粒径 45μm以下)および触媒のPd担持Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を混合したものをドライビングシートとし、サポータリングシートのCu箔(厚さ 10μm)を貼り合わせた。その後、銅箔側にU字に形状加工したアルメル線をポリイミドテープで貼付けて試料とした。運動は弾性限度の範囲でアルゴン/水素ガス導入と通電を繰り返して行い、画像から運動歪量を算出した。

### 【結果】

作製した運動素子は、水素導入と通電による抵抗熱で可逆的な水素の排気を可能にした。また、運動素子の表面温度を上昇させる事で、真空排気のみでの試料と比較して水素の排気速度が5倍速まった。

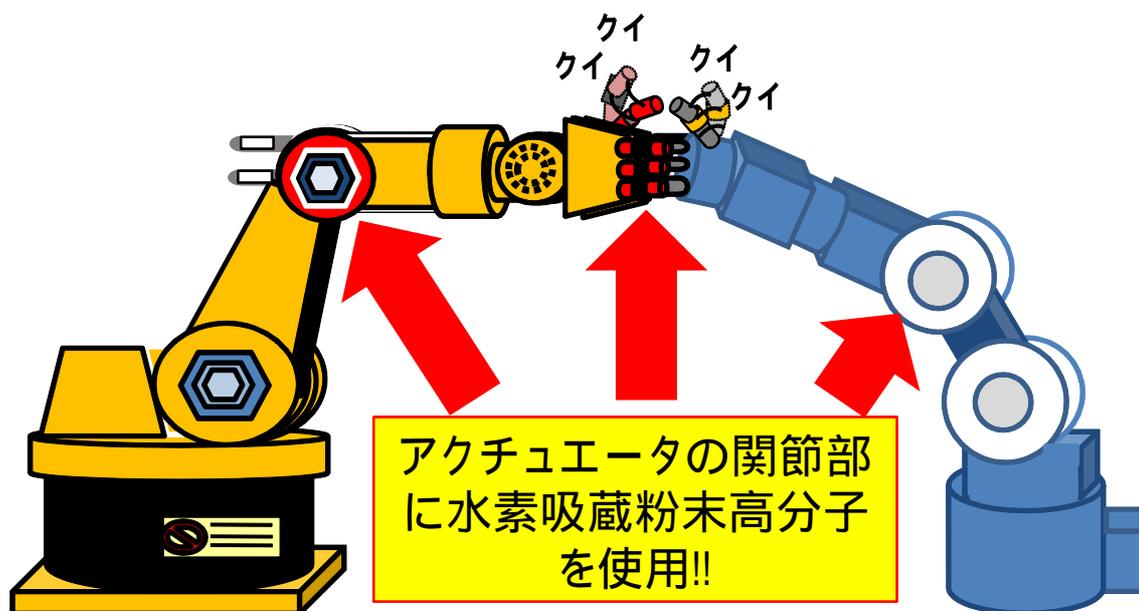


Fig 1 Schematic Diagram of New Generation Actuator

## 衝撃圧縮法によるCr-W合金微粒子の固化

1 東京工科大学 2, 東海大学 3, 熊本大学 中尾 崇文<sup>1</sup>, 塚 博史<sup>1</sup>, 小栗 和也<sup>2</sup>, 西 義武<sup>2</sup>, 鈴木 恒則<sup>2</sup>, エミル オムルザク<sup>3</sup>, チェン リリアング<sup>3</sup>, 真下 茂<sup>3</sup>,

「はじめに」

Cr-W 合金は、組成全域にわたり二相分離曲線があり、相分離過程を研究するために有効な合金系である。しかし、Cr-W 合金作製にはいくつかの問題点がある。W、Cr 共に高融点であり Cr は高温で蒸気圧が高く合金化と組成調整が難しい。また、溶解後の冷却時にデンドライトが出現し、均一な固溶体の作製が困難である。そのため、Cr-W 合金についての研究はあまり研究がなされていない。我々は、純 W 粉体と純 Cr 粉体を用いた衝撃圧縮法で合金が作製できることを報告している。その時は、高い圧縮圧力が必要であった。今回は、アーク溶解により Cr-W 合金を作製し、融点を低下させた合金の微粉体を用い、衝撃圧縮法により、Cr-W 合金微粒子粉体の固化の過程を明らかにすることを目的とした。

「実験方法」

図 1 は 1 段式火薬銃の概略図である。1 段式火薬圧縮装置は火薬を火薬室で爆破させて超圧力を造り飛翔体を試料カプセルに衝突させる装置である。今回の実験では飛翔体の速度が 1.5km/s の時、衝撃圧縮圧は 43GPa であった。試料は純度 99.9% の 150 μm の W 粉体と Cr 粉体及びペレットを Ar 雰囲気中でアーク溶解し、平均組成 Cr-23at%W、31at%W、の母合金を作製した。母合金をメノウ乳鉢およびジェット・ミルを用いて粉碎し、25 μm までの微粉体を作成し、供試料とした。衝撃圧縮試料は W のスペーサーで挟み直径 8mm のステンレス製容器に収納した。衝撃圧縮後の試料は、X 線回折法、SEM、EDX およびピッカース硬度計を用いて、固化についての検討を行った。

「実験結果」

図 2 は衝撃圧力分布を持った試料カプセルと、カプセルの中心部と端部での Cr-W 試料の SEM 写真である。端部の試料は、中心部より塑性変形も加わり、高温に達している。図 3, 4 は衝撃圧縮後の Cr-W 試料を拡大した SEM 写真である。試料の多くの部分を占めている A の部分は流体化した合金相がネットワーク状に観測されている。また、B 部分の部分は球状合金相が、C の部分は初期合金粉体の一部が球状に観測されている。これらは衝撃圧縮による合金微粒子粉体が高温で流体化し固化するとして次のようなメカニズムが考えられる。まず、衝撃圧縮法（端部のほうは塑性変形）による初期粉体の振動や移動によって高温が生じる。その高温によって、初期粉体の流動化が始まる。これは状態図の液相線より上の部分の状態のことである。衝撃圧縮後、温度が下がっていき、液相線のところまで下がると図 5 のように流動化と表面張力によって球状合金相ができる。表面エネルギーが減少するように、つまり表面が小さくなるにつれて、図 6 のようにネットワーク化が進行していく。その後温度が固相線までさがるとすべてが固体となる。



図 1 1 段式火薬銃の概略図

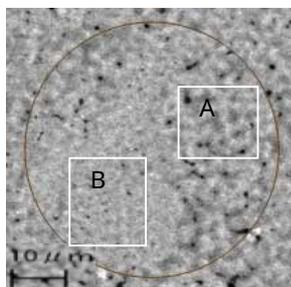


図 3 初期粉体の全面流体化

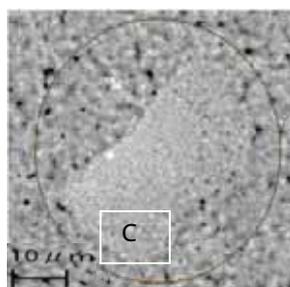


図 4 初期粉体の一部流体化

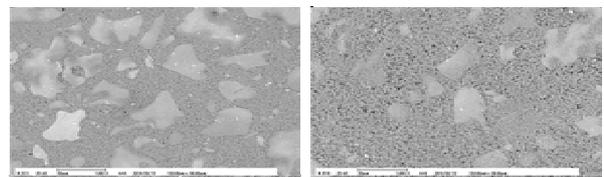
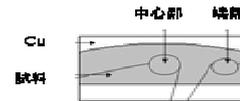


図 2 Cr-31at%W の衝撃圧縮後の中心部と端部の SEM 写真

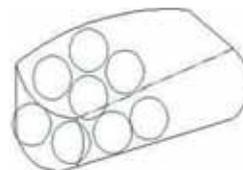


図 5 流動化と表面張力による球状合金相

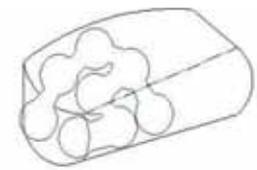


図 6 表面エネルギーの減少によるネットワーク化

## GPS を用いた河川におけるゴミの流れ調査

\*武藤和貴、福岡敬士、\*\*小栗和也

東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程

はじめに

環境問題が注目されているなか、身近なところでの環境対策が重要であり、身近な地域における環境問題として河川でのゴミ問題が注目されている。不法投棄されたゴミは川や海を汚染し生態系に悪影響を及ぼすことが予測される。そこで投棄されたゴミがどのように流れるかを検証し、効率よく回収するための方法を検討すること目的に、GPS ロガーを用いた調査を行う。具体的には GPS ロガーを流すことで実際に流れるゴミの軌跡データを推定し、ゴミの停滞場所の共通性や条件、河川の周辺環境との関係性を調査し、様々な河川にも対応するプロセスを見出すことを目的とした。

実験方法

調査を行う河川は、市街地を流れ、堰が多く、流れの速い場所や遅い場所があり、様々な河原の変化が見ることのできる比較的危険の少ない河川などを基準に選定した。観測地までの移動距離を考えて、調査には神奈川県内の金目川を選択した。ゴミに見立てた GPS ロガーは防水処置を施した後、プラスチック容器に入れ、河川に流した。使用した GPS ロガーの概観写真および仕様は図 1 および表 1 のとおりである。GPS ロガーの回収基準は長時間移動しない場合および約 4 km 下流まで流れた場合とした。GPS データの解析は GPS ロガー付属の GISTEQ Photo Tracker および Google Earth を使い、GPS ロガーの漂流経路および移動の速さの情報を評価した。

表 1 GPS ロガーの仕様

CanMore 社製 GT-730FL-S GPS USB ドングルロガー	
質量	15g(バッテリーを含む)
サイズ	77.5mm × 28.0mm × 17.8mm
動作温度	- 40 ~ 85
稼動時間	15 時間



図 1 GPS ロガ

調査結果

図 2 は金目川に流した GPS ロガーの軌跡と GPS ロガー記録された速さのデータを示した図である。この図から標高差があまり無い、短い範囲においてもわずかな流れが蛇行しているところでは、速さの低下が見られた。また、堰の付近においても速度が低下した。これらのことから GPS ロガーを河川に流すことによって、ゴミの流れる速度と経路が同時に評価できること可能性のあることを確認した。さらに現地観察を行った結果、ゴミのたまりやすい場所(ひっかかる場所)の確認もできた。これらの調査結果から、河川においてゴミが集まりやすい場所を地形的要素・水の流れの要素等から推定できる可能性のあることを確認した。

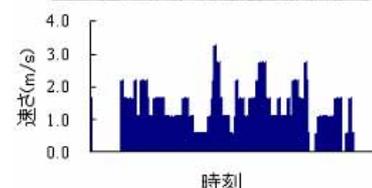


図2 GPSロガーの速度変化

## プライマーを用いた CNT/PTFE 複合膜の密着性の改善

\*久野徹（東海大学大学院工学研究科電気電子システム工学専攻），\*\*庄善之（東海大学工学部電気電子工学科）

### 1. はじめに

現在，固体高分子形燃料電池（PEFC）には金属製セパレータが使用されている．しかし燃料電池を動作させると内部が酸性雰囲気になり，金属製のセパレータが腐食する．これまでの研究で，高い耐腐食性を持つポリテトラフルオロエチレン（PTFE）と，高い導電性を持つカーボンナノチューブ（CNT）を組み合わせた複合膜をセパレータに被覆することで，燃料電池の出力向上及びセパレータの耐腐食性の向上を行った．しかしセルの組み立て時や燃料電池の動作中などに，セパレータから複合樹脂膜が部分的に剥離するという問題が発生した．そこで本研究では，セパレータと複合樹脂膜の間に剥離防止剤（プライマー）を介在させることで，複合樹脂膜の剥離を防止することを目的とする．

### 2. 作製方法

プライマー及び複合樹脂膜の基板への塗布は，テフロンテープで作ったギャップを利用して行った．まず基板であるステンレス板の両端にテフロンテープを貼り，その間にプライマーを  $40\mu\text{m}$  滴下し，カッターで引き延ばした．その後，自然乾燥させテフロンテープの上に重ねてテフロンテープを貼り，ギャップを 2 段にした．そこに CNT 分散液と PTFE 分散液を混合した複合樹脂塗料を  $40\mu\text{m}$  滴下し，カッターで引き延ばした．自然乾燥後，窒素を充満させた加熱炉内で  $350^\circ\text{C}$ ，20 分間焼成した．

### 3. 評価方法

本研究で作製した複合膜の剥離に対する耐性の評価には，クロスカット法を用いた．その方法を以下に記す．まず，作製した複合膜に対して一定間隔で格子状の切り込みを入れる．その切り込みを入れた部分にテープを貼り，一定の速さで剥がす．このテープの引きはがしによる塗膜の剥離面積をみることによって，塗膜の剥離に対する耐性を評価する．クロスカット法の概略図を Fig.1 に示す．また今回は，格子の間隔を  $1\text{mm}$ ，格子によって作られるマス目を 25 個（ $5 \times 5$ ）とした．また切り込み上のテープは約 1 秒で引きはがした．

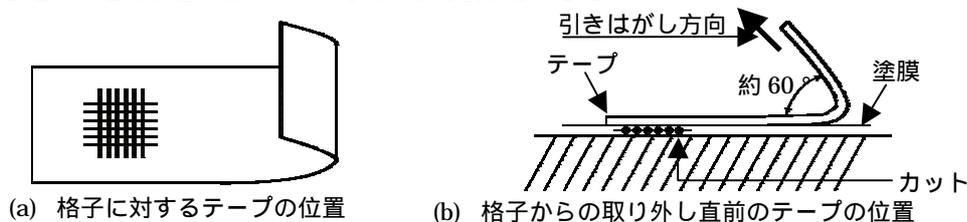


Fig.1 クロスカット法概略図

### 4. 実験結果

作製した複合膜の膜厚は，プライマーを下塗りしなかった場合約  $12\mu\text{m}$ ，プライマーを下塗りした場合約  $33\mu\text{m}$  となった．またプライマーのみの膜厚は約  $22\mu\text{m}$  となった． Fig.2 に剥離試験の結果を示す．(a) に示したプライマーを下塗りしなかった塗膜には，格子に沿って筋のような剥離が見られた．一方，(b) に示したプライマーを下塗りした塗膜には，ほとんど剥離は見られなかった．この結果から，プライマーを下塗りすることで，複合樹脂膜の付着性を高めることができたといえる．

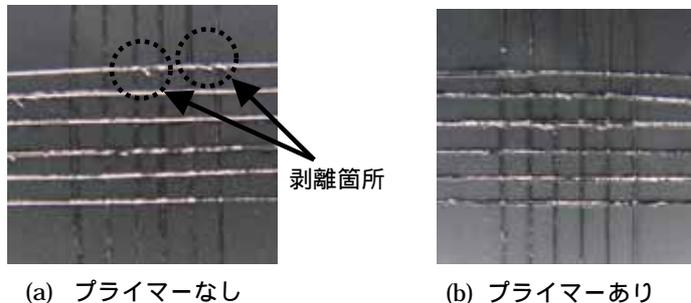


Fig.2 剥離試験結果

## CNT/FEP, CNT/PFA 膜被覆ステンレスセパレータの開発と評価

\* 栗林大樹 (東海大学工学部電気電子工学科), \*\* 庄善之 (東海大学工学部電気電子工学科)

## 1. はじめに

現在, 固体高分子形燃料電池 (PEFC) には, 金属製セパレータが使用されており, 燃料電池動作時に, セル内部が酸性雰囲気となってしまったため, 金属製セパレータが腐食する. その結果, 燃料電池の内部抵抗が増加し, 出力が低下する問題が起こる. そこで本研究室では, 燃料電池の出力向上およびセパレータの耐腐食性を向上させるために, 高い導電性を有するカーボンナノチューブ (CNT) と耐腐食性を有するポリテトラフルオロエチレン (PTFE) を複合した樹脂膜の被覆を行ってきた. しかし, PTFE はピンホールが発生し, セパレータ表面の腐食の原因となる. そこで本研究では, PTFE に比べピンホールが発生しにくい樹脂であるテトラフルオロエチレン・ヘキサフルオロプロピレン共重合体 (FEP) と CNT の複合膜をステンレスセパレータに被覆することで, セパレータの耐腐食性向上および燃料電池の出力向上を試みる.

## 2. 実験方法

複合膜の導電率を評価するために, スライドガラス上に CNT 分散液を FEP 分散液と混合させて膜を作製した. CNT 分散液の混合率は 0% から 75% とした. CNT 分散液と FEP 分散液を混合し, 超音波洗浄機で 20 分間混合して混合液を作製した. そして, 25mm×15mm に切ったスライドガラス上にセロハンテープで幅 5mm のギャップを作った. 作製した CNT/FEP の混合液をカッターの刃を用いて, ギャップに塗布した. 自然乾燥後, 350℃ に加熱したホットプレート上で 5 分間焼成を行った. 作製した複合膜は四探針法により, 導電率を測定した.

次に, 燃料電池の出力を評価するために, ステンレスセパレータに混合率 50% の CNT/FEP および CNT/PTFE 膜を被覆した. 作製したセパレータを用いて燃料電池の出力特性の評価を行った. また, 水素と酸素を燃料ガスとして用い, 気体流量はともに 100sccm とした.

## 3. 実験結果・考察

Fig.1 に CNT 混合率に対する複合膜の導電率を示す. 測定結果より, 0% の CNT/FEP 膜の導電率は抵抗が高いため測定することが出来なかった. 25% の混合率で CNT/FEP 膜は導電性が得られ, CNT 混合率が増加するにつれて, 導電率も増加した. また, CNT 混合率 75% では CNT/PTFE 膜は 14S/cm であった. 一方, CNT/FEP 膜は 32S/cm と約 2.4 倍の高い導電率が得られた. これは, FEP が完全溶融し流動することにより, CNT の電気的ネットワークが均一に形成されたからだと考えられる.

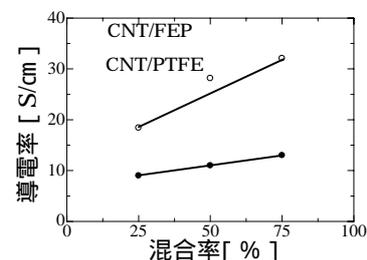


Fig.1 CNT 混合率に対する複合膜の導電率

次に, Fig.2 に燃料電池の電流を変化させたときの電圧, 電力の特性を示す. 開放電圧は複合膜の被覆に係わらず 0.85V 程度となった. 各複合膜を被覆した場合は被覆を行わなかった場合に比べ, 電圧の降下が抑えられた. また最大電力も被覆を行わなかった場合が 3.9A の時 1.5W なのに対し, CNT/FEP 膜を被覆した場合は 6.6A の時 2.4W, CNT/PTFE 膜を被覆した場合は 5.4A の時 2.3W と増加した. これは, ナノオーダの炭素繊維である CNT により膜内部に電気的ネットワークが形成されたことにより MEA とセパレータ間の接触抵抗が低減されたためだと考えられる. また, CNT/FEP 膜を被覆した場合は CNT/PTFE 膜を被覆した場合と比べ, 電圧降下が抑えられ, 最大電力が増加したのは, FEP の完全溶融し表面平滑度に優れている特性からステンレスセパレータ上に均一に複合膜を被覆することができ, 接触抵抗を軽減することができたためだと考えられる.

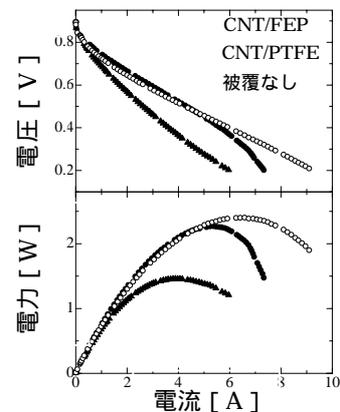


Fig.2 電流, 電圧, 電力の特性

## 圧延法を用いた電気二重層キャパシタ(EDLC)の開発

\* 穴戸 勇太 (東海大学工学部電気電子工学科) \*\* 庄 善之 (東海大学工学部電気電子工学科)

### 1. はじめに

電気二重層キャパシタ(EDLC)は、電解コンデンサなどのキャパシタよりも静電容量が大きく、リチウムイオン二次電池や Ni-MH 電池などの二次電池と比較して、急速充放電が可能であるという特徴がある。さらに、EDLC の静電容量の大きさは電荷を蓄える部分である分極電極中の活性炭の表面積に依存する。そこで本研究では、静電容量を増加させることを目的とし、活性炭の表面積を増加させるため、分極電極の質量を増加させ、これまで作製してきたポタン型 EDLC より大容量の EDLC を開発する。

### 2. 作製および評価方法

EDLC の分極電極の材料は、活物質に活性炭、導電材にケッチェンブラック(KB)、結着材にポリテトラフルオロエチレン(PTFE)を使用した。配合は、活性炭を 70%、KB を 20%、PTFE を 10% とした。まず、計量した材料を乳鉢に入れ、乳棒で全体がシート状になるまで混合した。計量した混合物を金型に入れた後、金型をジャッキにセットし、200kg の力で 5 秒間圧粉を行い、分極電極を作製した。次に、作製した分極電極を平らなアクリル板上に置き、アクリル棒を用いて圧延した。このとき、厚さを調節するため、厚さ 0.08mm のテフロンテープをアクリル板の四方に貼り付けた。圧延を行なった分極電極を、集電極の大きさ 6.0 × 3.5cm に合わせて切り出し、薄型の分極電極を作製した。作製した分極電極の 1 つの質量は 33.6, 109.35, 200.0, 265.5, 308.5mg とした。

作製した分極電極を電解液に浸けた。その後 1 組の分極電極を電極同士の絶縁を保持するセパレータを介して対向させ重ねる。さらに電荷を外部にとりだす集電極ではさみこむ。その外側からガラス板でそれらをはさみこみ、ボルトとナットで固定し、セルを組み立てた。EDLC の静電容量は、充放電試験で評価した。充放電試験は定電流 5mA を印加して、電圧を 0.1V から 1.2V で充電し、1.2V から 0.1V で放電した。この充放電を 1 サイクルとし、計 5 サイクル測定を行った。

### 3. 結果・考察

図 1 に、分極電極の質量を変化させて作製した EDLC の静電容量の値を示す。分極電極の質量の増加させた場合、静電容量が直線的に増加した。また、分極電極 1 つの質量が 308.5mg のとき最大で 16.92F となり、33.6mg のときの静電容量の値 0.88F と比べ約 19 倍となった。

静電容量は分極電極中の活性炭の表面積に依存する。よって、分極電極の質量を増加させることで、分極電極中の活性炭の表面積が大きくなり、静電容量が増加したと考えられる。

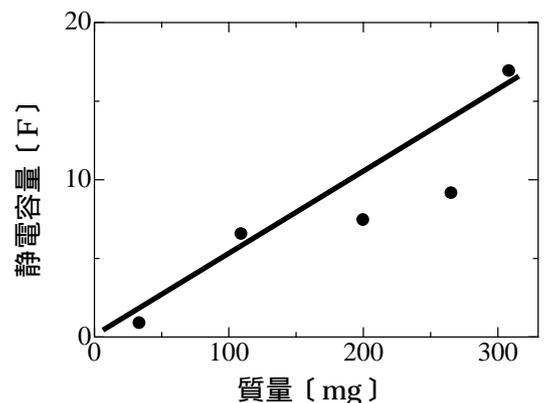


図 1. 分極電極の質量に対する静電容量の値

### 4. まとめ

分極電極の質量を増加させ、圧延を行なうことにより、大容量の静電容量が得られた。今後、静電容量が 10F 以上になるような分極電極を作製し、形状の最適化と薄型化を目指す。また、他の導電材を添加し、エネルギーロスとなる内部抵抗を低減させることで、性能向上を目指す。

## CNT 混合フッ素樹脂膜の作製および評価

清宮達也（東海大学大学院工学研究科電気電子システム工学専攻）\*\*庄善之（東海大学工学部電気電子工学科）

### 1. はじめに

燃料電池は、水素と酸素の反応を利用して発電する装置である。固体高分子型燃料電池（PEFC）は動作させると水素供給側が酸性雰囲気になるため、集電極であるステンレス製セパレータは時間経過とともに腐食する。また、セパレータに被覆した腐食防止膜が摩擦により剥離し、接触抵抗が増加し燃料電池の出力電力が低下する。そこで、本実験では電気伝導性の高いカーボンナノチューブ（CNT）と密着性と防食性に優れたフッ素樹脂塗料ナヴァロン複合膜を製作する。この CNT/ナヴァロン複合膜をセパレータに被覆することで、導電性と耐食性を向上させることを目的とする。

### 2. 作製方法

CNT 分散液およびフッ素樹脂塗料（ナヴァロン）を混合した後、複合膜をガラス基板に塗布し、ホットプレートで焼成した。またステンレス製セパレータ表面に塗布し、加熱炉で焼成した。混合液は重量比 CNT50%、ナヴァロン 50%として計量した。ナヴァロンの粘性が高いため、強力な対流を起こせるホモジナイザーを用いて、10 分間混合を行った。混合液を 300  $\mu$  計り、セパレータへ均一に塗布する。作製した試料を加熱炉で 380  $^{\circ}$ C、15 分間焼成する。

### 3. 評価方法

ガラス基板上に作製した CNT/ナヴァロン複合膜の導電率は、四探針法で測定した。また、作製した複合膜を被覆したステンレス製セパレータを燃料電池に組み込み、セルを固定するボルトの締め付けトルクは 150N/cm とした。燃料電池に用いた膜電極接合体(MEA)は、ナフィオン膜と白金触媒を 24mg 担持したカーボンペーパーを使用した。燃料ガスは加湿した状態で水素、酸素ともに流量 100sccm として、燃料電池の電流を増加させた場合の電圧と電力の測定を行った。

### 4. 結果考察

ガラス基板上に作製した CNT/ナヴァロン複合膜の膜厚は 3.4  $\mu$ m、導電率は 8.5S/cm であった。これは、膜内の CNT 同士が電氣的ネットワークを形成し導電性が発現したと考えられる。このため、ステンレス製セパレータに複合膜を被膜することで、MEA セパレータ間の接触抵抗の低減が期待できる。また、図 1 に複合膜を被覆したセパレータと、被覆のないセパレータを用いた燃料電池の、電流を変化させたときの出力電圧および電力を示す。燃料電池の開放電圧は、複合膜の被覆に関わらず約 0.9V であった。燃料電池の出力電流を増加させると、燃料電池の内部抵抗によって電圧が降下した。複合膜被覆セパレータを用いた、被覆前と比べ電圧の降下が少なくなった。複合膜を被覆していないセパレータの最大電力は約 1.3W 程度であったが、複合膜をセパレータに被覆することによって最大電力が 2.52W まで増加した。これは複合膜内の導電性の高い CNT により、MEA セパレータ間の接触抵抗が低減したためと考えられる。

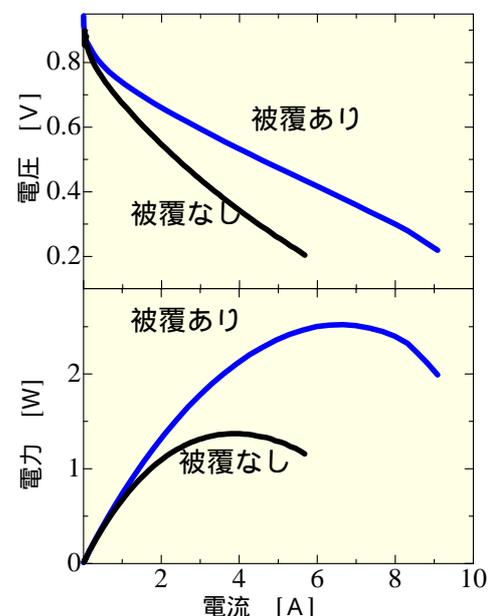


図 1. 燃料電池の出力電流に対する電圧、および電力特性

## CNT/PTFE 複合膜を被覆した耐腐食性反応電極の開発

\*福城大介（東海大学大学院工学研究科電気電子システム工学専攻） \*\*庄善之（東海大学工学部電気電子工学科）

## 〔目的〕

CO<sub>2</sub>を排出しない水素の生成手段として、固体高分子型水の電気分解（PEWE）という方法がある。PEWEは固体電解質や触媒として機能する膜電極接合体（MEA）を電解槽で挟んだ構造であり、純水を電気分解することで不純物をほとんど含まない高純度の水素を生成できるという利点を持つ。しかし、反応電極の腐食により、PEWEセルの消費電力の増加やセルの寿命が低下してしまうという欠点がある。そこで本研究では、反応電極となる比較的安価なステンレスを用い、表面に、高い導電性を持つ炭素系材料のカーボンナノチューブ（CNT）と耐腐食性の高分子材料であるポリテトラフルオロエチレン（PTFE）の複合膜を被覆する。この方法で、PEWEセルの性能の低下を防ぐ耐腐食性反応電極の作製を試みた。

## 〔実験方法〕

CNT 分散液と PTFE 分散液を CNT50%,PTFE50%の割合で計り取り、超音波洗浄器で混合し、ステンレス製反応電極上に混合液を塗布した。混合液の乾燥後、加熱炉を用いて窒素雰囲気中で 350℃、20 分間焼成を行い、CNT/PTFE 複合膜被覆反応電極を作製した。

また、フッ素樹脂系カチオン交換膜のナフィオン 1 枚と白金触媒を担持したカーボンペーパー 2 枚を接合して MEA を作製した。作製した MEA をカーボンクロス、複合膜被覆反応電極、シリコンゴムのガスケット、アクリル製プレートの順で挟んで、8 箇所をボルトで固定し、PEWE セルを組み立てた。電気分解の方法として、純水と PEWE セルをピーカーへ入れ、複合膜被覆反応電極に電源を接続し、ポンプで常に新鮮な純水をピーカーへ供給する。この環境の下で、電源からセルへ 1.0A の定電流を流し、水素発生時から約 3 時間かけて、1 分ごとのセル電圧の時間的変化をデータロガーで測定した。また、電気分解前後の複合膜被覆反応電極と MEA 間の接触抵抗を四端子法で測定した。

## 〔実験結果及び考察〕

図 1 に水の電気分解動作中の時間経過に対するセル電圧特性を示す。電気分解開始時の電圧は、2.0V であった。時間が経過すると、電圧は増加した。100min を超えたあたりから、電圧増加の速度が増し、170min で急激に電圧は上昇していき、14V となった。MEA と CNT/PTFE 複合膜被覆反応電極の接触抵抗値は、陽極側が 4.2mΩ から 6.5mΩ まで増加し、また、陰極側は 2.9mΩ から 3.9mΩ まで増加した。また、電気分解後の陰極側の複合膜被覆反応電極は、複合膜にわずかなひび割れが見られた。陽極側の複合膜被覆反応電極は、MEA と接触した部分の複合膜が剥がれて、ステンレスが腐食してしまった。

以上の結果から 100min までの電圧の増加は、複合膜被覆反応電極の腐食によるセルの内部抵抗の増加が原因であると考えられる。また、170min 以降の電圧の急激な増加は MEA と接触した部分の複合膜が剥離してしまい、複合膜被覆反応電極と MEA の間に隙間ができ、接触不良が起きてしまったことによる接触抵抗の増加が原因であると考えられる。

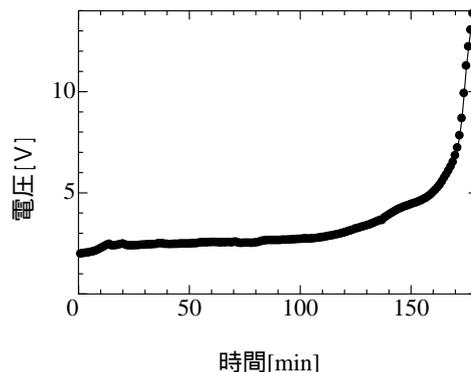


図 1.時間経過に対するセル電圧特性

## VGCF/PTFE 混合膜及び VGCF-X/PTFE 混合膜の作製と評価

\*石川 慎太郎(東海大学工学部電気電子工学科) \*\*庄 善之(東海大学工学部電気電子工学科)

### 1. はじめに

二酸化炭素を排出しないクリーンな発電方法として燃料電池があるが、燃料となる水素は石油を原料としており、製造時に二酸化炭素を排出してしまう。そこで、水を電気分解して水素を製造することにより、製造時の二酸化炭素の排出を抑制できる。しかし、水の電気分解装置は、水の電気分解を行うと装置内が酸性雰囲気となり、金属製の反応電極が腐食してしまう。腐食した反応電極では電気分解に必要な電圧が増加してしまう問題がある。これまでの研究で、カーボンナノチューブ(CNT)とポリテトラフルオロエチレン(PTFE)を混合して膜を作製し、金属製の反応電極に被覆することで、高い導電性と耐腐食性を得ることができた。しかし、CNT は製造する装置の大型化が出来ないため、大量生産に向かないという欠点がある。

そこで本研究では、大量生産が可能で高い導電性と化学的安定性を持つ気相法炭素繊維(VGCF)と、VGCF と比べ繊維径が細く繊維長が短い VGCF-X を、それぞれ PTFE と混合させて膜を作製し、導電性の評価を行う。

### 2. 実験方法

本実験では、導電材の混合率を 5% から 100% まで変化させて、混合膜の作製を行った。VGCF 分散液と PTFE 分散液をスクリー管に移し、超音波洗浄機で 20 分間混合した。混合した VGCF/PTFE 混合液を幅 5mm、厚さ 80  $\mu\text{m}$  のギャップを付けたガラス基板に、膜厚が均一になるように塗布した。その後、混合膜内に気泡ができるのを防ぐために基板を自然乾燥させた。その基板に PTFE を溶融させ、VGCF を均一に混在させるために、350 のホットプレート上で 5 分間焼成を行った。焼成してできた試料は、抵抗率を測定するため、四探針法を用いて -100mV から +100mV まで電圧を増加させ、それに対する電流の変化を測定した。一つの試料につき三箇所を測定し、試料の厚さも同様の箇所を測定した。測定した値を用いて抵抗率と導電率を算出し、算出した導電率の平均値を求め、その混合率の導電率とした。

### 3. 結果・考察

Fig.1 に VGCF/PTFE 混合膜と VGCF-X/PTFE 混合膜の導電材の混合率に対する導電率を示す。PTFE のみの場合、導電率は測定不可能なほど低く、高抵抗であった。測定結果より混合率 5% の時、VGCF-X/PTFE 混合膜は 1.44S/cm、VGCF/PTFE 混合膜は 1.02S/cm とどちらも導電性が得られた。これは導電性を持つ VGCF や VGCF-X を混合したことで、絶縁性の PTFE 膜内に電気的なネットワークが形成出来たためであると考えられる。また、どちらの混合膜も導電材の混合率 15% まで急激な導電率の増加を見せ、その後は直線的に増加した。

導電材のみの場合、VGCF は 13.4S/cm であるのに対して、VGCF-X は 29.8S/cm で約 2 倍の導電率となった。これは VGCF の繊維径 150nm に比べて VGCF-X の繊維径が 15nm と微細であるため、VGCF-X 同士が多く絡まり、より多くの電気的ネットワークが形成したためであると考えられる。

### 4. まとめ

本実験で VGCF/PTFE 混合膜および VGCF-X/PTFE 混合膜は導電性を有していたことがわかった。

今後は、希硫酸を用いた電気化学測定により、混合膜の耐腐食性を評価する。

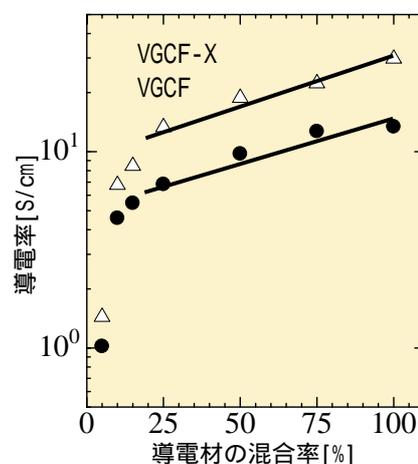


Fig.1 各導電材の混合率に対する導電率

波力発電装置の効率向上 ~ 新型ファラデー式発電装置の製作 ~

\* 戸辺翔太(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、\* 山口桂司郎(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、\*\* 須田不二夫(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)

<はじめに>

波力発電とは、その名の通り、海から陸へ押し寄せる波の上下運動によって 起きる空気の流れを利用してタービン等を動かし、発電させる方法である。海に囲まれた日本では、現在環境に優しいエネルギー源として 注目されている。本研究では、2009 年に報告した「ファラデー式波力発電装置」<sup>1)</sup>による実験結果とその改善について報告する。

<実験装置・方法>

変換部及び性能試験装置の模式図を図 1 に示す。造波部で波を起こし、変換部にて発電を行う。この変換部は波により上下運動をする浮体に、磁石を取り付け、磁石がコイル内を動くことによって、誘導起電力を発生させる方法である。このいわゆるファラデー式波力発電装置の電気信号を KEYENCE、抵抗器を介して連結して固定した。抵抗器も数値を設定し、各条件で得られた  $V_p$  (ピーク電圧)、抵抗  $R_L$  を mathematica プログラムで処理し発電効率 を求めた。

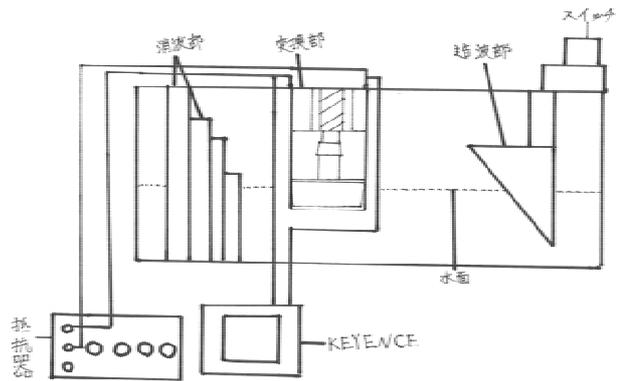


図 1 模式図

今回は、アルニコ磁石を強力なネオジウム磁石に変更し実験した。

<結果及び考察>

発電量  $P$  は、負荷抵抗を  $R_L$ 、ピーク電圧を  $V_p$  とすると  $P = V_p^2 / 2 R_L$  で表わされる。このとき、入射波力エネルギー  $P_{in}$  は (1) で与えられ、また  $\rho$  は密度、 $g$  は重力加速度、 $a$  は波の振幅、 $\lambda$  は波長を表す。これらから  $P$ 、 $P_{in}$  を求めた。このとき  $\eta$  は式 (2) で与えられる。発電効率を求めた結果の例が図 2 である。図 2 から発電効率を計算した結果、磁石変更前は、0.025% という結果であったが変更後は 0.14% という結果となった。

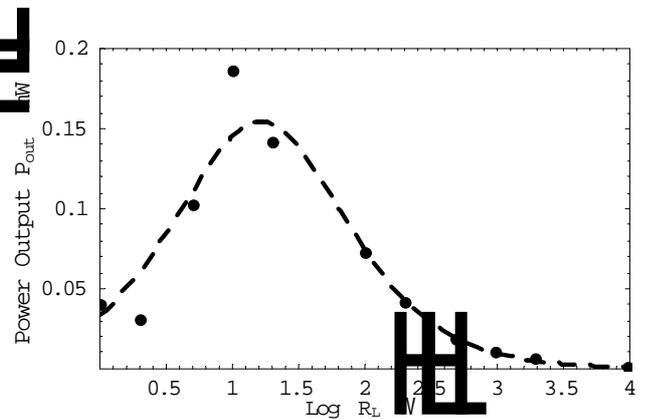


図 2 実験結果の例

$$P_{in} = \frac{1}{4} \rho g a^2 \sqrt{\frac{g \lambda}{2 \pi}} \quad (1) \quad \eta = \frac{P}{P_{in}} \times 100 (\%) \quad (2)$$

<参考文献>

- 1) 岩本敏行, 硯川真史, 益子良太, 2009 年度 SAS シンポジウム, B-17

## 電力需要量時系列データに対するカオス解析

\* 浦邊 大司 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)

西川 浩之 (東海大学大学院人間環境学研究科人間環境学専攻)

\*\* 須田 不二夫 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)

### 1. はじめに

現在、日本における環境政策として二酸化炭素を2020年までに1990年比で25%削減することが目標として掲げられるなど、環境問題の改善は個人から国まで様々なレベルで重要視されている。それ故、これまで以上に資源の有効利用及び節約が必要とされている。一方、生活水準の向上によって、快適な生活が求められ、またコンピュータや通信などIT革新による高度情報化社会の進展により、産業、生活のあらゆる側面で、電気の役割は増している現状がある。電力利用の有効化を図るには、我々消費者が日常生活での節約を習慣化することも必要だが、電力需要量の質の高い予測をすることでより効率的な供給が可能となる。そこで本研究では電力需給量に対するカオス解析を行うことで、電力需要予測に役立つ情報を得ることを目的とする。

### 2. 解析方法とデータ

まず、時系列データを状態空間へ再構成し、アトラクタの幾何構造を視覚化(定性的に判断)するためにリカレンスプロットを行った。さらに軌道が安定か不安定かを判断するために、リアプノフスペクトラム解析を行った。(CCIカオス解析プログラム、Mathematica、Visual Recurrence analysisプログラムを用いて解析した。)

解析する時系列データとしては、全国の主な電力会社の月ごとの電力需要量のデータを用いた。それら約10年分(約100点)に、補間データを加えて解析を行った。

### 3. 結果と考察

図1は全国の主な電力会社の電力需要量の合計に対するリカレンスプロットによる解析結果である。(縦軸横軸共にアトラクタ上の点の総数)を見てみると、直線が濃い部分や薄い部分がありこのことから少なくとも周期的ではなく、複雑であることが見て取れる。このことから電力需要量に何らかの非定常構造が確認できる。また、図2も同様のデータであり、リアプノフスペクトラム解析

による結果を見てもカオス性を有する可能性のあることを見て取ることができる。各電力会社に対する解析結果はポスターセッションにて発表する。

### 参考文献

電力中央研究所ホームページ

<http://criepi.denken.or.jp/index.html>

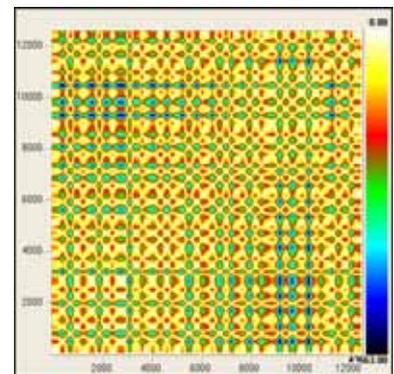


図1 リカレンスプロット

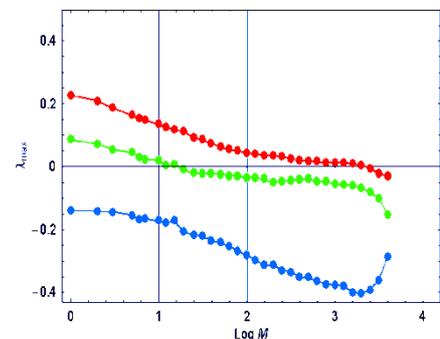


図2 リアプノフスペクトラム

## 亜鉛金属葉のフラクタル解析 ～フラクタル次元の硫酸亜鉛濃度依存性～

\*鳴海 藍（東海大学教養学部人間環境学科）

\*須田不二夫（東海大学教養学部人間環境学科）

### 1. はじめに

フラクタルは自己相似性を持ち、複雑な構造でかつ、特徴的な長さを持たないものを指し、海岸線、山の形、葉の葉脈、枝別れした樹木など、自然界でも様々なフラクタルパターンが存在する。本研究では複雑な構造の成長メカニズムや傾向を実験的に調べることを目的として、電着実験を行った。特に生成する金属葉(ML)のフラクタル次元  $D$  の濃度と成長時間依存性に着目した。

### 2. 実験装置及び実験方法

実験装置の模式図を図1に示す。シャーレ(150mm)の中に電解液である硫酸亜鉛水溶液と有機溶媒である酢酸ブチルを入れ、二液界面を作る。陽極として円環状の亜鉛板(厚さ1mm、幅25mm、長さ450mm)を、陰極には炭素棒(3.0mm)をセットし、両電極間に直流電圧を印加した。炭素陰極をマイクロメーターにより二液界面まで降ろしていき、LEDライトが点灯したと同時にスイッチを入れる。このとき、二液界面に沿ってMLが二次元的に成長する。

本実験では溶液温度を25℃、溶液濃度を9、24、および、32wt%とし、電圧5Vの条件で行い、成長時間は60、120、180sとした。このようにして成長したMLをビデオカメラで撮影し、パソコンに取り込み二値化した。二値化したフラクタル画像をボックスカウント法によるフラクタル解析を行い、フラクタル次元  $D$  を求めた。

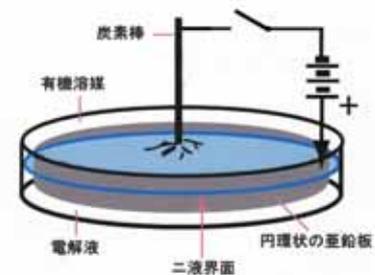


図1 実験装置図

### 3. 実験結果と考察

図2に実験結果の例として24wt%の条件で成長したMLを示す。今回の結果では  $D$  値は二次元DLAモデル ( $D=1.667$ ) を上回り、先端分岐成長が活発化すると同時に  $D$  値が上昇しているのが確認できた。また、過去の実験では20以下で二次元DLA成長するが、それ以上では成長メカニズムが変わり  $D$  値も大きくなることが示された<sup>(1)</sup>(Jpn.J.Appl.Pys.ol.42(2003)pp.6726-6730)。このことから、今回の実験結果にも温度の影響が強く関係してDLAモデルの  $D$  値を上回る結果となっていると考えられる。発表では、より低・高濃度差で実験を行い、成長の過程で発生する先端分岐と  $D$  値の関係性についても報告する予定である。

(a) 60s  $D=1.753$



(b) 120s  $D=1.732$



(c) 180s  $D=1.802$



図2 検出した金属葉

### 引用文献

- (1) Fujio SUDA, Shin-a KAWUI and Mitsuru ITO, Jpn.J.Appl.Pys.ol.42(2003)pp.6726-6730
- (2) 井高 真美, 池田 奈摘, 2008年度 SAS Intelligent Symposium: 亜鉛金属葉のフラクタル解析

ヘリ ショー・セルにおける粘性突起のフラクタル成長パターン  
 ~高粘性液体の場合~

\* 善田 瑞己、大谷 和也、村山 治生(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)  
 吉田 翔吾(東海大学大学院人間環境学研究科)  
 \*\* 須田不二夫(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)

[はじめに]

自然界に存在する幾何学的に表すことができない雲、海岸線、葉脈などの図形を表すために 1975 年 B・マンデルブロは「フラクタル」という概念を提唱した。ヘリ ショー・セルはフラクタル生成装置の 1 つであり、カオス研究にも深く関わっている。すなわち自然界の複雑な現象を解明することにも繋がると考えられる。<sup>1)</sup>これまでのヘリ ショー・セル実験においてフラクタル次元  $D$  の圧入圧力依存性、粘性依存性、時間依存性、液圧氏依存性、温度依存性について研究してきた。<sup>2)</sup>本研究では 100 c s 以上の高粘性液体を使用した粘性依存性実験を行った。

[実験装置・方法]

実験に用いた高粘性液体は信越化学工業株式会社製シリコン・オイル KF96 200~3000cs、低粘性流体に牛乳を使用した。図 1 にヘリショー・セル本体図を示す。2 枚のアクリル板の間にスペーサーで厚さ 0.76 mm の隙間を作り、そこにシリコン・オイルを入れクランプで固定する。上部のアクリル板の中心に内径 1 mm のチューブを差し込み、反対側に牛乳が入った注射器をつけておく。注射器の圧入圧力を一定にするため水 1400g( $1.06 \times 10^6$  Pa)の荷重を使用した。低粘性流体が圧入され粘性突起が成長していく様子を下方よりビデオカメラで撮影する。動画から静止画を取り出し二値化しボックスカウント法を用いてフラクタル次元  $D$  を算出した。

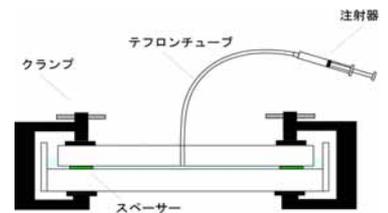


図 1 実験装置本体

[実験結果・考察]

図 2~4 にそれぞれ 200cs, 1000cs, 3000cs の実験結果を示す。図中の棒印は 1 cm を示す。粘性度があがるにつれて中心部から分岐が始まった。以前の粘性度依存性の実験では、粘性度が上がるにつれて複雑な形状になるということが予想されたが、3000cs になると予想に反して単純な形状になり、枝分かれのパターンが多く見られた。



図 2 200cs 5s  $D=1.7152$  図 3 1000cs 5s  $D=1.7674$

3000cs の実験結果のような単純で中心から分岐が始まるような形状になったのは高粘性液体の粘性度に対する圧入圧力が不足しているからであると推測できる。したがって圧入圧力依存性も今後の研究の視野にいれていきたい。

[参考文献]

- 1) J・フェダー著『フラクタル』3章(啓学出版 1991年)
- 2) 吉田 翔吾, 石井明日香 09' SAS Intelligent Symposium ,B-18



図 4 3000cs 5s  $D=1.7169$

## 濃度差直接発電～発電量の淡水中塩分濃度依存性～

\*上野雄一朗(東海大学大学院人間環境学研究科人間環境学専攻)

\*原田晃宏、菅野恭平、松本耕太郎(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)

\*\*指導教員名：須田不二夫(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)

## 1. はじめに

私たちが今日解決すべき重要な課題の一つとして環境エネルギー問題がある。私たちは、環境負荷の少ない再生可能資源である淡水・海水濃度差発電に注目した。濃度差直接発電(DB)では、淡水と海水が混ざる際に発生する混合自由エネルギーを、イオン交換膜を利用して直接電気に変換する。図1はDBの発電出力を負荷抵抗( $R_L$ )と淡水中塩分濃度( $C_f$ )に対してシミュレーション計算した結果である。

1) この結果によると $C_f$ は通常の水道水の塩分濃度 0.01wt%より 10 倍程度高濃度で出力は最大となる事が予想された。本研究では、出力の淡水中の塩分濃度に注目した実験を行った。なお、本研究は積水化学工業(株)との共同研究である。

## 2. 実験装置・方法

DBの測定系の模式図を図2に示す。測定系は、大きく分けて流水部、電圧を測定・記録する測定部、透析電池本体からなる。Ag電極が両端の塩水槽にあり、間に淡水槽と塩水槽を交互に配置しそれを仕切るように陽イオン交換膜と陰イオン交換膜を置いた[(株)アストム社製 NEOSEPTA: CMX, AMX]。両電極間に負荷抵抗として、精密型抵抗器を取り付けた。実験の際には、海水の代わりに標準海水濃度 3.50wt%の塩化ナトリウム水溶液を、淡水としては0.01~0.1wt%の濃度調節した水道水を用いた。

データロガー(ThermoPro3000)と電極とを接続し、淡水タンクと塩水タンクのコックを開け、淡水は電動ポンプを用いて流量を調節した。開放電圧が安定するまで待ち、安定したところで $R_L$ を電極間に印加した。 $R_L$ は1~1000 の範囲で、安定するごとに電圧降下を測定した。1 が安定したらデータの収集を止め、 $R_L$ をはずしてタンクを閉めた。得られた電圧降下のデータをmathematicaの短絡回路モデルプログラムで処理して出力を、及び内部抵抗値( $R_i$ )を求めた。

## 3. 結果と考察

図3のようにシミュレーション結果では、淡水中の塩分濃度上昇は $R_i$ を下げるると同時に、濃度比を小さくし、発生電圧を下げる効果を示す。このことから $R_L$ は、0.1wt%の時最も数値が低くなり、最大出力が出ると予想された。しかし、今回の実験結果では、図3に示すように淡水中塩分濃度 0.03wt%の時に最も高い出力値 147mWが得られた。この結果は、DBの実験装置を通して、淡水中塩分濃度が上がり、0.03wt%の時にシミュレーション結果の 0.1wt%に最も近づいたためと考えられる。

## 参考文献

1) 森次春日・上野雄一朗・奥井英子・須田不二夫：第71回応物2009年秋(富山大)8p-ZB-11

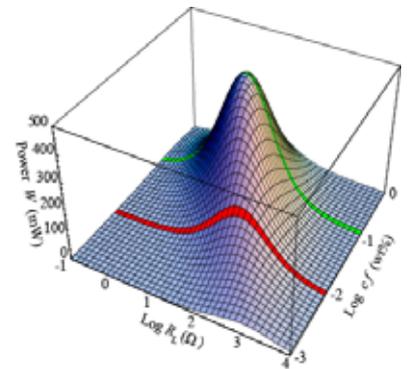


図1. 出力の淡水塩分濃度依存性  
シミュレーション

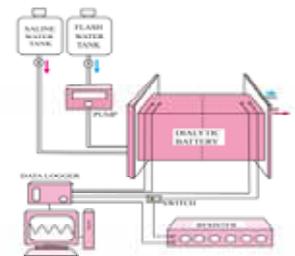


図2. 測定系全体図

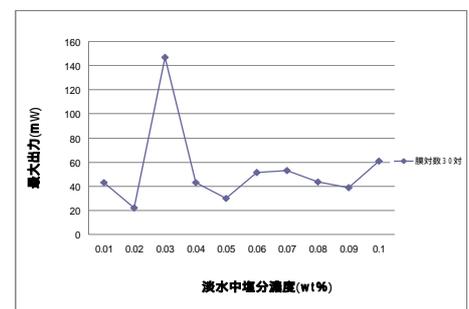


図3. 淡水中濃度の最大出力値の測定結果

閉ループ内熱対流数値シミュレーション ～計算条件と対流の振る舞いの関係～

\*柳原和馬(工学部航空宇宙学科航空宇宙専攻)、増子友紀(理学研究科物理学専攻) \*\*三村和男(教養学部人間環境学科自然環境課程)

1. はじめに

本研究室では、閉ループ内の熱対流の振る舞いについて、差分法と有限要素法の2種類の方法でシミュレーションを行っている。有限要素法(Fig.2)の結果では低 Gr と高 Gr の2つの領域に反転が見られたが、差分法(Fig.1)では低 Gr 領域には反転が見られなかった。

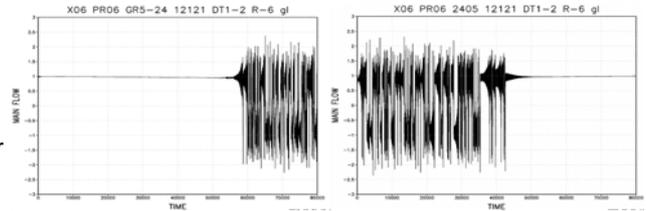


Fig.1 差分法による連続実験(ER-6)

差分法の固定実験で初期値とずらしを行うと、有限要素法と同じように前半部分に反転領域が現れた。また、有限要素法の固定実験で、ポアソン方程式の許容誤差を差分法と同じ $10^{-6}$ にすると、前半部分の反転が消え、差分法と似た結果になった。

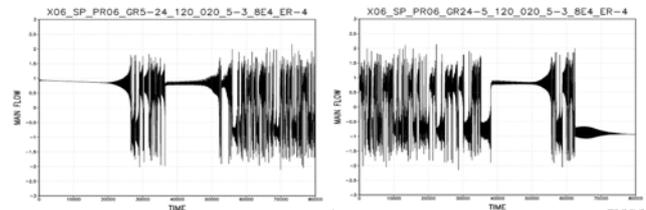


Fig.2 有限要素法による連続実験(ER-4)

2. 実験目的と方法

有限要素法でもポアソン方程式の許容誤差を $10^{-6}$ とすれば、差分法と結果は一致するが、有限要素法でこの計算条件を用いると計算時間が長大となることが分かった。

そこで、閉ループモデルの格子点数(解像度)を荒くすることで、シミュレーションの計算時間の短縮を図ることとなった。まず、ポアソン方程式の許容誤差をあまくしたまま、解像度のみを荒くして、どのように対流の振る舞いに変化するかを調べた。その後、解像度を荒くしたまま、ポアソン方程式の許容誤差を $10^{-4}$ から $10^{-6}$ へ変更して実験を行った。

3. 結果と考察

ポアソン方程式の許容誤差を厳しくしても、定常安定領域は大きく変化しなかった。ポアソン方程式の許容誤差を厳しくした結果(Table.2)で現れたカオスに挟まれた乱流安定は、解像度が高く許容誤差のあまい結果(Fig.2)と共通した特徴といえる。また、解像度が荒く許容誤差もあまい結果(Table.1)では、同じ領域が反転している。

以上のことから、解像度を荒くしても、ポアソン方程式の許容誤差を厳しくすれば、解像度が細かく許容誤差のあまい結果と似た結果が得られることが分かった。解像度を荒くすると計算時間が短縮されるので、これによって効率的にシミュレーションを行えるようになった。

Table.1 ポアソン方程式の許容誤差= $10^{-4}$

ε Gr	X02	X03	X06	X12	X20
100	カオス	非	カオス	非	カオス
80	カオス	非	カオス	非	カオス
70	カオス	非	カオス	非	カオス
60	カオス	非	カオス	非	カオス
50	カオス	非	カオス	非	カオス
40	カオス	非	カオス	非	カオス
35	カオス	非	カオス	非	カオス
30	カオス	非	カオス	非	カオス
28	カオス	非	カオス	非	カオス
26	カオス	非	カオス	非	カオス
24	カオス	非	カオス	非	カオス
22	カオス	非	カオス	非	カオス
20	カオス	非	カオス	非	カオス
18	カオス	非	カオス	非	カオス
16	カオス	非	カオス	非	カオス
15	カオス	非	カオス	非	カオス
14	カオス	非	カオス	非	カオス
12	カオス	非	カオス	非	カオス
10	カオス	非	カオス	非	カオス
9	カオス	非	カオス	非	カオス
8	カオス	非	カオス	非	カオス
7	カオス	非	カオス	非	カオス
6	カオス	非	カオス	非	カオス
5	カオス	非	カオス	非	カオス
4	カオス	非	カオス	非	カオス
3	カオス	非	カオス	非	カオス
2	カオス	非	カオス	非	カオス
1	カオス	非	カオス	非	カオス

Table.2 ポアソン方程式の許容誤差= $10^{-6}$

ε Gr	X02	X03	X06	X12	X20
100	カオス	非	カオス	非	カオス
80	カオス	非	カオス	非	カオス
70	カオス	非	カオス	非	カオス
60	カオス	非	カオス	非	カオス
50	カオス	非	カオス	非	カオス
40	カオス	非	カオス	非	カオス
35	カオス	非	カオス	非	カオス
30	カオス	非	カオス	非	カオス
28	カオス	非	カオス	非	カオス
26	カオス	非	カオス	非	カオス
24	カオス	非	カオス	非	カオス
22	カオス	非	カオス	非	カオス
20	カオス	非	カオス	非	カオス
18	カオス	非	カオス	非	カオス
16	カオス	非	カオス	非	カオス
15	カオス	非	カオス	非	カオス
14	カオス	非	カオス	非	カオス
12	カオス	非	カオス	非	カオス
10	カオス	非	カオス	非	カオス
9	カオス	非	カオス	非	カオス
8	カオス	非	カオス	非	カオス
7	カオス	非	カオス	非	カオス
6	カオス	非	カオス	非	カオス
5	カオス	非	カオス	非	カオス
4	カオス	非	カオス	非	カオス
3	カオス	非	カオス	非	カオス
2	カオス	非	カオス	非	カオス
1	カオス	非	カオス	非	カオス

地球流体室内実験～スーパーローテーションは見られるか？～

\*山内健輔（東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程）  
 \*\*三村和男（東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程）

1. はじめに

三村研究室では、室内実験での対流圏の再現を目指して新型の回転水槽実験を開発してきた。今回私が着目したのは、地球型惑星の金星である。金星には未だに謎が多く、自転の約60倍の速さで大気が動いているというスーパーローテーションもその謎の一つである。今実験はスーパーローテーションのメカニズム解明に少しでも近づくことを目的とする

2. 実験条件および方法

実験の装置図は図1である。加熱部(18)と冷却部(13)は5の温度差をつけ、実験中維持し続けるようにした。室温は動作流体より2高い19とする。また動作流体中にトレーサーを浮遊させ、蛍光灯を光源としたスリット光を水深2cmに水平に照らし出し可視化した。なお、動作流体の様子は回転台の真上に設置したデジタルビデオカメラで撮影する。今回の実験は、系の回転角速度0.2~0.6rpmのup実験と0.6~0.2rpmのdown実験を各4時間ずつかけて連続的に変化させる条件のもと行った。

3. 実験結果

今回の実験結果は図2、3で示した通りとなった。まず、図2は、実験から得られた半径方向温度差を、温度風関係式  $u = (-g/2)(Tz/y)$  に代入して得られた予想される西風流速のグラフである。このグラフからの予想ではup0.2rpmの時  $U/a$  (スーパーローテーションの割合) 1.2となる。この予想に対し図4の実験で得られた結果では予想  $U/a$  の約1/10であることが今回の実験で分かった。また図3からup,down共に回転角速度が大きくなるにつれ流速が速くなっていることが分かる。過去の0.2~1.2rpmのグラフが右上がりしているのに対し、今回のグラフも右上がりになっていることから、悪くない結果だと言える。

4. 考察

実験結果から  $U/a$  (up0.2rpm) は1.2となる。予想の1.2には届かず、スーパーローテーションとまではいかなかったが、地球では見られないとても速い流速が今回の実験から得られたと言える。

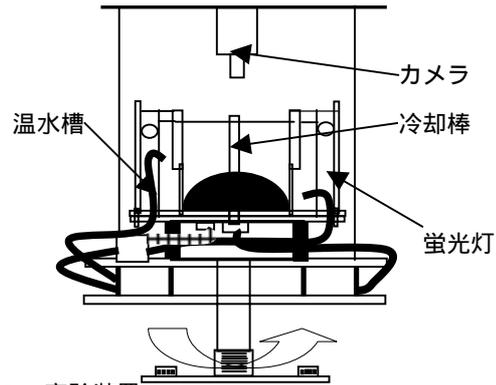


図1、実験装置

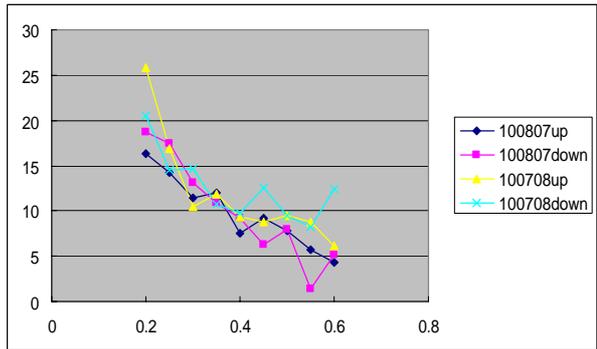


図2、予想平均西風流速

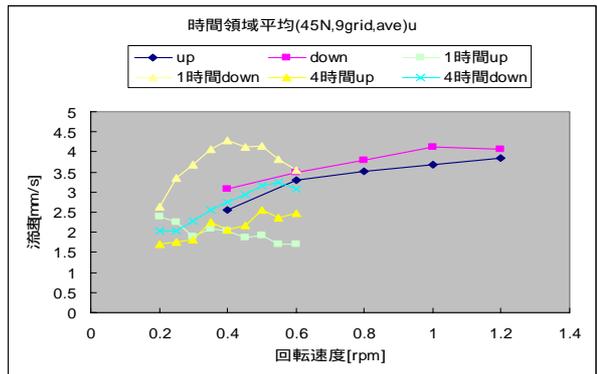


図3、PIV解析により求めた中緯度帯平均西風流速

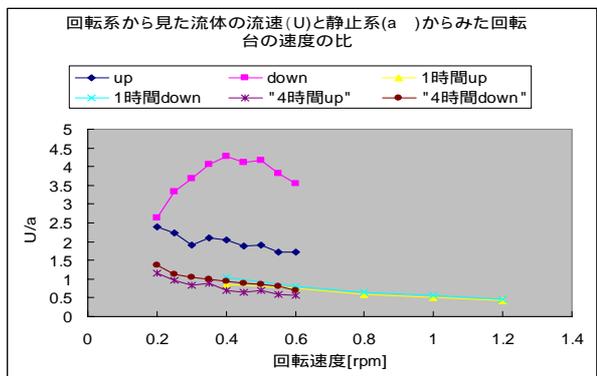


図4、回転系から見た流体の流速(u)と静止系(a)から見た回転台の速度の比

## 希土類系水素吸蔵合金添加を行ったマグネシウム系水素吸蔵材料の水素吸放出特性について

\* 新沼英樹 (東海大学工学研究科金属材料工学専攻) \* \* 西義武 (東海大学工学部材料科学科)

相川献治 (東海大学工学研究科金属材料工学専攻) 内田晴久 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)

### 【目的】

再生可能エネルギーは非枯渇性資源である一方、エネルギー密度の小ささや不安定性といった欠点があり、実用的な活用のし易さを考慮すると、集約や貯蔵・輸送が可能となるエネルギー媒体への変換が必要と考えられている。そのエネルギー媒体の候補の一つとして水素が挙げられている。しかし、水素の製造、利用には未だ多くの課題があり、貯蔵方法においてもより軽量、高密度に貯蔵可能な材料が求められている。

本研究では水素吸蔵材料としてマグネシウム (Mg) をその候補としてとりあげ、可能性をさぐることにした。Mg は水素吸蔵密度が 7.6mass% と他の水素吸蔵材料の中では比較的高く<sup>[1]</sup>、また軽量であるという特徴を持っており、軽量かつ大容量の水素貯蔵材料が出来る可能性を秘めている。そのためMgは、重量や体積に制限があり、尚且つ燃料の積載を必要とする自動車等の車載用水素貯蔵タンクへの応用が期待出来る。この際要求される水素貯蔵密度は 4 ~ 6mass%<sup>[2]</sup>とされ、Mgはその点においては条件を満たしている。しかしながら、反応速度や反応温度が高温であるというMgの特性が水素貯蔵材料としての利用を困難にしているため、特性の改善が必要とされる。これまで、Mgの特性改善を目的とした研究の一つに、希土類元素 (酸化物等) を少量加えてメカニカルミリングを行い、水素との反応速度や反応温度を改善したとの報告が多数なされている。実際、本研究室でも希土類のセリウム酸化物 (CeO<sub>2</sub>) をMgに添加し、メカニカルミリングを行うことで水素との反応速度が向上したと、過去に報告している。<sup>[3]</sup>

そこで今回、CeO<sub>2</sub>添加で得られた知見を応用し、Mgに新たに別の添加材、希土類系合金LaNi<sub>5</sub>を少量添加してメカニカルミリング処理を行い、Mgの水素反応特性の変化を調べることを目的として実験を行った。LaNi<sub>5</sub>は代表的な水素貯蔵材料であり、Mgよりも低い温度で水素化物を形成する。その際、体積が 25%膨張することから、Mg内部で押し広げる作用が期待され、水素の拡散経路確保できる可能性があるためである。

### 【方法】

転動型ボールミル(B.M.)用のポットにマグネシウム (Mg : 純度 99.5%) と添加材LaNi<sub>5</sub>をそれぞれ計量して入れ、内部に分散助剤 (脱水ヘキサン) を充填した状態で転動型ボールミル装置を使用し、50時間混合・粉砕を行った。また比較として、同様のB.M.条件でMgのみを粉砕した試料も作製した。その後、得られた試料をそれぞれ高圧ジャーベル装置の反応管に入れ、水素反応特性の測定を行った。

### 【結果】

MgにLaNi<sub>5</sub>を添加した試料は、Mgのみの試料と比較し、水素吸蔵速度の向上が見られた。また、放出速度に関しても同様に向上が確認できた。また、短期の繰り返し吸放出測定の結果、MgにLaNi<sub>5</sub>を添加した試料は繰り返し耐性が向上している可能性を示唆する結果が得られた。

[1] 大角泰章、水素吸蔵合金 - その物性と応用 -、アグネ技術センター、p15、2000年

[2] (独)新エネルギー・産業技術開発機構、水素貯蔵技術の現状と課題、p15-18、2008年

[3] 上村 篤史、「希土類酸化物添加によるマグネシウムの水素反応特性向上」、日本金属学界誌、72(3)、p224-228、2008年

## GMM/PZT 複合素子の磁場検出と交流磁場発電

\* 笠井淳(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、神田昌枝( INSA de Lyon)、Benoit Guiffard( INSA de Lyon)、Daniel Guyomer ( INSA de Lyon)、岩瀬 清雄(東海大学工学部材料科学科)、西 義武(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)

## 【目的】

本研究グループでは今までに、超磁歪材料を薄膜化しバイメタル構造にする事で、バルクの欠点である脆性による疲労破壊や難加工性、高コストなどの問題を補ってきた。さらに、1000ppm を超える磁歪を示し、弱磁場での感受率が非常に高いFe-Pd 超磁歪薄膜の作製に成功している。一方、PZT は振動エネルギー吸収と電力へのエネルギー変換素子への応用が期待されている。この2つの材料を薄膜化を利用して複合することで小型のワイヤレス磁気-電気変換素子を作製できる可能性がある。GMM/PZT センサーは航空機中の磁気分布測定に使用されており、磁気強度の変化を GMM の磁歪に変換し、その発生した運動歪を、逆電歪現象により、電力に変換し、検出することで、航空機用磁気センサーに使われている場合がある。将来性としては、車のように磁場が発生する場所で使用する事により、非接触で Energy harvest(収穫)的な発電が期待でき、車の機能や運転者の健康に関し連続的な逐次診断が期待出来る可能性も考えられる。さらに、この発電電力を貯蔵し、補助電源機構としても考えられる。そこで、本研究では、Fe-Pd 超磁歪材料薄膜を PZT 素子上に成膜し、磁気-電気エネルギー変換素子の開発を目的とし、電力変換係数の測定を行った。

## 【方法】

試料作製には市販されている PZT ブザーを基板として用い、DC マグネトロンスパッタリング装置を用いて Fe-Pd を PZT 基板上に堆積させた。電圧(圧電体)の測定はファンクションジェネレータを使用し、コイルに 8.51V の交流電圧(周波数 0~1200Hz)を印加することで磁場を発生させ、オシロスコープ・デジタルマルチメータを使用し、電力変換係数の測定を行った。また、変位量・ひずみの測定にはレーザー変位系を用いた。

## 【結果】

交流磁場をかけると、電圧(圧電体)が発生する事が確認できた。このことより、磁気-電気エネルギー変換素子の開発の可能性を見出した。また、周波数依存性において電力変換係数とひずみにはある程度相関性があることを見出した。

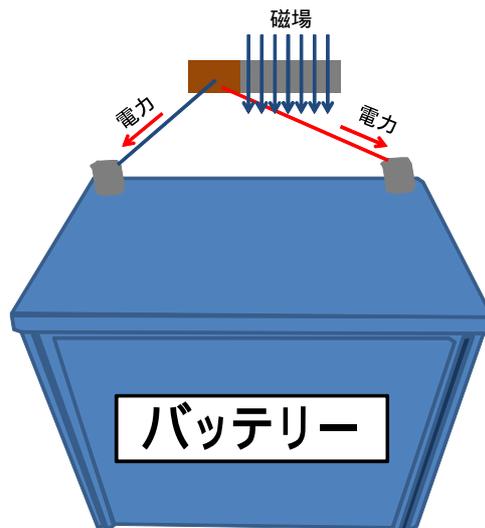


図1 ワイヤレス発電による電力貯蔵応用

## 熔融塩電解法を用いたカーボンナノチューブとマグネシウムの複合化について

\* 相川 献治 (東海大学工学研究科金属材料工学専攻) \* \* 西義武 (東海大学工学部材料科学科)  
 新沼英樹 (東海大学工学研究科金属材料工学専攻) 内田晴久 (東海大学教養学部人間環境学科)

### 【目的】

マグネシウム(Mg)は水素との反応性を有する軽金属であり、7.6mass%の水素吸蔵量を示す。これはNEDOが策定する燃料電池自動車車載用水素吸蔵材料としての目標値、6mass%(触媒重量含む)を達成できる材料である。また、Mgは資源量が豊富で安価な材料でもあり、電解を行うことで国内自給できるという利点がある。しかしながらMgは水素との反応速度が小さく、また放出時には高い反応温度を要することが課題となっており、合金化や極微細化などの研究が各所で進められている。本研究室では、Mg固体中での水素拡散における界面増加触媒として、希土類酸化物をボールミリングにより混合することで水素吸蔵速度の特性が改善されることを報告している<sup>[1]</sup>。これはMg粒内に進入した希土類酸化物が水素拡散経路を形成する触媒として機能したためであると結論付けている。しかし、希土類酸化物は質量が大きいため、重量水素密度が低下するという欠点があった。そこで本研究室では、より軽量の界面増加触媒としてカーボンナノチューブ(CNT)に着目してきた。CNTは、その形状から、軽量ながらも大きな表面積と高いアスペクト比を持ち、希土類酸化物以上に多くの界面が形成され、希土類酸化物以上の水素吸蔵速度が得られることが期待される。本研究室ではこれまでに、MgH<sub>2</sub>をCNTと共にボールミリングにより粉碎・混合することにより、水素吸蔵速度が大幅に改善できることを報告している。<sup>[2]</sup> また、粉体だけでなく、Si基盤上に成長させたCNT層上に、スパッタによりMgを堆積させ複合化することでも水素化速度が向上することを報告し、膜状においても水素化速度が向上することを確認している<sup>[3]</sup>。こうした結果から、薄膜よりも厚い層状構造においても良好な水素吸蔵速度が得られる可能性があると考えた。そこで、本研究においてはMgの精錬手法のひとつである、MgClの熔融塩電解中にCNTを混ぜ込むことでMgとCNTの複合化を試みた。

### 【実験方法】

無水 MgCl (株式会社和光純薬) と CNT を乳鉢で粉碎・混合を行った後、溶融した。溶融に用いた坩堝には、石英ガラスを用い、石英ガラスをブチルゴムで密封した後アルゴン(99.999%)で置換した。また塩電解中に発生する塩素ガスを排出する排気口を作製し、常に石英ガラス内をアルゴンフローにて発生する塩素を排気し、内部の雰囲気を制御可能な坩堝を作製した。陰極には炭素鋼を陽極には炭素板をそれぞれ使用し、溶融温度 1053K、電極間距離 1cm、分解電圧 4.0V・電流 1A の条件にて熔融塩電解を行った。

### 【実験結果】

塩電解を行った後、陰極の炭素鋼上に析出した Mg を確認し、陰極と陽極の中間地点に球状の Mg 析出物が認められた。エネルギー分散型波長分析器を用い、Mg の純度を測定すると 99.15% の純度の高い Mg が得られたことを確認した。今後、Mg 電解中における CNT の分散状態に及ぼす電解条件をより詳細に検討してゆく必要がある。

参考文献：

[1] 上村篤史、内田晴久、日本金属学会誌 Vol.72, No.3, p.224-228, 2008

[2] 相川 献治, 若菜 秀紀, 西 義武, 内田 晴久, 第 70 回応用物理学会学術講演会講演予稿集, Vol.70th, No.1, Page427, 2009

[3] 相川献治 応用物理学関係連合講演会講演予稿集(CD-ROM) Vol.57th, PageROMBUNNO.17P-S-12

## 小口径真円ジャーナル軸受におけるスターブ潤滑と潤滑油温度の関係

\*谷口 知弘(東海大学工学部機械工学科) , \*\*落合 成行(同左) , \*\*橋本 巨(同左)

### 1. はじめに

ジャーナル軸受は多くの回転機械に用いられているが、軸の高速回転時にオイルホイップと呼ばれる自励振動が発生し、焼き付き等を起こす危険がある。オイルホイップの抑止にティルティングパッド軸受が広く使用されているが、同軸受は形状が複雑であるため小型化が難しく製造コストが高いといった欠点がある。そのため、単純な形状で高い安定性を有するジャーナル軸受が求められている。これまでの研究で、軸受に供給する油量を減少させて安定化を図るスターブ潤滑を利用することで、真円軸受の様なシンプルな形状においてもティルティングパッド軸受に匹敵する安定性が得られることが報告されている<sup>(1)</sup>。しかし、潤滑油温度の変化が軸受特性に影響を及ぼす可能性があるため、スターブ潤滑による安定化手法を確立させるには、潤滑油温度との関係を明確にする必要がある。そこで本研究では、供給油温度を変化させた場合におけるスターブ潤滑とオイルホイップ発生状態の境界となる流量を測定したのでここに報告する。

### 2. 実験装置及び実験方法

図1は実験装置の概略図である。オイルタンクに取付けたラバーヒータ及び温度センサによって供給油温度を調節し、流量制御装置によって供給油量を調整する構造となっている。軸受の垂直方向と水平方向に取付けられた渦電流式変位計により、軸の振幅、振動数を測定し安定状態を判別することができる。スターブ潤滑とオイルホイップ発生状態の境界は図2に示す二種類の方法により測定した。一つ目は同図( )の様にスターブ潤滑状態から供給油を増やし、軸の挙動が不安定になった時の流量を測定する方法である。二つ目は同図( )の様にオイルホイップ発生状態から供給油を減らし、スターブ潤滑に至った時の流量を測定する方法である。なお、本研究では一つ目に求めた流量を「安定限界流量」、二つ目を「安定化流量」と定義している。実験は軸回転数を5000, 6000, 7000[rpm]に設定し、供給油温を25~35[ ]に変化させた時の安定限界流量と安定化流量を測定した。

### 3. 実験結果

図3は供給油温度及び軸回転数の変化に対する安定限界流量を、図4は安定化流量を示している。

図3より、供給する潤滑油の温度上昇に伴い安定限界流量の増加が見られた。また、軸回転数を上昇させることで安定限界流量が増加する傾向にある。図4の安定化流量は供給油温度の影響が少ないことが明らかになった。安定化流量と安定限界流量の間には差異が生じており、安定化流量の方が小さい値となっている。この傾向は潤滑油温度が高いほど顕著であることが確認される。

この結果により、安定化流量は供給油温の影響が少なく、軸回転数によってもほとんど変化しないことから安定化流量以下の油量にすることで常に安定な運転状態にすることができるといえる。

### 4. 参考資料

(1)トライボロジスト, Vol. 53, No. 4 (2008), pp. 267-274

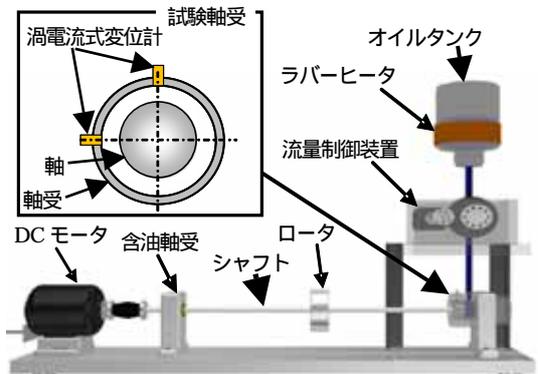
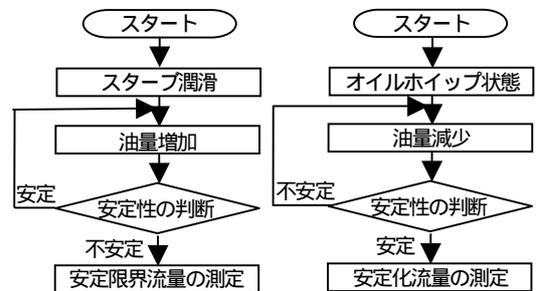


図1 実験装置概略図



( )安定限界流量の測定方法 ( )安定化流量の測定方法  
図2 測定方法

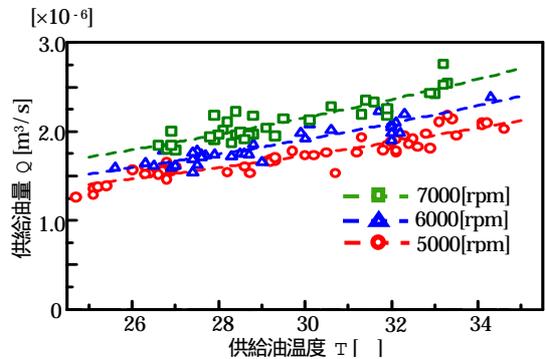


図3 安定限界流量測定結果

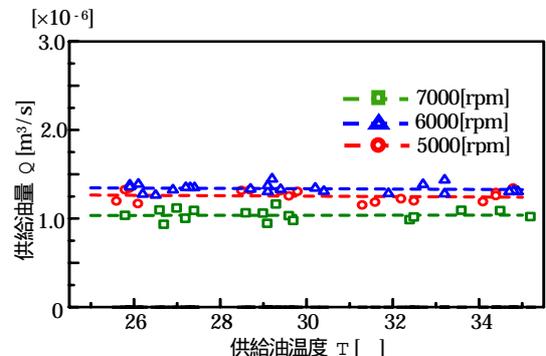


図4 安定化流量測定結果

## 2.5" HDD 用すべり軸受のラジアル衝撃応答実験

\*表野 愛美 (東海大学工学部機械工学科) \*中嶋 建 (東海大学工学部機械工学科)  
 \*\*落合 成行 (東海大学工学部機械工学科) \*\*橋本 巨 (東海大学工学部機械工学科)

### 1. はじめに

近年, HDD の小型化や高記録密度化が進み, それに伴い使用用途もノートパソコン, カーナビゲーションやビデオカメラなどのモバイル機器へと拡大している. 現在 HDD 用スピンドルモータにはすべり軸受が広く用いられている. すべり軸受は油膜で荷重を支持することから, 振動や衝撃などが加わった際に軸と軸受が接触し, 摩耗・焼きつきに至る恐れがある. このような問題を改善するためにすべり軸受の性能の向上, 中でも耐衝撃性の向上が求められている. そこで本研究ではすべり軸受の耐衝撃性の評価に対して, ラジアル衝撃実験装置の製作及び実験方法を考案し, すべり軸受の衝撃応答を測定したので報告する.

### 2. 実験装置および実験方法

Figure 1 は実験に用いたスピンドルモータの断面図を示している. スピンドルモータの回転体はディスク, ハブ, 軸で構成されており, これらをジャーナル軸受とスラスト軸受によって支持している. Figure 2 はラジアル衝撃実験に用いた実験装置を示している. シーソー機構を用いて衝撃加速度を与える構造となっており, これによりスピンドルモータを落下させた際の衝撃を再現することができる. モータ固定用治具の四隅には衝撃方向にスリット型の貫通穴が設けられており, ここに段付きのポールを通すことで治具を水平に固定している. 貫通穴をスリット型にしたことにより, 衝撃時に治具が衝撃方向(x 方向)にスライドし, その結果インパルス波形の加速度を得ることが出来る. 衝撃加速度の測定は治具側面に取り付けられた加速度ピックアップによって行う. また, シーソーの先端に半球状の硬質ゴムを使用することでダブルハンマリングを防止する事が可能である. さらに, 装置全体を石定盤上に設置し, 防振ゴムやゴムワッシャを介して組み立てることで外乱による測定値への影響を抑えている. 軸受の耐衝撃性を評価するため, 渦電流式変位計によって衝撃時のディスクの応答変位を測定する. 測定したディスクの応答変位は回転同期成分(以降, RRO)を含んでいるため, 予め無加振時の RRO を測定しておき, Fig. 3 に示すように衝撃時のディスクの応答波形から RRO の波形を差し引くことにより軸受の応答変位を算出する. また, 軸は衝撃方向のみでなく衝撃方向と垂直な方向(y 方向)にも変位することが予想されるため, x, y 方向の 2 点で測定を行った.

### 3. 実験結果

Figure 4 はスピンドルモータの回転数 3000, 4200, 7200[rpm]における x, y 方向位置で測定した軸受の応答変位を示している. 同図より, x, y 方向とも加速度の増加に伴い応答変位も増加しており, y 方向に比べて x 方向の方が衝撃に対する軸受の応答変位が大きいことが見て取れる. また, x 方向ではスピンドルモータの回転数が上昇するにつれて応答変位が減少するのに対し, y 方向では回転数が上昇するにつれて応答変位が増加している. これは, 回転数の上昇による油膜係数の変化などが影響しているものと考えられる.

今後は油膜係数の算出を行い, 本実験結果と油膜係数との関係性を調査していく予定である.

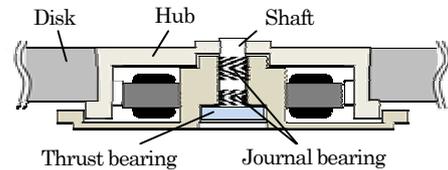


Fig. 1 Schematic diagram of spindle motor for 2.5" HDD

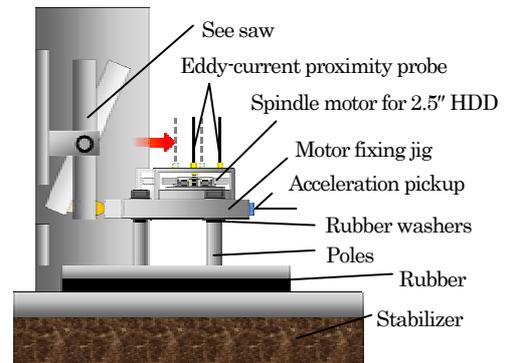


Fig. 2 Over view of radial impact experiment device

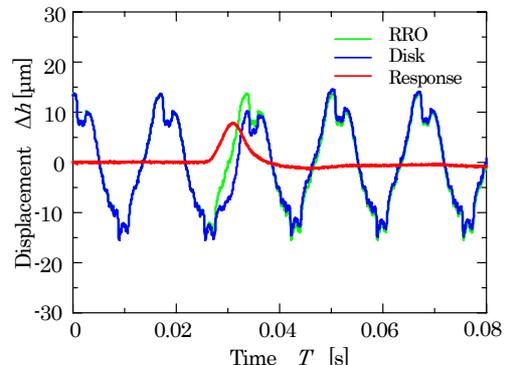


Fig. 3 Calculation method of response displacement

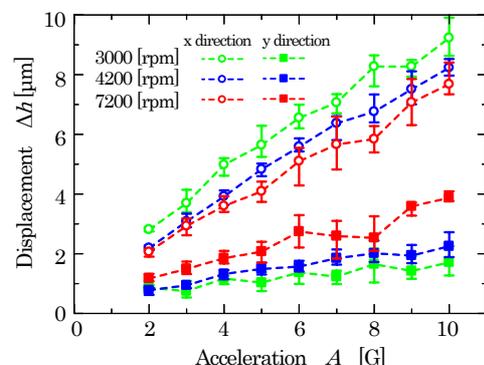


Fig. 4 Experimental results

## 最適化されたスラスト空気軸受における圧力分布および負荷容量測定

\*羽生 茂臣(東海大学工学部機械工学科), 原山 真一(同左), \*\*落合 成行 准教授(同左) \*\*橋本 巨 教授(同左)

### 1. はじめに

スラスト空気軸受は空気を潤滑剤として利用した軸受であり,メンテナンスフリー,低騒音,温度変化に強いなどの利点を有する.そのため,現在ではレーザープリンタのポリゴンミラー等の小型高速回転機械に使用されている.しかしながら,空気軸受は空気膜により荷重を支えていることから衝撃や振動に弱いのが欠点である.したがって,空気軸受をより広く普及させるには軸受剛性の改善が必須である.この課題に対して橋本らは,スパイラルグループ軸受を基に動剛性最大化を目的とした形状最適化を行い,外周部に折れ曲がり形状を有する最適化軸受を開発した<sup>(1)</sup>.この形状によって大気圧より低い圧力(負圧)を発生させることで,軸を支持する際の空気膜厚さを抑え,剛性の向上を図っている.本研究では最適化軸受の最大の特徴である負圧を測定し,理論との比較検討を行う.また,負荷容量の測定方法を確立し,さらなる軸受特性の実験的な検証に着手する.

### 2. 圧力分布測定

実験には図1に示す実験装置と図2に示す最適化軸受を用いる.実験方法は,マイクロメータを用いて軸受をロータから離れた状態にしておき,ロータの回転数  $n$  を 30000[rpm] に固定する.次に,軸受を徐々に降ろしていき,任意の空気膜厚さに固定し,その際の圧力を測定する.

図3に最適化軸受を用いた圧力分布測定の結果を示す.横軸が軸受の溝形状に対する測定位置,縦軸が発生圧力  $P$  を絶対圧で表している.なお,一点鎖線は大気圧を示している.また,4種のプロットと実線はそれぞれ空気膜厚さ  $h_r$  が 12, 14, 16, 18[ $\mu\text{m}$ ] の測定値と理論値を表している.いずれも 10 回測定で,エラーバーは測定のバラつきを表わしている.同図より,測定孔 から にかけて圧力が低下し負圧が発生しているのが確認され,測定孔 において負圧が最大になる.これは測定孔 から にかけての逆ステップ効果の発現に起因している.また,空気膜厚さの違いに着目すると,膜厚さの減少に伴い,負圧が増大する傾向が得られた.さらに実験値は理論値と比較すると概ね一致しており,本実験における負圧測定は妥当なものと判断される.

### 3. 負荷容量測定

負荷容量の実験方法は圧力分布測定と同様にロータの回転数を一定に保ち,空気膜厚さを任意の値に変化させ,その際の負荷容量を測定する.

図4に負荷容量測定結果を示す.横軸は空気膜厚さ  $h_r$  を,縦軸は負荷容量  $W$  を示している.また,3種のプロットはそれぞれロータの回転数  $n$  を 30000, 35000, 40000[rpm] に固定した際の測定結果である.いずれも 5 回測定で,エラーバーは測定値のバラつきを示している.同図より,空気膜厚さを薄くするにつれて,負荷容量が増大していくのがわかる.また,空気膜厚さが 25[ $\mu\text{m}$ ] を下回ってから回転数の違いによって,負荷容量に差が表れた.つまり,負荷容量が空気膜厚さと回転数に依存していることが確認される.よって,現環境において負荷容量の測定が可能であると考えられる.今後はヘリングボーン軸受,スパイラルグループ軸受等を測定し,負荷容量の比較検証を行う予定である.

### 参考文献

(1) Hashimoto *et al.* : Trans. ASME, Journal of Tribology, Vol. 130, No. 3 (2008), PP. 1-11.

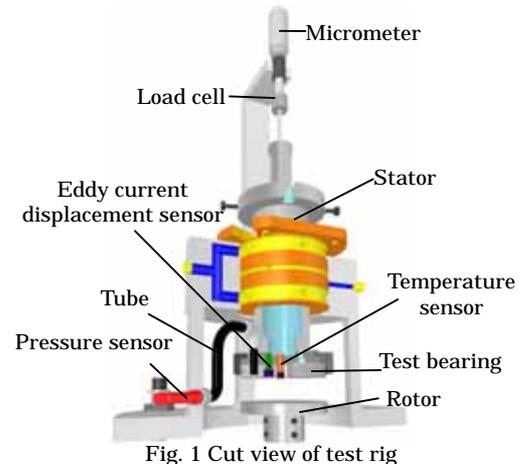


Fig. 1 Cut view of test rig

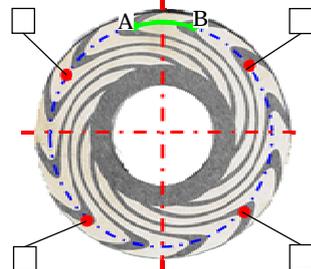


Fig. 2 Alignment of pressure measurement hole at optimized bearing

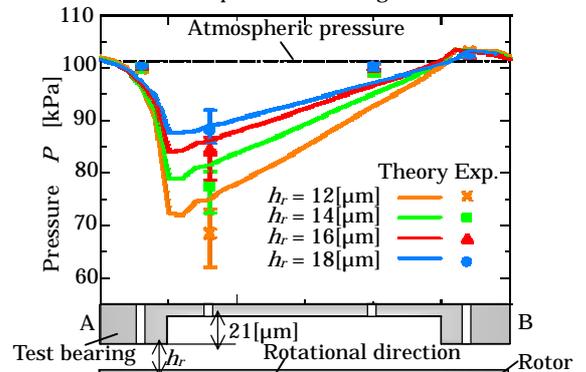


Fig. 3 Pressure distribution of optimized bearing rotational speed  $n$ : 30000[rpm]

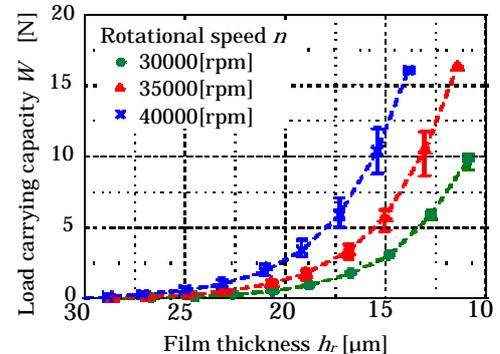


Fig. 4 Film thickness vs. load carrying capacity of optimized bearing

## C - 4

### 航空機電子機器周辺構造用ガラス繊維強化高耐食熱可塑性樹脂(GFRTP)の電子線照射処理による衝撃値の向上

\* 高津聡(東海大学工学部材料科学科)、飯塚翔太(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻) 武井廣明(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、\*\* 西義武(東海大学工学部材料科学科)

#### 【目的】

現在、航空機材料に繊維強化ポリマー(FRP)が多く使用されてきている。これらは熱硬化性樹脂をマトリクスとした炭素繊維強化ポリマー(CFRP)やガラス繊維強化ポリマー(GFRP)である。しかし、熱硬化性樹脂は耐衝撃性や溶剤などの薬品に対して弱い性質がある。そのため活性ガス雰囲気中の環境で使用する場合、耐食性の高い熱可塑性樹脂を表面にコーティングすることで対応してきた。

しかし、耐食性の高い熱可塑性樹脂自体をマトリクスとした繊維強化熱可塑性ポリマー(FRTP)を作製することができれば、表面コーティングを施すことなしに、耐食性を従来の熱硬化性樹脂をマトリクスにした FRP より向上させることができる。さらに成形工程が単純化し、FRTP の更なる用途拡大が期待できる。しかし、熱可塑性樹脂は粘性が高く、繊維と樹脂の界面での接着性が悪いため、複合材料としての成形が困難であるという問題点がある。

一方、本研究室の過去の研究から電子線照射処理を施したガラスやガラス繊維(GF)に不対電子が生成することを確認している。この結果よりガラス繊維に不対電子が生成することにより、繊維と樹脂の界面での接着性の向上する可能性を見出した。

そこで、本研究では耐食性の高いとされる熱可塑性樹脂であるポリプロピレン(PP)マトリクスとし、電子線照射処理を行った GF を用いて GFRTP を作製し、機械的性質への変化を評価、検討することを目的とした。

#### 【方法】

本研究の試料はマトリクスに PP(日本ポリプロ株式会社製 ノバティック PP)、繊維には GF(日東紡績株式会社製 チョップドストランドマット)を用いた。

GF に電子線照射処理を施した後、PP と照射処理した GF を層状に積層した状態でホットプレス機を用いて樹脂と繊維を含浸させた。電子線照射処理にはエレクトロンカーテンプロセッサ(岩崎電気株式会社製)を用いた。GFRTP の強度評価にはシャルピー衝撃試験機を用いてシャルピー衝撃値を求めた。

#### 【結果】

電子線照射を施した GF で成型した GFRTP は、照射線量 0.68 MGy において衝撃値は最大を示し、未照射の GFRTP と比較して、約 25 % 向上した。



図 1 航空機の電磁波機器の概観図

## 接合界面を繊維強化した航空機用 Al/CFRP 複合材の衝撃値

\*石井翔（東海大学工学部材料科学科）、笠井淳（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）、針替伸拓（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）

\*\*西義武（東海大学工学部材料科学科）

### 【緒言】

現在製造されている航空機には様々な材料が使用されている。航空機に求められることは高い安全性であり、金属材料は信頼性が高いので航空機構造材料に広く用いられている。さらに、近年航空機の高性能化が進み金属材料に代わり軽量且つ高強度である CFRP の使用が進められている。これらの材料を構造材料として使用するには、接合や接着が重要な因子である。現在は鋳込みや接着剤で接合しているが、疲労や剥離の問題が発生する可能性がある。過去に本研究室では、炭素繊維を介した異種材料の接合に成功している。そこで、本研究では炭素繊維を介した Al/CFRP 接合体を作製し、シャルピー衝撃試験を行い衝撃特性の評価を目的とした。また、本研究室では過去に炭素繊維へ予荷重処理を施すことによって引張特性が向上することが確認されている。本実験においても炭素繊維へ予荷重処理を施した接合体試料を作製し、予荷重処理が衝撃値に与える影響についても検討を行う。

### 【実験方法】

まずは、金属と炭素繊維間の反応を防ぐために炭素繊維に Ni コーティングを施した。次にコーティングを施した炭素繊維に、溶融させた Al を浸透させた。その後、炭素繊維の Al に鋳包されていない部分に、エポキシ樹脂を浸透させ、Al/CFRP 炭素繊維界面強化型接合体試料を作製した。作製した Al/CFRP 接合体の強度評価としてシャルピー衝撃試験を行った。さらに、エポキシ樹脂を浸透させる際に、炭素繊維に予荷重処理を施した Al/CFRP 試料の作製も行い、同様に衝撃試験を行った。その後、SEM や XRD を用いて界面強化組織を観察した。

### 【結果】

炭素繊維を介した Al/CFRP 接合体を作製し、衝撃試験を行った結果、炭素繊維を介することで接合部でのシャルピー衝撃値が向上することを確認した。さらに、接合体試料に予荷重処理を施すことにより、衝撃値が向上することを確認した。



図 1 接合体応用例

## 溶出処理による大型液晶ディスプレイ用シリカ系ガラスの衝撃値への影響

\* 難波真一郎 (東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻) 岩田圭祐 (東海大学大学院理工学研究科総合理工学専攻) \*\* 西義武 (東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)

### 【目的】

近年、大型液晶TV用の基板ガラスなどを始めとする、IT産業やエレクトロニクス産業などの分野において、シリカ系ガラスの使用用途が拡大している。一方で、ガラスの脆性材料としての脆さが製造の観点から問題となっており、実用する際におけるガラスの強度に関する信頼性や安全性が強く求められているといった現状がある。このガラスの脆性の主な原因としてグリフィスクラックの存在が挙げられる。グリフィスクラックとはガラスの表面に潜在的に存在しているクラックのことであり、応力集中部となりうることから、破壊の起点となると考えられる。ところで、ソーダガラスやホウケイ酸ガラスなどのアルカリ金属成分を含んでいるガラスはアルカリ金属の成分元素の溶出現象が知られている。このアルカリ金属の溶出により、破壊の起点となるクラック先端部の応力集中が緩和されれば、脆性改善が期待できる。そこで本研究では、溶出処理がシリカ系ガラスの衝撃値に及ぼす影響について検討を行った。

### 【方法】

試料には市販のソーダガラス (松浪硝子工業株式会社製: マイクロカバーガラス) を用い、試料の溶出処理には、圧力1823hPa、温度390Kの蒸留水中に完全に浸漬させ、溶出処理を行った。なお、本研究では、衝撃試験にて脆性改善の度合いの評価を行った。本研究で用いた衝撃試験法は振り子型シャルピー衝撃試験法であり、吸収エネルギーを測定し、そこから衝撃値を算出した。

### 【結果】

ソーダガラスに長時間溶出処理を施すことにより、質量が時間に対して直線的に減少する傾向を示すことを確認した。また溶出処理を長時間施すことにより衝撃値は低下傾向を示したが、特定の処理時間帯施すことにより衝撃値が向上することも確認できた。



図 1 ガラス基板を使用した液晶ディスプレイの概略模式図

## 微量のイットリウムを添加したアルミナ生成合金の酸素-水蒸気雰囲気におけるサイクル酸化

\*阿部雄太 (湘南工科大学マテリアル工学科), 眞壁秀明, 古賀寛行 (湘南工科大学マテリアル工学科)

矢野統悦 (東北大学金属材料研究所), \*\*天野忠昭 (湘南工科大学マテリアル工学科)

### 1. 緒言

アルミナ生成合金の耐高温酸化性は主にその合金表面に生成する連続スケール層の密着性に依存する。実用 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 生成合金上のスケールは冷却過程でしばしば剥離する。スケール剥離の主な原因はスケール/合金界面における硫黄の偏析であると言われているが複雑である。<sup>1)-3)</sup> スケールの密着性を改善するために活性元素の添加が古くから行われ、よい結果を得ている。近年、水蒸気を含む酸化性雰囲気中におけるスケールの剥離が問題となっている。本研究では微量のイットリウムを添加したアルミナ生成合金のサイクル酸化における耐水蒸気酸化性について検討する。

### 2. 実験方法

純度の異なるクロム(99.9mass%, 99.99mass%)を用いた Fe-20Cr-4Al 合金およびこれに微量のイットリウム(0.1mass%, 0.5mass%)を添加した合金をアーク溶解法により溶製後、熱間・冷間圧延し、次いで切断により約10mm x 20mm x 0.5mmの板状試片を作製した。これらの試料を研磨(#1500)し、アルコール中で超音波洗浄後供試材とした。酸化実験は水蒸気(露点温度: 353 K)を含む酸素中1573Kで18ks間を1サイクルとして5サイクルの酸化実験を実施した。各サイクル毎に酸化前後の質量測定および冷却過程でスケールが剥離した場合には剥離酸化物量を測定した。これらのデータから質量増加量、剥離酸化物量、質量変化量等を測定した。その後外観観察を行ない、酸化スケールの結晶相をX線回折装置により同定した。次いでスケール表面形態、並びにスケールが剥離した場合にはその下地合金表面をSEMで調べた。

### 3. 結果および考察

各合金をA(99.9%Cr), B(99.99%Cr), C(0.1%Y)およびD(0.5%Y)合金と略称する。Fig. 1 に各サイクル毎で得られたそれぞれの質量増加量を示す。A(99.9%Cr)合金の質量増加量は3サイクルまで増加し、その後低減した。他の合金の質量増加量はサイクル数の経過とともに低減した。Fig. 2 に各サイクル毎で得られた質量増加量を加えたデータを示す。5サイクル後の全質量増加量はA合金で最も大きく、次いでB>D>C合金と低減した。各サイクル毎で得られたそれぞれの剥離酸化物量も測定した。A合金の剥離酸化物量はサイクル数の経過とともに低減した。BおよびC合金の剥離酸化物量も概ねサイクル数の経過とともに低減する傾向を示した。一方、D合金ではスケールの剥離は1サイクル後でも認められず、その剥離酸化物量は零であった。1サイクル後の剥離酸化物量はA合金で最も大きく、次いでB>C合金の順に低減した。これらのことからアルミナスケールの剥離はクロム純度、つまり主として合金中の硫黄の含有量に依存するものと考えられる。またYの添加はスケールの密着性を改善することがわかる。スケールの剥離はサイクル数の経過とともに低減する傾向があり、このことは硫黄が酸化時間の経過とともに低減することも予想される。

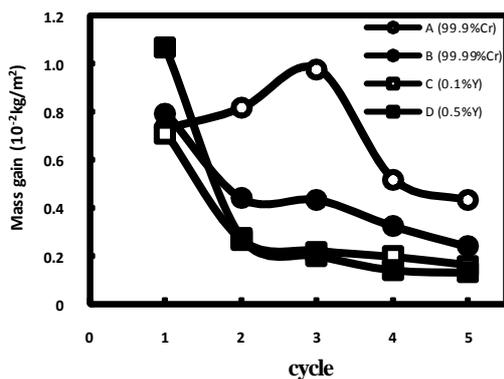


Fig. 1 Mass gain per cycle of Fe-20Cr-4Al alloys with yttrium during cyclic oxidation in oxygen-water vapor (dew point: 353K) at 1573K (1cycle = 18ks).

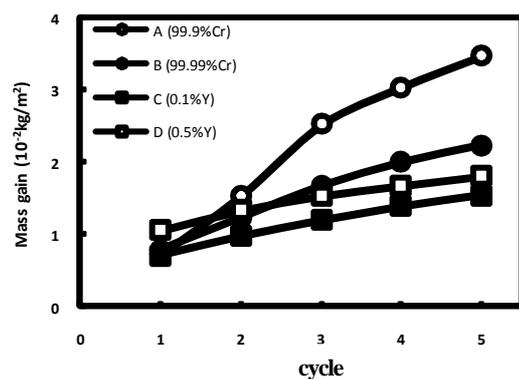


Fig. 2 Mass gain of Fe-20Cr-4Al alloys with yttrium during cyclic oxidation in oxygen-water vapor (dew point: 353K) at 1573K (1cycle = 18ks).

### 4. 参考文献

- 1) T. Amano, The 6th International Conference on Rare Earth Development and Applications, Beijing, China (2010).
- 2) T. Amano, ECS Transactions, 25(2010)3-19.
- 3) T. Amano, Materials and Corrosion (2010) in press.

## 微量の白金およびイットリウムを添加したアルミナ生成合金の酸素-水蒸気雰囲気における酸化

\*大内晴彦 (湘南工科大学マテリアル工学科), 田中貴之, 佐竹智成, 増田悟 (湘南工科大学マテリアル工学科)  
 丸戸統悦 (東北大学金属材料研究所), \*\*天野忠昭 (湘南工科大学マテリアル工学科)

### 1. 緒言

アルミナ生成合金の耐高温酸化性は主にその合金表面に生成する連続スケール層の密着性に依存する。実用 $Al_2O_3$ 生成合金上のスケールは冷却過程でしばしば剥離する。スケール剥離の主な原因はスケール/合金界面における硫黄の偏析であると言われていたが複雑である。<sup>1)-3)</sup> スケールの密着性を改善するために活性元素や貴金属の添加が行われ、よい結果を得ている。近年、水蒸気を含む酸化性雰囲気中におけるスケールの剥離が問題となっている。本研究では微量の白金およびイットリウムを添加したアルミナ生成合金の耐水蒸気酸化性について検討する。

### 2. 実験方法

Fe-20Cr-4Al 合金およびこれに微量の白金(0.005, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0mass%)およびイットリウム(0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5mass%)を添加した合金, さらに白金とイットリウムを複合添加した Fe-20Cr-4Al-(0.005, 0.05, 0.5mass%)Pt-(0.01, 0.05, 0.1mass%)Y 合金をアーク溶解法により溶製後, 熱間・冷間圧延し, 次いで切断により約 10mm x 20mm x 0.5mm の板状試片を作製した。これらの試料を研磨(# 1500)し, アルコール中で超音波洗浄後供試材とした。酸化実験は水蒸気(露点温度: 353K)を含む酸素中 1573K で 18ks 間の酸化実験を実施した。酸化前後の質量測定および冷却過程でスケールが剥離した場合には剥離酸化物量を測定した。これらのデータから質量増加量, 剥離酸化物量, 質量変化量等を計算した。その後外観観察を行ない, 酸化スケールの結晶相を X 線回折装置により同定した。次いでスケール表面形態, 並びにスケールが剥離した場合にはその下地合金表面を SEM で調べた。

### 3. 結果および考察

Fig. 1 に微量の白金を添加した FeCrAl 合金の剥離酸化物量を示す。各合金の剥離酸化物量は白金添加量の増加とともに 0.5mass%Pt 合金まで低減し, 1.0mass%Pt 合金で微増した。Fig. 2 に微量のイットリウムを添加した FeCrAl 合金の剥離酸化物量を示す。各合金の剥離酸化物量はイットリウム添加量の増加とともにおおむね低減し, 0.2 および 0.5mass%Y 合金では零となった。これらのことから, 白金およびイットリウムの添加はスケールの密着性改善に寄与し, イットリウムの適量添加はその傾向が著しい。白金とイットリウムを複合添加した合金の剥離酸化物量はそれらの単独添加合金より小さく, (0.005, 0.05, 0.5mass%)Pt-0.1Y 合金でのそれらは零であった。

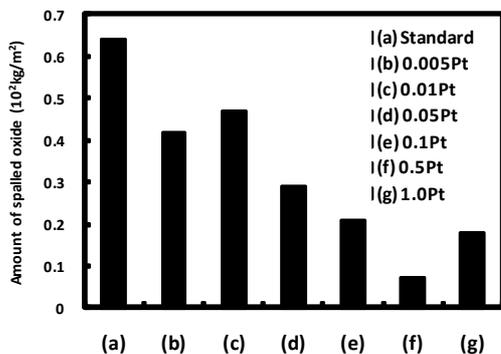


Fig. 1 Amount of spalled oxide of Fe-20Cr-4Al alloys with platinum exposed to oxygen-water vapor (dew point; 353K) at 1573K for 18ks. (a) Standard; (b) 0.005Pt; (c) 0.01Pt; (d) 0.05Pt; (e) 0.1Pt; (f) 0.5Pt; (g) 1.0Pt.

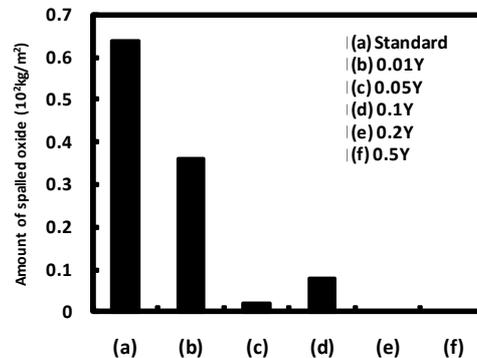


Fig. 2 Amount of spalled oxide of Fe-20Cr-4Al alloys with yttrium exposed to oxygen-water vapor (dew point; 353K) at 1573K for 18ks. (a) Standard; (b) 0.01Y; (c) 0.05Y; (d) 0.1Y; (e) 0.2Y; (f) 0.5Y.

### 4. 参考文献

- 1) T. Amano, The 6th International Conference on Rare Earth Development and Applications, Beijing, China (2010).
- 2) T. Amano, ECS Transactions, 25(2010)3-19.
- 3) T. Amano, Materials and Corrosion (2010) in press.

## 異種気体間の対向置換流挙動の可視化と流量評価

\*武間伊佐久（湘南工科大学）、大川修平（湘南工科大学大学院）、田中賢（湘南工科大学）、\*\*文沢元雄（湘南工科大学）

### 1. 緒言

高温ガス炉のスタンドパイプ破断事故時には、冷却材であるヘリウムと密度の異なる空気との間に不安定密度成層による対向置換流が発生する。この事象における空気浸入流量を算定することは、高温ガス炉における安全性の評価に重要である。本研究では実験と数値計算の両面から、この流動現象の解明を目指す。

### 2. 実験

スモークワイヤー法による可視化の様子及び高速度カメラを用いた撮影・解析システムの構成を Fig. 1 に示す。ヘリウムを充填した容器を解放することで対向置換流を発生させ、これを煙により可視化する。またこの様子を高速度カメラで撮影し、計算機で画像解析を行って流速値を算出する。この流速値からは Fig. 2 に示す流路モデルによって置換流量が求められる。また実験中には容器内気体密度の時間変化により流量が変動するので、(1)式に示す密度フルード数  $Fr$  により流量評価を行う。密度フルード数  $Fr$  は、流量に関する慣性力と浮力の比を表す無次元数である。

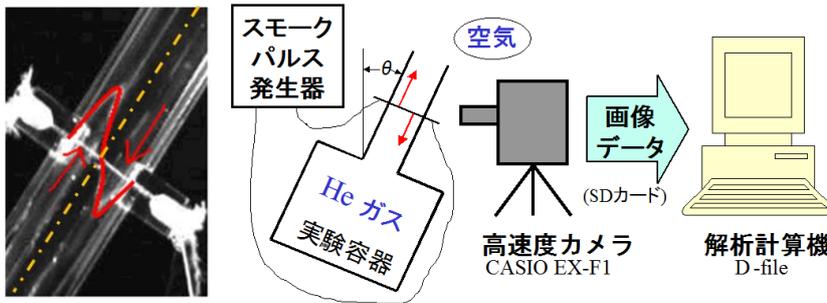


Fig. 1 可視化の様子と撮影・解析システムの構成

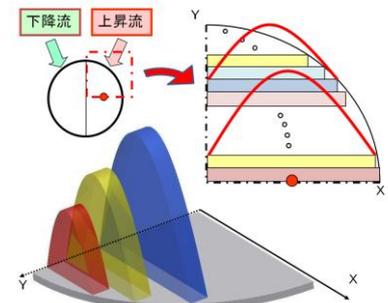


Fig. 2 流路のモデル化による流量計算

### 3. 結果・考察

$L/D=5$  と  $L/D=10$  の密度フルード数  $Fr$  の比較を Fig. 3 に示す。 $L/D=5$  の方が全体的に高い値であるが、管壁面による流体摩擦と、上昇流と下降流の境界面で起こる渦および拡散の影響が少ないためと考えられる。しかし流路傾斜角が  $15^\circ$  と  $30^\circ$  ときの値は、その差が非常に小さい。この傾斜角範囲でのみ作用する要因としては、流路の短さと傾斜角の浅さに起因する流れの不安定性、上昇流と下降流が十分に分離できず、不規則振動流に近い状態が考えられる。 $L/D=10$  においても  $15^\circ$  の  $Fr$  の値が  $30^\circ$  の値より小さいが、これと同じ要因と考えられる。

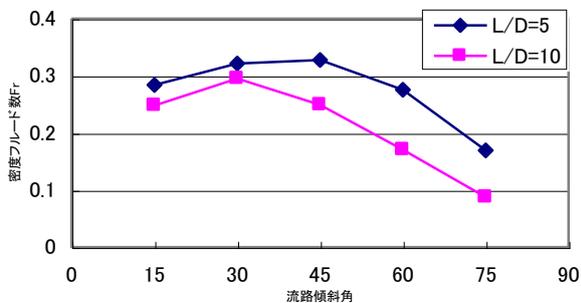


Fig. 3 密度フルード数の評価

$$Fr = \frac{Q}{A} \sqrt{\frac{\rho}{g D \Delta \rho}} \quad (1)$$

#### 参考文献

- (1) 堀内, 他 ; 日本機械学会九州支部 62 期講演会, B33, pp. 69-70 (2009)
- (2) 大川, 他 ; 日本原子力学会 関東・甲越支部 第 8 回若手研究者研究発表討論会, 予稿集, pp. 22 (2009)

## 鉛直発射直後のペットボトルロケットの動き観察

\*関 雄太, 平野 溪介, \*\*小栗 和也

東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程

### 1. はじめに

ペットボトルロケットは小学生でも作製でき、遊びの中から物理に興味を持たせることの出来る教材の1つである。しかしながら、飛行時の高度や速度を実測して運動を解析した例はほとんど無い。ところで、近年デジタルカメラの多機能化が進み、高速度撮影を可能な機種が安価で容易に入手できるようになった。そこで本研究では、デジタルカメラの高速度撮影機能を使い、ペットボトルロケットの発射直後の観察結果からペットボトルロケットの運動について検討した。

### 2. 実験方法

ペットボトルロケットは、2 のペットボトルと市販のキットを使い作成した。ペットボトルロケットの発射角度は鉛直(90度)として、タンク内の水量と圧力を変数として実験を行った。また、ペットボトルロケットから噴出される水の動きを分かりやすく見るために、ペットボトルロケットに入れる水は着色した。

ペットボトルロケットの動きは高速度撮影が可能なカシオ社製 EX-FC100 により記録・再生して確認した。なお、動画記録は 1000fps で行った。一方、ペットボトルロケットの高さは、風糸をペットボトルロケットに取り付け、動画記録を基に計測した。

### 3. 結果

図 1 にペットボトル内の水量が 100m、圧力 3 気圧で発射した時の発射直後の画像を示す。この動画記録より、ペットボトルロケットの水の噴出に変化が見られた。撮影した映像から、発射後 0~0.02 秒の間にロケットは水を直線状に噴射しながら飛び、0.02~0.03 秒の間で水の噴出に変化が見られ、約 0.05 秒で水の噴出が終了した。この結果から発射後 0.02~0.03 秒までは、水だけを噴出し、その後、空気が混合した状態で水が噴出することがわかった。

一方、ペットボトルに取り付けた風糸の長さの解析結果から、ペットボトルロケットの時間と高さの関係を求め、この結果から速度の時間変化、加速度の時間変化を求めた。この結果から、水の噴出状態が変化する 0.02 秒で加速度が最大になることがわかった。

これらのことから水の噴出状態が加速度に大きく影響することが確認できた。

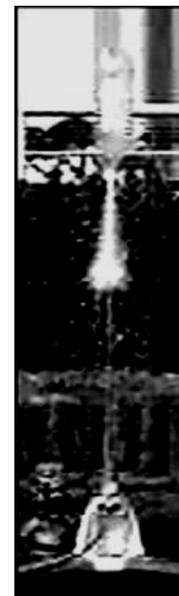


図 1 発射直後の噴出された水の様子

## 理科教材として3Dピンホールカメラ作成

近藤美紀、\*森田格、\*\*小栗和也

東海大学部教養学部人間環境学科自然環境課程

### 1. はじめに

ピンホールカメラは工作を楽しめると同時に、光の直進性やレンズの役割について実感しながら学ぶことができる教材として親しまれている。この長所を生かし、現在流行している3D画像を撮ることができる新しい教材の作成を検討した。教材として使用するためには、教師および生徒が、簡単に製作することができるだけでなく、簡単に撮影および現像ができることが重要である。さらに、1台あたりの作成費用も低価格である必要である。これらのことを踏まえて、カメラの作成から写真観察まで楽しく学習できる3Dピンホールカメラ教材の開発を目的とした。

### 2. 実験方法

#### 2.1 3Dピンホールカメラの作成

3Dピンホールカメラの本体には、市販の色工作用紙を用いた。ピンホールには、透過電子顕微鏡用単孔メッシュ（孔径0.3mm~0.5mm）のものを使用した。立体視は、赤と緑のセロファンを使用し、アナグリフ法を用いた。

#### 2.2 写真撮影と現像および観察

写真撮影にはインスタントフィルムを用いた。使用したフィルムは、富士フィルム社製instax210（ISO800）である。撮影時間は簡易照度計で測定した照度を参考に決定した。現像には、インスタントカメラinstax210を用いた。

3D写真の観察は、撮影で使用したセロファンを利用して作成した。

### 3. 実験結果および考察

図1に実際に撮影した3D写真の一例を示す。写真撮影の結果から、赤と緑のそれぞれの画像が重なった写真の撮影が出来た。そして、ピンホールの間隔を変化させることによって重なる像のずれが変化した。また、露光時間によって、像の明るさが変わった。そして、赤と緑のセロファンの厚さが一緒であっても、光の透過量が違うので、赤と緑のコントラストに違いが現れた。これらのことから、最適な撮影条件がある。

これらの撮影条件を変更した実験の結果から、ピンホールカメラで3D写真を撮影することができると実証できた。

一方、消耗品であるカメラ本体とフィルム1枚の費用は、概算で1台あたり165円程度であり、備品となるインスタントカメラ、ダークバック等を含めても1万円前後であることから、中学・高校で教材として使用できる可能性が十分高い。



図1・撮影した3D写真

## グラスハーブを利用した教材開発

\*石和田侑美、中村真梨子、\*\*小栗和也

東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程

はじめに

近年、中学生、高校生の“理科離れ”が問題視され、理科に苦手意識を持つ生徒が増えている。そこで、理科の実験教材としてグラスハーブを使用することを考えた。グラスハーブは、水の入ったグラスの縁を指でこすって音を出し、楽器として使用されるものである。また、身近であり、誰でも簡単に音を鳴らすことができるということがグラスハーブの魅力である。グラスハーブを教材として使用することは、グラスをこすって音を鳴らすという、本来の用途と全く異なった行為は子供たちにとって新鮮であり、興味を持たせることができる。そこで本研究では、振動や波動を学習するための分かりやすく、楽しく学べるグラスハーブを使った理科教材を開発することを目的とし、その基礎となるグラスの振動について検討を行った。

実験方法

図1に実験で使用したワイングラスの写真を示す。ワイングラスの高さは20cm、口の直径は5cmであった。グラスハーブは通常、中に水を入れて使用するため、中に入れる液体の量、密度、粘性を変え、音の振動数の違いを検証した。液体の密度、粘性を変えるために片栗粉を水に溶いて使用した。音の振動数の測定は音楽用チューナーのKORGE社製TM-40を使用した。



図1 使用したワイングラス

実験結果

グラスハーブにおいてグラスの振動の確認方法として、グラスの淵に“く”の字形の導線を置くことで容易に確認できることが分かった。さらに、グラスの側面の振動はグラス側面に小さな反射板を付けて、反射板にレーザー光を当ててレーザー光の振動で容易に確認できる。これらの方法によりグラスの振動をより簡単に、視覚的にとらえることができる。これによって、振動しているときに音が出る、ということが体験できる。

グラスの振動のメカニズムを推定するとグラス内の気体の共鳴、液体表面の振動、グラス表面の振動などが考えられる。そこでメカニズムを解明するために、液体の密度、粘性を変化させて、音の振動数の違いをみた。まず、液体の密度や粘性を変えた時の音の振動数の影響を知るために、グラス内の液体に水と水溶性片栗粉を使用して比較したところ、同じ量の時は音の周波数は同一であった。したがって、音の周波数は液体の密度や粘性に左右されない、つまり、振動源は液体ではないことがわかった。これらのことからグラス全体が振動していると推定できる。

## 円筒形陰極を用いた IECF 装置における放電時の電流-電圧特性

\*時枝孝典(東海大学工学部エネルギー工学科) 安藤光雄(東海大学工学部エネルギー工学科)

白旗誠也(東海大学工学部エネルギー工学科)

グエン トーン スイ(東海大学大学院工学研究科応用理学専攻)

\*\*内海倫明教授(東海大学工学部原子力工学科) 松村義人(東海大学工学部原子力工学科)

## 【緒言】

慣性静電閉じ込め核融合 (IECF : Inertial Electrostatic Confinement Fusion) を利用した低消費電力小型中性子発生装置の開発及び研究を行っている。IECF 装置は放電によって生成された重水素イオンを静電的に陰極の中心付近に閉じ込め、核融合反応によって中性子を発生させる装置である。陰極の内部では閉じ込められるイオンや電子により 2 重、3 重の井戸型の電位が形成されると言われている。この陰極内部の電位は核融合反応率を左右する重要な要因である。本研究では、陰極内部の電位形状をプラズマに影響を与えずに測定する方法を模索している。本実験では、電場の形状が球形よりも簡単な円筒の陰極を用い、陰極内部の電場が存在しない円筒型陰極と円筒型グリッド陰極を用い、その放電時の電圧-電流特性を測定し、比較した。

## 【実験】

Fig.1 は実験装置の概略図である。高さ 40cm、直径 20cm のステンレス製円筒形真空容器を陽極として用いる。また、陰極は直径 2cm と 6cm のグリッド (G) 型および円筒 (T) 型で、それぞれ T-2, T-6、G-2、G-6 とした。これらの陰極を用いて、ガス圧力を一定とし、電源の電圧制御モードで放電時の電流-電圧特性を測定した。また、それぞれの陰極において 20kV、20mA での中性子発生率 (NPR) の測定も行った。

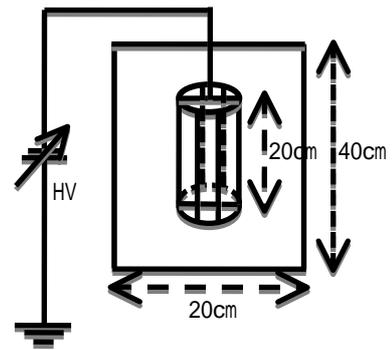


Fig.1 中性子発生装置の概略図

## 【結果】

同じガス圧力で同じ印可電圧において放電電流を比較すると、円筒型陰極を用いた場合、直径の小さい方が大きく、直径 2cm の円筒型とグリッド型ではグリッド型の方が、また、グリッド型では 6cm の方が大きいことが分かった。これは、円筒型では電流は電極間の距離依存し、グリッド型ではグリッドの空間透過率に依存しているためであると考えられる。また、中性子発生率は表 1 に示す。同じ印可電圧で同じ電流の場合、中性子発生率はグリッド型の方が多く、円筒型ではほぼ同じ発生率であった。G-2 を用いた場合 T-2 の 11 倍となった。

表 1 各陰極の中性子発生率

陰極	圧力 (Pa)	NPR (counts/min)
T-2	0.44	38.8 ± 3
T-6	0.53	42.3 ± 3
G-2	0.22	448.4 ± 5
G-6	0.1	229.8 ± 7

## 慣性静電閉じ込め核融合(IECF)装置における中性子発生領域の研究

\*西垣卓馬, 時枝孝典, 本間惟彦 (東海大学工学部エネルギー工学科),  
谷内康行 (東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻)

\*\*内海倫明 (東海大学工学部原子力工学科)

### 【緒言】

IECF (Inertial Electrostatic Confinement Fusion) 装置は重水素ガスで満たした真空容器の中心に置かれた陰極により中心部にイオンを収束させ核融合を起こす装置である。IECF において、中性子発生領域は詳しく研究されていない。今回は2種類の放電モード (Star-mode、Halo-mode) について、2つの中性子検出器を用い IECF の上部と側面で中性子発生数を計数し、計算と比較して中性子発生領域を調べた。

### 【実験方法】

Fig.1 の様な形状のグリッドを用いるとグリッドの開口部からマイクロチャンネルと呼ばれる放電が複数生じる。これを Star-mode と呼ぶ。Fig.3 のような一部欠陥のあるグリッドを用いるとマイクロチャンネルは2本に限定され生じる。これを Halo-mode と呼ぶ。実験にはこれら2種類の陰極を用いて Star-mode および Halo-mode における中性子計数率を測定した。

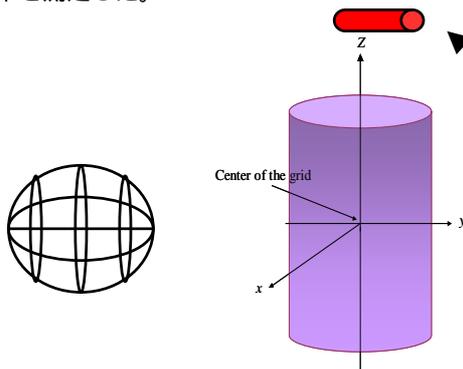


Fig.1 Star-mode陰極

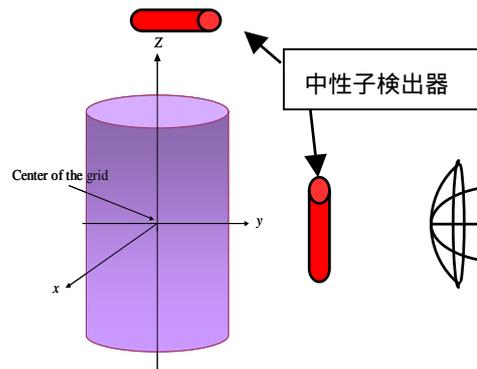


Fig.2 Star-mode中性子発生領域

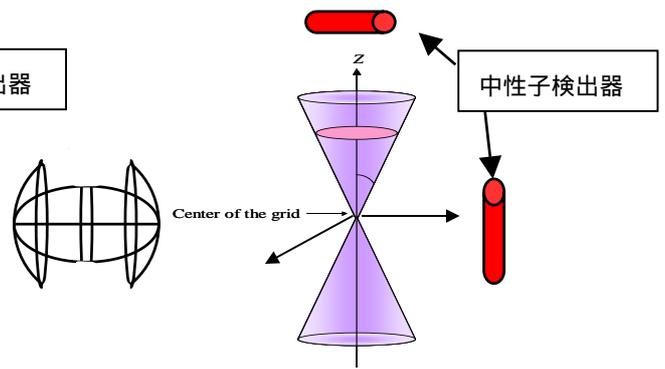


Fig.3 Halo-mode陰極

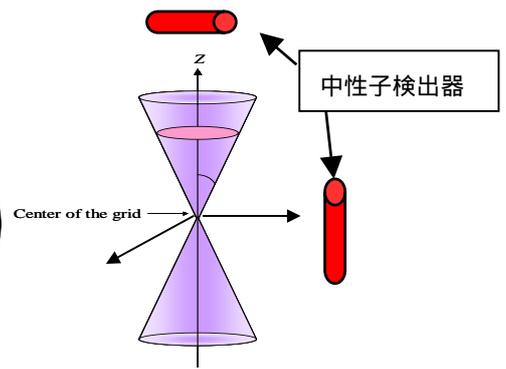


Fig.4 Halo-mode 中性子発生領域

### 【結果】

実験により、上部と側面の中性子検出率の比は、Star-mode では 1.3、Halo-mode では 1.6 となった。この結果から中性子の発生領域を以下の様に仮定する。まず、Fast neutral (高速中性粒子) -Back ground 反応については、高速中性粒子はマイクロチャンネル中に存在すると考えられるので、あらゆる方向にマイクロチャンネルが発生している Star-mode の場合は真空容器全体でこの反応が起きていると仮定する。一方、上下方向に一本のマイクロチャンネルが発生している Halo-mode の場合は真空容器中心で連結する2つの円錐のような形であると仮定する。加えて Beam-Back ground 反応についてはどちらの陰極も真空容器中心でのみ起こると仮定する。これらの仮定に基づいて上部と側面での中性子検出率を計算した。計算の結果、上部と側面の中性子検出率の比は Star-mode で 1.3、Halo-mode で 1.6 となり、実験で得られた結果と一致した。このことより、今回の中性子発生領域の仮定は正しいと考えられる。今後の方針としては、中性子検出器の位置を変えて測定し中性子発生領域をより精密に決定する考えである。

## 生体触媒を用いた呼気中アルコールガスの可視化計測に関する研究

\*芳賀 俊介、北 和昂、王 昕(東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科)、  
高橋 大志、荒川 貴博、工藤 寛之、\*\*三林 浩二 (東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)

[はじめに]

呼気や生体臭などの生体由来の臭気には疾患や身体の生理的状態に伴う様々な揮発性化学成分が含まれており、非侵襲的なスクリーニングや医療診断などへの適用が期待されている。例えば、飲酒後の呼気中に含まれるエタノール及びその代謝産物であるアセトアルデヒドを定量することができれば、アルコール代謝能の評価が可能となる。しかし、このような揮発性生体成分は時間的・空間的な変動が大きいため、既存の計測技術ではその動態を連続的に評価することが困難であった。そこで本研究では、飲酒後の呼気中に含まれるエタノールガスを対象成分とし、生体触媒及びルミノールにて化学発光へと導き、高感度 CCD カメラを用いて撮影することで、その時間的・空間的な動態変化を光学情報として可視化するシステムを構築した。本システムを標準エタノールガスの計測に適用し、得られた発光動画を解析することでシステムの定量特性を評価した。さらに飲酒後の呼気計測を行い、呼気中アルコールの検出及び可視化の可能性を調べた。

[実験方法]

図 1 に本研究における可視化システムの模式図を示す。エタノールはアルコール酸化酵素(alcohol oxidase, AOD)により酸化触媒されると過酸化水素( $H_2O_2$ )を生成する。この $H_2O_2$ が西洋わさび由来ペルオキシダーゼ(horseradish peroxidase, HRP)の触媒作用によりルミノールと反応し、波長 425 nm を発光ピークとする青色の化学発光が生ずる。そこでメッシュ状担体に上記 2 種類の酵素を固定化し、エタノールガスを負荷した際に酵素固定化膜上で生じる化学発光を高感度 CCD カメラにて撮影した。

実験では、AOD と HRP、リン酸緩衝液、光架橋樹脂(PVA-SbQ)の混合液をメッシュ状担体に均一に塗布し、4 日の冷暗所にて乾燥させた後、蛍光灯照射にて酵素を包括固定化した。次に、作製した酵素固定化メッシュをルミノール溶液で湿潤させた後、暗ブース内に設置した。そして、標準ガス発生装置にて調整した標準エタノールガスを一定距離より酵素固定化膜に負荷し、酵素反応に伴うルミノール発光を高感度 CCD カメラにて撮影し、その動画を HDD レコーダとコンピュータにて記録した。

[結果及び考察]

本システムにおいて標準エタノールガスの濃度分布変化をルミノール発光の動画として可視化することができた(図 2)。また、撮影した動画の輝度を画像処理にて算出したところ、時間経過に伴う発光量の変化とエタノールガス濃度に応じた発光強度が確認され、エタノールガス 30 ~ 400ppm の定量が可能であった。さらに、本システムにて飲酒(アルコール濃度 5%、体重 1 kg あたり 0.4 g)後から 15 分毎の呼気計測を行ったところ、呼気中アルコールの検出及び可視化が可能であり、体内のアルコール代謝能の評価に利用できると思われる。

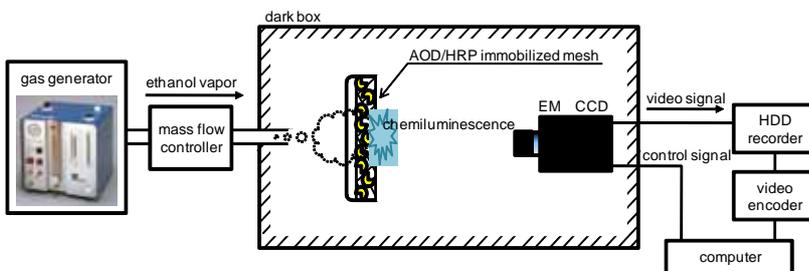


図 1. 標準エタノールガス可視化システムの概略図

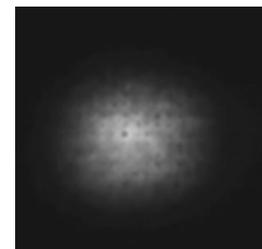


図 2. 酵素固定化膜における発光画像  
(標準エタノールガス 150 ppm)

## コンパクトデジタルカメラの撮像素子の性能を考慮したレンズ設計

\* 成瀬亮 (東海大学大学院工学研究科光工学専攻) \* \* 渋谷猛久 (東海大学工学部光・画像工学科) 牛山善太 (株式会社 TYCO) 南條雄介 (東海大学非常勤講師)

## 1. 序論

近年、デジタルカメラ市場では、簡単に撮影することのできるコンパクトデジタルカメラの需要が伸び、撮像素子の高解像度化が進んでいく一方、光学系の性能向上、ソフトウェアによる機能向上といった基本性能などの強化が成されている。本研究では、コンパクトデジタルカメラと同じ撮像素子を用いて、撮像素子の性能を生かすことができ、単焦点で暗所においても撮影可能な大口径比レンズの設計を行った。

## 2. レンズ設計

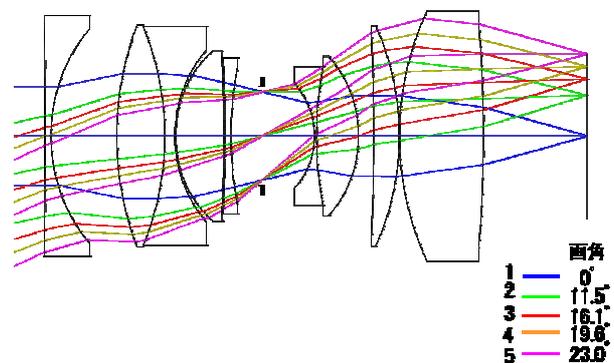
市販されている SONY の DSC-T700 の仕様を Table 1 に示す。これらの仕様をもとに、標準レンズにおいて焦点距離  $f=8.891[\text{mm}]$  , F2 , 画角  $23^\circ$  , レンズ枚数は 9 枚以下のような設計条件を定めた。撮像素子の構造を考慮し、像側テレセントリック光学系とした。撮像素子の限界解像度であるナイキスト周波数が  $301.2[\text{LP}/\text{mm}]$  である。F2 における MTF のカットオフ (遮断周波数) を考慮した上で、エリάζングを発生させない様に、絞り開放時だけでなく、絞りを絞った状態においても  $300[\text{LP}/\text{mm}]$  程度の解像力を維持できる収差補正を目指した。

Table 1 SONY DSC-T700 の仕様

焦点距離 [mm] (35 [mm] フィルム換算)	35 ~ 140
F	3.5 ~ 4.6
素子のサイズ	1/2.3 型
素子の画素数	1030 万画素
レンズ構成	10 群 12 枚 (非球面レンズ 4 枚, プリズム 1 枚)

## 3. 結果

設計した光路図を Fig.1 に示す。中央に絞りがあり、その両側に凹面を絞りに向けたメニスカス形状の接合レンズ、その各外側に凸レンズがある 4 群 6 枚構造のガウス形を基本としている。そこから、物体側、像側に新たにレンズを配置した 7 群 9 枚構成となっている。各画角における解像力を Table 2 に示す。今回は撮像素子の限界解像度  $300[\text{LP}/\text{mm}]$  の 80% 以上は許容範囲とし、90% 以上は優とした。F2 では中央部分において、F4 では中央から周辺部分まで解像力が保たれていることがわかり、撮像素子の解像度を得られる。

Fig.1 光路図-F2(標準  $f=8.891[\text{mm}]$ )

## 4. まとめ

F4 は F2 の 0.25 倍の明るさであり、暗所においては十分な光量を短時間で得ることが出来ないため、像がボケるといった問題が生じるかもしれない。しかし、F2 に比べ撮像素子の解像度を生かしたレンズ設計を行え、レンズの解像力評価として F2 では 86% , F4 では 94% の解像力を得ることができる。

Table 2 画角に対する解像力

画角 [deg]	解像力 [LP/mm]	評価 (F2)	評価 (F4)
0	300	(100%)	(96%)
11.5	240	(80%)	(96%)
16.1	260	(86%)	(93%)
19.6	280	(93%)	(93%)
23	210	(70%)	(93%)

...優 (90% ~)      ...良 (80% ~)      ...可 (~76%)  
270 ~ 300      240 ~ 260      ~ 230 [LP/mm]

## 参考文献

- 1) 牛山善太, 草川徹, “シュミレーション光学”, 東海大学出版会, pp.166-187 (2003).
- 2) 辻定彦, “レンズ設計のすべて”, 電波新聞社, pp.227-230 (2005).

## ホログラフィー干渉法を用いた高密度情報記録に関する研究

\* 栢野就信 (東海大学大学院工学研究科光工学専攻) \*\* 渋谷猛久 (東海大学工学部光・画像工学科)

### 1. 序論

近年、デジタルハイビジョン放送の開始や光通信技術、コンピューターの急速な発展に伴い、テラバイトクラスの大容量な情報記録とギガビット毎秒以上の高速読み出しが可能な外部記録メモリの開発が期待されている。従来の光ディスクは記録層にデータをビット単位で平面的に記録しており、記録媒体や原理の問題で技術的に限界に達している。これに対してホログラフィック記録はデジタル情報を2次元化して1枚のページデータとして体積ホログラムで記録することで記録容量を飛躍的に増大させることが可能で、ブルーレイディスクを超える次世代光ディスクとして利用が期待されている。<sup>1</sup>

現在ホログラフィックディスクの実用化に最も近い技術は、空間シフト多重法の一つであるコリニアホログラム記録再生方式を用いた高密度情報記録の方法である。本研究では準備段階として、情報入力装置に反射型のDMD(Digital Micromirror Device)を用いて表示される2次元ページデータを信号光とし、二光束干渉法による多重露光を行い記録媒体に対して縮小記録することで記録量を拡大させると共に、上記の技術の課題及び改善点を研究することを目的とした。

### 2. 原理

空間シフト多重法とはホログラムメモリの記録システムの一つであり、信号光と参照光の2光束を記録媒体中で交差させた状態で記録媒体を光学系に対して相対的に移動させて記録する方法である。また、コリニアホログラム記録再生方式とは、参照光とデジタル情報を保持した情報光を同軸状に配置し、一つの対物レンズでメディア上に照射しパターンを記録する方式である。<sup>2</sup>信号光と参照光を同軸上に配置し一つの対物レンズで露光を行なうことで既存の光ディスクのサーボ技術を使用することが可能である。<sup>3</sup>

本研究で情報入力装置として用いるDMDとは表面に数十万～数百万の可動ミラーが平面に配列に配置されており、入力されるイメージコードに対してミラーのON/OFFをハイスピードで切り替えて画像を投影する表示素子である。DMDで表示される画像をページデータとして従来の光ディスク形状のホログラフィックディスクに縮小記録すると、理論的には10TB～1PBまで記録容量を増加させることが可能である。

### 3. 実験方法

情報入力装置として用いるDLP(Digital Light Processing)方式プロジェクター(Optma製ポケットプロジェクターPK101)内部の光学系をFig.1に示す。DLP内部のLED光源を半導体レーザー(波長:635nm)に変更し、2次元ページデータを信号光として出力可能なように加工した。この事により記録材料に二光束干渉法による多重露光が可能になる。また、実験に用いる光学系をFig.2に示す。

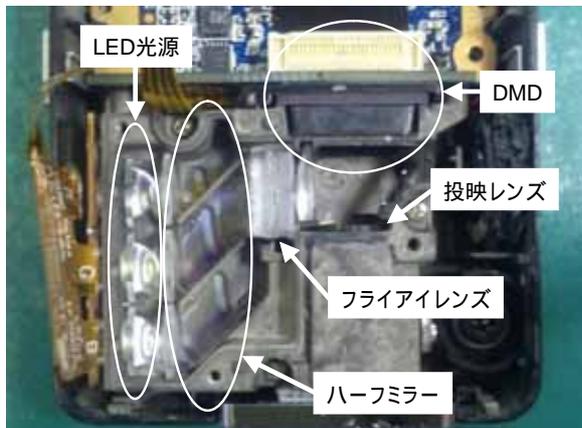


Fig. 1 情報入力装置として用いるDMDの光学系

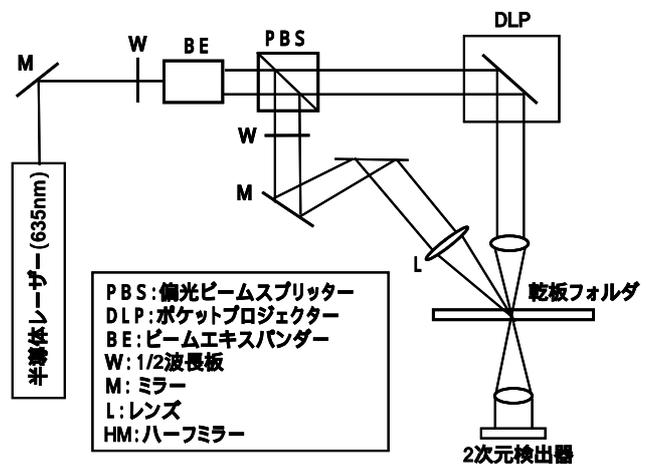


Fig. 2 空間シフト多重化記録型ホログラフィックメモリの光学系

### 4. 今後の課題

DLPを使用して出力された2次元ページデータを信号光として、二光束干渉法によりフレネルホログラムを作製し、集積度を上げる方法を検討する。また、より集積度を上げるために短波長のレーザーを使用する方法の検討、及び記録容量を拡大した際に再生光の読み込みが可能なデータページの縮小率の検討を行なう。

### 5. 参考文献

<sup>1</sup> 辻内順平:「ホログラフィー材料・応用便覧」、株式会社エヌティーエス(2007)、P.239～P.266.

<sup>2</sup> 志村努:「ホログラフィックメモリのシステムと材料」、株式会社シーエムシー出版(2006)、P.13～P.57.

<sup>3</sup> 沖野芳弘:「次世代光メモリとシステム技術」、シーエムシー出版(2009)、P.166～P.207.

透過型 Four-Detector-Photopolarimeter の校正法に関する研究

\* 大塚直彦 (東海大学大学院工学研究科光工学専攻) \*\* 渋谷猛久 (東海大学工学部光・画像工学科)

1. 序論

偏光は現在様々な分野で応用されている。偏光現象を利用した光学製品の代表として、液晶ディスプレイが挙げられる。ディスプレイの大画面化や極薄化に伴い、基盤ガラスの偏光測定は高精度かつ高速測定が要求されている。物質に関する情報を調べる方法として偏光解析法(ellipsometry)が広く用いられている。<sup>1</sup>本研究では、Azzamらが開発した反射型FDP(Four-Detector-Photopolarimeter)の原理を応用し、<sup>2</sup>試作された透過型FDPによって測定した光の出力強度に対して行列式による任意の回転軸の選定とキャリブレーションを行い、理想的なストークスパラメーターの推移との誤差を出して校正法として検討することを目的とした。

2. 原理

偏光状態を表す方法として、ストークスパラメーターがある。これは  $S_0, S_1, S_2, S_3$  の4つの成分からなり、それぞれ入射光強度、水平優越分、 $+45^\circ$  優越分、右向き円優越分を表す。これらの成分は装置の特性行列AとFDPによって検出される4つの光強度から求めることができ、以下の式のように表すことができる。

$$S = A^{-1}I \dots (1)$$

ここで求められるストークスパラメーターはポアンカレ球の表面上に表すことができ、楕円率角  $\epsilon$  と方位角  $\theta$  とは以下のような関係がある。

$$\begin{bmatrix} S_0 \\ S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ \cos 2\epsilon \cos 2\theta \\ \cos 2\epsilon \sin 2\theta \\ \sin 2\epsilon \end{bmatrix} \dots (2)$$

3. 実験手順

レーザーから出た光を偏光子と 1/4 波長板を用いて任意の偏光状態をキャリブレーションポイントとして作り、その光の出力強度を、FDPを用いて測定する。測定した光の出力強度からストークスパラメーターを求め、回転行列Bを用いて回転させる方向を、 $\theta$  として<sup>3</sup>、回転軸を変更し新たなキャリブレーションポイントとして測定する。今回はその前段階としてそれぞれのストークスパラメーターにおける出力強度の理想的な推移を理論値として計算を行い、回転軸の変更に伴う精度への影響を検証した。

$$B_{\theta z} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta' & -\sin \theta' & 0 \\ 0 & \sin \theta' & \cos \theta' & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos \epsilon' & \sin \epsilon' \\ 0 & 0 & -\sin \epsilon' & \cos \epsilon' \end{bmatrix} \dots (3)$$

式(3)による回転の様子を Fig.1 に示す。

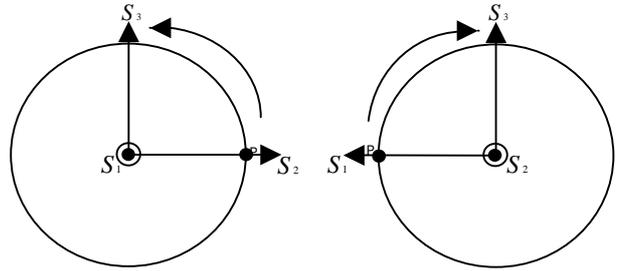


Fig.1 (a)  $S_1$ 軸中心の回転 (b)  $S_2$ 軸中心の回転

4. 結果及び考察

計算より求めたストークスパラメーターと出力強度の理論値から求めた各  $S_i$  におけるストークスパラメーターの誤差  $\Delta S_i$  を Fig.2 に示し、出力強度の理論値から求めたストークスパラメーターを式(3)によって  $\theta = 45^\circ$  の回転を行いその誤差  $\Delta S_i$  を求めた。その結果を Fig.3 に示す。

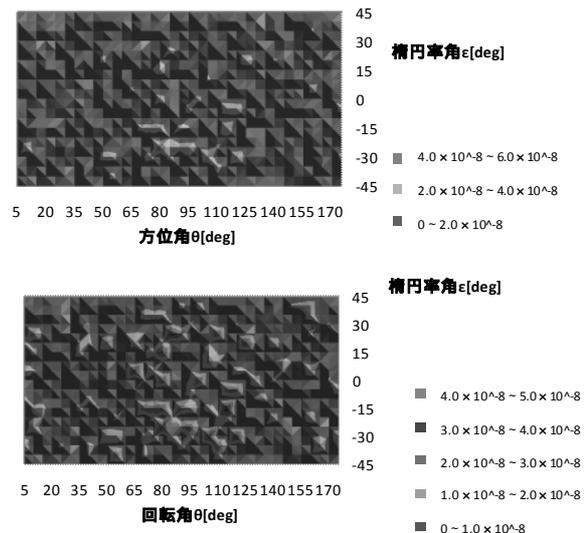


Fig.3 出力強度の理論値から求めた誤差  $\Delta S_i$

上記の結果より、出力強度の理論値から求めた  $S_i$  と  $S_j$  にはほとんど差がないということが明らかになった。よって、回転行列による精度への影響はほぼ無いと言える。今後は実測値を用いて同様のキャリブレーションを行っていきたい。

参考文献

<sup>1</sup>藤原裕之著、「分光エリプソメトリー」、丸善(2003)、P.45~55。  
<sup>2</sup> R.M.A.Azzam: "Mueller-Matrix measurement using the four detector photopolarimeter" Opt,Lett.11,5,(1986).  
<sup>3</sup>石黒浩三,小川智哉,他5名著、結晶光学、森北出版(1975)、P.141~148。

F-2 へ移動

## 長距離伝送用光ファイバーへの引張強度に及ぼす電子線照射の効果

\* 中原 優 (東海大学工学部材料科学科)

川津秀紀、武井廣明 (東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)

利根川昭 (東海大学大学院理学部物理学科) \*\* 西義武 (東海大学工学部材料科学科)

### 【目的】

光ファイバーは電磁気の影響を受けずに極細の信号線で高速信号が長距離に伝送出来る。そのためデジタル通信を中心に多くの通信用途に使用され、図 1 に示すように海底にその光ファイバー・ケーブルを設置し、安定した情報通信を提供している。しかし、光ファイバーは破損しやすく、ケーブルが海中で宙吊り状態になるとトラブルの原因になりやすいため、細心の注意をしながらコンピュータ制御で位置と張力をコントロールして敷設しているのが現状であり、修復時には多大な労力が必要となっている。一方、ガラス製光ファイバーの材料であるシリカガラスは、過去の研究より電子線照射を微小照射行うことにより、衝撃値の向上が確認された。そこで、本研究では電子線照射により、シリカガラスから成るガラス製光ファイバーの強化が出来るのではないかと考え、引張強度の向上を目的とした。

### 【方法】

本研究の試料にはコアとクラッド材がSiO<sub>2</sub>、コアにはGeからなるガラス製シングルモード型光ファイバー (株)フジクラ製 SM.10/125.04.UV) を用いた。試料作製には、長さ 1700 mm、直径 0.25 mm のファイバーを用い、EB照射処理を行い、その後アルミニウム丸棒に巻き、引張試験を行った。また、試料に対するEB照射にはエレクトロカーテンプロセッサ(岩崎電気(株)製)を用いた。EBの照射条件は加速電圧 170 kV、照射電流 2.00 mA、照射線量 0.00~1.17 MGyで行った。EB照射前後の変形抵抗率( $d\sigma/d\varepsilon$ )と引張強度評価には、万能材料試験機(インストロン社製)を用い、引張速度を 5.00 mm/minで行った。

### 【結果】

照射線量により最大引張強度は、1.04 MGy 時に 4.00% 向上した。未処理試料の変形抵抗率は初期変形で最大値を示し、0.30 MGy 以上の電子線照射により変形抵抗率が向上していることが確認出来た。よって、光ファイバーへ電子線を照射することにより強度を向上させることが出来た。

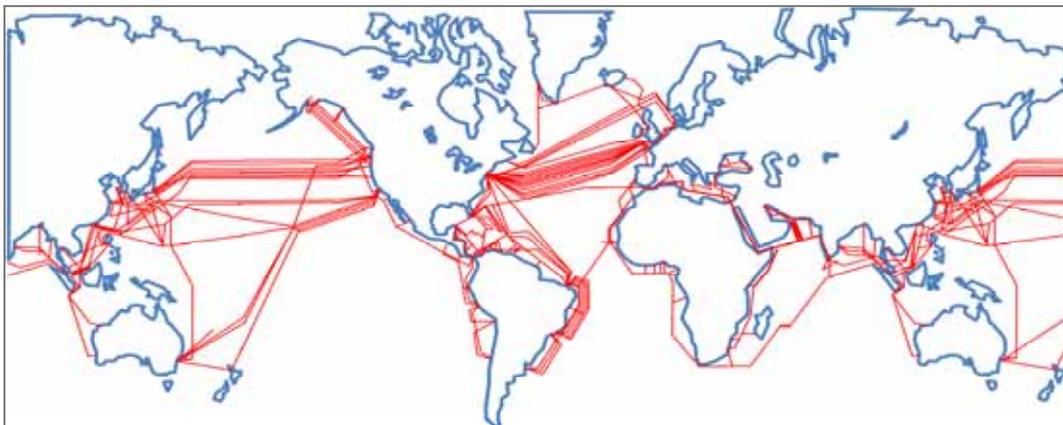


図 1 海底に設置された光ファイバー・ケーブル

## ターゲット形状変化に対する再結合プラズマの基礎特性

\* 小向広泰(東海大学理学研究科物理学専攻)、 梶田貴司(東海大学理学研究科物理学専攻)

飯島貴朗(東海大学理学部物理学科)、 \*\* 利根川昭(東海大学理学部物理学科)、 佐藤浩之助(中部電力)

河村和孝(東海大学)

現在、新しいエネルギー源として開発されている核融合実験炉では、核融合反応によって発生するヘリウム灰を排気するダイバータ装置への熱負荷が問題となっている。その解決方法として中性ガスをプラズマに接触させ、再結合プラズマを生成し、プラズマを急激に冷却させるガスダイバータ方式が考えられている。再結合プラズマとはプラズマの温度が低下することによりプラズマを形成する粒子が電離状態を維持できなくなり消滅していく状態である。しかし再結合プラズマを生成するのに多量の中性ガスをダイバータ付近に導入するため、炉心プラズマへ逆流し、炉心プラズマの性能低下が示唆されている。

そこで、中性ガスの逆流を防止しダイバータ板の熱負荷を低減させるため、ダイバータ構造を変化させた閉構造化とともに接触ガスに不純物を混入させる方法が注目されている。これらの方法は、従来までにシミュレーションにより実証されてきたが、実験的な研究は殆ど実施されていないのが現状である。

そこで本研究の目的は、ターゲットの構造変化に対する再結合プラズマの基礎特性を明らかにすることを目的とする。また、中性ガスに混入させる不純物(Arガス)の割合を変化させたときの影響について調べた。

実験では、ダイバータ模擬装置(TPD-Sheet)の終端部に3種類のターゲットを設置し、ターゲット構造変化に対する電子温度、電子密度、熱負荷測定を行った(図1参照)。同時に水素ガスに微量の不純物ガス(Ar)を混入させたときの基礎特性も調べた。ターゲットの構造は、対向板0mmの場合(傾斜ターゲット)、対向板45mmの場合(V字(45mm))、対向板90mmの場合(V字(90mm))と変化させた。

図2にターゲット構造変化に対するターゲットの熱負荷特性を示す。ターゲット構造を傾斜からV字ターゲットへと閉構造化を増すことにより、熱負荷がより減少していることが分かる。詳細はポスターにて発表する。

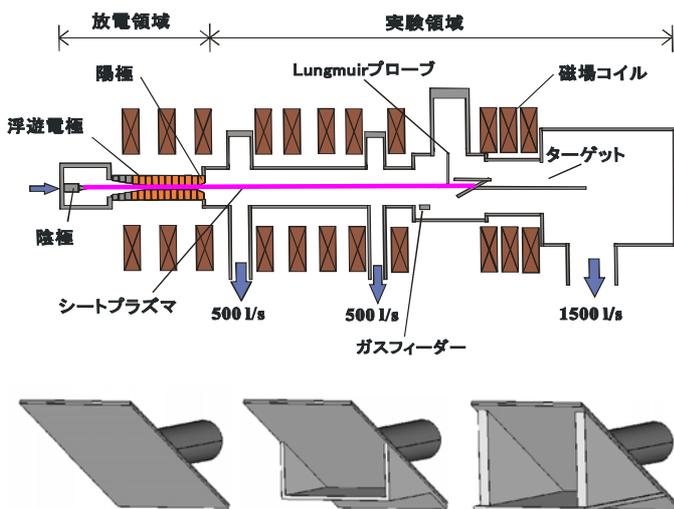


図1 ダイバータ模擬装置(TPD-Sheet)

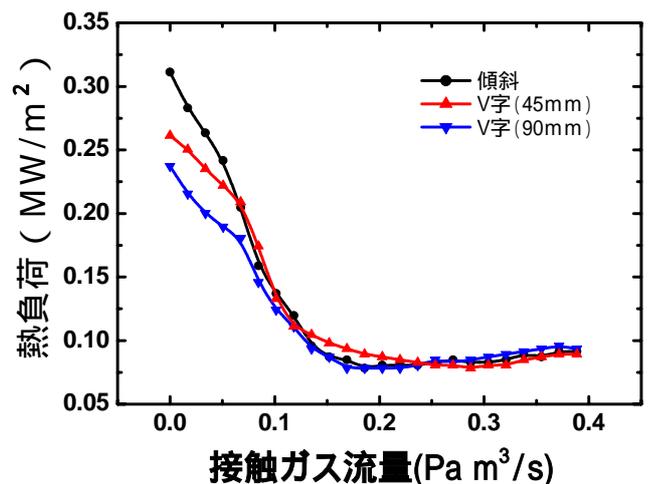


図2 ターゲット構造変化に対するターゲットの熱負荷特性

## パルスプラズマ発生時におけるバルマー系列発光強度の時間特性

\* 嶺直樹 (東海大学理学研究科物理学専攻) 梶田貴司 (東海大学理学研究科物理学専攻)

\*\* 利根川昭 (東海大学理学部物理学科) 佐藤浩之助 (中部電力) 河村和孝 (東海大学)

宇宙でのプラズマや核融合の周辺プラズマでは、時間的に変化するプラズマの流れ (パルスプラズマ流) が存在する。これらのプラズマは、プラズマのエネルギーが等方的な平衡状態から非平衡状態になる。つまり、ある方向に対してマクスウェル分布から大きくずれる可能性がある。これらのプラズマ流を伴う現象は、定常状態で安定なプラズマを不安定なプラズマに発展させる。そのため、パルスプラズマ流の研究は、基礎的にも重要である。

本研究では、時間的に変化するパルスプラズマ流を発生させ、非平衡プラズマでの電子の速度分布関数と発光強度との関係を明らかにすることを目的とする。

パルスプラズマ流は、プラズマ発生装置のプラズマ源の電極の電位をファンクションジェネレータとスイッチング回路を用いて制御し生成する。また、本実験では、強い発光過程を伴う再結合プラズマに着目している。

実験では、生成したパルスプラズマ流を水素のプラズマに入射させ、再結合プラズマから電離プラズマへ遷移する過程を調べた。測定としては、ターゲット板近傍に設置した Langmuir プローブにより電子温度、電子密度、電子の速度分布関数の時間変化を、可視分光器によりバルマー系列発光強度の時間変化を測定した。

図 1 は、放電電流 70A、ガス圧力 1.0Pa、プラズマのパルス幅 0.3ms、磁場強度は 0.1T のときの速度分布関数の時間変化を示す。実験結果として、パルスプラズマ流を入射させたときに高エネルギー電子が発生し、パルスプラズマ流が入射した以降で高エネルギー電子の成分が高エネルギー側で増加しており、非平衡プラズマが生成されていることを明らかにした。図 2 はバルマー系列発光強度  $H$  の時間変化を示す。パルスプラズマ流が入射した際、バルマー系列の発光強度である  $H$  に 2 つの負のスパイク (Negative ELMs) が発生していることを確認した。これらの関係については、電離過程と再結合過程を考慮したモデル計算により比較検討する。詳細は発表にて行う。

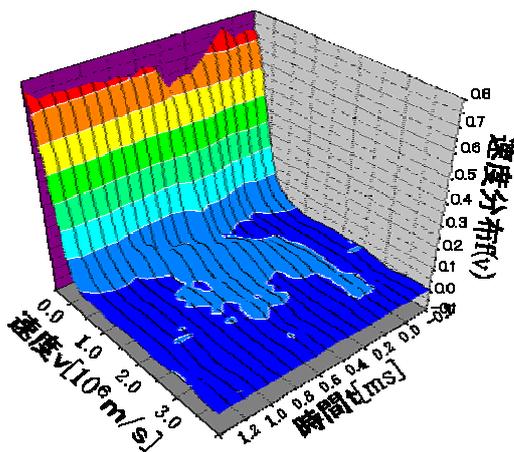


図 1、速度分布関数の時間変化

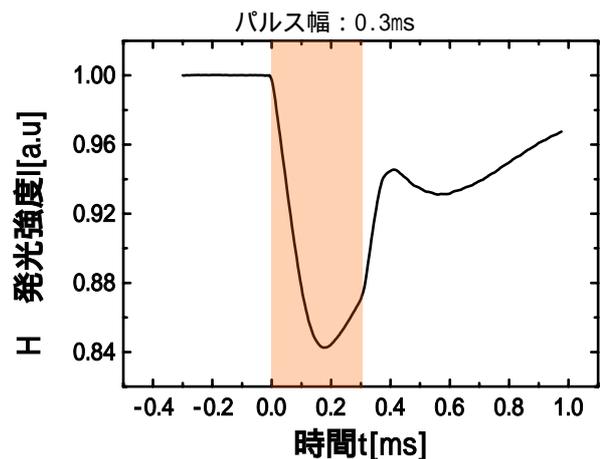


図 2、バルマー系列発光強度  $H$  の時間変化

真空紫外分光法を用いた混合プラズマ中でのH<sub>2</sub>振動温度計測

\*飯島貴朗（東海大学理学部物理学科）、小野智彦（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）

\*\*利根川昭（東海大学理学部物理学科）、河村和孝（東海大学）、佐藤浩之助（中部電力）

核融合装置のダイバータ部や、半導体製造装置内では、水素分子を含む混合プラズマが生成されている。これらのプラズマ内では、水素の振動励起分子が介在する反応過程（電離、解離、再結合等）が発生するといわれている。その際、水素分子の振動励起状態によって反応断面積が大きく異なるため、水素分子の振動状態を示す振動温度を知ることが反応過程の解明には重要となる。本研究では、核融合ダイバータ等で発生するヘリウムと水素の中性ガスが混在したプラズマを模擬し、水素分子の振動温度を真空紫外分光法により計測することを目的とする。

水素分子の真空紫外領域の発光は一重項遷移により生じる。水素分子のポテンシャル曲線を図1.に示す。分子のエネルギー状態は振動状態によりバンド構造になっており、各電子状態で離散的なエネルギー状態を持つ。電子衝突により電子基底状態  $X^1\Sigma_g^+$  から各エネルギー準位へと励起する。この励起した分子が脱励起することにより光を放出する。 $B^1\Sigma_u^+ \rightarrow X^1\Sigma_g^+$ の放射を Lyman Band、 $C^1\Pi_u \rightarrow X^1\Sigma_g^+$ の放射を Werner Band という。波長域はそれぞれ、85nm~165nm、85nm~130nm である。さらに  $D^1\Pi_u \rightarrow X^1\Sigma_g^+$ 、 $EF^1\Sigma_g^+$  から  $B^1\Sigma_u^+$  へのカスケード、輻射捕獲による光吸収を考慮してコロナモデルより理論スペクトルを計算した。理論スペクトルと実験スペクトルとをフィッティング解析することにより振動温度を求めることができる。

実験に用いた直線型プラズマ発生装置 TPD-sheet の概念図を図2.に示す。放電領域において放電電流 35A、磁場強度 0.098Tで水素プラズマや水素ヘリウムプラズマを生成し、実験領域においてガス導入部から水素ガスを接触させ再結合プラズマを生成する。同時に、Langmuirプローブにおいて電子温度 $T_e$ 、電子密度 $n_e$ を、真空紫外分光器によって真空紫外光を測定した。接触ガスの流量を調整しガス圧を変化させたところ、水素プラズマでは 5000K~1000K、水素-ヘリウム混合プラズマでは 5000K~1500Kとなった。詳細は発表にて行う。

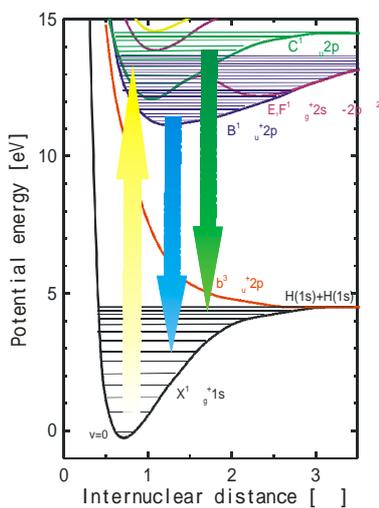


図1.水素分子ポテンシャル曲線

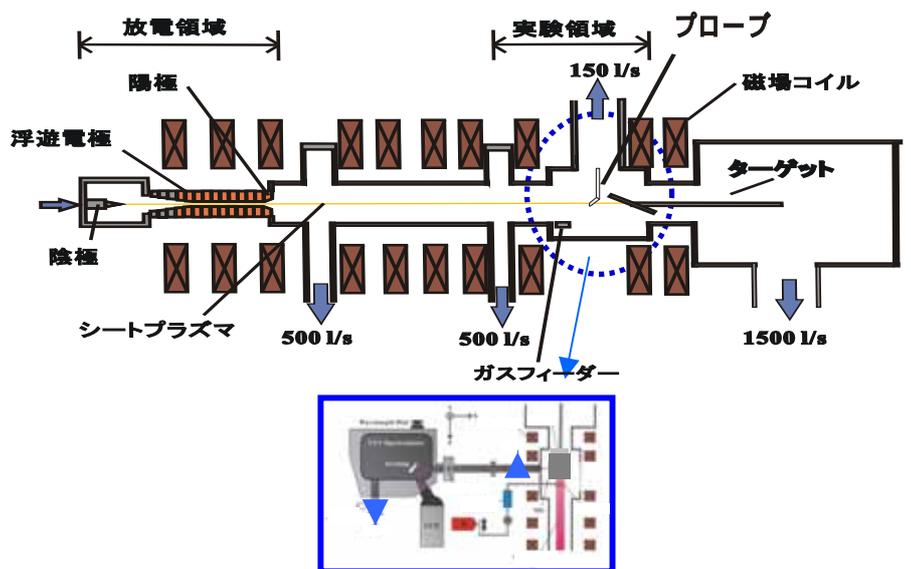


図2. 実験装置概略図

## 混合シートプラズマにおけるイオンの選択的加熱・分離実験

\*濱田大樹（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、熊本祥大（東海大学理学部物理学科）、\*\*利根川昭（東海大学理学部物理学科）、河村和孝（東海大学）、佐藤浩之助（中部電力）

プラズマ中のイオンを加熱・分離することにより、核融合燃料として利用可能な<sup>3</sup>Heの同位体分離や、核融合炉内でのヘリウム灰の選択的廃棄、使用済み光ファイバーの再利用などの不純物除去やプラズマエンジンへの応用が可能であると考えられている。

本研究室では、イオンサイクロトロン共鳴(ICR)法というイオンの加熱法に着目している。ICR法とは、イオンの回旋周波数がイオン種ごとに異なるという特性を利用して、加熱・分離したいイオンのサイクロトロン周波数と同程度の高周波電場をプラズマに印加し、共鳴現象を起こすことで特定のイオンだけにエネルギーを与え加熱する方法である。また、シートプラズマは通常の円柱状のプラズマとは異なりイオンの回旋中心がプラズマ中心部に集中しているため、イオンの衝突による分離効率の低下を軽減し、また、空間的にも分離しやすい形状であり、加熱・分離するには適したプラズマ形状である。

そこで本研究では、シートプラズマ生成装置(TPD-Sheet)により生成したHe-H<sub>2</sub>混合のプラズマに、Heイオンのサイクロトロン周波数と同程度の高周波電場を印加することによりHeイオンの分離実験を行うことを目的とする。

高周波電極部と分離回収ボックスの概念図を図1に示す。回収ボックスは、加熱されたHeイオンを高濃度で回収できるような2重のスリットからなる箱型の構造になっている。回収したイオンは、回収ボックス上部に設置した四重極子型質量分析器(Q-mass)により検出する。また、Heイオンの加熱を検証するため、プラズマインピーダンス計測も同時に行った。このプラズマインピーダンスを測定することでプラズマ中に浸透した電場を擬似的に求めることができる。図2にQ-massにより測定した各種イオンのスペクトルを示す。加熱用の高周波電源の電力は、0Wから400Wまで変化させた。この結果より、高周波電力を増加させるとヘリウムイオンのピーク値が増加し、選択的分離を確認することが出来た。詳細はポスターにて報告する。

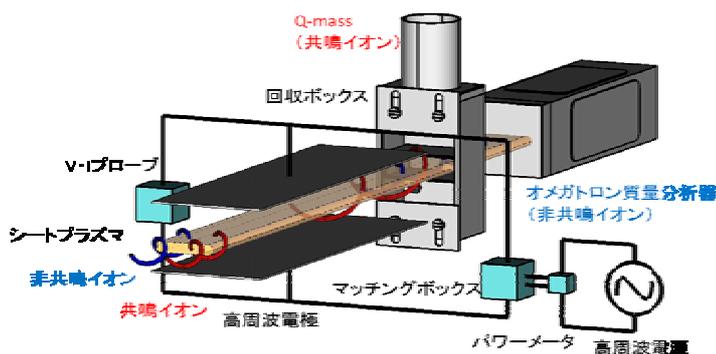


Fig. 1 実験装置

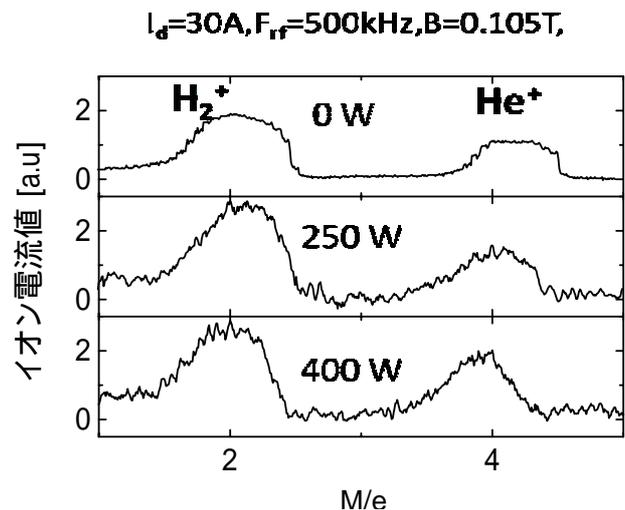


Fig.2 Q-mass による各イオンのスペクトル

## 低コスト航空機用サンドイッチ複合材料(CFRP/PC/CFRP)の衝撃値の評価

\*土倉直也(東海大学工学部材料科学科)、難波真一郎(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、  
山本達也(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、\*\*西義武(東海大学工学部材料科学科)

### 【目的】

CFRP は軽量かつ高比強度であることから航空機体材料などに用いられている。しかし、炭素繊維の値段が高く、他の動力機械への普及を遅らせているといった問題がある。一方、本研究室では過去に表面材に CFRP を用い、心材に ABS 樹脂を用いたサンドイッチ複合材料(CFRP/ABS/CFRP)の作製を行い、CFRP 単体とほぼ同等の衝撃値を示したことを確認している。この結果より、サンドイッチ複合化による CFRP のコスト削減の可能性を見出している。しかし、航空機体材料として用いるうえでは、バードストライクなどに代表される動的破壊に対し、更なる衝撃値の向上を図ることが重要であると考えられる。そこで本研究では、心材部分に ABS 樹脂よりも高い衝撃値を示すポリカーボネード(PC)樹脂を使用した。また表面材と心材間の剥離破壊を防ぐ目的で接着フィルムを用いて接着力の向上を図り、高い衝撃値を示すサンドイッチ複合材料(CFRP/PC/CFRP)の作製を行った。さらに実際に使用される環境を想定して、各温度(77 K, 200 K, 300 K, 323 K, 373 K, 403 K)でシャルピー衝撃試験を行うことで、その機械的特性を評価することを目的とした。

### 【方法】

サンドイッチ複合材料の表面材にクロスプリプレグ((株)三菱レイヨン製)を使用し、心材に PC(タキロン(株)製)樹脂を使用した。また、表面材と心材との接着界面にはエポキシ系接着フィルム((株)GH クラフト製)を使用した。試料作製はオートクレーブ成型(加熱温度: 403 K、加熱時間: 2 h、到達真空度: 1~10 Pa)を行った。その後、シャルピー衝撃試験機((株)島津製作所製)を用いて各温度(77 K, 200 K, 300 K, 323 K, 373 K)においてシャルピー衝撃試験を行った。

### 【結果】

CFRP/PC/CFRP は CFRP 単体と比較して少ない繊維含有率にも関わらず、300 K において約 30 %高い衝撃値を示した。また全ての温度条件において、CFRP よりも高い衝撃値を示すことを確認した。その結果、CFRP/PC/CFRP が高強度かつ低コストである材料としての価値を見出し、航空機体材料として有用な CFRP の代替材料としての有用であることを確認した。

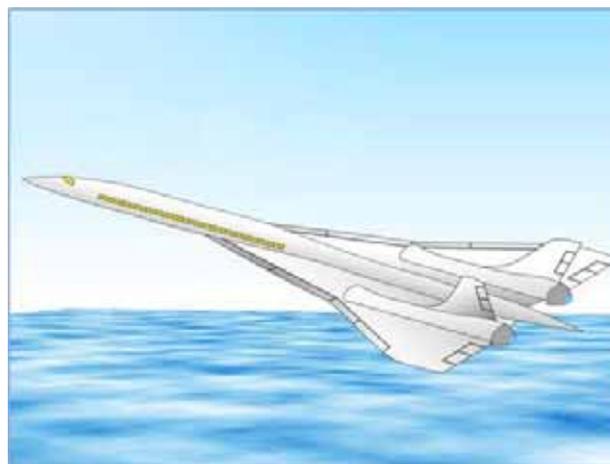


図1 サンドイッチ複合材料を用いた航空機の概観図

## 溶媒キャスト法を用いた自動車用 CFRTP の機械的性質の評価

\* 瀧口将生 (東海大学工学部材料科学科)、飯塚翔太 (東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)  
 山本達也 (東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、武井廣明 (東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)  
 \*\* 西鎌武 (東海大学工学部材料科学科)

### 【目的】

現在、資源の枯渇・環境問題などから自動車の燃費向上が求められており、車体の軽量化のために、軽量・高強度な炭素繊維強化樹脂 (CFRP) が注目されている。しかし、現状の CFRP は製作コストが高く、破壊靱性や衝撃特性、リサイクル性にも課題があるとされている。これらの課題は、現在、主に母材に使用されている熱硬化性樹脂の代わりに熱可塑性樹脂を用いることで解決される可能性があると考えられている。だが、熱可塑性樹脂は粘度が高いため成形性が悪く、長繊維を使用した CFRP はほとんど実用化できていない。

一方、過去の研究により ABS 樹脂に対して有機溶媒を加え成型する溶媒キャスト法を使用することにより複合材料を作製できることが報告されている。この研究から溶媒キャスト法は使用する溶媒の量により粘度を容易に制御可能なことが確認されている。そこで本研究では、溶媒キャスト法を使用することで、母材に熱可塑性樹脂の ABS 樹脂、強化繊維に長繊維の炭素繊維を用いた炭素繊維強化熱可塑性樹脂 (CFRTP) を作製し、機械的性質の評価・検討を行った。

### 【方法】

試料は母材に株式会社セコン三木製の ABS 樹脂、溶媒に和光純薬工業株式会社製のアセトン、強化繊維に東レ株式会社製の炭素繊維 (T800HB-12k) を使用した。まず、試料作製のために溶媒のアセトンを用いて ABS 樹脂を溶解し、キャスト液を作製した。その後、キャスト液に対して 50vol % の割合で炭素繊維を混合し、ポリプロピレン (PP) 製の鋳型に圧入した。その後、常温にて乾燥した試料を 80 × 10 × 2 mm の試験片に加工した。機械的性質の評価として株式会社島津製作所製のシャルピー衝撃試験機を使用して衝撃試験を行った。今回の試験では、常温において試験片の破断が難しくシャルピー衝撃値が算出できなかったため、JIS K 7077 を参考に、液体窒素を使用して 77 K (-196 ) の温度下でシャルピー衝撃試験を実施した。試験は低温を保つために試験片をアルミ箔製の容器で包み液体窒素に浸しながら行った。

### 【結果】

溶媒キャスト法を使用することにより、ABS 樹脂を母材とした長繊維の CFRTP が作製可能であることを確認した。さらに、一般的な熱硬化性樹脂であるエポキシ樹脂を母材とした CFRP と機械的性質の比較を行った結果、同程度のシャルピー衝撃値を確認することができた。

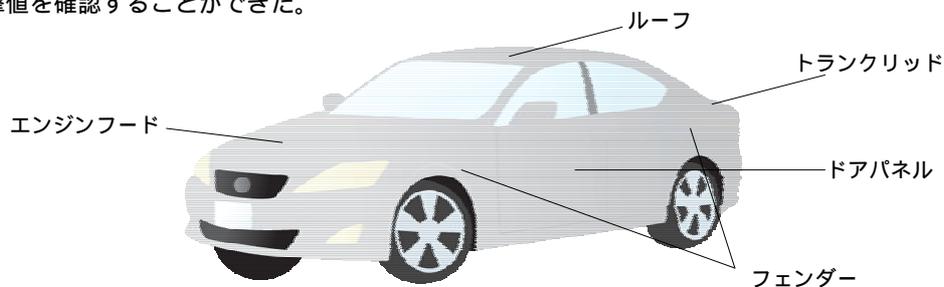


図 1 溶媒キャスト法を用いた CFRTP の自動車への使用部品

## 住環境中ホルムアルデヒドの高感度モニタリングを目的とした生化学式ガスセンサ

\*山下俊文(東京医科歯科大学大学院 歯学総合研究科)、板橋玄(東京医科歯科大学大学院 生命情報科学教育部)、  
月精智子(東京都立産業技術研究センター、東京医科歯科大学大学院 歯学総合研究科)  
宮島久美子、高橋大志、荒川貴博、工藤寛之、\*\*三林浩二(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)

### 【はじめに】

建材や家具に含まれるホルムアルデヒドはシックハウス症候群の原因物質として知られており、世界保健機構(WHO)は室内濃度指針値を80 ppbと定めている。しかし、実際には約50 ppbのホルムアルデヒドの長期的な暴露で小児アレルギーのリスクが増加するとの報告もされている。これより生体への安全が確保できる濃度領域を20 ppb以下と考えるが、既存の技術ではモニタリングすることができない。本研究では、ホルムアルデヒドと特異的に反応する formaldehyde dehydrogenase(FALDH) を用いて、その反応生成物である還元型 nicotinamide adenine dinucleotide(NADH) を連続的に蛍光検出する高感度光ファイバ型バイオセンサを開発した。

### 【実験方法】

本センサの構成及び評価実験系を図1に示す。本センサでは、以下の反応により生成された還元型 NADH (励起波長:340 nm、蛍光波長:491 nm) を検出することで、ホルムアルデヒド濃度を定量した。



光ファイバプローブの先端に FALDH 固定化膜を導入したフローセルを装着し、ホルムアルデヒド用バイオセンサとした。なお、気相系におけるモニタリングの実現のため、リン酸緩衝液の循環装置をフローセルに組み込み、補酵素の供給、反応生成物の除去、そして酵素の失活の防止を行った。励起光源には UV-LED( $\lambda=335$  nm) を使用し、得られた蛍光を光電子倍增管(PMT) で検出した。各濃度のホルムアルデヒド標準ガスをセンサ感応部に負荷して、本センサの特性を評価した。続けて、室内の空気を負荷することで本センサの有用性について確認した。

### 【結果及び考察】

各濃度のホルムアルデヒド標準ガスを負荷した結果、ガスの負荷に伴う出力の応答と濃度に応じた蛍光出力が確認された。本センサの定量特性について評価したところ、世界保健機構の指針値の80 ppbを含む2.5~15000 ppbの範囲のホルムアルデヒドの定量が可能であった。続けて、室内の空気を直接センサに負荷した結果、室内の空気の負荷に伴う出力の応答と約15 ppbのホルムアルデヒドが検出され、本センサの住環境におけるホルムアルデヒド測定への有用性が確認された。

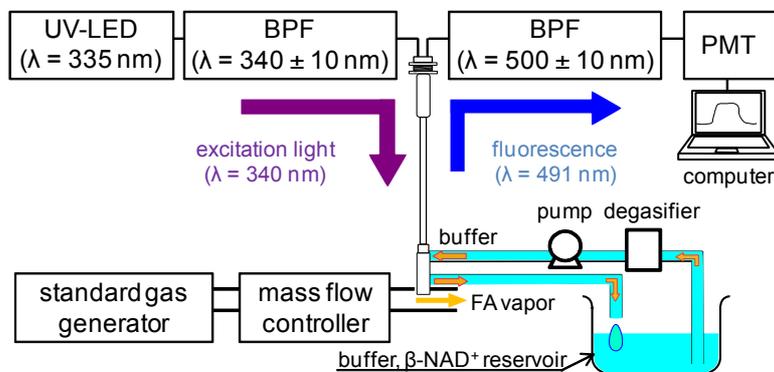


図1. ホルムアルデヒドガス計測用実験系

## 生体適合性ポリマーを用いたアルコール用フレキシブルセンサ

\*神白匠、白井隆行、矢野和義（東京工科大学大学院 バイオ・情報メディア研究科）

初明星（東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科） 平沼義貴（日本大学大学院 応用分子化学研究科）

高橋大志、荒川貴博、工藤寛之、\*\*三林浩二（東京医科歯科大学 生体材料工学研究所）

### 【はじめに】

生体の化学情報計測は、疾患の早期発見や治療、そして予防医療において重要である。既存の測定法は拘束性を伴うため、被験者に計測を意識させない計測法が求められる。例えば、皮膚に貼り付けるだけで各種生体情報を計測できるセンサがあれば、被験者への負担が少ない計測法が期待できる。一方、飲酒後には皮膚からアルコールガスが放散されることが報告されている。そこで本研究では、柔軟性に優れた機能性高分子に MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)技術を適用することで、経皮的にアルコール計測することを目的としたフレキシブルバイオセンサを構築した。

### 【実験方法】

アルコール用バイオセンサは、フレキシブル電極の感応部にアルコール酸化酵素(alcohol oxidase, AOD)を固定化し作製した。フレキシブル電極の作製では、polydimethylsiloxane(PDMS)膜上に Pt 及び Ag をスパッタ装置によりパターン成膜した。AOD 固定化膜は、親水性 PTFE 膜上に光架橋性樹脂と AOD の混合溶液を塗布し、蛍光灯を 2 時間照射することで作製した。そして、生体適合性の poly(MPC-co-EHMA) (PMEH)を用いて AOD 固定化膜を電極の感応部に接着することでフレキシブルバイオセンサとした。バイオセンサの特性評価では、センサ感応部をリン酸緩衝液に浸漬した後、ポテンシオスタットで Pt 電極に+400 mV v.s.Ag/AgCl の定電位を印加し、エタノール溶液の負荷に伴う出力電流値の変化を計測した(Fig.1)。

### 【結果及び考察】

作製した電極は母材である PDMS の特性に基づき柔軟性に富み、曲げ負荷に対しても電極の剥離等は観察されなかった。また、酵素反応の生成物である過酸化水素を 0.05 - 7.00 mmol/l の範囲で定量可能であった。バイオセンサの特性を溶液系で評価したところ、エタノールの滴下に対して著しい出力の増加が観測され、エタノール濃度に応じた出力定常値が得られた。今後はフレキシブルバイオセンサを皮膚に貼付し、飲酒後の経皮アルコールガス計測へと展開する。

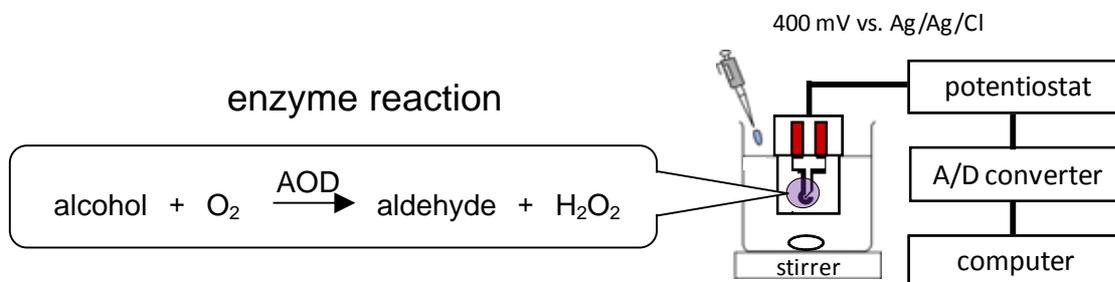


Fig.1 アルコール用フレキシブルセンサの特性評価実験

## 生体適合性ポリマーを用いたウェアラブルグルコースセンサに関する研究

\*入江祐一、矢野和義（東京工科大学 応用生物学部 応用生物学科）

初明星（東京医科歯科大学大学院 歯学総合研究科）、平沼義貴、平松秀夫（日本大学大学院 応用分子化学専攻）

高橋大志、荒川貴博、工藤寛之、\*\*三林浩二（東京医科歯科大学 生体材料工学研究所）

### 【はじめに】

生体から分泌される汗や唾液などの成分には、疾患や生理的状态を反映する様々な情報が含まれており、これらの成分を簡便に調べることで医療診断や口腔衛生、ホームヘルスケア等に利用できるものと期待される。特に眼部の涙液中には、多くの生化学情報が含まれており、バイオモニタリングに有望な部位である。例えば、涙には血糖値の 1/10 程度のグルコースが含まれ、その濃度変化は約 5 分遅れで血糖値に追従することが知られている。つまり、涙液グルコースを連続計測できれば、非侵襲にて血糖値を評価できるものと期待される。そこで本研究では、生体適合性を有する機能性高分子に Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) 技術を適用することで、涙液成分の非侵襲バイオモニタリングを目的としたウェアラブルバイオセンサの構築と特性評価を行った。

### 【実験方法】

センサの作製ではまず、ダミーウエハ上にスピニングにて、ポリジメチルシロキサン (polydimethylsiloxane, PDMS) 薄膜を形成した。次に、レーザ加工機にて作製した 2 種の薄型ステンシルマスクを用いて、白金と銀の薄膜をスパッタリング法にて任意のパターンへと形成した。さらに電極感応部以外を PDMS で被覆し、絶縁化した後、塩化処理にて銀/塩化銀とし、過酸化水素検出用のフレキシブル電極とした。センサの特性評価では、リン酸緩衝液を満たしたビーカーに電極の感応部を浸漬し、ポテンショスタッドでカソードに +400 mV vs. Ag/AgCl の定電位を印加し、過酸化水素溶液の滴下に対する出力電流値の変化を計測した。

また酵素の固定化材料として、高い生体適合性を有する 2-メタクリロイルオキシエチルホスホリルコリンとメタクリル酸 2-エチルヘキシルをラジカル重合させて合成した、poly(MPC-co-EHMA) (PMEH) を用いた。エタノール溶媒に PMEH を溶解し、グルコース酸化酵素 (glucose oxidase, GOD) と混合した酵素溶液をフレキシブル電極の感応部上に塗布し、4 時間で 2 時間乾燥させることで GOD を包括固定化し、ウェアラブルグルコースセンサとした。特性評価では、過酸化水素と同様の実験系でグルコース溶液の負荷に伴う出力電流値の変化を計測した。

### 【結果及び考察】

センサの特性評価を行った結果、過酸化水素及びグルコース共に、濃度に応じた安定した出力増加が観察された。過酸化水素では 0.01 ~ 10.0 mmol/l の範囲で定量が可能であった。またグルコースについては、健常者の涙液グルコース濃度である 0.14 mmol/l を含む、0.03 ~ 3.0 mmol/l の範囲で定量が可能であった。今後はセンサをコンタクトレンズ形状に改良し、眼部における in-situ モニタリングへと展開する。

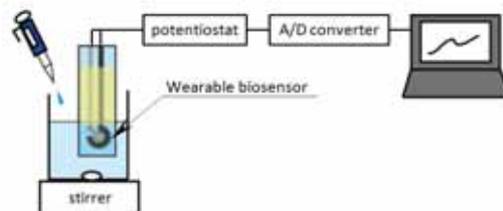


図 1. ウェアラブルバイオセンサの特性評価実験系

## 脳波を用いた障害者向け情報入力方式に関する基礎的検討

\* 木村達洋（東海大学開発工学部情報通信工学科）、能孝明（東海大学大学院開発工学研究科医用生体工学専攻）、鈴木大輔（東海大学開発工学部医用生体工学科）、宮本泰介（東海大学開発工学部医用生体工学科）、金井直明（東海大学開発工学部医用生体工学科）、大島浩（東海大学開発工学部医用生体工学科）、岡本克郎（東海大学開発工学部医用生体工学科）、田所裕之（東海大学開発工学部医用生体工学科）、山崎清之（東海大学開発工学部医用生体工学科）

1. はじめに 運動神経の変性疾患などで完全に運動機能を失った患者にとって、意思を周囲に伝えることは非常に困難で、わずかに残存する瞬きなどの運動を手がかりとしてきた。そこで、本研究では被験者から測定した脳波を処理して、グラフィカルなパタンに変換してフィードバックすることで、特定の脳波の状態を意図的に生じさせる可能性を検討した。

2. 方法 被験者は健常成人1名とし、脳波計測は国際10-20法により、頭皮上3か所（Fz, Pz, Oz）に探查電極を装着し、前額部にアース電極、両耳朶に基準電極を配置した。脳波電極は生体用増幅器（Medi-104M）に接続し、データレコーダ（PowerLab:ADINSTRUMENTS）にて128Hzでリアルタイム計測を行った。

### （1）リアルタイムスペクトルフィードバック法

上記方法で得られた脳波を、0.5秒毎にフーリエ解析を行い、5Hz～15Hzの合計パワーに対する割合、および20Hz～40Hzの合計パワーに対する割合を算出した。さらに得られた各パワー割合を散布図としてプロットし被験者にモニターを通してフィードバックした。被験者には安静状態や計算問題を解かせるなど、様々な精神状態を作りながらプロットの位置を確認させ、自由に動かせるように訓練させた。

### （2）点滅刺激を用いた脳波引き込み法

被験者の正面に刺激提示用モニターを配置し、5Hzと15Hzの白黒反転刺激を同時に提示した。その際、以下の条件で脳波計測を行い、FFTによりスペクトル解析を行った。各条件は5Hzの刺激に注意を向ける、15Hzの刺激に注意を向ける、コントロール条件として点滅していない画面を提示した状態、の3パターンとした。得られた脳波より、各条件下で4Hz～6Hzのスペクトルのパワーと14Hz～16Hzのスペクトルのパワーについて検討を行った。また、10Hz程度の波帯域での点滅刺激で、てんかん発作を起こす可能性があることが報告されている。本実験では10Hzの刺激は使用していないが、被験者には少しでも体調に異常を感じた場合はすぐに中止することを指示した。

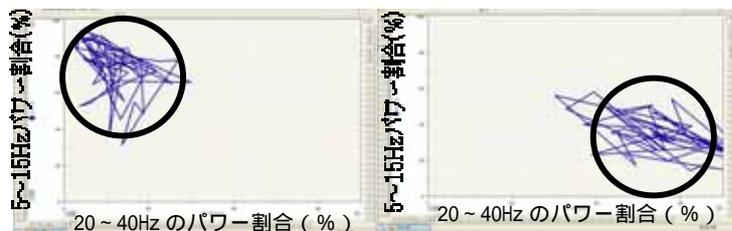
## 3. 結果と考察

### （1）リアルタイムスペクトルフィードバック法

Fig.1に被験者にフィードバック提示した散布図を示した。(a)は画面左上にプロットするように指示した際の散布図で、(b)は画面右下にプロットするように指示した際の散布図である。これを見るとある程度指示通りにプロットでき、2値弁別の意味表示が可能であることが示唆された。これは、安静状態で観察される波と活動状態で観察される波を自発的にコントロールできたと考えられ、今後は複数の脳波計測箇所を独立にコントロールできる可能性について検討する予定である。

### （2）点滅刺激を用いた脳波引き込み法

Fig.2は各条件下での、Ozにおける4Hz～6Hzのスペクトルのパワー割合を示したものである。これを見ると5Hzの点滅に注目した際に脳波スペクトルも引き込まれているのが確認できる。これは、被験者の注意を計測できたことを意味しており、今後、福祉的な利用に応用できると考えられる。今回は15Hzの点滅や他の計測部位における引き込み現象は確認できなかったが、今後は他の点滅周波数や計測部位など、より詳細な検討を行う予定である。



(a)左上へのプロット指示

(b)右下へのプロット指示

Fig.1 各指示パターンでのフィードバック情報

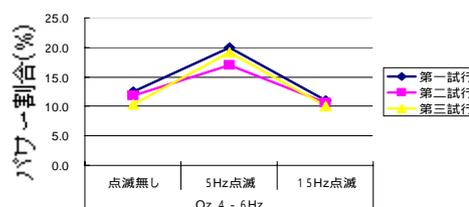


Fig.2 Ozにおける4～6Hzのパワー割合

**Acknowledgement** 本研究は東海大学2009年度学部等研究教育補助金を受けて実施した。

## ヒューマンインタフェースの情報提示様式における ERP の P300 を用いた基礎的検討

\* 鈴木胤紗（東海大学開発工学部情報通信工学科）、熊谷優莉（東海大学大学院開発工学研究科医用生体工学専攻）、能孝明（東海大学大学院開発工学研究科医用生体工学専攻）、大島浩（東海大学開発工学部医用生体工学科）、田所裕之（東海大学開発工学部医用生体工学科）、山崎清之（東海大学開発工学部医用生体工学科）  
 \*\* 木村達洋（東海大学開発工学部情報通信工学科）

### 1. はじめに

事象関連電位(Event Related Potential: ERP)の P300 は Sutton らによって 1965 年に始めて報告され、刺激後約 300msec に出現する陽性脳電位である。これは、たとえば oddball 課題のように、被験者に低頻度刺激と高頻度刺激の両方をランダムに与え、低頻度刺激を数えさせるなどの課題遂行に関連して出現する脳電位である。P300 と短期記憶の検索等、高次な認知機能との関連については多くの報告がある。

一方、インタフェースとは人と人工物との情報授受を担うもので、インタフェースとヒトとの整合性が低いとユーザに負担を強いることすらある。今後は加齢による認知機能低下を考慮したインタフェース設計が必要になると考えられる。ユーザの認知機能に対応した情報提示が行えるならば、非常に負担の少ないシステムの構築が可能である。

そこで、P300 を用いた年代ごとの認知機能評価を生かした情報提示様式の基礎的検討として、記憶テストと P300 計測を行い、両者の関連性の解析を行った。

### 2. 方法

被験者は、健康成人(年齢 20 代～70 代)とした。脳波計測の測定電極は国際 10-20 法により、頭皮上 3 か所(Fz,Cz,Pz)に探查電極を装着し、前額部にアース電極、両耳朶に基準電極を配置した。ERP の測定には脳波誘発電位計測装置(VikingQuest:VIASYS)を使用し、付属ヘッドホンを通じて聴覚 oddball 課題を発生させた。非標的刺激(高頻度刺激)は、純音 1000Hz・加算平均 100 回、標的刺激(低頻度刺激)は、純音 750Hz・加算平均 25 回とし、両刺激強度は 70dB とした。

実験課題は 2 つのブロックで構成され、第 1 ブロックでは聴覚 oddball 課題による ERP の測定、第 2 ブロックでは、記憶負荷として 20 個の単語の一般名詞暗記後に聴覚 oddball 課題による ERP を測定し、測定後に暗記させた単語を回答させた。

### 3. 結果と考察

すべての被験者において第 1・第 2 ブロック時に標的刺激に対する P300 が出現することが認められた。また、第 1 ブロック(記憶負荷無し条件)時に比べ、第 2 ブロック(短期記憶課題有り条件)において、P300 の振幅が増大する傾向が観察された。また、刺激後 P300 が出現するまでの時間(潜時)においては、記憶課題無しの場合に比べ変化が生じるが、被験者により増大する場合や減少する場合の両方が認められた。Fig.1 には代表的なものとして 20 代、40 代の P300 成分の比較を示した。

### 4. 結論

本研究において、短期記憶課題による負荷が ERP の P300 形成に影響を及ぼしていることが示された。短期記憶機能は、加齢や認知症の鋭敏な指標となる可能性があるため、P300 を応用した評価法の確立が期待される。

将来的には P300 による評価法を用いて、ユーザの認知レベルに応じた情報提示を行うことのできるインタフェース開発に応用できる可能性がある。

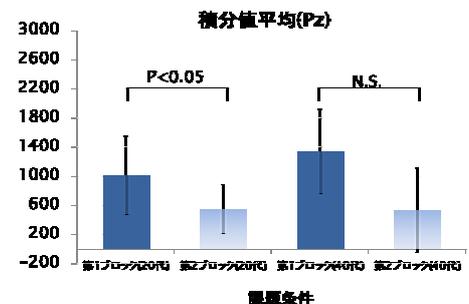


Fig.1 20代、40代の P300 成分の積分値

## ホルター心電図における心拍変動解析法を用いた自律神経機能の評価 健常者及び頻脈の患者を対象とした検討

\*中村洋志(東海大学開発工学部医用生体工学科)、満間大介(東海大学開発工学部医用生体工学科)、大島浩(東海大学開発工学部医用生体工学科)、山崎清之(東海大学開発工学部医用生体工学科)、岡本克朗(東海大学開発工学部医用生体工学科)、田所裕之(東海大学開発工学部医用生体工学科)、\*\*木村達洋(東海大学開発工学部情報通信工学科)

### 1 はじめに

ホルター心電計は心機能を長時間にわたり記録するために用いられる。装置は小型軽量で日常生活を自然に送りながら心電図を記録することができる。心電図 R-R 間隔は身体運動などの負荷や精神活動によって変動するが自律神経系機能のリズムによっても変動しており、心拍ゆらぎの周波数分布には主として呼吸性的の変動成分と血圧変動に伴う変動成分があることが知られている。本研究では 24 時間記録されたホルター心電図から R-R 間隔を抽出し、その変動を周波数分析し、自律神経機能の日内変動の観察を試みた。

### 2 実験方法

4 名の健常成人大学生及び解析に文書にて了解を得た頻脈の患者 2 名を被験者とし、胸壁に電極を装着し、ホルター心電計を携行させ、普段どおり生活するよう指示した。激しい運動など特別な行動があった場合は時刻とともにボタン押しにより記録させた。患者に対しては頻脈の治療薬として 遮断薬(ピソプロロールフマル酸塩 2.5g)を計測中に経口投与した。得られた心電図から R-R 間隔を抽出し、作成した不等間隔心拍変動時系列から、等間隔で再サンプリングを行い、等間隔心拍変動時系列を作成した。次にこれを FFT により周波数分析してパワースペクトルを計算した。低周波成分(LF)を 0.05~0.12Hz、高周波成分(HF)を 0.12~0.4Hz としてパワースペクトルを積分し、時間変動を観察した。

### 3 結果と考察

Fig.1 に健常被験者の HF 及び LF/HF を時間軸上にプロットした。HF 成分は副交感神経の活動を、LF/HF は交感神経の活動を反映していると考えられている。今回の実験では副交感神経と交感神経が拮抗的に推移している区間と両者が複雑に推移する区間が観察された。人の自律神経系において、副交感神経と交感神経は活動状況や、心身の状態などによって異なったパターンになると考えられる。

Fig.2 に洞性頻脈の患者の HF 及び LF/HF を示した。この被験者の場合、遮断薬服用後、急速に心拍数は低下し HF が急速に上昇して高い値を維持した。一方、糖尿病を合併した頻脈の患者では 遮断薬を用いても心拍の低下は認められなかった。このことにより、心拍変動解析は疾患を有する患者の自律神経の機能を評価するのに有効な手段であると考えられる。

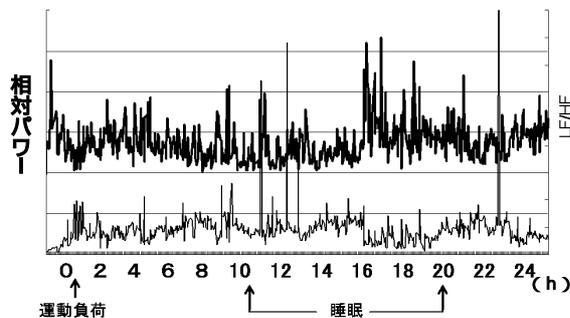


Fig.1 健常被験者の自律神経機能指標

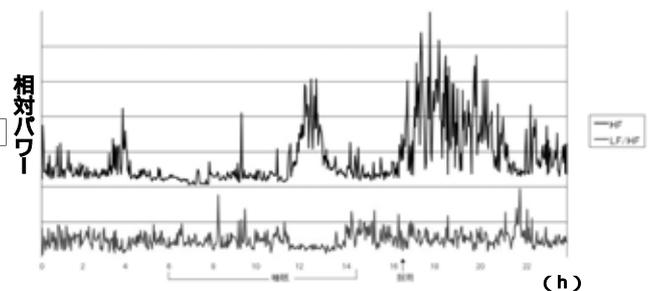


Fig.2 洞性頻脈患者の自律神経機能指標

## ラット脳波・行動観察の24時間計測システムの構築

\*宮本泰介(東海大学開発工学部医用生体工学科)、木村達洋(東海大学開発工学部情報通信工学科)、鈴木大輔(東海大学開発工学部医用生体工学科)、高田峻佑(東海大学開発工学部医用生体工学科)、矢崎幸児(東海大学開発工学部医用生体工学科)、早坂明哲(日本医科大学情報科学センター)、伊藤高司(日本医科大学情報科学センター)、金井直明(東海大学開発工学部医用生体工学科)、山崎清之(東海大学開発工学部医用生体工学科)、岡本克郎(東海大学開発工学部医用生体工学科) \*\*田所裕之(東海大学開発工学部医用生体工学科)

### 1. はじめに

我々はラットを用いて脳波・誘発電位を中心とした神経機能研究用の電気生理学モデルの開発を行ってきた<sup>(1)</sup>。しかし、これまでの方法では、覚醒状態での測定において、体動によるノイズや電極接続上の問題が多発した。そこで本研究では、長期間の慢性実験に対応し覚醒下での測定が行えるようにコネクターを用いた電極接続方法を開発し脳波(EEG)・眼電図(EOG)・心電図(ECG)を測定した。さらに、測定中の行動観察を試みた。

### 2. 実験モデル作成

本実験では、11~14週齢の2匹のWistarラット(205~310g)を用いた。ペントバルビタール40mg/kgを腹腔内投与し麻酔を導入し頭蓋骨を露出させた。Bregma前方にアースとニュートラル、Lambda後方の延髄上に基準電極、右側頭部にR1からR4の測定電極を配置した。電極の植え込みには電動ドリルで直径1mm程度の穴を開け、白金ロジウムメッキを施したねじを硬膜上に配置し、歯科用セメントで固定した。EOG電極として、左右眼球の眼輪筋、ECG電極を左右胸筋に電極を植え込んだ。これらの電極は皮下トンネルで頭部へと導いた。各ねじ電極とコネクター間をリード線でつなぎ固定した。ラットにはメス側のコネクターを植え込み、測定時に脳波計と接続したオス側のコネクターを差し込んだ。

### 3. 実験装置

測定にはデジタル脳波計(Nicolet One:VIASYS)を使用しサンプリング周波数128Hz、各測定帯域をEEG:0.5~35Hz、EOG:0.5~200Hz、ECG:0.5~70Hzとした。測定は、シールドルーム内で行い、21~9時消灯のライトサイクルを行った。ラットの行動を観察する目的で、赤外線LED投光器と赤外線カメラを設置し、測定時の行動記録を行った。

### 4. 結果・考察

ラットを24時間測定した結果、安定したデータを得ることができた。また、約1ヶ月間、繰り返し測定を行うことができた。今回の方法を用いることで、覚醒時や低麻酔状態の計測を行うことができる。さらに行動観察を併用することで、てんかん発作等の研究にも応用できると考えている。

### 5. 参考文献

(1)Yuki Tadokoro, et al :Possibility of an Electrophysiological Experimental model using Brainstem Evoked Potentials with multi-channel dural electrodes array in rats, Journal of Advanced Science, Vol.22, No.1&2, pp13-17, (2010)

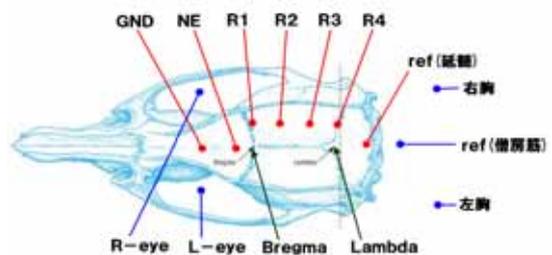


Fig. 1 電極配置図

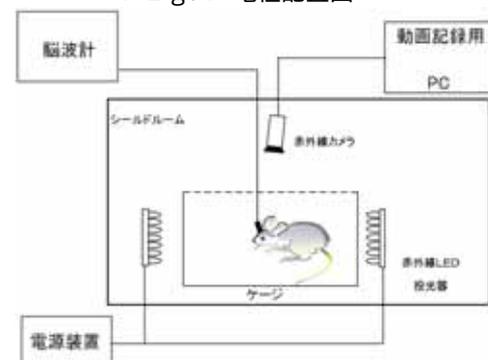


Fig. 2 実験装置図

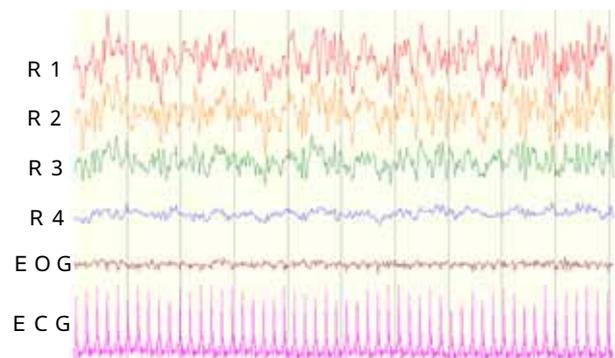


Fig. 3 測定結果

## ラットの脳波と活動状態の関連性についての検討

\*高田峻佑(東海大学開発工学部医用生体工学科), 木村達洋(東海大学開発工学部情報通信工学科), 宮本泰介(東海大学開発工学部医用生体工学科), 鈴木大輔(東海大学開発工学部医用生体工学科), 矢崎幸児(東海大学開発工学部医用生体工学科), 早坂明哲(日本医科大学情報科学センター), 伊藤高司(日本医科大学情報科学センター), 大島浩(東海大学開発工学部医用生体工学科), 山崎清之(東海大学開発工学部医用生体工学科), 岡本克郎(東海大学開発工学部医用生体工学科), \*\*田所裕之(東海大学開発工学部医用生体工学科)

### 1. はじめに

我々は、ラットを用いて行う神経学研究に対応し得る埋め込み型電極を装着した電気生理学モデルの開発を行ってきた<sup>1)</sup>。またこれと併行して長時間の脳波計測および行動の記録を行う計測システムの開発も行ってきた。そこで本研究では上記動物モデルを使用し、ラットの活動量と脳波の関係を解析する目的で24時間観察実験を行った。

### 2. 方法

本実験では、11~14週齢の2匹のWistarラット(205~310g)を用いた。麻酔下にラットの頭部Bregma前方にアース(GND)とニュートラル(NE)、Lambda後方の延髄上に基準電極(ref)、右側頭部にR1からR4の測定電極を手術にて埋め込み、回復後脳波測定を行った。さらに行動パターンを検討する指標として眼球運動(EOG)測定電極を左右眼球の両側、心電図(ECG)測定電極を左右胸筋に電極を埋め込んだ。行動の記録には赤外線カメラと赤外線ライトを用い、動画撮影を行った。また撮影時の室内照明は9~21時を点灯、21~9時を消灯して昼夜の周期を模倣した。脳波測定には、脳波計(Nicolet One:VIASYS)を使用し、サンプリング周波数128Hzとし、フィルタの通過周波数帯域を脳波0.5Hz~35Hz、眼球運動0.5Hz~200Hz、心電図0.5Hz~70Hzに設定した。

### 3. 結果・考察

本研究では、動画と同時に記録した脳波を比較、判定して活動状態、非活動状態、睡眠状態の3種に分類し、それぞれの状態を検討した。活動状態では、5~7Hzの低振幅脳波、非活動状態では7~9Hzの高振幅脳波、睡眠状態では、0.5~5Hzの低周波数脳波が観察された。活動時の結果を除いて非活動時、睡眠時における脳波の変化は、ヒトのものと類似の傾向がみられた。

### 4. まとめ

今回の結果はWilfried Dimpfelの報告と類似した物となった<sup>2)</sup>。本研究では、測定用ケーブルを接続しているがほぼ自由に行動できる低拘束状態でのラットの脳波を観察することができた。動画の観察からラットのヒゲの動きが睡眠状態特にREM睡眠の判定に有用かと思われたが、カメラの解像度と明瞭度の不足から、明確な指標とはできなかった。今後は、より明確な行動分類と脳波の関連性を詳細に検討し、各種薬剤の効果の判定や行動研究に役立つ基準を確立したいと考えている。

### 5. 参考文献

1)Yuki Tadokoro, et al :*Possibility of an Electrophysiological Experimental model using Brainstem Evoked Potentials with multi-channel dural electrodes array in rats* , Journal of Advanced Science ,Vol.22,No.1&2,pp13-17, (2010)

2)Wilfried Dimpfel: *Pharmacological modulation of cholinergic brain activity and its reflection in special EEG frequency ranges from various brain areas in the freely moving (Tele-Stereo-EEG)*, European Neuropsychopharmacology 15 (2005)673-682

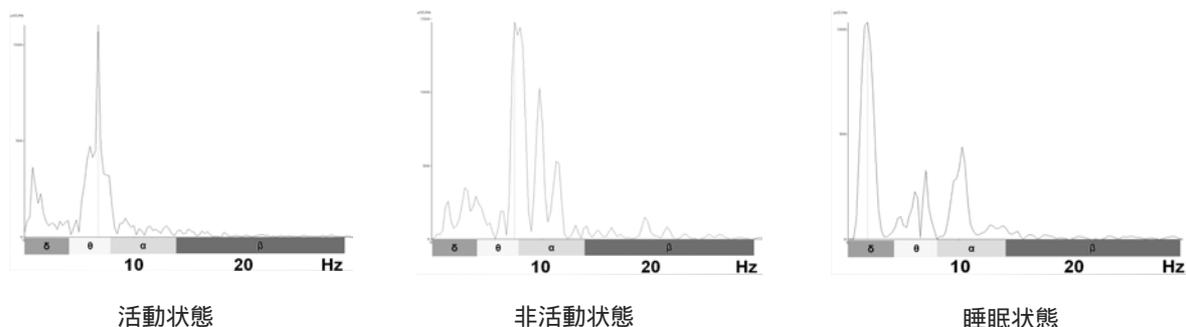


Fig.1 各活動状態のスペクトル

## イソフルランの気化濃度変化が及ぼすラットの聴覚脳幹誘発電位への影響

\*矢崎幸児（東海大学開発工学部医用生体工学科）、木村達洋（東海大学開発工学部情報通信工学科）、鈴木大輔（東海大学開発工学部医用生体工学科）、高田峻佑（東海大学開発工学部医用生体工学科）、宮本泰介（東海大学開発工学部医用生体工学科）、早坂明哲（日本医科大学情報科学センター）、伊藤高司（日本医科大学情報科学センター）、山崎清之（東海大学開発工学部医用生体工学科）、岡本克郎（東海大学開発工学部医用生体工学科）、\*\*田所裕之（東海大学開発工学部医用生体工学科）

### 1. はじめに

我々はこれまで、ラットを用いた慢性実験に対応できる埋め込み電極による電気生理学用実験モデルを開発した。本研究では、麻酔の濃度を変化させることによってラットの聴覚脳幹誘発電位（ABR）の潜時がどのように変化するかを解析した。

### 2. 方法

ペントバルビタール（40mg/kg, ip）で麻酔を導入した。右側頭部に前から R1, R2, R3, R4 の測定電極を、Bregma の前方にアース電極を、Lambda 後方に基準電極を硬膜上に埋め込んだ。

ABR の測定及び解析は誘発電位測定装置（VikingQuest:VIASYS）を用いて聴覚刺激を行った。ラットのケース側面にスピーカーを置き、刺激音をクリック音、刺激頻度を 11.1Hz、刺激強度を 60dB、80dB、100dB とし、各刺激強度につき、200 回の加算平均処理を行った。得られた波形を本動物実験モデルの観点から解析した。イソフルランの麻酔濃度は、0.0%～3.0%まで 0.5%刻みで上昇。その後、3.0%～0.0%まで 0.5%刻みで下降させた。

### 3. 結果と考察

ラットにおいてもヒトと同様に I～VI 波のピークが確認できた。各ピークの潜時は、ヒトと比較し短い、形状は類似していた。本研究では、最も後頭部に近い部位で波形が特に顕著に表れ、この部位のデータを中心に解析した。その結果、I 波・II 波は、麻酔濃度を増加させるにつれ、潜時が延長する傾向があった。ヒトと比較し、ラットの潜時が短い点については脳の容量がヒトとは大幅に異なり、聴覚伝道路の長さがヒトよりも短いと考えられる。

高濃度の麻酔下では、大脳皮質だけでなく脳幹の機能も抑制されることが考えられ、各神経核の反応閾値に変化が生じたことにより潜時の延長が起きたと考えられる。また、刺激強度については、ヒトと同様に、明瞭な強度依存性の潜時短縮が認められた。

### 4. まとめ

今後は、ケタミンやペントバルビタールを用いて麻酔の作用機序と ABR の潜時の関連性も検討していきたいと考える。

### 5. 参考文献

1)Yuki.Tadokoro,et al : *Possibility of an Electrophysiological Experimental model using Brainstem Evoked Potentials with multi-channel dural electrodes array in rats*, Journal of Advanced Science, Vol.22, No.1, pp13-17, (2010)

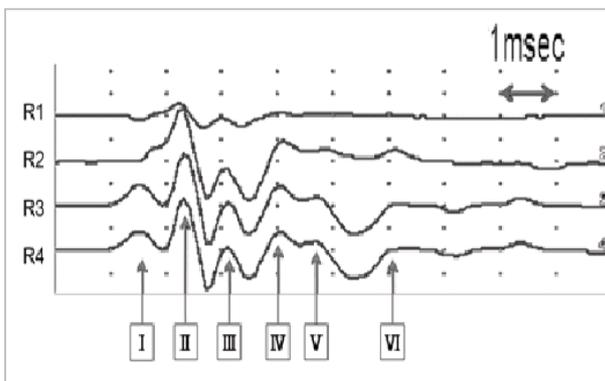


Fig. 1 ラットの ABR 波形

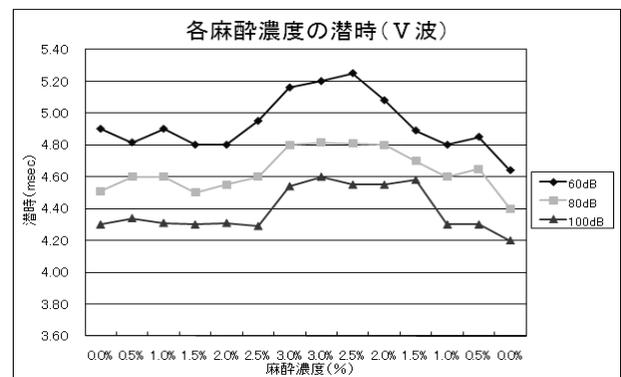


Fig. 2 麻酔濃度による V 波潜時の変化

## 麻酔下ラットの脳幹誘発電位の計測

\*森本友哉（東海大学開発工学部医用生体工学科）、岡田拓也（東海大学開発工学部医用生体工学科）、鈴木大輔（東海大学開発工学部医用生体工学科）、矢崎幸児（東海大学開発工学部医用生体工学科）、木村達洋（東海大学開発工学部情報通信工学科）、山崎清之（東海大学開発工学部医用生体工学科）、岡本克郎（東海大学開発工学部医用生体工学科）、\*\*田所裕之（東海大学開発工学部医用生体工学科）

はじめに

ラットを実験に用いる理由として、低コストでおこなえるなどの利点がある。これまでも、我々はラットを用いて脳波の解析を行ってきた<sup>1)</sup>。本研究では慢性電極を埋め込んだラットについて、麻酔下の聴覚脳幹誘発電位（ABR）の測定及び解析を試みた。

実験方法

本研究では、11～14週齢の2匹のWistar系雄性ラットを用いた。手術にて、硬膜上に電極を埋め込み、回復後、実験を行った。麻酔による脳幹誘発電位への影響を調べるため、ペントバルビタール40mg/kgを腹腔内に投与し、麻酔を導入した後、ABRの記録を行った。薬剤投与後、10分ごとにABRを測定した。測定及び解析には、脳波誘発電位計測装置（Viking Quest:VIASYS）を用いて、測定ケージの側孔に設置したヘッドホンから聴覚刺激を行った。聴覚刺激の刺激音はクリック音、刺激頻度は11.1Hz、刺激強度は60、80、100dBとし加算平均処理の加算回数は各刺激強度につき200回とした。

結果と考察

ラットにおいてもヒトと同様に～波のピークが確認できた。各ピークの潜時は、ヒトと比較し短い、形状は類似していた。本研究では、最も後頭部に近いR3、R4で波形が特に顕著に表れ、この部位のデータを中心に解析した。ペントバルビタールでは麻酔導入時から潜時が延長し、その後潜時が短縮、覚醒した。

ペントバルビタールにおいては脳幹の機能が抑制されていると考えられ、各神経核の反応閾値に変化が生じたことにより潜時の延長が起きたと考えられる。今後は、麻酔濃度による影響も検討していく予定である。

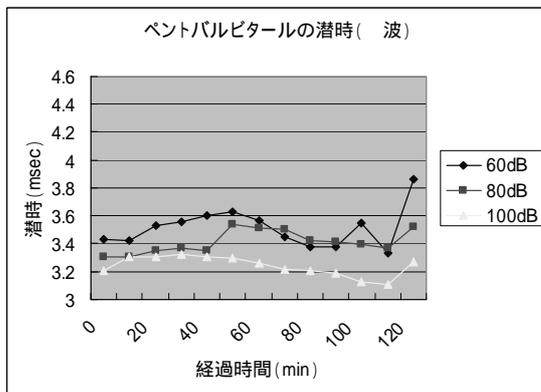


Fig.1 ペントバルビタール麻酔下での潜時（波）

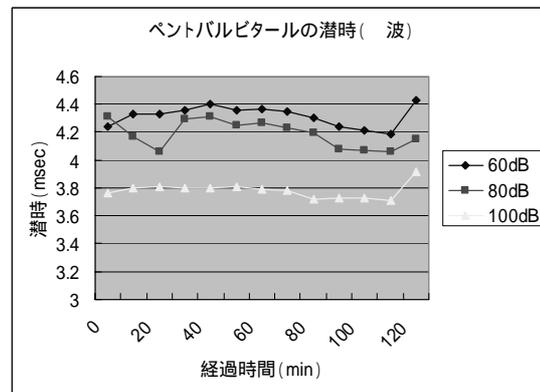


Fig.2 ペントバルビタール麻酔下での潜時（波）

参考文献

1) Yuki.Tadokoro, et al : Possibility of an Electrophysiological Experimental model using Brainstem Evoked Potentials with multi-channel dural electrodes array in rats, Journal of Advanced Science, Vol.22, No.1&2, pp13-17, (2010)

## 麻酔機序の違いによるラットの ABR 波形の変化

\*鈴木大輔（東海大学開発工学部医用生体工学科）、宮本泰介（東海大学開発工学部医用生体工学科）、高田峻佑（東海大学開発工学部医用生体工学科）、矢崎幸児（東海大学開発工学部医用生体工学科）、森本友哉（東海大学開発工学部医用生体工学科）、木村達洋（東海大学開発工学部情報通信工学科）、早坂明哲（日本医科大学情報科学センター）、伊藤高司（日本医科大学情報科学センター）、山崎清之（東海大学開発工学部医用生体工学科）、岡本克郎（東海大学開発工学部医用生体工学科）、\*\*田所裕之（東海大学開発工学部医用生体工学科）

### 1. はじめに

我々はこれまで、ラットを用いた慢性実験に対応できる埋め込み電極による電気生理学用実験モデルを開発、研究してきた<sup>1)</sup>。本研究では麻酔の種類によってラットの聴覚脳幹誘発電位 (ABR) の潜時がどのように変化するかを解析した。

### 2. 方法

ペントバルビタール (40mg/kg, ip) で麻酔を導入し、右側頭部に前から、R1、R2、R3、R4 の測定電極を、Bregma の前方にアース電極を、Lambda 後方に基準電極を硬膜上に埋め込んだ。

ABR の測定及び解析は誘発電位測定装置 (VikingQuest:VIASYS) を用いて聴覚刺激を行った。ケタミン (80mg/kg, ip) とペントバルビタール (40mg/kg, ip) それぞれの場合での比較検討を行った。各薬剤投与後 10 分ごとに ABR を測定した。聴覚刺激はラットの耳元にヘッドフォンを置き、刺激音をクリック音、刺激頻度を 11.1Hz、刺激強度を 60dB、80dB、100dB とし、各刺激強度につき 200 回の加算平均処理を行った。

### 3. 結果と考察

ラットにおいてもヒトと同様に ~ 波のピークが確認できた。各ピークの潜時は、ヒトと比較するとやや短い、形状は類似していた。本研究では、最も後頭部に近い部位で波形が特に顕著に表れ、この部位のデータを中心に解析した。その結果、ケタミンでは麻酔導入時から覚醒まで潜時の変化が少なく、ペントバルビタールでは麻酔導入時から潜時が延長し、その後潜時が短縮、覚醒した。

潜時の変化からケタミンは脳幹の機能が抑制されていないと考えられ、ペントバルビタールにおいては脳幹の機能が抑制されていると考えられる。各神経核の反応閾値に変化が生じたことにより潜時の延長が起きたと推察される。また、ケタミンにおいては、大脳皮質に対する作用の割合が大きいと考えられているが、ABR の結果からだけでは明瞭な結果が得られなかった。ただし、刺激強度については、ヒトと同様に、明瞭な刺激強度依存性の潜時短縮が認められた。

### 4. 参考文献

1)Yuki.Tadokoro,et al : *Possibility of an Electrophysiological Experimental model using Brainstem Evoked Potentials with multi-channel dural electrodes array in rats*, Journal of Advanced Science, Vol.22, No.1& 2, pp13-17, (2010)

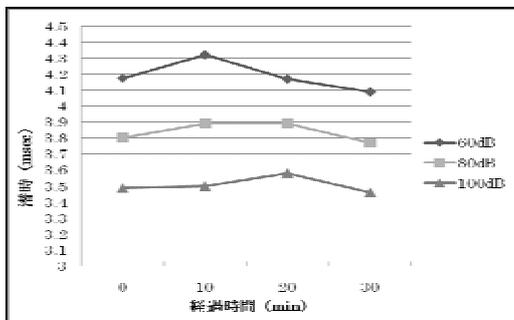


Fig1. ケタミン導入後の ABR 潜時 (波)

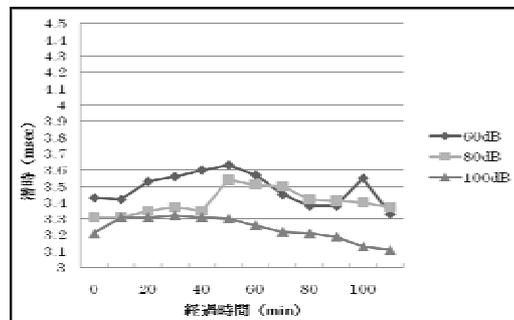


Fig2. ペントバルビタール導入後の ABR 潜時 (波)

## 睡眠導入剤投与下ラットの脳幹誘発電位の測定

\*吉村正太郎(東海大学開発工学部医用生体工学科)、増子智大(東海大学開発工学部医用生体工学科)、宮野翔太(東海大学開発工学部医用生体工学科)、矢崎幸児(東海大学開発工学部医用生体工学科)、木村達洋(東海大学開発工学部情報通信工学科)、山崎清之(東海大学開発工学部医用生体工学科)、岡本克郎(東海大学開発工学部医用生体工学科)、木村達洋(東海大学開発工学部情報通信工学科)\*\*田所裕之(東海大学開発工学部医用生体工学科)

はじめに

ラットは取り扱いやすさや低コストなどの利点から、頻繁に用いられる医用実験動物の一つである。ラットを用いて安定して神経学的実験ができれば、麻酔、薬理、神経行動学などの分野に大きく貢献できると思われる。しかし、ラットを対象とした計測システムは、動物が小さいことや慢性電極の埋め込み手術が必要なことなどにより、安定した計測には困難が伴う。そこで本研究では、慢性電極に対応できる埋め込み電極による電気生理学用実験モデルを開発した。本研究では、睡眠導入剤投与下での覚醒、睡眠メカニズムについて検討する目的で聴覚脳幹誘発電位(ABR)の測定及び解析を試みた。

方法

8週齢のWistar系雄ラット(160g)を用い、右側頭部に前からR1~R4の脳波測定電極を硬膜上に配置した。また、Bregmaの前方にアース電極、Lambdaの後方に基準電極を配置した。トリアゾラム(ハルシオン)0.1mg/kgを経口投与し、睡眠導入剤を導入した。ABRの測定及び解析には誘発電位計(VikingQuest:VIASIS)を用いて、測定ゲージの側孔に設置したヘッドホンから聴覚刺激を行った。聴覚刺激は、刺激音はクリック音、刺激頻度は11.1Hz、刺激強度は60,80,100dBとし、加算平均処理の刺激回数は各刺激強度につき200回とした。得られた波形を本動物実験モデルの観点から分析した。

結果と考察

ラットにおいても人の場合と同様に、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 波などの成分が観察された。薬物を投与しないコントロール条件と比較すると、 $\alpha$ 波の振幅の増大が認められ、 $\beta$ 波を中心とした構造が不明瞭となっている。覚醒時の波形をfig.1に、ハルシオン投与時の波形をfig2に示す。これは、聴覚系の初期段階に対する中枢からのフィードバックに変化が生じ、内耳神経系の脱抑制などにより、見かけ上の振幅の増大が生じた可能性も考えられる。この点について、さらに実験例を増やして検討する必要があると思われる。

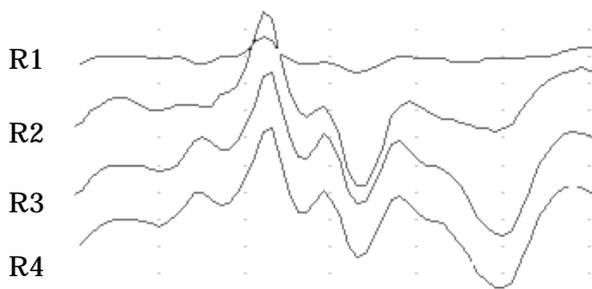


Fig.1 覚醒時

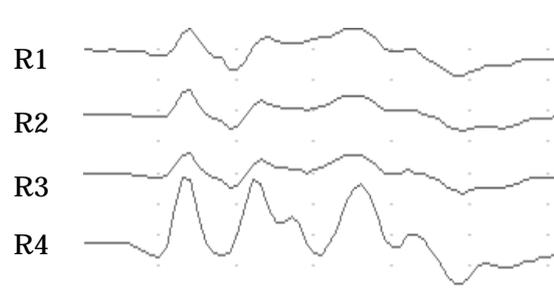


Fig.2 ハルシオン投与時

## 睡眠導入剤投与下ラットの脳波の測定

\* 増子智大(東海大学開発工学部医用生体工学科)、宮野翔太(東海大学開発工学部医用生体工学科)、吉村正太郎(東海大学開発工学部医用生体工学科)、木村達洋(東海大学開発工学部情報通信工学科)、岡本克郎(東海大学開発工学部医用生体工学科)、山崎清之(東海大学開発工学部医用生体工学科)、\*\* 田所裕之(東海大学開発工学部医用生体工学科)

### はじめに

医用実験動物において、ラットは取り扱いやすさや低コストなどの利点から頻繁に用いられる。しかし、ラットを対象とした計測システムは、動物が小さいことや慢性電極の埋め込み手術が必要なことなどにより、安定した計測には困難が伴う。そこで本研究では慢性電極に対応できる埋め込み電極による電気生理学用実験モデルを開発した。本研究では、睡眠導入剤の効果を検討する目的で脳波の測定及び解析を行った。

### 方法

8週齢のWistar系の雄ラット(160g)を用いた。各電極部位を右側頭部に前からR1~R4の脳波測定電極を硬膜上に配置した。また、Bregmaの前方にアース電極・ニュートラル電極、Lambdaの後方に基準電極を配置した。さらに、眼球運動(EOG)測定電極を左眼球の前後、心電図(ECG)測定電極を左右胸筋に電極を埋め込んだ。トリアゾラム(ハルシオン)0.1mg/kg及びゾルピデム(マイスリー)1mg/kgを経口投与し、脳波の測定・解析をおこなった。脳波の測定及び解析には汎用デジタル脳波計(Nicolet One: VIASIS)を用いた。

### 結果と考察

トリアゾラム(ハルシオン)、ゾルピデム(マイスリー)の睡眠導入剤を投与したラットの脳波を観測し、投与後の睡眠時・覚醒時の代表的な脳波をパワースペクトル解析したところ、トリアゾラム睡眠時のピーク周波数が1.0Hz、覚醒時のピーク周波数が5.0Hzとなり、ゾルピデム睡眠時のピーク周波数が1.5Hz、覚醒時のピーク周波数が6.5Hzとなった。トリアゾラムは他のBZP系睡眠導入剤と同じく、生理的な睡眠構造に影響を及ぼすと言われている。これに対し、ゾルピデムはBZP系とは異なるが近い作用機序をもち、睡眠構造への影響が少ない睡眠導入剤と考えられてきた。このことは、先に述べたピーク周波数からも推察される。

しかし、脳波と同時に記録を行った心電図では、トリアゾラム投与中がおおよそ300拍/分であるのに対し、ゾルピデムはおおよそ360~470拍/分の間で激しく変動する様子が観察された。このことから、ゾルピデムは睡眠中において自律神経系に何らかの影響を及ぼしている可能性があり、自然な睡眠へと導入できているかという点に疑問が残る結果となった。

今後は、さらに多くの個体について検討を重ね、また、他の種類の睡眠導入剤についても同様の検討をしていく必要があると思われる。

#### <参考文献>

- (1) ベンゾジアゼピン系睡眠薬(トリアゾラム)、シクロピロロン系睡眠薬(ゾピクロン)、イミダゾピリジン系睡眠薬(ゾルピデム)がラットの睡眠・覚醒周期と海馬律動波に及ぼす影響 善本正樹 秋田医学 第23巻1号31~42項(1996)
- (2) Yuki Tadokoro, et al :Possibility of an Electrophysiological Experimental model using Brainstem Evoked Potentials with multi-channel dural electrodes array in rats, Journal of Advanced Science, Vol.22, No1 & 2, pp13-17, (2010)

## ラット心電図の長時間計測による自律神経系の評価について

\*小磯那津美（東海大学開発工学部医用生体工学科）、宮本泰介（東海大学開発工学部医用生体工学科）、鈴木大輔（東海大学開発工学部医用生体工学科）、山崎清之（東海大学開発工学部医用生体工学科）、田所裕之（東海大学開発工学部医用生体工学科）、岡本克郎（東海大学開発工学部医用生体工学科）、\*\*木村達洋（東海大学開発工学部情報通信工学科）

### 1.はじめに

ラットは簡便に実験可能な優れた医用実験動物である。本研究では自律神経系機能評価指標としてラット心電図 R-R 間隔系列のスペクトル解析から求めた高周波成分(HF)および低周波成分(LF)を利用して、ベンゾジアゼピン系睡眠導入剤の効果の検討を試みた。心電図 R-R 間隔スペクトルから抽出された HF は副交感神経の活動を、LF を HF で除した LF/HF は交感神経の機能を反映していると考えられている。そこで、薬剤の効果、これらのパラメータを用いて検討した。

### 2.実験方法

麻酔下動物の左右胸筋に外科的に電極を装着した。術後動物の回復を確認し、ベンゾジアゼピン系睡眠導入剤として、トリアゾラム（商品名：ハルシオン）0.1mg/kg を、水溶液としてゾンデにて胃内投与した。薬剤投与後長時間にわたり心電図を記録し、128Hz のサンプリングでデジタル記録し、128 秒を 1 セグメントとして R-R 間隔系列を作成し、その揺らぎ波形を対象として FFT によりスペクトル解析した。得られた波形から HF (0.18-0.4Hz) LF (0.04-0.15Hz) の帯域のパワーの割合を計算した。HF をスペクトルの合計パワーで除した HF% を副交感神経機能の、LF/HF を交感神経機能の指標とした。

### 3.結果と考察

Fig.1 にハルシオン投与時、およびコントロール条件下での HF% と LF/HF を示した。交感神経機能と副交感神経機能は必ずしも単純な拮抗関係にあるわけではないが、状況によっては連動または拮抗関係を示していることがわかる。ハルシオン投与後は HF% の分散は減少し、LF/HF は若干増大する傾向が認められ、副交感神経の活動が抑制されていると考えられるが、LF/HF の増大は比較的少ないことから、自律神経機能そのものの活動が抑えられていると考えられる。ハルシオンによる HF 成分の分散の減少は、副交感神経系機能の安定化を導く作用を示唆している可能性も考えられる。今後は、ラットの行動観察などを行い、様々な活動状態との比較をすることで、より詳細な検討が期待できる。

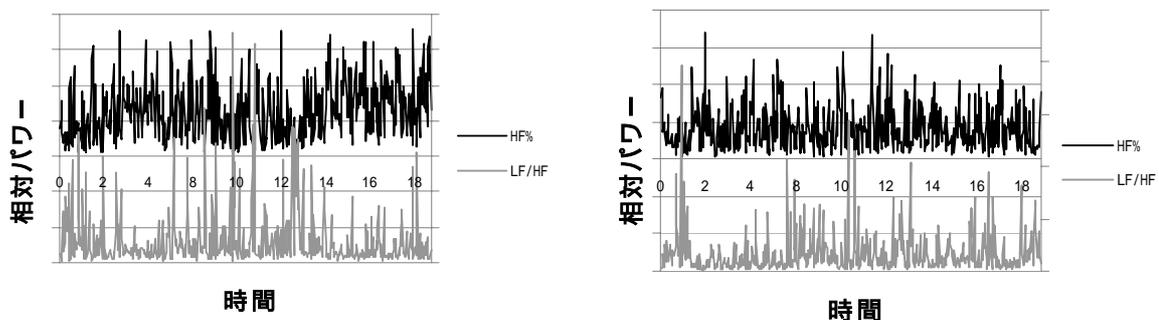


Fig.1 :ハルシオン投与（右）及びコントロール条件下（左）の自律神経系指標の比較

Table 1:各パワースペクトルの分散

	分散	
	HF%	LF/HF
コントロール	67.49	13.78
ハルシオン	34.37	15.91
f 検定	P<0.01	P<0.1

## 聴覚誘発電位を用いた動物実験用ラットの可聴域の検討

\*見目拓也(東海大学開発工学部医用生体工学科)、宮本泰介(東海大学開発工学部医用生体工学科)、鈴木大輔(東海大学開発工学部医用生体工学科)、高田峻佑(東海大学開発工学部医用生体工学科)、矢崎幸児(東海大学開発工学部医用生体工学科)、山崎清之(東海大学開発工学部医用生体工学科)、岡本克郎(東海大学開発工学部医用生体工学科)、木村達洋(東海大学開発工学部情報通信工学科)、\*\*田所裕之(東海大学開発工学部医用生体工学科)

### 1. はじめに

ラットを用いた神経科学的研究、特に誘発電位を利用した研究においては、音などの感覚刺激がヒトと同等の効果を持つことが前提となる。しかし、ラットとヒトでは可聴域が異なり、各周波数に対する応答性も異なるはずであるが、この点に関する実証的検討は少ない。本研究では、ラットを神経科学的な研究の対象とする前提として可聴域と各周波数に対する応答性を検討する目的で超音波領域を含む広い周波数帯域について聴覚誘発電位を計測した。

ヒトにおいては、一次聴覚皮質の聴覚誘発電位の応答としてN1が知られている。これは刺激強度に依存して振幅が増大する。ラットにおいてはヒトよりもやや短い潜時間で同様の成分が観察できる。そこで、ラットの一次聴覚皮質の誘発反応から、聴覚系の特性の推定を試みた。

### 2. 方法

聴覚誘発電位の計測には誘発電位計(VikingQuest VIASYS: Nicolet社製)を用い、Function Generator(岩崎通信機社製)にて作成した正弦波を外部トリガーにて1.5Hzの刺激間隔で50msの間、測定ケージ横に設置したアクティブスピーカー(Audio-Technica社製)及びスーパーツイータ(TAT Technology社製)から聴取させ、誘発電位を記録した。解析時間は500ms、加算回数は100回とし、1周波数につき3種類の音量での測定を1セッションとして5kHzから55kHzまで、5kHz間隔で3セッションずつ測定を行った。また、各周波数の間に1分間の休憩をおいたのち、次の周波数へと移行した。

ラットはWistar系雄性アルビノラットを用い、記録中は測定ケージ内で自由に行動できた。

### 3. 結果

50~100msの間にヒトにおけるN1に相当すると思われるN1様の陰性電位が観察され、音量依存性を認めた。N1様成分は20kHz~30kHzの間で最大の振幅をとり、潜時の短縮も確認された。

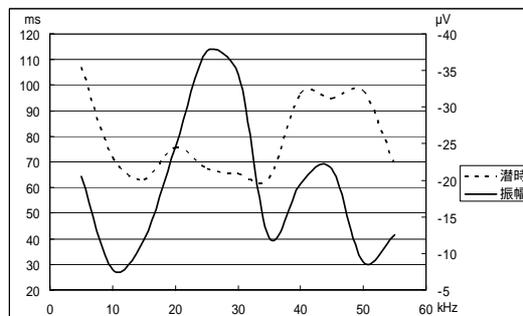


fig1. ラットのN1様成分における潜時と振幅の推移

### 4. 考察

野生のラットが最もよく聞こえるとされる周波数帯域は30kHz~40kHzと言われているが<sup>1)</sup>、本研究では振幅が大きく潜時が短いという点から、20kHz~30kHzの帯域が最も鋭敏な周波数帯域であると推察された。これは、野生のラットと飼育環境が大きく異なることや、遺伝的な要因が関係していると思われる。

この結果は、実験用ラットを用いた聴覚系に対する研究において適切な周波数帯域を選択する必要性を示唆しており、他の種類の実験用ラットでも同様の計測を行い、比較検討する必要性を認めた。

#### <参考文献>

『脳波』 門林岩雄、井上健、中村道彦 編著 金芳堂 1983年

1) 社団法人 日本実験動物協会

<http://www.nichidokyo.or.jp/index.html>

## 赤外線用CeO<sub>2</sub>膜に及ぼす環境試験の影響

\*澤村文哉 東海大学大学院工学研究科光工学専攻 \*\*室谷裕志 東海大学 工学部光・画像工学科

### 1. 背景・目的

光学薄膜は、反射防止膜やバンドパスフィルターのように、多くのオプトエレクトロニクス製品の製造に使用されている。光学薄膜の材料として様々なものがあるが可視光領域から赤外線領域において無吸収な材料としてCeO<sub>2</sub>がある。本研究では蒸着材料をCeO<sub>2</sub>とし、成膜条件がCeO<sub>2</sub>膜の構造に及ぼす影響と環境試験の影響について研究することを目的とした。

### 2. 実験方法

成膜は電子ビーム蒸着 (BMC-700; 株式会社シンクロン) によりBK7 (可視領域) とSi基板 (赤外線領域) に成膜を行った。成膜後、環境試験機にサンプルを設置し温度 85 °C 相対湿度 85% の環境下で 24 時間試験を行い、環境試験前後のCeO<sub>2</sub>膜の構造の変化をX線回折測定、XPS (X-ray photoelectron spectroscopy) を用いて測定した。

### 3. 実験結果

Fig. 1 と 2 にCeO<sub>2</sub>膜の可視領域及び赤外線領域の透過率を示す。これらの測定結果から膜の透過帯域はBK7基板とほぼ同じである。赤外領域においても膜欠陥にともなう吸収は認められなかった。

Fig. 3 に環境試験前後のCeO<sub>2</sub>膜のX線回折スペクトルを示す。Fig. 3 から基板温度が高いほどX線強度が増していることがわかる。また環境試験前後でX線回折測定における強度の比較を行った結果、環境試験後のX線強度は環境試験前のX線強度よりも大きくなっていることが測定された。また、XPSにより結合状態を測定した結果、基板温度によって結合状態が異なることがわかった。また環境試験前後で構造の比較を行った結果、環境試験によりCeO<sub>2</sub>膜の結晶性が向上していることが認められた。

### 4. 考察

基板温度を変化させることによってCeO<sub>2</sub>膜のX線回折スペクトルに差がでることから、CeO<sub>2</sub>膜は結晶性の基板温度依存性があるといえる。また今回 85 °C 相対湿度 85% の高温高湿試験において膜の結晶性や結合状態が変化したがこの変化が水分の影響によるものなのかを検討するため今後高温試験を行う必要がある。

### 5. まとめ

CeO<sub>2</sub>膜は基板温度を上げることで結晶性が向上し結合が安定になると考えられる。また環境試験によりCeO<sub>2</sub>膜の結晶性がさらに向上していると考えられる。今後はその結晶性や結合の変化が水分の影響によるものかを検討する。

### 謝辞

成膜材料を提供して頂きましたメルク(株)、および測定に協力して下さった東海大学工学部精密工学科の榎谷准教授、東海大学未来技術共同研究センター技術管理室の原木氏、宮本氏に感謝致します。

### 参考文献

(1) S DEBNATH, M R ISLAM and M S R KHAN: Optical properties of Cerium dioxide films  
Department of Applied Physics and Electronic Engineering, University of Rajshahi, Bangladesh  
Bull. Mater. Sci., Vol. 30, No. 4, pp. 315-319. (2006)

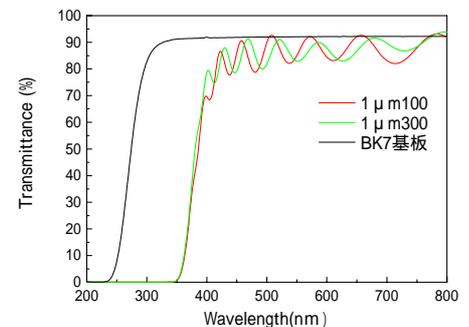


Fig.1 CeO<sub>2</sub>膜の透過スペクトル

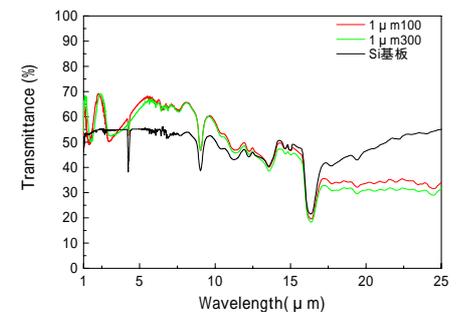


Fig.2 CeO<sub>2</sub>膜の赤外反射スペクトル

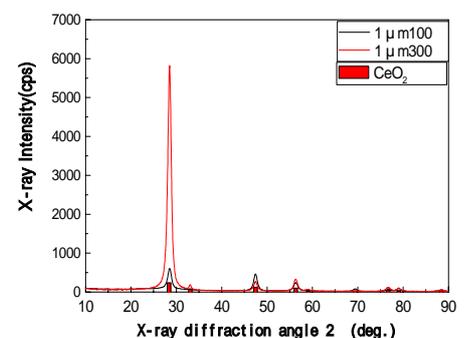


Fig.3 CeO<sub>2</sub>膜のX線回折スペクトル

## 水分吸着による光学薄膜の波長シフト

\* 杉本洋己 東海大学大学院 工学研究科光工学専攻, \*\* 室谷裕志 東海大学 工学部光・画像工学科

### 1. 背景・目的

近年の光学薄膜は、様々な分野で使用されている。それにともない耐環境性や光学特性の変化は重要な問題となっている。光学薄膜は高温高湿の環境下に置かれた際に分光特性の波長シフトを示す。これは膜中への水分の出入りにより膜の平均屈折率が変化することが波長シフトの原因と考えられている。しかし高温高湿の環境下に置かれた際に膜の分光スペクトルの変化に関する評価方法および基準は確立されていない。そこで本研究では高屈折率膜としてよく用いられているTiO<sub>2</sub>薄膜の高温高湿環境下における光学特性を測定し、成膜条件の異なるTiO<sub>2</sub>膜の波長シフトの機構と評価方法について比較、検討を行うことを目的とした。

### 2. 実験方法

測定サンプルとして成膜条件の異なる単層膜 (TiO<sub>2</sub>) 厚さ 1 μm を用いた。(1)EB蒸着法 (電子ビーム加熱蒸着) で成膜したものと、(2)IAD蒸着法 (Ion beam Assisted Deposition) における、イオン銃の加速電圧と電流を変化させて成膜を行ったものを用いた。これらのサンプルを環境試験機 (ESPEC社製, SH-641) を用いて温度・湿度を変化させた環境に置き、マルチチャンネル分光光度計 (Ocean optics社製, U S B 4000) を用いた in-situ 測定を行った。また、測定用のミニチャンバー内にサンプルを設置して、チャンバー内の温度・湿度を変化させたときの波長シフトについて分光光度計 (日本分光社製, V-570) を用いて測定を行った。EB蒸着法で成膜した膜のSEM (走査型電子顕微鏡) 観察による膜の構造を Fig. 1 に示した。EB法およびIAD法により成膜された膜も柱状構造を示した。XRD (X線回折測定装置) による結晶構造評価では、EB法により成膜された膜はAnatase構造、IAD法により成膜された膜はAnatase、およびRutileの構造を有する膜であった。

### 3. 実験結果

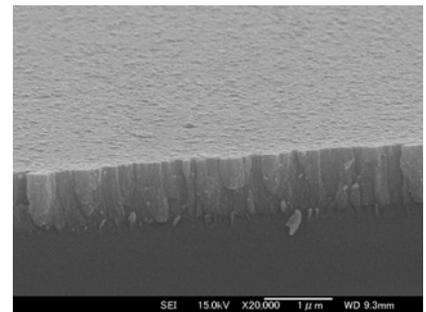
EB法で成膜したサンプルを、真空状態から相対湿度を 5% ~ 80% に変化した環境に置いた際の波長シフト量 (nm) が、膜への水分吸着量と相関関係があると考えられるため、波長シフト量を水分吸着量と仮定し、吸着等温線を作成した。水分吸着量と仮定した波長シフト量を縦軸とし、水蒸気分圧 (mmHg) を横軸として吸着等温線を求めた (Fig. 2)。IAD法の出力が高くなるとともに、波長シフト量は減少するという結果が得られた。

### 4. 考察

Fig. 2 から、光学薄膜TiO<sub>2</sub>膜が柱状構造を示していた場合、低圧部で急激な吸着量の上昇が見られ、湿度 (圧力) が増加すると吸着量は飽和値に達するため、Langmuir型の吸着モデルだと考えられる。

謝辞

本研究は基準認証研究開発事業「ファインセラミックス薄膜の外部影響の評価方法に関する標準化」の事業の一部として行われたものである。サンプルを提供して頂きましたシンクロン(株)および構造測定に協力して下さった、東海大学未来技術共同研究センター技術管理室の原木氏、宮本氏に感謝致します。



ig.1 SEM 像 (EB 法)

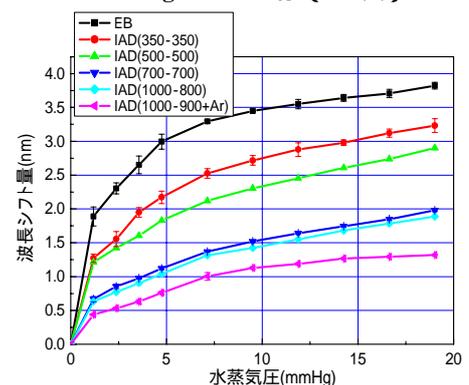


Fig.2 吸着等温線

## 基板の表面粗さがTiO<sub>2</sub>光学薄膜に与える光散乱への影響

\*高橋和敬 東海大学大学院工学研究科光工学専攻 \*\*室谷裕志 東海大学 工学部 光・画像工学科

1. 背景・目的 近年、光学製品の高機能化に伴い、光学薄膜の光学特性に対する要求が高まっている。なかでも光散乱による光損失は無視できないものとなっている。光学薄膜において、光散乱が起こる要因の一つに成膜前の基板表面粗さの影響が考えられる。しかし、基板表面粗さの違いと成膜後の光学薄膜の光散乱特性への影響の体系だった報告は少ない。そこで、基板の表面粗さが成膜後の光学薄膜の構造や光散乱への影響を調べる事を目的とした。

2. 実験方法 本実験の成膜用基板にはBK7 ガラス基板と青板ガラス基板（フロート面）を用いた。ガラス基板の表面粗さは研磨することで表面粗さの異なる基板を作製した。その後、真空蒸着の手法の一つである、EB法（電子ビーム加熱蒸着法）とIAD法（Ion beam Assisted Deposition）により、TiO<sub>2</sub>単層膜とSiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>多層膜を粗さの異なるガラス基板に成膜した。成膜された光学薄膜の光散乱特性および膜の構造を評価した。一般的に光学薄膜の散乱評価において、ヘーズ値が用いられているが、不十分な点がある<sup>1)</sup>。そこで、本研究における散乱特性の評価は、本研究室にて提案している、波長情報をもつ光散乱特性の定量評価方法を用いた<sup>2)</sup>。光散乱の評価方法は分光光度計と積分球を用いて試験片を通過した全光線を測定した全光線透過光と試験片を通過した光線の散乱成分のみの拡散透過光を測定した。測定された全光線透過光と拡散透過光より、 $((\text{拡散透過光})/(\text{全光線透過光})) \times 100(\%)$ の式より計算する事で、光学薄膜の光散乱特性を評価する事ができる。

3. 実験結果 分光透過率の結果から、粗さの異なる基板に成膜された膜の光散乱値に違いが確認された。また、X線回折測定の結果より結晶性の大きな違いは確認されなかった。SEM (Scanning Electron Microscopy)の測定結果より、基板の表面粗さが粗くなるに従い、表面に数 $\mu\text{m}$ 程度のノジュールが増加している結果が得られた。また、表面粗さの増加に伴い、柱状構造を形成している数百nm程度の粒が増加している結果が得られた。

4. 考察 X線回折結果より、粗さの違いによって結晶性の違いが認められなかった。また、SEMによる測定結果より、表面のノジュールの数の増加と柱状構造を形成している粒が増加している。このため、基板の表面粗さが粗くなると、膜成長のための核となり、粒が増加したと考えられる。これらの粒の増加が光散乱特性の増加に影響を与えていると考えられる。

5. 結論 (1)基板粗さの増加に伴い、光散乱特性の増加している。(2)基板粗さの増加に伴い、ノジュールと柱状構造を形成している粒が増加している。(3)ノジュールと粒の増加が膜の光散乱特性に影響を与えていると考えられる。

6 謝辞 株式会社シンクロンの田中氏、松本氏、東海大学未来科学技術共同研究センター技術共同管理室の宮本氏、原木氏に感謝致します。

7. 参考文献 1) JIS K7136 (ISO 14782) :「プラスチック 透明材料のヘーズの求め方」(2000). 2) 大日向哲郎他：光学薄膜における光散乱計測方法の検討，「東海大学紀要工学部」Vol.47，No.2，p.39-42(2008).

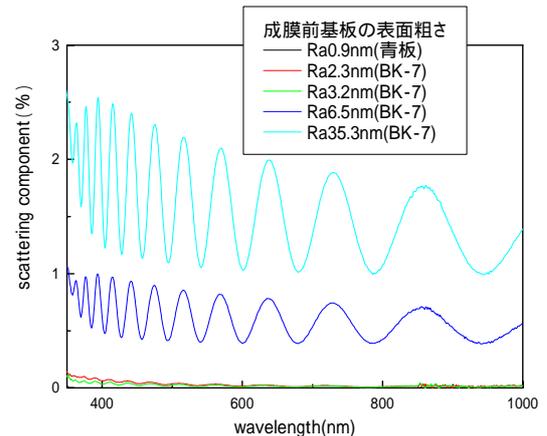


図1 EB法による単層膜の散乱特性

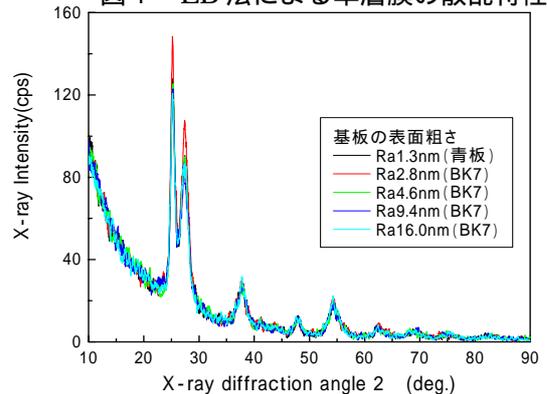


図2 X線回折スペクトル

## 表面 SHG を用いた表面構造の解析方法

\*原 健人(東海大学大学院理学研究科) 坂本嶺介(東海大学大学院理学研究科) 大達 剛(東海大学大学院理学研究科) \*\*八木隆志(東海大学理学部)

### <目的・背景>

固体表面に光を照射した時、表面の対称性の低さから非線形の光学効果が現れ、第二次高調波が発生する (SHG)。この表面における SHG 光の発生は物質表面の結晶構造の情報を持っており、表面構造の分析手段として有効であると考えられる。我々の研究ではフェムト秒のパルスレーザーを用いて SHG を発生させる。パルス幅が非常に短く高いピークパワーのパルスレーザーは強い電場を持ち、分極ベクトルの非線形の効果が強く表れるようになる。

今回の実験では SHG を用いて Si の結晶構造解析を行い、同時に SHG に対するショット数蓄積効果の影響について調査を行った。

### <実験方法>

図 1 に実験の概略図を示す。波長 786nm、パルス幅 160fs のフェムト秒レーザーパルスを Si 表面に 45° で入射し、反射光をポンプカットフィルターと分光器を通すことで SHG 光だけを通し、フォトマルチプライヤーで検出し、オシロスコープで強度を測定した。また、サンプルを回転させ SHG 光の強度変化を測定する。

### <結果>

Si(111)面で生じた SHG 強度の回転角依存性及びショット数蓄積効果を図 2 に示す。ここで、横軸は試料の回転角で、縦軸は SHG 強度である。SHG 強度は 120° の周期性を持つことが分かった、これは Si(111)面が 3 回回転対称性を持つという特徴を反映した結果である。また、図 2 からショット数の蓄積効果の影響は見られなかった。Si(100)面の結果についても当日報告を行う。

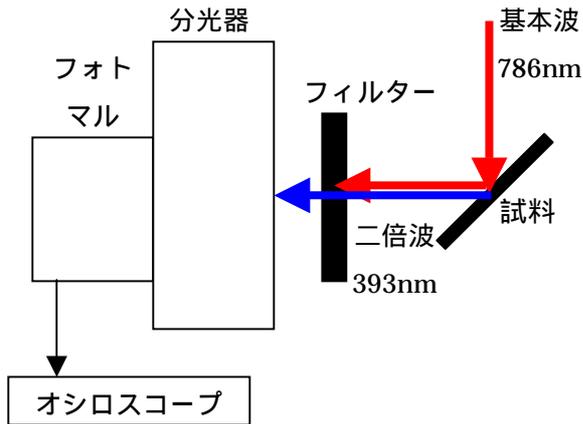


図 1 実験概略図

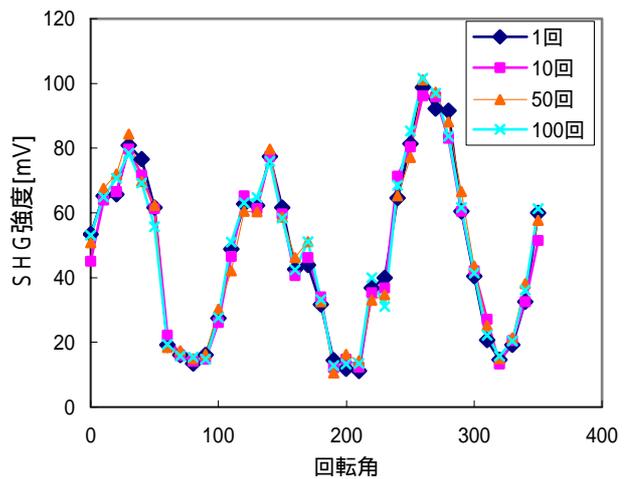


図 2 回転角依存性

## CO ガスセンサ用 MoO 系薄膜の形成

## Formation of Molybdenum oxide based films for CO gas sensor

山本恭平<sup>1</sup>, 千島和憲<sup>1</sup>, 一戸隆久<sup>2</sup>, 小栗和也<sup>1</sup>, 岩瀬満雄<sup>1</sup>Tokai Univ.<sup>1</sup>, Tokyo National College of Technology<sup>2</sup>Kyohei Yamaomato,<sup>°</sup> Kazunori Chishima<sup>1</sup>, Takahisa Ichinohe<sup>2</sup>, Kazuya Oguri<sup>1</sup>, Mitsuo Iwase<sup>1</sup>

E-mail: 7aer2208@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

## 1. はじめに

21世紀は石油燃料の枯渇問題や地球環境問題により、新しいエネルギーの開発が求められており、その中の一つに水素と酸素を燃料とし、化学反応により電気エネルギーを作り出す燃料電池が注目されている。しかし燃料電池中で発生するCO によるPt の被毒が問題となっている。そのため、高感度でCO ガスのみを検知するガスセンサの開発が必要である。そこで、本研究では酸化モリブデン薄膜に着目し、COガスセンサの材料として、COガスセンサの材料として、従来のセンサより低温で動作し、かつ高感度なCO ガスセンサの開発を目指すとともに、表面状態の観察を行った。

## 2. 実験方法

試料の成膜は、RF マグネトロンスパッタ装置を用い、ターゲットに Mo の金属ターゲットを用いた。RF 出力は、100W、スパッタリングガスには Ar ガス（流量：60sccm）、また、酸素ガス流量を 0sccm～9sccm の範囲で変化した。基板にはコーニング 7059 を用いた。成膜後、Ar 気流中 500 度で 30 分間の熱処理を行なった。

薄膜の構造解析には X 線回折（日本電子㈱製 JDX-3351）を用いた。試料の表面状態の観察には、走査電子顕微鏡（㈱エリオニクス社製 ERA-9000）を用いた。組成の分析にはエネルギー分光分析（㈱エリオニクス社製 ERA-8900+EDAX 社製 EDX）を用いた。薄膜のバンドギャップは、紫外可視分光光度計分析（日本分光㈱社製 V-530）により評価した。

## 3. 実験結果および考察

図 1 に Mo ターゲットで作成した試料の X 線回折図を示す。as depo. は 25° 付近にブロードなピークが見られるのに対し熱処理後は、単斜晶（ICDD：47-1320）の MoO<sub>3</sub> 薄膜であり<002>面が大きく成長していることがわかった。

図 2 にガスセンサ測定結果を示す。試料温度 400、CO ガス濃度 10000ppm の 1 例を示す。

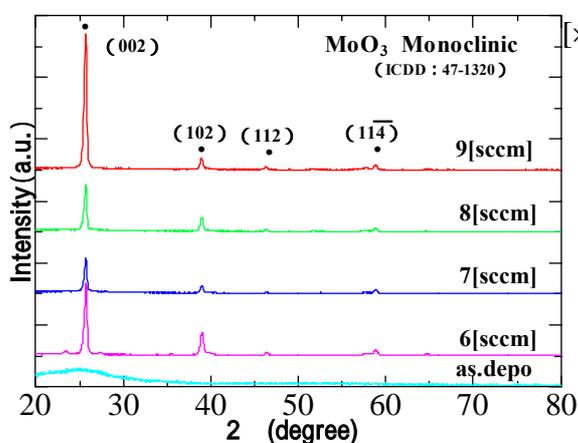


図 1 XRD 測定結果

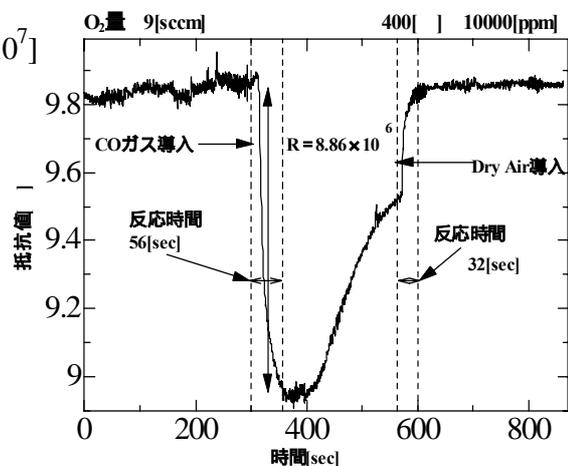


図 2 CO ガスセンサ測定結果

## プラズマ CVD による金ナノ粒子の作製のための蒸着初期物質溶液の調製と評価

\* 関根温志 (東海大学大学院工学研究科光工学専攻) \*\* 渋谷猛久 (東海大学工学部光・画像工学科)

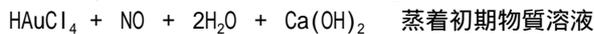
### 1. 背景・目的

ナノテクノロジーはIT、環境・エネルギー、バイオ、材料などの分野で応用されている。物質をナノメートルサイズまで小さくすると表面原子比率が増大することにより、活性度・反応性の増大、量子力学的効果の発現が起こる。これにより機械的・化学的・光学的・電磁気学的性質が変化し、ナノ粒子と既存の材料との複合化により新機能材料としての応用が期待されている。<sup>1</sup>

金ナノ粒子は表面プラズモン共鳴が可視応答するという特徴がある。また表面プラズモン共鳴は酸化すると起こらなくなるが、金は酸化し難いため、表面プラズモン共鳴の条件に最適である。本研究では様々な光デバイスへ応用が期待される金ナノ粒子を、材料との複合化が容易なプラズマ CVD 法を用いて作製することを目的とし、金ナノ粒子作製のための蒸着初期物質溶液の調製と評価を行った。

### 2. 実験方法

金線 1.6g と 8ml の王水を加熱しつつ超音波で攪拌し溶解させ、金のモル濃度 10mol/l の塩化金酸 (HAuCl<sub>4</sub>) を調製した。塩化金酸は強酸性なので、消石灰 (Ca(OH)<sub>2</sub>) を 0.01mol ずつ入れ中和を行ったものを蒸着初期物質溶液とした。



### 3. 結果・考察

調製した塩化金酸は消石灰を 0.02mol 入れたとき中和した。王水と塩化金酸及びその中和物の吸光度を Fig.1 に示す。王水と塩化金酸の吸光度スペクトルを比較すると、王水は短波長側で緩やかに吸光度が上昇しているが、塩化金酸は 500nm 付近で大きく上昇している。このことから 500nm 付近の吸光度スペクトルの上昇は塩化金酸固有のものだと考えられる。<sup>2</sup> 塩化金酸とその中和物では吸光度スペクトルの形が異なっている。これは塩化金酸を中和した際、溶質の一部が析出しコロイド状になったためであると考えられる。Fig.2 に中和物の上澄み液の XRF の結果を示す。この測定により上澄み液には金が平均 30% ほど溶け込んでいることがわかった。よって調製した溶液はナノ粒子作製に使用できると考えられる。

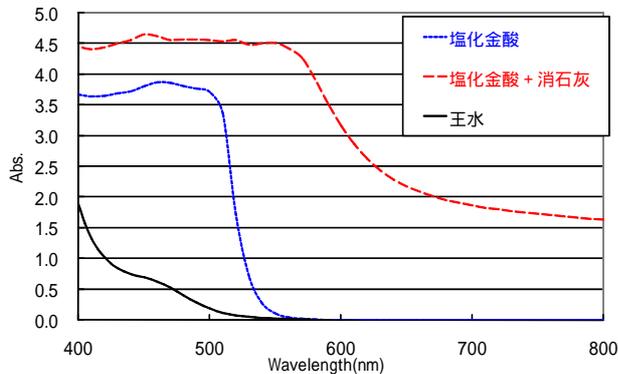


Fig.1 塩化金酸の吸光度スペクトル

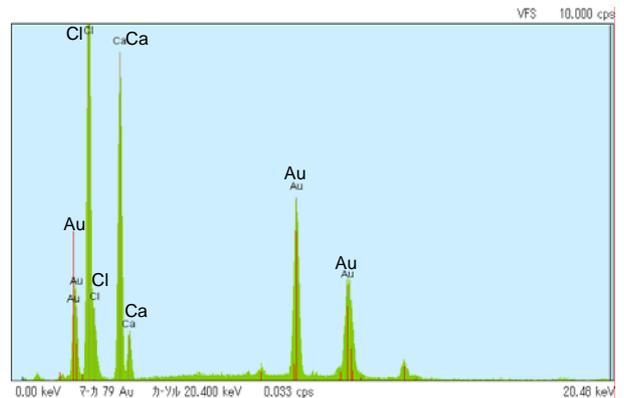


Fig.2 中和した塩化金酸の上澄み液の XRF

### 4. 今後の課題

調製した蒸着初期物質溶液を使用し、プラズマ CVD 法を用いて金ナノ粒子を含む薄膜を作製する。今回の調製では溶液の一部が析出しコロイド状になったため、塩化金酸の中和に使用する薬品を水酸化ナトリウムにして消石灰の場合と比較する。

### 5. 参考文献

- 1 斎木敏治・戸田泰則, ナノスケールの光物性, オーム社(2005).
- 2 谷口勝彦, 化学工学会第 75 年会講演要旨集, 化学工学会(2010).

## イオンプレーティング法を用いて作製した Fe-III A 合金薄膜特性

\*酒井謙司, 小林彩子, 郡亜美, 江崎祐美子 (東海大学工学部エネルギー工学科)  
カデック・フェンディ・ストリスナ (東海大学大学院工学研究科応用理学専攻)  
\*\*松村義人 (東海大学工学部原子力工学科)

### 【緒言】

イオンプレーティング (IP) 法は、蒸発粒子をプラズマ化して基板に堆積させる方法である。この平衡状態にある基板と非平衡状態の蒸発粒子との温度差が非常に大きいため、大きな過剰エネルギーを投入することができる<sup>1)</sup>。イオンプレーティング法を用い磁歪合金薄膜を作製することにより、固溶限を拡張して磁歪特性が向上すると考えられる。磁歪材料として Fe-III A 合金は靱性、耐食性に優れ、マイクロエレクトロメカニカルシステム (MEMS) のアクチュエーターなどの材料として期待されている。本研究では、イオンプレーティング (IP) 法を用いて Fe-III A (Al, Ga, In) 合金薄膜を作製し、それらの薄膜のナノ構造、および磁歪特性に対する過剰エネルギーの効果の検討を行った。

### 【実験方法】

試料作製には、Fig1 に示すイオンプレーティング装置を用い、電子銃 (EB Gun) による電子ビーム加熱により Fe を、抵抗加熱により Al, Ga, In それぞれを蒸発させ、正電位を印加した電極 (プローブと呼ばれる) によりイオン化させたものを、チャンバー内上方向に配置した Si 基板に堆積させた。到達真空度  $5.0 \times 10^{-4}$  Pa 以下、電子ビームの電力は  $60 \sim 200 \text{ mA} \times 10 \text{ kV}$ 、抵抗加熱の電流値は  $45 \sim 80 \text{ A}$ 、プローブ電圧は  $+50, +100, +150 \text{ V (DC)}$ 、基板バイアスは  $-40 \text{ V}$  の条件で実験を行った。試料の評価は、構造解析には X 線回折法 (XRD)、組成分析にはエネルギー分散型 X 線分光法 (EDX)、磁歪測定には片持ち梁式光てこ法、膜厚測定には表面粗さ計、表面観察には走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いた。

### 【結果】

X 線回折の結果より各 Fe-III A 合金薄膜は、 $\alpha\text{-Fe}$  (b.c.c.) 構造を示した。各試料において、Al, Ga, In の含有量を増加させると、合金薄膜の格子定数は増加した。また、イオンプレーティング法を用いることにより、固溶限を超えた合金薄膜の作製に成功した。これはイオンプレーティング法による過剰エネルギー (Fig2) が格子歪エネルギーとして作用したためと考えられる。また、本研究で作製した薄膜では Fe-17 at%Ga において最大の磁歪量 200ppm を示した。

1) *K. Shinobe, S. Nakamura, Aya Murakawa, Yoshihitoto Matsumura e-J. Surf. Sci. Nanotech. Vol.7(2009) 855-858*

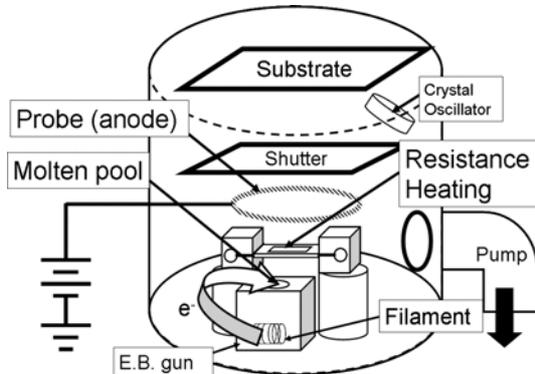


Fig1. 二元蒸着を利用したイオンプレーティング装置

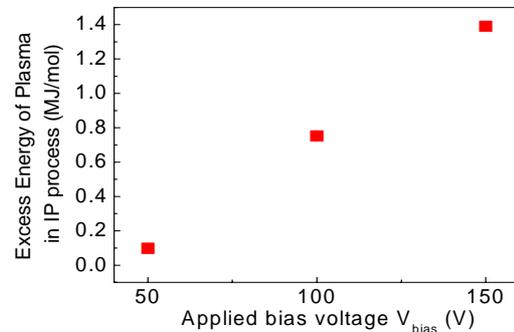


Fig2. 各プローブ印加電圧における過剰エネルギー

## 金属水素化物燃料用被覆管の開発

\* 田中憲介、田畑充、林田史彦、(東海大学工学部エネルギー工学科)

\*\* 松村義人 (東海大学工学部原子力工学科)

【緒言】将来の水素社会の水素燃料システムおよび、水素化物燃料や制御材用の被覆管等において使用される直径数 cm の小径管の内壁には、水素透過を抑止するための被覆が必要である。そこで水素透過抑止用の効果があると報告されている窒化チタン (TiN) の薄膜形成が期待されている。本研究では、抵抗加熱式真空蒸着装置を用い小径のステンレス管の内壁への窒化チタン薄膜の反応性蒸着を試み、さらに作製した窒化チタン薄膜の水素透過抑止効果を確認するため、水素透過実験を行い窒化チタン薄膜の水素透過係数の評価を行った。

【実験方法】チタン及び窒化チタン薄膜の形成には、抵抗加熱式蒸発源を用いた反応性蒸着法を使用した。蒸着槽内の到達真空度は  $2.0 \times 10^{-4}$  Pa以下にした。基材として内径 11 mm、幅 100 mm のステンレス管 (SUS316L、厚さ 0.89mm、0.5mm の未処理と電解研磨したもの、計 4 種類) を用いた。蒸発源には、Mo フィラメントに Ti 線を付加したものを用い、この線材に通電し抵抗加熱することで Ti を昇華させて蒸着を行った。窒化チタン膜の形成は Ti 蒸着中に窒素ガス  $N_2$  を導入することで反応性蒸着を行った。作製した窒化チタン膜の評価は、組成分析に X 線光電子分光法 (XPS)、構造解析に X 線回折装置 (XRD)、膜厚に走査型電子顕微鏡 (SEM) 像にて膜断面層から測定した。窒化チタンを内面被覆したステンレス管試料は超高真空排気装置に取り付け電気炉で加熱を行った。管内に水素ガスを印加し管壁を透過した水素ガス流束を質量分析計を用いて測定し、水素透過係数の温度依存性を測定した。

### 【結果】

作製した試料は、窒化チタン特有の金色を示し、N/Ti 原子比はいずれも 0.6 程度を示すことにより TiN が形成されていることが確認できた。また、XRD の結果から形成された膜には TiN 相のピークが確認された。水素透過実験の結果によりステンレス管の内面に窒化チタンをコーティングすることにより水素透過係数を 1/200 まで低下させる事が出来た。水素透過流束の圧力依存から反応次数は 0.5 程度を示し、水素分子の窒化チタン中への溶解が律速しているといえる。また、管内壁を電解研磨した後窒化チタンをコーティングした試料では、ステンレス管の厚さによらず水素透過係数が 1/200 程度まで低下した。このことから、水素の透過には管の厚さよりも表面状態が大きく関係する。水素透過抑止効果を向上させるためには内面の表面状態を向上させる必要があると考えられる。

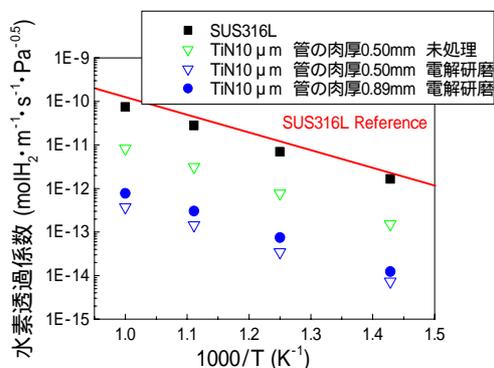


Fig1. 膜厚10 μmの水素透過流速と水素印加圧力の関係

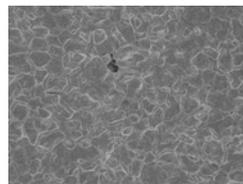


Fig2. 未処理の管のTiN膜

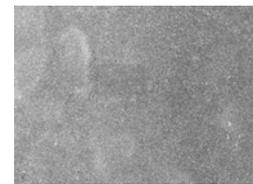


Fig3. 電解研磨後の管のTiN膜

## 高級車用 Cr メッキ膜の電子線照射処理による表面強靱性の向上

\* 平沢宏和（東海大学工学部材料科学科）、武井廣明（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）

川津秀紀（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）

岩田圭祐（東海大学連合大学院理工学研究科総合理工学専攻）、利根川昭（東海大学連合大学院理工学研究科）

\*\* 西藤武（東海大学工学部材料科学科）

### 【目的】

現在、高級車用の部品には、高速運動による摩耗や燃料等による腐食が考えられる部分において耐摩耗性・耐食性の高い材料が求められている。これらの事情により、高硬度で耐摩耗性・耐食性に優れた表面処理方法である Cr メッキが図 1 に示すような高級車のエンブレムやエンジン用クランクシャフトなどの褶動部材で用いられている。しかしながら、Cr メッキは高硬度であるがクラックが発生しやすいという欠点を有している。このクラックが発生しやすいという欠点は寿命低下の原因であり、改善が求められている。

ところで、過去に本研究グループでは Cr メッキの硬さを表面においてのみ高め、靱性までも改善する方法として、水流加工硬化処理法を提案している。これは、Cr メッキに対して表面研磨を行うことにより転位密度を増加させる方法である。また、本研究グループではシリカ系ガラスへの電子線照射処理による脆性改善方法を公表している。そこで、本研究では、新しい表面処理方法として低エネルギー電子線照射処理による、Cr メッキ膜の硬さ、脆性、破壊靱性値に関する機械的性質の改善を目的とした。

### 【方法】

本研究の試料には、機械構造用炭素鋼の表面に硬質 Cr メッキ(膜厚 50 ~ 60  $\mu\text{m}$ )を施したものをを用いた。電子線照射処理にはエレクトロンカーテンプロセッサ(岩崎電気(株))を用いた。電子線照射処理前後において硬さの測定を実施し、破壊靱性値  $K_{IC}$  を算出した。破壊靱性値  $K_{IC}$  の算出には、通常の  $K_{IC}$  測定が不可能な非常に脆い材料に利用されるため、臨界塑性変形エネルギー  $E_f$  を用いた算出方法を用いた。硬さ試験にはマイクロピッカース硬さ試験機を用いた。

### 【結果】

電子線照射処理により、Cr メッキの硬さが向上した。電子線照射線量 0.432 MGy において硬さが軟化することを確認した。また電子線照射線量 4.75 MGy により硬さが向上することを確認した。また、破壊靱性値は電子線照射線量 0.432 MGy において最大値を示した。このことから、電子線照射処理は Cr メッキの脆性改善に有効であると考えられる。



図 1 Cr メッキを使用した部品例

## 親水性と疎水性の異種生体適合高分子材料間の電子線照射接着処理

\* 川津秀紀(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、武井廣明(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、工藤寛之(東京医科歯科大学生体材料工学研究所計測分野)、三林浩二(東京医科歯科大学生体材料工学研究所計測分野)、利根川昭(東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻) \*\* 西義武(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)

### 【目的】

現在、主にコンタクトレンズを中心に医療用材料として用いられているポリジメチルシロキサンは、高い生体適合性に優れ、親水性、気体透過性、可視光透過性に優れる材料であるが、耐摩耗性に劣る材料である。一方、疎水性、可視光透過性、耐摩耗性に優れるポリプロピレンは人工心肺などに用いられており、生体適合性や耐摩耗性に優れる材料である。そこで、この2種類の高分子材料を複合化することによって、両方の長所を補うことができると考えられ、図1に示すような生体の健康状態をリアルタイムにヘルスマonitoringできる酸素センサーなどへの応用が期待できる。ところで、高分子材料の接着では、接着剤を用いる方法や熱溶着を用いる方法が一般的である。しかし、これらの多くは化学反応を伴い、高分子材料の変質や有害物質の体内での残留などによって生体へ悪影響を及ぼす。特に、従来の接着ではコンタクトレンズや人工心肺などの医療用材料に必要とされる生体適合性での課題が生じ、このような課題を解決することが求められている。そこで本研究では、異種高分子材料の電子線照射接着処理を試み、目的とした。また、常温中(298K)、低温中(77K)でEB照射を行い接着メカニズムの解明を試みた。

### 【方法】

本研究の試料は市販のポリジメチルシロキサン(東レダウコーニング製:SILPOT 184 W/C)、ポリプロピレン(P-WORK製:Clear Pack No.13)を用いた。試料作製には異種高分子を接触した状態で、試料台に置き、その上からナイロン保護フィルムを用いて試料に圧力(80 kPa)を印加した状態で固定した。これに常温中(298K)、低温中(77K)で試料にEB照射し、PDMSとPPの異種高分子材料同士を接合させた。EB照射にはエレクトロンカーテンプロセッサ(岩崎電気(株)製)を用いた。不対電子の有無や不対電子密度の測定には電子スピン共鳴装置(ESR)(日本電子(株)製:JES-FA200)を用いた。接合強度の評価には微小引張試験機((株)イマダ製)を用いてT型はく離試験を行った。

### 【結果】

常温中(298K)、低温中(77K)でEB照射処理を行うことにより、異種高分子間の接着を確認した。さらに、異種高分子のEB照射による強度変化だけでなく、接着強度の最適EB照射条件を明確にした。また、常温中(298K)、低温中(77K)でEB照射を行うことにより、不対電子の接着への寄与の可能性を見出した。EB照射は医療用合成高分子材料の接着において有効であることを見出した。

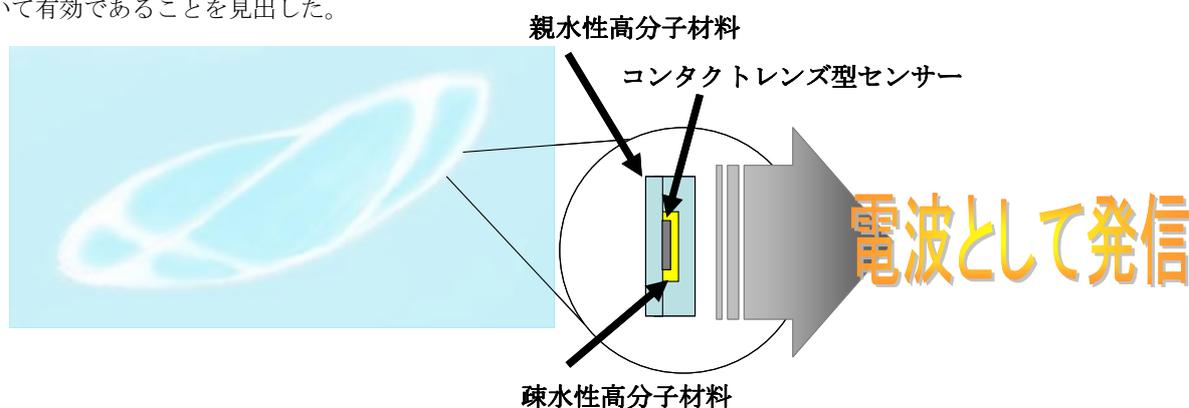


図1 電子線による親水性と疎水性の異種生体適合高分子材料間の接着応用例

## Au<sup>+</sup>イオン照射による水素吸蔵合金の初期水素吸収速度への影響

\*中川 拓也(東海大学工学部エネルギー工学科)、岸本 雅彦(東海大学大学院工学研究科応用理学専攻)、村木 啓太(東海大学大学院工学研究科応用理学専攻)、阿部 浩之((独)日本原子力研究開発機構)、\*\*内田 裕久(東海大学工学部原子力工学科)

### [実験目的]

水素吸蔵合金の電気化学的水素反応において、水分子は合金表面上で解離し、合金内部へと侵入、拡散する。したがって試料合金の表面の状態は非常に重要である。本研究室では、過去にフッ化水素処理、KOH、LiOH、NaOHによるアルカリ処理[1,2]やイオン照射による表面改質を行ってきた[3,4]。本研究では、以前の条件より重い元素を用いたイオン照射、およびアルカリ処理が水素吸蔵合金 $Mm(Ce_{0.65}La_{0.35})Ni_{3.48}Co_{0.73}Mn_{0.45}Al_{0.34}$ の水素吸収特性に及ぼす影響について調べることを目的として、イオン照射の有無、アルカリ処理の有無による $MmNi_5$ 系合金の水素吸収速度への影響について研究を行った。

### [実験方法]

実験装置には三電極式開放型一層式セルを用いており、負極は $MmNi_5$ 系合金のペレット(12.2 mm×1.3 mm)、正極は $Ni(OH)_2$ 板(70 mm×60 mm×0.3 mm)、参照電極は $Hg/HgO$ 電極、電解液は6 M-KOH(水酸化カリウム水溶液)を使用し、測定温度は298 K(一定)で行った。

測定時間は、充電120分、休息30分、放電120分、休息30分を1サイクルとし、充電時の電圧は-0.9324 V(一定)で行い、そのときの電流量から電気化学的初期水素吸収速度を測定し、各サンプルとの比較を行った。

アルカリ処理は6 M-KOH(373 K)で30分間行い、イオン照射は独立行政法人日本原子力研究開発機構高崎研究所のTIARA(Takasaki Ion Accelerators for Advanced Radiation Application)で行った。以下に負極である $MmNi_5$ 系合金ペレットに行ったイオン照射の照射条件を示す。

照射イオン	Au <sup>+</sup>
照射エネルギー	3 MeV
照射量	$1 \times 10^{14}$ /cm <sup>2</sup>

### [実験結果]

今回の実験ではAuイオンを照射した後、アルカリ処理を施した試料は未処理の試料と比べ約1.4倍高い初期水素吸収速度を示した。しかしながら、イオン照射後アルカリ処理を施さなかった試料は速度に変化が見られなかった。これは、イオン照射によって表面近傍に空孔型欠陥が形成され表面での反応が容易になったため、水素との反応前に酸化膜などの表面被膜が形成され、試料合金と水素との反応を阻害したものと考えられる。またAuイオン照射では、これまでの研究で最も高い初期水素吸収速度への効果を示したHイオン照射ほどの効果を得ることは出来なかった。

詳細は、当日ポスターにて発表する。

### [参考文献]

- [1] H. Uchida, Int.J. Hydrogen Energy 24 (1999) 861-869.
- [2] H. Uchida et al., J.Less-Common Met. 172-174 (1991) 983-996.
- [3] H. Abe et al., Mat. Sci. Forum, 363 (2001) 156.
- [4] H. Abe et al., Nucl. Inst. Meth. B, 206 (2003) 224.

## エルビウム (Er) 薄膜表面上における室温での水素の反応性

\* 村木啓太 (東海大学大学院工学研究科応用理学専攻) 榎本将明 (東海大学大学院工学研究科応用理学専攻)  
村上翔一 (東海大学大学院工学研究科応用理学専攻) \* \* 内田裕久 (東海大学工学部原子力工学科)

### 1. 緒言

希土類金属は機能性材料として水素吸蔵合金や磁歪材料など多くの工業製品に利用されている。また、希土類金属は気体としての水素、酸素、水との反応性が非常に高い事が知られている。以前より、本研究室では希土類金属薄膜 (La, Ce, Pr, Nd, Gd, Tb, Dy) と水素、酸素、水との反応性を超高真空下において定量的に調べてきた。本研究では YAG レーザーや光ファイバーの添加剤、液晶ディスプレイの発光材などとして利用されている。Er に着目し、Er 薄膜表面上における水素との反応性について定量的に調べることを目的とした。

### 2. 実験方法

実験装置はパイレックスガラス製であり、反応系、排気系、ガス導入系の 3 つの系に大別される。装置内をヒックマンポンプで真空排気し、イオンゲージ・試料の脱ガス、反応系とガス導入系の脱気を繰り返し行うことで、反応系内を  $5 \times 10^{-8}$  Pa 以下の超高真空状態にした。抵抗加熱法により Er (純度 99.9%) 薄膜を反応管の内壁に 100nm 蒸着させガスを導入した。導入ガスは  $H_2$  (純度 7N) を使用し、キャピラリー管に一度貯めた後、反応管に導入した。このときのキャピラリー管のコンダクタンス、リザーバー管と反応管の圧力差から Wagener 法を用いて反応量 N と反応確率 r を求めた。反応量 N の単位を ML とし、1ML を  $1 \times 10^{15}$  molecule/cm<sup>2</sup> と定義する。膜圧測定には水晶振動式膜圧測定計を用い、全圧測定には B-A 型イオンゲージ、分圧測定には四重極質量分析計を使用した。測定温度は 298K で行った。

### 3. 実験結果

Er 薄膜表面上の水素の初期反応確率は最も高い反応確率  $r_{H_2} = 1$  を示した。これは Er 表面上に入射したすべての水素分子が Er 表面からの伝導電子の授受により、速やかに解離し、吸収していることが考えられる。

その後、反応量  $N_{H_2} = 300$  ML 付近までは Er 表面での水素反応量の増加につれて反応確率は徐々に低下しているが一定の割合で反応は進行した。そのため、この領域では水素固溶相と二水素化物相の二相共存領域であると考えられる。

反応量  $N_{H_2} > 300$  ML になると反応確率  $r_{H_2}$  は急激に低下した。この反応確率の低下には 2 つの原因が考えられ、一般的に希土類金属は  $H/M = 2 \sim 3$  にかけて金属的性質から半導体的性質へと変化することが知られており、Er も同様に  $H/Er = 2$  付近以降で金属的性質を急激に失ったことが考えられる。また、二水素化物から三水素化物にかけての反応においては、二水素化物生成のときに比べ高い水素解離圧が必要となることが考えられる。

### 4. 参考文献

- <sup>1</sup> M. Hadano, N. Urushihara, S. Terada, D. Katsuya, H. Uchida, J. Alloys Comp. 293-295, 403 (1999)
- <sup>2</sup> S. Kato, M. Terashima, R. Yamakawa, H. Uchida, J. Alloys Comp. 446-447, 555 (2007)
- <sup>3</sup> S. Wagener, Br. J. Appl. Phys. 1, 255 (1950)

## イオン照射・アルカリ処理による水素吸蔵合金の初期水素吸収速度への影響

\*森山 和広(東海大学工学部エネルギー工学科)、村木 啓太(東海大学大学院工学研究科応用理学専攻)、阿部 浩之  
(独)日本原子力研究開発機構)、\*\*内田 裕久指導教員名(東海大学工学部原子力工学科)

### [実験目的]

水素吸蔵合金と水素の反応において、試料合金の表面の状態は非常に重要である。そのため本研究室では、過去にフッ化水素処理やKOH、LiOH、NaOHによるアルカリ処理やイオン照射による表面改質を行ってきた。本研究では、以前の条件と比べより重い元素を用いたイオン照射およびアルカリ処理が水素吸蔵合金  $Mm(Ce_{0.65}La_{0.35})Ni_5(Ni_{3.48}Co_{0.73}Mn_{0.45}Al_{0.34})$  の水素吸収特性に及ぼす影響について調べることを目的とし、イオン照射の有無、アルカリ処理の有無による  $MmNi_5$  系合金の水素吸収速度への影響について研究を行った。

### [実験方法]

実験装置には三電極式開放型一層式セルを用いており、負極は  $MmNi_5$  系合金のペレット (12.2 mm × 1.3 mm)、正極は水酸化ニッケル板 (70 mm × 60 mm × 0.3 mm)、参照電極は水銀・酸化水銀電極、電解液は 6 M-KOH (水酸化カリウム水溶液) を使用し、測定温度は 298 K (一定) で行った。

測定時間は、充電 120 分、休息 30 分、放電 120 分、休息 30 分を 1 サイクルとし、充電時の電圧は -0.9324 V (一定) で行い、そのときの電流量から電気化学的初期水素吸収速度を測定し、各サンプルとの比較を行った。

アルカリ処理は 6 M-KOH (373 K) で 30 分間行い、イオン照射は独立行政法人日本原子力研究開発機構高崎研究所の TIARA (Takasaki Ion Accelerators for Advanced Radiation Application) で行った。以下に負極である  $MmNi_5$  系合金ペレットに行ったイオン照射の照射条件を示す。

照射イオン	Bi <sup>+</sup>
照射エネルギー	350KeV
照射量	$1 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ 、 $1 \times 10^{14} / \text{cm}^2$

### [実験結果]

イオン照射のみを行ったものでは未照射のもの比べて水素吸収速度が低下した。これはイオン照射により合金表面が活性化され、水素との反応前に酸化被膜が合金表面上に形成され、その結果、水素吸収速度が低下したものと考えられる。イオン照射後にアルカリ処理を施した結果においては、まず Bi<sup>+</sup> 照射では未照射のもの比べて水素吸収速度が向上した。また、照射量  $1 \times 10^{16} / \text{cm}^2$  と  $1 \times 10^{14} / \text{cm}^2$  を比べると、 $1 \times 10^{14} / \text{cm}^2$  の照射を行った試料の方が  $1 \times 10^{16} / \text{cm}^2$  に比べて水素吸収速度が向上した。

## SDD-EDS と多変量イメージ解析技術を用いた銅複合化合物からの効果的な製錬条件の検討

和田充弘（三井金属鉱業株式会社 総合研究所）、川下幸夫（三井金属鉱業株式会社 金属事業本部（竹原精錬所））

### 【目的】

一般的に銅は多くの化合物を形成することが知られている。特に銅を含むドロスは Cu 以外にも Sn や Pbをはじめ、S, Sb, As 等と共に非常に複雑な混合化合物を作ることが知られている。このため、ドロスの殆どは一般的には処理が難しかった。しかし近年では、これらの銅含有複合化合物には、銅以外にもレアアースなどをはじめとする有価金属が複数含まれており、効率的な製錬技術が求められている。また従来活用していなかった資源からの回収技術の向上は、省資源化や環境負荷の低減化に大きく寄与する技術である。

我々はこれまでの銅含有複合化合物の研究において、SDD型の高速EDX検出器と多変量イメージ解析技術を組み合わせた評価解析技術が、従来のXRDとEPMA評価に比べて、同等の評価水準ながらも圧倒的に迅速な評価が可能であることを実証してきた<sup>1)</sup>。

本研究では、従来処理が難しかった含銅ドロスについて、銅をはじめとする有価金属を効率的に、容易に、かつ短時間で回収可能な手法を検討する予備調査として、前処理条件における銅などの存在状態を把握するために、SDD-EDSによる評価技術を用いて調査、検討を実施した。

### 【実験方法】

今回は鉛製錬後に生成される銅含有複合化合物（含銅ドロス）を試料とし、熱処理時に酸素供給量を変化させた際の相解析を実施した。試料は100kgをドラム炉に供給し、600℃で5時間かけて気相酸化を行った。

各試料の評価については、以下の通り実施した。XRDによる相の同定、およびICPによる元素分析を実施後、SEM-EDSにて断面の組織解析を実施した。SEMはCarl-Zeiss社製のFE-SEM ULTRA 55、EDSはサーモフィッシャーサイエンティフィック社製SDD型検出器Ultra Dryを用いてマッピング評価した。そしてEDSスペクトルは同社の相解析アプリケーションCOMPASSを用いて、測定同時多変量解析による自動相分離解析を実施し、試料内に存在し得る相の存在と分布、および各相の化学組成比を明らかにした。EDS測定は、加速電圧6kVにて、1視野あたり30分間の積算測定を実施した。

### 【結果】

熱処理によって銅化合物は銅錫合金を主に形成するが、酸素供給量を変えることで熱処理後に形成される銅の存在形態が大きく変化することが明らかになった。また、COMPASSによる相解析の結果、いずれの条件においても不純物元素（S, Sn, Sb, Pb, Ni, As）などを含む、多様で複雑な複合化合物を形成することも明らかになった。これらの結果から、含有ドロスの酸化の程度を検討することで、銅を効率的に回収するために、酸化処理後の試料について硫酸あるいはアンモニア含有液のどちらと作用させるべきかの判断材料になり、銅製錬工程における効率化の指針が具体的に検討できるようになった。

### <参考文献>

- 1) M. Wada, Journal of Advanced Science, 22(2010)1-6.

## 多光子イオン化及びトンネルイオン化による電子密度の過渡的变化の研究

\*坂本嶺介（東海大学理学研究科物理学専攻）、原健人（東海大学理学研究科物理学専攻）、大達剛（東海大学理学研究科物理学専攻）、\*\*八木隆志（東海大学理学研究科物理学専攻）

### [背景]

フェムト秒パルスレーザーを透明媒質中で集光すると、光が持っている電場の強度が極めて大きくなり、多光子イオン化やトンネルイオン化などにより物質を構成する原子や分子から自由電子が放出されることが知られている。その際、自由電子密度が金属同等になるため、新規の物性を示すことが期待され注目を集めている。

この度の研究で、材料としてガラスに注目した。一般的に、ガラスは不導体として知られているが、ガラスにフェムト秒パルスレーザーを照射すると、その箇所自由電子が多数発生され、その箇所が金属のような導体としての振る舞いをすると考えられる。

### [方法]

実験方法として、フェムト秒パルスレーザー（波長 786nm、パルス幅 150fs、繰り返し周波数 500Hz）をポンプとプローブ光に分波し、ポンプ光をソーダライムガラス（SiO<sub>2</sub> 71.1%、Na<sub>2</sub>O 13.1%、CaO 9.6%、MgO 4.4% etc）に側面から照射し細い線状の自由電子プラズマを生成させる。プローブ光を90度の横方向からガラスに入射し、ガラス内における光学的吸収から電子密度を求める。ポンプ光に対するプローブ光の遅延を変えて測定することで、電子密度の過渡的变化を調べることができる。ガラスを透過したプローブ光を、CCD上で結像させ、画像をパソコンに取り込みEXCELで解析を行った。実験装置図および画像の例を図1に示す。

### [結果]

実験を行った結果、自由電子による吸収と思われる黒線状の分布が確認できた。さらに、時間経過と共に徐々に濃くなり、最終的に薄くなる様子が観測された。また、それに伴い自由電子密度の最大値は $4.85221 \times 10^{25} \text{m}^{-3}$ となった。

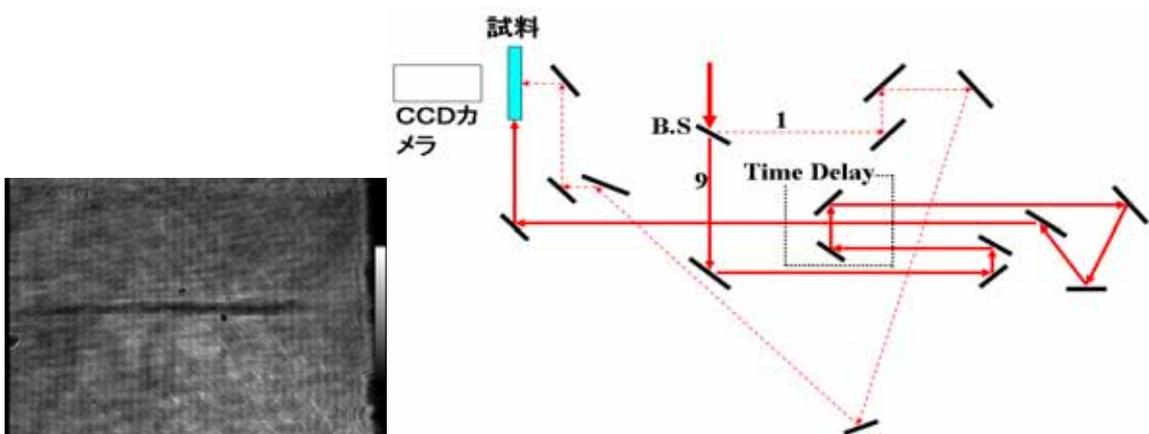


図1 実験装置図

## フェムト秒レーザーを用いたサブミクロンアブレーションに伴う Si 超微粒子発生原理の考察

\*大達剛（東海大学大学院理学研究科物理学専攻） 原健人（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）  
坂本嶺介（東海大学大学院理学研究科物理学専攻） \*\*八木隆志（東海大学理学部物理学科）

フェムト秒レーザーを用いた固体表面における超微細加工において、アブレーションガスと空気との相互作用により、加工部周辺に無数の微粒子が集積することが明らかにされている[1]。今回我々はアキシコン集光光学系を用いて、真空チャンバー内でサブミクロンの穴加工を行い、その周辺部に多数の微粒子の集積を観測した。これらの微粒子は完全な球形をしていて特徴的な大きさは10nmであった。同様の実験を空気中で行った場合、特徴的な大きさが15nm程度の不規則な形状を示す粒子が多数形成された。基板上に堆積した微粒子の粒径分布を行った結果、真空中、大気中で異なる分布が得られた。特に真空中では、加工孔から50 $\mu$ m離れた場所においても粒子数の変化がほとんど見られないという結果を得た。また、噴出したSi超微粒子を直接採取しアブレーションサイズの変化による、生成物の比較をTEMにより行った。サブミクロンアブレーションによる生成物のTEM観察により、凝集したSi超微粒子が形成されているという特徴的な結果を得た。これは、アブレーションにより生じるブルームの振る舞いが、アブレーションサイズの違いに影響を受ける為と考えられる。本発表では、空気中で生成された微粒子との著しい形状の違いについて説明し、アブレーションサイズの違いによる生成物の形状について発表を行う。

[1]T.Matsumura et al., APA 81 1393 (2005)

[2]応用物理学会 2010 年春

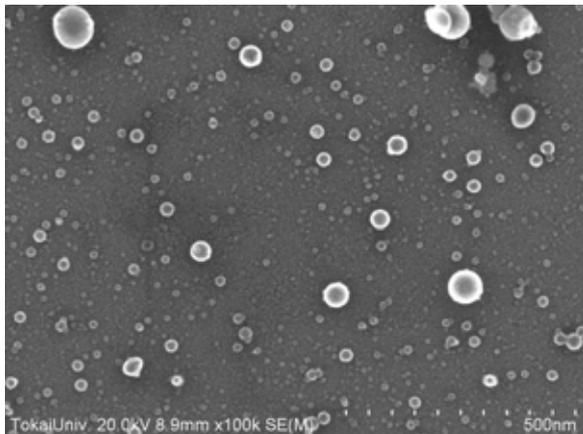


Fig.1 produced nanoparticles in vacuum

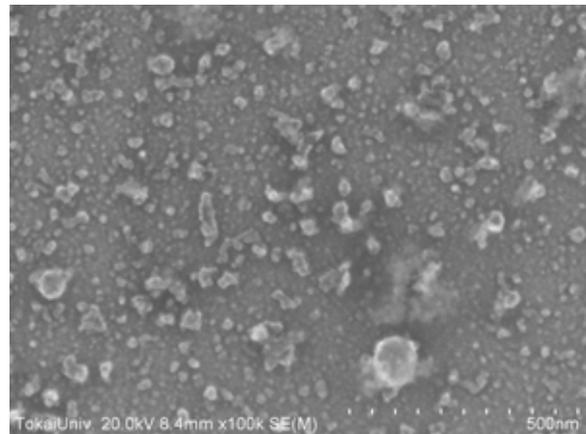


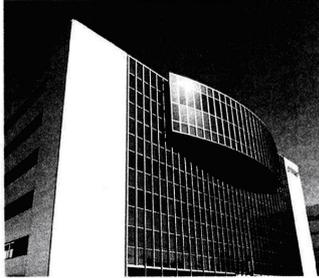
Fig.2 produced nanoparticles in air

# SAS 企業会員のご紹介

## 株式会社 アルバック

所在地 〒253-8543 神奈川県茅ヶ崎市萩園2500  
連絡先 TEL 0467-89-2033 FAX 0467-82-9114  
http://www.ulvac.co.jp

真空テクノロジーで  
「つくる」をつくる、アルバック



ULVAC

## ULVAC

アルバックマテリアル株式会社  
Advanced Materials For Next Generation

住所 〒286-0225 千葉県富里市美沢10-1  
TEL 0476-90-6111、  
FAX 0476-91-5561  
URL http://www.ulvac-materials.co.jp



主な取り扱い商品  
半導体及び液晶用スパッタリングターゲット、高融点活性金属材料、再生・精密洗浄品、有機ELサポートサービス、ナノメタルインク

温度計測の専門メーカー

## ANRITSU 安立計器株式会社

所在地 〒153-0064 東京都目黒区下目黒2-4-5  
連絡先 TEL 03-3491-9181 FAX 03-3493-6729  
URL http://www.anritsu-meter.co.jp/

主な取り扱い商品  
各種温度センサ・表面温度計・放射温度計  
蛍光式光ファイバー温度計・温度校正システムなど



●各種温度センサ



●表面温度計



●放射温度計



●蛍光式光ファイバー温度計

## 株式会社 石川工業

〒259-1304  
神奈川県秦野市堀山下 98-2

TEL 0463-87-2021  
FAX 0463-87-2035  
URL http://www.ishikawa.co.jp

主な取扱商品  
熱交換器用圧力容器等

## 石福金属興業株式会社

所在地 〒101-8654 東京都千代区内神田3-20-7  
連絡先 TEL 03-3252-3134 FAX 03-3254-7698  
E-mail seihin@ifk.co.jp  
URL http://www.ishifuku.co.jp/

貴金属は様々な製品の心臓部に不可欠な材料です。当社は加工が困難といわれる特殊な製品分野—工業用製品、とりわけ自動車やエレクトロニクス、化学、医療関連などで、数多くの優れた貴金属製品を生み出してまいりました。また、更にエネルギー、環境、医療分野の次世代型新材料の開発にも力を入れております。

<主な工業用製品>



熱電対 ろう材 白金器具 不溶性電極  
化合物 燃料電池用触媒 ターゲット 電気接点

株式会社オーネックス

## ONEX

本社 〒243-0283 神奈川県厚木市上依知3012-3  
TEL 046-285-0600 厚木工場 技術研究所  
東松山工場 〒355-0071 埼玉県東松山市大字新郷88-23  
TEL 0493-24-2931  
長野工場 〒386-1212 長野県上田市富士山2416-10  
TEL 0268-38-8010  
山口工場 〒757-0003 山口県山陽小野田市山野井1366-2  
TEL 0836-73-1311  
URL http://www.onex.co.jp

営業品目

- ① ガス浸炭焼入れ焼戻し加工
- ② ガス浸炭浸窒焼入れ焼戻し加工
- ③ 高周波焼入れ焼戻し加工
- ④ 真空熱処理加工
- ⑤ アルミ合金、銅合金などの熱処理
- ⑥ ガス窒化(ガス軟窒化)加工



## オリエンタル エン지니어リング 株式会社

所在地: 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里2-29-1  
連絡先: 川越工場  
TEL 03-3802-4311 FAX 03-3803-4614  
http://www.oriental-eg.co.jp

<技術紹介>  
表面熱処理技術の総合メーカーとして常に最新技術を提供し、熱処理設備・熱処理加工については、総合技術力で対応いたします。  
◎ 世界初の黎明期制御真空浸炭が『NEOVIA』  
◎ 各種熱処理設備のラインナップ  
◎ 浸炭処理、ガス軟窒化処理、高周波、真空処理、P-CVD、S-DLCコーティング処理等

Oh Strong!

熱処理設備全自動ライン  
(弊社新潟工場)



☆経産省・中小企業庁より  
2007年度「元気なモノ作り中小企業300社」に選定された  
☆2007年度第17回型技術協会賞の「技術賞」を受賞  
P-CVDアルファアロゴス 世界初のマグネシウム合金型の  
離型剤フリーを実現 <TIAISICNO系ナノコンポジット膜>

## 関東冶金工業株式会社

〒254-0014  
神奈川県平塚市四之宮 2543

TEL 0463-55-2511  
FAX 0463-55-8884  
URL http://www.k-y-k.co.jp

主な取扱商品  
工業用熱処理炉

## 株式会社極東窒化研究所

所在地: 神奈川県秦野市三屋 42  
TEL 0463-75-2211 / FAX 0463-75-3515  
http://www.kyokutou-tikka.com

●窒化処理とは金属部品の表面硬化処理のことで、耐磨耗性、耐腐食性の向上を目的としています。  
当社はアモニウムガスによるガス窒化を専業としております。  
日本最大級の直径2.2mの大型炉2基と、長さ7mの長尺炉1基を含め22基の円筒縦型炉を所有し、短納期に対応しています。



●対象部品:  
工作機械部品、産業機械部品、内燃機関部品、建設機械部品、航空機部品、自動車エンジン部品、グイット機械部品など

●ガス窒化専業会社として50年の窒化技術の蓄積があります。  
皆様のお役に立てますことを確信しております。

**株式会社 金門製作所  
中央研究所**

〒350-1155  
埼玉県川越市下赤坂 748

TEL 0492-56-6081  
FAX 0492-56-6088  
URL <http://www.kimmon.co.jp>

**主な取扱商品**

ガスメーター、水道メータ、  
温水メータ、空調機器、油量計、  
半導体製造装置

「光と電波」  
情報通信・デジタル家電を支える昭和真空

「真空」をベースにした独創のノウハウで、

現在の多彩な先端技術産業に貢献



<http://www.showashinku.co.jp>

**事業所**

本社・相模原工場 〒229-1124 神奈川県相模原市田名 3062 番 10 号

TEL:042-764-0321 FAX:042-764-0329

営業所・大野台 〒229-0011 神奈川県相模原市大野台五丁目 16 番 41 号

第二工場 TEL:042-754-1331 FAX:042-758-1052

大野台ハブセンター 〒229-0011 神奈川県相模原市大野台二丁目 27 番 2 号

**営業種目**

水晶デバイス用、光学薄膜用、電子デバイス用などの総合的な  
真空関連装置並びに真空機器等。

真空蒸着装置、スパッタリング装置、イオンエッチング装置、  
イオンプレーティング装置、ドライエッチング・アッシング装置、  
真空冶金（溶解、熱処理、焼結、脱ガス装置）、  
光学薄膜用モニター（多色式、淡色式）、IAD冷陰極イオンソース、  
液晶注入装置、有機EL用蒸着装置、その他

**株式会社 昭和通信工業社**

〒254-0002  
神奈川県平塚市横内 2322-1-102

TEL 0463-73-7806  
FAX 0463-73-7809

**主な取扱商品  
通信設備工事**

**株式会社 鈴木製作所**

〒253-0071  
神奈川県茅ヶ崎市萩園 2658-13

TEL 0467-85-1131  
URL <http://www.suzuki-cc.jp>

**主な取扱商品**

輸送用機器器具製品  
(主に自動車機能部品)



**第一熱処理工業株式会社**  
DAI-ICHI HEAT TREATMENT INDUSTRY CO.,LTD

所在地 本社・船橋工場 〒237-0016

船橋市潮見町16-2

連絡先 TEL 047-433-2381 FAX 047-433-0222

ホームページ <http://www.ichi-netsu.co.jp>

採用情報 <http://www.ichi-netsu.co.jp/recruit/index.html>

E-mail [info@ichi-netsu.co.jp](mailto:info@ichi-netsu.co.jp)

< 営業種目 >

熱処理・機械加工・検査までの一貫体制

< 設備 >

台車炉: W3,600xL12,000xH2,500他 6機

連続炉: φ20~350x3,000~22,000 3ライン

ピット炉: φ1,000xH1,500他 5機

機械設備・小型~大型旋盤 8機

BTA深溝加工機 小型~大型 4機

< 技術紹介 >

連続炉は丸棒・パイプ専用炉として

曲がらない熱処理が可能です

熱処理→加工→検査まで何でもご相談下さい



Oライン  
連続炉



光と熱源のバイオニア

**台石電気株式会社**

住所 〒259-1306 秦野市戸川 125-1  
TEL 0463-75-1682 FAX 0463-75-4188  
URL <http://www.takeishi.co.jp>



主な取り扱い商品  
タングステン、モリブデン、レアメタル金属材料使用  
による 自動車産業機器、他

株式会社

武井製作所 横浜工場

所在地: 〒226-0012 神奈川県横浜市緑区上山 1-16-2

連絡先: TEL045-935-3241 FAX045-934-8311

<http://www.takei-asama.co.jp>

< 技術紹介 >

高压ガス用安全弁設計・製作

\* 極低温用から高温用まで (-269℃~+500℃)

\* 微圧用から超高压用まで (0.01MPa~129 MPa)

高度の品質マネジメントシステムにもとづく安全弁

エキスパート集団の手による高精度の安全弁

当日発送 (型式・数量に制限あり) も可能



**TAKEI**

**東洋精箔株式会社**

〒262-004  
千葉県千葉市花見川区天戸町 1293

TEL 043-259-3521  
URL <http://www.toyoseihaku.co.jp>

**主な取扱商品**

各種金属への精密圧延、  
各種金属への貴金属メッキ

**株式会社 巴商会**

所在地: 〒144-8505 東京都大田区南蒲田1-1-25  
連絡先: TEL03-3734-1116 FAX:03-3734-8900  
URL: <http://www.tomoeshokai.co.jp>



We are versed in Gases.  
ISO14001  
証登録番号99ER-04

信頼のガスで、未来を開く  
IT、バイオ、地球環境等  
が世に於いても、巴商会では  
さまざまな力をお客様と共に  
時代を築きます。

巴商会では酸素・窒素・アルゴン・ヘリウムをはじめとする  
1,000種類以上の産業用ガス、また、それらを使用する際  
の機器や産業用ガスの消費設備をお客様に提供していま  
す。技術部門、商販分析部門があるのもお客様のニーズにお  
応えするためです。

◆東海大学出身者29名活躍中!!

**NAKAYO**  
株式会社ナカヨ通信機

＜所在地＞  
●本社 〒150-0031 東京都渋谷区桜丘町24-4  
TEL.03-3496-1151  
●業務本部(前橋) 〒371-0853 群馬県前橋市総社町1-3-2  
TEL.027-253-1111

主要製品:デジタルビジネスホン・IP電話・VDSL・CTI  
デジタル交換機・PHS無線モジュール他

提案します  
IPビジネスソリューション

好評発売中  
IP対応デジタルビジネスホン

iA-v3



ネットワークカメラ対応  
大型カラー液晶ディスプレイ搭載  
iA3-IPLD電話機

株式会社 ニクニ

〒213-0032  
神奈川県川崎市高津区久地 843-5

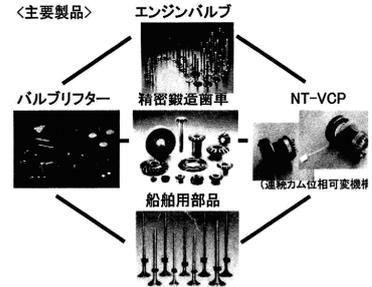
URL <http://www.nikuni.co.jp>

主な取扱商品  
ステンレス製品 過流タービンポンプ,  
マグネットポンプ, キャンドモーターポンプ

◇ NITTAN VALVE CO.,LTD.

＜挑戦・創造・スピード＞をモットーに、市場のニーズを先取りした総合的な提案を致します。

日鍛バルブは、エンジンバルブを始め、その他製品で環境規制への貢献はもとより、もの造りにおいても新しい発想と工夫により、環境との調和を考慮しエクセレントカンパニーを目指します



日鍛/バルブ株式会社

住所: 〒257-0031 秦野市曾屋518番地  
TEL: 0463-82-1311 FAX: 0463-82-7413  
URL: <http://www.niv.co.jp>

地球環境を考えた日本端子のコネクタ  
安心を築いて半世紀 人と環境の調和を目指す。



RoHS対応  
他社製の圧着機に対応  
セット簡単・時間短縮、確かな圧着と低価格  
ワンタッチ式ラムストッパー搭載  
~脱着時、保管時の刃型破損防止装置~

端子は、情報と暮らしを高度に継ぎます

日本端子株式会社

本社 〒255-0003 神奈川県中郡大磯町大磯 2224-1  
TEL(0463)61-8200 (案内用)ダイヤルイン FAX(0463)60-1210  
URL:<http://www.h-nippon-tanashi.com/>

NHKニッパツ

日本発条株式会社

〒236-0004 横浜年金沢区福浦3-10  
TEL.045-786-7511 FAX.045-786-7599  
<http://www.nhkspg.co.jp/>

ニッパツは世界No.1のばねメーカーとして躍進してきました。  
現在では、自動車、情報通信、産業・生活の各分野に、なくてはならないキーマーケットを提供しています。

＜自動車分野＞



世界No.1のばね製品をはじめとして、クルマの安全・快適・高機能・環境対応のための製品を提供しています。

＜情報通信分野＞



世界第2位のHDD用サスペンションのほか、HDDおよび半導体関連部品などで、高度情報社会を支えています。

＜産業・生活分野＞



立体駐車装置やセキュリティ製品など、生活の中の身近なところにも、数多くのニッパツ製品が広がっています。

ニホンハンダ株式会社

〒130-001  
東京都墨田区太平 1-29-4

TEL 03-3624-5771

URL <http://www.nihonhanda.com/>

主な取扱商品  
電子機器用各種はんだ材料,  
フラックス材,  
自動はんだ付け加熱装置

日本バルブパーツ(株) NBP

本社・工場:〒276-0046  
千葉県八千代市大和田新田 601-36  
TEL:047-450-7111 FAX:047-450-7011  
URL: <http://www.takumincwaza.com>  
白河工場: 福島県白河郡西郷村大字小田倉字太平 525-1  
日中合弁: 西安西安西立電子有限公司

—世界を駆け巡るNBPの機能部材—

電子機器	リードフレーム タンダラムワイヤロープ SMD用導線(SDMC)
情報機器	磁石ローラ (MRワイヤロープ) エレクトロニクス 高速導線用ワイヤ 磁石コネクタ
自動車	コネクタ用ワイヤロープ ステンレス鋼ワイヤロープ 非磁性鋼線 (線径: 0.15~0.3mm) 線径調整機 (線径: 0.15~0.3mm) 線径調整機 (線径: 0.15~0.3mm)
テストロニクス	ワイヤロープ ワイヤロープ
医療	ステンレス鋼線 (線径: 0.15~0.3mm) ステンレス鋼線 (線径: 0.15~0.3mm) ステンレス鋼線 (線径: 0.15~0.3mm)

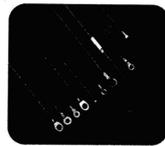
高精度高速送りローラ スチールベレット WC品研削機

日本ミニチュアロープ

NIPPON MINIATURE ROPE CO.,LTD

住所: 東京都中央区日本橋橋町5番15号  
(Address: Hakozaki-cho, Nihonbashi, Chuo-ku, Tokyo)  
Tel: 03-3664-9133 Fax: 03-3668-8750  
E-Mail: [nmr.tokyo@ky3.3web.ne.jp](mailto:nmr.tokyo@ky3.3web.ne.jp)  
Web Site: <http://www2.osk.3web.ne.jp/~nmrkk/nmr01/htm>

主な製品: (1)自動車用コントロールケーブル  
(2)OA機器用ステンレス鋼ワイヤロープ  
(3)高級自転車(マウンテンバイク)用インナーケーブル  
(4)照明器具昇降用ステンレス鋼ワイヤロープ  
(5)医療用ファイバーステンレス鋼ワイヤロープ  
(6)半導体(シリコン、結晶)用タンダラムワイヤロープ



パイロットコーポレーション  
平塚工場

〒254-0073  
神奈川県平塚市西八幡 1-4-3

TEL 0463-35-8030

URL <http://www.pilot.co.jp>

主な取扱商品  
各種筆記具, OA 機器部品, 宝飾品

**PARKER SUPER NITRIDING**

パーカー S・N 工業株式会社

所在地 〒252-1108 神奈川県綾瀬市深谷上 8 丁目 20 番 27 号

連絡先: TEL 0467-78-6760 FAX 0467-78-6763

<http://www.parker-sn.co.jp>

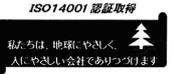
工場: 本社工場 水戸工場

<熱処理加工>

ガス窒化    ガス浸硫窒化    ガス軟窒化  
ガス浸炭    ガス浸炭窒化    ADI 等各種処理



ISO9001 認証取得  
顧客の信頼と満足を得る  
品質を安定的に供給する



榊やマイチニューテクノロジー  
〒410-1109 静岡県裾野市呼子 3-1-2  
連絡先 TEL055-997-3010 FAX055-997-3013  
<http://web.thn.jp/yyy>

<技術>

バイオマス燃焼装置「BMB」は、廃動植物用油を熱エネルギーにリサイクルする装置です。廃動植物油を改質して、BKF「Bio Kerosene Fuel」として燃料化し、特殊バーナーで直接燃焼します。燃焼効率はたいへん優れており、煙害、臭気などの公害も発生させない等、環境にやさしい商品です。



エコマーク認定番号 第 02059001  
温水ユニット 4.0万 kcal/h  
65°C 7ton/h

**株式会社  
山本科学工具研究社**

〒273-0018  
千葉県船橋市栄町 2-15-4

TEL 047-431-7451

**主な取扱商品**  
硬さ基準片

**株式会社 渡辺製作所**

〒950-1455

新潟県新潟市南区新飯田 3000 番

TEL 025-374-2146

URL <http://www.watanabetu.jp/>

**主な取扱商品**  
金属熱処理加工

**'10 SAS Intelligent Symposium Abstracts**

平成 22 年 11 月 18 日発行

編集発行 日本学術会議登録学術団体 SAS (Society of Advanced Science)

〒257-0003 神奈川県秦野市南矢名 3-10-35 東海大学同窓会館 1 階  
連絡先：〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4-1-1 東海大学湘南校舎  
TEL:0463-69-1960 FAX:0463-69-1961

E-mail : [jased@sas-jas.gr.jp](mailto:jased@sas-jas.gr.jp) SAS HP : <http://www.sas-jas.gr.jp/>

発行人・西畑三樹男 印刷製本・(有)松波印刷

© 2010 Society of Advanced Science