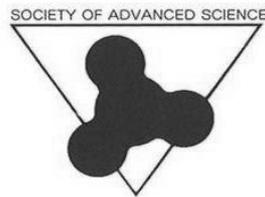


*25<sup>th</sup> '13 SAS*  
*Intelligent Symposium*

***ABSTRACTS***



日時：2013年11月13日(水)、14日(木)

10:00~16:30

場所：東海大学湘南キャンパス 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

## 25<sup>th</sup> '13 SAS インテリジェントシンポジウム スケジュール

	11月13日(水)	11月14日(木)
9:00	(開場)	
9:15	受付開始 ポスター掲示 ショートプレゼンテーションのデータ提出	受付開始
10:00	シンポジウム開会式	ショートプレゼンテーション開始
10:15	ショートプレゼンテーション開始 発表領域 B, C, F, I-1~I-5, I-7~I-12	発表領域 A, D, E, G, H, I-6
	** 休憩 **	** 休憩 **
13:30	ポスター発表開始 発表領域 B, C, F, I-1~I-5, I-7~I-12	ポスター発表開始 発表領域 A, D, E, G, H, I-6
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 0 auto; width: fit-content;"> <p>13:30-14:30 カテゴリ No. <b>偶数</b></p> <p>15:00-16:00 カテゴリ No. <b>奇数</b></p> <p>*上記の時間帯は、各自のポスター前に待機して下さい。</p> </div>	
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		ポスターおよび展示物の撤収作業

## <25<sup>th</sup> '13 SAS インテリジエントシンポジウム実行委員会組織>

実行委員長	天野 忠昭	(前 湘南工科大学 工学部教授)
現地運営委員長	小栗 和也	(東海大学 教養学部 人間環境学科)
実行委員	伊藤 健郎	(日本ベルパーツ株式会社)
	内田 晴久	(東海大学 教養学部 人間環境学科)
	岡田 工	(東海大学 チャレンジセンター)
	沖村 邦雄	(東海大学 工学部 電気電子工学科)
	小黒 朝雄	(岳石電気株式会社 技術開発部 部長)
	落合 成行	(東海大学 工学部 機械工学科)
	神田 輝一	(関東冶金工業株式会社 技術開発室 室長)
	神田 昌枝	(東海大学 非常勤講師)
	渋谷 猛久	(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)
	新屋敷 直木	(東海大学 理学部 物理学科)
	鈴木 康之	(株式会社極東窒化研究所)
	崔 一英	(東海大学 チャレンジセンター)
	利根川 昭	(東海大学 理学部 物理学科)
	富田 恒之	(東海大学 理学部 化学科)
	星野 薫	(パーカーS・N工業株式会社)
安森 偉郎	(東海大学 教育研究所)	

(五十音順、敬称略)

## 25<sup>th</sup> < '13 SAS インテリジェントシンポジウム 題目一覧 >

会期 2013年11月13日,14日 10:00~16:30

会場 東海大学湘南キャンパス 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 高温電子線照射処理した医療用PTFE/PDMSの接着強度評価

\*久保 智愛(東海大学工学部材料科学科)、岡田 拓己(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、宇山 将人(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、神田 昌枝(東海大学工学部材料科学科)、\*\*西 義武(東海大学工学部材料科学科)

#### A-2 自動車用炭素繊維界面強化Al/Cross/ABS-CFRP樹脂接合体の作製

\*白石一匡(東海大学工学部材料科学科)、石井翔(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、笠井淳(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)

#### A-3 湿式ジェットミル法を用いた高濃度グラフェン分散液の作製と応用技術の開発

\*門馬拓也(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)

#### A-4 水分を添加した原料ガスを用いた熱CVD法によるカーボンナノチューブの作製

\*大森伸一(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・自然・環境エネルギー

#### B-1 太陽光発電・燃料電池発電複合システムにおける酸素使用の効果

\*富樫 蓉(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、座間 竜也(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、松浦 友貴(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、\*\*板子 一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)

#### B-2 太陽光発電を用いた街路灯へのMPPT制御の適用の検討

\*渡邊 明彦(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、小佐野 美穂(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、\*\*板子 一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)

#### B-3 静電インクジェットを用いたロボットアームの開発

\*小川真史(東海大学工学部機械工学科)、川田茂人(東海大学大学院工学研究科)、\*\*梅津信二郎(東海大学工学部機械工学科)、功刀 義人(東海大学工学部応用化学科)、大森整(理化学研究所)

#### B-4 3Dプリンターを利用した色素増感型太陽電池の作製

\*川田茂人・\*\*梅津信二郎・功刀義人・下山夕貴(東海大学)・大森 整(理化学研究所)

#### B-5 めっき法によるピスマス・テルライド系薄膜熱電素子の作製と物性評価

\*初田 直樹、松岡 健(東海大学工学部材料科学科)、\*\* 高尻 雅之(東海大学工学部材料科学科)

#### B-6 電子線照射したピスマス・テルライド系薄膜熱電素子の構造・熱電特性の評価

\*今井和朗(東海大学工学部材料科学科)、宇山将人(東海大学工学研究科金属材料工学専攻)、\*\*高尻雅之、西義武(東海大学工学部材料科学科)

- B-7 **半球規模傾圧不安定波動実験において発生するロスビー波 ～初期条件の制御について～**  
\*高橋克実 (東海大学大学院理学研究科物理学専攻)、\*\*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-8 **パーソナルナビゲーションデバイス用の積層型燃料電池の作製**  
\*上野雄太郎 (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-9 **MEA とセパレータ間の接触抵抗のその場測定**  
\*山田裕恭 (東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)、\*\*庄善之 (東海大学工学部電気電子工学科)
- B-10 **分極電極にグラフェンを添加した電気二重層キャパシタの作製および評価**  
\*古屋勇貴 (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-11 **メカニカルアロイング法を応用したスクラップゲルマニウムの再資源化**  
\*岡部準子 (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)

## C・機械・材料工学

- C-1 **ジャイロ回転する野球ボールの空力特性**  
\*八木 豪 (東海大学大学院)、\*\*岡永 博夫 (東海大学機械工学科)、\*\*青木 克巳 (東海大学機械工学科)
- C-2 **円管内流れの管摩擦損失に与えるマイクロバブルの効果**  
\*鈴木 慶史 (東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、\*\*岡永 博夫 (東海大学工学部機械工学科)
- C-3 **THE EFFECT OF DIFFERENT GROOVES SHAPE TO THE AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF SQUARE CYLINDER WITH GROOVES**  
\*T.Fikri, B.Afiq, M.Idogawa, M.Miyake, \*\*H.Okanaga (Tokai University)
- C-4 **航空機体材料用炭素繊維織布界面強化 Ti/CFRP 接合体の強度評価**  
\*鳥飼翔太 (東海大工)、乾 茂仁 (東海大工 院生)、白石 一匡 (東海大工 院生)、\*\*西 義武 (東海大工)
- C-5 **電子線照射処理後ホットプレスしたポリウレタンと銅箔の接着強度評価**  
\*藤山尚紀 (東海大学工学部材料科学科)、岡田拓己 (東海大学大学院工学研究科工学専攻)、宇山将人 (東海大学大学院工学研究科工学専攻)、神田昌枝 (東海大学工学部材料科学科)、\*\*西義武 (東海大学工学部材料科学科)
- C-6 **外部拡散法 MgB<sub>2</sub> 超伝導線材の作製と組織**  
\*大内 皓 (東海大学工学部材料科学科)、孫 仁傑 (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)
- C-7 **Y系超伝導テープ線材を用いた集合型電流リードの開発**  
\* 松村 亮佑 (東海大学工学部材料科学科) 本橋 春樹、細野 優人 (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)
- C-8 **キューロニッケルシース PIT 法 MgB<sub>2</sub> 超伝導細径線材の加工性**  
\*横田 勇太 (東海大学工学部材料科学科)、孫 仁傑 (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)

- C-9 **TFA-MOD 法 YBCO 超伝導テープ線材を用いた小型電流リードの開発**  
 \* 坂本 太紀、高橋 祐樹、(東海大学工学部材料科学科)、本橋 春樹、細野 優人、(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)
- C-10 **安価なシステムキッチン用ステンレス鋼溶射膜の表面処理による機械的性質向上に関する研究**  
 \*山崎由晃 (東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、白石一匡 (東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、全軍華 (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-11 **航空機用炭素繊維界面強化 Ti/CFRP 接合体の衝撃値の温度依存性**  
 \*乾茂仁 (東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、白石一匡 (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-12 **航空機用サンドイッチ構造材料 (CFRP/ABS/CFRP) の電子線照射と吸水による強靱化処理の開発**  
 \*岡田拓己 (東海大学工学部材料科学科)、全軍華 (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-13 **モバイル端末用カバーガラスの複合強化プロセスに関する研究**  
 \*全軍華 (東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、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-14 **不安定密度成層における対向流挙動の可視化と数値シミュレーション -第5報- 粒子法コードによる解析**  
 \*齋藤 嘉治 (湘南工科大学大学院)、内山 直哉、萩原 徹、丸谷 祐人 (湘南工科大学)、\*\*文沢 元雄 (湘南工科大学)
- C-15 **ドライガスシールの漏れ量測定を目的とした実験装置の製作**  
 \*宮川 潤平 (東海大学工学部機械工学科)、二宮 慎 (同左)、\*\*砂見 雄太 (東海大学工学部機械工学科)、落合 成行 (同左)、橋本 巨 (同左)
- C-16 **磁性粒子を用いた細胞の成長制御**  
 \*新川大志 (東海大学)、\*\*梅津信二郎 (東海大学・理研) < 大森 整 (理化学研究所)
- C-17 **トンボの翅表面における突起構造を模倣した人工翅作製とその特性評価**  
 \*田辺尚之 (東海大学工学部機械工学科)、高岡暁人 (同左)、田中芳昌 (東海大学工学研究科機械工学専攻)、\*\*梅津信二郎 (東海大学工学部機械工学科)、橋本巨 (同左)、片平和俊 (理化学研究所)
- C-18 **C/C-HfC-SiC 複合材料の組織形成メカニズム**  
 \*和田寿也 (東海大学工学部機械工学科)、矢野友規 (東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、青木卓哉 (JAXA)、小笠原俊夫 (JAXA)、\*\*梅津信二郎 (東海大学工学部)、大森整 (理化学研究所)
- C-19 **エレクトロスピンングを用いた細胞の成長方向を制御する機能性足場の作製**  
 \*荒木良介 (東海大学・理研)、\*\*梅津信二郎 (東海大学・理研)、大森 整 (理化学研究所)
- C-20 **組織を変化させたタングステンに対する水素およびヘリウムプラズマ照射の影響**  
 \*伊藤隆、小野田上彦 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、田中優、米良紗穂里 (東海大学大学院理学研究科物理学専攻)、  
 \*\*小栗和也 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、\*\*利根川昭 (東海大学理学部物理学科)

## D・教育・基礎科学

- D-1 **身近なエネルギー変換を理解するための振動発電を使った教材開発[Ⅱ]**  
\*八並愛佳、川内つぐみ、山田亜紀（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）
- D-2 **レーザーポインタを用いた簡易結晶方位決定装置の開発**  
\*楠田拓也、福井隆一郎、森田格（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）
- D-3 **グラスハープを使った教材開発～振動解析～**  
\*藤居奈々、大沼梨、小野田上彦、小泉周平（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）

## E・光・プラズマ理工学

- E-1 **住環境アレルゲンDer f1 連続計測のための光ファイバ式蛍光免疫計測法に関する研究**  
\*三木 大輔、宮島 久美子、（東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科）、荒川 貴博、\*\*三林 浩二（東京医科歯科大学 生体材料工学研究所）
- E-2 **アルコール代謝評価のための呼気中アルコール可視化計測するシステムに関する研究**  
\*佐藤 敏征、王 昕（東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科）、宮島 久美子、荒川 貴博、\*\*三林 浩二（東京医科歯科大学 生体材料工学研究所）
- E-3 **ホルムアルデヒド用生化学式ガスセンサの開発と光触媒の浄化能評価への応用研究**  
\*森 英久、山下 俊文、叶 明（東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科）、宮島 久美子、荒川 貴博、\*\*三林 浩二（東京医科歯科大学 生体材料工学研究所）
- E-4 **時間的変動磁場中におけるシートプラズマの挙動に関する基礎研究**  
\*田中悠太（東海大学理学部物理学学科）、田中優（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、小林広彰（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学科）、佐藤浩之助（中部電力）、河村和孝（東海大学）
- E-5 **オーロラ形成におけるダブルレイヤー現象に関する基礎研究**  
\*新田優也（東海大学理学部物理学学科）、田中優（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、小林広彰（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学科）、佐藤浩之助（中部電力）、河村和孝（東海大学）
- E-6 **オメガトロンの質量分析器を用いたシートプラズマ中での水素原子負イオン計測**  
\*小谷野翔大（東海大学理学部物理学学科）、松本賢樹（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、川田侑宣（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、飯島貴朗（東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻物理・数理科学コース）、\*\*利根川昭（東海大学理学部物理学学科）、佐藤浩之助（中部電力）、河村和孝（東海大学）
- E-7 **重水素プラズマ照射での水素吸蔵材の重水素吸蔵量の測定**  
\*宮下大（東海大学理学部物理学学科）、米良紗穂里（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、田中優（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学科）、松村義人（東海大学工学部原子力工学科）、佐藤浩之助（中部電力）、河村和孝（東海大学）
- E-8 **宇宙用電気推進エンジンのシートプラズマへの適応**  
\*石川文貴（東海大学理学部物理学学科）、萩原聡（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、前川亮史（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学科）、佐藤浩之助（中部電力）、河村和孝（東海大学）

- E-9 **核融合燃料粒子の選択的分離に関する基礎研究**  
 \*増子瑞樹(東海大学理学部物理学科)、前川亮史(東海大学大学院理学研究科物理学専攻)、田中優(東海大学大学院理学研究科物理学専攻)、萩原聡(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)、佐藤浩之助(中部電力)、河村和孝(東海大学)
- E-10 **コンクリート材に対するセシウム原子染み込み過程のTOF計測**  
 \*矢島史詞(東海大学理学部物理学科)、菅原諒(東海大学理学研究科物理学専攻)、関口翔大(東海大学理学部物理学科)、石堤敬太(東海大学理学部物理学科)、曾根有紀(東海大学理学部物理学科)、青島由貴隆(東海大学理学部物理学科)、\*\*八木隆志(東海大学理学研究科物理学専攻)
- E-11 **微小領域の励起と物質の解離：結晶性シリコン**  
 \*曾根有紀(東海大学理学部物理学科)、菅原諒(東海大学理学研究科物理学専攻)、石堤敬太(東海大学理学部物理学科)、関口翔大(東海大学理学部物理学科)、青島由貴隆(東海大学理学部物理学科)、矢島史詞(東海大学理学部物理学科)、島口千明(東海大学理学部物理学科)、馬見塚量子(東海大学理学部物理学科)、\*\*八木隆志(東海大学理学研究科物理学専攻)
- E-12 **アキシオン集光ビーム強度分布計測装置の絶対キャリブレーション**  
 \*石堤敬太(東海大学理学部物理学科)、菅原諒(東海大学理学研究科物理学専攻)、曾根有紀(東海大学理学部物理学科)、関口翔大(東海大学理学部物理学科)、青島由貴隆(東海大学理学部物理学科)、矢島史詞(東海大学理学部物理学科)、島口千明(東海大学理学部物理学科)、馬見塚量子(東海大学理学部物理学科)、\*\*八木隆志(東海大学理学研究科物理学専攻)
- E-13 **固体の超高速励起と緩和過程の計測・ポンププローブ法**  
 \*関口翔大(東海大学理学部物理学科)、菅原諒(東海大学理学研究科物理学専攻)、曾根有紀(東海大学理学部物理学科)、石堤敬太(東海大学理学部物理学科)、\*\*八木隆志(東海大学理学研究科物理学専攻)
- E-14 **半導体表面における自由電子の集団励起過程の研究**  
 \*菅原諒(東海大学理学研究科物理学専攻)、曾根有紀(東海大学理学部物理学科)、石堤敬太(東海大学理学部物理学科)、関口翔大(東海大学理学部物理学科)、青島由貴隆(東海大学理学部物理学科)、矢島史詞(東海大学理学部物理学科)、島口千明(東海大学理学部物理学科)、馬見塚量子(東海大学理学部物理学科)、\*\*八木隆志(東海大学理学研究科物理学専攻)
- E-15 **トナーレジストを用いたメタマテリアルの簡易的作製手法の開発**  
 \*佐藤 翔一(東海大学大学院工学研究科光工学専攻)、\*\*若木 守明(東海大学工学部光・画像工学科)、渋谷 猛久(東海大学工学部光・画像工学科)
- E-16 **ゾルゲル法により合成したAg及びAuナノ粒子分散MgF<sub>2</sub>膜の光学特性**  
 \*佐藤 翔一(東海大学大学院工学研究科光工学専攻)、横山 英佐(東京工芸大学)、\*\*若木 守明(東海大学工学部光・画像工学科)、渋谷 猛久(東海大学工学部光・画像工学科)

## F・有機・高分子材料

- F-1 **透明高強度ボルト用ポリカーボネートのEB照射による加水分解抑制**  
 \*小川翔平(東海大学工学部材料科学科)、山崎由晃(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、全軍華(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、\*\*神田昌枝(東海大学工学部材料科学科)、渋谷猛久(東海大学工学部光画像工学科)、西義武(東海大学工学部材料科学科)
- F-2 **航空機体用CFRP/CFRP接合体に及ぼす電子線照射による接着強度の向上**  
 \*高屋倫基(東海大学工学部材料科学科)、乾茂仁(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、白石一匡(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-3 **個別電子線照射処理後ホットプレス接着した異種高分子 PTFE/PE の接着強度の評価**  
\*宇山将人(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、神田昌枝(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)

## G・生命生理工学

- G-1 **ソフトコンタクトレンズ型グルコースセンサを応用した涙液の分泌動態評価**  
\*黒木 祐輔、初 明星(東京医科歯科大学大学院 歯医学総合研究科)、水野 くみ、宮島 久美子、荒川 貴博、\*\*三林 浩二(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)
- G-2 **グルコース駆動式の薬物放出システムにおける減圧機構の高出力化**  
\* 高木 寛之、佐藤 怜、松浦 佑樹(東京医科歯科大学大学院 歯医学総合研究科)、齊藤浩一(東京工業高等専門学校)、ムンゾギ ヲルガ ムンガバ、宮島 久美子、荒川 貴博、\*\* 三林 浩二(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)
- G-3 **化学蛍光法を利用した光ファイバ型免疫測定系によるダニアレレルゲン Der fl 計測に関する研究**  
\* 鈴木 友梨香、宮島 久美子(東京医科歯科大学大学院 歯医学総合研究科)、新井 萌花、下村 弘治、芝 紀代子(文京学院大学 保健医療技術学部)、荒川 貴博、\*\* 三林 浩二(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)
- G-4 **ラットの睡眠時における脳波の研究**  
\*矢崎幸児(東海大学開発工学研究科医用生体工学専攻)、中村真也(東海大学開発工学部医用生体工学専攻)、安藝史崇(秋田大学大学院工学資源学専攻)、木村達洋(東海大学基盤工学部医用福祉工学科)、山崎清之(東海大学工学部医用生体工学科)、\*\*田所裕之(東海大学開発工学研究科医用生体工学専攻)
- G-5 **指先の接触動作と屈曲検出に関する基礎的研究**  
\*小嶋 祐登、\*\*影山 芳之(東海大学大学院開発工学研究科医用生体工学専攻)
- G-6 **非接触状態による咀嚼回数測定方法について**  
\*志田 和磨(東海大学大学院開発工学研究科医用生体工学専攻)、\*\*影山 芳之(東海大学大学院開発工学研究科医用生体工学専攻)
- G-7 **LED アレイを用いた皮質下視覚神経核における分光波長感度特性評価システムの開発**  
\*明珍徹哉(東海大学大学院工学研究科情報理工学専攻)、坂本悠馬(東海大学大学院工学研究科情報理工学専攻)、西秋智博(東海大学大学院工学研究科情報理工学専攻)、古賀靖子(九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門)、\*\*高雄元晴(東海大学情報理工学部)
- G-8 **運動刺激に対する時間予測に輝度は影響するのか？**  
\*宮島浩明(東海大学大学院工学研究科情報理工学専攻)、\*\*高雄元晴(東海大学情報理工学部情報理工学専攻)
- G-9 **プレパルスインヒビションに対する光環境の評価システムの開発**  
\*坂本悠馬、明珍徹哉、西秋智博(東海大学大学院工学研究科情報理工学専攻)、\*\*高雄元晴(東海大学情報理工学部情報科学科)、古賀靖子(九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門)
- G-10 **前日の生活パターンが昼間の眠気に及ぼす影響**  
\*田中聡、増子結奈、池卓美、\*\*山崎清之(東海大学工学部医用生体工学科)
- G-11 **言語性および非言語性課題解決過程の脳波の検討**  
\*増子結奈、石井彩織、田中聡、\*\*山崎清之(東海大学工学部医用生体工学科)

- G-12 **創造性テスト遂行時の脳波の検討**  
\*石井彩織、増子結奈、武士沙菜美、\*\*山崎清之（東海大学工学部医用生体工学科）
- G-13 **動的錯視図形注視時の脳波の検討**  
\*守屋綾二、田中雅之、石井彩織、\*\*山崎清之（東海大学工学部医用生体工学科）
- G-14 **ラットSVRにおける聴覚刺激間隔の影響について**  
\*中村真也（東海大学大学院開発工学研究科医用生体工学専攻）、矢崎幸児（東海大学大学院開発工学研究科医用生体工学専攻）、木村達洋（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、山崎清之（東海大学工学部医用生体工学科）、\*\*田所裕之（東海大学開発工学研究科医用生体工学専攻）

## H・薄膜・表面物性工学

- H-1 **LaNi<sub>4.6</sub>Al<sub>0.4</sub> 水素吸蔵合金の初期水素吸収速度に及ぼす電子線照射及びアルカリ処理の影響**  
徳平 真之介（東海大学工学研究科応用理学専攻）、\*小野 大河（東海大学工学部エネルギー工学科）、爲廣 航（東海大学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）、原本 岳史（研究支援・知的財産本部技術共同管理室）、\*\*内田 裕久（東海大学工学部原子力工学科）
- H-2 **MA（メカニカルアロイング）法により作製したTiFe合金の初期水素吸収速度及び仕事関数に関する研究**  
\*爲廣 航（東海大学大学院工学研究科応用理学専攻）、蝦名 雄貴（東海大学大学院工学研究科応用理学専攻）、\*\*内田 裕久（東海大学大学院工学研究科応用理学専攻）、佐藤 正志（東海大学工学部応用化学科）
- H-3 **電子線照射が及ぼす水素吸蔵合金の電気化学的水素吸収速度への影響**  
\*徳平 真之介（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（東海大学大学院工学研究科応用理学専攻）
- H-4 **プラスチックフィルムと鋼ローラ間における動摩擦特性に関する実験的検討**  
\*壽 祐輔（東海大学大学院）、\*\*砂見 雄太（東海大学 工学部 機械工学科）、橋本 巨（同左）
- H-5 **湿度変化が及ぼすプラスチックフィルムと鋼ローラ間における静摩擦力の測定**  
\*藤原靖（東海大学工学研究科機械工学専攻）、\*\*砂見雄太（東海大学工学部機械工学科）、橋本巨（同左）
- H-6 **イオンプレーティングにおけるイオンのエネルギー測定**  
\*福富隆弘（東海大学工学部原子力工学科）、天野真央（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-7 **スパッタ成膜中のイオン衝撃がNi薄膜の特性に及ぼす影響**  
\*戸谷聡一郎（東海大学工学部原子力工学科）、豊田棕一（東海大学工学部原子力工学科）、橋本真希（東海大学工学部原子力工学科）、郡亜美（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 **DCマグネトロンスパッタリング法で作製したG<sub>0</sub>薄膜の粒径評価**  
\*小林かおり、山田亜紀（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）
- H-9 **ITO基板上へのVO<sub>2</sub>薄膜成長とその電気的特性に関する研究**  
\*菊地 貴寛（東海大学理学部化学科）、\*\*沖村 邦雄（東海大学工学部電気電子工学科）、富田 恒之（東海大学理学部化学科）

## I・その他

- I-1 **球体の表面構造の系統的変化が空力特性に及ぼす影響**  
\*木村拓也（東海大学）、\*\*岡永博夫（東海大学）
- I-2 **チェルノブイリ原子力発電所周辺の $\gamma$ 線の1cm線量当量率に関する調査結果**  
\*青田 英悟（東海大学工学部原子力工学科）、爲廣 航（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）
- I-3 **誘電分光法を用いた Lysozyme 水溶液の融解過程の不凍水のダイナミクス**  
\*木下皓（東海大学理学部物理学科）、佐々木海渡（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、大浜巧（東海大学理学部物理学科）、喜多理王（東海大学理学部物理学科）、\*\*新屋敷直木（東海大学理学部物理学科）、\*\*八木原晋（東海大学理学部物理学科）
- I-4 **氷結したウシ血清アルブミン水溶液の融解過程における水の分子ダイナミクス**  
\*大浜巧（東海大学理学部物理学科）、佐々木海渡（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、木下皓（東海大学理学部物理学科）、喜多理王（東海大学理学部物理学科）、\*\*新屋敷直木（東海大学理学部物理学科）、\*\*八木原晋（東海大学理学部物理学科）
- I-5 **銅-アルミニウム酸化物薄膜の作製と評価**  
\*三橋真菜、小泉周平、金安優季（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）
- I-6 **ギターの音色の電気的分析に関する研究**  
\*板子 哲 (B.K. ギタークラフトセンター)、\*\*板子 一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)
- I-7 **熱核融合炉燃料回収用の複合化ダイバータ材料の検討**  
\*酒井彰崇（東海大学工学部原子力工学科）、天野真央（東海大学大学院工学研究科応用理学専攻）、米良紗穂里（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、田中優（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、飯島貴朗（東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻）、利根川昭（東海大学理学部物理学科）、\*\*松村義人（東海大学工学部原子力工学科）
- I-8 **ポーラスシリコン上に合成させたダイヤモンド薄膜作成に関する検討**  
\*澤 祐基(東海大学工学部電気電子工学科)、貝津 光(東海大学工学部電気電子工学科)、\*\*安森 偉郎(教育研究所)
- I-9 **導体紙のホール効果の測定**  
\*友野弥生（東海大学理学部物理学科）、\*\*崔一煥（東海大学チャレンジセンター）
- I-10 **ボールミルを用いた貴金属・レアメタルのリサイクル法の検討**  
\*佐藤由紀（東海大学理学部化学科）、\*\*内田晴久（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）
- I-11 **色素増感太陽電池の発電効率向上に向けたアップコンバージョン蛍光体の検討および評価**  
\*東海林 千尋(東海大学理学部化学科)、古江 美和子(東海大学大学院理学研究科化学専攻)、田村 紗也佳(東海大学理学部化学科)、\*\*富田 恒之(東海大学理学部化学科)
- I-12 **電極材料用Cr-W合金の仕事関数の測定**  
\*山瀬 貴也（東海大学教養学部人間環境学科）、\*\*小栗和也（東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程）

以上

## 高温電子線照射処理した医療用PTFE/PDMSの接着強度評価

\* 久保 智愛（東海大学工学部材料科学科），岡田 拓己（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻），  
宇山 将人（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）神田 昌枝（東海大学工学部材料科学科），  
\*\* 西 義武（東海大学工学部材料科学科）

### 【目的】

現在、高分子材料は医療分野にも応用されている。その際、異種高分子間の接着が必要になる。一般的な接着方法としては、接着剤を用いる方法や熱溶着が利用されているが、体内環境における悪影響や、材料特性の変化が懸念される。本研究室では過去に、電子線(EB)照射処理により異種高分子材料の接着を試み、接着を確認した。このことから、EB照射処理は異種高分子の接着に有効であると考えられる。そこで本研究では、人工血管などに用いられており、強度や耐摩耗性に優れているポリテトラフルオロエチレン (PTFE) とコンタクトレンズなどに利用されており、高い生体適合性、可視光透過性を持ち、さらに自己吸着性により容易にシールすることができるポリジメチルシロキサン (PDMS) のEB照射処理時における温度変化による接着強度への影響を評価することを目的とした。

### 【方法】

本研究の試料はPTFE(中興化成工業製:MSF-100)とPDMS(東レ・ダウコーニング(株)SILPOT184)を用いた。試料作製にはPTFEとPDMSを重ねた状態で試料台に乗せ、0.08 MPa印加した状態でナイロンフィルムを用いて固定した。この試料を常温状態( $T=298\text{ K}$ )とヒートガンにより高温状態( $T=363\text{ K}$ )にし、電子線照射装置((株)アイ・エレクトロンビーム製)を用いてEB照射処理した。それらの試料をそれぞれ、微小荷重引張試験機((株)イマダ製)を用いてT型剥離試験を行った。

### 【結果】

EB照射処理により、各温度においてPTFE/PDMSの接着を確認した。さらに、常温状態( $T=298\text{ K}$ )より、高温状態( $T=363\text{ K}$ )の方が接着強度が向上していることを確認した。

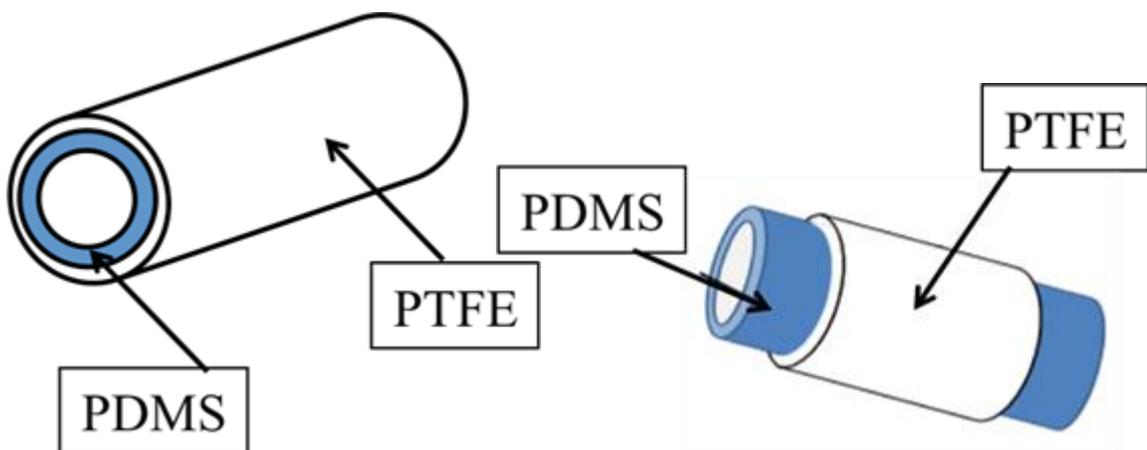


図1 電子線照射による医療工学用高分子の接着の人工血管への応用例

**自動車用炭素繊維界面強化 Al/Cross/ABS-CFRP 樹脂接合体の作製**

\*白石一匡（東海大学工学部材料科学科）、石井翔（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）、笠井淳（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自動車に求められることは高い安全性であり、鋼や Ti 合金などの金属材料は信頼性が高いので自動車構造材料に広く用いられている。しかし、近年自動車の高性能化が進み金属材料に替わり軽量且つ高強度である CFRP の使用が進められている。これらの材料を自動車構造材料として使用するには、ボルト止め、リベット接合や接着剤が主な接合方法である。ボルト止めやリベット接合の方法では CFRP に穴をあけて接合を行うため、その部分の強度が劣化してしまう恐れがある。そのため応力集中が起こり亀裂を生じる可能性が考えられる。また、接着剤は機械的な接合に比べて接合強度が弱く、剥離してしまう可能性がある。そこで本研究グループでは、フィラメント状炭素繊維の広い比表面積を利用した接合技術を利用した接合技術を考案し、Cu と Al の接合、CFRM (Ti) と CFRP などの異種材料の接合を報告してきた。しかし、一般的に CFRP に使用されている炭素繊維はフィラメント状ではなく、クロス状の炭素繊維が多く用いられている。過去に本研究ではクロス状炭素繊維を用いて Al と熱硬化性樹脂 CFRP(Epoxy)を接合することに成功し、公表している。そこで本研究では熱可塑性樹脂である ABS 樹脂と Al をクロス状炭素繊維を用いて接合し、引張試験を行い、接合強度の評価した。この技術を自動車材料の作製に応用することで異種材料の接合部の強度向上、さらには自動車の軽量化につながりより良い異種材料の接合が実現できると考えられる。

**【実験方法】**

金属と炭素繊維間の反応を防ぐためにクロス状の炭素繊維に Ni コーティングを施した。Ni コーティングを施された炭素繊維上に電子線加熱により Al を溶融させて炭素繊維に Al を鑄包させた。また、炭素繊維の Al が鑄包していない部分にエポキシ樹脂を浸漬させ、炭素繊維界面強化 Al/Cross/ABS-CFRP 接合体の作製を行った。さらに比較用として Al/ABS 接合体と Al/Glue/ABS-CFRP 接合体を作製した。作製した各試料を引張試験によって強度評価を行い、SEM、XRD による界面強化機構の観察を行った。

**【結果】**

クロス状の炭素繊維を用いて Al/Cross/ABS-CFRP 接合体を作製することができた。作製した各試料の引張試験を行った結果、Al/Cross/ABS-CFRP 接合体がほかの試料と比較して強度が向上していることを確認することができた。



図 1 接合体の応用

## 湿式ジェットミル法を用いた高濃度グラフェン分散液の作製と応用技術の開発

\* 門馬拓也 (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

近年, 新しい高機能炭素材料としてグラフェンが注目されている. グラフェンは炭素原子が六角形のハニカム構造で結合した, シート状の炭素材料である. その構造から, グラフェンは高い導電性, 機械的強度, 放熱特性を有するため, 高速トランジスタ, タッチパネルや太陽電池の透明電極, 放熱塗料, 電池の電極等, 様々な分野への応用が期待されている. 特に放熱塗料への応用を行うことで, 発熱が寿命低下を招く LED や CPU の寿命向上が期待できる. しかし, グラフェンは粉末状の材料であり, 液中に均一にグラフェンを分散させた分散液でなければ放熱塗料への応用が難しい. そこで本研究では, 凝集した微粒子同士を衝突させて分散を行う湿式ジェットミル法を用いてグラフェン分散液を作製することで, グラフェンを用いた新しい放熱塗料の開発を目指す.

### 2. 実験方法

純水にグラフェンの再凝集を抑える分散剤であるカルボキシメチルセルロース(CMC)を添加後にグラフェン粉末を混合してグラフェン懸濁液を作製した. この際, CMC の固形分重量比を 0.5wt%, グラフェンの固形分重量比を 3wt% とした. 作製したグラフェン懸濁液にボールミルを用いて, 湿式ジェットミル処理前の予備分散を行った. ボールミル条件は, ボールミルによる予備分散時間を 30min, ボール個数を 200 個とした. ボールミルによる予備分散後, 湿式ジェットミルを用いてグラフェン分散液を作製した. 作製条件は, 湿式ジェットミル内の圧力を 50MPa, 分散処理回数を 10 回とした.

作製したグラフェン分散液を, 長ネジを用いてアルミニウム板上に塗布後自然乾燥させ, グラフェン放熱膜を作製した. しかし, 作製したグラフェン放熱膜はアルミニウム表面との密着性が低く, グラフェンが剥がれてしまった. そこで, 作製したグラフェン分散液とポリテトラフルオロエチレン(PTFE)分散液を用いてグラフェン/PTFE 混合液を作製した. この際, 混合液内のグラフェン固形分重量比は 5wt%, 混合には超音波攪拌機を用い, 攪拌時間を 20min とした. 作製したグラフェン/PTFE 混合液をアルミニウム板上に塗布後 30 分自然乾燥させ, 加熱炉を用いて窒素雰囲気中で 350℃, 20min 焼成を行い, グラフェン/PTFE 放熱膜を作製した.

作製した放熱膜は, 十分加熱した電熱線ヒーター上に放熱膜を乗せて膜上の温度を測定し, 同条件で測定した何も塗布しないアルミニウム表面との温度差を評価した.

### 3. 実験結果・考察

Fig.1 に放熱膜の被覆によるアルミニウムの温度差特性を示す. 横軸は何も塗布しないアルミニウムの表面温度, 縦軸はそのアルミニウム表面と各放熱膜の温度差を示す. アルミニウムの表面温度が 50℃では, どの放熱膜も 1℃程度しか低下しなかったが, 温度の増加に伴い放熱膜ごとの差が見られ, アルミニウムの表面温度が 188℃では, PTFE 膜が 12.4℃低下したことにに対してグラフェンは 23.0℃, グラフェン/PTFE 膜は 23.5℃低下し, グラフェン/PTFE 膜が最も高い放熱性を示した.

PTFE は熱伝導率が 0.25W/m・K であるのに対して, グラフェンは 3000W/m・K と, 高い熱伝導率を有している. さらに, グラフェンはシート状の材料であることから膜内でグラフェン同士が接触しやすいためアルミニウムからの熱を膜全体に伝導でき, PTFE と比較してグラフェンを用いた膜は高い放熱性を有したと考えられる.

グラフェンのみの膜と比較してグラフェン/PTFE 膜は高い放熱性を有し, アルミニウムの温度が 162℃でグラフェンのみの膜のアルミニウムとの温度差は 15.1℃であるのに対してグラフェン/PTFE 膜は 18.3℃であった. アルミニウムに伝わった熱は膜内に存在するグラフェンに伝導し, そのグラフェン表面から放熱される. PTFE によってグラフェンとアルミニウムとの密着性が向上したグラフェン/PTFE 膜は, アルミニウムからの熱を効率良くグラフェンに伝導して放熱できたため, グラフェンのみの膜より高い放熱性を有したと考えられる.

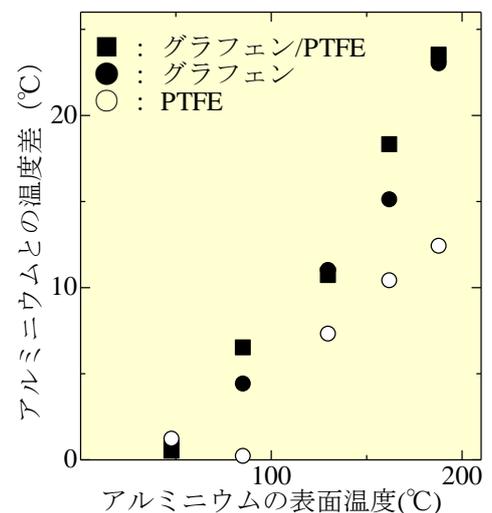


Fig.1 放熱膜の被覆によるアルミニウムの温度差特性

## 水分を添加した原料ガスを用いた熱 CVD 法によるカーボンナノチューブの作製

\* 大森伸一(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

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 CNT の成長率が増加する報告がある. 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 の成長速度の限界を調査することを試みた.

### 2、実験方法

シリコン基板を基板洗浄し, 基板洗浄した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°C, 鉄触媒の活性時間を 5 分, 反応時間を 15 分とした. 水分添加は加湿したアルゴンを炉内の合成雰囲気中に流して添加した. 加湿したアルゴンを 1sccm~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.

### 3、実験結果・考察

水分を添加しないで作製した CNT の SEM 像を Fig.1 に示す. 観察は CNT が成長している基板の断面から行った. 水分を添加しないで作製した CNT は垂直配向しており, 長さが均一に成長していた.

次に水分を添加した加湿アルゴン流量に対する CNT の長さを Fig.2 に示す. 水分を添加していない CNT の長さは 141 $\mu\text{m}$  となった. 次に 1sccm ずつ水分を添加していくと, 添加量を増加していくことにより成

長する CNT の成長速度が高くなり CNT が長くなった. これは, 水分を添加したことにより無定形炭素を選択的に除去できたのではないかと考えられる. しかし, 6sccm 以上の水分添加を超えてしまうと, CNT の成長速度が低下した. これは炭素と金属触媒が反応する前に, 無定形炭素だけではなく, 炭素と水分中の酸素が反応したのだと考えられる. 最も CNT が成長したのは, 水分添加量を 5sccm の基板であった. CNT の長さは, 517.6 $\mu\text{m}$  まで成長した. 水分添加をした実験と, 水分添加してない実験で, 両実験とも反応時間を 15 分一定にしたが, 水分を添加して作製した CNT のほうが長く成長していた. 水分を添加すると CNT の成長速度が速くなった.

### 4、今後の展望

今後はガスの全体流入量を 1000sccm から下げ, 全体流量を 500sccm の半分にし, 実験を行ってみる. 全体流量が減ることで加湿アルゴンの影響がどのように変化するかを調査していくものとする.

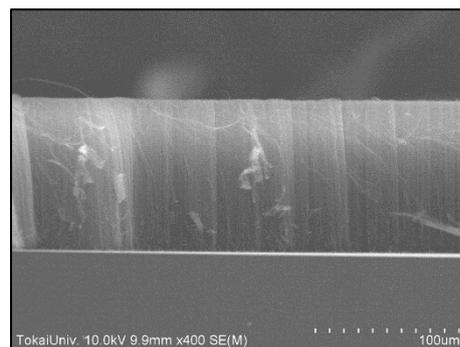


Fig.1 SEM 像

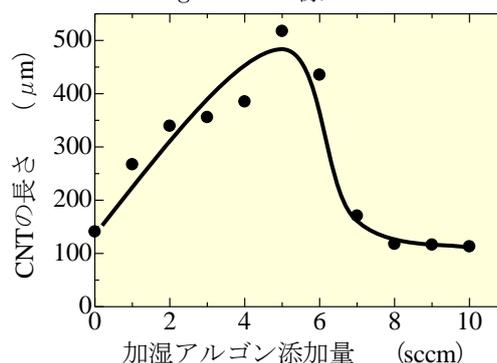


Fig.2 加湿アルゴン流量に対する CNT の長さ

## 太陽光発電・燃料電池発電複合システムにおける酸素使用の効果

\*富樫 蓉 (神奈川県立大学電気電子情報工学科)、 座間 竜也 (神奈川県立大学電気電子情報工学科)、  
松浦 友貴 (神奈川県立大学電気電子情報工学科)、 \*\*板子 一隆 (神奈川県立大学電気電子情報工学科)

### 1. まえがき

本論文では独立型太陽光発電システムにおいて、余剰電力を水の電気分解に使用して水素を生成して貯蔵し、夜間や悪天候時等に燃料電池によって電気に変換して有効に活用する太陽光発電・燃料電池発電複合システムを提案している。このシステムでは、水の分解の際に酸素が生成される。そこで今回は、この酸素を積極的に使用した場合の燃料電池発電における効果の基礎的検討を行なったので以下に報告する。

### 2. 太陽光発電・燃料電池発電複合システム

図1に太陽電池発電・燃料電池発電複合システムの概念を示す。同図に示すように、太陽光発電によって得られる電力の余剰分を水素生成に利用し、得られた水素を用いて、夜間や曇り・雨などで太陽電池がほとんど発電しない場合に負荷に電気を供給するシステムとなっている。このシステムにおいて、水素生成時に発生する酸素を使用した場合の効果を下に検討する。

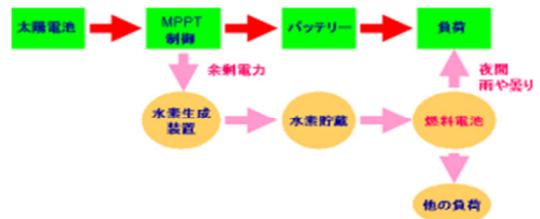


図1 提案するシステムの概念図

### 3. 燃料電池実験システム

図2に燃料電池実験システムを示す。燃料電池に水素と酸素を供給し、空気を用いた場合と比較する。燃料電池の周囲温度は恒温槽ではほぼ70°C一定に保たれている。

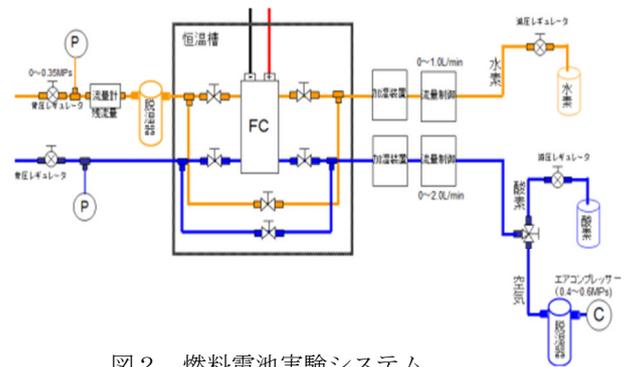


図2 燃料電池実験システム

固体高分子型燃料電池の仕様は以下のようである。

ElectroChem,Inc.社の EFC-50-02-7-ST, セル数7直, セル面積50cm<sup>2</sup>(1セル), 定格出力50Wである。なお、実験条件は、燃料側, 酸化剤側とも0.25MPa, 過失露天は両側とも30°C, 燃料電池周囲温度70°C, 水素供給量1L/min, 空気供給量2L/min, 酸素供給量0.6L/minである。

### 4. 実験結果

図3は通常の空気と酸素を用いた場合の出力電力を比較したものである。同図より酸素を用いた場合、最大出力は空気と比べて約2倍に増加することが確認できる。

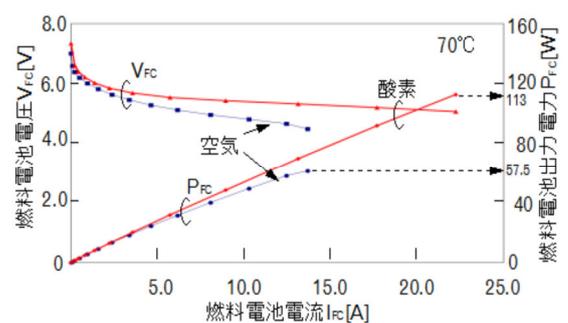


図3 出力特性

### 5. あとがき

本論文では、提案した本システムにおいて、水の電気分解によって生じる酸素を積極的に使用した場合の燃料電池発電における効果の基礎的検討を行った結果、出力と出力燃料比が増加することが定量的に明らかとなった。今後は、酸素を使用することを前提とした本システムのための新しい電力制御方式の検討を行う予定である。

太陽光発電を用いた街路灯への MPPT 制御の適用の検討

\*渡邊 明彦 (神奈川工科大学電気電子情報工学科)、小佐野 美穂 (神奈川工科大学電気電子情報工学科)

\*\*板子 一隆 (神奈川工科大学電気電子情報工学科)

1. まえがき

環境への配慮から、太陽光発電システムを用いた街路灯が駅周辺の商店街や公園などで多く見られるようになった。このシステムでは、昼間太陽電池で発電した電力をバッテリー制御装置を介してバッテリーに蓄え、夜間はバッテリーから LED 照明に電力を供給する。従って、太陽電池電圧はバッテリーの電圧に固定されるため、太陽電池から最大限の電力を引き出すことが出来ない。

そこで、本研究では、この街路灯のための太陽光発電システムに最大電力点追従制御(MPPT 制御)方式を適用することを試みる。今回は、第一段階として、すでに家庭用太陽光発電システムにおいて実用化されている”山登り法”と呼ばれる MPPT 制御アルゴリズムと筆者等が新しく開発した”スキャン法”を比較検討し、街路灯のシステムに用いる MPPT 制御法の性能について評価を行ったので以下に報告する。

2. 山登り法とスキャン法の実験

図 1 に街路灯の太陽光発電システムの回路構成を示す。今回は太陽電池の代わりに図 2 に示す模擬太陽電池を用いて実験を行った。50W の太陽電池パネルを 2 枚直列に接続した状態に設定した。山登り法とは太陽電池電圧を電力が増加する方向に一定間隔で変化させ最大電力点を探索するアルゴリズムである。スキャン法は太陽電池特性を短時間でスキャンして最大電力点を取得するアルゴリズムである。表 1 は、太陽光パネルの 1 枚に 3/4 の部分影が生じた場合と影が全くない場合の山登り法とスキャン法の取得電力を比較したものである。影がない場合、山登り法とスキャン法の測定された電圧・電流・電力は全てほぼ同じ値となったが、影がある場合、

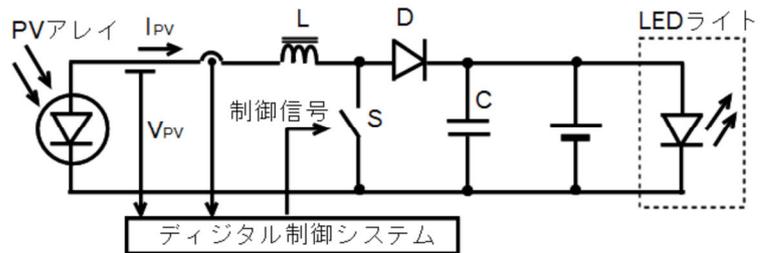


図 1 システム構成

山登り法に比ベスキャン法の電圧は 0.48 倍となり電流は 7.25 倍となった。そして電力は 3.23 倍となった。この結果より、太陽光パネルに部分的な影がある場合にはスキャン法の方が効率よく電力を取得できることが確認できる。



図 2 模擬太陽電池

表1 山登り法とスキャン法の出力比較

	パネルの状態	電圧[V]	電流[A]	電力[W]
山登り法	影なし	33.1	3	100
	3/4影あり	34	0.4	14.4
スキャン法	影なし	32.9	3	100
	3/4影あり	16.3	2.9	46.5

3. あとがき

今回の検討結果から、メンテナンスフリーが好ましい街路灯のための太陽光発電システムには、スキャン法を採用するのが良いと考えられる。

今後は、山登り法とスキャン法を適用した場合の各種条件における取得電力の長時間のデータを取得するとともに、LED 照明点灯時の消費電力量を測定し、システムとしての総合的な評価を行う予定である。

## 静電インクジェットを用いたロボットアームの開発

\*小川真史（東海大学工学部機械工学科）、川田茂人（東海大学大学院工学研究科）

\*\*梅津信二郎（東海大学工学部機械工学科）、功刀義人（東海大学工学部応用化学科）、大森整（理化学研究所）

### 1. 緒論

昨今、インクジェット技術を用いた加工が注目を集めている。著者らは、静電気力を利用した静電インクジェット技術を用いて、色素増感型太陽電池の作製方法に関する研究を行っている。インクジェット技術等、印刷技術を活用することで、より安価・大面積に電子デバイスを作製する、フレキシブルプリントドエレクトロニクスの発展に伴い、プリント対象に複雑形状を有するデバイスが想定される。静電インクジェット技術では、吐出対象物にアースを取り、吐出物が引き付けられるようにしてプリントが行われるが、対象物との gap が一定ではない場合、ノズル部分の電界が不安定になり、求められている塗布面が実現困難になる。そこで本研究では、静電インクジェット技術とロボットアーム技術を組み合わせることで、吐出対象物の形状変化に対し、ロボットアームの上下動を行うことで、立体形状への安定したプリントを実現することを目的に、実験を行った。

### 2. 実験方法

立体的な対象物への吐出を行うために、0.3mm厚のアルミ平板を台形状の谷型に折り曲げ、x-y ステージ上に設置した。隣接して、教育用ロボットアームを設置し、Fig.1のような実験装置構成とした。ロボットアーム先端にシリンジを把持し、シリンジ内にTiO<sub>2</sub>ペーストを満たした。シリンジ内には高電圧電源からのケーブルが導かれており、電圧を印加することで内部のTiO<sub>2</sub>が吐出されるようになっている。折り曲げたアルミ平板の各面を、A、B、C、D、E面とし、A面からE面に向かって塗布面が形成されるようにx-y ステージを操作した。A面とノズル先端とのgapを20mm、印加電圧を2.0kVに設定し、ロボットアームを制止した状態で、ステージを平行移動させた際の塗布面の状態と、ロボットアームを動作させてアルミ平板とのgapを維持した状態での塗布面を、それぞれ観察した。



Fig.1 実験装置

### 3. 実験結果

ロボットアームを制止させた際の塗布面をFig.2に、ロボットアームを動作させた際の各面の様子をFig.3に示す。ロボットアームを動作させ、gap20mmを維持した際の塗布面をFig.4に示す。ロボットアームを制止させた際、C面において塗布面が確認されなかったことから、対象物とのgapが大きくなることで、ノズル先端の電界が弱まり、安定した吐出が継続できなくなったことが分かる。B、D両面において、塗布面の範囲が変化しているのが見て取れる。このことは、gap変化に対して依然吐出が行われているが、TiO<sub>2</sub>が拡散する距離が増えているためである。ロボットアームを動作させた際、gapを維持したまま吐出が行われているため、B、D両面では拡散する距離が変化せず塗布面が拡大することがなかった。このことから、gapを維持したまま安定した吐出が行われたことが分かる。

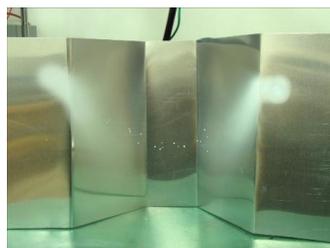


Fig.2 制止時の塗布面

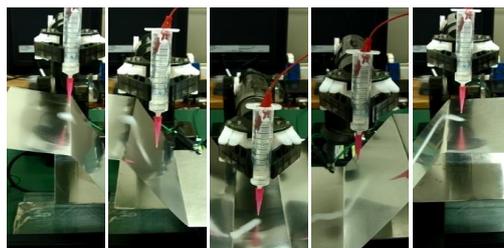


Fig.3 ロボットアームの軌跡

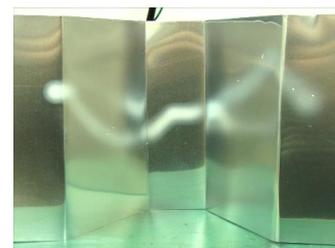


Fig.4 動作時の塗布面

### 4. 結論

ロボットアームの動作をステージと同期できていないため、塗布面全体での形状は整っていないが、gapの変化に対応した動作を行いながら吐出を行うことで、立体的な形状の対象物に対して、一定の塗布範囲を維持して安定した塗布面を形成することができた。ロボットアーム制止状態時のB面のように、より高い電圧を印加することで塗布面を広げつつ、ある程度のgap変化に対応することは可能と考えられる。しかし、限定された塗布面が要求される場合、電圧での対応は不適切である。さらに、色素増感型太陽電池は、TiO<sub>2</sub>の膜厚が非常に重要であり、膜厚のコントロールには一定の吐出状態を保つことが理想的である。このことより、立体的な対象物に対して、静電インクジェット技術とロボットアーム技術を組み合わせることで、安定したプリントを行い、塗布面を形成できることが確認された。

本研究は、東海大学総研プロジェクト「二酸化チタン層の精密制御による色素増感型太陽電池の高機能化」の助成を受けました。謝意を表します。

## 3D プリンターを利用した色素増感型太陽電池の作製

\*川田茂人・\*\*梅津信二郎・功刀義人・下山夕貴(東海大学)・大森 整(理化学研究所)

### 1. 緒論

環境やエネルギー問題の観点から、クリーンで再生可能なエネルギーの1つである太陽光発電が注目されている。なかでも、色素増感型太陽電池は低コストで作製可能であり、意匠性・柔軟性を持ったパネルを作製できる独自の長を有している。このため、新たな需要が予想される太陽電池である。しかし、現状では実用化の見込まれる変換効率に達していない状況にある。色素増感型太陽電池の変換効率は、内部の酸化チタン薄膜の膜厚によって大きく左右される。膜厚が薄い場合、外部からの光を透過してしまい、十分なエネルギーを吸収できない。一方、膜厚が厚い場合、電気抵抗が高まるため変換効率が低下してしまう。従って、膜厚を最適化する必要がある。また、酸化チタンに吸着させる色素の吸着時間にも問題がある。色素の吸着は3時間以上を要しているため、大量生産のために時間短縮が必要となる。そこで本研究では、静電力を用いた3Dプリンターを利用し、酸化チタンの膜厚最適化及び色素吸着時間の短縮化を目指し、サンプル素子を作製した後、変換効率を測定した。

### 2. 3Dプリンターによる酸化チタン、色素プリント

3Dプリンターを利用して、基板となるFTOガラスに酸化チタンペーストをプリントした。プリント開始から120s, 240s, 480s, の膜厚をレーザ変位計にて測定した結果を図1に示す。プリント時間経過とともに膜厚が増加していることが確認できた。また、図2に時間を変更して色素をプリントし、変換効率を測定したものをまとめる。プリント時間が経過するにつれて変換効率が変化することが分かった。プリント時間25分のサンプルが最高値6.9%を達成した。

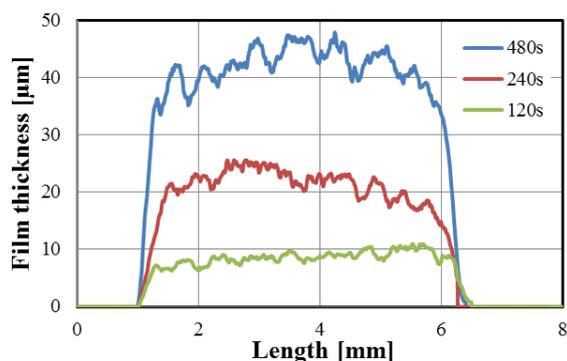


図1 酸化チタンの膜厚プロファイル

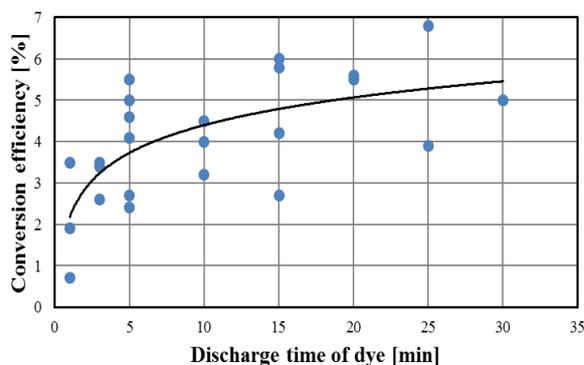


図2 色素プリントされた素子の変換効率

### 3. 結論

色素増感型太陽電池の高効率化において重要といえる、酸化チタン薄膜の膜厚最適化に対して、3Dプリンターを利用した作製方法の検証を行った。結果、プリント時間をコントロールすることで、膜厚を自由にコントロールできた。また、大量生産の段階で問題となる、色素の酸化チタンへの吸着に要する時間の問題に対して、3Dプリンターの利用が可能かを検証した。結果、通常では3時間以上の吸着時間によって得られる変換効率近傍の値を、30分未満の時間で得ることができた。以上のことから、色素増感型太陽電池の酸化チタン薄膜の作製工程及び色素の吸着工程に対して、一貫した3Dプリンターの利用が可能であることが示された。

本研究は、東海大学総研プロジェクト「二酸化チタン層の精密制御による色素増感型太陽電池の高機能化」の助成を受けました。謝意を表します。

## めっき法によるビスマス・テルライド系薄膜熱電素子の作製と物性評価

\* 初田 直樹、松岡 健(東海大学工学部材料科学科)

\*\* 高尻 雅之(東海大学工学部材料科学科)

## [1] 緒言

近年、再生可能エネルギーへの期待が高まっている。日本産業分野で消費されているエネルギーの約70%は100～300℃の低温廃熱エネルギーであり、その多くのエネルギーが未利用のまま環境に廃棄されている。低温廃熱エネルギーを熱電変換素子（熱電素子）を用いて、電気エネルギーに変換する。これにより、エコなエネルギーとして再利用でき、CO<sub>2</sub>の削減においても貢献が出来る。本研究の目的は熱電素子の製作と変換効率の向上である。熱電素子の利点は、稼働部がないためコンパクトで軽く、出力電流密度が大きいことである。製作する方法は様々だが、今回はめっき法を用いて薄膜の熱電素子を製作する。めっき法の利点は、安価な設備で済み、成膜速度が早く、さらに厚い膜の製作が可能であるためである。最終的には、N型とP型を用いた薄膜モジュールを製作する予定である。

## [2] 実験方法

めっき法によりビスマス・テルライド系薄膜熱電素子の製作を行い、熱電物性としてゼーベック係数を評価した。まず、Cu板とPt板の洗浄はNaOH水溶液・蒸留水で各5分、HCl・蒸留水で各2分行い、洗浄中は周波数を25, 48, 100Hzで各2秒ごとに切り替え洗浄した。次に、めっき液にCu板・Pt板・参照電極を浸し電圧を印加した。図1にめっき法のシステムを示す。めっきされたCu板はエポキシ樹脂を用いて剥離させた。剥離させたサンプルに温度差 $\Delta T=0\sim 5$ (K)を付けて熱起電力を測定した。最後に、ゼーベック係数算出シートを用い、測定値を代入しゼーベック係数を算出した。

## [3] 結果および考察

図2にBi(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>+TeO<sub>2</sub>の量とゼーベック係数の関係を示す。Bi(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>の量を増加させるとゼーベック係数も増加した。Bi(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>の量が0.15mgのとき、ゼーベック係数が88.4 $\mu$ V/Kが得られた。ポスター発表においては、他の組成のビスマス・テルライド系薄膜の実験結果についても報告する。

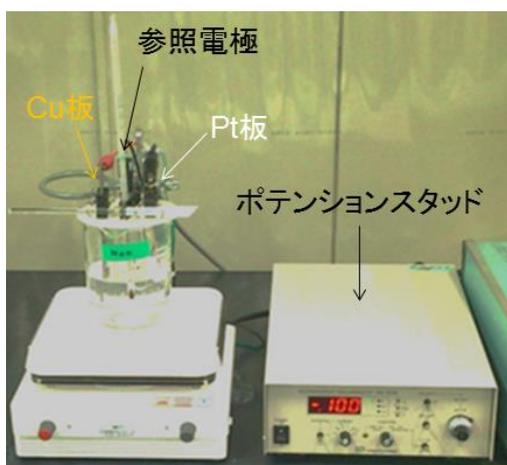
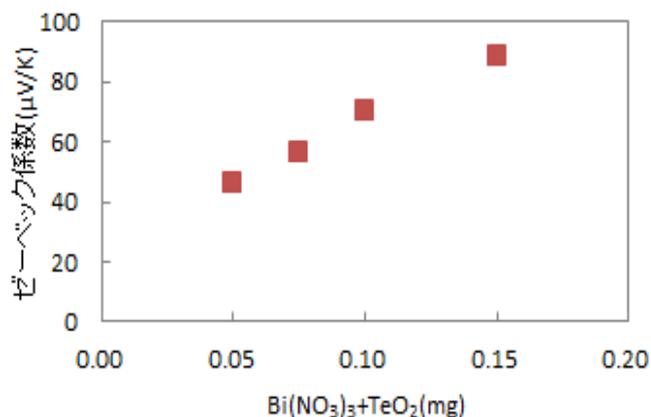


図1 めっき法のシステム

図2 Bi(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>+TeO<sub>2</sub>量とゼーベック係数の関係

## 電子線照射したビスマス・テルライド系薄膜熱電素子の構造・熱電特性の評価

\* 今井和朗(東海大学工学部材料科学科)、宇山将人(東海大学工学研究科金属材料工学専攻)

\*\* 高尻雅之、西義武(東海大学工学部材料科学科)

## [1] 緒言

ビスマス・テルライド系半導体は、熱電素子として室温付近で高い性能を示す数少ない材料の一つである。本研究ではフラッシュ蒸着法を用いて製作した n 型及び p 型ビスマス・テルライド系薄膜を使用し、電子線照射（以後 EB 照射）をすることで薄膜にどのような影響があるのか検討した。

## [2] 実験方法

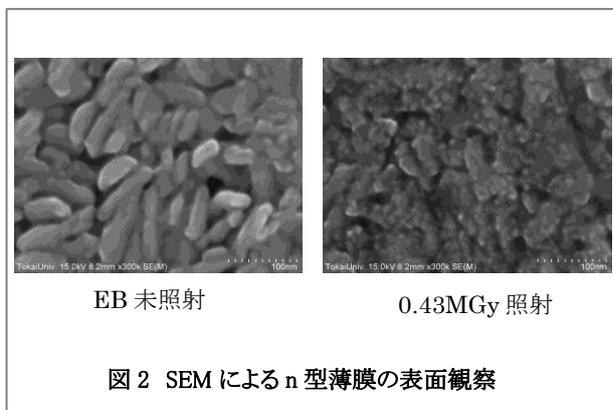
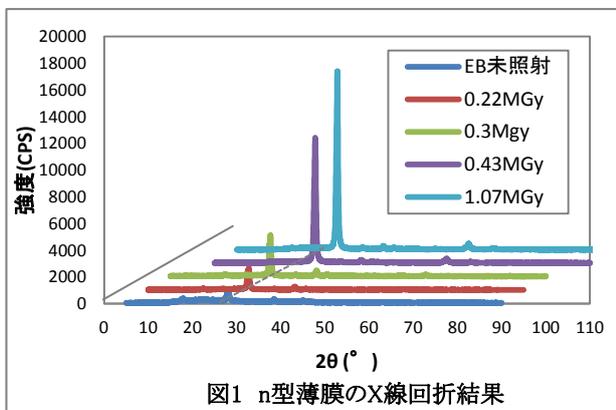
ビスマス・テルライド系薄膜はフラッシュ蒸着法を用いて製作した。得られた薄膜は EB 照射を行い、評価・検討をした。本研究では電気特性と構造特性を軸に評価を行った。前者は室温におけるゼーベック係数、電気伝導率を測定した。後者は X 線回折による配向性、結晶粒径、面間隔の評価を行った。

## [3] 結果および考察

n 型の結晶構造への影響は著しかった。図 1 に n 型薄膜の X 線回折結果を示す。いずれの試料も回折角度が  $27^\circ$  付近において (015) のピークを示した。また EB 照射量が増加していくごとに (015) のピークの強度は増加した。それに対し結晶粒径には目立った変化はなく、結晶粒径が粗大化せず小さいままでありながら結晶性が向上したことが分かった。図 2 に n 型薄膜の SEM による表面観察結果を示す。EB 未照射状態の n 型薄膜は結晶表面にざらつきのない滑らかで俵型をしていた。しかし 0.43MGy の EB 照射を行った試料の表面は梨地のように観察することができた。また形も俵型から薄く引き伸ばされたような形をしていた。

## [4] 結言

ビスマス・テルライド系薄膜に EB 照射を行ったところ、n 型薄膜は結晶粒径が粗大化せず小さいままでありながら結晶性が向上したことが分かった。ポスター発表では、n 型と p 型の両方の薄膜に EB 照射することによる薄膜の影響を電気特性と構造特性について報告する。



## 半球規模傾圧不安定波動実験において発生するロスビー波 ～初期条件の制御について～

\* 高橋克実（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、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

惑星流体の大循環の特性を系統的に調査するために、大循環室内実験モデルを作成し、そこに生じた流れについて研究を行っている。我々の回転水槽は、半球規模の傾圧性と惑星 $\beta$ 効果のみを表現するという単純化されたものである。

### 2. 室内実験モデル・実験方法

実験装置の外観を Fig.1 に示す。当研究室での回転水槽の形状は、従来のアニュラス型とは違い、放物底（冷却部水深 14cm、動作流体槽の外壁水深 28cm）を持つ半径 140mm の円筒型である。

そして、外壁下部から加熱し、円筒の中心を冷却棒で冷却するという方法で、水槽外壁を赤道、冷却棒を北極と見立てて、北半球規模の差分加熱と惑星 $\beta$ 効果を再現しようとしている。水槽内の流れは、スリット光とトレーサで可視化し、ビデオカメラで撮影する。

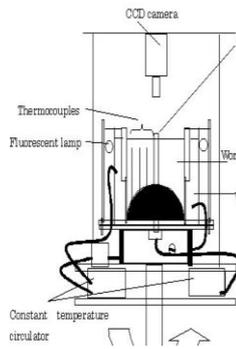


Fig. 1 Experimental apparatus

### 3. 過去の実験

過去の実験で、1~5rpm まで 10 時間かけてゆっくりと上昇させる実験を 2 回行った。その結果が、Fig. 2 である。Fig. 2 a, b は観測水深が水面下 2cm での実験（表層実験）、Fig. 2 c, d が水面下 6cm での実験の結果である（中層実験）。

Fig. 2 a, c は、東西平均した西風 (U) の緯度・時間分布を示しており、それぞれ上層、中層実験前半の $\Omega=1\text{rpm}$  から $\Omega=5\text{rpm}$  までの Up ステージに対応している。Fig. 2 b, d は、LowPath の南風成分 (v) の波成分（東西平均からの偏差）を、緯度 60 度において描いた時間・経度断面図（ホフメラー図）

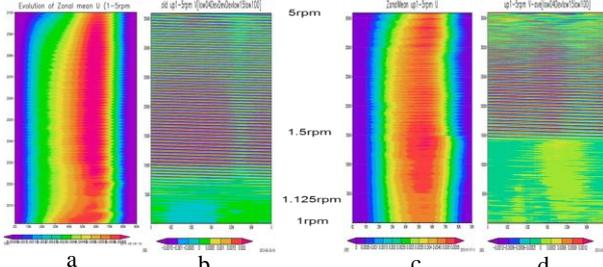


Fig. 2 表層実験と中層実験の比較

Fig. 2 b, d に注目すると、高回転側になるにつれて波数 1 の西進波が現れはじめる点は共通であるが、実験条件が同じであるにもかかわらず、西進波が現れはじめる回転角速度がそれぞれ異なる結果となった。

### 4. 今回の予備実験 1

今まで、初期条件としての 1rpm 状態を作り出すために、10 分かけて 0 から 1rpm まで上昇させて、その後 1 時間のなじませ時間をおいていた。ただし、10 分かけて上昇させることが、初期条件としての安定 1rpm 状態を作る上でベストなのかどうかかわからない。

そこで、0 から 1rpm まで 10 分、20 分、30 分、1 時間かけて上昇させて 1 時間なじませた後、下降させる実験を行った。

その結果、東西平均の処理を行った Fig. 4 a のようになり、1 時間なじませた後での西風の流速は 3mm/s となったが、20 分、30 分、1 時間上昇実験では、西風の流速がそれぞれ 3mm/s、3.5mm/s、7mm/s と異なっていた(Fig. 4 b, c, d)。

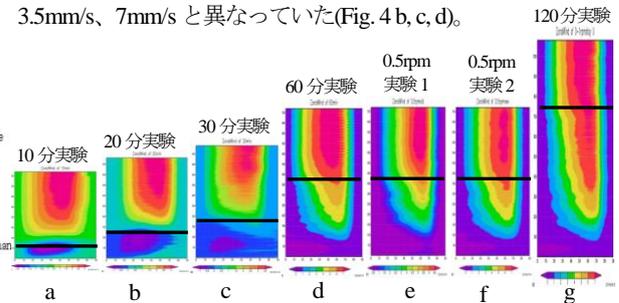


Fig. 4 西風 U の東西平均（黒線までが UpPhase）

### 5. 今回の予備実験 2

そこで、上記の実験条件では、初期条件としての 1rpm 状態を作り出すには適切でないと考え、0.5rpm まで 1 時間かけて上昇させた後、1 時間 0.5rpm で固定させ、再び 0rpm まで 1 時間下降させる実験を行った。また、1rpm まで 2 時間かけて上昇させる実験も行った。その結果を報告する。

### 6. 結果

Fig. 4 e, f は 2 回分の 0.5rpm 実験、Fig. 4 g は 1rpm 2 時間上昇実験を東西平均した西風の緯度・時間分布を示している。その結果、緯度 65 度付近で西風が強くなっていく特徴が共通して見られた。一方、Fig. 5 a, b, c は、それぞれの実験の緯度 55 度における南北速度成分の経度時間断面図の全体像であり、波数 1 の停滞成分が認められた（点線矢印）。また、Fig. 5 d の 1rpm 2 時間上昇実験の 1rpm stay では波数 2 の西進波が見られた。

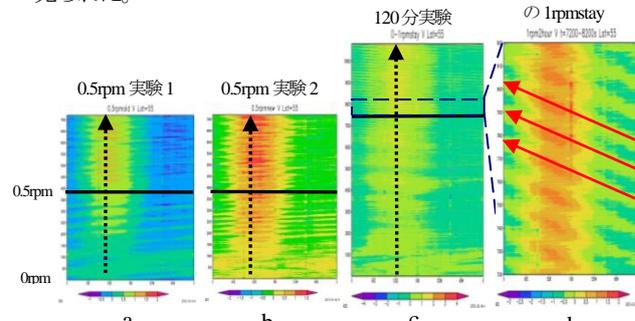


Fig. 5 緯度 55 度における経度時間断面図（南北成分）

### 7. 考察

2 回の 0.5rpm 実験において、西風がほぼ同じように発達していった事と、1 時間のなじませ時間後の様子、すなわち、最終的な回転角速度連続変化実験にとっての初期条件をほぼ同じにすることができた。また、1rpm 2 時間上昇実験で現れた西進波はロスビー波である可能性がある。しかし、波数 1 の停滞成分が表れる事は、系全体の軸対称性に問題が残っている可能性があり、より完全な軸対称流が得られるよう、改善する必要がある。

### 8. 参考文献

三村和男、松島和弘、2011、「傾圧不安定実験において発生するロスビー波」日本流体力学会誌「ながれ」30 巻別冊、p28

## パーソナルナビゲーションデバイス用の積層型燃料電池の作製

\*上野雄太郎（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）

## 【はじめに】

燃料電池は小型化が可能で、高効率なため、新たな電源として期待されている。リチウムイオン電池は充電が必要であるが、燃料電池は充電する必要がない。開放電圧約 0.9V の単セル燃料電池では定格電圧 3.7V のリチウムイオン電池の代替えには出力が不足している。本研究は燃料電池を電子機器の電源に応用するための多セル積層型燃料電池の試作品として、2セル積層型燃料電池を作製した。

## 【2セル積層型燃料電池の構造】

燃料電池は、発電部分である膜電極接合体(MEA)の片面に酸素ガス、もう片面に水素ガスを供給し、電気化学反応によって発電するデバイスである。

図1に今回作製した2セル積層型燃料電池の構造図を示す。各プレートにはアクリル板を用いて、“ガスの通り道の穴”と“ガスが充填する四角い空間”を作製した。酸素ガスを手前のエンドプレートの酸素入口から注入し、酸素流路プレート1に充填させ、酸素充満用プレートによって四角い空間とガスの通り道を分け、MEAに供給する。各プレートの右上の穴を通して、酸素流路プレート2にも酸素が充填し、ガス充満用プレートから2枚目のMEAにも同様に供給される。使われなかった酸素ガスは各プレートの左下の穴から奥側のエンドプレートへ流れ、酸素出口から外に排出される。

水素は奥側のエンドプレートの水素入口から注入し、左上の穴から水素流路プレートに充填させ、酸素同様に水素充満用プレートによって、四角い空間とガスの通り道を分け、MEAに供給し、使われなかった水素は各プレートの右下の穴から手前側のエンドプレートへ流れ、水素出口から排出される。

図2に今回作製した燃料電池を示す。この燃料電池の集電極にはステンレス板を用いた。燃料電池を組み立てる際に、アクリル板とステンレス板を接触させるのでは密着性が低く、ガス漏れるため、バイトンゴムを挟み、隙間を埋めることでガス漏れを防いだ。ボルトを締付ける際、力でアクリル板が破損する可能性がある。よって、アクリル板に掛かる力を均一にするためにL字アルミを装着した。作製した2セル積層型燃料電池の出力特性の評価を行い、水素と酸素の流量は1000sccmとした。

## 【結果・考察】

図3に本研究で作製した2セル積層型燃料電池と単セル燃料電池の出力電流の変化に対する電圧および電力特性を示す。単セル燃料電池の開放電圧は0.9Vとなり、電流値が大きくなるにつれ、電圧降下が増加した。最大電力は5.9Aのとき2.3Wとなった。一方、2セル積層型燃料電池の開放電圧は1.8Vとなり出力電流値の増加による電圧降下は単セルよりも大きくなった。最大電力は出力電流6.1Aのとき4.8Wが得られた。

今回、2セル積層型燃料電池の電圧降下の傾きが単セルよりも大きくなった理由として、2つの燃料電池を直列接続した形としたため、内部抵抗が単セルの2倍となったため、電圧降下の傾きも単セルの2倍となったものと考えられる。今回の測定で2セル積層型燃料電池の最大出力は単セルの2倍の値となった。よって、本研究の構造の多セル積層型燃料電池では電子機器を動作させることができると考えられる。

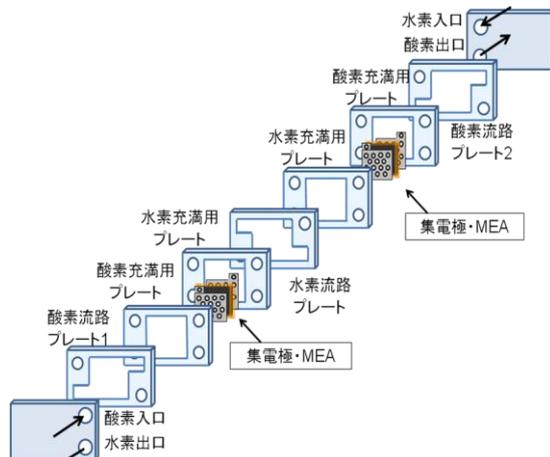


図1 2セル積層型燃料電池の構造図

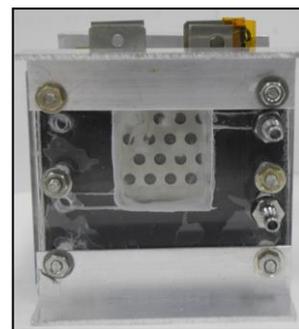


図2 作製した2セル積層型燃料電池

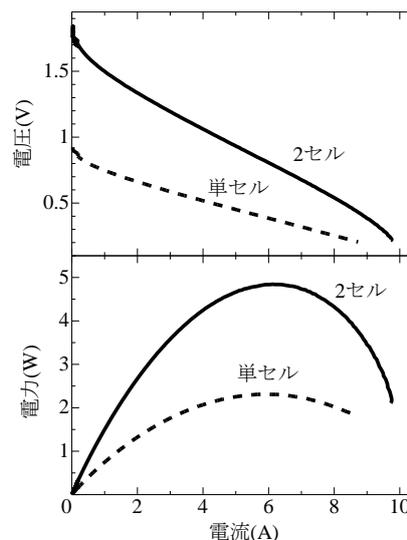


図3, 単セル燃料電池と2セル積層型燃料電池の電流変化に対する電圧および電力特性

## MEA とセパレータ間の接触抵抗のその場測定

\* 山田裕恭(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻) \*\* 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、コージェネレーションが可能でかつ小規模出力や部分負荷においても発電効率が高く、さらに水素と酸素の化学反応を利用して発電を行うため、環境汚染物質の排出がなく地球温暖化や環境破壊の抑止手段として、また化石燃料などの枯渇資源のエネルギー問題解決策として注目されている。しかし燃料電池を動作させると内部が酸性雰囲気となり、金属製セパレータの表面が腐食し MEA との接触抵抗が増加してしまう。接触抵抗の増加は燃料電池の出力を低下させてしまう原因となる。従来のセルでは燃料電池動作時における接触抵抗の変化を測定することができない。そこで本研究では、燃料電池動作時の接触抵抗を測定できる実験方法の確立を目的とする。

## 2. 実験方法

図 1 にセパレータ電位測定原理図を示す。本研究は、MEA とセパレータ間の接触抵抗の測定が目的である。そのため燃料電池のカソード側とアノード側それぞれの電位を測定しなければならない。そこで発電部である MEA のおナフィオン膜に参照電極（銀-塩化銀電極）で基準を作ることで、アノード側とカソード側の電位を測定することが可能である。しかし参照電極を MEA のナフィオン膜に常に接触させて測定するのは困難である。そこでエンドプレートの参照電極用の穴に純水を入れた後、飽和塩化カリウム水溶液、参照電極をいれたバイコールガラスをセルに組み込んだ。よってナフィオン膜と参照電極をイオニックに接触させることができる。ナフィオン膜は水分がないとイオン透過性が悪くなってしまいますので、測定前に試運転を十分にした後、電流を 0~4A まで変化させた時のカソード側とアノード側の電位を測定した。測定には、デジタルマルチメーターを使用した。デジタルマルチメーターのマイナス端子を参照電極に付けアノード側とカソード側分けてそれぞれ測定した。測定した後、アノード側とカソード側を足した値の電圧が、燃料電池全体の発電電圧と近似しているか確認する。

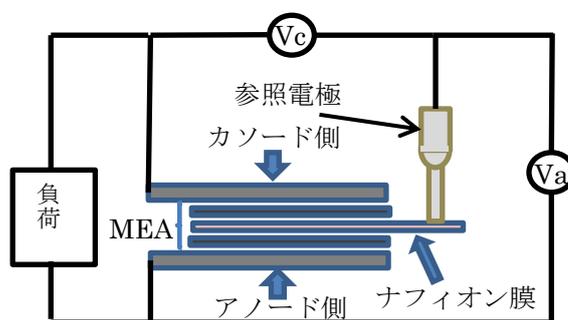


図 1. セパレータ電位測定原理図

## 3. 実験結果・考察

図 2 に燃料電池動作時におけるカソード電位およびアノード電位を示す。横軸に電流、縦軸に参照電極に対するセパレータ電位を示す。カソード電位とアノード電位の差が燃料電池の発電電圧となる。アノード電位は  $-0.25\text{V vs. Ag/AgCl}$  から  $-0.08\text{V vs. Ag/AgCl}$  と変化量が少ないが、カソード電位は  $+0.71\text{V vs. Ag/AgCl}$  から  $+0.31\text{V vs. Ag/AgCl}$  とアノード側に比べ大きく減少していることが分かる。図 2 のデータと燃料電池全体の発電電圧を見比べた結果、誤差はほとんどなくアノード側とカソード側の電位が正確に測定できたと考えられる。よって燃料電池動作時における接触抵抗を測定できる実験方法を確立できたと考えられる。

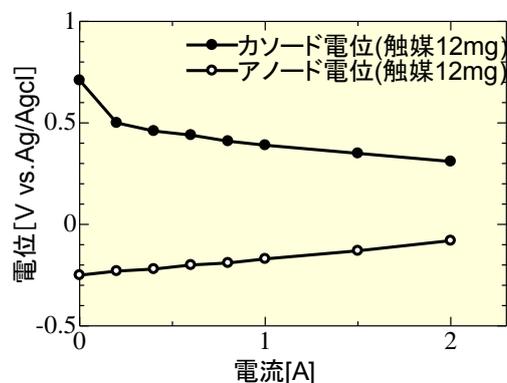


図 2. 燃料電池動作時のカソードおよびアノード電位

## 分極電極にグラフェンを添加した電気二重層キャパシタの作製および評価

\* 古屋勇貴(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

電気二重層キャパシタ(EDLC)は、分極電極と電解液の界面で起こるイオンの吸脱着を利用した蓄電デバイスである。EDLCは他のキャパシタと比較し、静電容量が大きく、リチウムイオン電池などの二次電池と比較し、急速充放電が可能、高効率、長寿命という特徴がある。しかし、EDLCは充放電時にエネルギー損失となる直列抵抗成分が高く、二次電池と比較し容量が小さいという課題がある。

従来のEDLCは、分極電極の材料に表面積が大きく主に電荷を蓄える役割のある活性炭、導電材としてアセチレンブラック(AB)を添加することで直列抵抗成分を低減してきた。しかし、ABの持つ表面積が小さいため、ABを分極電極に添加すると分極電極内の表面積が小さくなり、静電容量が小さくなる。本研究では、ABに代わり表面積が大きく、高い電気伝導性を有するグラフェンを分極電極に添加し低抵抗で静電容量の大きいEDLCの作製を試みた。

## 2. 実験方法

EDLCの分極電極は、活性炭と導電材としてAB、グラフェン(表面積が $800\text{ m}^2/\text{g}$ 、 $500\text{ m}^2/\text{g}$ 、 $300\text{ m}^2/\text{g}$ )、カーボンナノチューブ(CNT)、結着材としてポリテトラフルオロエチレン(PTFE)を材料として作製した。材料の条件は、活性炭と導電材の質量の合計を $117\text{ mg}$ 一定とし、導電材添加率を $0\%$ から $40\%$ と変化させた。また、PTFEの質量を $13\text{ mg}$ 一定とし、全体を $130\text{ mg}$ とした。この条件から材料の計量を行い、均一になるように混合した。混合した材料を $200\text{ kg}$ の圧力で $5$ 秒間圧粉成型を行い、分極電極を作製した。集電極と作製した分極電極、セパレータ紙をガラス板で挟み、ボルトとナットで固定し、EDLCのセルを組み立てた。本研究では、作製したEDLCの評価を行うために充放電試験を用いた。充放電試験は、充電と放電の時間に対する電圧の変化を測定する。充放電時の設定電圧を $0.1\text{ V}$ から $2.0\text{ V}$ 、充放電電流を $5\text{ mA}$ および $50\text{ mA}$ として測定を行った。静電容量測定時は $5\text{ mA}$ 、直列抵抗成分測定時は $50\text{ mA}$ の電流値として、充放電を $1$ サイクルとして、計 $5$ サイクル測定した。測定結果から、静電容量と直列抵抗成分を算出した。

## 3. 実験結果・考察

図1に導電材添加率に対する静電容量および直列抵抗成分を示す。静電容量は導電材添加率を増加させると、導電材を添加していない $0\%$ の $3.3\text{ F}$ から減少した。また、導電材添加率 $40\%$ の時、グラフェン $800\text{ m}^2/\text{g}$ を添加したEDLCの静電容量は $2.6\text{ F}$ 、ABは $2.0\text{ F}$ となり、グラフェン $800\text{ m}^2/\text{g}$ はABより静電容量の値が大きくなった。導電材の表面積はグラフェンが最大で $800\text{ m}^2/\text{g}$ 、ABが $60\text{ m}^2/\text{g}$ である。このことから、グラフェンを添加することでEDLCの分極電極内の表面積が大きくなり、ABと比較してEDLCの静電容量が大きくなったと考える。

図1より、直列抵抗成分は導電材を添加していない添加率 $0\%$ では、 $21.5\Omega$ となった。導電材を添加することで直列抵抗成分が $0\%$ から $10\%$ の間で急激に低減した。これは、導電材が活性炭の隙間に入り込み活性炭同士を繋ぎ、電気的ネットワークを形成したためであると考えられる。また、導電材添加率 $10\%$ の時、直列抵抗成分の値はABが $13.4\Omega$ 、グラフェン $800\text{ m}^2/\text{g}$ が $9.4\Omega$ となり、グラフェンを添加するとABと比較し低い値となった。これは、グラフェンの形状は、直径 $1$ から $50\text{ }\mu\text{m}$ で厚さ $1$ から $20\text{ nm}$ のシート状に対して、ABは直径 $100\text{ nm}$ の粒子状である。グラフェンが低添加率であっても直列抵抗成分が低い値となったのは、ABよりも少数で活性炭の隙間に入り電気的ネットワークを形成することができたからであると考えられる。

以上より、グラフェンを添加することで直列抵抗成分を低減し、静電容量の大きいEDLCを作製できた。

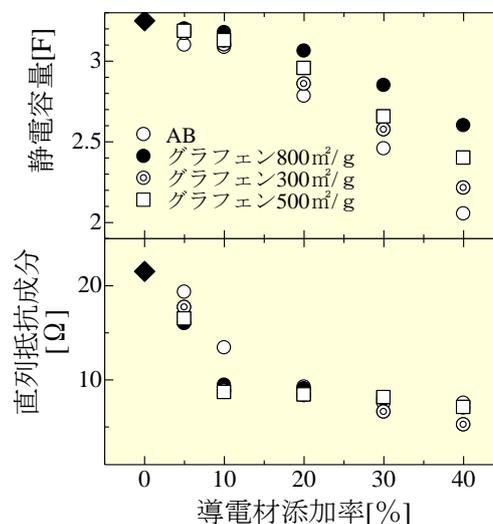


図1.導電材添加率に対する静電容量および直列抵抗成分

## メカニカルアロイング法を応用したスクラップゲルマニウムの再資源化

\* 岡部 準子 (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)

[はじめに]

近年、半導体は各種環境機器をはじめスマートグリッドなどの情報化社会を確立する上で重要な材料である。なかでも、ゲルマニウム（原子記号 32 元素記号 Ge）は、赤外線レンズや半導体結晶材料として、いろいろな製品に利用されている。Ge は代表的な共有結合物質であり製品化のための機械加工が難しいとされている。一般に Ge 製品を作る過程において原料の 90% 近くがスクラップとなるといわれている [1]。このスクラップの内、約 90% は精製や単結晶製造工程で生じる高品位の Ge であり、10% が切削や研磨工程から生じる低品位の Ge である。この高品位の Ge は、再融解することで容易に再生が可能である。しかし、低品位の Ge は、金属ゲルマニウムと二酸化ゲルマニウムの混合状態にあるため再生が難しい。このような低品位ゲルマニウムを再資源化する場合、金属ゲルマニウムを酸化し  $\text{GeO}_2$  にしたのち、湿式塩素化法を用いて得られる  $\text{GeCl}_4$  を使って行われる。このプロセスでは多量の有害物質（塩素ガス等）や、加熱による多量のエネルギー消費をする。ところで、メカニカルアロイング法は粉末の微細化や合金化だけでなく、材料の酸化および還元を行うことができるプロセスである [2, 3]。そこで本研究は、メカニカルアロイング法による製品を使わない環境負荷の少ない Ge のリサイクル方法の確立を目的とした。

[実験方法]

表 1 にメカニカルアロイングを行ったときの処理条件を示す。メカニカルアロイング処理した粉末は X 線回折による構造解析及び走査電子顕微鏡による形態観察を行った。X 線回折はリガク社製の Miniflex を用い、測定角度は 10 度～90 度とした。

表 1 メカニカルアロイングの条件

回転数	200 r p m
時間	100 時間
試料の質量	10 g

[実験結果]

図 1 にメカニカルアロイング処理前後の低品位ゲルマニウム粉末の X 線回折図を示す。この図より処理前の粉末は、Ge と  $\text{GeO}$  と  $\text{GeO}_2$  の混合粉末であった。一方、処理後の粉末の X 線回折結果から、メカニカルアロイング処理により混合粉末のほとんどが Ge 粉末に還元された。

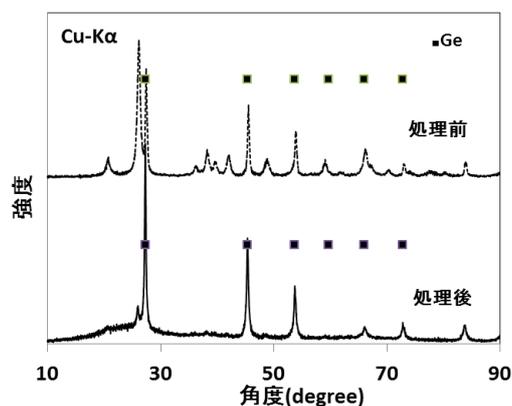


図 1 メカニカルアロイング処理前後の低品位ゲルマニウムの粉末の X 線解説図

[参考文献]

- 1) 稲垣勝, 明治大学 科学技術研究所紀要 (1966) p128-134
- 2) K. TOKUMITSU, Solid State Ionics, 101/103 (1997) p25-31
- 3) P. G. MCCORMICK, V. N. WHARTON, G. B. SCHAFFER, Phys. Chem. Powder Met. Prod. Process (1989) p19-34

## ジャイロ回転する野球ボールの空力特性

八木 豪(東海大学大学院), \*\*岡永 博夫(東海大学機械工学科), \*\*青木 克巳(東海大学機械工学科)

### 1. 緒言

野球というスポーツにおいて投手の投げる変化球は試合結果を大きく左右する。これまで様々な変化球について多くの研究がされているが、近年有名になった進行方向と回転軸の方向が一致しているジャイロボールに関してはあまり多くの研究はなされていない。過去の研究で、溝田氏は硬式野球ボールを用いてボールの傾きを変えた2種類のジャイロボールの揚・抗力測定を行っている<sup>1)</sup>。その結果、ジャイロ回転では揚力が働かず、ボールの傾きによって抗力に差が出ることを明らかにしている。しかし、この実験では傾きが2種類のみで流れの可視化実験が行われておらず、抗力に差が出る原因も言及していなかった。そこで本研究では様々な方向にジャイロ回転する球周りの流れの可視化実験と揚・抗力測定を行い、抗力と球後流の関係について明らかにすることを目的としている。

### 2. 実験球

抗力測定及び可視化実験に用いた球を Fig.1 に示す。図の面を回流水槽吐き出し口及び風洞吐き出し口に向けて実験を行う。

### 3. 実験結果

#### (a)揚・抗力測定

抗力測定実験結果を Fig.2 に、揚力測定実験結果を Fig.3 に示す。今回測定を行った  $Re=0.6 \times 10^5 \sim 2.2 \times 10^5$  の範囲では、 $C_D$  値は X-45 が最も高い  $C_D=0.41 \sim 0.46$  の値を取った。X-Type と U-Type は測定範囲内ではほぼ一定の値を取り、X-Type で  $C_D \approx 0.36$ 、U-Type で  $C_D \approx 0.26$  となった。 $C_L$  値も Re 数によって変化せず、測定範囲内ではほぼ 0 の値を取ることが確認できた。

#### (b)可視化実験

回流水槽実験では実験結果から、撮影した2秒間の平均の流線画像を Fig.4 に示す。この流線画像、両 Type それぞれ 5 枚ずつの球中心軸から渦中心までの距離  $L_1$  と、渦の幅  $L_2$  を測定し、X-Type の各距離を X- $L_1$ , X- $L_2$ 、U-Type を U- $L_1$ , U- $L_2$  として Fig.4 に示す。Fig.4 より X-Type の方が渦中心までの距離、渦幅共に小さくなった。

### 4. 結論

以上の結果より、抗力の高い X-Type のほうが、抗力の低い U-Type よりも後流渦が小さくなる傾向にあることがわかり、X-Type を  $45^\circ$  傾けた球が最も抗力が高くなることがわかった。

### 参考文献

- 1) 溝田武人, 錦織大介, 小西和明: 硬式野球ボールの縦スライダに関する流体力測定と飛しょう軌道解析, 日本機械学会論文集 (B 編), 73 巻, 734 号

(2007-10) ,P15-20

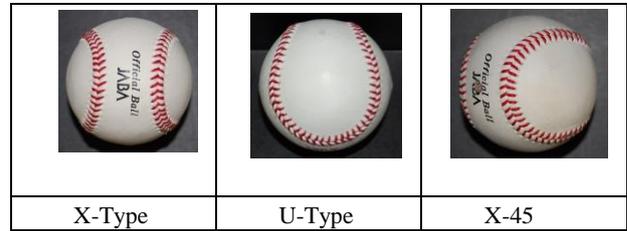


Fig. 1 Experimental balls

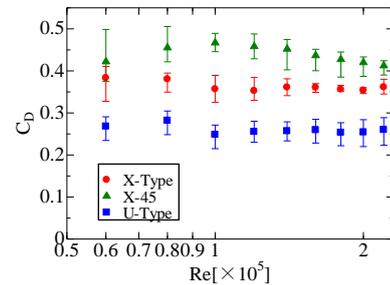


Fig. 2 Drag coefficient measurement

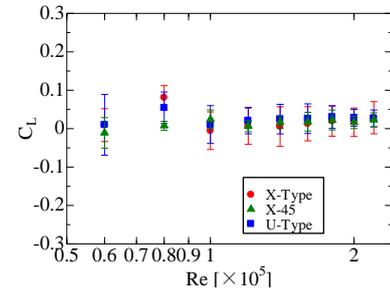
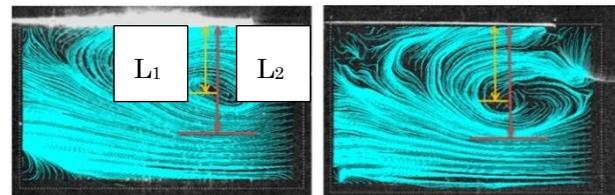


Fig. 3 Lift coefficient measurement



X-Type gyro-ball U-Type gyro-ball

Fig. 4 Visualization result

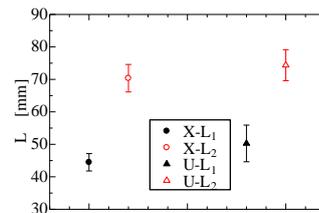


Fig. 5 Vortex width

## 円管内流れの管摩擦損失に与えるマイクロバブルの効果

\*鈴木 慶史 (東海大学大学院工学研究科機械工学専攻) \*\*岡永 博夫 教授 (東海大学工学部機械工学科)

## 1. 緒言

近年、マイクロバブル (MB) の持つ様々な特性に関する研究が行われている。マイクロバブルとは、気泡径  $50\mu\text{m}$  以下の微細な気泡であり、洗浄効果、殺菌効果、生理活性効果等の様々な効果が確認されている。その中でも、摩擦損失低減効果に関しては多くの研究者たちの注目を集めている。本研究では工業的に広く用いられている円管に於ける管摩擦係数を測定し、MB を含む気液二相流体の管内流動を可視化実験によって解析することにより、管摩擦抵抗に与えるマイクロバブルの効果を明らかにした。

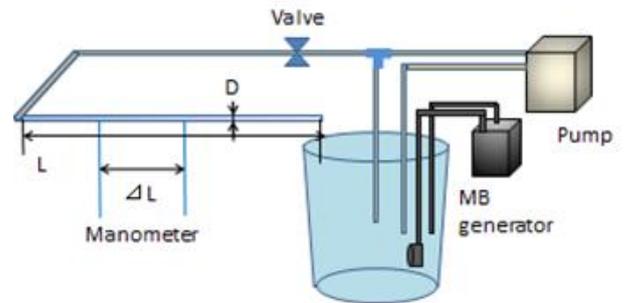


Fig.1 Experiment Device

## 2. 実験装置, 及び実験方法

実験装置は、Fig.1に示す。タンク内に貯水し、ポンプにより流体を流路に循環させる。タンク内に設置したマイクロバブル発生装置によりマイクロバブルを発生させた。マイクロバブル発生装置には生成量  $7\text{--}10(\text{l}/\text{min})\text{ASK3}$  (アスプ社) を使用した。水温  $20^\circ\text{C}$ 、総水量  $100\text{l}$  で一定とし、流量はバルブで調整した。試験流体は水道水のみとマイクロバブルを含ませた水道水の2種類を使用し、流量は重量法により測定を行う。テストセクションには管内径  $15\text{mm}$  のアクリル円管を使用した。圧力損失の計測には傾斜角マノメータを用いた。実験は各  $\text{Re}$  数においてマイクロバブルの飽和状態となる、発生開始から  $20\text{min}$  後に行った。流れの状態は時間とともに変化するため、バルブを閉め、完全静止状態からバルブを開け循環を開始させ、3分後に圧力差を測定する。可視化実験は、ハイスピードカメラとレーザーを使用し、試験部の上部に、 $200\text{mW}$  のレーザーを照射し、横からスピードカメラで撮影した。トレーサは **ORGASOL**、あるいは **MB** を用いた。フレームレートは  $2000\text{fps}$ 、シャッタースピードは  $1/2000$  で行なった。その結果を **PIV** 解析することにより速度分布、乱れ度の算出について計測した。

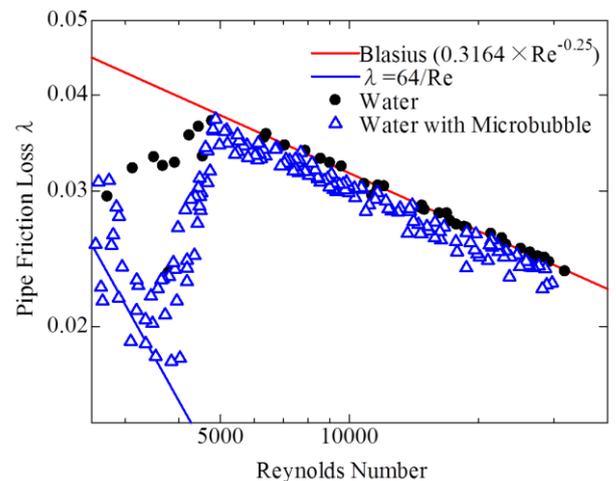


Fig.2 Pipe Friction Loss

## 3. 実験結果

Fig.2のグラフは、 $\text{Re}$  数変化による管摩擦係数変化を表している。Fig.2より、マイクロバブルを注入することにより管摩擦低減効果が確認できた。測定範囲のいずれの  $\text{Re}$  数において管摩擦損失低減効果が得られ、乱流域では平均で  $5.0\%$ 、最大で  $11.8\%$  となった。また、 $\text{Re}=3500$  程度までは層流における損失係数  $\lambda = 64 / \text{Re}$  に沿った傾向を示している。Fig.3に管内流の速度分布、乱れ度を示す。上記の結果よりマイクロバブルを含ませることにより管壁面近傍では、速度勾配が緩やかになり、乱れ度、壁面せん断応力の減少することが分かった。

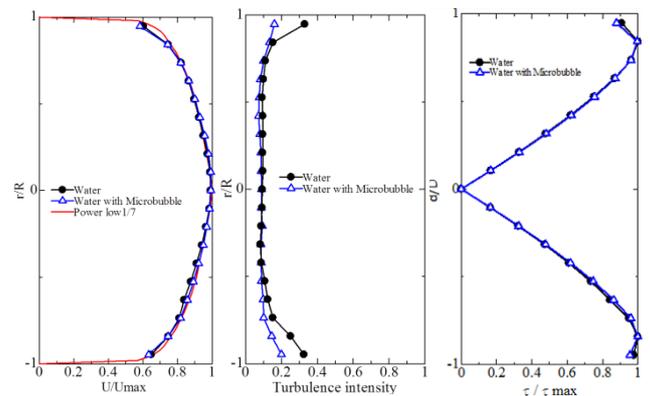


Fig.3 Velocity distribution and Turbulence intensity, Shearing stress

## THE EFFECT OF DIFFERENT GROOVES SHAPE TO THE AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF SQUARE CYLINDER WITH GROOVES

T.Fikri   B.Afiq   M.Idogawa   M.Miyake   H.Okanaga (Tokai University)

As the height of the buildings increase, the effect of a wind resistance from the wind must be considered as the safety issue for the building. Hence, we must think of a way to reduce the drag force that acts on the building. Recently, we observed the effect of flow characteristics around square cylinder with different grooves width and interval. From our experiment result, it is clear that drag force reduce as the grooves width increase. In these experiments, we have understood that the drag force can be reduced by changing the shape of the square cylinder's corner and the cylinder's grooves shape. However, the effect of grooves with a different shape to the flow characteristics around the square cylinder is still unknown. Therefore, in our research, the effect of different grooves shape to the aerodynamic characteristics of square cylinder with grooves is investigated. Figure 2 shows the images of the square, arc and triangle grooves. The measurement of drag for each square cylinder with different grooves shapes is carried out by wind tunnel test. Visualization around the square cylinder with grooves is carried out by water tunnel experiment.

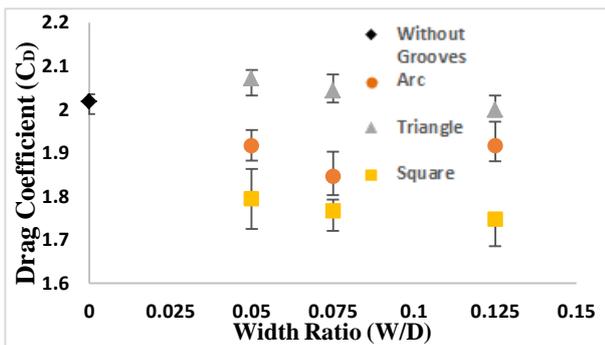
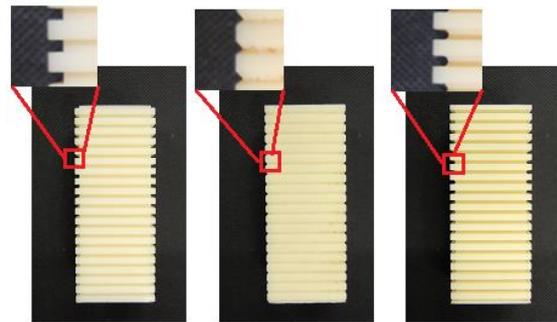


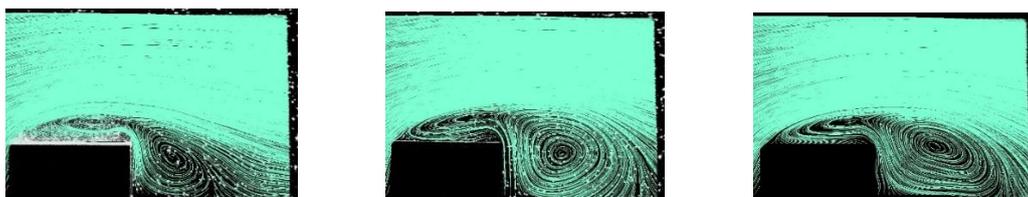
Figure 1: Drag Measurement Result



(a) Square (S)      (b) Triangle (V)      (c) Arc (A)

Figure 2: Cross-Section Diagram of grooves shape

Based on the drag measurement experiment result as shown in figure 1, the square cylinder with a square grooves has the lowest drag force compare with the square cylinder with an arc grooves. The arc grooves' drag force decreases as its grooves width is increased, but at  $w/d = 0.125$  the drag force increases again. Moreover, by the visualization experiment, the size of the wake area is affected by the shape of grooves. From the observation made in figure 3, square grooves has a bigger wake area compare with arc grooves and triangle grooves.



(a) Arc Type      (b) Square Type      (c) Triangle

Figure 3: Time Averaged Stream Line ( $w/d = 0.05$ )

## 航空機体材料用炭素繊維織布界面強化 Ti/CFRP 接合体の強度評価

鳥飼翔太(東海大工)、乾 茂仁(東海大工 院生)、白石 一匡(東海大工 院生)、西 義武(東海大工)

### 【諸言】

航空機に要求される条件としては、高い安全性と軽量であることが考えられる。現在、航空機は環境性能向上のため、軽量化が進められている。しかし、従来の Al や Ti 合金などを用いた軽量化には限界が近く、軽量かつ高強度な炭素繊維強化高分子材料(CFRP)といった非金属の複合材料が注目されている。また、CFRP の使用率が 50%を超えるような機体も就航し始めている。これらのことから、金属材料と CFRP の接合界面が増加するため、金属材料と CFRP の接合技術が重要となっている。

現在、これらの材料の接合は、ボルトやリベットなどの機械的締結や接着剤による接合が主流である。しかし、機械的締結では CFRP に穴を開け締結するため、強化繊維の切断や応力集中が発生し、材料本来の強度が発揮できない可能性がある。また、接着剤では強度不足であり、剥離してしまう可能性が考えられる。

そこで、本研究グループでは、炭素繊維の広大な比表面積を利用した接合技術を考案し、Cu/Al、Al/Ti の接合、Al(CFRM)/CFRP などの異種材料の接合を行ってきた。また、この接合法では、ボルトやリベットなどを使用せずに製造できるので、より軽量の機体の製造が可能であると考えられる。

本研究では、炭素繊維織布を用いて炭素繊維織布界面強化 Ti/CFRP 接合体を作製し、衝撃試験を行い、強度評価を行った。この技術を航空機体の製造に応用することで、異種材料の接合部の強度向上が図れ、航空機の安全や軽量化につながりよりよい異種材料の接合が可能になると考えられる。

### 【実験方法】

Ti と炭素繊維が反応し炭化物が生成されることを防ぐために、炭素繊維に Ni コーティングを施した。一端に切り込みを入れた Ti 板に炭素繊維を挿入し、電子線溶解法を用いて Ti を熔融させ、炭素繊維に鋳包した。更に、Ti が鋳包していない方の Ni コート炭素繊維にエポキシ樹脂を浸漬させて Ti/CFRP 接合体を作製した。また、比較用として、フィラメント状炭素繊維を用いた Ti/CFRP 接合体、炭素繊維を用いずに接合した Ti/Epoxy 接合体、接着剤で接合した Ti/Glue/Epoxy 接合体を作製した。これらの接合体を用いてシャルピー衝撃試験で強度評価を行い、SEM と XRD による界面強化機構の微視的観察を行った。

### 【結果】

炭素繊維織布界面強化 Ti/CFRP 接合体の作製に成功した。炭素繊維織布界面強化 Ti/CFRP 接合体は、フィラメント状炭素繊維を用いて作製した Ti/CFRP 接合体、Ti/Epoxy 接合体、Ti/Glue/Epoxy 接合体と比較して強度が向上することを見出した。

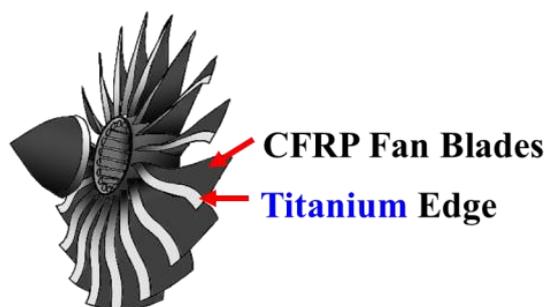


図1 接合体の応用例

## 電子線照射処理後ホットプレスしたポリウレタンと銅箔の接着強度評価

\* 藤山尚紀(東海大学工学部材料科学科)、岡田拓己(東海大学大学院工学研究科工学専攻)、  
宇山将人(東海大学大学院工学研究科工学専攻)、神田昌枝(東海大学工学部材料科学科)、  
\* \* 西義武(東海大学工学部材料科学科)

### 【諸言】

近年、ポリウレタン(PU)は電歪材料として注目され、アクチュエーターへ応用されている。しかし、PU単体ではアクチュエーターの機械的強度に問題があるため、金属材料と接着し、機械的強度を向上させている。一般的な製造方法としては、PUに金属を蒸着しているが、薄膜では強度の向上が見込めない。また、接着剤や熱溶着による接着では、PUとCuの間に接着剤の三層目ができ、PUの電歪量が低下や熱の影響によるPUの物性変化が懸念される。一方、本研究室の過去の研究結果より、PU/アルミニウム(Al)異種材料に対し、電子線(EB)照射処理後ホットプレス(HP)する複合処理により接着を確認している。このことから、複合処理は高分子/金属異種材料の接着に対して有効であると考えられる。そこで本研究では、電気伝導性・熱伝導性・加工性に優れている銅(Cu)とPUに対し、EB照射処理後HPする複合処理により接着を試み、接着強度の評価を目的とした。

### 【実験方法】

本研究の試料は、PU粒子を353 Kで3時間乾燥させた後、358 Kに熱したN,N-ジメチルホルムアミド(DMF)にPU粒子を入れ3時間攪拌し、溶解させた。液溜め付ドクターブレードを用いてガラス板の上で70  $\mu\text{m}$ のPUシートを作製し、乾燥機にて233 Kで1日乾燥させた。試料作製にはPUとCuを重ねた状態で試料台に設置し、その上からナイロン保護フィルムを用いて圧縮応力0.08 MPaを印加した状態で試料を固定した。EB照射装置((株)アイ・エレクトロンビーム製)を用いて、照射線量を変化させEB照射処理した(照射線量:0.04, 0.13, 0.22, 0.30, 0.43 MGy)。EB未処理及びEB照射処理したPU/Cuに対し、HPを行った(圧力:5 MPa, 温度:413 K, 時間:3 min)。HP単独処理及び複合処理した試料に対して微小荷重引張試験機を用いて、T型剥離試験を行った。

### 【結果】

EB照射処理後HPする複合処理により、PUとCuの接着を確認した。さらに、最適なEB照射線量を明確にすることで、接着強度の増大を確認した。これらのことから、EB照射処理後ホットプレスする複合処理がPUとCuの接着においても有効であることを見出した。

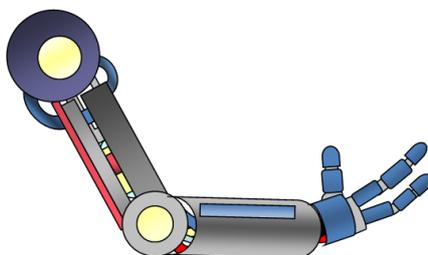


図1 PU/Cu アクチュエーターの応用例

## 外部拡散法 $MgB_2$ 超伝導線材の作製と組織

\*大内 皓（東海大学工学部材料科学科）、孫 仁傑（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）

### 1. 目的

$MgB_2$  は 39 K という金属系超伝導体としては非常に高い臨界温度を有する。液体水素(20 K)中でも超伝導状態へと遷移し、組成はマグネシウムとホウ素の 2 元系からなることから比較的合成が容易であり、冷却及び製造コストの低減が見込まれている。本研究では、外部拡散法を用いて生成する  $MgB_2$  の問題点である、未反応 B の残留を  $MgH_2$  の添加により制御し、最適な組成となる化学量論比組成  $Mg:B=1:2$  に近い試料を作成し、 $MgB_2$  コアにどのような変化が生じるか組織について調査する。

### 2. 実験方法

図 1 に外部拡散法  $MgB_2$  線材の試料作成プロセス図を示す。外径 8 mm  $\phi$ 、長さ 60 mm、内径 4.0 mm  $\phi$  の純鉄管に、外径 4.0 mm  $\phi$ 、内径 2.5 mm  $\phi$  長さ 50 mm 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。一部の線材には  $MgH_2$  の添加も行った。その後、線引き加工により直径 1.0 mm  $\phi$  の試料を作製した。各試料の拡散熱処理を Ar 雰囲気中で  $630^\circ\text{C} \times 5 \text{ h}$  で行った。作製した試料について光学顕微鏡による横断面組織観察を行った。また、電子線マイクロアナライザにより  $MgB_2$  コア内の Mg:B 比を調査し、線分析により濃度分布の解析を行った。

### 3. 実験結果及び考察

図 2 に  $MgB_2$  線材の 5 mol% SiC 添加、線径 1.0 mm  $\phi$  の横断面写真を示す。断面(a)、(b)では  $630^\circ\text{C} \times 5 \text{ h}$  で熱処理をすることで、Mg と B が反応してコアに  $MgB_2$  が生成している事が確認できた。また、残留 Mg と多数の空孔(Gap)が生成しているのが確認できた。この時、(a)はコア内部に多くの空隙が見られた。これらは Mg と B が拡散反応を起こして  $MgB_2$  を生成するときにかかる密度増加による体積収縮が、B 粉末内に添加した  $MgH_2$  において起きたために生じたのではないかと考えられる。(b)ではコアを中心にはほぼ同心円状に Gap が確認でき、これはコアの周りから均等に Mg が拡散できたのではないかと考えられる。また、Mg 金属チューブの四隅には Mg の残留が見られるが、これは拡散距離が長いために未反応のまま残留したと考えられる。

図 3 に  $MgB_2$  線材の 5 mol% SiC 添加、線径 1.0 mm  $\phi$  の熱処理後試料の EPMA 線分析結果を示す。 $MgB_2$  コア内において(a)では B 及び Mg はほぼ均一に分布しているが(b)では Mg がコア中央付近でやや低く、コア端部ではやや高く分布している傾向が見られた。また、コア部の定量分析を行った結果、(a)では  $Mg:B=1:2.4$ 、(b)では  $1:3.9$  となった。(b)ではコアを中心として同心円状に拡散反応が見られ、外部から Mg が拡散すること、及び、拡散距離が大きかったために Mg の残留が多かったことから、十分な拡散反応が得られずコアの端部がやや Mg の濃度が高く、全体的に B rich な結果となったと考えられる。(a)では残留 Mg が少なく、 $MgB_2$  コア内部で Mg がほぼ均等に分布し、定量分析結果も(b)が  $1:3.9$  であったのに対し(a)は  $1:2.4$  となったことから  $MgH_2$  添加の効果が得られたと考えられる。

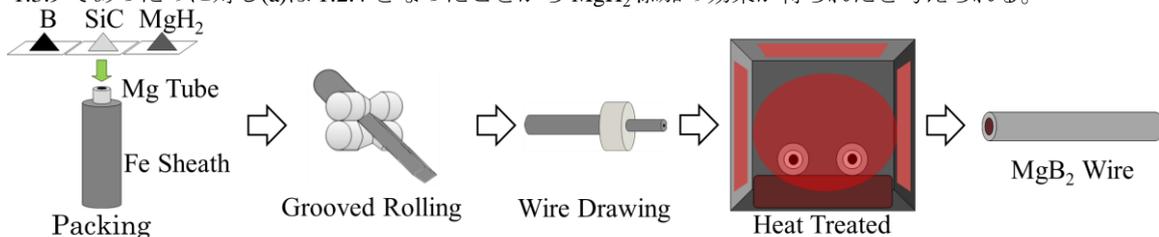
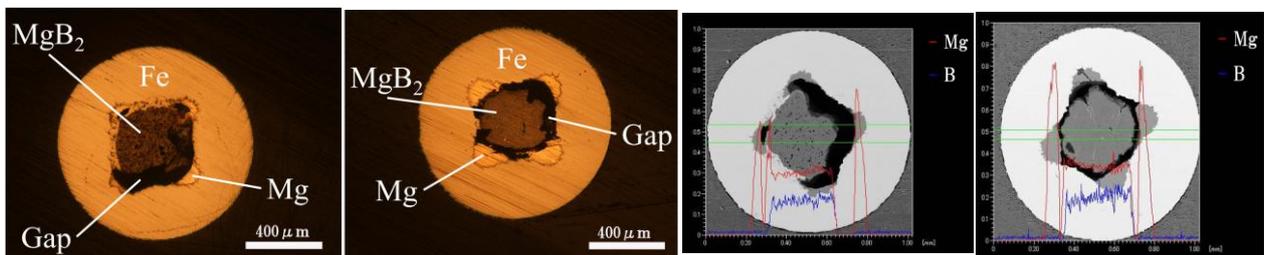


図 1. 外部拡散法による  $MgB_2$  線材の作製方法



(a) 10 mol%  $MgH_2$  添加

(b)  $MgH_2$  無添加

(a) 10 mol%  $MgH_2$  添加

(b)  $MgH_2$  無添加

図 2.  $MgB_2$  線材の横断面写真

図 3. EPMA 線分析結果

## Y系超伝導テープ線材を用いた集合型電流リードの開発

\* 松村 亮佑 (東海大学工学部材料科学科) 本橋 春樹、細野 優人 (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)

## 1. はじめに

電流リードとは、室温の電源から極低温化におかれる各種超伝導機器に電流を供給する導体で、一般的に Cu あるいは Cu 合金が用いられている。しかし、通電時のジュール発熱と室温からの伝導熱により最適化しても 1.2 W/kA の熱侵入を避けることが出来ない。一方、酸化物高温超伝導材料を用いた場合、電気抵抗 0 であることからジュール発熱は無く、熱伝導率も極めて低い大電流・低熱侵入量の理想的な電流リードが可能となる。

本研究では、TFA-MOD(三フッ化酢酸塩を用いた有機酸塗布熱分解)法  $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ (YBCO)線材を 24 本用いて、2 kA 級電流リードユニットを開発し、これらを組み合わせた集合型電流リードの作製及び、通電特性の評価を目的とする。

## 2. 実験方法

本研究で使用した YBCO 線材の寸法は長尺 280 mm、短尺 240 mm、幅 5 mm、厚さ約 130  $\mu\text{m}$  で、線材構造は Ag 保護層 (24  $\mu\text{m}$ )、YBCO 超伝導層 (1.5  $\mu\text{m}$ )、酸化物中間層 (2.2  $\mu\text{m}$ )、Hastelloy 基板 (100  $\mu\text{m}$ ) となっている。この YBCO 線材を長尺 2 枚、短尺 2 枚の計 4 枚 1 組で重ね合わせ、それらを並列に 3 列等間隔に配置した後、Cu 電極の厚さ方向中心に反対側にも同様に配置し計 24 本用いた。この YBCO 線材両端を Cu 電極にハンダ接合し、電流リードユニットとした。同様の作成方法を用いてユニット A~J まで、計 10 組を作製した。

図 1 に集合型電流リードの外観及び模式図を示す。4 組の電流リードユニットを 2 組の 4 角形 Cu 電極の外周部にボルト接続した。通電試験は液体窒素中・自己磁場下で行い、直流 4 端子法により各電圧端子間の発生電圧を測定する。集合型電流リードの電圧測定箇所は、全体電圧  $V_{\text{overall}}$ 、集管用 Cu 電極とユニット Cu 電極間の電圧： $V_{\text{Joint}(+)}$ 、 $V_{\text{Joint}(-)}$ 、電流リードユニットの全体電圧： $V_{\text{Unit}}$ 、Cu 電極と YBCO 線材間の電圧： $V_{\text{Cu}(+)}$ 、 $V_{\text{Cu}(-)}$ 、各 YBCO 線材の電圧： $V_{\text{YBCO}}$  である。また、ログスキーコイルを用いてスイープ時の起電力を測定し、電流リードユニットの偏流を評価した。

## 3. 実験結果及び考察

図 2 に集合型電流リード 10 kA, 10 分間保持通電結果を示す。10 kA を 10 分間通電しても、YBCO 線材、 $V_{\text{Cu}(+)}$ 、 $V_{\text{Cu}(-)}$ 、 $V_{\text{Unit}}$  に電圧の変化及びクエンチは確認できなかった。10 kA 通電時に  $V_{\text{Cu}(+)}$  に 1.7 mV、 $V_{\text{Cu}(-)}$  に 1.3 mV、これらの和は全体電圧  $V_{\text{Unit}}$  の 3.1 mV とほぼ等しくなった。

ログスキーコイルに発生した起電力から電流リードユニットに流れる電流値を計算した。スイープレート 1000 A/sec で 10000 A まで通電した時、Unit A には 2010 A、Unit C には 3010 A、Unit D には 2500 A、Unit J には 2660 A の通電が確認された。この電流値の合計は 10180 A であり、実際の通電電流値である 10000 A とは 180 A の差が生じているが、YBCO 線材に流れる偏流をある程度定量的に評価出来た。

77 K-4.2 K 間の熱侵入量は YBCO 線材一本あたり 9.5 mW、SUS304 が 69.7 mW と計算され、24 本の YBCO 線材 + 2 枚の SUS304 の熱侵入量は 367.4 mW となり、4 組の電流リードユニットを組み上げた集合型電流リードの熱侵入量は 1470.1 mW となった。10 kA の通電を仮定すると今回作製する集合型電流リードの熱侵入量は 147 mW/kA となり、従来の Cu 製電流リード(1.2 W/kA)に比べ約 1/8 程度となった。

## 4. まとめ

- ・集合型電流リードに 10 kA を 10 分間通電しても、電圧の変化やクエンチは確認されなかった。
- ・4 組の電流リードユニットの電流値の合計は 10180 A であり、実際の通電電流値である 10000 A とは 180 A の差が生じているが、YBCO 線材に流れる偏流をある程度定量的に評価出来た。
- ・集合型電流リードの熱侵入量は 147 mW/kA と計算され、Cu 製電流リード(1.2 W/kA)に比べ 1/8 程度になった。

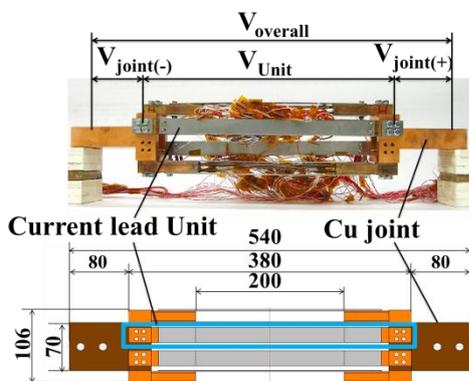


図 1. 集合型電流リードの外観及び模式図

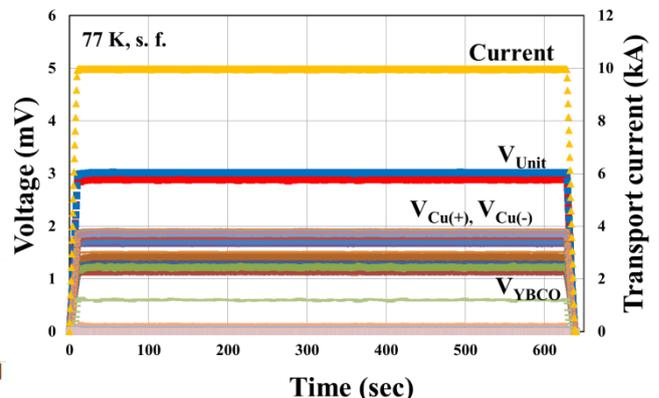


図 2. 集合型電流リード 10 kA, 10 分間保持通電結果

## キュプロニッケルシース PIT 法 $MgB_2$ 超伝導細径線材の加工性

\*横田 勇太 (東海大学工学部材料科学科)、孫 仁傑 (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)

### 1. 目的

$MgB_2$  は 2001 年に金属系超伝導体の一つとして発見され、39 K の高い臨界温度( $T_c$ )を有することから、液体水素中(20 K)においての利用が期待されている。また、 $MgB_2$  の組成はマグネシウム(Mg)とホウ素(B)の単純な 2 元系からなっており、合成が容易である。本研究ではシース材にステンレス鋼の代わりに、加工性の良いキュプロニッケルを用いて超伝導細径線材の作製を試みた。

### 2. 実験方法

図 1 に PIT 法による  $MgB_2$  線材の作製方法を示す。Cu-30%Ni、外径 7.5 mmφ、内径 4.0 mmφ および、Cu-10%Ni、外径 6 mmφ、内径 3 mmφ、長さ 60 mm の Cu-Ni シースをそれぞれ作製し、 $MgH_2$  粉末と B 粉末の充填を行った。その後、線径 0.10 mmφ まで線引き加工を行った後、試料  $630^\circ\text{C} \times 5 \text{ h}$ 、Ar 雰囲気中にて熱処理を行い  $MgB_2$  超伝導線材を作製した。そして作製した試料を研磨し、光学顕微鏡(OM)を使用し断面組織観察を行った。また、Cu-Ni シースの線径に対する硬さの依存性を調べるためにビッカース硬さ試験を行った。

### 3. 実験結果及び考察

図 2 に Cu-Ni シース  $MgB_2$  線材 0.10 mmφ の熱処理後の断面写真を示す。(a)は Cu-30%Ni、(b)は Cu-10%Ni の線材である。図 2 からシースに応力負荷による割れは無く、中の粉末が Cu-Ni シースを破ることもなく加工できていることが確認できた。また、Cu-30%Ni と Cu-10%Ni のどちらもシースとコアの間に化合物と思われる層が生成されている事が確認できた。シース表面が荒れているのは、シース表面に付着する酸化物をエメリー紙で研磨した際に付いた傷だと考えられる。

図 3 に Cu-Ni シースの線径に対する硬さの依存性のグラフを示す。未加工時の硬さは Cu-30%Ni が 167 HV、Cu-10%Ni が 125 HV であるが、線径 0.10 mmφ では Cu-30%Ni は 232 HV、Cu-10%Ni は 216 HV と線径の減少にほぼ比例して硬さの上昇が見られた。また、熱処理後はそれぞれ 146 HV、118 HV と減少し未加工時の硬さに近い値になった事が確認できた。

### 4. まとめ

線引きにおいて試料を 0.10 mmφ まで割れも無く加工することができた。また、Cu-Ni シースは細径化とともに加工硬化し、線径 0.10 mmφ の時 Cu-30%Ni 線材が 232 HV、Cu-10%Ni 線材が 216 HV、熱処理後はそれぞれ 146 HV、118 HV となった。

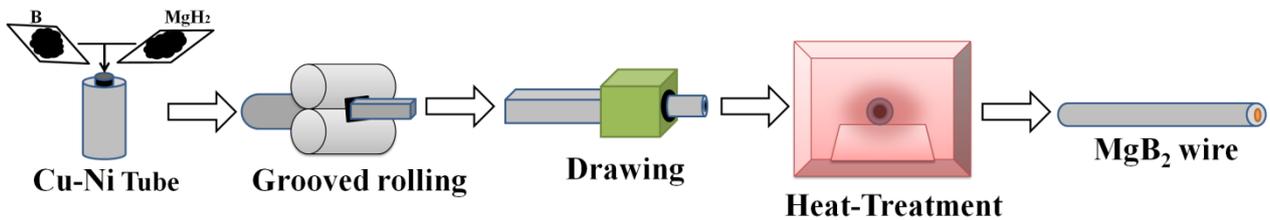


図 1. PIT 法による  $MgB_2$  線材の作製方法

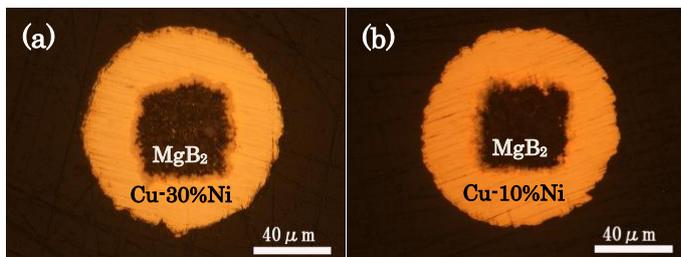


図 2. Cu-Ni シース  $MgB_2$  線材 0.10 mmφ の熱処理後の断面写真

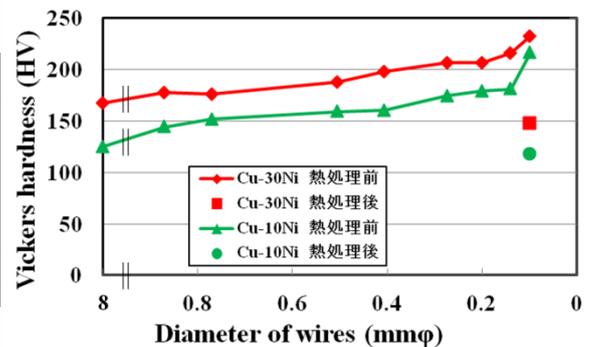


図 3. Cu-Ni シースの線径に対する硬さの依存性

## TFA-MOD 法 YBCO 超伝導テープ線材を用いた小型電流リードの開発

\* 坂本 太紀、高橋 祐樹、(東海大学工学部材料科学科)、本橋 春樹、細野 優人、(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)

## 1. はじめに

電流リードとは、室温の電源から極低温化におかれる各種超伝導機器に電流を供給する導体で、一般的に Cu あるいは Cu 合金が用いられている。しかし、通電時のジュール発熱と室温からの伝導熱により最適化しても 1.2 W/kA の熱侵入を避けることが出来ない。一方、酸化物高温超伝導材料を用いた場合、電気抵抗 0 であることからジュール発熱は無く、熱伝導率も極めて低い大電流・低熱侵入量の理想的な電流リードが可能となる。

本研究では、TFA-MOD(三フッ化酢酸塩を用いた有機酸塗布熱分解法  $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-x}$ (YBCO)線材を用いた小型電流リードの開発を目的とする。

## 2. 実験方法

本研究で使用した YBCO 線材は幅 5 mm、厚さ 130  $\mu\text{m}$  であり、線材構造は上から Ag 層 24  $\mu\text{m}$ 、YBCO 超伝導層 1.5  $\mu\text{m}$ 、2 層の酸化物中間層 ( $\text{CeO}_2$ :1  $\mu\text{m}$ 、GZO 層:1.2  $\mu\text{m}$ )、Hastelloy 基板 100  $\mu\text{m}$  である。素線  $I_c$  値が 140~146 A の YBCO 線材を用いて小型電流リードを作製した。

図 1 にスパイラル小型電流リードの外観および模式図を示す。寸法は、全長 182 mm、40 mm  $\phi$ 、Cu 電極間長さ 70 mm である。GFRP に YBCO 線材を巻きつけボルトで固定する。電極に溶融させたはんだを充填し、YBCO 線材を差し込みはんだ接合した。Cu 電極間長さ 70 mm 内で熱侵入量を低減するため、YBCO 線材を円筒状の GFRP に巻きつける事により線材長を 900 mm に長尺化した。

図 2 にループ小型電流リードの外観及び模式図を示す。寸法は全長 120 mm、幅 50 mm、厚さ 30 mm、Cu 電極間長さ 70 mm である。作製方法は YBCO 線材を 4 本に重ね合わせ、ガイドを介し多層に巻き付け、YBCO 線材両端を Cu 電極に 20 mm 埋め込み、はんだ接合した。YBCO 線材を多層に巻き付けることで、Cu 電極間長さ 70 mm の範囲内で 400 mm に線材を長尺化した。補強材として厚さ 1 mm の GFRP 板 2 枚を Cu 電極の間に挟みボルト接続し、小型電流リードとした。作製した小型電流リードに対する性能評価として、熱侵入量の計算を行った。YBCO 線材の熱侵入量は Ag 層、Hastelloy 基板のみ計算を行い、YBCO 超伝導層およ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

図 3 に 77 K - 4.2 K 間の小型電流リードの熱侵入量計算結果を示す。スパイラル小型電流リード (有効長さ: 700 mm) の熱侵入量は 4 本の YBCO 線材が 10.8 mW、GFRP が 24.8 mW と計算され、スパイラル小型電流リード (YBCO  $\times$  4 +  $\phi$  30 GFRP cylinder) の熱侵入量は 35.6 mW となった。ループ小型電流リード (有効長さ: 400mm) の熱侵入量は 4 本の YBCO 線材が 19.0 mW、GFRP が 13.6 mW と計算され、ループ小型電流リード (YBCO  $\times$  4 + GFRP board  $\times$  2) の熱侵入量は 46.2 mW となった。500 A の通電を仮定すると作製した小型電流リードの熱侵入量はスパイラル小型電流リードは、71.2 mW/kA、ループ型小型電流リードは 92.4 mW/kA となる。この熱侵入量は従来の Cu 製電流リードと比べ 1/16 と 1/13 程度となる。

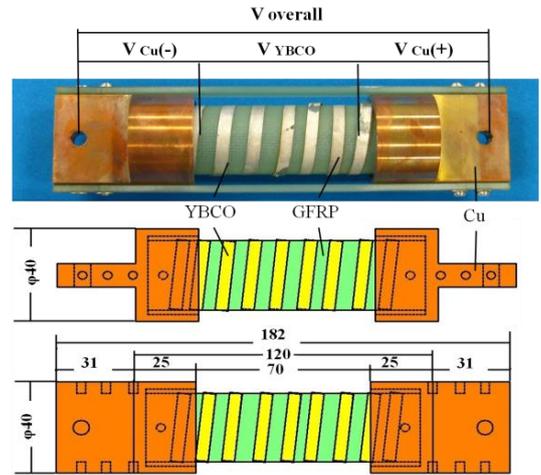


図 1.スパイラル小型電流リードの外観及び模式図

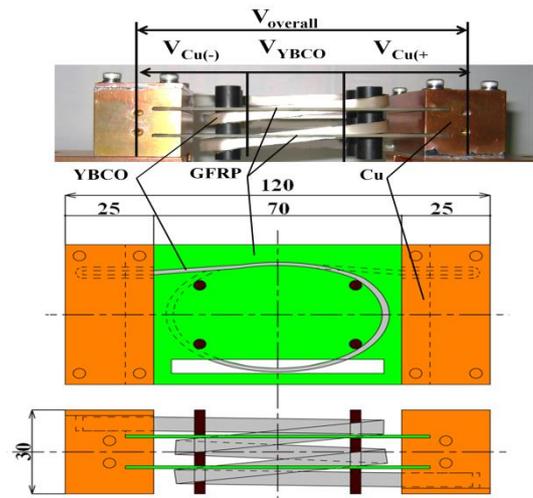


図 2.ループ小型電流リードの外観及び模式図

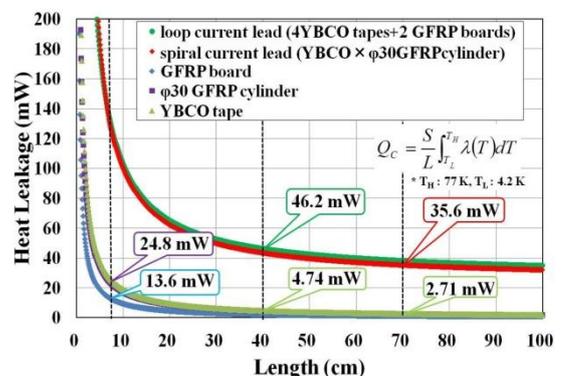


図 3.小型電流リードの熱侵入量計算結果

## 安価なシステムキッチン用ステンレス鋼溶射膜の表面処理による機械的性質向上に関する研究

\*山崎由晃（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）、白石一匡（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）、  
全軍華（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】

現代生活においては、人々は豊かさと快適さを求めて種々の研究開発を行っている。その中、キッチンの快適さを提供するオールステンレスキッチンが注目を浴びている。しかし、実用上では、難加工性や過重などの問題点が高価の原因となり、普及はまだできていない。そこで、塑性加工済みの炭素鋼にステンレス鋼の皮膜を形成することで、コスト削減を実現できる。さらに、ステンレス鋼溶射膜の機械的性質が強化できれば、製品の品質及び寿命向上が期待できる。ところで、現在金属の最表面層を強化する機械的方法にショットピーニングやホーニングなどが挙げられる。特に、ホーニングは水流により試料温度を室温に維持しながら強化できるという利点がある。そこで本研究室では、ホーニングと同様の試料温度を室温に維持した状態で金属の強化の方法として、材料表面に水バフ研磨(WWH)処理、及び電子線(EB)照射処理を提案している。過去の研究から、WWH処理、及びEB照射処理により、クロムめっき表面層の硬さの向上を確認している。そこで、本研究では各種表面処理を施すことにより、ステンレス鋼溶射膜の強化の可能性を見出すことを目的とし、その機械的特性について評価する。

### 【実験方法】

まず、構造用炭素鋼に SUS 溶射が施された試料を低速カッターを用いて $2 \times 2 \times 5$  mm に加工し、エポキシ樹脂に埋め込みを行った。その後、自動研磨機を用いて樹脂埋めを行った試料の面出しを行った。未処理試料、バフ研磨機を用いて WWH 処理を施した試料、電子線照射装置を用いて電子線照射処理を施した試料及び、両方の処理を行った試料の 4 種類を作製した。試料の機械的特性の評価としてマイクロビッカース試験機を用いて硬さ試験を行った。その後、X 線回折装置を用いて試料の観察を行った。

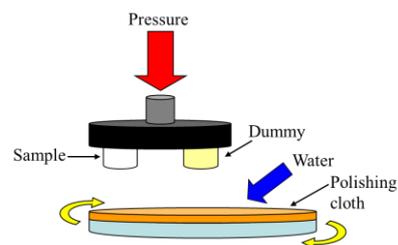


図 1 WWH 装置模式図

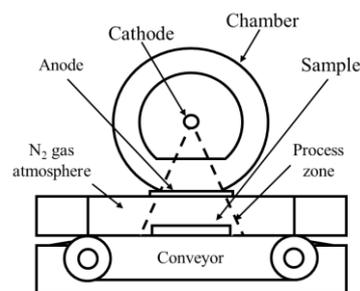


図 2 EB 照射装置模式図

### 【結果】

単体処理及び複合処理を施した SUS 溶射試料の硬さは、未処理の試料に比べて硬さが向上することを見出した。このことから、WWH 処理と EB 照射処理を組み合わせることは、ステンレス鋼溶射膜の強化方法として有効であることを見出した。

## 航空機用炭素繊維界面強化 Ti/CFRP 接合体の衝撃値の温度依存性

\*乾茂仁（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）、白石一匡（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、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)は軽量高強度の材料として軽量化の要求が厳しい航空宇宙分野で応用が進み、中には従来の金属材料よりも CFRP の使用比率が高い航空機も就航し始めている。しかし、高い圧縮応力がかかる降着装置周りや高温のエンジン主要部品には CFRP を適用することは難しく、従来の金属材料が引き続き使用されている。そこで、従来の金属材料と CFRP の接合技術が重要になると言える。ところが、CFRP と金属材料は接合性に難があると言われている。従来の CFRP の接合にはリベット止めと接着剤による接合法が用いられているが、リベット止めは CFRP に穿孔する際に炭素繊維を切断することによって強度が損なわれる恐れがあり、接着剤による接合は剥離などの危険から強度に不安がある。そこで本研究では炭素繊維を介して接合することで Al/CFRP や Ti/Al などの接合性に難のある異種材料の接合性を改善する研究を行ってきた。さらに本接合法は、強化繊維の破壊がないため高強度であり、リベット止めのように締結材を用いないため非常に軽量であるという利点がある。よって、航空宇宙分野での応用に適しているといえる。

ところで、本接合法を実際に航空分野で応用するためにはエンジン周りの高温や、高空の低温環境に耐えて接合強度を保たなければならない。そこで本研究では炭素繊維界面強化 Ti/CFRP 接合体を作製し、航空分野で実際に使用される環境を想定した温度条件(323 K、373 K、300 K、194 K、77 K)でシャルピー衝撃試験を行い、強度評価を行うことを目的とする。本研究で炭素繊維界面強化 Ti/CFRP 接合体に温度変化を加えた際の機械的強度の変化を評価することで、航空分野での応用に近づけると考える。

### 【実験方法】

まず、炭素繊維の濡れ性を向上させ、Ti との炭化物生成を防ぐために、DC マグネトロンスパッタリング装置を用いて炭素繊維に Ni コーティングを施した。この一端を Ti 板に穿孔した穴に差し込んだ上で、電子線溶解法を用いて Ti を熔融させ、炭素繊維に浸漬させた。更に、Ti 浸漬していない側の Ni コート炭素繊維にエポキシ樹脂を浸漬させて炭素繊維界面強化 Ti/CFRP 接合体を作製した。また、比較用として接着剤による Ti/Glue/Epoxy 試料と自然接着させた Ti/Epoxy 試料を作製した。作製した試験片は 323 K、373 K、300 K、194 K、77 K の各温度でシャルピー衝撃試験を行い接合強度を評価した。

### 【結果】

炭素繊維界面強化 Ti/CFRP 接合体は、Ti/Glue/Epoxy 試料と Ti/Epoxy 試料の各試料と比較して、すべての温度条件で衝撃値が優れていることを見出した。

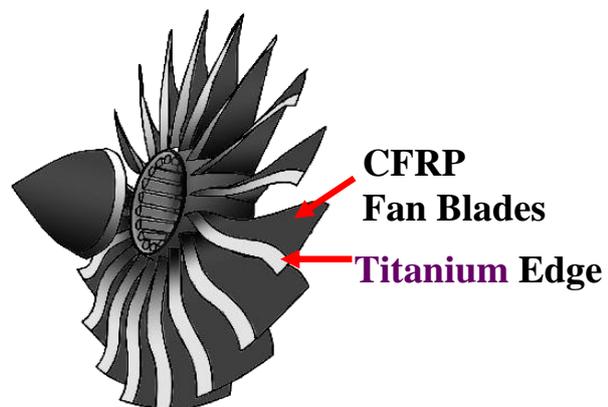


図1 応用例

**航空機用サンドイッチ構造材料(CFRP/ABS/CFRP)の電子線照射と吸水による強靱化処理の開発**

- \* 岡田拓己(東海大学工学部材料科学科)、全軍華(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】**

最新の航空機であるボーイング 787 は機体全体の約 6 割の部分に軽量かつ強靱な炭素繊維強化ポリマー(CFRP)が構造材として使用されており、金属材料並みの強度でありながら、25%の重量で軽量化に成功した。しかしながら、CFRP は諸原因で高価である。本研究室では、過去に 1/5 の材料コストで CFRP と同等の耐衝撃特性を持つサンドイッチ複合材料の作製に成功した。また、電子線照射処理を用いて、サンドイッチ複合材料の耐衝撃特性の更なる強化を実現した。そして、実用環境を想定して、飛行中の航空機は雨や雲等の高湿度環境下における吸水現象により機械的性質への影響が懸念される。そこで、本研究では EB 照射を施した CFRP/ABS/CFRP の作製を行い、吸水現象による機械的性質変化について検討することを目的とした。

**【方法】**

CFRP/ABS/CFRP の表面材にクロスプリプレグ(三菱レイヨン(株)製)、心材に ABS 樹脂((株)セコン三木製)を用いて積層させ、オートクレーブ成型を行った。成型した試料に電子線照射装置((株)岩崎電気製)を用いて EB 照射を施した。その後、試料を 323 K において乾燥させ、300 K の純水中に浸漬後、JIS Z 2242 規格に基づいて、シャルピー衝撃試験を行った。

**【結果】**

吸水処理後の成型前に 0.22 MGy 照射した CFRP/ABS/CFRP において、乾燥処理をした試料と比較し、衝撃値が向上することを見出した。さらに、EB 照射した CFRP/ABS/CFRP は未照射の試料より衝撃値が高く、吸水環境下でも EB 照射が衝撃値を向上させることも見出した。



図 1 サンドイッチ複合材料を用いた航空機の概観図

## モバイル端末用カバーガラスの複合強化プロセスに関する研究

\* 全軍華(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、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】

近年では、スマートフォンやタブレットなどのモバイル端末の普及により、人々の生活に大きな影響を与えている。生活がより便利になった中、通信機器では使用時の湾曲や衝撃が引き起こるカバーガラスの割れが問題になっており、最終工程におけるガラス製品の強靱化プロセスの開発が求められている。

現在、ガラスの強化方法としては、化学的手法がある。これはガラス表面に圧縮応力を残留させ、外力を受ける際に応力緩和が生じ、クラックの発生を抑制する方法である。化学的手法の強化法は強度向上に有効ではあるが、ガラスの強度に大きくも起因するガラス表面の傷やマイクロクラックなどのグリフィスクラックについてはまだ改善方法が課題となっている。

そこで、本研究では、ガラス表面に存在する傷やマイクロクラックの複合処理により、ガラスの曲げ特性の向上を目標とする。

### 【方法】

#### a) 熱湯浸漬処理

ガラスに含まれアルカリ元素が高熱高圧環境下において、水溶液側に拡散・溶出する現象を利用する処理方法である。ガラス表面にあるマイクロクラックと平滑面が水溶液に接触する面積の違いにより溶出速度の差を利用し、マイクロクラックの鈍化処理を果たす。

#### b) 電子線照射処理

ガラスに電子線照射すると、ガラス表面のランダムネットワーク構造が崩壊され、ダングリングボンド(不対電子)が形成する。応力が加えられた時に、ダングリングボンドが相互の斥力で、膨張や衝撃力緩和し、亀裂開口が抑制される可能性が高いため、応力緩和機構による強化処理を果たす。

### 【結果】

アルカリ金属、アルカリ土類金属を有しているガラスは成分元素の溶出による質量減少が確認できた。 $1.0 \times 10^6$  sの溶出処理では、1%程度の質量減少が見られた。また、曲げ特性を確認したところでは、50 ksにおいて破断時のひずみ量と曲げ強さが両方とも大幅に向上したことを確認できた。さらに、複合処理を施すことにより、曲げ強さのさらなる向上が確認できた。



Fig. 1 モバイル端末一例

## 不安定密度成層における対向流挙動の可視化と数値シミュレーション -第5報- 粒子法コードによる解析

\*齋藤 嘉治(湘南工科大学大学院)、内山 直哉, 萩原 徹, 丸谷 祐人(湘南工科大学)、\*\*文沢 元雄(湘南工科大学)

### 1. 結 論

高温ガス原子炉の配管破断事故時には、冷却材であるヘリウムと密度の異なる空気との間に対向置換流が発生する。このような不安定密度成層における密度の異なる気体（ヘリウム-空気）間の対向置換流挙動を調べ、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。

### 2. 粒子法コードによる解析

対向流の気体の干渉についてより詳細に調べるため、粒子法コードによる3次元解析を行った。解析コードはプロメテック・ソフトウェア株式会社のParticleworks4を用い、計算機はNVIDIA社製のGPUプロセッサTESLA C2075を搭載したワークステーションを使用した。このGPUプロセッサのメモリ量により、計算規模は約200万粒子に制約される。解析条件は容器の下側にヘリウムガスを、上側に空気を配し、流路を鉛直に設定したもので、過去の実験で用いられた容器を模擬している。解析の精度としては、粒子直径は0.93mm、粒子総数は約200万個で、流路の直径方向では約22個の粒子で流速分布を表現している。

### 3. 数値計算結果の考察—流速分布

解析時間  $t=4.5$  秒の場合の、流路中央XY断面をとり、流速分布および流量評価を行った。中央断面におけるZ方向流速分布を鳥瞰図として図.1に示す。図より対向流界面は3次元の曲面になることが明らかとなった。また中部断面における流速分布を図.2に示す。対向流の主流はZ軸方向に流れるが、両者の間に、主流と直交する速度成分が認められた。これは各断面における2次流れ（縦渦）が顕著に認められていることを示している。この2次流れによって、上昇流と下降流は流路を通過する間に混合することが分かった。

### 4. 数値計算結果の考察—鉛直状態の対向流挙動の評価と考察

不安定密度成層の挙動解明を過去のマハツェンダー法実験と解析結果を比較して行う。マハツェンダー法は密度差を可視化する手法である。図3に過去の実験で得られたヘリウム挙動の様子を示す<sup>(1)</sup>。下側に映っている灰色の形状物が流路、縞模様が放物線状に変形しているのが可視化されたヘリウムである。この挙動を解析結果と比較する。図4にXZ断面における流速分布を示す。ヘリウムの流速分布に注目すると、解析時刻が1.6秒を過ぎたところから流出するヘリウムが左右に揺れているのが分かる。これにより数値解析で鉛直状態の挙動の再現が行えたと言える。この挙動はヘリウム粒子が流路内に侵入する際に旋回しているためだと考えられる。また、マハツェンダー法では左右の流出箇所の移行しか見えなかったが、数値解析により旋回による移行であることが分かった。

### 5. 結 論

異種気体の対向置換流における干渉のメカニズムを解明するため、粒子法解析コードを用いて、流路内での挙動および流速分布を求めた。流路において主流方向を軸とする縦渦の発生を示した。またこの縦渦の流速が極め早いことが分かった。この縦渦によって上昇流と下降流が混合することが分かった。

#### 参考文献

(1) Fumizawa, M., et. al., Nuclear Technology, Vol. 109 (1995), pp. 123-131

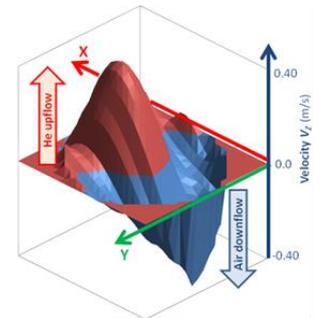


図.1 流路XY断面の流速分布

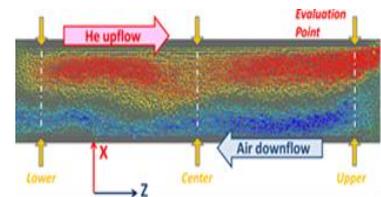


図.2 XZ断面の流速分布

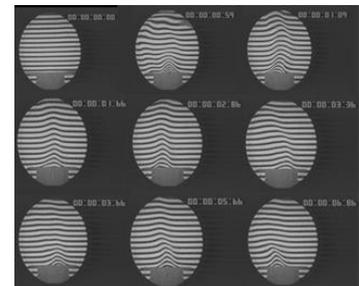


図.3 マハツェンダー法での可視化

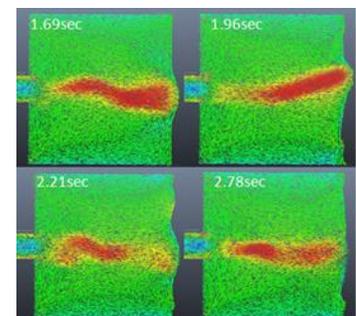


図.4 XZ断面における流れの時間変化

## ドライガスシールの漏れ量測定を目的とした実験装置の製作

\*宮川 潤平(東海大学工学部機械工学科), 二宮 慎(同左),  
 \*\*砂見 雄太 助教(東海大学工学部機械工学科), 落合 成行 准教授(同左), 橋本 巨 教授(同左)

### 1. 緒言

ドライガスシールは、非接触で気体の漏れを防ぐ機械要素である。その構造は回転面または固定面のいずれかに微細な溝を設け、相対運動に伴うポンピング作用により動圧を発生させ、軸両端で一定の差圧を維持できるものとなっている。そのため一般に広く用いられているラビリンスシールと比較して、シール隙間を小さく設定できることから、ガス漏れ量が大幅に低減できる。また、非接触であることから低摩擦で、消費動力の削減が可能である<sup>1)</sup>。以上のようにドライガスシールは様々な利点を有しており、ターボ機械分野で現在注目されている。更なる信頼性の向上のためには、溝形状の最適化<sup>2)</sup>などによりそのシール特性を高めた設計を行い、さらにその特性を実験的に検証する必要がある。そこで、本研究ではドライガスシールの漏れ量を測定するための実験装置を製作し、その測定を行った。

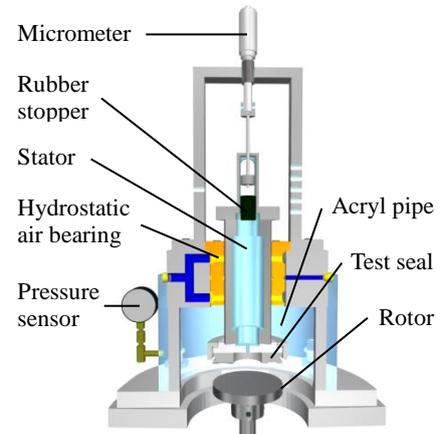


Fig.1 Over view of test rig

### 2. 実験装置および方法

図1, 2に本実験に用いる実験装置と、試験シールを示す。主要素である試験シールは、アタッチメントを介してステータと連結しており、マイクロメータにより吊るす形で設置されている。また、ステータ内部と試験シール周辺に圧力差を設けるために、試験シール周辺をアクリルパイプで覆い、コンプレッサから空気を流入することでアクリルパイプの内部圧力を高めている。なお、漏れ量を測定するための流量計はステータ上部にゴム栓を介して設置されている。

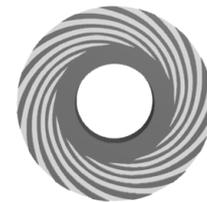


Fig.2 Test seal

実験方法は、マイクロメータで試験シールを降ろし、試験シールとロータ間の膜厚さを任意に設定する。次に、アクリルパイプ内部を加圧し、ステータ内部へと流れ込んだ空気を漏れ量として測定した。なお、計測範囲は内部圧力を0~100[kPa]とし、空気膜厚さは0~10[μm]とした。

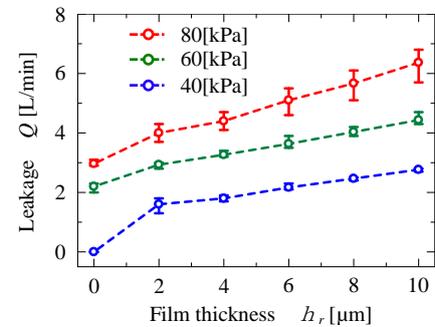


Fig.3 Leakage vs. film thickness

### 3. 実験結果

図3に空気膜厚さに対する漏れ量の測定結果を示す。同図から空気膜厚さの増加に伴い漏れ量が増加していることが確認できる。また、内部圧力60[kPa]以上、空気膜厚さ0[μm]において、空気の漏れが発生していることがわかる。これは試験シールとロータ間のミスアライメントの影響と考える。

図4に内部圧力に対する漏れ量の測定結果を示す。同図から内部圧力の増加に伴い漏れ量が増加していることが確認できる。さらに、内部圧力20[kPa], 空気膜厚さ2[μm]において、空気の漏れが発生していないことがわかる。ここでは、ガスシール効果が最も顕著に表れている。以上のことから、製作した実験装置で漏れ量の測定が可能であることを確認した。

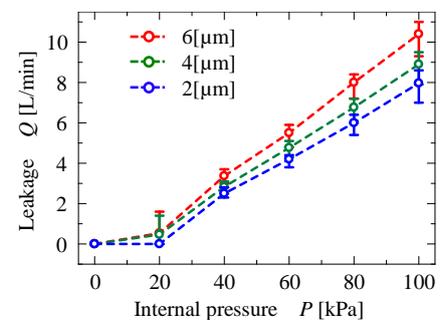


Fig.4 Leakage vs. internal pressure

### 参考文献

- 1) 田島一二三, 佐野光男, 設計工学, Vol. 44, No. 3(2009-3), PP. 132-136
- 2) H. Hashimoto et al., Transactions of ASME, Journal of Tribology, Vol. 130, No. 3 (2008), pp.1-11.

## 磁性粒子を用いた細胞の成長制御

\*新川大志（東海大学） \*\*梅津信二郎（東海大学・理研） 大森 整（理化学研究所）

### 1. 概要

現在,細胞の培養は平面上のディッシュ内での培養となっている.通常,血清入りメディウムを満たしたディッシュに播種した細胞は,まず沈降し,ディッシュ表面の ECM<sup>[1]</sup> (細胞外マトリックス) に付着してから成長する.従って,細胞がディッシュ表面に付着させないことが可能になると考えた.具体的には,ディッシュ内に磁性粒子を設置し,これをディッシュ下面から永久磁石を移動させてディッシュ内にマイクロな流れを起し,細胞をディッシュに付着させない,というものになります.これらの技術を用いることで細胞の成長制御をしたのでこれを報告する

### 2. 磁性粒子を用いた細胞の成長

本研究では,図1に示す磁性粒子制御デバイスを使用し,マイクロな流れによる細胞への影響を確認する.磁性粒子制御デバイスを使用し,円管内で制御出来ることが確認できたので細胞を使用した実験に移行する.細胞を培養する際にディッシュ内に磁性粒子を設置し,ディッシュの下面から磁力によって磁性粒子の制御を行う.今回使用する細胞は TST-4 を使用します.磁性粒子をいれた状態で培養して1日目を図2に示します.白いラインが磁性粒子の通った軌跡となります.磁性粒子が通らない内側と外側では細胞がしっかり成長していることがわかります.しかし,磁性粒子が通った軌跡上には細胞が存在していないことが確認できます.これは,ディッシュの下面を磁性粒子がディッシュの底を削っているのではと考えます.これを用いれば,細胞を任意の箇所にも培養でき,細胞のいない空間も任意に作り出すことができます.

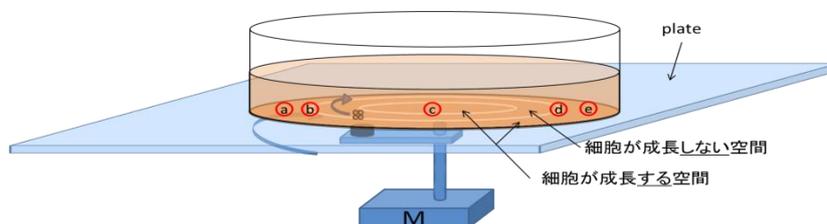


図1.磁性粒子制御デバイス

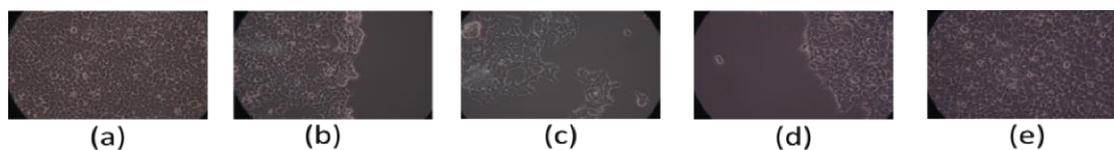


図3.細胞の存在箇所

### 3.今後の展望

磁性粒子を使用する際,磁力をある程度持たせないといけないので磁性粒子の量を選定する必要がある.そのため細胞の存在しない軌跡の幅を狭くすることが難しいという課題がある,また,磁性粒子が動くことにより培養液内では流れが起こる.この流れを利用して栄養分の搬送という事を目指し研究を継続する.

### 4.参考文献

[1] Y. Kang, et al, Biomaterials 32 (2011) 6119-6130

## トンボの翅表面における突起構造を模倣した人工翅作製とその特性評価

\* 田辺尚之 (東海大学工学部機械工学科), 高岡暁人 (同左), 田中芳昌 (東海大学工学研究科機械工学専攻),  
 \*\* 梅津信二郎 (東海大学工学部機械工学科), 橋本巨 (同左), 片平和俊 (理化学研究所)

## 1. 緒言

近年, 災害時(図 1)等で救助・偵察を目的とした MAV (Micro Air Vehicle) (翼幅 15cm 以下の微小飛行体) の開発が盛んに行われている。既存の航空機を小型化しただけでは寸法効果の影響を受け, 安定した飛行を行う事が出来ない。そこで, 生物の優れた特性を応用するバイオミメティクスを適用した。ここでは, 高いエネルギー効率を有し, 急加速・急旋回・ホバリング・高いロバスト性といった高度な飛行特性を有するトンボに注目した。トンボの翅上面, 下面には図 2 に示すような高さ 10~100 $\mu\text{m}$  程度の突起物が 2000~3000 本存在しており, トンボの高度な飛行に寄与していると考えられている。そこで, 本研究では, レーザー加工によって金型を作製し, 形状記憶シートで 2000 本の突起翅を有する人工翅を作製した。そして, 風洞実験によって突起がトンボの飛行にどのような効果を与えているかを調査した。

## 2. 突起翅の作製

金型にレプリカシートと呼ばれる形状記憶シートを貼り付ける事によって微細突起を有する人工翅の作製を行った。まず, 10 $\times$ 40mm の長方形に加工したシリコンウエハにレーザー加工によって直径 30  $\mu\text{m}$ , 深さ 100  $\mu\text{m}$  の穴を 2000 個空け, そこにアセトンに浸したレプリカシートを貼り付け, 乾燥後剥がすことで高さ 100  $\mu\text{m}$  の微細突起を 2000 本有する人工翅を作製した。

## 3. 定常流状態での可視化実験

作製した突起翅を用いて定常流での可視化実験を行った。可視化の手法としてスモークワイヤー法を用いた。突起翅を取り付けスモークが当たるように風洞内に設置し, レーザーシートを当て, その部分を高速度カメラにより撮影を行い観察した。平板翅においても同様に実験を行い比較した。本実験では, 風洞内の流速を 1.57m/s, 突起がある面を上にしたときを +90° とし -90° まで 10° ずつ加工を変えて実験を行った。結果を図 3 に示す。突起翅は平板翅と比べると, 剥離領域が小さく, 渦が多く発生している事が確認された。

## 4. 結言

トンボの翅表面に存在する突起の空力特性を把握するため, 高さ 100  $\mu\text{m}$  の突起を翅表面に 2000 本作製し, これを用いて可視化実験を行った。突起には剥離領域を狭め, 渦を大量に発生させる効果がある事が分かった。

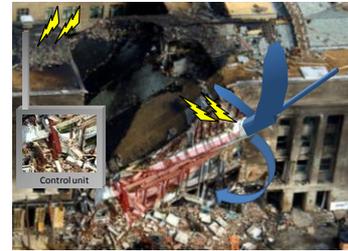


図 1. 災害現場

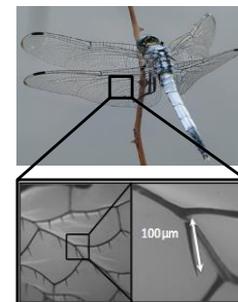
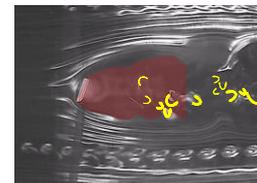
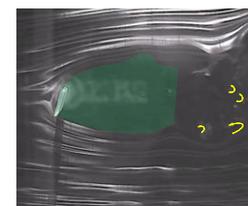


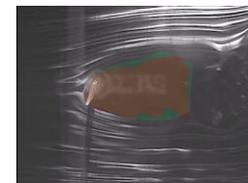
図 2. トンボ翅表面の突起



(a)突起翅



(b)平板翅



(c)突起と平板の剥離領域

図 3. 可視化結果

## C/C-HfC-SiC 複合材料の組織形成メカニズム

\* 和田寿也(東海大学工学部機械工学科)、矢野友規(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、  
青木卓哉(JAXA)、小笠原俊夫(JAXA)、\*\* 梅津信二郎(東海大学工学部)、大森整(理化学研究所)

## 【緒論】

現在、開発中の極超音速機や再使用型宇宙往還機など、将来の航空宇宙システムでは既存の耐熱材料(SiC 被覆 C/C, Si 含浸 C/C 等)が使用不可な 1600°C 以上での使用も想定されており、新しい超耐熱材料の開発が活発化している。我々は高耐熱で酸化膜(HfO<sub>2</sub>)を形成する炭化ハフニウム(HfC)に着目し、この HfC を主成分とする HfC-SiC セラミックスを C/C 表面・内部に形成するプロセス技術として二ケイ化ハフニウム(HfSi<sub>2</sub>)の熔融含浸法(MI:Melt Infiltration)<sup>1)</sup>を検討してきた。その結果、C/C 表面・内部に HfC-SiC セラミックスの形成を確認した。HfC と SiC の体積割合は我々が考えた式(1)の反応が起こった場合 4:6 であるが、実際は 7:3 となっており、組織形成メカニズムは説明出来ていない。本研究では熔融 HfSi<sub>2</sub> と炭素の反応メカニズムを明らかにし、C/C-HfC-SiC 複合材料のプロセス技術の確立を目指す。

【熔融 HfSi<sub>2</sub> と炭素間の反応メカニズム】

緻密な等方性黒鉛(25mm×25mm×5mm)を用いて熔融 HfSi<sub>2</sub> と炭素間の基本的な反応を検討した。図 2 は黒鉛上に HfSi<sub>2</sub> 粉末 1g を載せ、HfSi<sub>2</sub> の融点(1543°C)付近である 1550°C から 2000°C の範囲で最高到達温度を変化させ MI を行った物の断面図である。図示の通り 1550°C では HfC と SiC が確認できるが、1600°C 以降 SiC は確認できない。この事から初期に HfSi<sub>2</sub> と炭素の反応で HfC と SiC が生成され、更に高温になると式(2)の様に HfSi<sub>2</sub> と SiC が反応し HfC 化する事が明らかとなった。この二次反応により HfC の体積割合が上昇すると考えられる。また反応層の厚さは 1550°C で約 20 μm 形成した後、変化していない事から形成できる HfC 層は約 20 μm 程度であるという事が明らかとなった。



## 【プロセス技術の最適化項目の考察】

図 3 に気孔径と層間が異なる C/C 材に HfSi<sub>2</sub> 粉末 3g を載せ 2000°C で MI 処理を行った物の断面図を示す。気孔径、層間は図示の通りである。気孔径、層間の大きい方が HfC 量が多い事が解る。何故このようになるのかを熔融 HfSi<sub>2</sub> と炭素間の反応を基に考察したメカニズムを図 4 に示す。気孔径、層間が小さい場合、反応初期の HfC(黄色)と SiC(灰色)の反応層 20 μm によって気孔、層間がうまり、HfSi<sub>2</sub> の供給がストップするため二次反応が起きない。しかし、気孔径、層間が大きい場合は HfSi<sub>2</sub> 供給経路がまだ存在しているため二次反応が起こり、HfC が多量に形成される。これらの事から C/C 内に高耐熱の HfC をより多量に形成するためには MI 処理を行うプリフォーム材(C/C 材)の最適化が必要であると考えられる事ができる。

## 【結論および今後の予定】

熔融 HfSi<sub>2</sub> と炭素との基本的な反応を検討した結果、SiC が HfC 化する二次反応によって HfC が多量に形成される事、形成できる HfC 層厚は 20 μm 程度である事が明らかとなった。これらの事から HfSi<sub>2</sub> の熔融含浸法で C/C 内に高耐熱の HfC を多量に形成するためには MI 処理を行うプリフォーム材(C/C 材)の最適化が必要であると考えられた。今後は C/C 材の気孔径、層間、炭素含有率を制御した物を自作し、MI を行い C/C 材の最適な条件を求めてゆく。

## 【参考文献】

1) Yicong Ye et al, HfC-based coating prepared by reactive melt infiltration on C/C composite substrate, Ceramics International 39 (2013) 5477-5483

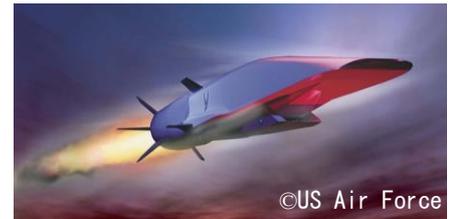


図 1 極超音速機

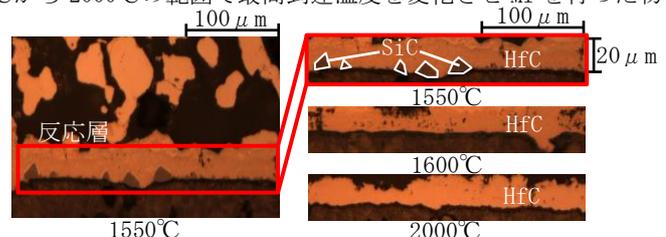
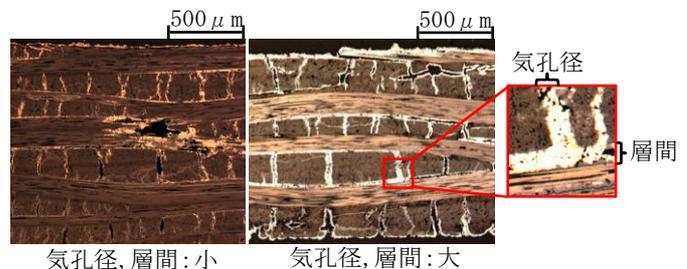
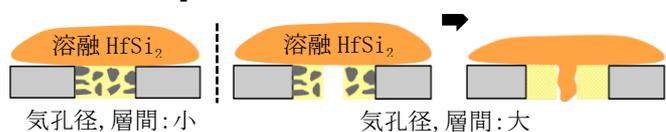
図 2 HfSi<sub>2</sub>-MI 後黒鉛試験片断面図図 3 HfSi<sub>2</sub>(3g)-MI(2000°C)後 C/C 材断面図

図 4 C/C 材の気孔径、層間による形成組織への影響

## エレクトロスピンングを用いた細胞の成長方向を制御する機能性足場の作製

荒木良介（東海大学・理研） 梅津信二郎（東海大学・理研） 大森 整（理化学研究所）

### 1. 概要

近年、ナノファイバーの製造方法のひとつであるエレクトロスピンング法によるナノオーダーの繊維状高分子が再生医療分野で利用されることが活発に検討されている<sup>[1]</sup>。ナノファイバーによる構造体を細胞の足場となるスキャホールドとして使用した際の、配向性を有した細胞接着は数多く報告されている<sup>[3]</sup>。また、動脈など流れの大きい部位の血管内皮細胞は、血液の流れの方向に沿って成長することが知られている。そこで我々はナノファイバーの方向を揃えることで細胞の成長方向を制御する機能性スキャホールドを作製することを目的としている。機能性スキャホールドには高分子材料であるポリビニルアルコール(PVA)とコラーゲンの混合材料を使用する。これらを達成するために、エレクトロスピンング法を用いてポリビニルアルコールを繊維状に吐出し、一定方向に紡ぐことで繊維方向が揃うことを確認した。そして、同様の方法でコラーゲンの繊維方向を揃え、細胞が繊維方向に沿って成長することを確認した。これらの技術を用いることで細胞の成長方向を制御したのでこれを報告する。

### 2. 機能性足場の作製

図1のエレクトロスピンング法による紡糸装置を用いて、マイクロオーダーのPVA繊維を一定方向に紡糸した。その結果を図2に示す。図2より、紡糸装置の回転数が高くなるにつれて繊維方向がより一定に揃えることに成功した。また、細胞の足場となるコラーゲンを同様の方法で紡ぎ、その上で血管内皮細胞であるHH細胞の成長を確認した。その結果を図3に示す。図3より、細胞がコラーゲンを紡糸した方向に成長していることが確認できる。これらのことから、細胞の足場であるスキャホールドを繊維状に吐出することで細胞の成長方向を制御することに成功した。

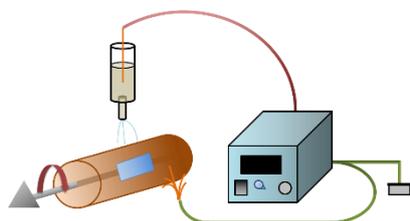
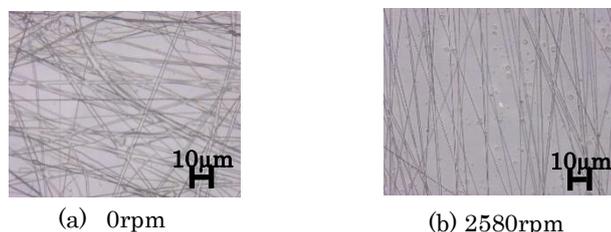
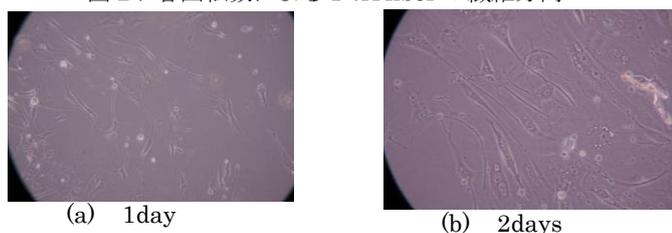


図1 実験装置図

(1:ノズル, 2:OHP フィルム, 3:ゼラチン水溶液入りシリンジ, 4:xyz リニアステージ, 5:塩化カルシウム水溶液入りシャーレ, 6:高電圧電源)



(a) 0rpm (b) 2580rpm  
図2. 各回転数による PVA fiber の繊維方向



(a) 1day (b) 2days  
図3. コラーゲン上の細胞の成長

### 3.今後の展望

エレクトロスピンング法で作製した PVA はナノオーダーの繊維形態を保持するため、コラーゲンと複合材料にすることで、細胞の成長方向を制御することが可能である PVA-コラーゲンの機能性足場の作製を目的として考えている。

### 4.参考文献

- [1] Seema Agarwala, Andreas Greinera, Joachim H. Wendorffb, Functional materials by electrospinning of polymers, Progress in Polymer Science,38, Issue 6, (2013), pp. 963–991

## 組織を変化させたタングステンに対する水素およびヘリウムプラズマ照射の影響

\* 伊藤隆 \* 小野田上彦 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程) \* 田中優 \* 米良紗穂里 (東海大学大学院理学研究科物理学専攻)

\*\* 小栗和也 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程) \*\* 利根川昭 (東海大学理学部物理学科)

[はじめに]

現在、新たなエネルギーとして核融合が注目されている。この核融合を利用した発電の実現に向けて様々な研究が進められている。核融合発電のメリットとして「二酸化炭素を排出しない」、「高レベル放射性廃棄物を出さない」、「資源が豊富」などが挙げられる。しかし多くの解決すべき問題も抱えている。その1つとして、核融合反応の際に炉内に発生したヘリウムや中性子などの核融合反応を阻害する不純物の除去が挙げられる。これらの不純物を核融合炉の外に取り除くための装置がダイバータである。このダイバータは、高温高密度のプラズマにさらされるため、高い熱負荷に耐えられる物質で製作する必要がある。現在、建設が進んでいる国際熱核融合実験炉では金属の中で最も融点の高いタングステンの使用が計画されている。しかしタングステンに高温高密度のヘリウムプラズマを照射すると表面粗さの増加やバブルの形成がみられる[1]。ところで実際の核融合ではヘリウムプラズマだけでなく、燃料である水素同位体プラズマも発生しダイバータに衝突する。ヘリウムプラズマの実験と同様に、水素同位体プラズマをタングステンに照射した実験では、タングステン表面でのプリスター形成が報告されている[2]。またプラズマ照射に伴う温度上昇により、タングステンの組織変化も考慮する必要がある。すなわち、結晶粒径などの組織の違いがプラズマ照射による表面粗さやバブルの形成に対して影響を与えることが予測される。これらプラズマ照射による表面状態の変化は、ダイバータ自体の放射化や装置寿命に影響する可能性がある[3]。そこで本研究では、水素およびヘリウムプラズマを組織の異なるタングステンに照射し、照射後の表面状態および組織への影響について検討した。

[実験方法]

試料にはニラコ社製のタングステン板を使用した。結晶粒の大きさを変化させるため、1500℃で熱処理を行い結晶を成長させ、異なる組織の試験片を作製した。その後試験片に水素プラズマおよびヘリウムプラズマを照射し、照射前後の表面状態および組織観察を行った。なお表面観察には光学顕微鏡、走査電子顕微鏡、走査プローブ顕微鏡を用いた。

[実験結果]

図1は水素、ヘリウムプラズマそれぞれの照射後の試料の光学写真を示す。照射後の表面を目視および光学顕微鏡で観察した結果、水素プラズマ照射の場合表面に堆積物は確認されなかった。一方、ヘリウムプラズマ照射では黒い堆積物が確認された。なお、走査電子顕微鏡、走査プローブ顕微鏡などを用いた表面の詳しい観察についてはポスターにて報告する。

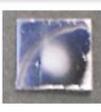
	水素	ヘリウム
照射条件	50A 1.0×10 <sup>4</sup> 秒	
未処理		
熱処理あり		

図1 プラズマ照射後の試料

[参考文献]

[1]大野哲靖、朝倉伸幸 J. Plasma Fusion Res. Vol.87, No.3 (2011) 153-159

[2]M. Y. Ye, H. Kanehara, S. Fukuta, N. Ohno, S. Takamura, J. Nucl. Mater. 313-316 (2003) 72-76.

[3]鈴木哲 日本原子力学会核融合工学部会部会報 11号 P.15

## 身近なエネルギー変換を理解するための振動発電を使った教材開発 [ II ]

\*八並愛佳、川内つぐみ、山田亜紀（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）

[はじめに]

現在、福島第2原発事故に伴う放射能汚染や化石燃料の大量消費などのエネルギー問題が、自然環境に大きな影響を与えている。この様な21世紀のエネルギー問題の解決策として、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの利用に注目が集まっている。一方、次世代を担う生徒達に対しての資源・環境・エネルギーに関する学習の重要性が増してきている。特に再生可能エネルギーを子供たちに理解させ、21世紀のエネルギーの有効利用について考える力をつけることが緊急の課題である。この課題に対する対策の1つとして、身近に体験でき、新しいエネルギー変換技術を学ぶための教材開発が挙げられる。多種多様な新しいエネルギー変換技術の中で、振動発電は人が歩いて振動を起こすことで発電する発電技術である[1]。この振動発電は、さまざまな新しい技術を今後取り込みながら発展する可能性を秘めている。このような観点から振動発電装置は、力学的エネルギーや電気エネルギーに関する内容を含む体験型の教材となる可能性が高い。そこで、本研究では身近な物理現象とエネルギー変換を関連付けた振動発電をテーマに教材の開発を行った。

[実験方法]

図1に、使用した実験装置の概略図を示す。振動発電の教材は超磁歪材料を用いた振動スピーカーと、スピーカーに用いられていた圧電素子(2枚)を使った発電装置を2種類作製した。実験ではまず始めに、一定の高さより鋼球を落下させ、このとき得られた電流と電圧をテスターおよびオシロスコープで測定した。得られたピーク値より抵抗(R)を算出した。また、オシロスコープに記録された電圧波形を基に発生した電気エネルギー( $E_{elec}$ )を

$$E_{elec} = \frac{1}{R} \int_0^t v^2 dt \quad \dots \textcircled{1}$$

より算出した。さらに、初期の鋼球の高さおよび跳ね返った鋼球の高さから、鋼球の仕事(W)を算出した。

これらの結果を基に変換効率( $\Pi$ )を

$$\Pi = \frac{E_{elec}}{W} \times 100 \quad (\%) \quad \dots \textcircled{2}$$

より求める。

[実験結果]

図2は、超磁歪材料を用いた装置に鋼球を落下させたときの電圧波形と、跳ね返った時の鋼球の最高点での静止画を示す。これらの結果より、変換効率を算出できることを確認した。なお、得られた発電効率などの詳細については当日報告する。



図2 超磁歪装置による電圧波形と動画撮影の一部

[参考文献]

[1] 藤井 ふえらむ Vol.15 Nov.3 Page.115-116(2010)

## レーザーポインタを用いた簡易結晶方位決定装置の開発

\*榑田拓也 福井隆一郎 森田格 (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)

[はじめに]

半導体単結晶や金属単結晶の結晶方位の決定はX線回折が中心となっている。X線回折で結晶方位を評価するためには高価な装置が必要となる。さらに、X線回折は放射線を使うため、放射線に対する知識や安全対策など様々な制約がある。このため、大人数での講義、実験には適していない。一方、放射線を使用しない簡便な結晶方位を決定する方法に光像法がある。光像法は適切に腐食した結晶の表面に細い平行光を投射し、得られた反射光をスクリーンに投影して、得られた光像のパターンから結晶方位を決定する方法である。また、この方法はX線回折により結晶方位を求める方法と同等の精度を持つことが明らかにされている [1]。ところで従来、光像法は白色光をスリットおよびレンズの組み合わせによって集光し、細いほぼ平行な光で計測を行ってきた。しかし、安価な気体ガスレーザーの普及により装置の構造は簡便になった [2]。近年、半導体レーザー (レーザーポインタ) の普及でさらにレーザー光線源が安価でかつ入手しやすくなっている。そのため、装置の作製から測定・評価までを学生実験レベルで可能である。そこで、レーザーポインタを用いた簡易光像法装置の作製について検討を行った。

[実験方法]

試料にはGe単結晶を用いた。光源には市販のレーザーポインタ (サンワサプライ社製 LP-ST300BK 波長 650nm) を用いた。また、ビーム径を小さくするためのピンホールには、透過電子顕微鏡用単光メッシュ ( $\phi 1.0\text{mm}$ ) を用いた。さらに、スクリーンにはトレッシングペーパーの丸型グラフ用紙を用いた。図1に実験で使用した装置の概略図を示す。光像の観察はGeにレーザー光を投射し、反射した光をスクリーンに投影して行った。

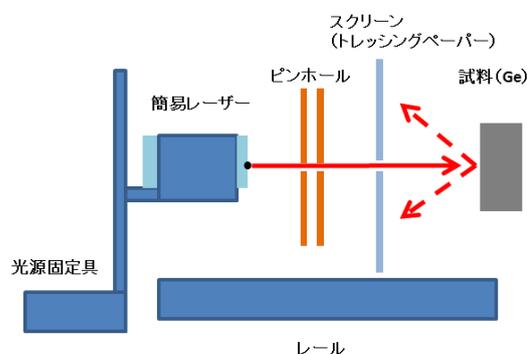


図1 装置図

[実験結果]

図2にGe単結晶(1 1 1)から得られる光像と結晶軸の関係を示す[3]。また、図3に今回の実験で自作した装置で得られたGe単結晶(1 1 1)の光像を示す。この結果から従来の方法で得ることのできる光像と同じ光像を得ることができた。

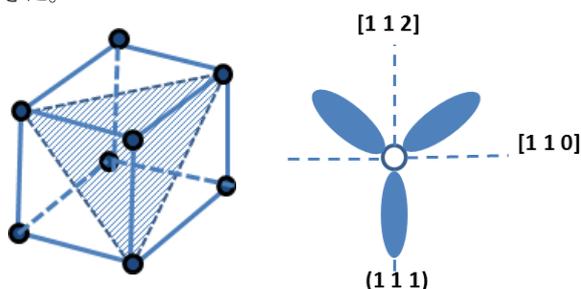


図2 Ge単結晶(1 1 1)の光像と結晶軸の関係 [3]

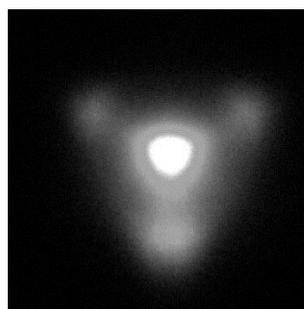


図3 自作した装置で得られたGe単結晶(1 1 1)の光像

[参考文献]

- [1]山本・渡辺 応用物理 24, 122 (1955)  
 [2]長谷川繁彦 大阪大学低温センターだより 70, 15  
 [3]浜口智尋 固体物理 13, 548 (1978)

## グラスハープを使った教材開発～振動解析～

\* 藤居奈々、大沼梨、小野田上彦、小泉周平（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）

<はじめに>

グラスハープは、小学生でも簡単に鳴らすことが出来る楽器の1つである。また、指をガラスの縁に押し付けて滑らせて音を鳴らすことから、振動・波動の分野の教材として利用できる可能性がある。しかしながら、グラスハープの明確な振動・共振メカニズムについての詳細な報告はなされていないのが現状である。このようなグラスハープを教材として利用する場合、振動メカニズムの解明・理解は教育上必要不可欠となる。これまでの実験では、ワイングラスではなくストレートグラスを使用しても周波数に変わりがないことが分かっている。しかし、グラスハープを使った教材開発を行うためには更なる解析が必要である。そこで本研究では、グラスハープを教材として利用するために、ガラスの振動を左右させる可能性をもつ空間体積に注目し、グラスハープの振動メカニズムについて知見を得ることを目的とした。

<実験方法>

今回の実験では、形状の影響を少なくするため、ワイングラスではなくストレートグラスを使用した。はじめに、グラスに入れる液体の密度が振動数に影響しないことを確認するため、水と水銀を使った比較を行なった。1つのグラスに、水または水銀を入れ指先で擦り振動させた。得られた音の周波数を解析し、密度の影響について検討を行った。その後、空間体積と振動の関係を知る為に図1に示した3つのグラスを使用して振動の比較を行った。3つのグラスの空間体積を同じ量にし、振動により得られたそれぞれの音の解析を行った。なお、実験で使用した各グラスの直径と厚さは表1に示した通りである。

表1 各グラスの直径と厚さ

	直径(cm)	厚さ(mm)
①	5.5	1.38
②	6.0	1.49
③	6.5	1.64



図1 実験で使用したグラス(左から①、②、③)

<実験結果>

図2および図3は同一グラスに水または水銀を30ml入れて振動させたときに、得られて音のフーリエ変換の結果を示している。この結果より、主な音のピークの周波数は水と水銀で同じになった。このことから、グラスに入れた液体の密度は音の振動数に影響しないことを確認した。なお、空間体積と振動の関係についてはポスターにて発表する。

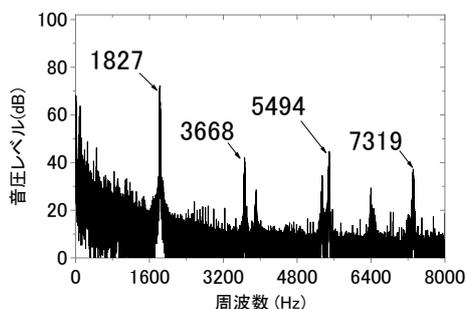


図2 水の場合の周波数特性

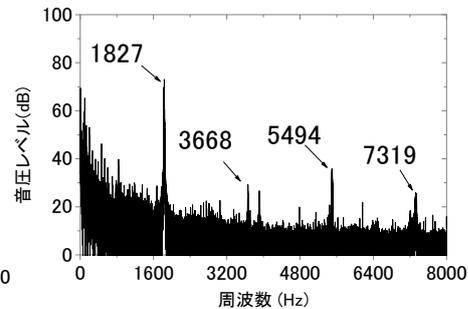


図3 水銀の場合の周波数特性

## 住環境アレルゲン *Der f1* 連続計測のための光ファイバ式蛍光免疫計測法に関する研究

\*三木 大輔、宮島 久美子、（東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科）、

荒川 貴博、\*\*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】

近年、気管支喘息やアトピー性皮膚炎などのアレルギー性疾患の有病率が増加傾向にあり、世界的な社会問題となっている。現在、アレルゲンの測定法として ELISA 法などの免疫学的計測法が広く用いられているが、連続的な計測が行えないことから、アレルゲンの濃度分布の変動を評価することは容易でない。特に、住環境にて疾患を引き起こす主なアレルゲンとしてダニ由来の *Der f1* が挙げられ、その住居内での分布評価が求められている。そこで本研究では、高感度かつ迅速な免疫測定が可能な光ファイバ式蛍光免疫計測システムを開発し、アレルゲン *Der f1* の計測に応用した。またアレルゲンの連続計測を目指し、サンプルフローを用いてシステムの高速度を図った。

### 【実験方法】

図 1 に蛍光免疫計測システムの構成と検出原理の模式図を示す。実験では、まず光ファイバの側面に捕捉抗体を固定化し、蛍光標識抗体を用いてサンドイッチ法により *Der f1* を捕捉・標識した。この光ファイバにレーザーダイオードにより照射された励起光を導入し、エバネッセント波により標識抗体の蛍光色素を励起させる。その際に生じた蛍光を同一の光ファイバで集光しフォトダイオードにて検出することで、*Der f1* の測定を行った。実験ではまず、*Der f1* の測定条件の最適化を行い、その後、本システムを用いて *Der f1* の定量特性を調べた。また本計測法の半連続化と高速度を図るため、プローブ用フローセルを設け、光ファイバを固定した状態でのサンプル溶液と反応試薬の送液、プローブの洗浄、そして蛍光計測のステップを、プローブの移動なしで行うことができるように改良した。

### 【結果及び考察】

開発した光ファイバ式蛍光免疫計測により *Der f1* 計測を行ったところ、二次抗原抗体反応後に *Der f1* 濃度に応じた蛍光出力が得られた。蛍光出力値の差分から定量特性を求めたところ、0.98~250 ng/ml の範囲で *Der f1* の定量可能であった。測定に要する時間は 1 検体あたり約 16 分で、ELISA 法(約 150 分)に比して約 1/10 で、迅速な測定が可能であった。またフローセルを導入したシステムにおいても、蛍光増加速度と *Der f1* 濃度の間に相関が観察され、バッチ計測と同等の定量特性が得られた。なおフローセルによりプローブを移動せず *Der f1* 計測が可能になったため、測定に要する時間は 1 検体あたり約 6 分と、バッチ計測法に比べて半分以下に短縮された。

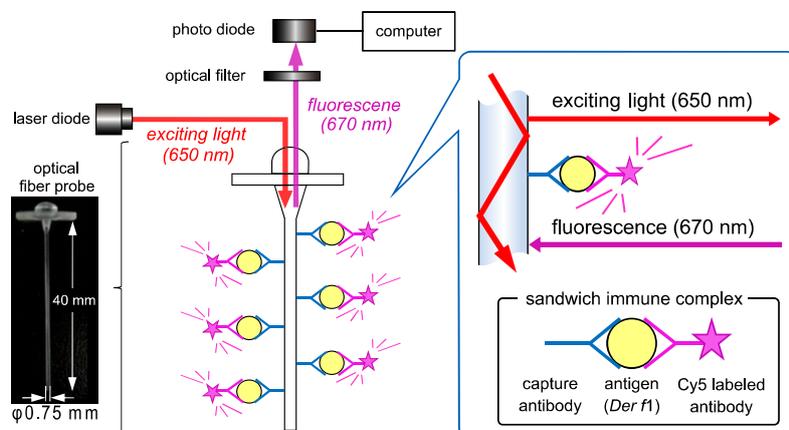


図 1. 光ファイバ式蛍光免疫計測の構成および検出原理の模式図

## アルコール代謝評価のための呼気中アルコール可視化計測するシステムに関する研究

\* 佐藤 敏征、王 昕（東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科）、  
宮島 久美子、荒川 貴博、\*\* 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ガスには代謝や疾患に基づき放出される揮発性物質が含まれ、これら成分を測定・分析することは非侵襲的な代謝機能評価や疾病スクリーニングに役立つものと期待される。さらに、呼気ガス中の揮発性生体成分の空間分布や経時変化を可視化することができれば、評価者や被験者が視認できることから簡便かつ迅速な評価が可能になるものと考えられる。本研究では、対象成分としてエタノールガスを選択し、生体触媒を用いてルミノール化学発光へ誘導することで光学情報に変換し、高感度カメラを用いて撮影すると共に、その時間的・空間的な変化を動画像として捉える「可視化システム」の構築を行った。また本システムの呼気計測応用において、呼気流量制御装置を導入し、呼気の直接負荷による飲酒後呼気の可視化計測を行った。

### 【実験方法】

本システムでは、2種の生体触媒を用いてエタノールガスをルミノール発光に誘導し、高感度カメラにて発光現象を撮影し可視化する。アルコール酸化酵素(alcohol oxidase, AOD) はエタノールを酸化し、過酸化水素を生成する。次に過酸化水素はルミノール存在下で、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、青色の発光を生じる。実験では、2種の酵素を固定化した酵素メッシュをルミノール溶液で湿潤させ暗箱内に設置し、標準エタノールガスを負荷し、酵素メッシュ上で生じる化学発光を高感度カメラにて撮影し、エタノールガスの可視化計測を行った。なお酵素メッシュは、紫外線架橋性樹脂(PVA-SbQ)を用いてAODとHRPをメッシュ材に固定化し作製した。また、呼気流量制御装置を導入した可視化システム(図1)を構築し、飲酒後の呼気に含まれるエタノールガスを可視化した。

### 【結果および考察】

構築したシステムに標準エタノールガスを10秒間負荷した結果、負荷点を中心とし、ガス濃度に応じた発光分布の画像が観察された(図2)。発光強度はガスの負荷に伴い増加し、ピーク強度に達した後に消光することが確認され、エタノールガスによる発光を二次元的に可視化(濃度分布及び経時変化)することが可能であった。また、画像解析ソフトを用いて発光強度を算出したところ、エタノールガス濃度と発光強度に相関性が確認され、酒気帯び運転の判断値である78ppmを含む、50~200ppmの範囲でエタノールガスの定量が可能であった。さらに、呼気流量制御装置を導入した系に飲酒後の呼気ガスを直接負荷したところ、飲酒後の呼気中エタノールガスにおいても二次元の可視化動画像が得られ、呼気の直接負荷による飲酒後のアルコール代謝機能評価への応用の可能性が示された。

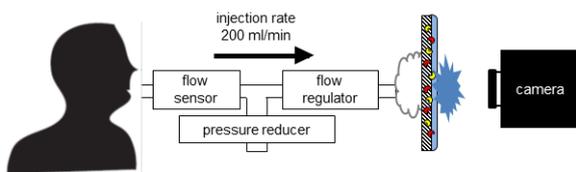


図1. 呼気を直接負荷可能な可視化計測システム

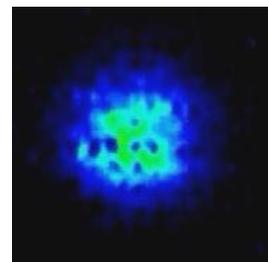


図2. エタノールの発光画像（標準ガス：200ppm）

## ホルムアルデヒド用生化学式ガスセンサの開発と光触媒の浄化能評価への応用研究

\*森 英久、山下 俊文、叶 明（東京医科歯科大学大学院 歯学総合研究科）、  
宮島 久美子、荒川 貴博、\*\*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】

ホルムアルデヒド (FA) ガスはシックハウス症候群の原因物質として知られており、生体への影響が懸念されている。そこで世界保健機構 (WHO) は FA ガスの室内濃度指針値を 80 ppb と定めているものの、実際にはそれ以下の濃度である 50 ppb でも、長期的な暴露において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。つまり生体への安全が確保できる濃度は、より低い濃度領域 (20 ppb 以下) と考えられるが、既存の計測技術ではその濃度レベルを高感度にモニタリングすることは容易でない。本研究では、ホルムアルデヒドを特異的に触媒する酵素：formaldehyde dehydrogenase (FALDH) を用いて、FA ガスを高感度かつ連続的に蛍光検出する光ファイバ型ガスセンサを開発した。またセンサの特性を生かし、二酸化チタン光触媒の FA ガス浄化能の評価に適用した。

## 【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 FALDH の触媒反応により生成される還元型 nicotinamide adenine dinucleotide (NADH) (励起波長: 340 nm、蛍光波長: 491 nm) を蛍光検出することで、FA ガスの濃度を定量することとした。



を定量することとした。

気相系でのバイオ計測のため、光ファイバプローブ先端に取り付けたフローセルには反応生成物の除去や酵素失活の防止のためにリン酸緩衝液の循環機構を組み込み、その先端に FALDH 固定化膜を取り付け、FA ガス用バイオセンサとした。励起光源には UV-LED ( $\lambda = 335 \text{ nm}$ ) を使用し、検出系に光電子倍增管 (PMT) を用い、蛍光計測を行った。計測では、各濃度の標準ホルムアルデヒドガスをセンサ感応部に負荷し、センサの特性を評価した。次に、二酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) を塗布した光触媒ガラスを用いて浄化セルを作製し、FA ガス濃度変化を調べ、触媒浄化能を調査した。

## 【結果及び考察】

開発した FA ガスセンサに FA 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の増加が確認され、WHO の指針値である 80 ppb を含む、0.75~15000 ppb の範囲で FA ガスの定量が可能であった。人の嗅覚における FA ガスの検出限界は約 410 ppb と報告されているが、他のガス種 (アセトアルデヒド、アセトン、ベンゼン等) に関する応答を調べたところ出力は観察されず、酵素の基質特異性に基づく高い選択性が確認された。

また、本センサを用いた  $\text{TiO}_2$  による FA の光触媒浄化実験では、光触媒セルによる FA ガス濃度の低下が観察され、本センサを用いることで光触媒による FA 浄化能の簡便評価の可能性が示唆された。

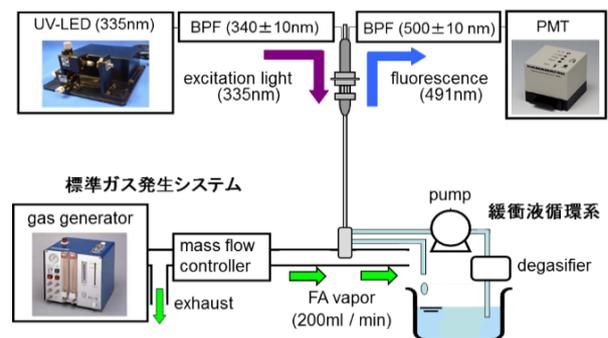


図 1. FA 用生化学ガスセンサの特性評価実験系

## 時間的変動磁場中におけるシートプラズマの挙動に関する基礎研究

\*田中悠太(東海大学理学部物理学科)、田中優(東海大学大学院理学研究科物理学専攻)、小林広彰(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)、佐藤浩之助(中部電力)、河村和孝(東海大学)

磁場が不規則な分布を示すカオティックな変動磁場とプラズマとの相互作用の研究は、宇宙プラズマや核融合プラズマなどのプラズマ研究において重要である。特に、核融合プラズマのダイバータ部では、カオティックな変動磁場を用いてダイバータ板上での熱負荷集中を防止し、熱負荷低減を図るダイバータ(エルゴディックダイバータ) [1]の研究が注目され、国内の大型ヘリカル炉 LHD や、EU の TEXTOR や CEA の大型トカマク炉 Tore Supra などで行われている。しかし、エルゴディックダイバータによるダイバータプラズマの拡散現象やプラズマ熱粒子輸送現象などについては未だ理解が不十分である。そのため変動磁場中でのプラズマ粒子挙動や熱輸送に関する基礎研究は重要である。また、ダイバータ部で観測されるプラズマの構造は3次元のシート状であるため、シートプラズマが生成可能なダイバータ模擬実験装置を用いて3次元の磁場構造にての変動磁場に対する現象を調べることができると考えている。

本研究では、シートプラズマに対してカオティックな変動磁場を印加することにより、エルゴディックダイバータに関する模擬実験を行ない、変動磁場中でのプラズマ熱輸送を調べることが目的とする。

直線型ダイバータ模擬装置 TPD-SheetIV で生成したシートプラズマに対し、コイルと軟鉄の磁気回路により局所的に変動磁場を印加させる概念図を図1に示す。実験では、変動磁場を印加させたときのターゲットでの熱負荷や荷電粒子の分布を計測し、変動磁場とプラズマ粒子との関係を明らかにする。詳細はポスターで発表する。

### 参考文献

[1] 小林政弘, 増崎貴 (核融合科学研究所) 統計的磁場構造中のプラズマ輸送 (2009)

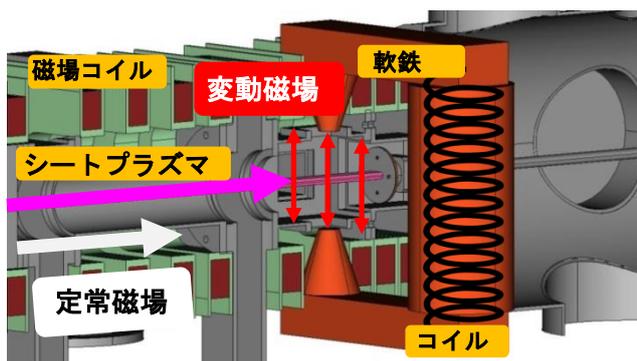


図1、直線型プラズマ生成装置 TPD-SheetIV と変動磁場生成の様子

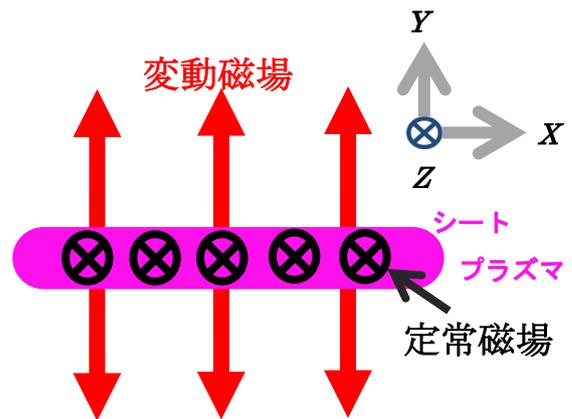


図2、実験領域の磁場構造

## オーロラ形成におけるダブルレイヤー現象に関する基礎研究

\*新田倭也（東海大学理学部物理学科）、田中優（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、小林広彰（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）、佐藤浩之助（中部電力）、河村和孝（東海大学）

オーロラ現象は、地球の極地上空において大きな電場（ダブルレイヤー）が形成され、その電場により電子が加速され、地球大気と衝突した発光現象であることが知られている。この加速機構であるダブルレイヤー現象では、2つの反対符号の空間電荷層にサンドイッチされた急激な電位勾配が形成される。従来までに円柱状プラズマ装置（Qマシン）を用いて電位形成に関する研究が行なわれている。しかしオーロラ現象のようなシート状に流れてくるプラズマにおいて実験的検証は行なわれていない。

本研究では、シート状のプラズマを生成し、極地を模擬したミラー磁場中での電位の変化を測定し、オーロラ粒子の加速機構であるダブルレイヤー形成過程を調べることを目的とする。

図1上部は、直線型シートプラズマ生成装置 TPD-SheetIV とミラー磁場の様子を示す。実験では、プラズマ源を制御しパルス的にシート状プラズマを生成した。計測は、ラングミュアプローブを用いてミラー磁場の  $z$  方向でのプラズマ電位の変化を調べた。

図1下部はプラズマ電位の計測結果を示す。横軸には  $z$  方向の距離、縦軸にプラズマ電位を示す。磁場強度が一樣な領域（左側）では、プラズマ電位は殆ど変化がないが、ミラー磁場中（左側）では、電位分布は極小値をもち、その後急激に上昇していることがわかる。

詳細はポスター発表にて行なう。

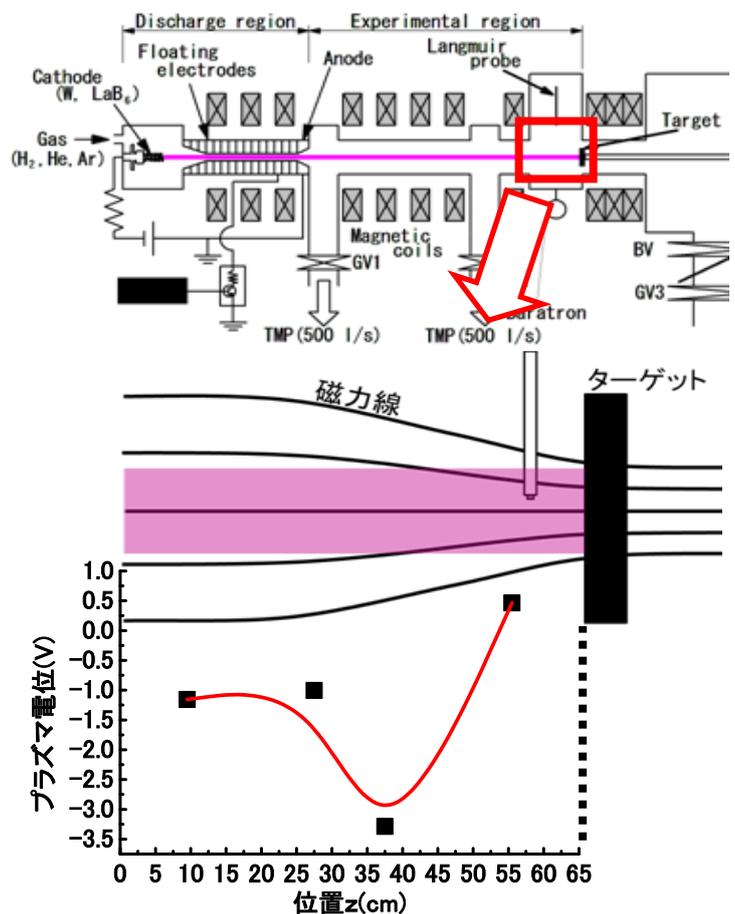


図1、TPD-SheetIV の概念図（上部）とラングミュアプローブによるプラズマ電位の計測結果（下部）

## オメガトロン型質量分析器を用いたシートプラズマ中での水素原子負イオン計測

\*小谷野翔大(東海大学理学部物理学科)、松本賢樹(東海大学大学院理学研究科物理学専攻)、川田侑宣(東海大学大学院理学研究科物理学専攻)、飯島貴朗(東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻物理・数理科学コース)

\*\*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、核融合装置のプラズマ加熱においてNBI加熱装置が用いられている。このNBI加熱装置では、高エネルギーで中性化効率が良い負イオンが用いられている。そのため高密度の負イオン生成が可能で、定常かつ長寿命の負イオン源の開発が必要となっている。

負イオンの主な生成過程である解離性電子付着では、高エネルギー電子領域と低エネルギー電子領域の2つの領域が必要である。まず高エネルギー電子領域では、電子基底状態の水素分子に高エネルギー電子が衝突することで水素の振動励起分子が生成される。そして、低エネルギー電子領域では、この振動励起分子に低エネルギー電子が衝突することで負イオンが生成される。通常のNBI加熱装置では、イオン源に磁気フィルターを用いることで高エネルギー電子領域と低エネルギー電子領域の2つの領域を作り出し負イオンを生成しているが、低エネルギー電子領域のプラズマ密度が低いため、高密度の負イオンを生成することが困難とされている。

本研究では、イオンのラーモア半径の2倍程度の狭い領域内に高エネルギー電子と低エネルギー電子の2つの領域があるシートプラズマに着目している。従来までに、レーザ光脱離法を用いてシートプラズマ周辺部に負イオンが生成されていることを報告している[1]。今回は、オメガトロン質量分析器を用いて、シートプラズマ周辺部の負イオンを直接計測することを目的とする。

図1に本実験で使用したプラズマ生成装置 TPD-SheetIV 概念図を示す。図2にオメガトロン型質量分析器概念図を示す。オメガトロン質量分析器内部の電位を制御することで、正イオンを追い返し負イオン・電子を分析部に導く。分析部において高周波電場を印加し、負イオンのみを加熱することでコレクタにより負イオン電流値を計測した。また、ラングミュアプローブにより電子温度、電子密度の空間分布を測定した。詳細はポスター発表にて行う。

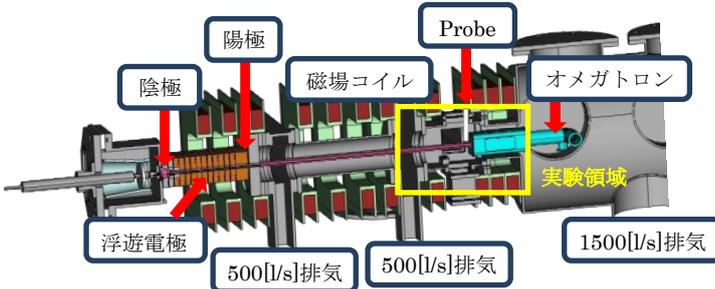


図1 プラズマ生成装置 TPD-SheetIV

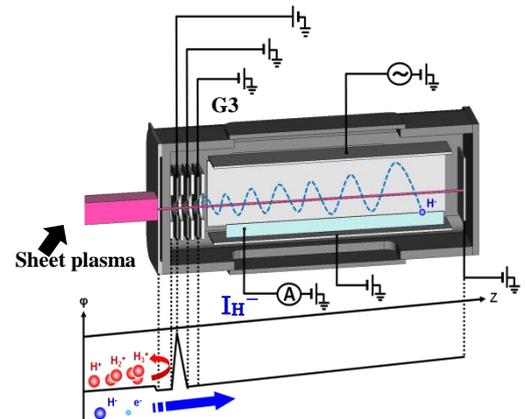


図2 オメガトロン型質量分析器の概念図

## 重水素プラズマ照射での水素吸蔵材の重水素吸蔵量の測定

\*宮下大(東海大学理学部物理学科)、米良紗穂里(東海大学大学院理学研究科物理学専攻)、田中優(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)、松村義人(東海大学工学部原子力工学科)、佐藤浩之助(中部電力)、河村和孝(東海大学)

現在、重水素(Deuterium)とトリチウム(Tritium)の核融合反応(D-T 反応)を利用した核融合発電の研究が進められている。核融合炉の真空容器内で核融合反応を起こし、反応によって得た熱でタービンを回して発電する。しかし、D-T 反応の燃料には放射性元素であるトリチウムを使用するため、燃料粒子(重水素,トリチウム)を真空容器外へ排出した後、排ガス(ヘリウム)と分離して燃料粒子のみを回収する予定である。その分離にはパラジウム拡散器を用いるが、途中で通過する配管壁等がトリチウムの影響で放射化されることが懸念される。そのため、配管壁の放射化を軽減し、ダイバータ部で排気前に燃料粒子のみを回収する方法の研究が必要である。

本研究の目的は、ダイバータを模擬したターゲットに水素吸蔵材を設置し、水素同位体である重水素の吸蔵量特性を調べる事である。水素吸蔵材のチタンにプラズマを照射すると、表面が損傷する問題点があるため、チタン(Ti)の前面に核融合炉のダイバータ材の候補に考えられているタングステン(W)を置いて重水素プラズマを照射した。

実験では、ダイバータ模擬装置 TPD-Sheet IV(図 1)により生成した重水素プラズマを装置終端部に設置した水冷ターゲットへ照射した。試料は、タングステン(厚さ  $100\mu\text{m}$ ,  $10\text{mm}\times 10\text{mm}$ )と水素吸蔵材であるチタンチップ(厚さ  $1\text{mm}$ ,  $5\text{mm}\times 5\text{mm}$ )およびチタン膜を蒸着させたタングステン(厚さ  $100\mu\text{m}$ ,  $10\text{mm}\times 10\text{mm}$ )を使用した。核融合炉の燃料粒子は重水素とトリチウムであるが、トリチウムは希少であり、限られた施設でしか扱えないため、重水素を用いた。水素吸蔵材は、熱を加えると吸蔵した水素を放出する性質があるため、昇温脱離装置を用いて加熱し、試料に吸蔵した重水素量を測定した。測定結果(図 2)より、チタン膜を蒸着させたタングステン箔では脱離速度が最高  $1.0\times 10^{18}\text{Pa}\cdot\text{m/s}$  になり、 $1.38\times 10^{-10}\text{mol}$  の脱離量を確認した。タングステン箔・チタンチップでは、 $700\sim 800\text{K}$  あたりから脱離速度が上昇して最高  $1.0\times 10^{19}\text{Pa}\cdot\text{m/s}$  まで観測でき、 $2.06\times 10^{-9}\text{mol}$  の脱離量を確認した。

詳細はポスターにて発表する。

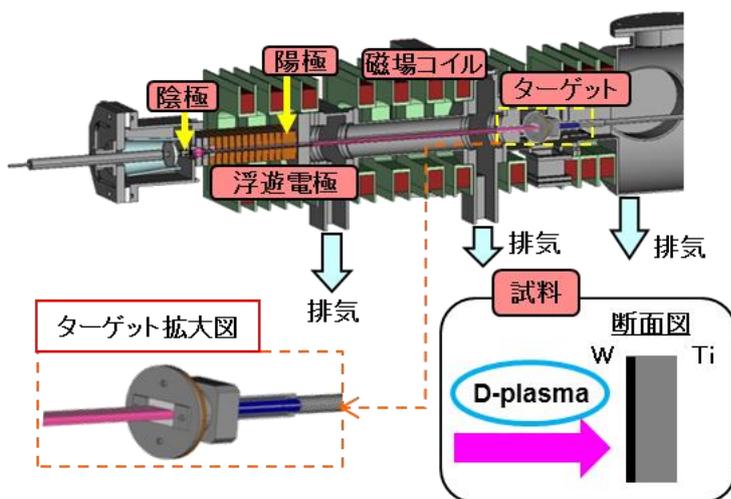


図 1 ダイバータ模擬装置 TPD-SheetIV

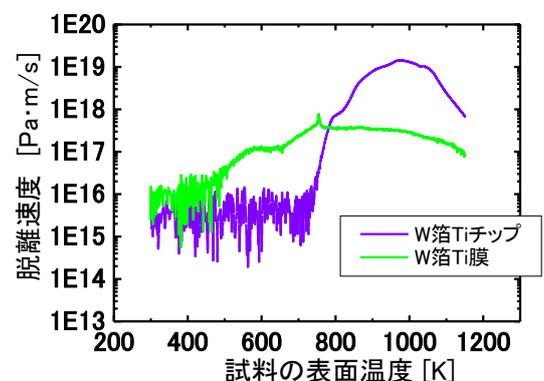


図 2 昇温脱離スペクトル

## 宇宙用電気推進エンジンのシートプラズマへの適応

\*石川文貴（東海大学理学部物理学科）、萩原聡（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、前川堯史（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）、佐藤浩之助（中部電力）、河村和孝（東海大学）

宇宙開発の分野においてプラズマを推進力とする電気推進エンジンの研究、開発がなされている。近年では、イトカワ探査機「はやぶさ」に電気推進エンジンの一種であるイオンエンジンが搭載されている。電気推進は化学推進と比べて比推力が高いことが特徴とされている。高比推力のメリットとしては、化学推進に比べ燃料搭載量が少なく済み、到達速度が速いことから長距離航行が可能になる。また、将来的には有人での宇宙航行が目標になり、高推力・高比推力を得ることは性能評価において重要なパラメータである。本研究ではシートプラズマを用いたイオンサイクロトロン共鳴(ICR)法により効率の良い加熱を行い、高推力・高比推力が期待できる。

イオンを加速させる原理として、磁場中での荷電粒子はサイクロトロン運動をしながら磁力線に沿って運動し、螺旋運動をする。この運動の垂直方向と平行方向の速度は磁場強度に関わらず磁気モーメント保存則によって保存され、磁場を発散させることにより垂直方向の運動エネルギーが軸方向の運動エネルギーに変換され、イオンを加速させる。また、プラズマ中のイオンをICR法でのイオン加熱により外部からエネルギーを与えてより高効率な加速を行う[1]。

本実験で用いたシートプラズマ生成装置 TPD-SheetIVの装置図を図1に示す。実験条件に関しては、ガス種はヘリウム、放電電流は50[A]、磁場強度を0.10[T]とする。実験位置では実験装置の後ろから3つのコイルの電流値を変化させて磁場強度を0.01~0.03[T]の間で変化させる。そして推進性能を評価するために振り子式ターゲットを用いて、その振れ幅から推力と比推力を算出する。

図2に振り子式ターゲットにより測定した磁場強度に対する推力の結果を示す。磁場を放散させることで推力は上昇しているが、ある点で推力が下がっている現象が見られる。詳細はポスターで発表する。

## 参考文献

[1] T. Iijima, et al. : *Fusion Science and Technology (ANS)*. 63 (2013) 417-419

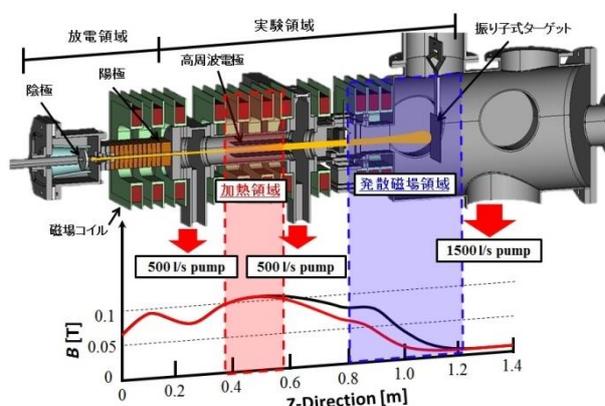


図1 シートプラズマ生成装置 TPD-SheetIV

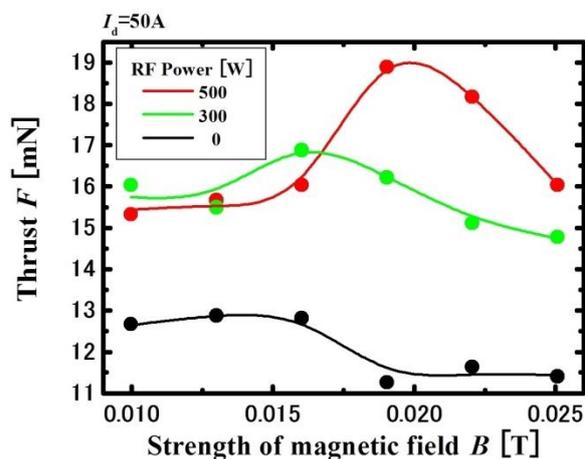


図2 磁場強度に対する推力

## 核融合燃料粒子の選択的分離に関する基礎研究

\*増子瑞樹(東海大学理学部物理学科), 前川堯史(東海大学大学院理学研究科物理学専攻), 田中優(東海大学大学院理学研究科物理学専攻), 萩原聡(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), 佐藤浩之助(中部電力), 河村和孝(東海大学)

次世代エネルギー源の一つとして重水素とトリチウムを用いた核融合反応を利用した核融合発電が考えられている。この核融合反応において生成されたヘリウム灰は、炉心プラズマの温度低下や、燃料粒子の希釈を引き起こすと考えられている。そのためヘリウム灰は、核融合炉内に設置されているダイバータ部で排気する必要がある。しかし排気成分にはヘリウム灰と共に未反応の燃料粒子(トリチウム)も排出されるため、ダイバータ部で燃料粒子とヘリウム灰を選択的に分離する技術が必要とされている。

本研究では、ヘリウム灰と未反応の燃料粒子(本実験では水素を対象とする)を分離する方法として、プラズマに対して高周波電場を誘起させるイオンサイクロトロン共鳴加熱法(ICR加熱法)を用いている。イオンは磁場中で固有のサイクロトロン周波数を有しており、同程度の高周波電場を外部から印加することで共鳴現象を起こしラーマ半径を増大させ、共鳴イオンと非共鳴イオンの分離を行うことができる。

プラズマは陰極と陽極間の放電により発生させ、浮遊電極と外部磁場によりシートプラズマを生成している。生成したプラズマに対し平行平板電極により高周波電場を印加させることによりイオン加熱を行っている。また、プラズマ終端部にはオメガトロン型質量分析器を設置している。

実験では、ダイバータ模擬装置 TPD-SheetIV (図1) により、水素とヘリウムの混合プラズマを生成し、高周波加熱によりヘリウムイオンの加熱を行う。その際、共鳴イオン(ヘリウムイオン)と非共鳴イオン(水素同位体イオン)のラーモア半径の差からプラズマ中心部のヘリウムイオンは減少するので、オメガトロン型質量分析器により質量分析を行ないイオンスペクトルの変化を確認する。

詳細はポスター発表にて行う。

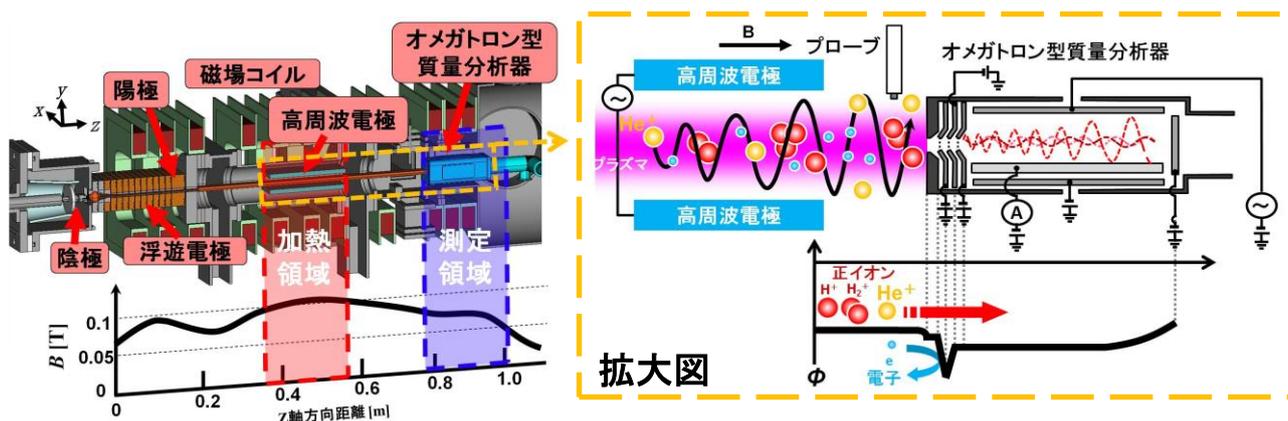


図1 ダイバータ模擬装置 TPD-Sheet IV

## コンクリート材に対するセシウム原子染み込み過程の TOF 計測

\*矢島史詞<sup>1</sup>、菅原諒<sup>2</sup>、関口翔大<sup>1</sup>、石堤敬太<sup>1</sup>、曾根有紀<sup>1</sup>、青島由貴隆<sup>1</sup>、\*\*八木隆志<sup>2</sup>

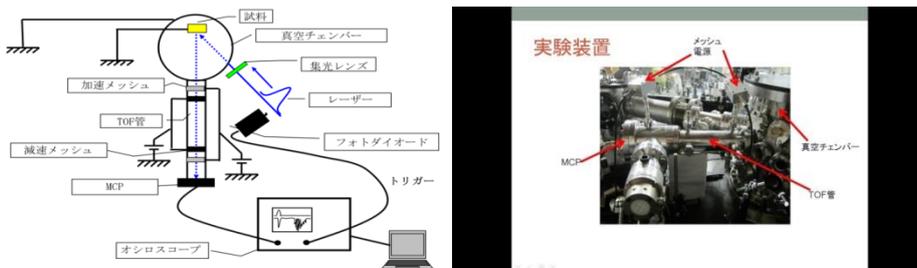
<sup>1</sup>東海大学理学部物理学科 <sup>2</sup>東海大学理学研究科物理学専攻

### 1、背景・目的

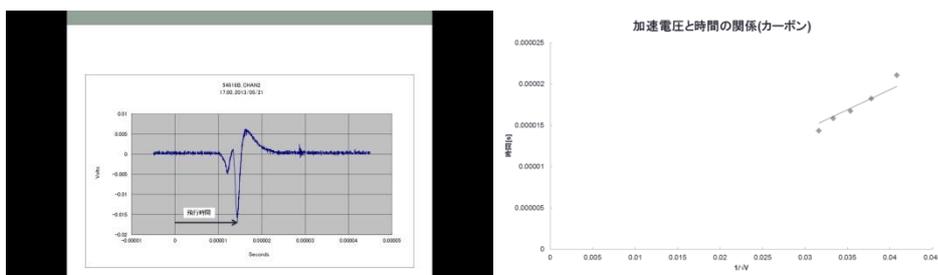
2011年3月の東日本大震災において舗装道路および建築物のコンクリート表面が放射性セシウムにより汚染され、その除染が問題となっている。レーザーアブレーション法によるコンクリート除染では飛散物を効率よく集塵できるメリットがある。したがって、本実験ではセシウム原子のコンクリート材への染み込み深さ、セシウム原子がコンクリート表面へ染み込む物理的メカニズム、および効率の良い除染法を調査する。

### 2、実験方法

本実験は、飛行時間型質量分析装置 (Time of Flight Mass Spectrometry) を用いた。レーザーアブレーション法により、対象物をイオン化させイオンの飛行時間を計測し対象の質量を測定した。検出器はMCPを用いた。下記の図は実験装置図と実際の装置画像。



### 3、実験結果



本実験では、装置性能の確認のため、試料にC・Cu・Alを用いた。上記左の図は、MPC信号(ターゲット:炭素、電圧が1000V)のグラフで、縦軸にMPC信号、横軸に飛行時間を取り、レーザーパルス照射時を0sとする。矢印で示される飛行時間より、飛行してきたイオンが炭素イオンであることが確認された。飛行時間と $1/\sqrt{\text{加速電圧}}$ の関係(右図)が直線であり、本装置で飛行時間を理論どおりに予測できることがわかった。

### 4、今後の展望

コンクリートの主成分である炭酸カルシウムをTOFで計測し、セシウム原子を染み込ませたコンクリートをTOF計測していく。

### 微小領域の励起と物質の解離：結晶性シリコン

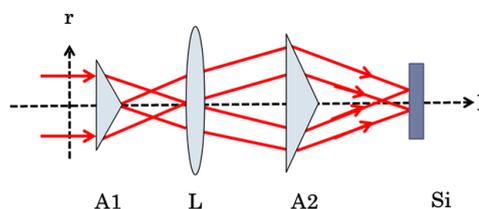
\*<sup>1</sup>曾根有紀、<sup>2</sup>菅原諒、<sup>1</sup>石堤敬太、<sup>1</sup>関口翔大、<sup>1</sup>青島由貴隆、<sup>1</sup>矢島史詞、<sup>1</sup>島口千明、<sup>1</sup>馬見塚量子、\*\*<sup>1,2</sup>八木隆志  
<sup>1</sup>東海大学理学部物理学科、<sup>2</sup>東海大学理学研究科物理学専攻

#### 背景

結晶性 Si の微小領域にフェムト秒レーザーを照射すると、熱的熔融状態を経由しない相転移過程が生じ、物質が除去され、その結果として微細加工が行われる。これは「非熔融的アブレーション」という現象で、結晶格子を構成するイオンを反結合ポテンシャル状態へ励起することで実現すると考えられるが、詳細な解離過程はまだ解明されていない。そこでレーザー照射した結晶性 Si 表面を観察し、表面形状の変化と解離過程でのバンド構造のデータと比較してそのメカニズムの解明を試みた。実験では固体表面の励起領域を  $\mu\text{m}$  以下にすることで、熱変成される周辺部位からの影響を少なくした。

#### 実験方法

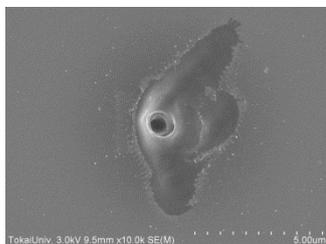
フェムト秒レーザー(波長 786nm、パルス幅 100fs)をアキシコン特殊光学系 (Fig. 1) を用いて真空中で結晶 Si の表面に集光照射し、サブミクロンアブレーションを起こした。照射した Si 表面を走査型顕微鏡 (FE-SEM) で観察し、表面形状の変化を調べた。



(Fig. 1) アキシコン特殊光学系

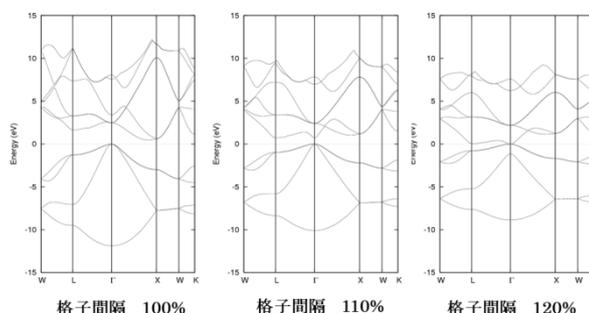
#### 結果

真空中におけるサブミクロンアブレーションによって、シリコンの表面に (Fig. 2) のような微細加工ができた。加工孔の直径は 500nm 程度であり、レーザー波長と同程度である。加工孔周辺には熔融した形跡は無く、弱い変成領域が周辺を取り巻くように分布している。これは表面の Si 原子が非熱的に励起され、原子間の格子間隔が開くことでアモルフォス状態で固化したと思われる。さらに、シミュレーションにより、結晶性 Si の対称性を維持した状態で格子間隔を広げた場合のエネルギーバンドを求めた。その結果によると、格子間隔が 20% 増大しただけで禁止帯が消失することが分かった。この時点で金属状態となり、さらに間隔を広げると原子単体のエネルギー状態となるので、結晶性シリコンの分解過程では規則性 (order) を維持した金属状態を経由することが特徴と思われる。このことが、加工形状へどのような影響を与えるのかについて検討している。



(Fig. 2) Si 表面の加工孔

○パルスエネルギー： 4 $\mu\text{J}$     ○1秒間のショット数：125発  
○加工孔の直径： 500nm



(Fig. 3) バンド崩壊シミュレーション

## アキシコン集光ビーム強度分布計測装置の絶対キャリブレーション

\*石堤敬太<sup>1</sup>、菅原諒<sup>2</sup>、曾根有紀<sup>1</sup>、関口翔大<sup>1</sup>、青島由貴隆<sup>1</sup>、矢島史詞<sup>1</sup>、島口千明<sup>1</sup>、馬見塚量子<sup>1</sup>、

\*\*八木隆志<sup>2</sup> (1:東海大学理学部物理学科、2:東海大学理学研究科物理学専攻)

### 背景

レーザー微細加工において、加工スケールをサブミクロンメートルまで微小化することが次世代の技術とされる。アブレーションによる加工部位の劣化を避けるために真空中でのレーザー照射が避けられない。我々は、アキシコン光学系を用いて、50mmのワーキング距離においてサブミクロンの加工を実現した。加工仕様を予測可能にするためには、エネルギー密度分布の絶対キャリブレーションが不可欠であり、集光スポットの高精度な計測が不可欠である。そのために、本実験では高倍率顕微鏡レンズで集光スポットを CCD により計測し、レンズによる分解能の劣化を修正するアルゴリズムを試みた。この方法によりエネルギー密度の正確な分布を高解像度で評価することが可能であるとの知見を得た。

### 実験方法

アキシコンレンズ2枚と凸レンズ1枚によりできたダブルアキシコン系によるベッセルビームパターンを顕微鏡レンズで拡大し、光学台上に置かれた CCD カメラで測定した。測定されたベッセルビームパターンは画像として取り込まれ、逆フーリエ変換によりデコンボリューションを行った。さらに、ファイバーレーザーのガウシアンビームパターンの計測により、CCD ピクセルの光学応答を求め、ベッセルビームのエネルギー密度分布を求めた。

### 実験結果

図1に CCD で測定したベッセルパターンをデコンボリューションし、画像のぼやけを取り除いた結果を示す。また、図1により得られた集光スポット径と加工された孔(図2)の径が一致することが確認された。ここからベッセルビームスポット中心のエネルギー密度が $0.48[\text{J}/\text{cm}^2]$ と求まった。

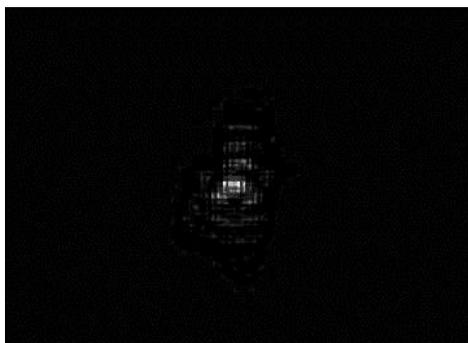


図1 デコンボリューションによりぼやけを取り除いたベッセルビームパターン

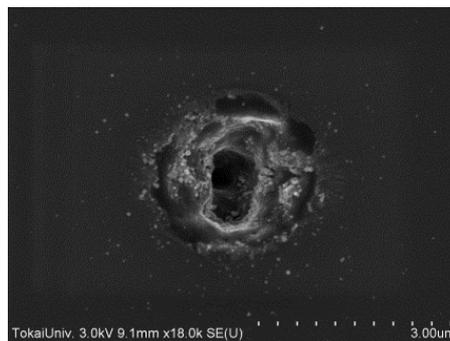


図2 加工によりできた孔の SEM 画像

## 固体の超高速励起と緩和過程の計測・ポンププローブ法

\*<sup>1</sup>関口翔大、<sup>2</sup>菅原諒、<sup>1</sup>曾根有紀、<sup>1</sup>石堤敬太、\*\*<sup>2</sup>八木隆志

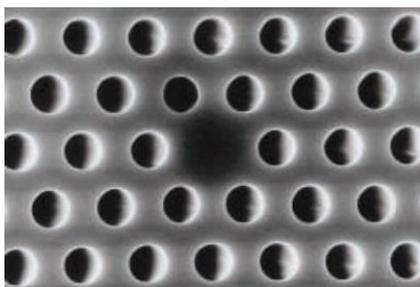
<sup>1</sup> 東海大学理学部物理学科、<sup>2</sup> 東海大学理学研究科物理学専攻

### 背景

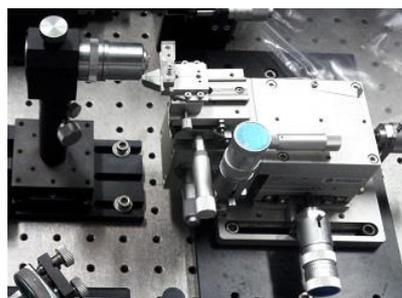
フェムト秒レーザーにより励起された物体の溶融過程、及びその過程における電子状態の過渡的变化について調べるため、フェムト秒レーザー照射後の反射率スペクトルの時間変化をポンププローブ法により調べる。ポンププローブ光の参照光として、フォトニック結晶ファイバー(PCF)にフェムト秒レーザーを入射することで発生させた連続的な広帯域スペクトル光を用いる。

### 実験方法

フェムト秒パルスレーザー (パルス幅 130fs、波長 780nm) をフォトニック結晶ファイバー (PCF) へ集光することで連続スペクトル光を発生させた。使用した PCF はコア径 1.7  $\mu\text{m}$ 、長さ 3cm の屈折率導波型石英ファイバーであり、ゼロ分散波長が 780nm であり、ポンプ光のスペクトル近傍で群速度遅延が生じないように配慮した。倍率 20 倍の顕微鏡用対物レンズを用い、 $\lambda/2$  板を通して PCF のコアに入るようレーザー光を集光し、照射した。発生した白色パルスのスペクトルは分光器により計測された。



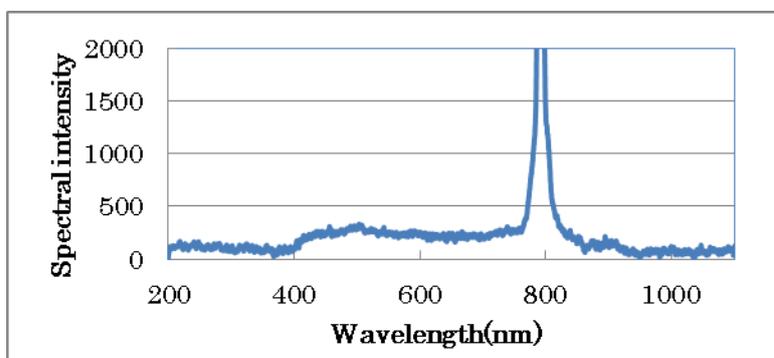
(Fig. 1) PCF 断面の SEM 画像



(Fig. 2) PCF 注入台

### 結果

PCF からの出力光には広帯域な白色が見られた。白色スペクトルは 400nm から 750nm 程の広い波長範囲にわたってスペクトルが広がっていることが観測された。



## 半導体表面における自由電子の集団励起過程の研究

\*<sup>1</sup>菅原諒、<sup>2</sup>曾根有紀、<sup>2</sup>石堤敬太、<sup>2</sup>関口翔大、<sup>2</sup>青島由貴隆、<sup>2</sup>矢島史詞、<sup>2</sup>島口千明、<sup>2</sup>馬見塚量子、\*\*<sup>1,2</sup>八木隆志<sup>1</sup>東海大学理学研究科物理学専攻、<sup>2</sup>東海大学理学部物理学科

## [背景]

フェムト秒レーザーによる加工では、多光子吸収による熱的な影響が少ない為、超微細加工への応用が期待されている。一方で、フェムト秒レーザーを半導体表面に照射すると、レーザーの波長程度の周期的なリップルが形成されることは広く知られている。これは半導体表面における自由電子の集団振動が起因とされているが、形成過程が明瞭ではないことから、形成過程の研究が求められている。試料 Si に対して大気中でフェムト秒レーザー加工を行うと、大気中の酸素と Si が反応し、加工孔周辺に SiO<sub>2</sub> が形成される。我々はそれを防ぐために、アキシコン 2 枚と凸レンズ 1 枚からなるダブルアキシコン光学系により真空チェンバー内の試料に対して微細加工を行った。

## [実験方法]

アキシコン 2 枚と凸レンズ 1 枚からなるダブルアキシコン光学系とフェムト秒レーザー（波長 786nm、パルス幅 160fs、繰り返し周波数 500Hz）を用いて、真空チェンバー内の試料である Si に入射角 0°、直線偏光および円偏光で照射した。ビームはベッセルパターンである。

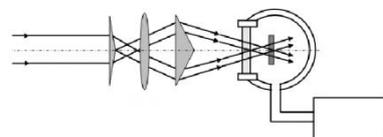


Fig.1.アキシコンレーザーシステム構造

## [結果]

円偏光ビームによるアブレーションにより形成された加工孔は Fig. 2 (a) に示すように円形であるのに対し、直線偏光で行った結果は Fig. 2 (b) に示すように偏光方向と同じ方向に加工孔が広がっている。そのため微細加工における加工孔の形状は偏光方向に依存性があることがわかった。また、Si のアブレーションではアブレーション閾値 0.2J 以下のフルーエンスでもリップルが形成されることがわかった。Fig. 3 にリップルとフルーエンスの関係を示す。このリップル間隔とフルーエンスの依存性は表面プラズマ波へのパラメトリック崩壊 [1] において説明されている。この例が示すように、周期構造の形成は微細加工の品質に著しく影響する。

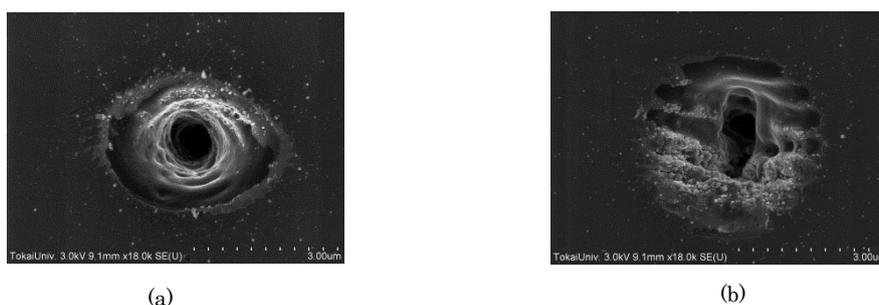
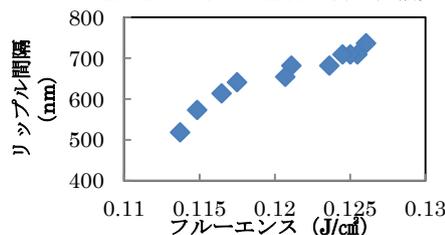
Fig.2.1000 shots、中心フルーエンス 0.2J/cm<sup>2</sup>における加工孔 (a)は円偏光であり、(b)は縦方向に直線偏光である。

Fig.3.照射フルーエンスとリップル間隔の関係

[1] S.Sakabe *et al.*, Phys. Rev.B **79**(2009)033409.

## トナーレジストを用いたメタマテリアルの簡易的作製手法の開発

\*佐藤 翔一(東海大学大学院工学研究科光工学専攻)、\*\*若木 守明(東海大学工学部光・画像工学科)、渋谷 猛久(東海大学工学部光・画像工学科)

## 1. 背景・目的

近年の微細構造作製技術の発展は著しく、ICチップやMEMSなどのデバイスの発展へと繋がった。メタマテリアルは波長よりも小さな構造を作製することで誘電率と透磁率の制御を行い、自然では得られない巨大屈折率や負の屈折率などの現象が得られる人工媒質である。しかし、マイクロ、ナノメートルオーダーでの微小な構造を作製するために電子線リソグラフィ装置や集束イオンビーム装置(FIB)、ナノインプリント装置などの高価な装置を用いることも珍しくはない。また、従来のプリント配線板を用いた作製法も行われている。それには感光基板へのパターンの露光や現像などの工程があるが、それを省いたレーザープリンタを用いた簡便なプリント配線板作製手法がある。我々はこの作製法に着目し、それにより比較的ローコストで簡易的にメタマテリアルを作製することを目的とした。

## 2. 実験方法

作製する構造として、Fig. 1 に示す 2 重分割リング共振器(Split Ring Resonators, SRRs)を用い、2.45GHz、10.01GHz に共振周波数 $\nu_0$ を有する共振器を試作した。また、本手法で作製可能な最小サイズを調べる目的で小型の SRRs の作製を試みた。CAD 上で設計したパターンをレーザープリンタで用紙上に印刷し、銅張積層基板(ガラスエポキシ基板)に貼り付け、加圧下で加熱し、銅張積層基板へトナーパターンの転写を行った。その後、塩化第二鉄溶液でエッチングを行った。水で基板の洗浄をした後、トナーレジストを溶剤で溶解し、銅板で形成されたパターンを得た。用いたレーザープリンタで得られる限界解像度は 1200dpi である。印刷用紙はコピー紙とコート紙(グロス紙、マット紙)を用いた。エッチングには自作したバドルエッチング装置を用いた。

## 3. 結果・考察

トナーレジストを用いて SRRs などの銅のパターンの試作に成功した。しかし、パターンが微細になるにつれてパターン欠損やトナーレジストの残存が見られた。転写に用いる用紙はマット紙が最適な結果を与えた。試作した 250 $\mu\text{m}$  の SRRs パターンを Fig.2 に示すが、これより一回り小さいパターンを作製するのは困難であった。転写時に加える圧力に偏りがある場合、トナー像の潰れ、または明確に転写されないといった失敗の原因にも繋がる。低密度のパターンではエッチング範囲が広がるため、長時間のエッチングによって生じるサイドエッチが生じる。また、転写時のトナーレジストの欠けや剥離、残留した紙の繊維によるショートや凹凸の発生などによって生じるエッチングでの誤差が精度の面では不安定ではあるが、研究室レベルでの短時間で簡易的な量産には有効であると言える。

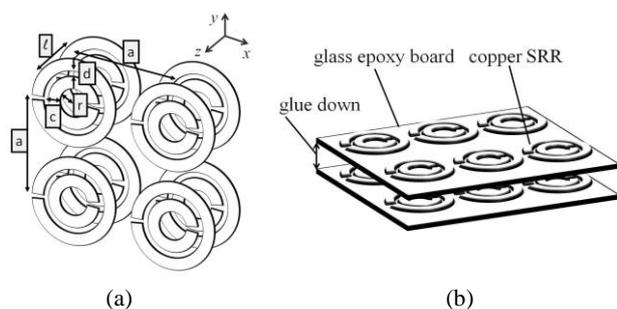


Fig.1 Schematic diagram of SRRs (a) and fabricated SRRs structure cells (b).

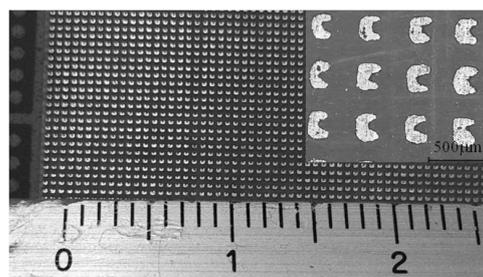


Fig.2 Fabricated patterns of 250  $\mu\text{m}$  U-shaped SRRs. Enlarged patterns are shown in the inset.

## 4. 今後の展望

試作した SRR は、パターン形成精度の評価を目的としたが、電磁場解析による理論値と比較する必要がある。それを用いることで、見かけの材料定数の導出が得られる。本手法で作製できるメタマテリアルはその解像度よりマイクロ波領域までと判断されるが、プリンタの最高解像度やトナーの粒径がさらに細くなれば理論的にはさらに細かなパターンの作製が期待できる。それによりテラヘルツ波領域に対応した SRRs の作製が期待できる。また、テラヘルツ波領域で用いる場合にはその波長領域で透過率の高い基板 (Si, ポリエチレン等) を用いる必要がある。更に、近赤外・可視光領域のメタマテリアルを目指す場合、別の新たな手法を考える必要がある。

ゾル-ゲル法により合成した Ag 及び Au ナノ粒子分散 MgF<sub>2</sub> 膜の光学特性

\*佐藤 翔一(東海大学大学院工学研究科光工学専攻), 横山 英佐(東京工芸大学), \*\*若木 守明(東海大学工学部光・画像工学科), 渋谷猛久(東海大学工学部光・画像工学科)

## 1. 背景・目的

固体中に分散した金属ナノ粒子による表面プラズモン共鳴(SPR)吸収に関する研究は広く行われ, 様々な作製手法が試みられている. 特にゾルゲル法では異種材料を分子オーダーで均一に複合可能で, 多くの金属原子を選択でき, 低温での生成が可能などの利点を有す. ゾル-ゲル法で合成した金属ナノ粒子/誘電体複合材料を用いた研究も多く行われてきた. MgF<sub>2</sub>は低屈折率( $n = 1.38$ )の光学材料として知られているが, ゾル-ゲル法によって合成される膜は MgF<sub>2</sub>微粒子が積み重なった特殊なマトリクスであり, 多くの空孔を有し, 真空蒸着で得られるバルク状の膜に比べ低屈折率( $n = 1.23$ )となることが確認されている. ゾル-ゲル法で合成した MgF<sub>2</sub>と金属ナノ粒子の複合膜に関する報告例は年々増えつつあるが, Ag 及び Au ナノ粒子の光学物性への影響についてはまだ十分ではない. 本研究では多孔質 MgF<sub>2</sub>薄膜中の金属ナノ粒子の形状同定を中心に, 複合膜の光学物性の解明を目的としている.

## 2. 実験方法

MgF<sub>2</sub>の前駆体ゾル溶液は, 酢酸マグネシウム 4 水和物, 2-プロパノール, トリフルオロ酢酸より調製した. 銀及び金のコロイド溶液は, 酢酸銀(CH<sub>3</sub>COOAg)とピリジン(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>N), 及び塩化金酸(HAuCl<sub>4</sub>)より作製した. Ag と Au の Mg に対するモル比は, 10:90, 20:80 及び 30:70 とした. 成膜にはディップコーティング法を用い, 乾燥させた後に Ag では 100~300°C, Au では 300~500°C で 30 分間焼結処理を行い, 薄膜の作製を行った. 薄膜と Ag 及び Au ナノ粒子の評価として X 線回折(XRD)測定, 透過型電子顕微鏡(TEM)による粒径観察, 分光光度測定及びラマン散乱測定による評価を行った. 得られた光学吸収スペクトルの解析には Maxwell-Garnett モデルによるフィッティングを用いた.

## 3. 結果・考察

XRD 測定結果に Scherrer の式を用いることで金属ナノ粒子の平均粒径を算出し, TEM 観察により求めた粒径分布と比較した結果, Au 粒子に関しては 300°C と 400°C のものでよく一致したが 500°C のものではその値よりも大きく成長していることが確認された. また, Maxwell-Garnett モデルを用いたフィッティングより金属ナノ粒子の粒状を求めた結果 Au ではほぼ球状, Ag では球状から大きく外れた形を取っていることが推測できた. これは微小サイズ効果による金属粒子の融点低下で焼結によりナノ粒子同士が融合し, 液中でのナノ粒子の核成長と異なる成長をしたためであると推定される.

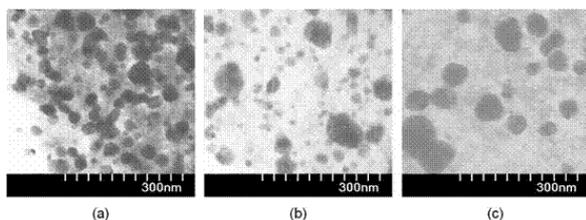


Fig.1 TEM による MgF<sub>2</sub> 膜中の Au ナノ粒子観察  
:焼結温度(a)300°C, (b)400°C, (c)500°C.

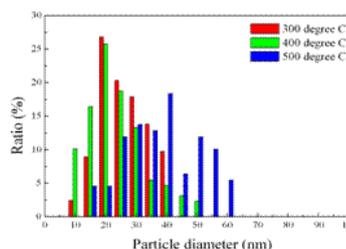


Fig.2 TEM より求めた MgF<sub>2</sub>-Au 膜の各焼結温度に於ける Au 粒子分布.

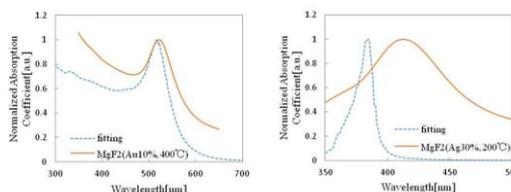


Fig.3 MgF<sub>2</sub>-Au 及び Ag 膜の光学吸収スペクトルと球を仮定した Maxwell-Garnett モデルによるフィッティング

## 4. 今後の展望

TEM 観察, 吸収スペクトル解析より焼結により, Ag ナノ粒子は粒子同士の融合で球とは異なる形状をとる可能性が示唆された. また, これら複合系における SPR 吸収に対する有効媒質近似のより詳細なモデルの確立が求められる.

## 透明高強度ボルト用ポリカーボネートの EB 照射による加水分解抑制

\*小川翔平（東海大学工学部材料科学科）山崎由晃（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）

全軍華（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）

\*\*神田昌枝（東海大学工学部材料科学科）、渋谷猛久（東海大学工学部光画像工学科）

西義武（東海大学工学部材料科学科）

### 【緒言】

ポリカーボネート(PC)は軽量、高強度で、さらに難燃性に優れていることから、建築材料、自動車部品や航空機用窓材などの構造材料として用いられているだけではなく、良好の耐熱性及び塑性加工特性を持つ点から、電気・電子分野のボルトとしての利用も注目されている。しかし、耐熱性ボルトと利用する際に、高湿度環境下での加水分解が安全使用に支障を及ぼす。安心安全技術の観点から、加水分解を抑制することが重要である。

本研究室では、過去に PC に電子線照射(EBI)することで引張強度の向上や防曇効果などを報告している。そこで、PC にエネルギーを加えることで、加水分解現象の起因であるエステル基を破壊し、PC の耐候性が向上する可能性が大きい。そのため、本研究では電子線照射による PC の耐候性の向上を目的とし、加水分解の抑制を質量変化での評価を行った。

### 【実験方法】

まず、カッターを用いて試料である PC を 20×40 mm に加工した。その後、323K で乾燥をし、電子天秤を用いての質量測定を行った。

次に、エレクトロンカーテンプロセッサ(LB250/15/180L)((株)岩崎電気製)を用いて PC 試料に EB 照射を施した。EB 照射した PC 試料と未照射の PC 試料をそれぞれ 373K の純水中に浸漬し、最大 20 万秒まで吸水処理を行った。

吸水処理を施した PC 試料を 323k で乾燥し、電子天秤を用いて質量測定を行い、それぞれ試料の吸水処理前後の質量変化量の比較を行った。

### 【結果】

EB 照射した PC 試料は未照射の PC 試料より加水分解量が軽減されることを確認した。この結果から、EB 照射により、PC の加水分解特性を抑制させる可能性を見出した。即ち、EB 照射により PC の安全性をさらに向上させることが可能であると考えられる。

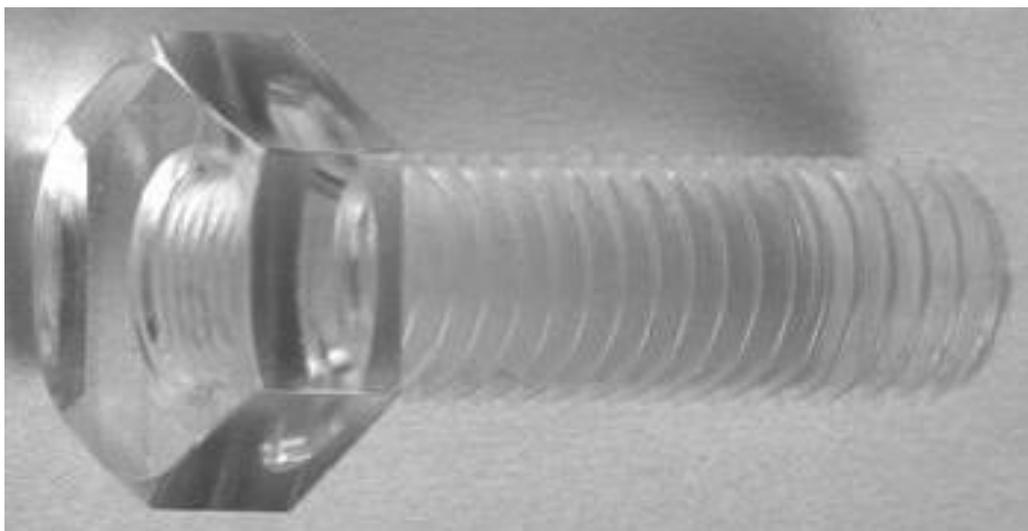


図 1 実用例

## 航空機体用 CFRP/CFRP 接合体に及ぼす電子線照射による接着強度の向上

\*高屋倫基（東海大学工学部材料科学科）、乾茂仁（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）、白石一匡（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）

### 【諸言】

現在、炭素繊維強化高分子材料（CFRP）は軽量高強度材料として軽量化の要求が厳しい航空宇宙分野で応用が進み、中には従来の金属材料よりも CFRP の使用比率が高い航空機も就航し始めている。このように航空宇宙分野において CFRP といった高分子材料の使用比率が増加する一方、CFRP 同士の接合箇所が増加するため CFRP の強度を落とさず、接合する技術が重要となる。現在、CFRP 同士の接合方法としてリベット止めと接着剤による接合方法が用いられているが、リベット止めは CFRP に穿孔する際に炭素繊維を切断する事によって強度が損なわれる恐れがあり、接着剤による接合は剥離などの危険から強度に不安がある。

本研究室では、電子線照射(EB 照射)による異種高分子材料の接着を見出し、CFRP の機械的特性の向上も見出し報告してきた。そこで、本研究ではホットプレスによる成形前加工として接着面に対して EB 照射した炭素繊維織布プリプレグで CFRP/CFRP 接合体を作製した。本接合体は、強化繊維の破壊がないため高強度であり、リベット止めのように締結材を用いないため非常に軽量化できるという利点があり、航空宇宙分野での応用に適していると言える。本研究では、作製した CFRP/CFRP 接合体に引張せん断試験及び剥離試験を行い、CFRP/CFRP 接合体の接着強度を評価することを目的とする。本研究で、ホットプレスによる成形前加工として接着面に対して EB 照射した炭素繊維織布プリプレグで作製した CFRP/CFRP 接合体の接着強度が従来の接合方法よりも向上し、最適な接合条件が確認できれば、航空機などの構造材料への応用に近づけると考える。

### 【実験方法】

炭素繊維織布プリプレグシートから引張せん断試験及び剥離試験で使用する形状を切り出した。切り出した炭素繊維織布プリプレグの接着面に EB 照射処理した後、引張せん断試験用試料では EB 照射面同士を重ね合わせ、継手形状にした。剥離試験用試料では接着部以外をアルミ箔で覆い CFRP/CFRP 接合体作製時に接着部以外の接着を防ぎ、EB 照射面同士を重ね合わせ、T 型剥離試験片形状にした。試験片形状を整えた後、ホットプレス条件 403 K, 1 Pa, 2 h で炭素繊維織布プリプレグを硬化させ、CFRP/CFRP 接合体を作製した。比較用として EB 未照射の CFRP/CFRP 接合体を作製した。これらの試験片に T 型剥離試験及び引張せん断試験を行い、接着強度を評価した。

### 【結果】

ホットプレス前に接着面に EB 照射したプリプレグで作製した CFRP/CFRP 接合体は未処理と比較して、最大剥離強度及び最大せん断接着強度が向上することを見出した。



図 1. 応用例

## 個別電子線照射処理後ホットプレス接着した異種高分子 PTFE/PE の接着強度の評価

\* 宇山将人(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、神田昌枝(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】

現在、医療工学用高分子材料の接着には接着剤や熱により接着させている。しかし、熱溶着は局部的な加熱による材料本来の特性が変化してしまう事が懸念され、接着剤を用いた接着は体内環境において悪影響を及ぼす事が懸念される。一方、本研究室の過去の研究より、低エネルギーの電子線(EB)照射によりダングリングボンドが形成されることで、異種高分子の接着強度の向上が報告されている。様々な高分子材料の接着力の向上を見込めれば、従来の熱溶着や接着剤による手法以外の新たな接着法の確立が可能になると考えられる。さらに、滅菌処理として、一般的な紫外線照射は処理に数時間を要するのに対して、EB照射は処理速度が秒単位で処理が終了する利点がある。そのため、EB照射は高速滅菌処理としての重要な技術であり、図1に示すようにEB照射による接着の応用として人工血管への適用が考えられる。本研究では、従来の手法以外の接着法として、生体適合性に優れ、汎用性に優れた材料であるポリエチレン(PE)と化学的に安定で耐熱性や耐薬品性、耐摩耗性、生体適合性に優れた材料であるポリテトラフルオロエチレン(PTFE)にEB照射処理後ホットプレスする複合処理により接着を行い、接着強度の評価を行うことを目的としている。

### 【方法】

本研究の試料はPE(スタープラスチック工業:ハイスターPF)、PTFE(中興化成工業製:MSF-100)を用いた。試料作製にはPTFEとPEを個別にEB照射処理し、処理面同士をホットプレス機により加熱加圧し、PTFEとPEの接着を行った。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。ダングリングボンド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。接着強度の評価には微小荷重引張試験機((株)イマダ製)を用いてT型はく離試験を行った。

### 【結果】

個別EB照射処理後ホットプレスする複合処理により、PTFEとPEの接着を確認した。さらに、異種高分子間において、最適なEB照射線量を明確にすることで、接着強度の増大を確認した。その結果、個別EB照射が厚さに依存しない医療工学用高分子材料の接着において有効であることを見出した。

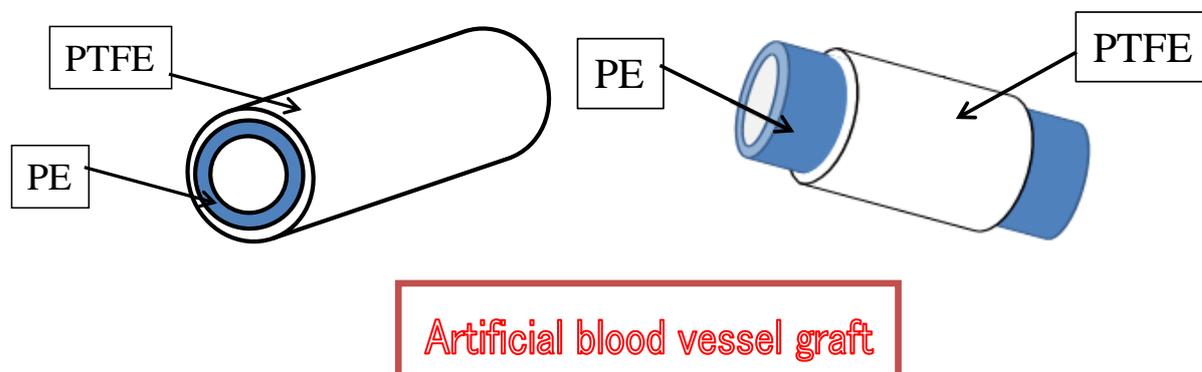


図1 電子線照射による医療工学用高分子の接着の人工血管への応用例

## ソフトコンタクトレンズ型グルコースセンサを応用した涙液の分泌動態評価

\* 黒木 祐輔、初 明星（東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科）

水野 くみ、宮島 久美子、荒川 貴博、\*\*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】

近年、コンピュータなどでの VDT 作業の増加に伴い、ドライアイに代表されるような涙液の分泌能低下が危惧され、また自己免疫疾患で涙腺などに障害が起きるシェーグレン症候群などの涙液分泌異常疾患が問題となっている。一方、生化学モニタリングにおいて、涙液は非侵襲計測が可能な体液サンプルである。これまでに筆者らは、血糖レベルの約 10 分の 1 程度のグルコースが涙液中に含まれることに着目し、その濃度を連続計測可能なソフトコンタクトレンズ型グルコースセンサを考案した。本研究では、涙液中のグルコースを連続計測可能なソフトコンタクトレンズ型グルコースセンサを作製し、涙液グルコース濃度を測定することで、涙液の分泌動態を in-situ にて評価した。

## 【実験方法】

本センサの作製では、まずシリコンウエハ上に厚さ 80  $\mu\text{m}$  の polydimethylsiloxane (PDMS) をスピコーティングにて作製し、その表面に Ti 製のステンシルを介して、イオンビームスパッタ法にて Pt ( $t = 200 \text{ nm}$ ) 及び Ag 電極 ( $t = 300 \text{ nm}$ ) を成膜し、フレキシブル電極を作製した。次に電極感応部に、生体適合性のある機能性高分子 2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholine (MPC) と 2-ethylhexylmethacrylate (EHMA) の共重合体である PMEH (poly (MPC-co-EHMA)) を用いて、グルコース酸化酵素 (GOD) を包括固定化し、これを PDMS 製ソフトコンタクトレンズと接合し一体化することでソフトコンタクトレンズ型グルコースセンサとした。本センサでは、GOD の触媒反応によって生成される過酸化水素を電気化学的に検出しグルコース濃度を電流計測する。涙液の分泌動態評価の実験 (図 1) では、作製したセンサを日本白色種家兔の眼部に装着し、4 種の溶液 (0.5、1.0、1.5 mM のグルコース溶液、生理食塩水) について 50  $\mu\text{l}$  をそれぞれ点眼し、センサ出力を測定し、出力変化を調べた。

## 【結果及び考察】

実験の結果、点眼液のグルコース濃度に応じた著しい出力の増加または減少が観察され、その後、涙液の基礎分泌によるターンオーバーに基づき、徐々に初期値を回復する様子が確認された。また得られた出力の曲線より時間の指数回帰式を求め、グルコース溶液を点眼した際のグルコース濃度を逆算したところ、点眼溶液のグルコース濃度に相当する濃度がそれぞれ得られた。この指数回帰式は涙液のターンオーバーを示しており、ターンオーバー率の平均値は 29.6%/min であった。人の涙液ターンオーバー率は約 45%/min と報告されており、兎の涙液の分泌動態は人より低いことから、矛盾しない結果と考えられる。以上、本センサにて涙液のターンオーバー率を求めることが可能で、涙液の基礎分泌における動態評価の可能性が示唆された。今後は、ワイヤレス技術を用いた非襲侵・無拘束の生体情報計測、また涙液分泌の評価への展開ができるものと期待される。

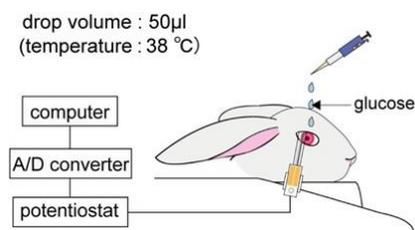


図 1. グルコース溶液点眼による涙液分泌能の評価実験系

## グルコース駆動式の薬物放出システムにおける減圧機構の高出力化

\* 高木 寛之、佐藤 怜、松浦 佑樹（東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科）、

齊藤浩一（東京工業高等専門学校）、

ムンツァルガムンツァル、宮島 久美子、荒川 貴博、\*\* 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】

筆者らはこれまでに多様な生体成分を対象とし、一般的な酵素を用いることで、その化学エネルギーを力学エネルギーに直接変換する「有機エンジン」を開発した。そして、グルコース酸化酵素(GOD)を利用することで、血糖成分であるグルコースを認識し、グルコース濃度を自律的に調節可能な薬物放出システムを考案した。しかしながら、既存の有機エンジンでは、薬物放出の動作に血糖値より高濃度のグルコース濃度を必要とし、血糖濃度レベルにて作動するには、有機エンジンの高出力化を図る必要がある。そこで本研究では、有機エンジンの酵素反応系を改良することで減圧効果を向上し、血糖値相当のグルコース濃度にて駆動が可能な有機エンジンの開発を行った。

### 【実験方法】

薬物放出システムは、GOD を用いた有機エンジンである「グルコース作動型減圧機構」と、それに連動する「薬物放出機構」にて構成される(図 1)。減圧機構は、グルコースを酸化触媒する GOD を固定化した酵素膜を隔膜とする気液セルにて構築され、触媒反応による酸素消費により気相セル側に減圧が発生される。しかし GOD を用いた本機構ではグルコースのみを酸化させているものの、その反応生成物であるグルコノラクトン等をさらに酸化させることでカスケード的に酸化触媒を進めることで更なる酸素消費が可能と考えられる。そこで、グルコースとグルコノラクトンと共に基質とするピラノース酸化酵素(POD)を、GOD と併用することで減圧機構の高出力化を図った。複合酵素膜は紫外線架橋性樹脂 PVA-SbQ を用いて GOD を  $5.0 \text{ U/cm}^2$ 、POD を  $2.0 \text{ U/cm}^2$  透析膜上へ包括固定化して作製した。評価実験では GOD と POD の複合酵素膜を用いた改良型の減圧機構において、各濃度のグルコース溶液を液相セルへ送液し、気相セル内の圧力変化を差圧計(DMC-202N11, OKANO WORKS, LTD)にて測定し、デバイス特性を調べた。

### 【結果及び考察】

複合酵素膜を用いた減圧機構について特性を調べたところ、血糖値相当の  $10 \text{ mmol/l}$  のグルコース濃度において薬物放出機構の動作に必要な減圧能(減圧速度:  $-7.2 \text{ Pa} \cdot \text{cm}^3/\text{sec}$ )が得られ、GOD のみを用いた酵素膜に比して、減圧特性を 2.5 倍向上することができた。POD はグルコースのみならず GOD の反応生成物であるグルコノラクトンも基質とし酸素消費を行うことから、出力が向上したものと考えられる。今後はさらに減圧機構の高出力化を図り、システムの小型化や生体適合性、信頼性の向上を進めることで、血糖濃度の自律制御(人工すい臓)へと展開を図る。

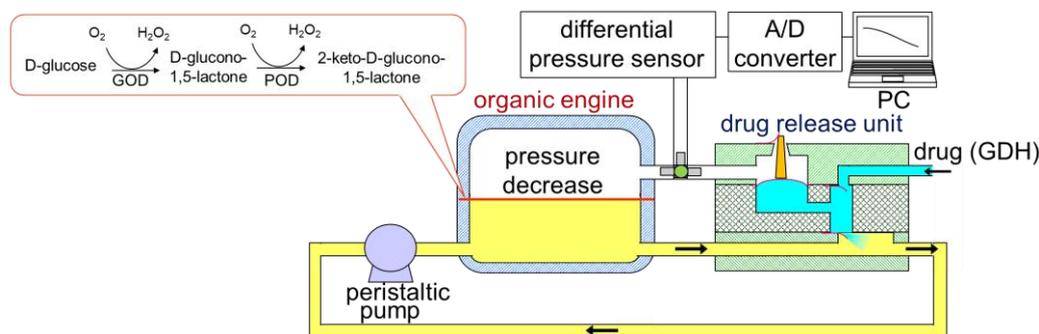


図 1. 有機エンジンを利用した自律駆動型薬物放出システムの模式図

## 化学蛍光法を利用した光ファイバ型免疫測定系によるダニアレルゲン *Der f1* 計測に関する研究

\* 鈴木 友梨香、宮島 久美子（東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科）、新井 萌花、下村 弘治、芝 紀代子（文京学院大学 保健医療技術学部）、荒川 貴博、\*\* 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】

アレルギー性疾患の予防や治療では、生活環境を把握しアレルギーとの接触を回避することが重要であり、簡便にアレルギーの濃度をモニタリングする技術が求められている。特に住環境中では、コナヒョウヒダニ由来 *Der f1* が主要なアレルギーであり、その気相における *Der f1* 濃度の *on-site* でのモニタリングが必要である。そこで本研究では、高感度な免疫計測が可能な化学蛍光法を導入し、新規な光ファイバ型蛍光免疫計測システムを構築して *Der f1* 計測を行った。

### 【実験方法】

化学蛍光法は、酵素標識した検出抗体に基質を反応させて生じる蛍光物質を検出することから、信号出力を増幅でき、高感度に計測することが可能となる。本研究では、標識酵素にストレプトアビジンペルオキシダーゼ（HRP）を、基質に 10- acetyl- 3,7- dihydroxy- phenoxazine を用い、反応生成物である resorufin(ex: 570nm, fl: 600 nm)を蛍光検出することとした。構築した光ファイバ型蛍光免疫計測システムは、発光ダイオードからの励起光をバンドパスフィルタ（BPF）及び光ファイバを介して試料溶液に照射し、試料内の resorufin を蛍光用 BPF 処理ののち光電子増倍管にて検出した(図 1)。なお光学素子には、表面処理が容易なポリスチレン製プラスチック光ファイバを用い、その端面を鏡面処理して使用した。構築したシステムの *Der f1* 計測における有用性を評価するため、まず捕捉抗体を測定セルに固相化し、抗原、HRP 標識抗体、蛍光基質の順に反応させ、反応生成物である resorufin を蛍光計測した。また各種アレルギーを用いて、*Der f1* に対する抗原選択性を調べた。

### 【結果及び考察】

システムに用いる光学フィルタを選定したところ、励起光側  $570 \pm 10$  nm、蛍光側  $600 \pm 10$  nm において、ノイズを抑制しながら効果的に resorufin を蛍光検出することが可能であった。またポリスチレン光ファイバを研磨処理することで光学プローブとし、システムにおける蛍光検出能を調べたところ、市販のガラス製ファイバと同等の光学特性が得られたことから、以降の化学蛍光法による免疫計測に用いた。次に構築したシステムを用い、捕捉抗体固相化セルにて免疫計測を行ったところ、ELISA 法と同等の  $0.49 \sim 250$  ng/ml の範囲で *Der f1* の定量が可能であった。また、本計測法の選択性を調べたところ、*Der f1* に対する高い選択性が確認された。今後は、気相中の浮遊粒子を液相中に取り込む捕集デバイスを開発し、免疫複合体の着脱制御機構と組み合わせることで、*on-site* にてアレルギー濃度をモニタリング可能なシステムへと展開する。

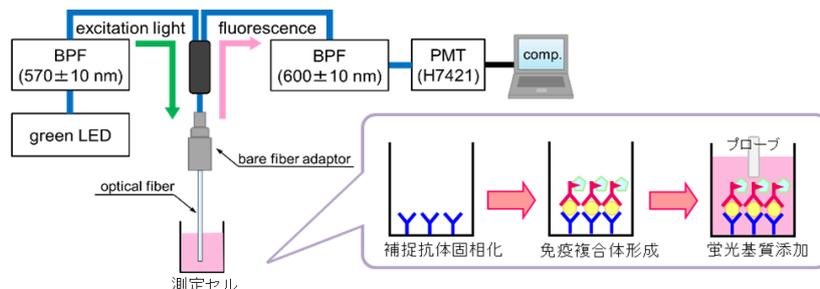


図 1. 光ファイバ型蛍光免疫計測システムと *Der f1* 計測手順の模式図

## ラットの睡眠時における脳波の研究

\*矢崎幸児(東海大学開発工学研究科医用生体工学専攻)、中村真也(東海大学開発工学部医用生体工学専攻)  
 安藝史崇(秋田大学大学院工学資源学研究所)、木村達洋(東海大学基盤工学部医用福祉工学科)  
 山崎清之(東海大学工学部医用生体工学科)、\*\*田所裕之(東海大学開発工学研究科医用生体工学専攻)

### 1. はじめに

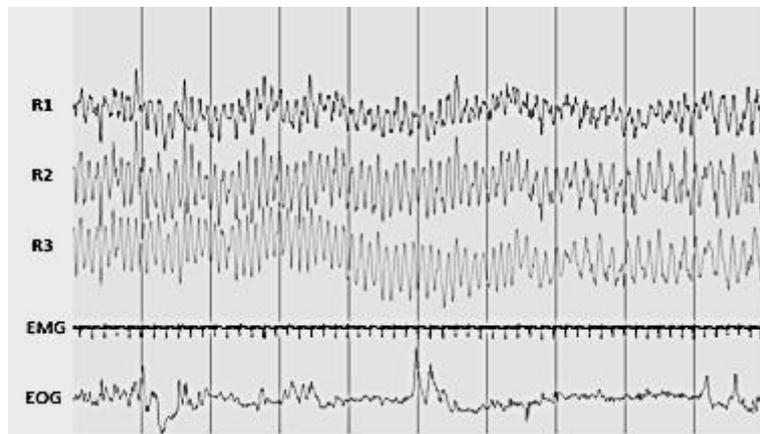
本研究室では、ラットを用いて様々な条件下での脳波、誘発電位の研究を行ってきた<sup>(1)</sup>。こうした研究の中でも、睡眠導入剤などの中枢作用性薬剤を用いた研究においては、睡眠脳波の基礎的検討は不可欠であると考えられる。そこで、本研究ではラット汎用計測システム(MUPREMS)を用いて脳波の測定を行い、ラットの睡眠時の脳波を行動記録と共に検討した。

### 2. 方法

ラット脳波の測定には、あらかじめ電極を埋め込んだ10~16週齢の雄性Wistarラットを使用した。また、測定には筋電図および眼電図の測定も同時に行った。測定機器には、汎用デジタル脳波計(Nicolet One:VIASYS)を使用した。脳波(EEG)、眼電図(EOG)のサンプリング周波数は128Hz、筋電図(EMG)のサンプリング周波数は512Hzに設定。各フィルタの通過周波数帯域は脳波0.5Hz~35Hz、眼電図0.5Hz~60Hz、筋電図は5~1000Hzに設定した。頭部電極と測定用ケーブルを接続し、専用ケージに入れて24時間測定をした。行動記録は赤外線カメラを使用し、12時間サイクルを明暗環境下で測定を行った。解析は行動記録上、ラットが睡眠状態である区間の脳波の評価を行った。

### 3. 結果と考察

MUPREMSを用いてラットの脳波を観察した結果、多くの区間で覚醒脳波と睡眠脳波との明確な差が観察された。また、行動記録上で睡眠状態にある区間で覚醒用波形やさざ波様波形が観察された。こうした波形の中でもさざ波様波形の一部では、眼電図でRapid Eye Movement(REM)が観察され、筋電図では筋の脱力が観察された(下図)。以上のことから、この区間はラットがREM睡眠を行っている状態であると考えられる。今後は睡眠導入剤などの薬剤を用いた睡眠脳波の変化や、断眠実験を行った際の行動、脳波の変化などを観察していきたい。



ラットのREM睡眠中の脳波例

#### 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)

## 指先の接触動作と屈曲検出に関する基礎的研究

\*小嶋 祐登、 \*\*影山 芳之(東海大学大学院開発工学研究科医用生体工学専攻)

### 1. はじめに

近年では指先から触覚や質感を計測する研究が多数報告くされている。接触力と指先の屈曲を検出する方法として、爪甲上にセンサを設置し爪床の色変化から計測する手法が野村らにより報告され[1]、安藤らにより、接触と指先の屈曲成分を分離に関する研究がされている[2]。そこで本研究では爪床の周波数成分から、指先の「屈曲」動作そして接触に関わる「押し」や「撫で」など動作を検出する方法を検討した。

### 2. 方法

試作した装置はこの装置では、血流の変化を測定するセンサとしてフォトリフレクタ (TPR-105F)を使用し、センサの制御とパーソナルコンピュータへ計測した波形を出力する Arduino から構築されている。実験は爪に既往歴のない 20 代の男性 4 名に行った。センサを、被験者の右手人差し指の爪甲上に両面テープで固定した後、ブザーの音に合わせ平面に対して 1 N の力で「押し」動作と「撫で」動作、「屈曲」動作を 10 回ずつ行わせ、また、比較のために動作を行っていない「平常」状態を 10 秒間測定した。次に、測定した波形を Arduino 内にて 10bit 8MHz で A/D 変換され、コンピュータへ 10ms 毎に送られ、コンピュータにより FFT 解析し、指先の接触と周波数特性の関係性を検討した。

### 3. 結果

動作を行っていない「平常」状態と「押し」動作「撫で」動作における周波数解析の結果を図 1 に示す。撫で、屈曲では 1Hz 前後と 2Hz～3Hz にピークが観られた。押し動作では、撫で、屈曲とは異なり、2Hz 以降の周波数成分が観られず、また 1～2Hz の周波数成分の強度に減少が観られた。

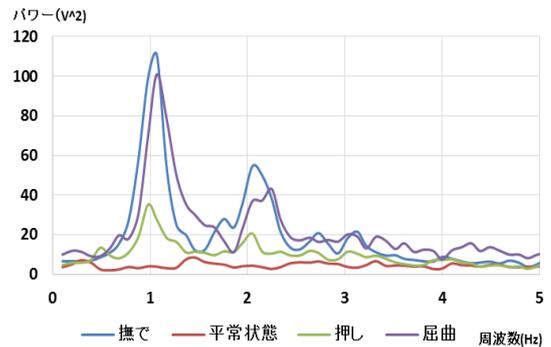


図 1 各動作における周波数分析の結果

### 4. 考察と結論

結果より周波数特性から動作を検出できる可能性を示すことができたと思われる。しかしながら「撫で」と「屈曲」動作では周波数特性に違いが観られず、「屈曲」動作の検出は困難であると思われる。先行研究[1][2]では接触と屈曲で爪床血流の変化に部位差があることが報告されている。したがって、屈曲の検出を行うためには計測部位差を検討する必要があると考えられ、今後の課題として複数のセンサを爪甲に設置し、各動作時と部位差による周波数特性の変化について検討を行っていく予定である。

### 5. 参考文献

- [1] 野村, 前田 爪センサーを用いた指の接触及び屈曲検出の研究, 日本パーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.6, No.3 pp.215-220, (2001).
- [2] 安藤 独立成分分析による爪装着型センサの接触力と屈曲の分離 日本パーチャルリアリティ学会論文誌 Vol.8, No 4, pp 379-387, (2003)

## 非接触状態による咀嚼回数測定方法について

- \* 志田 和磨（東海大学大学院開発工学研究科医用生体工学専攻）、  
 \*\* 影山 芳之（東海大学大学院開発工学研究科医用生体工学専攻）

### 1. はじめに

現在までの咀嚼回数測定方法には、筋電図や圧力センサ、スイッチなどを使用し測定していく方法がある。しかしながらこれらの方法は、顎関節部位にセンサを装着する、口腔内にセンサを挿入するなど、頭部をある程度拘束する状態になる。これにより咀嚼を行う際、センサ装着しによる違和感によって、咀嚼行為への集中が難しくなり、日常生活と同様の咀嚼回数の測定が困難になる。そこで本研究ではこれらの問題点解決のため、頭部や口腔内にセンサを装着せずに被験者の咀嚼回数を測定するため、Microsoft社のモーションセンサ Kinect を使用して、非接触状態における咀嚼回数測定を行い実用化について検討を行ったので報告する。

### 2. 測定装置

測定には Kinect を使用する。Kinect の特徴としてマーカ等を使用することなく、人の動きを追跡することができる。Kinect にはこれと同様に人の顔を認識する Face Tracking 機能がある。この機能を使用し咀嚼時の口腔付近の動きを非接触で測定を行った。測定に使用するソフトウェアとして、被験者の口腔付近の動きを特徴点として指定することで認識し、2次元座標データで取得することのできるソフトを開発した。座標データを 100ms に一回取得させ、取得した座標データは咀嚼時に動くことのない眉間付近の点を基準点として、そこから口腔付近の点との距離の変化を変化量とし咀嚼回数を算出した。

### 3. 実験方法

20代の健常歯である男性被験者 10 名に Kinect の前方 60cm の距離に座らせ、咀嚼試料としてチューインガムを口腔内に含んでもらい、10 回咀嚼をするように指示した。その後咀嚼時の口の動きと会話時の口の動きを比較するために、同様に 10 回咀嚼を行った後に「あいうえお」と発話してもらった。

### 4. 結果

10 回咀嚼での計測の結果、平均 10.1 回、標準偏差 0.52 であった。図 1 に示すように、発話の場合は咀嚼時の変化量が 0.1 以上に対し、増減が 0.1 未満であり発話時の口腔付近の動きが咀嚼時に対し、極めて小さいことがわかる。

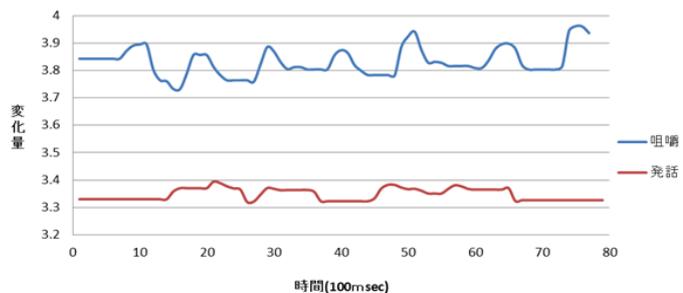


図 1 咀嚼時、会話時、比較図

### 5. まとめ

実験の結果、非接触状態において咀嚼回数の測定を行うことができた。また会話時に比べると、咀嚼時の口腔付近の変化量は約 2 倍ほどであり、咀嚼時と会話時の動きを判別することは可能であると考えられる。今回は咀嚼動作の測定を行ったが、今後測定精度の向上と共に、嚥下動作検出についても検討を行っていく予定である。

### 6. 参考文献

田中英明他 4 名、咀嚼検出デバイスを用いた食感拡張システムの提案、日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 vol116, 33E-1, 2011, 09, 20

## LED アレイを用いた皮質下視覚神経核における分光波長感度特性評価システムの開発

明珍徹哉(東海大学大学院工学研究科情報理工学専攻)、坂本悠馬(東海大学大学院工学研究科情報理工学専攻)

西秋智博(東海大学大学院工学研究科情報理工学専攻)、古賀靖子(九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門)

高雄元晴(東海大学情報理工学部)

**1. 緒言** 長年、マウスは小さいばかりか脳の形態も個体差が大きく、ラットに比べ実験動物の対象として視覚研究には用いられてこなかった。しかし近年、視覚研究において、マウスは実験動物として多用されるようになってきている。なぜなら、マウスは遺伝子改変動物の作製が可能であるだけでなく、二色型の錐体を有することから色覚の動物モデルとしての利用が期待されているからである。

一般的に、イメージ形成に関わらない視覚系に関わる皮質下神経核には、麻酔やストレスの影響を受けやすいものが多い。このため、非拘束自由行動下で、これらの神経核を構成するニューロンの分光感度を測定することが望ましい。我々は本学会において、LED アレイを用いて、非拘束自由行動下マウスに狭帯域光刺激を行うシステムを製作し、その有用性について検討した結果を報告する。

**2. 方法** 外部に反射板を設置した乳白色のポリエチレン製ケージ(縦 195mm、横 290mm、高さ 190mm)の天井面に LED アレイと拡散板を設置した装置を作製した(図 1 左)。マウスは、このケージ中で非拘束で自由に行動できるよう構成されていた。なお、床面上の照度は均一であった。

実験には、3~5 ヶ月齢のオスのマウスを使用した。なお、実験の開始まで、朝 8 時点灯、夜 8 時消灯の LD 12:12 の照明環境下で最低 3 週間以上継続して飼育された。実験前日、光同調を避けるために、夜 8 時から 24 時間、恒暗環境下に置いた後、1 時間光照射を行った。なお、光刺激は、統制条件としての恒暗環境(24 時間恒暗環境下においたのち、さらに 1 時間恒暗環境下にマウスを置き続けた)、放射照度で統制した 360nm、400nm、501nm 及び 612nm の 4 種類であった。光照射後、深麻酔下でマウスを、4%パラホルム水溶液ですみやかに灌流したのち、脳切片を作製し、転写因子 c-Fos の免疫組織染色を行った。なお、転写因子 c-Fos はニューロンの活動にもなって発現することから、組織学的な活動マーカーとして多用されている。

**3. 結果と考察** 視交叉上核では、恒暗環境と全ての波長との間で有意差が見られた。また、400nm と 501nm の間、501nm と 612nm の間でも有意差が見られた。(ANOVA,  $p < 0.05$ ) (図 1 右)。

このシステムを用いて、我々は、視覚系に関わる皮質下神経核を構成する視覚ニューロンの分光感度を測定する事に成功した。

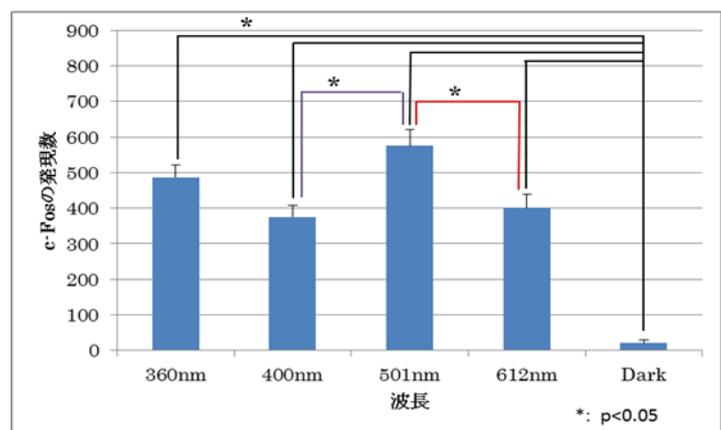


図 1 装置外観 (左)、視交叉上核での c-Fos の発現数 (右)

運動刺激に対する時間予測に輝度は影響するのか？

\*宮島浩明（東海大学大学院工学研究科情報理工学専攻）、\*\*高雄元晴（東海大学情報理工学部情報理工学科）

[はじめに]

夜間、道路渋滞時に追突事故が発生しやすいことは良く知られている。これは、ドライバーの不注意によるものばかりでなく、自動車が停止するまでの時間予測を誤ったことによってブレーキを踏み遅れることも原因のひとつとして挙げられる。本研究では、運動する物体の知覚すなわち運動知覚（motion perception）の予測に及ぼす視覚刺激の輝度の影響について報告する。

[実験方法]

2種類の実験を暗順応下で行った。視覚刺激はともに収縮あるいは拡大する同心円であった。なお、運動速度は2.9度/秒であった。第1実験は、同心円が収縮する運動刺激と、同心円が拡大する運動刺激を被験者に提示した。この運動刺激は途中で同心円の収縮（拡大）が停止する。被験者に、運動刺激が停止後、同心円が指定された大きさの円（目標円）と同じになる時間を予測させた。なお、予測時間は、運動刺激開始から被験者に指定したパソコンのキーボードを打鍵させるまでの反応時間とした。運動速度は一定であるが、提示開始後から停止するまでの偏心度を変化させた5パターンの運動刺激を第1実験で用いた。なお、背景輝度は120cd/m<sup>2</sup>、視覚刺激の輝度は0cd/m<sup>2</sup>であった。また、拡大刺激の目標円の大きさは14.9度、収縮刺激の目標円の大きさは1.0度であり、目標円に達する理論的時間は拡大収縮ともに5.1秒であった。第2実験は、同心円の運動刺激の大きさとの輝度を変化させた。

[結果及び考察]

第1実験の結果、収縮する運動刺激の提示開始後から停止するまでの偏心度が小さいと反応時間は短くなる傾向が見られた。拡大する運動刺激においても同様であった（データ不掲載。ともに、ANOVA, p<0.01）。なお、予測精度は拡大する運動刺激のほうが高かった。また第2実験の結果で、収縮（図1）では偏心度15.8°~4.6°と偏心度15.8°~9.2°で輝度毎の有意差が見られた。拡大（図2）では偏心度0.0°~4.6°と偏心度0.0°~9.2°で輝度毎の有意差が見られた。第2実験の結果から、収縮及び拡大ともに、輝度が高いほど予測精度が高くなると考えた。

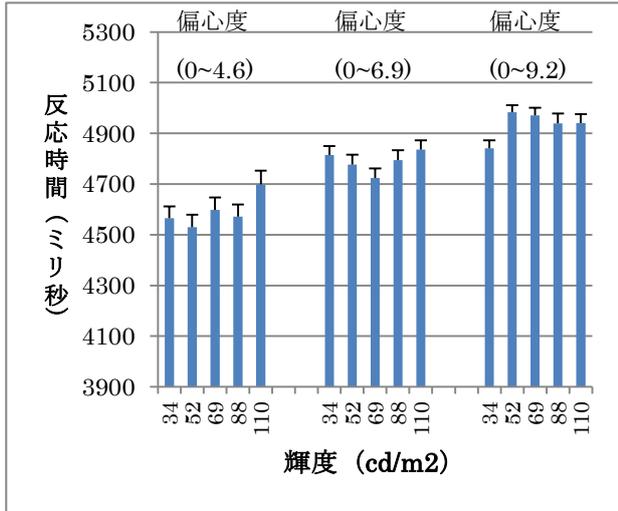


図1. 拡大する運動刺激の偏心度と輝度の相互作用

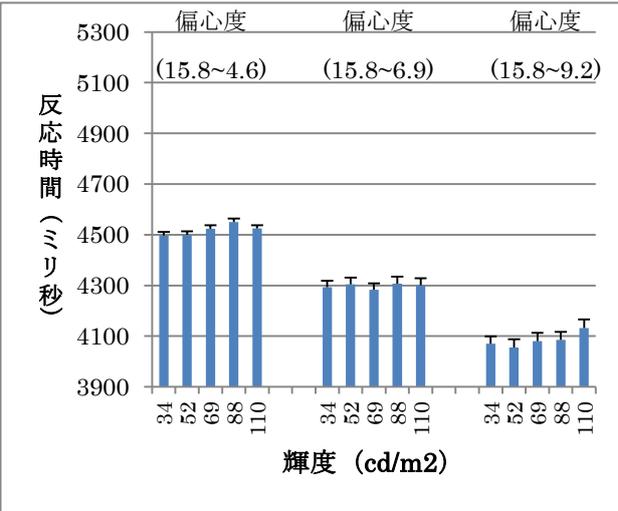


図2. 収縮する運動刺激の偏心度と輝度の相互作用

## プレパルスインヒビションに対する光環境の評価システムの開発

\*坂本悠馬、明珍徹哉、西秋智博（東海大学大学院工学研究科情報理工学専攻）

\*\*高雄元晴 教授（東海大学情報理工学部情報科学科）古賀靖子 准教授（九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門）

### 1. 緒言

現在、光刺激が脳に様々な影響を与えることが生理学的に証明されているが、行動に影響を与えることは証明されていない。そこで光刺激が行動に影響をあたえるかを行動学的に調査するために、プレパルスインヒビション（PPI）を用いた。プレパルスインヒビションとは、突然の刺激に対する驚愕反射が、その直前に驚愕を引き起こさない程度の弱い刺激を差し挟むことにより、驚愕反応が大幅に抑制される現象のことであり、注意の指標として用いられている。抑制率が高いほど、注意喚起度が高いといえる。一方、ヒトにおいて短波長の光により注意が喚起される現象について反駁する結果が多くの論文で報告されており、未だ一致した見解はえられていない。今後、先入観をもたない動物をつかって、短波長の光により注意が喚起されるか検討を行うために、プレパルスインヒビションに対する光環境評価システムを新たに開発したので報告する。

### 2. 実験方法

一定の温湿度に空調された12時間明暗サイクル環境下で飼育したマウスを被験体に用いた。固定したマウスを驚愕反射装置内に入れ、実験前の光刺激の影響をなくすため、30分間暗順応させた。今回用いた固定具は、現行のプレパルスインヒビションテストで用いられているアクリル製の固定具ではなく、針金を円錐状に編んだ固定具を用いた。これはアクリルの固定具が紫外線を透過せず、紫外線光環境下での実験を行えないためである。また、マウスが体を自由に回転できてしまい、安定したデータ測定ができなかったためである。その後、驚愕反射装置内を一定の波長の光で満たすために、光学フィルターと拡散器を通し光照射を行った。驚愕反射装置内外の様子をFig 1に示す。光刺激条件は360nm、400nm、480nm、600nm、光刺激を与えない場合（Dark）の5条件である。光照射量は、光量子束密度が4種類の波長で同程度（ $13.1 \log \text{ photons/cm}^2/\text{s}$ ）となるようにした。10分後、プレパルスインヒビションテストを開始した。なお、テスト終了まで、光照射は継続した。バックグラウンドノイズ（white noise, 60 dB）を出力し、5分間の探索時間（exploratory period）を設けた後、8kHz、120dB、40ミリ秒の音刺激を30秒ごとに計10回与え、基本的な聴覚の驚愕反応を測った。その後、4つの条件についてマウスの反応を見た。条件は(i)8kHz、120dBの音刺激（パルス）を40ミリ秒与えた場合、(ii)10kHz、90dBの音刺激（プレパルス）を20ミリ秒与えた場合、(iii)20ミリ秒のプレパルスを与えた100ミリ秒後にパルス（パルス）を40ミリ秒与えた場合、(iv)音刺激を与えない場合である。30秒毎に、それぞれの条件を20回ずつ、計80回の試行を疑似ランダムで行った。なお、これらの一連の操作は、コンピュータソフト（STARTFEAR Startle v1,3,04: Panlab HARVARD APPARATUS）を用い、予めプログラミングして行った。

### 3. 結論

今回開発したシステムにより、異なる光環境下における注意喚起度の測定をすることができた。今後、実験および解析を随時進めて、短波長の光の注意に関する影響について明らかにしていきたい。

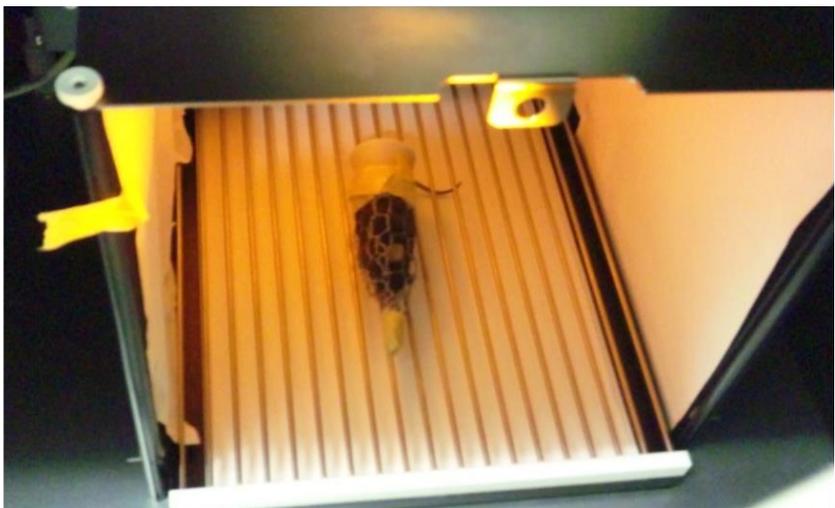


Fig 1 驚愕反射装置内外の様子

## 前日の生活パターンが昼間の眠気に及ぼす影響

\*田中聡 増子結奈 池卓美 \*\*山崎清之 (東海大学工学部医用生体工学科)

### 1 はじめに

健全な睡眠は健康な生活にとって重要な要素であり、一方さまざまな疾病がその初期において睡眠障害の兆候を示すことも知られている。睡眠が適切に取れたかどうかは、睡眠時間などのように量的な側面だけでなく、睡眠深度やパターンなど質的な側面も考慮することが必要である。本研究では夜間睡眠の質的側面を検討する方法として、翌日の昼間の短時間睡眠を観察し、睡眠時間や主観的な睡眠感との関連性を調べた。

### 2 方法

被験者にアンケートを配布し、前日の睡眠の状況を調査した。調査項目は就寝時刻、起床時刻、睡眠時間、中途覚醒の有無、飲酒の有無、就寝までの運動の有無、主観的睡眠感(5段階)などである。被験者にはシングルルーム内の簡易ベッドに仰臥させて脳波の測定をするが、その際眠ってしまっても良い、と指示をした。

デジタル脳波計を用い、両耳朶を基準とした単極導出で、10-20法のFz,C3,C4,P3,P4,O1,O2の7チャンネル及びEOGを、10分間、計測した。サンプリング周波数は100Hzで、精度は14bitである。各条件とも1分ずつ記録した。

得られたデータは、30秒を1ページとして目視により脳波の睡眠段階を判定した。脳波の判定は Rechtschaffen & Kales の基準によった<sup>[1]</sup>。

### 3 結果と考察

脳波を30秒を1セグメントとして目視により睡眠段階を判定し、その時間経過をグラフ化した。アンケートによる調査結果との関連性を見ると、よく眠れている翌日は、睡眠は少なく(居眠り)、覚醒時間の割合が多かった。一方で、時間的にも質的にも不十分な睡眠の翌日は、昼間に睡眠可能な状況下で必ずしも眠れるわけではなく、不完全な睡眠移行状態が継続するケースが見られた。

[1] Rechtschaffen A & Kales A. A Manual of Standardized Terminology, Techniques and Scoring System for Sleep Stages of Human Subjects. US Government Printing Office, Washington, DC, 1968

言語性および非言語性課題解決過程の脳波の検討

\*増子結奈 石井彩織 田中聡 \*\*山崎清之 (東海大学工学部医用生体工学科)

1 はじめに

課題解決においては、題意を分析する際に言語的思考過程が介在する場合と、言語化されずに空間的な認識や直感による場合とが考えられる。脳血管障害等の症例では、脳の損傷部位によってさまざまな症状が伴うが、損傷部位が言語野を含むかどうかで明らかに結果が異なる。本研究では、高次認知機能を要する課題解決事態における言語性要素の脳波学的な理解に向けて、言語性および非言語性の処理を要する課題を被験者に解かせ、その際の脳波を記録、解析した。

2 方法

デジタル脳波計を用い、紙面に印刷した課題を解かせ、脳波を計測した。用いた課題は、(1)言語性課題として単語の同義語・反義語等を問う問題、(2)非言語性課題として図形の展開図等の問題の2種類とした。(図1)

脳波は、両耳朶を基準とした単極導出で、10-20法のC3,C4,P3,P4,O1,O2,Fz,の7チャンネルである。サンプリング周波数は100Hzで、精度は14bitである。各条件とも1分ずつ記録した。得られたデータは、5.12秒を1セグメントとして分割してFFTを用いて解析し、パワスペクトルを計算した。

3 結果と考察

得られたパワスペクトルからα帯域(8-13Hz)とβ帯域(14-20Hz)それぞれの面積を求め、出現量とした。言語性課題の場合、左側C3において右側C4に比べてα成分の出現量が低下する傾向が認められた。他の測定部位での左右の差異は明確ではなかった。α帯域成分出現量のβ帯域との量的関連性も含めて検討した。

問1. 次の語句について、同意語をAからEの中から選びなさい。

①交渉

A 主張  B 干渉  C 議論  D 交易  E 折衝

②歴然

A 完全  B 明白  C 必然  D 超然  E 歴年

③知己

A 親友  B 経験  C 自己  D 知識  E 家族

④遺恨

A 宿怨  B 遺言  C 悔恨  D 後悔  E 残念

① 次の展開図のうち立方体をつくれぬものをすべて選びなさい。

図1. 言語性問題例(左)、非言語性問題例(右)

## 創造性テスト遂行時の脳波の検討

\*石井彩織 増子結奈 武士沙菜美 \*\*山崎清之 (東海大学工学部医用生体工学科)

### 1 はじめに

課題解決場面においては、論理的な手順を用いて演繹的に解決する方法と、ヒューリスティックな仮説形成によって自己発見的な問題解決が行われる場合とがある。条件を満たす事物の想起を課題とした場合、後者の処理過程が動員されていると考えられる。このような創造的活動時の脳波学的な理解に向けて、創造性テストを遂行させ、その際の脳波を記録、解析した。

### 2 方法

デジタル脳波計を用い、紙面に印刷した課題を解かせ、脳波を計測した。使用した課題は、思考能力を問う問題等である(図1)。

脳波は、両耳朶を基準とした単極導出で、10-20法のC3,C4,O1,O2,Fzの5チャンネルである。サンプリング周波数は100Hzで、精度は14bitである。各条件とも1分ずつ記録した。

得られたデータは、5.12秒を1セグメントとして分割してFFTを用いて解析し、パワースペクトルを計算した。

### 3 結果と考察

得られたパワースペクトルから $\alpha$ 帯域(8-13Hz)と $\beta$ 帯域(14-20Hz)それぞれの面積を求め、出現量とした。創造性課題の場合、左側C3において右側C4に比べて $\alpha$ 成分の出現量が低下する傾向が認められた。他の測定部位での左右の差異は明確ではなかった。 $\alpha$ 帯域成分出現量の $\beta$ 帯域との量的関連性も含めて検討した。



図1 創造性テストの課題の例

問、 図1を見て、何をしようとしてこのような状況になったか、あるいは何が原因でこのような状況になったかを、5分間考えてください。

(Torrance, 1975)

## 動的錯視図形注視時の脳波の検討

\*守屋綾二 田中雅之 石井彩織 \*\*山崎清之 (東海大学工学部医用生体工学科)

### 1 はじめに

ヒトが外界から情報を得るうえで、視覚の役割は極めて重要である。対象物の動きを認識する運動知覚には、網膜上に投影された対象物が移動することで得られる実際の運動視と、現実には移動していないが主観的には移動しているように感じる、動的錯視の2種がある。動的錯視は完全な静止画像でありながら、注視することにより図形が移動したり、回転するように見える現象のことで、大脳皮質 MT 野 (V5) が関与しているとされているが、詳細な脳内メカニズムは不明な点が多い。

本研究では、動的錯視図形を注視させた際の脳波を計測し、スペクトル解析を行い、各種周波数成分の出現様式と錯視との関連性を検討した。

### 2 方法

デジタル脳波計を用い、ノート PC のモニタ上に刺激図形を提示し、被験者に注視するよう指示して脳波を計測した。用いた刺激図形は、(1)北岡の回転錯視<sup>(1)</sup>を参考に作成した回転錯視画像、(2)PowerPoint のアニメーション機能を用いて実際に回転する通常図形(円形、反時計回り、 $12^{\circ}/\text{sec}$ )さらに対照図形として静止図形、の3条件とした。

脳波は、両耳朶を基準とした単極導出で、10-20法の C3,C4,T3,T4,T5,T6,O1,O2 の8チャンネルである。サンプリング周波数は100Hzで、精度は14bitである。各条件とも30秒ずつ記録した。

得られたデータは、5.12秒を1セグメントとして分割してFFTを用いて解析し、パワースペクトルを計算した。

### 3 結果と考察

得られたパワースペクトルから $\alpha$ 帯域(8-13Hz)と $\beta$ 帯域(14-20Hz)それぞれの面積を求め、出現量とした。錯視を誘発しない図形に比べ、錯視図形または回転図形の場合で、 $\alpha$ 成分の出現量が低下する傾向が認められた。錯視と実回転両条件間での差異は明確ではなかった。ここでは測定部位による差も含めて報告する予定である。

### 4 文献

[1] 北岡：錯視入門 朝倉書店

## ラット SVR における聴覚刺激間隔の影響について

\*中村真也（東海大学大学院開発工学研究科医用生体工学専攻）、矢崎幸児（東海大学大学院開発工学研究科医用生体工学専攻）、木村達洋（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、山崎清之（東海大学工学部医用生体工学科） \*\*田所裕之（東海大学開発工学研究科医用生体工学専攻）

### 1. はじめに

我々はこれまで、聴覚誘発電位 SVR (Slow Vertex Response) を用いてラットの聴覚特性を検討してきた。見目は、各周波数における SVR の振幅と潜時を検討してラットの聴覚特性を示し実験動物として利用する際のヒトとの相違に注意を促した<sup>1)</sup>。今回は適切な実験条件の探索を目的として、音刺激周波数および提示強度を固定し、刺激間隔による SVR の応答の違いを検討した。

### 2. 方法

あらかじめ手術にて電極を埋め込んだ Wistar ラット 4 匹を対象に SVR を測定した<sup>1,2)</sup>。記録には誘発電位計 (VIKING QUEST) を用いた。信号発生装置にて作成した正弦波を外部トリガーにて約 1 分間連続で、測定ケージ横に設置したスピーカーから自由行動下にて聴取させ、この時の SVR の記録を行った。解析時間は 500ms、加算回数は 100 回とした。刺激周波数は 8kHz、強度は 100dB (SPL) とし、刺激間隔を 1.25, 0.90, 0.77, 0.67, 0.53s の 5 種類の条件で SVR を計測した。また、解析後の次の計測へ移行する前に 1 分間の休憩をはさんだ。

### 3. 結果

図 1 に、振幅の変動量と刺激間隔の関係を示した。SVR は明瞭な単一ピークを示さず、条件による潜時のばらつきも大きかったため、振幅変動量を刺激後 200ms までの区間における振幅最大値と最小値の差とした。比較的短い刺激間隔では、振幅変動が小さかった。

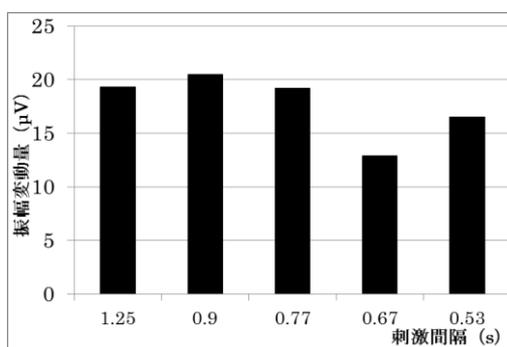


図 1 音刺激間隔と SVR 平均振幅変動量の関係 (n=3)

### 4. 考察と結論

ヒトであれば、聴覚性 SVR で刺激後 200ms の区間に N1 ピークが観察されるが、本研究では条件間での潜時の分散も大きく、試行ごとの個別変動 (jitter) も大きいと考えられ、更に単一ピークが明瞭に認められない例も多かったため、振幅変動性を指標として検討した。刺激間隔が短い場合に変動性が減少することから、大脳皮質におけるニューロンの集合的な意味での時間履歴特性または不応期の存在が推測された。今後はさらに実験例を増やして実験条件もふくめて検討する必要があると思われる。

### 5. 参考文献

- 1) 見目拓也, 中村真也 他 頭頂部緩反応を用いた動物実験用ラットの可聴域の検討 日本生体医学会東海支部大会、2011、p65
- 2) Yamakawa T et al :A study of simultaneously recording auditory evoked potentials (ABR,MLR,SVR) and P300 :Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 103 (1997) ,70

**LaNi<sub>4.6</sub>Al<sub>0.4</sub> 水素吸蔵合金の水素吸収速度に及ぼす電子線照射及びアルカリ処理の影響**

徳平 真之介（東海大学工学研究科応用理学専攻）、\*小野 大河（東海大学工学部エネルギー工学科）、爲廣 航（東海大学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）、原木 岳史（研究支援・知的財産本部技術共同管理室）、\*\*内田 裕久（東海大学工学部原子力工学科）

## [緒言]

水素吸蔵合金の水素吸収速度において、合金の表面状態は重要である。水素吸蔵合金は、大気中また真空中においても合金表面上には酸化被膜、水酸化被膜が形成される。金属と水素、水との反応は第一段階として、金属表面でのH<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>Oの解離から始まる。そのため、水素と水素吸蔵合金との反応は表面状態に非常に影響を受けるため、合金表面の改質は重要となる。

過去、本研究室では超高真空、高压水素ガス、電気化学的条件下でKOH、LiOH、NaOHによるアルカリ処理やフッ化水素処理、イオン照射による表面改質を行ってきた。本研究では表面改質を行うために電子線照射を行うこととし、電子線照射及びアルカリ処理による表面改質による水素吸蔵合金の水素吸収速度及び仕事関数の影響について調べることを目的とした。

## [実験方法]

測定試料にはLaNi<sub>4.6</sub>Al<sub>0.4</sub>粉末(3.2~2.8 μm)を使用し、組成確認にはXRF(蛍光X線分析)を用いた。また、構造解析にはXRD(X線回折)を用いCaCu<sub>5</sub>型六方晶構造を確認した。LaNi<sub>4.6</sub>Al<sub>0.4</sub>粉末は独立行政法人日本原子力研究開発機構高崎研究所にて電子線照射を行った。LaNi<sub>4.6</sub>Al<sub>0.4</sub>に行った電子線照射の照射条件は、照射エネルギー[1MeV、2MeV]、照射量[1.0×10<sup>17</sup>cm<sup>2</sup>]、照射雰囲気[大気中]である。電子線照射後、6M-KOH溶液に室温で2時間浸して、3日間大気乾燥させたものを使用した。実験装置には、ジーバルツ装置[到達真空度6×10<sup>-4</sup>Pa、真空リークレート3×10<sup>-6</sup>Pa・1/sec]を用いた。水素ガスは純度7N(99.99999%)のものを使用した。水素吸収速度の測定は、水素印加圧力2MPaの条件で行った。

仕事関数装置で用いた試料はバルク状のものを使用した。測定値は1試料に対し10回、繰り返しを行い、最大値と最小値を除いた値の平均値とした。

## [実験結果]

電子線照射を行った試料と未照射の試料の仕事関数を比べると、1MeV、2MeV、未照射の順に仕事関数が低い結果となった。水素吸収速度の結果や詳細については当日ポスターにて発表する。

## MA（メカニカルアロイング）法により作製した TiFe 合金の初期水素吸収速度及び仕事関数に関する研究

\*爲廣 航（東海大学大学院工学研究科応用理学専攻）、蝦名 雄貴（東海大学大学院工学研究科応用理学専攻）、

\*\*内田 裕久（東海大学大学院工学研究科応用理学専攻）、佐藤 正志（東海大学工学部応用化学科）

### [緒言]

水素吸蔵合金は圧力・温度に応じて可逆的に水素を吸放出できる合金で、水素の利用と貯蔵において重要な材料である。本研究で用いた TiFe 水素吸蔵合金は Ti, Fe の埋蔵量が豊富であり、一般的に用いられている希土類系水素吸蔵合金と比較しても価格が安く、平衡水素圧が室温で 0.3MPa 程度という利点から定置用水素貯蔵媒体として実現化の可能性が大きいと期待されている合金である。

しかし、この合金は活性化が非常に難しく、初期状態では、水素の吸収・放出をしない。活性化処理のためには、高温と高圧で水素吸収・放出を繰り返し行う必要がある。この改善策としてこれまで TiFe 合金に第 3 元素の添加や置換などが行われてきた。

本研究ではメカニカルアロイング（MA）法にて作製した TiFe 合金を用いて、MA 法が初期水素吸収速度に及ぼす影響を定量的に調べることを目的とした。

### [実験方法]

測定試料には、高純度化学研究所製の Ti (99.9%) と Fe (99.9%) の粉末を MA 法を用いて合金としたものと、標準試料として日本重化学工業製 TiFe 合金の 2 種類を使用した。MA 法はボールミル装置によって大気中で 90 時間行った。ボールミルの条件は振動型ボールミルを使用し Ti および、Fe の粉末をモル比 1 : 1 で配合した。ステンレス製ボールの直径は 12.7mm、投入比は重量比で試料 : ボール = 1 : 25、回転数は 345rpm で行った。組成確認には XRF（蛍光 X 線分析）を用いた。また、構造解析には XRD（X 線回折）を用いた。用量法（ジーベルツ型装置 : 到達真空度  $5 \times 10^{-4}$ Pa、真空リークレート  $1.9 \times 10^{-5}$ Pa・1/sec）を用いて、初期水素吸収速度を測定した。水素ガスは純度 7N (99.99999%) のものを使用した。初期水素吸収速度の測定は、300°C で 3 時間の熱処理後、水素印加圧力 5MPa の条件でそれぞれ初期水素吸収速度の比較を行った。

また、仕事関数装置を用い仕事関数の測定を行った。仕事関数装置で用いた試料は TiFe の粉末をプレスしてペレット状にしたものを使用した。測定値は 1 試料に対し 10 回、繰り返し測定を行い、最大値と最小値を除いた値の平均値とした。

### [結果及び考察]

標準試料の TiFe は水素の吸収を確認することができなかった。一方、MA 法で作製した TiFe は水素と容易に反応することができた。仕事関数の結果や詳細については当日ポスターにて発表する。

## 電子線照射が及ぼす水素吸蔵合金の電気化学的水素吸収速度への影響

\*徳平 真之介（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（東海大学大学院工学研究科応用理学専攻）

（実験目的）

水素吸蔵合金の電気化学的反応において、水分子は合金表面上で水素と水酸基に解離し、水素は合金内部へと侵入、拡散する。しかし、水素吸蔵合金は大気中または真空中において合金表面上に酸化被膜、水酸化被膜を形成するため、水素や水分子の解離が阻害され、水素吸収速度が低下する。したがって合金表面の状態は水素吸収反応の開始、及び水素吸収速度を決定する重要な要因となる。

そのため本研究では、過去に超高真空、高圧水素ガス、電気化学的条件下で KOH、LiOH、NaOH によるアルカリ処理<sup>1)</sup> やフッ化水素処理<sup>2)</sup>、イオン照射<sup>3)</sup> による表面改質を行ってきた。本研究では、表面改質の方法として電子線照射を試みた。電子は荷電粒子のひとつで、物質を通過する際に原子と相互作用し電離や励起を引き起こす。

本研究では表面を活性化させる効果を持つ電子線照射並びに酸素分圧の違いによる影響が水素吸蔵合金の電気化学的水素吸収速度への影響について調べることを目的とした。

（実験方法）

実験試料のペレットは粉体の  $\text{LaNi}_{4.6}\text{Al}_{0.4}$  と Cu 粉末を質量比 1 : 3 の割合で混合し、プレスして作成した。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  $\text{LaNi}_{4.6}\text{Al}_{0.4}$  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、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水素吸収速度を測定し、各サンプルとの比較を行った。

電子線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で行った。以下に負極である  $\text{LaNi}_{4.6}\text{Al}_{0.4}$  に行った電子線照射の照射条件を示す。

照射エネルギー	2MeV、1MeV
照射量	$1 \times 10^{17} / \text{cm}^2$
照射雰囲気	大気中、真空中

（実験結果）

大気中照射と真空中照射と未照射の 3 つの水素吸収速度を比べると、大気中での電子線照射したものはほかの二つのものより水素吸収速度が向上した。表面分析の結果や詳細については当日ポスターにて発表する。

（参考文献）

- 1) Haru-Hisa Uchida, Kumi Moriai, Kazuki Aoyama, Hiromi Kondo, Hirohisa Uchida *Journal of Alloys and Compounds* 253-254 (1997) 525-528
- 2) H. Uchida, T. Inoue, T. Tabata, S. Seki, H. Uchida, F. Aono, T. Nakazawa, H. Kikuyama, R. Hirayama *Journal of Alloys and Compounds*, Volumes 253-254, 20 May 1997, Pages 547-549
- 3) H. Abe, H. Uchida, Y. Azuma, A. Uedono, Z. Q. Chen and H. Ito *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 206 (2003) 224-227

## プラスチックフィルムと鋼ローラ間における動摩擦特性に関する実験的検討

\* 壽 祐輔 (東海大学大学院)、\*\* 砂見 雄太 (東海大学 工学部 機械工学科)、橋本 巨 (同左)

## 1. 緒言

近年、電子ペーパーや有機薄膜太陽電池など、基板にプラスチックフィルムを用いた高性能フレキシブル製品に関する研究が盛んに行われている。これら製品は高い形状自由度・耐衝撃性を有しており、今までの電子機器の固く・壊れやすいといった欠点を克服する次世代の製品として高い注目を集めている。また、上記製品の研究とともにその生産技術に関する研究も盛んに行われている。この生産技術として注目されているのが、ロール・ツー・ロール・プリンティッド・エレクトロニクス技術である。本技術は、フィルムを多数のローラによって支持・搬送し、電子回路印刷やラミネートなどの工程を連続的にいき、最終的にロール状に巻取る生産技術である。しかし、高い精度が要求される電子回路印刷において、基板となるフィルムの位置決め精度は最重要であるが、弾性体であるフィルムは張力によって容易に変形する。そのため、張力によるフィルムの変形を軽減することが求められており、また、製品の大量生産を可能とする低張力・高速搬送は必要不可欠な課題である。しかしながら現状では、低張力・高速搬送を行った際の製品製造が困難であるため、この技術の実用化は達成されていない。ロール・ツー・ロール搬送方式ではフィルムとローラ間の摩擦力のみによってフィルムが搬送されるため、低張力・高速搬送を行った際にはフィルムとローラ間に空気膜が形成され、搬送が不可能となる。そこで本研究では、張力、速度を変化させ、異なる膜厚さのフィルムを用い、プラスチックフィルムとローラ間の動摩擦特性について実験的に検討した。

## 2. 実験装置および方法

本実験では、図1に示す装置を用いて動摩擦係数を算出した。プラスチックフィルムを鋼ローラ上に設置し、3本のガイドローラを介してロードセルおよびおもりをそれぞれ両端に取り付け、その後ローラを回転させることによって生じる張力差をロードセルで検出し、以下に示すオイラーのベルト公式から動摩擦係数を算出した。

$$\mu_k = \frac{1}{\theta} \ln \frac{T + \Delta T}{T} \quad (1)$$

ここで、 $\mu_k$ は動摩擦係数、 $\theta$ は巻き角( $=\pi/3$ )、 $T$ はローラ静止時の張力、 $\Delta T$ は各ローラ周速度時の張力をそれぞれ表している。

また本実験では、3種類の膜厚さのポリエチレンテレフタレート(PET)フィルム ( $t_w=6, 12, 50[\mu\text{m}]$ )を使用した。実験時には、張力を  $T=40, 80, 120[\text{N/m}]$  に設定し、ローラ周速度を徐々に上昇させながら動摩擦力の測定を行った。

## 3. 実験結果

図2(a)~(c)は、各張力時における動摩擦係数の結果を示している。図中の横軸はローラ周速度  $U_r$  [m/s]を、縦軸は動摩擦係数 $\mu_k$ を示している。また、図中のプロットは3回測定の平均値を示し、エラーバーはそのばらつきを示している。同図より、ローラ周速度 0~0.5[m/s]の領域では、速度の上昇に伴い動摩擦係数が減少する傾向が見られた。この要因として、フィルムとローラ間に巻込まれる空気量が増加したためだと考えられる。また、ローラ周速度が 0.5[m/s]以上の領域では、動摩擦係数の減少傾向が小さくなる。これは、フィルムとローラ間に巻込まれる空気量が更に増加し、混合潤滑から流体潤滑に遷移したためだと考えられる。さらに、フィルム膜厚さの減少に伴い、動摩擦係数も低くなる傾向が見られる。これは、フィルムの曲げ剛性による影響だと考えられる。曲げ剛性は膜厚さに対して3乗で比例するため、薄いフィルムほど曲げ剛性が低く、巻込まれた空気により変形すると考えられる。それにより、フィルムとローラ間の空気膜が増大し、動摩擦係数が減少したと考えられる。また、膜厚さごとに結果を比較すると、張力の増加に伴い動摩擦係数は減少していることが見て取れる。これは、張力の増加によってフィルムとローラ間に空気が巻込まれ難くなったためと考えられる。

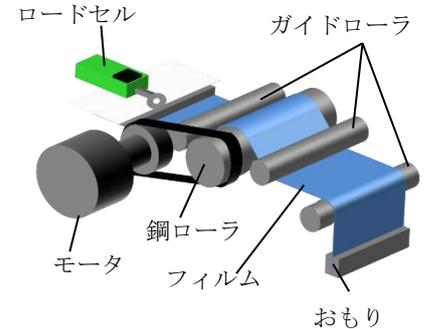


図1 実験装置の概略

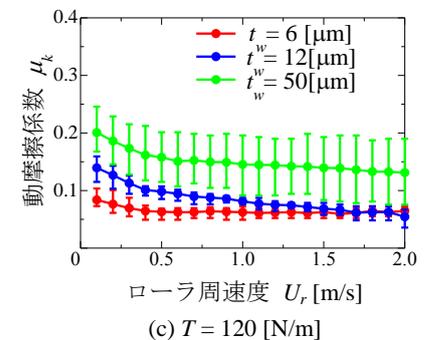
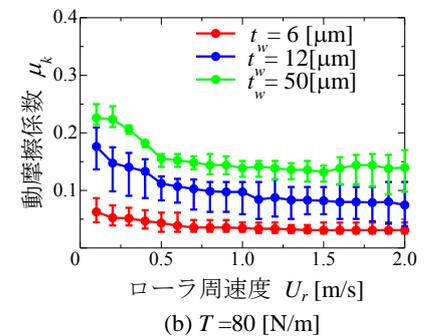
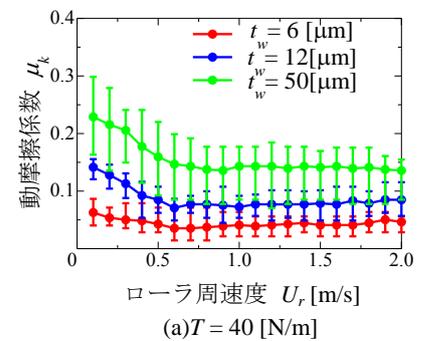


図2 各張力時におけるローラ周速度の変化に伴う動摩擦係数

## 湿度変化が及ぼすプラスチックフィルムと鋼ローラ間における静摩擦力の測定

\*藤原 靖 (東海大学工学研究科機械工学専攻)

\*\*砂見 雄太 助教 (東海大学工学部機械工学科), 橋本 巨 教授 (同左)

## 1. 緒言

近年、薄膜フィルムを基板に電子回路を印刷するプリンティッド・エレクトロニクス (PE) を用いた、電子ペーパーや薄膜太陽電池といったフレキシブル電子デバイスの開発が進められている。これら製品の生産を高効率化する新たな方式として、ロール・ツー・ロール・プリンティッド・エレクトロニクス (R2RPE) が期待されている。R2RPEとは、製品の基板となるフィルムを多数のローラにより張力を与えることで、支持・搬送し、多数の工程を連続的に行うロール・ツー・ロール (R2R) 方式に PE の工程を導入することにより、低コストかつ大量生産を可能とする技術である。しかし現状では、印刷工程における位置決め精度が大きな問題となり、この方式の適用は一部の製品に留まっている。位置決め精度が低下する要因の一つに、搬送時におけるフィルムの蛇行運動が挙げられる。この蛇行運動はフィルムとローラ間の摩擦状態の変化に起因しているが、この摩擦状態が変化する要因については未だ多くが明らかになっていない。そこで本研究では異なる膜厚さのフィルムを使用し、湿度、張力を変化させ、プーリ法を用いてフィルムとローラ間の静摩擦力を測定した。

## 2. 実験装置および方法

本実験では、フィルム搬送方向におけるフィルムとローラ間の静摩擦力を測定するために、帯状の物体と円筒面間の摩擦を考える際に用いられるプーリ法を使用した。Figure 1 にその実験機構を示す。

実験の際、まず静止した試験ローラ上に試験片 (幅 20[mm]×長さ 300[mm]) を乗せ、試験片の両端に荷重を設置し張力を与える。その後、出力側のみに荷重を加えていき両端の張力差を大きくすると、試験片がローラ上から滑り始める。このときの両端の張力をオイラーのベルト公式 (1) に代入し、フィルムとローラ間の静摩擦係数を算出する。

$$\mu_s = \frac{1}{\theta} \ln \frac{T_{\text{exit}}}{T_{\text{inlet}}} \quad (1)$$

このとき、 $\theta$  はフィルムのローラに対する巻角を表し、本実験では  $\theta=180^\circ$  に設定した。なお、試験ローラにはローラ軸方向に直径が均一な円筒ローラ (半径 40[mm]×幅 500[mm]) を、試験片には膜厚さ 6, 12, 25[ $\mu\text{m}$ ] の PET フィルムを使用した。また、入力側の張力を 6, 12, 25[N/m] に設定することでフィルムに与える張力を変化させ、さらに製作した恒湿槽内のローラ周囲の相対湿度を 30~80[%] の範囲で変化させ静摩擦力を測定した。

## 3. 実験結果および考察

Figure 2(a), (b) にそれぞれ膜厚さ 6, 12[ $\mu\text{m}$ ] のフィルムを用いた際のフィルムとローラ間の静摩擦係数を示した。同図の横軸は相対湿度を、縦軸に静摩擦係数を示し、各プロットはそれぞれ入力側の張力を表している。同図より、膜厚さが薄いほど湿度の上昇に伴い静摩擦係数が上昇し、さらに低張力であるほどその傾向は顕著に現れている。この要因として、膜厚さの減少に伴うフィルムの曲げ剛性の低下、湿度の上昇に伴うメニスカスの作用、そして張力の減少に伴うローラ表面の粗さに対する追従性向上が挙げられる。フィルムのような弾性体と高い剛性を有するローラが接触する際、膜厚さの薄いフィルムは曲げ剛性が低いことからローラ表面の粗さに対して追従すると考えられる。このとき、湿度の上昇に伴いフィルムとローラ間に二面間を引き寄せるメニスカス力により、フィルムはローラに対してさらに追従する。ここでフィルムの出力側に張力を加えていくと、フィルムはローラの粗さを乗り越えるように働き、追従部に抵抗力が働く。すなわち、この抵抗力が静摩擦力である。また、弾性体であるフィルムが高張力時に引っ張られるのに対し、低張力時にはローラの粗さに対してフィルムは弛むように接触するため、アンカー効果により抵抗力が発生する。したがって、膜厚さが薄く、高湿度・低張力であるほど、高い静摩擦係数を示したと考えられる。

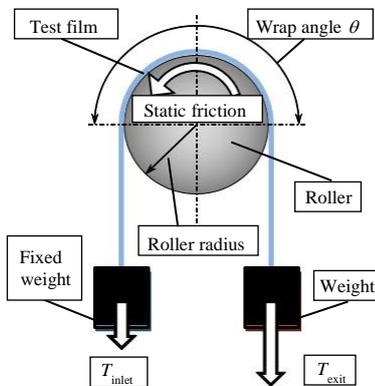


Fig.1 Experimental apparatus

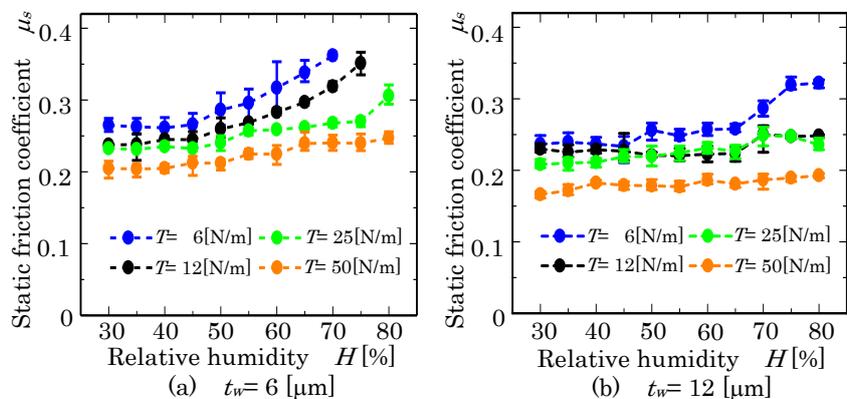


Fig.2 Effect of environmental humidity on static friction coefficient

## イオンプレーティングにおけるイオンのエネルギー測定

\*福富隆弘(東海大学工学部原子力工学科)、天野真央(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】真空中において加熱・蒸発させた金属蒸気をイオン化し、負の電圧を印加させた基板に衝突させて薄膜を作製するイオンプレーティング(IP)法は、機械部品の表面硬化や装飾品の着色皮膜等の分野において利用されている。我々はこれまで、IP法を用いることによりFe系の過飽和固溶体薄膜が作製できることを報告してきた。<sup>1)</sup> その際に溶質原子が過飽和に固溶できるのは、放電により生じた金属イオン等の高エネルギー粒子が持つ過剰エネルギーによるものだと考えられる。そこで、成膜の際のプラズマ特性を測定することにより、蒸着粒子の持つ過剰エネルギーが過飽和固溶体形成に与える影響について検討を行った。

【実験方法】本研究ではIP装置を用いて研究を行った。IP装置では電子ビーム加熱よりFe(純度4N)を融解・蒸発させた。蒸発源と基板間に設置した放電電極に正電位を印加することによって蒸発した金属粒子をプラズマ化させ、基板との電位差によりイオン化粒子を加速させることで薄膜に過剰エネルギーを投入した。

本研究では基板に投入される過剰エネルギーを蒸発粒子の運動エネルギー、蒸発粒子のイオン化率、蒸発粒子の温度と基板温度から見積もった。過剰エネルギー $E_e(MJ \cdot mol^{-1})$ をアボガドロ定数 $N_A(mol^{-1})$ 、素電荷 $e(C)$ 、イオン化率 $i$ 、プラズマ電位 $V_S(eV)$ 、基板電位 $V_{Sub}(V)$ 、ボルツマン定数 $k(J \cdot K^{-1})$ 、熱蒸発粒子の温度 $T_{met}(K)$ 、基板温度 $T_{sub}(K)$ より次の式を用いて求めた。

$$E_e = N_A \{ ei(V_S - V_{sub}) + 3/2kT_{met} - 3kT_{sub} \} \quad (1)$$

成膜の際に基板に衝突する電子のエネルギーをラングミュアプローブにより測定し、ファラデーカップを用いて入射したイオンの量を測定した。さらに、マルチグリッド型アナライザーによるコレクターの電圧・電流特性から入射イオンのエネルギー分布の測定について検討した。本研究で作製した薄膜の組成分析にはエネルギー分散型X線分光法(EDX)、構造解析にはX線回折法(XRD)、膜厚測定には触針法(DEKTAK3)を用いた。

【結果】放電電極に150Vを印加してプラズマ化した蒸発粒子のイオン化率 $i$ を求めたところ、約17%であった。その際のプラズマ電位 $V_S$ をラングミュアプローブ法を用いて測定したところ約55eVであった。Sakudoらは低エネルギーイオンビームにおけるイオンのエネルギーは100eV程度であると報告しており、本研究におけるイオン化粒子の持つエネルギーと同程度であると考えられる<sup>2)</sup>。

## 【参考文献】

- 1) K. Shinobe, M. Morita, S. Nakamura and Y. Matsumura: J. Japan Inst. Metals, Vol. 72, No. 9 (2008), pp. 719-721
- 2) N. Sakudo, K. Hayashi, J. Yokota, A. Kawasaki, N. Ikenaga, N. Sakaguchi: Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. Sect. B 138, (1998) 793.

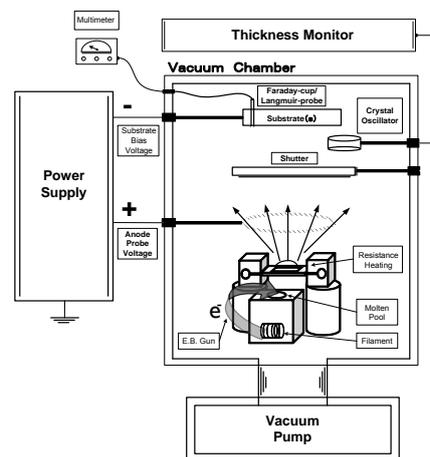


図1 イオンプレーティング装置概略図

## スパッタ成膜中のイオン衝撃が Ni 薄膜の特性に及ぼす影響

\*戸谷聡一郎（東海大学工学部原子力工学科）、豊田椋一（東海大学工学部原子力工学科）、橋本真希（東海大学工学部原子力工学科）、郡亜美（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】DC マグネトロンスパッタリング法により作製された薄膜は、作製条件により薄膜特性が大きく変化することが知られている。特に薄膜の内部応力は薄膜作製過程で発生し、薄膜作製条件の変化によって大きく影響を受ける。そのため、薄膜作製過程における内部応力の変化を制御することが薄膜特性の向上には必要である。スパッタリングはプラズマ中での成膜を行うため、成膜中にイオン衝撃を受けその内部応力が変化する。スパッタイオン衝撃が内部応力に及ぼす影響について、イオンの入射頻度  $i$  と蒸着粒子  $a$  の入射頻度の比  $i/a$  や、イオンの入射エネルギー  $E_i$  と関係付けて説明することが、幾人かの研究者により報告されている。これまで、我々は Ar ガスをスパッタガスとした成膜中に薄膜表面へ入射するスパッタリングイオンによるイオン衝撃に関して、薄膜の内部応力をイオンの運動量の大きさに基づいたイオン衝撃パラメータ  $P_i$  で評価し、制御できることを報告してきた<sup>1)</sup>。本研究では Ar, Kr, Xe ガスをスパッタリングガスとして用いて Ni 薄膜の成膜を行い、薄膜の内部応力、磁歪特性に及ぼすイオン衝撃の影響についてイオン衝撃パラメータ  $P_i$  を用いて評価した。

【実験方法】本研究では DC マグネトロンスパッタリング法を用いた。スパッタリングターゲットには純度 99.9 % の Ni 板を用い、到達真空度を  $1.0 \times 10^{-4}$  Pa 以下としスパッタガスに Ar, Xe, Kr を用いた。スパッタガス圧力は Ar と Xe については  $1.0 \times 10^{-1}$  Pa、Kr については  $1.1 \times 10^{-1}$  Pa と設定した。スパッタ電力を 30 ~ 90 W まで任意の値とし薄膜の厚さが約 1  $\mu\text{m}$  になるように薄膜作製を行った。基板温度は  $400 \pm 5$  K とし、基板には n 型単結晶 Si (100) を用いた。基板に入射するイオンの運動量はスパッタ時のラングミュアプローブ測定から得られたプラズマ特性より求めた。作製した薄膜の膜厚は表面粗さ計 (DEKTA3) を用いて測定し、薄膜の内部応力及び磁歪特性は光てこ法を用いて基板の反りから求めた。

【結果】図 1 に Ni 薄膜の内部応力とイオン衝撃パラメータ  $P_i$  の関係、図 2 に Ni 薄膜の磁歪感受率とイオン衝撃パラメータ  $P_i$  の関係を示す。今回の実験ではイオンと蒸着粒子の入射頻度比は異なるイオン種によって大きな違いがなかった。そのため Xe イオンを用いることで質量が変わるため、運動量が大きく  $P_i$  の値が大きくなり、運動量の小さい Ar イオンを用いると  $P_i$  の値が小さくなった。イオン衝撃効果は運動量の大きさ順の Xe, Kr, Ar の順であることがわかった。

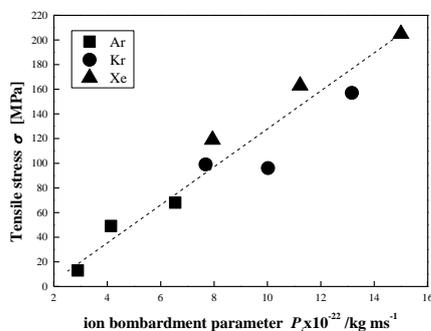


図 1. Ni 薄膜の内部応力とイオン衝撃パラメータ  $P_i$  の関係

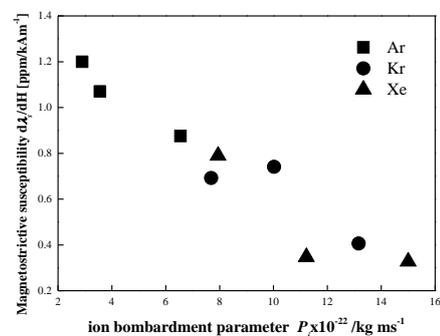


図 2. Ni 薄膜の磁歪感受率とイオン衝撃パラメータ  $P_i$  の関係

【結言】イオン種と入射頻度に依存した  $P_i$  を用いて Ni 薄膜の内部応力を評価することで、応力が一次関数的に変化することがわかった。そのため、異なったイオン種を用いても  $P_i$  によって内部応力の予測が可能である。そして、イオン衝撃により内部応力を制御することにより薄膜の磁歪感受率の制御も容易に行える可能性を示した。

## 【参考文献】

- 1) 篠原義明 他 日本金属学会誌 74 (2010) 610 - 613.

## DCマグネトロンスパッタリング法で作製したGe薄膜の粒径評価

\*小林かおり 山田亜紀（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）

[はじめに]

現在の携帯電話やインターネットの普及による高度情報化社会は、様々な機能を持つ電子デバイスの発展によりもたらされた。現在の電子デバイスの中核を担っている材料は半導体であり、Siを中心に利用されている。しかし近年の大幅な情報通信速度の高速化・高集積化により、高性能な電子デバイスが必要となってきた。しかし、Siは高抵抗で移動度が低いため、現在以上の集積化は困難である。これらのことから今後、デバイスの高速化、高集積化のためにはGeの利用が有効である[1]。Geは現在使われているSiより移動度が高く抵抗が低いため、デバイスの一層の小型化が可能である。

ところで、デバイスの薄膜化は、化学気相成長法や真空蒸着法、スパッタリング法などの様々な手法で行われている。なかでもスパッタリング法は、量産可能な成膜方法のひとつであり、様々な薄膜作製に用いられている。また、SiやGeなどの高融点の半導体材料でも容易に成膜できる[2]。スパッタリング条件を制御することで、組織や原子配列を制御することも可能であり、様々な特性を持った膜を作製することが可能である。そこで本研究ではDCマグネトロンスパッタリング法を用いてGe薄膜を作製し、結晶粒径と半導体特性の関係を検討する。

[実験方法]

薄膜作製には、図1に示す、DCマグネトロンスパッタリング装置を用いた。ターゲットには多結晶Geを用いた。なお、表1はスパッタリング条件である。また、基板はアルミノシリケートガラスコーニング1737を用いた。薄膜は基板温度の変化により、組織を変化させた。得られた試料の組織観察には走査電子顕微鏡（SEM）と走査プローブ顕微鏡（SPM）を用い、構造分析にはX線回折（XRD）を用いた。

真空度	$1.8 \times 10^{-1} \text{ Pa}$
Arガス流量	12sccm
ヒーター温度	200°C~
電圧	410V
電流	140~155mA

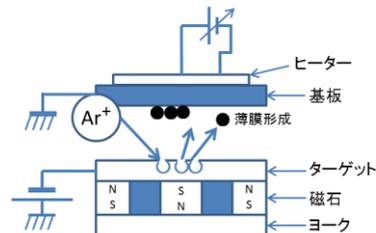


図1 DCマグネトロンスパッタリングの仕組み

[実験結果]

X線回折の結果、室温で成膜した薄膜も、200°C程度に基板を加熱し成膜した薄膜も、室温の場合と同様に構造はアモルファスであった。なお、Geの結晶化温度は250°Cである[3]。これらの薄膜の電気抵抗率を測定したところ、室温で成膜した試料の抵抗は1.85MΩ、加熱して成膜した試料の抵抗は2.01MΩであった。構造上に差異が見られないことから、抵抗変化の原因は薄膜の組織にあると推定される。なお、組織を左右する主要な因子の結晶粒径については当日ポスターにて発表する。

[参考文献]

[1]産総研 世界初の高品質ゲルマニウムプラットフォーム基板を実現

[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2011/pr20110927/pr20110927.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2011/pr20110927/pr20110927.html)

[2]宇佐美興一, 山中惣之助, 応用物理 48(1979)30-35

[3]A. Heya, N. Matsuo, K. Kanda, S. Amano, S. Miyamoto, T. Mochizuki, K. Toko, T. Sadoh and M. Miyao, Thin solid Film, 534 (2013) 334-340

ITO 基板上への VO<sub>2</sub> 薄膜成長とその電気的特性に関する研究

\*菊地 貴寛 (東海大学理学部化学科)、\*\*沖村 邦雄 (東海大学工学部電気電子工学科)、  
 冨田 恒之 (東海大学理学部化学科)

## 1. はじめに

遷移金属であるバナジウムの酸化物である二酸化バナジウム (VO<sub>2</sub>) は比較的室温に近い 68°C 程度で 4~5 ケタに及ぶ抵抗変化を発現する絶縁体—金属相転移 (Metal-Insulator Transition; MIT) を示す物質である。VO<sub>2</sub> 結晶は相転移温度である 68°C 程度において低温での V 原子が正方晶の c 軸に沿って対をなす構造をした単斜晶型 (M<sub>1</sub> 相) から高温での正方晶ルチル型 (R 相) へと構造転移することで抵抗が大きく変化する。一方、V 原子の正方晶の c 軸に沿う変位が異なる低温相 (M<sub>2</sub> 相) が存在することが確認されている。[1] このような MIT 物質は、急峻な抵抗変化に加えて光学特性も急峻に変化するため、温度変化に対する抵抗・光学スイッチング機能の電子デバイスやセンサーへの応用が有望視されている。そこで、本研究では透明導電性基板であるスズドープ酸化インジウム (ITO) 基板上に VO<sub>2</sub> を成膜し、その物性を調査することを目的とした。

## 2. 実験方法

成膜法には誘導結合プラズマ (ICP) 支援反応性スパッタ法を用いた。成膜条件を Table 1 に示す。スパッタリングガスとして Ar ガス O<sub>2</sub> ガスを用い、ターゲットには V (純度 99.9%) を用いた。本研究では、基板温度依存性を調べるため、250°C と 400°C で試料を作製した。作製した試料はその構造を XRD 測定、FE-SEM 観察により調べ、相転移に伴う MIT を抵抗—温度 (R-T) 特性測定を行い評価した。

## 3. 実験結果

Fig. 1 の XRD パターンより、基板温度 250°C において VO<sub>2</sub> の低温単斜晶である M<sub>1</sub> 相が、基板温度 400°C において M<sub>2</sub> 相が成長したことがわかる。ICP 支援スパッタ法では通常のスパッタ法に比べて基板へ入射するイオンのエネルギーが高いために、基板温度が高い場合に M<sub>2</sub> 相の成長が促進されたものと考えられる。また、Fig. 2 の R-T 特性より 140°C において初期抵抗より 3 桁低い抵抗を示し、MIT が発現した。ステップ的な抵抗変化は M<sub>2</sub> 相に特有な特性と考えられる。

## 4. まとめ

ICP 支援反応性スパッタ法により従来成膜が困難とされてきた導電性物質である ITO 上へ MIT を示す VO<sub>2</sub> 薄膜の成長に成功した。

また、基板温度を変えることにより M<sub>1</sub> 相、M<sub>2</sub> 相を作り分けることができることが判明した。M<sub>2</sub> 相 VO<sub>2</sub> 薄膜の特徴的な電気抵抗変化を今後詳細に調べる必要がある。

【参考文献】 [1] K. Okimura, T. Watanabe, and J. Sakai, J. Appl. Phys. **111**, 073514 (2012).

TABLE 1 成膜条件

基板温度	250°C	400°C
RF パワー	200 W	200 W
ICP パワー	200 W	200 W
AR	64 sccm	62 sccm
O <sub>2</sub>	0.5 sccm	0.5 sccm
全圧	0.50 Pa	0.50 Pa
成膜時間	30 min	30 min

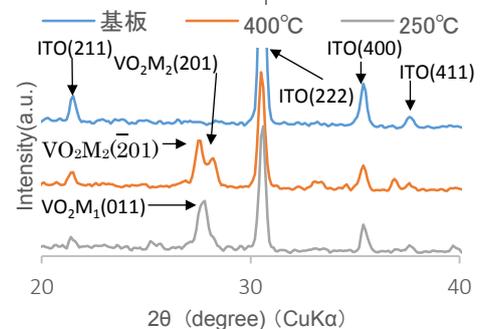


Fig.1 XRDパターン

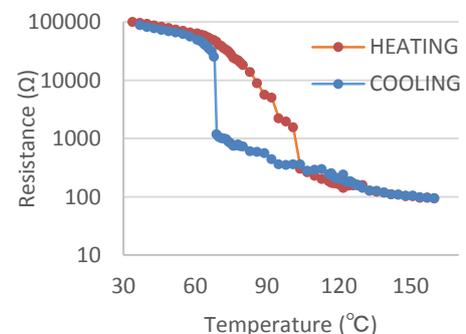


Fig.2 R-T特性 (基板温度400°C)

## 球体の表面構造の系統的変化が空力特性に及ぼす影響

木村拓也（東海大学） 岡永博夫（東海大学）

### 1. 緒言

今日、様々な球技において様々な変化球が使用されている。これらの変化球の変化の違いは、ボールの回転数や表面構造の違いに起因している。サッカーボールにおいても、表面構造が変化するとボールの軌道にも大きく影響を及ぼすことが知られており、またボール表面構造の設計は試行錯誤の状態だと言われている。様々なサッカーボールの空力特性について公式球を用いた実験は行われているが、オリジナルのモデルを用いた実験は少ない。そこで本研究ではサッカーボールモデルを作成し、ボール表面構造の系統的变化が空力特性に及ぼす影響を明らかにする。また同時に、球表面の粗さが空力特性に与える影響についても明らかにする。

### 2. 実験装置及び方法

実験で使用する吹出型風洞の概略図を Fig. 1 に示す。風速は 0~60[m/s]、風洞吹出し口は 400×400mm である。実験球は直径 2.5mm のワイヤーを用いて 500×500mm のフレームの中央に固定されており、フレームは風洞出口から球中心までの距離が 175mm になる位置に設置している。フレームにかかる力は、歪型三分力計を用いて測定する。

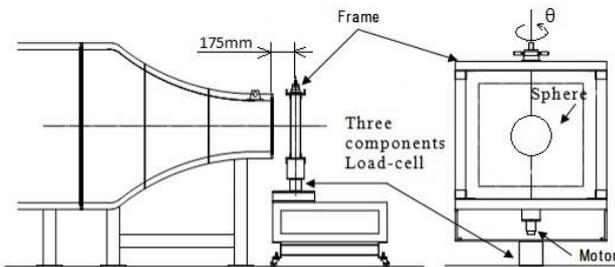


Fig. 1 Schematic diagram of wind tunnel

実験に使用したプラスチック製モデル球を Fig. 2 に示す。これらの球は 32 面サッカーボールを模しており、3D プリンタを用いて作成した。直径は 110mm であり、溝深さが 0.8mm と 1.2mm のものを用い空力特性を比較する。また表面粗さがそれぞれ #40、#60、#120 の直径 66mm の球を用い、表面粗さが空力特性に与える影響についても調べる。



Fig. 2 Experimental balls

### 3. 実験結果

Fig. 3 に異なる溝深さのサッカーボールモデルの抗力特性を比較した図を示す。浅溝球においてはレイノルズ数  $1.0 \times 10^5 \sim 1.6 \times 10^5$  の範囲で、深溝球は  $0.8 \times 10^5 \sim 1.2 \times 10^5$  の範囲で抗力係数の急激な変化を確認することができる。

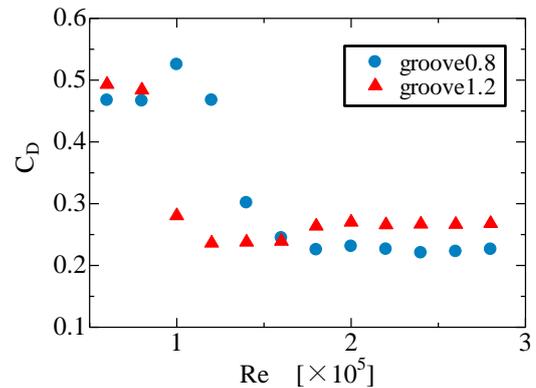


Fig. 3 Comparison of drag characteristics for different grooves

Fig. 4 には表面粗さが抗力特性に与える影響を比較した結果を示す。表面粗さが最も細かい #120 においては抗力係数の大きな変化は見られなかった。しかし、#60 と #40 においては、抗力係数が大きく変化する遷移領域を確認することができた。またその遷移領域は、表面粗さがより大きい #40 の方が低い領域となった。

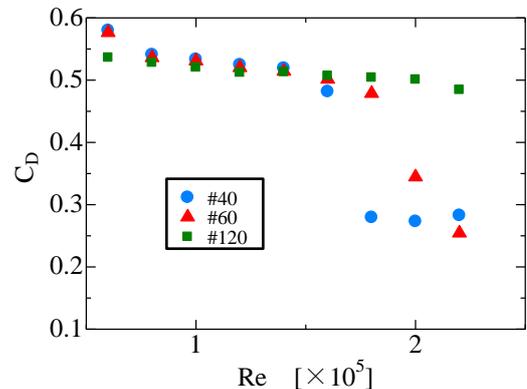


Fig. 4 Comparison of drag characteristics for different roughness

### 4. 結言

32 面サッカーボールにおいては、溝深さが浅い方が遷移領域が高い領域となった。また表面粗さを持つ球においては、粗さが細かい球ほど遷移領域が高い領域となった。これらの結果は、各々の球の表面構造が滑面に近づく、それに伴って遷移領域も滑面に近づく為と考えられる。

## チェルノブイリ原子力発電所周辺の $\gamma$ 線の1cm線量当量率に関する調査結果

\*青田 英悟（東海大学原子力工学科）、爲廣 航（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） 内海 倫明（東海大学工学部原子力工学科）

### [緒言]

2011年3月11日に発生した原発事故により、福島県大熊町をはじめとする多くの地域が避難区域とされ帰宅が困難とされている。また、福島第一原子力発電所事故は国際原子力事象評価尺度（INES）において最悪のレベル7（深刻な事故）に分類された。同等のレベルの原子力事故が1986年4月にチェルノブイリ原子力発電所4号機で発生した。

そこで本研究では、チェルノブイリ原子力発電所周辺の $\gamma$ 線の1cm線量当量率を定量的に調べた。また、文部科学省より公開されている福島原子力発電所周辺の放射線量の結果と、チェルノブイリ原子力発電所周辺で実際に測定した結果を比較することで重大な原発事故が発生した土地での時間経過による放射線量の変化を考察する。

### [実験方法]

使用線量計はエステー株式会社 家庭用放射線測定器 AIR COUNTER\_S Si半導体検出器 1cm線量当量率測定可能範囲0.05~9.99 $\mu$ Sv/h 誤差 $\pm$ 20% 測定感度はセシウム137の $\gamma$ 線に合わせてあるため他の放射線に対する感度は低下する。現地のチェルノブイリツアーに参加しチェルノブイリおよびプリピャチの $\gamma$ 線量を測定、記録した。測定は基本的5回測定し、その平均値を求めた。移動中に測定したものについての測定回数は5回以下となった。

測定した場所はチェルノブイリ原子力発電所4号炉より30km圏内、10km圏内、及びチェルノブイリ原子力発電所4号炉近辺を行った。また、日本の福島原子力発電所周辺の放射線量の結果に関しては環境省の原子力規制委員会のデータを用いて比較を行った。

### [結果及び考察]

日本国内の平均的なBGは0.05 $\mu$ Sv/h、またキフエのBGは0.10 $\mu$ Sv/hとなり、日本よりも高い値を示した。チェルノブイリ原子力発電所の30km圏内では、キエフ市内と同じ線量で変化はなかった。10km圏内に入ると1.00 $\mu$ Sv/hと線量は上昇した。チェルノブイリ原子力発電所3号炉石棺前が5 $\mu$ Sv/hと最も線量の高い場所であった。福島県の現在の原発付近の町のモニタリングポストの平均線量は30km圏内の南相馬(測定箇所117か所)0.286 $\mu$ Sv/h、葛尾町(11か所)0.676 $\mu$ Sv/h、川内町(27か所)0.201 $\mu$ Sv/h、広野町(23か所)0.140 $\mu$ Sv/hとなっており、10km圏内の浪江町(42か所)3.606 $\mu$ Sv/h、双葉町(16か所)2.008 $\mu$ Sv/h、大熊町(20か所)6.543 $\mu$ Sv/h、富岡町(23か所)2.742 $\mu$ Sv/h、樽葉町(21か所)0.267となっている。福島県のデータと比較すると、30km圏内はすでに0.10 $\mu$ Sv/hほどに落ち着いているチェルノブイリに比べて、福島県では倍近い数値が出ており、原発10km圏内にまで行くと大熊町のように極めて高い数値を示している場所もある。チェルノブイリの事故からすでに27年経過していることからコバルト60などの半減期が30年以内の放射性物質の減衰分を考えると、このような差がでているのではないかと考える。樽葉町では同じ10km圏内と比較すると線量が低めだが、これは福島原発からの放射性物質の放出がチェルノブイリ原発事故に比べて短時間であったことから、放射性物質が全方向に拡散するのを抑えられた結果であると考えられる。

## 誘電分光法を用いた Lysozyme 水溶液の融解過程の不凍水のダイナミクス

\*木下皓（東海大学理学部物理学科）、佐々木海渡（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、大浜巧（東海大学理学部物理学科）、喜多理王（東海大学理学部物理学科）、\*\*新屋敷直木（東海大学理学部物理学科）、\*\*八木原晋（東海大学理学部物理学科）

地球上に最も多く存在し、生命が活動するために必要不可欠な液体が水である。そして生命を構成しているタンパク質は水と関わることで初めてタンパク質固有の機能を発現させている。しかしながら水とタンパク質のそれぞれの動きに対して互いに与える影響がどのようなものであるかは未だ解明されていない点が多い。生体組織のように複雑な組織を形成し、様々な物質を含む物質の中に存在する水のダイナミクスを解明する事は困難なため、本研究では1種類のタンパク質を水と混ぜ、その分子ダイナミクスを観測し議論する。

これまでに poly(vinyl pyrrolidone)(PVP)、poly(ethylene imine)(PEI)、poly(vinyl methyl ether)(PVME)、poly(vinyl alcohol)(PVA)を溶質とした部分的に氷結した合成高分子水溶液中の水のダイナミクスの研究が報告されており [1]、低温でも凍らない水、すなわち不凍水の存在が確認されている。また、牛血清アルブミン水溶液やゼラチンを用いた生体高分子水溶液の研究でも不凍水のダイナミクスが報告されている [2,3]。そこで本研究では、水溶液中で固有の3次構造をとる球状タンパク質の Lysozyme を用い、Lysozyme 濃度 20、30wt%の水溶液の誘電分光測定を行った。

溶質として Lysozyme は、分子量 14,333 の鶏卵由来のものを、溶媒として比抵抗  $18.2\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$  の純水を使用し濃度を調整した。誘電率測定は Impedance Analyzer (Agilent, 4294A)、Impedance/Material Analyzer (Hewlett Packard, 4291A)、PNA-L Network Analyzer (Agilent, N5230C) の三つの装置を用いて、周波数範囲 40 Hz – 50 GHz、温度範囲 213~298 K を、 $\pm 0.1$  度の範囲に安定させ行った。

図 1 に 20、30wt%Lysozyme 水溶液の複素誘電率の実部を示す。実験の結果 3つの緩和が観測された。高周波側から I 緩和、II 緩和、III 緩和とした。273K 以上の温度では 268K まで見えていた II 緩和が観測されないことと、II 緩和の強度が 100 程度であることから II 緩和は氷の緩和である。263K 以上では温度の上昇による氷の融解に伴い I 緩和の緩和強度が増加する事から、I 緩和は低温でも凍らない水の分子運動に起因していると考えられる。III 緩和は牛血清アルブミン水溶液の広帯域誘電分光による研究 [3] から、水と溶タンパク質の協同運動によるものであると考えられており、同様の解釈を適用すると今回観測された III 緩和は水と Lysozyme の協同運動に起因すると考えられる。発表では、複素誘電率の周波数依存性から得られた各緩和の緩和時間、緩和強度について特に融点よりも少し低い凍結した氷が融解する温度付近について詳しく議論する。

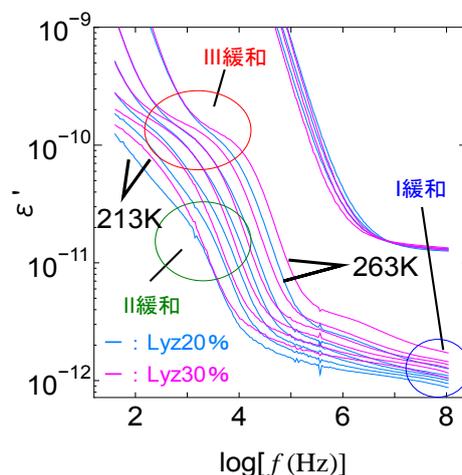


図 1 213K~293K 間 10K 毎の 20%・30%Lysozyme 水溶液の複素誘電率の実部の周波数依存性

[1]N. Shinyashiki, et al, J. Phys. Chem. B, **111**, 10079, (2007)

[2]K. Sasaki et al, 東海大学理学部紀要, 48, 119 – 132, (2013)

[3]N. Shinyashiki, et al, J. Phys. Chem. B, **113**, 14448, (2009)

## 氷結したウシ血清アルブミン水溶液の融解過程における水の分子ダイナミクス

\*大浜巧（東海大学理学部物理学科）、佐々木海渡（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、木下皓（東海大学理学部物理学科）、喜多理王（東海大学理学部物理学科）、\*\*新屋敷直木（東海大学理学部物理学科）、\*\*八木原晋（東海大学理学部物理学科）

これまでの誘電分光法による様々な合成高分子水溶液を用いた研究で、凝固点以下でも氷結せずに液体状態を維持した水（不凍水）の存在とその分子ダイナミクスが観測された[1]。氷結した高分子水溶液は凍結により純粋な氷の相と濃縮がおきた高分子と不凍水の濃厚溶液相にわかれる。生体高分子であるゼラチン[2]、ウシ血清アルブミン(Bovine Serum Albumin: BSA)[3]を用いた水溶液の誘電分光法を用いた研究でも不凍水が観測され、特にゼラチン水溶液における不凍水の分子ダイナミクスは、濃厚溶液相の溶質濃度によって決定されることがわかっている。これは合成高分子水溶液における不凍水のダイナミクスと同じ振る舞いである。しかし、BSA 水溶液のガラス転移に関する研究[3]では不凍水、氷、水和したタンパク質の 3 つの誘電緩和が観測されたが、不凍水のダイナミクスについては詳しく調べられていない。そこで本研究では、氷結した BSA 水溶液中の不凍水量の温度依存性やその BSA 濃度依存性を議論するために、融解過程での試料の測定温度きざみを細かくし BSA 濃度を変化させ、誘電分光測定を行った。

溶質には透析による脱塩を行った分子量 66,267 の BSA(Sigma-Aldrich 製)を使用し、溶媒に比抵抗 18.2 MΩ・cm の純水を用いて BSA 濃度 20、30、40 wt%の水溶液を調製した。誘電分光測定には Impedance Analyzer(Agilent 4294A)、Impedance/Material Analyzer(HEWLETT PACKERD 4291A)、Network Analyzer(Agilent N5230C)を用いた。測定周波数領域は 40 Hz - 50 GHz であり、試料の温度範囲は 213 - 298 K(-60 °Cから 25 °C)で±0.05 K の範囲に安定させ誘電分光測定を行った。

20、30、40 wt% BSA 水溶液の融解過程においてすべての濃度で不凍水、氷、水和したタンパク質の分子運動に起因する誘電緩和と何に起因するのかわからない誘電緩和の 4 つの緩和が観測された。これらの緩和は温度の上昇に伴って高周波側へシフトした。不凍水緩和の強度は BSA 濃度が高くなるにつれ増加した。不凍水緩和の強度より求めた不凍水量から凝固点以下における濃厚溶液相の BSA 濃度を求めた。図 1 に BSA 濃度の温度依存性を示す。270 K より高温は試料を調製した濃度を示すが、270 K 以下では BSA 水溶液の一部の水の氷結による濃厚溶液相の BSA 濃度を表す。グラフからはもとの BSA 濃度が高い 40 wt%水溶液は濃厚溶液相の濃度が低くなるということがわかった。発表では合成高分子水溶液の結果との比較も含めより詳しい議論を行う。

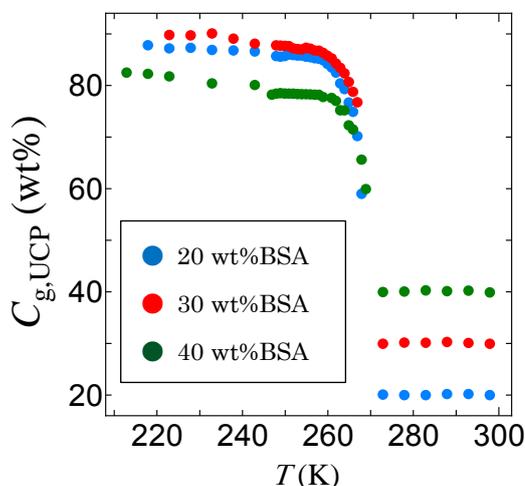


図1 BSA 水溶液の BSA 濃度の温度依存性

### References

- [1] N. Shinyashiki, et al, J. Phys. Chem. B, 111, 10079 - 10087, (2007)
- [2] K. Sasaki, et al, 東海大学理学部紀要, 48, 119 - 132, (2013)
- [3] N. Shinyashiki, et al, J. Phys. Chem. B, 113, 14448 - 14456, (2009)

## 銅-アルミニウム酸化物薄膜の作製と評価

\* 三橋真菜 小泉周平 金安優季 (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)

[はじめに]

近年、太陽光発電、風力発電などの再生可能エネルギーは、二酸化炭素を多量に発生しないエネルギー変換技術として注目されている。中でも太陽光を利用する太陽光発電は「一般家庭で設置可能であること」、「売電可能、補助金制度がある」などの観点から多くの家庭で導入が進んでいる。しかし、導入された太陽電池パネルの設置場所は屋根の一部に限られている。より大量の電力を得るためには、太陽電池の高出力化や建物の壁面や屋根全体に対する太陽電池パネルの対策を要する。一般住宅等で太陽電池パネルの大面积化を行うためには、採光などの観点から透明な太陽電池の開発が期待される。ところで、透明な太陽電池を作製するには、透明なP型半導体、N型半導体、電極、配線などの技術開発が必要である。透明なN型半導体として酸化亜鉛、酸化スズなどが知られている。また代表的な透明な電極、配線にはITO(Indium Tin Oxide)がある。しかし、特性の良い透明なP型半導体材料に関する報告は少ない[1]。このため、透明な太陽電池の実用化には未だに至っていない。しかし近年、透明なP型半導体材料として、原材料の豊富な銅-アルミニウム酸化物が報告されている[2]。そこで、本研究ではDCマグネトロンスパッタリング法を用いて銅アルミニウム酸化物薄膜を作製する。透明な太陽電池開発に向けて、薄膜の透過率から半導体特性の評価を行うことを目的とした。

[実験方法]

図1に使用した粉末ターゲットの図を示す。ターゲット粉末には純アルミニウム粉末、純銅粉末および酸化銅の粉末を用いた。また、基板にはアルミノシリケートガラスを用いた。スパッタリングガスはArとO<sub>2</sub>の混合ガスを用いた。銅-アルミニウム酸化物薄膜を作製した。ターゲットの粉を変えることによって、組成の違うターゲットを作製した。このターゲット粉末で作製した薄膜の諸特性について検討した。



図1 粉末ターゲット

[実験結果]

Al:CuO=1:1に混合したターゲット粉末では真空度0.03Pa、印加電圧500Vの条件でも放電しなかった。そこでターゲットに伝導性を持たせるため、粉末の比をAl:CuO=1:1からAl:CuO:Cu=1:0.5:0.5に変えて実験を行っていった。この結果の詳細は当日発表する。

[参考文献]

[1]独立行政法人産業技術総合研究所 透明な太陽電池の試作に成功

[http://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2003/pr20030625/pr20030625.html](http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2003/pr20030625/pr20030625.html)

[2]B. L. Stevens, C. A. Hole, C. Swanborg, Y. Tang, C. Zhou, M. Grayson, K. R. Poeppelmeier, S. A. Barnett, J. Vac. Sci. Technol. A29(1). 2011, 011018-1

## ギターの音色の電氣的分析に関する研究

\*板子 哲 (B.K. ギタークラフトセンター)、\*\*板子 一隆 (神奈川工科大学電気電子情報工学科)

### 1. まえがき

ギターに関する研究はピアノやバイオリンと比べて少ない。バイオリンと異なり最適な形状が現代においても未だ確立されていないのが現状である。従って、ギターの形状は様々であり、職人の感性に左右される部分が多い。ギターの音質に関する要因はさまざま、主として表面板、ボディの内容積、サウンドホール径の3つが重要な要素として挙げられる。筆者らは先にボディの厚みに関する検討を行った[1]。そこで本論文では、サウンドホールの半径を18[mm]、43[mm]、68[mm]とした場合の弦音の調波分析を行ったので以下に報告する。

### 2. 実験用ギターと測定方法

ギターの表面板にはスプルース材を使用し、表面板裏には同一形状の力木を取り付けており、サウンドホールの半径を18[mm]、43[mm] (標準)、68[mm]としている。

測定にはオシロスコープ、マイク、マイクアンプを用いた。実験ではギターをマイクから垂直に5[cm]離し、1弦ずつ弾いて音をマイクで拾う。マイクからの電気信号は微弱であるため、マイクアンプで信号を増幅し、オシロスコープで周波数スペクトルを測定する。静かな環境が必要であるため、夜間にデータを取ることにした。また、より正確なデータを得るため、測定する弦以外は全て布でミュートした。演奏方法については、実験結果にばらつきがでないようにピックを使用した。表1は使用したマイクの性能を示したものである。このマイクの性能はギターの音域を十分にとらえることができる。

表1 マイクの性能

型式	DC バイアス・コンデンサー型 (audio-technica AT4900a)
周波数特性	20~20,000[Hz]
感度(0dB=1V/Pa, 1kHz)	-33[dB]
S/N比(1kHz at 1Pa)	75[dB]

### 3. 実験結果

実験で得たデータから以下に定義する倍音含有率を求めた。

$$\text{倍音含有率} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} (\text{n倍音の振幅})^2}}{\text{基本波の振幅}}$$

この値は厚みのある豊かな音の指標となる。全ての弦の音色を分析してから、どの径のギターの音色が良いかを検討する。本実験では精度を得るため基音から16倍までの倍音を考慮した。各ギターの倍音含有率の結果を図1に示す。同図より、全体としてサウンドホールの径が小さいほど倍音含有率の値が大きくなることが明らかとなった。これは、サウンドホールを小さくすると表面板の面積が増え、ボディ内部で反響が起きやすくなるため、倍音の振幅が大きくなったためと考えられる。そこで、主観的評価として6人の楽器演奏家(ギタリストを含む)に各ギターの音色を聞いてもらった。その結果、6人が18[mm]の音色が一番良いと判定した。一方で、18[mm]は音量に物足りなさがあるとの感想があった。

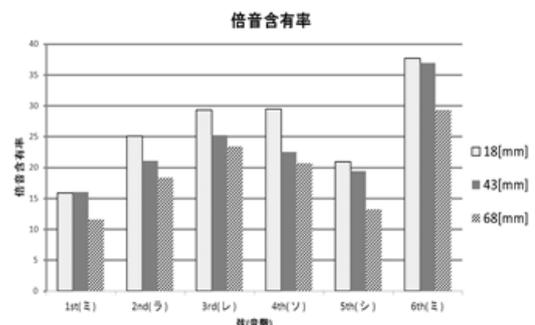


図1 各弦の倍音含有率

これは、サウンドホールを小さくすると表面板の面積が増え、ボディ内部で反響が起きやすくなるため、倍音の振幅が大きくなったためと考えられる。そこで、主観的評価として6人の楽器演奏家(ギタリストを含む)に各ギターの音色を聞いてもらった。その結果、6人が18[mm]の音色が一番良いと判定した。一方で、18[mm]は音量に物足りなさがあるとの感想があった。

### 4. あとがき

以上より、本実験条件におけるギターの弦音の倍音含有率と人間が感じる音色の善し悪しには相関のあることが確認された。今後はサウンドホールの径を小さくしつつ音量を確保するための検討を行う必要がある。

[1]K.Itako and S.Itako : "Investigation of Optimum Shape for an Acoustic Guitar by Electroanalysis of Tone Quality", J. Acoust. Soc. Am., Vol. 131, No. 4, Pt. 2, (2012)

## 熱核融合炉燃料回収用の複合化ダイバータ材料の検討

\*酒井彰崇（東海大学工学部原子力工学科）、天野真央（東海大学大学院工学研究科応用理学専攻）、米良紗穂里（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、田中優（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、飯島貴朗（東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻）、利根川昭（東海大学理学部物理学科）、\*\*松村義人（東海大学工学部原子力工学科）

【緒言】国際熱核融合実験炉(ITER)のような磁場閉じ込め型核融合炉においては、ヘリウム灰と燃料粒子を分離し、選択的に燃料粒子を回収する必要がある。また、燃料粒子の中の三重水素(T)は放射性元素であり、真空容器内のTの保有量に上限値があるため、燃料粒子である重水素(D)、Tの効率的な回収が必要である。炉内の残留する不純物ガスの除去を行うためのプラズマ対向装置をダイバータといい、ITERにおいてはダイバータ材料としてタングステン(W)を用いることが考えられている。ダイバータには炉内の残留する不純物ガスと共に燃料粒子であるD、Tの高エネルギーイオンが入射する。その結果W中に燃料粒子が入りこみ、亀裂や破裂を起こす可能性が問題となっている。本研究では、Wと水素吸蔵材を複合化することにより、ダイバータの材料として燃料粒子の回収を行い、あわせて入射した燃料粒子による破損防止の可能性について検討を行った。

【実験方法】Wと水素吸蔵材料の複合化試料は、イオンプレーティング装置を用いてW基板に水素吸蔵材の一つであるチタン(Ti)薄膜を蒸着することで作製した。図1のダイバータ模擬装置(TPD-SheetIV)を用いてDプラズマを生成し、W側表面にDプラズマの照射を行った試料のD含有量を、図2の四重極質量分析計を用いた昇温脱離ガス分析法(TDS: Thermal Desorption Spectroscopy)により分析した。

【結果】D照射条件を変化させて照射を行った試料のTDS分析を行ったところ、いずれの試料においても水素の吸蔵を確認できた。しかし、Wのみの試料においては複合化試料と比べほとんどDを吸蔵しなかった。また、照射条件と同じD<sub>2</sub>ガス分圧下において、イオン化していないD<sub>2</sub>ガスに暴露した試料のD吸蔵量はDプラズマ照射の試料に比べて少なかった。これらのことからWを透過しTiへ重水素が移動している可能性があることが明らかになり、複合化ダイバータ材料を用いて燃料粒子の回収を行うことで、入射した燃料粒子による破損防止の可能性があるとわかった。

【謝辞】本研究は文部科学省・理数学生応援プロジェクト「サイエンス・マイスター育成プログラム」の支援を受けて実施された。

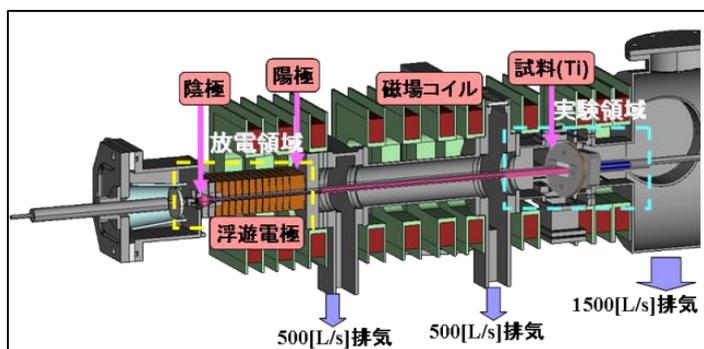


図1 TPD-SheetIV構造

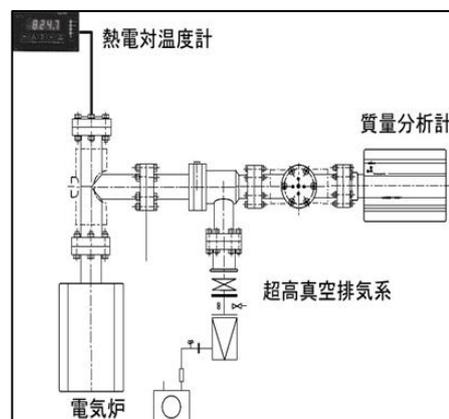


図2 TDS構造

## ポーラスシリコン上に合成させたダイヤモンド薄膜作成に関する検討

澤 祐基(東海大学工学部電気電子工学科)、貝津 光(東海大学工学部電気電子工学科)、安森 偉郎(教育研究所)

[はじめに]

ダイヤモンドは高エネルギーギャップ、高熱伝導性、負性電子親和力、キャリアの高移動度より様々な電子デバイスの応用が期待されている。本研究は簡易熱フィラメント CVD 法を用いて下地基板の条件を変更してダイヤモンド薄膜における形態変化を検討したものである。

[実験]

2000°C以上に加熱した W フィラメントにより炭素源ガス(エタノール+水素)と水素ガスの混合ガスを熱分解し Si 基板上にダイヤモンドを合成させた。このとき非ダイヤモンド成分は水素によりエッチングされた。実験での Si 基板は n 型(100)の比抵抗  $0.02\Omega\cdot\text{cm}$ 、大きさは  $5\times 5\text{mm}$  を使用した。合成前にダイヤモンドペーストで Si 基板の表面傷つけ処理を行ったものと、陽極化成によるポーラス化処理を行ったものを使用し比較した。ポーラス処理を行った基板は、陽極酸化法と光エッチングによるポーラス化を行い、その後ポーラス部の最下層だけを残してフッ酸により除去した。合成時間は 2 時間、フィラメント-基板間距離は 1 mm とし、炭素源ガス流量 8.5ccm 水素ガス流量 100ccm、基板下温度 560°C で実験した。合成された薄膜は FE-SEM を用いて表面観察を行った。

[実験結果とまとめ]

図 1 は、簡易熱フィラメント CVD 法を用いて作製したダイヤモンド薄膜の試料表面を観察した SEM 像である。(a) 合成前に Si 基板の表面をダイヤモンドペーストで傷つけ処理を行った試料、(b)ポーラス化処理を行ったものである。(a)、(b)それぞれにおけるダイヤモンドの粒径は約  $2.0\ \mu\text{m}$  であった。(a)ではランダムに成長し、(b)では規則正しく成長した。これらのデータは、ポーラス基板上に作製したダイヤモンド薄膜が規則正しい結晶配向性を持つ事を示唆している。

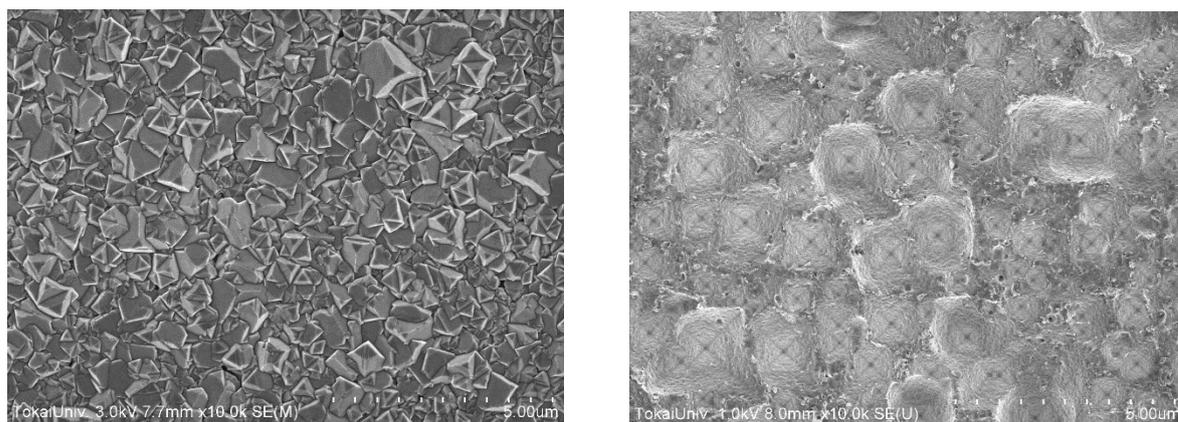


図 1. (a) 傷つけ処理を施した Si 基板上に製作したダイヤモンド (b) ポーラス Si 基板に製作したダイヤモンド薄膜

1. 首藤 他、2004 年度東海大学工学部電子工学科卒論

## 導体紙のホール効果の測定

\*友野弥生（東海大学理学部物理学科）、\*\*崔一煥（東海大学チャレンジセンター）

### 1. 諸言

導体紙とは黒鉛粉末を練り込んで加工された紙である。高い抵抗値を持つため、静電気発生防止や電子部品の包装および合紙などに用いられている[1]。また、『紙』であることから加工が容易にでき、高校や大学の物理学実験にも導入されている。導体紙を使うことで、体感的に電気的性質を学習することができる[2]。今回は、導体紙のホール効果を測定したので報告する。

### 2. 実験方法

図1は導体紙を幅1cmの短冊型に切り取り、長さを3cmずつ変化させて抵抗を測定したときのグラフである。抵抗 $R$ と長さ $L$ が比例関係を示していることがわかる。電流—電圧特性から電流 $I$ と電圧 $V$ の比例関係も確認され、導体紙はオームの法則に従うことが分かった[3]。抵抗率 $\rho$ 、面積 $S$ としたときの関係式 $R = \rho L/S$ から抵抗率は150~250 $\Omega\text{cm}$ であった。ゼーベック効果より、導体紙はn型伝導を示すことも確認できた。このような性質を持つ導体紙を用いてホール効果の実験を行った。

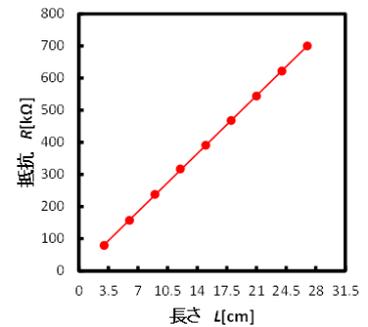


図1 長さに対する抵抗

ホール効果の実験回路を図2に示す。ホール効果は、電流の流れる導体を磁場の中に置いたときに、電流と磁場の双方に垂直な方向に電圧が発生する現象である[3]。図2に示すように導体紙を十字に切ることで、キャリアとなる電子の分布の偏りを測定しやすくしている。実験では、端子ab間に電流（a→b方向を正とする。）を流し、端子cd間に発生する電圧を測定した。

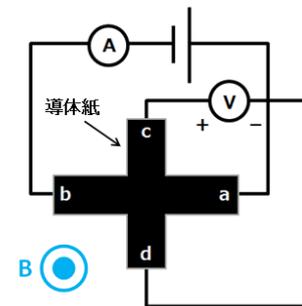


図2 実験回路図

### 3. 結果および考察

図3は、電流に対する端子cd間の電圧を示している。磁場がないとき（◆）と、磁場を加えたとき（■）に発生した電圧の差からホール電圧 $V_H$ （●）が求まる。磁極は、試料の下側がN極、上側がS極である。磁場中の端子cd間の電位差が大きくなったことから、ホール効果を確認することができる。磁場の方向を変えたときは、この逆の現象が確認された。測定結果から導出した導体紙のホール係数は $-26 \times 10^3 [\text{cm}^3/\text{c}]$ 、ホール移動度は $105 [\text{cm}^2/\text{Vs}]$ であった。導体紙は電気の伝導性が高い材料ではないが、ホール効果などの電気的性質を学習するには手軽な材料である。

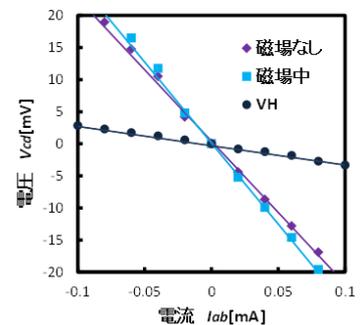


図3 ホール効果測定結果

### 4. 参考文献

[1] タニムラ（株）HP

[http://www.tanimura.biz/catalog/conductive\\_kraftpaper.html](http://www.tanimura.biz/catalog/conductive_kraftpaper.html)

[2] 崔一煥, 安森偉朗, 岡田工, 飯田昌盛 著, 導体紙の電気的性質, 応用物理教育第30巻2号 p.21~24 (2006)

[3] R.A.Serway 著, 松村博之 訳, 科学者と技術者のための物理学III 電磁気学, 学術図書出版社, p.768~771, p.847~849 (1995)

## ボールミルを用いた貴金属・レアメタルのリサイクル法の検討

\*佐藤由紀（東海大学理学部化学科）

\*\*内田晴久（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）

### 1. 背景・目的

身の回りにある電子機器には様々な貴金属・レアメタルが使用されている。様々な電子機器が短いサイクルで大量に利用されているため、近年資源の枯渇が懸念されている。一部の推定では 2050 年までに貴金属・レアメタルの不足を懸念する報告もある。<sup>1)</sup> これらのことから、製品化された電子機器等から貴金属・レアメタルを回収し、再利用することが求められている。現在の回収には、主に溶解・抽出という化学的方法が用いられることが多い。しかし、薬品を大量に使用するため廃液の処理が課題となっている。一方、比重選鉱に見られる物理的手法では、化学薬品を多量に消費することはなく、環境負荷は小さい。さらに、身近な電子機器は有機材料と金属材料に大別することができるため、対象物を微細にして比重の差などを利用する物理的手法での分離・回収を検討した。対象物を微細にする装置の一つにボールミルがあげられる。ボールミルは粉体・粉末原料の粒子をさらに粉砕する装置の総称であり、対象物の微細化では、ポットの中に対象物と共に硬質ボールを投入し、ステージとポットを同時に回転させることで、ポット内でボールと対象物とが無作為に衝突し、原料をより微細に粉砕する。本研究では、最初の取り組みとして、様々な貴金属・レアメタルを含み、セラミックスや樹脂と複合化されリサイクルが困難とされている IC チップを試料に物理的手法でのリサイクル方法を検討した。

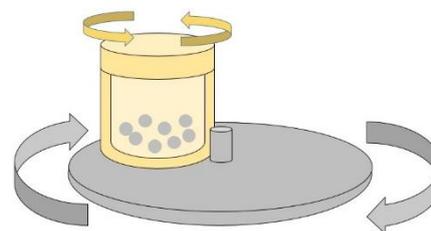


図 1. ボールミルの構造

### 2. 研究方法

IC チップをボールミルで粉砕し、粉砕後の試料について、SEM・EDX で表面観察および元素分析を行った。粉砕条件は、回転速度を 300rpm、粉砕時間を 100h とした。その後、粉砕された試料を燃焼させ、再び SEM・EDX で表面観察および元素分析を行った。

### 3. 実験結果および考察

ボールミルで粉砕した IC チップを SEM で観察すると粒径や形状の異なる粒体が見られた。EDX での元素分析の結果、Si が 98.7% 検出された。Al や Fe などの金属元素は 1% 以下であった。次にボールミルで粉砕した後ガスバーナーで燃焼させた IC チップ粒を元素分析すると、Cu が 71.7%、Si が 23.9%、Ni が 2.9% 検出された。これは、IC チップを燃焼させることで表面の樹脂等が酸化燃焼し、内部の金属原子が露出したためと考えられる。ボールミルで粉砕しないで燃焼させた場合は、カバーである樹脂が酸化したもの、金属板、ウエハーに分離できた。しかし、元素分析をした結果、Ni などのレアメタルが検出されず、ボールミルで粉砕した後燃焼させた IC チップとの検出元素に違いが生じた。よって、粉砕することで試料内部の元素を分離しやすくなると考えられる。

今後は金属原子同士を分離、回収する方法を模索していく。また、IC チップ以外の試料でも同様の手順で金属原子の分離が可能か検討していく。

#### 引用文献

[1] 独立行政法人 物質・材料研究機構ホームページ <http://www.nims.go.jp/>

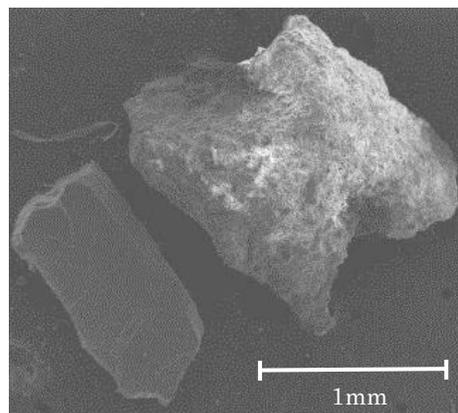


図 2. ボールミルで粉砕した IC チップ

## 色素増感太陽電池の発電効率向上に向けたアップコンバージョン蛍光体の検討および評価

\*東海林 千尋(東海大学理学部化学科)、古江 美和子(東海大学大学院理学研究科化学専攻)、田村 紗也佳(東海大学理学部化学科)、\*\*富田 恒之(東海大学理学部化学科)

【緒言】 色素増感太陽電池は有機色素を表面に化学吸着させたメソポーラス二酸化チタン( $\text{TiO}_2$ )多孔質膜を負極として使用している。これにより従来型のシリコン太陽電池よりも製造コストや環境負荷が低く次世代型太陽電池として研究開発が進められている。しかし色素増感太陽電池はエネルギー変換効率が従来型と比べて低く、実用化に向けての大きな課題である。色素増感太陽電池のエネルギー変換効率が低下する要因として太陽光の約半分を占める赤外領域の光を発電に利用できないことから、エネルギー変換効率向上のためには発電に赤外線の利用を検討する必要がある。発電に用いる赤外線を可視光線に変換する必要があるため、本研究ではアップコンバージョン蛍光体を利用して波長変換を行った。アップコンバージョン蛍光体は近赤外線(波長 800~2500nm)を可視光線に変換する蛍光体であり、アップコンバージョン蛍光体を色素増感太陽電池に用いることでエネルギー変換効率の向上に繋がると考えた。そこで本研究は、色素増感太陽電池の発電効率向上を目的としたアップコンバージョン蛍光体の検討および評価を行った。

【実験方法】 市販の  $\text{TiO}_2$  粉末(Degussa 社, P25, アナターゼ:ルチル=7:3)に水、アセチルアセトン、トリトン X-100、ポリエチレングリコールの順に加え、それぞれの原料を加える毎に攪拌脱泡を行うことで負極である  $\text{TiO}_2$  多孔質膜の基となるペーストを合成した。このペーストを FTO ガラスに塗布して  $\text{TiO}_2$  多孔質膜を作製し、この  $\text{TiO}_2$  多孔質膜に増感色素(N719)を吸着させて負極を作製した。次に、正極となる Pt 板にスペーサーを載せ、ヨウ素電解液を滴下した。これに作製した負極を載せて固定し色素増感太陽電池を組み立てた。そして負極の FTO ガラス側にアップコンバージョン蛍光体である  $\text{YTa}_7\text{O}_{19}:\text{Er}, \text{Yb}$  をのせて、これに 980nm-1.3W の赤外レーザーを照射し純赤外光発電試験を行い、エネルギー変換効率の測定を行った。

【結果】  $\text{YTa}_7\text{O}_{19}:\text{Er}, \text{Yb}$  の発光スペクトルと N719 の吸収スペクトル( $\text{TiO}_2$  に吸着させた状態での拡散反射スペクトル)を Fig. 1 に示す。 $\text{YTa}_7\text{O}_{19}:\text{Er}, \text{Yb}$  の発光位置と N719 の吸光位置は一致しており、 $\text{YTa}_7\text{O}_{19}:\text{Er}, \text{Yb}$  の発光が N719 に効率よく吸収されると考えられ、 $\text{YTa}_7\text{O}_{19}:\text{Er}, \text{Yb}$  蛍光体と N719 色素を用いることで赤外光による発電が可能であると推定される。Fig. 2 にはアップコンバージョン蛍光体を用いた純赤外光発電試験の  $I-V$  曲線を示す。Fig. 2 より、アップコンバージョン蛍光体を組み合わせた色素増感太陽電池によって純赤外光によって発電が可能であることが明らかとなった。

【謝辞】 本研究は文部科学省・理数学生応援プロジェクト「サイエンス・マイスター育成プログラム」の支援を受けて実施された。発電試験を行うにあたってご協力いただきました東海大学工学部応用化学科功刀義人教授および功刀研究室の皆様へ感謝申し上げます。

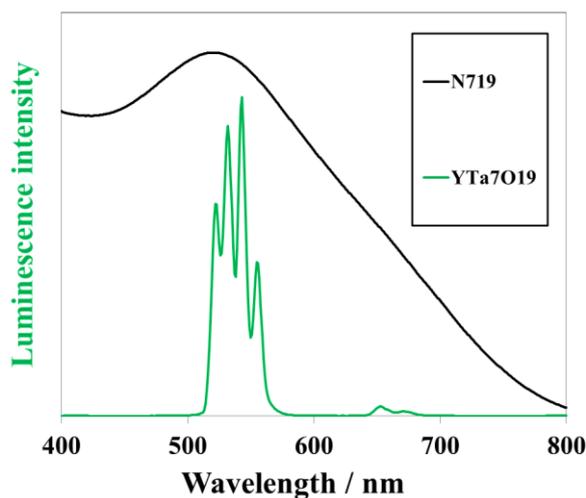


Fig. 1  $\text{YTa}_7\text{O}_{19}:\text{Er}, \text{Yb}$  の発光スペクトルと N719 の吸収スペクトル

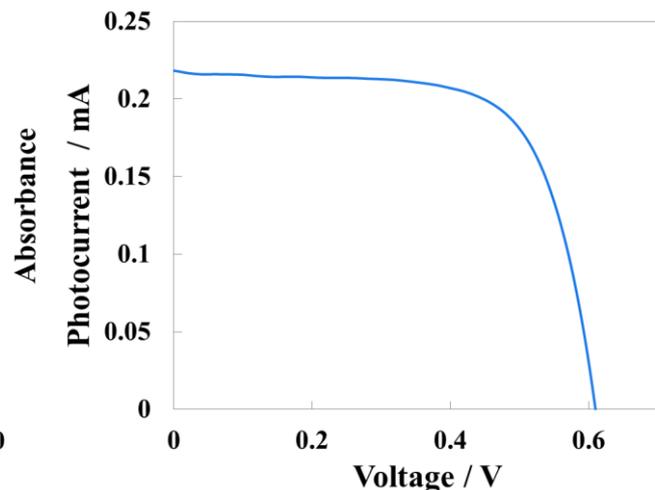


Fig. 2  $\text{YTa}_7\text{O}_{19}:\text{Er}, \text{Yb}$  を用いた色素増感太陽電池の発電における  $I-V$  曲線

## 電極材料用 Cr-W合金の仕事関数の測定

\*山瀬貴也（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）

はじめに

自動車などのエンジンに使用されている点火プラグは、高温、酸化性雰囲気的环境下で使用される。この点火プラグに使われる電極材料の高性能化はエネルギー変換効率の向上につながる。一般に点火プラグの電極材料に Ni 基合金が用いられている。点火プラグの電極材料は高融点、高強度という視点から W も有望な材料の 1 つである。さらに、W は仕事関数が低いことから、放電電極としては大変優れた材料である。しかし、W は酸素との親和力が強く、使用温度が 700°C を超える酸化性雰囲気的环境下で用いることが困難である[1]。ところで、耐食性向上のために用いられている Cr は、高い融点と耐酸化性、耐食性に優れた金属である。そのため、W に Cr を加えた Cr-W 合金の電極利用が検討されている[2]。また、Cr-W 合金は 2 相分離曲線を有する全率固溶体状態図を示す[3]。そのため、Cr-W の均等な合金を作製し、評価できる可能性がある。しかし、Cr-W 合金の物理的性質に関する報告は少ない。特に基礎物性の一つである仕事関数については報告されていない。そこで本研究では、Cr-W 合金を作製し得られた試料の仕事関数を測定することを目的とした。

## 実験方法

試料の作製には Cr（純度：98%、粒度：10 $\mu$ m）と W（純度：99.9%、粒度：8 $\mu$ m）を用いた。試料の作製は、粉末を秤量・混合し、メカニカルアロイング法を用いて合金化した。メカニカルアロイングにはレッチェ社製遊星ボールミル PM100 を用いた。メカニカルアロイングの処理時間を 100 時間、回転数を 500rpm とした[4]。作製した試料は Cr 濃度が 20at%・40at%・60at%・80at% の 4 種類である。作製した試料の組成の確認には X 線回折を用いた。仕事関数の測定は得られた試料を圧粉したのち、ケルビンプローブ法を用いて仕事関数を測定する。

## 結果および考察

図 1 に Cr 濃度 40at% で混合した粉末とメカニカルアロイング（MA 処理）を行った粉末の X 線回折の測定結果を示す。MA 処理後の試料では、MA 処理前の確認された W と Cr それぞれのピークは確認できず、新たなピークを確認した。このことから MA 処理により、合金化されていることを確認した。ピーク角度より格子定数を求め、格子定数と組成比の関係から組成比を確認した。その MA 処理で得られる粉末は、Cr 濃度 40at% であった[5]。なお、仕事関数の測定結果についてはポスターにて発表する。

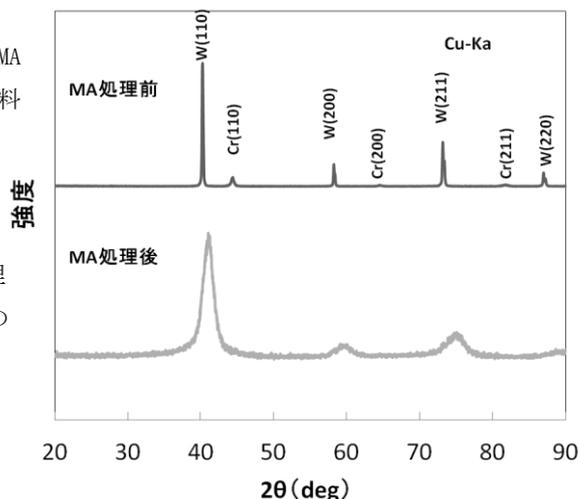


図1 40at%Cr-W合金のX線回折図

## 参考文献

- [1] 西尾兼光 スパークプラグ 山海堂 1999 P156~157
- [2] 日本特殊陶業株式会社 点火プラグ用電極材料 昭和 61-26748 1986年 2月6日
- [3] H. T. Greenaway, J. inst. Metals, 80, 1951-1952, P589-592
- [4] 福岡敬士 東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程 平成 23 年度 学士論文
- [5] F. J. A. Den Broeder Broeder, Acta Metallurgica, 20 (1972) P319-332

# **SAS 企業会員のご紹介 (2013 年度)**

温度計測の専門メーカー



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
U R L 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



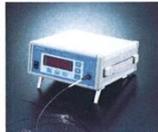
●各種温度センサ



●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

住所 〒259-1304 秦野市堀山下98-2
TEL 0463-87-2021 FAX 0463-87-2035

URL http://www.ishikawa.co.jp

主な取り扱い商品
熱交換器用圧力容器等

株式会社オーネックス



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 ガス浸炭焼入焼戻し加工
② ガス浸炭浸炭焼入焼戻し加工
③ 高周波焼入焼戻し加工
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



株式会社 オプトニクス精密

住所 〒326-0037

栃木県足利市富士見町 26

TEL 0284-43-3611 FAX 0284-43-0707

URL http://www.optnics.co.jp/

主な取り扱い商品

超精密、超微細製品の企画、
技術開発、製造販売

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・熱処理加工工場では、総合技術力で対応いたします。

- ◎ 世界初の雰囲気制御付真空浸炭炉『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



熱処理設備全自動ライン
(弊社新設工場)



☆経営者・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回学術振興会賞の「技術賞」を受賞

P-CVDアルファローコス 世界初のマグネダイカスト金型の
龍型素フリーを実現 <T I A I S I C N O系ナノコンポジット膜>

関東冶金工業株式会社

住所 〒254-0014 平塚市四之宮 2 5 4 3

TEL 0463-55-2511 FAX 0463-55-8884

URL http://www.k-y-k.co.jp

主な取り扱い商品
工業用熱処理炉

旭東ダイカスト株式会社

KYOKUTO DIE-CASTING CO.,LTD

創業100年を以て、継続的発展を掲げ、常に最先端技術を駆使し、構造改良、ツクム改良、新技術の開発、
中堅以上の企業、社員の向上教育、訓練を積極に推進する。
お客様に感謝いたします。

「新仕ダイカスト製品 世界一を目指して」

所在地 〒358-0111 神奈川県厚木市上野山北門外田27
TEL 0465-73-0558
FAX 0465-73-0500
E-mail: j.kawano@kyokuto.co.jp

代表取締役 藤田 正志

副社長 川越 孝典

理事長 4,250万円

従業員数 約 44名(女 9名) 計 52名

事業の目的 精密・新仕各種ダイカスト製品及びダイカスト金型製造並びに販売。

製品名目 空圧機油圧・油圧機器・電子機器・精密部品等

製造業 0465 厚木・鶴岡工場(オートパーツ) 厚木北門外工場・鶴岡三軒所・鶴10社

業 品 名

ダイカスト製品 1,200mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

1,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

2,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

2,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

3,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

3,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

4,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

4,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

5,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

5,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

6,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

6,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

7,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

7,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

8,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

8,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

9,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

9,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

10,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

10,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

11,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

11,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

12,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

12,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

13,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

株式会社 輝東窒化研究所

所在地: 神奈川県秦野市三屋 42

TEL 0463-75-2211 / FAX 0463-75-3515

http://www.kyokuto-tikka.com

●窒化処理とは金属部品の表面硬化処理のことで、耐摩耗性、耐
腐食性の向上を目的としています。

当社はアモニア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22mの大型炉2基と、長さ7mの長尺炉1基
を含め22基の円筒型炉を所有し、短納期に対応しています。



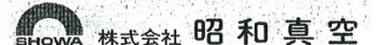
●対象部品:

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、各種機械部品など

●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。

「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 3082 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
TEL: 042-754-1331 FAX: 042-758-1052

第二工場 〒229-0011 神奈川県相模原市大野台二丁目 27 番 2 号

営業項目

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

代表取締役 藤田 正志

副社長 川越 孝典

理事長 4,250万円

従業員数 約 44名(女 9名) 計 52名

事業の目的 精密・新仕各種ダイカスト製品及びダイカスト金型製造並びに販売。

製品名目 空圧機油圧・油圧機器・電子機器・精密部品等

製造業 0465 厚木・鶴岡工場(オートパーツ) 厚木北門外工場・鶴岡三軒所・鶴10社

業 品 名

ダイカスト製品 1,200mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

1,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

2,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

2,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

3,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

3,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

4,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

4,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

5,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

5,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

6,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

6,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

7,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

7,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

8,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

8,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

9,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

9,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

10,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

10,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

11,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

11,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

12,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

12,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

13,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

13,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

14,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

14,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

15,000mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

15,500mm 標準品 0465 厚木工場 0465 厚木工場

## 株式会社 鈴木製作所

住所 〒253-0071 茅ヶ崎市萩園 2658-13  
TEL 0467-85-1131

主な取り扱い商品  
輸送用機器器具製品（主に自動車機能部品）

URL <http://www.suzuki-cc.jp>



**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-netstu.co.jp>  
採用情報 <http://www.ichi-netstu.co.jp/recruit/index.html>  
E-mail [info@ichi-netstu.co.jp](mailto:info@ichi-netstu.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 37台  
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



Cライン  
連続炉



光と熱源のハイオプティマ  
**岳石電気株式会社**

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、レアメタル金属素材使用  
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**

## 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.**  
ISO 14001  
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  
21世紀においても、巴商会では  
さまざまな力でお客様と共に  
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ご提供していま  
す。技術部門、商品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

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

<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  
iA-v3-IPD電話機

## 株式会社 ニクニ

住所 〒213-0032 川崎市高津区久地 843-5  
URL: <http://www.nikuni.co.jp>

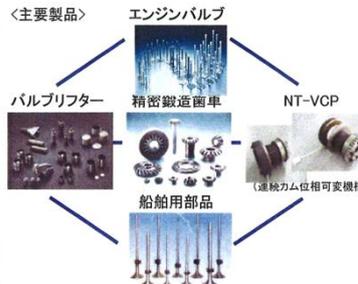
主な取り扱い商品

ステンレス製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、もの造りに関し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>

## NHK ニッパツ

日本発条株式会社

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

ニッパツは世界No. 1のおお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  
ならないキーマーツを提供しています。

<自動車分野>



世界No. 1のおお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および半導体記憶装置などで、  
高信頼化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

住所 〒130-0012 墨田区太平 1-29-4  
TEL 03-3624-5771  
URL <http://www.nihonhanda.com/>

主な取り扱い商品  
電子機器用各種はんだ材料、フラックス材  
自動ハンダ付け加熱装置

## 日本ベルパーツ(株)

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.takuminowaza.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** リーフレット  
タンクステンパイプ  
圧入調整器具 (SCMEC)
-  **情報機器** 磁気ヘッド (MRヘッド)
-  **自動車** エンジンバルブ  
調整調整器具  
電圧コネクタ
-  **半導体** コネクタ用 105合金  
ステンレス鋼パイプ
-  **医療** 磁性体調整機 (磁気ヘッド、磁気ヘッド)  
磁性体調整機 (磁気ヘッド、磁気ヘッド)
-  **精密機械** カテーテル  
ワイヤコネクタ



高精度送りローラ スチールベルト WC溶射ローラ

## 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 ガス浸炭窒化 ガス軟窒化  
ガス浸炭 ガス浸炭窒化 ADI 等各種処理



㈱ヤ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 TEL.055-997-3010 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 40万 kcal/h  
65℃ 7ton/h

## 株式会社 山本科学工具研究社

住所 〒273-0018 船橋市栄町 2-15-4  
TEL 047-431-7451

主な取り扱い商品  
硬さ基準片

## 株式会社 渡辺製作所

住所 〒950-1455 新潟県新飯田 3000 番地  
TEL 025-374-2146

主な取り扱い商品  
金属熱処理加工  
URL <http://www.watanabetu.jp/>

## '13 SAS Intelligent Symposium Abstracts

平成 25 年 11 月 13 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 東海大学湘南キャンパス

TEL 0463-69-1960 FAX 0463-69-1961

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

発行人・小野 宗一

© 2013 Society of Advanced Science