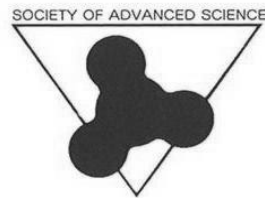


*29<sup>th</sup>*  
*'17 SAS Symposium*

***ABSTRACTS***



日時：2017年11月23日(木)、24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

29<sup>th</sup> '17 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>D-1</b> スターブ潤滑下における小口径ジャーナル軸受内の温度分布測定とキャビテーションの可視化</p> <p>*原田 拓也(東海大学工学部機械工学科), 成瀬祐太(東海大学工学部機械工学科), 石川 達也(東海大学工学部機械工学科)、</p> <p>**落合 成行 准教授(東海大学工学部機械工学科)</p> <p>**橋本 巨 教授(同左)</p>	<p>C: 機械・材料工学カテゴリ最終行へ追加</p> <p><b>C-11</b> スターブ潤滑下における小口径ジャーナル軸受内の温度分布測定とキャビテーションの可視化</p> <p>*原田 拓也(東海大学工学部機械工学科), 成瀬祐太(東海大学工学部機械工学科), 石川 達也(東海大学工学部機械工学科)、</p> <p>**落合 成行 准教授(東海大学工学部機械工学科)</p> <p>**橋本 巨 教授(同左)</p>
p. VII	<p><b>F-1</b> シートプラズマを用いたイオンの選択的加熱・分離実験</p> <p>*萩原聡(東海大学理学部物理学科)、鈴木浩頌(東海大学理学部物理学科)、濱田大樹(東海大学大学院理学研究科物理学専攻)、</p> <p>佐藤浩之助(中部電力)、河村和孝(東海大学)**</p> <p>利根川昭(東海大学理学部物理学科)</p>	<p>E: 光・プラズマ理工学カテゴリ最終行へ移動</p> <p><b>E-7</b> シートプラズマを用いたイオンの選択的加熱・分離実験</p> <p>*萩原聡(東海大学理学部物理学科)、鈴木浩頌(東海大学理学部物理学科)、濱田大樹(東海大学大学院理学研究科物理学専攻)、</p> <p>佐藤浩之助(中部電力)、河村和孝(東海大学)**</p> <p>利根川昭(東海大学理学部物理学科)</p>
	<p><b>C-6</b> 異種気体間の対向置換流挙動の可視化と流量評価 -第3報: 熱対流コードによる解析-</p> <p>*千石英康、豊川権光(湘南工科大学)、田中賢、大川修平(湘南工科大学大学院)、**文沢元雄(湘南工科大学)</p>	<p>カテゴリ番号変更</p> <p><b>C-8</b> 異種気体間の対向置換流挙動の可視化と流量評価 -第3報: 熱対流コードによる解析-</p> <p>*千石英康、豊川権光(湘南工科大学)、田中賢、大川修平(湘南工科大学大学院)、**文沢元雄(湘南工科大学)</p>
	<p><b>C-8</b> 高速度カメラ撮影による物体の水面突入時の流動挙動の研究</p> <p>*九海一弥(湘南工科大学大学院)、杉本惣一郎(湘南工科大学)、藤本竜太(湘南工科大学)、宮澤佑一(湘南工科大学)</p> <p>**文沢元雄(湘南工科大学)</p>	<p>PDF 変換時の不備を修正</p> <p>カテゴリ番号変更</p> <p><b>C-9</b> 高速度カメラ撮影による物体の水面突入時の流動挙動の研究</p> <p>*九海一弥(湘南工科大学大学院)、杉本惣一郎(湘南工科大学)、藤本竜太(湘南工科大学)、宮澤佑一(湘南工科大学)</p> <p>**文沢元雄(湘南工科大学)</p>
	<p><b>C-9</b> 球状燃料を使用した高温ガス炉内の熱解析</p> <p>*橋本恵(湘南工科大学)、市岡智博(湘南工科大学)、鈴木優斗(湘南工科大学大学院)、**文沢元雄(湘南工科大学)</p>	<p>カテゴリ番号変更</p> <p><b>C-6</b> 球状燃料を使用した高温ガス炉内の熱解析</p> <p>*橋本恵(湘南工科大学)、市岡智博(湘南工科大学)、鈴木優斗(湘南工科大学大学院)、**文沢元雄(湘南工科大学)</p>

## 29<sup>th</sup> '17 SAS Symposium スケジュール

	11月23日(木)	11月24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, C11, D6, E1, E6~E11, G, H2, I1~I4, I6
10:15	ショートプレゼンテーション開始 企業技術発表: パーカーS・N 工業株式会社 発表領域 C1~C10, C12~C16, D1~D5, E2~E5, F, H1, H3~H13, I5	
	** 休憩 **	** 休憩 **
13:30	ポスター発表開始 発表領域 C1~C10, C12~C16, D1~D5, E2~E5, F, H1, H3~H13, I5	ポスター発表開始 発表領域 A, B, C11, D6, E1, E6~E11, G, H2, I1~I4, I6
	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
		閉会式終了次第、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 23日(木)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)。

お問合せは、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

## <29<sup>th</sup> '17 SAS シンポジウム実行委員会組織>

実行委員長	伊藤 健郎	日本ベルパーツ株式会社
現地運営委員長	松村 義人	東海大学 工学部 原子力工学科
実行委員	天野 忠昭	SAS テクニカルセンター
	岩瀬 満雄	SAS 事務局
	内田 晴久	東海大学 教養学部 人間環境学科
	内田 ヘルムート 貴大	東海大学 工学部 精密工学科
	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 電気電子工学科
	小栗 和也	東海大学 教養学部 人間環境学科
	落合 成行	東海大学 工学部 機械工学科
	川名 優孝	東京海洋大学 産学・地域連携推進機構 越中島O1A
	神田 輝一	関東冶金工業株式会社 技術開発室
	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
	木村 誠	岳石電気株式会社 技術開発部
	源馬 龍太	東海大学 工学部 材料科学科
	渋谷 猛久	東海大学 工学部 光・画像工学科
	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
	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 技術グループ
	安森 偉郎	東海大学 教育研究所
	山田 豊	東海大学 工学部 材料科学科 特任教授
	若木 守明	東海大学 工学部 光・画像工学科
	渡部 貴史	日鍛バルブ株式会社

(五十音順、敬称略)

## 29<sup>th</sup> < '17 SAS シンポジウム 題目一覧 >

会期 2017年11月23日, 24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 電子線照射による超音波振動子用 PZT の破壊靱性向上に関する研究

\*高橋杏奈(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、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)、\*\*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)

### B: 自然・環境エネルギー

#### B-1 Effect of High Impulse Voltage on Potential Induced Degradation (PID) Phenomena in Photovoltaic Modules

\*Suy Kimsong<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 Engineering, Tokai University

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

#### B-2 熱音響発電用リニア発電機の発電状態変化による熱音響動作への影響

\*吉川裕貴、粉純平(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)、\*\*金子哲也、佐川耕平、木村英樹(東海大学工学部電気電子工学科)

#### B-3 ピン入り ReBCO 線材のひずみによる超伝導特性

\*樋口雄飛(東海大学工学部材料科学科)、菅野未知央(高エネルギー加速器研究機構)、吉田隆(名古屋大学)、\*\*小黒英俊(東海大学工学部材料科学科)

#### B-4 異種超伝導線材の超伝導接続開発

\*武輪 裕之(東海大学工学部材料科学科)、\*\*小黒 英俊(東海大学工学部材料科学科)

#### B-5 超高電流密度 Nb<sub>3</sub>Sn 超伝導線材の熱処理条件最適化と超伝導特性の評価

\*永澤 諒紀(東海大学工学部材料科学科)、\*\*小黒 英俊(東海大学工学部材料科学科)

#### B-6 ReBCO 線材の曲げひずみ下における臨界電流密度の磁場角度依存性

\*畑野和大(東海大学工学部材料科学科)、三浦正志(成蹊大学)、一野祐亮(名古屋大学)、神原陽一(慶応大学)、\*\*小黒英俊(東海大学工学部材料科学科)

#### B-7 液中プラズマ法を用いたナノカーボンの作製および燃料電池用触媒への応用

\*遠藤 哲(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)、\*\*庄 善之(東海大学工学部電気電子工学科)

#### B-8 液中プラズマ法を用いた燃料電池用触媒の作製

\*吉川 翼(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-9 CNT 分散液を用いた燃料電池用 Pt 担持 CNT 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-10 **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(東海大学電気電子工学研究科), \*\* 庄善之(東海大電気電子工学科)
- B-11 **液中プラズマ法を用いたダイレクトメタノール燃料電池用触媒の作製方法**  
\*小坂井 健汰(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 **水素エネルギーシステムの普及におけるメタン化の意義と可能性**  
\*緒方理人、中川聖佳(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程), \*\*内田晴久(東海大学教養学部人間環境学科)
- B-13 **機械学習による電力需要予測**  
\*阿部航大(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)
- B-14 **インバータ装置を利用した V2H の実装**  
\*西沢 恭平、竹内 翔希(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-15 **小型発電機のデジタル制御**  
\*松井 春来・香山 将輝(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-16 **単相 BTB による周波数変換装置の実装**  
\*関口一嵩、井上和己(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)
- B-17 **低圧用三相 STATCOM の作製**  
\*今永諒、染谷瑞樹(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)
- B-18 **無効電力補償装置の実装と性能評価**  
\*石川裕也、久保田純(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)
- B-19 **燃料電池模擬電源装置の開発**  
\*長田 裕規(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、上村 晃毅(神奈川工科大学電気電子情報工学科) 池田 傑(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、小井沼 和哉(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-20 **燃料電池発電のためのスキャン型 MEPT 制御における検出時間制御**  
\*中里 有貴(神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科)、森 修人(神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科)、\*\*板子 一隆(神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科)
- B-21 **太陽光発電システムの新型 MPPT 制御方式の効果のシミュレーション**  
\*楊 帥(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), \*\*葛 強(揚州大学水利とエネルギー工学科)
- B-22 **はんだ接続した Y 系超伝導線材の引張応力下における挙動**  
\*小野寺 裕紀(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)、小黒 英俊(東海大学工学部材料科学科)
- B-23 **垂臨界水を用いた有機物分解からの水素生成**  
\*中村翔平(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程), \*\*内田晴久(東海大学教養学部人間環境学科)

## C: 機械・材料工学

- C-1 **バドミントンシャトルコックの空力特性 ～水鳥羽根製公式シャトルとプラスチック製練習用シャトルの比較～**  
\*片山 諒大(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 **横溝付円柱における抗力低減のメカニズムの解明**  
\*栗原 雄輝(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 **メカニカル安全装置を搭載した足関節用アシストスーツの開発(詳細設計)**  
\*金田 翼(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), \*\*甲斐 義弘(東海大学工学部機械工学科)
- C-4 **歩行者の歩行速度調整機能を回復させるための歩行訓練支援システム(トレッドミルの評価実験)**  
\*大滝 脩介(東海大学工学部機械工学科), 山口 蔵人(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), \*\*甲斐 義弘(東海大学工学部機械工学科), 菅原 憲一(神奈川県立保健福祉大学保健福祉学部), 黒澤 千尋(神奈川県立保健福祉大学保健福祉学部), 土田 将之(神奈川県立保健福祉大学大学院保健福祉学研究科)
- C-5 **メカニカル安全装置を搭載した股関節用アシストスーツの開発(詳細設計)**  
\*狩野 泰毅(東海大学工学部機械工学科), 尾崎 拓美(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), \*\*甲斐 義弘(東海大学工学部機械工学科)
- C-6 **メカニカル安全装置を搭載したリハビリテーション用アシストスーツの開発(M-QFDを用いた股関節用アシストスーツの基本設計の提案)**  
\*西谷 佑典(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), \*\*甲斐 義弘(東海大学工学部機械工学科)
- C-7 **メカニカル安全装置を搭載した新型膝関節用アシストスーツの開発 (新型膝関節用アシストスーツの詳細設計)**  
\*柳田 幸記(東海大学工学部機械工学科), チンタナー. N(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), \*\*甲斐 義弘(東海大学工学部機械工学科)
- C-8 **金属ゲルマニウムと二酸化ゲルマニウムの遊星ボールミルによる反応**  
\*大上 栞(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程), 岡部 準子, 田島 佳奈, 源馬 龍太(東海大学工学部材料学科), 内田 晴久(東海大学教養学部人間環境学科)\*\*小栗和也(東海大学教養学部人間環境学科)
- C-9 **メカニカルアロイング法による Cr-W 合金の作製及び評価**  
\*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)
- C-10 **D-He 混合プラズマ照射による複合型ダイバート模擬材料の表面拡散評価**  
\*鷺平 拓也(東海大学大学院応用理化学専攻原子力工学領域), 木ノ下 椋一(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), \*\*松村 義人(東海大学工学部原子力工学科)
- C-11 **核融合原型炉における新規燃料回収法の基礎研究**  
\*鷺平 拓也(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻), 木ノ下 椋一(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), \*\*松村 義人(東海大学工学部原子力工学科)

- C-12 **航空機用炭素繊維強化熱可塑性PC複合材料の強度に及ぼす電子線照射の影響**  
 \*露木徳哉(東海大学大学院工学研究科応用化学専攻)、北川将大(東海大学工学研究科電気電子工学専攻)、野村良(東海大学大学院工学研究科金属材料工学専攻)、Michael C. Faudree(東海大学工学研究科)、木村英樹(東海大学工学研究科電気電子工学科)\*\*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)
- C-13 **“Tabletop Size of the Factory”の構築を目指した超小型 NC 機の研究**  
 \*石橋 拓己(東海大学 工学部 機械工学科)、高橋 慧 (東海大学 工学部 機械工学科)、富田 昂希(東海大学 工学部 機械工学科)、松本 敏幸(東海大学 工学部 機械工学科)、\*\*村山 省己(東海大学 工学部 機械工学科 特任教授)
- C-14 **超音波振動を利用した新しい技法におけるネジの緩みの検査システムの研究**  
 \*渡辺 貴(東海大学 工学部 機械工学科)、岡道 航平(東海大学 工学部 機械工学科)、\*\*村山 省己(東海大学 工学部 機械工学科 特任教授)
- C-15 **炭素繊維強化熱可塑性 PP を用いた自動車用次世代構造複合材料におけるサイジング剤の影響**  
 \*北川 将大 (東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)、高瀬 早桐 (東海大学大学院工学研究科応用化学専攻)、露木 徳哉 (東海大学大学院工学研究科応用化学専攻)、北原 大輔 (東海大学大学院工学研究科応用化学専攻)、高橋 杏奈 (東海大学大学院工学研究科応用化学専攻)、内田 ヘルムート 貴大(東海大学工学部精密工学科)、Michael C.Faudree (東海大学大学院工学研究科)、利根川 昭 (東海大学理学部物理学科)、\*\*木村 英樹 (東海大学工学部電気電子工学科) \*西 義武 (東海大学工学部材料科学科)
- C-16 **SVC (Static Var Compensator:無効電力補償装置)の製作**  
 \*木村将也 (東海大学工学科電気電子工学科)、\*\*石丸将愛(東海大学工学科電気電子工学科)

## **D: 教育・基礎科学**

- D-1 **情報カードを利用した地球温暖化に関する学習の指導案作成**  
 \*阿部聡、吉原夕貴(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、\*\*小栗和也(東海大学教養学部人間環境学科)
- D-2 **メロディーロードから考える振動と音の関係を学ぶ教材開発**  
 \*黒崎洸(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 **金管楽器の音の変化から学ぶ気柱共鳴理解のための教材開発**  
 \*坂本祐菜(東海大学教養学部人間環境学自然環境課程)、\*\*小栗和也(東海大学教養学部人間環境学科)
- D-4 **色の変化を使って旋光を学ぶ教材開発**  
 \*野地彩水(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-5 **グラスハーブを教材利用するための振動解析～振動数と波動の関係**  
 \*三澤駿太郎、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-6 **走査電子顕微鏡用スパッタコータを用いたマグネトロンスパッタリング装置の作製**  
 \*谷田貝 昂平(東海大学工学部材料科学科)、塚越 麗仁(東海大学大学院工学研究科応用化学専攻)、豊田棕一(東海大学大学院工学研究科応用理学専攻 現 (株)昭和真空)、源馬 龍太(東海大学工学部材料科学科)、\*\*松村 義人(東海大学工学部原子力工学科)



## E: 光・プラズマ理工学

- E-1 **偏光子と位相子の同期回転校正法による4検出器型偏光計の測定精度の検討**  
\*高和研利(東海大学大学院)、若木 守明(東海大学名誉教授)、高和宏行(株式会社ユニオプト)、\*\*渋谷 猛久(東海大学)
- E-2 **核融合装置周辺でのデタッチプラズマのモデル解析**  
\*花井 啓利(東海大学理学部物理学科)、瀧本 壽来生(東海大学大学院理学研究科物理学専攻)、遠藤 隆太(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-3 **シートプラズマを用いた電気推進機における推力測定**  
\*吉田海理(東海大学理学部物理学科)、西村未来(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-4 **シートプラズマを用いたオーロラの揺動に関する基礎実験**  
\*原和樹(東海大学理学部物理学科)、遠藤隆太(東海大学大学院理学研究科物理学専攻)、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)、佐藤浩之介(中部電力)、河村和孝(東海大学)
- E-5 **核融合装置のダイバータ材料における重水素の吸蔵・透過特性**  
\*栗谷川翔(東海大学理学部物理学科)、林達也(東海大学理学研究科物理学専攻)、瀧本壽来生(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-6 **ハンディ型大気圧プラズマジェット発生装置の開発**  
\*榎園裕司、中澤克樹、庄司優介、\*\*桑畑周司(東海大学工学部電気電子工学科)
- E-7 **大気圧ラインプラズマの生成に関する研究**  
\*高島丈、秋山裕太、渡邊隆義、\*\*桑畑周司(東海大学工学部電気電子工学科)
- E-8 **大気圧プラズマジェット照射されたアルミ薄膜表面のXPS測定**  
\*春日直弥、小山慶、庄司佳弘、\*\*桑畑周司(東海大学工学部電気電子工学科)
- E-9 **大気圧プラズマジェットを用いた細胞への遺伝子導入**  
\*高沢歩、羽田清貴、三橋弘明(東海大学工学部生命科学科)、\*\*桑畑周司(東海大学工学部電気電子工学科)
- E-10 **大気圧プラズマジェットを用いたタール色素水溶液の脱色**  
\*井上倫弥、津金俊孝、小田慶喜(東海大学技術共同管理室)、\*\*桑畑周司(東海大学工学部電気電子工学科)
- E-11 **Tm,YbドープBaGd<sub>2</sub>ZnO<sub>5</sub>アップコンバージョン蛍光体の合成と発光特性評価**  
\*諸岡 夏実(東海大学工学部材料科学科)、田村 紗也佳(東海大学総合理工学研究科総合理工学専攻)、粕谷 航平(東海大学理学研究科化学専攻)、\*\*富田 恒之(東海大学理学部化学科)

## F: 有機・高分子材料

- F-1 電子線照射した医療用異種高分子材料の加圧熱処理による接着  
\* 高瀬 早桐(東海大学工学研究科応用理化学専攻), 内田 ヘルムート 貴大(東海大学工学部精密工学科), 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), \*\* 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)
- F-2 ポリエチレングリコール水溶液における不凍水と水の誘電緩和  
\*宮良政彦(東海大学理学部物理学科), 佐々木海渡(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), \*\*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)

## G: 生命生体理工学

- G-1 周期的に反転する視覚刺激への注意と脳波の関連性  
\*C.インオン(東海大学工学部), 木村達洋(東海大学基盤工学部), 圓城寺純矢(東海大学工学部), \*\*山崎清之(東海大学工学部)
- G-2 計算課題中の監視者との位置関係が計算者に与える影響  
\*小林夕杜(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-3 咬合圧を利用した BLE 無線通信式マウスガード型コントローラ  
\*安田 奈央, 戸本 佳佑, (東京医科歯科大学大学院), 竹内 周平, 関田 俊明, 水口 俊介(東京医科歯科大学歯学部), 横田 くみ, 當麻 浩司, 荒川 貴弘, \*\*三林 浩二(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)
- G-4 呼気中のイソプロパノール計測を目的とした生化学式ガスセンサ(バイオスニファ)  
\*岩崎 芳菜子, 簡 伯任(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 薬物放出システムのための異種接合を用いた化学駆動型減圧機構に関する研究  
\*杉山 武, 栗原 康司(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-6 二級アルコール脱水素酵素を用いたアセトン用バイオセンサ  
\*青田 崇志, 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-7 唾液糖計測を目的とした無線通信式マウスガード型バイオセンサの開発  
\*石川 竜也, 黒木 裕輔(東京医科歯科大学 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-8 バイオ蛍光式探嗅カメラ(Sniff-cam)を用いた生体由来エタノールガスの可視化計測に関する研究  
\*藤巻 久子, 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-9 各種置換ベンジルエステル系ポリマーの生体適合性について  
\*數内啓輔, \*\*望月明(東海大学工学部医用生体工学科)

- G-10 医療用コート材料の生体適合性について  
\*木村美佐、八幡千枝 \*\*望月明(東海大学工学部医用生体工学科)
- G-11 ポリメタクリル酸エステルの血液適合性に対する末端基の影響について  
\*武井稔典、\*\*望月明(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 磁界を利用した  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  スパッタ薄膜の配向性制御  
\*萩原 健(東海大学工学部材料科学科)、濱田 淳(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 めっき法により作製した  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  薄膜の EB 照射及び熱処理による性能の評価  
\*川平 暁人(東海大学工学部材料科学科)、山室大樹(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-3 めっき浴の浴温変化による  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  薄膜への影響と物性評価  
\*山口 将輝(東海大学工学部材料科学科)、山室 大樹(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、\*\*高尻 雅之(東海大学工学部材料科学科)
- H-4 スパッタリング法による種結晶/ガラス基板を使用しためっき薄膜の性能評価  
\*牧岡 拓実(東海大学工学部材料科学科)、山室 大樹(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、\*\*高尻 雅之(東海大学工学部材料科学科)
- H-5 水素-アルゴン混合スパッタリングによる  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  薄膜の性能評価  
\*高野 晃輔(東海大学工学部材料科学科)、濱田 淳(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-6 Mg-Fe 系薄膜の作製と性能評価  
\*水野真帆(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、源馬龍太(東海大学工学部材料科学科)、内田ヘルムート貴大(東海大学工学部精密工学科)、浅香隆(東海大学工学部応用化学科)、\*\*佐藤正志(東海大学工学部応用化学科)
- H-7 RF スパッタリング法を用いた透明な太陽電池 P 型  $\text{CuAlO}_2$  半導体薄膜の作製  
\*クラウオン パガーイワン(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-8 RF マグネトロンスパッタリング法による水素センサーの作製および評価  
\*ジナーヌラック アランヤー(東海大学教養学部人間環境学科自然環境)、\*\*小栗和也(東海大学教養学部人間環境学科)
- H-9 グアニジン炭酸塩を原料とする透明光触媒作製の試み  
\*関根葉月(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-10 熱電子強化型イオンプレーティング装置による薄膜の形成  
\*篠岡 樹(東海大学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)、荒井伸亮(東海大学工学部原子力工学科)、内田 ヘルムート貴大(東海大学工学部精密工学科)、\*\*松村 義人(東海大学工学部原子力工学科)

- H-11 ソーダライムガラスに対する荷電粒子照射の影響  
\*今井亮介(東海大学工学部原子力工学科)、高橋杏奈(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、桑畑周司(東海大学工学部電気電子工学科)、西義武(東海大学工学部材料科学科)、\*\*松村義人(東海大学工学部原子力科学科)
- H-12 磁歪材料スパッタ薄膜における斜め入射の影響  
\*塚越麗仁(東海大学工学研究科応用理化学専攻)、山口健吾(東海大学工学部原子力工学科)、小池拓哉(東海大学工学部原子力工学科)、内田ヘルムート貴大(東海大学工学部精密工学科)、\*\*松村義人(東海大学工学部原子力工学科)
- H-13 スパッタリングにおける薄膜組織に及ぼす基板温度の影響  
\*阿野 香琳(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、塚越 麗仁(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、坪井 仁美(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)、内田ヘルムート貴大(東海大学工学部精密工学科)

## I: その他

- I-1 コーヒー粕抽出液の施用がコマツナの生育およびクロロフィル含有量に及ぼす影響  
\*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-2 誘電分光法による Poly(vinyl pyrrolidone)アルコール溶液における分子ダイナミクス  
\*藤井慎季(東海大学理学部物理学科)、萬代健太(東海大学大学院理学研究科物理学専攻)、高塚将伸(東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻)、佐々木海渡(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-3 氷結した Fructose 水溶液の X 線構造解析  
\*安川 裕生(東海大学理学部物理学科)、藤井 慎季(東海大学理学部物理学科)、木村 紗英(東海大学理学部物理学科)、高塚 将伸(東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻)、三澤 寿之(東海大学大学院理学研究科化学専攻)、伊藤建(東海大学理学部化学科)、\*\*新屋敷 直木(東海大学理学部物理学科)
- I-4 誘電分光法による氷結した Poly(ethylene imine)水溶液の水の緩和現象  
\*井上 紫央里(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 誘電分光測定による Poly(vinyl methyl ether)水溶液の水と高分子の分子運動とガラス転移  
\*高塚 将伸(東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻)、佐々木 海渡(東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター)、喜多 理王(東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター、東海大学理学部物理学科)、\*\*新屋敷 直木(東海大学理学部物理学科)、八木原 晋(東海大学理学部物理学科)
- I-6 カーボンファイバーを用いたクラシックギターの音色の電氣的分析  
\*遠山 飛鳥(神奈川工科大学工学部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)

以上

## 電子線照射による超音波振動子用 PZT の破壊靱性向上に関する研究

\*高橋杏奈(東海大学大学院工学研究科応用理学専攻)、露木徳哉(東海大学大学院工学研究科応用理学専攻)、峯岸明子(東海大学大学院工学研究科)、\*\*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)

### 【目的】

圧電セラミックスの中で優れた圧電性や焦電性を持つ Pb(Zr, Ti)O<sub>3</sub> 系の圧電材料 PZT は、最も利用されているエネルギー変換材料であり、超音波振動子などに応用されている。このように様々な用途に用いられているため、駆動素子の強度を高め、寿命を伸ばすことは常に重要な課題である。一方、セラミックス材料の場合、一般的に材料の破壊は試料表面の欠陥を起点として起こる場合が多く、クラックの発生と伝播により脆性破壊が生じる。材料からクラックの発生源を完全に除去することは不可能なため、脆性改善プロセスは、主にクラックの伝播を抑制するが多い。この脆性改善プロセスには、表面欠陥や亀裂の除去および圧縮応力付加などが挙げられる。

本研究では、過去の研究において 100 kV 級加速電圧の低エネルギー電子線照射処理を施すことにより、PZT 酸化物セラミックスの衝突疲労寿命の長寿命化を報告している。そこで本研究では、圧電薄板 PZT に対する、電子線照射処理が破壊靱性および、本研究ユニットが提案している亀裂発生・伝播抵抗値に及ぼす影響について検討を行った。

### 【実験方法】

試料には圧電薄板 PZT 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 132 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、圧電薄板 PZT の電子線侵入深さは 30 μm 程度と計算出来る。電子線照射処理後に破壊伝播抵抗の指標として破壊靱性を算出した。なお、破壊靱性値は PZT が極度に脆く、引張試験が困難であるため、硬さ試験機の圧痕による微小塑性変形を利用して検討した[1]。

### 【結果】

圧電薄板 PZT に電子線照射処理を施し、試料について亀裂伝播抵抗の指標である破壊靱性と、本研究ユニットが提案している亀裂発生・伝播抵抗値を求めた。その結果、電子線照射処理は破壊の伝搬機構を抑制するだけでなく、発生機構にも強く影響を与えている可能性が高く、適度な量の電子線照射が破壊靱性の向上に効果的であることを明らかにした。

### 【参考文献】

[1] Y. Nishi, T. Katagiri, T. Yamamoto, F. Kanai, N. Ninomiya, S. Uchida, K. Oguri, T. Morishita, T. Endo and M. Kawasaki: Applied Physics Lett., 58 (1991) 2084-2085.

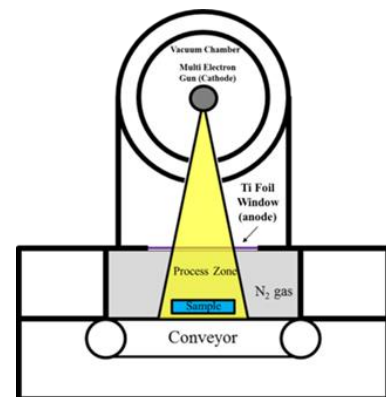


図 1. 電子線照射装置の模式図

# Effect of High Impulse Voltage on Potential Induced Degradation (PID) Phenomenon in Photovoltaic Modules

\*Suy Kimsong<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 Engineering, Tokai University

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

## 1. Introduction

Potential induced degradation (PID) is an undesirable phenomenon in photovoltaic (PV) modules. There have been several studies that reveal the factors of acceleration of PID in PV modules. Moreover, it has been reported recently that serious damages for solar power plants by lightning strike which has high voltage. In this study, in order to understand the effect of thunderbolt on PID in PV modules, thunderbolt was simulated by output of high impulse voltage generator to apply on PV modules. Then, effects on PID by impulse voltage application were investigated by several techniques.

## 2. Experimental

In this study, the multi-crystalline Si PV modules were used. Two different negative high impulse voltage levels of -20 kV and -40 kV were applied on two different PV modules, respectively. The cell of PV modules was connected to the negative high impulse voltage side and the aluminum frame was connected to the ground side. Additionally, PID test was performed by applying -750 V to the Si cell from an aluminum plate which was paralleled with a conductive rubber sheet and attached on the front cover glass of the PV modules at 75 °C for 2 hours. Three estimation methods were used to evaluate all the performances of the PV modules after PID test: (1) dark current-voltage (IV) characteristic measurement; (2) electroluminescence (EL) image; (3) leakage current measurement.

## 3. Results and Discussion

After applying negative high impulse voltage to all the testing PV modules, no physical damages were observed. However, there were some changes in electrical properties of each PV module after PID test.

### 3.1 The testing PV module at -20 kV impulse voltage

No surface sparking occurred in the PV module during impulse voltage application, and the duration of applying negative impulse voltage to the cell was 50 μs. After PID test, the leakage current between the electrodes and the frame at room temperature was approximately same for all the PV modules. The differences were observed in dark IV characteristic measurement and EL images, as illustrated in Figs. 1 and 2. The dark IV characteristic of the testing PV module was more degraded than the dark IV characteristic of the reference PV module. In addition, the dark area in EL image near the negative electrode side of the testing PV module was larger than the dark area of the reference PV module. Moreover, the overall EL intensity of the testing PV module was a bit weaker than the intensity of the reference PV module.

### 3.1 The testing PV module at -40 kV impulse voltage

The strong sparking occurred between the negative cell electrode side and the aluminum frame, and the radial sparking also occurred on the back surface of testing PV module during impulse voltage application. Although the duration of applying negative impulse voltage was only 1 μs, dark IV characteristic of the testing PV module after PID test was more degraded than the dark IV characteristic of the reference PV module. However, it was better than the dark IV characteristic of the testing PV module at -20 kV impulse voltage. The dark area in the EL image near the negative electrode and the overall EL intensity of the testing PV modules of applying -40 kV and -20 kV impulse voltage were approximately same, as shown in Fig. 2. The reproducibility of these differences is under investigation.

It can be concluded that the negative high impulse voltage accelerates potential induced degradation (PID) phenomenon in the PV modules.

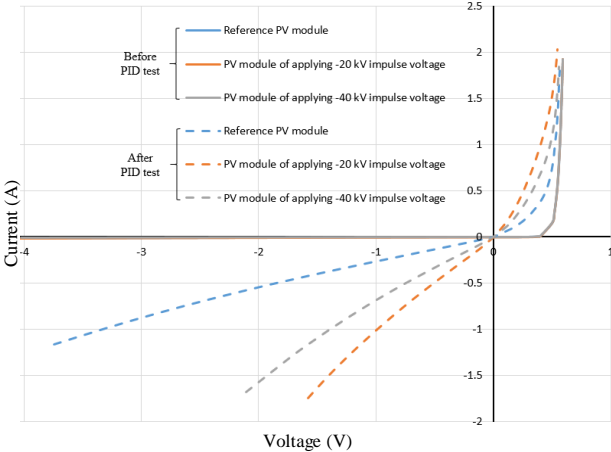
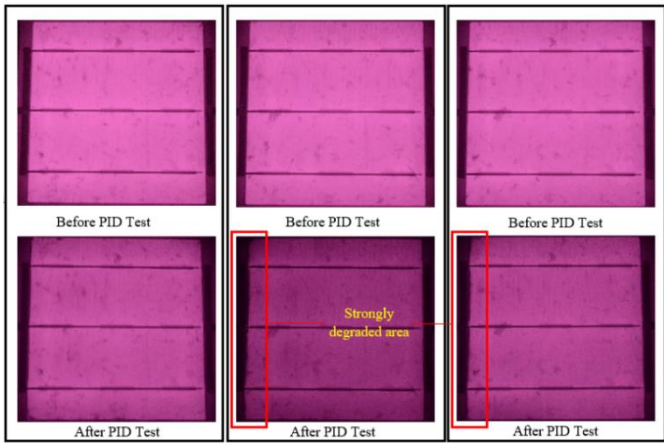


Fig. 1. Dark IV characteristics of the PV modules before and after PID test.



(a) Reference PV module (b) PV module of applying -20 kV impulse voltage (c) PV module of applying -40 kV impulse voltage

Fig. 2. EL images of the PV modules before and after PID test. In all images, left side is the negative electrode side.

## 熱音響発電用リニア発電機の発電状態変化による熱音響動作への影響

\*吉川裕貴、粉純平（東海大学大学院工学研究科電気工学専攻）

\*\*金子哲也、佐川耕平、木村英樹（東海大学工学部電気電子工学科）

### 1. 研究背景・目的

排熱中のエネルギーを高効率で回収できる方法として熱音響機関があるが、これをリニア発電機と音響結合させることで発電を行える熱音響発電が注目を集めている。熱音響発電は熱音響機関とリニア発電機の間でインピーダンスマッチングを行う必要があり、この状態でない場合には効率の低下ならびに熱音響機関が停止してしまう事が知られている。本研究では熱音響発電の実用化に向け、音響発電用リニア発電機の最適制御手法の確立を目指しており、今回はリニア発電機の発電状態を変化させた時の熱音響動作への影響を調査した。

### 2. 実験方法

今回の実験は、熱音響発電機の理想化モデルとしてスピーカーを使用した実験モデルを作製して行った。熱音響機関の出力を模擬する音波はウーファスピーカ（FOSTEX(株)、FW208N）で発生させ、リニア発電機として別のウーファスピーカ（FOSTEX(株)、FW108N）を使用し実験を行った。両スピーカーを長さ3.25 m、内径40 mmの塩化ビニール製円筒パイプで接続した。発電機に抵抗（18.9 Ω）とコンデンサ、シャント抵抗（0.01 Ω）を接続し、接続したコンデンサの静電容量を4.7～940 μFで変化させた時の出力電圧・電流の測定と管内の音場の変化を評価した。出力電圧・電流の測定にはデータロガー（グラフテック(株)、GL900）を用いて、電流はシャント抵抗両端の電圧より求めた。塩ビパイプの2.97 m、3.07 mの位置に半導体圧力センサ（JTEKT(株)、PD104K）を、専用アンプ（JTEKT(株)、AA6210）を介して取り付け、Two-sensor法により管内の圧力振幅と流速振幅及び音響パワーの算出を行った。

### 3. 結果・考察

図1は静電容量の変化に対する出力電力と出力電圧・電流の位相差の変化を表したグラフである。グラフより、静電容量が増えることで出力電圧・電流の位相差が減少し、出力電力が増えていることが確認できる。しかし静電容量が180 μFを超えたあたりから、位相差は小さくなっているのに対して出力の電力にほとんど変化が起きていない。図2はTwo-sensor法で算出した発電機直前の音響パワーの静電容量による変化を表したグラフである。グラフよりコンデンサの静電容量が増えると音響パワーが下がっていることが確認できる。これより、発電機の動作状態の変化により熱音響動作が影響を受けることが確認された。またこの結果よりリニア発電機から効率よく電力を取り出せていても熱音響機関が効率よく動作するとは限らないことが考えられる。

今回は熱音響機関が理想的な動作状態で発電していることを仮定し実験を行ったが、現在、図3に示す熱音響機関実機において発電状態の変化に対する熱音響動作への影響を調査すべく装置の構成を行っている。ポスターではその結果も合わせて示す。

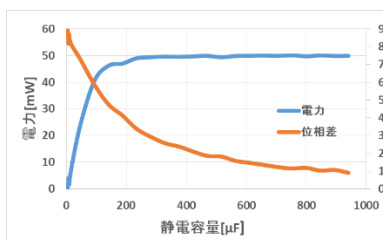


図1. 電力と位相差の変化

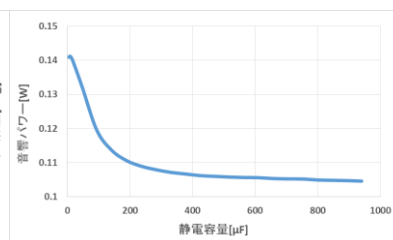


図2. 発電機直前の音響パワーの変化

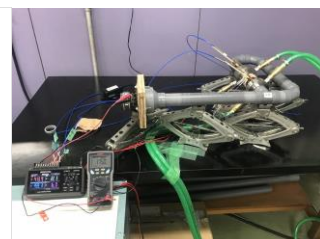


図3. 熱音響発電機の構成

## ピン入り ReBCO 線材のひずみによる超伝導特性

\*樋口雄飛(東海大学工学部材料科学科)、菅野未知央(高エネルギー加速器研究機構)、吉田隆(名古屋大学)、  
\*\*小黑英俊(東海大学工学部材料科学科)

### 【目的】

ReBaCu<sub>3</sub>O<sub>7-δ</sub> 線材(ReBCO、Re は Y または希土類元素)は、磁場中でも高い臨界電流密度( $J_c$ )を維持できることから、コイル応用をはじめとした高磁場応用への期待が高い。高温超伝導線材を実用化するためにあたって、高磁場利用において、大きな電磁力の発生は避けられない。これに対し、ReBCO 線材は、基板上に ReBCO を成膜して作られているが、基板に Hasteloy という機械的に強い材料を用いているため、引張り方向に非常に強い特徴を併せ持つことから、高磁場利用が期待されている。そのため、線材の使用環境である、低温強磁場下における機械特性と超伝導特性の評価の重要性が高くなっている。ReBCO 線材に引張りひずみを加えると、 $J_c$ は低下する。最近では磁場中通電特性を向上させるために、磁場の通り抜ける場所となるピンニングセンターを導入した線材が多く開発されている。ところが、線材にピンを入れることによる機械特性の変化や、ひずみと超伝導特性との関係性はよく分かっていない。そのため今回の研究ではピン入り ReBCO 線材のひずみ-超伝導特性の関係を調べることを目的とする。

### 【実験方法】

図 1 に測定した試料を示してあるが、これは名古屋大学・吉田研究室で作製された BaHfO<sub>3</sub> 添加 SmBCO 線材である。実験は東北大学の強磁場超伝導材料研究センターで超伝導マグネット中に引張り試験機を挿入した状態で実験を行なった。この時の概略図を図 2 に示した。線材にひずみを加えながら、低温強磁場環境において臨界電流を測定した。ひずみは、線材の裏表に貼り付けたひずみゲージを用いて測定した。実験は、4.2 K で 18 T 以下の条件、77.3 K で 5 T 以下の条件の 2 条件で実験を行なった。ひずみは約 0.05% づつ変化させ、そのたびに通電試験を行ない、臨界電流の変化を評価した。臨界電流値は電界が 1  $\mu\text{V}/\text{cm}$  発生した時の電流値とした。



Fig.1 Samples with strain



Fig.2 The drawing of the tensile jig with a

### 【結果】

図 3 および 4 に 4.2 K での実験結果をしめした。 $I_c$ はひずみを加えていない状態で 17 (A) ほどであり、ひずみを与えると徐々に低下した。試料の弾性領域内であれば  $I_c$  の値は可逆的に変化した。77.3 K での実験結果は当日報告する。

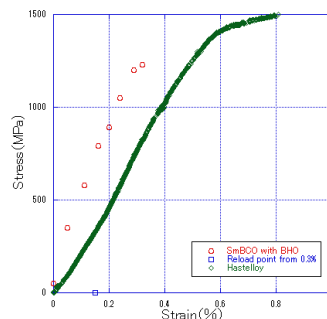


Fig. 3 The relationship between the stress and strain of the SmBCO wire.

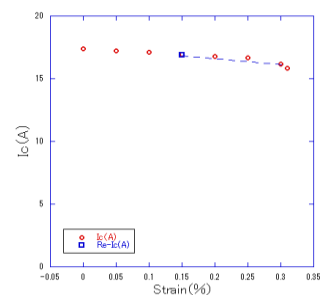


Fig. 4 The critical current as a function of Strain for the



## 異種超伝導線材の超伝導接続開発

\*武輪 裕之(東海大学工学部材料科学科)、\*\*小黑 英俊(東海大学工学部材料科学科)

## 1. はじめに

1 GHz (23.5 T) を大きく上回る超高磁場の NMR 磁石が、たんぱく質の構造解析などの分野で求められている。そのためには、NbTi、Nb<sub>3</sub>Sn、MgB<sub>2</sub>、REBCO、Bi2223 など特徴の異なる超伝導線材を、超伝導特性、機械特性を考慮して使い分ける必要がある。ここで、NMR マグネットには超精密磁場が必要であるため、電源からのノイズ遮断を行う必要があり、電源を切り離して磁場を保持するための超伝導接続技術が必須である。

現在は低温超伝導線材同士を超伝導接続する技術は存在するが、低温超伝導線材と高温超伝導線材などの異種超伝導体間の接続技術はないため、マグネット開発において、異種超伝導線材同士の接続技術が求められている。特に、冷凍機を用いることで 20 K 以上での使用を想定することで、異種高温超伝導体や MgB<sub>2</sub> と高温超伝導体の接続が必要となる。

そのために異種超伝導線材間の超伝導接続技術について、その接続方法に関して検討する。

## 2. 実験方法

超伝導接続実験用に Nb<sub>3</sub>Sn 線材、MgB<sub>2</sub> 線材、Bi2223 線材、YBCO 線材を用意した。MgB<sub>2</sub> 線材以外は市販されている線材を利用した。これらの線材を用いて、機械的な接触抵抗のみでの接続抵抗を測定するため、以下の処理を行った。

YBCO 線材の Ag 層をエッチングによって溶解させ、YBCO 表面を露出させた。Bi2223 線材に関してはやすりで削り、超伝導層を露出させた。この試料を、銅板で作製したジグで銅板との絶縁をとった状態でネジを用いて機械的に接続した。

この試料を用いて、 $T_c$  を測定した。低温電気抵抗測定装置に試料を取り付け、電気抵抗を測定しながら冷凍機によって冷却することで、電気抵抗の推移を観察した。電気抵抗がゼロになる点を臨界温度とし、これを評価した。

## 3. 実験結果と考察

はじめに、測定装置の性能確認と試料の臨界温度の確認のため、Bi2223 高温超伝導線材の試料を取り付け、冷凍機冷却下において室温から 20 K までの電気抵抗測定を行った。

Fig. 1 に Bi2223 の電気抵抗測定の結果を示した。図より  $T_c$  は 109 K であることが分かる。本試料を用いて接続を行った結果は、ポスターにて発表する。

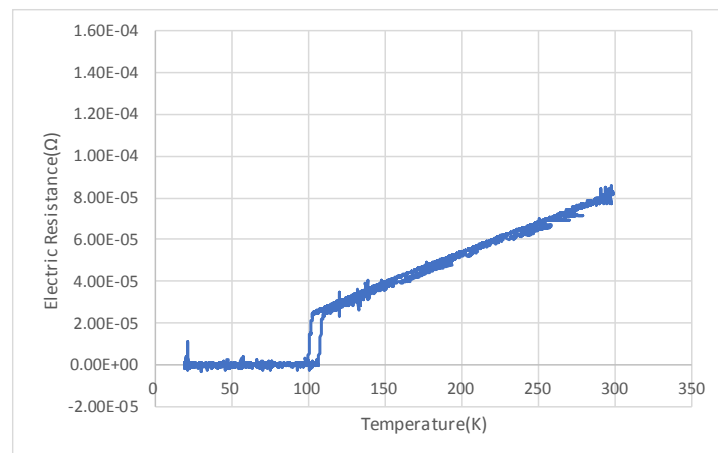


Fig. 1 The electric resistance of the Bi2223 wire as a function of temperature.

## 超高電流密度 Nb<sub>3</sub>Sn 超伝導線の熱処理条件最適化と超伝導特性の評価

\*永澤 諒紀(東海大学工学部材料科学科)、\*\*小黒 英俊(東海大学工学部材料科学科)

### 1.はじめに

Nb<sub>3</sub>Sn は、現在広く用いられている Nb-Ti 合金の、約 2 倍の上部臨界磁場  $B_{c2}$  を持つため、超伝導マグネットの発生磁場を大幅に高めることが出来る。そのため、新たな粒子加速器開発を進める上で、Nb<sub>3</sub>Sn 線材の利用が期待されている。特に、CERN にて計画されている次世代加速器では、16 T にて 1500 A/mm<sup>2</sup> の臨界電流密度を持つ線材が求められている。

本研究では、次世代加速器用 Nb<sub>3</sub>Sn 線材の開発を最終目的としている。そのために、内部拡散法 Nb<sub>3</sub>Sn 線材を用いて、その線材の熱処理の最適化を行うことを目的とする。

### 2.実験方法

使用した線材は、内部拡散法 Nb<sub>3</sub>Sn 線材である。これを以下の手順で熱処理と線材評価を行った。

- ①直径 0.459mm、0.542mm、0.638mm、0.751mm の Nb<sub>3</sub>Sn 線材を用意した。
- ②線材表面の酸化を防ぐため、線材を一本ずつステンレス管に入れた。
- ③ステンレス管の両端を圧縮機で潰し、これをアルミナボートに固定した。
- ④ステンレス管を電気炉に入れ、電気炉の中を真空にして熱処理を行った。この時、最終熱処理条件を 650°C200 時間と 670°C100 時間の 2 条件で行った。
- ⑤熱処理をした線材を、東北大学金属材料研究所強磁場センターの 18 T 超伝導マグネットを用いて、一定 (18T、17T、16T) 磁場中で臨界電流を測定した。
- ⑦その後、資料を研磨し断面を観察を行った。

### 3.実験結果

表 1、2 に熱処理した線材の臨界電流密度を示した。この結果より、線径が細いほど、電流密度は高くなることが分かった。また、650°C で熱処理を行った線材が、670°C で熱処理を行った線材より電流密度が高いことが分かった。

表 1 670°C 熱処理線材のクエンチ電流密度

線径 (mm)	0.638	0.751
クエンチ電流密度 (A/mm <sup>2</sup> )	333.043	295.835
超伝導部の電流密度 (A/mm <sup>2</sup> )	432.956	384.585

表 2 650°C 熱処理線材のクエンチ電流密度

線径 (mm)	0.459	0.542	0.638	0.751
クエンチ電流密度 (A/mm <sup>2</sup> )	415.776	379.116	357.400	308.838
超伝導部の電流密度 (A/mm <sup>2</sup> )	540.509	492.851	464.621	401.489

## ReBCO 線材の曲げひずみ下における臨界電流密度の磁場依存性

畑野和大(東海大学工学部材料科学科)、三浦正志(成蹊大学)、一野祐亮(名古屋大学)、神原陽一(慶応大学)、\*\*小黒英俊(東海大学工学部材料科学科)

### 【はじめに】

ReBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7- $\delta$</sub>  (ReBCO, Re:=Y or rare earth) 高温超伝導線材は、磁場中でも高い臨界電流密度( $J_c$ )を維持できることから、コイル応用をはじめとした高磁場応用への期待が高い。ReBCO 線材は、結晶軸を揃えることで高い  $J_c$  を実現しているが、 $c$  軸方向に磁場が加わると大きく  $J_c$  が劣化してしまう。このため、高磁場応用に向けた線材開発が進められており、 $c$  軸方向に、磁場を捉えるピンニングセンター(ピン)を導入し、磁場を  $c$  軸方向に印加した場合の  $J_c$  を向上させている。このピンを  $c$  軸相関ピンという。

ところで、ReBCO 線材においては、弾性変形範囲内でのひずみの発生による可逆的な  $J_c$  の変化が観察されている。最近の研究で、BaZrO<sub>3</sub>などをピンとして ReBCO と共に成長させると  $c$  軸相関ピンとなり、さらにピンの種類を変えると、ReBCO の成膜時に加わるひずみを制御できることが分かってきた。このことから、前述した 2 つの ReBCO 線材の特徴、つまり、ひずみによる  $J_c$  の変化とピンニングによる  $J_c$  の変化を組み合わせることで、通電特性を上げることができる可能性がある。

本研究では、ひずみとピンニングによる ReBCO 線材の超伝導特性の向上を最終目標として、比較的容易にひずみが加えられる曲げひずみを利用して、曲げひずみを印加した際の超伝導特性の変化を明らかにすることを目的としている。特に、磁場と試料の  $c$  軸と磁場の角度を変化させた時の  $J_c$  の変化を明らかにすることを目的とした。

### 【実験方法】

本研究では、成蹊大学三浦教授より提供していただいた、金属基板上に TFA-MOD 法で作製した(Y<sub>0.77</sub>Gd<sub>0.23</sub>)Ba<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub> ((Y,Gd)BCO)線材を使用した。

このサンプルに対し、ある曲率を持ったジグに固定した状態で、低温、強磁場中において  $J_c$  の磁場角度依存性、及び、臨界温度  $T_c$  の測定を行った。 $J_c$  の磁場角度依存性は、試料を回転させながら  $J_c$  測定を行うことで、測定した。これによって、曲げひずみを与えた際のサンプルの  $J_c$  の変化を調べた。曲げひずみは、0, 0.2%, 0.4%とし、5 T 以下、77.3 K にて測定を行った。

### 【実験結果】

図 1 に臨界電流の磁場角度依存性を示した。図より、磁場角度 90° のとき臨界電流密度はピーク値を示した。これは、(Y, Gd)BCO の結晶構造によって現れる特徴である。測定したすべての角度匂いて、0.4%の曲げひずみを与えた試料の  $J_c$  が向上したことがわかった。

$J_c$  の磁場角度依存性と臨界温度の測定結果は当日報告する。

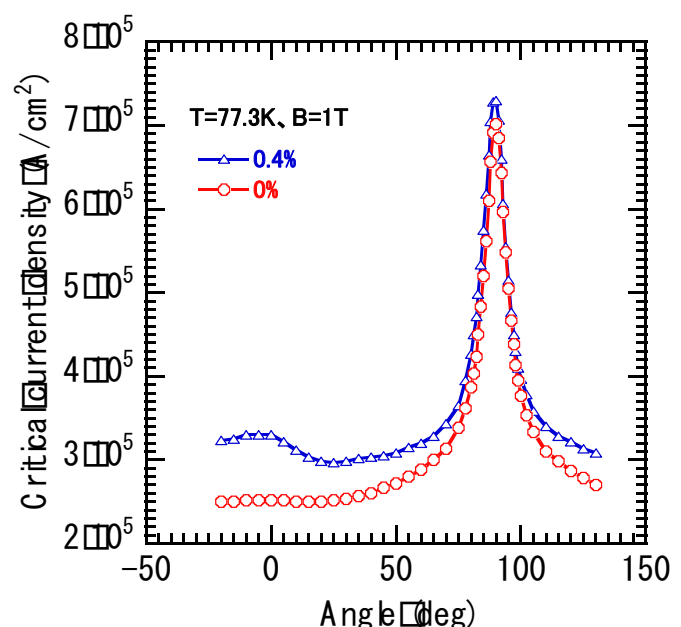


Fig. 1 Angular dependence of critical current densities for the SmBCO coated conductor with and without 0.4% bending strain.

## 液中プラズマ法を用いたナノカーボンの作製および燃料電池用触媒への応用

\*遠藤 哲（東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻），\*\*庄 善之（東海大学工学部電気電子工学科）

## 【背景】

固体高分子型燃料電池は、水素と酸素の電気化学反応を促進するために、カーボンブラック上に担持されたプラチナ(Pt)触媒を用いており、これが燃料電池の高価格化の要因となっている。

カーボンブラックやPtの比表面積を増やすことで触媒の効率を高めることができ、使用する触媒の量を削減することができる。燃料電池の更なる低コスト化のために、担持体として従来よりも微細なカーボン粒子が求められている。

## 【目的】

本研究では、液中プラズマ法を用いて従来のカーボンブラックより微細なナノカーボンを作製することを目的とする。また、作製したナノカーボンを担持体として、燃料電池用触媒を作製する。燃料電池用触媒の比表面積を増加させることで燃料電池のコストを大幅に削減することが期待できる。

## 【実験方法】

図1にナノカーボン作製に用いる液中プラズマ装置の概略図を示す。エタノール40[mL]中に2本のグラッシーカーボン電極を1[mm]間隔で設置し、パルス電源に接続した。電極間に4[kV]のパルス電圧を印加することで、エタノール中にプラズマを発生させた。パルス幅2.0[ $\mu$ S]、周波数30[kHz]、プラズマ発生時間60[min]とし、ナノカーボン粒子を作製した。また、エタノールを純水に変え、同条件で放電処理を行いナノカーボンの作製を行った。作製したナノカーボンをSEMで観察した。

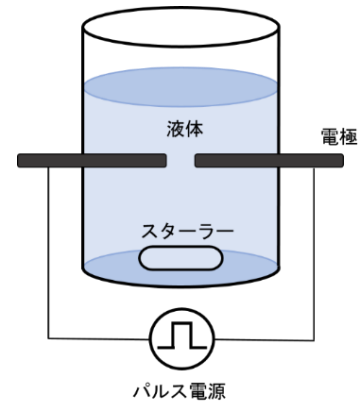
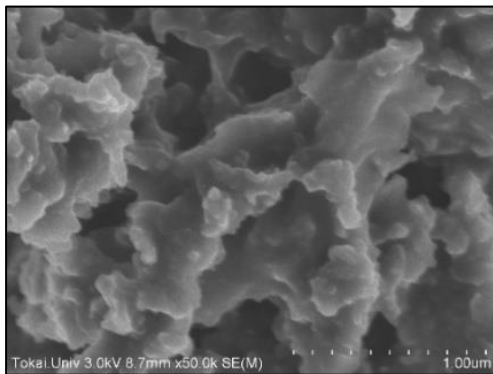
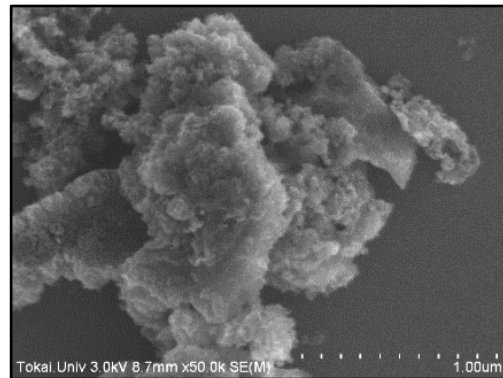


図1. 液中プラズマ装置の概略図

## 【実験結果・考察】

図2にエタノール中で放電処理を行い作製したナノカーボンのSEM画像を示す。図2からナノオーダーの物質が見られた。これはエタノールが放電処理により分解されナノカーボンができたと考えられる。図3に純水中で放電処理を行い作製したナノカーボンのSEM画像を示す。図3からも粒状の物質が確認できた。これはグラッシーカーボンが純水中にスパッタされてきたナノカーボンと考えられる。また、図2のナノカーボンに比べ細かい粒子が確認できたことから、今後燃料電池用触媒への応用を考えている。

図2. エタノール中で放電処理を行い  
作製したナノカーボンのSEM画像図3. 純水中で放電処理を行い  
作製したナノカーボンのSEM画像

## 液中プラズマ法を用いた燃料電池用触媒の作製

\*吉川 翼(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)

## 【背景及び目的】

固体高分子型燃料電池は水素と酸素の化学反応を利用した発電デバイスである。高い発電効率を持ちつつ発電時に排出するのは水のみであるため、次世代の発電システムとして期待されている。燃料電池には燃料である水素をイオン化させるため触媒として Pt が使用されている。しかし Pt は希少金属であるため、燃料電池の高コスト化の一因となっている。その為、燃料電池への Pt 使用量の削減が求められている。

そこで本研究では、液中プラズマ法を用いて従来より微細な Pt を作製し、表面積の大きいカーボンに担持させることで Pt 使用量の削減及び燃料電池の高出力化を目的とする。触媒の担持材には、高い導電性を持ち表面積が大きい CarbonBlackVulcan を使用した。また、Pt の微粒子化及びカーボン表面への担持には液中プラズマ法を用いた。液中プラズマは液体中の電極に電圧を印加しプラズマを発生させる。プラズマにより液体中で Pt をスパッタ処理し、カーボン表面に担持することで燃料電池用触媒を作製した。この液中プラズマの印加電圧を変化させることで燃料電池用触媒に含まれる Pt の比表面積を拡大し、燃料電池の高出力化を試みた。

## 【実験方法】

液中プラズマ法を用いて、印加電圧が 1.2[kV]と 2.8[kV]でスパッタ処理及び担持を行い燃料電池用触媒作製した。作製した燃料電池用触媒を用いた燃料電池の発電特性を測定し比較を行った。

実験手順を以下に示す。純水 40[ml]と CarbonBlackVulcan18.9[mg]を混合し、濃度 0.047[%]の混合液を作製した。混合液中に 2 本の Pt 電極を 1[mm]間隔で設置し、パルス電源に接続した。パルス電圧を 1.2[kV]及び 2.8[kV]、周波数は 30[kHz]を印加し、混合液中にプラズマを発生させた。Pt 担持量が 6.8[mg]になるようプラズマ放電処理を行い、カーボンに Pt を担持させた。その後、混合液を乾燥させ粉末状にした。粉末を二等分にし、それぞれに純水 112.5[μl]、ナフィオン液 112.5[μl]と混合して 3[cm]×3[cm]のカーボンペーパー 2 枚に塗布した。その後、215[°C]、圧力 170[kg]で 2 分間圧着して MEA を作製した。作製した MEA を燃料電池に組み込み、燃料電池評価装置を用いて水素流量 1.0[L/min]、酸素流量 1.0[L/min]、セル温度 70[°C]で発電特性を測定した。

## 【実験結果及び考察】

図 1 に電流変化に対する燃料電池の出力特性を示す。1.2[kV]を印加して作製した Pt 担持触媒の最大出力電力は 3.4[W]、2.8[kV] を印加して作製した Pt 担持触媒の最大出力電力は 3.1[W]であった。次に、図 2 に燃料電池のコールコールプロットを示す。2.8[kV] を印加して作製した Pt 担持触媒より、1.2[kV]を印加して作製した Pt 担持触媒の方が内部抵抗は小さくなった。

以上の実験結果から、液中プラズマ法を用いてカーボン表面上に Pt を担持させ、燃料電池用触媒として機能することを確認できた。作製した燃料電池用触媒を比較すると、2.8[kV] を印加して作製した Pt 担持触媒より、1.2[kV] を印加して作製した Pt 担持触媒の方が出力電力が大きくなった。これは、印加する電圧が低い方が微細な Pt を作製することができ、Pt の比表面積が増加するため効率よく化学反応が起きたからであると考えられる。

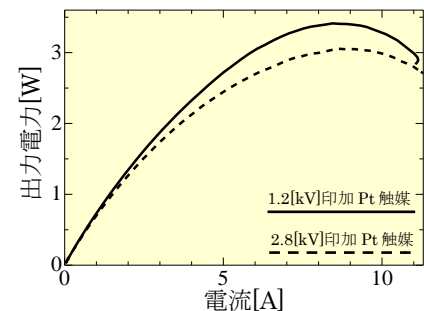


図 1, 電流変化に対する燃料電池の出力特性

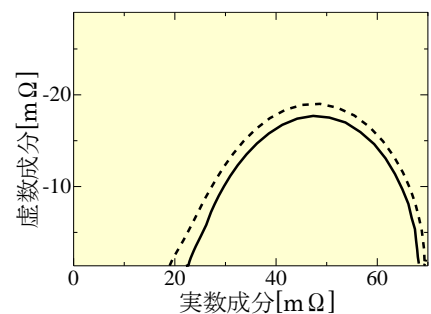


図 2, 燃料電池のコールコールプロット

## CNT 分散液を用いた燃料電池用 Pt 担持 CNT 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）

## [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を促進させるため、炭素微粒子の表面に白金（Pt）が担持された触媒が使われている。しかし、Pt の使用は燃料電池の高価格化の要因になっている。

本研究では、液中プラズマ法を用いて微細な Pt 粒子を作製し、Pt の単位質量当たりの比表面積を増加させることで、触媒に使う Pt の量の削減を目的とする。Pt の担持材料には、高比表面積および高い導電性を持つカーボンナノチューブ(CNT)を用いた。また、触媒の Pt を効率よく化学反応の促進に使うため、分散処理を行った CNT に Pt を担持させた燃料電池用 Pt 触媒を作製を試みた。

## [実験方法]

18.9mg の CNT に純水を混ぜ、湿式ジェットミル法で分散処理を行い、濃度 0.047% の CNT 分散液を作製した。分散条件は圧力 60MPa で分散処理回数は 0 回から 75 回行った。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、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。プラズマ放電処理は 20 分間行い、燃料電池用 Pt 触媒を作製した。作製した Pt 触媒を用い、燃料電池の発電性能の評価と燃料電池の内部抵抗を測定するため、インピーダンス測定を行った。

## [結果・考察]

図 1 に CNT の分散処理回数に対する単位 Pt スパッタ量あたりの最大出力と抵抗成分の変化を示す。分散処理回数を増加させることで、燃料電池の単位 Pt スパッタ量あたりの最大出力は 0.15[W] から 0.27[W] に増加した。インピーダンス測定から得られた直列抵抗成分は燃料電池の接触抵抗などに起因するもので 0.03[Ω] から 0.02[Ω] であり変化せず、並列抵抗成分は燃料電池の化学反応速度に起因するもので 0.8[Ω] から 0.4[Ω] に減少した。CNT に分散処理を行うことで燃料電池の最大出力が増加し、並列抵抗成分が減少した。これは分散処理を行う前の CNT は絡まり合い、凝集していたが、分散処理を行うことで絡まり合っていた CNT がほどけ、Pt を担持できる表面積が増加したためと考えられる。そして CNT に担持した Pt 微粒子同士の間隔が広がることで、Pt が効率よく化学反応を促進させたと考えられる。また、CNT の分散処理回数を増加させても燃料電池の最大出力と並列抵抗成分が変化しなくなった。

本研究では、液中プラズマ法を用いて CNT 表面上に Pt を担持させ、それが燃料電池用触媒として機能することを確認した。Pt を担持させる前の CNT に分散処理を行うことで、燃料電池の最大出力が増加することも確認した。

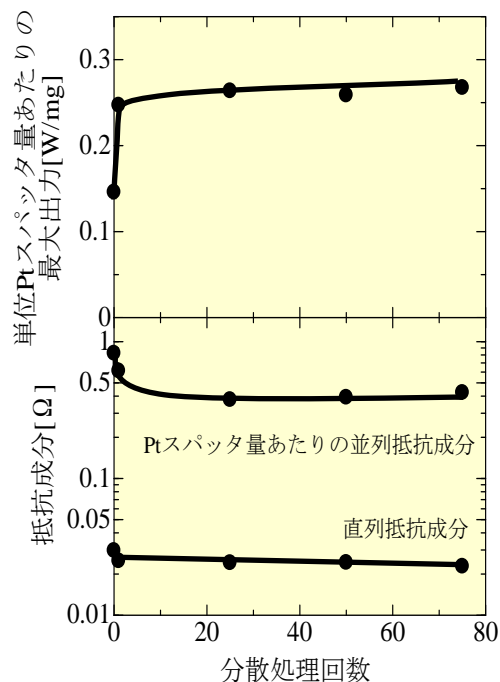


図 1. CNT の分散処理回数に対する単位 Pt スパッタ量あたりの最大出力と抵抗成分の変化

## 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 (東海大学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

CNTは電気導電性や熱伝導率が高く、現在CNT分散液の作製および応用の研究が多く行われている。従来までの研究ではジェットミル法を用いてCNT分散液を作製した。しかし、ジェットミル法では長いCNTがノズル内に詰まりやすく、高圧力によりCNTが切断してしまう問題があった。

本研究では液中プラズマ法を用いてCNTを水中に分散させる。液中プラズマ法は電離することで、種々のラジカルやイオン等の活性種が生成し、それらが溶液中のCNTと反応して、特異な反応場を形成する。このような反応場はCNTを水中に分散させることが可能である。本研究では多層CNT (VGCF) を液中プラズマ法でCNTを分散させる方法を検討した。また、作製したCNT分散液を燃料電池内のセパレータに防食膜として応用することを試みた。

## 実験方法

液中プラズマ法を用いてCNT分散液を作製するため、CNTとBrijS100を0.4gずつ純水38.2mlに加え、混合させ、超音波を用いて10分間予備分散を行った。この液中プラズマは2本のタングステン電極を1mm間隔で設定し、高圧パルス電圧を印加した。パルス電圧および幅は2.8kV、2.2 $\mu$ sとし、周波数は30kHzである。電圧印加によって、タングステン電極間にプラズマを発生させた。プラズマ放電処理時間は最長60分まで行った。

膜中のCNT濃度が25%になるようにCNT分散液とPTFEを混合させ、超音波を用いて20分間攪拌した。CNT/PTFE混合液40 $\mu$ 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 $^{\circ}$ Cで5分間焼成した後に、導電率を評価した。また、CNT/PTFE混合液300 $\mu$ lをセパレータに均一に塗布し、ホットプレートを用いて380 $^{\circ}$ Cで30分間焼成を行った。その後、燃料電池を作成し、発電特性を評価した。

## 結果・考察

図1にCNT/PTFE複合膜中のCNT濃度に対する導電率の変化を示す。CNT/PTFE複合膜の作製では放電処理を行った分散液と行っていないものを用いた。CNT/PTFE混合率を増加させることで、導電率が上昇したことが分かる。CNTが高濃度(50%~100%)の時に、放電処理による導電率上がった。これは複合膜の中にCNT量が多いため、電気が流れやすいと考えられる。一方、混合率が低い場合、放電処理ありと放電処理なしの差が大きくなった。CNTが低濃度(5%~25%)の時に、放電処理ありの方が高い導電率を得られた。CNT濃度10%の時、放電処理ありは放電処理なしと比較すると2.4倍導電率増加した。これは、分散処理によってCNTが分散され、膜中にCNTが均一に分散し、より多くの電氣的なネットワークが形成される。これにより、電気が流れやすくなり、導電性が上がったと考えられる。

図2に被膜行わない場合とCNT/PTFE被膜を行ったセパレータを用いた燃料電池の電流変化に対する電圧及び電力特性を示す。CNT/PTFE複合膜中のCNT濃度は25%である。作製した燃料電池の開放電圧は0.9Vであり、両方も同じだった。電流が増加させると電圧は降下した。被膜前と比べると、被膜後の電圧降下は緩やかになった。CNT/PTFE被膜後の燃料電池からは最大2.40Wの出力を得り、被膜前より若干上がった。

以上の結果から、液中プラズマ法でCNTを分散させることが出来た。作製したCNT/PTFE混合液が導電性を有したのは、絶縁体であるPTFEが高い導電性を持つCNTを添加することによって導電性を有したと考えられる。

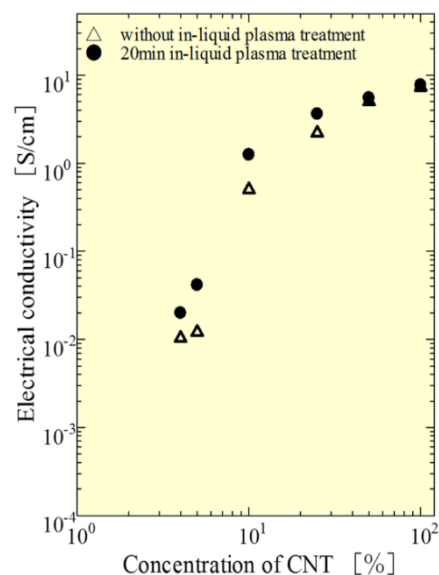


図1 CNT/PTFE混合率に対する導電率

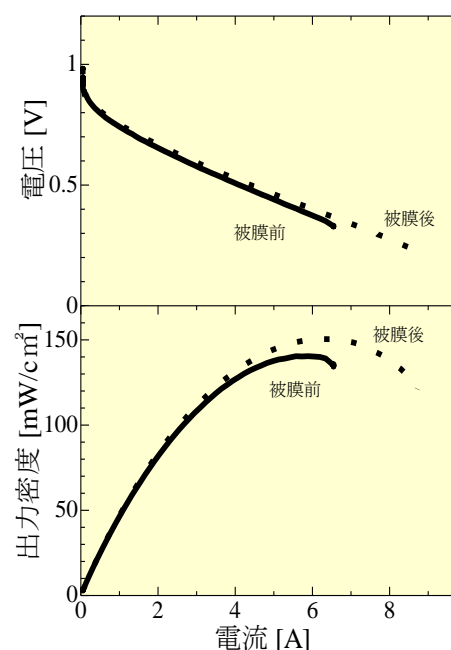


図2 電流変化に対する I-V 特性

## 液中プラズマ法を用いたダイレクトメタノール燃料電池用触媒の作製方法

\*小坂井 健汰 (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)

## [背景・目的]

ダイレクトメタノール燃料電池 (DMFC) はメタノールと酸素の電気化学反応で発電する発電デバイスである。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、DMFCは一般的な水素を燃料として用いる固体高分子型燃料電池 (PEFC) と比べ、燃料となるメタノールの分解速度が遅く、同量の触媒では出力が低くなる。このため、PEFCと同等の出力を得るためには、触媒中により多くのPt (白金) を担持すると共に、Ptの利用効率を高める必要がある。

本研究では、液中プラズマ法を用いることで、担持材により多くのPtが担持された触媒の作製を試みた。さらに、液中プラズマ法を用いることで従来よりも微細なPt粒子を作製し、質量当たりのPtの表面積を増加させる。また、比表面積の高いCNTをPtの担持材として用いることで、Ptの利用効率の向上を試みる。さらに、作製したPt触媒をダイレクトメタノール燃料電池に用い、出力の向上を図ることを目的としている。

## [実験概要]

24mgのMWCNT (Multi Wall CNT) (ナノシル社NC7000) および純水55mlを混ぜ、ジェットミルを用いて60MPa、25パスで分散処理を行い0.047%のMWCNT分散液を作製した。作製した分散液にPt粒子を担持させるため、40mlを直径約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ガラス製の容器に移し、パルス電圧2.8kV、周波数30kHzとし、放電処理時間をそれぞれ20, 30, 40分間とした。作製したPt触媒を用いてMEAを作製し燃料電池評価装置を用いて特性評価を行った。特性評価の条件はメタノール濃度6wt%、酸素流量0.5L/min、ヒーター温度70℃とした。

## [結果・考察]

Fig. 1に本研究でプラズマ放電処理時間を変化させて作製したPt触媒を用いた燃料電池の電圧-電流特性および、電流-出力特性を示す。開放電圧は0.4Vから0.5Vで、出力電流を増加させると電圧が降下した。最大出力は0.089Wから0.185Wとなった。プラズマ放電時間を増加させると出力が増加した。

Fig. 2に本研究でプラズマ放電時間を変化させて作製したPt触媒を用いた燃料電池のコールコールプロットを示す。コールコールプロットは燃料電池の内部抵抗の大きさを表しており、直列抵抗成分および並列抵抗成分を求めることができる。燃料電池は直列抵抗成分および並列抵抗成分が小さいと出力が大きくなる。Fig. 2に示す図より、プラズマ放電時間を増加させることで並列抵抗成分が減少した。このことから、出力が増加したと考えられる。しかしながら、現在市販されている燃料電池用触媒と出力を比較すると1/4程度と低いため、今後はさらに抵抗成分を低下させる方法を検討していきたい。

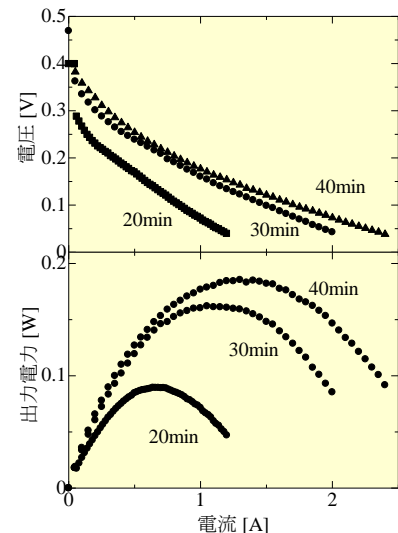


Fig.1 本研究で作製したPt触媒を用いて作製したダイレクトメタノール燃料電池のI-V特性および出力特性

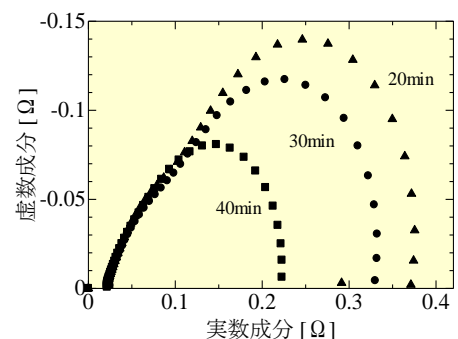


Fig.2 本研究で作製したPt触媒を用いて作製したダイレクトメタノール燃料電池のコールコールプロット



## 水素エネルギーシステム普及におけるメタン化の意義と可能性

\*緒方理人、中川聖佳（東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程）

\*\*内田晴久（東海大学教養学部人間環境学科）

## 【背景】

近年、水素エネルギーが注目されているが、水素は鋼材を脆化させる、爆発範囲が広いという性質がある。そのため、既存のインフラをそのまま利用できないことを考えると、水素エネルギーの普及の初期段階で水素をそのまま利用することは難しい。そこで、水素エネルギー普及における橋渡し技術として、水素 ( $H_2$ ) と二酸化炭素 ( $CO_2$ ) を触媒を用いて反応させることで、既存のインフラでも利用可能な、天然ガスの主成分であるメタン ( $CH_4$ ) に転換し、既存のインフラを活用しつつ、近い将来に、水素のためのインフラを整備していくことが考えられる。これまでサバティエ反応として、Ni やアルカリ系金属を触媒として用いたメタン化の取組の報告がなされてきている [1, 2] が、本研究では、代表的な水素吸蔵材料である  $LaNi_5$  を触媒として用いたメタン化を試みた。

## 【目的】

改良型高圧ジューベルト装置を用いて、 $H_2$  と  $CO_2$  から  $CH_4$  生成を試みた。より効率的な  $CH_4$  生成のため、触媒との接触時間を変化させ、生成するメタン量の割合を測定し、変換効率を求めることとした。

## 【実験方法】

図1に本研究で用いた装置を示した。本研究では、触媒として水素吸蔵材料である  $LaNi_5$  を用い、高圧ジューベルト装置の反応管の内部に入れ、外側から  $300^\circ C$  に加熱し、そこに混合ガスを透過させた。混合ガス ( $H_2:CO_2=1:1=12\text{bar}$ ) を V1 内に準備し、バルブ6によって流量を制御することで触媒を通過させる単位時間当たりの混合ガス量を変化させ、一定時間経過後の V2 中に増加した気体をサンプルバックで採取し、得られた気体をガスクロマトグラフィーで分析、 $CH_4$  の生成率を確認し、変換効率を算出した。

## 【結果と考察】

温度、圧力の条件をそろえて実験を行った場合、混合ガスを反応管へ導入する速度が遅い（接触時間が長い）場合、メタン生成割合が大きくなった。すなわち触媒に接触する時間が長いほどメタンへの生成率が高くなる結果となった。触媒との接触時間が最も短い場合のメタン生成率は3%であったが、最も接触時間を長くした場合のメタン生成率は22%となった。より効率的にメタン生成をするためには、触媒との接触時間をより長くすることが必要である。

## 【参考文献】

- (1) Hiroki Muroyama, Yuji Tsuda, Toshiki Asakoshi, Hasan Masitah, Takeou Okanishi, Toshiaki Matsui, Koichi Eguchi November, Journal of Catalysis, Volume 343, 2016, Pages 178-184,
- (2) 市川貴之, 小島由継 (広島大), クリーンエネルギー, Vol. 20 No. 6 Page. 18-21 (2011. 06. 10)

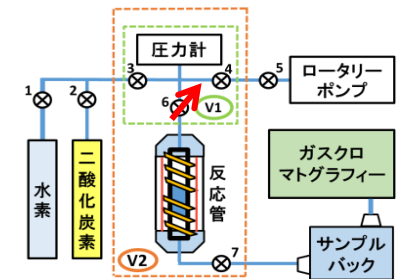


図1 改良型ジューベルト装置の概略

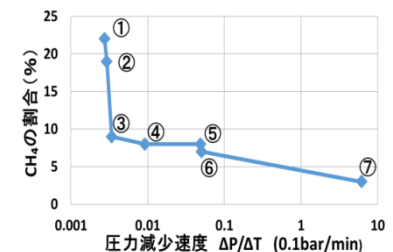
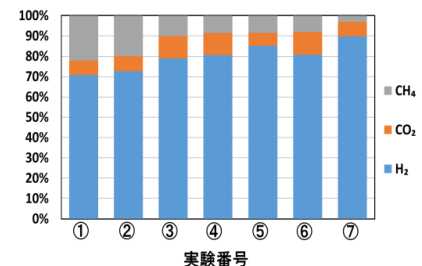
図2 圧力減少速度と  $CH_4$  発生量の関係

図3 発生気体の割合

## 機械学習による電力需要予測

\* 阿部航大（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.研究背景

電力需要予測は我々が日々不自由なく電気を使用するうえで欠かすことのできない重要な役割を担っている。発電する電力は、需要と供給のバランスが取れていないと周波数に変化してしまい、安定した電力供給ができなくなってしまう。そのため、事前に電力需要を予測しその需要に応えられる発電設備を備えておく必要がある。また、不慮の停電を防ぐためにも予備電力を常に備えておく必要があり、その予備電力の量を決めるためにも電力需要予測は欠かすことができない。予測に用いる方法は株価の予測などに使用されている機械学習を使用する。機械学習は大量のデータから、予測に必要な特徴を自動的に学ぶことで適切な予測が可能である。本研究では機械学習で電力需要の予測を行った。

### 2.需要予測の手法

電力需要予測を行う手法に、回帰モデルのランダムフォレストを使用した。

ランダムフォレストは、決定木を用いて多数の予測結果を平均化することで、決定木の過学習を平準化するアルゴリズムである（アンサンブル学習とも呼ばれる）。回帰でのランダムフォレストの学習手順を以下に示す。

1. ランダムにデータを選択する（サンプル数と特徴量を複数組分選択する）
2. 複数の決定木を作成する
3. 複数の決定木のデータの散らばりの特性から平均値の二乗誤差を出す

2014年の電力需要データから年月日、曜日、天気の時系列データを抽出して学習させる。

### 3.結果

図1で示した赤線が2016年の電力需要の実測値であり、青が2014年のデータで学習したモデルを使用して予測した出力結果である。

図2のグラフは図1の拡大したグラフである。高い精度で予測できた日もあるが、予測を大はずしする日もあった。さらに精度を高めるためには、データを追加して予測に使用する必要がある。

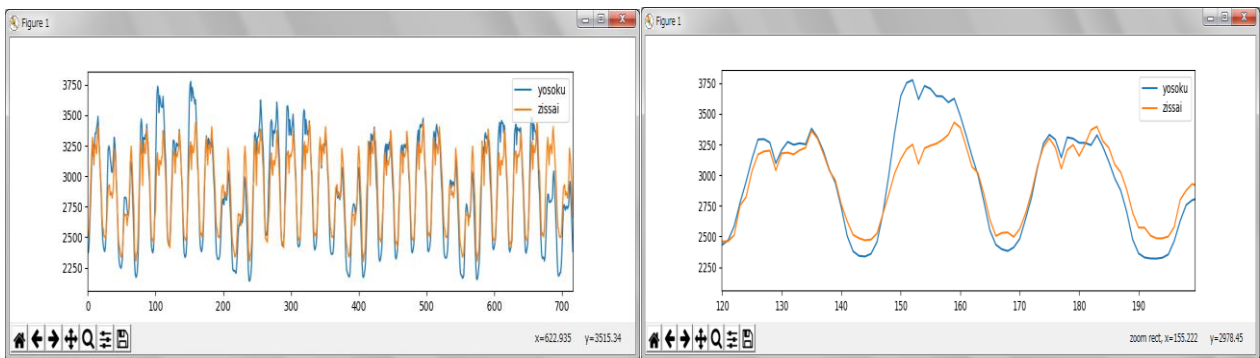


図1. 2016年のデータ予測グラフ

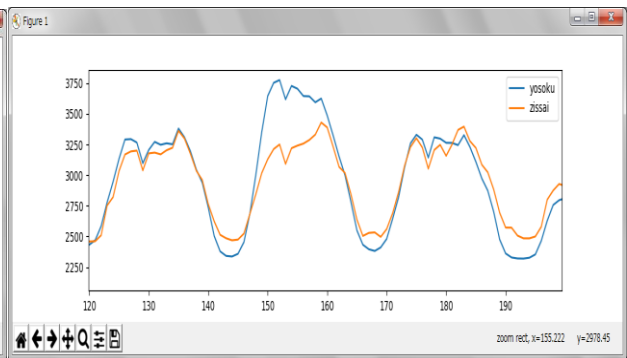


図2. データ数を減らしたグラフ

## インバータ装置を利用した V2H の実装

\*西沢 恭平、竹内 翔希（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

地球温暖化やエネルギー問題により、太陽光発電や風力発電などの自然エネルギーが世界的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、気象条件で発電量が変わるため、電力供給が一定ではない。これを補うため、太陽光発電と蓄電池を組み合わせることにより、昼間発電した電力を蓄電池し別の時間帯に使用でき、かつ、停電時や災害時に利用することができるという利点がある。この蓄電池として現在、普及が進んでいる電気自動車を利用するシステムが V2H (Vehicle to Home) 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インバータ装置を利用した V2H の実装を試みた。

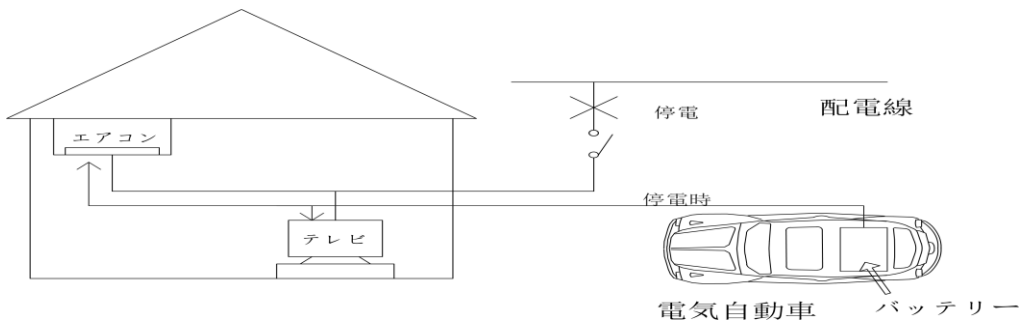


図 1 V2H の概念図

### 2. V2H (Vehicle to Home) の構成

V2H を実装するために Myway プラス株式会社のインバータ (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・まとめ

オシロスコープでインバータの電圧波形を観測した。図 2 は観測した電圧波形である。直流を交流に変換することが確認できた。DC/AC 変換されたことで V2H を実現することができる。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。

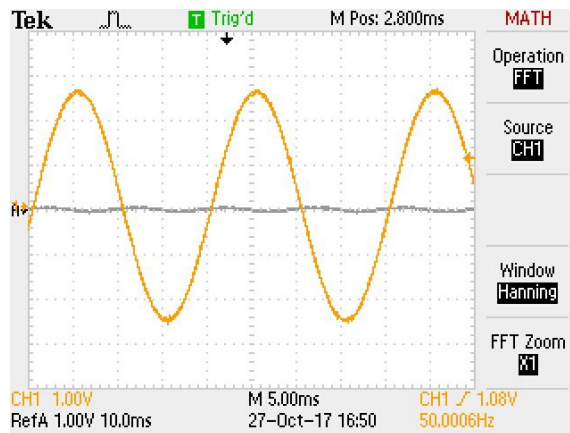


図 2 インバータの電圧波形

## 小型発電機のデジタル制御

\*松井 春来 ・ 香山 将輝 (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

近年、小水力発電などを利用したマイクログリッドの構築が進み、誘導発電機が大量に投入された場合の突入電流などの新たな問題が発生している。そこで、系統内に誘導発電機が数台連系されたときに発生する、突入電流などを測定するために、直流電動機と三同期発電機が繋がった実験装置を用いて、系統全体のベースとなる同期発電機を搭載したディーゼルエンジン発電機のモデルを作成し、負荷の状態に応じて、発電電圧と周波数を一定に保つ制御システムの開発を行った。

### 2. 制御理論

回転数と励磁電圧の制御には PI 制御を用いた。PI 制御とはフィードバック制御の一種であり、制御対象の出力と目標値との偏差を入力として、比例とその積分の 2 つの要素を用いた制御方式である。

### 3. 制御装置

本実験では、PI 制御を行うために、Arduino UNO とよばれるマイコンボードを利用した。Arduino UNO とは、米国 Atmel 社の開発したマイコン ATmega328P と様々な入出力システムを搭載したマイコン基盤である。

また、降圧型の DCDC コンバータを用いて Arduino から PWM 信号によって、DCDC コンバータの出力電圧が変化する制御装置 (パワー回路) を作成した。Arduino から送られる PWM 信号のデューティ比が上昇すると、出力電圧が上がり、下がると出力電圧が下がる事を確認し、直流電動機の界磁部と、同期発電機の励磁部に組み込んだ。

### 4. 周波数制御

同期発電機の周波数を一定に保つためには、回転数を常に一定に保つことが必要である。本実験では、タコゼネレータからの出力電圧を測定し、直流電動機の界磁電圧を調整することで、発電機の負荷が変動しても周波数を一定に保つことができることを確認した。

### 5. 発電電圧制御

同期発電機の発電電圧を一定に保つためには、負荷に応じて発電機の励磁電圧を調整する必要がある。本実験では同期発電機の端子電圧を測定し、励磁電圧を調整することで、負荷が変動しても発電電圧を一定に保つことができた。

### 6. 性能評価

発電機に定格の 80% (2A) の負荷をかけ、それをブレーカーで開放したときと、その後投入したときの周波数の変動を確認した。開放した直後は 50.7Hz まで上昇したが、そのあと 7 秒くらいかけて 50.0Hz に戻った。また、投入した直後は 49.1Hz まで周波数が落ち込んだが、同じく 7 秒くらいかけて 50.0Hz に戻った。これより、制御装置として問題なく動作することが確認できた。

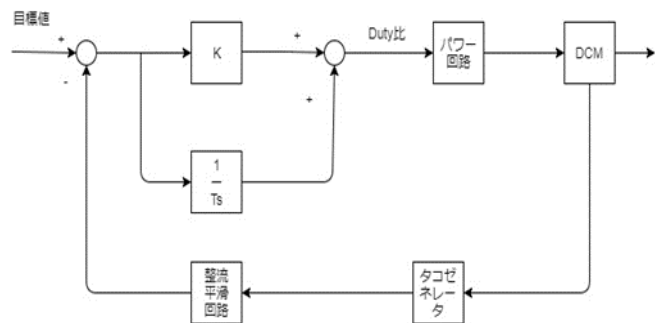


図 1 実験装置のブロック線図

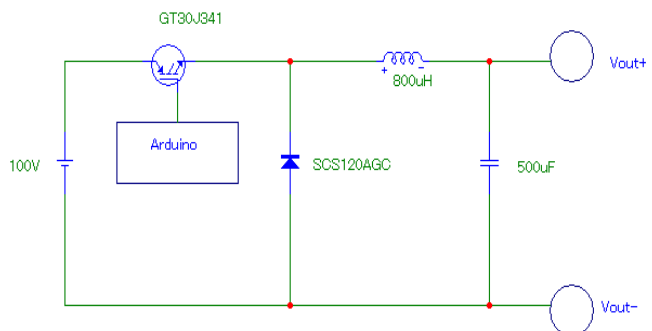


図 2 パワー回路回路図

## 単相 BTB による周波数変換装置の実装

\* 関口一嵩、井上和己（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である。実用例として佐久間周波数変換所や東清水変換所があり、異周波数の電力会社間の電力融通に使用されている。周波数変換装置は、間接式と直接式の2つに分けられる。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る。一方、間接式は、ある周波数を一旦直流に変換し（コンバータ）、直流から交流の周波数に変換する（インバータ）方式である。BTB（Back to Back）という名前の由来は、コンバータとインバータが背中合わせに組み合わせられているからである。本研究では商用周波数同士の変換である 50Hz から 60Hz、及び 60Hz から 50Hz の変換器の実装を目的とした。

### 2. BTB の動作原理

BTB の回路を図 1 に示す。IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）はパワー半導体デバイスであり、スイッチング素子である。コンバータで交流を一旦直流に変換し、インバータによって任意の交流に変換することができる。インバータの IGBT に与えるゲート信号を Arduino が制御する。回路構成を変更することなく双方向の電力周波数変換機能の役割を担うシステムとなっているのが BTB の特徴である。

### 3. BTB の製作

IGBT に与えるゲート電圧の制御をさせるために Arduino を使い、PWM（Pulse Width Modulation）信号を IGBT に送っている。図 1 では周波数 50Hz の交流を左側の電源から入力し、周波数 60Hz の交流を右側の電源として出力した。同じく図 1 で周波数 60Hz の交流を右側の電源から入力し、周波数 50Hz の交流を左側の電源として出力する BTB を作成した。

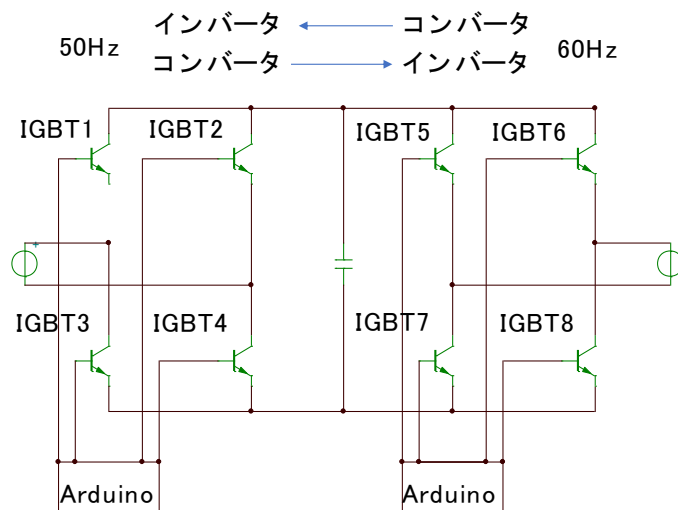


図 1. BTB (Back to Back) 回路図

### 4. まとめ

交流入力 50Hz に対して周波数 60Hz、交流入力 60Hz に対して周波数 50Hz の出力信号を得ることができた。しかし、得られた正弦波に高調波が重畳されていた。そのためフィルター等で高調波成分を除去することが今後の課題である。

## 低圧用三相 STATCOM の製作

\*今永諒、染谷瑞樹(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 (Static Synchronous Compensator : 自励式静止型無効電力補償装置) は、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制御器である。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。本研究では三相 STATCOM を製作した。

### 2. 三相 STATCOM の動作原理

三相 STATCOM は、出力電圧  $V_{ab}$ 、 $V_{bc}$ 、 $V_{ca}$  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。三相 STATCOM の回路図を図 1 に示す。

三相 STATCOM の主回路は、インバータとコンデンサで構成されている。まず、主回路に入力される交流電圧  $V_r$ 、 $V_s$ 、 $V_t$  を、インバータ部分にあるダイオード 6 個による全波整流回路によって直流に変換し、コンデンサを充電する。次に、このコンデンサを電源とし、系統側にインバータを用いて交流電圧  $V_{ab}$  を出力する。STATCOM は、入力電圧  $V_r$  と出力電圧  $V_{ab}$  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、無効電力を制御する。

インバータを制御するために、PWM 制御が使用される。PWM 制御は、変調波(正弦波)と搬送波(三角波)の電位を比較して、パルスを出力する。器として Arduino を用いて三角波比較方式を行った。三相 STATCOM による出力電圧  $V_{ab}$  の制御は、変調波の振幅を変化させることによって実現される。

### 3. 三相 STATCOM の製作

本実験では、三相 STATCOM の主回路と、IGBT のゲート信号の制御回路を製作した。制御回路は、三角波発生回路と反転増幅回路から出力する波形を比較するために Arduino を用いて構成した。

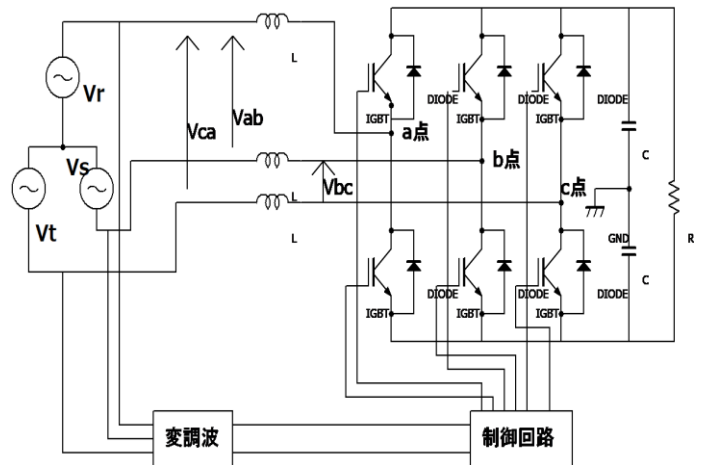


図 1 三相STATCOMの回路図

## 無効電力補償装置の実装と性能評価

\* 石川裕也、久保田純（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 (Static Synchronous Compensator : 自励式静止型無効電力補償装置) は、電力系統の無効電力補償装置である。STATCOM は出力電圧の大きさを変えることにより無効電力の「進み」から「遅れ」まで連続的に調整できるため、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 を作成して無効電力制御の性能を理論値と比較し、評価した。

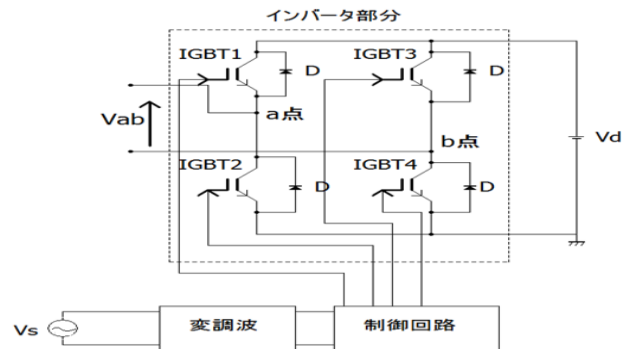


図1 STATCOMの主回路

## 2. STATCOMの動作原理

STATCOM は、出力電圧  $V_{ab}$  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。STATCOM の主回路を図1に示す。まず、主回路に入力される交流電圧を、インバータ部分にあるダイオード4個による全波整流回路によって直流に変換し、コンデンサを充電する。それを電源とし、系統側インバータを用いて交流電圧  $V_{ab}$  を出力する。その出力された電圧  $V_{ab}$  と入力電圧  $V_s$  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、無効電力を制御する。 $V_{ab}$  を制御するためにはスイッチングができる IGBT が必要である。IGBT 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。三角波比較方式とは、変調波と三角波の高低を比較することでスイッチング制御信号を生成する手法である。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。変調波の振幅の大きさを変えることにより、IGBT のスイッチングのオンとオフのタイミングが変化し、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 のゲート信号制御回路を作成し、無効電力制御の性能を評価した。制御回路は、三角波を出力する回路と arduino で構成した。

## 4. 制御性能評価結果

図1の変調波回路から出力される変調波の振幅を2.5[V]中心に増減させた結果が図2である。変調波の振幅を増加させると、STATCOM から出力される無効電力が増加し、振幅を減少させると無効電力も減少することが確認できた。また、三角波の周波数が低いと、理論値と乖離することが分かった。これより、三角波の周波数1[kHz]が最も理論値に近いと、本装置の制御回路の周波数として採用した。

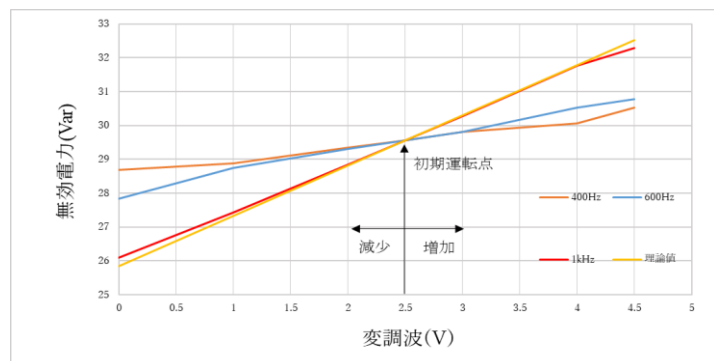


図2 STATCOMによる無効電力の変化

## 燃料電池模擬電源装置の開発

\*長田 裕規 (神奈川県立大学電気電子情報工学科)、 上村 晃毅 (神奈川県立大学電気電子情報工学科)  
池田 傑 (神奈川県立大学電気電子情報工学科)、 小井沼 和哉 (神奈川県立大学電気電子情報工学科)  
\*\*板子 一隆 (神奈川県立大学電気電子情報工学科)

### 1. まえがき

燃料電池は酸素と水素の化学反応によって発電する装置である。燃料電池は、ノートパソコンや携帯電話の電源として開発されているが、近年 FCV 等の移動体用の大型燃料電池が開発されるなど、その適用範囲が広がり、期待されている新エネルギーである。ところで燃料電池を使用する各種制御装置を開発する際には燃料となる水素を使用するため取り扱いが面倒である。

そこで本論文では、燃料電池の制御機器等を効率よく開発できる環境を構築するため、燃料電池模擬燃料装置の開発を行ったので以下に報告する。

### 2. 模擬燃料電池のシステム

図 1 は開発した燃料電池模擬電源装置の回路図である。基本的には降圧型 DC-DC コンバータで構成されている。回路は電源 E、MOSFET、ショットキーバリアダイオード、コイル、電流センサ、電圧センサからなる。制御には DSP (Digital Signal Processor) を使用した。また負荷には電子負荷装置を用いている。

### 3. 制御システム

電子負荷を CV モードにし、電子負荷で設定した電圧を電圧センサが読み取る。読み取った電圧を燃料電池の I-V 特性から求めた特性式に代入し、目標の電流値を定める。目標値と電流センサで読み取った実際の電流値から偏差を求める。次にその偏差を PI 制御にかけ、PWM(Pulse Width Modulation)し、その出力をもとに MOSFET をスイッチングし目標値に制御する。この方式では各種燃料電池の I-V 特性から特性式を求めることができればどのような燃料電池でも模擬することができる。

### 4. 実験結果

模擬する特性は、開放電圧 6[V]、最大電流 3[A]となっている。電源電圧  $E=10[V]$  とし、 $L=7.5[mH]$ 、スイッチング周波数 20[kHz] とした。電子負荷装置で電圧を 6[V]~1[V] まで順次変えていき測定した結果を図 2 に示す。同図より、特性式の I-V 特性と模擬燃料電池の I-V 特性は良く一致していることが確認できる。

### 5. あとがき

以上より、今回開発した模擬装置は、燃料電池の I-V 特性を模擬できることが確認できた。今後は水素の消費量も模擬できるようにする予定である。

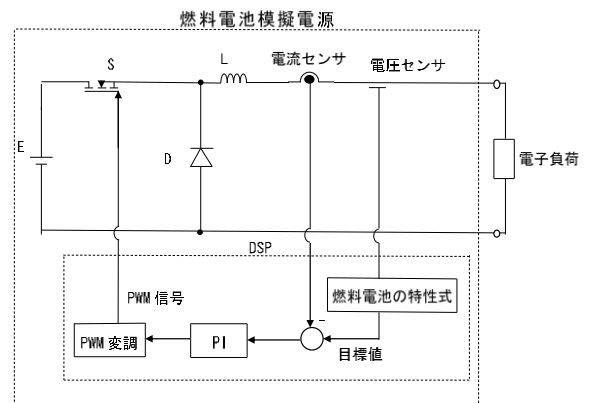


図 1 燃料電池模擬電源装置

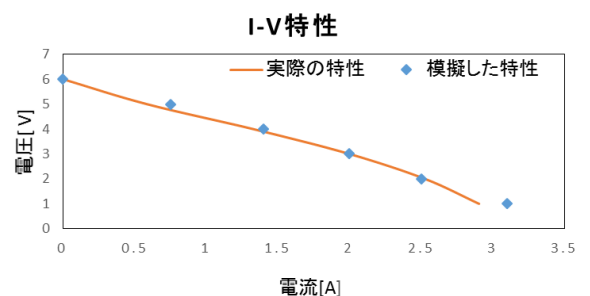


図 2 測定結果



燃料電池発電のためのスキャン型 MEPT 制御における検出時間制御

\*中里 有貴 (神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科)、森 修人 (神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科)、\*\*板子 一隆 (神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科)

1. まえがき

筆者らは先に、固体高分子形燃料電池 (PEFC) 発電システムの燃料消費を極力抑えるための高効率制御方式として、最大効率点を見つけるために水素流量を計測することなく、燃料電池の電圧と電流に基づいて検出する方法を提案した。しかし、この検出時間はコイルのインダクタンスLの値に依存するためLの値が小さいほど検出にかかる時間が短くなり過渡現象を含んだ検出結果となる。

そこで、本論文ではLの値に依存しないスキャン型MEPT (最大効率点追従) 制御を提案する。

2. 動作原理

図1は本実験に使用したシステムである。左から燃料である水素、燃料電池 (定格電力 100[W]、定格電圧 12[V]、定格電流 8.3[A])、入力側の電圧、電流センサ、昇圧型 DC-DC コンバータ、エネルギー蓄電要素としての電気二重層キャパシタ (110[F])、出力側の電圧、電流センサ、負荷、制御を実行するためのデジタル制御システム (DSP) という構成に

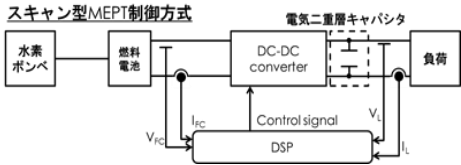


図1 スキャン型 MEPT 制御システム

なっている。スキャン型 MEPT 制御は、PWM 制御方式を用いて、三角波 (搬送波) と変化する信号 (基準信号波) を比較することによって、PWM 信号を得てその信号を MOSFET に印加することでスイッチングを行う。図2は、本制御方式の動作概念図である。燃料電池電流  $I_{FC}$ 、燃料電池電圧  $V_{FC}$  を検出し DSP で効率電圧  $V_e$  を計算している。効率電圧  $V_e$  は以下の(1)式から求める。なお、 $I_{FC0}$  は燃料電池の内部電流を示す。

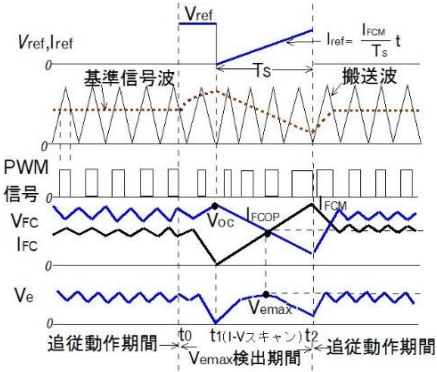


図2 提案方式の動作概念図

$$V_e = \frac{V_{FC} \cdot I_{FC}}{I_{FC} + I_{FC0}} \dots \dots \dots (1)$$

まず燃料電池を開放状態にし、その後基準電流に基づくように PWM 制御を行い燃料電池を最大電流  $I_{FCM}$  に近づける。基準電流  $I_{ref}$  は以下の(2)式から求める。

$$I_{ref} = \frac{I_{FCM}}{T_s} t \dots \dots \dots (2)$$

この過程で最大効率点となったときの電流  $I_{FCOP}$  となるように  $I_{FC}$  の制御を行う。なお、(2)式の  $T_s$  には任意の検出時間を設定することができる。

3. 実験結果

Lのみで検出動作を行うと検出時間は2[ms]程度であり、正確な検出を行うことが困難である。図3は図1のシステムを用いて、今回提案す

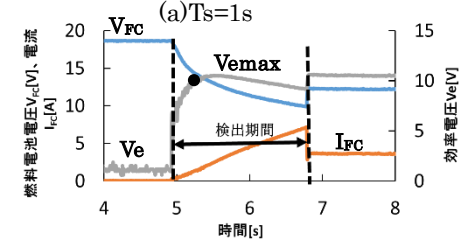
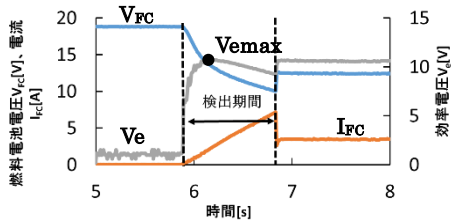


図3 実測波形

る制御方法を用いたときの実測波形である。同図 (a)  $T_s=1[s]$ 、(b)  $T_s=2[s]$  とした場合である。但し、負荷電圧は電気二重層キャパシタの許容電圧を超えないように設定し、スイッチング周波数  $f_{sw}=20[kHz]$ 、 $L=7.5[mH]$  である。両図より、検出動作時間はほぼ設定値通りとなっており、検出および追従動作が正確に行われていることが確認できた。

4. まとめ

以上の結果から、Lの値に依存することなく、検出動作時間を設定できることが確認できた。今後は負荷の変動に対応した電力制御および電気二重層キャパシタの電圧制御を行うためのシステムを構築する予定である。

## 太陽光発電システムの新型 MPPT 制御方式の効果のシミュレーション

\*楊 帥 (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)

\*\*葛 強 (揚州大学水利とエネルギー工学科)

## 1. はじめに

太陽光パネルに影が生じた場合、従来の MPPT (Maximum Power Point Tracking) 制御である山登り法は、部分影が生じた場合に、太陽電池の P-V 特性に複数のピークが発生し、最大電力点に追従できない場合があるという欠点がある。先に、本研究室では、この問題に対して、一定の間隔で P-V 特性をスキャンするスキャン法を山登り法と組み合わせることで、山登り法の欠点を補う新しい MPPT 制御方式を提案した[1]。そこで本論文では、シミュレータ PSIM を用いて、従来の山登り法と提案方式の取得電力の特性を比較し、提案方式の有効性を検討する。

## 2. 動作原理

図 1 に、P-V 特性を示す。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 2 に提案方式の動作原理を示す。一定の周期で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、P-V 特性を取得し、最大電力点  $P_{max}$  を検出する。本提案方式で最大電力点を検出し、動作点の補正を行い、次のスキャン周期まで山登り法で動作する。すなわち、影が生じ、最適動作電圧が大幅に変化しても最大電力点を追従することができる。

## 3. 実験結果

図 3 に PSIM でのシミュレーション回路図を示す。影がない場合とある場合に対応した、日射量を Lookup Table で入力した。電流及び電圧センサプローブで値を読み、デジタル制御機能 (C Block) により MOSFET のスイッチング制御を行う。山登り法と提案するスキャン法を組み合わせた方法について検討を行う。回路の具体的なパラメータを以下に示す。コイルのインダクタンス値は 7.5mH で負荷側電圧は 50V 一定とする。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。シミュレーション時間は 200 s に設定した。

図 4 に従来の山登り法と提案方式のシミュレーション結果を示す。両方式において影を付加することで電力が大きく下がることが分かる。提案方式ではスキャン動作により最大電力点を検出、電力がある程度回復していることが分かる。この結果から影が生じた場合でも、提案方式によって従来の山登り法より発電効率が向上することが期待できる。

## 4. まとめ

今回は山登り法とスキャン法を組み合わせた提案方式のシミュレーションを行った。シミュレーションの結果より、山登り法とスキャン法を組み合わせた方式では、太陽電池パネルに部分影が生じたときでも、発電効率を大幅に改善できることが分かった。今後は各種条件での効果を検討し、実際のシステムを用いて有効性を検証する予定である。

[1] 吉原、竹田、板子：28th '16 SAS Symposium ABSTRACTS, No. B-5 (2016 年 11 月)

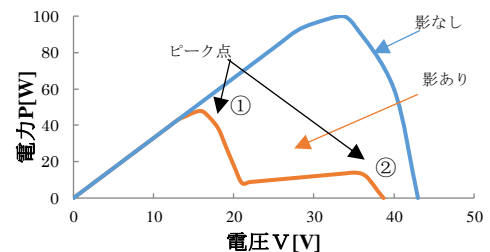


図 1 太陽電池の P-V 特性

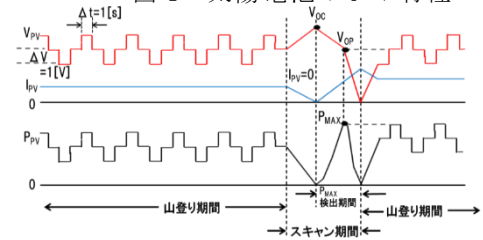


図 2 提案方式の原理図

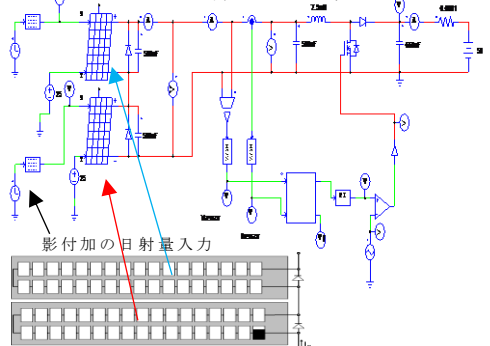


図 3 シミュレーション回路図

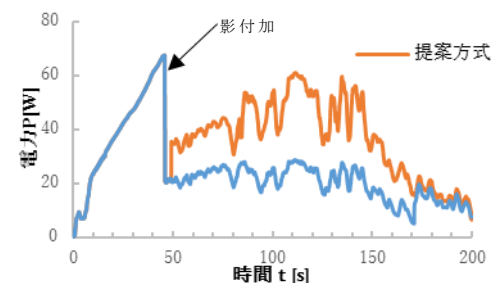


図 4 影付加時の電力特性の比較

## はんだ接続した Y 系超伝導線材の引張応力下における挙動

\*小野寺 裕紀（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）、小黒 英俊（東海大学工学部材料科学科）

【緒言】超伝導ケーブルは大電流を損失ゼロで送電できる為、その実用化が期待されている。超伝導ケーブルを高温超伝導体で作成することで、液体窒素温度で超伝導として利用できる為、低温超伝導を用いたケーブルより冷却コストが低く抑えられる。しかしながら、高温超伝導体は作製方法の関係から、その線材の長尺化は難しく、ケーブルとして使用する場合には必ずケーブル同士を接続する必要がある。超伝導ケーブルは、使用時に室温から冷却するため、熱収縮によって 0.2% 程縮むこととなる。このとき、長さに応じて収縮長が長くなり、ケーブルが固定されていることから収縮により発生した熱応力が一部に集中して大きな応力となる。特に接続部では、応力集中が起きやすいことから、接続部に集中する応力に対する接続部の性能を調べるのが重要である。過去の文献には、YBCO 超伝導線を用いてはんだ接続した線材の引張試験などが行われているが、接触抵抗および引張応力下における通電特性に関する研究報告はほとんどない。そこで本研究では市販されている超伝導線材を用いて 2 本の Y 系超伝導線材をはんだ接続した状態で引張応力下における超伝導線材の通電特性を調べた。

【実験方法】本研究では、American Superconductor 社製の YBCO 超伝導線を千住金属工業株式会社製の Sn-Bi 低温はんだを用いて接続した。4 cm の超伝導線を 2 本用意し、Fig.1 のように試料をはんだ付けにより接続し、測定用電圧端子をはんだ接続部の両端に取り付けた。次にひずみゲージを超伝導線部分とはんだ付け部分に接着し、接着剤を硬化させるため 80 °C で 6 時間の熱処理を行った。はんだによる接続及びひずみゲージの接着を確認し、通電引張試験機に試料を取り付け、液体窒素に浸漬した状態で電気抵抗測定及びひずみ測定を行った。線材の臨界電流値が高いことが予測されたため、数 A の電流を流した状態で引張応力を加えた。引張応力を加え、電圧が発生したときの応力値で、接続部にトラブルがあったと判断した。その結果より、どの程度のひずみ応力で発生するのかについて検討を行った。

【結果】通電試験の結果、はんだ接続による電圧降下が大きいと測定に熱的なエラーが入ることが懸念されたため、6 A の電流を流して引張り荷重を与えた。その結果、370 MPa 付近で電圧が発生した。試料の顕微鏡観察から、370 MPa で接続部に劣化が生じ始めることがわかった。更に電圧発生の原因ははんだ自体ではなく超伝導相が母材から剥離したことによるものであると考えられる。YBCO 超伝導線は基板に Ni 系合金を用いている為、比較的機械強度は高くなっている。しかし、YBCO 超伝導体は配向の関係から線材化する際は多層膜構造になっている為、剥離してしまう問題は避けられない。今後の実験では、はんだ量や使用する線材を変え、様々な条件下での結果の比較を行う。

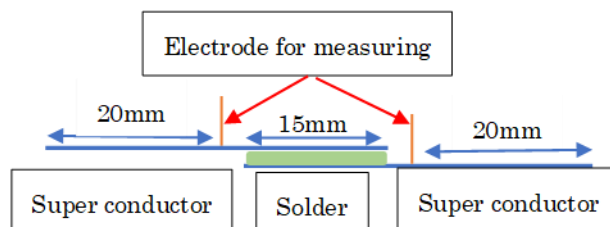


Fig.1 Schematic diagram of the sample with a solder joint.

【参考文献】 1) M.Sugano et al.: IEEE Trans. Appl. Supercond., 17 (2007) 3067-3070.

## 亜臨界水を用いた有機物分解からの水素生成

\*中村翔平（東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程）

\*\*内田晴久（東海大学教養学部人間環境学科）

### 【背景・目的】

現在、日本では1次エネルギーの大部分を化石エネルギー資源に依存している。特に、東日本大震災後、原子力発電所の稼働率が大幅に減少した結果、そのほとんどを火力に依存しているため、石炭、石油、天然ガスの需要は高まる一方である。日本では、化石燃料の約94%を海外からの輸入に頼っている現状がある。<sup>[1]</sup> 化石燃料の使用は、地球温暖化の原因として考えられている二酸化炭素を放出してしまう他、大気汚染や燃料そのものの枯渇の懸念、エネルギー安全保障上の課題等がある。このような問題を解決するため、再生可能エネルギーの普及、利用が求められている。しかしながら、再生可能エネルギーは天候に左右されやすく、安定したエネルギー供給が出来ないことに加え、エネルギー密度が低いという欠点がある。よって、これらの欠点を補い、解決するものとして、エネルギー媒体で利用可能な水素が注目されている。水素の製造は、化石燃料を用いた水蒸気改質法や部分酸化法があるが、本研究では新たな水素製造方法として、亜臨界水を用いて有機物から水素を生成する方法を検討した。亜臨界水は、水の誘電率やイオン積が常温・常圧の水と比較すると大きく、有機物の加水分解が促進される。<sup>[2]</sup> 本研究では、こうした性質を用い、より効率的な水素生成条件を模索した。

### 【実験方法】

実験装置は連続式超臨界装置を用いた。蒸留水にグリセリンを混ぜて、4wt%のグリセリン水溶液を作成した。反応管内を蒸留水で満たした後に圧力を10MPaにし、反応管を外部からヒーターで加熱し、反応管の温度を673Kまで上昇させた。試料供給速度

1.0ml/minで試料を60分間供給し、発生した気体を水上置換法で採集し、ガスクロマトグラフィーで成分・定量分析した。

### 【実験結果】

発生した気体からは、水素、メタン、二酸化炭素が検出された。メタンの発生はごく微量であったため、分解は十分に行われたと考えられる。発生した気体の割合は、82.9%が水素、16.9%が二酸化炭素、0.2%がメタンであった。二酸化炭素の発生量は、試料濃度や反応時間によって変わってくる事が分かっているため、今後はより水素の生成割合が高く、効率的に生成できる条件を模索していく。

### 【参考文献】

[1] 経産省 HP [http://www.meti.go.jp/policy/energy\\_environment/energy\\_policy/energy2014/kadai/](http://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/energy_policy/energy2014/kadai/) (2016/7/16)

[2] Ai MATSUI, Takahisa MIURA, and H. H. UCHIDA, Journal of Advanced Science, Vol. 23, No. 3&4 (2011), p32-33

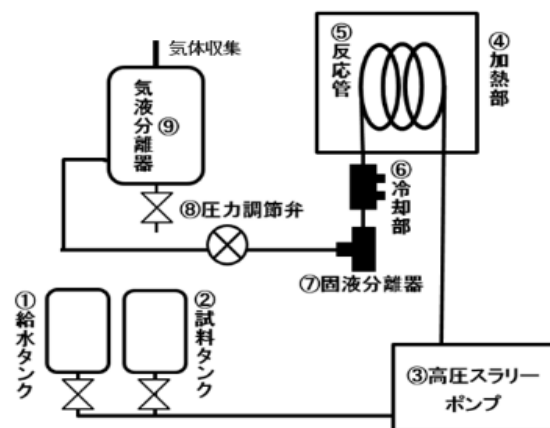


図1 超臨界実験装置の構造

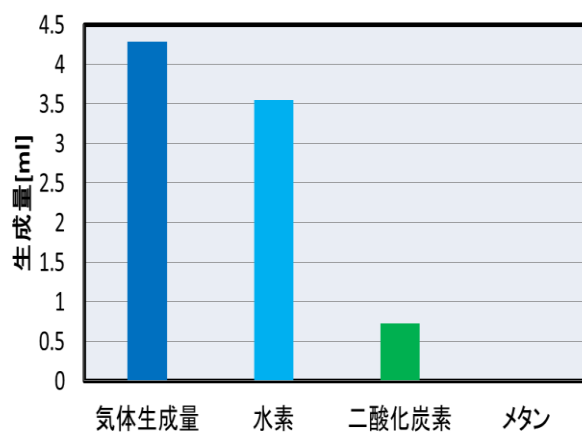


図2 発生した気体の生成量

## バドミントンシャトルコックの空力特性

### ～水鳥羽根製公式シャトルとプラスチック製練習用シャトルの比較～

\*片山 諒大（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

近年スポーツにおいて様々な形状の球が使用されている。その中でもバドミントンはシャトルコックを使用する競技でありシャトルコックはその特殊な形状から他の球技にはない高い減速特性と回転力を持っている。著者ら<sup>(1)</sup>の研究では公式水鳥製シャトルコックの回流水槽を使用した可視化実験を行っている。水鳥製シャトルコックはスロットから流れる流れとシャトルコックに沿って流れる流れとの間に速度差が発生していることが確認されている。そこで、シャトルコック更なる減速特性の解明のために、本研究では回流水槽を用いて公式水鳥製シャトルコックと練習用プラスチック製シャトルコックの可視化実験を行うことで公式水鳥製シャトルコックの空力特性を更に明らかにすることを目的とする。

#### 2. 実験方法および実験結果

本実験で使用したシャトルコックを Fig.1 に、回流水槽可視化実験の装置図を Fig.2 に示す。本実験では公式水鳥製と練習用プラスチック製の2つのシャトルコックを使用した。作動流体を水とした回流水槽中にシャトルコックを設置し、トレーサ粒子として平均粒径が  $50\mu\text{m}$ 、比重が 1.03 の ORGASOL 粒子を注入した。本実験ではシャトルコックは固定し実験を行った。レーザーライトシートは Green Laser Light sheet を使用し、高速度カメラは HAS-500 を使用し 200fps で約 10 秒間撮影を行った。また、本実験ではシャトルコックの後流と後端の2通りの実験を行った。また、測定レイノルズ数は  $Re=16000$  である。結果、水鳥製はスロットから後流へ流れ出た流れとシャトルコックに沿って外側に流れる流れとの間に速度差が確認できる。しかし、プラスチック製は速度差が水鳥製に比べ小さいことが確認できた。そのため、シャトルコック前後での圧力差は大きいと考えられる。また、水鳥製は渦が確認できるのに対し、プラスチック製は渦の確認ができなかった。

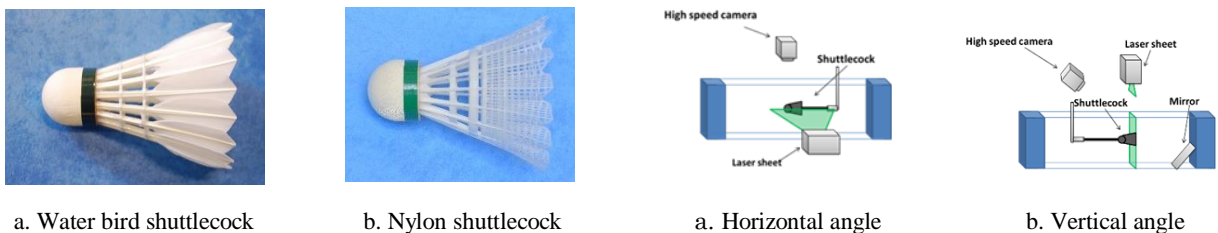


Fig.1 Experimental ball

Fig.2 Schematic diagram of water tunnel

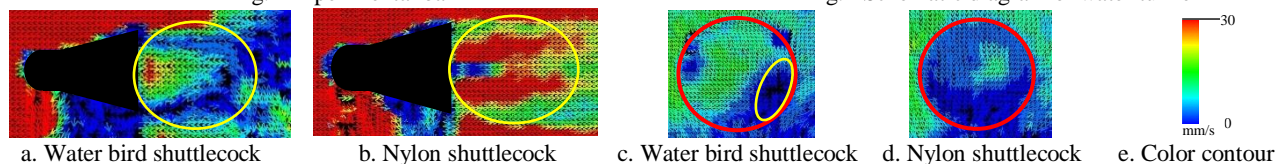


Fig.3 Experimental result of flow visualization (Horizontal and Vertical angle)

#### 3. 結言

水鳥製に比べてナイロン製はスロットから流れ込んだ流れとシャトルコックに沿って流れている外側の流れとの間に速度差が小さい。そのため圧力差は発生しないと考えられる。また水鳥シャトルコック後端には渦が確認できた。

#### 4. 参考文献

1) 片山諒大, 岡永博夫 バドミントンシャトルコックの空力特性 関東学生会第56回学生員卒業研究発表講演会 218

## 横溝付円柱における抗力低減のメカニズムの解明

\*栗原 雄輝 (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

流体力学において、機械製品の基本形状である鈍頭物体の空力特性を調査することは重要な課題である。これらの流れを把握することで、様々な機械製品への応用が可能であると考えられる。本研究では、円柱に横溝を施した際に抗力が約 28% 低減することが分かっている。しかし、抗力低減効果が発生する  $Re$  及び溝深さの調査が不十分であり、そのメカニズムも不明瞭である点が多い。そのため、本研究では溝の浅い溝付円柱における低  $Re$  での抗力測定実験及び、流れの可視化実験を行うことを目的とする。

## 2. 実験方法および実験結果

本実験で使用した横溝付円柱を Fig.1 に、抗力測定及び可視化実験装置の概略図を Fig.2 に示す。抗力測定実験の結果を Fig.3 に示す。これより、 $Re=0.75 \times 10^5$  の時に溝深さによる違いが見られ、 $Re$  上昇に伴って漸近することが明らかとなった。本実験では可視化実験には油膜法を用い、油が円柱から剥がれた位置を円柱の凹部と凸部計測しその平均をそれぞれの剥離位置とした。その結果を Fig.4, Fig.5 に示す。この結果より、円柱に横溝を施すことで、凹部の剥離角度は約  $80^\circ$  となり層流剥離である円柱と同値になるが、凹部の流れが凸部に流れ込むことで乱流剥離のように、凸部の剥離位置を後方に遷移させることで抗力が低減することが分かった。

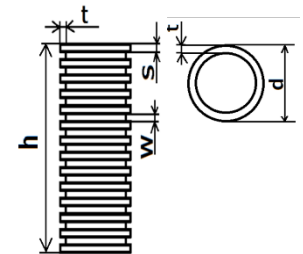


Fig.1 Experimental cylinder

## 3. 結言

Fig.3 より、円柱に横溝を施す事で、凹部の流れが凸部に影響し、剥離位置を後方に遷移している事が分かった。これにより抗力が低減し、 $Re$  上昇に伴って  $110 \sim 120$  前後に漸近することが分かった。また、抗力低減効果は円柱直径と溝深さの比が 0.05 の時にも存在した。また、溝が深いほど低  $Re$  でも抗力が低減し、その後  $Cd=0.7 \sim 0.75$  付近に漸近することが明らかとなった。

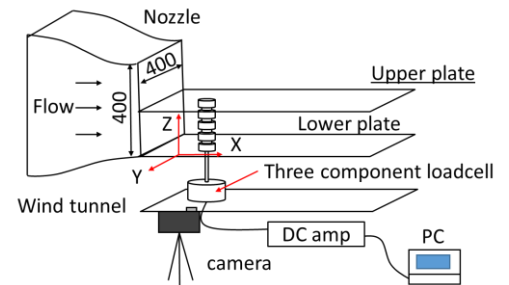


Fig.2 Setup of experimental

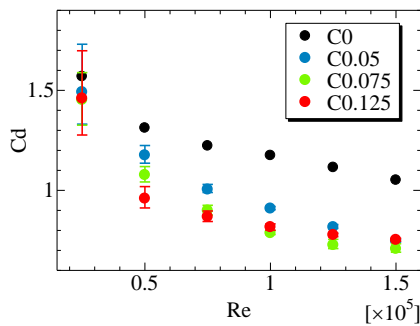


Fig.3 Drag coefficient of each

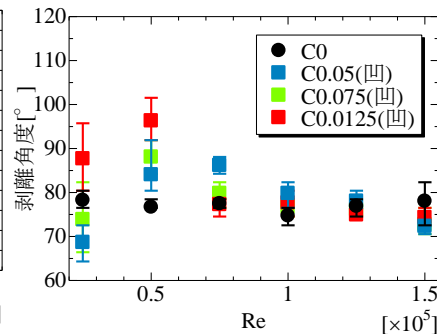


Fig.4 separation point (groove)

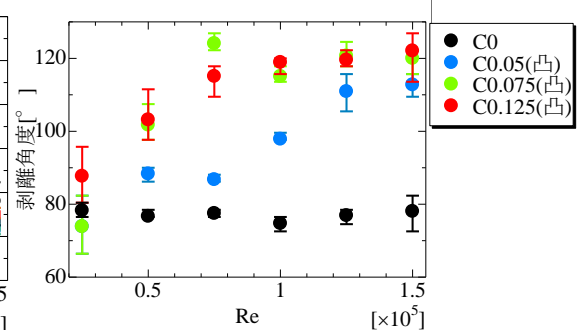


Fig.5 separation separation

## 4. 参考文献

1) Tengku Fikri1, Hiroo Okanaga, 「EFFECT OF GROOVES SHAPE ON AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF SQUARE AND CIRCULAR CYLINDER IN 2 DIMENSIONAL FLOW」, CMFF'15, The 16th International Conference on Fluid Flow Technologies Budapest, Hungary, September 1-4, 2015.

## メカニカル安全装置を搭載した足関節用アシストスーツの開発（詳細設計）

\*金田 翼（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）

\*\*甲斐 義弘（東海大学工学部機械工学科）

### 1. 緒言

近年、高齢化により歩行リハビリテーションを必要とする患者が増加し、それに伴い理学療法士の負担が増加すると考えられる。そのため、理学療法士の負担軽減を目的として患者の身体に装着してアシストを行うアシストスーツの開発が盛んに行われている[1]。このような身体装着型のアシストスーツは、アシストスーツの制御が不能になった場合に患者への安全を確保することが重要である。この問題に対し、杉山らはこれまでに機械要素のみで構成されたメカニカル安全装置を搭載した膝関節用アシストスーツを提案してきている[2]。

本研究ではメカニカル安全装置を搭載した足関節用アシストスーツを提案する。まず足関節用アシストスーツの設計仕様について述べる。最後に足関節用アシストスーツの構造を述べる。

### 2. 足関節用アシストスーツの設計仕様

本アシストスーツは脳卒中等により自力で底屈・背屈を行うことのできない患者を対象とする。本研究で提案する足関節用アシストスーツの設計仕様を以下に示す。

- (1) 底屈・背屈に必要なトルク約 2.2Nm を出力可能
- (2) 健常者の足関節の最大角速度約 4.3rad/s を出力可能
- (3) 患者の歩行速度を約 0~4.3rad/s に制限
- (4) アシストスーツ装着時の患者への負担軽減
- (5) アシストスーツで腓骨を圧迫しない設計
- (6) 患者の足部をスムーズにアシスト

以上の項目を満たす足関節用アシストスーツの設計を行う。

### 3. 足関節用アシストスーツの構造

設計した足関節用アシストスーツの概観図を図 1 に、分解図を図 2 に示す。アシストスーツは患者の下腿部と足部にブレースにより装着される。モータのトルクは、シャフト A、トーシヨンバネ、シャフト B、かさ歯車 A、かさ歯車 B、シャフト C、フレーム C を介して患者の足部まで伝達される。また、モータの回転はシャフト C からギア A、ギア B を介して速度ベース安全装置に伝達される。

設計仕様(1), (2) を満たすために、ダイレクトドライブモータ(Max Stall Torque: 1.0Nm, Max Angular Velocity: 700rpm), かさ歯車 A(Number of Teeth: 15), かさ歯車 B(Number of Teeth: 45)を用いた。トルクの損失および角速度の損失がないと仮定すると、最大トルク約 3.0Nm, 最大角速度約 24rad/s 出力可能であり、必要トルクおよび必要角速度を許容できる。設計仕様(3) を満たすために約 0~4.3rad/s の範囲で速度制限が可能な速度ベース安全装置を搭載した。設計仕様(4) を満たすために、モータやシャフト等の駆動系部品を縦型に配置し、患者の下腿部に近づける設計とした。設計仕様(5) を満たすためにフレーム C の形状を段状とし、腓骨をフレームで圧迫しないように設計した。設計仕様(6) を満たすために、アシストスーツにトーシヨンバネを搭載した。これらの詳細はシンポジウム当日に示す。

### 4. 結言

本研究では、メカニカル安全装置を搭載した足関節用アシストスーツの設計を行い、その設計仕様と構造について述べた。今後は、設計したアシストスーツを実際に制作したのち実験を行い、安全性の検証を行う予定である。

#### 参考文献

- [1] 長谷川真人, 山海嘉之, “ロボットスーツ HAL<sup>®</sup>福祉用を用いた歩行練習の効果：慢性不全脊髄損傷者に対する症例研究”, 理学療法科学, 29-1 (2014), 151-156.
- [2] 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)

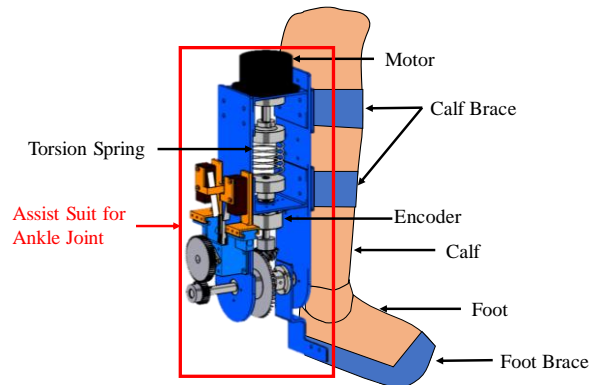


Fig.1 Attached Diagram

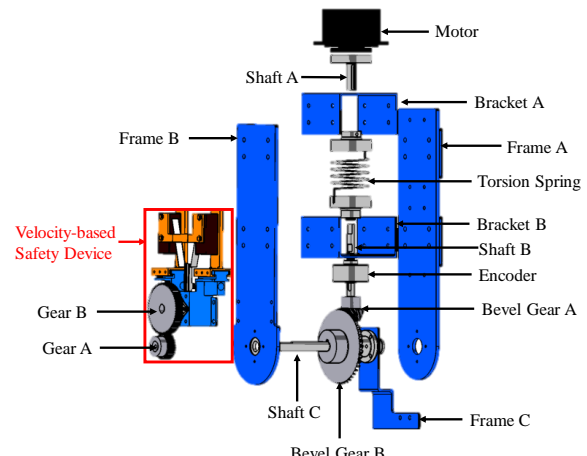


Fig.2 Structure of Assist Suit

## 高齢者の歩行速度調整能力を回復させるための歩行訓練支援システムの開発 (トレッドミルの評価実験)

\*大滝 脩介 (東海大学工学部機械工学科), 山口 蔵人 (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)

\*\*甲斐 義弘 (東海大学工学部機械工学科), 菅原 憲一 (神奈川県立保健福祉大学保健福祉学部),  
黒澤 千尋 (神奈川県立保健福祉大学保健福祉学部), 土田 将之 (神奈川県立保健福祉大学大学院保健福祉学研究科)

### 1. 緒言

高齢者は加齢等により歩行速度調整能力が低下するといわれている[1]。さらに、今後世界的にも高齢化が進行すると考えられており[2]、高齢者の歩行速度調整能力を回復させる歩行訓練支援システムの開発が重要であると考えられる。しかし、そのような歩行訓練支援システムは開発されていない。

そこで、本研究では、高齢者の歩行機能を回復させることのできる歩行訓練支援システムを開発している(図1参照)。本歩行訓練支援システムは、歩行速度調整能力を回復させることのできるトレッドミル及び、これまでに甲斐らが提案している患者の転倒を防止できるパッシブ型の吊り上げ装置[3]で構成されている。

本報告では、高齢者の歩行速度調整能力を回復できる効果的な訓練を行えるトレッドミルの速度入力パターンについて検討し、その速度入力パターンが歩行に与える影響について実験により検証を行う。その結果からこのトレッドミルの有効性を検討する。

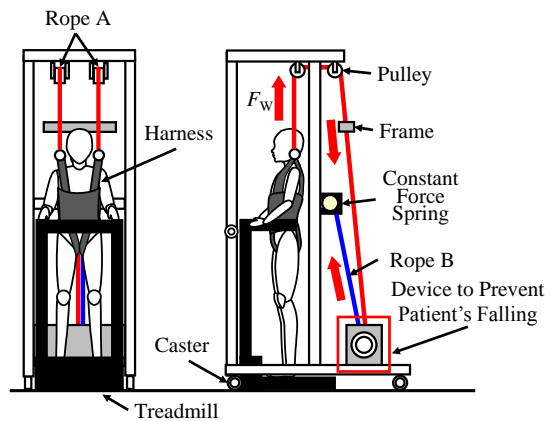


Fig1. Walking training support system

### 2. トレッドミル

本研究では、市販のトレッドミル(スカイブルー, SB1200)を制御用コンピュータで制御できるようにモータをサーボモータ(ANR020B-A708, (株)ワコー技研)に変更した。

トレッドミルの外観と構造を図2に示す。モータの動力はプーリ、ベルトを介してトレッドミルの回転軸に伝達される。また、トレッドミルの正確なベルト速度を計測できるようにベルトの回転軸にエンコーダを取り付け、制御用コンピュータで計測できるようにした。さらに、検討した速度入力パターンで本トレッドミルを動作できるようにした。

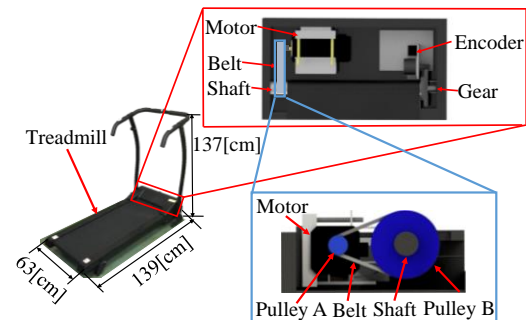


Fig2. Structure of the treadmill

### 3. トレッドミルの評価実験

本研究で検討した速度入力パターンでトレッドミルを動作させ、歩行速度調整能力にどのように影響するのかを実験により検証した。健康成人男性2名を対象とし、約25分間実験を行った。被験者には前脛骨筋と腓腹筋外側頭に表面筋電計、踵に加速度計を装着し、筋の動きと踵接地のタイミングを計測した。その結果は、シンポジウム当日に示す。

### 4. 結言

本研究では高齢者の歩行速度調整能力を回復させるための歩行訓練支援システムの開発を行った。また、本トレッドミルを用いた実験を行い、有効性を検討した。今回の実験では被験者が少なかったため、今後は被験者を増やして評価実験を行う予定である。

なお、本研究は神奈川県立保健福祉大学倫理審査委員会及び東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認を得て実施した。

### 参考文献

- [1] 黒澤 千尋, 健康高齢者における Timed Up and Go test の運動学的分析. 国際医療福祉大学, 2016, 博士論文
- [2] United Nations Population Fund (UNFPA) and HelpAge International, Ageing in the twenty-first century: a celebration and a challenge. United Nations Population Fund and HelpAge International, 2015, 19-26.
- [3] Y. Kai, Development of a Walking Support Machine with a Lift Device Controlled by a Servo Brake, Proc. of SICE Annual Conference 2013 (SICE 2013), 2013, 1728-1733.



## メカニカル安全装置を搭載した股関節用アシストスーツの開発（詳細設計）

\*狩野 泰毅（東海大学工学部機械工学科），尾崎 拓美（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）  
\*\*甲斐 義弘（東海大学工学部機械工学科）

### 1. 緒言

近年、高齢化により、リハビリテーションを必要とする患者が増加していくと考えられ、リハビリテーションを支援する理学療法士の負担も大きくなると考えられる。そのため、理学療法士の負担軽減を目的とし、身体に装着するアシストスーツの研究が行われている。このような身体に装着して使用するアシストスーツは、制御用コンピュータなどの故障により、アシストスーツが暴走し、制御が不能となった場合でも安全性を確保することが極めて重要である。そこで、杉山らは機械要素のみで構成されたメカニカル安全装置を搭載した膝関節用アシストスーツを提案してきている[1]。

本研究では、下肢全体をアシストできるように同研究室の足関節、膝関節、股関節用アシストスーツを併用することを想定しており、ここではそのうちのメカニカル安全装置を搭載した股関節用アシストスーツの詳細設計について述べる。

### 2. 股関節用アシストスーツの設計仕様

本アシストスーツでは自力で股関節を動かすことができない患者を対象とする。股関節用アシストスーツの設計仕様を下記に示す。

- (1) 股関節をアシストする際に必要な約 53Nm のトルクを出力可能。
- (2) 患者の大殿筋の働きを妨げない。
- (3) 出力軸の軸中心を股関節の関節中心に合わせる。
- (4) 患者が股関節を動かす際の角速度を約 0~3.1rad/s までの範囲で制限する。

### 3. 股関節用アシストスーツの構造

股関節用アシストスーツの概観図、構造図を図 1、図 2 にそれぞれ示す。本アシストスーツは患者の腰部と大腿部にハーネスとブレースによって装着する。モータのトルクはギヤヘッド、カップリング、シャフト A、ロックプーリー A、タイミングベルト、ロックプーリー B、フレーム D を介して患者の大腿部に伝達される。速度ベース安全装置は、フレーム C に取り付けられており、シャフト A、ギヤ A、ギヤ B を介して動力が伝達される。

設計仕様(1)を満たすため、最大連続トルクが 0.177Nm のモータと減速比が 1 : 156 のギヤヘッド、減速比が 1 : 2 になるようにロックプーリー A とロックプーリー B、タイミングベルトを選定した。トルクの損失がないと仮定すると、約 55.2Nm のトルクを出力可能である。(2)を満たすため、患者が歩行する際に大殿筋の働きを妨げないようモータやギヤヘッドといった動力部を患者の背面部(腰部)に取り付ける機構にした。また、(3)に対し、動力伝達をタイミングベルトによって行い、シャフト B の軸中心と股関節の関節中心を合わせる設計とした。(4)を満たすため、股関節で約 0~3.1rad/s まで設定可能な速度ベース安全装置を搭載した。詳細についてはシンポジウム当日に示す。

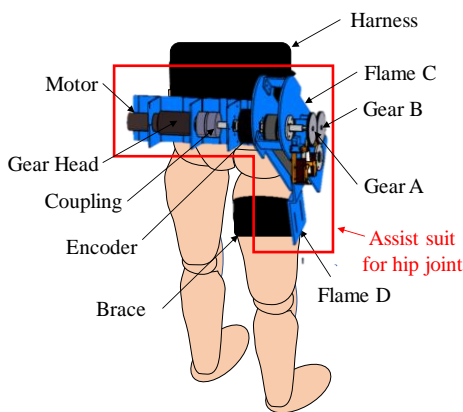


Fig.1 Overview of the Assist Suit for hip joint

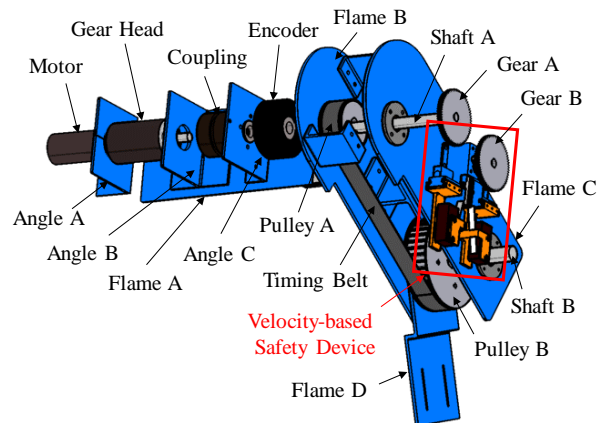


Fig.2 Structure of the Assist Suit for hip joint

### 4. 結言

本研究では、股関節をアシストするメカニカル安全装置を搭載したアシストスーツの詳細設計について述べた。今後は、製作したアシストスーツの動作実験を行い、動作検証と安全性の検証を行う予定である。

### 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”, 日本機械学会 2016 年度年次大会講演論文集, (2016), DVD-ROM, S1170506.

## メカニカル安全装置を搭載したリハビリテーション用アシストスーツの開発 (M-QFD を用いた股関節用アシストスーツの基本設計の提案)

\* 西谷 佑典(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)

\*\*甲斐 義弘(東海大学工学部機械工学科)

### 1. 緒言

近年、高齢化により、リハビリテーション(以下、リハとする)を必要とする患者が増加することでリハを補助する理学療法士の負担が大きくなると考えられる。このことから理学療法士の負担を軽減するために患者の身体に装着する様々なアシストスーツが開発されている[1]。身体装着型のアシストスーツにおいては、制御用コンピュータの故障などで、アシストスーツが暴走して、患者に怪我を負わせる可能性がある。そのため、杉山らは機械要素のみで構成されたメカニカル安全装置(速度ベース安全装置、トルクリミッタ)を搭載した膝関節用アシストスーツを提案してきている[2]。本研究では、メカニカル安全装置を搭載した股関節用アシストスーツの基本設計について述べる。最初にアシストスーツに求める要求項目を設定した後、股関節用アシストスーツの設計を効率的に行うために加藤らによって提案された M-QFD(Multispace-Quality Function Deployment) [3]を用いてアシストスーツの要求項目とアシストスーツの部品との関係性を明確化する。そして、整理した結果を考慮して股関節用アシストスーツの基本設計を行う。

### 2. 股関節用アシストスーツの要求事項

本研究の股関節用アシストスーツに必要なと考える要求項目 (1)~(6)を示す。

要求項目(1):トルク超過を機械要素のみで検知し、遮断する。

要求項目(2):速度超過を機械要素のみで検知し、遮断する。

要求項目(3):装着者の体型に合わせて装着できる。

要求項目(4):動力部を背面部に配置する。

要求項目(5):なめらかな動力伝達ができる。

要求項目(6):屈曲・伸展の動きに合わせたアシストができる。

以上の要求項目と股関節用アシストスーツの部品との関係性を M-QFD を用いて明確化し、股関節用アシストスーツの基本設計を行った。

### 3. 股関節用アシストスーツの構造

設計した股関節用アシストスーツの構造図を図 1 に示す。

モータのトルクはギヤヘッド、トルクリミッタ、ギア A・B、シャフト A、ロックプーリー A、タイミングベルト、ロックプーリー B にタップ加工して取り付けられているプレート D の順に患者の下腿部に伝達される。速度ベース安全装置は、プレート A に取り付けられており、シャフト A、ギア、速度ベース安全装置のギアの順に動力が伝達される。アシストスーツの要求項目とアシストスーツの部品との関係性は下記に示す。

要求項目(1)についてはトルクリミッタを用いて実現できるようにした。要求項目(2)については速度ベース安全装置を用いて実現できるようにした。要求項目(3)については、横方向にサイズを調整できるタイミングベルトと縦方向にサイズを調整できるプレート D を採用することで患者の体型に合わせて装着できるようにした。要求項目(4)については、人は臀部にある大殿筋が伸縮し下肢を動かすので、歩行をする際はこの動きを妨げてはならない。このことから背面部に配置する機構にすることにより、大殿筋の動きを妨げてしまうことを防ぐように設計した。要求項目(5)についてはトーションバネを用いて実現できるようにした。さらに、要求項目(6)については股関節の屈曲・伸展の動きに合わせたアシストをすることでアシストの際に予期せぬ不具合や怪我のリスクを低減する目的で股関節の回転軸にアシストスーツの軸中心を合わせる設計にした。M-QFD の詳細についてはシンポジウム当日にポスターにて発表する。

### 4. 結言

本研究では、股関節用アシストスーツの設計を効率的に行うために M-QFD を用いてアシストスーツの要求項目とアシストスーツの部品との関係性を明確化した。この結果を基に股関節用アシストスーツの基本設計を行った。

### 参考文献

- [1]青木幸子, 木竜徹, 林豊彦, 中澤公孝, 中島剛, 前田義信, 渡辺哲也, “動力型歩行補助装置 Lokomat の駆動力変化が歩行中の下肢の随意筋力発揮と関節運動に及ぼす効果”, 電子情報通信学会技術研究報告書, 109-332 (2009), 17-22.
- [2]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
- [3]加藤健朗, 堀内茂浩, 松岡由幸, “多空間デザインモデルに基づく品質機能展開の提案”, 日本機械学会第 22 回設計工学・システム部門講演会, 3303, (2012), 1-10 S1170506

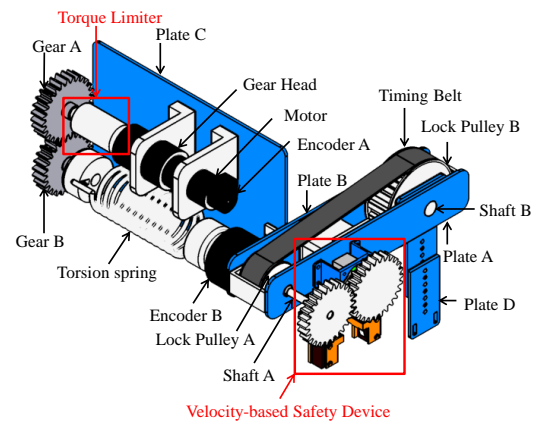


Fig.1 Hip joint assist suit

## メカニカル安全装置を搭載した新型膝関節用アシストスーツの開発 (新型膝関節用アシストスーツの詳細設計)

\*柳田 幸記(東海大学工学部機械工学科), チンタナー, N (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)  
 \*\*甲斐 義弘 (東海大学工学部機械工学科)

### 1. 緒言

近年、高齢化により、歩行訓練を必要とする患者が増加し、歩行訓練を支援する理学療法士の負担が増加すると考えられる。そのため、理学療法士の負担軽減を目的とし、アシストスーツの研究が盛んに行われている。このような身体に装着して使用するアシストスーツは、制御用コンピュータやセンサの故障などにより、アシス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。これに対し、杉山らは、機械要素のみで構成されたメカニカル安全装置を搭載した膝関節用アシストスーツ(以下、旧型とする)を提案してきている[1]。しかし、旧型は、膝関節のみをアシストするアシストスーツであった。

本研究では、下肢の関節(股関節、膝関節、足関節)全体をアシストするアシストスーツの開発を目標とし、その中で使用する膝関節用アシストスーツ(以下、新型膝関節用アシストスーツとする)を設計する。新型膝関節用アシストスーツの設計仕様について述べ、さらにそのアシストスーツの基本構造、詳細設計について述べる。

### 2. 新型膝関節用アシストスーツの設計仕様

本アシストスーツの設計仕様として、以下の項目を設定する。

- (i) 下腿部をアシストするために必要な約 19.6Nm 出力できる。
- (ii) 健常者の通常歩行に必要な膝関節の角速度である約 6rad/s[2]まで追従してアシストできる。
- (iii) 患者の膝関節の角速度を約 0~6rad/s の範囲で制限する。
- (iv) アシストスーツ装着時の患者にかかる負担を減らす。
- (v) 装着時、アシストスーツが患者の腓骨を圧迫しない設計。
- (vi) 駆動系の軸中心からトーシヨンバネがズレない設計。
- (vii) 患者と理学療法士への身体的安全を考えた構造。

### 3. アシストスーツの構造

新型アシストスーツの構造図を図 1 に示す。アシストスーツは、患者の大腿部と下腿部にブレースで装着され、患者の膝関節をアシストする。モータはフレーム B を介しフレーム A に取り付けられている。モータのトルクは、ギアヘッド、トーシヨンバネ、シャフト A、かさ歯車 A、かさ歯車 B、シャフト B、フレーム C を介し患者の下腿部まで伝達される。また、モータの回転は同じくシャフト B まで伝達された後、ギア A を介し速度ベース安全装置に伝達される。

項目(i)については上記の構造により最大トルクが 0.177Nm のモータ、減速比 66:1 のギアヘッド、減速比 2:1 のかさ歯車を選定し、トルク損失がないと仮定すると約 23.4Nm 出力できる。項目(ii)については、健常者の歩行速度である約 6rad/s まで出力できる駆動系の部品を選定した。項目(iii)を満たすため速度ベース安全装置を搭載する。項目(iv)を満たすため駆動系を大腿部に沿って縦型に配置し、モーメントを減らした。項目(v)を満たすためアシストスーツがブレースを介して患者の腓骨を圧迫しないように、ブレースの形状に合わせた設計にした。項目(vi)を満たすためトーシヨンバネの端部を二段折りの加工をした。項目(vii)を満たすため速度ベース安全装置をアシストスーツに外付けするのではなく、内部に設置することによって、歯車と身体の接触を防ぐ設計を行った。詳細はシンポジウムにて述べる。

### 4. 結言

本研究では、股関節、足関節用アシストスーツと一体化できる膝関節用アシストスーツを提案し、その構造、特徴について述べた。今後は作製したアシストスーツの動作実験を行い、動作検証と安全性の検証を行う。

#### 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)”, 日本機械学会 2016 年次大会講演論文集, Vol.2016, (2016), S1170506.
- [2] Perry, J. and Burnfield, J. M., Gait analysis: normal and pathological function (Second edition) (2010), pp. 85-534, SLACK Incorporated.

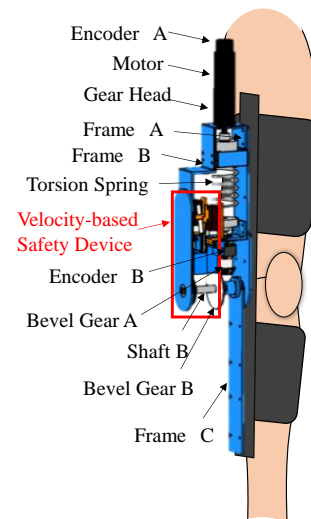


図 1. 膝関節用アシストスーツ

## 金属ゲルマニウムと二酸化ゲルマニウムの遊星ボールミルによる反応

\*大上 栞（東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程）、岡部 準子、田島 佳奈、源馬 龍太（東海大学工学部材料学科）、  
内田 晴久（東海大学教養学部人間環境学科） \*\*小栗 和也（東海大学教養学部人間環境学科）

### 【はじめに】

ゲルマニウム（元素記号Ge、原子番号 32）は多接合太陽電池の基板や赤外線レンズなど様々な先進的な分野で需要が見込まれる材料である[1, 2]。そのため、他の半導体の主成分元素に比べて少ないにもかかわらず、今後、消費量の増加が予測される[3]。また、Ge ウエハーや赤外線レンズなどのゲルマニウム製品製造において機械加工によって高純度化されたゲルマニウムの約 90%がスクラップになるという報告もされている[4]。これらのことから資源量の少ないゲルマニウムを、持続的に利用するには再資源化のプロセスが必要である。現在行われているスクラップゲルマニウムの再資源化方法は塩素・塩酸などの薬品の使用や、化学反応促進のための多量なエネルギーを投入している。しかし持続可能な社会の確立、環境負荷の低減の観点から、再資源化のプロセスにおいてこのような過程を含まないことが望ましい。ところで近年、非加熱で酸化・還元・合金化などの様々な化学反応を機械的エネルギーによって行うメカノケミカル法が注目されている[5]。メカノケミカル法による酸化・還元では、反応過程の中で中間物質を生成する必要がないため、環境負荷の少ないプロセスで再資源化が行える可能性がある[6]。そこで本研究では、環境負荷の少ないスクラップゲルマニウムの再資源化を目標とした、メカノケミカル法のプロセスの検討を行うことを目的とした。

### 【実験方法】

メカノケミカル処理(MC処理)はRetsch社製の遊星ボールミル PM-100 を用いて行った。原料粉末には高純度化学研究所社製の Ge粉末(純度 99.99%)とGeO<sub>2</sub>粉末(純度 99.99%)の混合粉末(組成比 Ge : GeO<sub>2</sub>=1 : 9)を用いた。各粉末を定量・混練を行った後、ポット内の雰囲気を Ar ガスとし、MC 処理を行った。表 1 に処理条件を示す。MC処理の反応過程を検証するため、処理前後でガスクロマトグラフィーによる酸素ガスおよび Ar ガス分析を行った。また、試料粉末の密度測定にはピクノメーター法を用い、試料粉末の構造解析にはX線回折装置を用いた。さらに密度測定・X線回折から得られたそれぞれの測定結果をもとにGeとGeO<sub>2</sub>の割合についての検討を行った。

### 【結果および考察】

図 1 にメカノケミカル処理前後の X 線回折図を示す。この結果から、メカノケミカル処理により二酸化ゲルマニウムが還元されることを確認した。また、二酸化ゲルマニウム単体での処理では還元反応ならびにアモルファス化が見られなかったことから、処理後のハローパターンはアモルファスゲルマニウムに基因すると推定される。

### 【謝辞】

本研究は公益財団法人フジクラ財団の研究助成を受けて実施しています。同財団の研究助成に心より感謝致します。

### 【参考文献】

- [1] 独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 マテリアルフロー2011p195
- [2] 独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 マテリアルフロー2016p1
- [3] 国立天文台光赤外研究部 理科年表(2006) 2017/4/18 閲覧

[http://www.rikanenpyo.jp/member/?module=Member&action=Contents&page=4\\_cASx11x0912\\_2017\\_2&p=Highlight%26page%3D4\\_cASx11x0912\\_2017\\_1%3AAsa](http://www.rikanenpyo.jp/member/?module=Member&action=Contents&page=4_cASx11x0912_2017_2&p=Highlight%26page%3D4_cASx11x0912_2017_1%3AAsa)

- [4] 稲垣勝 明治大学 科学技術研究所紀要(1966)p128-134
- [5] 長谷川博紀, 白井孝, 仙名保, 藤正督 メカノケミカル還元法による SiO<sub>2</sub> 粉体の合成(2014)
- [6] K.Tokumitsu, Solid State Ionics, 101-103(1997)p25-31

表 1 処理条件

処理時間(h)	20	20	50	100	100	200
回転数(rpm)	200	400	200	200	400	200
質量(g)	10	10	10	10	10	10
雰囲気	Ar	Ar	Ar	Ar	Ar	Ar

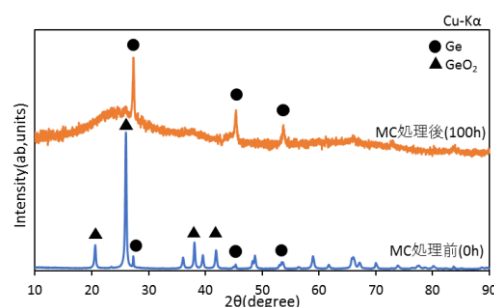


図 1 MC 処理前後の X 線回折

## メカニカルアロイング法による Cr-W 合金の作製及び評価

\*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)

## 1、【はじめに】

近年、熱機関の効率化を可能にする新耐熱合金への期待が高まっている。現在最も使われている耐熱合金は、Ni 基耐熱合金であり、この合金の耐熱温度は 1100~1200°C程度とされる[1]。その為、より高温での使用が可能な耐熱合金の実用化に向けて、W 合金、Co 基合金、Fe 基合金などが注目されている [2]。中でも W 合金は、高温での強度性に優れている。しかし、W は酸素との親和が強く、酸化物になると高温で昇華する。このことから耐酸化性の向上が課題である。一方で、Cr は耐酸化性を向上させる添加元素として知られている。Cr の添加により耐熱合金表面で酸化膜を形成することで、高温での耐酸化性を向上につなげている。これらのことから、W に Cr を加えた合金の開発は従来の Ni 基合金より高温での強度が高く、酸化に強い合金作製に繋がる。このような合金の実用化ができれば、熱機関の高効率化を可能にするとともに CO<sub>2</sub> 排出量削減も期待できる。さらに、Cr-W 合金は全率固溶体であるため、Cr と W の特性を活かした合金設計が期待できる。しかし、Cr と W の合金化は一般的な合金方法である溶解法を用いることが困難である。つまり、Cr-W 合金の場合、Cr の蒸気圧が高く、組成の制御が難しい [3]。そこで本研究では粉末冶金の手法の一つであるメカニカルアロイング法 (MA 法) を用いて Cr-W 合金粉末の作製を行い、合金化の過程を評価することを目的とした。

## 2、【作成方法】

試料作製には W 粉末(純度 99.9%, 形状: 53 μm)、Cr 粉末(純度 99.9%, 形状: 63 μm)を用いた。これらの粉末を 30at%Cr の W 合金になる様に定量し、乳鉢で混練を行った後、表 1 の条件でメカニカルアロイング処理 (MA 処理) を行った。なお、MA 処理には Restsch 社製の遊星ボールミル PM-100 を用いた。

試料の分析には X 線回折による原子解析、SEM による形状の観察を行った。

表 1 MA 処理条件

回転数	500rpm
雰囲気	Ar
処理時間	50・75 100h・200h
球の個数	10個
粉末の量	10g
CrとWの組成比	3:7

## 3、【結果】

図 1 に MA 処理した試料と未処理の試料の X 線回折結果を示す。この図より、75h の処理時間間で 30at%Cr の W になっていることを確認した。原料粉末と 75h の MA 処理をした試料の SEM 像と EDX により組成マッピングの図を示す。この図より、合金粒子は原料粉末よりも微細差化していることを確認するとともに、合金単子の大きさに関係なく、組成が均一であることが分かった。

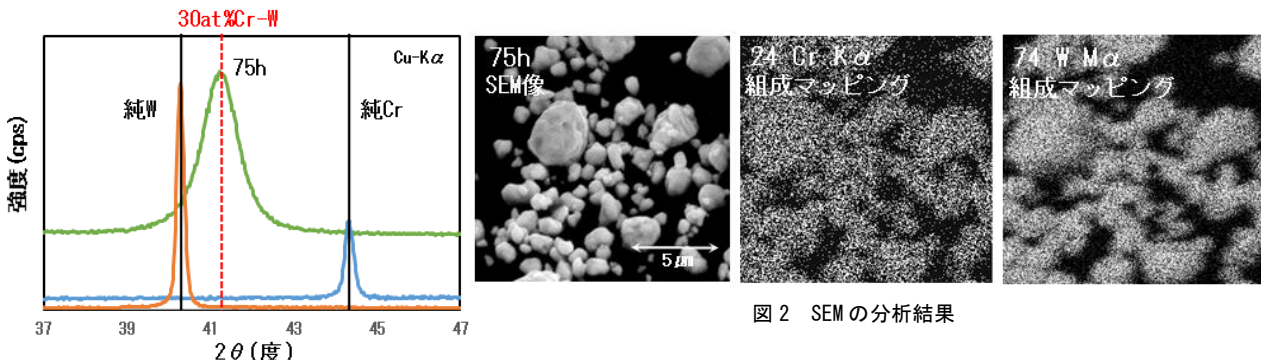


図 1 MA 処理後の X 線回折結果

## 【参考文献】

- [1] 田中良平、「耐熱銅および超耐熱合金」、軽金属、Vol. 36, No. 12, 851-860.  
 [2] C. T. Sims: High Temperature Alloys for Gas Turbine, D. Coutsouradis et al., Apple Science Publisher, (1978), 13  
 [3] F. J. A. DEN BROEDER ACTA METALLURGICA, Vol. 20(1972) page319-332.

## D-He 混合プラズマ照射による複合型ダイバータ模擬材料の表面拡散評価

\*鷲平拓也 (東海大学大学院応用理化学専攻原子力工学領域)、木ノ下椋一 (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)、\*\*松村義人 (東海大学工学部原子力工学科)

### 1. はじめに

核融合発電の実現に必要な課題の1つとして、核融合炉内で発生するプラズマを長時間にわたって安定的に制御する技術の確立が挙げられる。ダイバータは $D + T \rightarrow He + n$ 反応により生じた炉内のヘリウム灰や不純物を排気し、安定した核融合の維持を行う機構の1つである。しかしながら、ダイバータが排気に含まれる未反応の燃料には放射性物質としてのT含まれるから、その排出量は極力少ないことが望ましい。そこで、我々は水素吸蔵金属であり、低放射化材料であるチタンに着目した。チタンに重水素やトリチウムを吸蔵させることで未反応の燃料を回収し、燃料の排気中へのTの混入を減らすことを考案した。

研究においては実際の核融合発電における稼働を想定した環境下で、タングステンとチタンの複合材料による模擬材料へ、D-He 混合プラズマを照射したときの重水素の回収量を評価した。

### 2. 実験行程

ダイバータのフレームを図1のような構造とする先行研究がある。このタングステンの接合部にチタンを挟み込むようなモデルを想定し、模擬材料とした図2のような資料を作製した。これを焼鈍し、走査型電子顕微鏡[JCM-6000Plus NeoScope (JEOL)]で観察した。次に模擬材料へTPD-SheetIVDを用いてD-He 混合プラズマを照射し、再度、走査型電子顕微鏡で観察した。最後に、昇温脱離ガス分析で試料を加熱した際に排出される重水素の量を測定した。

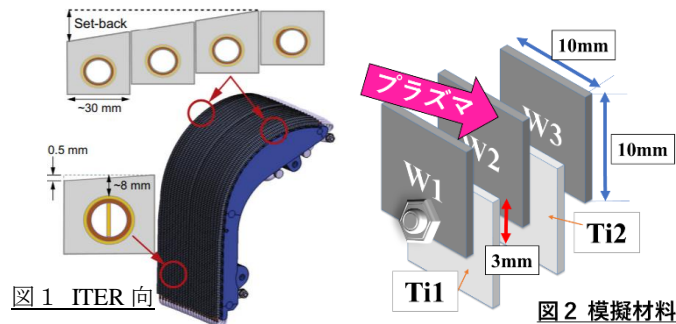


図1 ITER 向  
ダイバータのフレーム[3]

図2 模擬材料

### 3. 観察・測定結果および考察

走査型電子顕微鏡で試料番号のW2プレートとTi2プレートを観察したところ、タングステン(W2プレート)上部面にプラズマ照射による損傷がみられたが、水素吸蔵材料として導入したチタン(Ti2プレート)には大きな損傷はなかった。昇温脱離ガス分析の結果から、試料の試料温度が773[K]から873[K]においてチタンより重水素の脱離が認められた。また、重水素の脱離はTi1プレートよりTi2プレートの方が2倍ほど多かった。

走査型電子顕微鏡を用いた観察結果から、この模擬材料の構造でプラズマによるチタンの損傷をある程度防止できているといえる。

### 参考文献

- [1] <https://www.iter.org/newsline/-/1119>  
 [2] Physics conclusions in support of ITER W divertor monoblock shaping  
 [3] R.A. Pitts et al. / Journal of Nuclear Materials 438 (2013) S48-S56  
 Journal of Nuclear Materials 438 (2013) S48-S56

## 核融合原型炉における新規燃料回収法の基礎研究

\*鷲平拓也(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、木ノ下椋一(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)、\*\*松村義人(東海大学工学部原子力工学科)

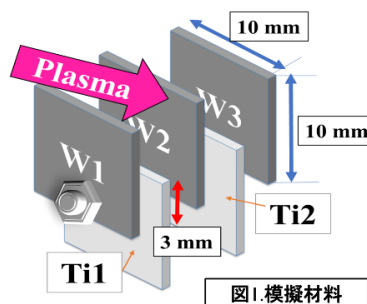
## 【目的】

核融合炉は次世代のエネルギー源として期待されている。その際 DT 核融合反応によって生じる  $\alpha$  粒子 ( ${}^4_2\text{He}$ ) の持つエネルギーのうち半分程度がダイバータ板に入射する。そのため比較的スパッタの少ないタングステンの使用が近年の研究で有望視されている。しかしながらダイバータ板に入射する粒子には燃料である水素同位体 ( $\text{D}$ ) が含まれ、これらがダイバータ板中に蓄積されることにより、エロージョン、プリスター形成および亀裂をもたらすことが報告されている<sup>[1-4]</sup>。核融合炉の経済的かつ安全な運転において、燃料の吸蔵が非常に大きな問題となることが知られている。本研究では、タングステンに水素貯蔵材料を付加することにより燃料分離と燃料回収が可能な複合型ダイバータ材料を提案し、その基礎的研究を行った。

## 【実験方法】

タングステンに付加する水素貯蔵金属として、放射化しにくい金属であるチタンを使用した。これらの材料を使用して複合化試料とタングステンのみの試料を作製した。試料は焼鈍の後、X-Ray CT [XT H 225 ST(Nikon Corporation)] によるボイド解析を行った。その後直線型ダイバータ模擬プラズマ装置を用いて重水素およびヘリウムプラズマに暴露した。照射後再度 X-Ray CT [XT H 225 ST(Nikon Corporation)] を使用し、試料中ボイドの変化を解析した。最後にタングステン板およびチタン

板における重水素吸蔵量を TDS (Thermal desorption Spectrometry) で測定した。



## 【結果】

本実験の結果タングステン板 (W1, W2, W3) においては重水素の吸蔵量はほぼ変化しないが、チタン板 (Ti1, Ti2) はタングステン板に対し数十倍の重水素の吸蔵が認められた。また X 線 CT 解析によると、チタン板 (Ti2) はボイドが生じなかったが、チタン板 (Ti1) は板下部にボイドが生じた。これはチタン板 (Ti2) において高温でかつ板内部における溶解度や拡散が大きくなり固溶しやすくなる。しかしチタン板 (Ti1) はタングステン板 (W1, W2) に重水素およびヘリウムプラズマが照射されないことで温度がチタン板 (Ti2) に比べ低いためチタンと重水素の相互作用よりも重水素同士の相互作用が優勢になり、チタン板 (Ti1) 内部において重水素分子による体積膨張し、ボイドが生じたと考えられる。複合化試料がタングステンのみの試料と比較するとダイバータにおける燃料粒子の分離および回収のための水素貯蔵材料として有用であることが分かった。燃料回収用の水素貯蔵材料を有する複合ダイバータは、高い柔軟性と信頼性を有する水素同位体のかなりの流れを処理するように設計することができるという結果を得た。

## 【参考文献】

- [1] Y. Oya et al., Phys. Scr. T145, 01450 (2011), [2] Y. Hatano et al., Nucl. fusion 53 073006 (2013)  
[3] Y. Oya et al., Mater. Trans. 54, 430 (2013), [4] Y. Hatano et al., mater. Trans. 54, 437 (2013)

## 航空機用炭素繊維強化熱可塑性PC複合材料の強度に及ぼす電子線照射の影響

\*露木徳哉(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、北川将大(東海大学工学研究科電気電子工学専攻)

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

木村英樹(東海大学工学研究科電気電子工学科)\*\*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】繊維強化型ポリマー(FRP)は、航空機の機体材料をはじめ様々な箇所に幅広く使用されている。一般的に信頼性が問題となるFRPの母材は、界面接着強度の高い熱硬化性エポキシ樹脂が使用されている。ところがリサイクル性や長時間成形硬化に伴う生産性や価格が問題であり、大量生産に致命的な欠点がある。一方、母材に成形凝固時間が短い熱可塑性ポリマーを使用した繊維強化熱可塑性ポリマー(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、母材と繊維の濡れ性が悪い場合、母材-繊維間の界面接着強度が低く、繊維の引抜けが発現しやすい場合、FRTPの強度が十分に発現しにくいのが現状である。本研究においては、過去に母材にポリプロピレン(PP)を用い、均質低電圧電子線照射(HLEBI)処理を施した炭素繊維(CF)またはガラス繊維(GF)を用いたFRTPや、母材に熱可塑性樹脂で一般的な熱可塑性樹脂と比較して、汎用性や耐衝撃特性、耐候性、自己消化性に優れたポリカーボネート(PC)を用い強化繊維にGFを用いたガラス繊維強化熱可塑性ポリマー(GFRTP)において、母材-繊維間の濡れ性改善に伴う接着性向上による繊維引抜け防止により、シャルピー衝撃値の向上を確認している。そこで、母材にPCを用い、強化繊維に高比強度であるCFに対して均質電子線照射処理を施すことにより、PCの諸特性を生かした炭素繊維強化熱可塑性ポリマー(CFRTP)を作製した。本研究においては繊維/樹脂間の接着性改善に伴う繊維引き抜き抵抗の増大による、CFRTPの機体的性質を評価することを目的とした。

【実験方法】強化繊維であるCF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・エレクトロニクス社保持)を用いた。電子線は高真空中で棒状フィラメントから発生させ170 kV加速電圧で加速し、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132 keV程度まで減衰する。1回の処理時間は0.2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。CFの照射侵入深さは、約120  $\mu\text{m}$ である。その後、CFRTP試験片作製にはホットプレス機を用いて、573 Kで60 s、6 MPaで積層した。機械的性質の評価には、シャルピー衝撃試験及び曲げ試験を行った。

【結果】最適照射線量のHLEBI処理により、CFRTPシャルピー衝撃値、曲げ強度の向上を見出した。なお、積層複合化処理前に繊維に電子線照射を行うため、いかなる厚さのCFRTPの強化も可能であることが、この技術の大きな特徴である。

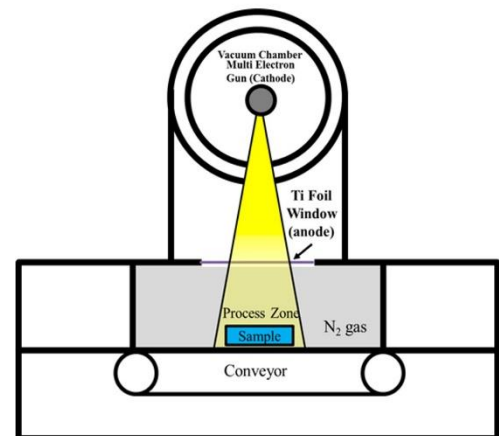


Fig.1 Schematic diagram of electron curtain processor.

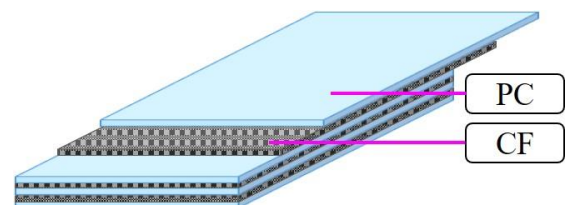


Fig.2 Laminate composite materials.



## “Tabletop Size of the Factory” の構築を目指した超小型 NC 機の研究

\*石橋 拓己(東海大学 工学部 機械工学科), 高橋 慧(東海大学 工学部 機械工学科)

冨田 昂希(東海大学 工学部 機械工学科), 松本 敏幸(大学 工学部 機械工学科)

\*\*村山 省己(東海大学 工学部 機械工学科 特任教授)

### 1. 緒言

近年, 我が国の製造分野における課題の一つに労働者ひとりあたりの生産性が欧米諸国をはじめとした先進国の中で低いことがあげられる。

この要因の一つに量産工場の自動化の遅れが考えられる。

自動化にあたっての問題点としては, 自動化ラインの構築における専門的・技術的な課題があること, ロボット化によりラインが大型になることがあげられる。それに伴い, 自動化の費用が増大することから, 費用対効果の面で自動化に踏み切れないことなどが課題となっている。

本研究では, 自動車部品等の量産工場における生産性の向上を図るため, 量産加工に対応できるテーブルサイズのライン構築(図 1)を目指した超小型 NC 機を開発し, その性能を評価することで実用化に向けた課題を明確にする。

### 2. 研究内容

本開発機は A 軸(主軸)構造を変えることにより卓上サイズで精密部品から自動車部品の加工から組立まで対応可能な機械幅 300mm の超小型の NC 機を目指して設計開発を行った(図 2)。自動車部品等のアルミ材加工における市販の小型汎用 NC 機の主軸サイズは, BT30 が主流である。超小型 NC 機の A 軸(主軸)は市販の小型汎用 NC 機と同一サイズの BT30 とした。C 軸は旋削加工を可能にするターニング機能を持たせ, Z 軸と Y 軸を組み合わせることで, ドリル加工, フライス加工, 旋削加工の複合加工を可能とする機械構造とした。

本開発機を用いて, 自動車部品等に多く使用されているアルミ材を使用し, ドリルによる  $\phi 10 \pm 0.1$  の穴明け加工を行い, 各穴の穴位置, 穴径を測定し, 工程能力指数を算出した。穴径の測定値と個数の関係を図 3 に示す。穴径においては工程能力指数(Cp 値) 1.81 という結果を得られ, 安定した加工が可能であることが確認できた。一方, 穴位置の工程能力指数(Cp 値)は量産加工において水準となる 1.33 に未達。これは C 軸の減速機にバックラッシュが存在する為, 穴位置精度に影響を与えたと考えられる。本機の実用化には C 軸の機械精度の向上が課題であることがわかった。

### 3. 結言

今年度は, 量産加工に対応できるテーブルサイズのライン構築を目指した超小型 NC 機を開発し, 実用化に向けた課題抽出のため, ドリルによる穴明け加工を通じて超小型 NC 機の工程能力を確認した。今後は C 軸精度の向上に向けた研究を行うと同時に, 実機の振動, 熱, たわみの計測を行い, 構造解析データと合わせて実用性を評価する。

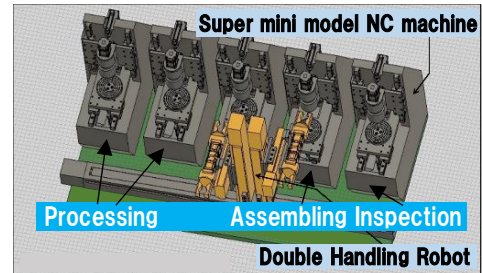


Fig.1 Tabletop Size of the Factory

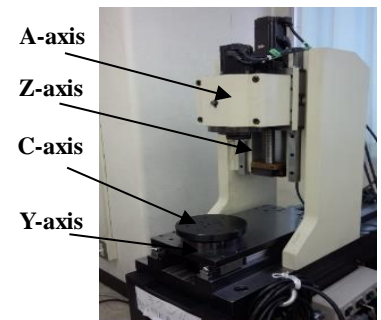


Fig.2 Super mini model NC machine

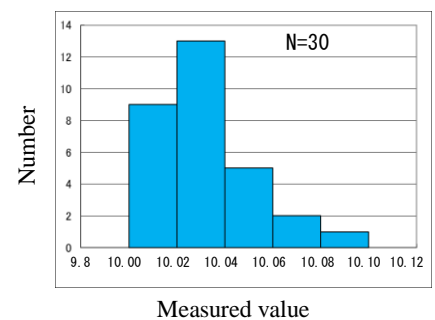


Fig.3 Number and Measured

## 超音波振動を利用した新しい技法におけるネジの緩みの検査システムの研究

\*渡辺 貴(東海大学 工学部 機械工学科), 岡道 航平(東海大学 工学部 機械工学科)

\*\*村山 省己(東海大学 工学部 機械工学科 特任教授)

### 1. 緒言

電化製品, 自動車, 工作機械等は, 数多くの部品で組み立てられており, その際多くのネジが使用されている. ネジは, 物体同士の締結に用いるが, 振動や繰り返し荷重によって軸力が低下し緩む. ネジの緩みは, エスカレーターの逆走, 大型車による脱輪の事故など重大な事故を引き起こし, 人命にも関わる事故に繋がりがかねない.

ネジの緩みに対して現行の検査方法では, 超音波を利用したものとトルクレンチによるトルクの検査方法, ハンマリングによる打音法等があるが, 計測時にネジの両端面の加工やネ

ジの長さの校正が必要であること, 締結状態を維持したまま検査することが困難なこと, また測定者によって計測値がばらつくことがあり, 簡便かつ正確に検査することが困難である.

そのため本研究室ではネジの緩みを検出する為に, 振動による検査方法が優れているという先行研究の調査から, これを利用した根津紀らの機械インピーダンスによる緩み検出に着目し, これに MT 法を適用することでより正確な緩み判定が可能な検査システムの確立を図る. 図 1 に MT 法の概念図を示す.

### 2. 実験方法

ネジの締結状態を変化させ, 取得した機械インピーダンス値から, MT 法により緩み状態の判定が可能であるか確認を図ることを目的とし, 図 2 に示す通り検証を行う. サンプル  $100 \times 100 \times 50\text{mm}$  に M10 ネジを締結状態・緩み状態 1 (トルク不足)・緩み状態 2 (着座) で締め付け, 40kHz から 80kHz の超音波振動をネジ頭部上面へ与え加振させる. 加振時の振動子にかかるインピーダンス値を LCR メータから波形データとして取得する. 更に MT 法を用いて三段階に変化させた締結状態を, マハラノビス距離として定量的に判定する. この時の母材は, S45C を用い, M10 ネジは SUS304 を用いる.

### 3. 結果

締結状態の変化から, インピーダンス値の変化及び共振周波数の変化を周波数 - インピーダンスのグラフにより得ることができた. また, MT 法によるマハラノビス距離を用いた判定で定量的に締結状態の違いが確認できることを可能にした. 今後は呼び径の種類及び, 締付トルク値の種類を拡大していく. また, 拡大させたパラメータからインピーダンス値の取得と MT 法による判定を行い, システムの確立を図っていく.

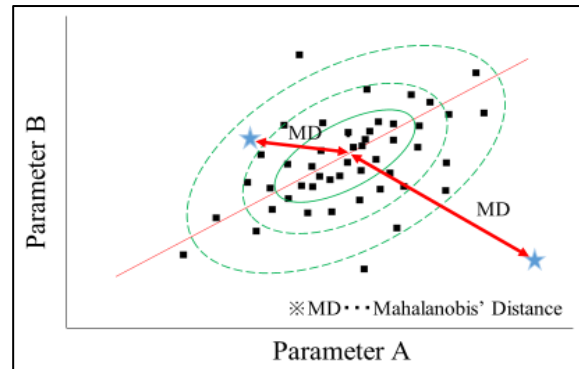


Fig.1 Mahalanobis Taguchi system

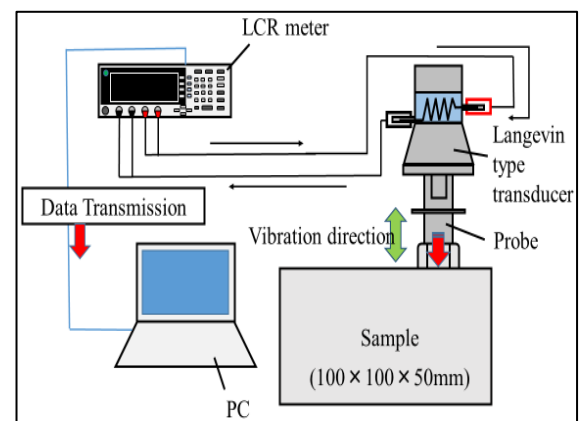


Fig.2 Experimental method

## 炭素繊維強化熱可塑性 PP を用いた自動車用次世代構造複合材料におけるサイジング剤の影響

\*北川 将大 (東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)、高瀬 早桐 (東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、露木 徳哉 (東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、北原 大輔 (東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、高橋 杏奈 (東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、内田 ヘルムート 貴大 (東海大学工学部精密工学科)、Michael C. Faudree (東海大学大学院工学研究科)、利根川 昭 (東海大学理学部物理学科)

\*\*木村 英樹 (東海大学工学部電気電子工学科) \*西 義武 (東海大学工学部材料科学科)

## 【緒言】

繊維強化型ポリマー(FRP)は、自動車や構造材をはじめ様々な箇所に幅広く使用されている。一般的に信頼性が問題となる FRP の母材は界面接着強度の高い熱硬化性エポキシ樹脂が使用されている。ところが、長時間成形硬化を要するため、大量生産に致命的な欠点がある。一方、母材に成形凝固時間が一桁短い熱可塑性ポリマーを使用した繊維強化熱可塑性ポリマー(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、母材と繊維の濡れ性が悪いため、母材-繊維間の界面接着強度が低く、繊維の引抜けが発現しやすいため、複合材料の強度が十分に発現しにくいのが現状である。一般的な炭素繊維(CF)にはサイジング剤と呼ばれる表面処理剤が塗布しており、これが炭素繊維強化熱可塑性ポリマー(CFRTP)の機械的強度へ影響することが考えられる。そこで本研究では、強化繊維である CF のサイジング剤除去処理を行ったものと、熱可塑性ポリマーとしてポリプロピレン(PP)を用いて CFRTP を作製し、その機械的性質を評価するとともにサイジング剤の影響を検討することを目的とした。



図1 CFRTP の応用例

## 【実験方法】

本研究では、強化繊維である CF にサイジング剤除去処理を施した。その際、アセトン溶液に浸漬し、サイジング剤除去を行った。サイジング剤除去の確認は核磁気共鳴(NMR)を用いて行った。CFRTP 試験片作製ではホットプレス機を用いて PP を 4 枚、CF を 3 枚用いて積層した後、試料を切り出した。機械的性質の評価には、島津製オートグラフ(AG-10TE)を用いて引張試験、微小荷重曲げ試験機(MX-1000N-FA)を用いて曲げ試験を行った。

## 【結果】

NMR による測定では、<sup>1</sup>H NMR スペクトルにおいて、アセトン溶液に 10 分浸漬を行った CF の試料とさらに 10 分浸漬した試料ではピーク強度に大幅な低下が見られた。ゆえに、炭素繊維表面に付着しているサイジング剤除去効果の確認を NMR による測定で確認することが可能であると考えられる。さらに、サイジング剤除去を行った炭素繊維を用いて作製した CFRTP(PP) は未処理炭素繊維を用いて作製した CFRTP(PP)と比べて引張強度が低下することを見出した。このことから、CF におけるサイジング処理は、機械的性質に効果的であると考えられる。

SVC (Static Var Compensator:無効電力補償装置) の製作

\*木村将也 (東海大学工学科電気電子工学科)

\*\*石丸将愛 (東海大学工学科電気電子工学科)

1. はじめに

近年、地球温暖化問題に伴い、再生可能エネルギーの普及が急速に進んできている。しかしながら、再生可能エネルギー発電システムは、自然条件によって発電出力が左右されることや、系統に太陽光発電を連系することによる逆潮流によって、配電系統電圧が適正範囲を逸脱することが問題となっている。この問題を解決するために、無効電力を制御して高速かつ、連続的に系統電圧を調整する無効電力補償装置の製作を行った。

2. SVCの動作原理

SVCの基本構成を図1に示す。SVCは、サイリスタ制御リアクトル：TCR (Thyristor Controlled Reactor) とコンデンサを並列に接続した構成となっている。電流  $I_L$  をサイリスタで調整することで、電圧  $V$  を連続かつ高速に制御する。これにより、電圧上昇が必要な場合は進み無効電力を、電圧降下が必要な場合には遅れ無効電力を出力することで配電線路電圧を一定に保つことが出来る。

図2にSVCの制御特性を示す。SVCは、サイリスタの点弧角  $\alpha$  を  $90^\circ$  から  $180^\circ$  に連続的に変化させることで、図中の赤線上で進み/遅れの無効電流を発生させることができる。それにより、リアクトル  $L$  のインピーダンスを可変にできる。点弧角  $\alpha$  が  $180^\circ$  のときは、リアクトル  $L$  に電流が流れず、コンデンサ  $C$  のみとなる。

3. まとめ

製作したSVCが、点弧角 ( $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ ) の範囲内で  $V > V_{ref}$  ならば遅れ電流を流して無効電力を消費し、電圧を下げることを確認した。また、 $V < V_{ref}$  ならば進み電流を流して無効電力を供給し電圧を上げることを確認した。これらの結果により、サイリスタを用いたSVCの正常な動作が確認できた。

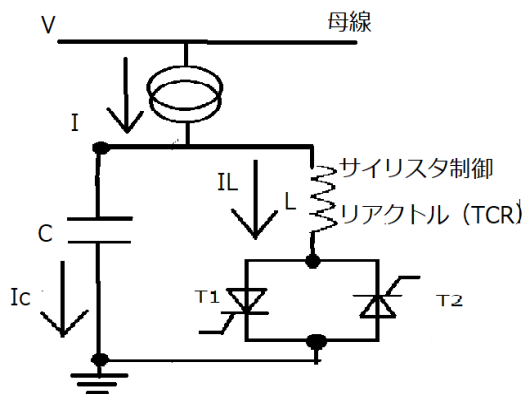


図1. SVCの基本構成

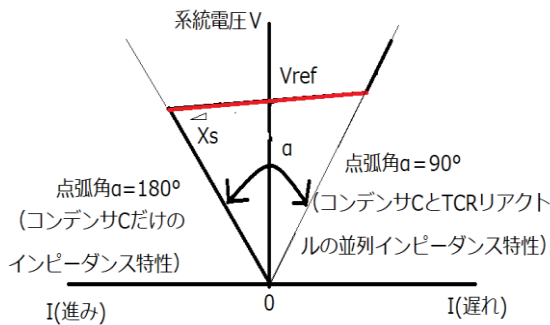


図2. SVCの制御特性

## 情報カードを利用した地球温暖化に関する学習の指導案作成

阿部聡、吉原夕貴（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>

文部科学省による調査報告では全国の学校のインターネット接続率は86.1%とされており[1]、学校教育におけるIT活用の課題は、今やパソコンやインターネットの導入、教育用コンテンツの開発など「教育の情報化」を進めるための基盤・環境整備から、これらを有効に活用しITのメリットを最大限に生かして教育効果を高めることへと変化している。そのため、学校教育ではWeb検索活動が取り入れた調べ学習の授業などが行われている。[2]しかし、それによる課題も多い。まずは適した検索方法、調べ方を知らない。検索し選んだWebページの中の情報量が多すぎて必要な情報が読み取れない。さらに、生徒が検索結果だけに意識すると、調べた情報についての評価や問題意識への深まりがなくなってしまう。

ところで、住所録や図書カード、文献カードや研究カードなどに利用される情報カードは、情報を記録、貯蓄、整理するために使われてきた。情報カードは学習分野で単語帳に利用したり、記録を付けるためのツールとして使われる。生徒たちは幼い頃からカードゲームなどでカードに触れる機会がたくさんある。そこで、本研究では、調べ学習を通じて情報の収集、調査、知識の定着を目的とし、さらに生徒たちの自発的な気付きを重視して、情報カードを利用した授業計画の検討を行った。

<情報カードの仕様>

情報カードは継続的に情報を蓄積したものに対して有効であるため、情報カードに記載する情報は、グラフ化できる数値または各々のカードと比較できる項目について収集する。情報カードの縁のスケールを項目の内容に沿って塗りつぶし、複数枚重ねずらすことで変化をグラフ的に表すことができる。[3]

<授業計画>

地球温暖化を促進させる原因になったものを、歴史的背景を踏まえて授業を行う。

対象：高校生1年生 分野・単元：総合的な学習の時間 地学基礎「地球の環境」。

生徒間の協力性に対する相互作用を図るために、グループ活動による調べ学習を行う。また、生徒自身に情報カードの内容を書かせグラフを作らせる。最後に、全グループによる全体ディスカッションを行う。詳細については、発表の当日に報告する。

<参考文献>

[1] 文部科学省 <http://www.mext.go.jp/> 2017年10月29日閲覧

[2] 谷田、川上、鳴門教育大学情報教育ジャーナル、3 (2006)

[3] 吉原他 応用物理学学会春季学術講演会 講演予稿集 Vol. 63rdpage. ROMBUNNO. 21A-47

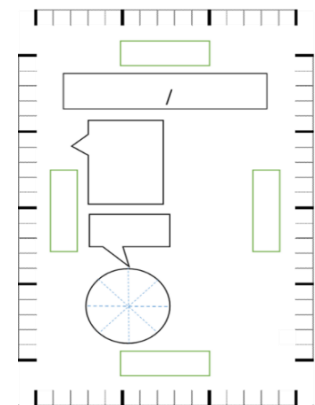


図1 学習用情報カード[3]

## メロディーロードから考える音と振動に関する教材の開発

黒崎 洸（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】

私たちの身の回りには様々な物理現象がある。中でも五感で感じることのできる物理現象として振動・波動の分野がある。振動・波動の分野では、目に見える波や振動だけではなく、目には見えない光や音などを扱う。振動・波動の分野で扱う光や音の学習は目で見ることは難しいが直接感じることのできる分野であり、身近な現象と学習内容を繋げることで理解の定着が期待できる。身の回りで振動などの物理現象を体験できる物としてメロディーロードがある。メロディーロードは、発生する音を音楽として聞くことができる様に整備した路面の総称である。この路面は車両の進行方向に対して垂直に配置された複数の溝で構成される。車両内で聞こえるメロディーは溝の間隔を変えることで聞こえる音を変化させている[1]。現在、メロディーロードは観光地などで施工されているが教材用としての先行研究はない。本研究では学生が自ら体験することで振動と音の関係について興味を持たせ、音と振動の関係を理解するための教材をメロディーロードを用いて、教材開発することを目的とした。

## 【実験方法】

メロディーロードは、溝の幅と車輪の移動速度によって振動数が変わる。この時、溝の間隔(D)と車輪の速度(v)、振動数(f)の関係は $D=v/f$ で表される。今回、人が車輪を押して動かした時の振動が 2m/s 程度の速度であったことから、本実験では $v=2\text{m/s}$ として実験装置の改良を行った。図1に実験装置の概略図を示す。溝の作製には1cm角の木材を使用し、木材を一定の間隔で並べることで一定の音が発生するように固定して、作製したメロディーロードを地面に置き、重りを乗せ地面との隙間を無くす。作成したメロディーロードの上を棒に付けたキャストを走らせ音を録音し、その音をどれほどの振動数が出ているかを解析行った。

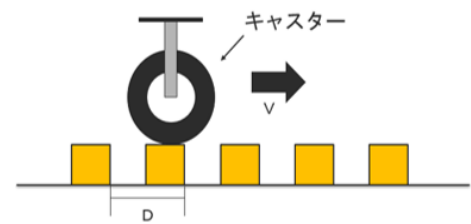


図 1 装置概略図

## 【結果】

発生した音は、録音した音をフーリエ変換し、評価した。図2に作成した装置上をキャストで走らせたときに発生した音のフーリエ変換の結果を示す。この結果から、発生した音の振動数は 118.5Hz であった。実験条件から計算される振動数は 110Hz であるので、7%程度の誤差である。求めていた音の振動数は 110Hz なので近い音が出ていたと考えられる。

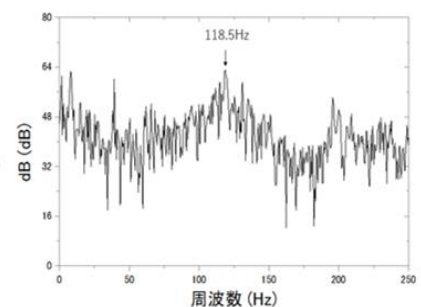


図 2 キャスターの振動音のフーリエ変換結果

## 【参考文献】

[1]特許「メロディーロードおよびメロディーロード設計プログラム」,JP4708354B2 ,2011.6.22

## 金管楽器の音の変化から学ぶ気柱共鳴理解のための教材開発

坂本祐菜（東海大学教養学部人間環境学自然環境課程）、小栗和也（東海大学教養学部人間環境学科）

### 1. はじめに

最近の中高生の理科離れが心配されている【1】。この原因として「内容が理解しにくい」が70%「数式や計算が多い」が20%「身近に感じるができない」という理由が10%である【1】。このことから身の周りの減少を物理的に理解することが重要ということが分かる。この学習を行う対象として楽器の仕組みの理解が挙げられる。学校教育用いる楽器にはリコーダー、ピアノなど様々な楽器がある。なかでもトランペットは音を変える際、ピストンを操作し空気の通る管の長さを変えて音を変化させる【2】。その仕組みは物理で学習する気柱共鳴で説明することが出来る【3】。ところで気柱共鳴を学ぶ際に使われている実験教材はアクリル製の直管を用い音叉やスピーカーで音を管内で共鳴させるものがほとんどである【4】。そのため金管楽器のように曲がった管でも気柱共鳴が起こっているという理解にはつながりにくい。本研究では金管楽器のメカニズムを学びながら物理の音の振動の分野について教材を作ることを目的とする。

### 2. 実験方法

金管楽器のような教材にするため管の部分に直径9mmのPVCチューブを用いた。またマウスピースの代わりにイヤホンを用いた。イヤホンにはオペレーターを接続し一定周波数の音が管の中に入るようにした。共振の状態についてはイヤホンの反対側にクリスタルレシーバーとりつけ音を受信し、オシロスコープにより振動の状態を確認した。

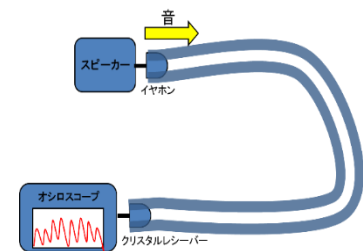


図1 実験装置

### 3. 実験結果

ドから1オクターブ分の振動数【5】と測定した $n=1$ の値を比べたところ差は3.197Hzで約3Hzということがわかりほぼ誤差はなく測定することができた。また、図2から長さによって共鳴する振動数の値に違いがみられたことから曲がっている状態でも気柱共鳴の現象を確認することが出来た。この結果から金管楽器がピストンを押し管の長さを変え音を出す仕組みは気柱共鳴が関係していることがわかった。

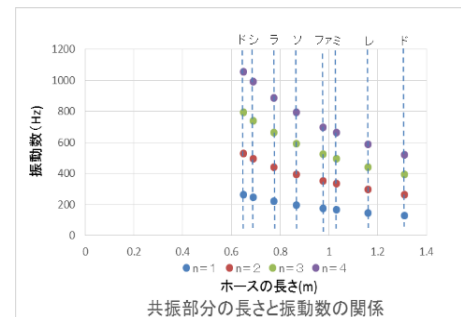


図2 実験結果

### 4. 参考文献

- 【1】工藤稔 川村教一日本理科教育学会東北支部第54回研究大会概要集 (2015)A-06
- 【2】YAMAHA 楽器解体全書 (仕組み・演奏技法) [https://www.yamaha.com/ja/musical\\_instrument\\_guide/trumpet/play/](https://www.yamaha.com/ja/musical_instrument_guide/trumpet/play/)  
閲覧日 2017/10/25
- 【3】N. H フレッチャー/T.D ロッソング 楽器の物理学(2002) p441
- 【4】ナリカ株式会社 ナリカ理科 No.54 平成 27.28 年度 総合カタログ P528
- 【5】西村鷹明 物理素額道工具箱 (2002) p198

## 色の変化を使って旋光を学ぶ教材開発

野地彩水（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]

光は私たちの日常生活にとって欠かすことのできないものである。現在の学習指導要領では光の性質は中学 1 年生から本格的に学習が始まる。中学での学習分野は、光の反射、屈折および凸レンズの働きが中心であり、高校において分散、波長、偏光などについて学習するとともに光の回折、干渉についても学習する。[1] 近年光を利用した様々な機器が開発され、より一層光は身近な存在になっている。そのため、結果学習していなかった現象について発展的な内容として学習する必要がある。中でも旋光は糖類の分析や薬局での医薬品の試験に使われており、旋光の性質を学ぶことは重要である。[2] とところで現在バーチャルリアリティーや 3D に関する技術の進歩が著しく、多くの人が興味を示す分野である。[3] 3D による立体視の手法にはステレオグラムやアクティブシャッター式など様々な方法がある。

[4] 中でも作成が容易な手法としてアナグリフ法がある。この方法は赤と青のフィルターを使用し、赤と青の画像を組み合わせ、映像を立体的に見せる方法である。そこで本研究では旋光による色の変化、選択を利用したアナグリフ法による立体視の可能性について検討を行うことを目的とした。

[実験方法]

水 100 g に砂糖 42.6 g を溶かし 30% の濃度の砂糖水を使用する。片方の端をガラスで止めた塩化ビニルパイプに砂糖水を入れる。ガラスで止めた塩化ビニルパイプの端に、2 枚重ねた偏光板を張り合わせる。偏光板を目に当て塩化ビニルパイプの上から赤色に光らせた LED を覗く。砂糖水の量を 10m l ずつ増やし最も暗くなる角度を測定する。角度 0° は塩化ビニルパイプに砂糖水をいれていない状態で LED の光が最も明るい所である。

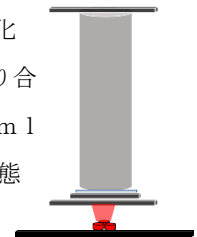


図 1 実験装置

[実験結果]

100m l の砂糖水で図 2、3 のような明暗が確認出来た。また、10m l ずつ砂糖水の量を増やし、最も暗くなる角度を測定した結果は図 4 のような結果に

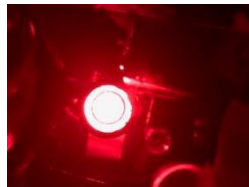


図 2 実験結果

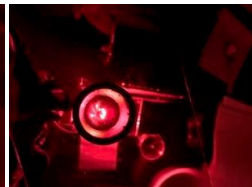
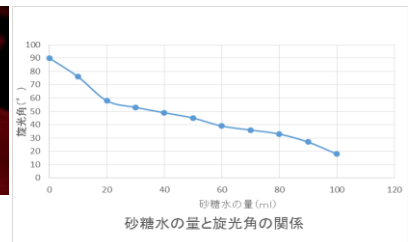


図 3 実験結果



グラフ 1 砂糖水の量と旋光角の関係

なった。砂糖水の量が増えるにつれて旋光角が小さくなっている。詳細については発表の当日に報告する。

[参考文献]

- [1] 高等学校学習指導要領解説理科編理数編 文部科学省 平成 21 年 12 月 12 日発行
- [2] 株式会社アタゴ [http://www.atago.net/japanese/products\\_polari\\_top.php](http://www.atago.net/japanese/products_polari_top.php) 2017 年 10 月 27 日
- [3] しゅみ図解シリーズ 3D 技術が一番わかる 町田聡 2013 年 2 月 25 日 P18-19
- [4] しゅみ図解シリーズ 3D 技術が一番わかる 町田聡 2013 年 2 月 25 日 P126-127、P134-135



## グラスハーブを教材利用するための振動解析～振動数と波動の関係～

三澤駿太郎、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）

### 1. はじめに

物理学は数学的要素を多く含むため、苦手と感じる生徒が多い[1]。少しでも興味を持たせ、学習意欲を高める必要がある。音楽を聞くことはみんなが好きなため、グラスの縁を指でこすっただけで、誰でも簡単に音を出すことができるグラスハーブは魅力的である。グラスハーブは比較的安価かつ容易に入手できることから理科教材として利用できる可能性が高い。このようなグラスハーブを教材で利用する場合、共振・振動メカニズムの解明・理解は必要不可欠である。しかし、グラスハーブの共振・振動メカニズムは明確になっていないため、グラスの振動や音について様々な研究が行われている[2-4]。先行研究より、液面の振動が音の発生に影響していると報告されている[6]。よって、液面の振動を観察することは非常に重要である。液面の振動を観察する際に、波を定常波にして観察するためにろくろを使用した。そこで本研究では、ろくろ上でグラスを回転させ、振動の発生源の座標を移動させずに共振させ、ハイスピードカメラを用いて、液面の振動を観察し、振動・共振メカニズムについて検討することを目的とした。

### 2. 実験方法

図1に実験に使用したろくろ上のストレートグラスを示す。本実験では、ろくろ上でグラスを回転させ、共鳴時の液面の振動をグラスの側面から動画撮影した。共振周波数を変えるため、水量を270mlと230mlに変えて行った。さらに、ろくろに直流電流を繋ぎ使用し、回転数を100rpmとし回転数を一定とした。撮影には、SHODENSHAのハイスピードカメラを使用し、レンズはM0814-MP2を使用した。

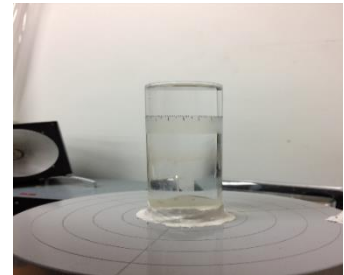


図1 実験に使用したストレートグラス

### 3. 実験結果

図2は1064Hzの音、図3は1222Hzの音を奏でている状態を3000fpsで撮影した共鳴時の液面の波を示している。この2つの波長を計算すると、図2は0.969mm、図3は0.954mmとなった。周波数を変化しても液面の波長はほとんど変わらないことが分かった。このことから、共鳴時の液面の波長は周波数と比例していないと予測される。詳細については、発表の当日に報告する。

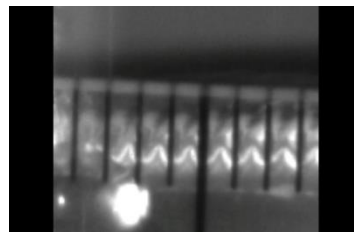


図2 液面に生じた微細な波  
周波数：1222Hz

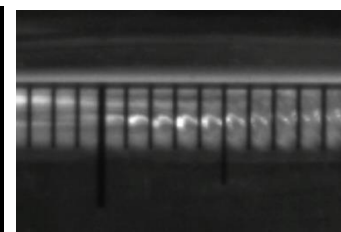


図3 液面に生じた微細な波  
周波数：1064Hz

### 4. 参考文献

[1]理科教育と理科離れの実態（三）高校生・まとめ

([http://ci.nii.ac.jp/els/contentscinii\\_20171027163954.pdf?id=ART0008952108](http://ci.nii.ac.jp/els/contentscinii_20171027163954.pdf?id=ART0008952108))

[2]中村、石和田、福田、飯塚、小栗 応用物理学会春季学術講演会講演予稿集 vol. 72th Page. ROMBUNNO. 30A-P9-17(2011)

[3]小野田彦彦、小泉周平、小栗和也 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)

[4]大沼、藤居、小野田、小泉、小栗 応用物理学会秋季学術講演会講演予稿集 vol. 74th Page. ROMBUNNO. 17A-P2-20(2013)

[5]深沢、斉藤、大沼、藤居、小栗 応用物理学会春季学術講演会講演予稿集 Vol. 62th Page. ROMBUNNO. 13P-P1-35(2015)

[6]小嶋芽衣、小栗和也 応用物理学会春季学術講演会予稿集 vol. 64th Page. ROMBUNNO. 16a-P1-33(2017)

## 走査電子顕微鏡用スパッタコータを用いたマグネトロンスパッタリング装置の作製

\*谷田貝 昂平(東海大学工学部材料科学科)、塚越 麗仁(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、豊田 椋一(東海大学大学院工学研究科応用理学専攻 現 (株)昭和真空)、源馬 龍太(東海大学工学部材料科学科)、\*\*松村 義人(東海大学工学部原子力工学科)

### 【目的】

東海大学では理工系学部在籍している理数分野に高い関心や意欲のある学生の研究に対する能力をさらに高め、科学技術者・研究者のエキスパートを育てる「サイエンス・マイスター」プログラムがある。そのカリキュラムには「課題分析実習」という科目があり、複数の実習課題の中から選択して、それまでの講義で学んだ処理方法、成膜法などの様々な工程等を基礎として、実験試料の分析を行うことで自主的に実習を実施するという科目である。また、「サイエンス・マイスター認定ゼミナール」という授業があり、その単位修得の条件として、「課題分析実習」で得られた研究内容について、学会・研究会等での発表(英語を含む)や論文作成等を行うことが求められている。

そこで、本研究においては、この「課題分析実習」および「サイエンス・マイスター認定ゼミナール」の一環として走査電子顕微鏡において非導電性試料の導電性付与のために使用される、スパッタコータの膜質の向上と高速化が可能かを検討することを目的とした。

### 【実験方法】

改造を行ったスパッタコータはJEOL製Fine Coat JFC-1100を用いた。この装置は油回転ポンプを用いて真空排気を行い、半波整流を行った簡易的なDC電源により2極ダイオードスパッタを行うものである。本研究においては、排気系の改造とスパッタガンに対する磁場付与により、膜質の向上と高速化を試みた。

### 【実験結果】

膜質の向上にはチャンバー内の残留ガス圧力の低減が重要であると考え、当初の油回転ポンプのみの排気系を油拡散ポンプと油回転ポンプを組み合わせた排気系に変更した。また、スパッタガスも当初大気導入によるものであったが、チタンのような活性金属の場合使用できないため、新たにアルゴンガスを導入できるように改造を行った。この改造の結果チタンのスパッタでも金属光沢面を示す薄膜が成膜可能であった。なおスパッタガスとして複数のガスを導入できるように改造したため、酸化チタン膜や酸化アルミニウム膜も作製することができた。

成膜速度の向上のため2極ダイオードスパッタであったスパッタガンの構造をマグネトロンガン方式に改造した。リング型ではないクロス型の磁場配置を作製し、より効率的な成膜が行えないか検討を行い、リング型に比べて成膜速度の向上に成功した。また、基板に入射するイオンによる再スパッタの低減に成功した。しかしながら、成膜分布の改善にまでは至らなかった。また、円筒形の磁石によって作製された磁場配置の場合、その直径のおよそ2倍の高さが最適値である事と、同時に成膜速度と磁力に関係性がある事が分かった。以上から、より効率の良い磁石配置が分かった



Fig. 1 リング型とクロス型(十字型)の磁石配置

# 偏光子と位相子の同期回転校正法による4検出器型偏光計の測定精度の検討

## Evaluation of Measurement Error Using Dual Rotation Calibration Method of Four Detector Photopolarimeter

\*高和 研利(東海大学大学院), 若木 守明(東海大学名誉教授), 高和 宏行(株式会社ユニオプト),

\*\*渋谷 猛久(東海大学)

### 1.はじめに

偏光解析法は試料の光学定数やガラスを含む透明物体の内部応力の測定に広く使用されてきた。近年では光学薄膜の大量生産に伴い光学定数を高速で測定する欲求が高まっている。偏光解析装置は偏光子、位相子等の光学素子を回転させる方法が一般的であり、測定時間の短縮が課題であった。R.M.A. Azzam によって提案された反射型4検出器型偏光計は(反射型 FDP), 4つの光検出器表面での反射による偏光状態の変化を利用した偏光計として開発された。反射型 FDP では光検出器以外の高価な光学素子は使用しておらず、回転部も不要なため高速測定することが出来る。しかし、光検出器への入射角度の調整が困難である。反射型 FDP の光学系の調整の課題を解決するために、被測定光の一部を光軸に対して垂直方向に取り出し光検出器へと導く、透過型配置の4検出器型偏光計(透過型 FDP)が考案された。この装置は3つのキューブ型ビームスプリッタ(BS)を光軸上に直線状に配置し、それぞれの BS で反射させた光を光検出器へ導き光強度を得ている。

反射型、透過型 FDP で未知の偏光を測定するためには、測定される偏光状態  $S$  と光強度  $I$  を関連付ける装置固有の特性行列  $A$  が必要であり、式(1)の様に関連付けられる。

$$I = AS \quad (1)$$

### 2. 目的

FDPの校正は、これまで4つの既知の偏光を入射させた時の光強度から特性行列を求める方法(4点法)が用いられてきたが、校正に用いた偏光状態と被測定偏光の組み合わせによって、測定精度が安定しないという問題があった。そこで我々は、偏光子と位相子を同期回転させる校正方法を提案し、測定誤差のばらつきを抑えることが出来た。しかし、校正に用いる偏光素子の位相誤差によ

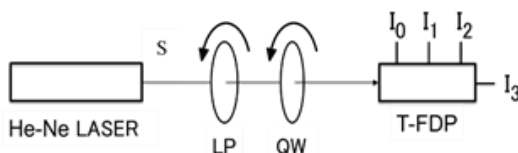


Figure 1 Experimental optical system.

るFDPの測定精度への影響は大きいと考えられる。

本研究では、偏光子と位相子の同期回転校正法を用いて、校正に用いる位相子の位相誤差を求め、位相誤差の影響を取り除くことを目的とした。

### 3. 実験方法

実験光学系を Figure 1 に示す。入射する偏光  $S$  は偏光子 LP, 位相子 QW を透過し, FDP に入射する。位相子に位相誤差  $\Delta$  を持っているとして、偏光子と位相子を  $p:q$  の回転比で回転させると、4つの光検出器で得られる光強度は式(2)のように表される。

$$I_n = \frac{1}{8} \left\{ \begin{aligned} & -\sqrt{2}(a_{n2} + a_{n3})(-1 + \delta) \cos(2p\theta) \\ & + \sqrt{2}(a_{n2} + a_{n3})(1 + \delta) \cos(2p\theta - 4q\theta) \\ & + 4(a_{n1} - a_{n4} \sin(2p\theta - 2q\theta)) \\ & + \sqrt{2}(a_{n2} - a_{n3})((-1 + \delta) \sin(2p\theta) \\ & \quad + (1 + \delta) \sin(2p\theta - 4q\theta)) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

(n:チャンネル番号,  $\theta$ :測定間隔).

### 4. 実験結果

回転比を 1:3 としたときに得られた位相誤差及び、位相板に位相差  $0.5^\circ$  の位相板を取り付けたときに得られた位相誤差を Table 1 に示す。

Table 1 Phase error of quarter wave plate

	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>
$\bar{\delta}$ (deg.)	3.46	-3.27	3.48	0.31
$\bar{\delta} + 0.5(\text{deg.})$	3.90	-2.51	3.66	1.00
$\bar{\delta} - 0.5(\text{deg.})$	2.88	-3.57	4.76	-1.38

2番のディテクターは位相が反転した。1~3番のディテクターにおいては絶対値として近い位相誤差が得られた。既知の位相板を取り付けたときの差が1~3番では  $1^\circ$  に近い値が得られた。

### References

- 1) R. M. A. Azzam: Arrangement of four photodetectors for measuring the state of polarization of light, OPTICS LETTERS, Vol. 10, No. 7, (1985).
- 2) R. M. A. Azzam: Mueller-matrix measurement using the four-detector photopolarimeter, OPTICS LETTERS, Vol. 11, No. 5, (1986).
- 3) 川畑州一: 透過型 Four Detectors Polarimeter の開発とその応用, 東京工芸大学工学部紀要, Vol. 27, No. 1, (2004).

## 核融合装置周辺でのデタッチプラズマのモデル解析

\*花井 啓利(東海大学理学部物理学科)、瀧本 壽来生(東海大学大学院理学研究科物理学専攻)、遠藤 隆太(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)

人口増加に伴うエネルギーの需要に対して、現在メインの供給源は火力発電だ。限りある資源に対して、効果的な発電方法が必要である。そこで、クリーンな発電技術の一つとして核融合発電の研究がされている。核融合には比較的低温で反応率の高いD-T反応を利用し研究されている。D-T反応を起こすためには、1億度以上の高温、高密度のプラズマを維持する必要がある。高密度、長時間、一定の空間に閉じ込めておくために磁場閉じ込め型核融合炉が注目されている。

しかし、D-T反応から生成されたヘリウム灰や炉壁などから出る不純物が炉心プラズマの温度を下げてしまう。これらの不純物を排気する機構としてダイバータが設置されている。融点の高いタングステンで作られているが、炉心からのプラズマ粒子束を集中して受ける場所のため、熱負荷による損耗が課題である。そこで、粒子束がダイバータ板に届く前にダイバータ領域に中性ガスを印加してプラズマデタッチメントを起こし、熱負荷低減を図る方法が有用である。プラズマデタッチメントとは、プラズマがイオンと電子の再結合により消滅することにより、熱流が著しく減少する現象である。この時ダイバータ領域でみられるプラズマをデタッチプラズマという。図1を見ると中性粒子との相互作用により温度が下がり、密度は高くなっていることから、ダイバータプレートの手前でデタッチプラズマが起きていることが分かる。現在、国際協力のもとフランスに建設中のITERのような大型装置ではデタッチプラズマの発生が局所的であることが分かっている。一方で、どの反応過程が支配的なのかよく分かっていない。デタッチプラズマの再結合過程における電子-イオン再結合は以前から知られていたが、分子性再結合などが理論的に提案され、その反応過程は複雑である。

そこで、TPD-SheetIV(図1)で測定し、衝突輻射モデル(CRモデル)を使いデタッチプラズマの反応過程を明らかにすることを本研究の目的とした。TPD-SheetIVは、実際の大型核融合装置と同じ高密度水素放電においてデタッチプラズマの生成が可能な唯一の装置である。デタッチプラズマの反応過程についての詳細は当日に発表する。

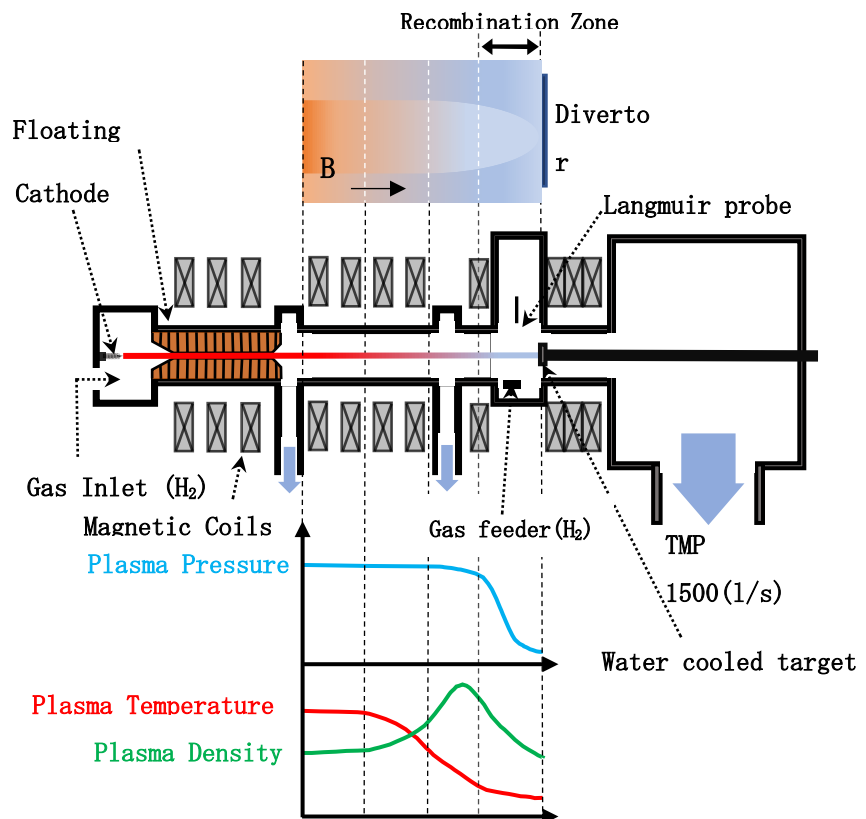


図1 TPD-SheetIVによるダイバータ付近を模擬したデタッチプラズマの様子

シートプラズマを用いた電気推進機における推力測定

\*吉田海理（東海大学理学部物理学科）、西村未来（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）

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

宇宙推進技術は、地球引力圏からの離脱に必要な推進技術と、引力圏外である宇宙空間での推進技術に大きく分けられる。地表から宇宙空間へ行く際には極めて大きな推力が必要であり、高加速度であり低比推力である化学エネルギーから推力を得る化学推進機が用いられる。地球引力圏外である宇宙空間では、低加速度かつ高比推力である電気推進機を人工衛星の姿勢制御や、長期ミッションでの主エンジンとして利用されている。図1に各種推進機の推力密度と比推力の関係を示す。

高い比推力を得ることができる電気推進機であるが、有人惑星探査を目指すにあたり、ミッションの過度な長期化は避けるべき問題となってくる。そのため、高比推力かつ高推力な推進システムの開発が求められてくる。そこで、有人惑星探査を目標にした比推力可変型プラズマ推進機 VASIMR が NASA を中心に研究が行われている。VASIMR は、電力一定のもとでプラズマの生成と加熱を制御することで、推力・比推力を自由に可変することが可能である。VASIMR は、プラズマ中のイオンを高周波によるイオン・サイクロトロン共鳴（ICR）加熱を行い、発散型磁場ノズルによって得られた熱エネルギーを運動エネルギーに変換し推力を得るシステムを用いている。しかし、効率的なプラズマの生成と加熱、磁気ノズルにおけるプラズマ流の加速が課題となっている。

本研究室の実験装置 TPD-Sheet IV (図2) は高密度 ( $>10^{-18}m^{-3}$ ) かつシート状のプラズマを生成することができ、プラズマの厚さはイオンラーマ半径の2倍程度である。イオンの加熱が難しい原因として、一般的な円柱状のプラズマだと電場がプラズマの中を透過しにくいということがある。本研究室のシートプラズマであると、厚さが薄いことから電場が容易に透過できると期待することができ、ICR 加熱を用いた低電力で効率的なイオンの加熱を行うことが期待できる。本研究室での先行研究から、ICR 加熱のみを行った際の推力は、0.016~0.04[N]であった。よって、本研究では磁場の発散による推力の向上を目的とした。

本実験での推力測定は、プラズマを1秒間振り子式ターゲットに照射した際の振れ幅をレーザー変位計による測定から算出した。実験条件は、推進剤はHe（ヘリウム）を用い、放電電力は7~12[kW]、磁場強度は~0.1[T]、高周波電力は0~300[W]まで変化させた。詳細はポスターにて発表を行う。

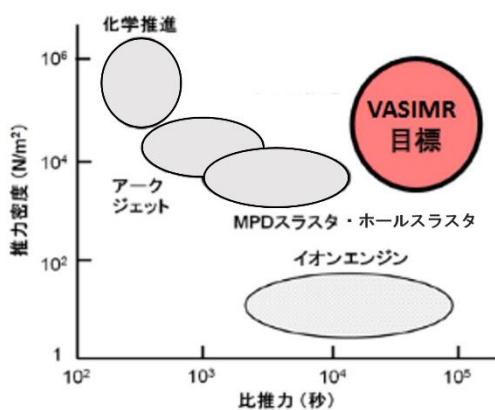


図1. 各種推進機の推力密度と比推力の関係

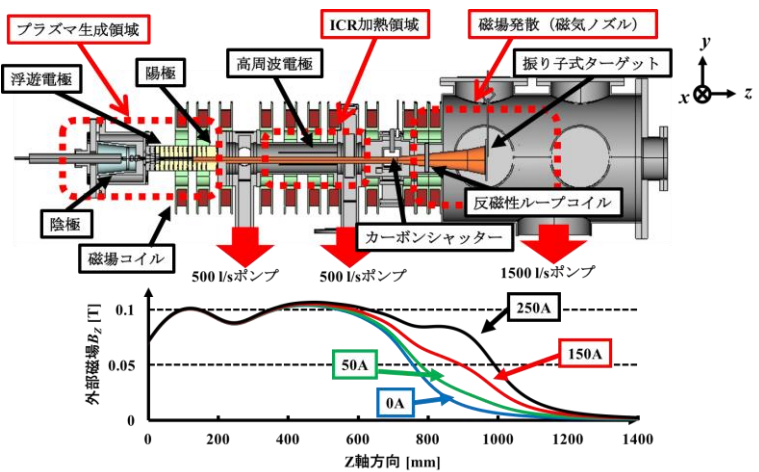


図2. TPD-Sheet IV の概念図

## シートプラズマを用いたオーロラの揺動に関する基礎実験

\*原和樹（東海大学理学部物理学科）、遠藤隆太（東海大学大学院理学研究科物理学専攻）、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）、佐藤浩之介（中部電力）、河村和孝（東海大学）

地球上空で観測されるオーロラは複雑かつ多様な振る舞いをする。オーロラの発光は地球の電離層に荷電粒子が落下し電離層の中性粒子と衝突で生じ、オーロラ特有の緑色な発光は酸素原子との衝突によるものである。このように、オーロラの発光の構造については良く理解されている。その一方、オーロラがどのようにして発達するのか、またどのような運動をするのかについては十分な理解がなされておらず、オーロラの物理機構において不明な点が多々ある。オーロラ研究者にとって、このオーロラの力学過程をプラズマ物理学の言葉で表現することが大きな目標である。



図 1. オーロラの代表的な渦状構造であるカール[2]

現在オーロラのシミュレーション研究において、フィードバック不安定性のみが唯一オーロラの発達を説明することができる有力な理論モデルとされている。そして、フィードバック不安定性による

と、 $\mathbf{E} \times \mathbf{B}$  ドリフトによりシア流が発生し、そのシア速にともなってオーロラにおける渦列構造が発達させられていると考えられている。[1]

本実験ではシートプラズマ生成装置 TPD-Sheet IV を用いてシート状のプラズマを作成し、その際の荷電粒子の揺動を観測し、オーロラの渦状構造と荷電粒子の運動の関係を明らかにすることを目的とする。本研究のシートプラズマ生成装置 TPD-Sheet IV によって生成されるプラズマはシート状なため、オーロラの揺動の模擬に適していると考えられる。

シートプラズマ生成装置 TPD-Sheet IV を用いて、鉄心の方向の磁場を作成し、シート状のプラズマを作成する。その際の荷電粒子は  $\mathbf{E} \times \mathbf{B}$  ドリフトにしたがって運動すると考えられ、その運動によるプラズマの揺らぎを測定する。測定方法として、図 2 のようにシートプラズマの周辺にプローブを配置し、プローブにてシートプラズマの揺らぎを各地点で計測する。そして、各地点で計測されたプローブ計測の結果を元に各地点間の位相のズレを算出し、シートプラズマの揺らぎの挙動を決定する。その結果からオーロラの揺らぎと荷電粒子の運動の関係を考察する。

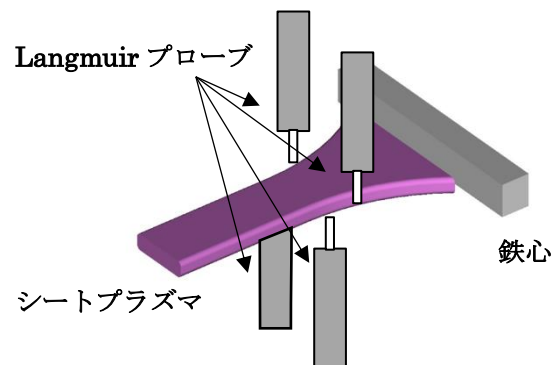


図 2. Langmuir プローブを用いた測定方法

詳細はポスターにて説明する。

参考文献：[1] 磁気圏—電離圏結合におけるオーロラの構造形成とダイナミクス 渡邊智彦 プラズマ・核融合学会誌 Vol.93-09(2017) [2] 国分勝也 「高度 1 万メートルから見たオーロラ」 東海大学出版会 2012 年

## 核融合装置のダイバータ材料における重水素の吸蔵・透過特性

\*栗谷川翔（東海大学理学部物理学科）、林達也（東海大学理学研究科物理学専攻）、瀧本壽来生（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、水素同位体である重水素（D）とトリチウム（T）の核融合反応（D-T 反応）を利用した核融合発電の研究が進められている。核融合炉の真空容器内で核融合反応を起こし、反応によって得た熱によってタービンを回して発電する。この核融合反応によって生成されるヘリウム灰などの不純物は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を生じさせる。そのため不純物を排気するダイバータが設置されている。ダイバータではプラズマを直接接触させ、中性子化した粒子を排気する。不純物を排気する際、未反応の燃料粒子（D、T）も同時にダイバータに流入してしまう。この時ダイバータ材料であるタングステン中に吸蔵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（1kg）が決められているため、どの程度吸蔵されるのかを明らかにすることは重要である。またタングステン中を透過したトリチウムが水冷管まで到達した場合、水の放射化も懸念される。

先行研究では、ダイバータ材料として用いられるタングステンに D-He 混合プラズマを照射し、タングステン中の吸蔵・透過特性を調べた。その結果、重水素プラズマのみの照射よりも、D-He 混合プラズマ照射の方が重水素の透過量が多かった。図 1 に透過現象の概念図を記した。透過現象とは、固体に流入した原子が固体の原子のもつポテンシャルの山を飛び越えることによって起きる現象である。そのため、その山の高さにあたる活性化エネルギーを求めることは重要であり、重水素プラズマと D-He 混合プラズマでは、活性化エネルギーが異なることが考えられる。よって本研究では、D-He 混合プラズマ照射時の活性化エネルギーを算出することを目的とした。

実験では、ダイバータ模擬装置 TPD-Sheet IV より生成したプラズマを装置終端部に設置した試料に照射した（図 2）。試料は 1000℃で焼鈍したタングステン（厚さ 1mm, 10mm×10mm）を使用し、タングステンを透過した重水素を計測するために、水素吸蔵材であるチタン（厚さ 100μm, 10mm×10mm）を重ねた。また粒子が流入する際の解離エネルギーを小さくするために、触媒として白金（厚さ 0.20μm）を用いた。重水素同位体の吸蔵量は昇温脱離装置を用いて測定をした。

詳細はポスターにて発表する。

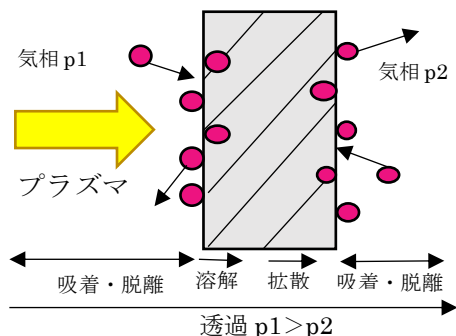


図 1、透過現象の概念図

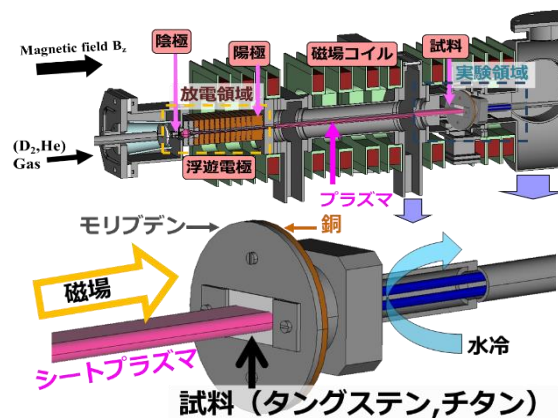


図 2、TPD-Sheet IV 概念図

## ハンディ型大気圧プラズマジェット発生装置の開発

\*榎園裕司、中澤克樹、庄司優介、\*\*桑畑周司（東海大学工学部電気電子工学科）

### 1. はじめに

近年、大気圧プラズマジェットを用いた多くの応用研究が進められている。例えば、半導体ウェハやガラス基板の洗浄や親水性の向上、医療分野やバイオ分野への応用も考えられている。しかしながら、使用されているプラズマジェット発生装置の殆どが設置型のため、限られた部分にしかプラズマを照射することができない。そのため、更に多くの用途に利用できるようにハンディ型のプラズマジェット発生装置が必要になってくる。本研究の目的は、ハンディ型のプラズマジェット発生装置の開発である。

本発表では、現在使用している設置型の大気圧ヘリウム(He)プラズマジェット発生装置を改良し、①軽量化かつ低コスト化の実現を目指す、②ハンディ型にする際のプラズマ発生条件(印加電圧)を確認した結果について報告する。

### 2. 実験

He ガス流量は、10 L/分間で行った。

- ①軽量化かつ低コスト化: (1)二電極を単電極へ変える。  
(2)誘電体として用いている石英管(3200 円/m)をガラス管(94 円/m)へ変える。  
②ハンディ型にする際のプラズマ発生条件(印加電圧)を確認: 印加電圧 5~8 kV で行う。

### 3. 結果と考察

図 1 に現在使用している設置型の大気圧プラズマジェット発生装置を示す。先端部分は石英管で、電極が二カ所(赤色と黒色のミノムシクリップ部分)ある。

図 2 に単電極でのプラズマジェット発生の様子を示す。図 2(a)のように石英管に単電極でも長さ約 4 cm のプラズマが発生した。図 2(b)のようにガラス管に変えても長さ約 4 cm のプラズマが発生した。これらの結果から、ガラス管に単電極でもプラズマが発生することがわかった。

図 3 にプラズマジェットの印加電圧依存性を示す。印加電圧が 5 kV ではプラズマが発生しなかった。印加電圧が 6~8 kV ではプラズマが発生し、プラズマの長さは約 4 cm とほとんど同じであった。これらの結果から、プラズマジェット発生に必要な印加電圧は 6 kV であることがわかった。

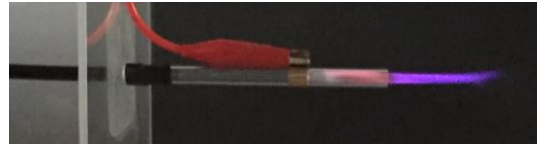
図 4 に完成予想図を示す。



図 1. 現在使用している設置型の大気圧プラズマジェット発生装置



(a)



(b)

図 2. 単電極でのプラズマジェット発生の様子: (a)石英管、(b)ガラス管



(a)



(b)



(c)



(d)

図 3. プラズマジェットの印加電圧依存性(ガラス管): (a)5 kV、(b)6 kV、(c)7 kV、(d)8 kV



図 4. 完成予想図



## 大気圧ラインプラズマの生成に関する研究

\*高島丈、秋山裕太、渡邊隆義、\*\*桑畑周司（東海大学工学部電気電子工学科）

### 1. はじめに

フラットパネルディスプレイ用のガラス基板、半導体ウェハ、高分子フィルムなどの大面積の表面洗浄（親水性の向上）を目的とした大気圧プラズマ処理の研究が注目されている。我々の研究室では、マイクロ波励起大気圧ヘリウム（He）ラインプラズマ発生装置を開発し、プラズマ発生条件とプラズマの長さ及び発生位置の関係を調べている。

本発表では、大気圧 He ラインプラズマのマイクロ波電力依存性およびショートプランジャー位置依存性について調べた結果について報告する。ショートプランジャーの位置を変化させると、導波管内のマイクロ波の定在波の位相が変化し、プラズマの発生位置が変化することが期待される。

### 2. 実験

図 1 に大気圧ラインプラズマ発生装置の概略図を示す。最大出力 1100 W のマイクロ波源から出力された周波数 2.45 GHz のマイクロ波を、ファンクシオンジェネレーターを用いデューティー比 1:1 で 800 Hz でパルス変調し、オートチューナーでマッチングをとり、自作の導波管に導入した。導波管の他端にはショートプランジャーを設置し、マイクロ波を終端で短絡した。ショートプランジャーの位置は 0~80 mm と可変である。自作の導波管の底面には長さ 360 mm 幅 5 mm のスロットアンテナがあり、そこからマイクロ波のエネルギーが He ガスに伝わり、He プラズマが発生する。

### 3. 結果と考察

図 2 にラインプラズマのマイクロ波電力依存性を示す。マイクロ波電力が 750 W では、ラインプラズマは発生しなかった。800 W では、ラインプラズマが右側（マイクロ波源に近い側）に発生した。この時のラインプラズマの長さは約 180 mm 幅約 5 mm であった。850 W では、ラインプラズマの長さが長くなり、約 330 mm であった。900 W では、ラインプラズマの長さは約 350 mm とわずかに長くなり、プラズマの幅も約 7 mm と広くなり明るくなったように見えた。1000 W では約 320 mm とわずかに短くなり、1100 W では約 350 mm 幅約 6 mm であった。導波管内のスロットアンテナの長さが 360 mm であるので、この導波管での最大ラインプラズマ長は 360 mm となる。これらの結果から、300 mm を超える長さのラインプラズマの発生には、850 W より高いマイクロ波電力が必要であることがわかった。

図 3 にラインプラズマのショートプランジャー位置依存性を示す。マイクロ波電力は 1100 W で行った。ショートプランジャー位置が 30 mm では右側（マイクロ波源側）に約 120 mm のプラズマが発生した。40 mm では約 170 mm、50 mm では約 230 mm、60 mm では約 250 mm、70 mm では約 290 mm の長さのプラズマが発生した。ショートプランジャーの位置の値の増加に伴いラインプラズマが左側（ショートプランジャー側）へ伸び、ショートプランジャー位置が 70 mm で、プラズマの長さが最大となった。従って、長いプラズマの発生には、ショートプランジャーの位置は 70 mm が良いと考えられる。この場合、定在波の腹がスロットアンテナの中央にきていると考えられる。これらの結果から、ショートプランジャー位置を変化させることで He ラインプラズマの長さや発生位置を変えられることがわかった。

### 謝辞

本研究にご協力頂きました東海大学の進藤春雄元教授に感謝致します。

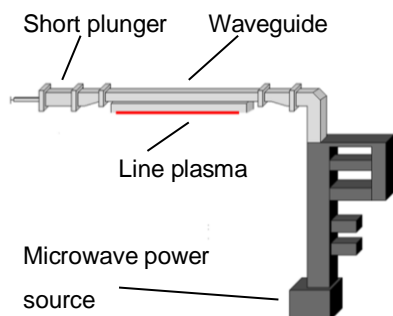


図 1. 大気圧ラインプラズマ発生装置の概略図

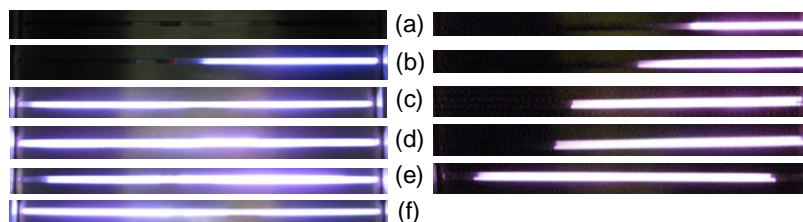


図 2. マイクロ波電力依存性  
(a) 750 W、(b) 800W、(c) 850 W  
(d) 900 W、(e) 1000 W、(f) 1100 W

図 3. ショートプランジャー位置依存性  
(a) 30 mm、(b) 40 mm  
(c) 50 mm、(d) 60 mm、(e) 70 mm

## 大気圧プラズマジェット照射されたアルミ薄膜表面のXPS測定

\*春日直弥、小山慶、庄司佳弘、\*\*桑畑周司（東海大学工学部電気電子工学科）

### 1. はじめに

大気圧プラズマを用いた金属の表面改質・表面加工の研究が行われている。以前我々の研究室では、印加電圧 10 kV で発生させた大気圧アルゴン (Ar) プラズマジェットをガラス基板上に蒸着したアルミニウム (Al) 薄膜に 5 秒間照射すると、Al 薄膜がエッチングされることを見出している。

本発表では、印加電圧 4 kV で発生させた大気圧 Ar プラズマジェットを Al 薄膜に照射すると、Al 薄膜表面がどのように変化するかを調べるために、X 線光電子分光 (XPS) 測定と走査型プローブ顕微鏡 (SPM) 観察を行った結果について報告する。

### 2. 実験

大気圧 Ar プラズマジェットは、周波数 10 kHz、印加電圧 4 kV、Ar ガス流量 10 L/分間で発生させ、ガラス基板上に真空蒸着した Al 薄膜 (膜厚約 3.5  $\mu\text{m}$ ) に照射距離 2 mm で、5~60 秒間照射された。XPS 測定には、ULVAC-PHI 製 Quantera II を用いた。SPM 測定には、SIMADZU 製走査型プローブ顕微鏡 SPM-9700 を用いた。

### 3. 結果と考察

図 1 に Al 薄膜へのプラズマジェット照射の様子を示す。接地電極下部にのみうすい紫色の発光が見えていることから、発生したプラズマは石英管から外に出ず、Al 薄膜へはあたっていないように見えた。

図 2 に 60 秒間プラズマ照射後の Al 薄膜の写真を示す。Al 薄膜表面にダメージはないように見えた。

図 3 に XPS スペクトルを示す。図 3(a) に示すようにプラズマ照射前では、結合エネルギー 73.0 eV と 118.0 eV にピークが観測され、これらはそれぞれ Al2p と Al2s によるものである。Al のピーク以外に、284 eV と 531 eV にピークが観測され、これらはそれぞれ炭素 C1s と酸素 O1s によるものである。この結果は、Al 薄膜表面には C 原子と O 原子が存在していることを示している。通常 Al 表面には厚さ 10-20 Å の自然酸化膜が形成されており、測定された O 原子はこの自然酸化膜表面の O 原子と考えられる。C 原子は、Al 薄膜表面に吸着しているコンタミネーションと呼ばれる有機化合物中の C 原子と考えられる。図 3(b) に示すようにプラズマ照射後では、O1s ピーク強度、Al2p と Al2s ピーク強度は増加し、C1s ピーク強度は減少した。これらの結果は、大気圧 Ar プラズマジェットは Al 薄膜にあたってはいいないが、プラズマ照射により Al 薄膜表面に吸着していた C 原子 (コンタミネーション) がプラズマ照射により Al 表面から除去され、プラズマ照射前は C 原子が吸着していた Al 原子や O 原子が見えたものであると考えられる。

当日は、プラズマ照射前後の Al 薄膜表面の SPM 観察を行った結果についても報告する予定である。

### 謝辞

本研究にご協力頂きました東海大学技術共同管理室の宮本泰男室長と森川真希氏に感謝致します。

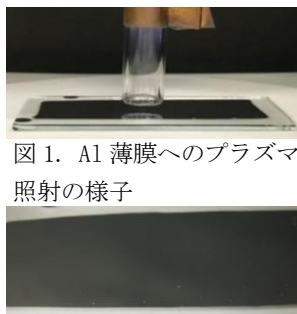


図 1. Al 薄膜へのプラズマ照射の様子

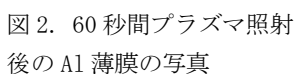
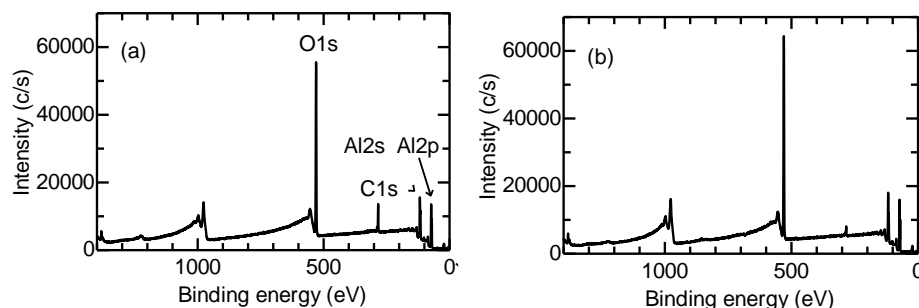


図 2. 60 秒間プラズマ照射後の Al 薄膜の写真



(a) プラズマ照射前

(b) 60 秒間プラズマ照射後

図 3. Al 薄膜表面での XPS スペクトル

## 大気圧プラズマジェットを用いた細胞への遺伝子導入

\*高沢歩、羽田清貴、三橋弘明(東海大学工学部生命科学科)、\*\*桑畑周司(東海大学工学部電気電子工学科)

### 1. はじめに

現在、細胞への遺伝子導入法として細い針を用いるマイクロインジェクション法やウイルスを用いるウイルスベクター法などがある。しかしながら、熟練の技術が必要であり時間がかかること、ウイルスの毒性や汚染の危険性などの問題点があり、新たな導入法が求められている。我々の研究室では、大気圧アルゴン(Ar)プラズマジェットを用いた細胞への遺伝子導入を目指している。

本発表では、細胞への遺伝子導入の前段階として行った、ゼブラフィッシュ卵への蛍光色素の導入実験の結果について報告する。蛍光色素は遺伝子よりも大きさが小さく、導入の有無が確認しやすいため用いた。

### 2. 実験

大気圧 Ar プラズマジェットは、周波数 10 kHz、印加電圧 10 kV、Ar ガス流量 10 L/分間で発生させ、直径 35 mm のシャーレ内の蒸留水 1 mL 中にゼブラフィッシュ卵 20 個と蛍光色素デキストラン(濃度 0.1 mg/mL)を入れ、1 秒間照射した(図 1)。照射距離は、10、13、15 mm とした。ゼブラフィッシュ卵の蛍光像の観察には、OLYMPUS 製の蛍光顕微鏡 SZX10 を用いた。プラズマ照射直後、照射 3 時間後、照射 6 時間後に観察を行った。

### 3. 結果と考察

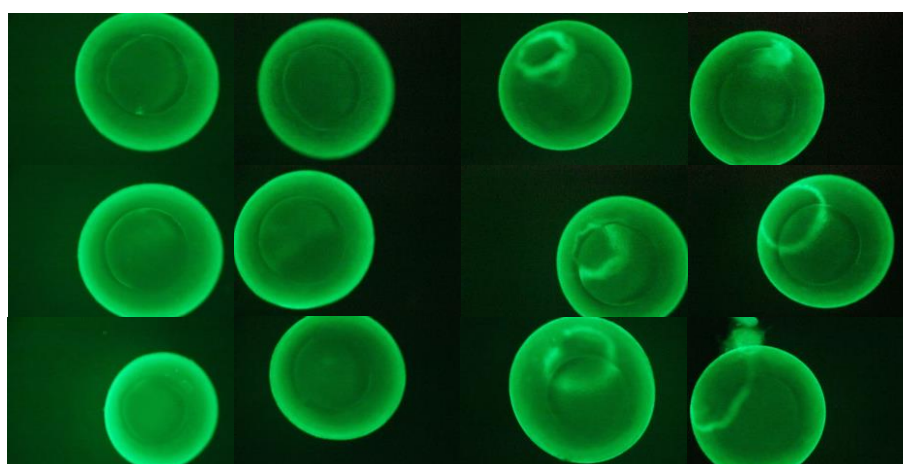
図 2 にゼブラフィッシュの写真を示す。ゼブラフィッシュは体長約 5 cm の淡水魚で、全ゲノム(遺伝情報)が解読されており、モデル生物として良く用いられている。

図 3 にゼブラフィッシュの卵の写真を示す。ゼブラフィッシュの卵は直径約 1 mm で、透明である。点線内が細胞である。

図 4 にゼブラフィッシュ卵の蛍光顕微鏡像のプラズマ照射距離依存性を示す。プラズマ照射直後では、プラズマ照射距離が 15 mm の場合やガスのみでは変化が見られなかった。一方、プラズマ照射距離が 13 mm と 10 mm では、卵の内側にリング状の部分が生じ蛍光色素が入ったように見える。プラズマ照射 6 時間後では、リング状の部分は 13 mm では 20 個中 1 個、10 mm では 20 個中 5 個に見られた。この結果から蛍光色素はプラズマ照射距離が短いほど卵内には入り易いと考えられる。ただし、細胞内には入っていないように見える。



図 1. プラズマ照射の様子 図 2. ゼブラフィッシュ 図 3. ゼブラフィッシュの卵



(a) ガスのみ 15 mm (b) 15 mm (c) 13 mm (d) 10 mm

図 4. ゼブラフィッシュ卵の蛍光顕微鏡像のプラズマ照射距離依存性  
上段：プラズマ照射直後、中段：プラズマ照射 3 時間後、下段：プラズマ照射 6 時間後

## 大気圧プラズマジェットを用いたタートラジン色素水溶液の脱色

\*井上倫弥、津金俊孝、小田慶喜(東海大学技術共同管理室)、\*\*桑畑周司(東海大学工学部電気電子工学科)

### 1. はじめに

大気圧プラズマを用いて水中の有害有機化合物を分解し、廃水を浄化する研究が行われている。タートラジン( $C_{16}H_9N_4Na_3O_9S_2$ )は石油製品由来の黄色のターラ色素で、日本では食品添加物(黄色4号)として「漬物」や「マーマレード」などにも使われているが、喘息や蕁麻疹などのアレルギー症状を引き起こすことが確認されており、英国では注意欠陥・多動性障害(ADHD)との関連が疑われており、自主規制されている。

私たちの研究室では大気圧アルゴン(Ar)プラズマジェットを用いて、水中の有害有機物の分解を目指した研究を行っている。

本発表では、タートラジン水溶液へ大気圧 Ar プラズマジェットを照射し、タートラジン分子の分解(タートラジン水溶液の脱色)を試みた結果について報告する。

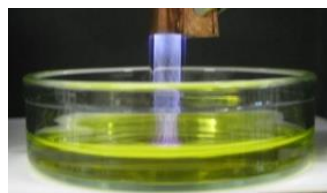


図 1. タートラジン水溶液へのプラズマジェット照射の様子

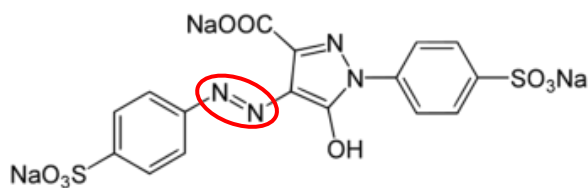


図 2. タートラジン分子の構造

### 2. 実験

大気圧 Ar プラズマジェットは、周波数 10 kHz、印加電圧 10 kV、Ar ガス流量 10 L/分間で発生させた。直径 60 mm のシャーレにタートラジン水溶液(濃度 100 mg/L)を 10 mL 入れ、プラズマジェットを照射距離 15 mm で 0~50 分間照射した(図 1)。タートラジン水溶液の吸光度スペクトル測定には、JASCO 製分光光度計 V-630 を用いた。

### 3. 結果と考察

図 2 にタートラジン分子の構造を示す。窒素(N)の二重結合であるアゾ基(-N=N-)を持つ構造である。

図 3 にプラズマジェット照射に伴うタートラジン水溶液の色の変化を示す。プラズマ照射前では黄色であったが、プラズマ照射時間の増加に伴い徐々に色が薄くなり、50 分間照射後には透明になり脱色された。

図 4 にタートラジン水溶液の吸光度スペクトルのプラズマ照射時間依存性を示す。プラズマ照射前では波長 430 nm 付近に極大ピークが見られたが、プラズマ照射時間の増加に伴いピークでの吸光度は徐々に低くなり、50 分間のプラズマ照射後にはほとんど零になった。これらの結果から、タートラジン水溶液は、50 分間のプラズマ照射により脱色されることがわかった。

当日は、質量分析(MS)測定の結果も合わせて示し、タートラジン分子の分解過程についても報告する予定である。

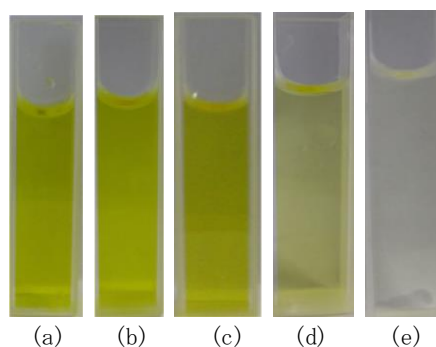


図 3. プラズマジェット照射に伴うタートラジン水溶液の色の変化: (a) 照射前、(b) 15 分間、(c) 30 分間、(d) 40 分間、(e) 50 分間照射

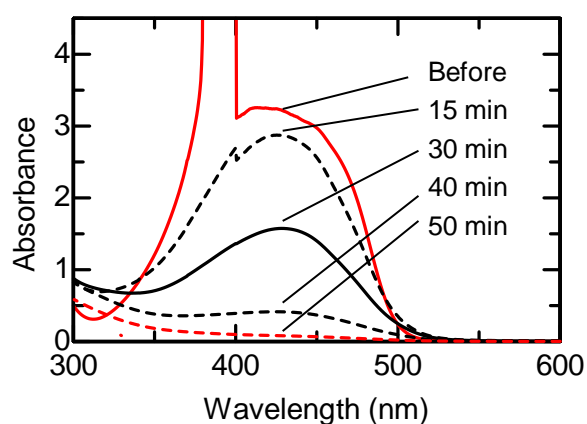


図 4. タートラジン水溶液の吸光度スペクトルのプラズマ照射時間依存性

Tm, Yb ドープ BaGd<sub>2</sub>ZnO<sub>5</sub> アップコンバージョン蛍光体の合成と発光特性評価

\*諸岡 夏実 (東海大学工学部材料科学科)、田村 紗也佳 (東海大学総合理工学研究科総合理工学専攻)、  
 粕谷 航平 (東海大学理学研究科化学専攻)、\*\*富田 恒之 (東海大学理学部化学科)

【Introduction】 アップコンバージョン(UC)とは、長波長の光を用いて多光子・多段階で励起し、短波長の光に変換する技術である。UCの技術は、太陽電池や3Dポリウムディスプレイ、生体イメージングや治療への応用等、様々な分野で使われている。UC蛍光体には光増感剤と発光中心の2種の希土類イオンをドープすることが主流であり、光増感剤であるYbが励起光である980nmの近赤外光を吸収し、そのエネルギーを発光中心であるEr、Ho、Tmに伝達することで発光効率が向上する。Er、YbまたはHo、Ybを共ドープしたBaGd<sub>2</sub>ZnO<sub>5</sub>は、強い緑色UC発光を示すことが報告されている<sup>[1,2]</sup>。BaGd<sub>2</sub>ZnO<sub>5</sub>にTm、Ybをドープすることで強い青色発光を示すことが期待される。そこで本研究では錯体ゲル法によってTm、YbドープBaGd<sub>2</sub>ZnO<sub>5</sub>を合成し、ドープ量の最適化と発光特性の評価を行った。

【Experimental】 試験管にBa(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> aq.とZn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> aq.を0.5mmol、クエン酸を10mmol、Tm(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> aq.とYb(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> aq.とGd(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> aq.を合計が1mmolになるように加え攪拌した。この実験では、より発光強度の強いドープ量を確認するため広範囲から狭範囲へとドープ量を振っていき、計3回同様の操作を行った。これらを120℃で加熱した後さらに450℃で5時間加熱し、生成物を乳棒と乳鉢を使って粉碎した。それぞれの試料をろ紙に移し、1200℃で5時間焼成した。合成した試料は、半導体赤外線レーザー(980nm)および瞬間マルチ測光システム(大塚電子MCPD-7700:311C)による赤外励起-可視発光スペクトル測定、XRD測定、量子収率測定を行い評価した。

【Results & Discussion】 合成した試料は980nm励起下で青色発光を示した。Fig. 1に、TmとYbのドープ量の異なる試料BaGd<sub>2</sub>ZnO<sub>5</sub>:Tm,Ybの積分強度を示す。最も発光が強かったのはTm 0.3%、Yb 7%の試料であり、Fig. 1からも強い発光があることが確認できた。ドープ量を変化させた際、特にTmのドープ量が増えると発光強度が著しく低下し、同時にTmに対してYbのドープ量がかかり多く必要になることもわかった。Tmは濃度消光の起こりやすい傾向があり、980nmの吸収はTmでは起こらないので、Ybが多く必要になると考えられた。この試料についてXRD測定を行い、BaGd<sub>2</sub>ZnO<sub>5</sub>が合成されたことを確認した。しかし二次相としてGd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>も検出されたことから、希土類イオンの固溶限界は7%以下であると考えられる。だが、Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Tm,Ybの発光スペクトルとの発光スペクトルの比較から、この試料の発光はBaGd<sub>2</sub>ZnO<sub>5</sub>によるものであることが証明された。Fig. 2に、各波長域における発光強度の励起光強度依存性を示す。UC発光強度 $I_{UC}$ は、近赤外励起光強度 $I_{NIR}$ と $\ln(I_{UC}) \propto n \ln(I_{NIR})$ の関係にあることが知られている<sup>[3]</sup>。ここで $n$ は発光に必要な光子数を示す。グラフの傾きより発光に必要な光子数は、青(470-490nm)は3光子、赤(650-658nm)は3光子、赤(690-700nm)は2光子、近赤外(790-810nm)は2光子であった。400-860nm、440-510nm、610-720nm、760-860nmのUC蛍光体の内部量子収率はそれぞれ2.41%、0.02%、0.01%、2.38%であった。青色発光の量子収率は0.02%と低いですが、発光が3光子励起であることを考慮すると比較的良い収率が得られたと考えられる。また、近赤外域の量子収率は高く、生体イメージングへの利用が可能であると期待される。

## 【参考文献】

- [1] A. Birkel et al., *Chem. Phys. Lett.*, **477**, 325, (2009)  
 [2] I. Etchart et al., *J. Mater. Chem.*, **21**, 1387, (2011)  
 [3] M. Pollnau et al., *Phys. Rev. B*, **61**, 3337, (2000)

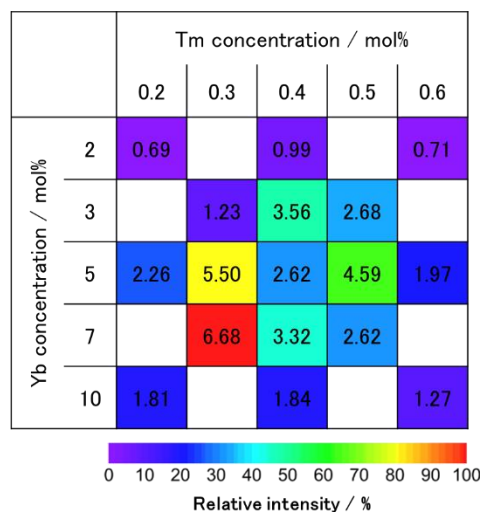


Fig. 1 Integrated blue UC emission intensity (450-500 nm) under 980 nm excitation.

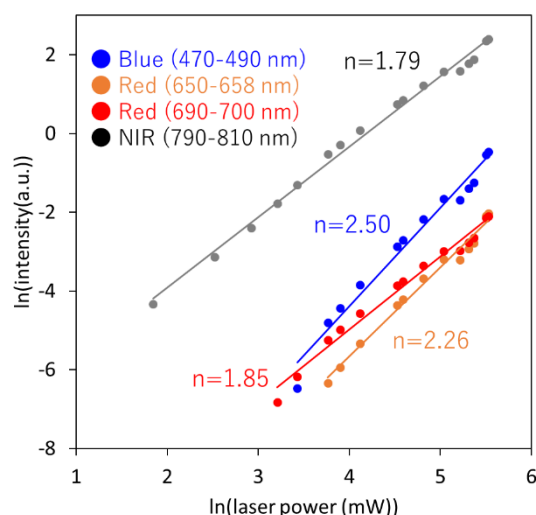


Fig. 2 The dependence of UC emission intensity on the excitation power of BaGd<sub>2</sub>ZnO<sub>5</sub>: Tm 0.3%, Yb 7% under 980 nm excitation.

## 電子線照射した医療用異種高分子材料の加圧熱処理による接着

\* 高瀬 早桐 (東海大学工学研究科応用理化学専攻)

内田 ヘルムート 貴大 (東海大学工学部精密工学科)

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)

\*\* 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】

近年、高分子材料は工業用・医療用共に幅広く用いられている。その中でも、汎用高分子材料であるポリエチレン(PE)は、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。ポリウレタン(PU)は医療用血管カテーテルなどに用いられており、高い抗血栓性を持ち、伸縮性・弾性に富み、弾性・耐摩耗性・耐油性に優れている。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、用途拡大に伴い、今後異種高分子間の接着がさらに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、および PU 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、PU (Noveron Estate 5888 NAT021, Lubrizol Corporation, Wickliffe, OH, USA)、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 フィルム(70 $\mu$ m)、PE フィルム (80  $\mu$ m)および PET フィルム(50  $\mu$ 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 の加速電圧で発生し、その後 Ti 薄板を通過、窒素雰囲気中で試料を処理した。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 200  $\mu$ m 程度と推定され、試料内部も十分に照射されている。これらの試料を積層後、ホットプレス機を用いて加圧熱処理した。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、PU 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、PE/PET においては接着強度が約 10 倍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。

## ポリエチレングリコール水溶液における不凍水と氷の誘電緩和

\*宮良政彦(東海大学理学部物理学科)、佐々木海渡(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)、\*\*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)

### 【研究背景】

誘電分光法による部分的に氷結した水溶液中の水のダイナミクスの研究は、ポリビニルピロリドン、ポリビニルメチルエーテル、ポリエチレンイミンなどの高分子水溶液で行われた<sup>[1]</sup>。また熱測定では、ポリエチレングリコール(PEG)を溶質とした PEG 水溶液の融解に関する研究が行われ、PEG 水溶液中の氷と共晶に起因する 2 つの融解が観測され、PEG 周りの独特な水構造が研究された<sup>[2]</sup>。一方、我々は誘電分光法を用いて、PEG 水溶液における不凍水の分子運動によって引き起こされる誘電緩和を観測し、不凍水のダイナミクスと融解現象との関係を明らかにした<sup>[3]</sup>。本研究では、PEG 水溶液における氷の誘電緩和を観測し、氷と共晶のそれぞれのダイナミクスとその関係を明らかにする。

### 【実験方法】

PEG (MP Biomedicals 社製, 分子量 8,000 g/mol)を純水と混ぜ、PEG 濃度 10 – 50 wt%の水溶液を調製した。-150 ~ 25 °Cにおける PEG 水溶液の複素誘電率を Alpha-A analyzer (Novocontrol)、impedance material analyzer (Hewlett Packard, E4294A)、network analyzer (Agilent Technologies, N5230C)の 3 つの装置を用い、10 mHz ~ 50 GHz の広い周波数域で測定した。

### 【結果および考察】

図に、様々な温度における 10 wt% PEG 水溶液の複素誘電率の(a)実部と(b)虚部の周波数依存性を示す。25 °C では、10 GHz 付近に水分子の運動によって引き起こされる誘電緩和が観測された。0 °C 以下では、氷の緩和が 10 kHz よりも低周波側で観測された。水と氷の緩和は温度の低下とともに低周波側にシフトする。水の緩和の温度依存性より、PEG 水溶液中の水が“氷に含まれる水”、“共晶に含まれる水”、“液体状態の水”に分類され、これらの水のダイナミクスが明らかになった<sup>[3]</sup>。発表では、氷の緩和の観測によって得られた氷と共晶のダイナミクスについて議論する。

### 参考文献

1. N. Shinyashiki, M. Shimomura, T. Ushiyama, T. Miyagawa, S. Yagihara, *J. Phys. Chem. B*, **111**, 10079-10087 (2007).
2. L. Huang, K. Nishinari, *J. Polym. Sci. B Polym. Phys.*, **39**, 496-506 (2001).
3. M. Miyara, I. Takashima, K. Sasaki, R. Kita, N. Shinyashiki, S. Yagihara, *Polymer Journal*, **49**, 511-518 (2017).

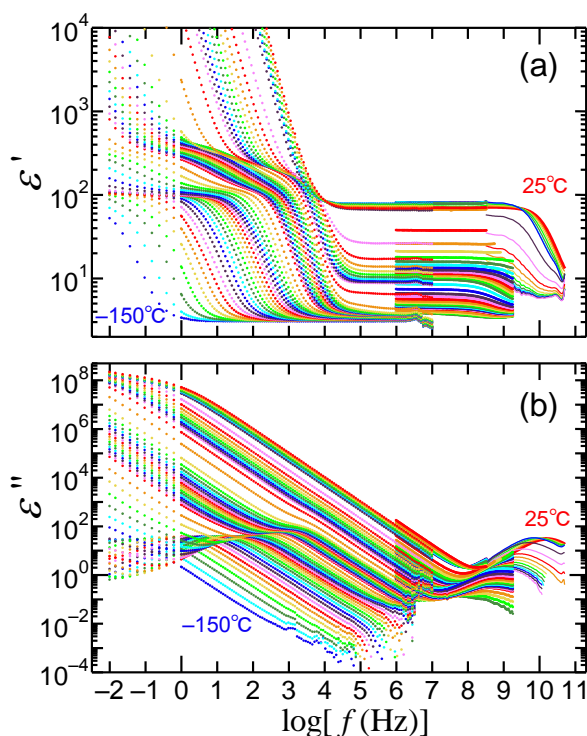


Figure. Frequency dependences of the (a) real and (b) imaginary parts of dielectric function of 10 wt% PEG–water mixture at various temperatures from -150 to -30 °C in steps of 5 °C and from -30 to 1 °C in steps of 1 °C, from 5 to 25 °C in steps of 5 °C.

## 周期的に反転する視覚刺激への注意と脳波の関連性

\*C. インオン（東海大学工学部），木村達洋（東海大学基盤工学部），圓城寺純矢，（東海大学工学部），

\*\*山崎清之（東海大学 工学部）

### 1. はじめに

重度の運動機能障害をもつ患者では、言語や動作を用いて完全に意思を表示できなくなる、locked in syndromeに至る場合がある。特に筋委縮性側索硬化症（ALS）においては患者の意識が清明で、適切なインタフェースがあれば意思の疎通が可能であり、ネットワークなどを通じて社会参加も期待できる。これまで、こうした患者の意思疎通用のインタフェースとして脳波に着目した研究がおこなわれてきている<sup>(1)</sup>。本研究では、脳波から二値情報を抽出する手段として、チェッカーフラグ反転刺激による周波数スペクトルの変化を指標とする方法を提案する。

### 2. 実験方法

脳波スペクトル上で $\alpha$ 成分の帯域である8～13Hzを避けて、(1) 5Hz, (2) 15Hzで反転するチェッカーフラグ図形 (Fig. 1) を刺激として用いた。これらの刺激をPCのディスプレイに単独、または対提示して、脳波に生じる変化を観察した。脳波電極は10-20法に基づき、C3, C4, P3, P4, O1, O2から耳朶を基準として単極導出した。被験者として健康大学生志願者4名を用いた。各刺激は脳波計測中に各条件で2分間提示して、ハードディスクに記録したデータをオフラインでFFT解析した。

### 3. 結果

Fig. 2に5Hzおよび15Hzの頻度で反転するチェッカーフラグを凝視した場合の脳波のパワースペクトルを示した。刺激の反転周波数に対応したスペクトル成分が認められた。2種の刺激を対提示して、どちらか一方の刺激に注意を向けさせた場合のスペクトルは、注意側の反転周波数の増大がみられた (Fig. 3)。

### 4. 考察

視覚刺激を用いて、二値情報を抽出する場合は、異なる2種の刺激への注意集中を脳波から検出する方法が用いられる。誘発脳波を用いるとデータの加算平均が必要であり、yes/noの結果を得るために数分間を要するため、本研究では脳波への刺激反転周波数の引き込みを利用した。また、刺激としてフラッシュ光のような強い刺激を用いると、光過敏性の発作などの危険があるため、チェッカーフラグ反転刺激を用いたところ良好な応答がみられた。

本研究で用いた2種の反転周波数は、脳波への引き込みの程度が異なり、非注意側にもピークの増大がみられた。二値判断に応用するためには、刺激画像のコントラストを調整するなどして、応答の対称性を向上させる必要があると考えられる。

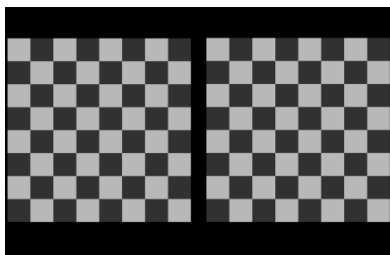


Fig.1 刺激図形の例

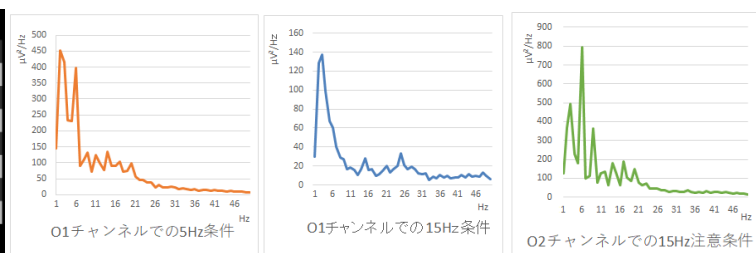


Fig.2 5Hz・15Hz 条件

Fig.3 15Hz 注意条件

[参考文献]

FFTによる脳波のパワースペクトル

- (1) 木村他：最近Brain Computer Interface (BCI) 研究の動向, The Bulletin of School of High-Technology for Human Welfare, Tokai Univ., Vol. 20 (2010) 7-12



## 計算課題中の監視者との位置関係が計算者に与える影響

\*小林夕杜（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）

### 【はじめに】

被験者に精神的負荷を与えるために、計算課題を課すことがある。過去の研究<sup>[1]</sup>では、監視者の存在が計算課題中の被験者の心拍間隔に影響を与えることが報告されているが、監視者との位置が与える影響については報告されていない。そのため本研究では、計算課題中の監視者の位置が被験者の精神状態に影響するのか検討したので報告する。

### 【実験方法】

健康な 20 代の被験者を対象に、図 1 のように監視者を位置 A に配置したときの安静時、監視者の位置を変更させた 3 つの状態 で計算課題を行ったときの脈波をそれぞれ 2 分間計測した。計測順序は安静時を最初として、以降ランダムとした。計算課題としてランダムに設定した数字から 13 を連続的に減算させ、口頭にて 1 問につき 7 秒以内に解答させた。減算する数字、解答残り時間、回答数、正解数を提示するための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、アラームを鳴らし、被験者はモニタ上の正解の数字を確認し、その数字から減算を再開した。また、実際のストレス状態との関連性の検討を行うため各計測終了後、一般感情尺度を用いた感情状態の評価を行った。

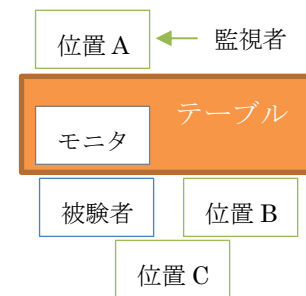


図 1 被験者と監視者の位置関係

### 【結果及び考察】

被験者の脈波のピーク間隔を心拍間隔(RRI)として、RRI 時系列データに変換した。RRI 時系列データを 450ms ごとの等間隔データに補間後、計測開始から 0-1 分を前半、1-2 分を後半とした。等間隔データをフーリエ変換後、自律神経機能のバランスを評価するために、交感神経と副交感神経由来の LF 成分(0.04-0.15 Hz)と副交感神経由来の HF 成分(0.15-0.4 Hz)の比(LF/HF)を求めた。実験結果の代表例として、被験者 A の LF/HF の値を図 2 に示す。被験者 A の計算課題中の LF/HF は監視者が位置 A と位置 C に着席したときに高い値となった。このことから、被験者 A は交感神経が優位であったため、ストレスを感じていたと考えられる。一般感情尺度の結果も監視者が位置 A と位置 C に着席したとき、「動揺した」、「びくびくした」等で構成される否定的感情が高い値となった。したがって、被験者 A は位置 A と位置 C に監視者が着席したとき、緊張していたと考えられる。他の被験者でも監視者が位置 A 着席したときに LF/HF が高い値、位置 B に着席したときに LF/HF が低い値となる傾向があった。

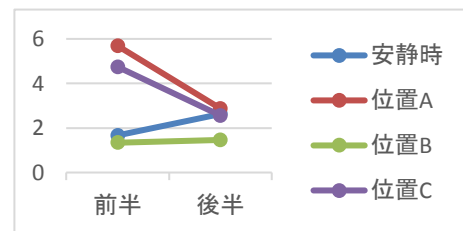


図 2 被験者 A の LF/HF

### 【まとめ】

脈波の計測と感情状態の調査により、計算課題中の監視者との位置関係が被験者の精神状態に影響を与えることを確認できた。今後、被験者を増やして計測順序の影響を検証する必要があると思われる。

### 【参考文献】

[1]大森駿哉・小林剛史「ストレス課題遂行時の他者監視が主観的感情および生体反応に及ぼす効果」

文京学院大学人間学部研究紀要 Vol.14, pp.161 ~ 169, 2013.3

## 咬合圧を利用した BLE 無線通信式マウスガード型コントローラ

\*安田 奈央、戸本 佳佑、(東京医科歯科大学大学院)、

竹内 周平、関田 俊明、水口 俊介 (東京医科歯科大学歯学部)、

横田 くみ、當麻 浩司、荒川 貴弘、\*\*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】

頸椎損傷や染色体異常により四肢に麻痺が起こると身体の運動機能が制限され、介助等が必要となる。しかし、四肢麻痺の症状を持つ患者は口腔内の運動機能を維持していることが多く、その場合、咬合・舌活動を利用した介護機器や情報端末の操作が考えられる。加えて、咬合等を利用した端末操作機器に無線通信機能を追加することで無拘束な機器操作が実現し、患者自身による遠方機器の操作が可能となるため、患者の自立・介護者の負担軽減が期待できる。演者らはこれまでに、マウスガードに無線計測機を内蔵した審美性の高い各種センサの開発を行ってきた。本研究では当該技術を応用し、咬合圧を利用したマウスガード型コントローラによる無拘束な機器操作システムを開発した。

### 【実験方法】

マウスガード型コントローラは、3組の「圧力センサ・無線計測回路・小型電池」を2枚のマウスガード材料で挟み、熱溶着により密閉することで作製した。各センサは上顎中切歯、左右の下顎第一臼歯の3か所に設置し、各センサに異なる方向指示機能を付与した(図1)。本システムでは抵抗膜式圧力センサを用い、無線計測回路にて圧力センサの抵抗変化を測定し、スマートフォン等の制御対象機器にて出力値に基づく制御処理を実行した。無線通信には小型かつ低消費電力を利点とする近距離無線通信方式(Bluetooth Low Energy, BLE)を用いた。本研究では、無線計測回路の基礎特性(データ欠損率、駆動時間、通信距離)、マウスガードに内包したセンサの出力特性を評価した後、歯科用模型を用いた咬合試験を行い、本デバイスの応答性を評価した。

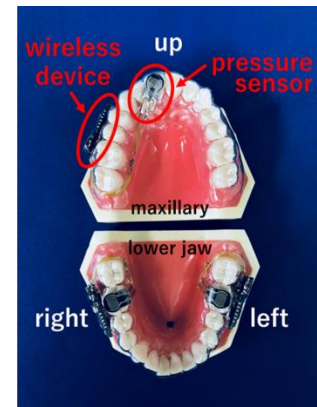


図1. 三箇所圧力センサを装着したマウスガード型コントローラ

### 【結果及び考察】

開発したマウスガード型コントローラは、センサ及び無線計測回路が十分に密閉されており、装着性に優れたデバイスとして構築された。圧縮試験機による測定により、2枚のマウスガード材料に内包した圧力センサは、1.7-29 Nの圧力測定が可能であった。通信特性の評価において、サンプリング周波数 33 Hz (通信間隔 30 ms) 以下では、データ欠損率を 0.5% 以下に抑制でき、駆動時間は約 30 min であった (10Hz では約 90 min)。また、最大通信距離 (無線計測回路-制御対象間) は、3 m 程度であった。歯科用模型を用いたマウスガード型コントローラの咬合試験における 95% 応答時間は 0.21 sec であり、咬合による機器操作に十分な性能が得られた。以上、無線通信式マウスガード型コントローラの開発及び特性評価より、咬合圧を利用した本デバイスの外部機器操作の可能性が示された。今後は口腔内での操作に応用し、「センサ位置の最適化」「口腔機能による操作性の評価」等を行い、無拘束な操作システムへと展開する。

## 呼気中のイソプロパノール計測を目的とした生化学式ガスセンサ(バイオスニファ)

\*岩崎 芳菜子、簡 伯任 (東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科)、

藪麻 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】

呼気・皮膚ガスなどの生体ガスには、代謝や疾病に関わる多様な揮発性化学成分が含まれており、これらの成分を高感度に計測することで、非侵襲かつ簡便な代謝評価や疾病スクリーニングへの応用が期待される。例えば、呼気中のイソプロパノール(IPA)濃度は、脂質代謝能との相関するほか、肺癌、肝疾患、慢性閉塞性肺疾患等のバイオマーカーとしての可能性も報告されている。本研究では、呼気中イソプロパノールの計測を目的として、イソプロパノールの酸化反応を触媒する二級アルコール脱水素酵素(S-ADH)を用いた、光ファイバ型の生化学式ガスセンサ(バイオスニファ)を構築した。

### 【実験方法】

イソプロパノール (IPA) 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」「UV 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」などにて構築した。IPA の認識酵素として S-ADH を用いることで、(1)式に示す IPA と補酵素である酸化型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド( $\text{NAD}^+$ )の酸化還元反応が触媒される。その際に生成される NADH の自家蛍光(励起波長:  $340\text{ nm}$ 、蛍光波長:  $491\text{ nm}$ )を検出することで、IPA ガスを計測する。



実験では、まず種々の濃度の標準 IPA ガスを感応部に負荷し、センサ特性を調べた。次に、IPA 以外の呼気中成分(2-ブタノール、1-プロパノールなど)を負荷し、バイオスニファのガス種に対する選択性を調べた。最後に、IPA (108 ppb) を 10 回負荷し、バイオスニファの再現性を確認した。

### 【結果および考察】

作製したバイオスニファに標準 IPA ガスを負荷したところ、ガス濃度に応じた蛍光出力の増加と安定値が観察され(図 1)、健常者 (10–30 ppb)および肺癌患者(70.5–157.9 ppb)に含まれる呼気濃度を含む、1–9060 ppb の濃度範囲( $R = 0.997$ )で IPA ガスの定量が可能であった。また、作製したバイオスニファは、IPA のみに高い出力を示し、酵素の基質特異性に基づく高い選択性が得られた。さらに、IPA ガス(108 ppb)の繰り返し負荷における出力の変動係数(C.V.)は 2.59% ( $n = 10$ )で、高い再現性が得られた。今後、本センサを用いることにより、呼気中 IPA の選択的かつ連続的な濃度モニタリングが可能となり、非侵襲かつ簡便な「脂質代謝評価」「疾患スクリーニング」等への応用が期待される。

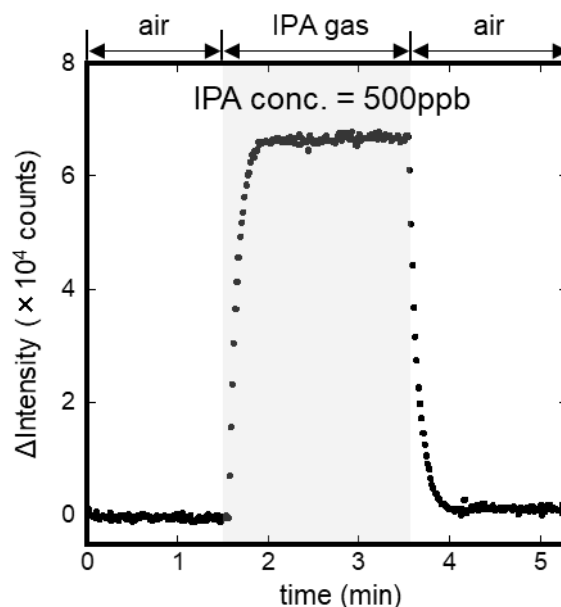


図1. S-ADH固定化バイオスニファのIPAガス(500 ppb)に対する出力応答

## 薬物放出システムのための異種接合を用いた化学駆動型減圧機構に関する研究

\*杉山 武、栗原 康司(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】

糖尿病は膵臓のインスリン分泌量の低下などに基づく疾病であり、重篤な合併症を引き起こす可能性がある。治療法として「インスリン療法」が適用され現在、「自己による注射療法」・「自動化したインスリンポンプ療法」等が用いられている。演者らはこれまでに新たな自立的投与方法として、グルコースの化学エネルギーにて駆動する薬物投与システムを提案している。本システムではグルコース酸化酵素(GOD)を用いた「減圧機構」にて、グルコースの化学エネルギーを力学エネルギーに変換し、自立的に薬物放出を行う。しかし動作には血糖値の約2.5倍のグルコース濃度を要するため、減圧性能の向上が必要であった。また生体への装着においては、システムの柔軟性や生体適合性が求められる。本研究では、高分子材料の「異種接合技術」を用いて柔軟性を有する減圧機構を構築すると共に、構造を改良することで減圧性能の向上を図った。

## 【実験方法】

新規な減圧機構では基材として、柔軟性・生体適合性・耐薬品性を有し、さらに成形性に優れた高分子材料である「ポリジメチルシロキサン(PDMS)」を用い、大気圧プラズマ処理(air plasma pretreatment, APP)による酵素膜との異種接合により作製した。まず構造一体化での異種接合について、酵素の固定化に用いる光架橋性樹脂である「PVA-SbQを塗布した透析膜」と、APP処理を行った「PDMSシート」の異種接合を行い、引張試験機にて接合強度を測定した。次に出力向上のため、気相容積当たりの酵素膜面積を拡大(4.84 → 8.34 cm<sup>2</sup>)した減圧機構を構築した(図1a)。作製した機構の液相セルにグルコース溶液(5.0–50 mmol/l)を送液し、気相セル内の圧力変化を測定した(図1b)。

## 【結果及び考察】

引張試験機による剥離試験の結果、異種接合した材料にて0.1 N/mm以上の接合強度が得られ、同接合法を用いた2種高分子の異種接合が可能であった。次に容積当たりの酵素膜面積を拡大した液相セルにグルコース溶液を送液し、気相セル内の圧力変化を測定した結果、高血糖状態に相当する10 mmol/lグルコース濃度において既存の減圧機構の約1.7倍(-0.83 → -1.40 Pa/s)減圧速度が得られた。以上より、「異種接合技術」を用いることで、柔軟性を有するPDMS製の減圧機構を作製し、気相容積当たりの酵素膜面積を拡大することにより減圧機構の高出力化に成功した。今後は、薬物放出機構と組み合わせ、グルコースにて駆動する薬物放出システム(人工すい臓)へと応用を図る。

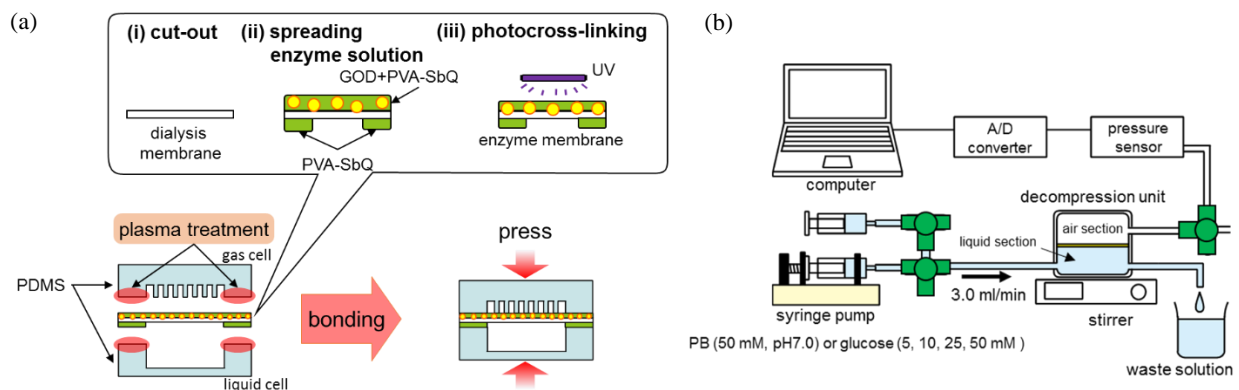


図1. (a) PDMS 製減圧機構の構築と (b) 減圧性能の評価実験系

## 二級アルコール脱水素酵素を用いたアセトン用バイオセンサ

\*青田 崇志、簡 伯任（東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科）

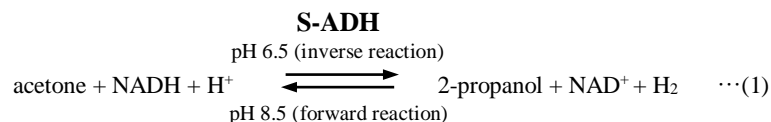
叶 明、當麻 浩司、荒川 貴博、\*\*三林 浩二（東京医科歯科大学 生体材料工学研究所）

### 【はじめに】

体液サンプルである血液、尿、汗等には代謝・疾患に関連する物質が含まれており、これら物質を計測することで非侵襲での「生体情報の把握」「疾患スクリーニング」等が可能と考えられる。糖尿病患者ではインスリンの障害により糖代謝に基づく ATP 産生が十分に行えず、代わりに脂質代謝が亢進するため、その代謝産物であるアセトンが健常者に比して血液中や尿中に多く含まれることが報告されている。本研究では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(S-ADH)を用いて、蛍光検出によりアセトンを測定する「光ファイバ型の生化学式溶液センサ」を開発し、アセトン溶液の濃度計測を行った。

### 【実験方法】

本センサでは(1)式に示すよう環境中の pH により制御可能な S-ADH の反応触媒を利用する。アセトン溶液の濃度計測では、pH を 6.5 とし還元（逆）反応が生じるように調節する。この逆反応でのアセトン還元に伴う、自家蛍光を有する還元型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(NADH)が消費されることから、その濃度減少による蛍光強度の変化を検出（励起波長: 340 nm、蛍光波長: 490 nm）することで、アセトンを定量する。



本センサ（図 1）は、光ファイバ型プローブと紫外発光ダイオード(UV-LED,  $\lambda = 340 \text{ nm}$ )、光電子増倍管(PMT)及びバンドパスフィルタ(BPF)を用いて構築した。プローブ先端に S-ADH 固定化膜を装着したアセトン溶液用バイオセンサ感応部を NADH 溶液中に浸透し、各濃度のアセトン溶液での蛍光強度変化を測定し、センサ特性を調べた。また種々の化学物質に対する出力を比較し、センサのアセトン溶液に対する選択性を調べた。

### 【結果及び考察】

アセトン標準溶液を負荷した結果、溶液濃度に応じて蛍光強度の著しい減少が観察され、その後、出力が安定する様子が観察された。安定値から定量性を算出した結果、1-200  $\mu\text{M}$  の濃度範囲でアセトン溶液の定量が可能であった。この濃度範囲は糖尿病患者の血中(1.7 $\pm$ 0.8 mM)及び、尿中アセトン濃度(5.1-13.7 mM)を含むものであった。また本センサに対して、生体中に多く含まれる化学物質及びその濃度に対する影響を調べた結果、酵素の基質特異性に基づく選択性が確認された。

今後、本センサを用いることで、体液サンプルである血液、尿などでのアセトン計測の可能性が期待される。

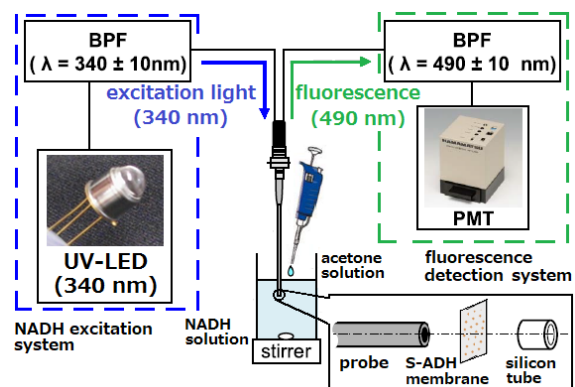


図 1. アセトン用バイオセンサと性能評価実験

## 唾液糖計測を目的とした無線通信式マウスガード型バイオセンサの開発

\*石川 竜也、黒木 裕輔(東京医科歯科大学 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】

糖尿病は世界で有病者が4億1500万人と報告されており、大きな社会問題となっている。膵臓のインスリン不足により慢性的な高血糖状態となる病気であり、網膜症や神経障害などの合併症を引き起こす。これらの合併症は高血糖状態が継続することで発症されるため、適切な血糖値の管理が必要である。血糖値の管理には自己血糖測定器 (self-monitoring of blood glucose, SMBG)が広く用いられるが、採血による侵襲的な方法であるため、使用者への負担や感染症の恐れがある。本研究では、血糖値との相関関係が報告されている唾液中グルコースを、非侵襲かつ無拘束で連続測定することを目的としたマウスガード(mouthguard, MG)型バイオセンサの開発を行った。また無線機を搭載したMG型バイオセンサを用いて、ヒト口腔内を模倣した環境でのワイヤレス測定を試みた。

### 【実験方法】

本センサは、MGに白金と銀の各薄膜電極をスパッタにて直接成膜し、グルコース酸化酵素(glucose oxidase, GOD)を生体適合材料PMEH(poly(MPC-co-EHMA))で固定化することでMG型バイオセンサとした。まずMG材料を選定するために、各種MG材料に金属薄膜をスパッタ法で形成させ、JIS付着性-クロスカット試験法(JIS K 5600-5-6)で評価し選定した。作製したグルコースセンサの特性を調べるために、ポテンショスタットを用いた定電位測定を行った。またバイオセンサの選択性を調べるために各種糖類や唾液成分に対する出力電流値を測定、比較した。次に小型の無線送信機を開発し、第一小臼歯から第三大臼歯の頬側に位置するよう実装し、無線機を実装したMG型センサを歯科用ファントム口腔内に装着し、グルコース溶液に対する出力応答を調べた。

### 【結果及び考察】

クロスカット試験法にて成膜強度を調べた結果、密着性や材料厚の観点からポリエチレンテレフタレートグリコール(PETG, 0.5 mm)をMG材料として選択した。次にMGを基板としたシート型バイオセンサ(図1)を作製し、定量特性を調べたところ、唾液中グルコース濃度(20–200  $\mu\text{M}$ )を含む、1–5000  $\mu\text{M}$ の範囲でグルコースの定量が可能であった。またセンサの選択性を調べるために各種糖類・唾液成分について出力への影響を調べてみたところ、各種糖類に対してはグルコースに対する出力電流値より十分に低値であったが、アスコルビン酸、尿酸の影響が大きく、今後の改善が必要と考察された。最後に、ヒト口腔内環境を模倣した歯科用ファントムを用いてマウスガード型バイオセンサによる無線計測を行った。濃度の異なる標準グルコース溶液をファントム口腔内に送液したところ、濃度に応じた出力電流値が確認された。今後は、ヒト口腔内にセンサを適用し、唾液中のグルコース無拘束計測へと展開する。

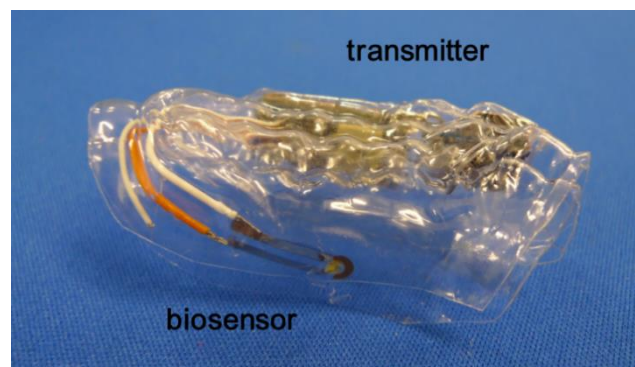


図1 無線機能を実装したマウスガード型バイオセンサの外観写真

## バイオ蛍光式探嗅カメラ (Sniff-cam) を用いた生体由来エタノールガスの可視化計測に関する研究

\* 藤巻 久子、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】

呼気・皮膚ガスなどの生体ガス中には、代謝や疾患との関係性が指摘される揮発性成分が含まれていることから、生体ガスを計測することで、非侵襲かつ簡便な代謝機能評価・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「バイオ蛍光式可視化システム (探嗅カメラ)」を構築し、呼気及び皮膚ガス中のエタノールの可視化計測に適用した。

### 【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」「励起光源(UV-LED シート)」を配置した(図 1a)。また、UV-LED 側と CCD 側にそれぞれバンドパスフィルター( $\lambda = 340 \pm 42.5 \text{ nm}$ ,  $\lambda = 490 \pm 10 \text{ nm}$ ) を適用し、不要な波長成分を除去した。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、生体由来エタノールガスを負荷した。そのガス負荷により酵素反応に基づく 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。また呼気に含まれる主な成分をそれぞれ負荷し出力を比較し、呼気エタノールガスに対する選択性を調べた。最後に飲酒後の呼気ガス (90×90 mm 酵素メッシュ) 計測に適用し生体ガス計測の可能性を調べた。

### 【結果および考察】

構築した探嗅カメラへ標準エタノールガスを負荷したところ、負荷部を中心として同心円状にガスの広がる様子が観察され、0.5–150 ppm の範囲で定量が可能であった。また呼気に含まれる成分を用いて出力比較を行ったところ、エタノールガスからのみ高い出力が得られ、酵素の基質特異性に基づく高い選択性が確認された。次に飲酒後の呼気を本システム供したところ、飲酒後 30 分をピークとする呼気中エタノール濃度の経時変化が観察された。以上、探嗅カメラによる呼気エタノールガスの可視化を実現し、簡便な代謝評価の可能性が示唆された。

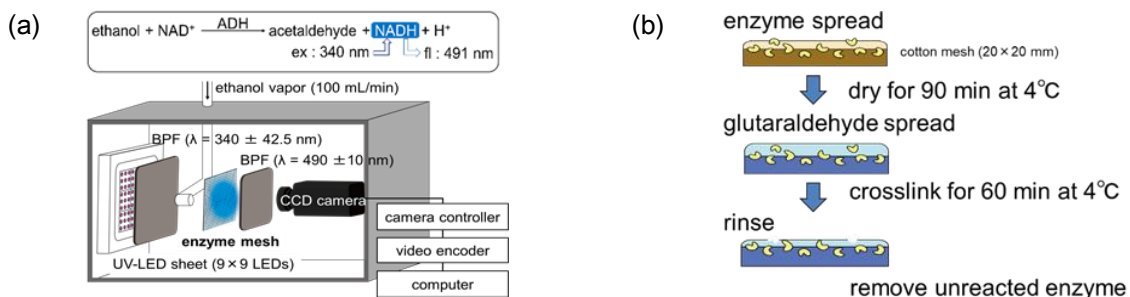


図 1. (a) ADH によるエタノール蛍光検出原理 (上) と、UV-LED シートを用いたエタノールガス用の蛍光可視化システム (下)、(b) グルタルアルデヒド(GA) 架橋による ADH 固定化メッシュの作製手順

## 各種置換ベンジルエステル系ポリマーの生体適合性について

\*篠内啓輔、\*\*望月明(東海大学工学部医用生体工学科)

## 【目的】

これまで、医療材料の血液適合性については多くの発表があるが、血液適合性発現の理由はいまだ解明されていない。今回は、 $\pi$ 電子による高い電氣的陰性を有するベンゼン環に注目し、ここに電子吸光性の、または供与性の置換基を導入した時、Hammett 則の観点から生体適合性がどのように影響を受けるのか検討したので報告する。

## 【実験】

今回合成、使用したポリマーの基本骨格を Fig1 に示す。ベンジルエステル部の違いにより、ポリマーの名称を次のように略記する。

- ① Benzyl Ester[PBE]、② 3-Methoxy Benzyl Ester[P3MBE]、③ 4-Methoxy Benzyl Ester[P4MBE]、④ 3-Fluoro Benzyl Ester[P3FBE]、⑤ 4-Fluoro Benzyl Ester[P4FBE]

(1)合成：poly(2-Hidroxy Ethyl Acrylate)と対応する置換 Benzoic Acid を脱水縮合することで目的とするポリマーを得た。

(置換率 100% by NMR)

(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。

(3)吸着フィブリノーゲン活性化評価：ポリマーに吸着したフィブリノーゲンの構造変化、すなわち活性化の程度を、フィブリノーゲンの $\gamma$ 鎖に対し特異的に反応する抗体を用いた ELISA 法にて測定。

## 【結果および考察】

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。

水の接触角の結果を Fig2 に示した。置換基が同じであれば、メタ位よりパラ位に置換されているポリマーの方が親水性となる傾向があることが示唆された。

次に、フィブリノーゲンの活性化は血小板適合性と関連することが一般的に知られているのでこれを検討した。その結果を Fig3 に示した。n=1 ではあるが、表面特性と関連している傾向が示唆された。その他詳細は当日発表する。

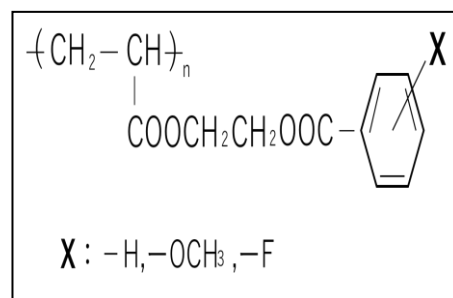


Fig1. Structure of Polymers

Table1.Characterization of polymers

polymer	Molecular Weight			置換基数
	Mn	Mw	Mw/Mn	
①PBE	18400	101700	5.53	0.000
②P3MBE	9200	24600	2.67	0.115
③P4MBE	13300	53100	3.99	-0.268
④P3FBE	13700	36100	2.64	0.337
⑤P4FBE	6900	17500	2.54	0.062

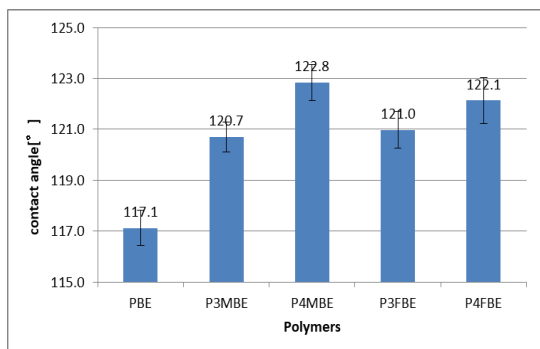
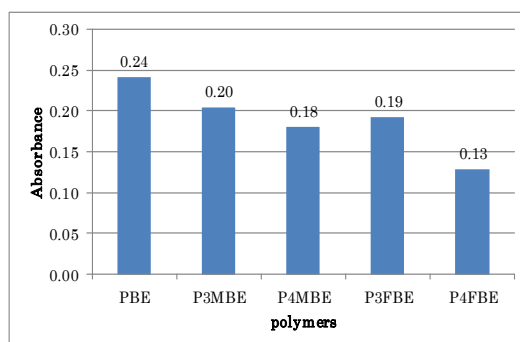
Fig2.Contact angle of air on polymers (mean  $\pm$  SD, n=10)

Fig3.Activation level of adsorbed fibrinogen (n=1)



## 医療用コート材料の生体適合性について

\*木村美佐、八幡千枝 \*\*望月明（東海大学工学部医用生体工学科）

## 【諸言】

冠動脈ステントとして現在使用されている材料は、コバルトクロム合金が主流である。生分解性材料からなるステントの開発が期待され、種々の材料が検討されているが、中でもマグネシウム合金が注目されている。しかし、マグネシウム合金は腐食性が高く、実用化には耐食性を増す必要がある。そのため、マグネシウム合金の表面をポリマーコート処理する方法・ポリマーがいくつか報告されている。今日、我々はメトキシシリル基を有するポリアクリレートを合成し、マグネシウム合金への耐食性・付与効果・適合性について検討したので報告する。

## 【材料】

- ・マグネシウム合金(AZ31)細線(φ300μm)
- ・コーティングポリマー：Fig1. に示すポリアクリレート

## 【コート層の架橋固定化】

ポリマーコート後、アンモニアを含む水/メタノール混合溶液でメトキシシリル基を加水分解してシラノール基にした。その後100℃で1時間半熱処理をすることで脱水縮合し、ポリマー間及びマグネシウム合金表面で架橋固定化した。

## 【実験】

1. 生理食塩水中での耐食性：生食中に48時間(37℃、5%CO<sub>2</sub>雰囲気下)で浸漬した時の溶出したマグネシウムイオンをマグネシウムB-テストワコーを用い、定量した。
2. 血小板粘着試験：血小板浮遊血漿(1×10<sup>5</sup>cell/μL)を37℃にて1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】

1. ポリマーコートしたAZ31の耐分解性評価

生食中浸漬48時間後のMg<sup>2+</sup>溶出量の平均値をFig2. に示す。P(MA-10%TMPA)・AZ31はコントロールのAZ31単独の60%の溶出レベルで、保護効果が弱い事が示唆される。一方、P(BA-10%TMPA)・AZ31は、コントロールの30%程度溶出があり、十分な保護効果が確認された。

2. 血小板適合性

粘着血小板数をFig3. に示す。PMA系と比べてPBA系の粘着血小板数は多く、PBA系の方が適合性が悪い事が分かった。また、TMPA含有量が増加するに伴い、PMA系では有意差は認められないもののPMA系、PBA系いずれも粘着血小板数は増大し、適合性は低下の傾向を示した。

当日は、タンパク吸着やTATについても報告する。

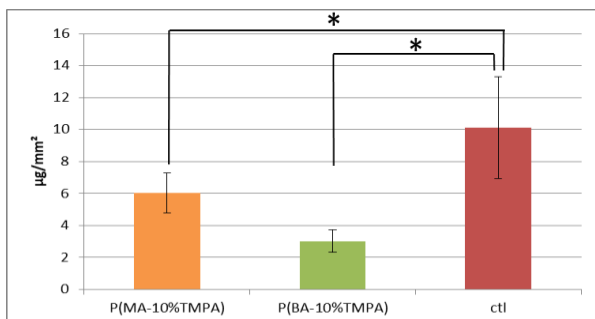
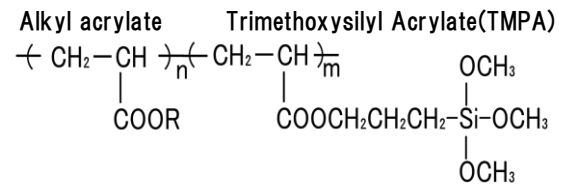


Fig2. Mg<sup>2+</sup>溶出量(n=6, mean ± SD)  
\*p < 0.05 (t-test)



R=CH<sub>3</sub>(PMA)、CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>(PBA)

Fig1. ポリマー構造

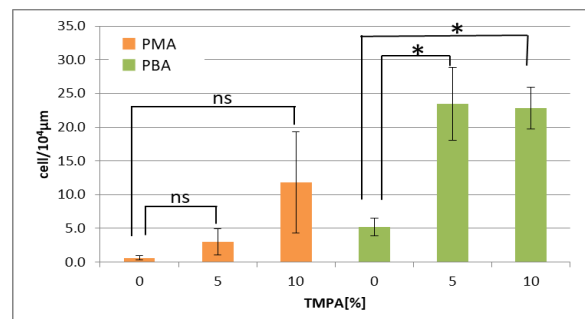


Fig3. 粘着血小板数(n=3, mean ± SE)  
\*p < 0.05 (paired t-test)

## ポリメタクリル酸エステルの血液適合性に対する末端基の影響について

\*武井稔典、\*\*望月明(東海大学工学部医用生体工学科)

### 【諸言】

我々の研究室ではこれまでポリメタクリル酸メチルの末端基が血液適合性に関与することを示唆する結果を得て報告してきている。今回このことを確認するため、側鎖エステル基のアルキル鎖長と末端基構造を変えた時、表面特性と適合性がどのように影響を受けるかを調べ末端基の関与を検証したので報告する。

### 【実験】

1. 試料：側鎖がメチルエステル、エチルエステル、ブチルエステル型のポリメタクリル酸エステルでそれぞれ末端基に1-Methoxy-2-propyl (1M2P) 基、又は Benzyl (BA) 基を持つもの、計3組6種類用意した。(Fig. 1)
2. 合成：Atom transfer radical polymerization 法により、1M2P 又は BA 末端を有する開始剤を用い、対応するメタクリレートモノマーを重合した。得られたポリマーは、いずれも  $M_w=1$  万程度であった。
3. 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。
4. 血小板適合性：血小板浮遊血漿 ( $1 \times 10^5$  cells/ $\mu$ l) を  $37^\circ\text{C}$  にて 1 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。

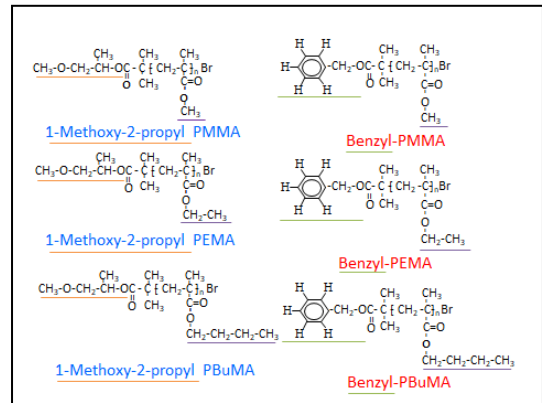


Fig.1 Polymer structure

### 【結果と考察】

各ポリマーの接触角測定結果を Fig. 2 に示す。1M2P 群、BA 群の中で各ポリマー間において有意差 (turkey test) をもってメチルエステル、エチルエステル、ブチルエステルの順で接触角は増大し、疎水性が高くなる傾向が見られた。一方、エステル構造をあわせて末端基の影響を比較したところ、メチルエステル型、ブチルエステル型ポリマーにおいて有意差をもつて BA 末端の方が高く末端基の表面接触角への関与が示唆された。また、血小板適合性では Fig. 3 に示すように  $n=1$  ではあるが、表面特性と相関している傾向が示唆された。

当日は、タンパク吸着特性等について報告する。

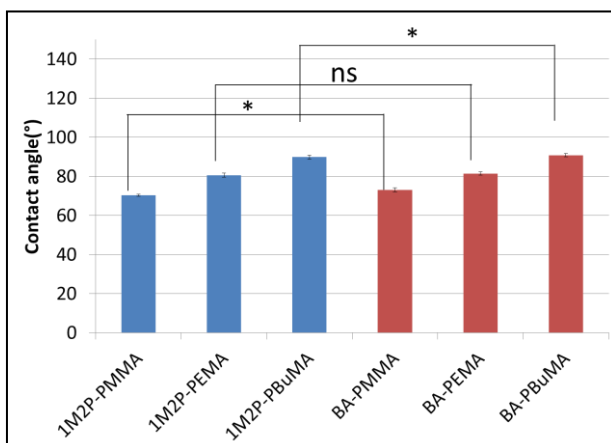


Fig.2 Contact angle (n=10, mean  $\pm$  SD)

\* $p < 0.05$  (t test)

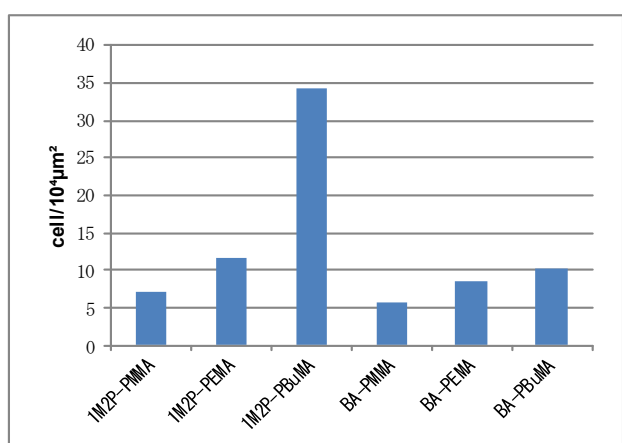


Fig.3 Adherent platelets on polymer surface (n=1)

## 磁界を利用した $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ 系スパッタ薄膜の配向性制御

\* 萩原 健 (東海大学工学部材料科学科)、濱田 淳 (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】

日本の産業が排出する利用可能な低温排熱エネルギーの大半は利用されずに排気されてしまう。しかし、そのエネルギーは熱電材料を用いることで電気エネルギーに変換し、再利用することが可能であり、近年熱電材料の研究が進んでいる。本実験では、磁石を用いたスパッタリング法によって  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  系薄膜を作製し、磁界がスパッタ膜に与える影響を調査することで熱電材料の性能を向上させることを目的とする。

### 【実験方法】

本実験では、スパッタリング法によってガラス基板上に  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  系薄膜を成膜した。成膜の際に図1のようにガラス基板上に磁石を設置した。表1に成膜条件を示した。成膜後、 $300^\circ\text{C}$ で1時間の熱処理を施し、電気伝導率とゼーベック係数の測定を行い、XRD 回析とともに、 $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  系薄膜の熱電物性、および構造物性の評価を行った。

表1 成膜条件

ターゲット	$\text{Bi}_{32}\text{at}\%-\text{Te}_{68}\text{at}\%$
基板	ガラス
設定電力 P (W)	200
成膜時間 (分)	60
雰囲気ガス Ar (Pa)	1.0
使用磁石	フェライト磁石、ネオジム磁石

### 【実験結果】

ピーク強度は磁界を与えていない試料と比べて、磁界を与えた試料のほうが強くなったが、最も強いピーク強度を示した試料は磁束密度が 188.9 mT の試料であった。

磁束密度が 377.8 mT と 566.7 mT の試料は電気伝導率と P.F.の値が減少してしまった。

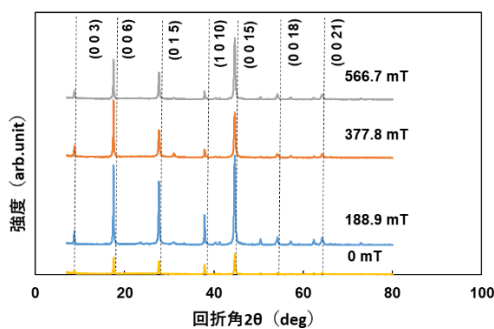


図1 各試料の XRD 測定結果

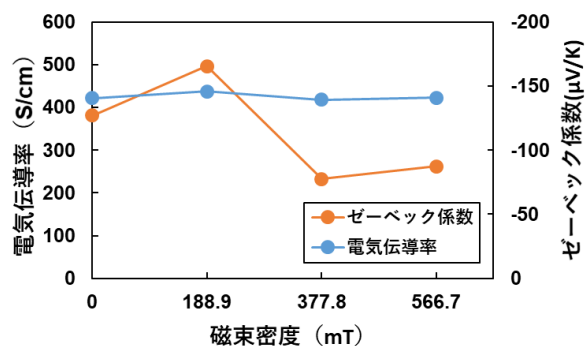


図2 各試料の物性値測定値比較

めっき法により作製した  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  薄膜の EB 照射及び熱処理による性能の評価

※ 川平 暁人(東海大学工学部材料科学科)、山室大樹(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】

毎年出る莫大な量の低温廃熱エネルギーを電気エネルギーに変換できることから熱電変換素子は注目されている。薄膜にすることでフレキシブル・小型化が可能であり、また、IoT用の電源としても利用されているため、情報伝送路の進化にも貢献しており、ますます需要が高まっている。

以上のことから、コストダウンを図れるめっき法を用いることで、化学量論比の  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  薄膜を作製し、EB 照射後にアニール処理を行うことで、パワーファクター(P.F.)を上昇させることが本研究の目的である。

## 【実験方法】

SUS304 を洗浄し、カプトンテープを用いてめっき面が  $150 \text{ mm}^2$  になるように面積制御を施した。表 1 の条件を基に溶液を作製し、めっきの成膜を行った。

その後、EB 照射を行い(照射量:0.36~1.08 MGy)、アニール処理を行った(アニール条件:300°C、1 h)。アニール後、エポキシ樹脂によりガラス板に剥離させ、その後、各照射量における薄膜の性能を確認するために電気抵抗と熱起電力を測定し、P.F. の算出を行った。

## 【結果】

図 1 に各 EB 照射量における P.F.を示す。図 1 からわかるように、EB 照射後、アニール処理を行ったところ、EB の照射量が 0.36 MGy の時が最も P.F. が高く、照射量を 0.72 MGy、1.08 MGy と増やしていくことで P.F. の値が下がっていった。このことから、P.F. は EB を 0.36 MGy 照射後にアニール処理を行うことで、最も高い値を示すことを見出した。

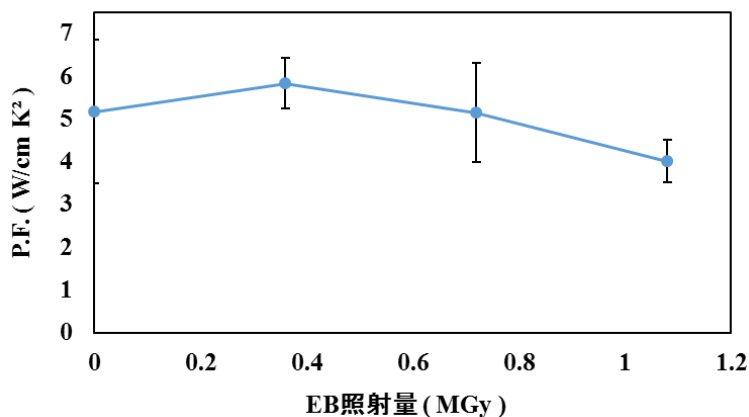


図 1 各 EB 照射量における P.F.

表 1 成膜条件

試料	$\text{Bi}_2\text{Te}_3$
塩酸( ml )	10
イオン交換水( ml )	290
電圧( V )	-0.01
時間( min )	20
硝酸ビスマス( mmol )	0.6
酸化テルル( mmol )	0.9

めっき浴の浴温変化による  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  薄膜への影響と物性評価

\*山口 将輝(東海大学工学部材料科学科)、山室 大樹(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、  
\*\*高尻 雅之(東海大学工学部材料科学科)

## 【緒言】

近年、新エネルギーの一部として再生可能エネルギーが注目されている。例えば、工場などの廃熱は排熱処理の最終過程で発生するが、基本的にその廃熱はその名の通り使われることなく処理されてしまう。熱電変換素子を利用し、この廃熱を有効利用することで発電をするといった熱電発電などの方法がある。この手段を用いることで、化石燃料などの有限のあるエネルギーの一部を補うことができる。また、 $\text{CO}_2$ の削減にもつながる。

現在、めっきによる熱電薄膜の作製の再現性が低く、安定しためっき作製ができていない。本研究では、めっき浴の浴温変化によって起こるめっき面への影響、及びその物性評価を目的とする。

## 【実験方法】

本研究の試料基板として SUS304 を用いた。SUS 基板にカプトンテープを用いて成膜面が  $150 \text{ mm}^2$  になるように面積制御をして、電解めっき法にて N 型熱電薄膜である Bi-Te を 20 分間製膜し、エポキシ樹脂によりガラス板に剥離させた。この時、めっき浴の操作で浴温を変化させて実験を行った。その後、薄膜の性能を確認するため抵抗及び熱起電力を測定し、パワーファクター(P.F.)の算出を行った。

## 【結果】

浴温の温度域を  $10\sim 70^\circ\text{C}$  としたとき、浴温を上昇させると、電流は増加し、膜厚が厚くなるのが分かった。また、浴温上昇でゼーベック係数は低下することも分かった。電気伝導率は  $40^\circ\text{C}$  の時の  $359 \text{ S/cm}$  が最もよい性能となったが、P.F.は  $20^\circ\text{C}$  と  $30^\circ\text{C}$  の時に  $1.3 \mu\text{V/K}^2 \cdot \text{cm}$  を超える性能を示した。

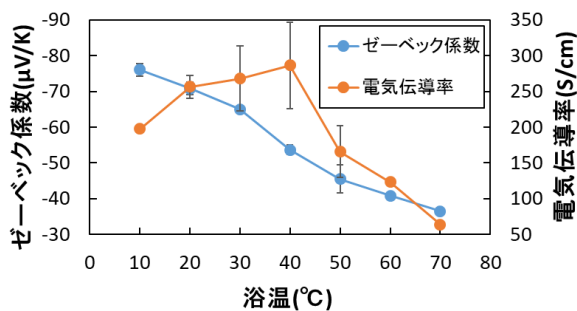


図1 浴温とゼーベック係数、電気伝導率の関係

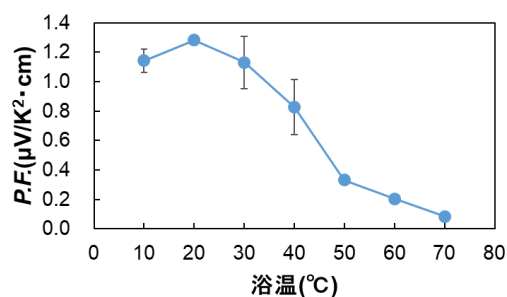


図2 浴温と P.F. の関係

## スパッタリング法による種結晶/ガラス基板を使用したビスマステルルめっき薄膜の性能評価

※牧岡 拓実（東海大学工学部材料科学科）

※山室 大樹（東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻）

※※高尻 雅之（東海大学工学部材料科学科）

## 【目的】

熱電材料は地球温暖化や資源利用・枯渇問題を軽減できるかもしれないと注目される材料である。2種類の異種金属の両端を接続し、その両端に温度差を設けると起電力が発生する現象であるゼーベック効果により熱エネルギーを電気エネルギーに直接変換することが出来る。その中でも本研究で用いるビスマステルルは 200℃以下の温度域で発電ができるため、現在では捨てられている熱エネルギーを利用できる。

本研究では熱電素子の薄膜を低コストで作製できるめっき法を用いる。通常めっきでは金属板上にめっき薄膜を作製する。しかしそれを利用するために剥離し、ガラス基板上に接着するとマイクロクラックが生じてしまう。ガラス基板にスパッタリングをし、それをめっきすることで剥離、接着の必要がなくなる。今回の実験ではマイクロクラックはなくなり性能がどのように変化するかを確認する。

## 【実験方法】

本研究の試料基板としてスライドガラスを用いた。基板の一面にスパッタリング装置を用いてビスマステルルを約 1 $\mu\text{m}$  成膜を行った。その後 300℃で 1 時間のアニール処理をした。その上から電解めっき法にてビスマステルルを成膜した。その後、各薄膜の性能を確認するために抵抗とゼーベック係数を測定し、パワーファクター (PF) の算出を行った。

## 【結果と考察】

本研究の製膜方法により性能は向上した。結果を下図に示す。-3.5mA でめっきしたときに最も大きな PF を示した。しかし膜厚が小さくスパッタリング膜に影響を受けやすく誤差が大きくなったと考えられる。また SEM 画像から従来のめっき作製方法ではマイクロクラックが生じることが分かった。本研究の作製方法ではスパッタリング膜からめっき膜が垂直方向に成長したことが分かった。

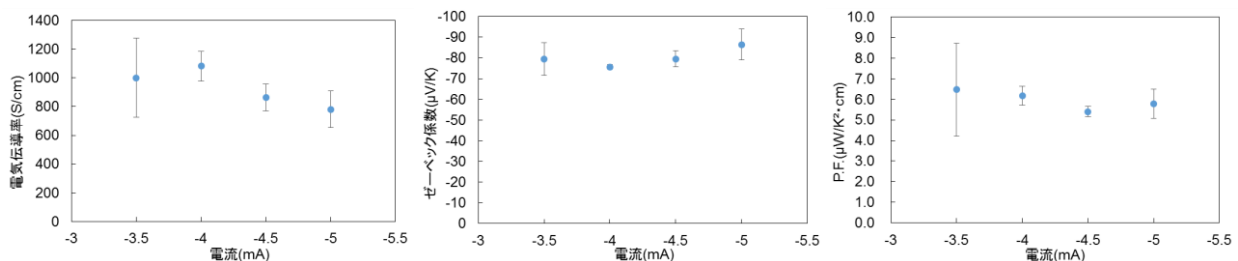


図1 作製した試料の各性能

水素—アルゴン混合スパッタリングによる  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  薄膜の性能評価

※高野 晃輔（東海大学工学部材料科学科）， 濱田 淳（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、化石燃料は限界を迎えると予測され、エネルギーの安定供給と地球環境の問題解決が重要となっている。廃熱エネルギーの総量は莫大なので、これを回収・有効利用する技術への関心は非常に高い。このような中で最も有望な廃熱回収技術として熱電材料の開発が注目されている。

本研究では、熱電材料として注目されている  $\text{BiTe}$  を材料として使用し、スパッタリングする際の雰囲気ガス中のアルゴンに水素を微量加えることで、 $\text{BiTe}$  薄膜の性能向上の検討を目的とする。

## 【実験方法】

RF マグネトロンスパッタリング法によって、ガラス基板(イーグル XG)上に、基板に対し  $200^\circ\text{C}$  に加熱しながら  $\text{BiTe}$  薄膜を成膜した。雰囲気ガス内の Ar ガスに  $\text{H}_2$  をそれぞれ 0%、5%、10% 混合させた 3 種類の試料を 4 枚ずつ作製した。その後  $300^\circ\text{C}$  1 時間の熱処理を行った。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。XRD 解析により各試料の配向性を調べた。そして、SEM 観察や EPMA を行い、水素を混合させたことによる表面の形態の変化を考察した。

## 【結果】

熱処理をすることで P.F. の値は向上した。そして、水素を混合させることで性能は上昇する結果が得られた。XRD の結果から、すべての試料で  $\text{BiTe}$  のピークが確認でき、c 軸配向している結果が検出された。性能向上は水素によるダンプリングボンドの終端が影響していると考察している。

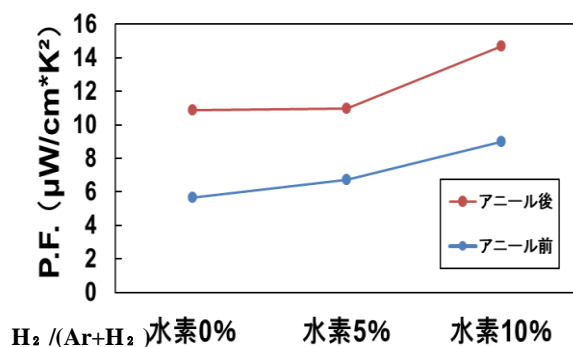


図 1. 水素量別による  $\text{BiTe}$  の P.F. 比較

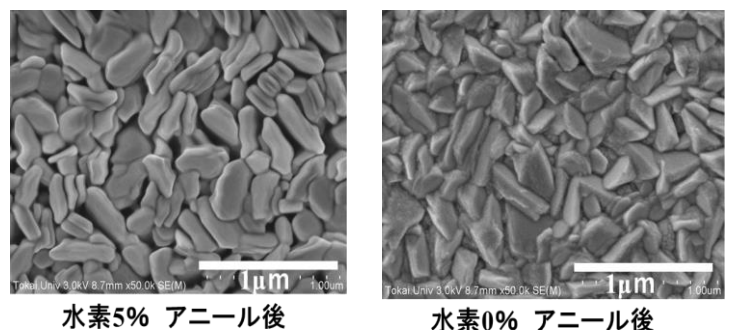


図 2. 水素量別による  $\text{BiTe}$  の SEM 観察結果

## Mg-Fe 系薄膜の作製と性能評価

\*水野真帆(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、源馬龍太(東海大学工学部材料科学科)、内田ヘルムート貴大(東海大学工学部精密工学科)、淺香隆(東海大学工学部応用化学科)、\*\*佐藤正志(東海大学工学部応用化学科)

### 【緒言】

透明導電膜は太陽電池の表面電極や透明タッチパネル等エレクトロニクス分野で使用されている。最も一般的に使用される材料には、高い電気導電性(比抵抗  $1 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$  以下)、可視光領域(380 ~ 780 nm)における透過率 80 %以上の条件を満たすスズ添加酸化インジウム(ITO)が用いられている。しかし、ITO の主成分であるインジウムは、希少金属(地殻埋蔵量: 0.00001 %)であり、資源の枯渇や価格高騰が懸念されるなど、その代替材料の開発が求められている。

本研究グループでは、透明導電膜への新規材料開発の新たなコンセプトとして、金属酸化物薄膜の結晶粒界への金属装飾により、可視光透明性と電気伝導性を持ち合わせた材料を得ることが可能ではないかと考えた。例えば、2元系の金属薄膜を作製し、大気中で加熱しながら一方の金属のみを優先酸化させることができれば、金属酸化物相の成長と金属層の析出を促し分離させることができると考えられる。本研究では、エリンガムの原理より Ca に次いで酸化しやすく安定な酸化物を形成する Mg、および地殻構成元素であり資源的に豊富で環境負荷も少ない Fe を使用し、Mg-Fe 薄膜の作製と性能評価を行った。

### 【実験方法】

Mg-Fe 薄膜は DC マグネトロンスパッタリング装置(株式会社昭和真空、SPH-10)を用いて作製した。基板は無アルカリガラス基板(Corning EAGLE XG、 $25 \times 25 \times 0.7$  mm)をアセトン、蒸留水、エタノールの順に各 10 分間超音波洗浄を行い使用した。基板を回転させながら、Mg( $38 \phi \times 3$  mm、純度 99.9 %)、Fe( $38 \phi \times 0.3$  mm、純度 99.99 %)のターゲットを共スパッタし薄膜を作製した。投入電力を Mg : Fe、100 W : 170 W、100 W : 110 W、100 W : 110 W(Fe ターゲットを半分遮蔽)の条件でそれぞれの膜厚 100 nm 及び 1  $\mu\text{m}$  程度となるように成膜時間を調整し行った。得られた Mg-Fe 薄膜は、大気中で焼成機(500  $^{\circ}\text{C}$ )にて焼成(5 min、10 min、15 min、20 min)を行い、EPMA にて存在比率の解析、紫外可視分光光度計にて光学特性評価、走査型プローブ顕微鏡を用いた膜表面、化学結合状態の解析、四探針法にて比抵抗値の測定を行った。

### 【結果】

作製した薄膜を酸化させると、すべての条件で焼成時間が増加すると透過率も大きくなる結果となった。Fe の添加量を減らすことで最大値 68 %の透過率を得ることができた。走査型プローブ顕微鏡観察では、酸化させることで膜表面に凹凸が見られ、焼成時間増加に伴い組織が微細化していることが分かった。



RF スパッタリング法を用いた透明な太陽電池 P 型  $\text{CuAlO}_2$  半導体薄膜作成

\*クンラウオン パギーイワン(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】

日本の化石燃料とかほとんどを海外からの輸入に頼っており、化石燃料の代わりにするエネルギーである再生可能エネルギーが必要である<sup>[1]</sup>。特に太陽光エネルギーを直接電気エネルギーに変換することが可能な太陽光発電の需要が高まっている。太陽電池は、結晶系シリコン基板を用いた太陽電池と、薄膜シリコン太陽電池との2つが主流である。これらのいずれの太陽電池にも、光電変換高効率が高くすることにより、多くの電力が得られるようになる<sup>[2]</sup>。しかし、課題を解決するために複数の太陽電池を積層した多接合型太陽電池の開発が盛んに行なわれている。一方、人体に有害な紫外光を吸収して発電に利用し、可視光は透過させ照明に利用でき、赤外線は熱としての利用が考えている。この特に透明な太陽電池は、エネルギーマネージメントの観点からの有効な発電所タムである<sup>[3]</sup>。さらに、透明材料これまで多くは透明電極、透明導電膜およびN型半導体に関する接合があるのに、対に透明P型半導体の報告は少ない。そのため、透明な太陽電池の実用には至っていない。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ている<sup>[3]</sup>。そこで本研究でRF マグマネロンスパッタリング法を用いて銅アルミニウム酸化P型半導体の作製を行うことを目的とした。

## 【作成方法】

銅アルミニウム酸化物薄膜の作製にはRF スパッタリング法を用いた。基板は、アルミナシリケートを用いた。スパッタリングガスにはAr ガスと $\text{O}_2$  のガスの混合ガスを用いた。Ar ガスの導入量は30sccm、RF 出力は130Wを行った。 $\text{O}_2$  ガスの導入ガス2sccm一定とした。薄膜の基板にはチタンやアルミニウムを使用した。スパッタ条件の詳細は表1に表す。作製した $\text{CuAlO}_2$ 薄膜の膜厚測定には、面粗さ計を用いて行い、構造解析にはX線回折を行い、電気抵抗率には値流四探針装置を用いて行い、P・N判定にはP・N判定器を用いて行い、

表1 実験条件

基板温度	Room Temperature
基板	チタン・アルミナシリケートガラス
$\text{O}_2$ ガス流量	2 sccm
Arガス流量	30 sccm
RF出力	130 W
成膜時間	10分
到達真空度	$4.00 \times 10^{-6}$ Torr

## 【結果】

CuとAlの比率が1:1になる特に成膜条件の検討を行っていた。図1はRF出力を薄膜中のCuの割合を示している。この図より、RF出力130W薄膜中のCuとAlの組成比が1:1になるように確認した。また、図2からX線回折を行った。アモルファス構造になることがわかった。

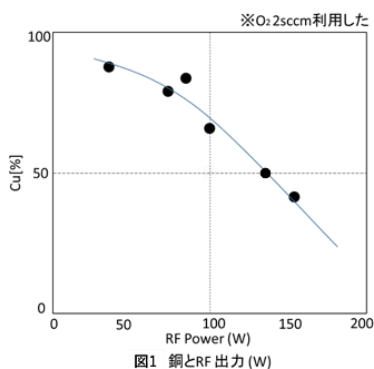
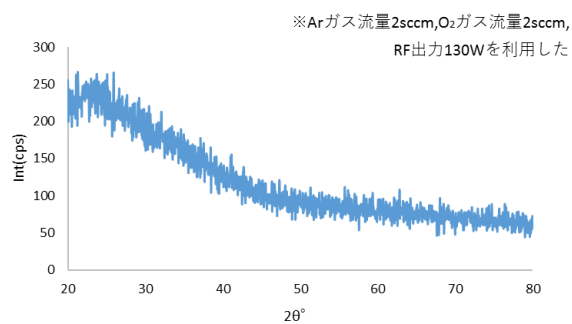


図1 銅とRF出力(W)

図2  $\text{CuAlO}_2$ 薄膜のX線回折

## 【参考文献】

- [1]木村孝夫, 『人間活動とエネルギー利用』, 株式会社大学教育出版, 1999年P. 103-105
- [2]Atsushi Fukui, 「太陽電池」, Sharp Kabushiki Kaisha, 2012
- [3]Hidetoshi Washio, Hiroyuki Juso High Efficiency Technology and Application of Multi-Junction Compound Semiconductor Solar Cells, 2017・08・11

## RF マグネトロンスパッタリング法による水素センサーの作製および評価

\*ジナーラック アランヤー（東海大学教養学部人間環境学科自然環境）

\*\*小栗和也（東海大学教養学部人間環境学科）

## 【はじめに】

現在、世界では一次エネルギーの大部分を化石燃料に依存している。化石燃料を多量に利用することにより、地球温暖化の要因でもある二酸化炭素を排出する。また、有限の資源の使用を続けると枯渇の可能性がある。このような問題を解決するため、再生可能エネルギーの利用が求められている。再生可能エネルギーは二酸化炭素などの温室効果ガスや有害物質の排出が少なく、枯渇しないという利点がある。しかし、再生可能エネルギーは天候に左右されやすく、安定的に確保できないといった欠点がある。このような課題を解決する対策の一つとして、将来的に利活用の期待されるエネルギー源の一つであるエネルギー媒体としての水素の利用が注目されている。水素は水からも製造でき、気体、液体、固体というあらゆる形態で貯蔵・輸送が可能である[1]。さらに、電気エネルギーへの変換も容易であることから、二次エネルギーとしても期待されている。一方、水素は他の可燃性ガスに比べて非常に軽く、漏洩しやすく、また漏洩した場合は非常に危険性の高いガスである。そのため、水素エネルギーの普及には安全性確立が必要条件であり、中でも水素ガス検知用のガスセンサーが必要とされる[2]。さらに、実際に実用化している水素ガスセンサーは電気や加熱を必要とする。ところで、ガスクロミック反応は、気体と物質表面が反応し、表面の色を変化させる現象である。そのため、ガスクロミック反応をガスセンサーに用いることは電気や加熱を必要としないセンサーの開発につながる。ガスクロミックを用いた水素センサーでは、 $WO_3$  薄膜の上に水素分子を解離するための価格の高い Pt 薄膜や Pd 薄膜を形成している[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酸化タングステン薄膜作製の Pt や Pd などの貴金属を用いるガスクロミック水素センサーの作製を目的とする。

## 【実験方法】

本研究では、RF マグネトロンスパッタリング法により薄膜を作製した。成膜において、ターゲットには金属タングステンを使用し、基板には、ソーダライムガラスとアルミナシリケートガラスを使用した。薄膜作製時のスパッタガスには、Ar ガスと  $O_2$  ガスの混合ガスを用いた。Ar ガスの導入量は一定とし、 $O_2$  ガスの導入量とスパッタ時間を変えて実験を行った。なお、スパッタ条件の詳細は表 1 に示す。作製した  $WO_x$  膜の膜厚測定には、表面粗さ計を用いて行い、結晶構造解析には X 線回折を行った。水素ガスクロミック着色性能の評価には、 $WO_x$  膜表面に水素分子を解離させるための触媒として Pt を約 10nm の厚さで蒸着した。そして Pt/ $WO_x$  薄膜試料を 1vol.% 水素に室温で曝し、可視光領域における試料の光の透過率の強度の時間変化を分光計測器により測定して直食性能を評価する。

表 1 スパッタ条件

Arガス流量(sccm)	30			
$O_2$ ガス流量(sccm)	12	14	16	18
スパッタ時間(min)	6.30	9.05	5.04	8.20
RF出力(W)	100			
到達真空度(Torr)	$4.0 \times 10^{-6}$			

## 【実験結果】

薄膜表面に金属触媒を付けて、ガスクロミック反応を行った。酸素 12sccm の薄膜表面の色の変化が見られたが、極めて小さかった。また、図 1 に酸素流量 16sccm の X 線回折結果を示す。その結果、酸化タングステン膜の結晶構造が非晶質であることが確認できた。

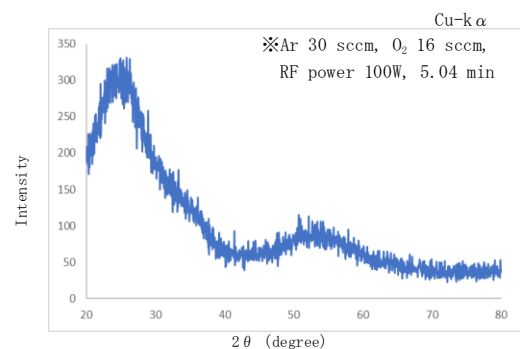


図 1 X 線回折図

## 【参考文献】

- [1] 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構, NEDO 水素エネルギー白書, 日刊工業新聞社, 2015 年, p1
- [2] 北口久雄, 水素用ガスセンサの現状と課題, 水素エネルギーシステム vol30, No2, (2005), p35
- [3] S. Nagata, A. Inouye, S. Yamamoto, B. Tsuchiya, K. Takano, K. Toh, T. Shikama, Journal of Alloys and Compounds, Vol. 446-447, (2007), P. 558-561

H-9

グアニジン炭酸塩を原料とする透明光触媒作製の試み

\*関根葉月（東海大学教養学部人間環境学科自然環境）

\*\*小栗和也（東海大学教養学部人間環境学科）

欠稿

## 熱電子強化型イオンプレーティング装置による薄膜の形成

\*篠岡 樹 (東海大学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)、荒井 伸亮 (東海大学工学部原子力工学科)、内田 ヘルムート貴大 (東海大学工学部精密工学科)、\*\*松村 義人 (東海大学工学部原子力工学科)

【緒言】イオンプレーティング(以下 IP)法は真空蒸着法の一つである。加熱して発生した蒸発粒子にエネルギーを与えて活性化させ、プラズマにすることにより、薄膜の成膜時に付着強度の向上や反応ガスを導入することで、窒化物など化合物の作製が容易など特徴を有している。このことから、各種化合物薄膜や合金薄膜の作製に利用されている。IP 法は、他の薄膜作製法に比べイオン化した蒸発粒子が基板に堆積する為、非常に大きな過剰エネルギーとして薄膜に投入される。このことから、固溶限を超えた合金薄膜の作製が可能となる。これまでの研究においてイオン化率が上がると、過剰エネルギーも上昇することの報告を行っている。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。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。

【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蒸発源斜め上方に配置した装置である。蒸気圧の大きく異なる金属の 2 元系合金薄膜を作製するため、電子ビームで溶媒元素を加熱し、抵抗加熱により溶質元素を蒸発させ、基板上に合金の蒸着を行った。基板温度は  $400 \pm 10\text{K}$  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から、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)、薄膜の内部応力は、光てこ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イオン化率も上昇し、過剰エネルギーは上昇した。Fig.1 に電流値とイオン化率の関係を示す。X 線回折測定を行った結果、溶質元素の固溶量の増加と共に X 線回折ピークの低角度側へシフトが確認された。各作製試料の格子定数を算出した結果、各元素の固溶度との間に直線関係が見られ、ベガードの法則と一致した。このことから、プラズマ状態から急冷された金属蒸気が基板上で各元素の個別の相を形成したり、金属間化合物相を形成したりせず、各元素が固溶した準安定的な  $\alpha\text{-Fe}$  相が形成されたものと考えられる。

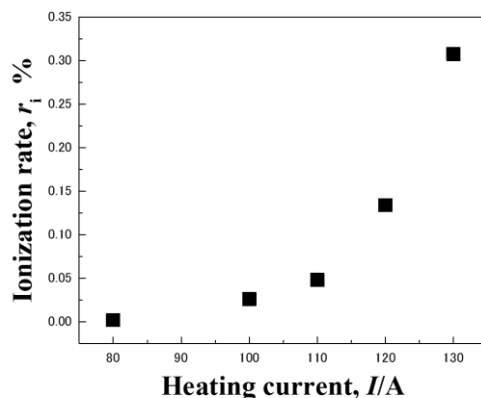


Fig.1 Ionization rate dependence of heating current

## ソーダライムガラスに対する荷電粒子照射の影響

\*今井亮介(東海大学工学部原子力工学科)、高橋杏奈(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、桑畑周司(東海大学工学部電気電子工学科)、西義武(東海大学工学部材料科学科)、\*\*松村義人(東海大学工学部原子力科学科)

## 【目的】

ソーダライムガラスは安価であるため汎用性が高く、窓やガラス瓶、日用雑貨など様々なところで利用されている。このようにガラスが様々な物に利用されているのは、ガラスの透明性によるものである。そのため、ソーダライムガラスを利用する際にその透明性を損なう「曇り現象」は問題となっており、防曇特性の改善が求められている。ガラスの曇りは急激な温湿度の変化により、表面に細かい水滴が付着することで光が乱反射するためである。なお、温湿度の変化は室内外での温度差や、雨天時などの湿度の高い状況により日常的に起きやすい。

過去の我々の研究において、電子線照射はガラスのぬれ性を向上させることを見出している。ぬれ性の向上は、ガラスの防曇特性を改善する有効な方法の1つである。そこで本研究では、防曇特性向上に有効であると考えられる。そこで、大気圧プラズマ照射と電子線照射という異なる2つの荷電粒子照射を比較し、それぞれが防曇特性に及ぼす影響について検討した。

## 【実験方法】

試料にはソーダライムガラス(76 mm × 26 mm × 1 mm)を用い、それぞれに大気圧プラズマ照射と電子線照射を施した。大気圧プラズマ照射は大気圧のアルゴン雰囲気中でプラズマを発生させ、その後印加する電圧を増加させていき石英管の下部に置いた試料にプラズマを照射した。その際、印加電圧は10 kV、アルゴンガス流量は10 L/min、石英管のプラズマ射出口からの距離は2 mmとした。一方、電子線照射装置は(株)岩崎電気 CB250/30/20(アイ・エレクトロニクス社)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132 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おらず温度の影響は無視できる程度と考えている。その後、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(株式会社協和界面科学製 CA-V)を行った。

## 【結果】

ソーダライムガラスに大気圧プラズマ照射を施すことにより最表面のぬれ性は向上し、表面自由エネルギーは上昇した。一方、ソーダライムガラスに電子線照射を施すことで、照射線量が増加するに伴いぬれ性は向上した。これにより、表面自由エネルギーは上昇したと考えられる。また、防曇試験によって測定したクリアタイムは短くなり、防曇効果を見出した。

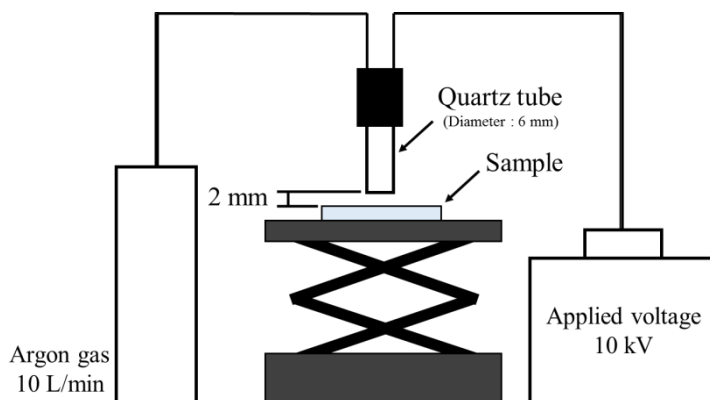


図1. 大気圧プラズマ照射装置の模式図

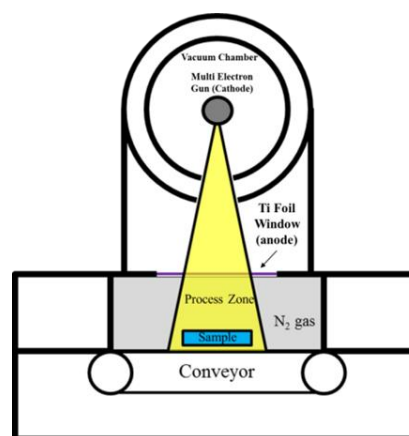


図2. 電子線照射装置の模式図

## 磁歪材料スパッタ薄膜における斜め入射の影響

\*塚越麗仁（東海大学工学研究科応用理化学専攻）、山口健吾（東海大学工学部原子力工学科）、  
小池拓哉（東海大学工学部原子力工学科）、内田ヘルムート貴大（東海大学工学部精密工学科）、  
\*\*松村義人（東海大学工学部原子力工学科）

### 1. 緒言

これまでの我々は、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の大きさとスパッタ粒子の入射頻度比に基づいてイオン衝撃パラメータ $P_i$ を提案した。イオン衝撃により発生する真応力を評価することで磁歪薄膜の諸特性を制御することに成功し、さらに、内部応力のもう一つの要因である熱応力についても検討を行った結果、薄膜組織により生じた真応力の影響も少なくないことが明らかになった。そこで我々は蒸着粒子流に対して基板を傾斜させる“斜め蒸着”により自己陰影効果などによって、薄膜組織を変化させ、同時に基板バイアスに印加することにより成膜時のイオン衝撃が薄膜の内部応力及び磁歪感受率に及ぼす影響を検討した。

### 2. 実験方法

磁歪材料薄膜の作製にはDCマグネトロンスパッタリング法を用いて、純度 99.9 mass% のNi を用い基板にはn型単結晶 Si (100) 上に成膜を行った。スパッタガスには Ar ガス(純度 99.999%)を用い基板バイアスは 0~90V の範囲で任意の値に変化させて実験を行い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った。プラズマ診断は以下の方法で行った、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、磁歪測定も同様の方法で行った。

### 3. 実験結果

この実験において成膜した結果、Ni 薄膜は、イオン衝撃パラメータ $P_i$ の増加に伴って圧縮応力と磁歪感受率が増加することを示している (Fig. 1)。斜め入射によってスパッタ堆積された Ni 薄膜の内部応力及び磁歪特性は、堆積中のイオン衝撃パラメータ $P_i$ によって制御され得ることがわかった。

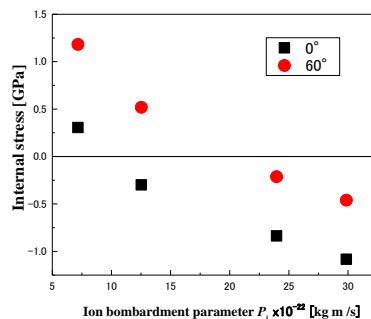


Fig.1 Internal stress vs ion bombardment parameter  $P_i$

## スパッタリングにおける薄膜組織に及ぼす基板温度の影響

\*阿野 香琳(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、塚越 麗仁(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、坪井 仁美(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)、内田ヘルムート貴大(東海大学工学部精密工学科)

### 【目的】

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、機械的、光学的、電気・磁気的特性等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。我々はこれまでに薄膜に対するイオン衝撃の影響にイオン衝撃パラメータ  $P_1$  を使うことで推定できることを提案し、このイオン衝撃パラメータ  $P_1$  を用いことにより薄膜の内部応力を制御できると報告してきた。しかしながら、スパッタ薄膜の内部応力はイオン衝撃により発生する真応力の他に組織変化等による真応力と熱応力に分類されている。そこで本研究では、Si 基板上に Ni をスパッタ成膜する際の異なる基板温度におけるスパッタ後の薄膜の内部応力について検討を行った。

### 【実験方法】

DC マグネトロンスパッタリング法により薄膜を作製した。基板に単結晶の Si(1 0 0)、またスパッタリングターゲットは Ni を使用した。スパッタガスに Ar ガス (99.999%) を使用し実験中の真空度を  $1.0 \times 10^{-1} \text{Pa}$  とした。基板温度は 350K~650K とし、膜厚は約  $1 \mu\text{m}$  にした。真応力の一部である薄膜の内部応力に対するイオン衝撃の影響をプラズマ診断を用いて算出した。薄膜の熱応力は異なる基板温度において、成膜を行い膜材料である Ni と基板である Si (1 0 0) 面の熱膨張係数により算出。

### 【結果】

Fig. 1 に Si 基板上に基板温度を変化させて Ni 薄膜を成膜した時の基板温度と内部応力の関係を示す。Ni 薄膜の内部応力は基板温度が 350K から 450K と 530K から 600K の範囲で直線的に増加した。しかし、500K の境界線あたりで膜での引張応力が不連続な変化を示した。基板温度が上がることで内部応力が増加し、それに伴い薄膜の微細構造が変化した。このことは、Thornton model における ZONE 変化により、膜組織が変化したことにより真応力に変化が生じたと考えられる。

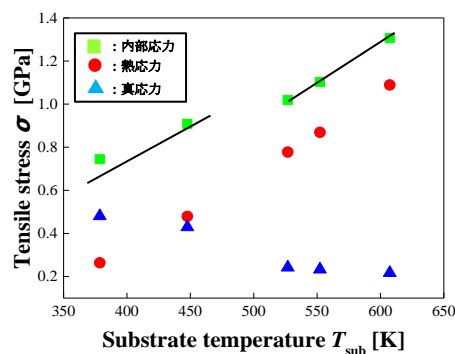


Fig. 1 Tensile stress of Ni films as a function of the Si-substrate temperature

## コーヒー粕抽出液の施用がコマツナの生育およびクロロフィル含有量に及ぼす影響

\* 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）

### 【背景および目的】

植物の多量必須元素であるリン酸資源の枯渇などの問題が顕在化する中で、循環型社会形成や環境負荷低減の観点から、食物残渣からの堆肥、土壌改良剤や飼料などへの二次利用、すなわち未利用資源の有効利用が進められている。食物残渣のうち、「コーヒー粕」は生ゴミとは異なり混入物が少なく均質であるため、未利用資源として比較的利用しやすいものである。

日本においては、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。また、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。2016年度の日本のコーヒー豆輸入量（生豆換算）は481,764万トンで世界第3位、消費量は472,535万トンで世界第4位であった。コーヒー市場の拡大は今後も続く予想されており、コーヒー消費量の増加と共にコーヒー粕廃棄量の増加が予想される。

しかし、コーヒー粕そのものには炭素/窒素（C/N）比が高いことや、植物に対する生育阻害物質が含まれていることから、コーヒー粕単独での農業利用は困難であることが示されている。そこで本研究では、コーヒー粕の水抽出液（抽出液）に着目し、抽出液が植物の生育に及ぼす影響を調べたので、その結果を報告する。

### 【方法】

供試植物にコマツナ（*Bressica rapa* var. *perviridis*）を用い、試験区として蒸留水のみで栽培する「コントロール区」、液体化成肥料であるハイポネックス（1,000倍希釈）を施用する「ハイポネックス区」、抽出液を施用する「抽出液多施用区（施用開始1週目3回、施用開始2週目から4回）」、「抽出液少施用区（施用開始1週目1回、2週目から2回）」を設け、30日間栽培した。収穫後、生体重、乾物重、地上部高、根長、およびクロロフィル含有量を測定した。

### 【結果および考察】

「抽出液多施用区」では根長を除く測定項目で「コントロール区」よりも有意に高い値を示した。また、各試験区の平均値を比較すると、乾物重では「抽出液多施用区」が0.134gで「ハイポネックス区」の0.151gに及ばないものの、地上部高では「抽出液多施用区」が7.08cm、「ハイポネックス区」が6.78cmで有意差は認められず同程度であった。生体重では「抽出液多施用区」が0.957gで「ハイポネックス区」が0.818gと「ハイポネックス区」を上回る有意に高い値を示した。また、葉のクロロフィル含有量では多施用区においてハイポネックス区よりも有意に高い値を示した。

以上の結果より、市販の液体肥料と同等の生育を示したことから抽出液の農業利用の可能性が示された。生育促進およびクロロフィル含有量が高い値を示した原因は、抽出液中の窒素成分が液体肥料に比べ高い値を示していたことや、クロロフィルの中心に配位するマグネシウムが抽出液に多く含まれていたことなどが考えられるが、引き続き抽出液の成分分析結果、葉のクロロフィル含有量の解析結果などから、抽出液の施用がコマツナの生育を促進する原因を考察するとともに、抽出液の農業利用の可能性についても引き続き調査・考察している。



誘電分光法による Poly(vinyl pyrrolidone) アルコール溶液における分子ダイナミクス

\*藤井慎季(東海大学理学部物理学科)、萬代健太(東海大学大学院理学研究科物理学専攻)、高塚将伸(東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻)、佐々木海渡(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)

これまで、誘電分光法により Poly(vinyl pyrrolidone) (PVP) を溶質とした水溶液および Alcohol 溶液の液体からガラス状態における溶質と溶媒の分子運動に関する研究が行われてきた。PVP 水溶液では、PVP に由来する緩和と水に由来する緩和がそれぞれ観測された。水に由来する緩和は PVP のガラス転移温度 ( $T_g$ ) (誘電緩和時間 ( $\tau$ ) が 100 秒となる温度) を境に  $\tau$  の温度依存性が変化する<sup>(1)</sup>。これを、水の  $\tau$  の non-Arrhenius-Arrhenius 転移 (non-A-A 転移) という。これが水の特異な性質かどうかを明らかにするため、PVP-Alcohol 溶液と比較を行った。

図 1 に、65 wt. % PVP 水溶液および 65 wt. % PVP-Propylene glycol (PG) 溶液の緩和時間の温度依存性を示す。PVP 水溶液と PVP-PG 溶液のそれぞれで、PVP に由来する緩和と溶媒に由来する緩和が観測された。PG に由来する緩和では  $T_g$  を境にした  $\tau$  の温度依存性の変化は見られなかったが、 $T_g$  以下で複数の緩和に分離した。これは Ethylene glycol、Propanol 溶液でも確認されたが、その分離のメカニズムは分かっていない。Alcohol の緩和の分離の仕組みを明らかにすることで、水溶液で観測される non-A-A 転移と比較し議論する。発表では、Alcohol 溶液における溶質と溶媒の分子運動の関係と、non-A-A 転移と Alcohol の緩和の分離を関連付けて議論する。

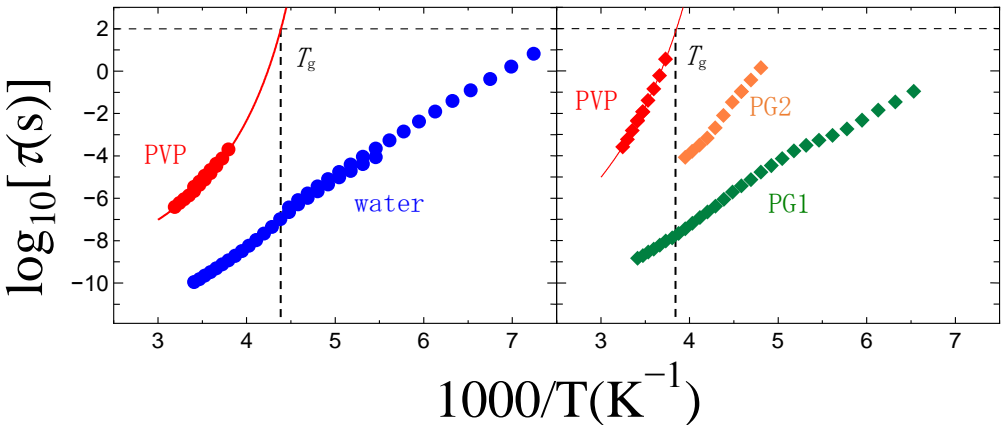


図 1. (左)65 wt. % PVP 水溶液および(右)65 wt. % PVP-PG 溶液の緩和時間の温度依存性。

[参考文献]

(1)K. Sasaki, Y. Matsui, M. Miyara, R. Kita, N. Shinyashiki and S. Yagihara, *J. Phys. Chem. B* **120**, 6886 (2016)

## 氷結した Fructose 水溶液の X 線構造解析

\*安川 裕生(東海大学理学部物理学科)、藤井 慎季(東海大学理学部物理学科)、木村 紗英(東海大学理学部物理学科)、高塚 将伸(東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻)、三澤 寿之(東海大学大学院理学研究科化学専攻)、伊藤 建(東海大学理学部化学科)、\*\*新屋敷 直木(東海大学理学部物理学科)

## [ 緒言 ]

これまで、広帯域誘電分光法により水や氷結する水溶液の氷の緩和が観測されてきた。純水の氷の緩和は、結晶化させる際の温度履歴により緩和時間が大きく変化する<sup>[1]</sup>。一方、ゼラチン水溶液では氷の緩和が複数存在する事が確認され<sup>[2]</sup>、さらに氷結した Fructose 水溶液でも複数の氷の緩和が観測された。そこで、水溶液中の氷の結晶構造を明らかにするため、Fructose 水溶液の X 線構造解析を行った。

## [ 実験 ]

溶質に和光純薬工業株式会社製の Fructose、溶媒に比抵抗  $18.2 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$  の純水を用いて、純水と 10~60 wt. % Fructose 水溶液を調製した。これらの試料を単結晶 X 線回折装置(株式会社リガク, XtaLAB P200)を用い、光学系にはデバイ-シェラー光学系、線源は  $\text{CuK}\alpha$  (1.54 Å)、線源から試料までの距離は 50 mm、分解能は 1 Å (回折角  $2\theta = 100 \text{ deg}$ )、露光時間は 300 s、試料の設定温度を 100 K として X 線回折測定を行った。

## [ 結果・考察 ]

Figure. 1 に 10~30 wt. % Fructose 水溶液で得られた X 線回折強度の回折角依存性を示す。10 wt. % Fructose 水溶液と 20 wt. % Fructose 水溶液では明らかに濃度によって異なる結晶の存在を確認できるピークが観測されたが、30 wt. % Fructose 水溶液ではピークが観測されずハローのみが見られた。また、10 wt. % Fructose 水溶液と 20 wt. % Fructose 水溶液では、散乱角  $23^\circ$  付近で観測されたピークを基準としたとき、他のピークの強度比が異なる。ポスターでは純水で得られた X 線回折強度との比較を行い、その結晶構造について明らかにしていく。

## [ 参考文献 ]

- [1] K. Sasaki, R. Kita, N. Shinyashiki, and S. Yagihara, *J. Phys. Chem. B* **120**, 3951. (2016)  
 [2] T. Yasuda, K. Sasaki, R. Kita, N. Shinyashiki, and S. Yagihara, *J. Phys. Chem. B* **121**, 2896. (2017)

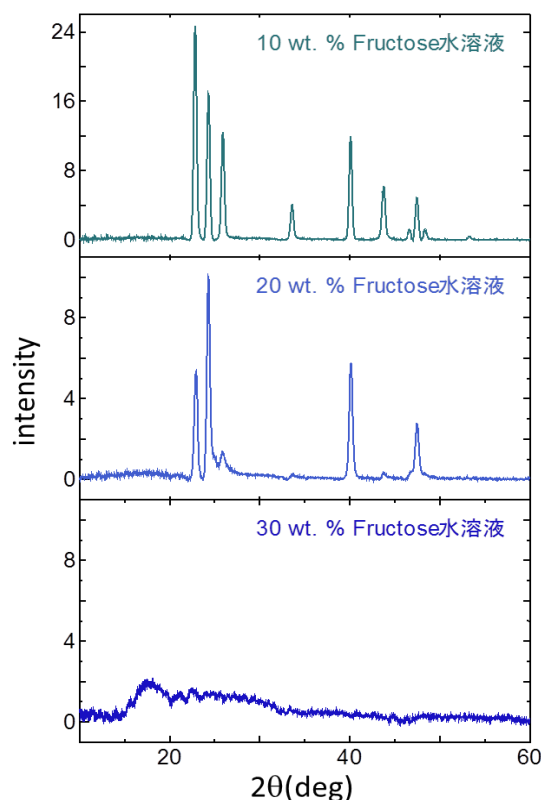


Fig 1. 10~30 wt. % Fructose 水溶液で得られた X 線回折強度の回折角依存性。

## 誘電分光法による氷結した Poly(ethylene imine) 水溶液の氷の緩和現象

\*井上 紫央里 (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、誘電分光法による様々な水溶液の複素誘電率の周波数依存性の測定により、水や溶質の分子運動に起因する緩和が研究されてきた。その中で、Poly(ethylene imine) (PEI) は様々な合成高分子の中で、水の分子運動に対する影響が大きいことが明らかにされた<sup>[1, 2]</sup>。一方、牛血清アルブミンやゼラチンなどの生体高分子水溶液では、低温で氷結した水溶液で観測された溶質と氷および不凍水の分子運動に起因する緩和が観測された<sup>[3, 4]</sup>。氷結した合成高分子水溶液中の不凍水の緩和は-20 °Cまでは詳しく調べられたが<sup>[2]</sup>、より低温域や、氷および高分子の緩和は観測されていない。比較的構造が単純な合成高分子の水溶液を用いることで、生体高分子も含めた氷結した水溶液中の分子運動の解明が期待される。本研究では、幅広い濃度および温度域において PEI 水溶液で観測された不凍水、氷、PEI の緩和について報告する。

## [実験]

溶質に重量平均分子量 10,000 の PEI、溶媒に比抵抗 18.2 MΩ・cm の純水を用い、10 ~ 40 wt. % PEI 水溶液を調製した。PEI 水溶液の複素誘電率の周波数依存性を 298 K から 143 K の温度範囲の降温過程で Alpha Analyzer (Novocontrol, 10 MHz~10 MHz) を用いて測定した。

## [結果・考察]

氷結した PEI 水溶液の複素誘電率の周波数依存性から 4 種類の緩和を観測した。Fig. 1 に、10 ~ 30 wt. % PEI 水溶液で観測された緩和の緩和時間 ( $\tau$ ) の温度依存性を示す。最も  $\tau$  が大きい緩和 (赤) と最も  $\tau$  が小さい緩和 (青) の  $\tau$  は、氷結しない PEI 水溶液で観測された溶質と水の緩和の  $\tau$  とそれぞれよく一致することから、これらの緩和は、それぞれ PEI と不凍水の分子運動に起因する緩和であると考えられる。中間の  $\tau$  の緩和 (緑) と 200 K 以下の温度で観測された緩和 (灰) は、氷結した PEI 水溶液のみで観測されたことと、緩和強度の濃度、温度依存性から、氷に起因する緩和であると考えられる。

## [参考文献]

[1] N. Shinyashiki, S. Yagihara, I. Arita, and S. Mashimo, *J. Phys. Chem. B* **102**, 3249 (1998). [2] N. Shinyashiki, M. Shimomura, T. Ushiyama, T. Miyagawa, and S. Yagihara, *J. Phys. Chem. B* **111**, 10079 (2007). [3] N. Shinyashiki, W. Yamamoto, A. Yokoyama, T. Yoshinari, S. Yagihara, R. Kita, K. L. Ngai, and S. Capaccioli, *J. Phys. Chem. B* **113**, 14448 (2009). [4] K. Sasaki, R. Kita, N. Shinyashiki and S. Yagihara, *J. Chem. Phys.* **140**, 124506 (2014).

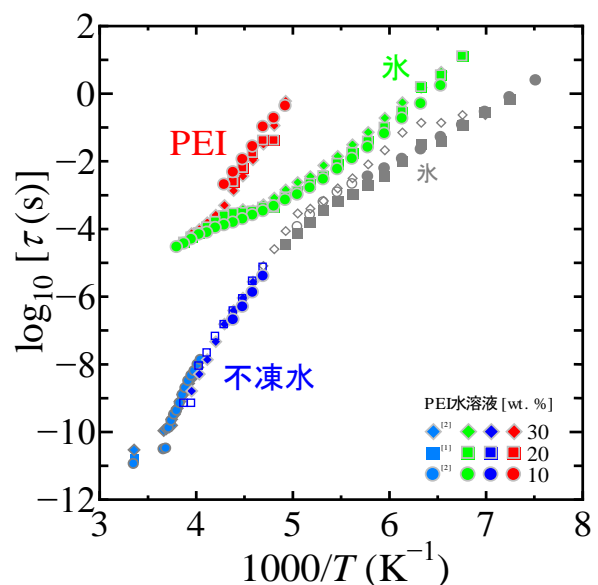


Fig. 1 PEI 水溶液で観測された緩和の緩和時間の温度依存性。

誘電分光測定による Poly(vinyl methyl ether) 水溶液の水と高分子の分子運動とガラス転移

\*高塚 将伸(東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻), 佐々木 海渡(東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター), 喜多 理王(東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター, 東海大学理学部物理学科), \*\*新屋敷 直木(東海大学理学部物理学科), 八木原 晋(東海大学理学部物理学科)

これまで誘電分光法により ethylene glycol, ethylene glycol oligomers, glycerol, 糖類の低分子量分子の水溶液の液体からガラス状態の分子ダイナミクスに関する研究が行われてきた。これらの研究の中で、およそ 200 K 以下では水分子の運動に起因する  $\nu$ 緩和と水分子と溶質分子の協動的な運動に起因する  $\alpha$ 緩和が観測された<sup>1)</sup>。一方、高分子水溶液では、水の緩和が観測され、詳しく議論されてきた<sup>2-5)</sup>。水溶液中における高分子の緩和は観測例が少ないが、近年、誘電分光法により Poly(vinyl pyrrolidone) (PVP) 水溶液でガラス転移の原因となる PVP 鎖の局所的な運動に起因する  $\alpha$ 緩和が観測された。しかし、低分子量分子の水溶液で  $\alpha$ 緩和が水と溶質分子の協動的な運動であると解釈をもたらした  $\alpha$ 緩和の強度の増加に伴う  $\nu$ 緩和の強度の減少が観測されなかった<sup>6)</sup>。このような水と高分子の協動的な運動の特徴が観測されないことが PVP 水溶液特有のものなのか否かは、高分子水溶液の観測例が少ない為明らかではない。そこで、幅広い濃度範囲で水に可溶、かつ PVP と比べガラス転移温度が低い親水性合成高分子の Poly(vinyl methyl ether) (PVME) を用い、PVME と PVME 濃度 75 wt. % 以上の氷結しない PVME 水溶液の複素誘電率測定を 298 K ~ 118 K の温度域、10 mHz ~ 3 GHz の周波数域で行い、水と PVME の分子運動による緩和を同時に観測した。Fig. 1 に PVME 及び 90 wt. % ~ 75 wt. % PVME 水溶液の緩和時間の温度依存性を示す。PVME において、PVME の  $\alpha$ 緩和、微量に含まれた水に由来すると考えられる  $\nu$ 緩和、PVME の側鎖の運動によると考えられる  $\beta$ 緩和の 3 つの緩和を観測した。また、90 wt. % ~ 75 wt. % PVME 水溶液において、高周波側に  $\nu$ 緩和、低周波側に  $\alpha$ 緩和が観測された。本発表では、PVME 濃度を変化させることで、室温からガラス転移温度  $T_g$  付近において、 $\alpha$ 緩和に水がどのように影響をあたえているのか、あるいは  $\alpha$ 緩和に水が寄与しているのかなど、液体からガラス状態における PVME 水溶液の水と PVME の分子運動の関係について議論する。

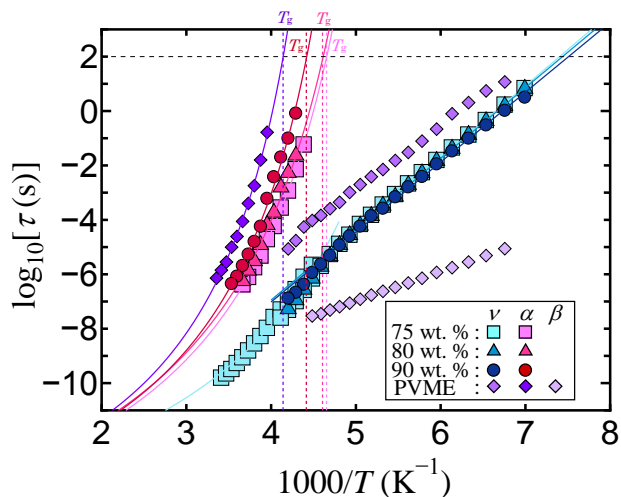


Fig.1 PVME 及び 90 wt. % ~ 75 wt. % PVME 水溶液の緩和時間の温度依存性。

[参考文献]

- 1) S. Capaccioli, K. L. Ngai and N. Shinyashiki, *J. Phys. Chem. B* **111**, 8197 (2007).
- 2) S. Cervený, J. Colmenero and A. Alegria, *J. Non-Cryst. Sol.* **353**, 4523 (2007).
- 3) S. Cervený, A. Alegria and J. Colmenero, *J. Chem. Phys.* **128**, 044901 (2008).
- 4) S. Capponi, A. Arbe, S. Cervený, R. Busselez and B. Frick, J. P. Embs, *J. Chem. Phys.* **134**, 204906 (2011).
- 5) R. Busselez, A. Arbe, S. Cervený, S. Capponi, J. Colmenero and B. Frick, *J. Chem. Phys.* **137**, 08492 (2012).
- 6) K. Sasaki, Y. Matsui, M. Miyara, R. Kita, N. Shinyashiki and S. Yagihara, *J. Phys. Chem. B* **120**, 6882 (2016).

# カーボンファイバーを用いたクラシックギターの音色の電氣的分析

\*遠山 飛鳥(神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科)、\*\*板子 一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)

## 1. まえがき

ギターは、誕生から現在まで様々な場面で使用されており、形や大きさなど様々なギターが存在している。しかしギターに関する研究はピアノなどに比べて少なく、現代においても最適形状が未だ確立されていない。そのため、ギターの音質について研究する余地が十分に残されている。著者らは先にボディの厚み、サウンドホール径について検討を行ってきた。

本論文では材料と表面板の厚みに着目し実験を行う。すなわち、市販のクラシックギターの表面材の材質を変化させ、撥弦した音の調波分析を行う。それらの音色の成分を明らかにし、倍音含有率を算出することにより、より良い音色のギター製作を目指す。

## 2. 素材選定

使用される木材の密度や含まれる水分量により、楽器の音は大きく左右されるものである。そこで、今回は柔軟性や耐久性に優れ軽量で外部環境に因らないカーボンファイバー（以下「CFRP」という）を用いた。

## 3. 評価基準

今回は倍音の含有率に着目し評価を行う。倍音が程よく含まれる音が良いとされているため、これを良い音色の指標として加工前のクラシックギターと製作したクラシックギターの比較を行う。倍音含有率は各弦のレギュラーチューニングの開放音を測定し、以下の式(1)を用いて算出する。

$$\text{倍音含有率} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} (n\text{倍音の振幅})^2}}{\text{基本波の振幅}} [-] \dots \dots \dots (1)$$

## 4. 測定結果

各弦の倍音含有率の測定結果を図2に示す。オリジナルの木製表面板と比較するといずれの弦においてもCFRPを用いたクラシックギターが倍音を多く含んでいることが分かる。

図3、図4は一例として1弦の波長分析結果を示している。図3が木製、図4はCFRPである。高い周波数においてCFRPの方が倍音を多く有していることが分かる。また、主に低い周波数でCFRPの倍音以外のスペクトル成分が倍音に対して小さくなっており、ノイズが少なくなっていることが分かる。

また、SD法により26名に音色の評価をして貰った結果、木製のクラシックギターはやわらかい、丸みのあるといった印象が多かったのに対しCFRP製では硬質であり、力強いといった対照的な印象を受けることが分かった。

また、プロのギタリストに試奏して頂いた結果、歯切れがよくリズムカルな曲に向いているのではないかとという評価が得られた。

## 5. まとめ

クラシックギターの表面板をCFRPに変えて音色を分析した。測定の結果から、クラシックギターの表面材をCFRPに変えることによって倍音が増え、豊かな音を発生することが分かった。



図1 製作したギター

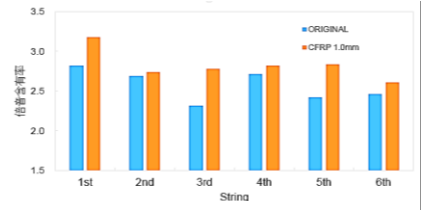


図2 各弦の倍音含有率

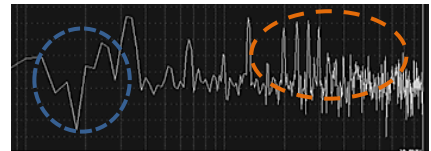


図3 木製ギター1弦のスペクトル

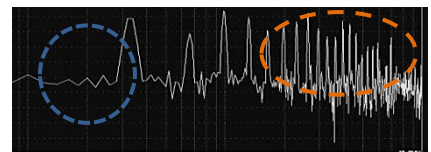


図4 CFRP製ギター1弦のスペクトル

# **SAS 企業会員のご紹介 (2017 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

営業品目

- 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
http://www.oriental-eg.co.jp

<技術紹介>
表面熱処理技術の総合メーカーとして常に最新技術を提供し、熱処理
設備・熱処理加工については、総合技術力で対応いたします。
◎ 世界初の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

OhStrong!

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」に選出
☆2007年度第17回経産省技術力強化賞(技術賞)を受賞
P-CVDアルファローゴス 世界初のマグネシウム合金型の
龍型炉アリーを実現 <T I A S I C N O系ノコンジョイント鏡>

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、機械的強度を重視し、常に最先端を維持し、構造改良、2次元加工、新技術の開発、
中級・上級の加工、社員力の向上教育、設備投資に投資する、
力強い信頼に繋がっています。
最新ダイカスト製品、世界一を目前にて

Company profile including address, contact info, and product list table.

株式会社旭東窒化研究所

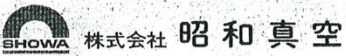
所在地: 神奈川県茅野市三屋 42
TEL 0463-75-2211 / FAX 0463-75-3515
http://www.kyokuto-ikka.com

●窒化処理とは金属の表面硬化処理のことで、耐磨耗性、耐
腐食性の向上を目的としています。
当社はアン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、ゲージ機械部品など
●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



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

営業種目
水晶デバイス用、光学薄膜用、電子デバイス用などの総合的な
真空関連装置並びに真空機器等。
真空蒸着装置、スパッタリング装置、イオンエッチング装置、
イオンプラズマ装置、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

第一熱処理工業株式会社

所在地 本社・船橋工場 〒237-0016
船橋市潮見町16-2
連絡先 TEL 047-433-2381 FAX 047-433-0222
ホームページ http://www.ichi-netsu.co.jp
採用情報 http://www.ichi-netsu.co.jp/recruit/index.html
E-mail info@ichi-netsu.co.jp

<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+加工一検査まで何でもご相談下さい



Cライン
連続炉

光と熱源のハイオニオ
岳石電気株式会社

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



主な取り扱い商品
タンガステン、モリブデン、レアメタル金属素材使用
による 自動車産業機器、他

# 株式会社 巴商会

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

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

信頼のガスで、未来を開く  
 IT、バイオ、地球環境等  
 21世紀においても、巴商会では  
 さまざまなガスでお客様と共に  
 時代を築きます。

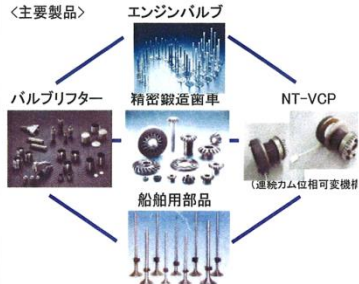
巴商会では酸素・窒素・アルゴン・ヘリウムをはじめとする  
 1,000種類以上の産業用ガス、また、それらを使用する際  
 の機器や産業用ガスの消費設備をお客様にご提供していま  
 す。技術部門、商品分析部門があるのもお客様のニーズにお  
 応えるためです。

◆東海大学出身者29名活躍中！！

# ◇ NITTAN VALVE CO.,LTD.

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

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



## 日鍛バルブ株式会社

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

# NHKニッパツ

## 日本発条株式会社

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

ニッパツは世界No. 1のばねメーカーとして躍進してきました。  
 現在では、自動車、情報通信、産業、生活の各分野に、なくては  
 ならないキーパ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・高性能・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、  
 高度精密化社会を支えています。

### ＜産業・生活分野＞



立体駐車装置やセキュリティ製品など、生  
 活の中の身近なところにも、数多くのニッ  
 パツ製品が使われています。

# 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

—世界を駆け巡る NBP の機能部材—

- 電子機器
  - リドレリ
  - タンクスラフイアローフ
  - 圧入調整装置 (圧入機)
- 情報機器
  - 磁気ヘッド (MR, FMR)
  - エントレシメント
  - 電磁気発生装置
  - 電圧調整装置
- 自動車
  - コネクタ用E105合金
  - ステンレス鋼パイロフ
- テストロニクス
  - 磁性部品調整機 (導線機、圧入機)
  - 圧入調整機 (導線機、圧入機)
  - 圧入調整機
- 医療
  - カテーテル
  - マイクロチップ
- 精密・精密機器
  - ステンレス鋼部品 (圧入機、圧入機)
  - 圧入調整機



# PARKER SUPER NITRIDING

## パーカー S・N工業株式会社

所在地 〒252-1108 神奈川県綾瀬市深谷上 8 丁目 20 番 27 号  
 連絡先: TEL 0467-78-6760 FAX 0467-78-6763  
<http://www.parker-sn.co.jp>  
 工場: 本社工場 水戸工場

### ＜熱処理加工＞

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



### 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



**'17 SAS Symposium ABSTRACTS**

平成 29 年 11 月 23 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

© 2017 Society of Advanced Science