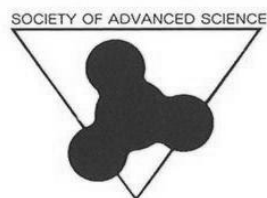


*28<sup>th</sup>*  
*'16 SAS Symposium*

***ABSTRACTS***



日時：2016年11月24日(木)、25日(金)

10:00~16:00

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

28<sup>th</sup> '16 SAS シンポジウム アブストラクト正誤表

頁等	誤	正
p. VI	<p><b>C-14</b> Al-Li 合金の特性について *片山 太我(東海大学教養学部人間環境学科)</p>	<p>タイトル・著者名を追加・修正 アブストラクト掲載</p> <p><b>C-14</b></p>
	<p><b>C-15</b> メカノケミカル法による Ge と GeO<sub>2</sub> の反応 *白井 勇祐(東海大学教養学部人間環境学科)</p>	<p>タイトル・著者名を追加・修正 アブストラクト掲載</p> <p><b>C-15</b></p>
	<p><b>C-16</b> メカニカルアロイング法を用いた Cr-W 合金の作製 *渡邊 聖也(東海大学教養学部人間環境学科)</p>	<p>タイトル・著者名を追加・修正 アブストラクト掲載</p> <p><b>C-16</b></p>
	<p><b>C-17</b> Al-Li 合金の作製および水との反応性 *片山太我(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)</p>	<p>発表取り下げ</p>
p. IX	<p><b>H-7</b> 蒸着法による炭化窒素薄膜の作製と評価 *吉原 夕貴(東海大学教養学部人間環境学科)</p>	<p>タイトル・著者名を追加・修正 アブストラクト掲載</p> <p><b>H-7</b></p>

	<p><b>H-9</b> RF マグネトロンスパッタリングにより作製した薄膜ゲルマニウム薄膜の電気的特性</p> <p>*石垣 藍(東海大学教養学部人間環境学科)</p>	<p>タイトル・著者名を追加・修正          アブストラクト掲載</p> <p><b>H-9</b></p>
	<p><b>H-10</b> ガスクロミック反応を用いた水素センサーの作製</p> <p>*林 雅悠(東海大学教養学部人間環境学科)</p>	<p>タイトル・著者名を追加・修正          アブストラクト掲載</p> <p><b>H-10</b></p>

## 28<sup>th</sup> '16 SAS シンポジウム スケジュール

	11月24日(木)	11月25日(金)			
9:00	開場 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 ※必ずウイルスチェックを行ってください	受付開始			
10:00	シンポジウム開会式 ※参加者の方はできるだけご出席下さい	ショートプレゼンテーション開始 発表領域 A, B, C, F			
10:15	ショートプレゼンテーション開始 発表領域 E, G, H, I, D				
	** 休憩 **	** 休憩 **			
13:30	ポスター発表開始 発表領域 E, G, H, I, D	ポスター発表開始 発表領域 A, B, C, F			
	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">13:30-14:30 カテゴリ No. <b>偶数</b></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">15:00-16:00 カテゴリ No. <b>奇数</b></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">*上記の時間帯は、各自のポスター前に待機して下さい。</td> </tr> </table>		13:30-14:30 カテゴリ No. <b>偶数</b>	15:00-16:00 カテゴリ No. <b>奇数</b>	*上記の時間帯は、各自のポスター前に待機して下さい。
13:30-14:30 カテゴリ No. <b>偶数</b>					
15:00-16:00 カテゴリ No. <b>奇数</b>					
*上記の時間帯は、各自のポスター前に待機して下さい。					
16:00	第1日目 終了	第2日目 終了 シンポジウム閉会式 ※参加者の方はできるだけご出席下さい			
		閉会式終了後、ポスターおよび展示物の撤収作業			

※ ポスター掲示およびデータの提出は、**発表日に関わらず、すべて24日(木)9:00~10:00までに行ってください。**

※ ポスターは**発表日に関わらず2日間掲示してください。**東海大湘南キャンパス以外からご参加いただく方は、ポスターケース等をご用意して頂ければ、シンポジウム終了後にポスターをご返送いたします(ヤマト運輸・着払い便)。

※ 遠方からの来場や授業等でご都合の悪い場合等は、あらかじめご相談いただければご対応いたします(ご希望に添えない場合がありますのでその際はご容赦ください)。

E-mail [symposium@sas-jas.gr.jp](mailto:symposium@sas-jas.gr.jp) もしくは [sasinfo@sas-jas.gr.jp](mailto:sasinfo@sas-jas.gr.jp) まで

## <28<sup>th</sup> '16 SAS シンポジウム実行委員会組織>

実行委員長	山田 豊	東海大学 工学部 材料科学科 特任教授
現地運営委員長	渋谷 猛久	東海大学 工学部 光・画像工学科
実行委員	天野 忠昭	SAS テクニカルセンター
	伊藤 健郎	日本ベルパーツ株式会社
	伊藤 経教	株式会社オーネックス
	岩瀬 満雄	SAS 事務局
	内田 ヘルムート 貴大	東海大学 理学部
	内田 晴久	東海大学 教養学部 人間環境学科
	大塚 隆生	第一熱処理工業株式会社
	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
	小栗 和也	東海大学 教養学部 人間環境学科
	木村 誠	岳石電気株式会社
	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
	神田 昌枝	JAS Assistant Editor
	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
	高橋 理	株式会社昭和真空
	武田 康秀	株式会社極東窒化研究所
	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
	西 義武	東海大学 工学部 材料科学科
	星野 薫	パーカーS・N工業株式会社
	松村 義人	東海大学 工学部 原子力工学科
	安森 偉郎	東海大学 教育研究所
	若木 守明	東海大学 工学部 光・画像工学科
	渡部 貴史	株式会社日鍛バルブ

(五十音順、敬称略)

## 28<sup>th</sup> < '16 SAS シンポジウム 題目一覧 >

会期 2016年11月24日, 25日 10:00~16:00

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

\*発表者 \*\*指導教員

### A・インテリジェント材料・ナノテク

#### A-1 耐雷シールド用Cu/CFRP積層シートの接着強度の向上方法

\*露木徳哉(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、峯岸明子(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、内田貴大(東海大学理学部物理学科)、神田昌枝(中部大学超伝導・持続可能エネルギー研究センター)、井上徳之(中部大学超伝導・持続可能エネルギー研究センター)、\*\*松村義人(東海大学工学部原子力学科)、\*西義武(東海大学工学部材料科学科)

#### A-2 Sm-Fe 超磁歪薄膜の内部応力に着目した特性制御について

\*坂野 尚太(東海大学工学研究科応用理化学専攻)、平川 萌(東海大学工学部原子力工学科)、\*\*松村 義人(東海大学工学部原子力工学科)

#### A-3 スマートフォン用ディスプレイガラスの着色・防曇効果・耐衝撃性に及ぼす電子線照射と熱処理効果

\*高橋杏奈(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、野村良(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、渋谷猛久(東海大学工学科光画像工学科)、\*\*松村義人(東海大学工学部原子力科学科)、西義武(東海大学工学部材料科学科)

### B・自然・環境エネルギー

#### B-1 V2Hを想定したインバータ装置の実装

\*大庭 学、黒川 明宏(東海大学工学部電気電子工学科)、\*\*石丸 将愛(東海大学工学部電気電子工学科)

#### B-2 SVMによる揚水発電所週間運用手法の開発

\*佐藤 洋(東海大学工学部電気電子工学科)、\*\*石丸 将愛(東海大学工学部電気電子工学科)

#### B-3 IMPACT OF HIGH VOLTAGE IMPULSE ON THE PHOTOVOLTAIC MODULES

\*Assylbek Alpamys 1, Tetsuya Kaneko 1, Atsushi Masuda2, \*\*Masao Isomura 1  
1 Graduate School of Engineering, Course of Electrical and Electronic System, Tokai University,  
2 Research Center for Photovoltaics, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

#### B-4 ペロブスカイト太陽電池への直流電圧印加による特性変動

\*山本智妃呂、前田勝典、山川ジョエル(東海大学大学院工学研究科)、勝又哲裕(東海大学理学部化学科)、\*\*金子哲也、磯村雅夫(東海大学大学院工学研究科)

#### B-5 太陽光発電システムの発電効率向上のための新型MPPT制御方式の提案

\*吉原一樹(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、久廻之周(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、竹田雄亮(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-6 太陽光発電システムにおけるPVピークブリッジ法を用いたPlug-inリアルタイムホットスポット検出システムの検討

\*飯塚 直明(神奈川工科大学大学院工学研究科)、落合 将喬(神奈川工科大学大学院工学研究科)、バハシュ ホサーム(神奈川工科大学大学院工学研究科)、\*\*板子 一隆(神奈川工科大学大学院工学研究科)

- B-7 **ゼオライトを添加した Mg の水素吸蔵特性**  
\*小野優 (東海大学人間環境学研究所人間環境学専攻)、内田晴久 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)
- B-8 **カザフスタンにおける水素エネルギー利用への展望: Ti-Gr-Mn 系水素吸蔵合金の作製及び水素吸蔵特性の検討**  
\*Zholdayakova Saule (東海大学人間環境学研究所) \*\*内田晴久 (東海大学人間環境学研究所)
- B-9 **燃料電池用水素製造装置の作製に関する研究**  
\*遠藤 哲 (東海大学工学部電気電子工学科)、石 俊樹 (東海大学工学部電気電子工学科)、堀江 翔太 (東海大学工学部電気電子工学科)、\*\*庄 善之 (東海大学工学部電気電子工学科)
- B-10 **ビデオカメラを動作可能な燃料電池の製作**  
\*吉川 翼、成井 俊哉 (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-11 **液中プラズマ法を用いた燃料電池用 Pt 触媒の作製**  
\*鈴木俊樹 (東海大学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-12 **液中プラズマ法を用いた CNT 分散液の作製**  
\*アティカ シュハイダ (東海大電気電子工学研究科)、\* \* 庄善之 (東海大電気電子工学科)
- B-13 **ダイレクトメタノール燃料電池の作製方法**  
\*小坂井 健汰 (東海大学工学部電気電子工学専攻) \*\* 庄 善之 (東海大学工学部電気電子工学科)
- B-14 **単層 CNT を添加した電気二重層キャパシタに関する研究**  
\* 柘谷勇吾 (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-15 **液中プラズマ法を用いた CNT 表面への Pt 触媒の作製と燃料電池への応用に関する研究**  
\* 楊帥 (東海大学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-16 **ソルボサーマル法による Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> ナノプレートの作製および構造評価**  
\*浅原健太 (東海大学工学部材料科学学科)、和田幸大 (東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、田中蔣基 (東海大学大学院理学研究科化学専攻)、冨田恒之准教授 (東海大学理学部化学科)、高尻雅之准教授 (東海大学工学部材料科学科)
- B-17 **メカノケミカル法によるメタンガスの合成の試み**  
\*草柳夏美 (工学部応用化学科)、熊坂実優 (工学部生命化学科)、\*\*源馬龍太 (教養学部人間環境学科)、小栗和也 (教養学部人間環境学科)、内田晴久 (教養学部人間環境学科)

## C・機械・材料工学

- C-1 **凹型角柱におけるアスペクト比変化による影響**  
\*高谷 達也 (東海大学工学部機械工学科)、大澤 啓太 (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-2 **無回転飛翔させたサッカーボールの不規則な変化が発生する速度領域の検討**  
\*水澤 卓斗 (東海大学大学院工学研究科機械工学専攻) 川上 悠太郎 (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 **ハードウェアベース安全装置を搭載したロボットスーツ（歩行動作時の速度ベース安全装置の動作確認実験）**  
 \*池田 啓祐(東海大学工学部機械工学科)、杉山 将史(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、野口 蒼平(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、\*\*甲斐 義弘(東海大学)
- C-4 **メカニカル安全装置を搭載した人間共存型ロボットの開発(安全装置の動作実験)**  
 \*吉井 博紀(東海大学工学部機械工学科)、坂牛 寿成(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、齊藤 大也(東海大学工学部機械工学科)、高橋 遼(東海大学工学部機械工学科)、\*\*甲斐 義弘(東海大学工学部機械工学科)
- C-5 **メカニカル安全装置を搭載したロボットスーツの開発（速度ベース安全装置の時間遅れの実験的検討）**  
 \*高屋 啓介(東海大学工学部機械工学科)、杉山 将史(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、野口 蒼平(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、\*\*甲斐 義弘(東海大学)
- C-6 **メカニカル安全装置を搭載したロボットスーツの開発 —速度ベース安全装置の時間遅れの理論解析—**  
 \*佐藤 優磨(東海大学工学部機械工学科)、野口 蒼平(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、杉山 将史(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、\*\*甲斐 義弘(東海大学)
- C-7 **メカニカル安全装置を搭載した足関節用ロボットスーツの開発（機構の提案）**  
 \*樋口 弘樹(東海大学工学部機械工学科)、矢部 雅史(東海大学工学部機械工学科)、野口 蒼平(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、杉山 将史(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、\*\*甲斐 義弘(東海大学工学部機械工学科)
- C-8 **メカニカル安全装置を搭載した足関節用ロボットスーツの開発（品質機能展開を用いた設計）**  
 \*矢部 雅史(東海大学工学部機械工学科)、樋口 弘樹(東海大学工学部機械工学科)、野口 蒼平(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、杉山 将史(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、\*\*甲斐 義弘(東海大学工学部機械工学科)
- C-9 **メカニカル安全装置を搭載したロボットスーツの開発（トルクリミッタの動作確認実験）**  
 \*清 聖弥(東海大学工学部機械工学科)、杉山 将史(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、野口 蒼平(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、\*\*甲斐 義弘(東海大学)
- C-10 **電子線照射により表面活性化したガラス繊維を用いた自動車部品用繊維強化熱可塑性 ポリカーボネート樹脂の耐衝撃特性の向上**  
 \*野村良(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、Michael C. Faudree、(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、\*\*神保至(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-11 **高級車用純Alと18-8ステンレス鋼の異種金属強力接合体の作製**  
 \*富澤 雅貴(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻) \*\*松村 義人(東海大学工学部原子力工学科) \*\*\*神保 至(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-12 **テタンと熱硬化性エポキシ樹脂の炭素繊維を用いた航空機用高強度接合体の作製**  
 \*高瀬早桐(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、神村 晃彦(東海大学工学部航空宇宙工学科)、長谷川 仁紀(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、\*\*松村 義人(東海大学工学部原子力工学科)、西 義武(東海大学工学部材料科学科)
- C-13 **電子線照射した航空機構造材用CFRP/Al積層体の接着強度評価**  
 \*北原 大輔(東海大学工学研究科応用理化学専攻)、峯岸 明子(東海大学工学研究科金属材料工学専攻)、内田ヘルムート貴大(東海大学理学部物理学科)、神田 昌枝(中部大学超電導・持続可能エネルギー研究センター)、井上 徳之(中部大学超電導・持続可能エネルギー研究センター)、\*\*松村 義人(東海大学工学部原子力工学科)、\*西 義武(東海大学工学部材料科学科)



- C-14 **Al-Li 合金の特性について**  
\*片山 太我 (東海大学教養学部人間環境学科)
- C-15 **メカノケミカル法による Ge と GeO<sub>2</sub> の反応**  
\*白井 勇祐 (東海大学教養学部人間環境学科)
- C-16 **メカニカルアロイング法を用いた Cr-W 合金の作製**  
\*渡邊 聖也 (東海大学教養学部人間環境学科)
- C-17 **Al-Li 合金の作製および水との反応性**  
\*片山太我 (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・教育・基礎科学

- D-1 **仕掛け絵本の仕組みを利用した理科教材の開発**  
\*クンラウオ P.、J. アランヤー (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、\*\*小栗和也 (教養学部人間環境学科)
- D-2 **ガラスハープにおける気柱体積と共振周波数の関係に関する研究**  
\*小嶋芽依 (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 **光と色の三原色理解のための実験教材の開発**  
\*大上菜 (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 **ゾルゲル成膜による MgF<sub>2</sub> 複合膜に分散された貴金属ナノ粒子の与える SERS 特性**  
\*外川裕基 (東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻), \*\*渋谷猛久 (東海大学工学部光・画像工学科), 若木守明 (東海大学工学部光・画像工学科)
- E-2 **核融合ダイバータ材料での重水素吸蔵・透過特性**  
\*浅見奈那 (東海大学工学部生命化学科), 石川文貴 (東海大学理学研究科物理学専攻), \*\*利根川昭 (東海大学理学部物理学科), 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-3 **真空紫外分光法を用いた水素分子の振動温度計測**  
\*林達也 (東海大学理学部物理学科)、長谷拓哉 (東海大学理学研究科物理学専攻)、石原正悟 (東海大学理学部物理学科)、\*\*利根川昭 (東海大学理学部物理学科)、河村和孝 (東海大学)、佐藤浩之助 (中部電力)
- E-4 **シートプラズマを用いた水素負イオン源の開発**  
\*石原正悟 (東海大学理学部物理学科)、長谷拓哉 (東海大学大学院理学研究科物理学専攻)、林達也 (東海大学理学部物理学科)、\*\*利根川昭 (東海大学理学部物理学科)、佐藤浩之助 (中部電力)、河村和孝 (東海大学)
- E-5 **オーロラの形成に関する基礎研究 (加速機構と揺動)**  
\*遠藤隆太 (東海大学理学部物理学科)、小林憂也 (東海大学理学部物理学科)、亀井拓海 (東海大学理学部物理学科)、\*\*利根川昭 (東海大学理学部物理学科)、佐藤浩之助 (中部電力)、河村和孝 (東海大学)

- E-6 **D-He 混合プラズマ中での質量分析計測**  
 \*榎秀斗 (東海大学理学部物理学科), 石川文貴 (東海大学理学研究科物理学専攻), \*\*利根川昭 (東海大学理学部物理学科), 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-7 **シートプラズマを用いた電気推進機に関する研究**  
 \*西村未来 (東海大学理学部物理学科), 戸田聡史 (東海大学理学部物理学科), 石川文貴 (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-8 **核融合炉における先進的ダイバータに関する基礎研究**  
 \*瀧本壽来生 (東海大学大学院理学研究科物理学専攻), \* 利根川昭 (東海大学理学部物理学科), 河村和孝 (東海大学), 佐藤浩之助 (中部電力)
- E-9 **新規母体結晶 LaAlO<sub>3</sub> の作製とそのアップコンバージョン発光特性**  
 \*荒井 伸亮 (東海大学工学部原子力工学科), 田村 紗也佳 (東海大学理学部化学科), 東海林 千尋 (東海大学理学部化学科), 笹原新平 (東海大学理学部化学科), 田中 將基 (東海大学理学部化学科), 粕谷 航平 (東海大学理学部化学科), \*\*富田 恒之 (東海大学理学部化学科)
- E-10 **錯体重合法による Y-Al 系酸化物アップコンバージョン蛍光体の単相合成**  
 \*小野寺裕紀 (東海大学工学部原子力工学科), 笹原新平 (東海大学大学院理学研究科化学専攻), 田中將基 (東海大学大学院理学研究科化学専攻), 東海林千尋 (東海大学大学院理学研究科化学専攻), 田村紗也佳 (東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻) \* 富田恒之 (東海大学理学部化学科)
- E-11 **構造色材料に向けたセラミックス球状微粒子の合成とその周期配列**  
 \*東海林 千尋 (東海大学大学院理学研究科化学専攻), \*\*富田 恒之 (東海大学理学部化学科), 小林 亮・加藤 英樹・垣花 真人 (東北大学多元物質科学研究所)
- E-12 **核融合ダイバータのタングステンに対する重水素吸蔵機構に関する研究**  
 \*鷺平拓也 (東海大学理学部物理学科), 石黒未佳 (東海大学理学部物理学科), 山口健吾 (東海大学工学部原子力工学科), 石川文貴 (東海大学大学院理学研究科物理学科), 利根川昭 (東海大学理学部物理学科), 内田ヘルムート貴大 (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)
- E-13 **ホットプレス法で作製された Ge レンズの曲率と転位密度の関係**  
 \*渡部ゆうき, 斉藤沙季 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程), \*\*小栗和也 (教養学部人間環境学科)

## F・有機・高分子材料

- F-1 **人工血管に用いられるフッ素樹脂と電子線照射表面活性化した PE 積層複合材料の接着剥離強度の研究**  
 \*八木 新太 (東海大学工学研究科金属材料専攻), 内田貴大 (東海大学理学部物理学科), 神田昌枝 (中部大学超伝導・持続可能エネルギー研究センター), 井上徳之 (中部大学超伝導・持続可能エネルギー研究センター), \*\*神保 至 (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)
- F-2 **車両構造用 CFRP/18-8 の接着強度向上方法**  
 \*峯岸 明子 (東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻), 内田貴大 (東海大学理学部物理学科), 神田昌枝 (中部大学超伝導・持続可能エネルギー研究センター), 井上徳之 (中部大学超伝導・持続可能エネルギー研究センター), \*\*神保 至 (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)

## G・生命生理工学

- G-1 **カラーカメラで撮影した顔画像からのストレス評価に関する研究**  
\*渡邊汐 (東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻)、\*\*影山芳之 (東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻)
- G-2 **バイオ蛍光法によるエタノールガスの可視化計測 (探嗅カメラ) に関する研究**  
\*早川 悠暉、ナセデン ムニラ、飯谷 健太、佐藤 敏征 (東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科)、當麻 浩司、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 **口腔内温度のスマートフォン連続計測のための BLE 無線通信式マウスガード型センサ**  
\*戸本 佳佑、張 志偉、仁田 大揮 (東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科)、春日 柚香 (東京医科歯科大学 歯学部)、當麻 浩司、  
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 **気液隔膜セルを用いたバイオ燃料電池に関する研究**  
\*瀬島 史也、謝 睿 (東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科)、當麻 浩司、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-5 **呼気アセトンガス計測のための生化学式ガスセンサ(バイオスニファ)に関する研究**  
\*辻井 誠人、鈴木 卓磨、簡 伯任 (東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科)、叶 明、當麻 浩司、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-6 **マグネシウム合金のタンパク存在下での分解性評価法の検討**  
\*武田貴誠 \*\*望月明 (東海大学工学部医用生体工学科)
- G-7 **ポリアクリル酸メチル系共重合体の生体適合性について**  
\*鈴木淳也、八幡千枝 \*\*望月明(東海大学工学部医用生体工学科)
- G-8 **メチルエステル基及びメチルケトン基の血液適合性への影響**  
\*大木千陽、\*\*望月明(東海大学工学部医用生体工学科)
- G-9 **メトキシエトキシ化ポリマーの血小板適合性に関する研究**  
\*石井 道隆 \*\*望月明(東海大学工学部医用生体工学科)
- G-10 **ポリメタクリル酸メチルの末端メトキシ基の血液適合性に対する影響について**  
\*小野大 渡部貴史 塚本秀雄 \*\*望月明 (東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻)
- G-11 **ポリエーテル(PE)系ブロック共重合体のPE運動性と血液適合性について**  
\*奥田知熙 \*\*望月明(東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻)
- G-12 **メトキシエチルエステル基を有する重合体の運動性と血液適合性**  
\*樹下 拓也、\*\*望月 明 (東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻)
- G-13 **ウェアラブルセンサを用いた自律神経機能解析Iー心拍変動性ー**  
\*二郷大生、細田善弘、亀田理沙 (東海大学工学部医用生体工学科)、藤巻久子 (東海大学情報理工学部コンピュータ応用工学科)、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)

- G-14 **ウェアラブルセンサを用いた自律神経機能解析 2—呼吸変動—**  
\*細田善弘(東海大学工学部医用生体工学科)、藤巻久子(東海大学情報理工学部コンピュータ応用工学科)、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)

## H・薄膜・表面物性工学

- H-1 **めっき法で製作したピスマス・テルル系薄膜の熱処理による高性能化と拡散防止膜の検討**  
\*原田 知美(東海大学工学部材料科学科)、佐々木 勇輔(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)
- H-2 **基板バイアス変化による Ni 薄膜の内部応力制御**  
\*宮田 隼平(東海大学大学院工学研究応用理学専攻) 塚越 麗仁(東海大学工学部原子力工学科) 坂野 尚太(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻) \*\*松村 義人(東海大学工学部原子力工学科)
- H-3 **異種生体医療用ポリマーの高速殺菌接着方法の研究**  
\*高瀬 早桐(東海大学工学研究科応用理化学専攻) 八木 新太(東海大学工学研究科金属材料専攻) 内田 貴大(東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター) 神田 昌枝(中部大学 超伝導・持続可能エネルギー研究センター) 松村 義人(東海大学原子力工学科)\*\*松村 義人(東海大学原子力工学科) ※西 義武(東海大学工学部材料科学科)
- H-4 **熱電子強化型イオンプレーティング法における過剰エネルギーの効果**  
\*篠岡 樹(東海大学院工学研究科応用理化学専攻)、酒井 彰崇(東海大学大学院工学研究科応用理学専攻)、中村 歴人(東海大学工学部原子力工学科)\*\*松村 義人(東海大学工学部原子力工学科)
- H-5 **薄膜の内部応力に対する Thornton model の適用**  
\*橋本 真希(東海大学院工学研究科応用理学専攻)、坪井 仁美(東海大学工学部原子力工学科)、坂野 尚太(東海大学院工学研究科応用理化学専攻)、内田 ヘルムート 貴大(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)
- H-6 **透明電極利用を目的とした Ga-Sn-O 系薄膜の作製**  
\*今井脩人(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-7 **蒸着法による炭化窒素薄膜の作製と評価**  
\*吉原 夕貴(東海大学教養学部人間環境学科)
- H-8 **透明な太陽電池用 Al-Cu-O 系半導体薄膜の作製**  
\*黒川聖菜、木村花梨(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程) \*\*小栗和也(教養学部人間環境学科)
- H-9 **RF マグネトロンスパッタリングにより作製した薄膜ゲルマニウム薄膜の電気的特性**  
\*石垣 藍(東海大学教養学部人間環境学科)
- H-10 **ガスクロミック反応を用いた水素センサーの作製**  
\*林 雅悠(東海大学教養学部人間環境学科)

## I・その他

- I-1 **マイクログリッドの電力安定化のための小型発電機の制御装置の性能向上**  
\* 関原英人、小池洋太郎、庭田樹 (東海大学工学部電気電子工学科)、\*\* 石丸将愛 (東海大学工学部電気電子工学科)
- I-2 **PIC を用いた STATCOM の実装**  
\* 梅原善樹、照井敏生 (東海大学工学部電気電子工学科)、\*\* 指導教員 石丸将愛 (東海大学工学部電気電子工学科)
- I-3 **サイクロコンバータによる周波数変換装置の実装**  
\* 渡邊 基寛 (東海大学工学部電気電子工学科)、望月 匠 (東海大学工学部電気電子工学科)、\*\* 指導教員 石丸 将愛 (東海大学工学部電気電子工学科)
- I-4 **Poly(ethylene imine)水溶液の液体からガラス状態における分子ダイナミクス**  
\* 井上 紫央里 (東海大学大学院理学研究科物理学専攻)、松井 ゆりか (東海大学大学院理学研究科物理学専攻)、佐々木 海渡 (東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻、東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター)、喜多 理王 (東海大学理学部物理学科、東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター)、\*\* 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 **食品廃棄物の農業利用の可能性について**  
\* 石塚杏奈 (東海大学大学院人間環境学研究科)、石原圭子 (東海大学現代教養センター)、\*\* 室田憲一 (東海大学教養学部人間環境学科)
- I-6 **中国の環境改善について - 日本の公害の経験からの一考察 -**  
\* 黄天 (東海大学 大学院 人間環境学研究科)、\*\* 室田憲一、勝田悟、藤田成吉 (東海大学 教養学部 人間環境学科)
- I-7 **音 (振動) が植物の成長に及ぼす影響 - 暴露時間による影響について -**  
\* 平田将大 (東海大学 大学院 人間環境学研究科)、勝田悟 (東海大学 教養学部 人間環境学科)、\*\* 室田憲一 (東海大学 教養学部 人間環境学科)

以上

## 耐雷シールド用 Cu/CFRP 積層シートの接着強度の向上方法

\*露木徳哉(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、峯岸明子(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)

内田貴大(東海大学理学部物理学科)、神田昌枝(中部大学超伝導・持続可能エネルギー研究センター)

井上徳之(中部大学超伝導・持続可能エネルギー研究センター)

\*\*松村義人(東海大学工学部原子力学科)、\*西義武(東海大学工学部材料科学科)

【緒言】炭素繊維を基材とする炭素繊維強化高分子(CFRP)は比重が小さく、さらに耐雷シールド性をはじめとする機械的強度が高く、医療機器の電磁シールドや航空機の耐雷シールド、その他構造材料に用いられる。しかし CFRP は価格が高価格であり、エポキシ部が被雷により損傷することがある。銅(Cu)は電気伝導度が炭素繊維より三桁以上高く電磁波遮断性があり、電磁シールドとして利用されている。そこで、Cu を CFRP に接着させ雷を逃がし、電磁シールド性を維持し、耐雷シールド性を高めることが知られている。実際、耐雷シールド材料として Cu/CFRP 積層体を利用する場合にはある程度の接着強度が必要になり、接着強度の向上が必要になる。過去の研究において、Cu/CFRP 積層体の接着面に 100 keV 級加速電圧の均質電子線照射(HLEBI)を施し、それらを積層接着することにより引張せん断接着強度の向上を見出した。これらを踏まえ本研究では、接着強度の向上の因子と考えられる酸素分子の接着への影響を確認するために、HLEBI 処理雰囲気である窒素流量を制御し酸素濃度を変化させ引張せん断接着強度を評価した。

【実験方法】本研究の試料は CFRP プリプレグ(GH Craft Ltd Co., Ltd, 3K 平織り 333 g/m<sup>2</sup> 目付け(繊維200 g 樹脂133g))と Cu((株)ニラコ, 品番 CU-113553)を用いた。使用した電子線照射装置は(株)岩崎電気社製(アイ・エレクトロニクス社所有)を用いて Cu 表面に HLEBI 処理を行った。電子線は真空中で棒状ファイラメントから 170 kV 加速電圧で発生し、窒素流量を変化させることにより酸素濃度を制御し試料を処理した。電子線は試料表面において Ti 窓材を透過したことにより 126 keV まで減衰する。1 回の処理時間は 0.23 秒で僅かな試料温度上昇しか観測されておらず熱の影響は少ない。なお、電子線侵入深さは 23.4  $\mu$  m (Cu) と推定される。HLEBI 処理を行った面を重ね合わせた後、真空状態でホットプレス機を用いて 2 h、401 $\pm$ 0.5 K の条件を中心にオートクレーブ成型を行った。その後、引張せん断接着強度を確認するため、オートグラフを用いて引張せん断接着強さ試験 JIS K6850 に準拠した引張せん断接着試験を行った。

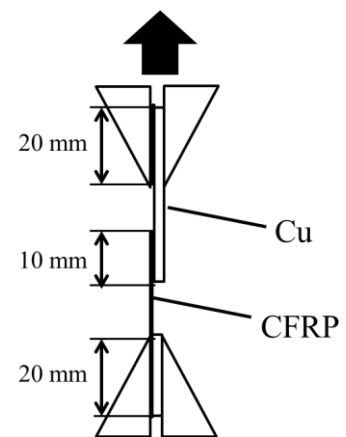


Fig.1 Schematic drawing of tensile shear test.

【結果】未照射積層体試料と比較し、HLEBI 処理雰囲気である窒素流量を変化させることにより酸素濃度を最適化することができた。その結果、引張せん断接着強度の向上を見出し、酸素分子の接着への影響が明らかとなった。しかし、HLEBI 処理雰囲気の酸素濃度を過剰に増加させると Cu/CFRP 間の引張せん断接着強度は低下する。

## Sm-Fe 超磁歪薄膜の内部応力に着目した特性制御について

\*坂野 尚太(東海大学工学研究科応用理化学専攻)、平川 萌(東海大学工学部原子力工学科)、\*\*松村 義人(東海大学工学部原子力工学科)

## 【緒言】

スパッタリング法により作製した薄膜の様々な諸特性は、成膜条件の違いにより大きく変化する。この変化の要因の一つとして内部応力が異なることが挙げられる。特に磁歪材料における内部応力の影響で、磁場変化に対する応答の善し悪しである磁歪感受率が大きく変化する。磁歪感受率の高い磁歪材料を用いると、同じ変位を得るためにかかる磁場の大きさが小さくなり、消費電力が少ない磁歪デバイスとして利用可能であると考えられる。我々はこれまで、蒸着粒子とスパッタガスイオンの入射頻度比とスパッタガスイオンの運動量から構成される、イオン衝撃パラメータ  $P_i$  を考案し、これを用いて評価することで内部応力を直線的に引張りから圧縮に制御可能であると報告してきた。これを踏まえて、Sm-Fe 薄膜作製時に基板バイアス電位を変化させ、それに伴う薄膜の内部応力および磁歪特性の変化について、イオン衝撃パラメータ  $P_i$  を用いて評価することを試みた。

## 【実験方法】

DC マグネトロンスパッタリング法を用いて Si 基板上に Sm-Fe 薄膜を成膜した。この際、基板バイアス電位を-120~0V の間で変化させた。成膜中に、ラングミュアプローブを用いたプラズマ診断を行った。プラズマ診断から、プラズマ電位およびイオン密度を算出し、任意で与えている基板電位との差で、アルゴンガスイオンが加速された分の速度と基板に入射するイオンの入射頻度を見積もった。成膜した試料を片持ち梁式光てこ法を用いて試料の曲率半径を計測し、薄膜の内部応力の算出に用いられる Stoney の式を適用して内部応力を求めた。磁歪量測定には、片持ち梁式光てこ法を用いて、印加磁場変化に伴う試料の自由端の変化量を計測し、磁歪量を求めた。

## 【結果】

基板バイアス電位が深くなることに伴い、イオン衝撃パラメータ  $P_i$  の値が大きくなった。 $P_i$  の増大に伴い薄膜の内部応力が圧縮方向に強くなった。Fig. 1 に示す通り、 $P_i$  の増大に伴い磁歪感受率が向上した。これらの結果より、基板電位を変化させることで薄膜に対する入射イオンの衝撃を制御可能であることが分かった。また、入射イオンの速度が大きくなることで薄膜の内部応力は圧縮方向に増大し、圧縮応力の増大の影響により磁歪感受率は向上することが分かった。これらのことから、磁歪薄膜の特性を評価する際にイオン衝撃パラメータ  $P_i$  を用いることで特性制御の可能性があると考えられる。

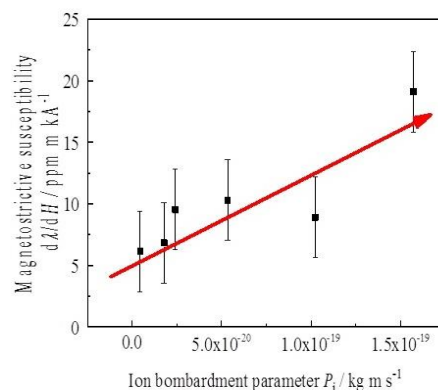


Fig.1: The magnetostrictive susceptibility of the Sm-Fe thin films as a function of the  $P_i$ .

## スマートフォン用ディスプレイガラスの着色・防曇効果・耐衝撃性に及ぼす電子線照射と熱処理効果

\*高橋杏奈(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、野村良(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、渋谷猛久(東海大学工学部光画像工学科)、\*\*松村義人(東海大学工学部原子力科学科)、西義武(東海大学工学部材料科学科)

### 【目的】

近年、スマートフォンなどのモバイル端末は急速に進化し、普及してきている。しかし同時に、これらは2つの問題を抱えている。1つ目はモバイル端末の使用時の湾曲や衝撃による液晶ディスプレイガラスの割れである。更に、モバイル端末は今後更なる薄化が予想されるため、液晶ディスプレイガラスの強靱化が求められている。2つ目の問題は日常生活で頻繁に起こる曇り現象のことであり、これはモバイル端末画面の操作性や鮮明さを損なう可能性があるため、防曇性の改善が求められる。なお、液晶ディスプレイガラスの曇りの原因は室内外での温度差や雨天時など湿度の高い状況によるものと考えられる。

過去の研究において、液晶ディスプレイガラスに用いられるアルカリアルミノケイ酸塩ガラスに100 keV級加速電圧の均質電子線照射処理を施すことによる耐衝撃性の向上を報告している。更に、石英ガラスなどに電子線照射処理を行うことによる防曇性の改善を報告しており、アルカリアルミノケイ酸塩ガラスにも同様の効果が期待できる。このように、電子線照射処理は新しい液晶ディスプレイガラスの強化方法となり得るが、同時に電子線照射処理によるガラスの着色課題が残った。

そこで本研究では、アルカリアルミノケイ酸塩ガラスの電子線照射処理による防曇性への影響及び、その後の熱処理による脱色、脱色後の透明性と機械的性質、防曇性の評価を目的とした。

### 【実験方法】

試料にはアルカリアルミノケイ酸塩ガラス(松浪硝子工業(株)製)を用い、電子線照射処理を施した。その際、使用した電子線照射装置は(株)岩崎電気 CB250/30/20 (アイ・エレクトロンビーム社)を用いた。電子線は170 keVに加速した電子を真空中より大気中に取り出すためチタン薄板を通過させる。この際電子線のエネルギーは126 keVまで減衰する。1回の処理時間は0.23秒で僅かな試料温度上昇しか測定されておらず温度の影響は少ない。なお、アルカリアルミノケイ酸塩ガラスの電子線照射侵入深さは100  $\mu\text{m}$ 程度と計算出来る。電子線照射処理後にホットプレス機を用いて着色ガラスの熱処理を行い、電子線照射処理のみの試料、電子線照射処理と熱処理との複合処理試料の各種物性試験を行った。その際行った試験は、シャルピー衝撃試験(榊島津社製 No. 51735)、防曇試験機によるクリアタイム測定及び、接触角測定機による表面自由エネルギー測定(榊協和界面科学製 CA-V)である。透明性の評価は紫外可視近赤外分光光度計(榊日本分光社製 V-570)を用いた。

### 【結果】

アルカリアルミノケイ酸塩ガラスに電子線照射処理を施すことにより表面エネルギーは上昇し、クリアタイムは短くなり防曇効果が見られた。さらに、電子線照射着色したアルカリアルミノケイ酸塩ガラスに熱処理を施した結果、最適熱処理条件において着色ガラスの透過率は回復し、脱色した。電子線照射効果による衝撃値向上は熱処理により低下したが、それ程照射効果が低下しない条件を報告する。また、クリアタイムへの影響も少なく短いままであり、防曇効果は長時間維持された。



図1. アルカリアルミノケイ酸塩ガラスの応用例



## V2H を想定したインバータ装置の実装

\*大庭 学、黒川 明宏(東海大学工学部電気電子工学科)

\*\*石丸 将愛(東海大学工学部電気電子工学科)

### 1. はじめに

太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーに注目が集まっており、家庭などの身近なところでも普及が進んでいる。しかし、電力の供給が一定でないという弱点がある。これを補うために太陽光発電システムと蓄電池を併設することが提案されており、昼間発電した電力を蓄電池で貯蔵し、停電時のバックアップや電力のピークシフトをすることができるという利点がある。この蓄電池として電気自動車を利用するシステムがV2Hである。V2Hの概念図を図1に示す。V2Hシステムを実現するには、蓄電池が蓄積している直流の電力を家庭で利用できる交流電力に変換するインバータ装置が必要である。そのため本研究ではV2Hを想定したインバータ装置の実装を試みた。

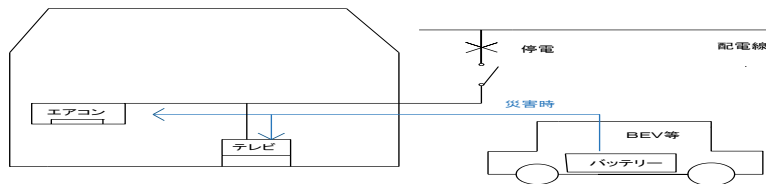


図 1 V2H の概念図

### 2. V2H システムの構成

V2Hを実現するためにMywayプラス株式会社のインバータユニット(MWINV-5R022)と制御ボード(PE-PRO/F28335A)を使用した。カーバッテリー(12V)を入力電源とし、DC/AC変換により交流の電圧が出力される。

### 3. 結果

オシロスコープを用いて電圧波形を観測した。図2は観測した電圧波形の一周期である。理論的な出力波形を図3に示す。図3と比較して同等の波形が検出できたので直流を交流に変換されたことが確認できた。

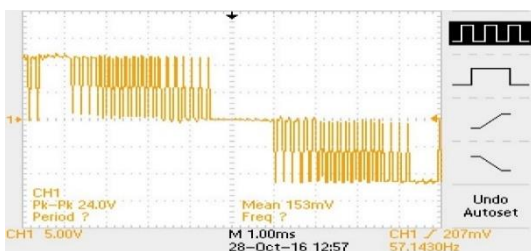


図 2 インバータの電圧波形

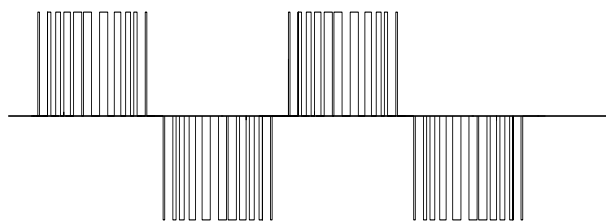


図 3 インバータの理論電圧波形

### 4. まとめ

DC/AC変換することによりV2Hを実現することができた。商用電源と連系するV2G (Vehicle to Grid) として発展させていく予定である。

## SVMによる揚水発電所週間運用手法の開発

\*佐藤 洋(東海大学工学部電気電子工学科)、\*\*石丸 将愛(東海大学工学部電気電子工学科)

### 1. はじめに

2011年に制定された「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」により、再生可能エネルギーの普及が進んでいる。太陽光発電や風力発電からの出力は、天候により大きく変動するため、これらの変動電源が電力系統に大量連系された場合、電力の安定供給に影響が生じることが懸念されている。また、需要の低い時間帯に大量に発電すると、供給力過多となるため太陽光発電の出力抑制が検討されている。しかし、出力抑制は発電事業者には不満が残ることが予想される。その対策として揚水発電所の昼間揚水が提案・検討されている。

揚水発電所の運用は、週間単位で行われることが多く、需要量と揚水発電所の上池の貯水量を考慮しながら、出力値を決定している。昼間揚水を行う場合は、需要量と揚水発電所の上池の貯水量に加えて、太陽光発電の出力を考慮し、出力値を決定することとなる。昼間の揚水発電所の運用方法の1つにファジィ推論を用いた運用方法がある。本研究では、太陽光発電が大量連系された場合を想定し、需要と太陽光発電出力を考慮した昼間揚水を可能とする揚水発電所の出力をSVM (Support Vector Machine : サポートベクターマシーン) により決定する方法の検証を行った。

### 2. SVMによる揚水発電所週間運用の開発

SVMとは機械学習アルゴリズムの一種である。機械学習には教師あり学習、教師なし学習、強化学習などの学習方法がある。教師あり学習の流れをFig.1に示す。教師あり学習は、訓練データを機械学習アルゴリズムに適用して予測モデルを作成し、そこへデータを入力することで出力を予測するものである。本研究での訓練データは、ファジィ推論による揚水発電所の出力、機械学習アルゴリズムをSVMとして揚水発電所の出力の予測を行った。

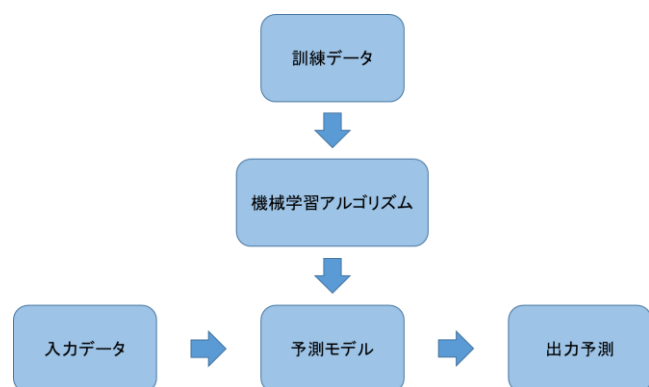


Fig 1 教師あり学習の流れ

### 3. 結果・考察

Fig.2にSVMによる1日の揚水発電所の出力結果を示す。赤はファジィ推論による出力結果、青がSVMによる出力予測である。出力値に差はあるものの、揚水発電所としての動作はほぼ同様のものとなり、SVMによる揚水発電所の週間運用が可能となった。

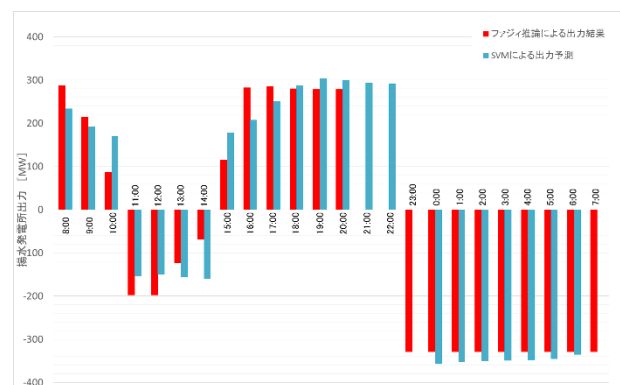


Fig. 2 SVMによる揚水発電所の出力結果(8:00~7:00)

## IMPACT OF HIGH VOLTAGE IMPULSE ON THE PHOTOVOLTAIC MODULES

\*Assylbek Alpamys<sup>1</sup>, Tetsuya Kaneko<sup>1</sup>, Atsushi Masuda<sup>2</sup>, \*\*Masao Isomura<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Engineering, Course of Electrical and Electronic System, Tokai University,

<sup>2</sup>Research Center for Photovoltaics, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

### 1. Introduction

Thunderbolt is one of the important reasons of catastrophic damage in photovoltaic (PV) modules. However, very few attempts have been made to estimate effects of high voltage impulse for PV modules. In this study, in order to fully understand the impact of simulated thunderbolt on the module performance, the effect of high voltage on the PV modules was investigated by using several characterization techniques.

### 2. Experimental

The multi-crystalline Si PV modules were investigated in this study. High voltage impulse generator simulated the thunderbolt and an oscilloscope was used to display and analyze waveform of voltage. The lightning impulse voltage of various level between 40 and 170 kV was applied to the testing modules under the five different connections. Three types of measurements; 1) IV curve measurement, 2) electroluminescence (EL) image, 3) insulation test were performed to reveal the effects of impulse voltage.

### 3. Results and Discussion

After lightning impulse voltage tests, mechanical damages of two different types were observed in the different connections. In the frame bias condition, positive impulse voltage was applied to the frame of the module while output cables were connected to the ground. In the cell bias condition, the voltage was applied to both electrodes of the module while the frame was connected to the ground.

#### 3.1) Frame bias condition

The strong spark was observed between the frame of the module and the ground (floor) when 60 kV was applied. Also the radial spark on the module surface was observed. In addition, cracks in the cell were determined by EL image around the junction box closest point between aluminum frame and electrode as shown in Fig. 1. However, current-voltage characteristic of testing modules before and after applying voltage was approximately same. It seems that electrical performance of PV module is not influenced significantly by applied voltage.

#### 3.2) Cell bias condition

Visible mechanical damage is shown in Fig. 2. As a result of electrical sparking, small hole with 0.8 cm diameter appears in the back sheet side of the tested module.

From the results, it can be concluded that there are no strong effects on electrical properties of the PV modules after applying 100 kV, although the mechanical damages are observed.

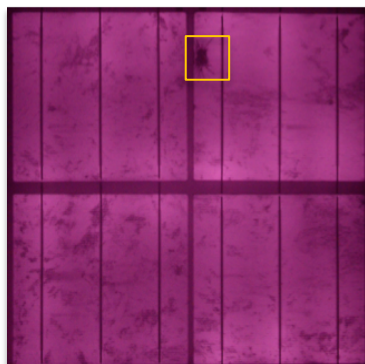


Fig. 1 EL image of cracks of the cell after applying 60 kV.

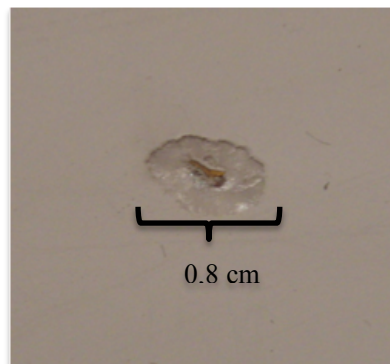


Fig. 2 The visible damage on the back side of the tested module.

## ペロブスカイト太陽電池への直流電圧印加による特性変動

\* 山本智妃呂、前田勝典、山川ジョエル（東海大学大学院工学研究科）、勝又哲裕（東海大学理学部化学科）

\*\* 金子哲也、磯村 雅夫(東海大学大学院工学研究科)

## 1. はじめに

近年、ペロブスカイト太陽電池が注目されている。光電変換効率が比較的高く、塗布プロセスとホットプレートによる乾燥で作製可能なため低コスト化が見込まれており、様々な研究が盛んに行われている。しかし、本太陽電池は劣化が早いことが問題となっており、その劣化機構の詳細に関しては未解明な部分も多い。劣化の要因については、水、光、電圧などが挙げられているがその要因と機構については現在も議論が盛んに行われている。そこで本研究では、電圧印加によるペロブスカイト太陽電池への影響を調査した。

## 2. 実験方法

本研究では、FTO 基板上的メソポーラス  $\text{TiO}_2$  に  $\text{PbI}_2$  溶液をスピンコート塗布し、ヨウ化メチルアンモニウムに浸漬させてペロブスカイト膜を作製した。その上に、ホール輸送層 (HTL) を成膜し、最後に電極である金を蒸着し、セルを作製した。今回作成したセルの構造は、Glass / FTO / Compact  $\text{TiO}_2$  / Mesoporous  $\text{TiO}_2$  /  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  / spiroOMeTAD / Au型の太陽電池である。太陽電池特性を評価するために、Xeランプを光源とし、フィルターを通すことで AM1.5, 1 Sun の擬似太陽光下で -0.1 V から 1.0 V まで電圧を掃引し、電流密度-電圧 (J-V) 特性を測定した。次に、順方向印加電圧に対するセル特性の変化を評価するため、ホール輸送層上の金電極側を正に定電圧 1.0 V を 15 分印加し続けた。

## 3. 実験結果

図 1 は 1V の順方向電圧印加時の J-V 特性変化の様子である。図 1 より昨年度報告した太陽電池の J-V 特性は初期特性が悪く、さらに、電圧印加を行うと特性が低下していることが分かる。一方でセル作成の最適化を行った結果、太陽電池性能が向上したセルについては特性劣化が抑えられている。図 2 は 1V の順方向電圧印加時の電流密度である。図 2 より昨年度報告したセルにおいては、15 分間の電圧印加中の電流密度の増加が大きい。一方で、J-V 特性が向上したセルについては 15 分間の電圧印加中における電流密度の増加が小さい。これらのことから、太陽電池性能が向上すると、セルへの電圧印加に対する耐久性が向上することが分かる。よって、セルの太陽電池性能とセルの電圧印加に対する耐性に相関があるということが考えられる。

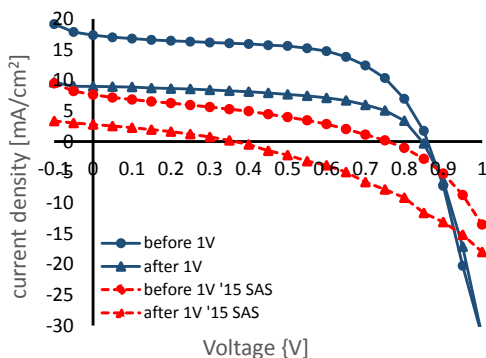


図 1. 1V の順方向電圧印加時の J-V 特性変化。

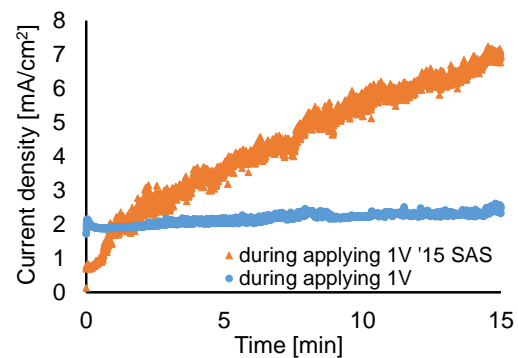


図 2. 1V の順方向電圧印加中の電流密度。

## 太陽光発電システムの発電効率向上のための新型 MPPT 制御方式の提案

\*吉原一樹(神奈川県立横浜国立大学電気電子情報工学科)、 久邇之周(神奈川県立横浜国立大学電気電子情報工学科)  
 竹田雄亮(神奈川県立横浜国立大学電気電子情報工学科)、 \*\*板子一隆(神奈川県立横浜国立大学電気電子情報工学科)

### 1. まえがき

太陽光パネルに影ができると P-V 特性に複数の電力ピークができる。従来の MPPT(Maximum Power Point Tracking)制御である山登り法では、複数の最大電力点に追従できない欠点がある。そこで本論文では、一定の間隔で I-V 特性をスキャンするスキャン法を組み合わせることで、山登り法の欠点を補う新しい MPPT 制御方式を提案する。さらに、提案する方法において部分影時での取得電力の特性を従来の山登り法と比較し、本方式の有効性を検討する。

### 2. 動作原理

図 1 に MPPT 制御の実験を行うために製作した昇圧型 DC-DC コンバータを示す。電流センサ、電圧センサで値を読み、デジタル制御システム(DSP)により MOSFET のスイッチング制御を行う。今回は山登り法、スキャン法を組み合わせ制御を行うので動作はそれぞれの特性を持ち合わせたものになる。スキャン法のスキャンによって最大電力点を検出し、動作を安定させ、山登り法によって次のスキャンまで最大電力の確保を行う特性を持っている。図 2 は、提案方式の動作原理である。定期的に行うスキャン期間において、太陽電池電流をゼロから短絡電流まで変化させ、I-V 特性を取得し、最大電力点を検出することで常に最大電力点を追従することができる。

### 3. 実験結果

図 1 において、コイルのインダクタンス値は 7.5mH とし、負荷側電圧は電子負荷によって 50V 一定とする。また、スイッチング周波数を 20kHz、コンデンサのキャパシタンス値を 660  $\mu$ F とした。使用した模擬太陽電池の電力容量は 100W である。

図 3 は影のない場合と影がある場合の模擬太陽電池の I-V 特性を測定した結果である。影がある場合は電力ピークが 2 つ生じていることが分かる。図 4 に従来の山登り法と本提案方式の電力測定値を示す。同図に示す通り、従来方式では影を付加することで電力が大きく下がり、影を除くまで電力が回復しないことが分かる。一方、提案方式では 0.7 秒時点のスキャン動作によって最大電力点を再び探すので、電力が直ちに回復していることが確認できる。また、影を取り除いた際、1.7 秒時点のスキャン動作によって電力が回復していることも確認できる。

### 4. まとめ

以上の結果から、山登り法にスキャン法を組み合わせる本提案方式では、太陽電池に部分影が生じたときの電力取得率を大幅に改善できることが確認された。

今後は、実際の太陽電池パネルで実験を行い、MPPT パラメータ、例えばスキャン間隔を調整するなどして更なる効率改善のための検討を行う予定である。

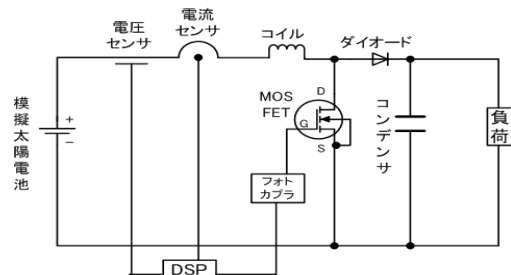


図 1 昇圧型 DC-DC コンバータ

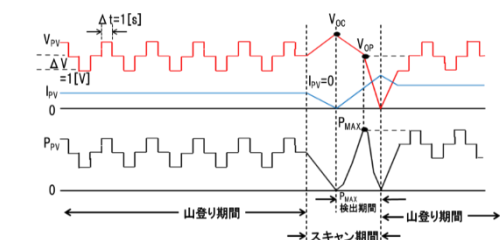


図 2 提案方式の原理図

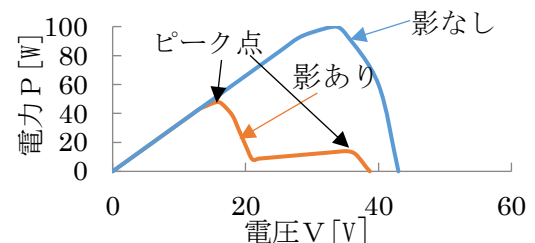


図 3 模擬太陽電池の I-V 特性

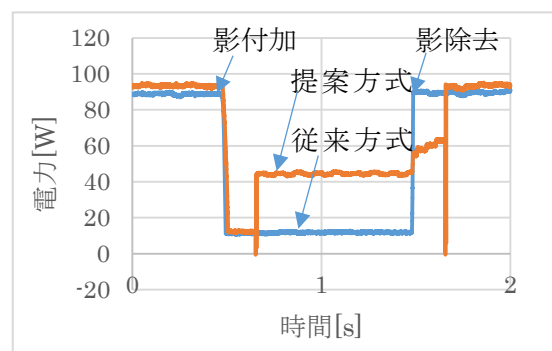


図 4 影付加時の電力取得特性の比較

## 太陽光発電システムにおける PV ピークブリッジ法を用いた Plug-in リアルタイムホットスポット検出システムの検討

\*飯塚 直明(神奈川工科大学大学院工学研究科), 落合 将喬(神奈川工科大学大学院工学研究科)

ハハシュ ホサーム(神奈川工科大学大学院工学研究科), \*\*板子 一隆(神奈川工科大学大学院工学研究科)

### 1. はじめに

近年、日本では固定価格買取制度の実施により、太陽電池モジュールの導入数が増加している。それに伴い、年数が経過したモジュールの故障も増加傾向にある。故障原因の一つに、欠陥セルに長時間影が生じると、セル温度が上昇し、セルの破壊や火災などを引き起こすホットスポット現象がある。従来のホットスポット検査では、検査時間を要するなどの問題がある。先に、筆者等は主に新設のシステムを対象として、パワーコンディショナ (PCS) に搭載するホットスポット検出システムを提案した<sup>[1]</sup>。そこで、本論文では既設の太陽光発電システムに対応した Plug-in 型 (後付け型) のリアルタイムホットスポット検出システムを新しく提案し、その有効性を検討したので以下に報告する。

### 2. 本システムの原理

図 1 にホットスポット検出ユニットの回路図を示す。本ユニットは、筆者等が先に開発した“PV ピークブリッジ法”を搭載しており、“スキャン法”によって定期的に太陽電池電流をゼロから短絡電流まで変化させて I-V (電流-電圧) 特性を計測し、常に最大電力点となるように動作点を補正している<sup>[2]</sup>。本システムは、この I-V 特性の計測により、次に述べる電流変化率を算出し、ホットスポットの検出を行う。

図 2 に正常セルとホットスポットセルに影が生じたときの I-V 特性を示す。V<sub>1</sub> = 10 [V] 時の電流値 I<sub>1</sub> と V<sub>2</sub> = 15 [V] 時の電流値 I<sub>2</sub> の差を、短絡電流 I<sub>0</sub> で除した値を、(1) 式のように電流変化率として定義する。図 2 の I-V 特性において、電流変化率を求めると、ホットスポットの場合 0.1 以上となることを確認している。この電流変化率の値を“スキャン法”によって算出し、ホットスポット検出を行う。

$$\text{電流変化率} = (I_1 - I_2) / I_0 \cdots (1)$$

### 3. 実施結果

図 3 に実験を行ったシステムの構成を示す。検出ユニットによって、電流変化率の算出を行い、オシロスコープでホットスポットの発生を確認するシステムとなっている。既設のシステムにおける山登り法搭載の PCS は、電子負荷を用いることで模擬している。

図 4 に本システムの実施結果を示す。電流変化率の算出と動作点補正を 10 秒毎に行い、ホットスポットを検出するとユニットは 5V を出力する。ホットスポットセルに 2 秒時点で影を付加したところ、太陽電池出力が低下した。スキャンが行われると、ホットスポットを検出したことで 5V を出力し、動作点の補正が行われ、太陽電池出力が回復した。28 秒時点で影を取り除くと、太陽電池出力が上昇し、スキャン動作によってホットスポットフラグが 0V になった。

### 4. まとめ

本システムによって、ホットスポットモジュールを判別できることが実験により確認され、本システムの有効性が示された。今後は、複数枚のモジュールを直列に接続したストリング構成でのホットスポット検出システムについて検討を行っていく予定である。

#### 【参考文献】

- [1] Kazutaka Itako, Bakhsh Hossam, Tsugutomo Kudoh, and Qixin Huang. Proceedings of in Industrial Electronics Society, IECON 2015-41st Annual Conference of the IEEE, pp.1032-1036.  
 [2] K. Itako, Y. Togashi, R. Zama and Y. Matsuura. “Development of an MPPT Operating Point Correction Unit for Improving Efficiency in a Photovoltaic System” Proceedings of Renewable Energy 2014.

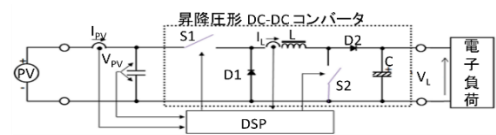


図 1. 提案する Plug-in ホットスポット

#### 検出ユニットの回路図

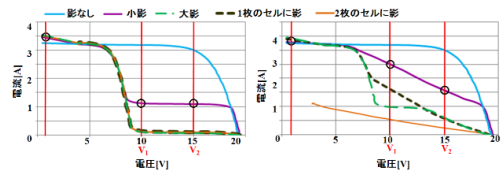


図 2. I-V 特性

(左: 正常セル, 右: ホットスポットセル)

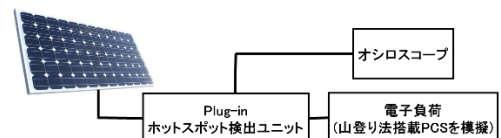


図 3. システム構成図

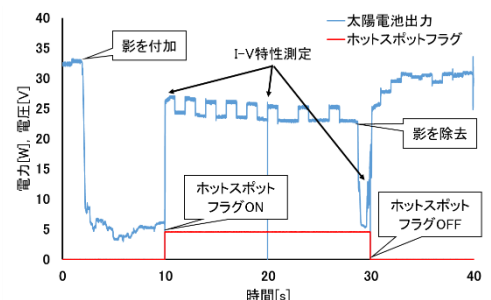


図 4. 実施結果

## ゼオライトを添加した Mg の水素吸蔵特性

\* 小野優（東海大学人間環境学研究科人間環境学専攻）、内田晴久（東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程）

## [はじめに]

水素エネルギー社会における水素の貯蔵方法の一つとして、水素吸蔵材料を用いた貯蔵法があげられる。LaNi<sub>5</sub> や Ti-V-Mn 系などの水素吸蔵合金を用いた場合は、体積あたりの水素密度は液体水素をしのぐものの、重量あたりでは約 1-2 mass% の水素吸蔵量であり<sup>[1]</sup>、高圧ボンベによる場合と比較しても大きな優位性とはならない。軽元素である Mg は、重量あたりの水素吸蔵量が 7.6 mass% にもなるが、表面近傍で安定な水素化物層を形成し、内部への水素の拡散が遅い。また、Mg を水素化および脱水素化するには 300 - 400 °C 程度の高温が必要であり、最初に水素を吸蔵させるために高温での初期活性化処理も必要となる。これについては、ボールミルにより試料粉末を触媒とともに粉碎・微細化処理することにより 300 °C 以下の温度で迅速な水素吸蔵が可能になることが示されている。<sup>[2]</sup> また、ボールミリングによる試料の前処理および触媒等の添加が Mg の迅速な水素化反応のために有効と考えられる。本研究では、Mg にゼオライトを添加し、その水素化反応および脱水素化反応に対する特性を調べることにした。

## [実験方法と結果]

ゼオライト混合 Mg 試料作製にはボールミリング法を用いた。ボールミルは入江商会製の転動タイプのものを用いた。アルゴン雰囲気グローブボックス内にて、和光純薬工業株式会社製 MgH<sub>2</sub>（純度: 98 %）とゼオライトを Mg : ゼオライトの重量比が 4 : 1 となるよう秤量を行い、全量 1.5 g の混合粉末を 35 個のステンレス製ボール（直径: 9.5 mm）

と共にミリング用のステンレス製ポット（容積: 70 ml）に投入した。ミリング条件は、回転速度 180 rpm で 25 時間とした。ミリング後の試料をアルゴン雰囲気のグローブボックス

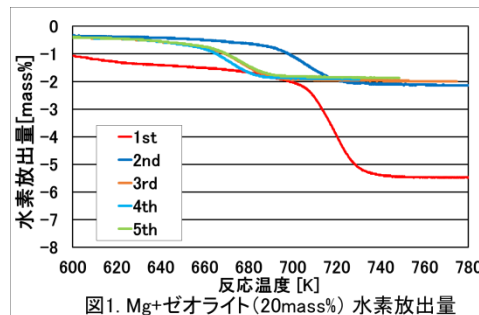


図1. Mg+ゼオライト(20mass%) 水素放出量

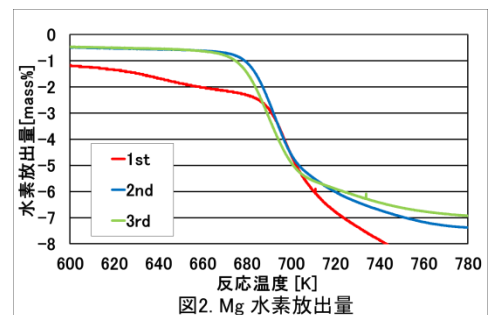


図2. Mg 水素放出量

内にて反応管に 0.1 g 投入し、高圧ジールツ装置を用いて水素化・脱水素化特性を評価した。

10<sup>-1</sup> Pa 程度まで真空排気後、電気炉を用いて 1 bar の水素雰囲気中で 297 K~780 K まで昇温し、脱水素化を行った。（電気炉は、温度調節器とスライダックを用いて 1 分間に 5 °C 昇温できるように設定した。）その後、真空排気しつつ 573 K まで反応管温度を下げ、同温度にて高圧水素を印加し水素化を行った。また、ゼオライトを添加しない MgH<sub>2</sub> のみの試料を同様の手順にてボールミリングを行い、水素化・脱水素化特性の比較を行った。今回は、水素放出量の結果のみを掲載した。図 1 は Mg とゼオライトを混合した水素放出量であり、図 2 は Mg のみの実験結果である。図では、水素放出温度の変化を調べるため横軸に温度をプロットした。図の横軸を 600 K にプロットしたのは、放出が開始される直前の温度変化を明確にしたかったためである。混合試料は 5 回繰り返し測定を行い、Mg のみでは 3 回繰り返し測定を行った。詳しくはポスター発表にて報告する。

## [参考文献]

- [1] E. Akiba and H. Iba, *Intermetallics* 6 (1998) 461-470.  
 [2] N. Hanada, T. Ichikawa, S. Hino and H. Fujii, *J. Alloy. Compd.* 420 (2006) 46-49.

## カザフスタンにおける水素エネルギー利用への展望： Ti-Cr-Mn 系水素吸蔵合金の作製及び水素吸蔵特性の検討

\*Zholdayakova Saule（東海大学人間環境学研究科）\*\*内田晴久（東海大学人間環境学研究科）

### 1. はじめに

世界で有数の石炭埋蔵量を持ち、中央アジア最大の産油国であるカザフスタンでは再生可能エネルギーの開発と気候変動対策に力を入れようとしている。カザフスタンにおける電源構成は、炭 70%、然ガス 19%、油 1%、水力 10% となっており、年間およそ  $8.7 \times 10^{11}$  kWh の需要がある。豊富な化石燃料生産量を背景に、油の多くを輸出に回し、国内では石炭の利用に依存していることが特徴である。そのため再生可能エネルギーの開発はほとんど手付かずであった。しかし、石炭燃料への依存度の低減と気候変動対策の必要性から、政府は 2009 年 6 月に「再生可能エネルギー源利用法」を制定し、2024 年までに発電量の 5%を再生可能エネルギーで賄うという目標を掲げた[1]。本研究の目的は、カザフスタンにおけるエネルギー事情の調査を通じて、環境保全への取り組みやエネルギー事情の改善について考えることである。そのためのアプローチとして、水素エネルギーを取り上げ、エネルギー媒体としての水素の利用について検討することとした。水素は単位質量当たりのエネルギー量が大きく、輸送が容易であるとともに状況に応じて貯蔵形態を選択することが可能であり、加えて水素吸蔵合金を活用することにより、輸送・貯蔵が可能となることから、水素をエネルギー媒体として組み合わせることで再生可能エネルギーの活用も一層具体化するものと考えられる。

水素の貯蔵においては、水素を固体として貯蔵することが効果的かつ安全とされている。しかし水素貯蔵材料のコストを考慮すると、カザフスタンで採掘可能な金属資源を用いた水素貯蔵材料をもちいることが期待される。カザフスタンで採掘可能であり、なおかつ水素貯蔵に適した合金素材として Ti, Cr, Mn がある。これらの金属のカザフスタンにおける埋蔵量は世界ランキングに入り、低コストである。研究では、これらの金属より水素貯蔵が可能となる材料を試行作製した。（表 1 参照）

表 1 カザフスタンで採掘可能な金属資源

金属	世界 ランキング	採掘量 t/年	コスト \$/t
Ti <sub>22</sub>	20%生産	15,000	13,000
Cr <sub>24</sub>	埋蔵量 世界 1 位	3,500,000	4,000
Mn <sub>25</sub>	埋蔵量 世界 3 位	4,790,000	6,000

### 2. 水素貯蔵材料の試行的作製

カザフスタンにおけるエネルギー事情・自然資源・水資源・経済状況および採掘可能な金属資源に基づき、廉価で採掘可能な Ti, Cr, Mn を用いた合金として、AB<sub>2</sub>型の合金 TiCrMn 合金を試作した。純度 99%以上の金属試料を選定し、目的の組成となるよう試料を秤量後、今回の実験ではアーク溶解ではなく、セラミックポットを用い、ボールミルで 50 時間混合した。ステンレスポットの利用の際、合金化され、Mn 量が減少した。得られた合金の組織及び組成を SEM-EDX で元素分析した（図 1 参照）。目標組成として Ti(CrMn) = 1:1:1 とした。

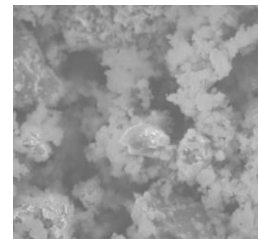


図 1 SEM における組織観

### 3. まとめ

本研究ではカザフスタンにおける水素エネルギー導入における可能性について検討することを目的にカザフスタンにおけるエネルギー事情を概観した。再生可能エネルギーの利用を拡大していくこと目的に、水素をエネルギー媒体として利用していくことを考える場合、水素を貯蔵するための水素貯蔵合金として、国内で大量に産出する Ti を基にし、さらに Mn と Cr を用いて、AB<sub>2</sub>型の合金を試作し、水素吸収特性を測定した。その結果、よりコストが低い金属から水素吸蔵合金を作製することの可能性を明らかにした。素吸蔵特性として、温度及び圧力の影響が非常に大きいということを確認した。カザフスタンは急速な経済回復に伴い、近年、カザフスタンのエネルギー需要も拡大したため、グリーン経済およびグリーンエネルギーが注目されようとしている。本研究は水資源に恵まれていないカザフスタンの現状も踏まえるし、水素貯蔵合金を用いた運搬問題を解決できると期待される。

### 4. 参考文献

- [1] <http://eneken.ieej.or.jp/> 一般財団法人日本エネルギー経済研究所 2014.04.28
- [2] <http://www.jp-kz.org/> 日本カザフスタン投資環境設備ネットワーク 2015.09.28
- [3] [www.stat.gov.kz](http://www.stat.gov.kz) Statistic Agency of KZ
- [4] 水素エネルギー協会、水素の事典、朝倉書店、2014



## 燃料電池用水素製造装置の作製に関する研究

\*遠藤 哲（東海大学工学部電気電子工学科），石 俊樹（東海大学工学部電気電子工学科），堀江 翔太（東海大学工学部電気電子工学科），\*\*庄 善之（東海大学工学部電気電子工学科）

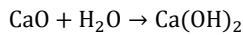
### 【背景】

燃料電池は水素と酸素の酸化還元反応により発電可能なデバイスである。高い発電効率と排出物が水のみであることから、次世代の発電システムとして注目されている。しかし、水素ガスの運搬にはポンプが必要となり燃料電池を携帯し使用するためには水素の持ち運び方法が課題である。

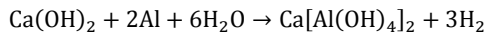
### 【目的】

水素は酸化カルシウム (CaO)、アルミニウム (Al)、水 (H<sub>2</sub>O) の化学反応により発生させる事ができる。以下に化学式を以下に示す。

水と酸化カルシウムの反応により水酸化カルシウム水溶液ができる。



水酸化カルシウム水溶液にアルミニウムが反応し、水素が発生する。



酸化カルシウム (CaO)、アルミニウム (Al) を固体発生源とし、水に投入することで水素を発生させる。市販の入浴剤である水素バスは、酸化カルシウム (CaO)、アルミニウム (Al) が含まれている。

本研究では、固体発生源に水素バスを用いて携帯可能な水素製造装置を作製し燃料電池を発電させる事を目的とする。

### 【実験方法】

本実験では水素製造装置を作製し、固体発生源を用いてスタック型燃料電池の発電が可能な確認するため2セルを用いて評価した。図1に水素製造装置の構造を示す。アイボリー1[L]の蓋にホースを取り付けて水素製造装置を作製した。発生する水素を浄化するために水素浄化装置を取りつけた。水素浄化装置は水素製造装置で発生させた水素を送り、細かい泡にしたものを水に通して不純物を取り除く仕組みになっている。

燃料電池の燃料極側に水素製造装置を取り付け、1[L]の純水に固体発生源を15[g]入れ水素を発生させた。空気極側には、酸素を0.5[L/min]流し評価装置を用いて評価した。また、燃料極側に0.5[L/min]の水素ガスをポンプから流したものと比較を行った。

### 【結果・考察】

図2に固体発生源を用いた燃料電池の電流 - 電圧、電力特性を示す。図2より水素製造装置から水素を送った燃料電池とポンプから水素ガスを流した燃料電池はどちらも開放電圧は約1.8[V]となり、最大出力は約3.8[A]の時、約3.1[W]となった。

固体発生源を用いた燃料電池とガスを流したときの電流 - 電圧、電力特性に差がなかったため、固体発生源を用いた水素製造装置の水素発生量が十分であることが分かる。また固体発生源を用いた水素製造装置を使いスタック型燃料電池が動作可能なことを確認できた。

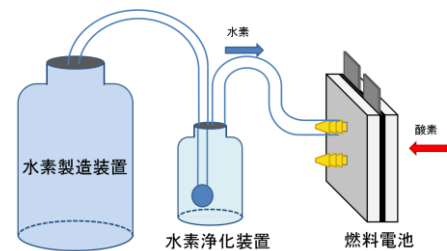


図1 水素製造装置の構造

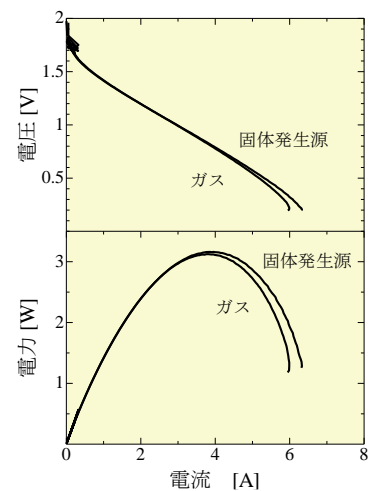


図2 固体発生源を用いた燃料電池の

電流 - 電圧、電力特性

## ビデオカメラを動作可能な燃料電池の製作

\*吉川 翼, 成井 俊哉(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)

## 【背景】

燃料電池とは水素と酸素の化学反応を利用した発電装置である。燃料電池に水素と酸素を供給し続ければ発電するため、一次電池や二次電池のようなバッテリー切れの心配がない。これにより長時間の撮影が可能になり、充電が出来ない状況下での撮影にも容易に対応が出来ると予想される。

## 【目的】

本研究ではビデオカメラを動作可能な燃料電池の製作を目的とする。単セル燃料電池では出力される電圧に限られており、電子機器を動作させることは難しいと考えられる。そのため電子機器に対応する電圧を得るため多数の燃料電池を直列に接続させる必要がある。しかし単セル同士を直列に接続するだけでは燃料電池からガスが漏れるリスクが高くなる。そのため多数の燃料電池をスタック化させる事が望ましい。実験より、ビデオカメラの電圧は3.7[V], 単セルの出力電圧が0.9[V]であることが確認できた。ビデオカメラを動作させるためには6セルの燃料電池の製作が必要である。

## 【2セル型燃料電池構造】

図1に2セル燃料電池の概略図を示す。スタック化した燃料電池が問題なく動作するかを確かめる為、図1のように2セル燃料電池を試作した。図1において両端のガスを流すアクリル板をエンドプレートと呼び、片方は水素の流路、もう片方は酸素の流路である。バイトンゴムで各極から燃料ガスの漏れを防止する。中央部分のMEAは燃料電池の発電部分であり、2枚のセパレータ(集電極)に挟まれている。製作した2セル燃料電池の出力特性を評価した。

## 【実験結果および考察】

図2に燃料電池の出力特性を示す。単セルでは開放電圧が0.8[V], 出力電力が1.8[W]であった。一方2セル燃料電池では開放電圧が1.76[V], 出力電力は2.3[W]を得た。今回の測定において2セル燃料電池は単セルの約2倍の開放電圧となった。しかし出力は2倍に達しなかった。

図3に燃料電池のコールコールプロットを示す。単セルでは直列抵抗成分が45[m $\Omega$ ], 並列抵抗成分が55[m $\Omega$ ]であった。一方2セル燃料電池では直列抵抗成分が170[m $\Omega$ ], 並列抵抗成分が100[m $\Omega$ ]であった。2セル燃料電池は単セルと比べて、並列抵抗成分が約2倍の値になっているのに対して直列抵抗成分は約3.8倍となった。この結果から、直列抵抗成分が大きいため出力が低下していると言える。原因として、セパレータとMEAの接触が不十分であること等が挙げられる。

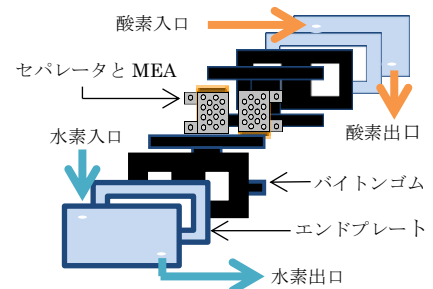


図1 2セル燃料電池の概略図

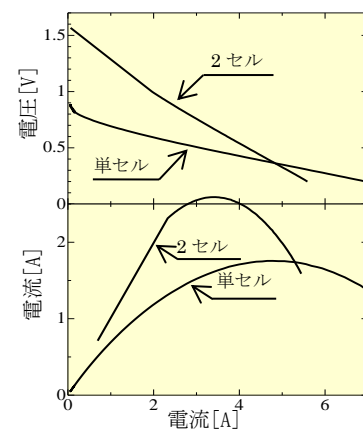


図2 燃料電池の出力特性

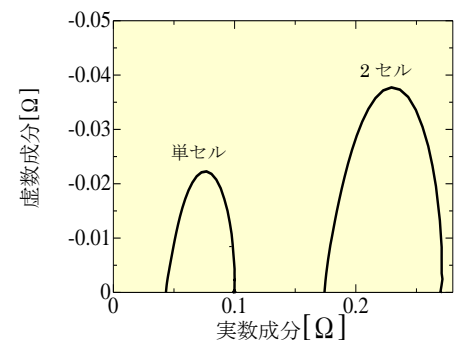


図3 燃料電池のコールコールプロット

## 液中プラズマ法を用いた燃料電池用 Pt 触媒の作製

\*鈴木俊樹（東海大学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.背景・目的

固体高分子型燃料電池は、水素と酸素の電気化学反応で発電する発電デバイスである。燃料電池に使われる白金(Pt)触媒には電気化学反応を促進させるため、炭素材料の表面上に Pt が担持されており、燃料電池の高価格化の要因になっている。

本研究では、Pt 触媒の微粒子径を小さくすることで Pt の単位質量当たりの表面積を増加させることを目的に、液中プラズマ法を用いて高い電気伝導性と比表面積を持つ CNT(MWCNT, SWCNT)表面上に担持し、Pt 触媒を作製する。さらに作製した触媒を用いて燃料電池を作製し、発電性能の評価を行った。

## 2.実験概要

18.9mg の MWCNT と SWCNT をそれぞれ純水と混ぜ、ジェットミルを用い、圧力 60MPa で分散処理回数(パス数)を変化させ、濃度が 0.047% の MWCNT 分散液と SWCNT 分散液を作製した。SWCNT は超音波攪拌機で 5 分間予備分散させた後、ジェットミルを用い、分散液を作製した。作製した CNT 分散液内に直径が 1mm の棒状の Pt 電極 2 本を 1mm の電極間隔で対向させるように配置した。Pt 電極間に 2.8kV のパルス電圧を印加することで、CNT 分散液中にプラズマを発生させた。プラズマ放電処理時間は 20 分間とし、プラズマ放電処理を行った CNT を用いて、固体高分子型燃料電池の触媒電極を作製した。

## 3.結果・考察

Pt 電極はプラズマ放電処理を 20 分行った後、質量が約 10~12mg 減少した。これは、スパッタ現象により Pt 電極が微粒子化したためと考えられる。

図 1 にパス数を変化させた時の MWCNT の電流-電圧特性、図 2 にパス数を変化させた時の SWCNT の電流-電圧特性を示す。MWCNT と SWCNT の開放電圧は約 0.8V となり、電流の増加に伴い、電圧は降下した。

図 3 に MWCNT と SWCNT のパス数に対する単位 Pt スパッタ量あたりの最大出力の変化を示す。パス数を増やすことで最大出力が高くなった。パス数が少ない CNT は Pt を担持できる表面積が小さく、担持した Pt 同士の間隔が狭くなり、Pt が互いに水素ガスとの反応を妨げるため、出力が小さくなったと考えられる。また CNT を分散させることで、Pt を担持できる表面積が大きくなり、担持した Pt 同士の間隔が広がるため、Pt が効率良く水素ガスと反応し、出力が高くなったと考えられる。

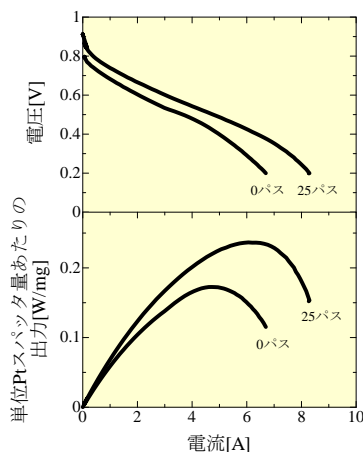


図 1. パス数を変化させた時の MWCNT の電流・電圧特性

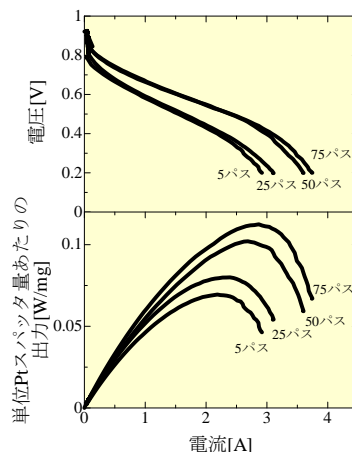


図 2. パス数を変化させた時の SWCNT の電流・電圧特性

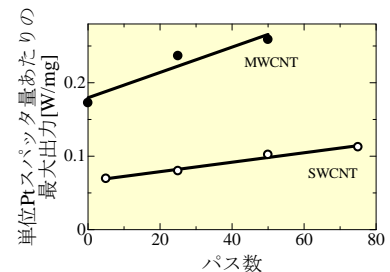


図 3. パス数に対する単位 Pt スパッタ量あたりの最大出力

## 液中プラズマ法を用いた CNT 分散液の作製

\* アティカ シュハイダ (東海大電気電子工学研究科), \*\* 庄善之 (東海大電気電子工学科)

## 背景・目的

燃料電池は水素と酸素を用いる発電デバイスであり、発電部である膜電極接合体 (MEA) と集電極であるセパレータで構成される。セパレータには金属製とカーボン製の 2 種類があるが金属製セパレータは機械的強度に優れ、プレス加工で安価に作製できるため、燃料電池用セパレータとして有望である。しかし、燃料電池動作環境化において金属製セパレータが腐食し、燃料電池の出力を低下させてしまうため、金めっきなどの防食加工が必要であるが貴金属のめっきは被覆コストが高いため、新しい防食技術が求められている。

これまでの研究ではジェットミル法を用いて単層 CNT 分散液を作製し、燃料電池用防食膜を作製した。単層 CNT の長さはおおよそ 100 $\mu\text{m}$  であり、ジェットミル法の高圧力により単層 CNT が切断される可能性が高いと考える。そこで、本研究では液中プラズマ法を用いて単層 CNT を分散することを目的とする。単層 CNT は電気導電性や熱伝導率が高く、分散性が多層 CNT より高い利点が挙げられる。しかし、単層 CNT は取り扱いが困難である。そのため、初めは分散しやすい多層 CNT (VGCF) を用いて、液中プラズマ法で単層 CNT を分散させる方法を検討する。

## 実験方法

液中プラズマ法を用いて CNT 分散液を作製した。VGCF と BrijS100 を 0.4g ずつ純水 38.2ml に混合し、混合液中に 2 本のタングステン電極を 1mm 間隔で設定し、高圧パルス電圧を接続し、スターラーで 10 分間攪拌した。その後、タングステン電極に加えるパルス電圧及び幅は 2.8kV, 2.2 $\mu\text{s}$  とし、周波数は 30kHz の高圧パルス電圧を印加し、タングステン電圧間にプラズマを発生させた。この時のプラズマ放電処理時間は 0 分から 20 分まで変化させた。

作製した CNT 分散液を用いて CNT/PTFE 複合膜を作製した。PTFE に対して、CNT の濃度を 4~100% 混合し、超音波を用いて 20 分間攪拌した。CNT/PTFE 混合液 40 $\mu\text{l}$  をガラス基板に均一に塗布し、ホットプレートを用いて 350 $^{\circ}\text{C}$  で 5 分間焼成した。その後、導電率の測定を行った。

## 結果・考察

図 1 に CNT/PTFE 複合膜の電圧・電流の導電率グラフを示す。PTFE のみの場合は導電性が得られなかった。これは、PTFE が絶縁性物質ためだと考えられる。図 1 は PTFE に対して、CNT の濃度を 50% で混合することによって 5.52 [S/cm] の導電性を得られた。これは、導電性が高い CNT を混合したためだと考えられる。さらに、図 1 のように導電性が得られたのは液中プラズマ法を用いることで CNT が良く分散したことで、うまく混合できたためだと考えられる。

図 2 に CNT/PTFE 混合率に対する導電率を示す。図 2 により、CNT/PTFE 膜中の CNT 濃度を増加させることで、導電率は上がることが分かった。この時の導電率は 1.2 から 6.4 [S/cm] まで得られた。50% と 100% の高濃度では放電処理なしと放電処理 20 分間の導電率には大きな変化がなかった。一方、4% から 25% の低濃度では放電処理 20 分間の方が高い電気導電性を得られた。これは、CNT 濃度が低い場合でも、液中プラズマ法で CNT の分散性を向上させた分散液を用いることで CNT/PTFE 複合中に均一に CNT を添加することが可能となり、伝導機構がより多く形成されるためと考えられる。

以上の結果から、液中プラズマ法を用いた CNT 分散液を使用することが導電性を有する CNT / PTFE 複合膜を形成する上で重要なパラメータであると考えられる。

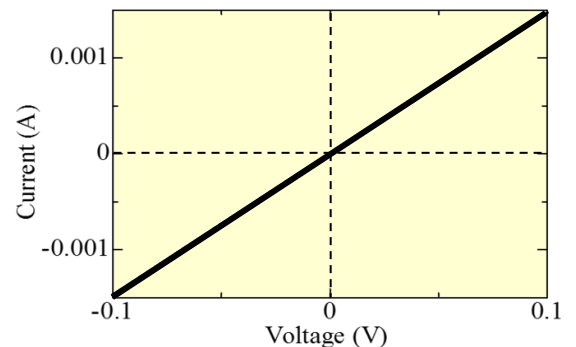


図 1 膜の電圧電流の導電率グラフ

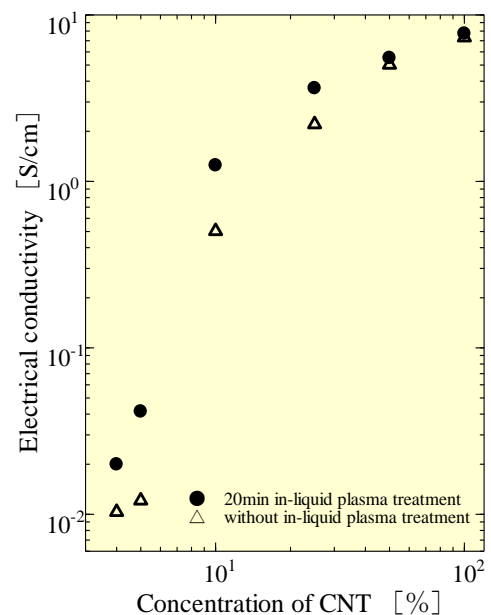


図 2 CNT/PTFE 混合率に対する導電率

## ダイレクトメタノール燃料電池の作製方法

\* 小坂井 健汰 (東海大学工学部電気電子工学専攻) \*\* 庄 善之 (東海大学工学部電気電子工学科)

## [緒言]

ダイレクトメタノール燃料電池は小型・軽量化が可能なことから、小型携帯電子機器の電源として実用化が進められている。しかしながら、燃料電池は発電する過程で内部に水分が発生することや雰囲気酸が酸性になってしまうことにより時間が経つにつれ電極部分が腐食してしまう。この腐食の対策として、固体高分子型燃料電池では CNT/PTFE 防食膜を電極に被覆することで効果が確認されている。ダイレクトメタノール燃料電池についても、固体高分子型燃料電池と同様に防食膜が有効だと考えられる。本実験は CNT/PTFE 防食膜をダイレクトメタノール燃料電池の電極に被覆したときの効果を検証するため、ダイレクトメタノール燃料電池用の MEA の試作を目的とする。

## [実験概要]

CNT/PTFE 防食膜の効果を確かめるため、本研究では初めにダイレクトメタノール燃料電池用の発電部である膜電極接合体 (MEA) の作製を行なった。MEA はイオン交換膜 (ナフィオン膜) の両側に触媒を塗布したカーボンペーパーで挟み込む構造となっている。MEA の作製にはナフィオン膜をカーボンペーパーで挟み込んだ後、プレス機を用いて熱圧着する必要がある。この熱圧着は作製する MEA の大きさやナフィオン膜の厚さなどに合わせ、圧着する圧力や温度、時間を調整する必要があるため、これらの最適な条件も同時に求めた。

## [実験条件]

MEA 作製にあたり、本実験で用いる燃料電池用セルの仕様に合わせ、MEA の大きさをカーボンペーパー 30mm×30mm、ナフィオン膜 40mm×40mm とし、触媒量をアノード側 26.9mg、カソード側 13.45mg とした。

熱圧着の条件は圧力や温度が高すぎると、カーボンペーパーがナフィオン膜を貫通してしまい発電できなくなる。反対に圧力や温度が低すぎるとカーボンペーパーとナフィオン膜が圧着できず剥がれてしまう。本実験では条件を変えながら熱圧着を繰り返し行い、プレス圧力 50kg、圧着温度 155℃、圧着時間 45 秒間の条件が最適だと考えた。この熱圧着条件を用いて、MEA の作製及び燃料電池評価装置を用いた特性の評価を行なった。特性評価の条件はメタノール濃度 5wt%、メタノール温度 70℃、メタノール流量 5cc/min、酸素流量 1L/min、ヒーター温度 70℃とした。また、比較のため MEA を固体高分子型燃料電池として用いた際の MEA の特性も評価した。

## [結果・考察]

図 2. に作製した MEA を用いた燃料電池の発電特性グラフを示す。固体高分子型燃料電池として用いた時の開放電圧は約 1 V、最大出力が約 4 W となった。一方の 5wt% のメタノール水溶液を用いた評価では、開放電圧は約 0.6V、最大出力が約 0.6W となった。

直接水素を流した場合に比べ、メタノールを燃料としたときの出力は大きく劣るが、これは濃度 5wt% の薄いメタノール水溶液を用いたことやダイレクトメタノール型水素に比べ、触媒での電気化学反応速度が低いいため発電出力が低下していると考えられる。

今後、熱圧着及び特性評価の最終的な条件を確定したのち、本研究の目的である CNT/PTFE 防食膜をダイレクトメタノール燃料電池の電極に被覆したときの効果を検証したい。

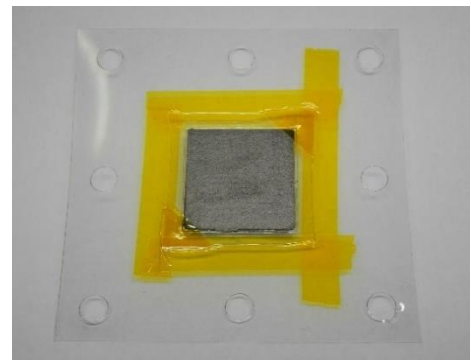


図 2. 作製した MEA

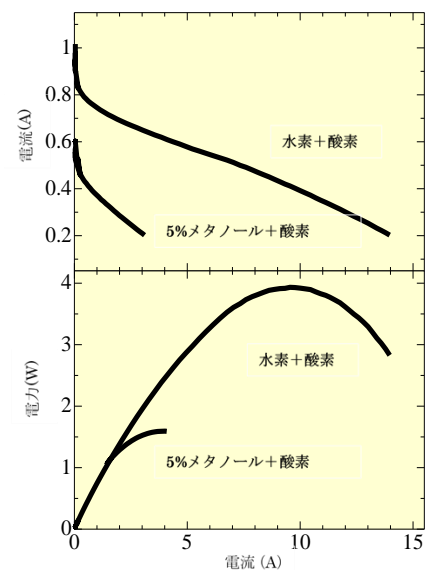


図.2 作製した MEA の I-V 特性グラフ

## 単層 CNT を添加した電気二重層キャパシタに関する研究

\* 柄谷勇吾 (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)

### [背景]

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、急速充放電が可能、高効率、長寿命という特徴がある。このことから、クリーンな蓄電デバイスとして期待されている。しかし、EDLC は直列抵抗成分が高く、二次電池と比較しエネルギー密度が低いという課題がある

### [目的]

これまでの研究では、直径数 nm で繊維状の形状の多層 CNT 粉末を直接分極電極に添加することで抵抗の低減を行ってきた。本研究では多層 CNT に比べ高アスペクト比、高い導電性、大きい比表面積を持つ単層 CNT を分極電極に添加することで、EDLC の直列抵抗成分の低減を行う。しかし、一般的に単層 CNT は繊維同士が絡み合い直径 0.5nm ほどに凝集している。そのため、凝集したまま分極電極内に添加すると分極電極全体に導電材が分布しないため電気的ネットワークを構築できず、直列抵抗成分を低減できない。そのため、粒状となっている CNT の凝集を解く必要がある。

本実験では湿式ジェットミル法を用いて液中で単層 CNT の凝集を解くことで水系単層 CNT 分散液を作製した。作製した水系単層 CNT 分散液を活性炭と液中で混合し分極電極を作製することで、EDLC の直列抵抗成分の低減を試みた。

### [実験方法]

濃度 0.5% の水系単層 CNT 分散液を作製するため、分散材 (Brijs100) 0.5%、純水 99% 単層 CNT 0.5% を混合した。超音波攪拌機で 5 分間攪拌し予備分散を行った後、湿式ジェットミル法を用いて分散処理を行った。条件は圧力 70Mpa、パス数 100 回で行い、水系単層 CNT 分散液 0.5% を作製した。

単層 CNT 粉末を用いた場合と水系単層 CNT 分散液を用いた場合の分極電極を作成するため、水系単層 CNT 分散液 0.5% と活性炭を混合し、乾燥させた。乾燥後、PTFE 粉末を混合した。混合物を 60mg 計量し金型に入れ、200kg で 5 秒間圧粉成型し、2 種類の分極電極を作製した。分極電極の作製条件は活性炭を 90% から 60%、水系単層 CNT 分散液を 0% から 30%、PTFE を 10% 一定とした。作製した分極電極からセルを組み立て充放電試験を行い、直列抵抗成分、静電容量を算出した。

### [結果, 考察]

図 1 に CNT 粉末を用いた場合と CNT 分散液を用いた場合の導電材添加率に対する直列抵抗成分、静電容量グラフを示す。直列抵抗成分は導電材を添加しない場合 23Ω となった。単層 CNT 粉末を用いて EDLC を作製した場合直列抵抗成分は添加率 5% で 16Ω となり添加率 30% まで単調に減少していった。CNT 分散液を用いて EDLC を作製した場合は直列抵抗成分が急激に減少し添加率 5% で 3.7Ω となり、添加率 10% 以降では直列抵抗成分の大きな変化は見られなかった。CNT 分散液を用いて EDLC を作製した場合は CNT 粉末を用いて EDLC を作製した場合と比べ少ない添加量で大きく抵抗が低減した。静電容量は導電材添加率を増加させると 2.4F から減少した。導電材添加率 5% では CNT 粉末は 1.8F、CNT 分散液は 2.2F となり静電容量の減少を低く抑えることが出来た。

湿式ジェットミル法を加えることで凝集が解け繊維状になった CNT を液中で活性炭と混合することで、CNT の再凝集を防ぐと同時に多くの活性炭を繋ぎ強い電気的ネットワークを構築したため直列抵抗成分が減少したと考えられる。

### [まとめ]

CNT 分散液を用いることで直列抵抗成分は低減した。分極電極に CNT 分散液を 5% 添加した EDLC は分極電極に CNT 粉末を添加した EDLC と比較し直列抵抗を大きく低減でき静電容量の減少を抑えることが出来た。以上のことから、水系単層 CNT 分散液を用い分極電極 5% に添加すると、低抵抗、静電容量の減少を低く抑えられる EDLC を作製できることが分かった。

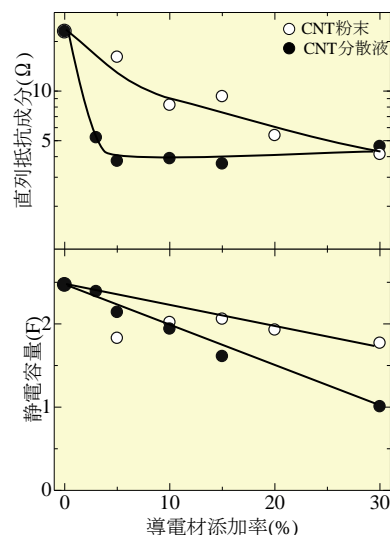


図 1 CNT 粉末を用いた場合と CNT 分散液を用いた場合の導電材添加率に対する直列抵抗成分、静電容量

## 液中プラズマ法を用いた CNT 表面への Pt 触媒の作製と燃料電池への応用に関する研究

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

## 【はじめに】

水素と酸素を電気化学反応させて発電する固体高分子燃料電池 (PEFC) は、発電効率が高く、次世代の発電機として期待されており、自動車などで実用化が進められている。固体高分子型燃料電池ではカソードでの酸素還元反応が遅いという欠点があるため、炭素粉末上に担持させたプラチナ (Pt) 触媒が用いられている。これは燃料電池の高コスト化の要因となっている。

本研究では、液中プラズマ法を用いて高い電気伝導性および高い化学安定性を有しているカーボンナノチューブ (CNT) の表面に Pt 微粒子を形成し、燃料電池用触媒を作製する。Pt 担持された多層 CNT 触媒を用いて燃料電池へ応用し、燃料電池の出力特性を評価する。

## 【実験方法】

濃度が 0.02776% である水系多層 CNT 分散液内に直径が 1mm の棒状の白金電極 2 本を多層 CNT 分散液中で 1mm の間隔で配置した。白金電極間に 2.8kV のパルス電圧を印加することで、多層 CNT 分散液中にプラズマ放電処理を行った。プラズマ放電処理の時間は 5 分から 20 分間とした。白金電極はプラズマによってスパッタされ、多層 CNT 表面に Pt 微粒子が担持される。Pt 微粒子が担持された多層 CNT を燃料電池の触媒として、カーボンペーパーに塗布することで、固体高分子型燃料電池の膜電極接合体 (MEA) を作製した。MEA を燃料電池のセルに組み込み、ナフィオン膜に参照電極を接触させ、燃料電池の出力特性を評価した。

## 【実験結果・考察】

Fig. 1 に作製した各燃料電池から得られた出力電流-電圧、出力電流-出力電力特性を示す。各燃料電池では開放電圧 0.9V であり、市販の Pt 触媒を用いた燃料電池とほぼ同じ値になった。出力電流を上昇させると、電圧が低下していた。プラズマ放電処理時間の増加に伴い、電圧の降下は緩やかになり、燃料電池の最大出力電力も増加した。放電処理 20 分の場合は最大出力電力  $2.7\text{W}/\text{cm}^2$  になった。

Fig. 2 にプラズマ放電処理を 5 分-20 分した燃料電池のアノードおよびカソードの内部抵抗を示す。燃料電池ではアノードよりカソードの内部抵抗が高い値であった。アノードでは放電処理時間 10 分間から内部抵抗がほとんど変化しなかった。カソードでは放電処理時間の増加に伴い、内部抵抗が減少していった。放電処理時間 5 分の場合は  $0.17\Omega$  であり、20 分の場合は  $0.13\Omega$  まで減少した。プラズマ放電処理時間の増加に伴い、燃料電池の出力電力の増加はアノード内部抵抗の減少が主たる要因だと考えられる。

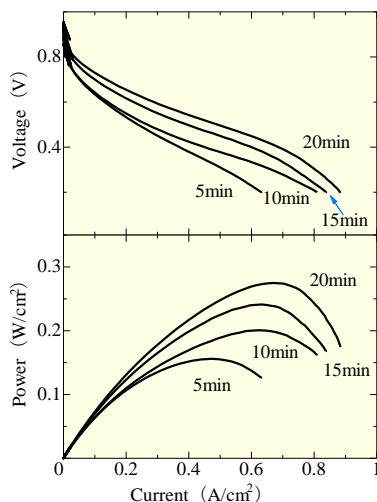


Fig.1 各燃料電池から得られた出力電流-電圧、出力電流-出力電力特性

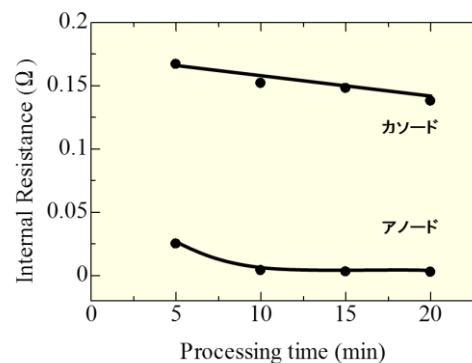


Fig.2 燃料電池の両極の内部抵抗

## ソルボサーマル法による $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ ナノプレートの作製および構造評価

浅原健太(東海大学工学部材料科学学科)、和田幸大(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、田中蔭基(東海大学大学院理学研究科化学専攻)、冨田恒之准教授(東海大学理学部化学科)、高尻雅之准教授(東海大学工学部材料科学科)

### [緒言・目的]

現在、エネルギー社会の中で私たちは日々膨大なエネルギーを使用している。しかし、その消費エネルギーの7割ものエネルギーが低温廃熱エネルギーであり、未利用のまま廃棄されている。近年では、こういった無駄なエネルギーを活用する事への期待が高まっている。

本研究では、ソルボサーマル法による  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$  熱電ナノプレートの作製および構造評価を行うことを目的とする。ソルボサーマル法とは、高温または高压の有機溶媒を用いて固体を合成するという方法で、均質で形状の揃った微細な粉末結晶を作製できるため、ナノプレートの作製に適している。本研究室では、多結晶材料を個々の粒子にナノサイズ化したナノプレートを作製し、インク材料として応用させて、 $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  ナノプレート熱電薄膜を作製している。そこで、熱伝導率を低減させたナノプレート熱電薄膜のデバイス化を目指している。

### [実験方法]

本実験では、ソルボサーマル法を用いて  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$  ナノプレート粉末を作製した。グルコース量を変えた9つのサンプルを作製し、グルコースが  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$  ナノプレートに及ぼす影響について調べた。

以下の手順で、 $\text{Sb}_2\text{Te}_3$  ナノプレート粉末を作製した。

- ①  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TeO}_2$ 、 $\text{NaOH}$ 、グルコース、エチレングリコール、 $\text{H}_2\text{O}$  と攪拌子をテフロン容器に入れた。
- ②テフロン容器をオートクレーブ容器に入れ、強く閉めた。
- ③オートクレーブ容器を熱処理装置にセットし、攪拌させつつ  $180^\circ\text{C}$  の熱処理を12時間行った。
- ④熱処理後、オートクレーブ容器を取り出し自然冷却した後、生成物を遠沈管に移した。
- ⑤遠沈管を遠心分離器にセットし、15000 rpm で15分の遠心分離を3回(計45分間)行い、水溶液と沈殿物に分けた。
- ⑥沈殿物のみを受け皿に取り出し、真空乾燥機で1日真空乾燥させた。

作製した試料をSEM、XRDを用いて分析を行った。

### [結果]

XRDの結果から、全体的にTeが多く析出していることが分かった。グルコース添加量が1.4gを超えると  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$  が析出しにくくなることが判明した。

SEMの結果から、グルコース添加量を増やすことで  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$  ナノプレートを六方晶構造に制御できることを確認できた。しかし、構造を制御するためには、適切なグルコース量に調整する必要があることも判明した。

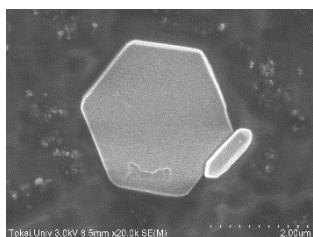


図1 グルコース添加量 0.8

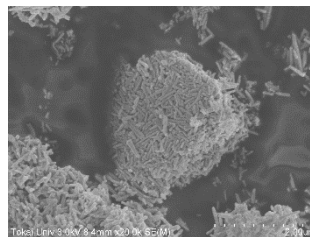


図2 グルコース添加量 1.4 g



## メカノケミカル法によるメタンガスの合成の試み

\*草柳夏美(工学部応用化学科), 熊坂実優(工学部生命化学科)

\*\*源馬龍太(教養学部人間環境学科), 小栗和也(教養学部人間環境学科), 内田晴久(教養学部人間環境学科)

[はじめに]

産業革命以降から、人類の経済活動が盛んになるにつれて化石燃料資源は大量消費されてきた。それらの資源に含まれる炭素の大部分は二酸化炭素として大気中に放出されており、大気中の二酸化炭素濃度は年々上昇している。二酸化炭素は一般的に知られているように温室効果ガスの一種であり、その濃度増加は温室効果の増大、すなわち地球温暖化が促進される原因と言われている。そこで、大気中二酸化炭素濃度の上昇を緩和する方法の一つとして、二酸化炭素の貯留が提案されている[1]。

本研究では、大気中の二酸化炭素を貯留するだけでなく、二酸化炭素に含まれる炭素を燃料に転化することにより再資源化することを目的として、メカノケミカル法によるメタンガスの合成を試みた。メカノケミカル(MC)法とは、環境負荷の少ない化学反応プロセスの一つであり、試料に加えた機械的エネルギーにより化学反応を起こす方法である。MCを行う方法として最も多く用いられているのはボールミリング(BM)である。BMは通常、粉碎媒体であるボールと一種類もしくは二種類以上の原料粉末を密閉容器(ポット)に充填し、機械的に攪拌することで原料を粉砕・混合、反応させる手法である。しかし、本研究では被粉碎媒体(触媒)としてNi粉末、原料として気体のCO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>を用いてBMを行った。先行研究として、広島大学の市川・小島ら[2]が同様の実験をCO<sub>2</sub>とアルカリ金属水素化物のLiHもしくはNaHを用いて行っているが、我々はCO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>及び遷移金属であるNiを用いて実験を行った。

[実験方法]

本実験では、遊星ボールミル(Retsch社製、PM100)を使用した。遊星ボールミルとは、試料を封入するポットの自転とともに、ポットを載せたテーブルが反対方向に公転することにより強力な遠心力をかけ、ポット内の粉碎媒体と試料を衝突させて反応を起こさせる装置である。アルゴンガスで置換したグローブボックス内にて、遊星ボールミルのポットにNi粉末を入れ、フタを閉めて密閉状態とした。なお、事前にポットのフタ中央部に穴をあけ、そこにゴム栓をはめ込むことにより、シリンジによってポット内の気体の交換をすることができるように改良を施した。そこからシリンジを使って気体のH<sub>2</sub>とCO<sub>2</sub>を充填した後、300 rpmで20時間ミリング処理を施した。ミリング終了後、ポット内の気体をシリンジにより採取し、ガスクロマトグラフィー(Shimadzu社製、GC-8A)によって分析した。

[結果及び考察]

反応終了後の遊星ボールミルポット内の気体をガスクロマトグラフィーにより分析したところ、CH<sub>4</sub>のピークが確認された。このことから、ミリング処理によりポット内に封入したCO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>が反応し、CH<sub>4</sub>が生成されたことがわかった。O<sub>2</sub>のピークは本実験では確認されなかった。原因として、酸素がNi表面へ化学吸着された可能性が考えられる。以上のことからCO<sub>2</sub>とH<sub>2</sub>は、Ni粉末を用いたメカノケミカル法によりCH<sub>4</sub>とO<sub>2</sub>に変換可能であると考えられ、生じたCH<sub>4</sub>はエネルギー資源として利用できる可能性があると期待される。

[参考文献]

[1] IPCC(気候変動に関する政府間パネル)編, IPCC 地球温暖化第四次レポート:気候変動 2007, 文部科学省ほか翻訳, 中央法規出版, 2009

[2] 市川貴之, 小島由継「二酸化炭素からのメタンガス合成」日本工業出版クリーンエネルギー2011年6月号, p18-21

## 凹型角柱におけるアスペクト比変化による影響

\*高谷 達也(東海大学工学部機械工学科), 大澤 啓太(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)

### 1. 緒言

近年,自動車やビルなど断面形状を変化させた際の空力特性についての研究が多くなされている.特にビルに関しては高層化が進んでいることから風荷重の低減や揺れの対策が課題とされている.青山氏らの研究では角柱に横溝を等間隔に施すことで抗力の低減が確認されている<sup>(1)</sup>.また,柱状形状を有する構造物では風の剥離が隅角部で発生するため,構造物の形状が空力特性に大きな影響を及ぼす事が知られている<sup>(2)</sup>.著者らの先行研究では正四角柱の角部を伸ばし凹型の角柱を作成し,抗力の測定を行なっている.その結果,凹部を設けることで抗力が低減することが確認されている<sup>(3)</sup>.しかし,角部を伸ばし側面を長くする事で抗力の低減が確認されているが,アスペクト比を変えず凹型を作成した際の研究は行われていない.

本研究では,アスペクト比を変化させていない凹型形状の角柱を作成し,吹き出し型風洞装置による抗力測定実験を行い,凹型角柱のアスペクト比変化が抗力低減に及ぼす影響を明らかにすることを目的としている.

### 2. 供試角柱

Fig.1に供試角柱の概略図を,Tab.1にその寸法を示す.供試角柱はABS樹脂とアクリル板を用いて作成した.厚さ3[mm]のアクリル板をABS樹脂部の側面に貼り付け,幅 $d=60$ [mm],高さ $h=150$ [mm]の正四角柱を基本形状としてIS0(IS:Indent Square)とする.そしてABS樹脂部を変化させる事でアスペクト比の変化していない凹型角柱を再現し,掘りを深くした計3種の角柱を作成した.更に凹形状部を風洞吹き出し口に対して正面を向けて置いた時をFIS(FIS:Front Indent Square),背面に向けたときをRIS(RIS:Rear Indent Square)として抗力の測定を行なった.

### 3. 実験結果

Fig.2にIS0, FIS3, FIS6の, Fig.3にIS0, RIS3, RIS6の抗力測定結果と著者らの先行研究から引用した測定結果をそれぞれ示す. Fig.2より, IS0では $C_D=1.99$ , FIS3では $C_D=2.03$ , FIS6では $C_D=1.99$ の値となり,著者らの角部を伸ばした場合では抗力の低減効果が見られたが,本実験では低減効果が見られなかった.また Fig.3より, RIS3では, $C_D=1.95$ , RIS6では, $C_D=1.86$ の値が得られた.結果として,著者らの先行研究と同様に掘りが深くなるにつれ,抗力の低減効果が大きくなる事が確認された.

### 4. 結言

以上の結果より凹部を正面に向けたときは掘の深さに関わらず IS0と同じ値を取り,低減効果がみられなかった.しかし,凹部を背面に向けたときは深さに応じて抗力の低減効果が確認できた.

### 5. 参考文献

- 1)青山智明,岡永博夫,青木克己,  
溝付き角柱周りの流れの可視化(溝深さ,横幅,溝間隔が流れに与える影響)  
日本機械工学会関東支部18期総会講演論文集,(2012)pp.147-148.
- 2)宮城哲也,田村哲郎  
3次元角柱の空力特性に及ぼす隅切り・隅丸効果の鉛直方向変化  
日本建築学会大会学術講演梗概集,(1998),pp.155-156.
- 3)大澤啓太,岡永博夫  
凹型形状をもつ正方形角柱の二次元流れにおける空力特性  
日本機械工学会2015年度年次大会講演論文集,(2015),No15-1.

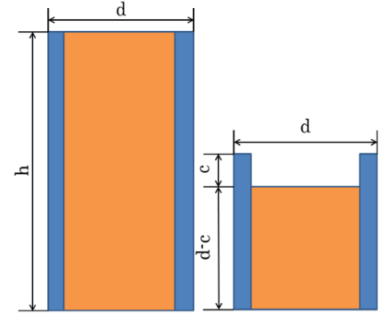


Fig.1 Test Models

Tab.1 Specification of test

Model	c
IS0	0
IS3	3
IS6	6

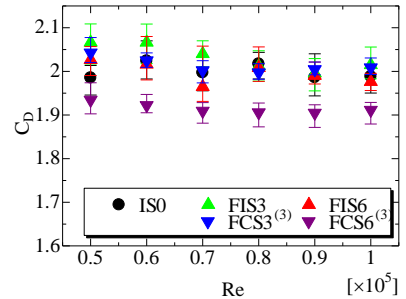


Fig.2 Drag coefficient of FIS

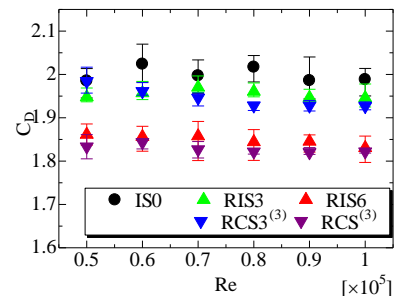


Fig.3 Drag coefficient of RIS

## 無回転飛翔させたサッカーボールの不規則な変化が発生する速度領域の検討

\*水澤 卓斗（東海大学大学院工学研究科機械工学専攻） 川上 悠太郎（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）

## 1. 緒言

近年、球技において、ボールを意図的に回転させないことによって発生する不規則な軌道変化を伴う飛翔現象が注目されており、サッカーにおいてその技術は直接得点に結びつく大きな要因となっている。従って、その空力特性の究明は非常に重要である。著者らの研究では、ボールの無回転時は回転時に比べて臨界領域における空力係数の変化が大きくなることが明らかになっており、このことが無回転ボールに不規則な変化をもたらす原因だと考えられている。しかし、この研究は安定した定常状態での時間平均的空力係数の測定であり、実際に見られる現象は非定常状態で発生するものである。そこで本研究では、非定常状態での無回転ボールの空力特性を明らかにすることを目的として、実際に無回転ボールを飛翔させボールが不規則に変化する速度領域の検討を行った。

## 2. 実験方法および実験結果

本実験で使用したサッカーボールを Fig.1 に、ボール及びカメラの設置位置を Fig.2 に示す。本実験では表面が 32 枚のパネルで構成されている MC5-BWL を使用した。被験者はサッカー経験者の大学生 3 名として、ゴールから 25[m] の位置に設置したボールを、ゴールに向かって蹴り出す。2 台のカメラで撮影した動画を比較明合成処理した画像のうち、camera1 の画像処理結果を Fig.3 に、camera2 の画像処理結果を Fig.4 に示す。ボールがゴールに到達するまでに 3 回転以下の状態を低回転状態であると定義し、無回転及び低回転でボールがゴールに到達した映像 3 枚を分析対象とした。比較明合成した画像を元にボールの速度を算出した結果、ボールが不規則に軌道変化する速度は 14.1[m/s]~14.9[m/s]、レイノルズ数は  $1.90 \times 10^5 \sim 2.07 \times 10^5$  の範囲であった。

Fig.5 に示した、著者らの過去の研究で明らかになったサッカーボールの抗力係数とレイノルズ数のグラフより、ボールの軌道が不規則に変化している速度は、臨界領域から超臨界領域へ推移する領域であることがわかる。



Fig.3 Composite photograph (side view)

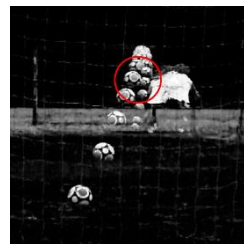


Fig.4 Composite photograph (front view)

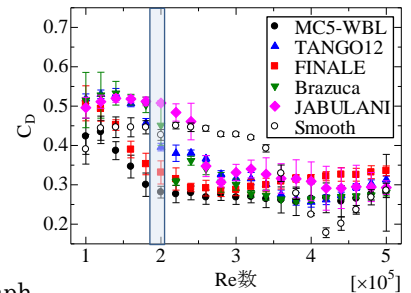


Fig.5 Drag coefficient of each soccer ball

## 3. 結言

MC5-BWL においては  $Re=19.0 \times 10^5 \sim 2.07 \times 10^5$  の範囲で不規則な軌道の変化を確認することができた。

無回転、及び低回転によるボールの不規則な軌道の変化は臨界領域から超臨界領域へ推移する領域で発生していると考えられる。

## 4. 参考文献

1) 水澤卓斗, 岡永博夫, 河野秀俊, 田代健悟, サッカーボールの表面構造と空力特性(溝体積の影響), 東海大学紀要工学部, Vol.56, No.1, p47~51(2016)

## ハードウェアベース安全装置を搭載したロボットスーツ (歩行動作時の速度ベース安全装置の動作確認実験)

\*池田 啓祐(東海大学工学部機械工学科), 杉山 将史(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)  
野口 蒼平(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻), \*\*甲斐 義弘(東海大学)

### 1. 緒言

近年, ロボットスーツの開発が盛んに行われており, リハビリテーション分野への応用が期待されている. しかし, このような身体に装着して使用するロボットスーツは, 制御用コンピュータやセンサの故障などにより, ロボットスーツの制御が不能となった場合でも, 安全を確保することが極めて重要である. ロボットスーツの安全性を向上させるために, 杉山らは, メカニカル安全装置(速度ベース安全装置・トルクベース安全装置)を搭載した膝関節をアシストするロボットスーツを提案してきている[1]. メカニカル安全装置は, モータ, コントローラ, バッテリを使用せずメカニカルな受動要素のみで構成されているため, ロボットスーツの制御用コンピュータが故障し, ロボットスーツが暴走した場合でも作動する. 本研究では, これまでロボットスーツを高速度で動作させたとき速度ベース安全装置が目的通り作動することは確認してきた. しかし, 実際に歩行している人と同様の周期的な動きでロボットスーツを動作させた場合に速度ベース安全装置が誤動作を起さないか否かについての検証実験を行っていない.

本報告では, 実際に歩行している人と同様の周期的な動きでロボットスーツを動作させた実験を行い, 速度ベース安全装置が誤動作を起さないかについて検証する.

### 2. ロボットスーツの構造

図1にロボットスーツの構造を示す. 本ロボットスーツは装着者の大腿部と下腿部に装着され, 装着者の膝関節をアシストする.

ロボットスーツのモータはブラケットを介してフレーム A に取り付けられている. モータのトルクは, ギアヘッド, カップリング, シャフト, トーションばね, かさ歯車, フレーム B を介して装着者の下腿部に伝達される.

### 3. 実験方法

本実験では, ロボットスーツの制御には式(1)に示すように PID 制御を用いた.

$$\tau_m = K_p(\theta_d - \theta) + K_d(\dot{\theta}_d - \dot{\theta}) + K_I \int (\theta_d - \theta) \quad (1)$$

ここで $\tau_m$ は出力トルク,  $\theta_d$ はモータ目標回転角,  $\theta$ は現在角度,  $K_p$ は比例ゲイン,  $K_d$ は微分ゲイン,  $K_I$ は積分ゲインである. また, ロボットスーツの PID 制御のブロック線図を図2に示す.

本実験では, 人の歩行データを模擬した Sin 波を用い, ロボットスーツを動作させ, 速度ベース安全装置が誤動作を起さないか否かを検証した. 実験は 10 回行った. その実験結果はシンポジウム当日にポスターにて示す.

### 4. 結言

本研究では, 歩行している人と同様の周期的な動きで速度ベース安全装置が誤動作を起さないか否かについて実験を行った. なお, 本研究成果の一部は JSPS 科研費 15K05910 の助成により行われた.

#### 参考文献

[1] 杉山将史, 野口蒼平, 甲斐義弘, ”メカニカル安全装置を搭載したリハビリテーション用のロボットスーツの設計: 設計および製作”, (2016), DVD-ROM, S117506.

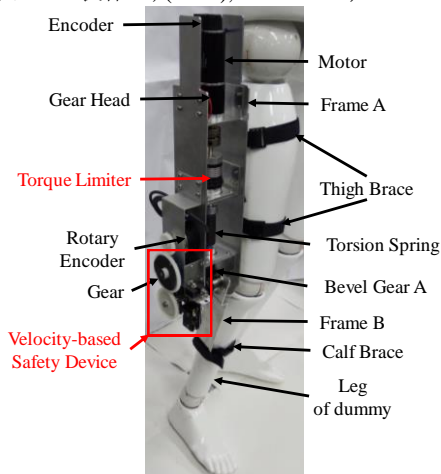


Fig.1 Robot Suit

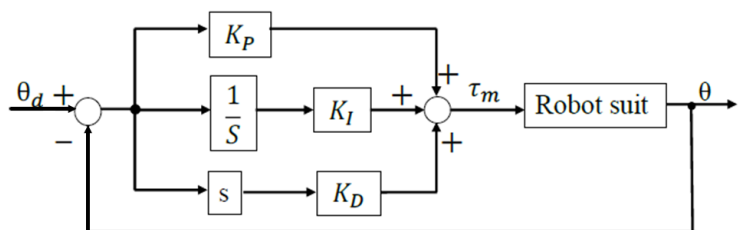


Fig.2 Block Diagram

## メカニカル安全装置を搭載した人間共存型ロボットの開発(安全装置の動作実験)

\*吉井 博紀(東海大学工学部機械工学科)

坂牛 寿成(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、齊藤 大也(東海大学工学部機械工学科)、高橋 遼(東海大学工学部機械工学科)

\*\*甲斐 義弘(東海大学工学部機械工学科)

### 1. 緒言

近年、福祉・医療等の現場において、人と接しながら支援を行う人間共存型ロボットの研究開発が活発に行われている。このような人間共存型ロボットにおいては、人と接して活動するため、高い安全性が求められている。従来の安全対策では、緊急停止ボタンの使用、センサによる制御等が挙げられる。しかし、緊急停止ボタンではボタンを押す前に人が傷付けられる危険性がある。また、センサを用いた制御では、コンピュータの暴走時やバッテリー等の電源の喪失時に正常に動作しないことも考えられる。そのため、ロボットの更なる安全性の向上が求められる。

これまでに、甲斐ら[1]は、ロボット暴走時にロボットの駆動軸に発生する高角速度に着目し、ロボット暴走時に機械要素のみで設定角速度を検知し、ロボットの電源を切ると同時に、駆動軸をロックするメカニカル安全装置を提案・開発してきている。このような安全装置では、設定角速度を検知後、駆動軸をロックするまでに動作する駆動軸の角度が小さい方が望ましい。本研究では、これまでに開発した安全装置を用いて、設定角速度の検知から駆動軸がロックされるまでの駆動軸の角度を実験を行うことにより求める。

### 2. メカニカル安全装置の動作確認実験

図1および図2に示すようにメカニカル安全装置にマーカを取り付け、モータによりロボット駆動軸の速度を増加させていき、その間のマーカの動き(すなわち、メカニカル安全装置の動き)を高速度カメラにより計測した。

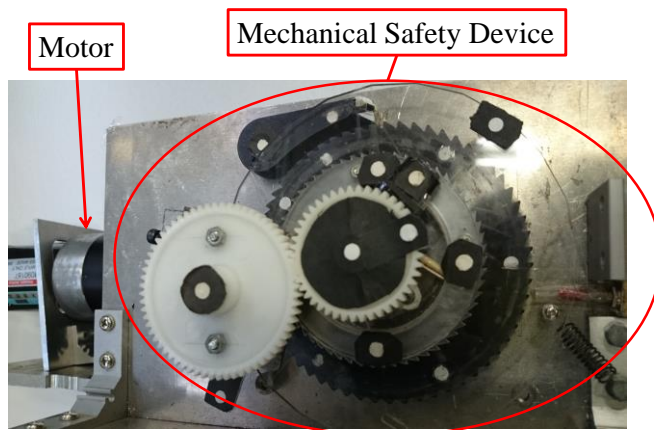


Fig.1 Mechanical Safety Device

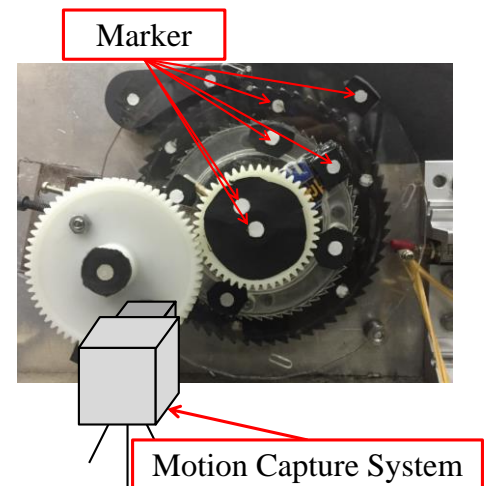


Fig.2 Experimental setup

### 3. 結果

実験を行った結果、メカニカル安全装置はほぼ設定した角速度で検知しており、その後、駆動軸をロックしていることが確認できた。設定角速度の検知から駆動軸がロックされるまでの駆動軸の角度の実験結果は、シンポジウム当日のポスターにて示す。

### 4. 結言

本研究では、これまでに開発した安全装置を用いて、設定角速度の検知から駆動軸がロックされるまでの駆動軸の角度を実験により計測した。

### 参考文献

[1] Y. Kai and S. Sando, "Development of a Velocity and Contact Force-based Mechanical Safety Device for Service Robots", Proceedings of 2014 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE 2014), pp. 1188-1193, 2014.

## メカニカル安全装置を搭載したロボットスーツの開発 (速度ベース安全装置の時間遅れの実験的検討)

\*高屋 啓介(東海大学工学部機械工学科), 杉山 将史(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)  
野口 蒼平(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻), \*\*甲斐 義弘(東海大学)

### 1. 緒言

近年、ロボットスーツの研究が盛んに行われており、歩行リハビリテーション分野への応用が期待されている。このような身体装着型のロボットスーツは、制御用コンピュータやセンサが故障した場合でも患者の安全を確保することが極めて重要である。

杉山ら<sup>(1)</sup>は、制御用コンピュータやセンサが故障した場合でも患者の安全を確保するため、機械的要素のみで構成された速度ベース安全装置を搭載したコンパクトな膝関節用ロボットスーツを提案している。速度ベース安全装置は、患者の膝関節に予期せぬ高速度が発生した場合に、それを機械要素のみで検知しロボットスーツのモータの電源を切ることが出来る。このような速度ベース安全装置においては、予期せぬ高速度を検知後、出来る限り早くロボットスーツの電源を切ることが重要である。その時間遅れに関してはこれまでに佐藤らが解析を行っている。本研究では、佐藤らが行った理論解析の有効性を検証するための実験を行う。

### 2. ロボットスーツの構造

図1にロボットスーツ、図2に速度ベース安全装置の概観図を示す。本ロボットスーツは患者の大腿部と下腿部に取り付けられる。モータを動力源としており、出力された動力が装着者の下腿部に伝達されアシストを行う。また、モータの回転は速度ベース安全装置のギアにも伝達される。ギアが予め設定した角速度（設定角速度）以上で回転するとロータリーダンパから出力されるダンピングトルクが、引張バネによるスプリングトルクに打ち勝ち、スイッチがバーに押されモータの電源を切る。また、スイッチは逆回転にも対応するため左右対称の同じ位置に取り付けられている。設定角速度は、以下の式(1)を用いて、スイッチの位置の変更、引張バネの変更により変更することが可能である。

$$v = \left( 2kr^2\theta_p + \tau_p \right) / c \quad (1)$$

ここで、 $\theta_p$  はバーがスイッチを切る時の角度、 $\tau_p$  はバーがスイッチを切るために必要なトルク、 $k$  は引張バネのバネ定数、 $c$  はロータリーダンパの粘性係数である、 $r$  は引張バネの取付け位置までの距離である。

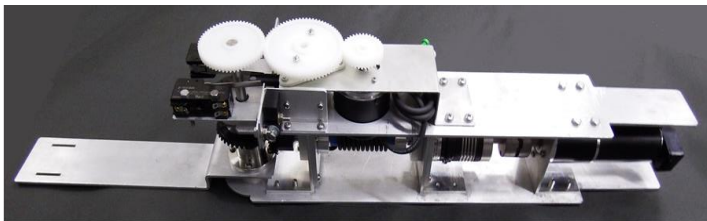


図1 ロボットスーツ

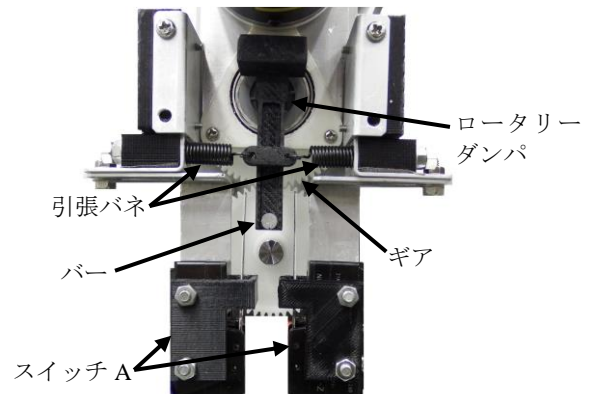


図2 速度ベース安全装置

### 3. 実験

速度ベース安全装置のギアとバーにマーカーを取付け、高速度カメラを用いてギアの角速度とバーの角度変位を測定する。速度ベース安全装置のギアに異なる角速度入力(1) $v=0.8t$ (すなわち角加速度  $a=0.8\text{rad/s}^2$  である), (2) $v=1.6t$ , (3) $v=2.4t$ , (4) $v=20t$  でロボットスーツのモータを駆動させた。各入力に対して実験を10回ずつ行った。サンプリング周波数は200Hzとした。なお、実験結果については佐藤らのシミュレーション結果とともに当日のポスターにて示す。

### 4. 結言

本研究では、佐藤らが行った速度ベース安全装置のシミュレーション結果が実験結果と一致するか否かを実験により検討した。なお、本研究成果の一部はJSPS 科研費15K05910の助成により行われた。

### 参考文献

(1) 杉山将史, 野口蒼平, 甲斐義弘, “メカニカル安全装置を搭載したリハビリテーション用ロボットスーツの設計: 設計および製作”, 2016年度年次大会卒業コンテスト, (2016), DVD-ROM, S1170506.

## メカニカル安全装置を搭載したロボットスーツの開発 —速度ベース安全装置の時間遅れの理論解析—

\*佐藤 優磨 (東海大学工学部機械工学科), 野口 蒼平 (東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)  
杉山 将史 (東海大学大学院工学研究科機械工学専攻), \*\*甲斐 義弘 (東海大学)

### 1. 結言

近年, ロボットスーツの研究開発が活発化しており, リハビリテーション分野への応用が期待されている. このような身体装着型のロボットスーツの開発において, 制御用コンピュータやセンサが故障した場合でも装着者の安全を確保することが極めて重要である.

杉山らはこれまでに, 機械要素のみで構成された安全装置である速度ベース安全装置を搭載したリハビリテーション用ロボットスーツを提案してきている[1]. このロボットスーツは, 患者の膝関節をアシストする. 速度ベース安全装置は, 予期せぬ高速度が発生した場合, その高速度を検知し, ロボットスーツのモータの電源をカットする. 本速度ベース安全装置においては, 予期せぬ高速度を検知後, 時間遅れがなくロボットスーツの電源を切ることが重要である.

本研究では, 速度ベース安全装置により, 予期せぬ高速度を検知後, ロボットスーツの電源を切るまでの時間遅れを理論解析により求める. 様々なランプ入力に対して, その時間遅れがどの程度発生するかについてシミュレーションを行い, その結果について考察する.

### 2. ロボットスーツの構造

ロボットスーツの概要図を図 1 に示す. このロボットスーツは患者の大腿部と下腿部にブレースで取り付けられ, 患者の膝関節をアシストする. モータのトルクは各部品を介し, 患者の下腿部に伝達される.

図 2 に速度ベース安全装置の外観図を示す. 安全装置のギアが予め設定した角速度 (設定角速度) 以上で回転するとロータリーダンパから出力されるダンピングトルクが, 引張バネによるスプリングトルクに打ち勝ち, スイッチがバーに押されモータの電源を切る. 逆回転にも対応するためスイッチは左右対称の同じ位置に取り付けられている.

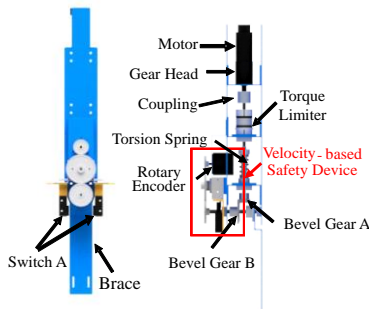


Fig1. Robot suit

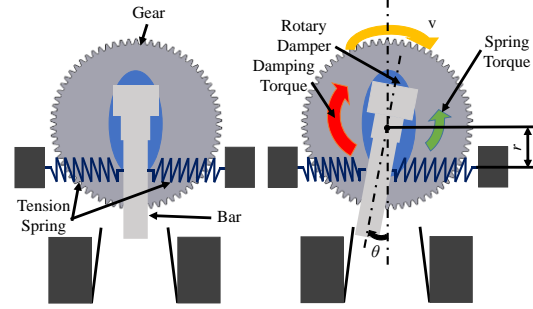


Fig2. Velocity-based Safety Device

### 3. 速度ベース安全装置の応答

速度ベース安全装置のバーの運動方程式は式(1)のように表せる.

$$I\ddot{\theta} + r\{k(d + r\theta) + F_0\} - r\{k(d - r\theta) + F_0\} = c(v - \dot{\theta}),$$

$$\therefore I\ddot{\theta} + 2r^2k\theta = c(v - \dot{\theta}) \quad (1)$$

ここで,  $c$  はロータリーダンパの粘性係数,  $\theta$  はバーの回転角度変位,  $v$  はギア B の角速度,  $I$  はバーの慣性モーメント,  $r$  はロータリーダンパのシャフト軸と引張バネの取り付け位置の距離,  $k$  は引張バネのバネ定数,  $F_0$  は引張バネの初張力,  $d$  は引張バネの自然長からの伸びである.

式(1)にランプ入力  $v(t) = at$  ( $a$  は角加速度) を与え, 設定角速度に至る時刻とバーがスイッチを切る角度に至る時刻を求め, その時間差 (すなわち, 時間遅れ) をシミュレートした. その結果は, シンポジウム当日に示す.

### 4. 結言

本研究では, 速度ベース安全装置により, 予期せぬ高速度を検知後, ロボットスーツの電源を切るまでの時間遅れを理論解析により求めた. さらに, 様々なランプ入力に対して, その時間遅れがどの程度発生するかについてシミュレーションを行い, その結果について考察した.

### 参考文献

- [1] 杉山将史, 野口蒼平, 甲斐義弘, "メカニカル安全装置を搭載したリハビリテーション用ロボットスーツの設計:設計および製作", 2016 年度年次大会卒業コンテスト, (2016), DVD-ROM, S1170506

## メカニカル安全装置を搭載した足関節用ロボットスーツの開発（機構の提案）

\*樋口 弘樹（東海大学工学部機械工学科），矢部 雅史（東海大学工学部機械工学科），

野口 蒼平（東海大学大学院工学研究科機械工学専攻），杉山 将史（東海大学大学院工学研究科機械工学専攻）

\*\*甲斐 義弘（東海大学工学部機械工学科）

### 1. 緒言

近年、ロボットスーツの研究が盛んに行われており、歩行リハビリテーション分野への応用が期待されている。しかし、このような身体に装着して使用するロボットスーツは、制御用コンピュータやセンサの故障などにより、ロボットスーツの制御が不能となった場合でも、安全を確保することが極めて重要である。杉山らは、ロボットスーツの安全性を向上させるために、これまでにメカニカル安全装置（速度ベース安全装置・トルクベース安全装置）を搭載した膝関節をアシストするロボットスーツを提案してきている[1]。

本研究では、膝関節ではなく足関節をアシストするメカニカル安全装置を搭載したロボットスーツを提案し、その基本構造・メカニズムについて述べる。

### 2. 足関節用ロボットスーツの基本構造・メカニズム

足関節用ロボットスーツの動力伝達機構の概観図を図1に示す。まず、患者の負担軽減のためにロボットスーツの重心を患者側に近づけるよう設計を行った。ロボットスーツのモータは、モーターアングルの介してフレームAとフレームBに取り付けられており、モータのトルクは、ギアヘッド、カップリング、シャフトA、トーシヨンバネ固定用プレートA、ハウジングカバー、トーシヨンバネプレートB、シャフトB、トルクリミッタ、シャフトC、かさ歯車A、かさ歯車B、シャフトD、ステップを介して患者の足関節に伝達される。また、シャフトDの回転は、平歯車A、平歯車Bを介してエンコーダBに、さらに平歯車Cを介して速度ベース安全装置に伝達される。過大なトルクが足関節に作用したときに患者の足部の損傷を防ぐためトルクリミッタを用いている。また、設定以上の速度を検知したときモータの電源を切る装置として、速度ベース安全装置を用いる。さらに、患者の足関節を必要以上に動かすことができないようにするため、角度の設定が可能な角度リミッターを用いることとした。また、足部と地面との衝突時の衝撃力を緩和させるため、伝達部にトーシヨンバネを用いることとした。本ロボットスーツは、このトーシヨンバネの両端の変位を2つのエンコーダ（モータの回転角度を計測するエンコーダAとシャフトDの回転角度を計測するエンコーダB）を用いて計測できるため、トーシヨンバネをトルクセンサとして使用することが可能である。

本研究では、日本人の成人男性の身長・体重から文献[2]の身体各部の重量を求め、足関節に必要なトルクを算出しそれに基づきモータの選定や各部部品の選定を行っている。

### 3. 結言

足関節をアシストするメカニカル安全装置を搭載したロボットスーツを提案し、その基本構造・メカニズムについて述べた。今後は、本研究で提案した機構を基に各部部品の強度計算などの詳細設計を行い、ロボットスーツを製作する予定である。さらに、製作したロボットスーツを用いて安全装置などの動作確認実験を行う予定である。

### 参考文献

- [1] 杉山将史, 野口蒼平, 甲斐義弘, “メカニカル安全装置を搭載したコンパクトなロボットスーツの開発（設計および製作）”, (2016.09) .  
 [2] 日本機械学会, 新版 機械工学便覧バイオテクノロジー・メディカルエンジニアリング（エンジニアリング編）

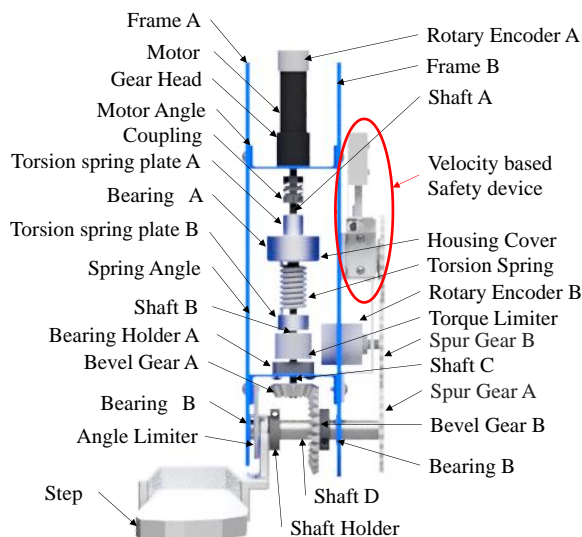


図1 足関節用ロボットスーツ機構



## メカニカル安全装置を搭載した足関節用ロボットスーツの開発 (品質機能展開を用いた設計)

\*矢部 雅史 (東海大学工学部機械工学科)、樋口 弘樹 (東海大学工学部機械工学科)  
野口 蒼平 (東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、杉山 将史 (東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)  
\*\*甲斐 義弘 (東海大学工学部機械工学科)

### 1. 緒言

近年、ロボットスーツの研究が盛んに行われており、歩行リハビリテーション分野への応用が期待されている。しかし、このような身体に装着して使用するロボットスーツは、制御用コンピュータやセンサの故障などにより、ロボットスーツの制御が不能となった場合でも、安全を確保することが極めて重要である。杉山らは、ロボットスーツの安全性を向上させる為に、これまでにメカニカル安全装置(速度ベース安全装置・トルクベース安全装置)を搭載した膝関節をアシストするロボットスーツを提案してきている[1]。本研究では、品質機能展開を用いたメカニカル安全装置を搭載した足関節用ロボットスーツの設計について述べる。まず、本研究において足関節用ロボットスーツに必要であると考えられる要求項目について述べる。次に、加藤らがこれまでに提案している M-QFD (Multispace-Quality Function Deployment) [2]を用いて、要求項目とその要求項目を実現する部品との関係性の整理を行う。整理した結果も考慮して設計した足関節用ロボットスーツの基本構造を示し、その設計手法の有効性を示す。

### 2. 本研究で必要であると考えられる足関節用ロボットスーツの要求項目

本研究において足関節用ロボットスーツに必要であると考えられる要求項目を以下に示す。

- (1)なるべく患者に負担が掛からない構造である。
- (2)3Nm までトルクを出力できる (3Nm=重力に抗して足部を動かすために必要なトルク。[3]より成人男性の平均身長、平均体重から各身体部位の重量等を計算し本トルクを算出した)。
- (3)足関節において予め設定したレベル以上の角速度が発生した場合、それを機械要素のみで検知しモータの電源を切る(レベルの設定変更可能)。
- (4)足関節において予め設定したレベル以上のトルクが発生した場合それを機械要素のみで検知しトルクの伝達を遮断する(レベルの設定変更可能)。
- (5)制御用コンピュータが機能している場合は、足関節に作用しているトルクの情報に基づいて制御可能である。
- (6)制御用コンピュータが機能している場合は、足関節の角度・角速度の情報に基づいて制御可能である。

以上を要求項目とし、加藤らの M-QFD を用いて設計した「メカニカル安全装置を搭載した足関節用ロボットスーツ」の基本構造を図 1 に示す。本足関節用ロボットスーツは、下腿部と足部にブレースで取り付けられ、患者の足関節をアシストする。ロボットスーツのモータは、モーターアングルを介してフレーム A とフレーム B に取り付けられており、モータのトルクは、ギアヘッド、カップリング、シャフト A、トーションバネ固定用プレート A、ハウジングカバー、トーションバネ、トーションバネプレート B、シャフト B、トルクリミッタ、シャフト C、かさ歯車 A、かさ歯車 B、シャフト D、ステップを介して患者の足関節に伝達される。シャフト D の回転は、平歯車 A・B を介してエンコーダ B に、さらに平歯車 C を介して速度ベース安全装置に伝達される。

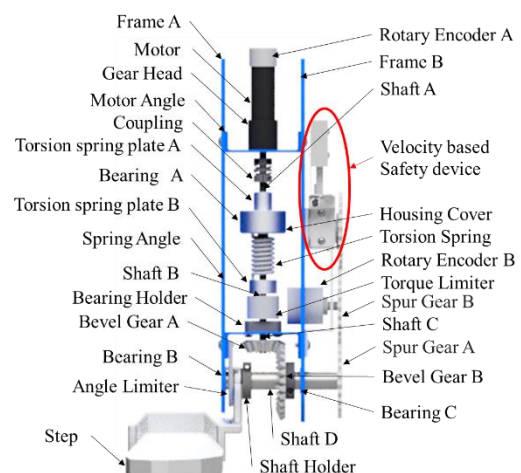
M-QFD を用いて整理した結果、要求項目(1)に対応する部品はすべての部品となり、患者に掛かる負担を減らすためには、すべての部品を患者の下腿部側に近づけることが提案でき、そのように設計した。要求項目(3)に対しては甲斐らがこれまでに提案している速度ベース安全装置を、要求項目(4)に対しては市販のトルクリミッタを用いることが提案できる。要求項目(5)を実現するために、トーションバネ、モータの回転軸を計測するエンコーダ、ロボットスーツの回転軸を計測するエンコーダを用いることとした。すなわち、トーションバネの両端の変位量を 2 つのエンコーダで計測することによりトーションバネに作用しているトルク(すなわち患者の足関節に作用するトルク)を算出できるようにした。また、これらエンコーダを用いることにより要求項目(6)も実現できるようにしている。さらに、要求項目(5)を実現するために、トーションバネ、モータの回転軸を計測するエンコーダ、ロボットスーツの回転軸を計測するエンコーダを用いる。

### 3. 結言

本研究では、品質機能展開を用いたメカニカル安全装置を搭載した足関節用ロボットスーツの設計について述べた。

#### 参考文献

- [1] 杉山将史, 野口蒼平, 甲斐義弘, “メカニカル安全装置を搭載したコンパクトなロボットスーツの開発(設計および製作)”, (2016.09).
- [2] 加藤 健明, 堀内 茂浩, 佐藤浩一郎, 松岡由幸, “ISM と DSM を用いたマルチスペース品質機能展開の提案”, 日本機械学会設計工学・システム部門講演会論文集, vol. 23, ROMBUNNO.1204, 2013.
- [3] 日本機械学会, 新版 機械工学便覧バイオテクノロジー・メディカルエンジニアリング(エンジニアリング編)



## メカニカル安全装置を搭載したロボットスーツの開発 (トルクリミッタの動作確認実験)

\*清 聖弥(東海大学工学部機械工学科), 杉山 将史(東海大学大学院工学研究科機械工学科専攻)  
野口 蒼平(東海大学大学院工学研究科機械工学科専攻), \*\*甲斐 義弘(東海大学)

### 1. 緒言

近年、ロボットスーツの開発が盛んに行われており、リハビリテーション分野への応用が期待されている。しかし、このような身体に装着して使用するロボットスーツは、制御用コンピュータやセンサの故障などにより、制御が不能となった場合でも安全を確保することが極めて重要である。

ロボットスーツの安全性を向上させるために、杉山らは、速度ベース安全装置およびトルクリミッタを搭載したロボットスーツを提案している<sup>(1)</sup>。そのロボットスーツは患者の膝関節をアシストする。速度ベース安全装置は予期せぬ高速度を検知するとロボットスーツのモータの電源を切る。また、予期せぬ高トルクが患者の膝関節に作用するとそのトルク自体を遮断するためにトルクリミッタを用いる。速度ベース安全装置およびトルクリミッタは、モータ、コントローラ、バッテリーを使用せず、メカニカルな受動要素のみで構成しているため、ロボットスーツの制御用コンピュータが故障した場合でも作動する。しかし、速度ベース安全装置については動作確認実験が行われ、装置がほぼ目的通り動作することは確認されているが、本ロボットスーツに搭載したトルクリミッタについてはその検証実験が行われていない。

本研究では、ロボットスーツに搭載したトルクリミッタが目的通り動作するかの検証実験を行い、ロボットスーツにおけるトルクリミッタの有効性について考察する。

### 2. ロボットスーツの構造

図1にロボットスーツの概観図を示す。本研究で開発したロボットスーツは患者の大腿部と下腿部にブレースによって取り付けられる。モータを動力源としており、出力された動力がギアヘッド、カップリング、トルクリミッタ、トーシヨンパネ、かき歯車、シャフトを介して装着者の下腿部に伝達されアシストを行う。また、モータの回転は、速度ベース安全装置のギアに伝達される。トルクリミッタにはR+W社製のMSK2タイプ RoHS適合を使用した。

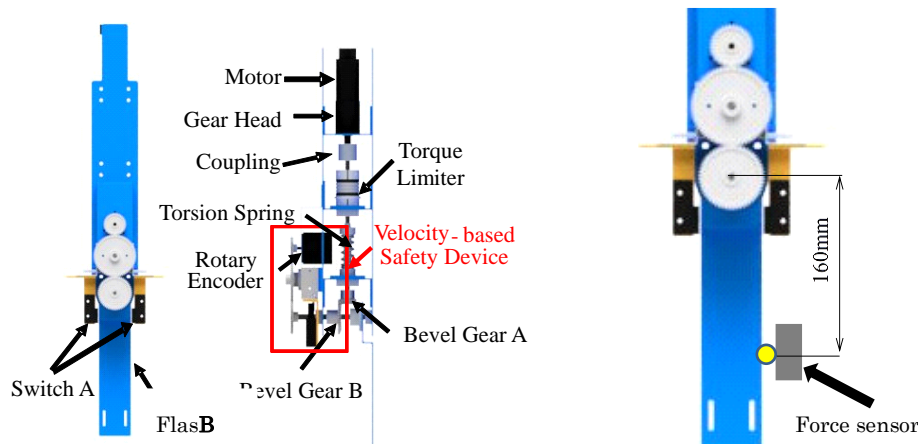


図1 構造と実験方法

### 3. 実験

図1の右図に示すように、ロボットスーツのフレームBに球を取り付け、力センサに接触させた。一例として、トルクリミッタの遮断トルクを2Nmとし、力センサに接触させた状態からモータで力センサ側へロボットスーツを動かす。力センサにより力の計測を行った。実験は10回行った。サンプリング周波数は200Hzとした。本実験結果はシンポジウム当日のポスターにて示す。

### 4. 結言

本研究では、ロボットスーツに搭載したトルクリミッタが目的通り動作するかの検証実験を行い、ロボットスーツにおけるトルクリミッタの有効性について考察した。

#### 参考文献

(1) 杉山将史, 野口蒼平, 甲斐義弘, “メカニカル安全装置を搭載したリハビリテーション用ロボットスーツの設計: 設計および製作”, 2016年度年次大会卒業コンテスト, (2016), DVD-ROM, S1170506.

## 電子線照射により表面活性化したガラス繊維を用いた自動車部品用繊維強化熱可塑性ポリカーボネート樹脂の耐衝撃特性の向上

\* 野村良 (東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、Michael C. Faudree、(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、\*\* 神保至 (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】

繊維強化型ポリマー(FRP)は、自動車や船体、構造材をはじめ様々な箇所に幅広く使用されている。(図1)FRPの母材は一般的に熱硬化性エポキシ樹脂が使用されている。しかし、成型時の手間とリサイクル性が問題であり、大量生産に向かない欠点がある。一方、繊維強化熱可塑性樹脂(FRTP)は従来のFRPに比べ、様々な成型法が適用でき、大量生産に向いている。しかしながら樹脂の粘性が高いことにより、強化繊維界面での接着が悪い。そのため界面の摩擦力が足りず、強化繊維による複合強化の物性が発現しにくい。ゆえに期待される強度が得られず、使用範囲が限定されている。

本研究では過去に、石英ガラスやガラス繊維(GF)に電子線(EB)を照射することで、ダングリングボンドが生成することを確認している。この結果より、GFにEB照射することでガラス表面が活性化されるため、接着性の悪い熱可塑性樹脂との接着性の向上が望める可能性を見出している。

そこで本研究では、強化繊維に材料コストの低いガラス繊維(GF)、母材に汎用樹脂の中で衝撃耐性に優れたポリカーボネート樹脂(PC)を用いたガラス繊維強化熱可塑性樹脂(GFRTP)のEB照射処理による耐衝撃性の変化を評価、検討することを目的とした。

### 【実験方法】

本研究の試料には、繊維にGF(日東紡績株式会社製 チョップドストランドマット)、マトリクスにはPP(TAKIRON INC, Tokyo)、を用いた。成形前のGFの両面にEB装置((株)岩崎電気製)を用い、170 kVの加速電圧で均質電子線照射処理を施した。一回の処理時間は0.23秒であるため、試料温度上昇は照射直後50℃以下である。GFの照射侵入深さは、約87 μmである。その後、ホットプレス(T = 523 K, P = 6 MPa, t = 60 sec)を用いて積層しGFRTPを作製した。耐衝撃性の評価としてシャルピー試験機(株島津社製 No. 51735)を用いて衝撃試験を行った。

### 【結果】

未処理試料と比較し、GFに0.04 MGy照射したGFRTP試験片のシャルピー衝撃値は明らかに高いことを見出し、未照射のGFRTPと比較して、約13%向上することを見出した。



図1. GFRTP の応用例

## 高級車用純 Al と 18-8 ステンレス鋼の異種金属強力接合体の作製

\* 富澤 雅貴(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻) \* \* 松村 義人(東海大学工学部原子力工学科) \* \* \* 神保 至(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)

【緒言】近年、地球温暖化の影響により、自動車から排出される排気ガスの低減や燃費向上のために機体の軽量化が要求されている。ステンレスは錆びにくく、耐熱、耐薬品、耐食性に優れるため、多くの自動車部品に用いられている。一方、アルミニウム (Al) は 18-8 準安定ステンレス鋼 (18-8) に比べ比重が 1/3 と軽く、比強度が 1.4 倍大きい特徴をもつ。ゆえに、軽量かつ高強度な Al と安価で信頼性の高い 18-8 の接合技術が期待される。しかし、これらの材料の接合には難がある。

従来の接合方法である溶融溶接による接合の場合、熱伝導率が低い 18-8 に対し熱伝導率が高い Al は放熱が大きく溶接

作業は困難である。また、溶接時に脆性化合物である  $Fe_3Al$  が生成されてしまう恐れがある。締結剤を用いた接合の場合、母材の強度を損なうだけでなくボルト及びリベットの重量が加算されてしまう。なお、接着剤による接合の場合、接合強度不足のため接合面での剥離が起こる恐れがある。つまり、従来の接合方法では母材本来が持っている強度値を保ちつつ、接合することは困難である。この問題を解決するために、本研究ユニットでは接合部を比表面積が非常に大きい炭素繊維で強化した異種材料万能接合法を考案し、検証実験を行ってきた。さらに、炭素繊維に電解めっきを施し、溶融合金化により繊維間空隙を金属で埋めることによって接合強度の増大が期待できる。本研究では電解めっき法により作製した Ni 被覆炭素繊維を用いた 18-8 と Al の接合体を作製の確立を目的とし、機械的性質を評価した。



Fig.1 Application example: high-end automobile

【実験方法】始めに、電解めっき法 (3.0 A, 7.0 V, 30 min) を用いて炭素繊維織布に Ni 被覆を施した。次にイオンプレATING装置 (到達真空度  $6.0 \times 10^{-5}$  Torr, 加速電圧 10 kV, 電流値  $20 \pm 5$  mA) を用いて炭素繊維織布の一端に 18-8 ステンレス鋼 (18 mass%Cr, 8 mass%Ni, 0.08 mass%C, JIS304) を浸漬させた。その後、もう一端にイオンプレATING装置を用いて Al を浸漬させ、 $60 \times 10 \times 3$  (mm) の寸法に成型を行い、Ni 被覆炭素繊維強化 18-8/Al 接合体を作製した。強度評価の方法には引張試験を用い、各接合体の機械的性質を評価した。

【結果】Ni 被覆炭素繊維強化 18-8/Al 接合体の引張強度値は、炭素繊維強化 18-8/Al 接合体に比べ 2.6 倍向上することを見出した。また、歪値は 1.5 倍向上することを見出した。これは、炭素繊維にめっきされた Ni 被膜が脆性化合物の抑制に効果的なためであると考えられる。

## チタンと熱硬化性エポキシ樹脂の炭素繊維を用いた航空機用高強度接合体の作製

\*高瀬早桐（東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻）、神村 晃彦（東海大学工学部航空宇宙工学科）、長谷川 仁紀（東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻）

\*\*松村 義人（東海大学工学部原子力工学科）、西 義武（東海大学工学部材料科学科）

### 【緒言】

従来、航空機や自動車といった輸送機械には鉄鋼材料や、Al や Ti などの軽金属材料の合金が使われている。近年、輸送機械の高性能化に伴い、その代替材料として軽量かつ高強度である炭素繊維強化ポリマー (CFRP) 等の複合材料が注目されている。しかし、CFRP と金属材料間の接合は困難である。従来用いられている接合方法では、接着剤を用いた場合、剥離の恐れが生じることにより、強度不足になる恐れがある。また、ボルトやリベットを用いた接合の場合、比重の高い金属製の締結材を用いているため、軽量化には向かないと考えられる。さらに、締結材接合用に空けた穴が破壊の起点となり、そこからクラックが生じて損傷の原因となる可能性がある。つまり、従来の接合方法では接合界面における強度値が低いため、母材本来が持っている強度値を生かしつつ、接合することが難しいと考えられる。本研究ユニットでは、この問題を解決するために界面に炭素繊維を介する異種材料万能接合法を考案し、検討を行ってきた。過去の研究では、高温になる電子線局所溶解時の軽金属材料と炭素繊維の反応を防ぐために Ni 被覆した炭素繊維を用いて、軽金属材料である Al や Ti と熱硬化性樹脂である Epoxy 樹脂を用いた CFRP の接合体の作製、及び、接合強度の向上に成功している。

次のステップとして、本研究ではスパッタリングと比べ、設備投資が少なく固定費の低い電解めっき法を用いて作製した Ni 被覆炭素繊維を用いて Ti と CFRP (Epoxy) の接合体を作製方法の確立を目的とし、引張接合強度を評価した。



図 1 応用例

### 【実験方法】

炭素繊維織布に電解めっき処理 (3.0A, 7.0V, 30min) を用いて Ni コーティングを行い、電子線加熱装置 (6.0×10<sup>-5</sup>Torr, 10kV, 20±5mA) で織布の一端に Ti を浸漬させた。その後、Epoxy 樹脂を浸漬・成型し、Ni 被覆炭素繊維強化 Ti/NiCF/Epoxy 接合体試料を作製した。また、同時に比較用サンプルとして未処理炭素繊維強化 Ti/CF/Epoxy 接合体、自然吸着試料、接着剤接合試料を作製した。強度評価方法は引張試験を用い、Ti/NiCF/Epoxy 接合体の機械的性質を評価した。

### 【結果】

Ni 被覆炭素繊維を用いた Ti/NiCF/Epoxy 接合体は、未処理炭素繊維を用いた Ti/CF/Epoxy 接合体、自然吸着接合体、接着剤接合体と比較して引張接合強度が最も高いことを見出した。

## 電子線照射した航空機構造材用 CFRP/Al 積層体の接着強度評価

\*北原 大輔(東海大学工学工学研究科応用理化学専攻)、峯岸 明子(東海大学工学研究科金属材料工学専攻)、  
内田ヘルムート貴大(東海大学理学部物理学科)、  
神田 昌枝(中部大学超電導・持続可能エネルギー研究センター)、  
井上 徳之(中部大学超電導・持続可能エネルギー研究センター)  
\*\*松村 義人(東海大学工学部原子力工学科)、\*西 義武(東海大学工学部材料科学科)

【緒言】軽量で優れた機械的性質を持つ炭素繊維強化高分子(CFRP)は、航空機を始めとする輸送機器の構造材料として利用されているが、高価である。そこで、同じく軽量であることから航空機構造材料として利用されている Al を心材、CFRP を表面材とした CFRP/Al 積層体とすることで、安価で軽量・高強度な構造材料の実現が考えられる。CFRP/Al 積層体の実用性を考慮した場合、CFRP-Al 間の接着性が重要であり、接着力の向上が求められる。過去の研究において、CFRP と Al に 100 keV 級加速電圧の均質低エネルギー電子線照射(HLEBI)処理を施して作製した CFRP/Al 積層体の剥離強度と引張せん断強度が、未処理の試料と比較して向上することを見出している。本研究では、HLEBI 処理による接着力向上に影響すると考えられる酸素の濃度を処理雰囲気中で変化させて試料を作製し、更なる接着強度の向上を目指した。

【実験方法】本研究では CFRP プリプレグ(GH Craft Ltd Co., Ltd, 3K 平織り 333 g/m<sup>2</sup> 目付け (繊維 200 g 樹脂 133g ))と Al((株)ニラコ, 品番 AL-013557)を用いた。試料作製では、Al (2.0 mm)のみに HLEBI 処理施した。その際、使用した電子線照射装置は(株)岩崎電気社製 30 cm ラボ機(CB250/30/10 mA)を用いた。電子線は真空中で棒状フィラメントから 170 kV 加速電圧で発生し、その後 Ti 薄板を通過、窒素雰囲気中で試料を処理した。この時、流入する窒素ガス量を制御することで処理雰囲気中の酸素濃度を変化させた。試料表面では 126 keV まで減衰する。1 回の処理時間は 0.23 秒で僅かな試料温度上昇しか測定されておらず温度の影響は少ない。なお、Al の電子線侵入深さは約 77.8  $\mu\text{m}$  と推定される。HLEBI 処理を行った Al と未照射の CFRP を重ね合わせた後、真空状態でホットプレス機を用いて 2 h、401 $\pm$ 0.5 K の条件を中心にオートクレーブ成型を行った。その後、引張りせん断接着強度を確認するために引張試験機(AUTOGRAPH, SHIMAZU Co.)を用いて引張せん断接着試験を行った。試験は、「引張せん断接着強さ試験」(JIS K6850)に準拠して実施した。

【結果】HLEBI 処理を施した試料のほとんどが、未処理の試料と比較して高い引張せん断接着強度を示すことを見出した。また、0.2mol%の酸素を含む窒素ガス雰囲気中で処理した試料において最大の引張せん断接着強度を示し、さらに雰囲気中の酸素濃度を増加させると引張せん断接着強度が低下することを見出した。このことから、0.2mol%の酸素を含む窒素ガス雰囲気での HLEBI 処理が最適条件であると考えられる。

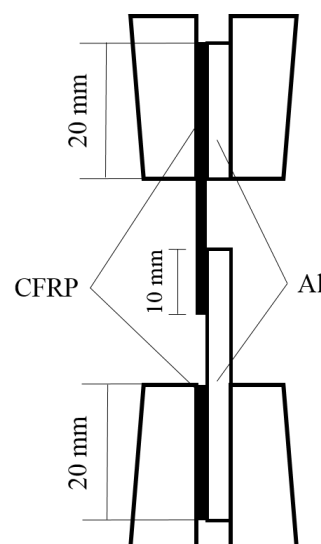


Fig.1 Schematic drawing of tensile shear test.









## Al-Li 合金の作製および水との反応性

\* 片山太我（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）

## 1、はじめに

最近、材料は単に性能と製造コストのみならず、資源の有効利用面からみたりサイクル、環境負荷面をも加味した材料が、産まれてから死んだ後の処理までを念頭に置いたトータルとして評価をすべきであると提唱されている。金属は人類の歴史で重要な役割をはたしてきたが、軽金属材料はその軽量さの故に航空・宇宙をはじめ車両などの構造材料として、エネルギーの消費に大きい貢献をしてきた[1]。軽金属は実際に利用される分野も量も少ないので一般的に取り上げられることは少ない。そんな軽合金材料の中で Al-Li 合金が注目を浴びている。Al-Li 合金はチタン合金、鉄鋼材料に比べて比強度、耐食性などに優れている[2]。そのため普通の合金と比べて構造材料として期待されている。しかし過去の研究では Li を 3~5% 程度の評価しか含まないものが多く、20% 近くまで含んだものの評価はない。そこで本研究では 1-1 の割合になる Al-Li 合金を作製し、作製した合金と水を反応させ、水と反応させる前の合金と反応させた後の合金の重量の変化を見ることを目的とした。

## 2、実験方法

合金を作製するために必要な丸形電気炉を作製した。さらに図 1 の回路図のようにつなげた。合金の試料作製には、純アルミニウムと純リチウムを用いる。グローブ袋を用いてリチウムの表面を光沢が出るくらいまで削る。削り終わったら各個体を表 1 の量となるように秤量し、グローブボックス内で混合した塊を作製する。作製した Al-Li 合金と水との反応を観察し、重量変化を調べていく。

表 1 実験条件

温度	718° ~
Al量	4.764g
Li量	1.236g

## 3、実験結果

図 1 の回路図のように組み立てたものを使用し、合金作製および水との反応、重量変化の調査を行っていく。詳細については発表当日に報告を行う。

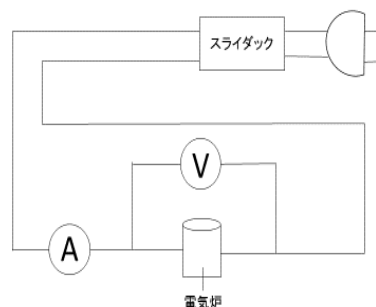


図1 電気回路図

## 4、参考文献

[1] 軽金属材料の現状と今後の動向 村上陽太郎 2016/07

[2] 金子秀夫「新合金」産業図書株式会社 P46

## 仕掛け絵本の仕組みを利用した理科教材の開発

\*クンラウオ P.、J. アランヤー(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、

\*\*小栗和也(教養学部人間環境学科)

### 【はじめに】

仕掛け絵本は、紙ベースでありながら動きを見せたり、立体的にみせることで、子供たちに興味関心を持たせることができる[1, 2]。多種多様な仕掛け絵本の中でも「スキャニメーション」と「レンチキュラー」といった手法は、複数の画像を組み合わせて、絵・写真を動きをつれて表現することができる。スリットやレンチキュラーレンズを利用して動きを持たせる技術である。このことから、仕掛け絵本の仕組みを利用した理科教材を作成は、子供たちに理科が楽しいと思うのではないかと推測した。そこで本研究では、スキャニメーションとレンチキュラーレンズの仕組みを利用して、どの様題材が理科教材として利用しやすいのかを調べることを目的とした。

### 【実験方法】

スキャニメーションの場合もレンチキュラーの場合も、複数の画像を合成する必要がある。今回、画像合成には無償で入手可能な stphmkr\_64 というフリーソフトウェアを用いた[3]。

レンチキュラーの場合、レンチキュラーレンズを利用する。今回利用したレンチキュラーレンズは 401pi, 501pi, 601pi の 3 種類のレンズを用いた。

また、スキャニメーションの場合、画像を見せるためのマスクが必要となる。このマスク作成にも同様のソフトウェアを利用した。同じソフトで作成した画像は画像の枚数を  $n$  としたとき、マスクのすきまとかげの間隔の比率は  $1 : (n-1)$  となるように設定した。得られた画像にスリットの空いたマスクを重ね動かすことで、画像に動きを付けることができる。

### 【結果および考察】

レンチキュラーの場合、3種類のレンズを比較した結果、レンズの目が細かければ細かいほど文字が見えやすいことを確認した。文字のサイズが 10pt の場合、601pi 以上の細かさで判別できた。スキャニメーションの場合も、文字サイズが 10pt の場合、601pi 以上のスリットの細かさが必要であることが分かった。これらのことから、文字サイズに関しては、レンチキュラーもスキャニメーションも確認できる文字サイズに違いのないことが分かった。



図 1. 文字の識別に用いた画像

(a) 合成前の画像 (b) 合成した画像

### 【参考文献】

1. ルーフアス・バトラー・セダー (富永和子 訳), 「スター・ウォーズ 名セリフ集」, 大日本絵画, 2011 年。
2. Carol Kaufmann, 「OCEAN」, Workman Publishing Co., Inc., 2014 年。
3. 「ステレオフォトメーカー」, <http://stereo.jpn.org/jpn/stphmkr/index.html>, (2016 年 11 月 14 日)。

## グラスハーブにおける気柱体積と共振周波数の関係に関する研究

\*小嶋芽依（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、特に物理学の学習者減少傾向が続いている。江沢によると、「現代では、高校生の物理の履修者が減少しつつある。かつては高校生の8割が物理を履修していたのにも関わらず、物理の履修率は徐々に減少し、現在ではわずか2割になってしまった。具体的に言えば、高校理科教育における物理の履修率が1970年93%、1980年76%、1990年33%、1994年10%と激減している」との報告もある[1]。この報告以降も日本が危ないという状況にあるという主張が現在まで続いている[2]。物理分野への興味・関心を持たせるためには、物理分野以外からのアプローチが必要である。そこで、振動・波動の分野の教材としてグラスハーブがとりあげられてきた。[3-7]しかし、グラスハーブを教材とするにはまだ多くの明確なメカニズムが得られていない。また、グラスハーブで起こっている共鳴がどのような共鳴なのか、明確なメカニズムに関する報告はない。そこで、本研究では、グラスハーブにおける共鳴現象に関する知見を得ることを目的とした。

<実験方法>

今回の実験では、波源の座標を移動させずにグラスを共振させるために卓上電動ろくろを使用し、ろくろの上にストレートグラスを固定させて実験を行った。ストレートグラス(直径約5.5cm、高さ約15cm、容積約290cm<sup>3</sup>)の中に水道水を注ぎ、その縁を濡れた指で擦ることでグラスから共鳴音を発生させた。共鳴音をマイクで録音し、フーリエ変換にて波形解析を行った。ストレートグラスに注ぐ水の量を100ml、125ml、150ml、175ml、200mlと変え、共振周波数と気柱体積の関係から評価をした。

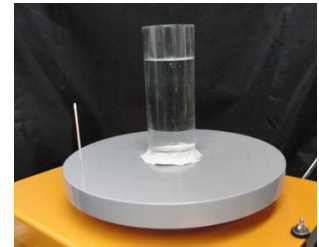


図1. ろくろに固定されたストレートグラス

<結果>

共鳴音をフーリエ変換した結果、第1ピーク周波数の整数倍でも共振周波数の確認ができた。さらに、先行研究より空間体積が共振周波数を左右するということがわかっていて[7]。図2は水を100ml、125ml、150ml、175ml、200mlのグラスに注ぎ、空間体積を変化させた時の共振周波数の変化をグラフにしたものである。この図から、空間体積に対して、共振周波数は指数関数的に変化していることが分かった。

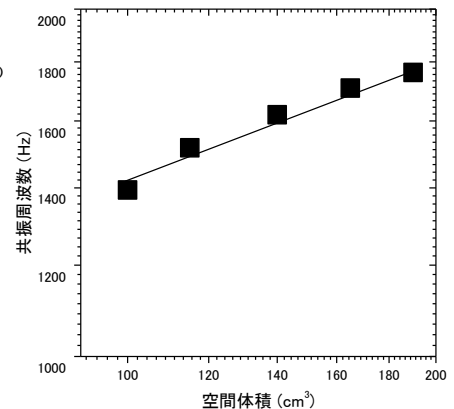


図2. 共振周波数と空間体積の関係

<参考文献>

- [1] 江沢洋著, 「理科が危ない」, 新曜社, 2001年, 1-208p
- [2] 「物理フォーラム」[http://fphys.4rm.jp/modules/d3forum/index.php?topic\\_id=306](http://fphys.4rm.jp/modules/d3forum/index.php?topic_id=306) 2016年8月11日閲覧
- [3] 大沼他, 応用物理学会秋季学術講演会講演予稿集 Vol.74Page.ROMBUNNO.17A-P2-20(2013).
- [4] 石和田他, 応用物理学関係連合講演会講演予稿集 Vol.58th Page.ROMBUNNO.25A-P4-17 (2011).
- [5] 中村他, 応用物理学会学術講演会講演予稿集 Vol.72nd Page.ROMBUNNO.30A-P9-17 (2011).
- [6] 飯塚他, 応用物理学関係連合講演会講演予稿集 Vol.59th Page.ROMBUNNO.16A-GP1-18 (2012).
- [7] 小野田他, 応用物理学会春季学術講演会講演予稿集 Vol.60th Page. ROMBUNNO.28A-PA1-32 (2013).

## 光と色の三原色を理解するための実験教材の開発

\*大上 栞（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>

人の目には、赤・緑・青に対応した錐体細胞がある。人は「発光体が出す光」や「物体の反射光・透過光」などのうち長波長（赤系）、中波長（緑系）、短波長（青系）の成分を錐体細胞で受け、その刺激が脳に伝達されることによって色を知覚する [1, 2]。デジタルカメラや人の目の場合、赤・緑・青の光の三原色を色として認識している。一方、印刷物の場合、シアン・マゼンタ・イエローの色の三原色を利用して様々な色の再現を行っている。このように、日常生活において光と色は関連性がある。しかしながら、光の三原色と色の三原色を意識して理解する機会がない。これまでに、光の三原色の混色によって色の三原色が作られることを示す教材の報告がある。この報告では光の三原色の理解のみであり、色の三原色をつなげて理解することは報告されていない [3]。ところで、中学校における「光の反射・透過・吸収」などの物理分野の学習や、「光を受容するしくみ」などの生物分野の学習、小学校における「色彩の特徴」などの図画工作の学習などに役立つ、教科を横断した教材が必要である。本研究では、児童・生徒が興味・関心を持ちやすい視点から実施することで光と色の三原色を理解するための実験教材の開発を目的とする。

<教材作製>

今回作製した教材では、光の三原色の光源として赤・緑・青の3色のLEDを使用した。加法混色は、LEDの光を光ファイバーで取り出し行った。光から色への変換は、混色してできたシアン・マゼンタ・イエローをマスク（図1）を通してフィルム（FUJIFILM インスタントカラーフィルム instaxWIDE）に撮影し行った。減法混色は、撮影したフィルムを裏と表から磁石を固定しコマの軸として、コマのように回転させ行った。

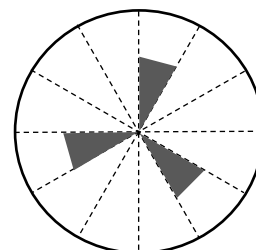


図1 マスクの形

<結果>

図2に次の撮影条件で撮影したフィルムを示す。撮影条件は光量を最小限、時間は約0.5秒、回数1回に設定して撮影したとき、シアン・マゼンタ・イエローがはっきりと確認できた。撮影条件の撮影回数を4回にして撮影したフィルムをコマとして回転させたところ、人の目では色が付いた部分が黒く見え、混色が確認できた。デジタルカメラでは混色の記録ができなかったため、当日混色の実演を行う。

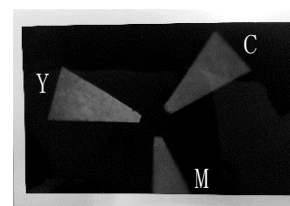


図2 撮影したフィルム

<参考文献>

- [1] 永田泰弘・三ツ塚由貴子著 「よくわかる色彩の科学」 ナツメ社（2007）34-41
- [2] 永田泰弘・三ツ塚由貴子著 「よくわかる色彩の科学」 ナツメ社（2007）189
- [3] 長谷川誠 「LEDを利用した光の三原色実験セットの製作と授業実施」 日本物理教育学会（2007）70-72

ゾル-ゲル成膜による MgF<sub>2</sub> 複合膜に分散された貴金属ナノ粒子の与える SERS 特性

\* 外川裕基(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻), \*\* 渋谷猛久(東海大学工学部光・画像工学科), 若木守明(東海大学工学部光・画像工学科)

## 1. はじめに

表面増強ラマン散乱(SERS)は、粗面またはナノ構造を有する金属表面上に吸着した分子のラマン強度を増強する表面に敏感な手法である。金属ナノ粒子は入射光と金属ナノ粒子内のプラズモンとの相互作用で生じる局在表面プラズモン共鳴(LSPR)を生じる[1]。金属粒子の周囲に LSPR で生じた局所電場により、ラマン強度の増強が期待される。本研究では、低屈折材料である MgF<sub>2</sub> に貴金属ナノ粒子を分散した複合膜をゾル・ゲル法を用いて成膜し、検体試料にはピリジンと安息香酸を用いてのラマンシグナルの増強を観測した。また、これらの検体の検出限界、ラマン散乱励起波長依存性等について銀ナノ粒子分散 MgF<sub>2</sub> 複合膜[2]と金ナノ粒子分散 MgF<sub>2</sub> 複合膜の特性比較及び検討を行った。

## 2. 実験方法

ゾル・ゲル法による MgF<sub>2</sub> 膜形成の出発材料は、酢酸マグネシウム四水和物、2-プロパノール、トリフルオロ酢酸より調合した。Au の前駆体には塩化金(III)四水和物を用いて調合した。また Ag の前駆体には酢酸銀を用いて調合を行った。Au, Ag の Mg に対するモル濃度は 10,20%とした。成膜は Si 基板を使用し、ディップコーティング法を用いて 100℃で仮焼成を行い、300℃で焼結処理を行なった。作製した膜のモルフォロジー及び構造評価として走査型顕微鏡(SEM)を用いた。可視領域の LSPR 吸収スペクトルはガラス基板を用い、紫外可視分光計を用いて評価した。また SERS 実験において、貴金属ナノ粒子分散 MgF<sub>2</sub> 複合膜上に滴下する検体としてピリジンと安息香酸を選択し、蒸留水で種々の濃度に希釈した溶液を用いた。ラマン分光測定は  $\lambda_{ex}=785nm$  (浜松ホトニクス社製ポータブルラマンモジュール C12710) および 532nm (アイリックス社製共焦点レーザーラマン顕微鏡 STR150) の励起波長を用いた。

## 3. 結果および考察

ゾル-ゲル成膜による Au, Ag ナノ粒子分散 MgF<sub>2</sub> 複合膜は多孔質構造を取り、Au, Ag ナノ粒子は複合膜中にランダムに分散することを、SEM, TEM 測定より確認した。Au, Ag ナノ粒子はそれぞれほぼ球形で、Au では約 20~30nm, Ag では 10-20nm の径を有し、LSPR による

光学吸収は Au では 532nm 近傍, Ag では 380nm 近傍に観測された。

Si 基板上にそれぞれ成膜した貴金属 ナノ粒子分散 MgF<sub>2</sub> 複合膜を二種類の励起波長で励起した時のラマンスペクトルの測定結果を Fig. 1 に示す。貴金属ナノ粒子分散 MgF<sub>2</sub> 複合膜上に塗布したピリジン検体はラマンスペクトルの伸縮モードに対応する 1006cm<sup>-1</sup> と 1031cm<sup>-1</sup> で強く観測された。この結果よりゾル-ゲル成膜による MgF<sub>2</sub> 多孔質構造が水溶液の貯蔵に貢献し、貴金属ナノ粒子との効率的相互作用が SERS 効果に寄与していると考えられる。このラマンピーク強度を用いて水溶液中の検体濃度に対する検量線を導出した。この時検量線はほぼ線形な校正曲線を得た。安息香酸の SERS 効果についても同様に計測を行った。貴金属ナノ粒子の励起波長と LSPR の関係性について、またそれぞれの増強電場について検討を行う。

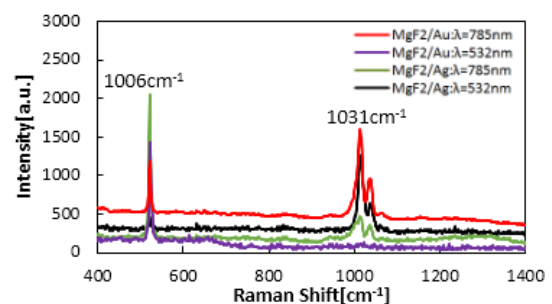


Fig. 1 Raman spectra of MgF<sub>2</sub> thin films with Au, Ag nanoparticles coated with pyridine water solution. ( $\lambda_{ex}=532nm, 785nm$ )

## 謝辞

ラマン測定に関して多大にご協力を頂きました、浜松ホトニクス(株)丸山芳弘氏、東海大学富田恒之准教授、東海大学技術共同センターの宮本泰男氏に深謝いたします。参考文献

1. M. Wakaki, and E. Yokoyama, UV-VIS and Photoluminescence Spectroscopy for Nanomaterials Characterization, Ed. C. Kumar, Springer, PP.311-356(2013).
2. K. Yasuda, E. Yokoyama, T. Shibuya, and M. Wakaki, JSAP-OSA 14a-2C-3 (2015)

## 核融合ダイバータ材料での重水素吸蔵・透過特性

\*浅見奈那(東海大学工学部生命化学科), 石川文貴(東海大学理学研究科物理学専攻)

\*\*利根川昭(東海大学理学部物理学科), 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)

核融合発電は次世代発電技術の一つであり、エネルギーの長期的な安定供給をもたらす将来のエネルギー源として期待されている。現在建設中の磁場閉じ込め型熱核融合実験炉(ITER)では、核融合反応により生じたヘリウム灰を排気するため、ダイバータが設置されている。しかし、このヘリウム灰とともに未反応の燃料粒子(水素同位体)である重水素やトリチウムもダイバータで排気される。その際、燃料粒子の一部は排気されずにダイバータ材料内部に蓄積される可能性がある(図1)。特にトリチウムは放射性物質であるため炉内保有制限が設けられており、炉内に蓄積されることが懸念されている。そのため、ダイバータ材料に流入するヘリウムと水素同位体の粒子挙動の研究が盛んにおこなわれている。最近の研究として、重水素-ヘリウム混合プラズマでは、タングステン内に生成されるヘリウムバブルにより重水素吸蔵量の減少が報告されている[1]。その原因として、重水素の粒子が材料表面での反射や材料中を透過すること等が考えられているが、その詳細は未解決となっている。

本研究の目的は、重水素-ヘリウム混合プラズマ照射において、ヘリウムイオンがタングステン中の重水素の吸蔵・拡散に与える影響を明らかにすることである。

本実験では直線型ダイバータ模擬装置 TPD-Sheet IVの装置終端部に試料を設置し、重水素-ヘリウム混合プラズマを照射した(図2)[2]。タングステン試料として、ITERグレードのタングステン(厚さ1mm, 10mm×10mm)を用いた。タングステン材料の裏側には、タングステンを透過してくる重水素の量を測定するため、チタン(厚さ100 $\mu$ m, 10mm×10mm)を重ねており、タングステンとチタンの間には数 $\mu$ m程の白金の膜を触媒としてコーティングし、タングステンからチタンへの重水素の輸送を容易にしている。タングステン試料は、プラズマ照射前に1500 $^{\circ}$ Cで10時間焼きなましをしている。照射実験では、ヘリウムの割合を0、5、10、15%と変化させ、4パターンの重水素-ヘリウム混合プラズマを照射した。結果として、ヘリウムの割合を増加させるとタングステン中の重水素の吸蔵量が減少し、それに伴ってチタンでの吸蔵量が増加した。詳細はポスターにて発表する。

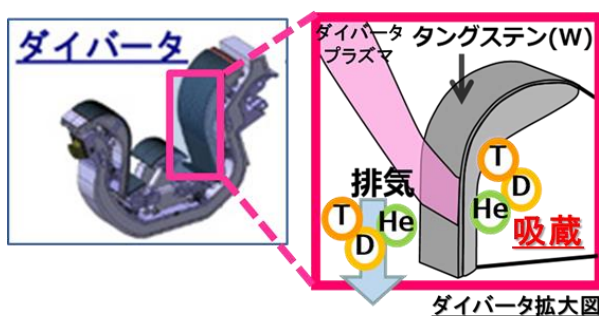


図1 ダイバータ構造の概念図

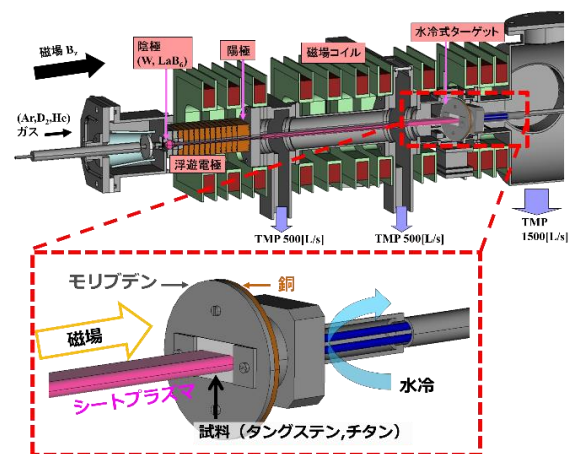


図2 直線型ダイバータ模擬装置 TPD-Sheet IV

## 【参考文献】

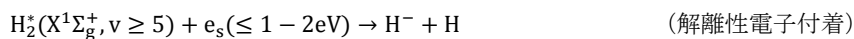
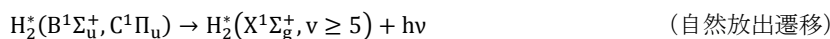
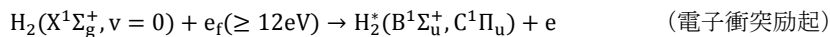
- [1] Mitsutaka MIYAMOTO, et al., J. Plasma Fusion Res. Vol.89, No.6 (2013) 335-340.  
 [2] Takaaki IJIMA, et al., Plasma and Fusion Research, 9 (2014) 2405010.

## 真空紫外分光法を用いた水素分子の振動温度計測

\*林達也（東海大学理学部物理学科）、長谷拓哉（東海大学理学研究科物理学専攻）、石原正悟（東海大学理学部物理学科）、\*\*利根川昭（東海大学理学部物理学科）、河村和孝（東海大学）、佐藤浩之助（中部電力）

次世代の発電システムとして、核融合発電が注目されている。核融合発電は、プラズマを1億度まで加熱し、温度を保たなければならない。プラズマの温度を保つための手段として、イオン源からイオンビームを引き出し、中性化セルに通して中性粒子ビームを炉心プラズマに入射させるNBI (Neutral Beam Injection: 中性粒子入射) 加熱がある。現在、NBI 加熱には正イオンが用いられているが、中性化セルに通した際の中性化効率は負イオンの方が高いため、負イオン源の研究が進められている。負イオンの生成法は表面生成法と体積生成法があり、本研究室ではシートプラズマ生成装置 TPD-Sheet IV を用いた体積生成法で負イオンを生成する。

体積生成法は「基底状態の水素分子と高エネルギー電子の衝突による振動励起分子の生成」と、「振動励起分子と低エネルギー電子の衝突での解離性電子付着反応による負イオンの生成」の二段階過程で負イオンが生成される。振動準位  $v=5$  以上の振動励起分子が負イオン生成に関係していると考えられ、以下の式で表される。[1, 2]



一般的なプラズマの振動温度計測法として、可視分光法が用いられている。可視分光法は比較的取り扱いが容易であるが、電子励起状態 ( $d^3\Pi$ ) の振動準位  $v=5$  以上の高励起状態においてフィット点数が少なく感度が低いという欠点があるため、負イオン生成時の振動準位の計測には向かない。一方、真空紫外分光法を用いた計測では、真空中に分光器を設置するため装置が複雑になってしまうが、可視分光法のように上準位の解離極限がないため高準位 ( $v=5$  以上) の振動温度の感度が良い。そして、先行研究において水素振動励起分子の理論スペクトルのモデリングが進められている。[3] 本研究では真空紫外分光法を用い、負イオン生成時の振動励起分子の振動温度を計測することを目的とする。

実験では、TPD-Sheet IV を用いて水素プラズマを生成し、実験領域において電子温度、電子密度を Langmuir プローブ、真空紫外光 ( $\lambda=85\text{nm} \sim 160\text{nm}$ ) を真空紫外分光器を用いて計測した。図1に理論スペクトルと実験スペクトルのフィッティング例を示す。Langmuir プローブより求めた電子温度、電子密度とコロナモデルより水素の理論スペクトルを算出し、この理論スペクトルと分光計測により得た実験スペクトルをフィッティングすることにより振動温度を求めた。ただし、理論スペクトルでは、水素原子の発光スペクトルである Lyman 系列は考慮されていない。詳細はポスターにて報告する。

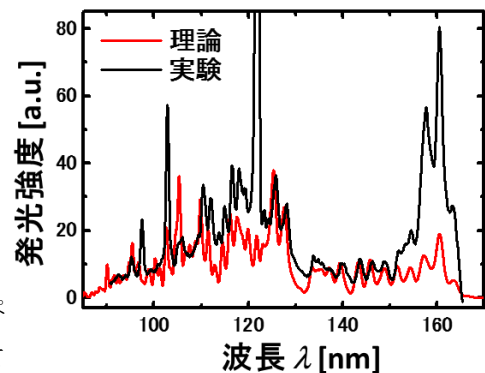


図1. 理論スペクトル (赤) と実験スペクトル (黒) のフィッティング例

[1] C. Schermann *et al.*: J. Chem. Phys. 101 8152 (1994).

[2] W. G. Graham: J. Phys. D 17 2225 (1984).

[3] 中野渡歩: 真空紫外分光法による水素分子の振動温度計測・東海大学大学院修士論文 (H 20 年度)



## シートプラズマを用いた水素負イオン源の開発

\*石原正悟(東海大学理学部物理学科)、長谷拓哉(東海大学大学院理学研究科物理学専攻)、林達也(東海大学理学部物理学科)、\*\*利根川昭(東海大学理学部物理学科)、佐藤浩之介(中部電力)、河村和孝(東海大学)

将来の発電方法として、核融合発電の研究が世界規模で進められている。これは、約 1 億°C に保たれたプラズマから得られる核融合エネルギーを発電に活用しようというものである。ここで、核融合発電の実用化に向けた課題の一つとして、核融合反応に必要な高温維持のための炉心プラズマの加熱がある。本研究は、この問題の解決策として挙げられる NBI (Neutral Beam Injection: 中性粒子入射) 加熱装置に関するものである。

図 1 に概要を示すように、NBI 加熱装置とは、イオン源と呼ばれるプラズマ生成部でイオンを生成し、それをビームとして静電的に引き出し、加速することでエネルギーを増幅、炉心プラズマへ入射する装置である。強磁場で囲われた炉心プラズマにイオンビームは入射できないため、中性粒子ビームにする必要がある。この中性粒子ビームによって炉心プラズマをジュール加熱する。NBI 加熱装置で用いるイオン源には、正イオン源、負イオン源の二種類がある。負イオン源では 1 億°C という高エネルギー域での中性化効率が 60% 程度 (正イオンでは数% 程度) と非常に高い。そのため負イオンを用いた負イオン源が注目されている。負イオン生成法の一つに、イオン源の構造が簡単ではあるが低効率な体積生成法というものがある。現在の負イオン源は負イオン生成効率を上げるために、放射性物質であり装置のメンテナンス性を悪化させる、Cs を添加している。そこで、当研究室のシートプラズマ生成装置 TPD-Sheet IV (図 2-A) を用いた体積生成法による高効率な負イオン生成を考案し、それに成功している [1]。

生成した負イオンは、図 2-B に示す概念図のような引き出し電極を用いてプラズマ中より引き出される。引き出し電極は、電圧を印加することで負イオンを引き出すが、同時に引き出される電子と分離するため多段構造となっている。当研究室では計測した電流において負イオン電流と電子電流を十分に分離できていない。そこで、電極の形状等を改良した引き出し電極を設計した。今回は、この改良した引き出し電極を用いて行った実験について報告する。具体的には、TPD-Sheet IV において最も水素負イオン ( $H^-$ ) が存在している周辺領域の  $H^-$  電流を改良した引き出し電極により測定した。

詳細はポスターで発表する。

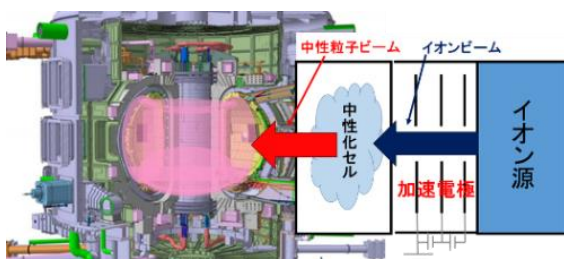


図 1、NBI 加熱装置の概要図

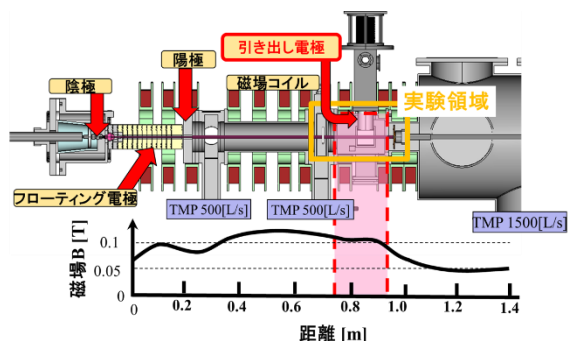


図 2-A、TPD-Sheet IV

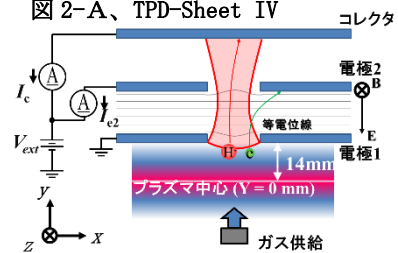


図 2-B、引き出し電極概念図

[1] 松本賢樹: シートプラズマを用いたセシウムフリー負イオン源の開発、東海大学大学院修士論文 (H26 年度)

## オーロラの形成に関する基礎研究(加速機構と揺動)

\*遠藤隆太(東海大学理学部物理学科)、小林憂也(東海大学理学部物理学科)、亀井拓海(東海大学理学部物理学科)、  
\*\*利根川昭(東海大学理学部物理学科)、佐藤浩之助(中部電力)、河村和孝(東海大学)

オーロラを発生させる電子は地球磁場に沿って極域へと導かれ地球大気の電離層に侵入する。この極域における地球磁場は、高度が下がるにつれて強くなる構造をしているため、弱磁場領域から強磁場領域にドリフトする荷電粒子は追い返される。しかし、電子は強磁場領域である電離圏まで降下しオーロラを発生させる。そこで、極域の上空には電子を加速させる機構が存在すると考えられてきた。この加速機構として考えられているのがダブルレイヤー(電気二重層)である。

ダブルレイヤー形成過程を解明するため、粒子シミュレーション、室内実験といった方法で研究が進められてきた。Q マシンによる実験では高速プラズマ流をパルスの的に生成することによりダブルレイヤーが形成されていることが報告されている[1]。しかし、実際のオーロラは数時間程度発光するため、加速領域の電位構造はパルスのなものだけでなく、定常的に形成される場合があると考えられる。また、加速された高速プラズマ粒子は、地上付近(100km)で大気と衝突し強い発光現象(オーロラ)を発生させる。その際、カールやスパイラルのプラズマの揺動を伴うが、その発生機構は未解決となっている。

本研究の目的は、シートプラズマ生成装置 TPD-Sheet IVを用いて、オーロラの加速機構とオーロラにおけるプラズマの挙動について明らかにすることである。本研究のシートプラズマ生成装置 TPD-Sheet IVは、定常的にプラズマを生成することが可能であり、さらに電子の加速領域よりも下流でのプラズマの挙動について観測することができるため、電子の加速領域からオーロラの挙動までの模擬に適していると考えられる。

図1に実験装置を示す。放電領域において生成されたプラズマが矩形の磁場コイルによって作られた磁力線に沿って実験領域に流入する。磁場コイルの電流を制御し、プラズマの上流側と下流側の磁場を不均一にして加速領域を模擬した。磁力線が収束している領域を計測領域としてLangmuirプローブで空間電位および電子のエネルギーを計測し、ダブルレイヤーの発生機構を調べた。またオーロラの揺動を調べるため、プラズマ終端部に鉄心を配置し磁力線を延長させて、その領域におけるプラズマの挙動を高速カメラで撮影した。

詳細はポスターで発表する。

[1] N.Sato *et al.*, Physical Review Letters **61** (1988)

1615-1618.

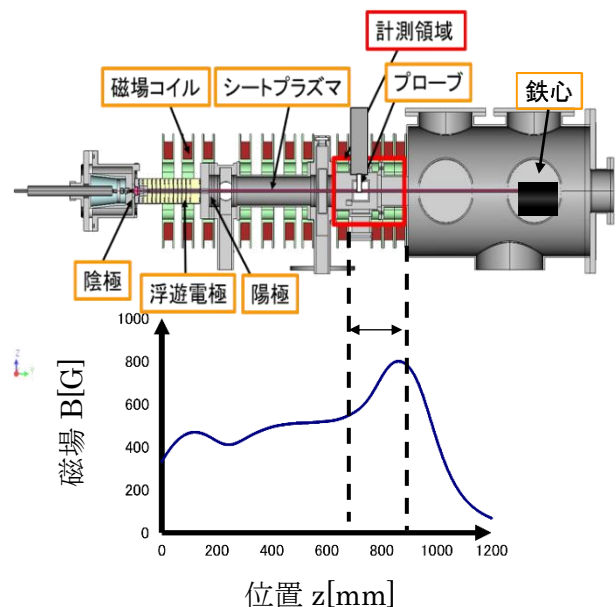


図1. 実験装置図

## D-He 混合プラズマ中での質量分析計測

\*榎秀斗（東海大学理学部物理学科），石川文貴（東海大学理学研究科物理学専攻）

\*\*利根川昭（東海大学理学部物理学科），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、フランスで建設中の ITER（国際熱核融合実験炉）では、水素同位体である重水素（D）とトリチウム（T）を用いた核融合反応（D-T 反応）での核融合発電の研究が進められている。この核融合反応によって生成されたヘリウム灰や炉壁などからはじき出された不純物が、炉心プラズマ中に蓄積すると燃料密度の希釈による核融合反応の低下やプラズマ温度の低下という問題が生じる。これは、ダイバータ装置で不純物を排気することで解決されるが、未反応の燃料粒子（D, T）も同時に排気されてしまう。また、ダイバータ材料（タングステン）中に吸蔵され、蓄積する燃料粒子も存在する。特にトリチウムは放射性物質であり、核融合炉内のトリチウムの保有制限値が決められているため、ダイバータ材への吸蔵が懸念されている。

従来の研究では、厚さ 1 mm のタングステンに D-He 混合プラズマを照射するとヘリウムバブルが発生し、このヘリウムバブルが材料深部にまで生成されることにより各種イオンが材料表面で反射されるのか、タングステン中を拡散・透過しているかなどの粒子挙動は解明されていないが、吸蔵量が減少することは確認されている[1]。もし、深くまで拡散、透過する場合、ITER のダイバータでは 40mm 程度と厚いため、タングステン中に蓄積することが問題となる。

先行研究では D-He 混合プラズマの流量制御はしているが、ターゲット付近の混合比は計測していない。そこで本研究では、タングステンに D-He 混合プラズマを照射して実験する予定であるが、まずオメガトロン型質量分析器を用いて、D-He 混合プラズマの混合比計測を行うことを目的とする。

本実験で用いたオメガトロン型質量分析器は箱体となっており、前面に開けられたピンホール（ $\phi = 1.5\text{mm}$ ）よりプラズマが流入する（図 1）。内部は 3 枚の Mo メッシュによるグリッドが取り付けられており、グリッド 1（G1）では電子を追い返すために負の電圧を印加し、グリッド 2, 3（G2, 3）ではターゲットの浮遊電位と同程度の電圧を印加させ、加速されたイオンを減速する。3 枚のグリッドを通過したイオンが高周波電極を用いたイオンサイクロトロン共鳴加熱（ICRH）によって回転半径が増大することでコレクタ電極に捕集され、イオン電流値を測定する。図 2 は図 1 を用いて実験した結果であり、 $D^+$ 、 $D_2^+$ 、 $He^+$  の質量スペクトルより He ガス流量におけるターゲット付近の  $He^+$  密度比を算出したものである。詳細はポスター発表にて行う。

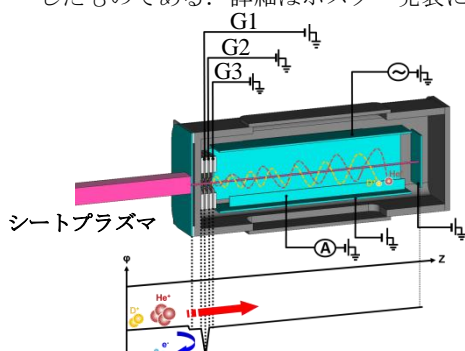


図 1. オメガトロン型質量分析器の概念図

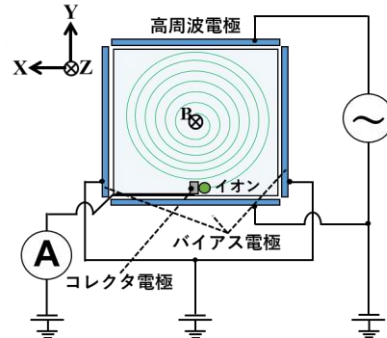
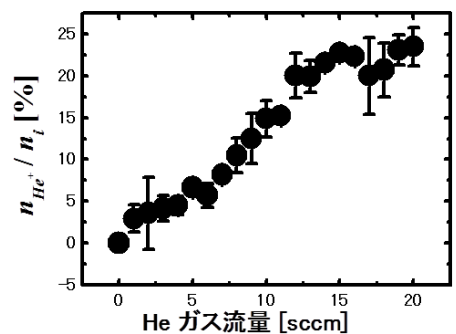


図 2. He ガス流量の変化における D-He 混合プラズマの  $He^+$  密度比



参考文献：[1] 直線型プラズマ生成装置を用いたプラズマ・壁相互作用研究 波多野雄治 日本プラズマ・核融合学会誌 Vol190, No8 (2014) 489-495

## シートプラズマを用いた電気推進機に関する研究

\*西村未来（東海大学理学部物理学科）、戸田聡史（東海大学理学部物理学科）

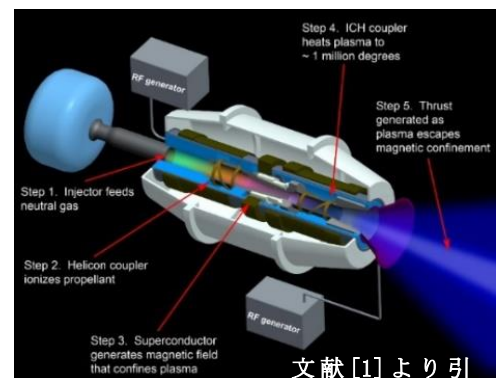
石川文貴（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）

\*\*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）

現在の宇宙開発において、打ち上げに使われているロケットは化学推進であり、その特徴として推力は高いが燃費の良さを示す比推力は低い。それに比べ“電気推進”は、推力は低いものの比推力が高いため燃費が良く、燃料搭載量が少なくすむため長期ミッションでも利用できるという利点がある。そのため小惑星探査機「はやぶさ」などの探査機や人工衛星に搭載されることが多い。最近では、有人惑星探査を目標とした比推力可変型プラズマ推進機 VASIMR が注目されており、プラズマ中のイオンを、高周波を用いて加熱し、磁気ノズルによって熱エネルギーを推力に変換するシステムを搭載している(図1)。しかし、効率的なプラズマ生成・加熱、磁気ノズルにおけるプラズマ流の加速が難しいという欠点があり、大きな課題となっている。

本研究で用いた TPD-Sheet IV は、VASIMR と同じ推進方法であり、加熱領域は外部から高周波電力を加えてエネルギーを与える ICR 加熱法を行う(図2)。TPD-Sheet IV の特徴として、VASIMR の円柱型のプラズマに比べ、高密度( $>10^{18}m^{-3}$ )なシート状のプラズマを生成でき、その厚さがイオンラマ半径の2倍程度であり、イオン同士の衝突頻度が少ないことから、低電力で効率的に ICR 加熱を行うことが期待できる。実験装置内部にはイオンの進行方向に磁力線が発生しており、加熱されたプラズマイオンはこの磁力線を中心にして螺旋運動をする。この螺旋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り保存される。したがって、発散磁場領域で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平行方向(イオンの進行方向)の運動エネルギーに変換されるために、イオンが加速される。

本実験では、電気推進としての TPD-Sheet IV の推進性能の評価を目的とする。推力測定には振り子式ターゲットを用いた。実験条件に関しては、ガス種は He（ヘリウム）、放電電流は 40~60[A]、加熱領域（装置図： $0.4 \leq Z \leq 0.6$ ）の磁場強度を 0.10[T]とした。発散磁場領域（装置図： $0.8 < Z \leq 1.2$ ）の磁場強度は 0.01~0.05[T]の間で変化させ、振り子の振れ幅を計測した。その振れ幅から推力・比推力を算出した。詳細はポスターにて発表する。



文献[1]より引

図1. VASIMR(推力・比推力可変型電気推進機)

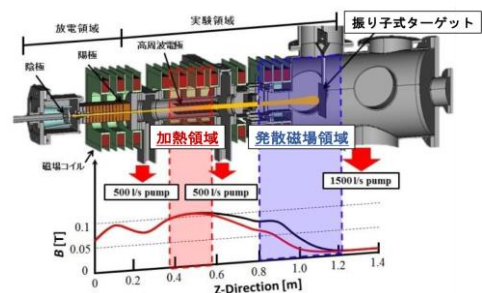


図2. TPD-SheetIV (シートプラズマ生成装置)

参考文献：[1] Benjamin W, Longmier. IEPC-2011-156. VASIMR® VX-200 Performance Measurement and Helicon Throttle Tables Using Argon and Krypton

## 核融合炉における先進的ダイバータに関する基礎研究

\* 瀧本壽来生（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）

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

デタッチダイバータを含む、物理・工学両面における研究開発の成果によって、核融合出力が 500MW である ITER において予測されるダイバータプレートへの定常熱負荷 ( $10\text{MW}/\text{m}^2$  以下) は、処理できる見通しが立っている。しかし、核融合出力が 3 GW である原型炉 Slim-CS[1]においては、炉心からの熱流束が ITER の数倍に増加するため、さらなる熱除去を可能とする方策が必要とされる[2]。この問題に対する解決策の一つとして、Super-X ダイバータ[3]が提案されている。Super-X ダイバータのコンセプトは、炉心からダイバータプレートまでの距離を延長することで、プラズマの放射冷却を増大することと、ダイバータプレート近傍の磁場を低減することで磁力線に沿った距離を長くし、ダイバータプレートに接触するプラズマの面積を増大させるというものである。このとき、ダイバータ板と炉心の距離が離れることから、デタッチダイバータに付き纏う冷却ガス粒子の逆流も抑えられると考えられる。しかし、デタッチプラズマにおける磁場の発散と中性粒子の関係はよくわかっていない。Super-X ダイバータは、MAST-U[4]のグループにおいてシミュレーション研究がなされ、実験的な研究の計画が進められているが、基礎的な実験はあまり行われていない。そこで、我々は、Super-X ダイバータ模擬ターゲットを設置した直線型ダイバータ模擬装置 TPD-Sheet IV を用いて、デタッチプラズマにおける中性粒子の逆流特性について検証するための実験を行った。

本実験で用いた直線型ダイバータ模擬装置 TPD-Sheet IV および Super-X ダイバータ模擬ターゲットを図 1-a, 1-b に示す。生成した定常水素シートプラズマ ( $1\text{cm} \times 4\text{cm}$ ) を、実験領域まで矩形コイルによる定常磁場で導き、Super-X 模擬ターゲットに入射させることで実験を行った。今回は、一部のコイル電流を制御することによりターゲット付近の磁場  $B_d$  を変化させ、Super-X ダイバータにおけるプレート近傍の模擬を行った。具体的には各磁場条件でデタッチプラズマを生成し、Langmuir プロブによる電子温度・密度計測およびプラズマ上流とターゲット内のガス圧力 ( $P_{up}$ ,  $P_d$ ) 計測を行うことで、中性粒子の逆流特性を評価した。また、プラズマ濡れ面積  $A_w$  の導出式[3]を用いて、磁場発散によるプレートへの熱負荷特性を評価した。詳細はポスターにて発表する。

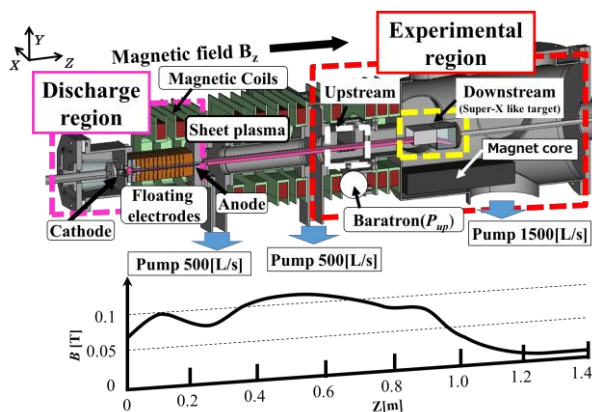


図 1-a. TPD-Sheet IV 概念図

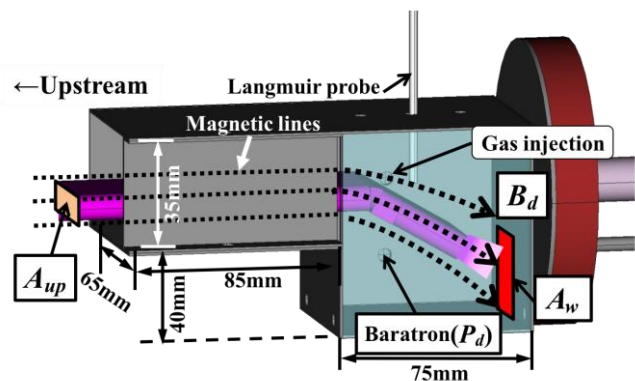


図 1-b. Super-X ダイバータ模擬ターゲット概念図

- [1] K. Tobita *et al.*: Nucl.Fusion49,075029(2009).
- [2] K. Hoshino *et al.*: Contrib. Plasma Phys. 52, No. 5-6, 550 – 554 (2012).
- [3] P. M. Valanju *et al.*: Fusion Engineering and Design 85 (2010) 46–52.
- [4] E. Havlíčková *et al.*: Plasma Phys. Control. Fusion 57 (2015) 115001 (13pp).

新規母体結晶  $\text{LaAlO}_3$  の作製とそのアップコンバージョン発光特性

\*荒井 伸亮（東海大学工学部原子力工学科）、田村 紗也佳（東海大学理学部化学科）、  
東海林 千尋（東海大学理学部化学科）、笹原 新平（東海大学理学部化学科）、  
田中 將基（東海大学理学部化学科）、粕谷 航平（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】太陽光発電は、太陽光に含まれる光のうち、主に可視光領域の波長の光を利用して発電する。太陽光に含まれる紫外光の割合は数%程度と少なく、残りのエネルギーは可視光と赤外光とがおおよそ半分ずつである。したがって、赤外光は発電に利用されず、太陽光の半分程度のエネルギーしか発電に利用していない。そこで、その捨ててしまっている赤外光を可視光に波長変換するアップコンバージョン蛍光体の作製が行われている。アップコンバージョン蛍光体は赤外線（800-2500nm）を可視光に波長変換する蛍光体だが、今現在このアップコンバージョンの利用は限定的なもので、時間分解蛍光顕微鏡（蛍光アップコンバージョン顕微鏡）が挙げられる。そこで本研究では、新規母体結晶として  $\text{LaAlO}_3$  の作製し、そのアップコンバージョン発光特性を調査した。

【方法】 $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Er}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Yb}(\text{NO}_3)_3$  の硝酸溶液を試験管で合成を行った。この時試験管にクエン酸水溶液を加えて、 $120^\circ\text{C}$  で加熱濃縮を行い  $450^\circ\text{C}$  でか焼して前駆体を作ったのち、陶器乳鉢・乳棒を用いて前駆体を粉砕して、るつぼに移して  $1200^\circ\text{C}$  で焼成を行った。発光特性を見るために  $980\text{nm}1300\text{mW}$  の赤外レーザーによる発光測定、結晶構造を調べるため管電圧  $40\text{kV}$ ・電流  $40\text{mA}$  で  $\text{CuK}\alpha$  線を用いた XRD（X線回折装置）で観測し、SEM（電子顕微鏡）で表面観察を行うとともに、元素マッピングも行った。

【結果】作製した試料の発光特性を Table. 1 に示す、強く発光したところを赤いマーカーで色付けし、反対に発光が弱いところは暗い紫のマーカーで色付けを行い、簡略的に色から発光強度の分布を見えるようにした。この Table. 1 より Er 1%、Yb 10% の割合でドーピングした試料の発光特性が一番強く発光しているのが分かった。次に XRD で Er、Yb のドーピング量に対する、回折ピークの変化を Fig. 1 に示す。Fig. 1 より、母体である  $\text{LaAlO}_3$  に対し、ドーピングした試料のピークが母体よりも右側にピークシフトしているのが観察でき、La に比べてイオン半径の小さい Er と Yb がドーピングされていることが確認できた。

		Er			
		0.5	1	2	5
Yb	0	[Dark Purple]			
	1	[Blue]			
	2	[Blue]	[Yellow]	[Cyan]	[Dark Purple]
	5	[Green]	[Light Green]	[Light Green]	[Dark Purple]
	10	[Cyan]	[Red]	[Dark Purple]	[Dark Purple]
	10	[Cyan]	[Red]	[Dark Purple]	[Dark Purple]

Table.1 発光特性

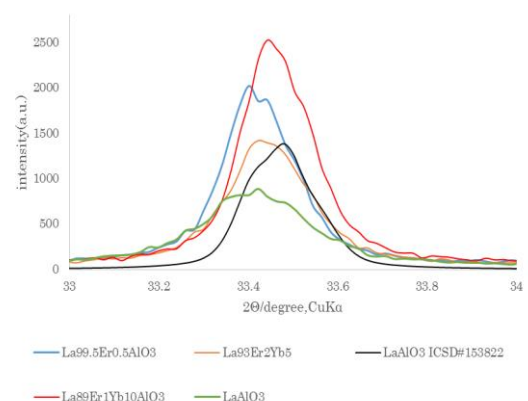


Fig.1 XRD 測定結果

## 錯体重合法による Y-Al 系酸化物アップコンバージョン蛍光体の単相合成

\* 小野寺裕紀（東海大学工学部原子力工学科）、笹原新平（東海大学大学院理学研究科化学専攻）、田中将基（東海大学大学院理学研究科化学専攻）、東海林千尋（東海大学大学院理学研究科化学専攻）、田村紗也佳（東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻） \*\* 冨田恒之（東海大学理学部化学科）

【Introduction】一般的に利用される蛍光灯や白色 LED は、紫外光(エネルギーの強い光)による励起によって発光するダウンコンバージョン蛍光体と呼ばれるものであるが、近年 近赤外光(エネルギーの弱い光)によって多段階励起を起こして発光するアップコンバージョン蛍光体がバイオイメージングなどで注目されている。Yb と Er が高効率なアップコンバージョン蛍光体になることが知られており、これらと同じ価数でイオン半径の近い Y を含む化合物においてアップコンバージョン蛍光体の合成を試みた。しかし、Y-Al 系酸化物である  $YAlO_3$  は混合相になってしまうことが知られている。<sup>1)</sup>よって、今回はポリエステルに金属を均一にすることで単相を作りやすくすることが考えられる錯体重合法を用いて単相合成を試みた。

【Experimental】 $Y(NO_3)_3$  aq. に  $Al(NO_3)_3$  aq. とクエン酸とプロピレングリコールを加え、 $120^\circ\text{C}$  で加熱しその後  $500^\circ\text{C}$  で加熱した。乳鉢ですりつぶして  $1000^\circ\text{C}$ 、 $1100^\circ\text{C}$ 、 $1150^\circ\text{C}$  と焼成温度を変えて、4 時間加熱した。全金属量は Al+Y の合計 2mmol である。Er と Yb のドーピングを行う場合は Y+Er+Yb の金属量の和が全金属量の 1/2 となるようにドーピングした。なお評価方法は、XRD による組成の評価とアップコンバージョン蛍光測定による発光強度の評価を行った。

【Results & Discussion】Y と Al を 1:1 で合成し化学量論比では  $YAlO_3$  になると考えられるサンプルを sampleA とし、Y:Al を 3:5 で合成し化学量論比では  $Y_3Al_5O_{12}$  になると考えられるサンプルを sampleB とし、Y:Al を 4:2 で合成し化学量論比では  $Y_4Al_2O_9$  になると考えられるサンプルを sampleC とした。Fig. 1 に各サンプルの XRD による測定結果を示した。SampleA に関して  $1000\sim 1150^\circ\text{C}$  の範囲で焼成温度を変化させても結果は変わらず  $Y_3Al_5O_{12}$  と  $Y_4Al_2O_9$  の混合相になっていることがわかる。錯体重合法を用いても単相合成することができなかった。混合相として現れる  $Y_3Al_5O_{12}$  と  $Y_4Al_2O_9$  は単相合成できるのか確認したところ、sampleB は  $Y_3Al_5O_{12}$  の単相に、sampleC は  $Y_4Al_2O_9$  の単相になっていることが確認された。Fig. 2 に各サンプルのアップコンバージョン蛍光測定による測定結果を示した。SampleB も sampleC もどちらも  $667\text{nm}$  付近と  $560\text{nm}$  付近にピークが現れており発光が確認できる。また、両サンプルを比較した場合、sampleC のほうが強い発光であることが確認できる。

以上より、 $YAlO_3$  は錯体重合法を用いても単相合成することができず、発光の確認はできなかった。 $Y_3Al_5O_{12}$  と  $Y_4Al_2O_9$  は単相合成に成功し、両者ともアップコンバージョン発光が確認できた。また、発光強度がより大きかった  $Y_4Al_2O_9$  に関して Er と Yb のドーピング量の最適化を行った結果をポスターにて発表する。

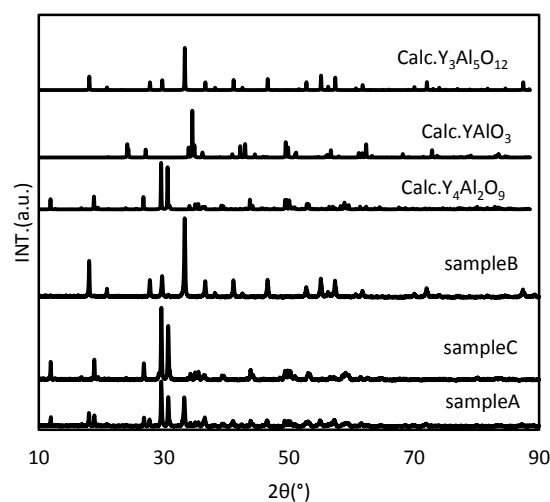


Fig.1 XRD patterns of the prepared samples

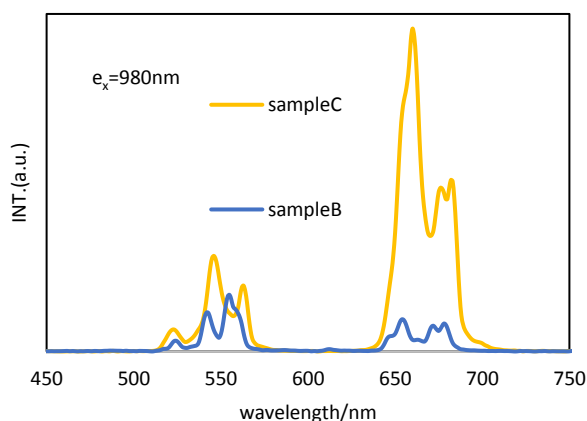


Fig.2 Upconversion emission spectra of sample B and sampleC

<sup>1)</sup> 原田雅章, BUNSEKI KAGAKU, **64**(12), 875-880 (2015)

## 構造色材料に向けたセラミックス球状微粒子の合成とその周期配列

\*東海林 千尋（東海大学大学院理学研究科化学専攻）、\*\*畠田 恒之（東海大学理学部化学科）、  
小林 亮・加藤 英樹・垣花 真人（東北大学多元物質科学研究所）

【Introduction】 蛍光体や光触媒などのセラミックス材料には発光特性や触媒活性といった、その材料が有する特性の向上を目的とした粒子形態の制御技術が求められている。特にセラミックス合成の手法の中でも水溶液プロセスは、形態が制御された粒子の合成に優れるなどの利点を有する。既往の研究では均一沈殿法を用いることで、粒度分布幅が狭く、均一粒径を有するセラミックス球状微粒子の合成が報告されている<sup>1)</sup>。粒度分布幅が狭く、均一粒径のセラミックス球状微粒子を基板上で周期的に配列させることによって、構造色の発現が期待できる。構造色とは色素を用いず、微細構造により光の回折・干渉・散乱が生じることで発色する。構造色はその構造を保つ限り半永久的に発色を保つことから色褪せが生じず、色素を使用しないため化学的な毒性が低く低環境負荷、といった利点を有する。近年では構造色を発現させるための微細構造を人工的に作製することで、フィルム<sup>2)</sup>や塗料<sup>3)</sup>などの構造色材料の開発が進められている。本研究では、構造色材料に向けて均一沈殿法によってセラミックス球状微粒子の合成を行った。また、基板上へ成膜を行い、構造色発現の調査および粒径制御による構造色の制御を行った。

【Experimental】 蒸留水に  $Gd(NO_3)_3$ 、尿素を加え、 $Gd^{3+}$ 濃度を 0.020 ~ 0.050M となるように調整した。試料の合成条件を Table 1 に示す。この水溶液をマグネチックスターラーで攪拌しながら 100°C の湯浴中で 2 時間加熱した。加熱終了後、溶液を冷却したのち、沈殿物を遠心分離で回収し、SEM による粒子の形状と大きさの観察、DLS 法による粒度分布の評価を行った。試料は水を用いて分散液とした。基板上における構造色発現の調査のため、水平に置いたスライドガラスを分散液中へ浸漬し、60°C で乾燥させ、浸漬法による粒子の成膜を行った。基板は SEM による周期配列の調査と透過スペクトル測定を行った。基板上の構造色スペクトルは瞬間マルチ測光システム（大塚電子 MCPD-7700:311C）を用いて評価した。

【Results & Discussion】 Fig. 1 に粒子の SEM 像を示す。Sample A では平均 260 nm、B では平均 320 nm (Fig. 1(i))、C では平均 380 nm、D では平均 280 nm (Fig. 1(ii))、の球状粒子を確認し、合成条件を変化させることによって粒径制御に成功した。Sample A, B, C において濃度を増加させると粒径が増大することを SEM および DLS より確認した。Fig. 2 は Sample B または D の分散液を用いて成膜した基板のデジタルカメラ写真を示す。基板上では撮影角（試料に垂直 = 0°）が約 13°（Sample B）、約 11°（D）で青色の構造色が確認された。瞬間マルチ測光システムより、Fig. 2 で確認されたのと同じ撮影角における構造色スペクトルを Fig. 3 に示す。ピークトップは共に約 450nm 付近に位置し、青色領域に近い波長であることが確認できる。Fig. 4 は基板表面の SEM 像を示す。球状粒子が周期配列している箇所が確認された。分散液の DLS 法を用いた粒度分布測定より、粒度分布幅が十分に小さいことが確認でき、最密充填構造として整列しやすい粒度分布幅であることから、構造色の発現が生じやすい状態となっていると考えられる。また、基板表面（成膜面）における透過スペクトルは短波長側にかけて低下し、長波長側にかけて上昇していることが確認された。これは短波長側の光が基板表面でより強く反射され、構造色として見えやすいことが示されている。

<sup>1)</sup> 日本セラミックス協会 第 22 回秋季シンポジウム 成瀬ら

<sup>2)</sup> Kyungjae Chung, et al, *Adv. Mater.*, **24**, 2375–2379 (2012)

<sup>3)</sup> 貴田克明, 日本接着学会誌, **46**(5), 198–202 (2010)

Table 1 Synthesis conditions of samples.

Sample	$Gd^{3+}$ (M)	$Gd^{3+}$ (mmol)	urea (mmol)
A	0.020	4	3
B	0.024	4	3
C	0.050	4	3
D	0.050	8	6

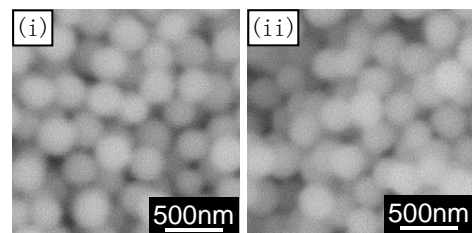


Fig. 1 SEM images of different  $Gd^{3+}$  concentration. : (i) Sample B, (ii) D.

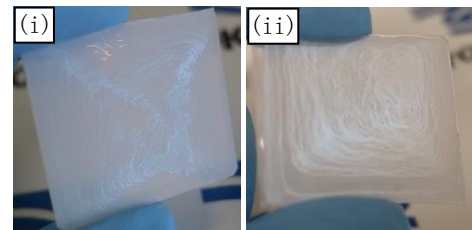


Fig. 2 Structural color of different  $Gd^{3+}$  concentration on the substrates. : (i) Sample B, (ii) D.

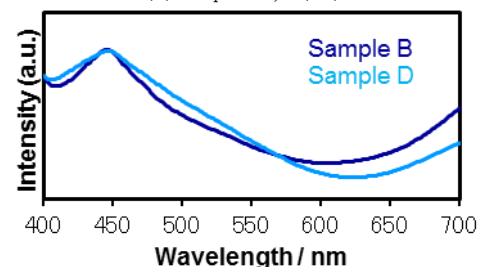


Fig. 3 Structural color spectrum of different  $Gd^{3+}$  concentration on the substrates.

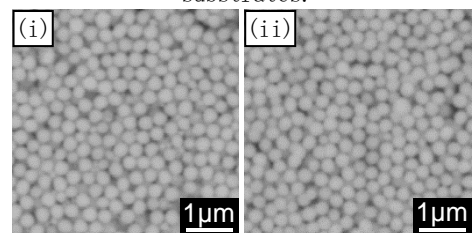


Fig. 4 SEM images of different  $Gd^{3+}$  concentration on the substrates. : (i) Sample B, (ii) D.



## 核融合ダイバータのタングステンに対する重水素吸蔵機構に関する研究

\*鷲平拓也（東海大学理学部物理学科），石黒未佳（東海大学理学部物理学科）

山口健吾（東海大学工学部原子力工学科），石川文貴（東海大学大学院理学研究科物理学科）

利根川昭（東海大学理学部物理学科），内田ヘルムート貴大（東海大学理学部物理学科）

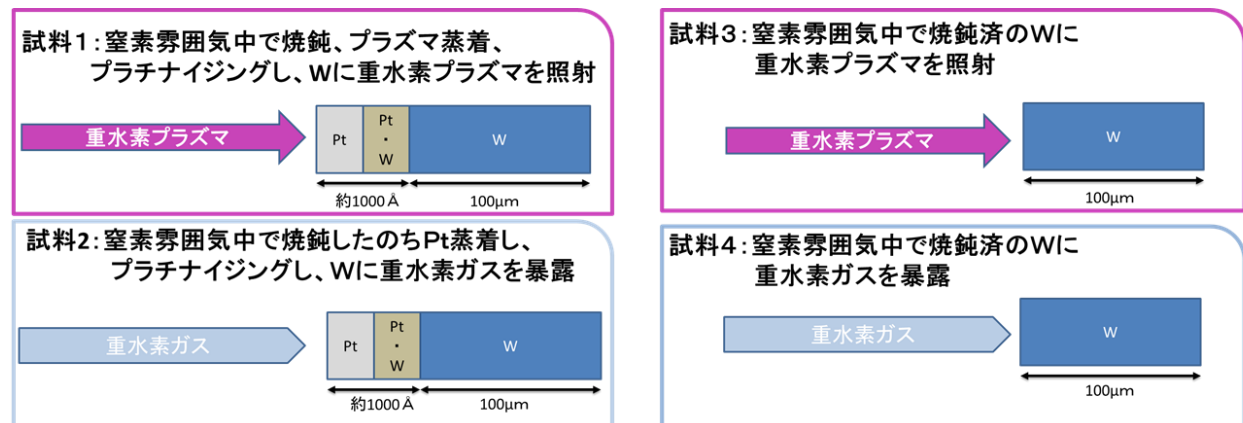
\*\*松村義人（東海大学工学部原子力工学科）

緒言

現在建設中の核融合炉は、核融合反応を終えると反応を阻害するヘリウム灰や不純物を排気するための機構であるダイバータが搭載されている。ダイバータは高熱流のプラズマに曝されるため、高融点の W(タングステン)が使用される。本研究では、侵入した燃料粒子によるタングステンへの亀裂・破損の防止、および非混和系である W-D 系における燃料粒子 D の吸収機構の解明を研究課題とした。

実験方法

本研究では、まず W 板を窒素雰囲気下 1573K で 4 時間昇温し、5 時間保温、24 時間かけて徐冷を行った。次に焼鈍処理後、スパッタリング装置を用いて W 板の表面に Pt 担持を行った。約 100nm 程度の薄膜が担持できたことを確認した後、その W 板を電子ビーム装置により約 1173K 以上に加熱、Pt 原子を W 板に浸透拡散させる“プラチナイジング”を行った。以上により作製した試料は TPD-SheetIV を用いて試料 1 と試料 3 には重水素プラズマ照射および試料 2 と試料 4 には TPD-SheetIV におけるエンドチェンバー付近で重水素ガス分子中での暴露を行った。これらの各試料を昇温脱離装置 (TDS) で約  $6.0 \times 10^{-5}$  Pa 以上で真空度において室温の状態から約 1153K まで昇温し、脱離する重水素ガス圧を四重極型質量分析計で測定することで重水素吸蔵量を計測した。

実験結果

昇温脱離装置 (TDS) を用いて各試料の重水素吸蔵量を測定した結果、重水素暴露を行った試料 2 と試料 4 では、Pt 担持した試料 2 が試料表面で重水素分子を解離することにより重水素の吸蔵が促進されたことが確認できたが、重水素プラズマ照射の試料 1 と試料 3 では Pt 担持を行った試料 1 の重水素吸蔵量の減少したことが確認できた。

## ホットプレス法で作製された Ge レンズの曲率と転位密度の関係

\*渡部ゆうき、斉藤沙季(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、\*\*小栗和也(教養学部人間環境学科)

### 【はじめに】

現在使用されている赤外線センサー用レンズの多くは Si や Ge をインゴットから削り出して作製されている。この様な方法でレンズを作製する場合、インゴットからスクラップを生じるだけでなく製品価格も上昇する。ところで近年ウェハーを高温に熱した状態で型押しするホットプレスによるレンズの加工方法が報告された[1]。この加工方法ではレンズ加工にスクラップを生じないため、安価にレンズをできる可能性がある。しかし、この加工方法は結晶を大きく歪ませるため、均一な曲面を得ることが難しい。そのためホットプレスによるレンズ加工を実用化するための第一歩としてレンズの結晶構造の局所的を解析が必要となる。一般的な結晶の解析方法はX線回折である。しかし一方、エッチピットを利用した簡便な結晶解析の方法として光像法がある。光像とは適切に腐食した結晶の表面に細い平行光を照射し、反射した光をスクリーンに投影した時に得られる光の反射像である。この時得た光像は、結晶方位に特有のエッチピットの形状を反映している。そこで、本研究ではホットプレスにより作製した Ge レンズを光像法を用いて解析することを目的とした。

### 【実験方法】

図1は光像法装置の構成である。今回作製した光像法装置ではレーザー光をピンホールを通して一定の直径にし、試料表面を適切に腐食し、エッチピットを形成した試料に照射し、得られた反射光をスクリーンにうつし光像を得る。2つのピンホールを通して光の径を調整している。さらに、レーザー光を湾曲になっているレンズに対して垂直に当てる必要があるため試料の固定には、試料の方位を調整することができる XY $\alpha$   $\theta$  軸ステージを使用した。まずエッチピットを生成する必要がある[2-4]。腐食液は30%の過酸化水素水を使用する[2]。

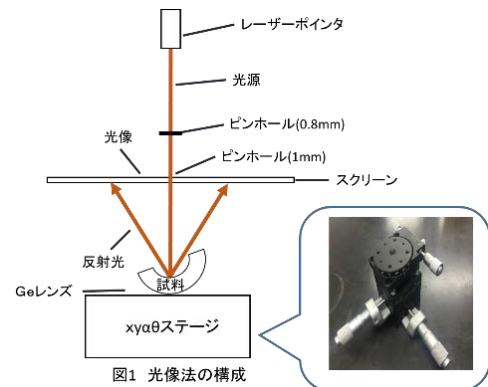


図1 光像法の構成

### 【実験結果】

図2は30%の過酸化水素水でエッチングしたレンズの表面部分である。正方形のエッチピット(100)が観察できた[2]。今回48時間のエッチングでエッチピットが観察できたが、更にエッチングの時間を増やしレンズの曲率と転位密度の関係の調査を行った。なお、レンズの曲率と転位密度の関係の詳細については発表当日に報告を行う。

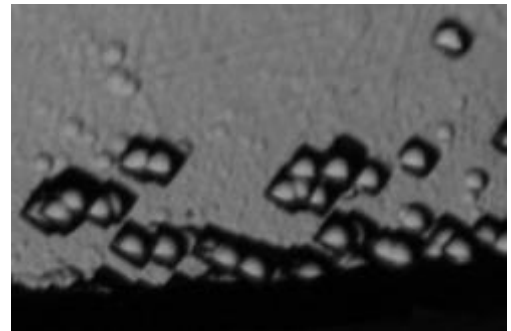


図2 エッチピット(100)

### 【参考文献】

- [1] K, Nakajima, K, Fujiwara, W, Pan, H, Okuda, Nature Materials, 4(2005)、P47-50
- [2]長崎誠三編、金属物理実験室、アグネ、(1956)、P 37
- [3]八木寛、岡崎武志、富山大学工学部記要、22 (1971)、P9-15
- [4]P, R, Canp, J, Electrochem, 102、(1955)、P586-593
- [5]L, DAEWERITZ, J, Cryst, Growth, 58、(1982)、P347-353

## 人工血管に用いられるフッ素樹脂と電子線照射表面活性化した PE 積層複合材料の接着剥離強度の研究

※八木 新太（東海大学工学研究科金属材料専攻）

内田貴大（東海大学理学部物理学科）、神田昌枝（中部大学超伝導・持続可能エネルギー研究センター）

井上徳之（中部大学超伝導・持続可能エネルギー研究センター）

※※神保 至（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）

### 【緒言】

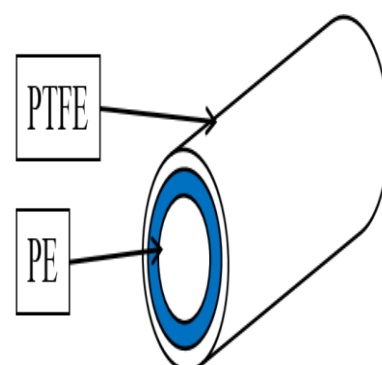
現在、高分子材料は工業分野や人工臓器などに代表される医療用途拡大に伴い幅広い分野で利用されている。この用途拡大に伴い、高分子・金属材料間や異種高分子材料間の接着技術は大変重要である。一般の接着には、接着剤や熱溶着により接着している。しかし、分解しやすい接着剤は人体への悪影響の可能性は否定できず、熱溶着においては材料劣化の可能性がある。さらに、相性の合う異種材料の探査も困難である。最近、100 kV 級加速電圧の均質電子線照射(HLEBI)処理を施し、異種材料を積層接着することを見出した。これらの研究により酸素が接着に寄与している場合も少なくない。これらを踏まえ、さらに強固な化学結合が期待できる酸素原子の介在により接着強度の増大が期待出来るため、本研究では優れた耐摩耗性に加え、高強度、高破壊靱性を示すため、人口血管に使用されるフッ素樹脂 (PTFE) と、優れた耐摩耗性、高強度に加え、優れた透明度を持つため人工肺に使われているポリエチレン (PE) の HLEBI 処理時の酸素濃度を変更することによる接着強度向上を目的とした。

### 【実験方法】

試料は 50  $\mu\text{m}$  のフッ素樹脂フィルム (中興化成工業 (株)、スカイプトテープ MSF-100) と 80  $\mu\text{m}$  の PE フィルム (High-star PF 100, Star plastic Industry Inc., Japan) を用い、PE のみに HLEBI 処理を施した。その際、使用した電子線照射装置は (株) 岩崎電気社製 (アイ・エレクトロンビーム社保持) を用いた。電子線は真空中で棒状フィラメントから 170 kV 加速電圧で発生し、その後 Ti 薄板を通過、窒素雰囲気中で酸素濃度を制御して試料を処理した。1 回の処理時間は 0.23 秒で僅かな試料温度上昇しか測定されておらず温度の影響は少ない。その後、PTFE フィルムと PE フィルムを積層させた状態でホットプレス機を用いて、433 K で 3 min、5 MPa の条件で加圧熱処理した。さらに、接着剥離強度を確認するため、微小荷重引張試験機を用いて T 型剥離試験を行った。接着剥離強度の変化は微小荷重引張試験機により剥離強度 N/m を測定した。また剥離強度の定義は JIS K 6900 で、T 型剥離試験 JIS K 6854-3 に準拠して実施した。

### 【結果】

フッ素樹脂フィルムと PE フィルムを積層ホットプレスして準備した試料では接着が確認されなかった。一方、PE フィルムのみに微小線量の HLEBI 処理を行った後、積層させた状態でホットプレス処理を行うと強い接着現象を見出した。さらに酸素濃度 20000 ppm では、再現性が向上することを見出している。



**車両構造用 CFRP/18-8 の接着強度向上方法**

\* 峯岸 明子(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)

内田貴大(東海大学理学部物理学科)、神田昌枝(中部大学超伝導・持続可能エネルギー研究センター)

井上徳之(中部大学超伝導・持続可能エネルギー研究センター)

\*\*神保 至(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)

**【緒言】**

炭素繊維強化高分子(CFRP)は比重が小さく、高比強度であるため航空機を始めとする輸送機の構造材料として利用されている。オーステナイト系ステンレス鋼(18-8)は高耐食性や耐熱性から、電車の構造材料から包丁と幅広く使用されている。しかし、CFRPは価格が高価である。そこで、CFRPを表面材とし、18-8を芯材としたサンドイッチ構造の積層体を作製することが出来れば、大幅なコスト削減が実現できるのではないかと考える。実際、輸送機の構造材料としてCFRP/18-8/CFRPサンドイッチ構造体を利用する場合にはある程度の接着強度が必要になり、接着力の向上が必要になる。過去の研究において、高分子・金属材料間に100 keV級加速電圧の均質電子線照射(HLEBI)を施し、それらを積層接着することを見出した。本研究では、HLEBI処理による接着力向上に影響すると考えられる酸素の濃度を処理雰囲気中で変化させて試料を作製し、更なる接着強度の向上を目指した。

**【実験方法】**本研究の試料は本研究の試料はCFRPプリプレグ(GH Craft Ltd Co., Ltd, 3K平織り 333 g/m<sup>2</sup> 目付け(繊維 200 g 樹脂 133g))と18-8((株)ニラコ, 品番 753173)を用いた。試料作製では、CFRP(0.25 mm)と18-8(0.01 mm)を別々に電子線照射処理した。その際、使用した電子線照射装置は(株)岩崎電気社製(アイ・エレクトロンビーム社保持)を用いた。電子線は真空中で棒状フィラメントから170 kV加速電圧で発生し、窒素雰囲気中で試料を処理した。この時、流入する窒素ガス量を制御することで処理雰囲気中の酸素濃度を変化させた。この試料表面では126 keVまで減衰する。1回の処理時間は0.23秒で僅かな試料温度上昇しか測定されておらず温度の影響は少ない。なお、電子線照射侵入深さは135 μm(CFRP)と27 μm(18-8)と推定される。電子線照射を行った面を重ね合わせた後、真空状態でホットプレス機を用いて2 h、401±0.5 Kの条件を中心にオートクレーブ成型を行った。その後、接着強度を確認するため、微小荷重引張試験機を用いて90度剥離試験を行った。剥離強度の定義はJIS K 6900であり、90度剥離試験 JIS K 6854-1 に準拠して実施した。

**【結果】**CFRP/18-8積層体をオートクレーブ成型した試料ではある程度の接着強度が見られる。また、0.2mol%の酸素を含む窒素ガス雰囲気中で処理した試料において最大の接着強度を示し、さらに雰囲気中の酸素濃度を増加させると接着強度が低下することを見出した。このことから、0.2mol%の酸素を含む窒素ガス雰囲気でのHLEBI処理が最適条件であると考えられる。

## カラーカメラで撮影した顔画像からのストレス評価に関する研究

\*渡邊汐(東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻)、\*\*影山芳之(東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻)

### 1. はじめに

本研究では非接触でのストレス評価を目指し、顔色を用いたストレス評価方法について検討を行ってきた。これまで、カラーセンサを用いた計測システムを構築し、心理的負荷時に顔色の変化が生じることを確認した。しかし、構築した計測システムは被験者に直接センサを接触させるものであった。そこで、カラーカメラによる顔色計測システムを新たに構築し、ストレスの評価が可能であるかを検討したので報告する。

### 2. 実験方法

健常な 20 代の被験者を対象に、ブラインドを下ろした蛍光灯下で心理的負荷課題開始前 5 分間、課題 10 分間、課題終了後 5 分間の計 20 分間の顔色測定を行った。被験者には、心理的負荷課題として 1000 から 13 を連続的に減算(1000-13、987-13・・・)させる計算課題を与え、口頭にて 1 問を 7 秒以内で解答させた。なお、減算する数字、解答残り時間、解答数、正解数を提示するためのディスプレイモニタを被験者の正面に設置した。不正解時や時間切れの場合には、アラームを 2 回連続で鳴らした。顔色情報取得のための顔写真は、顔認識が可能な位置に設置した Raspberry Pi のカメラモジュール(約 500 万画素)にて 2 分 30 秒毎に撮影し、その後 Open CV を用いて解析領域の決定・色解析を行った。解析領域は、Open CV による顔認識結果を示す矩形を 16 分割したうちの中心部にいちばん近い頬部分に当たる右下の矩形とした。解析領域内の全ピクセルの RGB(赤、緑、青)、HSV(色相、彩度、明度)の値を求め、平均化を行った。また、実際のストレス状態との関連性の検討を行うため、心電図・血流量・皮膚表面温度の測定、多面的感情尺度を用いた感情状態評価も行った。

### 3. 結果及び考察

実験結果の代表例として、同一被験者の色相解析結果を図 1 に、心電図から求めた心拍間隔を図 2 に示す。負荷課題中は心拍間隔が短縮されており、心拍数が増加していたことがわかる。このことから課題中はストレスを感じており、交感神経が優位であったと考えられる。色相は、7.5 分から 10 分で高い値を示した。この色相の範囲では、値が大きいほど緑成分が強く、色の赤みが弱くなっている。交感神経の活性により皮膚血流は減少する。したがって、特に心拍間隔が減少していた負荷前半で、赤みが弱くなるという変化が生じたのではないかと考えられる。

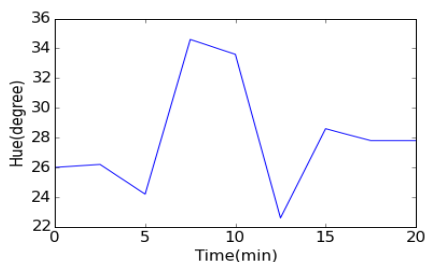


図 1. 色相解析結果

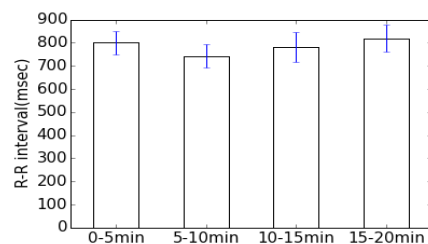


図 2. 心拍間隔

### 4. まとめ

カラーカメラを用いた顔色測定により、ストレス負荷による顔色の変化を確認することができたと思われる。今後、カメラの最適な撮影条件や設定等について検討していくことで、より正確な測定が可能になると考えられる。

## バイオ蛍光法によるエタノールガスの可視化計測（探嗅カメラ）に関する研究

\* 早川 悠暉、ナセデン ムニラ、飯谷 健太、佐藤 敏征（東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科）、  
 當麻 浩司、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】

呼吸や皮膚ガスなどの生体ガス中には、代謝や疾患との相関が指摘される揮発性の成分が含まれており、生体ガスを非侵襲的に計測することで、簡便な代謝機能評価や疾患スクリーニングが期待される。さらに対象ガス成分を可視化することにより、ガス濃度の時空間情報が明らかとなり、放出動態や部位の特定が可能になると考えられる。本研究ではエタノールガスを対象成分とし、酵素反応により生成する補酵素の自家蛍光を励起光源及び高感度 CCD カメラを用いて可視化することで、エタノールガスの時間的・空間的な変化を動画像として捉える「バイオ蛍光式探嗅カメラ」の構築を行った。

### 【実験方法】

バイオ蛍光式探嗅カメラは、アルコール脱水素酵素(ADH) を固定化した酵素メッシュにおいて、エタノールガス負荷時に生成される還元型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(NADH) の自家蛍光(ex. 340 nm, fl. 490 nm) を検出し、エタノールガスを蛍光可視化する。本システムでは、光学同軸上に ADH 固定化メッシュを挟んで高感度 CCD と励起光源(UV-LED シート) を配置した(図 1a)。UV-LED 側と CCD 側にそれぞれバンドパスフィルター( $\lambda = 340 \pm 42.5$  nm,  $\lambda = 490 \pm 10$  nm) を配置し、不要な光を除去した。ADH 固定化メッシュの作製では、メッシュ状担体に ADH をグルタルアルデヒド(GA) にて架橋することで固定化した(図 1b)。可視化実験では、補酵素である NAD<sup>+</sup> (5 mM) を含む緩衝液にて湿潤させた ADH 固定化メッシュを暗箱内に設置し、標準エタノールガスを負荷した。ガス負荷により ADH の酵素反応にて生成された NADH を UV-LED シートにて励起し、NADH の自家蛍光を高感度 CCD にて可視化測定した。

### 【結果および考察】

標準エタノールガスを ADH 固定化メッシュに負荷したところ、負荷点を中心とするガス濃度に応じた蛍光分布が観察された。蛍光強度はエタノールガス負荷に伴い速やかに増加し、その後安定化した。画像解析にて蛍光強度を算出したところ、飲酒時の呼吸中濃度(78 ppm)を含む、0.5–150 ppm の範囲でエタノールガスの定量が可能であった。また、呼吸に含まれる代表的な成分(メタノール、2-プロパノール、アセトアルデヒド、アセトン、メチルメルカプタン)を呼吸中に相当するガス濃度にて、本システムに負荷したところ、いずれも蛍光は観察されず、酵素の基質特異性に基づく選択性が確認された。

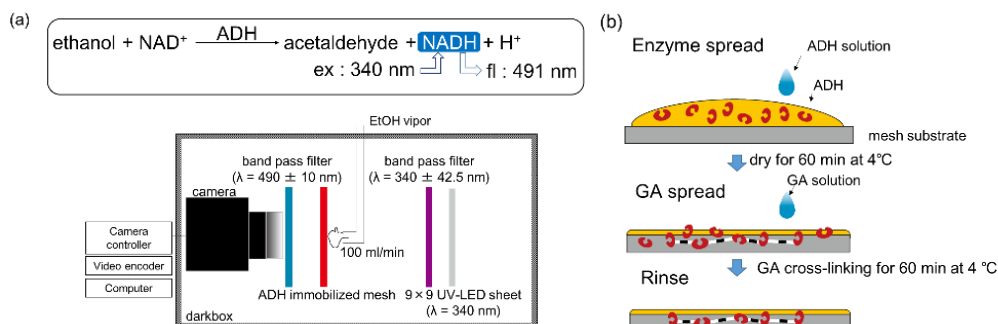


図 1. (a) ADH によるエタノール蛍光計測原理（上）とエタノールガス用の蛍光可視化系の概略図（下）、(b) ADH 固定化メッシュの作製手順

## 口腔内温度のスマートフォン連続計測のための BLE 無線通信式マウスガード型センサ

\*戸本 佳佑、張 志偉、仁田 大揮（東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科）、春日 柚香（東京医科歯科大学歯学部）、菅麻 浩司、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】

体温は通常、脳内の視索前野及び視床下部の体温調節中枢により制御されているが、発熱は病気や疾患に伴う症状の一つで、感染などによる免疫系の活性化に基づくことから、簡便かつ迅速な体温計測は疾病の初期診断に広く用いられる。近年では、「皮膚温が平熱（36℃）を下回る低体温症」や「体温計測によるうつ病診断」などにも適用されている。一般に体温計測として、直腸温、口腔温、腋下温などが用いられ、深部体温である直腸温は外気の影響を受けないが被験者への不快感が高く、腋下では発汗や外気の影響を受けやすい。一方、口腔温はそれらに比べ外気の影響や不快感が少なく、連続的な計測も期待される。本研究では、口腔内温度の無拘束・連続計測を目的とし、Bluetooth Low Energy (BLE)無線通信式のマウスガード(mouthguard, MG)型センサ、及び計測データの受信・蓄積のためのスマートフォン用アプリケーション(application, APP)の開発を行い、生体計測へと適用した。

### 【実験方法】

MG 型センサシステムは「小型サーミスタ」、「計測回路」、「BLE 無線送信機」を MG に内包し作製した(図 1)。MG 材料には歯科用材料である polyethylene terephthalate glycol (PETG)を採用し、被験者の歯列印象から作製した石膏模型を基に吸引成型機を用いて MG の成形を行い、一体化した BLE サーミスタ計測器を熱溶着にて内包することで MG 型センサとした。無線計測では、測定した電流値（口腔温）を BLE 無線通信にて Android 端末へと送信し、端末 APP にて「MG 型センサとの通信」、「サーミスタ電流値から口腔温への変換」、「グラフ表示」を行うこととし、データロガー機能も実装した。実験では、MG 型センサの基礎特性を *in vitro* にて確認した後、MG 型センサを被験者の口腔内に装着し、①各温度(12℃, 50℃)の飲料水を摂取時、②歩行時(時速 5.0 km, 15 分間)の口腔内温度の変化を無線計測（測定周波数：1 Hz）した（本学・倫理委員会承認）。また③無拘束計測として、日常活動（昼食後、デスクワーク）での口腔温モニタリングに適用した。

### 【結果及び考察】

MG 型センサの基礎特性を評価した結果、室温から 50℃まで変化させた時の応答速度は 6.2 秒（90%応答）で、30-50℃の範囲でサーミスタの「温度 - 抵抗変換式」に基づく定量が可能であった。サーミスタを MG に内包したことによる熱損失は十分に無視できる結果が得られた。次に MG 型センサを装着し、①12℃および 50℃の飲料水の摂取したところ、約 3 秒後に口腔温が各々約 20℃と 43℃に変化し、摂取後 10 分程度で初期温度に回復する様子が観察された。②歩行時の計測では、歩行開始 10 分後から口腔温が上昇し始め、歩行停止 3 分後に最大上昇値(+0.6℃)に達した後、緩やかに初期温度に回復した。また③日常活動中の計測では、MG 型センサの良好な装着性が確認され、会話や移動等においても、開発した APP を用いることで、安定した口腔温の無拘束計測が可能であった。以上、MG 型センサシステムによる日常生活での口腔温の連続計測の可能性が示唆された。

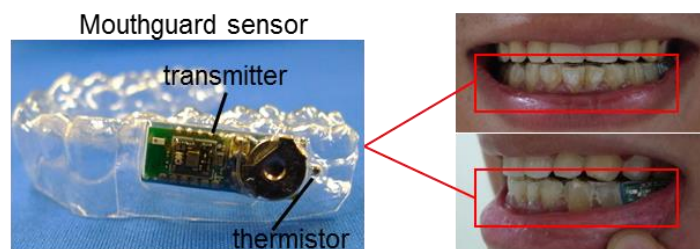


図 1. BLE 無線通信式 MG 型センサ（左）と口腔内への装着写真（右）

## 気液隔膜セルを用いたバイオ燃料電池に関する研究

\* 瀬島 史也、謝 睿(東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科)、

藁麻 浩司、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】

酵素電池は、生体触媒である酵素を利用し、糖など生体成分の酸化還元反応から電気エネルギーを発生させるバイオ燃料電池の一つで、近年、健康科学や日常医療における「ウェアラブル端末」や「体内埋め込み型機器」のエネルギー源として注目されている。すでに血液成分にて駆動するバイオ燃料電池が開発され、ペースメーカーの動作が報告されているが、燃料電池により発電した電力をチャージポンプにより蓄電する必要があるなど、電池の出力や安全・安定性に課題がある。本研究では、血糖成分であるグルコースをエネルギー源とする酵素電池の作製・最適化を行うと共に、気液隔膜セルを用いた新規なデバイスについても検討を行った。

### 【実験方法】

本研究では、3種類の酵素を用いてグルコースの酸化にて電気エネルギーを発生する酵素電池を作製した。アノードとカソードの両電極にはディスク型炭素電極を選択し、酸化型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(NAD<sup>+</sup>)依存性の「グルコース脱水素酵素(GDH)」と還元型 NADH を酸化する「ジアホラーゼ(Dp)」をアノード側に、酸素の還元反応を触媒するマルチ銅タンパク質の「ピリルビンオキシダーゼ(BOD)」をカソード側に、それぞれ静電相互作用にて固定化し、酵素電極とした。また出力向上のために、両電極に電子メディエーターを用いた。実験ではまず、溶液 pH および酵素・電子メディエーターの固定化量を最適化した後、サイクリックボルタンメトリー(CV)法による酸化還元電流を測定し、電極特性を評価した。作製した酵素電池(従来型)における発電特性の評価では、酵素電極をグルコース溶液(5 mM)に浸漬し、可変抵抗器にて両電極間の抵抗値を変化させながら出力電圧を測定し、電極単位面積当たりの電流密度と電力密度の算出を行った。なお、カソード電極への酸素導入効率を高めることを目的に、大気中からの効率的な酸素供給が可能な「気液隔膜セル」を構築し、本セルを用いた「酵素電池の高出力化」も行った。

### 【結果及び考察】

酵素固定化の最適化を実施し、得られた酵素電極の特性を CV 法にて調べたところ、電子メディエーターの利用により酸化還元電流が向上し、電流ピーク値が掃引速度に依存する様子が観察された。次に両酵素電極を用いて酵素電池(従来型)を作製し、発電特性を評価した結果、血糖レベルの 5 mM グルコース溶液にて最大電流密度 200  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 、最大電力密度 45.0  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  の出力が得られた。さらに気液隔膜セルを用いた新規の酵素電池について発電特性を調べたところ、従来型と比べて最大電流密度と最大電力密度において各々 1.5 倍(296  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )および 1.6 倍(70.7  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )の向上を達成し、気液隔膜セルの有効性を確認した(図 1)。今後は、更なる出力向上を図り、可搬性医療機器等に利用可能なバイオ燃料電池の開発を進める。

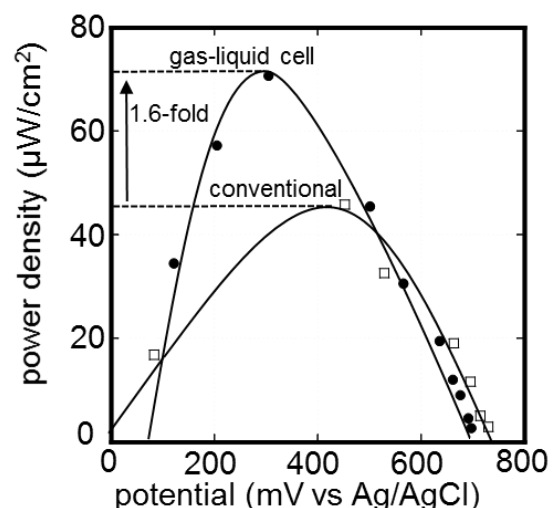


図 1. 気液隔膜セル型(●)と従来型バイオ燃料電池(□)の出力性能の比較



## 呼吸アセトンガス計測のための生化学式ガスセンサ(バイオスニファ)に関する研究

\*辻井 誠人、鈴木 卓磨、簡 伯任 (東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科)、

叶 明、當麻 浩司、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】

呼吸や皮膚ガスなどには疾病や代謝に由来する多様な揮発性化学成分が含まれており、これら成分を非侵襲的に計測することで、代謝機能評価や疾病スクリーニングが可能になるものと期待される。例えば、呼吸中のアセトンは空腹状態および有酸素運動などによる脂肪代謝に伴い、濃度が増加することが報告されており、その濃度を計測することにより、簡便かつ非侵襲的な脂質代謝の状態評価が可能と考えられる。本研究では、脂質代謝の連続的な評価を目的に、アセトンの特異的に触媒可能な二級アルコール脱水素酵素 (secondary alcohol dehydrogenase: S-ADH) を用いて、アセトンガスを蛍光検出する「光ファイバ型の生化学式ガスセンサ(バイオスニファ)」を構築し、呼吸ガス計測へと適用した。

### 【実験方法】

アセトンガス用バイオスニファは「酵素膜を装着した光ファイバ型プローブ」、「紫外線発光ダイオードからなる励起光源 ( $\lambda = 335 \text{ nm}$ )」、「光電子増倍管」から構成され、S-ADH の逆反応であるアセトンの還元反応にて消費される補酵素 (還元型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド, NADH) の自家蛍光 (ex: 340 nm, fl: 491 nm) を検出することで、アセトンガスを測定した。実験では、まず種々の濃度の標準アセトンガスをセンサ感応部に負荷し、センサの基礎特性を評価した後、安静時の呼吸を採取しアセトンガス計測に適用した (本学・倫理委員会承認)。最後に、被験者にエルゴメーターにて有酸素運動 (50 W, 60 分間) の負荷を与え、脂肪代謝に伴う呼吸中アセトンのガス濃度を本センサにて計測し、濃度変化を調べた。

### 【結果および考察】

作製したバイオスニファに標準アセトンガスを負荷したところ、濃度に応じた蛍光出力の減少が観察され、健常者 (200–900 ppb) の呼吸濃度を含む、20–5300 ppb の濃度範囲でアセトンガスの定量が可能であった ( $R=0.999$ )。次に、安静時の呼吸を計測した結果、標準ガスと同様に蛍光出力が減少し (図 1 縦軸: 変化量)、呼吸中アセトンガス濃度の定量 (445 ppb) が可能であった。最後に有酸素運動時の呼吸を採取し、ガス計測を行ったところ、運動開始 30 分後にアセトンガス濃度が上昇し、運動終了後の安静時にはその濃度が徐々に減少していく様子が観察された。このガス濃度の上昇は、有酸素運動での脂肪代謝に基づくものと考察された。今後、呼吸中アセトンガスの連続測定により、脂質代謝の詳細な動態評価が可能になるものと期待される。

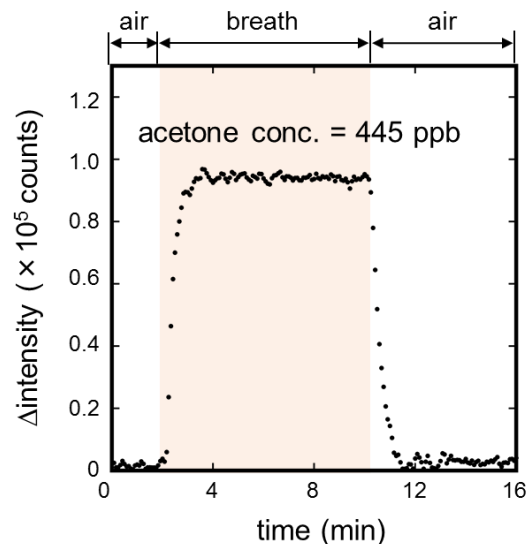


図 1. 安静時の呼吸サンプルに対する S-ADH バイオスニファの出力応答 (呼吸アセトンの算出濃度: 445 ppb)

## マグネシウム合金のタンパク存在下での分解性評価法の検討

★武田貴誠 ★望月明（東海大学工学部医用生体工学科）

### 【緒言】

血液と接触する医療機器に冠動脈ステントがある。現在使用されている冠動脈ステントの材料はコバルトクロム合金が主流である。一方、生分解性材料からなるステントの開発が期待され、この材料の中で近年マグネシウム合金が注目されている。この実用化にあたっては、マグネシウム合金の体内における分解挙動や、生体適合性の検証が必要不可欠である。これらの背景をもとに本研究では、*in vitro*での分解性評価法の作製と、ヒト由来の白血球細胞 HL60 に対する適合性について検討したので報告する。

### 【実験方法】

#### (1) タンパク存在下での AZ31 の分解性評価

##### ①分解特性評価用液

- ・動物細胞培養用基本培地単独（以後、DMEM）
  - ・DMEM+牛胎児血清（以後、FBS）（10%）
  - ・DMEM+アルブミン（以後 Alb）（5 mg/ml）
  - ・生理的食塩水（以後、生食）
  - ・生食+10%FBS
  - ・生食+ Alb（5 mg/ml）
- dryCO<sub>2</sub>インキュベータ、傾斜回転（9rpm）、37°C下、全て評価液は 15ml。

#### (2) HL60 に対する適合性評価

- ①材料：マグネシウム合金 AZ31 と、コントロールとして SUS316：（8mm×16mm×1mm）
- ②FBS 処理後、合金板を 24 時間 37°Cにて FBS 中に浸漬
- ③HL60 適合性評価：FBS 処理あり/なしの合金板を HL60 細胞と接触させ、産生する H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>に基づく発光量を測定。

### 【結果・考察】

マグネシウム合金は wet 環境で分解するが、この時、環境の影響を強く受けることが知られている。即ち、生食やリン酸緩衝液中では早く分解するのに対し、血中やタンパク質が添加された細胞培養液中では比較的穏やかに分解することが知られている。そこで細胞培養液と生理的食塩水を用い、ここにウシ胎児血清または血中の主タンパクであるアルブミンを添加した系での分解特性を調べた。

AZ31 の分解性挙動を図 1 に示す。生食系の方を見るといずれも経時的にマグネシウム濃度は上昇し、216 時間後には 52mg~137mg/dL 迄になっている。一方、DMEM 系を見ると 216 時間後には 4.2mg~9.5mg/dL であり、分解が緩やかであることが分かる。尚、タンパク質の影響については当日報告する。

次に HL60 についての結果を図 2 に示す。未処理の AZ31（-FBS）では発光強度が 2 万を超える一方、対照の cells のみの方では 1000 以下であることが分かる。従って、AZ31 により HL60 細胞が著しく活性化されたことが分かる。尚、FBS 処理した AZ31（+FBS）も発光強度は 1000 以下であり、HL60 はほとんど刺激を受けていないことが分かる。以上より、FBS 処理が AZ31 の適合性改善に有効であることが分かった。尚、この理由については当日、議論する。

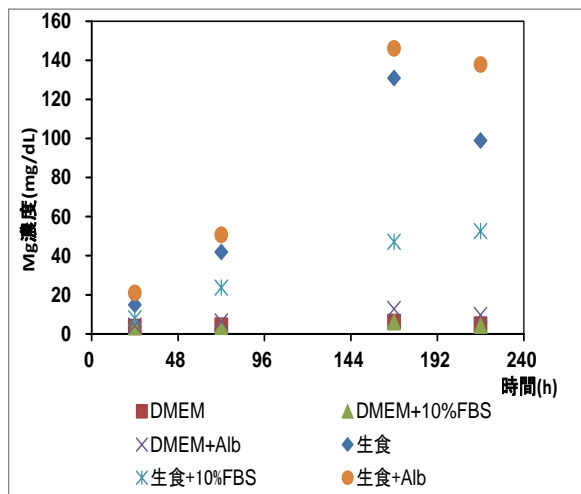


図 1 DMEM、生食における AZ31 の分解特性(n=1)

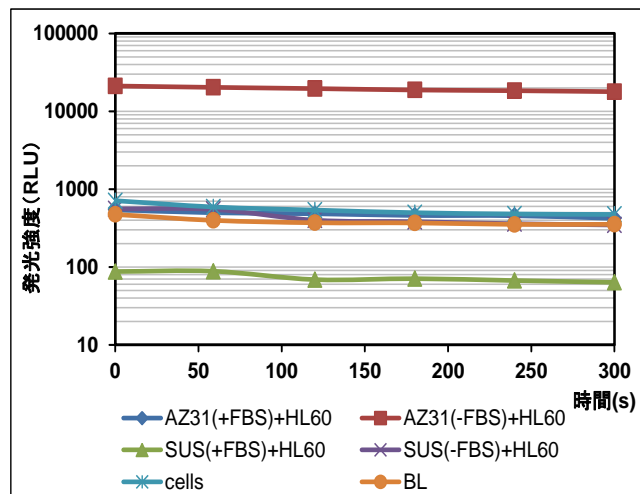


図 2 HL60 細胞の適合性評価(n=3,average)

## ポリアクリル酸メチル系共重合体の生体適合性について

\*鈴木淳也、八幡千枝 \*\*望月明(東海大学工学部医用生体工学科)

### 【緒言】

当研究室によって Poly(methyl acrylate){PMA}は血小板適合性に優れることが明らかにされている。今回、このPMAをベースに、MAに acrylic acid(AA)を共重合したポリマーについて、血液適合性及び組織細胞適合性について検討したので報告する。

### 【材料及び実験】

- 1.共重合体の合成：Methyl acrylate(以下 MA)と Acrylic Acid(以下 AA)とを、AIBN を開始剤としてラジカル重合を行うことで各種組成の共重合体(Fig.1 に示す)を得た。

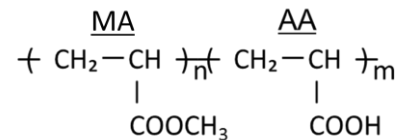


Fig.1 P(MA-AA)の構造

- 2.AA unit 量の測定：共重合体中の AA 組成を 0.01N の NaOH にて中和滴定する事で求めた。

- 3.血液(凝固因子)適合性試験：各共重合体と接触させた血漿を用い、凝固因子において内因系及び外因系の両活性化経路が合流する共通経路にある FXa 酵素に対応する合成基質を用いて測定した。

### 【結果及び考察】

今回合成した共重合体の Characterization 結果を Table-1 に示す。AA unit の含量は 0~23.5mol%である。

これらの共重合体は、アニオン性の-COO<sup>-</sup>基を有していることから、血液凝固系における内因系を活性化し、血液凝固を促進する可能性がある。そこで、上記の作成した組成のうち、AA=0, 5.4, 10.1, 16.7, 23.5mol%の共重合体を用い、凝固系に対する適合性評価を行った。これを Fig.2 に示す。

AA の組成を変化させても血漿の FXa 様活性は上昇していないことが分かる。コントロールのガラスは活性が Pre 値に比べて 20 倍以上上昇している。このことから、今回の共重合体においては、内因系、外因系いずれの経路も活性化していないと考えられる。

当日は、血小板適合性、組織細胞適合性についても報告する。

Table-1 Characterization

AA組成	GPC(相対分子量)		
	Mn	Mw	Mw/Mn
0mol%	66900	223300	3.34
1.1mol%	35000	494100	14.01
2.3mol%	48600	306600	6.30
3.2mol%	66600	351000	5.27
5.4mol%	56500	453800	8.03
10.1mol%	65500	293800	4.49
16.7mol%	26100	818200	3.14
23.5mol%	9300	41000	4.42

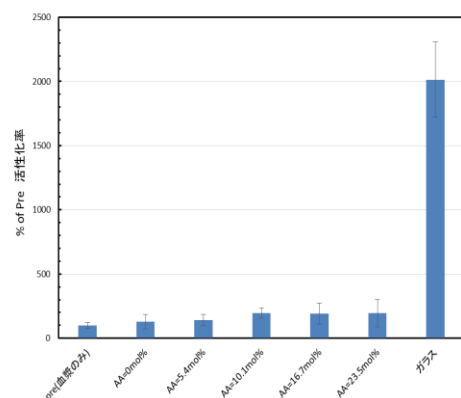


Fig.2 凝固因子活性化試験 (n=5)

## メチルエステル基及びメチルケトン基の血液適合性への影響

\*大木千陽、\*\*望月明(東海大学工学部医用生体工学科)

## 【目的】

これまで医用材料の血液適合性について多くの報告があるが、血液適合性の理由は十分解明されていない。これまで我々は適合性発現に材料中の水の構造が関与すると仮定し、その水の構造を作るポリマー中の側鎖官能基の構造と運動性の観点から種々研究を進めている。今回、ポリマー側鎖としてメチルエステル基及びメチルケトン基をもつポリマーを用いてそれぞれの生体適合性と水の構造について検討したので報告する。

## 【実験】

1. 試料: Fig.1 に示す主鎖が同じで、側鎖が異なるポリマー (メチルエステル基を持つものと、メチルケトン基を持つもの) を 3 組計 6 種類用意した。
2. 接触角: 接触角計を用いて各ポリマー表面に対する水の接触角を測定した。
3. 水の構造解析: 飽和含水率 (EWC [wt%]) を (1) 式で求め、飽和含水試料について  $-80^{\circ}\text{C}$  からの上昇過程での氷の融解熱量を測定し、これから凍結水量 [wt%] を求めた。また、(2) 式より不凍水量を算出した。

$$\text{EWC [wt\%]} = (\text{試料中の水分量} / \text{湿潤試料重量}) \times 100 \quad \dots (1)$$

$$\text{不凍水量 [wt\%]} = \text{EWC} - \text{凍結水量} \quad \dots (2)$$

4. 血小板適合性: 血小板浮遊血漿 ( $2 \times 10^5 \text{ cells}/\mu\text{l}$ ) を  $37^{\circ}\text{C}$  にて 2 時間試料と接触後、SEM 像から求まる血小板数を適合性の指標とした。

## 【結果と考察】

各ポリマーの接触角測定結果を Fig. 2 に示す。メチルケトン基グループは、メチルエステル基グループに比べて接触角が小さく、親水性が高い傾向が見られた。さらに、同じ主鎖構造をもつ①PMA と④PBO の組は他の主鎖構造の組に比べて親水性であり、主鎖構造が表面特性に影響を及ぼしていることが分かった。また、血小板適合性では Fig. 3 に示すように、メチルケトン基グループはメチルエステル基グループと同等以上の結果を示しており、適合性発現には必ずしもエステル基が重要ではないと考えられる。

当日は、更に血小板適合性と水の構造に対するメチルエステル基/メチルケトン基の効果の違いについても報告する。

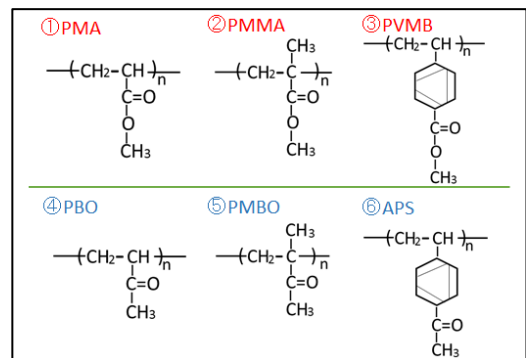


Fig.1 ポリマーの構造

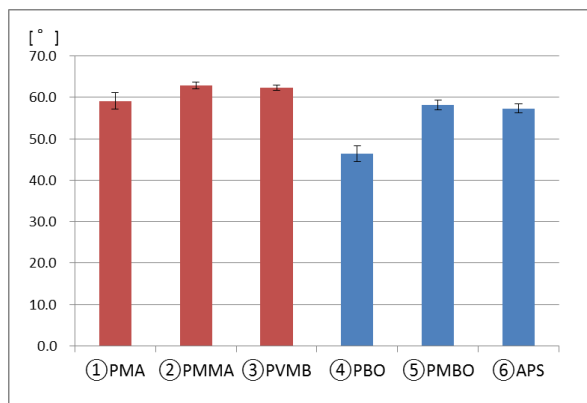


Fig.2 Contact angle (n=5, error bar=SD)

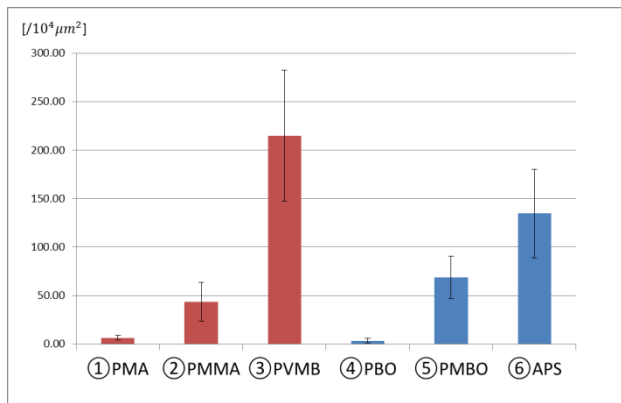


Fig.3 Adherent platelets on polymer surface (n=4, error bar=SE)

## メトキシエトキシ化ポリマーの血小板適合性に関する研究

\*石井 道隆 \*\*望月明(東海大学工学部医用生体工学科)

## 【緒言】

現在、医療分野では血液適合性の良いポリマーが用いられているが、血液適合性発現の理由は未だ十分に解明されていない。これまでの研究から、優れた血液適合性を有する Poly(2-methoxyethyl acrylate) は、側鎖に非常に運動性が高い置換基であり、水と比較的弱い水素結合を形成するエーテル酸素を有しているメトキシ基をもっている。今回、メトキシ基の置換率を変化させたポリマーを用い、メトキシエーテル基は血液適合性とどのように関係しているか検討したので報告する。

## 【材料及び実験】

1. 試料: Poly(chloromethyl styrene) {以下 PCMS} とナトリウム 2-メトキシエトキシド ( $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{ONa}$ ) を反応させ合成した Poly(4-(2-methoxyethoxy)methyl styrene) {以下 PMEMS} の構造を Fig.1 に示す。また、各試料は NMR、GPC にて同定した (Table-1)。

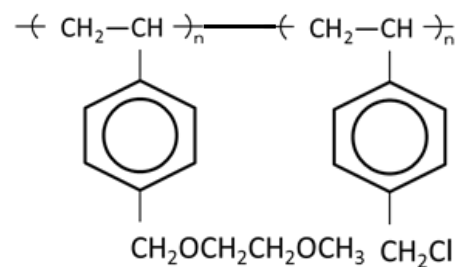


Fig.1 PMEMS の構造

2. 血小板粘着試験: 血小板浮遊血漿 ( $2 \times 10^5$  cell/ $\mu\text{L}$ ) を  $37^\circ\text{C}$  で 2 時間試料と接触後、SEM 像から求まる血小板数を適合性の指標とした。
3. ELISA: ヒト血漿を試料と接触させ、表面に吸着したフィブリノーゲンの内、活性化にともない露出する  $\gamma$  鎖を特異的に認識する抗体を利用し、発色させることで、吸光度からフィブリノーゲンの活性化度を求めた。

## 【結果及び考察】

実験に用いた試料の Characterization 結果を Table-1 に示す。

Table-1 において、20.1%、31.3%、45.2%は 0%(PCMS)①を用い合成し、68.2%、77.5%、85.9%、94.4%は 0%(PCMS)②を用い合成した。

さらに、血小板粘着試験の結果を Fig.2 に示す。Fig.2 より、置換率が高くなると血小板適合性は良くなることわかる。また、45.2%から 68.2%の間で急激に血小板数が減っていることから、閾値が存在すると思われる。

加えて、ELISA の結果を Fig.3 に示す。Fig.3 より、置換率が高くなるとフィブリノーゲンが活性化しなくなることがわかる。したがって、置換率が高くなると血小板凝集に関与する表面に吸着したフィブリノーゲンの活性化は低レベルであり、粘着血小板数が減ると考えられる。

Table-1 Characterization

置換率 (メトキシエトキシ導入率)	GPC(相対分子量)		
	Mn	Mw	Mw/Mn
0%(PCMS)①	16600	35300	2.12
20.1%	19300	40800	2.12
31.3%	16700	36200	2.17
45.2%	19500	48600	2.49
0%(PCMS)②	17400	32000	1.84
68.2%	19400	53500	2.76
77.5%	18800	41700	2.21
85.9%	25400	61400	2.41
94.4%	22800	54800	2.41

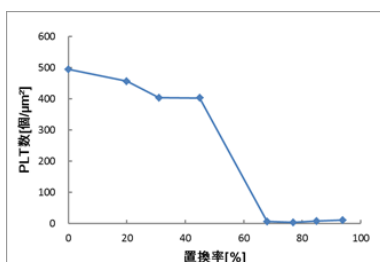


Fig.2 血小板粘着数 (n=3)

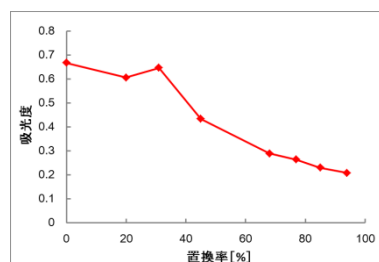


Fig.3 吸着フィブリノーゲンの活性化度合 (n=3)

当日は、他データの結果も併せて報告する。

## ポリメタクリル酸メチルの末端メトキシ基の血液適合性に対する影響について

\*小野大 渡部貴史 塚本秀雄 \*\*望月明 (東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻)

## [緒言]

近年の医療分野では、ポリマーが欠かせない存在となっている。血液や組織は異物を認識すると生体防御系を活性化させるため、医用材料には生体適合性が求められる。

我々はこれまで、血液適合性に優れた医療機器に対して実際に使用されている poly(2-methoxyethyl acrylate): PMEAA について、熱分析に基づくポリマー中の水の構造の観点から研究を進め、-40°C付近で低温結晶化する特異な水(中間水: ポリマーとの相互作用が弱く、適度な分子運動性を有する)が血液適合性発現に関わると考えるに至った<sup>1)</sup>。

中間水は、PMEA の側鎖末端にある分子運動性の高いメトキシ基(エーテル基)と相互作用することで形成されることが知られている<sup>2),3)</sup>。そこで本研究では、末端構造をメトキシ基に限定し、そのエーテル酸素周囲の環境が異なる PMMA を合成し、運動性及び血液適合性について詳細に検討した。

## [実験]

## a)ポリマー合成

メトキシ基を有する化学構造の異なる開始剤と methyl methacrylate(MMA)を用い、原子移動ラジカル重合法にて  $M_n \approx 5000$  の poly(methyl methacrylate)(PMMA)を合成した(Table.1)。

## b)評価法

## 1)PMMA の表面特性評価

各 PMMA をコートした poly(ethylene terephthalate):(PET)シート上へ超純水 10 $\mu$ L を滴下し、表面接触角を測定した。

## 2)血小板に対する PMMA の刺激性評価

各 PMMA をコートした PET シートに血小板を接触させた後、走査型電子顕微鏡にて粘着血小板数を定量した。

## 3)開始剤末端エーテル基の運動性評価

400MHzNMR を用い、開始剤のメトキシ基  $^{13}\text{C}-\text{T}_1$  緩和時間を求め、これを PMMA 末端の運動性の指標とした。

4)開始剤中の  $\text{D}_2\text{O}$  の運動性評価

$^2\text{H}$ -NMR にて開始剤中の  $\text{D}_2\text{O}$  の  $\text{T}_1$  緩和時間を求め、水の運動性及び分子間相互作用のレベルについての評価を行った。

## [結果・考察]

## 1)PMMA の表面特性評価

直鎖アルキレン型メトキシ末端をもつ PMMA については、鎖長の増大に伴い接触角は増加傾向にあり、末端が表面に出ている可能性を示唆された。結果について当日、詳細に報告する。

## 2)血小板に対する PMMA の刺激性評価

血小板粘着数はいずれの PMMA でも市販 PMMA より低い値を示し、さらに末端構造の違いにより、血小板粘着数に違いがあることが示唆された。結果について当日、詳細に報告する。

## 3)開始剤末端エーテル基の運動性評価

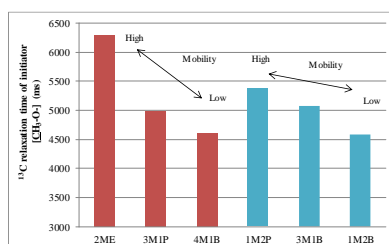
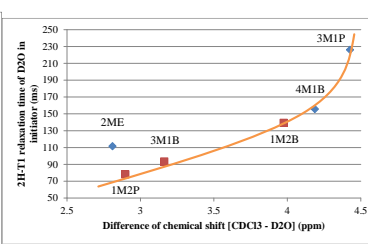
直鎖構造では、鎖長が伸びるにつれ、運動性が低下していることが分かった。分岐構造では隣接する分岐鎖が大きい程運動性が低くなることが分かった(Fig.1)。また、血小板における刺激性評価の結果からメトキシ炭素の運動性が高いほど、血小板粘着数は少なく、このことからポリマー末端の運動性が血小板適合性に影響することが示唆された。

4)開始剤中の  $\text{D}_2\text{O}$  の運動性評価

各開始剤において異なる  $^2\text{H}-\text{T}_1$  緩和時間を示した。また、NMR において化学シフトの高磁場側シフトは、水分子間の水素結合消失と相関することが知られている。このことからメトキシアルキレンエステル構造の違いによって大きく異なることが分かった(Fig.2)。

Table.1 Characterization of PMMAs

Polymer	$M_n^1)$	$M_n^2)$	$M_w/M_n^2)$
2-Methoxyethyl PMMA (2ME)	5130	4840	1.08
3-Methoxy-1-propyl PMMA (3M1P)	5200	6320	1.06
4-Methoxy-1-butyl PMMA (4M1B)	5280	6540	1.07
1-Methoxy-2-propyl PMMA (1M2P)	4800	5550	1.07
3-Methoxy-1-butyl PMMA (3M1B)	6890	6260	1.17
1-Methoxy-2-butyl PMMA (1M2B)	7050	6320	1.07

<sup>1)</sup>  $^1\text{H}$  NMR, <sup>2)</sup> GPCFig.1  $^{13}\text{C}-\text{T}_1$  relaxation time of initiator  $[\text{CH}_3-\text{O}]$ Fig.2 Relationship between difference of chemical shift  $[\text{CDCl}_3 - \text{D}_2\text{O}]$  and  $^2\text{H}-\text{T}_1$  relaxation time of  $\text{D}_2\text{O}$  in initiator

## [参考文献]

- 1) M. Tanaka, et al, Biomacromolecules 3 (2002) 36.
- 2) Y. Ozaki, et al, Langmuir 23 (2007) 3750.
- 3) Y. Miwa, et al, J. Biomater. Sci. Polym. ed. 21 (2010) 1911.

## ポリエーテル(PE)系ブロック共重合体の PE 運動性と血液適合性について

\*奥田知照 \*\*望月明(東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻)

### 【緒言】

これまで医用材料の血液適合性についての多くの報告があるが、血液適合性の理由はいまだに十分解明されていない。各種カテーテルや人工心臓で実使用されているセグメント化ポリウレタンに代表されるポリエーテル鎖を構成成分に有するポリマー(PE系コポリマー)も血液適合性が良いとされているが、やはり理由は定かでない。これまで我々はこの適合性発現について、ポリ(2-メトキシエチルアクリレート)(PMEA)を使った基礎研究から、PMEA中のメトキシ基(エーテル基)と水分子が作り出す特殊な水の構造がこれに関与すると仮定し種々研究を進めている。そこで、メチルメタクリレート(MMA)(A)とPE鎖を構造の中心に持つ開始剤(B)を用いてAB型ジブロックコポリマーおよびABA型トリブロックコポリマーを合成し、それぞれのPE鎖の血液適合性への影響についてPEセグメントと水の運動性の観点から検討したので報告する。

### 【実験】

1. 試料: PEとして、ポリプロピレングリコール(PPG)をもととした開始剤( $\alpha$ -プロモイソブチル酸エステル)を合成し、メチルメタクリレート(MMA)をPE鎖末端から重合してFig.1に示すブロック共重合体を得た。これらのポリマーは500MHzNMR、およびGPCにより同定した。  
また、比較対象として市販のPMMAホモポリマー(Aldrich社品)(CPMMA)を用いた。

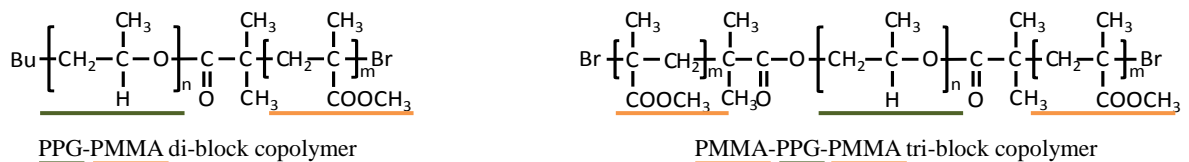


Fig.1 Chemical structure of block copolymer

2. 接触角: 接触角計を用いて、各ポリマー表面に対する水の接触角を測定した。
3. 血小板適合性: 血小板浮遊血漿( $2 \times 10^5$  cell/ $\mu$ l)を37°Cにて2時間試料と接触後、SEM像から求まる粘着血小板数を適合性の指標とした。
4. 分子運動性: NMRを用いて、 $D_2O$ を用いて飽和含水した開始剤(PPG)試料(Neat)におけるエーテル酸素隣接炭素の $T_1$ 緩和時間および $D_2O$ の $T_1$ 緩和時間を30°Cにて測定し、運動性の指標とした。  
また、 $^2H$ スペクトルの結果から $D_2O$ の $T_2$ 緩和時間を(1)式より算出した。

$$T_2 = \frac{1}{(\pi \times \text{NMR peak 半値幅})} \cdots (1)$$

また、重合したポリマーを $CDCl_3$ にて溶解し、エーテル酸素隣接炭素の $T_1$ 緩和時間を測定した。

### 【結果及び考察】

Table.1に、重合したポリマーのキャラクタリゼーション結果を示す。これより、ジブロックコポリマーはPPG鎖長(n)を20と94に変化させた2種類を、トリブロックコポリマーはnが44と同じで、PMMA鎖長(m)を57と29に変化させた2種類の合計4種類のポリマーを合成し、以降の評価に供した。

血小板適合性の結果をFig.2に示す。各コポリマー間における血小板粘着数はCPMMAの $45[10^4/\mu m^2]$ に比べるといずれも粘着数は大幅に減少しており、これはPE鎖によって血小板適合性の顕著な改善が認められたと考えられる。一方、各コポリマー間を比べると、トリブロックコポリマーよりジブロックコポリマーの方が粘着数は少なくなり、適合性に優れる傾向にある。開始剤中の $D_2O$ の $T_2$ 緩和時間をFig.3に示す。これより、各開始剤の水の運動性は、3者で異なることがわかった。

Fig.2とFig.3を比較すると、緩和時間が長い、つまり分子運動性が高いほど適合性に優れる傾向にあることが示唆される。

当日は、接触角を含めた他の実験結果も含めて報告する。

Table.1 Characterization of polymer

	PPG (Initiator)		Block copolymer				
	n <sup>1)</sup>	Mn	Abbrev.	PMMA segment m <sup>2)</sup>	Mn	Mn	GPC (Total MW) Mw/Mn
Di-block	20	1390	①	61	6100	8000	1.11
	94	5680	②	210	21000	9000	1.23
Tri-block	44	2870	③	57	5700	10800	1.17
			④	29	2900	7700	1.17

1) Number of repeating unit in PPG determined by NMR

2) Number of repeating unit in PMMA segment determined by NMR

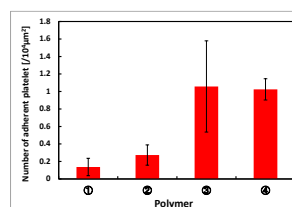


Fig.2 Platelet compatibility of copolymers (mean $\pm$ SE, N=5)  
PMMACM= $45[10^4/\mu m^2]$

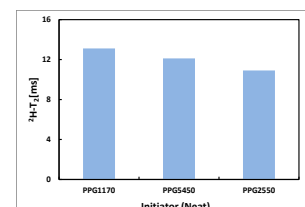


Fig.3  $^2H$ - $T_2$  relaxation time of initiator

## メトキシエチルエステル基を有する重合体の運動性と血液適合性

\*樹下 拓也、\*\*望月 明（東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻）

## 【諸言】

これまで医用材料の血液適合性について多くの発表があるが、血液適合性発現の理由はいまだ十分解明されていない。我々は優れた血液適合性を有する Poly(2-methoxyethyl acrylate) の基礎研究から高分子側鎖に高い運動性と適度に水と相互作用する官能基 (例えば-OCH<sub>3</sub>) を有することが適合性発現に必要と考えている。今回、側鎖にメトキシエチルエステル基又はメチルエステル基を有するポリマーの血小板活性化レベル及びタンパク吸着挙動を NMR から求まる側鎖官能基の運動性の観点から調べたので報告する。

## 【実験】

メトキシエチルエステル基を有するポリマーとして Poly(2-methoxyethyl acrylate) [PMEA]、Poly(2-methoxyethyl methacrylate) [PMEMA]、Poly(4-vinylmethoxyethyl benzoate) [PVMEB]、メチルエステル基を有するポリマーとして Poly(methyl acrylate) [PMA]、Poly(methyl methacrylate) [PMMA]、Poly(4-vinylmethyl benzoate) [PVMB] を合成し、以下の評価を行った。

- 1) ポリマーの同定：合成したポリマーは <sup>1</sup>H-NMR、GPC、DSC にて同定した。
- 2) 血小板適合性：血小板とポリマーを接触させ、活性化血小板レベルをフローサイトメータで測定した。
- 3) タンパク吸着：ウシ血清アルブミン又はヒト血漿フィブリノーゲンを接触させ、吸着量を  $\mu$ -BCA 法で測定した。
- 4) 運動性評価：400MHz の NMR を用いて溶液 (CDCl<sub>3</sub> 中) 及び固体 <sup>13</sup>C の T<sub>1</sub> 緩和時間を測定し指標とした。

## 【結果・考察】

各ポリマーのキャラクタリゼーションの結果を Table. 1 に示した。

GPC・NMR の結果から目的のポリマーが合成できていると判断できた。

PMEMA、PVMEB、PMA の血小板適合性は PMEA とほぼ同レベルに優れることが分かった。それに対し、PMMA と PVMB は適合性が悪いことが分かった。

タンパク吸着評価の結果を Fig. 1 に示す。血小板活性化レベルが高い PMMA と PVMB は活性が低いものと比較してタンパクの吸着がともに多い傾向にある。しかし、PVMEB と PMA に関しては PMEA と比較してタンパクの吸着が多いにもかかわらず血小板の活性化は低いということからタンパクが材料に吸着しただけでは血小板が活性化するとは言えないことが分かった。

<sup>13</sup>C 固体 NMR で測定した各ポリマー側鎖のメトキシ及びカルボニル炭素の T<sub>1</sub> 緩和時間を Fig. 2 に示した。固体 NMR では緩和時間が短いほど運動性が高いことを示す。メトキシ炭素に着目すると、メトキシエチルエステル基系ポリマーの緩和時間は 2s 前後と非常に運動性が高いことが分かった。一方、メチルエステル基系ポリマーでは 7.1~10.8s の間で差が見られ、PMA>PMMA>PVMB の順に運動性が高いことが分かった。このことから適合性にはメトキシ基の運動性の影響が示唆される。当日は溶液 NMR の結果なども含めてより詳細に報告する。

Table.1 Characterization of polymers

Polymer	Molecular Weight <sup>1)</sup>			T <sub>g</sub> <sup>2)</sup> [°C]
	M <sub>n</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>w</sub> /M <sub>n</sub>	
①PMEA	24,800	182,600	7.36	-35.3
②PMEMA	66,700	189,100	2.83	53.8
③PVMEB	16,600	29,200	1.76	58.8
④PMA	66,900	223,300	3.34	12.8
⑤PMMA	21,900	46,100	2.10	113.6
⑥PVMB	14,300	28,800	2.01	134.7

1)GPC, std; PSt 2)DSC

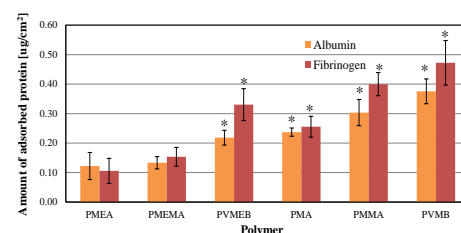
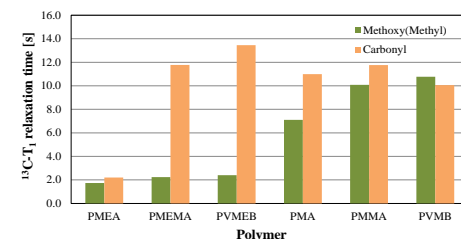


Fig.1 Amount of adsorbed protein on to polymers

mean  $\pm$  SD, n=5  
Significant difference (p<0.05)\*: PMEAFig. 2 <sup>13</sup>C-T<sub>1</sub> relaxation time by solid-state NMR



## ウェアラブルセンサを用いた自律神経機能解析 1—心拍変動性—

\*二郷大生、細田善弘、亀田理沙（東海大学工学部医用生体工学科）、藤巻久子（東海大学情報理工学部コンピュータ応用工学科）、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）

## 1. はじめに

今後の長寿社会においては、高齢者の生体情報モニタリングは重要である。その際、できるだけ対象者を拘束せず、負担の少ない自然な状況での計測が望まれる。近年、小型で使用者が身に付けることができるウェアラブルなデバイスが開発され、普及してきている<sup>(1)</sup>。本研究では被験者が自由に行動できる無拘束下での心拍、呼吸等の計測が可能なる着衣型ウェアラブルセンサを用いて生体情報を計測し、作業やゲーム遂行の影響を検出できるか検討した。

## 2. 方法

対象は健康男性成人10名である。実験条件を以下の4種設定した。(1) 安静、(2) 安静状態で秒針付きの時計をPCディスプレイ上に提示、(3) クレペリン型連続加算作業、(4) iPad上でのテトリス遂行、である。計測には着衣型のウェアラブルセンサー（HEXOSKIN 製）を用いた。このセンサーは心電図、呼吸曲線および体動を同時に記録する事ができ、心電図電極には特にペーストを必要としないのが特徴である。被検者には上記4条件でそれぞれ5分間心電図を計測し、R-R間隔を検出した。得られたR-R間隔のポアンカレプロットを作成し、さらに $X(i)$  vs.  $X(i+j)$ の組み合わせで相関係数を計算し、心拍系列軸上での自己相関関数を計算し（修正自己相関）、心拍ゆらぎの周期性に着目し各条件を比較した。

## 3. 結果と考察

図1に安静時のポアンカレプロットを例示した。図2は条件(1)と(4)の修正自己相関を示した。タイムラグに相当する拍数のずれ $j$ は約20でピークが出現し、これを揺らぎ周期と考え、概ね20秒とすれば0.05Hzと推定される。これは心拍ゆらぎの低周波成分の帯域(LF)に含まれるので、交感神経の活動を示すものと推測される。作業負荷、ゲーム遂行によりこのピークが観察できるのは、交感神経機能の活性化を検出していると考えられる。このようにポアンカレプロットの概念を拡張することで、容易に自律神経系機能評価が可能になると考えられる。また、着衣型センサーは自然な日常的状況での計測への応用が期待される。

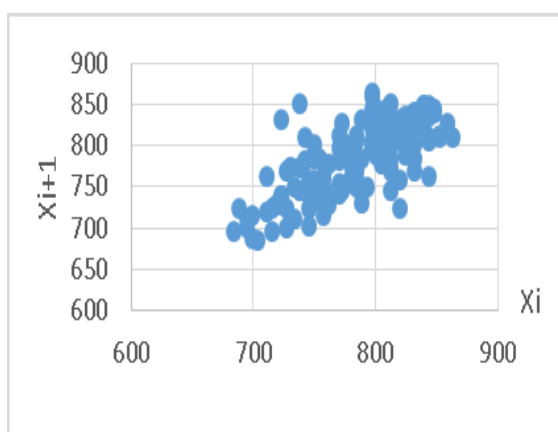


図1.R-R間隔 $X$ のポアンカレプロット（安静時）

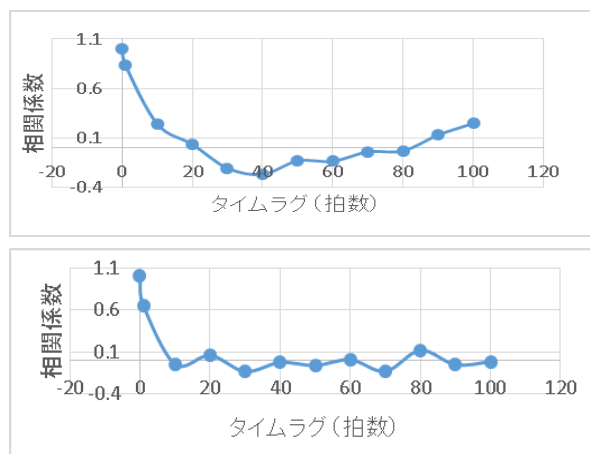


図2.拍数軸上での自己相関関数（上：安静時 下：テトリス遂行時）

## REFERENCES

- (1) 槇他：ウェアラブル生体情報記録システム、医機学 Vol. 80, No. 4, 281-289, 2010

## ウェアラブルセンサを用いた自律神経機能解析 2—呼吸変動—

\*細田善弘、二郷大生、亀田理沙、矢崎幸児（東海大学工学部医用生体工学科）、藤巻久子（東海大学情報理工学部コンピュータ応用工学科）、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）

## 1. はじめに

日本は急速に高齢化し、高齢者の生体情報モニタリングをより簡便に実現できる技術が求められている。その際、できるだけ対象者を拘束せず、負担の少ない自然な状況での計測が望まれる。近年、小型で使用者が身に付けることができるウェアラブルなデバイスが開発され、普及してきている。本研究では被験者が自由に行動できる無拘束下での心拍、呼吸等の計測が可能な着衣型ウェアラブルセンサを用いて生体情報を計測し、作業やゲーム遂行の影響を検出できるか検討した。

## 2. 方法

対象は健常男性成人10名である。実験条件を以下の4種設定した。(1) 安静、(2) 安静状態で秒針付きの時計をPCディスプレイ上に提示、(3) クレペリン型連続加算作業(4) iPad 上でのテトリス遂行、である。計測には着衣型のウェアラブルセンサ (HEXOSKIN 製) を用いた。このセンサは心電図、呼吸曲線および体動を同時に記録する事ができ、胸郭の周囲長変動から呼吸曲線を記録することができる。被験者には上記4条件でそれぞれ5分間呼吸曲線を計測し、1分当りに換算した呼吸数データ系列を得た。

## 3. 結果と考察

図1に安静条件(1)とクレペリン計算作業条件(3)での呼吸数変動曲線を比較した。作業時は呼吸数の変動が顕著に生じた。呼吸は無自覚的・自律的な呼吸と、課題に対する応答的・随意的な呼吸とが混在すると考えられるが、二郷らの本シンポジウムでの心拍系列解析を参照すれば、容易に自律神経による制御の影響を考慮した、自律神経系機能評価が可能になると考えられる。また、着衣型センサは自然な日常的状況での計測への応用が期待される。

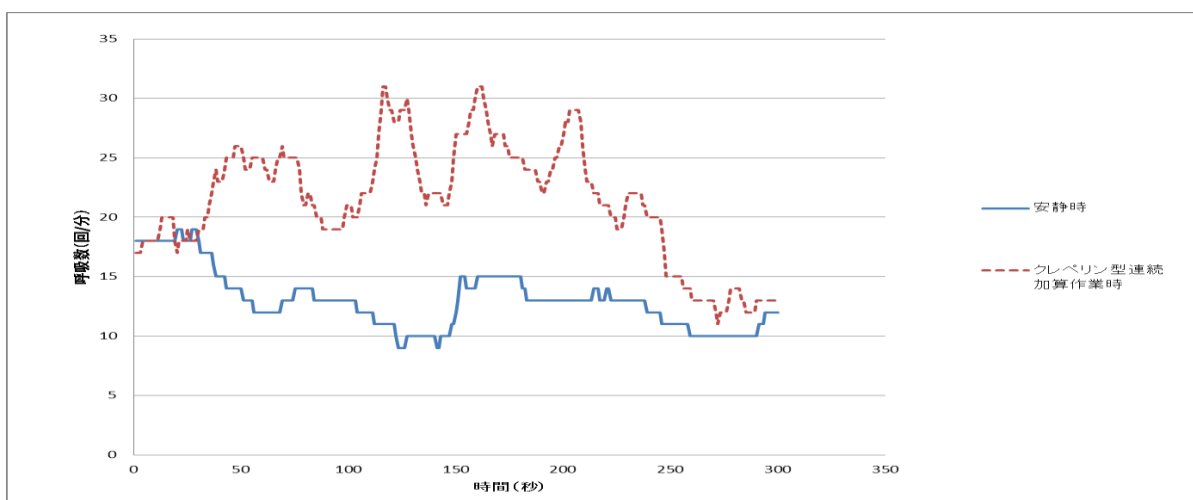


図1 安静時及びクレペリン型連続加算作業時の呼吸変動曲線

## めっき法で製作したビスマス・テルル系薄膜の熱処理による高性能化と拡散防止膜の検討

※原田 知美（東海大学工学部材料科学科）， 佐々木 勇輔（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）

## 【緒言】

近年、化石燃料の利用効率はほぼ限界に達しており、今後さらにそのエネルギー利用効率を上げようとするれば、排熱エネルギーを利用するしかない。たとえ熱エネルギーシステムの効率が低くとも、排熱をフレキシブルに使用可能な電気エネルギーに変換することには大きな意味がある。現実的に応用が可能な技術によって、熱エネルギーを電気エネルギーに高効率に変換する材料（熱電変換材料）の開発が進められている。今回の研究の目的としてめっき法で作製したビスマス・テルル系薄膜に対し、熱処理を行い性能の向上化を目指す。また、熱処理を行う際に拡散を防ぐために基板とめっき膜の間に拡散防止膜を挟みこむことによって更なる性能の向上を検討することを目的とする。

## 【実験方法】

本研究の試料基板として SUS304 を用いた。SUS 基板の端に縦 2.5 cm 横 0.8 cm の範囲でスパッタリング装置を用いて拡散防止膜(Mo、Ni)を 0.15  $\mu\text{m}$  成膜を行った。その上から電解めっき法にて P 型薄膜 Sb-Te を縦 2.5 cm 横 0.6 cm の範囲に成膜した後、300°C1 時間の熱処理を行い、エポキシ樹脂によりガラス板に剥離させた。その後、各薄膜の性能を確認するために抵抗と熱起電力を測定し、パワーファクター (P.F.) の算出を行ったまた、拡散防止膜を使用しない SUS 基板に直接 Sb-Te 薄膜を成膜したものと各値の比較を行った。

## 【結果】

熱処理を行うことにより P.F.の値が向上することを前提に、拡散防止膜を用いない Sb-Te 薄膜と比較し、拡散防止膜に Ni を用いると電気伝導率が向上すること、拡散防止膜 Mo を用いることによりゼーベック係数と P.F. が最も高い値を示すことを見出した。

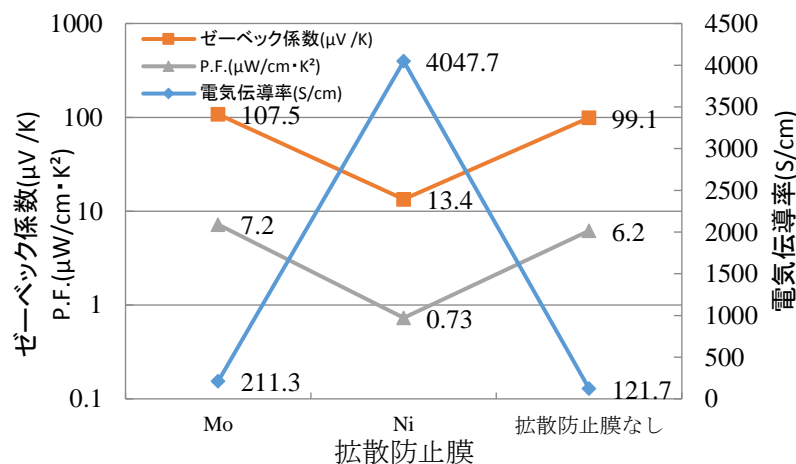


図. 各薄膜の P.F.の比較

## 基板バイアス変化による Ni 薄膜の内部応力制御

\*宮田 隼平(東海大学大学院工学研究応用理学専攻) 塚越 麗仁(東海大学工学部原子力工学科)

坂野 尚太(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻) \*\*松村 義人(東海大学工学部原子力工学科)

### 1. 諸元

スパッタリング法において作製された薄膜は、成膜中に発生する内部応力の変化によって作製される薄膜の薄膜特性が変化することが知られている。そのため、薄膜特性の向上には成膜過程における内部応力の制御が重要となる。近年では、成膜過程における内部応力の制御方法の一つとして薄膜表面へのイオンの入射によるイオン衝撃が期待されており、イオン衝撃は成膜中のスパッタリング電力、スパッタガス圧、基板バイアスなどにより変化する。本研究室ではこれまで、マルチグリッド型静電アナライザー(MGA)と平板型ラングミュアプローブを用いたプラズマ診断により、薄膜に入射するイオンの運動量を求め、薄膜へのイオン衝撃の影響を評価してきた。本研究では基板バイアスを変化させることにより、薄膜に入射するイオンの運動量を変化させ、薄膜の内部応力にどのような影響を与えるかを、イオンの運動量に基づくイオン衝撃パラメータ  $P_i$  を用いて評価を行った。

### 2. 実験方法

薄膜の作製には DC マグネトロンスパッタリング法を用い、1  $\mu\text{m}$  の純 Ni(99.9%)薄膜を単結晶 Si(100)基板上に成膜を行った。スパッタリングガスには分子量の異なる Ar(99.999%)と Xe(99.995%)をそれぞれ用い、基板負バイアスを任意の値で変化させ実験を行った。成膜中の薄膜へのイオン衝撃の影響を求めるためにプラズマ診断を行い、MGA とラングミュアプローブ法を用い、イオンの入射頻度と運動量を測定した。薄膜の応力の測定には光てこ法を用い、Stoney の式より薄膜の内部応力を求めた。

### 3. 実験結果

Fig.1 に Ar と Xe のそれぞれで基板バイアスを変化させた時の内部応力とイオン衝撃パラメータ  $P_i$  のグラフを示す。縦軸の正の値は引張応力、負の値が圧縮応力を示している。基板バイアスが深くなるのに従い、薄膜の内部応力は圧縮応力から引張応力へと直線的な変化をし、イオン衝撃パラメータ  $P_i$  に対しても直線的な変化を示した。これは基板バイアスの増大によってプラズマ中のイオンが薄膜へと入射する際のエネルギーとその入射頻度が増加し、その結果ピーニング効果により圧縮応力が増大したものと考えられる。

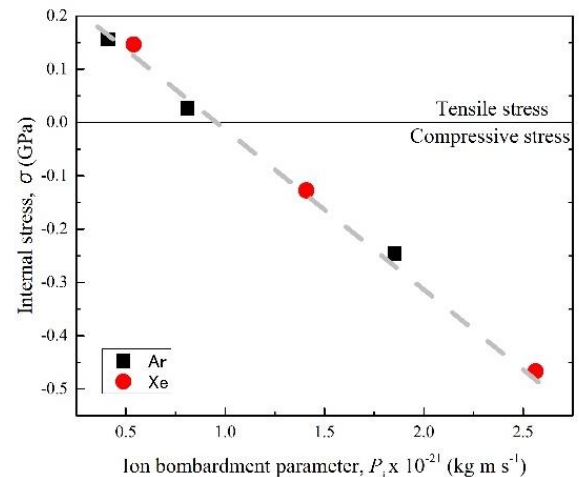


Fig.1 The Internal stress of the Ni thin films as a function of the  $P_i$ .

### 4. 結言

分子量の異なるガス種を用いたスパッタリングで作製した薄膜でも、基板バイアスが深くなるのに伴ってその内部応力と共に、イオン衝撃パラメータ  $P_i$  は直線的な増大をしめた。これらの結果から薄膜の内部応力はイオン衝撃パラメータ  $P_i$  により、定量的に評価することができ、薄膜の内部応力を自由に制御できると明らかになった。

**異種生体医療用ポリマーの高速殺菌接着方法の研究**

※高瀬 早桐（東海大学工学研究科応用理化学専攻） 八木 新太（東海大学工学研究科金属材料専攻）

内田 貴大（東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター）

神田 昌枝（中部大学 超伝導・持続可能エネルギー研究センター） 松村 義人（東海大学原子力工学科）

※※松村 義人（東海大学原子力工学科） ※西 義武（東海大学工学部材料科学科）

**【緒言】**

ポリエチレン(PE)は汎用高分子材料であり、加工しやすく安価かつ耐薬品性・耐衝撃性・絶縁性に優れ、輸血バッグや人工関節などに用いられている。ポリエチレンテレフタレート(PET) は人工血管や心臓内パッチに用いられており、透明性・耐油性・耐薬品性に優れ、強靱で、ガスバリア性を持ち、さらに、PET によって作製した人工血管は生体血管と同様の高い生体適合性を保持する。これら高分子材料は近年、医療分野にも広く用いられており、今後は異種高分子間の接着が重要になると考えられる。一般的な接着方法として熱溶着を用いる方法が広く利用されているが、PE および PET はそれぞれ難接着性であり、高強度の接着が困難である。一方で、過去に本研究グループでは、高速殺菌処理として広く認知されている電子線照射を用いた異種高分子材料の接着を確認している。そこで本研究では、医用分野でも利用されている PE と PET において、熱溶着を行った際の接着強度に及ぼす電子線照射処理の影響を検討した。

**【実験方法】**

本研究の試料は、PE (High-star PF 100, Star plastic Industry Inc., Japan)と PET (帝人デュポンフィルム株式会社製,タイプ G2)を用いた。試料作製では、PU 側照射試料では PE フィルム (80  $\mu\text{m}$ )および PET フィルム(50  $\mu\text{m}$ )に電子線照射処理を行った。その際、使用した電子線照射装置は(株)岩崎電気社製(アイ・エレクトロンビーム社保持)を用いた。電子線は真空中で棒状フィラメントから 170 kV 加速電圧で発生し、その後 Ti 薄板を通過、窒素雰囲気中で試料を処理した。この試料表面では 126 keV まで減衰する。1 回の処理時間は 0.23 秒で僅かな試料温度上昇しか測定されておらず温度の影響は少ない。なお、電子線照射侵入深さは 217  $\mu\text{m}$  (PE) と 158  $\mu\text{m}$  (PET) と推定され、試料内部も十分に照射されている。さらに、ホットプレス機を用いて、403 K で加圧処理した。その後、接着強度を確認するため、微小荷重引張試験機を用いて T 型剥離試験を行った。接着強度の変化は微小引張試験機により剥離強度 N/m を測定した。また剥離強度の定義は JIS K 6900 であり、T 型剥離試験 JIS K 6854-3 に準拠して実施した。

**【結果】**

PE フィルム及び PET フィルムに電子線照射し、積層ホットプレスすると接着強度が未照射に比べ接着強度が向上することを見出した。さらに最適照射量で照射を行うことにより、約 10 倍の接着強度が向上することを見出した。勿論、過剰な照射量では照射損傷により接着強度は低下する。

## 熱電子強化型イオンプレーティング法における過剰エネルギーの効果

\*篠岡 樹(東海大学院工学研究科応用理化学専攻)、酒井 彰崇(東海大学大学院工学研究科応用理学専攻)、中村 匠人(東海大学工学部原子力工学科) \*\*松村 義人(東海大学工学部原子力工学科)

【緒言】一般に、PVD法により成膜された薄膜では内部応力の変化により、膜特性が大きく変化することが知られている。薄膜の内部応力は薄膜作製過程で発生するため、薄膜作製条件の変化によって大きく影響を受ける。このため、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となる。イオンプレーティング法においては、成膜中の蒸着金属プラズマ中の蒸着粒子が持つ高いエネルギーが過剰エネルギーとして薄膜に投入されることで、薄膜の内部応力等に大きな影響を及ぼす。本研究では過剰エネルギーに大きく影響を及ぼすイオン化率を増加させるため、熱電子放射フィラメントを導入した熱電子強化型イオンプレーティング法を用いて成膜を行った。その薄膜形成時にプラズマ診断を行い、過剰エネルギーを算出した。また、熱電子強化型イオンプレーティング法を用いることで、薄膜形成時の過剰エネルギーが薄膜の内部応力にどのような影響を及ぼすのかを検討した。

【実験方法】本研究に用いた熱電子強化型イオンプレーティング装置は、熱電子放射フィラメントをIP装置内の蒸発源斜め上方に配置した装置である。NiとFeを電子ビーム加熱により融解・蒸発させ、蒸発源上に設置した放電電極に正の電圧を印加することで、蒸発源および、熱電子放射フィラメントから熱電子を引き出し、蒸発粒子と加速された熱電子の衝突を発生させることで蒸発粒子をイオン化させ成膜を行った。基板温度は $400 \pm 10$  Kとし、基板にはn型単結晶Si(100)を用いた。ラングミュアプローブ、ファラデーカップ、マルチグリッド型静電アナライザーを用いてプラズマ診断を行い、過剰エネルギーを評価した。作製した薄膜の膜厚は表面粗さ計(DEKTAK3)を用いて測定し、薄膜の内部応力は、光てこ法およびニュートンリング法を用いて測定した基板の反りから求めた。

【結言】熱電子放射フィラメントの電流値を増加させることで、過剰エネルギーは増加した。Fig. 1, Fig. 2に薄膜成膜時の過剰エネルギーと薄膜の内部応力の関係を示す。薄膜の内部応力は引張応力となった。過剰エネルギーを増加させることにより、薄膜の引張応力は減少した。このことから、過剰エネルギーの増加に伴い、圧縮応力を発生させるピーニング効果が増加したためだと考えられる。イオンプレーティング法の成膜時において、過剰エネルギー制御をすることにより薄膜の内部応力が制御可能であることが明らかになった。

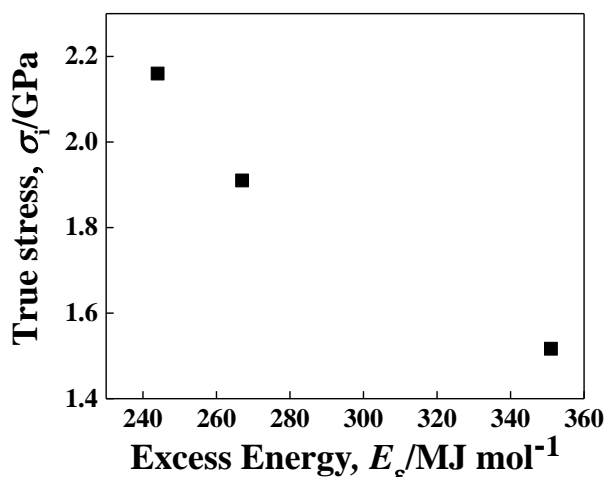


Fig. 1 Excess energy dependence of tensile stress in Ni thin films

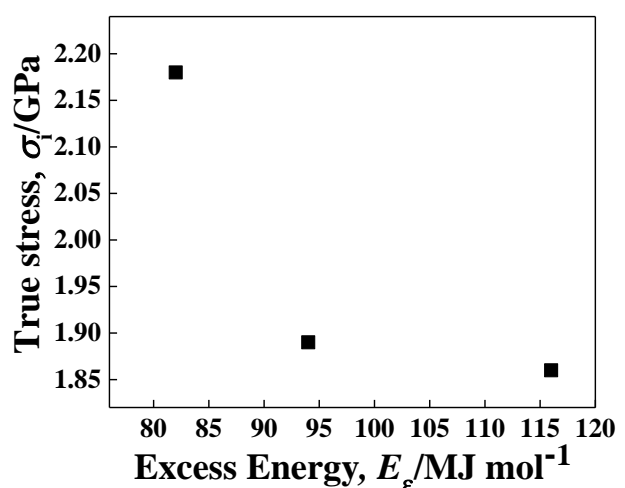


Fig. 2 Excess energy dependence of tensile stress in Fe thin films

## 薄膜の内部応力に対する Thornton model の適用

\*橋本 真希 (東海大学院工学研究科応用理学専攻)、坪井 仁美 (東海大学工学部原子力工学科)、坂野 尚太 (東海大学院工学研究科応用理化学専攻)、内田 ヘルムート 貴大 (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】マグネトロンスパッタリング法によって作製された薄膜は、成膜条件により薄膜の内部応力が変化し工学的、電気・磁氣的、機械的特性などの薄膜特性が大きく変化する。薄膜の内部応力は薄膜作製過程において発生し、スパッタリングガス圧力や基板温度、スパッタ電力などの成膜条件により影響を受ける。我々はこれまでイオン衝撃の効果を評価する新たなパラメータとしてスパッタガスイオンの運動量とスパッタ粒子の入射頻度比の積であるイオン衝撃パラメータ $P_1$ を提案してきた。イオンの運動量を評価することで異なるスパッタリングガス種において超磁歪薄膜の特性を制御することができ、また $P_1$ を用いて薄膜の内部応力を予測できると報告してきた。しかし薄膜の内部応力はイオン衝撃等に起因する真応力に加え、基板温度と膜・基板材料の熱膨張率の差に起因する熱応力がその発生要因として知られている。前回までの報告で、基板の温度変化による膜組織の変化が薄膜の内部応力に及ぼす影響も無視できないことがわかった。スパッタ法においては薄膜の微細組織に及ぼす成膜条件の影響を表した Thornton model が有名である。そこで本研究では内部応力と Thornton model の関係性について検討した。

【実験方法】DC マグネトロンスパッタリング法を用いて、異なる熱膨張率を持つ Ni と Al をターゲットとして薄膜を作製した。イオン衝撃パラメータ $P_1$ を用いて真応力を制御し、基板温度を制御することにより熱応力を制御した。表面粗さ計により膜厚を測り、光てこ法による基板の反り測定により求めた曲率半径から薄膜の内部応力を求めた。

【結果】Fig.1 に Si 基板上に基板温度を変化させて Al の薄膜を成膜した際の基板温度と内部応力の関係を示す。基板温度のみを変化させた場合、発生する内部応力が変化したことから薄膜の内部応力は熱応力に強く依存していることがわかった。しかし、各基板温度における熱応力を推定し、測定された内部応力からその値を減じた値を真応力とした場合、真応力は一定とはならなかった。このことは、真応力の原因としてイオン衝撃のみがその要因ではないことを示している。Fig.1 においてある温度領域で内部応力の直線が不連続になっている。Fig2 に Thornton model を示す。この Thornton model を今回の成膜条件に適用すると約 410K 付近で Zone T から Zone II の遷移領域に相当し、薄膜の微細組織の変化が真応力の値に影響を及ぼしたと推測できる。このことからスパッタ薄膜の内部応力は薄膜組織の Thornton model における Zone に深く関係していることが分かった。

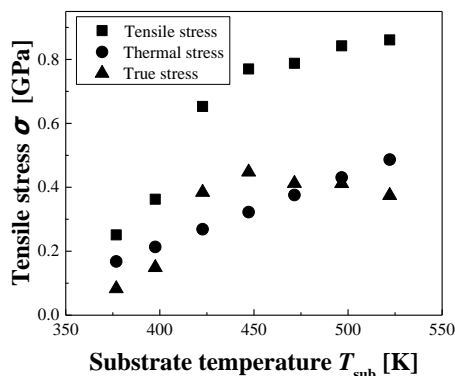


Fig.1 Tensile stress of Al thin films as a function of the substrate temperature.

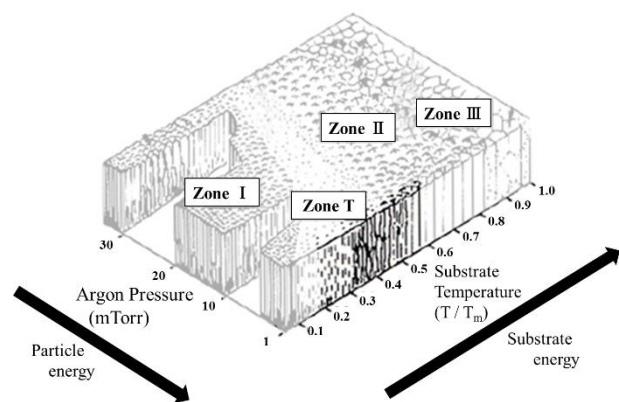


Fig.2 Thornton model

## 透明電極利用を目的とした Ga-Sn-O 系薄膜の作成

\*今井脩人（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】

フラットパネルディスプレイや太陽電池用の透明電極に利用される透明導電膜は、可視光領域で高い透過率を示す伝導性のある薄膜であり、ガラスやプラスチック基板上に形成されて使用される。現在主流の透明導電膜材料はインジウムに少量のスズをドープした ITO 導電性薄膜である。近年では、大型の薄型テレビの急速な普及などに伴い ITO の消費量も増加し、インジウムの資源の枯渇や価格の上昇などの問題が生じてきている[1]。また、インジウムは亜鉛精錬の副産物として生産され、中国やオーストラリアからの輸入に頼っているため、国際情勢の変化によっては深刻な事態に陥ると予測される[2]。これらの問題を解決するのに、インジウムの有効利用法や再利用技術並びにインジウムフリーやインジウムの使用量を低減する代替材料技術などの研究開発が進められている[3]。しかし、有力な候補はあるものの ITO 以上の特性をバランスよく持っている物質はまだ実用化されていない[4]。そこで本研究ではインジウムと同族元素であるガリウムに注目し、ITO 導電性薄膜と似たような特性が期待できる Ga-Sn-O 系薄膜を作製し、透明電極の作製を試みることを目的とした。

## 【実験方法】

Ga-Sn-O 系薄膜の作製には RF マグネトロンスパッタリング法を用いた。ターゲットは粉末状の酸化ガリウムの上に粒状のスズをのせたものを使用した。表 1 は成膜条件を示している。また基板には、組成分析用に純チタン板、膜厚測定用にソーダライムガラス、透過率測定用にアルミナシリケートガラスを使用した。作製した Ga-Sn-O 系薄膜の組成分析には、EDX を用いた。膜厚測定には表面粗さ計を用いた。透過率測定には、紫外可視分光高度計を用いた。

表1 成膜条件

Arガス流量(sccm)	30
RF出力(W)	100
スパッタ時間(min)	50
到達真空度(Torr)	$4.0 \times 10^{-6}$
スパッタ真空度(Torr)	$2.8 \times 10^{-4}$
基板	ソーダライムガラス、チタンアルミナシリケートガラス

## 【実験結果】

図 1 はターゲットのスズの量を変化させて、作製した薄膜の可視光域から赤外域の波長と透過率の関係を示している。この結果から、ターゲットのスズの量を増加させていくと得られた薄膜の透過率は低下することを確認した。また、電気抵抗の測定結果から高い透過率の試料は絶縁体であることが確認された。

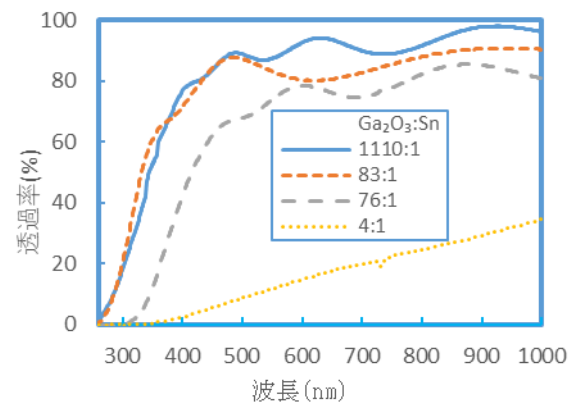


図 1 透過率と波長の関係

## 【参考文献】

- [1] 南内嗣, 中澤弘実, 透明導電膜の新展開Ⅲ, シーエムシー出版, (2008), p34
- [2] 南内嗣, 中澤弘実, 透明導電膜の新展開Ⅲ, シーエムシー出版, (2008), p6
- [3] 南内嗣, 中澤弘実, 透明導電膜の新展開Ⅲ, シーエムシー出版, (2008), p5
- [4] 南内嗣, 内田孝幸, 透明導電膜の新展開Ⅳ, シーエムシー出版, (2012), p219



H-7

## 透明な太陽電池用 Al-Cu-O 系半導体薄膜の作製

\*黒川聖菜、木村花梨（東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程）\*\*小栗和也（教養学部人間環境学科）

## 1、はじめに

現在の太陽光発電には、多くの問題点がある。例えば、天候や季節による発電量の変動や設置場所の制約などが代表的な問題として挙げることが出来る。このような問題の解決を目的として、透明な太陽電池の開発に関する研究が行われている[1,2]。透明な太陽電池の開発は、設置場所の制約が少なくなるわけではなく、太陽光の有効利用につながる。このような透明な太陽電池の作製には、透明なP型とN型半導体及び透明電極、透明導電膜の研究が必要である。しかしこれまで、報告されている多くは透明電極、透明導電膜及び、透明N型半導体であり、透明P型半導体に関する報告は少ない。しかし近年、透明P型半導体として銅アルミニウム酸化物半導体が報告された[3]。そこで本研究では、RFマグネトロンスパッタリング法を用いて Al-Cu-O 系半導体薄膜の作製を目的とする。

## 2、実験方法

銅アルミニウム酸化物の作製には RF マグネトロンスパッタリング法を用いた。ターゲットには、銅とアルミニウムのモザイクターゲットを使用した。熱処理には、電気炉を用いた。膜厚測定と半導体特性評価用の基板には、アルミナシリケートガラスを用いた。また成膜後の熱処理を行う。薄膜の基板にはサファイヤを使用した。表 1 に設定条件をまとめた。作製した銅アルミニウム酸化物薄膜の膜厚測定には、表面粗さ計を用いて行い、構造解析には X 線回折を用いて、電気抵抗率測定には直流四探針装置を用いて行い、P・N 判定には P・N 判定器を用いて行った。透過率測定には紫外可視分光光度計を用いて行った。透過率の測定よりバンドギャップを求めた[4]。

表1 実験条件

基板温度	RT・200°C・350°C
基板	アルミナシリケートガラス サファイヤ
O <sub>2</sub> ガス流量	0・2・5sccm
Arガス流量	30sssm
RF出力	100W
成膜時間	15分
到達真空度	$4.0 \times 10^{-6}$ torr

## 3、実験結果

成膜する基板の温度を室温、200°C、300°Cで行い、異なる基板温度で作成した時の波長と透過率の関係を図 1 に示した。室温で作製した試料に 650°Cと 900°Cで熱処理を行い、熱処理をした資料の波長と透過率の関係を図 2 に示した。図 1 から、基板温度を上げると透過率が低くなるという結果になった。図 2 から、650°Cの熱処理を行うと赤外線透過するという結果になった。しかし温度を上げすぎてしまうと透過率が低くなるということがわかった

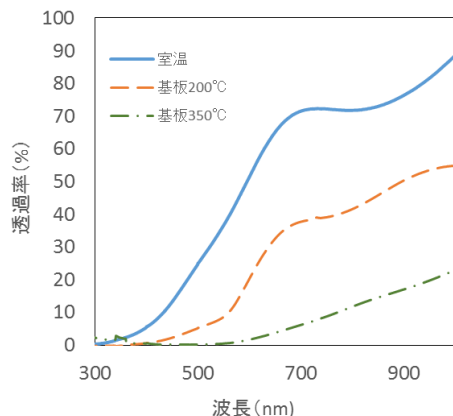


図1 異なる基板温度で作成した試料の波長と透過率の関係

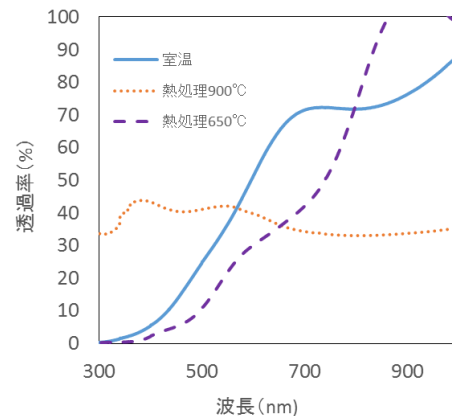


図2 室温で作成した試料に熱処理を行った波長と透過率の関係

## 4、参考文献

- [1]外岡和彦、AIST Today、産総研、3 (2003) P15
- [2]外岡和彦、光学、34、(2005)、P356
- [3]H. Yanagi, H. Kawazoe, A. Kudo, M. Yasukawa, H. Hosino、J. Electrochemics、4 (2000) P407-414
- [4]庄野克彦、半導体技術(上)、東京大学出版会、1976年、P115-119

H-9

H-10

マイクログリッドの電力安定化のための小型発電機の制御装置の性能向上

\* 関原英人、小池洋太郎、庭田樹（東海大学工学部電気電子工学科）

\*\* 石丸将愛（東海大学工学部電気電子工学科）

1. はじめに

太陽光発電や風力発電などの自然エネルギーを用いた分散型電源が普及するにつれ、マイクログリッドが注目されている。マイクログリッドとは、分散型電源と負荷から構成された小規模システムであり、太陽光発電等の自然エネルギーを含む複数の電源および熱源が情報通信技術により一括管理されている電力供給システムである。また、電力会社の系統から独立して運転することも可能である。マイクログリッドの概念図を図1に示す。図1のような分散型電源が設置されているマイクログリッドにおいて安定した電力供給を実現するためには、発電機の制御装置(AVR)の存在が重要となる。そのため、本研究ではAVRの性能の向上を試みた。

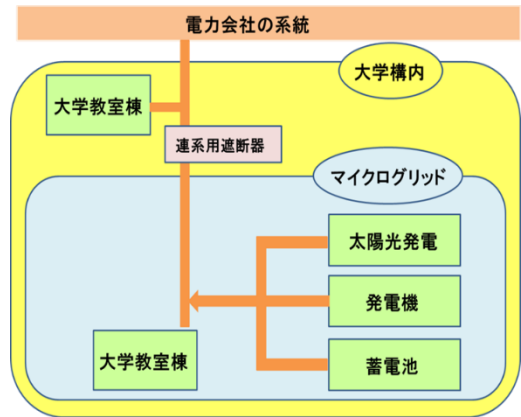


図1 マイクログリッド概念図

2. 自動電圧調整器の性能向上

AVR (Automatic Voltage Regulator) とは自動電圧調整器であり、電圧変動時に同期発電機の励磁装置の励磁電流を調整する装置である。運転時に同期発電機の端子電圧を指定した一定の電圧に保持する機能によって、

- ・ 負荷が変化した際に電圧を維持し、無効電力を調整する
- ・ 負荷遮断時の電圧上昇を抑制し、過度安定度を向上させる

等の機能を有している。このため、AVR は十分な応答速度を持ち、発電機から出力される電圧の変動に対応し得る高い計算能力が必要になる。

AVR ブロック図を図2に示す。AVR はまず端子電圧  $V_{in}$  と基準電圧  $V_{ref}$  を比較し制御偏差を導出する。その後、これを用いてPI 制御を行い、同期発電機の励磁電流を調整することによって制御を行っている。本研究では、16bitPIC である dsPIC (dsPIC33FJ64GP802) を使用し性能の向上を図った。dsPIC には 12bit の A/D コンバータが搭載されており、10bit A/D コンバータの4倍の細かさでの計測が可能である。これにより、高精度な制御を実現できる。

3. 結果・まとめ

発電機が、負荷装置に接続された際に端子電圧の低下を検出した AVR が発電機の出力を上昇させ、指定電圧を保持する動作が確認できた。また、発電機が負荷から切り離された際には、端子電圧の上昇を検出し

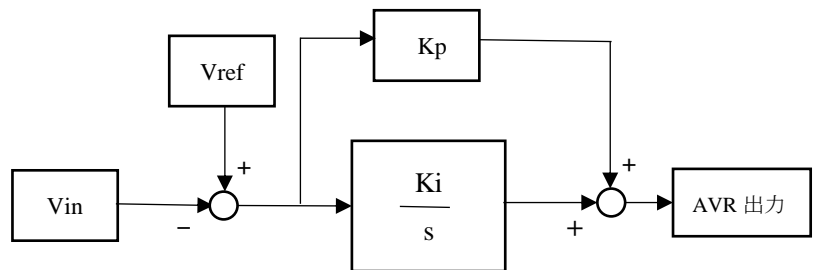


図2 AVR ブロック図

た AVR が発電機の出力を低下させ、指定電圧を保持する動作を確認できた。これらの結果より、dsPIC を用いた AVR の正常な動作が確認できたといえる。

PIC を用いた STATCOM の実装

\*梅原善樹、照井敏生(東海大学工学部電気電子工学科)

\*\*指導教員 石丸将愛(東海大学工学部電気電子工学科)

1. はじめに

STATCOM は、自励式 SVC あるいは SVG とも呼ばれ、電力系統の無効電力を進みから遅れまで連続的に調整できる機能がある。そのため、電圧変動抑制、系統安定化、調相などの目的で電力、産業、電気鉄道の各分野で幅広く使われている。本研究では STATCOM を製作した。

2. STATCOM の動作原理

STATCOM は、出力電圧の大きさを変えることにより無効電力を制御できる装置である。まず、入力される交流電圧  $V_s$  を全波整流回路によってコンデンサに充電される。それを電源とし、系統側にインバータを用いて交流電圧  $V_{ab}$  を出力される。入力される交流電圧  $V_s$  と出力するための交流電圧  $V_{ab}$  を比較して  $V_{ab}$  が大きければ 90 度進み電流を、小さければ 90 度遅れ電流を供給し、無効電力を制御できる。 $V_{ab}$  を制御するためにスイッチングが必要であり、スイッチの制御信号を作成するのに三角波比較方式が使用される。変調波(正弦波)と搬送波(三角波)の電位を比較して、正弦波の電位が高ければオン、低ければオフの信号を出力する。変調波の大きさを変えることによって、スイッチングのオンとオフのタイミングが変わり、電圧  $V_{ab}$  を制御できる。

3. STATCOM の製作

本研究では、スイッチング素子として IGBT を使用した STATCOM の主回路と、IGBT のゲート信号の作成のための制御回路を製作した。制御回路は、三角波を出力する回路と交流を出力する回路と PIC で構成した。

主回路を図 1 に示す。基準 0 電位点を作るため、コンデンサを 2 個直列につないで、接地した。IGBT のゲート信号を制御することにより、出力電圧  $V_{ab}$  の波形は図 2 のようになる。

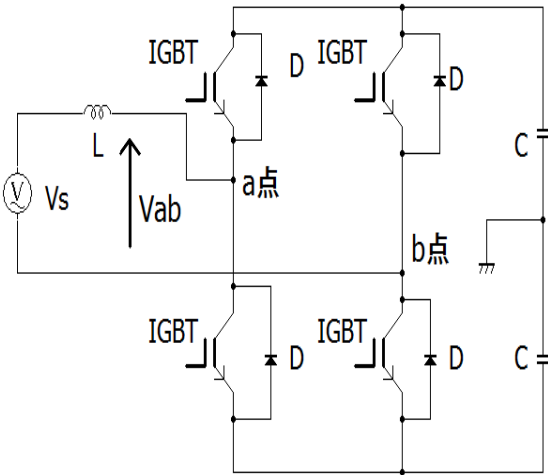


図 1 STATCOM 主回路

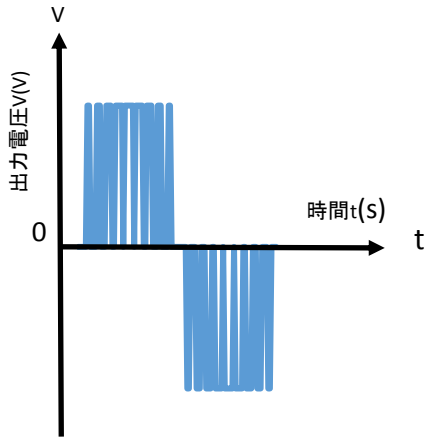


図 2 出力電圧波形

### サイクロコンバータによる周波数変換装置の実装

\* 渡邊 基寛 (東海大学工学部電気電子工学科)、望月 匠 (東海大学工学部電気電子工学科)

\*\* 指導教員 石丸 将愛 (東海大学工学部電気電子工学科)

#### 1. はじめに

周波数変換装置とは、ある周波数の交流から、別の周波数の交流に変換する装置を指す。周波数変換装置は、大きく分けて間接式と直接式の 2 つに分けられる。間接式は、ある交流の周波数をいったん直流に変換し (AC/DC コンバータ)、直流から別の交流の周波数に変換する (インバータ) 方式である。一方、直接式は、直流を介さずに、ある交流の周波数を異なる周波数の交流に変換する方式であり、その代表例として今回製作したサイクロコンバータが挙げられる。サイクロコンバータは、電気鉄道の単相電源として、50Hz から 16.7Hz の交流を得るために用いられた。今回、周波数 50Hz 交流入力に対して、周波数 1/3 及び 1/5 の定比式サイクロコンバータの実装を目的とした。

#### 2. サイクロコンバータの動作原理

サイクロコンバータの原理を図 1 に示す。図 1(a) の Th はサイリスタであり、スイッチ動作を有する。サイクロコンバータはサイリスタ 8 個で構成されており、サイリスタ Th1 と Th4 をオンすることで、負荷 RL に電流が流れる。オンさせるサイリスタを選択することで、周波数の異なる出力を得ることができる。図 1 (b) は交流入力に対して、周波数 1/5 に位相制御した交流出力の例である。このように、入力の周波数より低い周波数の出力が得られることが分かる。

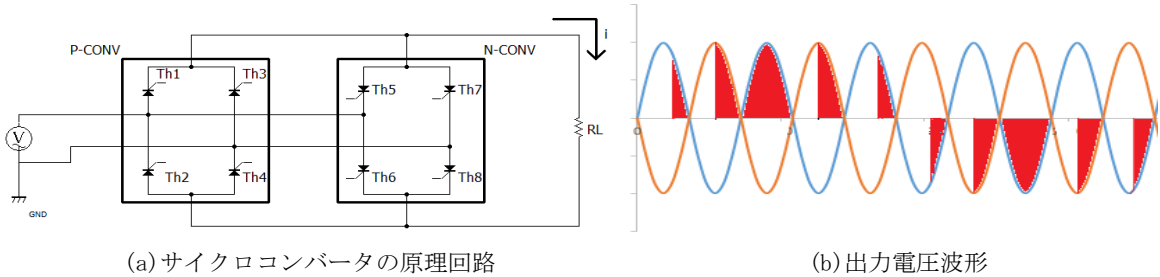


図 1 サイクロコンバータの原理回路および出力電圧波形

#### 3. サイクロコンバータの制作

サイリスタをオンさせるためのゲートパルス発生装置には、PIC16F88 (Peripheral Interface Controller) を用いた。周波数 50Hz の交流入力に対し周波数 1/3 及び 1/5 のタイミングのパルス信号を PIC で作成した。交流出力の周波数は、外部スイッチで切替可能である。また、位相制御した波形を正弦波に近づけるために、LC フィルタ回路を用いた。

#### 4. 結果・考察

交流入力 6V 50Hz に対して周波数 1/3 及び 1/5 の出力を得ることができた。出力波形を図 2 に示す。出力電圧 4V までの電力変換に成功した。出力電力の向上が今後の課題である。

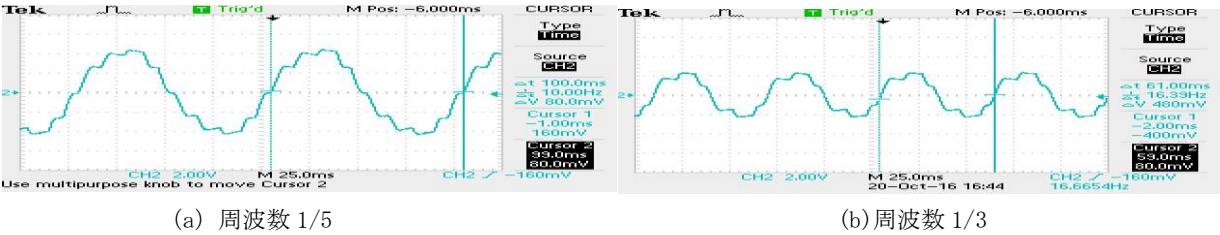


図 2 フィルタ回路を通した時の出力波形

## Poly(ethylene imine)水溶液の液体からガラス状態における分子ダイナミクス

\*井上 紫央里（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、松井 ゆりか（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、  
佐々木 海渡（東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻、東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター）、  
喜多 理王（東海大学理学部物理学科、東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター）、  
\*\*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）

## [背景・目的]

これまで、誘電分光法により様々な物質の水溶液の複素誘電率の周波数依存性が観測され、水や溶質の分子運動について議論されてきた。様々な合成高分子水溶液で観測された水の分子運動に注目すると、Poly(ethylene imine)(PEI)という合成高分子を用いた水溶液は、室温において水の分子運動が合成高分子水溶液の中で最も遅いということがわかっている<sup>[1]</sup>。また、PEI水溶液は合成高分子水溶液の中で氷結させたときの不凍水の量が最も多い<sup>[2]</sup>。以上より、PEIは水の分子運動に影響すると考えられる。さらに、PEIの分子運動に起因する分子運動はまだ観測されていない。本研究では、PEI濃度が50 wt.%以上の水溶液の複素誘電率の周波数依存性を測定し、水とPEIの分子運動について議論する。また、水とPEIが互いにどのような影響を及ぼし合っているのかを議論する。

## [実験]

溶質に重量平均分子量10,000のPoly(ethylene imine)、溶媒に比抵抗18.2 MΩ・cmの純水を用い、50~95 wt.% PEI水溶液を調製した。Alpha Analyzer (Novocontrol, 10 mHz~10 MHz)、Impedance Analyzer(IA)(Agilent Technologies, 4294A, 40 Hz~110 MHz)、Impedance/Material Analyzer(IMA)(Hewlett Packerd, 4291A, 1 MHz~1.8 GHz)(Agilent Technologies, E4991A, 1 MHz~3 GHz)の装置を用い、298 Kから143 Kの温度範囲を降温過程でPEIとPEI水溶液の複素誘電率の周波数依存性を測定した。

## [結果・考察]

PEI及びPEI水溶液の複素誘電率の周波数依存性から3種類の緩和を観測することが出来た。観測された緩和を高周波側から、I, II, III緩和と名付け、I緩和はPEIの局所的な運動、II緩和は水の分子運動、III緩和は水とPEIの協同的な運動に起因する緩和であると考えられる。Fig. 1に60 wt.% PEI水溶液の緩和時間及び緩和強度の温度依存性を示す。III緩和の緩和時間の温度依存性はVogel-Fulcherの式でよく表すことができ、100 sとなる温度をガラス転移温度( $T_g$ )とした。II緩和の緩和時間の温度依存性は $T_g$ 前後で変化していることがわかる。II, III緩和の緩和強度の和をとると、 $T_g$ 以上で温度の低下とともに単調に増加していることがわかる。従って、PEIの分子運動に水が加わっている可能性がある。

## [参考文献]

- [1] N. Shinyashiki, S. Sudo, S. Yagihara, A. Spanoudaki, A. Kyritsis and P. Pissis, *J. Phys. Condens. Matter* **19**, 205113 (2007).  
[2] N. Shinyashiki, S. Yagihara, I. Arita, and S. Mashimo, *J. Phys. Chem. B* **102**, 3249 (1998).

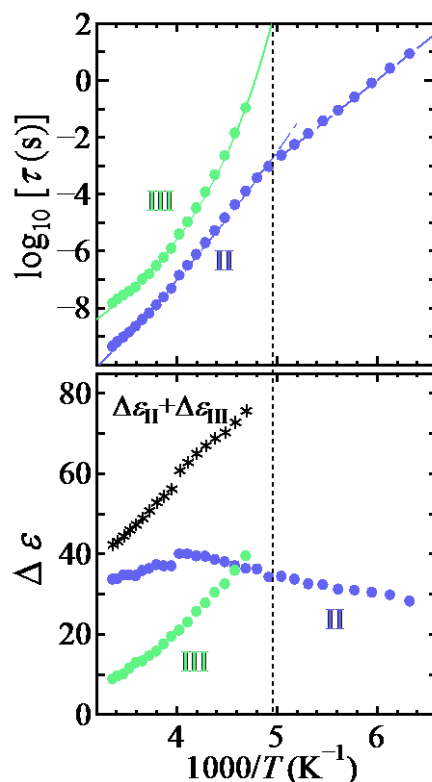


Fig. 1 60 wt.% PEI水溶液の緩和時間及び緩和強度の温度依存性。



## 食品廃棄物の農業利用の可能性について

\* 石塚杏奈（東海大学大学院人間環境学研究科）、石原圭子（東海大学現代教養センター）

\*\* 室田憲一（東海大学教養学部人間環境学科）

世界では、人口増加に伴って生じる食料需要の増加などを背景に、食料問題は逼迫した現状にある。しかし、日本では食品関連事業者が排出する食品廃棄物の総量が年間約 1927 万トン、一般家庭が排出する食品廃棄物の総量は年間約 870 万トンにも及ぶ。また、この廃棄量のうち可食部分と考えられる量（食品ロス）は年間約 632 万トンであり、これは世界全体の食料支援量の約 2 倍の量である。日本における食料自給率はカロリーベースで 2015 年度 39%だが、廃棄されている食料も総供給量へ含まれるため、廃棄量の削減が自給率の改善にも繋がる<sup>1)2)</sup>。

廃棄物は、私たちにとって「不要物」であるということが指標となっており、何を持って廃棄物とするかは占有者の主観で判断されるため、廃棄物であるか資源であるかという論争が度々起こってしまう。1999 年に最高裁まで争われた「おから事件」を見てみると、排出される量や腐敗しやすさなどの処理の現状から産業廃棄物として不要物であるという判決が下された。つまり、廃棄される段階の利用価値でしか廃棄物の価値を図れないということが、課題として挙げられるが、循環型社会の形成に向けては、廃棄物の社会的価値を見直し検討することで、積極的利用を進めていくような新たな廃棄物の概念が必要であると考えられる<sup>3)</sup>。また、食料生産の手段である農業に着目すると、植物が成育する際の多量必須元素であるリン酸資源枯渇の問題が挙げられる。リン酸はリン鉱石が原料となっているが、リン鉱石の可採年数はおよそ 300 年と推定されており、廃棄物などの未利用資源からのリン酸の回収・再利用が喫緊の課題となっている<sup>4)</sup>。

食品関連業から廃棄されるものの中には、規格外品や生産調整などの削減可能なものも多くある。しかし、廃棄を前提として利用されるものもあり、そのひとつにコーヒー豆が挙げられる。1950 年にコーヒーの生豆輸入が再開されてから、1960 年の生豆輸入自由化とその後の高度経済成長が影響し、コーヒーの消費量が著しく増加した。1980 年には緑茶の消費量を上回り、その後も消費量は増え続けている。2015 年度日本のコーヒー豆輸入量（生豆換算）は 483,981 万トンで世界第 3 位、消費量は 461,892 万トンで世界第 4 位であった。消費増加の要因のひとつには、コンビニコーヒーやコーヒーショップの普及などのコーヒー市場の拡大があると考えられる。そこで、本研究では未利用資源の中でも、排出量の削減が困難な「コーヒー粕」について、特にリン酸資源の再利用の視点から農業への利用可能性について検討した。

コーヒー粕を直接土壌に施用するなどの単独利用は、窒素飢餓によって植物の成長を阻害するなど影響が報告されていることから、コーヒー粕の単独かつ直接利用は困難である。そこで、新たな活用方法として「コーヒー粕抽出液」に注目した。コーヒー粕抽出液をコマツナ (*Brassica rapa* var. *perviridis*) へ施用することで、市販の液体肥料であるハイボネックス施用に匹敵する良好な成長を示したことから、コーヒー粕抽出液を植物栽培時の肥料として利用することが可能であると考えられた。

### 参考文献

<sup>1)</sup> 稲垣春郎「世界の食品ロスと食料廃棄—その規模、原因および防止策」社団法人国際林業協働協会(2011)

<sup>2)</sup> 佐藤康一郎「食品廃棄物削減と食品リサイクルの現状と課題」専修大学社会科学報第 48 号(2014)

<sup>3)</sup> 交告尚司「環境法入門」有斐閣アルマ(2008)

<sup>4)</sup> 農林水産省「肥料をめぐる事情」(2015)

## 中国の環境改善について - 日本の公害の経験からの一考察 -

\* 黄天 (東海大学 大学院 人間環境学研究科)

\*\* 室田憲一、勝田悟、藤田成吉 (東海大学 教養学部 人間環境学科)

長江河口部に位置する湖である太湖周辺の河川では、工業排水による水質汚染が極めて深刻な状況になっている。この辺りでは工業汚染水が主に製紙、冶金工業、化学工業、石油精製所などから排出されている。第一次全国污染源普查公報 (中華人民共和国統計局、2010) によれば、中国全土で化学的酸素要求量 (COD) として3,028万トンもの汚染物質が排出されたとの報告がなされている。これは日本のおよそ56倍に及ぶ。

日本は、1954年から1973年にかけて年平均約10%の実質経済成長率を示す高度経済成長期を迎えた。しかしながら、その陰で環境汚染が顕在化し、いわゆる公害が大きな社会問題として取りざたされたが、その後その解決に向けた法律の整備や社会的認識度の向上などにより、いわゆる公害病に代表されるような大規模な事件は少なくなってきた。一方、ここ20年間の中国の経済成長率は10%程度であり、近年の中国と高度経済成長期の日本の経済発展は、同じ状況であると考えられる。

そこで本研究では、日本の高度経済成長期における環境汚染、いわゆる公害の対策と克服の歴史をもとに、今後の中国の特に水質汚染問題の解決に向けた考察をした。

### <日本での環境汚染対策の歴史>

1949年9月29日策定された「水質汚濁防止法案勧告 (案)」は、産業公害が拡大の兆しを見せ始めた頃に鉱工業排水の取締りを射程にいった水質汚濁防止法を早く制定しようとするものであった。しかし、鉱山、炭山、化学工業関係業界の反対で、公害規制立法に産業と環境の調和が加えられた。日本の水質保全政策は、高度経済成長初期の1958年に本州製紙江戸川工場事件による工場排水の垂れ流しに対する漁民の抗議、工場乱入事件がきっかけとなり「公共水域水質保全法」と「工業排水等規制法」を制定することになったのが始まりである。しかし、この二つの法律は「経済との調和、協和」が前提であったため十分には機能しなかった。その経験を生かして、1970年に「水質汚濁防止法」を制定した結果、日本の水質に関する公害は解決に向けて動き出した。

### <中国の水環境汚染の現状>

中国全体の水環境の現状について2000年と2014年を比較すると、飲用可能な水源の割合がそれぞれ約59%から71%、利水機能を失った水源の割合はそれぞれ約18%から9%と改善が見られる (中華人民共和国環境保護部、2014) が、河川や地域により水質に大きな違いがあり、北京の南側に位置する河川である海河や長江河口部に位置する湖である太湖周辺の河川などの都市部、人工密集地帯および工場地帯周辺では劣悪な水質になっているところも見られる。中国国内の水資源量がほとんど変化しない中で、人口の増加に伴って今後一人当たりの利用可能な水資源の量が減る可能性も懸念される。1998年に中国で導入された水質にかかる環境基準の指標となる汚水総合排出基準値は日本のものと大きな違いが見られないが、一部地域で水質の改善が見られない原因として、社会の構造的な問題があるのではないかと推察される。

### 参考文献

中華人民共和国環境保護部 <http://kjs.mep.gov.cn/hjbhbz/bzwb/shjbh/swrwpfbz/>

中華人民共和国統計局 [http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/qttjgb/qgqttjgb/201002/t20100211\\_30641.html](http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/qttjgb/qgqttjgb/201002/t20100211_30641.html)

## 音（振動）が植物の成長に及ぼす影響 - 暴露時間による影響について -

\* 平田将大（東海大学 大学院 人間環境学研究所）、勝田悟（東海大学 教養学部 人間環境学科）

\*\* 室田憲一（東海大学 教養学部 人間環境学科）

### 【はじめに】

植物は動物のように自ら動くことができないので、温度、光、水や土壌などの環境の影響を直接受け、時には成長が阻害されたり枯死することもある。そのために植物はそれらの環境ストレス因子に対してある程度のストレス抵抗性あるいはストレス耐性を示すことがわかっている。また、これらのストレス因子による植物への影響については、地球上での食料生産に密接に関連していることから数多くの研究成果が報告されている。音（振動）も植物が受ける環境要因の一つであるが、音（振動）が植物に及ぼす影響についての体系的な研究は全くなされていない。これまでに、1960年代にダーウィンやシンフなどにより研究が始められ、1973年にリタラックにより執筆された「The sound of music and plants」が一般に注目を集めた。その内容は、主にクラシック音楽およびロック音楽の暴露が植物の与える影響を調べたところ、クラシック音楽に比べてロック音楽暴露で植物の成育が抑制されるというものであった。その後様々な研究者によりいくつかの研究がなされ、音を暴露することにより植物の葉の表面電位や運動が変化すること、植物の成長度合いが増大あるいは減少することや、気孔の開閉、植物体内ポリアミン量、可溶性タンパク質、糖および植物ホルモンであるアブシジン酸の含有量が変化することなどについて報告されている。しかしながら、これらは音（振動）が植物の成長や体内成分の変化及ぼす影響についての現象を観察したものであり、音（振動）が植物に及ぼす影響についての作用機序は明らかになっていない。

そこで本研究では、生理学的手法により、音（振動）が植物に及ぼす影響の作用機序を明らかにしようとしている。今回は音（振動）を暴露する時間帯の変化が植物の生命活動に及ぼす影響について調べた。

### 【材料および方法】

供試植物としてアブラナ (*Brassica rapa* L. var. *nippo-oleifera*) を用い、人工気象器（明/暗期:12/12 hr., 26°C）で無菌状態の寒天培地上で栽培した。試験区は、4kHzの音（振動）を常に与える「音あり区」と音（振動）を与えない「Control区」を設けた。それぞれの試験区に4サンプルずつ播種したポットを7つ、合計28サンプルずつ用いて試験を行った。また、暴露させる時間帯について、「明期のみ」と「暗期のみ」の2つの試験区を設けた。

試験期間終了後にそれぞれの植物体の生体重、地上部の乾物重、地上部および地下部の長さを測定した。

### 【結果および考察】

根長は「音あり区」が  $5.04 \pm 0.479$  cm、「Control区」  $14.67 \pm 0.989$  cm となり、地上部と同様に「音あり区」が「Control区」と比べて有意（有意水準 1%）に低い値を示した。根の形態にも両試験区で違いがあり、「Control区」は一般的な双子葉類植物の根のように伸びていた一方で、「音あり区」は主根の成長が鈍く、その代わりに側根が旺盛に成長しており、寒天培地が多量にまとわりついていた。明期のみ音（振動）を与えた結果、地上部高は「音あり区」が  $6.57 \pm 0.312$  cm、「Control区」が  $6.81 \pm 0.168$  cm となり、「音あり区」と「Control区」とで有意な差がなかった。一方、暗期のみ音（振動）を与えた結果、地上部高は「音あり区」が  $4.38 \pm 0.0900$  cm、「Control区」が  $5.47 \pm 0.122$  cm となり、「音あり区」が「音なし区」と比べて有意（有意水準 1%）に低い値を示した。以上のことから、植物が音（振動）により受ける影響には光環境が関与していることが明らかになった。

# **SAS 企業会員のご紹介 (2016 年度)**

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



営業項目

- ① ガス浸炭焼入焼戻し加工
② ガス浸炭浸空焼入焼戻し加工
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

技術紹介
表面熱処理技術の総合メーカーとして常に最新技術を提供し、熱処理
設備・熱処理加工については、総合技術力でお応えします。
◎ 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
(弊社新島工場)



☆経産省・中小企業庁より
2007年度「元気なモノ作り中小企業300社」に選ばれた
☆2007年度第17回型技術協会賞の「技術賞」を受賞
P-CVDアルファテック 世界初のマグネシウムダイカスト金型の
龍型削アレーを完成 <TIAISI CNO系ナノコンジット膜>

関東冶金工業株式会社

住所 〒254-0014 平塚市四之宮 2543
TEL 0463-55-2511 FAX 0463-55-8884
URL http://www.k-y-k.co.jp

主な取り扱い商品
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年をもち、機械的発展を推進し、常に最先端を維持し、構造改良、2次元、3次元、新技術の開発、
中国への拡大、社員への向上教育、設備を常に更新する、
努力により信頼を積み重ね、
- 鋼鉄ダイカスト製品、世界一を目前に -



所在地 〒358-0111 神奈川県東川崎市山崎町山崎5-1
TEL 04652-72000
FAX 04652-72000
E-mail: k.yokuto@kyokuto.co.jp

代表取締役 磯田 孝弘
担当部長 大野 孝弘
従業員数 420名(男)
従業員数 男 44名 女 8名 計 52名

事業の目的 鋼鉄・鋳鉄系多岐の製品製造及びその加工等製品製造の企画、
製造・販売
製品の種類 空圧機器、油圧機器、電子機器、圧縮機部品、
鍛造部品、
鍛造機、 鋼ヤマトール・バルブ・ポンプ、 鋼ヤマトール、 鋼ヤマトール、 鋼ヤマトール、 鋼ヤマトール

主要設備
1. 鋼ヤマトール型製鋼車庫装置設計開発
2. 全機具装置等

主要設備
1. 鋼ヤマトール型製鋼車庫装置設計開発
2. 全機具装置等

株式会社 旭東窒化研究所

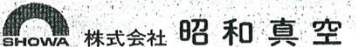
所在地: 神奈川県茅野市三屋 42
TEL 0463-75-2211 / FAX 0463-75-3515
http://www.kyokuto-ikka.com

●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2.2mの大型炉2基と、長さ7mの長尺炉1基
を含め22基の円筒縦型炉を所有し、短納期に対応しています。



●対象部品:
工作機械部品、産業機械部品、内燃機関部品、建設機械部品、
航空機部品、自動車エンジン部品、ゲイタリ機械部品など
●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認しております。

「光と電波」
情報通信・デジタル家電を支える昭和真空
「真空」をベースにした独自のノウハウで、
現在の多彩な先端技術産業に貢献



株式会社 昭和真空
http://www.showashinku.co.jp
事業所
本社・相模原工場 〒229-1124 神奈川県相模原市田名 3062 番 10 号
TEL: 042-764-0321 FAX: 042-764-0329
営業所・大野台 〒229-0011 神奈川県相模原市大野台五丁目 16 番 41 号
第二工場 TEL: 042-754-1331 FAX: 042-758-1062
大野台パーセンター 〒229-0011 神奈川県相模原市大野台二丁目 27 番 2 号

営業項目
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

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-net-su.co.jp
採用情報 http://www.ichi-net-su.co.jp/recruit/index.html
E-mail info@ichi-net-su.co.jp

＜営業種目＞
熱処理・機械加工・検査までの一貫体制
＜設備＞
台車炉: W3,600xL12,000xH2,500他 6機
連続炉: φ20~350x3,000~22,000 3ライン
ビッド炉: 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

光と熱源のバイオニア  
**株式会社 岳后電気株式会社**

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  
タンガスステン、モリブデン、レアメタル金属材料使用  
による 自動車産業機器、他

株式会社

武井製作所 横浜工場

所在地：〒226-0012 神奈川県横浜市緑区上山 1-16-2  
連絡先：TEL045-935-3241 FAX045-934-8311  
<http://www.takei-asama.co.jp>

< 技術紹介 >

- 高圧ガス用安全弁設計・製作
  - \* 極低温用から高温用まで (-269℃～+500℃)
  - \* 微圧用から超高圧用まで (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



アガマ® 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.**  
ISO14001  
登録番号99ER・04

信頼のガスで、未来を開く

IT、パイオ、地球環境等  
21世紀においても、巴商会では  
さまざまな力をお客様と共に  
時代を築きます。

巴商会では酸素・窒素・アルゴン・ヘリウムをはじめとする  
1,000種類以上の産業用ガス、また、それらを使用する際  
の機器や産業用ガスの消費設備をお客様にご提供していま  
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  
応えるためです。

◆東海大学出身者29名活躍中!!

**株式会社 ニクニ**

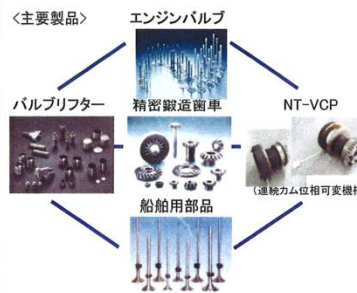
住所 〒213-0032 川崎市高津区久地 843-5  
URL：<http://www.nikuni.co.jp>

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、もの造りにおいても新しい発想と工夫  
により、環境との調和を考慮しエクセレントカンパニーを目指します



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のばねメーカーとして確立してきました。  
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のばね製品をはじめとして、  
クルマの安全・快適・高機能・環境対応の  
ための製品を提供しています。

<情報通信分野>



世界第2位のHDD用サスペンションのほ  
か、HDDおよび半導体関連製品などで、  
高信頼製品を支えています。

<産業・生活分野>



立休自転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。

日本バルブパーツ(株) **NBP**

本社・工場 〒276-0046  
千葉県八千代市大和田新田 601-36  
TEL:047-450-7111 FAX:047-450-7011  
URL：<http://www.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

一世界を駆け巡る NBP の機能部材一

- 電子機器**  
リードフレーム  
タンガスステンワイヤローフ  
SMD搭載部品 (SOMCO)
- 情報機器**  
磁気ヘッド (MR/FuCo-L)  
エッジチップ  
電圧検出部品  
電源コネクタ
- 自動車**  
コネクタ用NiTi合金  
ステンレス鋼ワイヤローフ
- テストロニクス**  
誘電体共振器 (共振器、音・発振器)  
電圧検出器 (共振器、音・発振器)  
磁気可変素子
- 医療**  
カテーテル  
マイクロチップ
- 産業・精密機器**  
ステンレス鋼製の器具  
(圧入器具、コネクタ用)  
電圧検出器



**PARKER SUPER NITRIDING**

パーカー・S・N工業株式会社

所在地 〒252-1108 神奈川県鎌倉市深谷上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



ISO9001 認証取得

顧客の信頼と満足を得る  
品質を安定的に供給する

ISO14001 認証取得

環境スローガン  
私たちは、地球にやさしく、  
人にもやさしい会社でありつづけます



**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 新潟市新飯田 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/>

計 19 社

**'16 SAS Symposium ABSTRACTS**

平成 28 年 11 月 24 日発行

編集発行 SAS (Society of Advanced Science)

〒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 J 館 4 階

TEL 0463-50-5505 FAX 0463-50-5506

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

© 2016 Society of Advanced Science