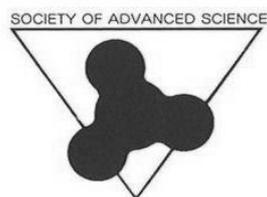


33rd
2021 SAS Symposium

ABSTRACTS



日時： 2021年11月18日(木)、19日(金) 10:30~16:30

Zoomを使用したオンライン開催

主催： SAS (Society of Advanced Science)

後援： 東海大学

33rd 2021 SAS Symposium スケジュール

11月18日(木)			
	メインルーム	ポスター発表ルーム	企業紹介ルーム
10:00	メインルーム開室		企業紹介ルーム開室
10:45	シンポジウム開会式		
11:00 ～ 12:00		セッション1 発表領域：B	
13:30 ～ 14:30		セッション2 発表領域：C, G, H1, H2	
15:30 ～ 16:30		セッション3 発表領域：E	
1日目 終了			

11月19日(金)			
	メインルーム	ポスター発表ルーム	企業紹介ルーム
10:00	メインルーム開室		企業紹介ルーム開室
11:00 ～ 12:00		セッション4 発表領域：D, F	
13:30 ～ 14:30		セッション5 発表領域：H3～H5, A1～ A9, A19	
15:30 ～ 16:30		セッション6 発表領域：A10～A18, A20～ A22	
16:35	シンポジウム閉会式		
2日目 終了			

33rd 2021 SAS シンポジウム実行委員会組織

(五十音順、敬称略)

実行委員長	渋谷 猛久	東海大学工学部 光・画像工学科
現地運営委員長	源馬 龍太	東海大学工学部 材料科学科
実行委員	天野 忠昭	SAS テクニカルセンター
	板子 一隆	神奈川工科大学工学部 電気電子情報工学科
	内田 聡	地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター 経営企画部 交流連携室
	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 船橋工場 営業グループ
	小栗 和也	東海大学教養学部 人間環境学科
	川名 優孝	東京海洋大学産学・地域連携推進機構 越中島町役
	神田 輝一	関東冶金工業株式会社 技術開発室
	神田 昌枝	中部大学工学部 宇宙航空理工学科
	木村 誠	岳石電気株式会社 技術開発部
	木村 達洋	東海大学基盤工学部 医療福祉工学科
	神崎 昌郎	愛知工業大学工学部 機械学科
	庄 善之	東海大学工学部 電気電子工学科
	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	東海大学名誉教授
	松村 義人	東海大学工学部 原子力工学科
	宮沢 靖幸	東海大学工学部 材料科学科 / SAS 事務局長
	山内 和樹	日鍛バルブ株式会社 技術統括部 設計開発部
	山田 豊	東海大学名誉教授 / SAS 理事長
	若木 守明	東海大学名誉教授

33rd 2021 SAS シンポジウム 題目一覧

会期 2021年11月18日(木)、19日(金) 10:00~16:30

Zoomによるオンライン発表(ポスター形式)

*発表者 **指導教員

A: 材料工学 (ナノテク、有機・高分子含む)

19(金)	セッション5	A1	Al-Li 合金の硬さの評価
*高橋可愛、山本卓(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)			
19(金)	セッション5	A2	メカノケミカル法による二酸化ゲルマニウムのリサイクル
*岡山凌大、岡部準子、田島佳奈(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)			
19(金)	セッション5	A3	銅合金/ステンレス鋼のろう付時の界面反応とミクロ組織解析
*佐藤拓実(東海大学工学部材料科学科)、吉田和広(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、**宮沢靖幸(東海大学工学部材料科学科)			
19(金)	セッション5	A4	マイクロ波を用いたC/Cコンポジットとステンレス鋼のろう付プロセスの開発
*内堀宗民(東海大学大学院応用理化学専攻)、山崎詩音(東海大学大学院応用理化学専攻)、薩田寿隆(神奈川県立産業技術総合研究所)、神田輝一(関東冶金工業株式会社)、**宮沢靖幸(東海大学工学部材料科学科)			
19(金)	セッション5	A5	ろう材の形態がろう付性に及ぼす影響
*鈴木侑太郎(東海大学工学部材料科学科)、山崎交輝(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、古谷美宙(東海大学工学部材料科学科)、**宮沢靖幸(東海大学工学部材料科学科)			
19(金)	セッション5	A6	グラファイトとアルミニウムのろう付条件の検討
*吉野幹章(東海大学工学部材料科学科)、山崎詩音(東海大学工学研究科応用理化学専攻院生)、**宮沢靖幸(東海大学工学部材料科学科教授)			
19(金)	セッション5	A7	ろう材形態がろう付け部耐食性に及ぼす影響の定量化評価
*加藤彪吾(東海大学工学部材料科学科)、山崎交輝(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、小林晃己(東海大学工学部材料科学科)、**宮沢靖幸(東海大学工学部材料科学科)			
19(金)	セッション5	A8	ろう付時のぬれのその場観察とろう材構成元素の挙動
*片倉彰真(東海大学工学部材料科学科)、田嶋晃(東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻)、**宮沢靖幸指導教員(東海大学工学部材料科学科)			
19(金)	セッション5	A9	液中プラズマ法を用いたCNT分散液の作成
*越後谷菜々(東海大学工学部電気電子工学科4年生)、**庄善之(東海大学電気電子工学科)			

19(金)	セッション6	A10	真空熱処理炉のセットアップおよびチタン板の特性評価に関する研究 *孫 ユフウン (東海大学大学院工学研究科), 土屋寛太郎(東海大学大学院工学研究科), **内田 ヘルムート貴大 (東海大学大学院工学研究科)
19(金)	セッション6	A11	ポリエチレン樹脂に対する EB 照射、および生分解性ポリ乳酸に対する EB/X 線照射による機械的特性制御 *李 子黙 (東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、三浦 栄一 (東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、平井 開都、孫 ユフウン (東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、土屋 寛太郎(東海大学大学院工学研究科)、西 義武(KISTEC)、**内田 ヘルムート貴大 (東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)
19(金)	セッション6	A12	工業用チタンワイヤーに対する水素導入に伴う物理的特性変化に関する研究 *山崎 智美(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、**内田 ヘルムート 貴大(東海大学工学部精密工学科)
19(金)	セッション6	A13	核融合炉壁材からの水素回収を視野に入れたバナジウムの水素吸蔵特性 *渡邊 堅太(東海大学大学院工学研究科)、大野 聖海(東海大学大学院工学研究科)、松本 睦輝(東海大学大学院工学研究科)、佐藤 誉也(東海大学大学院工学研究科)、瀧本 壽来生(東海大学)、金子 新(東海大学大学院理学研究科)、利根川 昭(東海大学大学院理学研究科)、松村 義人(東海大学大学院理学研究科)、佐藤 正志(東海大学大学院工学研究科)、原田 亮(東海大学総合科学技術研究所)、**内田 ヘルムート貴大(東海大学大学院工学研究科)
19(金)	セッション6	A14	耐雷シールドした耐熱耐摩耗樹脂の界面破壊強度の向上 *志村 大夢、三浦 栄一、平井 開都、伊比井 亜弥音、木村 英樹(東海大学大学院工学研究科)、利根川 昭(東海大学大学院理学研究科)、西 義武(KISTEC)、**内田ヘルムート貴大(東海大学大学院工学研究科)
19(金)	セッション6	A15	スイッチャブルミラーのコーティング材を視野に入れた水素導入がニッケルのヤング率に及ぼす影響 *松本睦輝(東海大学工学研究科機械工学専攻)、大野聖海(東海大学工学研究科機械工学専攻)、渡邊堅太(東海大学工学研究科機械工学専攻)、佐藤誉也(東海大学工学研究科機械工学専攻)、原田亮(東海大学総合科学技術研究所)、土屋寛太郎(東海大学工学部精密工学科)、**内田ヘルムート貴大(東海大学工学研究科機械工学専攻)
19(金)	セッション6	A16	マイクロプラスチック回収が高効率な軽量 PP 樹脂を炭素繊維強化した複合材への EB 照射効果 *三浦 栄一(東海大学大学院工学研究科)、木村 英樹、西 義武、**内田 ヘルムート 貴大
19(金)	セッション6	A17	EB 照射炭素繊維で強化した成層圏運航超音速旅客機用耐熱 PPS 樹脂複合材料の靱性評価 *伊比井亜弥音(東海大学)、三浦 栄一(東海大学)、竹田 圭佑、志村 大夢(東海大学)、木村 英樹(東海大学)、西 義武(東海大学、KISTEC)、**内田 ヘルムート貴大(東海大学)

19(金)	セッション6	A18	ステンレス系パラジウムフリー水素精製膜のEB処理による透過促進効果 *石田 素子(東海大学工学研究科) 三浦 栄一(東海大学工学研究科)、原田 亮(東海大学総合科学技術研究所)、西 義武(東海大学工学研究科、KISTEC)、**内田 ヘルムート貴大(東海大学工学研究科)
19(金)	セッション5	A19	核融合ダイバータ材であるタングステンの機械的特性に及ぼす水素固溶の影響 *平井開都、山根諒也、松本陸輝、大野聖海、金子新、瀧本壽来生、土屋寛太郎、利根川昭、**内田ヘルムート貴大(東海大学大学院)
19(金)	セッション6	A20	Bond Valence Sum を用いた新規蛍光体探索による青緑色発光蛍光体 Ba ₆ Si ₁₀ O ₂₆ の開発 *木内泰成、森川崇志、**富田恒之(東海大学)、佐藤泰史(岡山理科大学)、小林亮(名古屋大学)、垣花真人(大阪大学)
19(金)	セッション6	A21	アナターゼ型とブルッカイト型 TiO ₂ の混合比の違いによる有機ペロブスカイト型太陽電池の発電特性の評価 *佐藤 来希(東海大 理)、粕谷 航平(東海 理)、Nuth Sophal、磯村 雅夫、金子 哲也(東海大 工)、小林 亮(名古屋大)、垣花 真人(阪大産研)、**富田 恒之(東海大 理)
19(金)	セッション6	A22	高熱伝導率粒子を添加したポリイミドの熱伝導率の向上 *谷澤大樹(東海大学材料科学科)、則正雄賀(東海大学院工学研究科応用理化学専攻)、**高尻雅之(東海大学材料科学科)

B：自然・環境エネルギー

18(木)	セッション1	B1	ダンゴムシの排泄物の農業利用について *池田英樹(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、小栗和也、室田憲一(東海大学教養学部人間環境学科)
18(木)	セッション1	B2	スピコート法により結晶シリコン上に形成した酸化チタンの電子選択層への応用と評価 *久瀬登雲、篠崎貴紀(東海大学工学研究科電気電子工学専攻)、金子哲也、**磯村雅夫(東海大学工学部電気電子工学科)
18(木)	セッション1	B3	Optimization of Brookite TiO ₂ NPs Solution for Preparing the Electron Transport Layer of Flexible Perovskite Solar Cell Cells *Nuth Sophal, **Tetsuya Kaneko, **Masao Isomura (Course of Electrical and Electronic Engineering, Graduate school of Engineering, Tokai Univ.), Tetsuhiro Katsumata, Koji Tomita (Course of Chemistry, Graduate school of Science, Tokai Univ.)
18(木)	セッション1	B4	La化合物を用いたメカノケミカルCO ₂ メタネーションの <i>in-situ</i> 測定 *澤原 馨登(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)

18(木)	セッション 1	B5	Ni 担持 CaO 触媒上における CO ₂ メタン化反応 林 諄眞(東海大学大学院工学研究科)、澤原 馨登(東海大学大学院工学研究科)、 **源馬 龍太(東海大学材料科学科)
18(木)	セッション 1	B6	固体粉末を用いたボールミリング法による水からの水素生成 *芝野寛了(東海大学院工学研究科理化学専攻)、小栗和也(東海大学教養学部人間環 境学科)、**源馬龍太(東海大学工学部材料科学科)
18(木)	セッション 1	B7	Ni/Al ₂ O ₃ 複合化粉末を触媒として用いた CO ₂ のメタン化の検討 *國本 怜遠(東海大学工学部材料科学科)、**源馬 龍太(東海大学工学部材料科学科)
18(木)	セッション 1	B8	均質化法による面内渦電流損解析に関する研究 *川上 光太郎(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)、**大口 英樹(東海 大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)
18(木)	セッション 1	B9	PV スtring におけるパネルベースのホットスポット抑制制御法 *洪 漳寅(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、高橋 和晃(神奈川工科大学電気電子 情報工学科)、坂爪 佑斗(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)
18(木)	セッション 1	B10	燃料電池のページに関する検討 *遠藤琢磨(神奈川工科大学大学院工学研究科)、守野凌介(神奈川工科大学工学部電気 電子情報工学科)、島内颯太(神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科)、上野航大 (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 大学院工学研 究科)
18(木)	セッション 1	B11	PV の出力変動に対応した Li-ion 電池への充電制御法の開発 *藤井陸(神奈川工科大学大学院工学研究科)、宮原永遠、宮下駿(神奈川工科大学工学 部電気電子情報工学科)、**板子一隆(神奈川工科大学大学院工学研究科)
18(木)	セッション 1	B12	PV 発電システムの系統連系インバータにおける PCCS 法の高調波低減効果 藤井陸(神奈川工科大学大学院工学研究科)、*小谷 和希、上田 晃瑠(神奈川工科大学 工学部電気電子情報工学科)、**板子一隆(神奈川工科大学大学院工学研究科)
18(木)	セッション 1	B13	太陽電池を搭載した固定翼無人航空機の発電電力モデル *山下 善基(東海大学大学院工学研究科)、新井 啓之(東海大学情報教育センター)、 **木村 英樹(東海大学電気電子工学科)、**佐川 耕平(東海大学電気電子工学科)

C: 機械工学

18(木)	セッション 2	C1	落下傘の形状・風穴における抗力・安定性の向上と軽量化の可能性 *森山 幸平(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、*大谷 哲平、*梶木 碩介、 *本間 大貴(東海大学工学部機械工学科)、**岡永博夫(東海大学工学部機械工学科)
-------	---------	----	--

18(木)	セッション2	C2	電動モータ用平角銅巻き線の引抜き加工
* 陌間拓未(東海大学工学研究科機械工学専攻)、** 吉田一也(東海大学工学部精密工学科)			

D: 教育・基礎科学

19(金)	セッション4	D1	テスラコイルスピーカーによる放電現象と音の発生を利用した教材作成
* 関島基成、別府竜次、渡久山勇生、山本卓(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)			
19(金)	セッション4	D2	LMSを用いた臨床工学技士国家試験対策システムの問題パターン設計に関する一検討
* 山内都希子(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、安武実穂(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、** 土居二人(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、** 木村達洋(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、** 矢原充敏(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)			

E: 光・プラズマ理工学

18(木)	セッション3	E1	大気圧プラズマジェットを用いたガラス基板上のアルミ薄膜の横方向エッチング～SEM観察～
* 平島 伊織、** 桑畑 周司(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)			
18(木)	セッション3	E2	大気圧プラズマジェット照射によるモルタルの接着強度の向上
* 稲木 祐太、遠藤 竜樹、** 桑畑 周司(東海大学工学部電気電子工学科)、笠井 哲郎(東海大学工学部土木工学科)			
18(木)	セッション3	E3	大気圧プラズマジェット照射された鉛表面のSEM観察
* 小川 力哉、山梨 裕貴、** 桑畑 周司(東海大学工学部電気電子工学科)			
18(木)	セッション3	E4	大気圧プラズマジェットを用いたアシッドブルー25水溶液の脱色
* 青木 尚哉、飴谷 成時、** 桑畑 周司(東海大学工学部電気電子工学科)、小田 慶喜(東海大学 研究推進部)			
18(木)	セッション3	E5	大気圧プラズマジェットを用いたアンモニア合成～空気中に生じたアンモニアの捕集～
* 小林 徹、近江 亮、** 桑畑 周司(東海大学工学部電気電子工学科)、三上 一行(東海大学理学部化学科)			
18(木)	セッション3	E6	液中プラズマ法を用いた燃料電池用Pt触媒の作製と評価に関する研究
* 施 展、** 庄 善之(東海大学工学研究科電気電子専攻)			

18(木)	セッション3	E7	接触・非接触プラズマ暴露のタングステン試料の表面比較
			*大嶋宙(東海大学理学部物理学科)、金子新(東海大学理学研究科物理学専攻)、林俊輔(東海大学理学研究科物理学専攻)、瀧本壽来生(東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻、日本学術振興会特別研究員 PD)、**利根川昭(東海大学理学部物理学科)、内田ヘルムート貴大(東海大学工学部精密工学科)、松村義人(東海大学工学部原子力工学科)、佐藤浩之助(東京理科大学)
18(木)	セッション3	E8	NBI 用非 Cs 型負イオン源での磁気フィルターを用いた随伴電子低減実験
			*大沼龍一(東海大学理学部物理学科)、五家大我(東海大学理学研究科物理学専攻)、神永啓希(東海大学理学研究科物理学専攻)、瀧本壽来生(東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻、日本学術支援振興会特別研究員 PD)、**利根川昭(東海大学理学部物理学科)、佐藤浩之助(東京理科大学)、河村和孝(東海大学理学部物理学科)
18(木)	セッション3	E9	先進ダイバータを模擬した湾曲発散磁場によるプラズマの揺動解析
			*山田雄吾(東海大学理学部物理学科)、瀧本壽来生(東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻、日本学術振興会特別研究員 PD)、**利根川昭(東海大学理学部物理学科)、佐藤浩之助(東京理科大学)、河村和孝(東海大学)
18(木)	セッション3	E10	ダイバータ壁のタングステン再堆積層を模擬した試料へのプラズマ暴露実験
			*坂本雄一(東海大学理学部物理学科)、林俊輔(東海大学理学研究科物理学専攻)、金子新(東海大学理学研究科物理学専攻)、瀧本壽来生(東海大学総合理工学研究科総合理工学専攻、日本学術振興会特別研究員 PD)、**利根川昭(東海大学理学部物理学科)、内田ヘルムート貴大(東海大学工学部精密工学科)、松村義人(東海大学工学部原子力工学科)、佐藤浩之助(東京理科大学)
18(木)	セッション3	E11	ダイバータプラズマ模擬に向けたイオン加熱実験
			*岡田尚徳(東海大学理学部物理学科)、山田雄吾(東海大学理学部物理学科)、瀧本壽来生(東海大学総合理工学研究科総合理工学専攻、日本学術振興会特別研究員 PD)、**利根川昭(東海大学理学部物理学科)、佐藤浩之助(東京理科大学)、河村和孝(東海大学)

F: 生命・生体理工学

19(金)	セッション4	F1	バイオ蛍光式ガスセンサを用いた外耳道エタノールガス計測
			*堀口 勇貴、鈴木 翔太(東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科)、飯谷健太、當麻浩司、荒川 貴博、**三林 浩二(東京医科歯科大学学生体材料工学研究所)
19(金)	セッション4	F2	金ナノ粒子を用いたダニアレルゲン用 SAW 免疫センサの高感度化
			*田口 結彩、三木 大輔(東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科)、飯谷健太、當麻 浩司、荒川 貴博、**三林 浩二(東京医科歯科大学学生体材料工学研究所)
19(金)	セッション4	F3	バイオ蛍光式 VOC カメラによる経皮エタノールガスの動画像イメージング
			*三浦 凜太郎、ナセデン ムニラ(東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科)、飯谷健太、當麻 浩司、荒川 貴博、三林 浩二(東京医科歯科大学学生体材料工学研究所)

19(金)	セッション4	F4	ワイヤレス唾液尿酸計測のためのマウスピース型バイオセンサ
			*川瀬 源太郎、大石 琢史(東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科)、飯谷健太、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)
19(金)	セッション4	F5	顔特異性誘発電位の研究 –表情との関連性–
			*夏苗 (東海大学大学院医用生体工学専攻)、山崎大輝 (東海大学医用生体工学科)、橋ヶ谷歩夢 (東海大学医用生体工学科)、小笹龍之介 (東海大学大学院医用生体工学専攻)、山本尚哉 (東海大学大学院医用生体工学専攻)、安藝史崇 (東海大学医用生体工学科)、木村達洋 (東海大学基盤工学科)、**山崎清之 (東海大学医用生体工学科)
19(金)	セッション4	F6	顔特異性誘発電位の研究 –顔画像リアルさとの関係–
			*山崎大輝 (東海大学工学部医用生体工学科)、高橋健太 (東海大学工学部医用生体工学科)、内野雅太郎 (東海大学工学部医用生体工学科)、山本尚哉 (東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻)、小笹龍之介 (東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻) 安藝史崇 (東海大学工学部医用生体工学科)、木村達洋 (東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、**山崎清之 (東海大学工学部医用生体工学科)
19(金)	セッション4	F7	主観的時間認識と心拍の周期性について
			*田中祐太郎 (東海大学工学部医用生体工学科)、小笹龍之介(東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻)、山本尚哉(東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻) 安藝史崇 (東海大学工学部医用生体工学科)、木村達洋 (東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、**山崎清之 (東海大学工学部医用生体工学科)
19(金)	セッション4	F8	Nバックタスクを用いた精神性ストレス負荷時の自律神経系評価① ～HRV解析を用いた検討～
			*茂岡優作 (東海大学医療福祉工学科)、大村圭市 (東海大学医療福祉工学科)、安藝史崇 (東海大学医用生体工学科)、山崎清之 (東海大学医用生体工学科)、**木村達洋 (東海大学医療福祉工学科)
19(金)	セッション4	F9	Nバックタスクを用いた精神性ストレス負荷時の自律神経系評価② ～脈波伝播時間を用いた検討～
			*坂除美佳、境百華(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、安藝史崇、山崎清之(東海大学工学部医用生体工学科)、**木村達洋(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)
19(金)	セッション4	F10	Brain Computer Interface での利用に向けた SSVEP の諸特性の基礎的検討
			*尾方優真、山口雅史、藤本龍悟(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、安藝史崇、山崎清之(東海大学工学部医用生体工学科)、**木村達洋(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)

G: 薄膜・表面物性工学

18(木)	セッション2	G1	RF マグネトロンスパッタリング法を用いた Al-Cu-O 薄膜の電気的特性評価
			*川田啓太郎(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)

18(木)	セッション2	G2	WO _x 薄膜を用いたガスクロミック反応を利用した水素ガスセンサーの開発 *林優希(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、**小栗和也(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)
18(木)	セッション2	G3	ヨウ素溶液中での CuI 薄膜の形成において反応温度が膜特性に及ぼす影響 *王 孟陽(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)、畑 由鶴(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)、磯村 雅夫(東海大学工学部電気電子工学科)、**金子 哲也(東海大学工学部電気電子工学科)
18(木)	セッション2	G4	核融合炉ダイバータ用複合材料における水素同位体の吸蔵抑制およびリサイクリング *後藤直樹(東海大学工学部学生)、山崎大地(東海大学工学部学生)、金子新(東海大学大学院理学研究科大学院生)、林俊輔(東海大学大学院理学研究科大学院生)、瀧本壽来生(東海大学大学院総合理工学工学研究科学生)、鷲平拓也(東海大学大学院工学研究科大学院生)、神谷証人(東海大学大学院工学研究科大学院生)、利根川昭(東海大学理学部)、**松村義人(東海大学工学部)
18(木)	セッション2	G5	イオン衝撃による Sm-Fe 薄膜の2層膜化の検討 神谷証人(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、遠藤市佳(東海大学工学部原子力工学科)、*田内翔(東海大学工学部原子力工学科)、大野聖海(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、**松村 義人(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(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、源馬龍太(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)
18(木)	セッション2	G6	イオン衝撃による Sm-Fe 薄膜の微細組織変化 *神谷証人(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、内山稀允(東海大学工学部原子力工学科)、小野天司(東海大学工学部原子力工学科)、片岡竜一(東海大学工学部原子力工学科)、大野聖海(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、**松村義人(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(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、源馬龍太(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)
18(木)	セッション2	G7	アコースティック・エミッション(AE)を用いた Sm-Fe 磁歪薄膜の電気化学的水素吸蔵過程における剥離挙動のその場観察 *大野聖海(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、松本睦輝(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、佐藤誉也(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、渡邊堅太(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、原田 亮(東海大学総合科学技術研究所)、**内田ヘルムート貴大(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)
18(木)	セッション2	G8	チタン板表面における電気化学的な酸化および水素処理に関する研究 *佐藤 誉也(東海大学大学院工学研究科)、大野 聖海(東海大学大学院工学研究科)、松本 睦輝(東海大学大学院工学研究科)、渡邊 堅太(東海大学大学院工学研究科)、原田 亮(東海大学総合科学研究所)、**内田ヘルムート貴大(東海大学大学院工学研究科)

H: その他

18(木)	セッション2	H1	メカニカルアロイング法による Cr-W 合金の作製 *秋谷有輝、福岡敬士、中村真梨子(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、**小栗和也(東海大学教養学部人間環境学科)
-------	--------	----	--

18(木)	セッション2	H2	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感性評価 *田中萩乃(神奈川工科大学電気電子工学専攻)、**板子一隆(神奈川工科大学電気電子工学専攻)
19(金)	セッション5	H3	スマートグラスを用いた医療機器操作支援システムの設計に関する一考察 *中武聖(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、佐藤美羽(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、大賀凌(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、古瀬文音(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)**土居二人(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、木村達洋(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、矢原充敏(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)
19(金)	セッション5	H4	スマートグラスを用いた医療機器操作支援システムの動画制作に関する一検討 *藤原勇輔(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、幸野正宗(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、大木場雄大(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、**土居二人(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、**木村達洋(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、**矢原充敏(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)
19(金)	セッション5	H5	スマートグラスを用いた医療機器操作支援の病院内活用の可能性 *戸上崑斗(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、西岡一斗(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、池田梨恵(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、**土居二人(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、**木村達洋(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、**矢原充敏(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)

以上

A - 1

Al-Li 合金の硬さの評価

*高橋可愛, 山本卓(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、軽合金は航空宇宙分野をはじめ、鉄道車両分野など幅広い分野で使われている[1]。さらに軽量で、高強度、高靱性、高機能の軽合金の開発は省エネ化に繋がリエネルギー利用の観点からも重要である[2,3]。現在、実用化されている軽合金には、Mg 合金,Ti 合金,Al 合金などがある。中でも Li を添加した Al 合金は低密度、高比強度、高比剛性が得られることから航空機用材料としての研究開発が行われている[4]。

ところで、最も密度の軽い Li を主成分とする合金はまだ実用化されていない。実用化が困難な理由は、Li は化学的に活性であることに起因している。Li 基の合金において、Li の活性を抑制するために、金属間化合物相を利用することができれば、実用化の可能性が高まる。また、合金の耐食性向上には、合金表面に強固な不働態膜の形成が望ましい。酸化アルミニウム相を形成することができれば、化学的にも安定であり、耐食性の向上も期待できる。図 1 に Li 基の合金として期待されている Al-Li 二元系合金の状態図を示す[5]。このことから、Al-Li 合金は、金属間化合物を形成することが可能であれば、耐食性の高い合金を得られる可能性がある。原子比が 1 : 1 の組成で金属間化合物である β 相を形成する。

そこで本研究では、Al と Li の原子比が 1 : 1 である金属間化合物割合(β 相)を含む合金を作製し、組織や強度の面から実用化の可能性を検討することを目的とした。

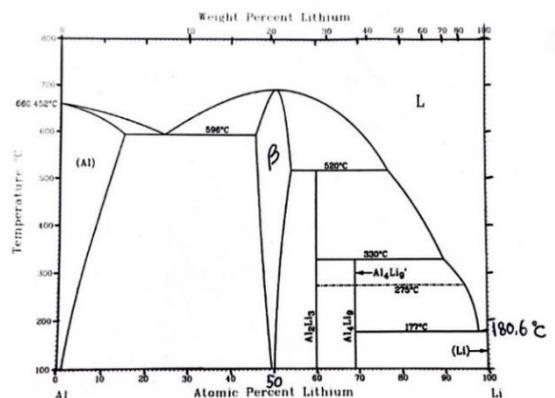


図 1 Al-Li 二元系合金の状態図[5]

2. 実験方法

Al-Li 合金の作製には、純 Al(99.99%)及び純 Li(99%)を用いた。Al と Li の原子比が 1:1 となるように秤量した後、Ar ガス雰囲気中で溶解し合金を作製した。

得られた試料の構造解析には X 線回折を用いた。また、試料の組織観察には光学顕微鏡および走査電子顕微鏡 (SEM) を用いた。硬さの評価には、ビッカース硬さ試験を用いた。

3. 結果

光学顕微鏡の観察から Al-Li 合金には 2 つの相の存在を確認した。SEM-EDX 分析より Al の濃度が異なっていることから各相についてビッカース硬さ試験を行った。図 2 にビッカース圧痕の光学顕微鏡写真を示す。ビッカース硬さ試験の結果より、Al の多い部分の硬さが硬いことを確認した。



図 2 ビッカース圧痕

4. 参考文献

- [1] 星, 軽金属 (1972) 357-368.
- [2] 里, 「軽合金材料」, コロナ社, (2011) 1-17.
- [3] 吉田, 日本鍛造協会広報誌(JFA), (2014)28-33.
- [4] 小島, 軽金属 (1989) 67-80.
- [5] T.B.Massalski, H.Okamoto, P.R.Subramanian, L.Kacprzak(eds.) , 「Binary Alloy Phase Diagrams」, Asm Intl, (1986)167-168.

メカノケミカル法による二酸化ゲルマニウムのリサイクル

*岡山凌大, 岡部準子, 田島佳奈(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

世界が目指している循環型社会においては、資源を有効利用するために材料のリサイクル、リユースが必要不可欠である。特に都市鉱山を利用したレアメタルの資源化は特に重要である[1]。ところで、現代を支える情報化社会において様々な半導体材料が利用されている。特にゲルマニウムは、リモートセンシングで使われる赤外線センサー用レンズや多接合太陽電池のボトムでの利用は期待されている [2, 3]。このゲルマニウムは材料を製品化する際に多くのスクラップを生じる[4]。スクラップゲルマニウムのリサイクルに鉱物資源からの採集と同じプロセスを用いており、これからの再資源化においては安全、安心、省エネなどに配慮する必要がある [5]。化学反応には様々なプロセスが実用化されている。中でも、メカノケミカル処理は、機械的エネルギーを用い、非加熱で酸化や還元、合金化等の反応を行うことができるプロセスである [6]。そこで本研究では、遊星ボールミルを用いたメカノケミカル法による二酸化ゲルマニウムの還元反応過程について反応速度論的な検討を行うことを目的とした。

2. 実験方法

試料の作製には、高純度化学研究所社製の金属 Ge 粉末 (純度 99.99%) および GeO_2 粉末 (純度 99.99%) を用いた。原料粉末は、金属 Ge 粉末と GeO_2 粉末の比が 1:9 の合計 10g となるよう秤量した。メカノケミカル処理には、Retsch 社製遊星ボールミル PM100 を使用した。なお、メカノケミカル処理の条件は表 1 に示す。

メカノケミカル処理後、得られた粉末の構造解析には X 線回折を用いた。また、粉末の形状観察には走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いた。

表 1 メカノケミカル処理条件

雰囲気	Ar ガス
回転数	300rpm
時間	20h, 100h, 200h

3. 結果

図 1 メカノケミカル処理前と 100 時間処理した時の X 線回折の結果を示す。この結果より、 GeO_2 のピークは減少し、Ge のピークが増加していることが分かる。さらにメカノケミカル処理の X 線回折図では、 $2\theta = 25^\circ$ 付近にハローパターンが確認できた。また、 GeO_2 単体でのメカノケミカル処理の実験ではハローパターンははっきりと確認できていない。これらのことから、メカノケミカル処理によって GeO_2 が金属 Ge と反応して結晶質ならびにアモルファスの Ge を生成したと結論付けられる。

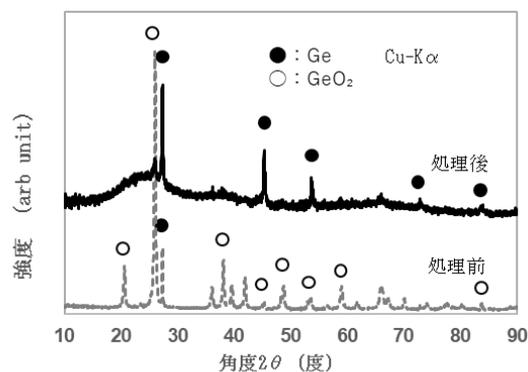


図 1 X線回折結果

<参考文献>

- [1] 原田幸明「都市鉱山の可能性と課題」表面技術 Vol. 63, No10 (2012) p606-611
- [2] 青木正喜「赤外線画像の人間検出への応用」情報処理学会研究報告 (2005) p105~113
- [3] 鷲尾英俊, 十楚博行「化合物多接合太陽電池の高効率化と応用」シャープ技術第 107 号 (2014) p32~36
- [4] 稲垣勝「スクラップゲルマニウムより高純度ゲルマニウムの回収」明治大学科学技術研究所紀 (1966)p128-134
- [5] 原留美吉「半導体物性工学の基礎」工業調査会(1967)p34-35
- [6] K. Tokumitsu, 「Reduction of copper oxide with graphite by mechanical alloying」Solid State Ionics, Vol. 101-103 (1997) p25-31

銅合金/ステンレス鋼のろう付時の界面反応とマイクロ組織解析

佐藤拓実(東海大学工学部材料科学科)、吉田和広(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)

宮沢靖幸(東海大学工学部材料科学科)

【緒言】

従来、黄銅は Pb を添加することで切削性を向上させ、配管部材などに広く用いられてきた。しかし、近年では飲料水水質基準法の改正により、黄銅中の Pb の加重平均値が規制された。そのため、現在は Pb の代替元素として Bi や Si を添加した Pb フリー快削黄銅が開発され、実用化されている。黄銅は異種材料と組み合わせて使用することで、広範囲の用途で活躍できることが期待されており、研究も行われている。そのため、黄銅とステンレス鋼を始めとする異種金属材料のろう付は今後、さらに活躍する場が増えると予想される。一方、新規に開発された Pb フリー黄銅のろう付性は悪いとの報告もある。従って、これらとステンレス鋼などの異種金属材料とのろう付も困難である事が予測される。そこで、本研究では新規に開発された Pb フリー黄銅とステンレス鋼のろう付を行い、界面反応へ詳細な検討を加え、良好なろう付部が得られる条件を調査することを目的とした。前述した通り、良好なろう付部を得るためには、「ろう付時の界面反応現象の解析」、「熱源の選択がろう付性に及ぼす影響」等の調査が必要となる。特に今後、さらなる活用の場の増加を考えた場合、加熱源(炉中ろう付、バーナーろう付等)の違いによる界面反応やろう付性に及ぼす影響を調査し、使用する熱源に最適なろう付プロセスを解明する事が良好なろう付継手を得る上で重要と考えた。そこで、本研究では黄銅とステンレス鋼ろう付時の添加元素が界面反応やろう付性に与える影響を調査することを目的とした。

【実験方法】

SUS304 と 4 種類の黄銅を使用した。SUS304 を $\phi 15$ mm、長さ 15 mm に各種黄銅を $\phi 15$ mm、長さ 10 mm に切断し切断面を耐水ペーパー #2000 まで研磨し、表面を一定にした。本実験では BAg7 箔状ろう材を $\phi 15$ mm の円状に加工し試験片を作製した。フラックスにはリン銅ろう、銀ろう用ナイス社製 F200 を使用した。ろう付温度 830°C、ろう付時間 20 分、アルゴン雰囲気下で加熱し加熱後 30 分間空冷を行った。実験後、試験片を縦方向に半分に切断しろう付部の組織観察を行った。また、EPMA による元素分析を行った。

【結果】

図 1 に典型的なろう付部断面マイクロ組織を示す。図 1 より、ろう材層は黒色組織(図中 a)と白色相(図中 b)で構成されている事が確認された。ステンレス鋼側界面近傍母材中に反応層(図中 c)が確認された。元素分析結果から黒色組織は、Ag, Cu, Zn, Sn を含有する複数相で構成されており、白色相は、Cu, Zn を含む Cu 固溶体相と考えた。また、黄銅側界面の形態からろう付時、溶融ろう材と黄銅が激しく反応し、黄銅母材が溶解し、形成した相と考察した。また、反応層は、溶融ろう材がステンレス鋼結晶粒界へ侵入し、母材中 Ni がろう材中へ移動する事で形成したと考察した。

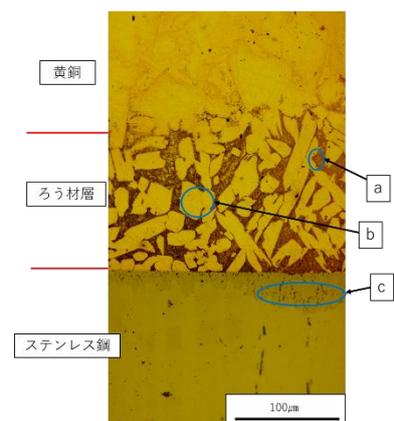


図1 黄銅ステンレス鋼ろう付部の典型的なマイクロ断面組織

マイクロ波を用いたC/Cコンポジットとステンレス鋼のろう付けプロセスの開発

内堀宗民(東海大学大学院応用理化学専攻)、山崎詩音(東海大学大学院応用理化学専攻)、薩田寿隆(神奈川県立産業技術総合研究所)、神田輝一(関東冶金工業株式会社)、宮沢靖幸(東海大学工学部材料科学科)

1.概要

カーボンカーボン繊維強化複合材料、C/Cコンポジットと呼ばれる材料は、炭素を炭素繊維で強化した複合材料である。高い比強度、高熱伝導率、高耐熱性などの優れた特性を有している。一方、C/Cコンポジットは高価であり、工業的に利用する場合、加工が困難であるなどの欠点を有しているため、用途は限定されており、さらなる用途拡大のためには、C/Cコンポジットと異種材料との接合技術が必要と言われている。現在、C/Cコンポジットの接合には機械的接合が用いられているが、将来的に冶金的接合法が望まれている。本研究では、ろう付に着目した。ろう付によるC/Cコンポジットと金属材料の冶金的な接合が実現できれば、応用範囲が拡大すると言われている。しかし、従来の金属と非金属材料とのろう付では残留応力により良好な接合体が得にくいいため、意図的に未接合部を挿入する事によって接合面積を減少させ残留応力を緩和し、さらにマイクロ波によって選択した物体のみを加熱することで反応エリアを減少させさらなる残留応力の緩和を目的とした新規ろう付法を考案した。本研究では、マイクロ波による不均加熱源を用いた不均一ろう付によりC/Cとステンレス鋼の接合を実現するための基礎的な知見を得る事を目的とした。

2.実験方法

母材には一方向強化材のC/Cコンポジットと市販のSUS304を用いた。また、C/Cコンポジットのろう付面は繊維直交面とした。試験片概略図を図1に示した。ろう材であるBAg-8は図1のようにレーザーによって肉盛りされている。予備実験などの結果からTi含有量5.61mass%を最適含有量と決定し、純Ti箔の厚さを完全に溶解した際その含有量となる厚さ20 μ mとした。ろう付はマイクロ波加熱炉で行った。ろう付雰囲気は窒素である。冷却は炉冷で行った。ろう付時間は10min,15min,20minと変化させた。ろう付後、試験片は圧縮せん断試験で機械的性質を評価した。また、ろう付部断面組織を観察し検討を加えた。

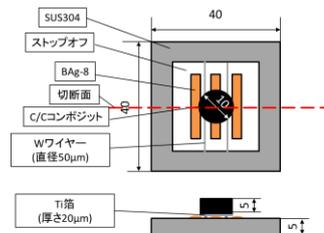


図1 試験片概略図

3.結果・考察

図2にろう付時間が断面マイクロ組織に及ぼす影響を示す。ろう付時間10minではろう材、Ti箔共に溶解していない。また、C/Cコンポジット側へのろう材の浸透も見られない。ろう付時間15minでは、ろう材とTi箔は完全に溶解し、ステンレス鋼側のストップオフ塗布部にはろうがぬれ広がっていなかった。ろう付時間20minの場合、ストップオフが機能せず、溶解ろう材がステンレス鋼側に均一にぬれ広がってしまった。また、ろう材層と母材の間に剥離が観察された。剥離は母材C/CコンポジットとTi化合物相の間で起こっている。これは今までの研究では見られない現象で、現状そのメカニズムは分かっていない。保持時間15minの場合、圧縮せん断強度8MPaと他のろう付条件と比較して高強度な継手が得られた。この結果から保持時間15minで不均一ろう付に成功し、その結果残留応力を低減することに成功したと判断した。よって最適なろう付時間は15minと考えた。

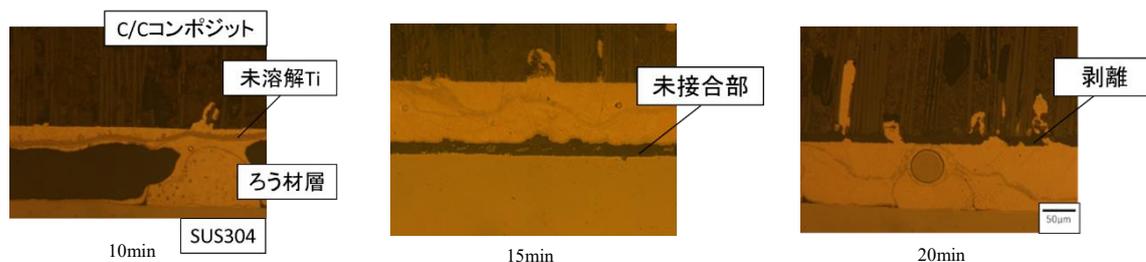


図2 各条件断面組織

ろう材の形態がろう付性に及ぼす影響

鈴木侑太郎(東海大学工学部材料科学科)、山崎交輝(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)

古谷美宙(東海大学工学部材料科学科)、宮沢靖幸(東海大学工学部材料科学科)

【緒言】

ろう付はぬれによりろう材が母材間隙に入り込むため、接合箇所が複数ある複雑な継手形状の自動化に向いており、母材がほとんど溶融しないため寸法精度も高く工業製品製造に有効である。

ろう付では製品用途と母材に適合したろう材の選定が重要である。一方、ろう材は合金であり、合金の性質により供給時の形態は多様である。ろう材には箔、粉末という複数の形状がある。機械加工が難しい合金の場合、粉末で供給される場合が多い。価格も安く、広く使用されるが、バインダーと混合しペースト状にして使用するため塗布後に垂れる、脱バインダー工程が必要などの欠点がある。箔状は若干高価ではあるが面積、間隙制御が容易であり利便性が良い。特に、脱バインダー工程が不要となる利点を有している。

一方、ろう付が用いられる場所は気密、水密が求められることが多く、健全なろう付ができていのかどうかはフィレットが適切な形、大きさと形成されているかが判断するポイントとなる。そこで箔状ろう材でのろう付に加えて粉末ろう材を併用することで健全なフィレットの形成を目的とした事例が存在する。健全とは欠陥が極めて少ないことを指す。欠陥は、ポイドに限らず、Ni系ろう材を使用する上で金属間化合物による脆い凝固組織を含む。従って、極端に大きなフィレットも欠陥とみなせるため、このフィレットがない方が良い。しかし、フィレットがなければ、ろう付凹部が応力集中源になるため、凝固組織を制御した極小のフィレットが必要となる。

組成が同じろう材でも形態が異なることで、界面反応やろうの流動に差異が生じることが考えられる。そこで、箔ろう材のみ、ペーストろう材のみでろう付を行った。本研究によって粉末状 Ni 系ろう材と箔状 Ni 系ろう材を同時に使用した時の指針と学問的根拠を明らかにする。

【実験方法】

接合母材としてオーステナイト系ステンレス鋼の SUS316L を用いた。ろう材には Ni 系粉末ろう材 BNi-2 にバインダー TBFLUX060 を 10% 含有させたペーストろう材と、Ni 系箔状ろう材 MBF-20 を用いた。母材として縦 20 mm×横 20 mm 板材と縦 30 mm×横 30 mm 板材の間の接合面に箔状ろう材を設置した。ペーストろう材も同様に板材間の接合面中央部に塗布した。その後、SUS 治具で固定した。ろう付後、試験片を縦方向に半分に切断し、ろう付部の組織観察を行った。

【結果】

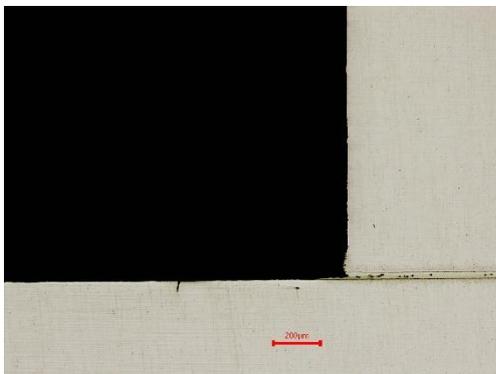


図 1 MBF-20 を用いたときの断面マクロ組織観察結果

図 1 に箔ろう材を用いたときの断面マクロ組織を示す。実験の結果、箔ろう材だけでは、フィレットが形成されず健全なろう付部は得られなかったが、ろう付部にポイドが生じにくいと考えられる。

ペーストろう材を用いた場合は、箔ろう材に比べろう材層が厚く未接合部及びポイドが確認された。ペーストろう材は設置の自由度が高いメリットを生かし、箔状ろう材を併用することで、未接合部の予防やポイドの抑制、確実なフィレットの形成ができると思われる。

グラファイトとアルミニウムのろう付条件の検討

吉野幹章(東海大学工学部材料科学科)、山崎詩音(東海大学工学研究科応用理化学専攻院生)、宮沢靖幸(東海大学工学部材料科学科教授)

【目的】

炭素の持つ性質として熱伝導性が高い事が挙げられ、この性質を利用して電子機器のバッテリーや CPU の発熱を効率良く排熱システムを構築すれば、異常動作から保護できると考える。そこで、熱伝導性を活かす為に炭素原子をグラファイト配列で紙状にしたグラファイトシートを用い、同様に熱伝導性の高いアルミニウムと接合し、ろう付によるグラファイトシートの良質な接合体を得る事を本研究の目的とした。グラファイトは金属との接合において、ろう材との反応を示しにくく接合が困難であると事前に判明している。これまでに、通常では反応を示しにくいグラファイトに対し Ti を活性金属ろうとして使用し、グラファイトと反応させる事により、グラファイトとろう材が反応する起因になると考えていた。しかし、Ti の活性温度は母材であるアルミニウムの融点を超える為、活性温度で加熱できず、グラファイト/Ti 間で反応まで至っていない。そこで、ろう付温度以外の条件で Ti を活性化させる方法として、加圧による接合界面の密着性を高め、Ti の界面活性温度低下によるグラファイトとの反応を狙った。

【実験方法】

前述した界面への加圧方法には、グラファイトと Cu の熱膨張差を利用した。図 1 に試験片形状の模式図を示した。箔状のグラファイトシート、Ti、ろう材(Al-Si)、Al を順に積層させ、二分割した Cu 丸棒へ挟み込み、そのままグラファイトパイプへ挿入した試験片形状とした。箔は 6 層分積層させ、いずれかの層でグラファイト/Ti 間で反応を示す事を狙った。ろう付条件は 585℃、1 時間/5 時間、真空炉(真空雰囲気中)で行った。また EPMA による元素分析を行い、ろう付後に目的であるグラファイトと Ti との反応を確認した。

【結果・考察】

EPMA 分析の結果を図 2~4 に示した(図 2: 炭素(C)、図 3: チタン(Ti)、図 4: シリコン(Si)を示す)。図 2 より炭素の分布はグラファイトシートの形状を維持しており反応が生じていないと確認できた。また、図 3 より Ti もグラファイトと同様、箔の形状を維持していた。一方、Ti がグラファイト以外の他元素との反応が生じている事が確認でき、これは図 4 の Si との反応であり、Ti-Si 化合物が形成していると考察した。一方、今回の目的であったグラファイト/Ti 間での反応が確認できなかった。原因は界面に負荷される圧力が不足したと考察した。ろう付後の試験片を観察した際、熔融ろう材の流出が確認された。流出による熔融ろう材量(体積)の減少により、Cu 丸棒の熱膨張による圧力負荷が達成されなかったと考察した。以上の結果を踏まえ、ろう付中の熔融ろう材の流出を、防止する機構を考案し、研究を継続する。

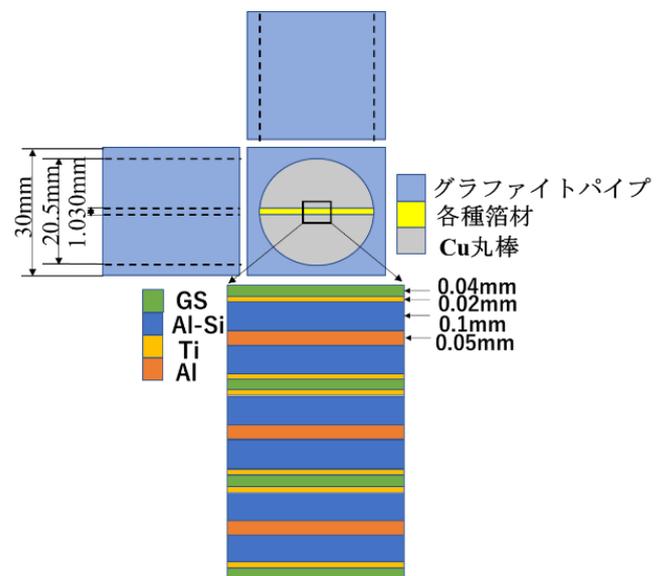


図 1 試験片模式図

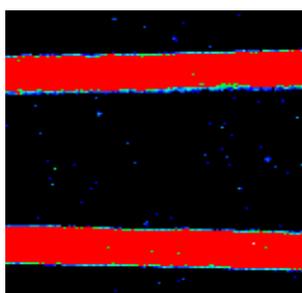


図 2 炭素(C)

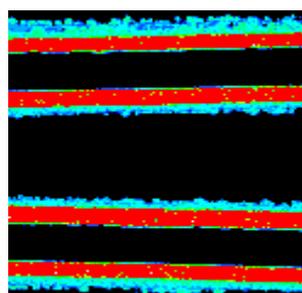


図 3 シリコン(Si)

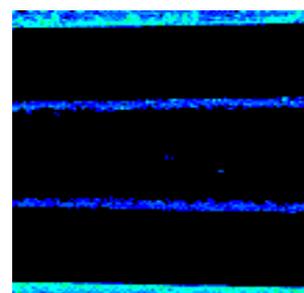


図 4 チタン(Ti)

ろう材形態がろう付部耐食性に及ぼす影響の定量化評価

加藤彪吾（東海大学工学部材料科学科）、山崎文輝（東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻）

小林晃己（東海大学工学部材料科学科）、宮沢靖幸（東海大学工学部材料科学科）

1. 諸言

ステンレス鋼のろう付には多くの場合 Ni 系ろう材が用いられ、その形態は粉末ろう材である。粉末ろう材は安価であるが、ろう付時に有機バインダーが揮発することによる炉内汚染や均一塗布のために多量のろう材が必要になるなどの課題がある。Ni 系ろう材には液体急冷凝固によるアモルファス状の箔状ろう材も存在し、これはバインダーを必要としないため炉内汚染を恐れない。さらに箔という形態により間隙に直接挟みこむことで、ろう付において重要な間隙制御が容易であるという特徴がある。

本研究室では、これまでに箔状 Ni ろう材によるステンレス鋼のろう付に関する研究を精力的に行ってきた。その結果、B を含有するろう材によるろう付体の界面近傍には Cr 欠乏層が生じ、ろう付体全体の耐食性に悪影響を及ぼすことが、ろう付体の界面近傍の複雑な各組織がろう付体の耐食性に与える影響、さらにはその腐食挙動を調査することが可能な電気化学的手法を用いた耐食性評価によって確認されている。

同組成、同ろう付熱処理条件でも、ろう材の形態が異なることで母材との界面反応に差異が生じることが考えられる。そこで本研究では形態が異なるが、同組成のろう材でろう付体を作成し、形態の差異がろう付体の耐食性に及ぼす影響について評価した。

2. 実験方法

母材にはオーステナイト系ステンレス鋼である SUS316L を用い、ろう材として Ni 系粉末ろう材 BNi-2 と、BNi-2 相当の箔状ろう材 MBF-20 を用いた。

試験片形状は Single-lap 形状であり、ろう付熱処理条件は、真空雰囲気です温速度 20 K/min、ろう付温度 1050°C で保持時間 10 分である。冷却は炉冷で行った。

耐食性評価として、ポテンショスタットを用いて、三極式セルをつくりアノード分極曲線の測定を行った。試験溶液は 0.05 mol% H₂SO₄ である。

3. 実験結果

図 1 にアノード分極曲線の結果を示す。2つの分極曲線を比較すると BNi-2 ろう付体の電流密度が MBF20 よりも大きい値を示した。このことから箔ろう材によりろう付した場合、粉末ろう材によりろう付した場合よりも耐食性が良好という結果が示された。この要因として、粉末ろう材の場合、箔ろうを用いた場合よりも初期に腐食されやすい残留共晶が厚くなる傾向がある事に起因すると考えた。

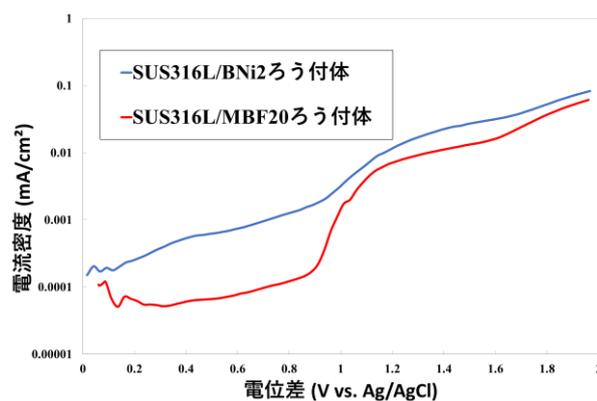


図 1 アノード分極測定結果

ろう付時のぬれのその場観察とろう材構成元素の挙動

片倉 彰真 (東海大学 工学部 材料科学科)、田嶋 晃 (東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻)

宮沢 靖幸 指導教員 (東海大学 工学部 材料科学科)

【緒言】

ろう付は、ものづくり分野における重要な要素技術であり、従来から精力的に研究が進められている。一方、近年、SDGs 達成やコストダウンなどの観点からさらに高機能なろう付が求められており、ろう付欠陥などが無いろう付部を得るためのプロセス開発が求められている。先行研究¹⁾より、ボイドなどの欠陥が少ない健全なはんだ付部、ろう付部を得るためには、熔融ろう材のぬれ広がり挙動を詳細に捉える必要があることが分かった。図1にろう材のぬれ広がりイメージを示した。また、ろう付を行う上で、ぬれ広がりに関する理解はとて重要であり、多くの研究が行われてきた。多くの研究を通して、詳細な挙動解析のためには、目視によるその場観察が最適である事が示されている。現在までに、真空槽内でぬれ広がり試験を実施して、槽外から高速度カメラ等でぬれ広がり挙動を記録し、解析を加える研究が行われている。しかし、本来のろう付では、2種類以上の母材の間に液相状態のろう材を浸透させて接合を行うため、ろう材の挙動を直接目視で観察することは困難である。

そこで、本研究では、先行研究などの研究成果などによりから考案したV溝試験片を用いて、ろう材のぬれ先端部に着目し、先端部付近の母材にろう材構成元素の拡散の有無や状況を確認する。これらの結果などに基づき、ろう材のぬれメカニズムを解明することを目的とした。

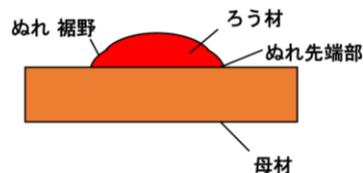


図1 ろう材のぬれ広がりイメージ

【実験方法】

図2に示した、縦横 20 mm、高さ 6 mm のブロック試験片に角度 120 °のV字の溝を加工し、ろう付を行った試験片のぬれ先端部を2か所選び、厚さ 2 mm 以下、縦横長さ 10 mm 以下の大きさに試験片を切断、研磨する。切断した試験片を図3に示した。その後、CP (cross section polisher) にてろう材の先端部付近を研磨する。さらに、CPでの研磨面をEPMA (electron probe micro analyzer) で元素分析する。この工程を、ろう材先端部に達するか、母材に混入したろう材の元素の反応があるまで行う。

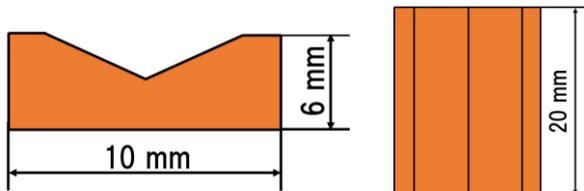


図2 V溝試験片 模式図

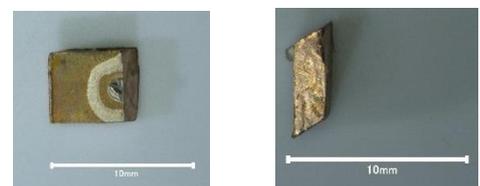


図3 ろう材ぬれ先端部 切断後 スケール

【実験結果】

実験結果につきましては、当日に発表させていただきます。

【参考文献】

- 1) 田嶋 晃, 中村優太, 宮沢靖幸, 為田英信:銅と銅合金, 59 (2020), 349-354

液中プラズマ法を用いた CNT 分散液の作製

*越後谷菜々（東海大学工学部電気電子工学科 4 年生），**庄 善之（東海大学電気電子工学科）

[背景・目的]

カーボンナノチューブ（CNT）分散液と樹脂を混合することで、樹脂に電気伝導性の発現や、機械的強度を増加させる研究が盛んに行われている。CNT は凝集性が高いため水中に分散させることが困難である。本研究では液中プラズマ処理を行うことによって CNT の凝集を防ぎ、水中に高濃度に分散させることを目的とする。

[実験方法]

濃度 1 [%] の CNT 分散液を液中プラズマ法で作製した。図 1 に液中プラズマ装置の概略図を示す。ガラス容器に純水 39.2 [ml]，界面活性剤 0.4 [g]，CNT を 0.4 [g] 入れた。液中に 2 本の鉄電極を 1 [mm] 間隔で配置し、パルス電源に接続した。電極間に 2.8 [kV] のパルス電圧を印加し、混合液中にプラズマを発生させた。パルス幅 2.2 [μs]，周波数 30 [kHz]，プラズマ発生時間を 20 [min] とした。

作製した濃度 1 [%] の CNT 分散液を用いて、CNT の混合率が質量比で 1 ~ 100 [%] の CNT/PTFE 混合液を作製した。混合液 40 [μl] をガラス基板に塗布し、350 [°C] のホットプレートで 5 分間焼成し、CNT/PTFE 複合膜を作製した。作製した複合膜を四探針法を用いて導電率を評価した。

[結果]

図 2 に本研究で作成した複合膜の CNT/PTFE 混合率と導電率の関係を示す。CNT/PTFE 混合率に対する導電率の変化は、混合率が 1 ~ 10 [%] の低濃度領域と 10 ~ 100 [%] の高濃度領域では大きな違いが見られた。

低濃度領域では混合率を 10 倍に増加させると、導電率が 10^6 倍となり、 6.1×10^{-6} [S/cm] から 1.9 [S/cm] まで急激に上昇した。一方、高濃度領域では混合率を 10 倍に増加させると導電率が 2.5 倍となり、1.9 [S/cm] から 5.0 [S/cm] まで混合率に比例して導電率が上昇した。

詳細な CNT/PTFE 混合率に対する導電率の違いについては、発表で説明する。

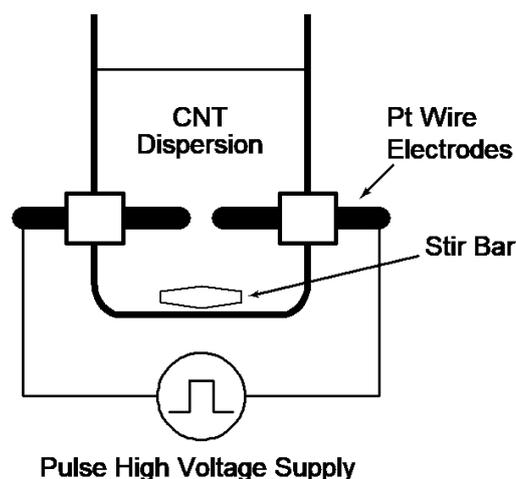


図 1 液中プラズマ装置

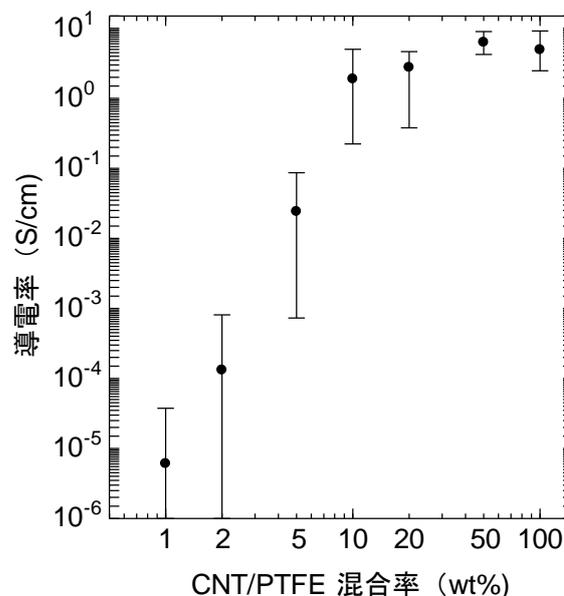


図 2 CNT 混合率による導電率

真空熱処理炉のセットアップおよびチタン板の特性評価に関する研究

孫 ユフン (東海大学大学院工学研究科), 土屋 寛太郎 (東海大学大学院工学研究科), 内田 ヘルムート貴大 (東海大学大学院工学研究科)

1. 背景および目的

チタンが工業/産業で幅広く取り入れられるようになったのは戦後 (1946 年) であり金属材料として実用化されてから 70 年程度の金属である。他の金属に比べて軽量・高強度・耐食性に優れ、重さあたりではアルミニウムの約 3 倍、鉄の約 2 倍の強度であるなど、多くのメリットを持ち、先端技術に欠かせない実用金属である。宇宙・航空機用材料から各種プラント設備、建築材料、身近な生活用品に至るまで、その用途広がっている。比重が 4.51 で鉄の約 60%、銅の約 1/2 の軽さであり、金属アレルギーを発症しにくいなど、生体適合性の高い金属である。人工骨をはじめとするインプラント材料にも用いられる一方で水素を比較的溶解する特徴を持つ。人工骨などの用途でとする場合、生体への負荷という観点から、その機械的特性は大変重要である。また、水素社会の到来に伴い水素環境に晒される金属材料が今後も増加する事が予測されるが、構造物として用いる場合も地震などの揺れへの対策として、水素環境下にある機械的特性を理解する事は大変重要である。以上より、本研究においてはその手始めとしてチタン板に対して、振動リード法を用いた非破壊的手法を用いて、水素を導入したチタン試料に対し、機械的特性にどのような影響を与えるかを調査する事とした。さらに、真空熱処理炉を構築し、水素導入後に真空雰囲気中で加熱処理した試料がどのような機械的特性を示すかについて、調査を行う事を目的とする。

2. 実験方法

厚さ 0.1 mm×幅 10 mm×長さ 100 mm のチタン板に対し、3 時間 40 分間の時間で定電圧電気化学水素ロードを行う前後の各試料に対し、振動リード装置を利用した一次振動の共振周波数からヤング率を求めた。また、水素を導入した後の試料に対して真空熱処理を行うため、粗引きポンプ、ターボポンプとイオンポンプから構成される熱処理炉を構築し、加熱処理を行った。振動リード法で用いた加振器の外観を図 1 に示す。

3. 結果および考察

振動リード装置で水素を導入する前のチタン板の 1 次共振周波数は 10.5 Hz であり、水素を入れた後のチタン板の 1 次共振周波数は 9.8 Hz であった。水素が導入されたチタン板は水素を導入前のチタン板の 1 次共振周波数と比較し、低下した。また、それぞれの条件から求めたヤング率は、水素導入前は 103 GPa、水素導入後は 94 GPa であった。これは約 10% の低下に相当する。一般的に、金属のヤング率は温度上昇と共に低下するが、約 10% のヤング率低下は約 400 K 近い温度条件上昇に相当する大きな変化である^[1]。振動中における固溶水素原子の内部摩擦効果や、水素固溶に伴う転位の発生促進もしくは稼働性の向上に伴う効果も含まれるものと推察されるが^[2]、チタンへの水素固溶は機械的特性を低下する事に大いに寄与する事が確認された。



図 1 振動リード装置

参考文献

- [1] Y.P. Varshni, *Phys. Rev. B*, **2**, (1970), 3952-3958.
 [2] A. Barnoush and H. Vehoff, *Corr. Sci.*, **50**, (2008), 259-267.

ポリエチレン樹脂に対する EB 照射、および生分解性ポリ乳酸に対する EB/X 線照射による機械的特性制御

*李 子黙（東海大学大学院工学研究科機械工学専攻）、三浦 栄一（東海大学大学院工学研究科機械工学専攻）、平井 開都、孫 ユフウン（東海大学大学院工学研究科機械工学専攻）土屋 寛太郎（東海大学大学院工学研究科）、西 義武（KISTEC）、**内田 ヘルムート貴大（東海大学大学院工学研究科機械工学専攻）

1. 背景および目的

ポリ乳酸（PLA）は、生体適合性、生分解性に優れたポリマーであり、その優れた無毒性、生分解性、生体適合性により、インプラント、ドラッグデリバリーベークル、抜糸が不要な術後縫合用糸材などとして、バイオメディカルおよび製薬分野に応用されている。近年、PLA は、従来の石油系ポリマーに代わる新たな生分解性材料の可能性として注目されている。

ポリ乳酸は薬物の放出材料として、主にポリ乳酸を薬物のキャリアとして、薬の放出速度を抑制する。これにより、薬が病気をコントロールする時間をある程度延長でき、薬の効果をより長時間に渡って維持できる。ポリ乳酸が薬物のキャリアとして用いられる主な利点は、溶剤に溶けやすい事であり、更に低分子量のポリ乳酸は調製が容易である[1]。すなわち、分解速度の制御手段はますます重要な技術となりうる。また、整体適合材料としては長年、合金類が多く使用されている人工骨の分野においては生体の骨との間に機械的特性に差異があることに起因して骨への悪影響と共に、二次手術が必要となる場合があるなど、患者に大きな苦痛を与えた事例がある。PLA は、組織との結合が容易で、親和性が高く、加工しやすく、可塑性があること、分解生成物が H₂O と CO₂ であり現用整体適合高分子材料であるポリエチレンやポリウレタンよりも生体への負荷が小さい事から、バイオメディカルや環境負荷の小さな素材であるが[2]、ヤング率をはじめとする機械的特性を形成後に制御する手法が求められる。

そこで本研究においてはこの手始めとしてポリエチレンに対して、低エネルギー電子線照射処理（HLEBI）および X 線照射を適用し、振動リード法を用いた非破壊的手法を用いて、機械的特性にどのような影響を与えるかを調査する事と、これに引き続き PLA シートも試作し同様の調査を行う事を目的とする。

2. 実験方法

ポリ乳酸をホットプレス機で 200℃、圧力は 20 MPa で 8 分間の加圧熱処理を行い、室温で 1 日乾燥させ、板状に加工した。固まった PLA シートは 1cm x 11cm の大きさに切り出した。図 1 に示す低周波発振器を用い、未照射の PLA シートは振動リード法でヤング率を求める。

3. 結果および考察

ポリエチレンに対する電子線照射の照射線量条件が 10 kGy から 30 kGy まで大きくなるほど、図 2 に示した試料のヤング率は元々の値の半分以下となるまで減少する傾向が確認された。これは電子線照射のエネルギーが結合切断に必要なエネルギーを満たす場合にはその照射に起因して試料内部の結合切断が生じる事に起因するものと考えられる。PLA シートについては再現性の良い試料作製が可能となった段階であり、電子線/X 線の照射を行うことで水溶速度の変化および機械的特性の影響について鋭意調査が進められているところである。

参考文献

[1] Xiao Li, Leili Liu, Pengfei Yang *et al.*, "Synthesis of Collagen-Modified Polylactide and Its Application in Drug Delivery [J]". *Applied Polymer*, (2013).

[2] S.-I. Moon, CW Lee, I Taniguchi *et al.*, "Melt/solid polycondensation of l-lactic acid: an alternative route to poly (l-lactic acid) with high molecular weight [J]". *Polymer*, **42**, (2001), 5059-5062.



図 1. 低周波発振器

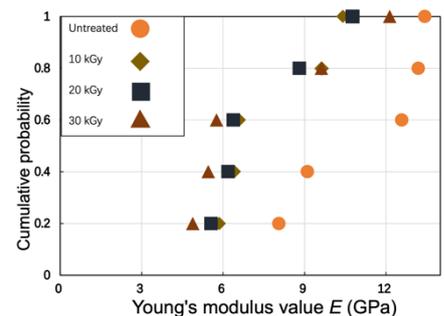


図 2. PE シートの累積確率とヤング率

工業用チタンワイヤーに対する水素導入に伴う物理的特性変化に関する研究

*山崎 智美(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、**内田 ヘルムート 貴大(東海大学工学部精密工学科)

【緒言】

金属材料の一つであるチタンは、軽量かつ高強度で、酸素と結びついて不動態皮膜を形成することで、高い耐食性もあわせ持つ[1]。そのため、生体材料から航空宇宙材料まで、様々な用途で利用されている。水素エネルギーの普及が進む中で、チタン製の部品や商品が水素にさらされる機会は増える事が予想できる。その際に、水素を吸放出したチタンの物理的特性がどのように変化するかというデータは大変重要なものとなる。

実際に利用されているチタン製品の中でも、変化が観察しやすいであろう工業用チタンワイヤーを試料とし、水素導入に伴う物理的特性変化を、体積とヤング率に着目して評価する。

【実験方法】

直径 2.0 mm、長さ約 1000 mm の 2 種チタンワイヤー A、B、C 三本のうち B、C に対し、定電流による電気化学的手法を用いて水素の導入および放出を行った。溶液には 85 重量%のグリセリンと 85 重量%のリン酸を体積比 2 : 1 で混合したものを用いた。

次に、チタンワイヤーの全長と比較して断面積は極小さいことから、水素を吸放出させたチタンワイヤーの体積変化をチタンワイヤーの全長の変化で確認した。この際、直尺を用いて測定した。

また、チタンワイヤーの一端を万力で固定し、たわみ v_{max} [mm] を測定した。IrfanView64 を用いて撮影した写真を反転処理および二値化処理し、digiMatic を用いてたわんだワイヤーの先端座標を取得して、たわみ v_{max} [mm] を算出した。このチタンワイヤーの自重によるたわみを、等分布荷重による片持ちばりのたわみとみなし、式①[2]を用いてヤング率 E [Pa] を求めた。

$$v_{max} = \frac{wl^4}{8EI_z} \quad \dots \textcircled{1}$$

【実験結果および考察】

縦軸に測定したチタンワイヤーの長さを、横軸に測定日時をとりプロットしたグラフを Fig. 1 に示す。

水素の吸放出を行っていないチタンワイヤー A の値のばらつきが大きいことから、チタンワイヤー B、C の値の変化は水素の吸放出によるものではなく、測定誤差によるものである可能性が高いと考えられる。

次に、算出したヤング率を、水素導入後および放出後のワイヤーごとにまとめたグラフを Fig. 2 に示す。水素導入後のチタンワイヤー B、C を B_1 、 C_1 とし、ワイヤー B_1 、 C_1 から水素を放出させたものを B_2 、 C_2 とした。また、ワイヤー A、 B_2 の端を切り落とし、ワイヤーの全長を変化させながら行った測定からヤング率を算出した結果を A_{cut} 、 B_{2cut} とし、まとめた。

グラフ Fig. 2 においても、水素の吸放出を行っていないチタンワイヤー A の値のばらつきが大きいことか

ら、チタンワイヤー B、C の値の変化は水素の吸放出によるものではなく、測定誤差によるものである可能性が高い。ヤング率の導出に用いたチタンワイヤーの長さは、直尺を用いた目視による測定で得たものであり、ヤング率導出の式①内で四乗の値で用いられるものであったために、誤差が大きく出た可能性がある。また、万力で固定にずれが生じていた可能性や、画像の処理およびワイヤー先端の座標取得を手動で行ったためにピクセルのずれが生じ、値が安定しなかったことが考えられる。

一方で、グラフ Fig. 2 ではワイヤー A と比較してワイヤー B_1 、 C_1 のヤング率は低い値となる傾向があるように見える。チタンのヤング率については、これまでに温度依存性があることは知られているものの、水素濃度依存性については先行研究が無いので、この傾向が確かなものか、今後誤差を抑えながら測定を進める必要がある。

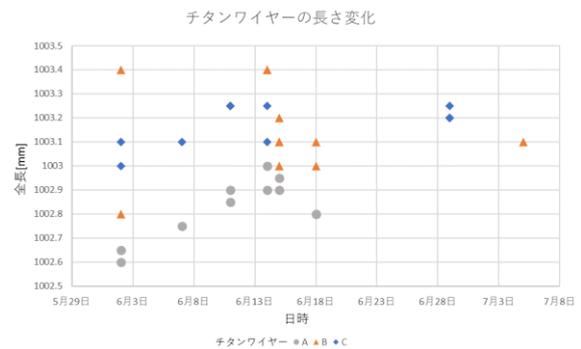


Fig. 1 チタンワイヤーの長さ変化

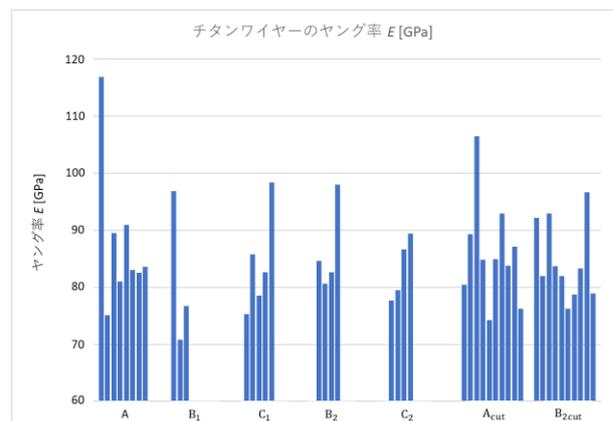


Fig. 2 水素吸放出前後における各試料のヤング率

【参考文献】

- [1] 小林製作所 チタン・チタン合金について <https://www.tweezerskobayashi.jp/about-titanium/> (2021年10月15日参照)
- [2] 村瀬 勝彦, 杉浦 正勝, 和田 均, 『要点がわかる 材料力学』, (2018), コロナ社

核融合炉壁材からの水素回収を視野に入れたバナジウムの水素吸蔵特性

*渡邊 堅太(東海大学大学院工学研究科)、大野 聖海(東海大学大学院工学研究科)、松本 陸輝(東海大学大学院工学研究科)、佐藤 蒼也(東海大学大学院工学研究科)、瀧本 壽来生(東海大学総合理工学研究科)、金子 新(東海大学大学院理学研究科)、利根川 昭(東海大学大学院理学研究科)、松村 義人(東海大学大学院理学研究科)、佐藤 正志(東海大学大学院工学研究科)、原田 亮(東海大学総合科学技術研究所)、**内田 ヘルムート貴大(東海大学大学院工学研究科)

【緒言】

近年、次世代の代替エネルギー候補として、ITER を始めとした核融合の研究が盛んに行われている。核融合の炉に使用される代表的な高温環境向け材料の一つとして、タングステンが検討されている。核融合反応においては水素プラズマが用いられ、水素はプラズマとして材料内部に導入される。これにより水素脆化が生じる可能性がある一方で、未反応の重水素を回収し、改めて反応に用いる機構を検討できる可能性がある。水素脆化を起こすと外力を加えた際に変形せずに、微細なクラックに応力が集中し事故に至る危険性があるため^[1]、これを回避するために、水素の金属内への固溶エネルギーの差に起因する水素固溶度の差^[2]を利用してタングステンと異種の金属材料を密着させることで、タングステンの脆化を防ぎ、かつ水素の回収を行う事に着目した。さらに金属中の理論水素透過度 Φ は水素固溶度 S と水素拡散係数 D の積であり、Fig.1 に示すように、金属元素において最も高い元素群として Nb, V, Ta が候補として挙げられる。以上より、水素回収機構を実証するため本研究では、その前段階として水素固溶エンタルピー変化が負の値^[2]であるバナジウム箔を用いて、水素吸蔵特性についての実験を行った。

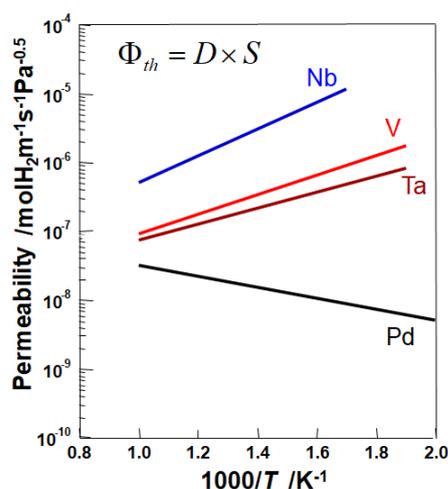


Fig.1 Nb, V, Ta および Pd における理論水素透過度の温度依存性^[3]

【実験方法】

本実験は、純バナジウム(純度 99.7 at.%, 形状 10 mm×50 mm×0.3 mm, ニラコ社製)を用いて電気化学的水素導入法による水素添加を行った。

溶液については、85 wt%のリン酸と 99.5 wt%のグリセリンを体積比 1 : 2 に混合した溶液を用いた。その際、溶液に残存している酸素を取り除くことを目的とし Ar ガスを 2 時間以上添加した。陰極に試料、陽極に金を接続し、標準参照電極は Ag/AgCl(sat.) を使用し、室温にて電気化学的水素導入法を行った。電気化学的水素導入法においては、ガルバノスタット電源(HOKUTO

DENKO HA-151) を利用し、対向電極には金ワイヤーを利用し、電流密度条件が約 1.21 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ による定電流パルスを用いた水素導入を行った。電流印加時の水素が全て陰極に接続している試料内に導入されたと仮定し、ファラデーの式^[4]から、水素導入量を算出した。

また、X 線回折装置(PHILIPS Xpert-MRD)を用いて、水素の吸蔵前における結晶粒の大きさの差異をシェラーの式から算出し比較した。

【実験結果・考察】

Fig.2 にバナジウムの水素吸蔵特性を描いた EMF 曲線を示す。縦軸を平衡状態における起電力(EMF)とし、横軸に水素濃度がプロットされている。

本来、EMF 曲線は金属に添加された量に応じた EMF の値の上昇が相の変化として見られるが、今回の場合では EMF の値が 0.2 の部分で停滞しているのが見られた。これは、電位-pH 図^[5]からバナジウムの表面で酸化が起こり、かつ、水素導入をブロックしている可能性があるため平衡状態に至っていない可能性が考えられる。

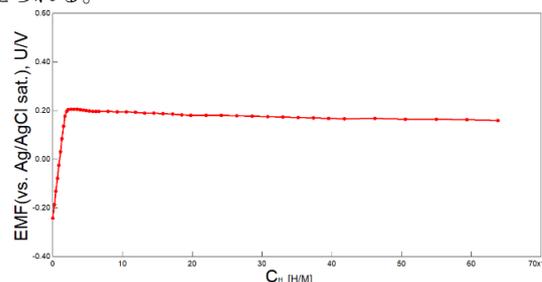


Fig.2 バナジウムの EMF 曲線

【今後の展望】

表面の酸化被膜の影響があるかを調べる必要がある。そのために、水素導入前後で再度 XPS にて測定を行うことで、酸化被膜形成による水素導入への影響を知ることができると考えた。また、アルカリ性溶液の適用および水素導入後のタングステンからの水素移動を確認するために TDS を用いた水素量評価も行っていく予定である。

【参考文献】

- [1] 尾崎敏範, 石川雄一, 筒井光範. 材料と環境, **41**, 4, 264-266.
- [2] 深井有, 田中一英, 内田裕久: 水素と金属.(内田老鶴圃, 2002).
- [3] 内田ヘルムート貴大, 2006 年度 東北大学修士論文 「超高真空熱処理した Nb における水素透過特性」, (2006).
- [4] R. Kirchheim and A. Pundt, "Hydrogen in Metals", Ch.25 in book: D.E. Laughlin and K. Hono (ed.), "Physical Metallurgy, Fifth Edition: 3-Volume Set", (2014), Elsevier, ISBN: 9780444537706.
- [5] M. Pourbaix, Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions, NACE, Houston (1966).

耐雷シールドした耐熱耐摩耗樹脂の界面破壊強度の向上

志村 大夢、三浦 栄一、平井 開都、伊比井 亜弥音、木村 英樹(東海大学大学院工学研究科)、利根川 昭(東海大学大学院理学研究科)、西 義武(KISTEC)、内田ヘルムート貴大(東海大学大学院工学研究科)

1. 緒言

炭素繊維強化熱硬化性樹脂(CFRP)は、軽くて硬い炭素繊維(CF)を強化材とした複合材料であり、軽量、高強度であるため、航空・宇宙産業をはじめ自動車やスポーツ用品など、幅広い分野で使用されている。CFRPは落雷を受けると過電圧で破壊される[1]。そのため、CFRPを素材として使用し、落雷の可能性が高い飛行機や風力発電ブレードにとっては大きな問題である。この対策として電気伝導度の高い金属とCFRPを接着させることでCFRPの伝導性を高め、落雷破壊を防ぐことを試みた。耐雷シールドとして有望なアルミニウム(Al)と電気伝導率の良い銅(Cu)がある。これらを比べると、Alは伝導率がCuの60%ほどだが、比重が3分の1ほどのため銅の2倍ほど高い比導電性を示す。いずれも、加工性の高さから紙のように薄い箔や、複雑な形状の押出成形材を容易に製造することができるため、様々な製品に使用されている。一方、CFRPの母材は一般的に熱硬化性のエポキシ樹脂(EP)が使われている。EPは低粘性の液体状態でCFとの濡れ性や接着性が高いだけでなく、硬化後は耐熱性や耐寒性が高い。しかし、EPは成形に長時間の化学反応と固化を伴うので、成形時間がかかり、生産性が課題とされている[2]。一方、加熱すると融解する熱可塑性樹脂を母材とする炭素繊維強化熱可塑性プラスチック(CFRTP)は、化学反応時間を伴わず、凝固時間だけで、1/10以下に成形時間を短縮できる。さらに、再利用して成形できることから、生産量を増やし、製造コストを低くすることが期待されている。本研究では銅とアルミニウムにCFRTPをホットプレス接着させ、その接着性向上範囲の確認し、その機構解明を目的とする。CFRTPの母材にベンゼン(C₆H₆)と硫黄(S)からなるポリフィニレンサルファイド(PPS: -[C₆H₄S]_n-)は、融点が275℃と高く耐熱性が高い。これは一般的にCFRPに使用されるEPの融点(150℃~200℃)よりも高く、成層圏で航行する次世代旅客機の部材に有力である。そこで、本研究では難燃性、力学的特性、寸法安定性、耐薬品性に優れたPPS母材を使用し、これにCuやAlを積層した耐雷シールドの剝離強度を測定した。

2. 実験方法

ホットプレス機(IMC-185A, Imoto Machinery Co. Ltd.)を用いて、CFシート(TR3110M, Mitsubishi Rayon Co. Ltd.)とPPSシートを300℃、6MPa、3分間で加圧熱処理して、AlおよびCuと複合化した。CFRTPをそれぞれ10mm×40mmに切り出したCFRTP(10mm×40mm×0.5mm)とAl(10mm×50mm×1.0mm, Nilaco)とCu(10mm×50mm×1.0mm, Nilaco)を、接着面積が100mm²になるように、ホットプレス機を用いて、300℃、圧力2MPa、2分の条件で圧着し、Fig. 1に示す形状のAl/CFRTPとCu/CFRTP試料とした。この試料に対し、引張試験機を用い、標点距離を40mm²、引張速度を1cm/minとして引張試験を行った。

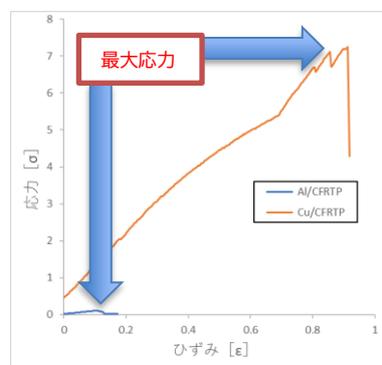


Fig.1 Cu/CFRTP と Al/CFRTP 試料の応力—歪曲線

3. 結果

Fig. 1にAl/CFRTPとCu/CFRTP試料の応力—歪曲線を示す。Cu/CFRTP試料Al/CFRTPとCu/CFRTP試料ともに5kGy付近で接着力の最大値が得られた。さらに、Cu/CFRTP試料の接着力、脱着歪と接着エネルギーはAl/CFRTPの70、80、500倍以上大きいことを見出した。

参考文献

- [1] R. Norota, Y. Hirano, R. Matsuzaki and T. Ogasawara, "Numerical Study on Damage Behavior of CFRP Laminate Subjected to Simulated Lightning Current", 日本複合材料学会誌, **41**, (2015),149-158.
 [2] 平松徹: 『よくわかる炭素繊維コンポジット入門』, (2012), 日刊工業新聞社, 38-223.

スイッチャブルミラーのコーティング材を視野に入れた水素導入がニッケルのヤング率に及ぼす影響

*松本陸輝(東海大学工学研究科機械工学専攻)、大野聖海(東海大学工学研究科機械工学専攻)、渡邊堅太(東海大学工学研究科機械工学専攻)、佐藤誉也(東海大学工学研究科機械工学専攻)、原田亮(東海大学総合科学技術研究所)、土屋寛太郎(東海大学工学部精密工学科)、**内田ヘルムート貴大(東海大学工学研究科機械工学専攻)

【緒言】

水素の吸蔵により結合が金属性からイオン性へと変化し、可視光領域の波長の電磁波に対し透過する特性を示す薄膜金属の一部はスイッチャブルミラーと呼ばれ、酸化しやすい金属元素が用いられるため酸化防止膜が必要となる。コーティング材に適する元素の一つとして、耐酸化特性のあるニッケルが挙げられる。水素を吸蔵することでスイッチャブルミラーとコーティング材の間に体積膨張に差がある場合、互いの層に作用する応力にも差が生じると考えられるため、コーティング材には柔軟性が求められる。したがって、水素の吸蔵によりヤング率が低下するかどうか重要である。一般に、弾性変形する金属内部には応力が発生しており、このような環境下ではゴルスキー効果が生じることが報告されている[1]。そのため、水素を含む金属の機械的特性(ヤング率)の評価には慎重な評価が必要となる。金属に侵入型に固溶した水素原子は結晶構造中の応力の領域に応じてサイト間でポテンシャルの勾配が生じ、拡散現象が生じる結果弾性挙動にも変化があると考えられる。すなわち、引張り試験をはじめとする多くの時間を要する評価手法では、得られる見かけのひずみが、負荷した応力による寄与と、水素濃度変化による体積膨張効果の寄与の双方に影響されるため、ヤング率が定まらない。その一方、振動現象によるヤング率評価においてはこの効果が限定されるとみなすことができる。以上より、本研究ではヤング率の評価方法として非破壊測定法である振動リード法に着目した。非破壊検査法である振動リード法の長所としては、ひずみ速度依存性を考慮する必要が無いことやゴルスキー効果の影響を受けにくく水素を含む金属においてもヤング率を定めることができる。また、水素を吸蔵する方法としては電気化学的な水素吸蔵法を用いた[2]。電気化学的手法では、ファラデーの法則を用いることで、水素ガスを用いた場合よりも水素濃度がより正確に評価できるという利点がある。以上の手法を用いて、ヤング率に及ぼす水素の影響を調査した。

【実験方法】

本研究では 85 wt.% のリン酸と 99.5 wt.% のグリセリンを体積比 1:2 の比率で混合し純度 99.999 % の Ar ガスで予め 2 時間以上バブリング処理を施した溶液を用いた。電極に対して陰極にサンプル、陽極に対抗電極である金ワイヤーを接続し電気化学的水素吸蔵法を行った。

サンプルを振動させて、その共振周波数を求め、その値からヤング率を求める方法を振動リード法といい、求める共振周波数を f [Hz]、ヤング率を E [Pa]、1 次振動数方程式の根を λ/l 、振動部の長さを l [m]、材料の密度

を ρ [kg/m³]、サンプルの厚さを d [m] とすると次の式(1)のように表すことが出来る。

$$E = (2\pi)^2 f \left(\frac{l}{\lambda_1 l} \right)^4 \rho \times \frac{12}{d^2} \quad (1)$$

本研究においては、振動リードと水素吸蔵を繰り返し行い、水素によるサンプルのヤング率の影響を評価した。

【実験結果・考察】

Fig.1 は横軸に水素濃度、縦軸にヤング率を取りプロットしたグラフである。サンプルの長さによってヤング率の誤差はでたものの、それぞれ一つのサンプルに対しては相対的に水素濃度が高くなるほどヤング率の低くなる傾向が確認された。しかしサンプルの長さによって得られたヤング率にはばらつきが生じた。これは式(1)より振動部の長さの支配率がとても高いため振動部の長さが短いサンプルに対して大きな誤差を生んだ可能性がある。今後の方針としてヤング率の誤差を減らすために今回の実験で使用したサンプルの長さよりもより長いサンプルを使用する必要がある。

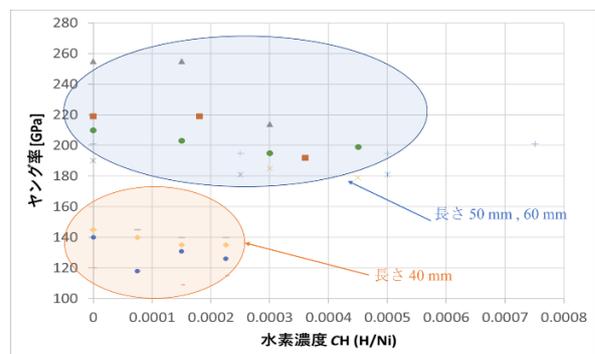


Fig.1 推定水素濃度の関数として得られたニッケルのヤング率

【参考文献】

- [1] G. Schaumann *et al.*, "The Diffusion Coefficients of Hydrogen and Deuterium in Vanadium, Niobium, and Tantalum by Gorsky-Effect Measurements", *Phys. Stat. sol.*, **42**, (1970), 401.
- [2] R. Oriani, "The diffusion and trapping of hydrogen in steel", *Acta Metallur.*, **18**, (1970), 147-157.

マイクロプラスチック回収が高効率な軽量 PP 樹脂を炭素繊維強化した複合材への EB 照射効果

*三浦 栄一(東海大学大学院工学研究科)、木村 英樹、西 義武、**内田 ヘルムート貴大

1. 緒言

炭素繊維(CF)は軽量で高強度なことから炭素繊維強化プラスチック(CFRP)の強化材として用いられており、自動車や航空機などの材料をはじめ、幅広い分野で使用されている[1]。CFRPの母材に一般的に使用される熱硬化性のエポキシ樹脂は界面接着強度が優れており、信頼性が高いとされている。しかし、エポキシ樹脂は成形後の硬化に長時間を要するため、生産時の効率的な観点から課題とされている。さらに、最近ではマイクロプラスチックが環境に及ぼす影響が非常に問題視されており、代替材料の探索も含めて対策が一用となりつつある[2]。そのため、生産コストが高く、リサイクル対策のコスト増も想定されているため大量生産には向いていないとされている。一方で熱可塑性樹脂を母材とした炭素繊維熱可塑性樹脂(CFRTP)は成形後の硬化時間が短く、リサイクルが可能であることから低コストでの量産化が見込まれる。特にポリプロピレン(PP)樹脂は安価で水より低密度なためマイクロプラスチックが海洋上に浮上し易い回収が可能である。しかし、熱可塑性樹脂は繊維との濡れ性が悪いため、界面接着強度が低く、繊維の引抜きが容易で、複合材料としての強度が十分に発揮することが出来ない。

電子線(EB)の照射を高分子材料に行うことで原子間共有結合を切断し、高分子構造が変化し、過剰な照射量では、高分子材料を劣化させる要因となるが、低エネルギー条件、且つ少ない線量のEB照射[3]は末端表面原子におけるダングリングボンドを形成し、表面エネルギーを向上させる効果により無機透明材料の濡れ性向上や防曇効果などにも有効であることが報告されている。また、先行研究では、電子線照射を行ったCFを強化材としたCFRTPは母材との界面接着性が改善され、未処理のCFRTPと比較して機械的性質の向上が確認されている[4]。

EBは照射時に電場によって加速され、そのエネルギーにより照射物内部へと侵入する。電場の電圧を変更することにより電子線の侵入深さを制御できる。電子線の侵入深さはChristenhuszらの式から求められるがこの式は金属やセラミクスに適応される式であり、低密度の高分子にはより深くまで電子線が侵入している可能性が考えられる[5]。そこで本研究では電子線による材料内部に及ぼす影響の観察を目的とし、電子線がCFRP内部に侵入する深さの違いによる物性変化とPP内部への電子線の侵入深さを検討する。

2. 実験方法

本研究では母材にPPを用いたCFRTPを作製した。PPシート4枚とCF3枚を交互に積層させ220℃、4MPa、8時間の加圧熱処理を行い、複合化させる。電子線照射装置(Type CB250/30/20mA, Energy, Science Inc, Woburn, MA, SA, Iwasaki Electric Group Co. Ltd. Tokyo, Japan)を用いて、作製したCFRPに加速電圧90kV、170kV、210kV、250kVの4条件でEB照射処理を行い、試料を10×80×1.5mmの大きさに切り出しシャルピー衝撃試験を行った。また、60μmのPPシートを10枚重ねて電子線照射を行い、ESRシグナルの測定をしてシグナルの変化を元にPPへの電子線侵入深さを検討した。

3. 結果

シャルピー衝撃試験の結果をFig.1に示す。電子線を照射した試料はいずれも電子線未処理の試料よりシャルピー衝撃値が高くなり、210kVで最大の衝撃値を示すことが確認された。

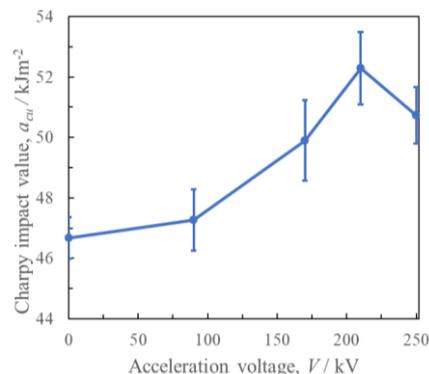


Fig.1 シャルピー衝撃試験結果

参考文献

- [1] 平松 徹, 『よくわかる炭素繊維コンポジット入門』, (2015), 日刊工業新聞社.
- [2] S. Agarwal and A. Sethiya, "Plastic Pollution: A Threat to Society", (2019), Scholars' Press.
- [3] 鷲尾 方一, 佐々木 隆, 木下 忍, 『低エネルギー電子線照射の技術と応用 (CMCテクニカルライブラリー)』, (2006), シーエムシー出版.
- [4] S. Kitagawa, H. Kimura, S. Takase, N. Tsuyuki, D. Kitahara, A. Takahashi, M.C. Faudree, H.T. Uchida, A. Tonegawa, M. Kanda, N. Inoue, S. Kaneko, T. Endo, M. Salvia, Y. Nishi; *Trans. Mater. Resear. Soc. Jpn.* **43** (2018) 125-128.
- [5] R. Christenhusz and L. Reimer: *Z. Angew. Phys.*, **23** (1967) 396-404.

EB 照射炭素繊維で強化した成層圏運航超音速旅客機用耐熱 PPS 樹脂複合材料の靱性評価

伊比井 亜弥音(東海大学)、三浦 栄一(東海大学)、竹田 圭佑、志村 大夢(東海大学)、木村 英樹(東海大学)、西 義武(東海大学 KISTEC)、内田 ヘルムート貴大(東海大学)

【緒言】

現在、主にエポキシ樹脂を代表とする熱硬化性樹脂が用いられている炭素繊維強化樹脂(CFRP)は高比強度のため、燃費が重要な航空産業を初めレジャーやスポーツなど幅広い分野で軽合金やマグネシウム・アルミニウム・チタン・ステンレス鋼合金と競合している。CFRP の作製は化学反応を伴うため、硬化に時間がかかり大量生産が困難であることが大きな課題である[1]。また、プラスチックによる環境破壊が重要視されている近年、熱硬化性樹脂を用いる場合は成型・製品化後にリサイクルが困難であることも大きな問題である[2]。一方、強度としては CFRP に劣るが熱可塑性樹脂(TP)を用いた炭素繊維強化熱可塑性樹脂(CFRTP)は作製時に化学反応を伴わないため、金属と同様に短時間で凝固するため生産性が高い[3]。また熱可塑性であるため資源回収時に分離容易で、再利用も可能であることから環境負荷の軽減も期待される[1]。しかしながら、CFRTP の実用化は強度の劣る点が課題として残されている。これは、TP と CF との界面における接着強度が低いため、変形破壊時に繊維の引き抜けが生じやすいことが主な原因である。電子線(EB)照射は高分子に施すと、二次電子が発生し、分子結合が開裂されることが知られている[4]。当研究グループでは大きな方針としてチタンを始めとする金属材料と高分子材料との複合化を視野に入れており、一つの課題である異種界面接着強度の向上においては電子線照射の寄与について報告を行った[5]。その一方で高分子材料自身の強度向上も重要であり、これには複合化による手段に追加して電子線照射により強度向上があるかを検証する必要がある。CFRTP においてはこれまでに電子線照射による強度向上を報告しているが[6-8]更なる選択肢として実用高分子複合材料への探索が求められる。

近年、現状の旅客機の約 3 倍の速度で運航する、成層圏超音速旅客機の開発が進められている[10]。これは、飛行中にエンジン付近の翼部だけでなく、超音速であるため機体と気体の摩擦熱が発生することが考えられる。そのため軽量で、高強度かつ耐熱性、難燃性の高い材料が求められている。そこで、熱可塑性樹脂のベンゼン(C₆H₆)と硫黄(S)からなる、難燃性で融点が 275 °C と耐熱性も高いスーパーエンジニアリングプラスチック[1]であり、軽量で高強度なポリフェニレンサルファイド(PPS)を使用した。

本研究では PPS と CF の界面接着性の改善を目的とし、異なる照射線量条件の電子線照射処理を施した CF を用いた CFRTP を作製し、電子線照射量が CFRTP の特性に与える影響について衝撃試験をもとに検討した。

【実験方法】

CFRTP は電子線照射条件を「未照射」、「43 kGy」、「129 kGy」照射した CF、TR3110M (三菱レイヨン株式会社製)を各照射量 3 枚と PPS 粒子をホットプレス (400 °C、最大荷重 70 MPa) によりシート状に加工した PPS シート 4 枚を交互に積層し、300 °C、2 MPa、8 分間の条件下においてホットプレスで炭素繊維強化熱可塑性ポリフェニレンサルファイド樹脂を作製した[5-7]。この CFRP を 80 mm×10 mm に切り出し、シャルピー衝撃試験を行った。

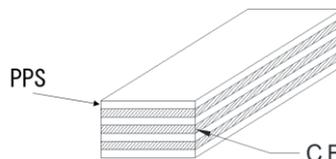


Fig.1 CFRP 模式図

【結果】

電子線未照射の CF を用いた試料より電子線照射処理を行った試料の強靱化が見出された。また、電子線を 129 kGy 照射したものが最もシャルピー衝撃値が高く、未照射のものに比べて 1.3 倍の向上が見出された。

【参考文献】

- [1] 平松 徹：『よくわかる炭素繊維コンジット入門』、日刊工業新聞社、(2012)、38-223.
- [2] 鈴木 良典：『海洋プラスチック汚染の現状と対策』、(2020)、4-11.
- [3] 社団法人日本機械工業連合会、財団法人次世代金属・複合材料研究開発協会：『平成20年度熱可塑性樹脂複合材料の航空機分野への適用に関する調査報告書(平成21年3月)』、4.
- [4] 奥村 康之：『電子線照射装置の工業利用への展開』、*JVSJ*、**60**、(2016)、1-4.
- [5] 峯岸 明子：『炭素繊維強化高分子と界面反応した18-8ステンレス鋼積層体の接着剥離強度に及ぼす電子線照射の影響』、2015年 日本金属学会 秋期大会講演、2015年9月17日.
- [6] Y. Nishi, H. Takei, K. Iwata, M. Salvia, A. Vautrin, *Mater. Trans.*, **50**, (2009), 2826-2832.
- [7] H. Takei, K. Iwata, M. Salvia, A. Vautrin, Y. Nishi, *Mater. Trans.*, **51**, (2010), 2259-2265.
- [8] H. Takei, M. Salvia, A. Vautrin, A. Tonegawa, Y. Nishi, *Mater. Trans.*, **52**, (2011), 734-739.
- [9] 一般財団法人日本航空機開発協会：『超高速輸送機実用化開発調査』、(2015)、20.
- [10] T. Murakai, *JSASS*, **56**, (2008)、4-7

ステンレス系パラジウムフリー水素精製膜の EB 処理による透過促進効果

*石田 素子(東海大学工学研究科)、三浦 栄一(東海大学工学研究科)、原田 亮(東海大学総合科学技術研究所)、西 義武(東海大学工学研究科、KISTEC)、**内田 ヘルムート貴大(東海大学工学研究科)

【緒言】

現在のエネルギーシステムは化石燃料を主体としているが、資源の枯渇や地球温暖化問題が懸念材料として挙げられる。そのため、空気中で燃焼時に水だけを排出し地球全体のバランスを崩すことのない水素エネルギーシステムへ変換が進んでいる[1]。近年では、水素を燃料とする燃料自動車が普及し始めており、固体高分子形燃料電池には 7N(99.99999 at. %)の純度の水素が必要とされている[2]。また、燃料電池の世界的な市場拡大の他、石油精製時等における反応剤、半導体製造時の雰囲気ガスとしての利用など、広範囲の産業分野において高純度水素ガスは大量に使用され、今後も更なる水素需要の増大が予測されるため、効率よく不純成分を除去し、高純度水素を得る手法を確立することは緊急の課題である [2]。膜透過法の一つである金属水素精製膜は高純度水素ガスを一段階で得る事ができる。

実用的な水素精製膜として求められる性能は、水素透過性能、耐久性、使用温度範囲、コストなどが挙げられる。しかし、水素透過度が大きな材料の多くは表面酸化が問題となるため、表面に Pd コーティングが必要となるが、耐久性やコスト面で問題となる[3]。

その一方で、表面に皮膜があるステンレスは皮膜自身が水素分子の乖離能力が乏しく、水素の透過をブロックする効果が知られている。しかし、SUS316L はステンレスの中でも不働体被膜が安定で、耐腐食性があるという長所を持つことが知られている[4]。そのため、耐腐食性を落とすことなく既存の透過膜よりも安価で長寿命の水素透過膜の作製が可能であると推測できる。一般に、不働体被膜は水素透過特性が低いため、水素透過膜に用いるには表面の特性を改善する必要がある。

そこで、SUS316L への電子線(EB)照射処理で表面の皮膜を部分的に不安定化させ、水素透過特性が改善される可能性が考えられる。本研究では電気化学を用いた Time-Lag 法[5]により水素透過実験を行い、EB 照射処理が SUS316L ステンレス板の水素透過特性に及ぼす影響について検討した。

【実験方法】

本研究では、ニラコ社製の冷間圧材で熱処理を行っていない、厚さ 0.01 mm の SUS316L の箔を使用した。EB 処理には電子線照射装置(Type CB250/30/20 mA, Energy Science Inc. Woburn, MA, Iwasaki Electric Group Co. Ltd. Tokyo)を用い、ステンレス箔に電子線を 600 kGy 照射を施した。また、85 wt.% のリン酸と 85 wt.% のグリセリンを体積比 1:2 の比率で混合し純度 99.95 at.% の Ar ガスで予め 2 時間以上バブリング処理を施した溶液を用いた。対向電極として金ワイヤーを接続し、標準参照電極には Ag/AgCl 標準参照電極を用い、室温環境において電気化学水素透過実験を行った。

【結果】

EB 照射後の試料では未処理の試料に比べ、みかけの拡散係数の増加が確認された。

【参考文献】

- [1] 深井 有ら, “水素と金属 次世代への材料学”, 内田老鶴圃, (1998).
- [2] 内田ヘルムート貴大, “超高真空熱処理した Nb における水素透過特性”, (2017).
- [3] C, Nishimura, M. Komaki, S. Hwang and M. Amano, *J. Alloys Comp.*, **330-332**, (2002), 902-906.
- [4] AESJ, “トリチウムの化学—基礎から応用まで”, *AESJ*, (1982).
- [5] J. Crank, *THE MATHEMATICS OF DIFFUSION*, Oxford University Press, (1956).

核融合ダイバータ材であるタングステンの機械的特性に及ぼす水素固溶の影響

*平井開都(1:東海大学大学院)、山根諒也¹、松本陸輝¹、大野聖海¹、金子新¹、瀧本壽来生¹、土屋寛太郎¹、利根川昭¹、**内田ヘルムート貴大¹

1. 緒言

タングステンは高融点で耐摩耗性に優れていることで知られているため、核融合炉のダイバータ材として注目されている。ダイバータは核融合炉の粒子廃棄やプラズマ制御を補助するため、水素プラズマに晒されたタングステンに水素やその同位体を取り込まれて起こる水素脆化が考えられる[1,2]。

本研究では、タングステンの機械的特性に及ぼす水素吸収の影響を調査するために、ヤング率を測定した。金属中に固溶する水素原子は、ゴルスキー効果として知られるように、応力に起因する拡散現象が知られている。そのため、金属の機械的性質に及ぼす水素の影響を調べるには、測定時の試料の内部応力状態が重要となる。そこで本研究では、測定部位に継続する応力が作用しない非破壊的手法である振動リード法を適用し、その共振条件を調査する事でヤング率を評価する事とした[3]。

2. 実験方法

純タングステン板(純度 99.95 at.%, 形状 10 mm×40 mm×0.1 mm、ニラコ社製)を 5 つ準備した。熱処理を行わず水素導入を行っていない状態、それらに予め特定の水素濃度まで電気化学的に段階的に水素を導入した状態、およびさらにそれらを真空中熱処理(TDS)を行った後の状態それぞれについて、振動リード実験の試料とした。

本研究では、電気化学的水素吸蔵法により試料に水素を吸蔵した。ファラデーの法則により、タングステンに導入された水素の総量濃度を算出した[4]。 $C_H = 5.92 \times 10^{-4}$ H/W、 2.36×10^{-3} H/W、 6.51×10^{-3} H/W、 1.36×10^{-2} H/W の異なる水素濃度でヤング率を測定した。ヤング率の測定には、振動リード法を適用した。

3. 結果

Fig.1 に水素吸蔵量とヤング率の測定値との関係を示す。低水素濃度領域($0.0 \text{ H/W} < C_H < 2.36 \times 10^{-3} \text{ H/W}$)では、試料 1、3、4 でヤング率の低下が見られ、その他の試料ではヤング率の上昇が見られた。平均ヤング率は $E = 311.1 \text{ GPa}$ ($C_H = 0.00 \text{ H/W}$) から $E = 308.7 \text{ GPa}$ ($C_H = 2.36 \times 10^{-3} \text{ H/W}$) まで変化しており、水素吸収によるヤング率のわずかな低下が確認された。

水素濃度中領域 ($2.36 \times 10^{-3} \text{ H/W} < C_H < 6.51 \times 10^{-3} \text{ H/W}$) では、水素吸収によるヤング率の大幅な低下が見られ、全てのサンプルでヤング率の低下が確認された。平均ヤング率は $E = 308.7 \text{ GPa}$ ($C_H = 2.36 \times 10^{-3} \text{ H/W}$) から $E = 287.4 \text{ Pa}$ ($C_H = 6.51 \times 10^{-3} \text{ H/W}$) まで変化し、 $\Delta C_H = 1.0 \times 10^{-3}$

$^3 \text{ H/W}$ あたり $E = 5.1 \text{ GPa}$ の低下が見られた。

高水素濃度領域 ($6.51 \times 10^{-3} \text{ H/W} < C_H < 1.36 \times 10^{-2} \text{ H/W}$) では、平均ヤング率は $E = 287.4 \text{ GPa}$ ($C_H = 6.51 \times 10^{-3} \text{ H/W}$) から $E = 279.9 \text{ GPa}$ ($C_H = 1.36 \times 10^{-2} \text{ H/W}$) まで変化し、 $\Delta C_H = 1.0 \times 10^{-3} \text{ H/W}$ ごとに $E = 1.1 \text{ GPa}$ の減少が見られた。

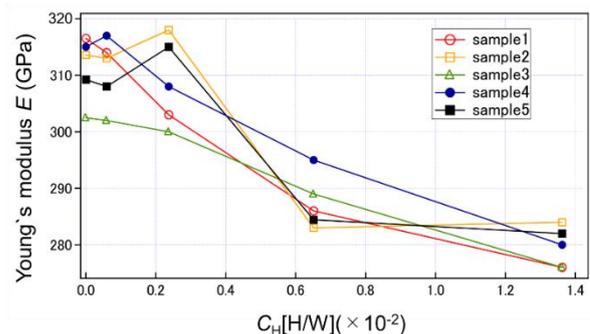


Fig.1 Obtained Young's modulus compared by different degree of hydrogen concentrations (varying from 0.0 [H/W] up to 1.36×10^{-2} [H/W]) for several samples.

水素吸蔵によるヤング率の低下 ($C_H = 1.36 \times 10^{-2} \text{ H/W}$) は、相対的に約 10% 近いものであることが確認された。このヤング率の変化のインパクト評価については、約 350 K の温度変化によるタングステンのヤング率変化に相当する[5]。すなわち、等温環境下でのヤング率変化としては極めて大きなものであると評価される。また、タングステンのヤング率が、欠陥にトラップされた固溶水素に比べて、格子間に存在する拡散性の固溶水素の影響をより強く受けることを示している[6]。

4. 参考文献

- [1] R.A. Oriani, "HYDROGEN EMBRITTLEMENT OF STEELS", *Annu. Rev. Mater. Sci.*, **8**, (1978), 327-357.
- [2] Y. Murakami *et al.*, "Hydrogen Embrittlement Mechanism in Fatigue of Austenitic Stainless Steels", *Metallurg. Mater. Trans. A*, **39**, (2008), 1327-1339.
- [3] R. Cantelli *et al.*, "Internal friction due to Long-Range Diffusion of hydrogen in Niobium (Gorski effect)", *Phys. Stat. sol.*, **34**, (1969), 597.
- [4] H.T. Uchida *et al.*, "Absorption kinetics and hydride formation in magnesium films: Effect of driving force revisited", *Acta Mater.*, **85**, (2015), 279-289.
- [5] G.P. Škoro *et al.*, "Dynamic Young's moduli of tungsten and tantalum at high temperature and stress", *J. Nucl. Mater.*, **409**, (2011), 40-46.
- [6] R. Oriani, "The diffusion and trapping of hydrogen in steel", *Acta Metallur.*, **18**, (1970), 147-157.

Bond Valence Sum を用いた新規蛍光体探索による青緑色発光蛍光体 $Ba_6Si_{10}O_{26}$ の開発

*木内泰成・森川崇志・**富田恒之（東海大学）

佐藤泰史（岡山理科大学）・小林亮（名古屋大学）・垣花真人（大阪大学）

【Introduction】

Eu²⁺賦活蛍光体の 4f-5d 遷移による発光は結晶場分裂の影響を受けやすく、分裂幅により発光波長が広い領域で変化する事が知られている。目的の発光波長をえる上で、母体結晶の探索が非常に重要である。

我々の研究グループでは、商業的利用価値の高い赤色発光蛍光体の新規母体候補の探索に Bond Valence Sum (BVS) を活用した母体の絞り込みを行なっている。絞り込まれた母体候補に対して、錯体ゲル法を用いた並列合成を行うことで、効率的な母体探索が可能である。本研究では、賦活先として $Ba_6Si_{10}O_{26}$ に着目し、Eu²⁺賦活新規蛍光体の開発を行なった。

【Experimental】

無機結晶構造データベース (ICSD) を活用し、得られた Ba 系複合酸化物に対して、BVS の数値や特定元素の有無などで絞り込みを行なった。得られた各母体候補の化学量論比に基づいて各種ストック溶液を混合し、クエン酸錯体ゲル法を用いて前駆体を合成、還元焼成によってサンプルを得た。良好な発光を示した $Ba_6Si_{10}O_{26}$ について XRD 測定及び PLE スペクトルによる結晶構造と発光特性の評価、BVS を用いた占有サイトの特定を行った。

【Results&Discussion】

$Ba_6Si_{10}O_{26}$ は単相の白色粉末として得られた。このサンプルは 254nm での励起によって 466nm の明るい青緑色の強い発光が確認できた。Eu²⁺の占有する $Ba_6Si_{10}O_{26}$ の Ba サイトは 3 種類存在し、それぞれの BVS は 1.94/1.712/1.669 であり、対応する発光波長は、617nm/481nm/467nm である。今回合成した $Ba_6Si_{10}O_{26}$ の発光波長が 466nm であることから、本研究で合成した $Ba_6Si_{10}O_{26}$ の Eu²⁺は BVS1.669 の Ba サイトを占有していると考えられる。今後は、 $Ba_6Si_{10}O_{26}$ の Eu²⁺賦活量の最適化を進めると共に、目的となる赤色発光を得るために、 $Ba_6Si_{10}O_{26}$ の BVS1.94 のサイトに選択的に賦活することのできる手法の開発、その他の有力な母体候補についても合成条件の検討を行なっていく予定である。

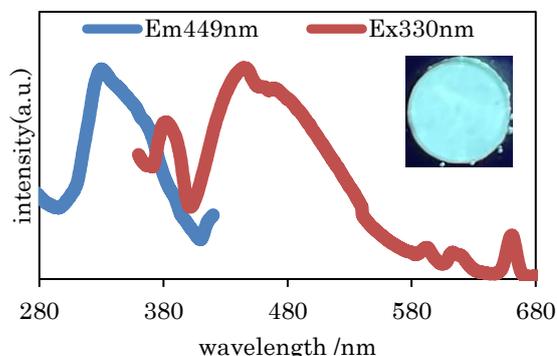
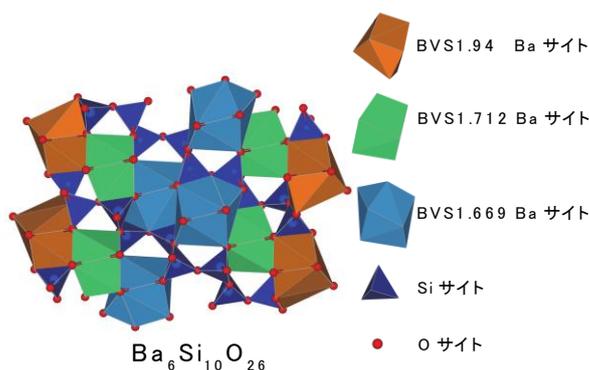


Fig.1 Emission and excitation of Eu1% doped $Ba_6Si_{10}O_{26}$ PLE spectrum



[1] 笹原新平他、日本化学会 CSJ 化学フェスタ 2017 講演要旨集

アナターゼ型とブルッカイト型 TiO_2 の混合比の違いによる有機ペロブスカイト型太陽電池の発電特性の評価

*佐藤 来希(東海大 理)、粕谷 航平(東海大 理)、Nuth Sophal・磯村 雅夫・金子 哲也(東海大 工)、小林 亮(名古屋大)、垣花 真人(阪大産研)、**冨田 恒之(東海大 理)

【Introduction】

有機ペロブスカイト型太陽電池(PSCs)は現在最も普及している Si 型太陽電池に匹敵する性能を持ち、容易なプロセスにより低コストでの製造が可能であることから注目を集めている。PSCs は電子輸送層(ETL)と正孔輸送層とで光を吸収するペロブスカイト層を挟んだ構造をしており、ETL には主に TiO_2 が使われている。 TiO_2 にはアナターゼ(AT)型、ルチル型、ブルッカイト(BK)型、ブロンズ型など様々な結晶多形があり、一般に合成が容易なアナターゼ型とルチル型を ETL に用いることが多く、最近ではブルッカイト型を用いた報告もある¹⁾。しかし、異なる多形を混合させて ETL として用いた報告は少ない。上記の TiO_2 は水溶性チタン錯体を用いた水熱合成法にて単相で得られる²⁾。本研究では、水溶性チタン錯体を用いた水熱合成法で得られた AT 型と BK 型 TiO_2 を混合し、PSCs の ETL としてデバイスを作製して、その評価を行なった。

【Experimental】

金属 Ti 粉末を H_2O_2 と NH_3 aq. で溶解させた後、錯形成剤としてりんご酸(MA)、またはグリコール酸(GA)を加えて、蒸発乾固した。その後、蒸留水を加えて 0.25 M で MATi 錯体水溶液(Ti/MA aq.)と GATi 錯体水溶液(Ti/GA aq.)をそれぞれ調製した。Ti/MA aq. を用いて水熱合成を 200 °C、5 時間で行うことにより AT 型 TiO_2 、Ti/GA aq. を塩基性条件下で水熱合成を 200 °C、5 時間で行い、BK 型 TiO_2 を得た。それらを混ぜ合わせ、混合分散液とした。PSCs の各層はスピコート法で成膜を行い、電極に金を蒸着させる方法で作製した。得られた試料はラマン分光法で結晶構造の同定をし、作製したデバイスは $J-V$ 測定にて太陽電池としての発電特性を評価した。

【Results & Discussion】

ラマンスペクトルから、得られた TiO_2 はアナターゼ型、ブルッカイト型がそれぞれ単相で得られていることを確認した。

Fig. 1 はアナターゼ型、ブルッカイト型 TiO_2 を 1 : 1 の mol 比で混合した分散液を ETL に用いたデバイスの $J-V$ 測定結果である。作製したデバイスは 6.56 % の発電効率を示していた。

今後はアナターゼ型とブルッカイト型 TiO_2 の混合比の検討やその他結晶多形を用いたデバイスを作製して、評価を行なっていく予定である。

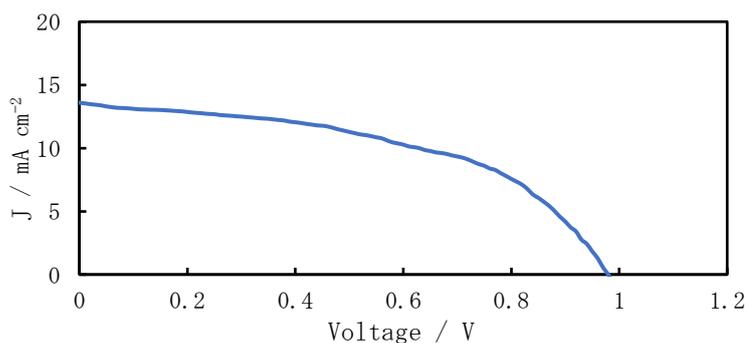


Fig. 1 $J-V$ curve

1) Md. Shahiduzzaman et al., Nano Lett., 19, (2019), 598–604

2) K. Tomita et al., Angew. Chem., Int. Ed., 45 (2006), 2378

高熱伝導率粒子を添加したポリイミドの熱伝導率向上

*谷澤大樹(東海大学材料科学科)、則正雄賀(東海大学院工学研究科応用理化学専攻)

**高尻雅之(東海大学材料科学科)

1. 緒言

電子機器の回路の高密度化・高速化に伴い、電子部品から発生する熱を逃がすことが重要な課題とされている。ポリイミドは、優れた熱安定性、機械特性、低誘電率により、絶縁材料として、回路基板や機械部品などで使用されている。⁽¹⁾さらに、ポリイミドは3 ω 法の絶縁膜として用いられることがある。しかし、ポリイミドは熱伝導率が低いため、基板などの放熱が困難である。よって、ポリイミドに熱伝導率の高いAlNを添加することで、ポリイミドの熱伝導率の向上により、基板の熱を逃がすことが可能になる。さらに、ポリイミドは3 ω 法の絶縁膜として用いられることがある。ポリイミドの熱伝導率の向上により、精度の高い熱伝導率測定に改善することができる。

2. 実験方法

AlN(ポリイミドの質量に対して20%, 40%, 60%, 80%)、1-メチル-2-ピロリドン(分散剤)を15分間超音波分散したのち、スターラーにより、1時間攪拌した。そこにポリイミド(約14g)を入れ、さらに1時間攪拌した。その後、アルミナ基板にスピコート法を用いて、最大回転数1000 rpm, 500 rpmの条件で成膜し、100°Cで10分間真空乾燥した。真空蒸着法により3 ω 法で用いる金属回路を蒸着したのち、3 ω 法により、熱伝導率を測定した。

3. 実験結果

図1(A)AlNのSEM像、図1(B)にAlN添加量60%のポリイミドの断面SEM像を示す。また、図2にスピコートの最大回転数500 rpmのAlN重量比と熱伝導率の関係を示す。図1(A)より、AlNの形状が楕円形とわかる。よって、図1(B)より、ポリイミドにAlNが添加されていることが分かる。図2より、AlNの添加量を増やすごとに熱伝導率が大きくなることが分かった。ポリイミドより、熱伝導率が高いAlNの伝熱路が形成され、熱伝導率が向上したと考える。

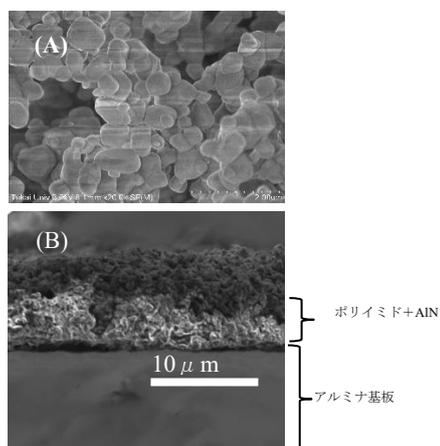


図1 (A)AlN Sem像
(B)AlN添加量60%の断面SEM像

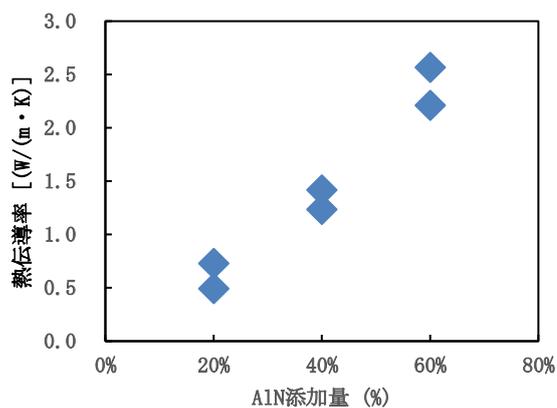


図2 AlN添加量と熱伝導率の関係(500 rpm)

4. 参考文献

- 1) Tung-Lin Li and Steve Lien-Chung Hsu. J. Phys. Chem. B 2010, 114, 6825-6829
- 2) 山根常幸 Netsu Bussei 15 [2] (2001) 108/112

ダンゴムシの排泄物の農業利用について

*池田英樹(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、**小栗和也 室田憲一(東海大学教養学部人間環境学科)

1. はじめに

農林水産、食糧・農業・農村白書によると『農業の向上性は、機械化、生産基盤の整備、品種改良の促進のほか、化学肥料や農薬の施用により、図られてきた。一方、たい肥等の有機質肥料から化学肥料への依存が高まるなか、耕畜連携の衰退や労働力不足等や不適切な資材利用・管理により、農業生産活動による環境負荷の拡大が問題となっている。このため、農業において自然循環機能の、環境への負荷の低減を目指した。環境保全型農業の取り組みが推進されている。』【1】。環境保全型農業利用において化学肥料、化学農薬などの人工的な化学物質を極力使用せず、自然由来の栄養素を土地に供給することが必要不可欠である【1,2】。すなわち、農地の地力を自然のシステムに基づいて向上させることが現在の環境保全農業は食料廃棄物の自然発酵物やミミズによる有機物の碎片化による作られた有機肥料を農地に投入することで農業の地力を向上させている。

ところでダンゴムシは土壌動物であり、ミミズ同様自然界において有機物の碎片化に寄与している【3,4】。ミミズ排泄物はその農業利用も含めて多くの研究が行われているのに対して、ダンゴシ排泄物についての研究は乏しい。そこで本研究では、雑食性で採取・飼育が簡単なダンゴムシの排泄物の農業利用を目指し、排泄物を用いた植物の生育実験と地力にどのように影響するかの検討を目的とした。

2. 実験方法

本研究の対象生物には、オカダンゴムシ(ダンゴムシ) (*Armadillidium vulgare*) 用いた。ダンゴムシの採集には見つけとり法【5】を用い、東海大学湘南キャンパス構内で採集を行った。採集したダンゴムシは排泄物の関係を明らかにするため、砂利を敷き詰めた容器に入れ、水分のみを与えた絶食条件下に2日間において消化管内容物を排出させた後ケヤキ (*Zelkova serrata*) 枯葉を餌として与えた。供試植物としてコマツナ (*Brassica rapavar.periviridis*) 用いて、試験区はダンゴムシの排泄物(1g)区、排泄物(3g)区、コントロール区の3試験区を用意し、1試験区5ポッドずつ栽培を行う。栽培場所は、人工気象器内(25℃、明期12h、暗期12h)で栽培を行う。栽培期間は30日間で、東海大学湘南キャンパス武道館裏の畑土を使用する。栽培期間終了後に、生体重、地上部高、根長を測定する。

3. 結果および考察

図1にダンゴムシの排泄物を用いた栽培実験の結果を示す。この結果から少量のダンゴムシの排泄物配合は植物の生長に正の影響を及ぼすことを確認した。また、排泄物が多い方がより正の影響を与える。栽培実験の他に保水力の実験とpHの実験を行う。実験の結果について、当日の発表で報告する。

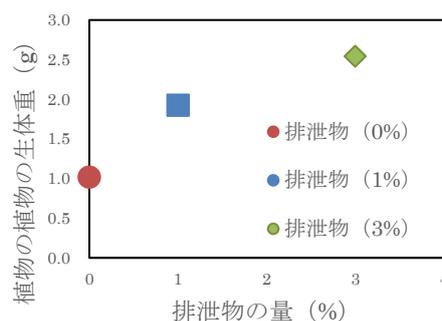


図1 排泄物の配合を変えたときの植物の生体重

4. 参考文献

- 【1】農林水産、食糧・農業・農村白書(2006) p.141-144
- 【2】後藤逸男 環境・資源・健康を考えた 改訂新版 土と施肥の新知識(2021) p.131
- 【3】皆越ようせい 「コロコロ丸まるダンゴムシの暮らし」自然保護(2020) p.19
- 【4】飯田敏也 日本微生物資源学会第20回大会 p.11
- 【5】宮内久 土の中の生きものからみた横浜の自然—ダンゴムシ・大型土壌動物・ササラダニー—(2017) p.88

スピコート法により結晶シリコン上に形成した酸化チタンの電子選択層への応用と評価

* 久瀬登雲、篠崎貴紀（東海大学工学研究科電気電子工学専攻）、
金子哲也、** 磯村雅夫（東海大学工学部電気電子工学科）

1. 背景・目的

酸化チタンはシリコンを含む様々な材料に対して高い電子選択性があることが知られており、バンドギャップも 3.2eV と広く、高い光透過性も持つことから結晶シリコン太陽電池の電子選択層としての活用が期待されている。本研究では比較的容易なプロセスであり低温・短時間で成膜が可能なスピコート法で成膜した酸化チタンの結晶シリコン太陽電池の n 型エミッターへの応用を目的とし検討を行った。

2. 実験方法

p 型シリコン基板の自然酸化膜を 3% のフッ化水素で除去したのち、30% の硝酸または 30% の過酸化水素を用いて表面に SiO_2 薄膜を形成し、その後スピコート法により TiO_2 薄膜を成膜した。スピコートには東海大学理学部化学科の富田研究室製作の単結晶ナノ結晶アナターゼ型酸化チタン溶液を使用した。スピコート後、電気炉を使用し 150℃、1 時間のポストアニールを行ない TiO_2 薄膜を定着した。受光面にスパッタリングにより ITO を成膜後、真空蒸着機を用いて楕形電極を形成した。評価方法はソーラーシミュレータを用いての I-V 測定を行った。

3. 実験結果

図 1 に硝酸、図 2 に過酸化水素を用いて SiO_2 膜を形成した太陽電池の暗状態および光照射状態の電圧電流特性を示している。双方とも整流性が確認でき、ダイオードの形成に成功した。暗電流では硝酸で SiO_2 膜を形成したサンプルの方が逆方向バイアス印加時のリーク電流が抑えられており良好なダイオード特性が得られている。これらは過酸化水素の方が硝酸よりも SiO_2 膜が薄いためだと思われる。一方で、双方とも順方向バイアス時に光電流が現れず発電が確認できていない。硝酸や過酸化水素で SiO_2 膜を形成した今回のサンプルでは、界面付近の欠陥を終端できず十分なパッシベーション性能が得られていないと考えられるため更なる検討を行う必要がある。

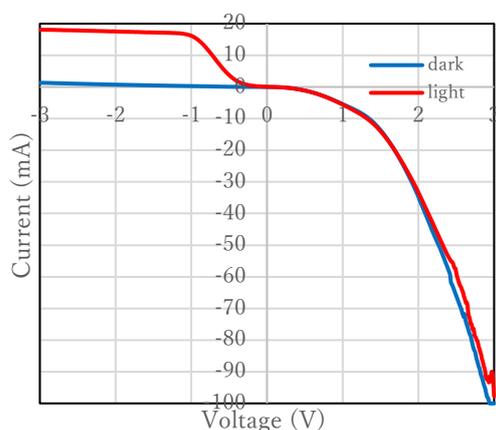


図 1 硝酸を用いて SiO_2 膜を形成した太陽電池の暗状態および光照射状態の電圧電流特性

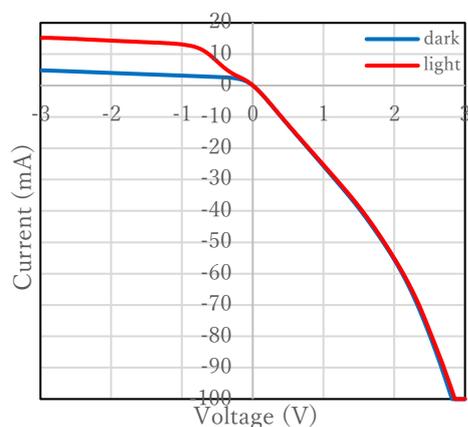


図 2 過酸化水素を用いて SiO_2 膜を形成した太陽電池の暗状態および光照射状態の電圧電流特性

Optimization of Brookite TiO₂ NPs Solution for Preparing the Electron Transport Layer of Flexible Perovskite Solar Cells

*Nuth Sophal, **Tetsuya Kaneko, **Masao Isomura (Course of Electrical and Electronic Engineering, Graduate school of Engineering, Tokai Univ.), Tetsuhiro Katsumata, Koji Tomita (Course of Chemistry, Graduate school of Science, Tokai Univ.)

Recently, flexible perovskite solar cells (PSCs) have received much attention from the academic and the industrial communities because of lightweight, bendable, and suitable for roll-to-roll industrial production and can be integrated easily over any surface. Titanium oxide (TiO₂) is well known as Electron Transport Layers (ETLs) of PSCs, but requires relatively high temperature processes. We could successfully fabricate ETLs by using single crystalline brookite TiO₂ nanoparticles (BK TiO₂ NPs) at 80 °C for flexible plastic substrates. To achieve high energy conversion efficiency for flexible PSCs, the optimization of BK TiO₂ NPs solution was conducted for spin-coating processes. Flexible PSCs were formed on the PEN/ITO/thin-sputtered-TiO₂ substrates spin-coated by the BK TiO₂ NPs solutions with different densities.

Figure 1 shows the current density-voltage characteristics (J-V curve) of the flexible PSCs with different three BK TiO₂ NPs solutions, BK TiO₂ NPs of 5 mmol dissolved in H₂O of 7.5, 9.0 and 10.0 mL. In the case of 7.5 mL, the PSC exhibits relatively high performance with short circuit current (J_{sc}) of 17.0 mAcm⁻², open circuit voltage (V_{oc}) of 1.03 V, fill factor (FF) of 67% and conversion efficiency (PCE) of 11.8 % in reverse voltage scans. Figure 2 shows the incident photon to current efficiency spectra (IPCE) of the same PSCs. The PSC of 7.5mL exhibits relatively high IPCE spectral response, which is reflected in the higher J_{sc}. The good efficiency on the 7.5mL substrate is probably due to more efficient light absorption because of its proper thickness and better uniformity. The present work might provide us a good finding to realize flexible PSCs.

The authors acknowledge the support from Research and Study Project of Tokai University General Research Organization.

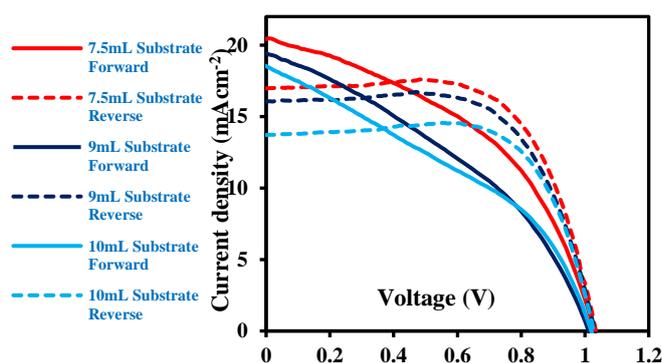


Figure 1 J-V characteristics of the flexible PSCs with different three BK TiO₂ NPs solutions. The data were taken from reverse and forward voltage scans.

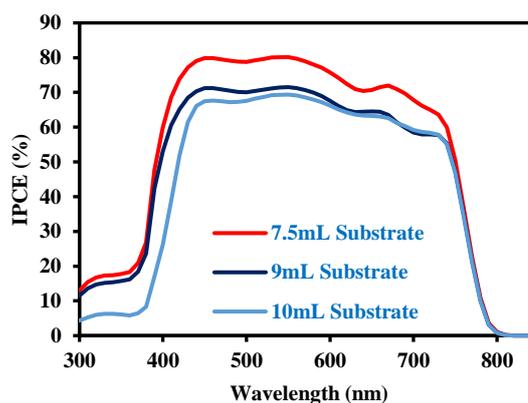


Figure 2 IPCE spectra of the flexible PSCs with different three BK TiO₂ NPs solutions.

La化合物を用いたメカノケミカルCO₂メタネーションの *in-situ* 測定

*澤原 馨登 (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)

1. Introduction

近年、化石燃料の大量消費による地球温暖化が問題となっている。この問題を緩和する方法の1つとして大気中のCO₂のメタネーションが提案されている。従来のメタネーションでは200°C~300°Cほどの高温が必要とされてきたが、これまでの我々の報告において、La-Ni系水素吸蔵合金をH₂+CO₂雰囲気においてボールミリングを行うことにより、室温でのCO₂メタネーションが可能であることが明らかとなった[1-3]。さらに、メタネーション時においてLa-Ni系合金がLa化合物相(La-oxide, Hydroxide, Carbonate etc.)とNi相に相分離が生じることが確認されている。しかしながら、この相分離により生じたLa化合物相がメカノケミカルCO₂メタネーションに及ぼす影響については明らかとなっていない。

そこで、本研究ではNiとLa₂(CO₃)₃または、La(OH)₃を雰囲気制御された容器中でボールミリングを行うことにより、La化合物がメカノケミカルCO₂メタネーションに及ぼす影響について、質量分析計を用いた *in-situ* ガス分析により調査した。

2. Experimental

今回実験に用いたボールミリング装置は自作のジューベルト装置と四重極型質量分析計(QMS)と接続済みである為に、導入ガスのコントロールとその場ガス分析が可能である。

実験条件をTable 1に示す。炭酸塩を用いたCO₂メタネーションには、シグマアルドリッチより購入した炭酸ランタン水和物と高純度化学より購入したNi(99.9%)を1:5の比率で全量0.6gでポットに導入した。水酸化物を用いたCO₂メタネーションの検証においてはLa₂O₃(和光)を大気にて完全水酸化させたLa(OH)₃とNi(高純度化学)を1:1の比率で全量0.5gとなるようにポット内に導入した。どちらの実験も試料導入後、装置内部を6.0×10⁻⁵Paまで真空引きをおこなった。その後、炭酸塩の場合にはH₂ gas(purity: 7N)、水酸化物の場合にはCO₂

gas(Purity: 99.5%)を流量10 ccmでフローさせ、メタン生成の確認を行った。ガスフロー時の全圧は2.0×10⁻² Paとした。

3. Results

QMSによるその場ガス分析の結果より、メタン生成を確認した。このことより、炭酸塩を水素雰囲気下でボールミリングを行うことにより、炭酸塩を炭素源とするメタネーションが可能であることが明らかとなった。さらに、La(OH)₃をCO₂雰囲気においてボールミリングを行うことによっても、炭酸塩同様にメタネーションが可能であることが確認された。詳細については当日報告する。

Table 1 Experimental conditions

	Carbonate	Hydroxide
Sample	La ₂ (CO ₃) ₃ · nH ₂ O + Ni 1:5 = 0.6 g	La(OH) ₃ + Ni 1:1 = 0.5 g
Atmosphere	CO ₂ (3N)	H ₂ (7N)
Degree of vacuum	6.0 × 10 ⁻⁵ Pa ⇒ 2.0 × 10 ⁻² Pa (gas flow)	
Milling Temp.	20 °C	

4. Reference

- [1] Yatagai K, Gemma R, Uchida H-H, Oguri K. Methanation of CO₂ by using LaNi₅ alloy with ball-milling method LaNi₅を用いたCO₂とH₂からのCH₄の生成. J. Adv. Sci. vol. 31. 2019.
- [2] Yatagai K, Shishido Y, Gemma R, Boll T, Uchida HH, Oguri K. Mechanochemical CO₂ methanation over LaNi-based alloys. International Journal of Hydrogen Energy.2020;45:5264-75.
- [3] Sawahara K, Gemma R. In-situ monitoring of CO₂ methanation: pressure change upon ball-milling of LaNi₅ under CO₂ and H₂ 振動型ボールミルを用いたLaNi₅によるCO₂メタン化反応のモニタリング. J. Adv. Sci. vol. 33. 2021.

Ni 担持 CaO 触媒上における CO₂ メタン化反応

林 諄眞(東海大学大学院工学研究科)、澤原 馨登(東海大学大学院工学研究科)、**源馬 龍太(東海大学材料科学科)

背景

近年、化石燃料使用による二酸化炭素濃度上昇に伴う地球温暖化現象が問題となっている。そこで大気中の二酸化炭素からメタンを生成することが考えられており、一例として、サバティエ反応の利用があげられる。この反応には Ni 等の触媒が必要であり、高効率にメタン生成可能な触媒の開発が求められている。先行研究において、LaNi₅ を触媒としてボールミリングを用いてメタン化を試みた結果、メタン生成が可能であることがわかっている。さらに、反応時には触媒として用いた LaNi₅ が相分離を起こし、La の酸化物と Ni にナノスケールで分離した Ni/金属酸化物複合体となっており、その界面における高い触媒活性が示唆された。そこで、本研究では、安価且つ CO₂ との反応が容易な金属酸化物である CaO に Ni を担持させた複合粉末の作製を試み、そのメタン生成触媒としての可能性について調べることを目的とした。

実験方法

遊星ボールミルを用いて、CaO 粉末に Ni 粉末を担持させた(CaO 1.0 g, Ni 1.0 g, 湿式 ヘキサン, 150 RPM, 50 h)。作製した CaO-Ni 複合粉末を用い、固定床触媒反応装置(図 1)により CO₂ メタン化(表 1)を行なった。ガスクロマトグラフを用いてガス分析及びメタン生成量の算出を行った。メタン化後の試料について XRD, SEM/EDX を用いて相の同定及び組成分析を行なった。

表 1 メタン化条件

methanation conditions	
temperature	400~℃
Gas flow rate	H ₂ 40 ml
	CO ₂ 10 ml

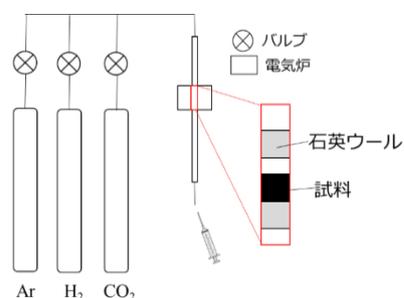


図 1 固定床触媒反応装置

結果及び考察

SEM/EDX による分析結果図 2 に示す。作製した CaO-Ni 粉末はボールミリング前と比べ粒径が減少していること及び図から Ni が CaO に担持されていることが確認でき

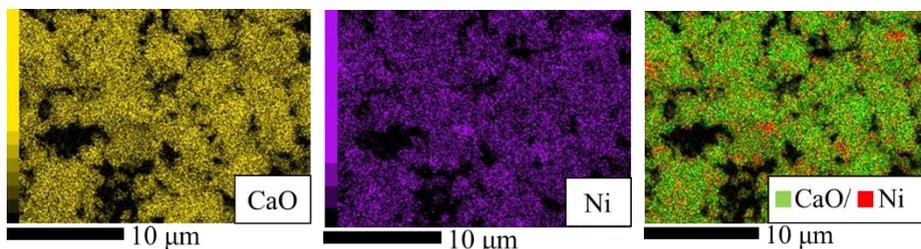


図 2 EDX による組成分析

た。この試料を用いて CO₂ メタン化を試みたところ、400 °C でメタンの生成を確認することができたが、サバティエ反応に伴う水蒸気の発生は確認できなかった。その為、温度を上げ実験を継続した結果、490 °C で水蒸気の発生を目視することができた。この時の生成ガス中におけるメタンの体積分率は 3%程度にとどまった。実験後の試料について XRD を用いて相の同定を行なったところ、メタン化後の試料は酸化カルシウムから炭酸カルシウムへと変化していることが確認されたことから、CaO が CO₂ と反応し炭酸化したことが示唆される。このため、今後は炭酸カルシウム中の炭素を利用したメタン生成の可能性について、実験的な検討を行う。

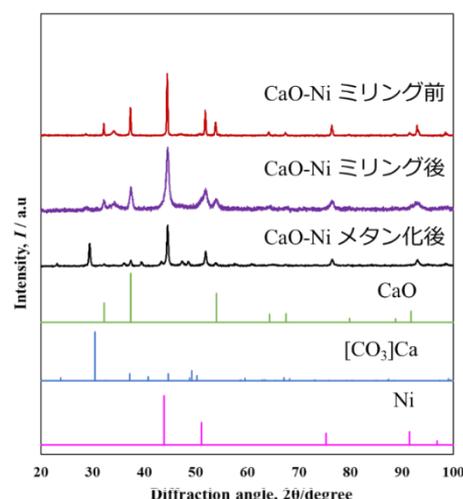


図 3 XRD 測定結果

固体粉末を用いたボールミリング法による水からの水素生成

*芝野寛了(東海大学院 工学研究科 理化学専攻)、小栗和也(東海大学 教養学部 人間環境学科)

**源馬龍太(東海大学 工学部 材料科学科)

【背景・目的】

近年地球温暖化が深刻になっており、二酸化炭素の削減に努めるよう世界全体が国連気候変動枠組み条約などを取り決めてガスの排出を取り締まっている。日本での二酸化炭素の発生原因として「エネルギー変換」が最も多く、このエネルギー変換に化石燃料を用いるために年間 5 億トン以上の二酸化炭素が排出されており、エネルギー変換に使用する燃料を化石燃料から切り替える必要がある。また、世界全体でのエネルギー消費は加速度的に増加しており、現在のエネルギー変換に使用している化石燃料から脱却する必要から、新たな代替燃料として水素の利用が検討されている。現在、水素の生成は主に水の電気分解により行われているが、この電気分解に使用する電力は化石燃料を用いた火力発電により賄われている。したがって、二酸化炭素の発生を伴う上記の方法で生成された水素はクリーンな燃料とは言い難い。そこで、再生可能エネルギーを用いた水素生成が注目されているが、この場合では生成コストが全体的に増加してしまい安価な燃料としては使いづらくなってしまうことが問題点として挙げられている。先行研究において、Si を用いた水のボールミリングによる分解が報告されている[1]。また、Ge の酸化物がボールミリングにより還元される現象も実験的に確認されている [2]。そこで、本研究では Ge 固体粉末の酸化反応を用いた水からの水素生成を検討し、ボールミリング条件の違いによる水素生成量への影響について基礎的な検討を行うことを目的とするとともに、水素生成に伴って生じる Ge 酸化物の還元の可能性についても調査を行った。

【実験方法】

Cr 鋼ポットとジューベルト装置をつなぐアタッチメントを作製した。Cr 鋼ポットに Ge 粉末を 0.5 g と Cr 鋼球(直径 5 mm)を 38 個入れ、内部の真空引きを行った後、He ガスと蒸留水 20 mL をポットに充填した。この時充填した He ガス量は、ジューベルト装置と接続したポット内までを 1 atm になるように He ガスを 37 mL 入れた。また、この時のジューベルト装置からポットまでを含めた圧力を測定した。遊星ボールミル装置を用い、回転速度 100 rpm にて 5、15、25、50 時間でのボールミリングを行った。ポットを装置から回収し、ジューベルト装置と接続し内部の圧力を測定し、ポット内ガス組成をガスクロマトグラフ装置により分析することにより水素ガスの定量を行った。走査型電子顕微鏡(SEM)とエネルギー分散型 X 線分析法(EDX)による元素分析を行った後、X 線回折(XRD)により相の同定を行った。

【結果・考察】

図 1 は、ジューベルト装置に接続して測定されたポット内での圧力変化の結果であり、黒は Ge 粉末の酸化に伴い発生した水素ガス、赤はミリングに伴って生じる切削粉の酸化により発生した水素ガスである。ミリング前の試料と 50 時間ボールミリングを行った試料の XRD による測定結果を図 2 にそれぞれ示した。図 1 より、時間の経過により生成される水素の量は増加していることが確認された。ポット内ではボールミリング中に切削粉が生じ、その切削粉から微量ながら水素が生成される。図 1 では切削粉からの影響は小さく、生成されている大部分の水素ガスは Ge 粉末によって生成されているものであることが確認できる。図 2 より、最も酸化されていることが予想される、50 時間ボールミリングを行った Ge 試料において、GeO₂ ピークは確認されなかった。このことから、Ge 試料による蒸留水の分解の余地はまだあるのではないかと考えられると同時に、GeO₂ の還元が生じている可能性が示唆された

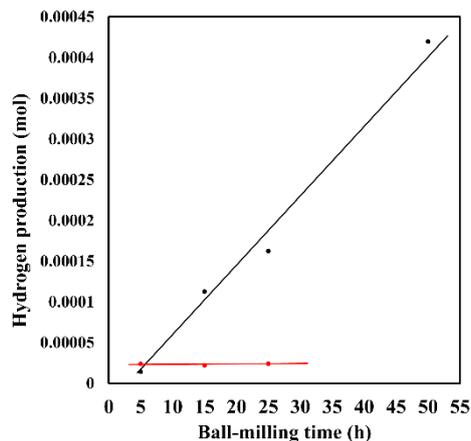


図 1 時間経過による水素生成量変化

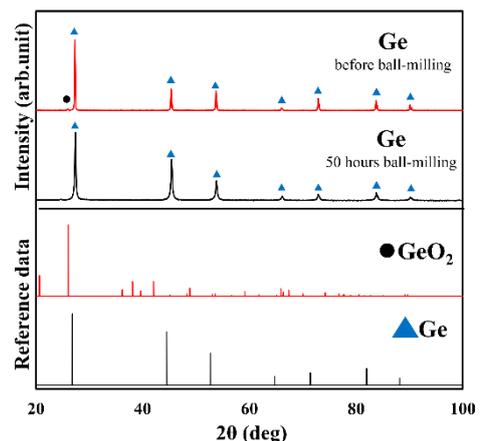


図 2 XRD 分析結果

【参考文献】

- [1] F. Delogu, Hydrogen generation by mechanochemical reaction of quartz powders in water, International Journal of Hydrogen Energy. 36 (2011) 15145-15152.
- [2] K. Oguri, private communication.

Ni/Al₂O₃ 複合化粉末を触媒として用いた CO₂ のメタン化の検討

*國本 怜遠(東海大学工学部材料科学科)、**源馬 龍太(東海大学工学部材料科学科)

1. 緒言

近年、大気中の CO₂ 濃度の急増に伴う地球温暖化が問題となっており、これを緩和する方法の一つとして大気中の CO₂ のメタン化が挙げられる。

CO₂ メタン化反応には Ni 等の触媒が必要となるが、触媒のサイズと構造および担体との組み合わせが触媒性能に著しい影響を与える。担体は触媒の凝集を防ぐだけでなく、CO₂ の吸着、活性化、変換の促進にも重要な役割を果たしている。これまでに報告されている Ni 触媒の担体として SiO₂、MgO、Al₂O₃、TiO₂、CeO₂、ZrO₂ などが挙げられる [1]。これらの酸化物担体の中でも、 γ -Al₂O₃ は金属酸化物の中でも低コストで熱的安定性が高く、比表面積が大きく、担持した金属との相互作用が大きいことから、高い触媒活性が得られることから、不均一系触媒における触媒担体として最も一般的に使用される。触媒/担体構造体作製には、含浸法が一般的に用いられる。より簡便かつ複合化の容易な方法としてボールミリングが考えられるが、ボールミリング法による触媒/担体構造体作製の報告は少ない。

そこで本研究では、 γ -Al₂O₃ と Ni(NO₃)₂·6H₂O をボールミリングすることにより Ni/Al₂O₃ 複合化粉末の作製を試み、得られた粉末の CO₂ メタン化触媒としての可能性について評価を行うことを目的とした。

2. 実験方法

γ -Al₂O₃ (純度:99.9% 関東化学薬品)と硝酸ニッケル (Ni(NO₃)₂·6H₂O、純度:99.999% Sigma-Aldrich)と直径 10mm の SUS304 製ボール 10 個を SUS304 製のポットに入れ、遊星ボールミル装置を使用し 150 RPM にて 24 h ボールミリングを行うことにより複合化を試みた。ポットに試料を入れる前段階として硝酸ニッケルに含まれている Ni を γ -Al₂O₃ に付着させやすくするために 45 ml の蒸留水に溶解した。適切な Ni 担持量を調べるために Ni 担持量が 10 wt.% のものと 20 wt.% のものを作製した。ボールミリング後に取り出した試料をビーカーに入れ、ホットスターラ REXIM RSH-1DN(AS ONE)を使用して 150 RPM、100 °C で 2 h 攪拌させながら乾燥させた。固定床式触媒反応装置で行う還元処理の前段階である NiO/Al₂O₃ とするため、すべての試料を 0.5 g ずつ、500 °C に加熱した電気炉で 3 h 煨焼した。試料を石英管に 0.2 g 入れ、固定床式触媒反応装置にセットした後、H₂ を 100 ccm の流量で導入しながら電気炉を 500 °C に加熱し、そのまま 2 h 導入し続けることにより試料の還元処理を行った。その後 Ar を 100 ccm の流量で導入しながら 300 °C まで電気炉の温度を下げ、Ar を止めた後に Ar がガスクロマトグラフィーにより確認できなくなるまで H₂ を 40 ccm の流量で導入した。Ar が確認できなくなった段階で、H₂ と CO₂ をそれぞれ 40 ccm、10 ccm 導入し、メタン生成量の確認を行った。CO₂ を導入した瞬間を 0 h と設定し生成されたガスを 1 h ごとに定量した。実験に用いた試料について、SEM、EDX、XRD を用いて評価を行った。

3. 結果及び考察

Ni 担持量が 10wt.% の試料と 20wt.% の試料の煨焼を行った際、どちらも体積が減少したことを確認した。これは、硝酸ニッケルの硝酸部分が煨焼により気化したものと考えた。重量を測定した結果、10wt.% の試料は 0.5 g から 0.38 g、20wt.% の試料は 0.5 g から 0.42 g への減少が確認された。SEM、EDX、XRD を用いた試料分析結果及び、固定床式触媒反応装置を用いたメタン生成量の定量結果は当日報告する。

4. 参考文献

[1] S. Danaci, L. Protasova, J. Lefevere, L. Bedel, R. Guilet, P. Marty, *Catalysis Today* 273 (2016) 234-243.

均質化法による面内渦電流損解析に関する研究

* 川上 光太郎 (東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)

**大口 英樹 (東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)

1. はじめに

近年、世界の消費電力のうち、モータが40~50%を占めていると言われており、モータの効率向上は消費電力削減に大きく貢献できると考えられる。

一般的な回転機の損失は銅損、鉄損、機械損、漂遊負荷損の四つに分けられる。

参考文献[1]において、100 kW級の永久磁石同期機について、漂遊負荷損が総電気損失の約5割を占める事例が報告されている。漂遊負荷損を低減するためには、損失の発生原因を明確にする必要があり、そのためには損失の解析精度の向上が必要である。

本研究では、漂遊負荷損に含まれる面内渦電流損に着目し、解析精度の向上を目的としている。まず、電磁鋼板を緻密に表現した積層鉄心モデルと、均質化法による塊状鉄心モデルの渦電流損を比較し、均質化法の精度を検証する。次いで、均質化法において影響を及ぼすと考えられる積層方向の電気抵抗率の影響を電磁界解析により明らかにする。

2. 解析モデル

Figure 1 に本研究で使用したシミュレーションモデル(1/2モデル)を示す。Figure 1(a) は0.5 mmの電磁鋼板を4枚モデル化した積層鉄心を示し、Figure 1(b) は電磁鋼板をy軸方向に厚さ2 mmの塊状鉄心としたモデルを示す。

Table 1、Table 2 に解析モデルの材料特性と解析条件をそれぞれ示す。Figure 1 の赤字は各寸法を示し、単位はミリメートルである。

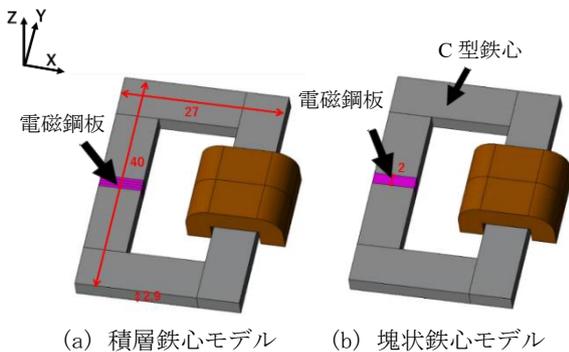


Figure 1 シミュレーションモデル

Table 1 材料特性

部位	特性
C型鉄心	線形材料, 比透磁率=1000
コイル	銅
電磁鋼板	50A400

Table 2 解析条件

項目	値	単位
周波数	100	Hz
電流	3.54	Arms
巻数	1	turn
電磁鋼板の占積率	98.8	%
塊状鉄心の面内方向の電気抵抗率	4.7×10^{-7}	$\Omega \cdot m$

3. 面内渦電流損の解析結果

Figure 2 に積層鉄心モデルと塊状鉄心モデルの各電気抵抗率における面内渦電流損の平均値を示す。

Figure 2 より塊状鉄心モデルは積層鉄心モデルに対し面内渦電流損が約2.9%増加した。今回の解析では起磁力を一定としたため、両者の通過する磁束に差が生じた可能性があり、これにより面内渦電流損に差が生じたと推測する。

塊状鉄心モデルの積層方向の電気抵抗率を5000倍、5万倍、50万倍と変化させたものの、面内渦電流損はほぼ一致した。

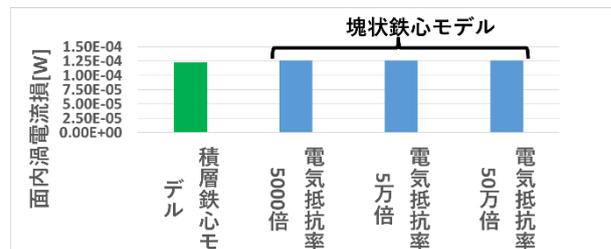


Figure 2 面内渦電流損平均値

4. まとめと今後の課題

(1) まとめ

積層鉄心モデルと塊状鉄心モデルの面内渦電流損はほぼ一致し、均質化法の有用性を確認した。

積層方向のみに磁束が流れる場合、積層方向の電気抵抗率は面内渦電流損に影響を与えないことが明らかとなった。

(2) 今後の課題

1. 積層鉄心モデルと塊状鉄心モデルの貫通する磁束を同一とした面内渦電流損の比較
2. 渦電流損解析に適したメッシュサイズの明確化
3. 電磁鋼板の寸法変化に対する面内渦電流損の明確化

参考文献

[1] Hideki Ohguchi, Satoshi Imamori, Katsumi Yamazaki, Haiyan Yui, Masao Shuto : "Analyses of Circulating-current Loss in Armature Winding and In-plane Eddy-current Loss in Electrical Steel Sheets of Permanent-magnet Synchronous Machines," IEEJ Journal of Industry Applications, Vol. 8, No. 3, pp. 452-457 (2019)

PV スtring におけるパネルベースのホットスポット抑制制御法

***洪 漳寅** (神奈川県立大学電気電子情報工学科)、**高橋 和晃** (神奈川県立大学電気電子情報工学科)、**坂爪 佑斗** (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

近年、太陽光発電システムの設置から数年が経過したパネルの異常報告が増加している。実例として、影による発電電力の低下問題、パネルの破壊や火災を引き起こしてしまうホットスポット現象が報告されている。しかし、従来の MPPT 制御ではホットスポットなどの異常診断ができない。そこで本研究では、PV String においてパネル毎にホットスポットを検知し抑制制御するシステムを提案し、その効果を検討した。

2. ホットスポットの I-V 特性

図 1 に示すようにホットスポットのある String の I-V 特性の中央部分が比較的斜めになっている。この特性を通じて、周期的に電圧・電流をスイープさせて I-V 特性をスキャンし、ホットスポットの有無を判定することが可能である。

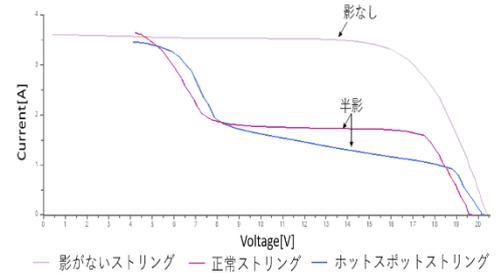
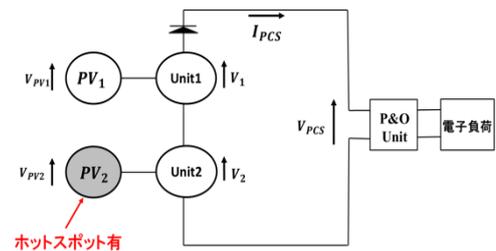


図 1. I-V 特性



3. 実験方法および結果

図 2 は実験に用いた PV アレイの構成を示している。PV パネルの出力側には昇降圧形 DC-DC コンバータユニットを接続している。スキャン周期は 20s、スキャン時間は 30ms、スイッチング周波数は 15kHz。欠陥のあるセルに影を付加し、ホットスポットを発生させる。ホットスポットが検出された場合、5V の Flag 信号を出力する。

発熱特性と P-V 特性より、高電圧側で発熱が低い、発電電力も低い。したがって、できる限り発電電力が得られる発熱回避動作電圧 V_{sov} で動作させる。

図 3 と図 4 に回避動作時の動作波形と電力特性を示す。40 秒時点でスキャンが行われ、ホットスポットを検出したことでホットスポットフラグが ON になり、回避動作が行われ太陽電池電圧が V_{sov} で制御されたことが確認できた。また、図 4 より、ホットスポットの回避制御を行いながら約 30W の電力を得ることができた。

図 2. PV アレイの構成

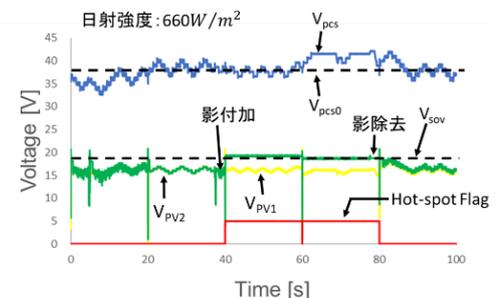


図 3. 回避動作時の各波形

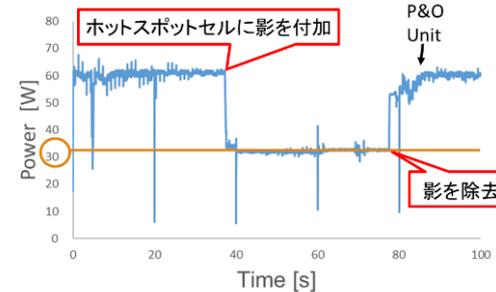


図 4. 回避動作時の電力特性

4. まとめ

本研究では、PV String においてパネル毎にホットスポットを検出し抑制する制御を提案した。その結果、ホットスポットを検出しホットスポット回避動作電圧で動作させることができた。

燃料電池のパージに関する検討

*遠藤琢磨(神奈川県立大学大学院工学研究科) 守野凌介(神奈川県立大学工学部電気電子情報工学科)

島内颯太(神奈川県立大学工学部電気電子情報工学科) 上野航大(神奈川県立大学電気電子情報工学科)

**板子一隆(神奈川県立大学大学院工学研究科)

1. まえがき 燃料電池は水素を使用して酸素と合成することで電気を生み出している。発電の際に供給される水素に不純物が含まれていると発電によって水素は消費されるが、不純物はアノード内に残ったままになる。この不純物が溜まっていくと燃料電池は大幅に出力が低下する。一般的にその対策として一定間隔ごとにアノード内の気体を排出するパージ(掃気)を行うことでアノード内の不純物の排出を行う。しかし不純物が溜まる速度は運転状態等によって変化するため、適切なパージ間隔も状況によって異なる。そこで本研究では適切なパージ間隔の検討を行うために、パージを利用しない場合の出力低下の傾向を調査した。

2. パージの効果 図1に6[A]時における燃料電池の出力電圧の低下の様子とパージによる出力電圧の回復の様子を示す。同図からパージまでは時間が経過するにつれ出力電圧が低下していくことがわかる。また1000[s]付近でパージが行われており、出力が回復していることがわかる。このようにパージを行うことで低下した燃料電池の出力が回復することがわかる。しかし適切でない間隔でのパージは出力低下や無駄な燃料の排出を招き、非効率的な運転に繋がってしまう。

3. 実験方法 図2に実験に用いたシステム図を示す。本実験には固体高分子型燃料電池を用いた。燃料電池に供給する水素はボンベより供給しており酸素は空気より供給している。パージ装置は弁となっており、電圧を印加することで弁を開き、圧力差でアノード内の不純物を排出する。燃料電池の出力側には電子負荷を接続している。定電流モードで動作させており、燃料電池の出力電流を4[A], 5[A], 6[A]に設定し、パージを行わない場合の時間に対する出力電圧の測定を行った。今回は4[A], 5[A], 6[A]についてそれぞれ60分, 50分, 40分間ずつ、3回測定を行った。

4. 不純物による出力低下 図1に時間に対する4A, 5A, 6Aの出力電圧の変化を平均化したものを示す。各電流値とも、3回の測定結果を平均したものである。同図から1000[s]付近まではどの電流値においても同程度の傾きで低下しており、1000[s]を超えたあたりから電流値が大きいほど傾きが大きくなっていることがわかる。この傾きの変化は不純物の堆積によ

ってアノード内の水素濃度が低下し、拡散損失が顕著になるためと考えられる。また電流値が大きいほど変化が大きいのは燃料電池に供給される水素量は電流値に比例するため、電流値が大きいほど不純物の堆積が早いと考えられる。以上より不純物による出力の低下は拡散損失と深い関係があると推察される。

5. まとめ 以上よりパージを利用しない場合について、電流が大きいほど出力の低下が早くなることがわかった。今後は出力低下のデータ数を増やすことで出力低下特性を明確化し、適切なパージ間隔の検討を行う予定である。

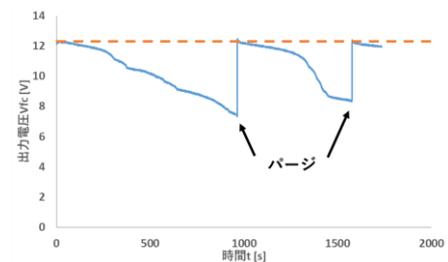


図1 パージによる出力の回復

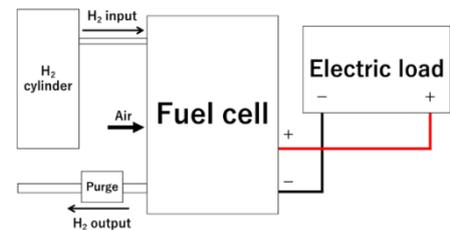


図2 システム図

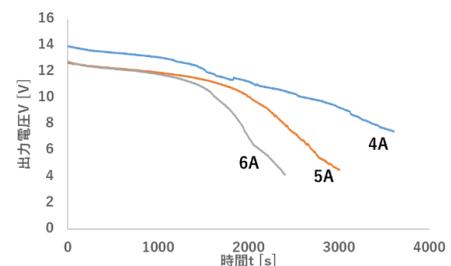


図3 不純物による出力低下

PV の出力変動に対応した Li-ion 電池への充電制御法の開発

* 藤井陸(神奈川工科大学大学院工学研究科)、宮原永遠、宮下駿(神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科)
 **板子一隆(神奈川工科大学大学院工学研究科)

1. まえがき

近年、台風や地震などの災害が頻繁に発生しており、停電により生活が困難な地域も発生している。このような状況で、家庭内の充電機器を太陽電池 (PV) アレイで充電できれば、通信手段を確保することができる。太陽光発電は、災害時においても日射があれば発電できるが、発電電力を利用可能な電力に変換する必要がある。市販の非常用電源はリチウムイオン電池などの蓄電池とセットになっており高価である。そこで、本研究では、PV の出力変動に対応した Li-ion 電池への充電制御法を提案している。この方法は、システムに蓄電池を含まないため安価という特長がある。

2. 提案システム

図 1 に提案システムを示す。太陽電池の電圧を簡易型 MPPT により制御する。MPPT 回路の出力先にスーパーキャパシタを設置している。スーパーキャパシタは発電電力と負荷電力の差分を担う。発電電力が負荷電力よりも小さい場合には Mode1 とし、間欠充電を行う。間欠充電はキャパシタ電圧が設定した上限を上回るとスイッチSがオンとなり、設定した下限を下回るとスイッチがオフとなる。発電電力が負荷電力よりも大きい場合には Mode2 とし、定電圧制御を行う。定電圧制御は、キャパシタ電圧が一定となるように制御を行う。これにより、負荷に必要な電力が供給される。制御には Digital Signal Processor (DSP) を用いている。

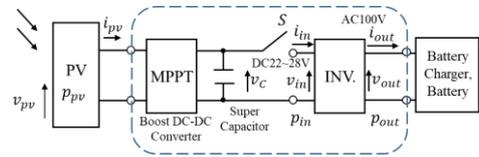


図 1. 提案システム

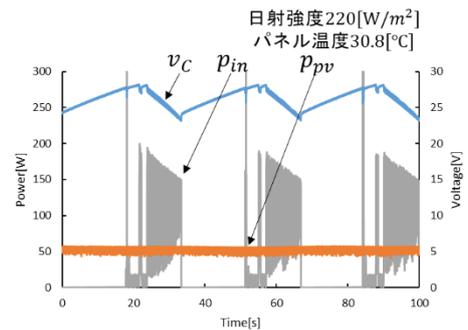


図 2. Mode1(間欠充電)

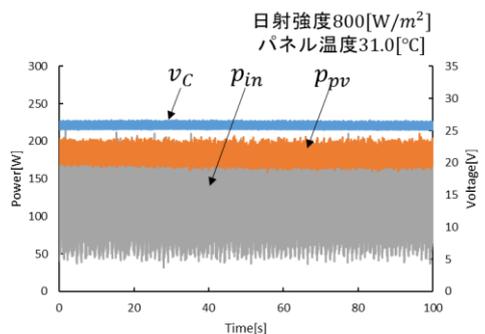


図 3. Mode2(定電圧充電)

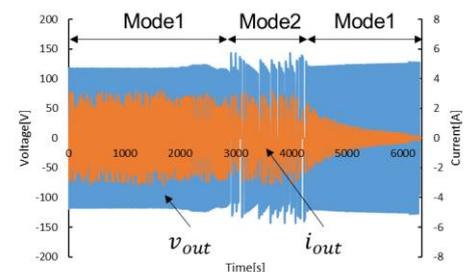


図 4. 満充電

3. 実験結果

太陽電池(公称最大出力56W)を5枚並列に接続し、MPPT回路の出力先にキャパシタ(8.33F/32.4V定格)を設置した。インバータの出力先に電動アシスト自転車のリチウムイオンバッテリー(8.7Ah)を接続し、提案システムの動作試験を行った。図 2 はMode1の v_c , p_{in} , p_{pv} を示している。この図から、キャパシタ電圧が22Vを下回るとSがオフとなりキャパシタの充電、28Vを上回るとSがオンとなりキャパシタの放電がされていることが確認できた。図 3 はMode2の v_c , p_{in} , p_{pv} を示している。この図から、キャパシタ電圧は25Vでほぼ一定となっており、負荷に必要な電力が供給されていることが確認できた。図 4 は電動アシスト自転車のリチウムイオンバッテリーが満充電になるまでの v_{out} , i_{out} を示している。この図から105分程度で充電が完了することが確認できた。

4. まとめ

本研究では、提案した制御方法において、実験結果を示した。結果から提案した制御方法が効果的であることが明らかとなった。

PV 発電システムの系統連系インバータにおける PCCS 法の高調波低減効果

藤井陸(神奈川工科大学大学院工学研究科)、*小谷和希、上田晃瑠(神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科)
 **板子一隆(神奈川工科大学大学院工学研究科)

1. まえがき

太陽光発電用のパワーコンディショナ(PCS)は太陽電池アレイから得た直流電力を交流電力に変換する。そのときに、交流出力の歪みにより高調波電流が発生し、配電系統に様々な障害を引き起こす。そのため、高調波抑制対策ガイドラインが設定されるなど、高調波電流を低減することが強く求められている。筆者らは先に PV 発電システムにおける単相インバータのための新しいピーク電流制御スイッチング (PCCS) 法を提案した⁽¹⁾。この方法は、一定のスイッチング周波数でピーク電流と基準電流の差を最小にする。本論文では、提案手法の高調波低減効果を従来法と比較している。この結果から、提案したスイッチング方式が有効であることが明らかとなったので以下に報告する。

2. PCCS 法

図 1 に単相電圧形フルブリッジインバータを示す。S₁とS₄がオンのときをモード 1 とし、S₂とS₃がオンのときをモード 2 とする。以下の検討では、v_N, i_{Nref}, v_{in}をスイッチング周期ごとに一定と仮定し、モード 1 とモード 2 の比率をピーク電流と基準電流の差が最小となるように決定する⁽¹⁾。この仮定は解析を簡単にするが、スイッチング周波数(20kHz)が電源周波数(50Hz)よりも十分に大きいため成立する。

3. シミュレーション結果

図2, 3は、回路条件を電源電圧V_N= 200V (rms)、スイッチング周波数f_s= 20kHz、系統リアクタンスL_N= 1.8mH、入力電力5kW、入力電圧V_{in}= 300Vとし、図1の回路に従来のヒステリシス電流制御(HCC)法とPCCS法を用いて制御を行ったときの定常状態でのi_N、v_NおよびV_{in}の波形を示している。この図から、両方式ともi_Nが正弦波状に形成されていることが確認できる。

図4は、スイッチング周波数に対するPCCS法とHCC法のひずみ率の比較である。この図から、スイッチング周波数が10~40[kHz]の間では、常にPCCS法がHCC法のひずみ率を1/2程度下回っていることが確認できる。

4. まとめ

本研究では、提案した制御方法と従来のHCC制御のひずみ率を比較した。結果から提案した制御方法が効果的であることが明らかとなった。

文献

(1)藤井, 板子 “PV発電システムにおける系統連系側高調波電流低減のためのPCCS法” 2020 SAS Symposium, No-B-4

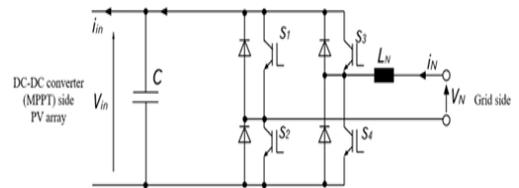


図 1. 単相フルブリッジインバータ

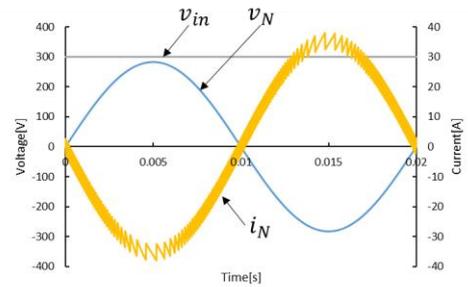


図 2. HCC 法の各部電圧電流波形 (5kW)

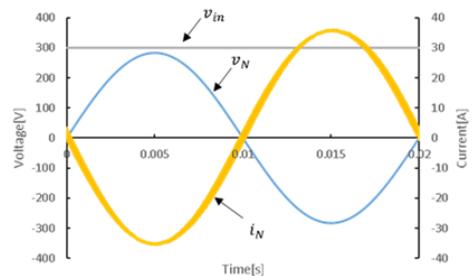


図 3. PCCS 法の各部電圧電流波形 (5kW)

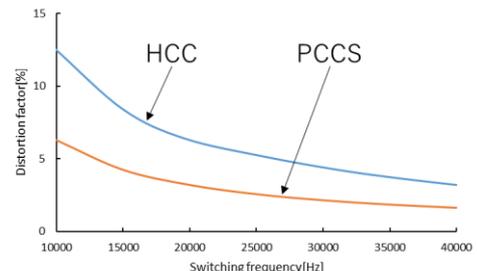


図 4. PCCS 法と HCC 法のひずみ率 (5kW)

太陽電池を搭載した固定翼無人航空機の発電電力モデル

*山下 善基(東海大学大学院工学研究科)、新井 啓之(東海大学情報教育センター)、**木村 英樹(東海大学電気電子工学科)、**佐川 耕平(東海大学電気電子工学科)

1. 緒言

現状の無人航空機 (UAV : Unmanned Aerial Vehicle) は燃料の補給やバッテリーの充電が必要であるため飛行時間が制限される。そこで太陽電池を搭載したソーラーUAVの研究が進められている。ソーラーUAVは太陽電池を用いて発電を行うことで、従来のUAVよりも長時間の飛行を可能としている。

主翼上面に太陽電池を搭載したソーラーUAVの発電電力は、飛行中の姿勢に大きく影響される。発電電力の正確な予測はソーラーUAVの飛行可能時間の推定や最適な運用の検討を行う上で不可欠である。

本研究では、機体の姿勢を考慮した発電電力の計算モデルを構築するとともに、実際の飛行試験の結果と比較し、その精度の検証を行った。

2. 発電電力モデル

機体座標系での太陽電池セルの法線ベクトルPは次式となる⁽¹⁾。

$$P = \begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin\lambda \cos\Delta \\ \sin\Delta \\ \cos\lambda \cos\Delta \end{bmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、λは太陽電池セル取り付け角、Δは主翼上反角である。

この法線ベクトルPを地上座標系に変換後、セルごとの傾斜角・方位角の算出を行った。

セルに当たる日射量I_{βγ}は直達成分I_{bβγ}と天空散乱成分I_{sβγ}の合成により求める⁽²⁾。

$$I_{\beta r} = I_{b\beta\gamma} + I_{s\beta\gamma} \dots\dots\dots (2)$$

(2)式における直達成分I_{bβγ}は板垣らのモデル⁽³⁾を用いて次式で求めた。

$$I_{b\beta\gamma} = (I - I_d) \cos A / \cos A_z \dots\dots\dots (3)$$

I : 時間積算日射量 I_d : 時間積算水平面天空散乱日射量 A : 斜面への太陽光の入射角 A_z : 水平面への太陽光への入射角

(2)式における天空散乱成分I_{sβγ}の算出にはPerezらのモデル⁽⁴⁾を用いて次式で求めた。

$$I_{s\beta\gamma} = I_d \left\{ \begin{array}{l} 0.5(1 + \cos\beta)(1 - F'_1) \\ + F'_1(x_c/x_h) + F'_2 \cdot \sin\beta \end{array} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

F'₁とF'₂は晴天度パラメーターや散乱光パラメーター、エアマス等から求められる係数である。

発電電力Gは次式により求めた。

$$G = I_{\beta r} \times AR \times \eta \dots\dots\dots (5)$$

AR : 太陽電池面積 η : 変換効率

3. 発電電力モデルの検証

数回にわたり飛行試験を行い、発電電力の計測を行った。本発表で用いる飛行試験の概要を以下に示す。

- 試験日時:2019年9月27日14時52分
- 試験場所:大樹航空宇宙実験場(北海道広尾郡)
- 飛行時間:32分

● 飛行経路:周回飛行

Fig. 1に横軸と縦軸をそれぞれ時間及び発電電力として、計測値を赤線、計算値を青線、計測値と計算値の誤差値を緑線で示した。時間は飛行試験開始後400秒から1000秒の区間を抜き出した。計測値は飛行中の機体の姿勢角の変化に伴って100Wから600Wの範囲で増減を繰り返した。計算値は計測値と同様の増減の傾向を示しているものの、増減の範囲が200Wから600Wと狭まっており、発電電力がピークとなる区間以外において計算値が計測値よりも100W程度高い。これは太陽光が浅い角度で入射し、実際は太陽電池表面に存在するPETシート層における反射により入射が妨げられ、計測値の方が低くなると考えられる。

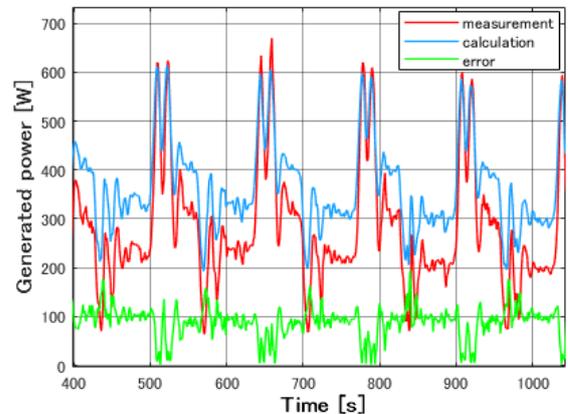


Fig. 1. 計測値と計算値の発電電力の比較

4. まとめ

ソーラーUAVの姿勢を考慮した発電電力の計算モデルを構築した。飛行中のソーラーUAVが受ける日射量は飛行姿勢により大きく増減を繰り返しており、発電電力の正確な算出には飛行姿勢の考慮は重要であるといえる。本モデルでは発電電力の変化の傾向をとらえられたものの、最大100W程度の誤差を確認した。この誤差に対し、今後太陽電池表面での反射を含め、温度の影響や機体の電力系統全体を通した変換効率の検討することで改善を図る。

参考文献

- (1) 新井啓之・福田紘大・木村英樹:「ソーラー飛行機の飛行姿勢に伴う発電量変化の評価」,飛行機シンポジウム,Vol.54, NO.3J11 (2016)
- (2) 日本太陽エネルギー学会:「新太陽エネルギー利用ハンドブック」,丸善出版(2001)
- (3) 板垣昭彦他:「日照時間を用いた時間積算日射量推定モデルの開発」,日本太陽エネルギー学会, Vol.32, No.5(175) (2006)
- (4) R. Perez, and R. Seals: “A New Simplified Version of the Perez Diffuse Irradiance Model for Tilted Surfaces”, Solar Energy, Vol.39-3, pp.221-231(1987)

落下傘の形状・風穴における抗力・安定性の向上と軽量化の可能性

*森山 幸平(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、*大谷 哲平、*梶木 碩介、*本間 大貴(東海大学工学部機械工学科)、**岡永博夫(東海大学工学部機械工学科)

1. 緒言

落下傘は抗力を増やすことを目的とした製品で、高い減速特性によって人や物資を上空から落下する際に落下速度を減速させて安全に地上に着陸するために用いられる。落下傘の形状や風穴、素材等は様々で多くの種類が存在するが、その形状や風穴の違いが空力特性においてどのような影響があるのかは未解明である。そこで本実験ではキャノピー形状と風穴を変化したものを用いて抗力・横力測定実験を行い、減衰特性と安定性において最も落下傘として優れた形状を明らかにする。

2. 実験方法

抗力・横力測定実験で使用する風洞装置は吹き出し口の大きさが400×400 mm、風速は6 m/s、乱れ度は0.3%以内である。抗力と横力は歪型三分力計を用いて測定し、使用する4形状のキャノピーを図1に示す。キャノピーは表面積を48000 mm²に統一し、直径2 mmの銅棒を用いて形状の輪郭を囲い、5 mmの銅棒でキャノピーを風洞の中央に固定する。また、Spill holeという風穴を直径20 mmで開けている。次にその条件で最適な2形状を選定し、図2に示すようにSpill holeを5 mm、20 mm、40 mmに変化して実験を行う。最後に2形状で最適なSpill holeの径を用いて、図3に示すように形状の下から5 mmの位置から風穴をそれぞれ12個開けたものと開けていないもので比較する。風穴は20 mm×20 mm、20 mm×45 mmの2種類行う。

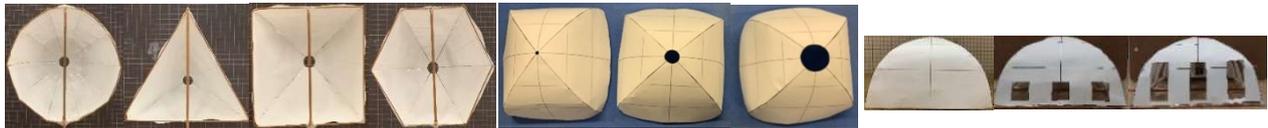


Fig.1 Experimental apparatus of Canopy Fig.2 changed Spill hole Fig.3 Changed other wind holes

3. 実験結果

4形状における結果を図4のaに示す。抗力係数を見ると、高いものから正方形、正三角形、正六角形、円の順であった。しかし、横力係数の実効値を見ると、正三角形のみ高い値を示し、落下時に大きく揺れ不安定であることを示している。この結果から減衰性能と安定性を考慮した最適な形状は正方形と正六角形である。

次に正方形と正六角形におけるSpill holeの径を変化した場合の結果を図4のbに示す。正方形では、径が20 mmの時に抗力係数は最も高く、横力係数の実効値は最も低い結果となった。正六角形では、抗力係数は径が40 mmの時に抗力係数が最も高いが、横力係数の実効値も高い結果となった。次に抗力係数が高いのは径が20 mmの時に、この径では横力係数の実効値は低い。以上より、正方形も正六角形も最適なSpill holeの径は20 mmである。

最後に、下から5 mmの位置から風穴をそれぞれ12個開けたものの結果を図4のcに示す。抗力係数はどちらの形状でもSpill holeのみ風穴が開いているものが最も高い結果となった。また、12個風穴を開けた同士を比較すると、風穴が大きい20 mm×45 mmの方が抗力係数は高かった。横力係数の実効値を見ると、正方形に20 mm×20 mmの風穴を12個開けたもののみ高い値で、他は低い値であった。

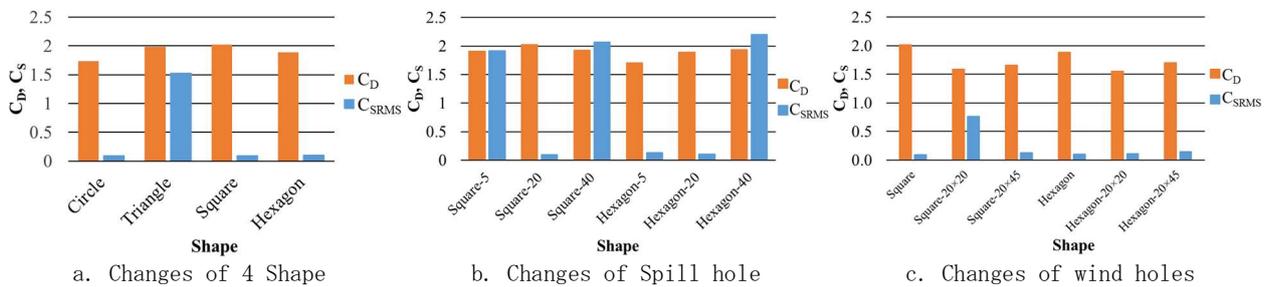


Fig.4 Parachute's drag coefficient, side force coefficient

4. 結言

落下傘における最も優れた減衰性能と安定性をもつ形状と風穴は正方形の形状に20 mmのSpill holeのみの風穴を開けたもので、次に優れているのは正六角形の形状に20 mmのSpill holeのみの風穴を開けたものである。

電動モータ用平角銅巻き線の引抜き加工

陌間拓未**(東海大学工学研究科機械工学専攻)、*吉田一也**(東海大学工学部精密工学科)

1. 研究目的

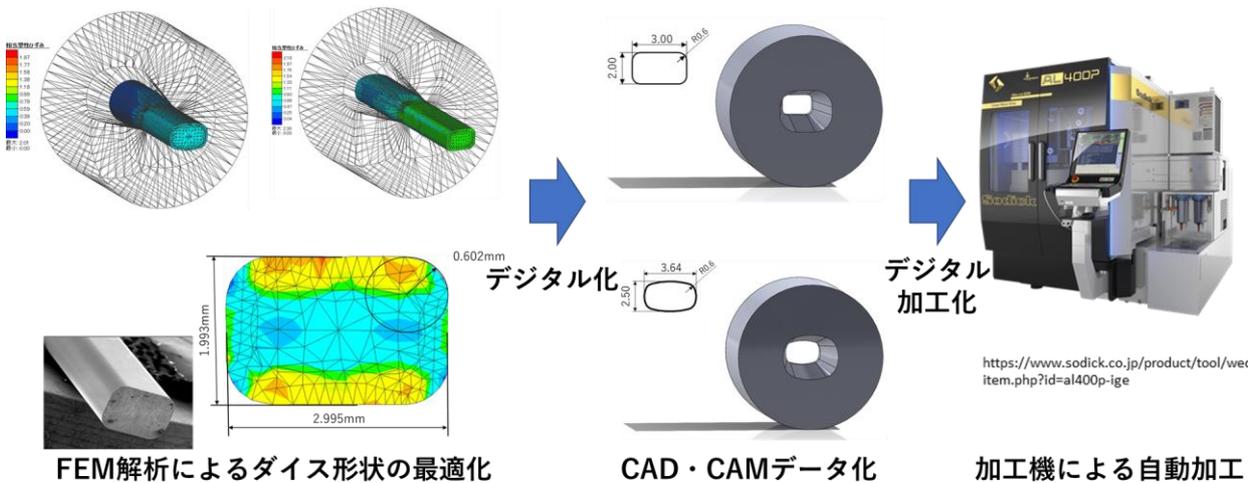
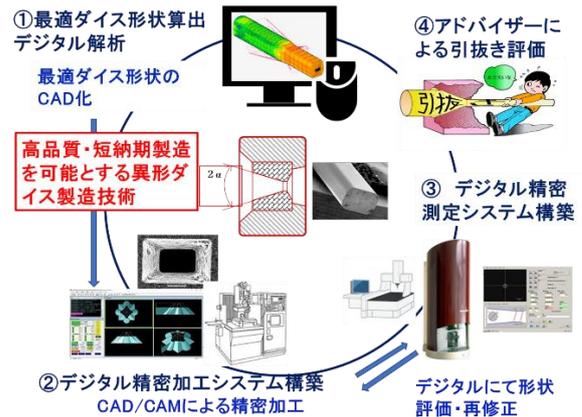
本研究では電動車向けモータ用異形銅巻き線の製造に必須の高性能でかつ安価、短納期の異形引抜き用の工具製造技術開発を目的に、要求される異形断面形状を製造する上で最適なダイス形状をFEMにより求め、その形状をCAD・CAMのデータにし、加工機械を用いて自動で作ることを目指す。

2. 解析方法及び研究成果

電動モータ用の平角線は、良好な表面性状、高寸法精度を求められている。市場でよく請求される異形線形状の一例として高さ2.0mm、幅3.0mm、角部R0.6の形状が挙げられる。この形状を引抜く上で最適なダイス形状を、FEM解析を用いて求めた。このダイスを用いて引抜いて高さ1.987mm、幅2.984mm、R0.602mmの平角線を得られた。また、今回得られダイス形状をもとに作成した平角線により、高品質な平角線を得ることが確認できた。求めることができた。今後はこのダイス形状をCAD・CAMのデータに変換し、自動加工機による自動加工を実施する。



マグネットワイヤー
Tokyo Motor Show 2017
HITACHI AMS Exhibition



テスラコイルスピーカーによる放電現象と音の発生を利用した教材作成

*関島基成、別府竜次、渡久山勇生、山本卓（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】

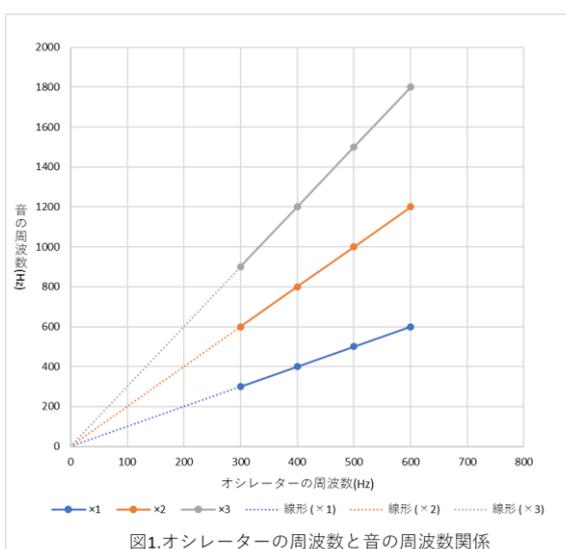
初等中等教育における物理の授業は、他の科目よりも数式や理論を多く扱われるため、苦手意識を持つ生徒が多くなる傾向にある[1]。そのため、物理学を身近に感じ、理解しやすい形で学べる教材開発していく必要がある。学習効果の期待できる教材としては、実体験を伴い、視覚や聴覚を刺激し、興味・関心を導くものが望ましい[2]。ところで、初等中等教育で使われる物理学の教科書では、様々な身近な自然現象が科目の内容と結び付け、説明する努力がなされている。しかしながら、身近な自然現象のひとつである「雷」については、章の始めに写真等の掲載はあるが、雷の発生メカニズムや雷鳴などの仕組みに関する記述はほとんど見られない。「雷」について、物理学の分野の学習分野と「雷」とを関連付けると、「電気磁気学」以外にも「素粒子（プラズマ）」、「振動と波動」、「熱」など様な領域と関連付けることができる。そのため、「雷」への理解をことのできる生徒が興味を示す教材を開発することは、苦手意識を持たれやすい物理科目全般にとって非常に有意義である。そこで本研究では「雷」の仕組みを理解するために、放電現象と音とを関連付けたテスラコイルスピーカーに注目し、テスラコイルスピーカーにおける放電現象と音の関係を明らかにすることで教材利用の可能性について検討することを目的とした。

【実験方法】

オシレーターを用いて、一定周波数の電圧をテスラコイルスピーカーに入力し、放電の際に生じた音を記録し、フーリエ変換することで、音の周波数を調べた。今回の実験では、オシレーターからの周波数を、300Hz・400Hz・500Hz・600Hz に設定した。

【結果】

図1は、オシレーターの入力周波数とテスラコイルスピーカーからの音の周波数との関係を示している。この図より、オシレーターから入力された周波数に対して、テスラコイルスピーカーからは同じ数値の周波数が確認できた。また、同時に周波数の倍振動を伴う音が発生していることも確認できた。



【参考文献】

- [1] 沖花 彰、辻井 智子：中学校理科第1分野－電気－に関する理解度調査
 [2] 森本 雄一、庭瀬 敬右：実験を物理教育にどのように取り込むか？

大気圧プラズマジェットを用いたガラス基板上的アルミ蒸着薄膜の横方向エッチング ～SEM 観察～

*平島 伊織、**桑畑 周司（東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻）

1. はじめに

金属へ大気圧プラズマを照射し表面加工を行う研究が注目されている。私たちの研究室では、これまでガラス基板上に真空蒸着されたアルミニウム(Al)薄膜へ大気圧アルゴン(Ar)プラズマジェットを照射すると、Al 薄膜がまず縦方向にエッチングされ、その後横方向にエッチングされることを報告している [1]。

本発表では、大気圧 Ar プラズマジェット照射された Al 薄膜の走査型電子顕微鏡(SEM)観察の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 10 kV、Ar ガス流量 10 L/分間で発生させ、照射距離 2 mm でガラス基板上に真空蒸着された Al 薄膜(厚さ約 1 μm)に 1～60 分間照射した。

Al 薄膜の SEM 観察には、JEOL 製走査型電子顕微鏡 JCM-6000Plus Neo Scope を用いた。

3. 結果と考察

図1にガラス基板上に蒸着されたAl薄膜へのプラズマ照射の様子を示す。1分間照射ではプラズマ中の青白い筋のように見える多数のストリーマがまっすぐ Al 薄膜に当たっていた。ストリーマが当たった場所がエッチングされていた。10分間照射ではストリーマが、Alのエッチングにより露出したガラス表面上を横方向へ放射状に広がっていた。60分間照射ではストリーマは弱くなっていた。この結果から、プラズマ照射時間の増加に伴いストリーマは弱くなることが分かった。

図2にプラズマ照射後のガラス基板上に蒸着されたAl薄膜の写真を示す。1分間照射後ではAl薄膜は直径約6mmのリング状にエッチングされていた。プラズマ照射時間の増加に伴いエッチングされた部分の直径は、増加した。60分間照射後ではエッチングされた部分が円状になり、その直径は約26mmであった。

図3にプラズマ照射後のAl薄膜のエッチングされた部分とAl部分の境界のSEM像を示す。10分間と30分間照射後では、境界をはっきりしていた。一方、60分間照射後では、境界をはっきりしなくなっていた。これはストリーマが弱くなったためと考えられる。

[1] 平島, 桑畑 : 2020 SAS Symposium 予稿集 p.28 (2020).

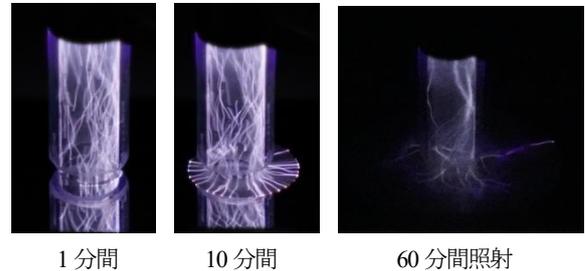


図1 ガラス基板上に蒸着されたAl薄膜へのプラズマ照射の様子

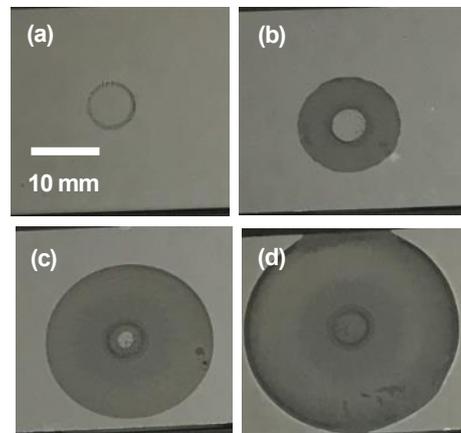


図2 プラズマ照射後のガラス基板上に蒸着されたAl薄膜の写真 : (a) 1分間、(b) 10分間、(c) 30分間、(d) 60分間照射後

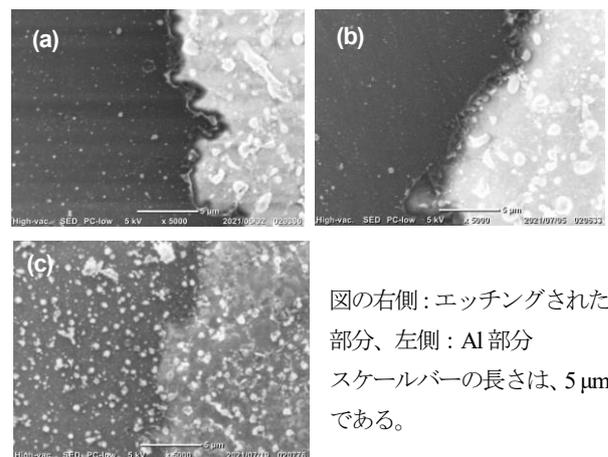


図3 プラズマ照射後のAl薄膜のエッチングされた部分とAl部分の境界のSEM像 (5000倍) : (a)10分間、(b) 30分間、(c) 60分間照射後

大気圧プラズマジェット照射によるモルタルの接着強度の向上

*稲木 祐太、遠藤 竜樹、**桑畑 周司（東海大学工学部電気電子工学科）、笠井 哲郎（東海大学工学部土木工学科）

1. はじめに

大気圧プラズマを用いたモルタルの表面改質の研究が注目されている。モルタルは建築材料であり、セメントと砂(細骨材)と水を練り混ぜたもので、砂利(粗骨材)を混ぜるとコンクリートとなる。セメントの成分は、珪酸カルシウム($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)やアルミン酸カルシウム($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)などである。

以前私たちの研究室では、モルタルに大気圧アルゴン(Ar)プラズマジェットを照射すると、モルタル表面の親水性(濡れ性)が向上することを報告している [1]。この親水性の向上は、プラズマ照射によりモルタル表面に吸着している炭素原子(疎水性有機物)が除去されるためであることを見出している。親水性が向上すると、接着力の向上が期待される。

本研究の目的は、大気圧Arプラズマジェットをモルタルへ照射し、接着剤を用いたモルタル同士の接着強度を向上させることである。モルタル同士の接着強度が向上すれば、ビルや橋などのコンクリート構造物の強度の向上が期待される。

2. 実験

大気圧Arプラズマジェットは、周波数10kHz、印加電圧10kV、Arガス流量10L/分間で発生させ、照射距離2mmで、モルタル試料(約 $40 \times 40 \times 80 \text{ mm}^3$)の上面(約 $40 \times 40 \text{ mm}^2$)の5箇所(約30秒間)に照射された(図1)。

接着には、セメダイン製アクリル樹脂系接着剤(水性)およびセメダイン製エポキシ樹脂系接着剤(油性、二液混合)を使用した(図2)。プラズマ照射されたモルタル試料上面に接着剤を均一に塗布し、そこへプラズマ照射面を合わせもう一つのモルタル試料を接着し、重り載せて3日間放置した。

モルタルの接着強度の評価として、曲げ強度試験を行った。曲げ強度試験には、丸東製作所製曲げ強度試験装置138A-46を用いた。

3. 結果と考察

図3に接着強度のプラズマ照射による変化を示す。接着強度は、アクリル樹脂系接着剤では、照射前は 1.056 N/mm^2 で照射後は 0.836 N/mm^2 であった。プラズマ照射により約20%減少し、接着強度は減少することがわかった。一方、エポキシ樹脂系接着剤では、照射前は 1.379 N/mm^2 で照射後は 2.759 N/mm^2 であった。プラズマ照射により約2倍となり、接着強度は大きく増加することがわかった。

接着強度が、アクリル樹脂系接着剤では減少し、エポキシ樹脂系接着剤では増加したことから、プラズマ照射の効果は、接着剤の種類(水性と油性)により異なることがわかった。

[1] 羽田, 桑畑, 他: 第66回応用物理学会春季学術講演会 予稿集 11a-PA7-2 (2019).

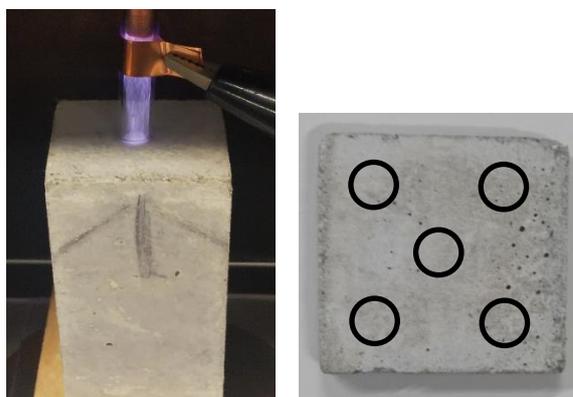


図1 モルタルへのプラズマ照射の様子と照射箇所



図2 使用したアクリル樹脂系接着剤(左)とエポキシ樹脂系接着剤(右)

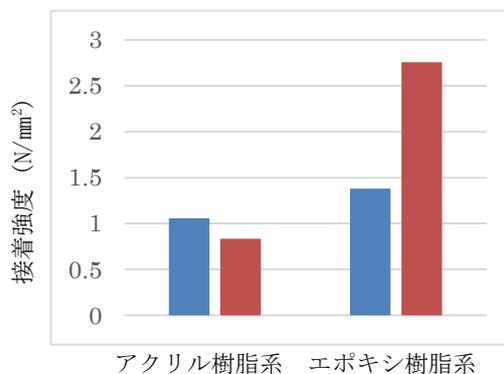


図3 接着強度のプラズマ照射による変化
(青: 照射前、赤: 照射後)

大気圧プラズマジェット照射された鉛表面のSEM観察

*小川 力哉、山梨 裕貴、**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加工の研究が注目されている。以前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アルミニウム(Al)に照射し、照射された部分に高さと直径が共に約 $3\ \mu\text{m}$ の柱状物(マイクロ・ロッド)が多数形成されることを報告している [1]。

本発表では、大気圧Arプラズマジェットを鉛へ照射し、走査型電子顕微鏡(SEM)観察し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10kHz、印加電圧10kV、Arガス流量10L/分間で発生させた。照射距離は2mm、照射時間は1~50分間とした。鉛の表面観察にはNikon製実体顕微鏡SMZ1500およびJEOL製卓上走査電子顕微鏡(SEM)JCM6000 Plus Neo Scopeを用いた。

3. 結果と考察

図1に鉛へのプラズマ照射の様子を示す。石英管内のプラズマ中にストリーマが見られ、そのストリーマが鉛に真っ直ぐあたっていた。

図2に鉛表面の実体顕微鏡像を示す。1分間照射後では変化は見られなかった。5分間照射後ではうっすらとリング状の痕が見られた。このリングの直径は約6mmで、石英管の内径と同じであった。この結果は、リング状の痕はストリーマがあたった部分で、ストリーマは石英管の内壁に沿って鉛にあたっており、石英管内に均一に分布しているのではないことを示している。プラズマ照射時間が増加すると、リング状の痕がはっきりとしてきた。

図3にリング部分のSEM像を示す。1分間照射後では照射痕は溶けているように見える。5分間照射後では照射痕の面積が増えていた。10分間照射後では窪んでいるように見え、エッチングされていると考えられる。照射時間の増加に伴いエッチング部分の幅が広くなり深くなっているように見える。これらの結果から、大気圧Arプラズマジェット照射された鉛は、エッチングされることがわかった。

[1] 小川, 桑畑 : 2020 SAS Symposium 予稿集 p.29 (2020).

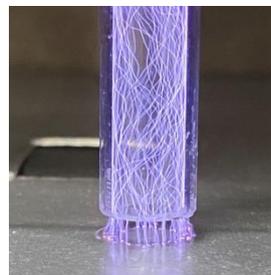
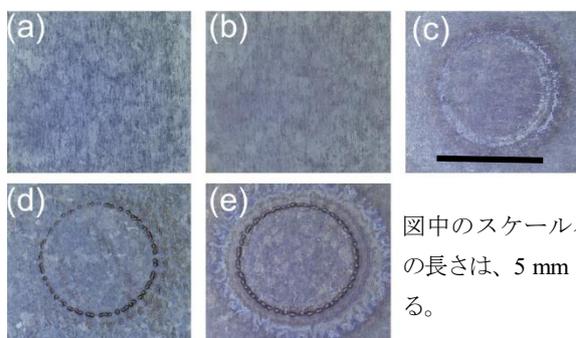
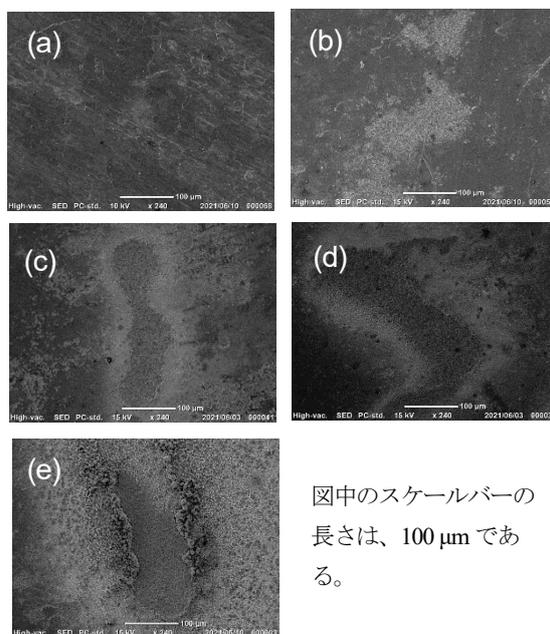


図1 鉛へのプラズマ照射の様子



図中のスケールバーの長さは、5mmである。

図2 鉛表面の実体顕微鏡像:(a)照射前、(b)1分間、(c)5分間、(d)10分間、(e)50分間照射後



図中のスケールバーの長さは、100 μm である。

図3 リング部分のSEM像(240倍):(a)1分間、(b)5分間、(c)10分間、(d)20分間、(e)50分間照射後

大気圧プラズマジェットを用いたアシッドブルー-25 水溶液の脱色

*青木 尚哉、 鮎谷 成時、**桑畑 周司（東海大学工学部電気電子工学科）、小田 慶喜（東海大学研究推進部）

1. はじめに

大気圧プラズマを用いて工場などから排出される有色廃水を脱色する研究が注目されている。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、有色水溶液の脱色を目指した研究を行っている。これまでの研究において、有機染料として最も良く使われているアゾ系染料をはじめ、キサンテン系、トリフェニルメタン系染料水溶液などに大気圧 Ar プラズマジェットを照射すると、これらの水溶液が脱色されることが見出されている [1]。この脱色は、プラズマ中の高エネルギー電子が水(H₂O)分子に衝突し発生する水酸(OH)ラジカルによる酸化(電子の引抜き)による染料分子の分解と考えられている。

本研究の目的は、アントラキノン系染料であるアシッドブルー-25 (C₂₀H₁₃N₂NaO₅S)の水溶液の脱色が可能であるのかを明らかにすることである。アシッドブルー-25 は、羊毛、絹、ナイロン等の青色染色に用いられている。

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 10 kV、Ar ガス流量 10 L/分間で発生させた。直径 60 mm のガラス製ペトリ皿に水溶液(濃度 100 μmol/L)を 10 mL 入れ、プラズマを照射した。照射距離(石英管先端から液面まで)は 15 mm、照射時間は 1~60 分間とした。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 1 にアシッドブルー-25 の分子構造を示す。ベンゼン環が三つつながったものに酸素(O)原子が二個結合したものが、アントラキノン骨格である。このアントラキノン骨格が、水溶液の呈色の原因となる。

図 2 にプラズマ照射に伴う水溶液の色の変化を示す。プラズマ照射開始時では青色であったが、プラズマ照射時間の増加に伴い徐々に色が薄くなり、60 分間照射後にはほとんど透明になった。この結果から、大気圧 Ar プラズマジェットを用いてアシッドブルー-25 水溶液が脱色されることがわかった。従って、プラズマ照射によりアシッドブルー-25 分子中のアントラキノン骨格が破壊されていることがわかる。

図 3 にアシッドブルー-25 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。未照射の吸光度スペクトルには、波長 600 nm 付近にピークが見られた。このピークの吸光度は、プラズマ照射時間の増加に伴い減少し、60 分間照射後にはほとんど零になった。この結果から、アシッドブルー-25 水溶液は 60 分間のプラズマ照射で脱色されることがわかった。

[1] 佐藤, 桑畑, 他 : 2020 SAS Symposium 予稿集 p. 25 (2020)

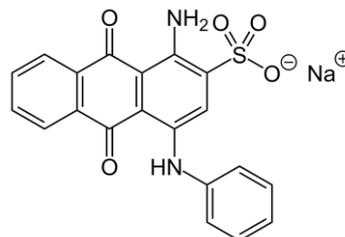
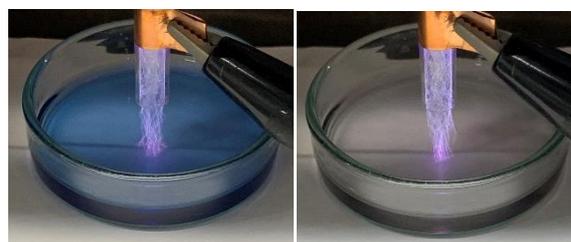


図 1 アシッドブルー-25 の分子構造



照射開始時 60 分間照射後

図 2 プラズマ照射に伴う水溶液の色の変化

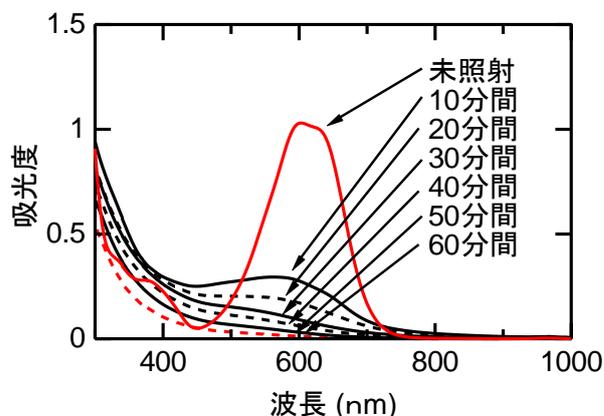


図 3 アシッドブルー-25 水溶液の吸光度スペクトルのプラズマ照射時間依存性

大気圧プラズマジェットを用いたアンモニア合成 ～空気中に生じたアンモニアの捕集～

*小林 徹、近江 亮、**桑畑 周司（東海大学工学部電気電子工学科）、三上 一行（東海大学理学部化学科）

1. はじめに

放電や大気圧プラズマを用いてアンモニア (NH₃) を合成する研究が注目されている。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空気と水からアンモニアを合成する研究を行っている。大気圧 Ar プラズマジェットを蒸留水へ照射すると、蒸留水中にアンモニアが発生することがわかっている [1]。アンモニアの合成は、水面上の空気中(気液界面)で生じていると考えられている。

本発表では、空気中で合成されたアンモニアを捕集し、その濃度を測定し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 10 kV、Ar ガス流量 10 L/分間で発生させた。直径 60 mm のガラス製ペトリ皿に蒸留水を 20 mL 入れ、アルミホイール上でプラズマを 30 分間照射した (図 1)。照射距離(石英管先端から液面まで)は 15 mm とした。

空気中に生じたアンモニアを吸引するために、ゴム管を石英管先端とほぼ同じ高さで約 25 mm 離れた位置に固定した。空気中に生じたアンモニアを、濃度 5 g/L のホウ酸水 100 mL を入れた吸収瓶二本(試料側とポンプ側)を直列にゴム管で吸引ポンプにつなぎ捕集した (図 2)。吸引ポンプの圧力は、最大の 0.033 MPa とした。

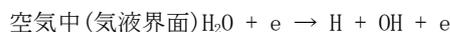
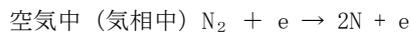
捕集されたアンモニアの確認にはネスラー試薬を用い、アンモニアの量はインドフェノールブルー反応を用いたフローインジェクション分析(FIA)法で測定された。

3. 結果と考察

図 3 にネスラー試薬反応を示す。どちらも呈色したことからアンモニアが発生してそれが捕集されたことが確認された。試料側の色が濃いため、捕集したアンモニアの量が多いことがわかる。

表 1 に捕集されたアンモニア量を示す。試料側では 0.99 μmol、ポンプ側では 0.92 μmol で、合計 1.91 μmol であった。この結果から試料側が濃いことが確認された。

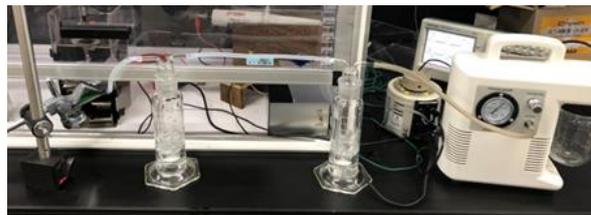
空気と水からアンモニア (NH₃) を合成するプロセスを示す。N₂ は窒素分子、H₂O は水分子、e はプラズマ中の電子である。



[1] 辻, 桑畑, 他: 2020 SAS Symposium 予稿集 p. 27 (2020).



図 1 蒸留水へのプラズマ照射の様子(右側に吸引用のゴム管が見える)



吸収瓶(試料側) 吸収瓶(ポンプ側) 吸引ポンプ
図 2 捕集の様子



試料側 ポンプ側
図 3 ネスラー試薬反応

表 1 捕集されたアンモニア量

吸収瓶	アンモニア量 (μmol)
試料側	0.99
ポンプ側	0.92
合計	1.91

液中プラズマ法を用いた燃料電池用 Pt 触媒の作製と評価に関する研究

東海大学工学研究科電気電子専攻 *施 展、 **庄 善之

【背景・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。燃料電池には電気化学反応を促進させるため、炭素粒子に Pt を担持した Pt 触媒が使用されており、その Pt 触媒が燃料電池の高コスト化の要因となっている。そのため、燃料電池への Pt 使用量の削減が求められている。

本研究では液中プラズマ法を用いて、Pt 微粒子をカーボン表面に担持し、燃料電池の触媒を作製することを目的とする。Pt を微細化することで単位質量当たりの表面積を拡大し、触媒に使用される Pt 量の削減および燃料電池の高出力化を目的とする。

【実験】

Pt 担持カーボンブラック分散液と Pt 担持 VGCF 分散液の作製と評価を行った。

アルミナボール法を用いて、200 ml の濃度 0.0378% の水系カーボンブラック分散液と Pt 担持 VGCF と界面活性剤の濃度が 0.0378% の 200 ml の水系 VGCF 分散液を作製した。そして、5 分間から 20 分間で液中プラズマ法を用いて、Pt 担持カーボンブラック分散液と Pt 担持 VGCF 分散液を作製した。

次に、燃料電池を評価した。図 1 に Pt 担持カーボンブラックの 5 分間から 20 分間の電力特性、図 2 は Pt 担持 VGCF の 5 分間から 20 分間電力特性です。

【結論】

図 1 を通じて、プラチナの量は増加すると出力電力は増加する、Pt 触媒は燃料電池の電気化学反応を促進している、触媒として機能することが確認できた。

図 1 と図 2 を比べて、5 分間から 20 分間の時間帯で Pt 担持カーボンブラックの最大出力電力は Pt 担持 VGCF の最大出力電力より高い。VGCF の表面積はカーボンブラックより大きい、表面に多くプラチナと結合して、出力電力をもっと大きくなれると考えられる。しかし今回実験を通じて、

VGCF の発電特性はカーボンブラックの発電特性より低かった。

【今後予定】

VGCF の表面積はカーボンブラックよりも大きいため、より多くのプラチナと結合して、出力電力が大きくなると考えられる。しかし今回の実験結果では、VGCF の発電特性はカーボンブラックの発電特性より低かった。

VGCF 分散液を作製する際に界面活性剤を添加したため、プラチナは VGCF と結合せず、界面活性剤と結合したと考えられる。

今後予定は界面活性剤を加えず、水系 VGCF 分散液の作製と評価実験を行う。

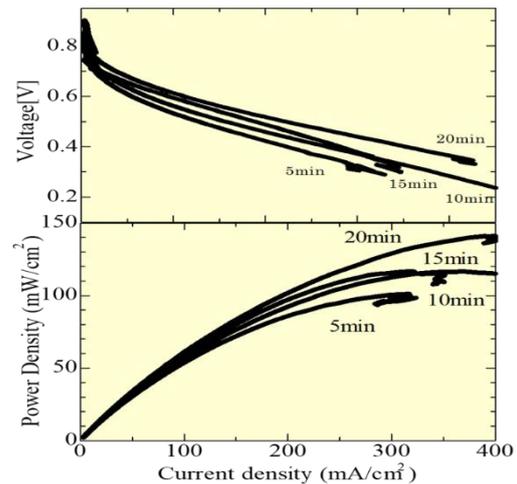


図 1.カーボンブラック分散液の発電特性

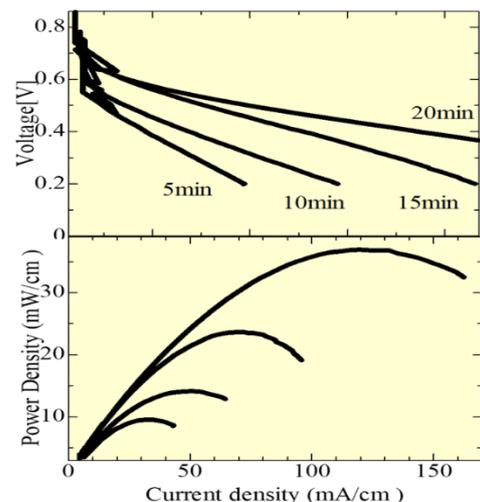


図 2.VGCF 分散液の発電特性

接触・非接触プラズマ暴露のタングステン試料の表面比較

* 大嶋宙（東海大学理学部物理学科）、金子新（東海大学理学研究科物理学専攻）、林俊輔（東海大学理学研究科物理学専攻）、瀧本壽来生（東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻・日本学術振興会特別研究員 PD）

** 利根川昭（東海大学理学部物理学科）、内田ヘルムート貴大（東海大学工学部精密工学科）、松村義人（東海大学工学部原子力工学科）、佐藤浩之助（東京理科大学）

次世代のクリーンな発電方法として核融合発電の研究が世界各国で進められている。水素同位体である重水素（D）とトリチウム（T）を燃料として核融合反応を起こし、この反応で得た熱エネルギーで発電する。しかし、この発電方法にはいくつかの課題がある。その課題の1つに高温の入射プラズマの熱負荷によるダイバータの損耗というものがある。ダイバータは核融合発電時に生じる不純物を排気する機構で、ダイバータの材料は高融点かつ高い熱伝導度を持ち、熱負荷や熱処理能力が高いタングステンが採用されている。しかし、ダイバータへの熱負荷が数百 MW/m²がかかるため、タングステンの耐久性を考慮すると 10MW/m²程度の熱負荷に抑える必要がある。さらに、接触プラズマによって表面改質が生じる場合がある。その対策として非接触プラズマを用いた方法が考えられている。非接触プラズマとは、プラズマに冷却ガスを流入することにより再結合過程を促進させ、プラズマをガス化し、プラズマがダイバータ板に直接接触していない状態である。これにより、ダイバータ板への熱負荷は著しく減少させられる。しかし、非接触プラズマは励起状態の原子・分子が多数生成されているため、プラズマ暴露時の表面改質に影響があると考えられている。また、安定的な非接触プラズマ暴露を行える装置が少ないため、非接触プラズマ暴露によるタングステンの表面改質が明らかにされていない。そこで、本研究では、非接触プラズマを定常で生成できる直線型ダイバータ模擬装置を用いてタングステン材料の非接触プラズマ暴露による表面改質と接触プラズマ時の表面改質を比較しその特性を明らかにすることを目的としている。

本実験は直線型ダイバータ模擬装置（TPDs-sheet-U）により生成した接触・非接触プラズマにタングステン試料を暴露した。タングステン試料は鏡面研磨後約 900°Cで焼鈍した ITER グレートタングステン（10mm×10mm×1mm厚）を使用した。タングステン試料の表面の変化は走査型電子顕微鏡（SEM）を用いて分析した。図1に走査型電子顕微鏡による非接触プラズマと同様なフラックス [D⁺/m²s]時の弱い接触プラズマに暴露したタングステン試料の表面観察画像を示す。非接触プラズマに暴露したタングステン試料には接触プラズマ暴露時には見られなかった微小な表面改質が確認された。

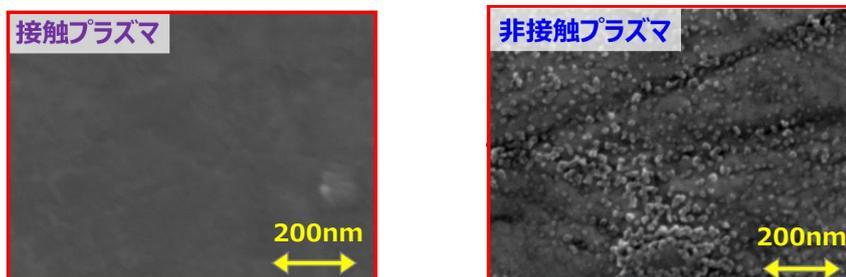


図1. 走査型電子顕微鏡（SEM）による表面観察画像

NBI 用非 Cs 型負イオン源での磁気フィルターを用いた随伴電子低減実験

*大沼龍一(東海大学理学部物理学科)、五家大我(東海大学理学研究科物理学専攻)、神永啓希(東海大学理学研究科物理学専攻)、瀧本壽来生(東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻・日本学術支援振興会特別研究員 PD)

**利根川昭(東海大学理学部物理学科)、佐藤浩之助(東京理科大学)、河村和孝(東海大学理学部物理学科)

次世代のエネルギー源として核融合発電の研究が進められている。この発電方法では、核融合反応(D-T反応)を起こすために高密度($\leq 1 \times 10^{20}/\text{m}^3$)のプラズマを1億度以上の高温で1秒以上維持する必要がある。この高温を維持するため、NBI(Neutral Beam Injection)加熱装置が用いられる。NBI加熱装置は、負イオン源で生成した負イオンを静電的に加速した後、高エネルギーの中性粒子ビームに変換し、炉心プラズマに入射することで加熱を行う。多くの研究機関では、負イオン生成効率の良いセシウム(Cs)を用いた表面生成法を利用しているが、メンテナンス頻度の高さやCs蒸気の絶縁部への流入による絶縁破壊などの課題があり、将来的には非Cs型負イオン源の実用化が必要である。

本研究では、プラズマ生成装置TPDsheet-U(図1参照)を用いて、セシウムを用いない非Cs型負イオン源の開発を行っている。本実験装置で生成される高密度シートプラズマを利用すると体積生成法によってセシウムを用いずに高密度の負イオンを生成することが可能であり、高密度の負イオンビームの引き出しに成功している[1]。しかし、負イオンを引き出すと同時に最大で10倍程の電子(随伴電子)が引き出されている。この随伴電子による引き出し電極への熱負荷が課題となっており、随伴電子電流値は負イオン電流値に対し同程度以下であることが要求されている。

これに対し、引き出し孔近傍にSMF(Soft Magnetic material Plate for Filter)を設置し、局所的に強磁場を発生させることで電子を捕足し、引き出される随伴電子電流の低減させるを行っている(図2参照)[2]。本研究では、このSMFの使用による負イオンおよび電子電流への影響を調べ、磁気フィルターとしてのSMFの効果を評価することを目的としている。

実験では、図2に示すように、引き出し電極表面にSMFと銅製のスペーサーを設置し、これらの厚さをそれぞれ0.2~2.0mm、0~1.8mmと変化させ、SMFによって作られる局所的な磁場の位置や磁場強度を変化させた。結果として、これらの厚み変化によって電子電流値が減少し、その比をNBI用負イオン源の要求値である0.5程度にまで減らすことに成功した。詳細はポスターにて発表する。

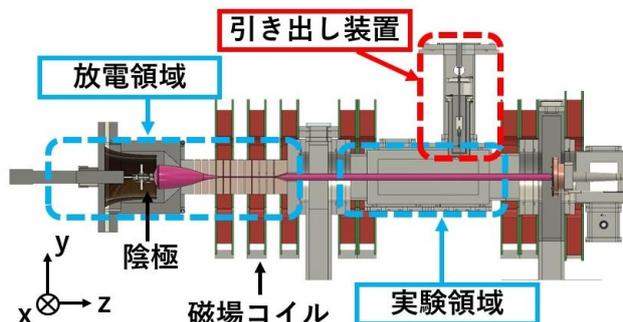


図1. 直線型プラズマ生成装置TPDsheet-Uの概要図

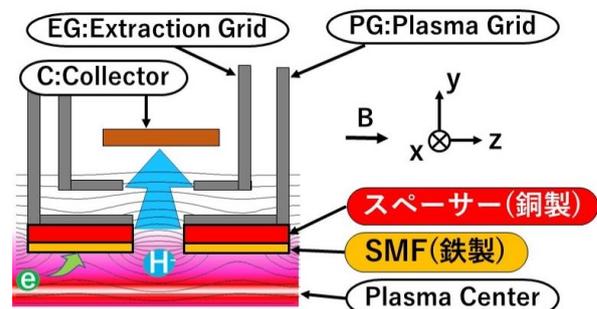


図2. 引き出し電極の概要図

参考文献

[1] K. Hanai, *et al.*, Plasma Fus. Res. **15**, (2020) 2401029.

[2] H. Kaminaga, *et al.*, Fus. eng. des. **168**, (2021) 112676.

先進ダイバータを模擬した湾曲発散磁場によるプラズマの揺動解析

* 山田雄悟（東海大学理学部物理学科）、瀧本壽来生（東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻・日本学術振興会特別研究員 PD）

**利根川昭（東海大理学部物理学科）、佐藤浩之助（東京理科大）、河村和孝（東海大学）

次世代のクリーンなエネルギー源として核融合発電の研究が進められている。この核融合発電は重水素とトリチウムの核融合反応で発生したエネルギーを用いて発電する方法である。この核融合反応で生成されたヘリウムなどの不純物粒子を排気するため、核融合装置にはダイバータと呼ばれる不純物排気機構が設置されている。このダイバータ板には、炉心プラズマから流出した高熱流プラズマが接触するため、核融合装置を実用化するためには、ダイバータ板の熱負荷低減が重要な課題となっている。

熱負荷低減を可能とするダイバータ構造として、磁場配位を変化させてプラズマを湾曲発散させ、接触面積を減らす先進ダイバータが提案されている。特にカラム研究所（英）の実験炉 MAST-U で試験が予定されている Super-X ダイバータは、ダイバータ終端部の磁場を湾曲発散させることで、プラズマ粒子ドリフトや揺動によりダイバータでの接触面積が広がり、ダイバータ板の熱負荷が低減することが期待されている。しかしながら、複雑な磁場構造やシート状のプラズマ形状などを模擬することが困難なため、磁場を湾曲発散させた際のプラズマ粒子の挙動については基礎実験が殆ど行われていない。

そこで、本研究ではシートプラズマを生成可能な直線型ダイバータ模擬装置 (TPDsheet-U) を用いて、湾曲発散磁場配位でのプラズマ粒子の挙動と揺動現象を調べ、ターゲットの熱負荷低減への影響を明らかにすることを目的とする。本模擬装置 (TPDsheet-U) の特徴は、湾曲発散磁場配位を容易に制御可能であり、かつ形状がシート状のプラズマを生成することが可能な点である。

実験では、模擬装置の終端部下部に鉄ブロックとモリブデンを組み合わせたターゲットを設置することにより磁場を湾曲発散させ、生成した水素の高密度シートプラズマを湾曲させた（図2参照）。その際のプラズマ粒子挙動をLangmuirプローブとハイスピードカメラを用いて計測した。詳細については発表時に報告する。

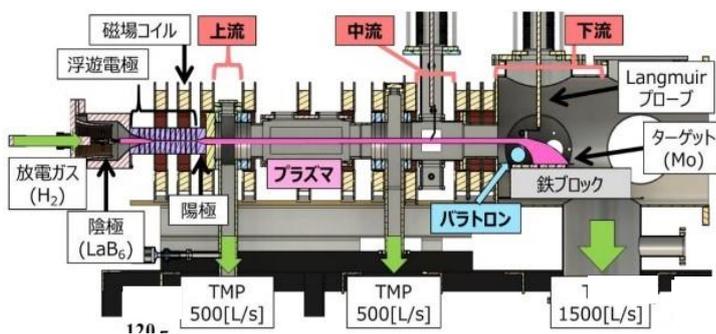


図1 直線型ダイバータ模擬装置 (TPDsheet-U) 装置の概略図



図2 湾曲発散磁場でのプラズマの様子

ダイバータ壁のタングステン再堆積層を模擬した試料へのプラズマ暴露実験

- * 坂本雄一（東海大学理学部物理学科）、林俊輔（東海大学理学研究科物理学専攻、金子新（東海大学理学研究科物理学専攻）、瀧本壽来生（東海大学総合理工学研究科総合理工学専攻・日本学術振興会特別研究員 PD）
- ** 利根川昭（東海大学理学部物理学科）、内田ヘルムート貴大（東海大学工学部精密工学科）、松村義人（東海大学工学部原子力工学科）、佐藤浩之助（東京理科大学）

重水素とトリチウムの核融合反応を利用した核融合発電では、1g程度の燃料から石油約8トン分に相当するエネルギーを得ることが出来るため、将来のエネルギー源として開発が進められている。核融合反応によって生成されるヘリウムやスパッタされた炉壁材料などの不純物は、核融合反応率の低下を引き起こす原因になる。これらの不純物を廃棄するため、核融合装置には不純物排気機構としてダイバータが設置されている。ダイバータはプラズマとダイバータ板を直接接触させることで、プラズマを中性化し粒子として排気する。そのためダイバータは絶えず高温のプラズマが入射し、ダイバータ板は高熱負荷（約百 MW/m²）に曝され摩耗する。

実際の核融合炉のダイバータではプラズマが接触する部分と非接触部分が存在する。接触部分では入射イオンが高速でダイバータ壁に衝突し、入射イオンがダイバータ壁のタングステン（W）原子をはじき出しWが損耗する。一方非接触部分では損耗したW原子がダイバータ壁に再堆積し再堆積層ができる。大型装置での接触部分はズレが生じるため、プラズマが再堆積層に暴露されることがある。そのためW再堆積層の物性が、ダイバータの寿命を決める要因になる。しかし大型装置ではフルWダイバータ装置が少ないため、W再堆積層の物性はあまり明らかになっていない。そこで本研究では、ダイバータのW再堆積層を模擬したW成膜試料を当研究室のイオンプレーティング装置(IP)を用いて製作を行う。その後ダイバータ模擬装置TPDsheet-Uを用いて、製作した試料にプラズマ暴露を行い、W再堆積層のプラズマ照射効果を調べることを目的とする。その後表面改質を走査型電子顕微鏡（FE-SEM）で観測した。

W成膜試料の作成にあたり、Wダイバータを模擬するため成膜基盤はWを使用し、W表面に鏡面研磨加工を行った。その後応力を減少させるため900℃で30分間焼鈍を行った。成膜基盤を作成したのち、IPを用いて成膜を行う。当研究室のIPでは基板温度やバイアスを変更できるため、様々な条件の成膜試料作成できる。成膜実験では真空蒸着法とイオンプレーティング法で成膜をおこなった。真空蒸着法では電子銃電流値500mAに設定し二分間の成膜を行い、DEKTAKを用いて成膜試料の膜厚を測定した。成膜実験結果は膜厚0.26μmで成膜を行えたが、膜の一部が剥離し均等な成膜は行えなかった。一方インプレーティング法では電子銃電流値300mAに設定し三分間の成膜を行った。膜厚が0.20μmで成膜ができ、一様に成膜がされていた。その後成膜基盤であるバルク試料と成膜試料をFE-SEMで表面観察を行った。（図1）

イオンプレーティング法で成膜を行ったW試料とバルク試料にTPDsheet-Uでプラズマ暴露を行った。イオンプレーティング法の試料の条件は、暴露時間600s、イオンフラックス $5.0 \times 10^{22} \text{D}/\text{m}^2\text{s}$ 、イオンフルーエンス $3.0 \times 10^{25} \text{D}/\text{m}^2$ 、試料温度323℃であった。バルク試料では暴露時間600s、イオンフラックス $2.5 \times 10^{22} \text{D}/\text{m}^2\text{s}$ 、イオンフルーエンス $1.5 \times 10^{25} \text{D}/\text{m}^2$ 、試料温度298℃であった。その後表面改質を走査型電子顕微鏡（SEM）で観測した。詳細は口頭で発表する。

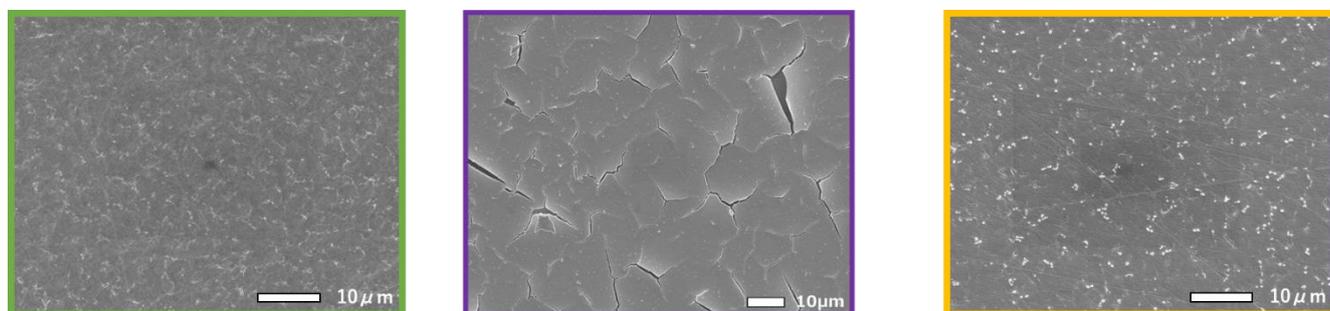


図1、成膜基盤（左）と真空蒸着法で成膜を行ったW試料（中）とイオンプレーティング法で成膜を行ったW試料（右）

ダイバータプラズマ模擬に向けたイオン加熱実験

* 岡田尚徳（東海大学理学部物理学科）、山田雄吾（東海大学理学部物理学科）、瀧本壽来生（東海大学総合理工学研究科総合理工学専攻・日本学術振興会特別研究員 PD）

**利根川昭（東海大学理学部物理学科）、佐藤浩之助（東京理科大学）、河村和孝（東海大学）

核融合装置では、核融合反応(D(重水素)-T(トリチウム)反応)で発生する燃料灰(ヘリウム)を排気するため、ダイバータが設置されている。このダイバータでは、炉心プラズマからの高熱流のプラズマがダイバータ板に到達するため、ダイバータプラズマを制御し、ダイバータ板の熱負荷を低減する必要がある。現在開発が進められている国際熱核融合炉 ITER のダイバータプラズマのパラメータは、熱負荷 $\sim 10 \text{ MW/m}^2$ 、電子温度 $10\sim 20 \text{ eV}$ 、電子密度 10^{19}m^{-3} 以上、イオン温度 20 eV 程度である。このダイバータプラズマを模擬した基礎研究が、様々な直線型のダイバータ模擬装置で行われている。

しかし、プラズマダイバータを模擬した殆どの直線型ダイバータ模擬装置は、これらのすべてのプラズマパラメータを満たしておらず、核融合装置のダイバータプラズマを正確に模擬することが難しいとされている。特に、模擬装置で生成されるプラズマ中のイオン温度は数 eV 程度で、ダイバータプラズマのイオンの半分以下の温度になっている。

本研究では、ダイバータプラズマを模擬するため、高密度シートプラズマの生成可能な直線型ダイバータ模擬装置 TPD-Sheet U を用い、ダイバータプラズマの基礎研究を行っている[1]。この TPDsheet-U で生成されるプラズマパラメータは、電子温度は 15eV 、電子密度 $\sim 10^{19}\text{m}^{-3}$ のプラズマが生成可能であるが、イオン温度は、他の直線型ダイバータ模擬装置と同様に数 eV 程度と低い値になっている。そのため、プラズマを加熱し、イオン温度を向上させる必要がある。

従来までに、シートプラズマに平行平板の電極を設置し、イオンサイクロtron周波数帯の高周波電場を印加するイオンサイクロtron共鳴(ICR)法に着目し、プラズマ中のイオンを加熱する研究を実施してきた[2]。本研究では、TPDsheet-U を用いて、イオンサイクロtron共鳴周波数の確認と、高周波電場の電力に対するイオン温度の特性を調べることを目的とする。

実験では、TPDsheet-U を用いてヘリウムのシートプラズマを生成し、高周波電極にイオンサイクロtron周波数帯の高周波電場を 300W でプラズマに印加しイオンを加熱する。また、電流プローブと電圧プローブを用いてプラズマのイオンピーダンスを測定し共鳴現象を確認する。さらに水平方向は反磁性コイル、垂直方向はファラデーカップを用いてプラズマ中のイオンエネルギーの計測する。詳細についてはポスターで発表する。

[1] T. Takimoto, et. al., Nuclear Materials and Energy, 19(2019)352.

[2] T. Iijima, et. al., Transactions of Fusion Science and Technology, 63(2013)417.

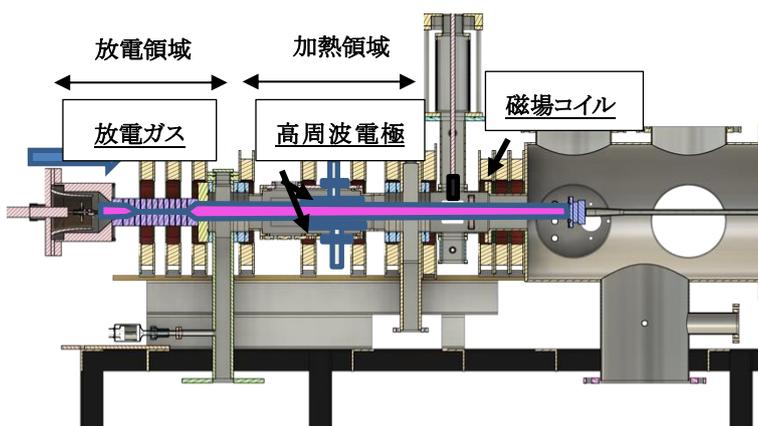


図1.直線型ダイバータ模擬装置 TPDsheet-U の装置図

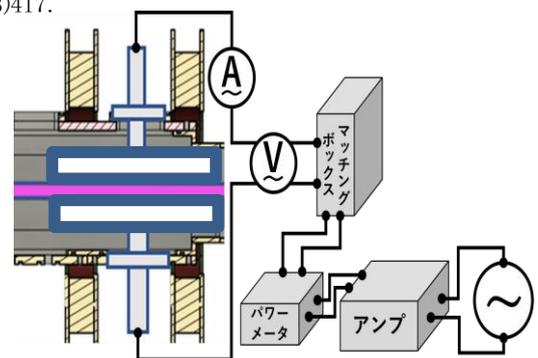


図2.高周波電極付近の概要図

バイオ蛍光式ガスセンサを用いた外耳道エタノールガス計測

*堀口 勇貴、鈴木 翔太(東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科)

飯谷 健太、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】

呼気や皮膚ガス等の生体ガス中には、疾患や代謝に関連する血中由来の揮発性有機化合物(VOCs)が含まれており、生体ガス中の VOC 計測による非侵襲かつ簡便な疾患スクリーニングや代謝評価が期待されている。特に皮膚ガスは連続評価に有用であるが、含まれる VOC は極めて低濃度(pppt~ppb 程度)で、皮膚ガスを利用した代謝センシングには高感度なガス計測技術が求められる。また、皮膚ガスは部位毎に放出動態や夾雑原因となる発汗の分布が異なるため、計測部位の選定も重要である。本研究では汗腺数が少ない外耳道に注目し、外耳道由来の経皮ガス(ear transdermal gas)を採集するセルと、エタノール用の生化学式ガスセンサ(バイオスニファ)を組み合わせた「外耳道ガス連続計測システム」を構築し、生体計測へ応用した。

【実験方法】

エタノール用バイオスニファは、アルコール脱水素酵素(ADH)膜を隔膜とする気液反応セルに装着した光ファイバ型プローブに、還元型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(NADH)励起用の光源(UV-LED)と光電子増倍管を接続して構築した。ADH はエタノールを酸化触媒する際に、補酵素 NAD^+ を還元し NADH を生成する。NADH は自家蛍光(ex. 340 nm, fl. 491 nm) を有することから、NADH の蛍光強度の変化を捉えることで、エタノールの定量が可能となる。外耳道ガス採集セルは、ABS 樹脂製のヘッドセット型イヤーマフを加工し、2 つの継手をキャリアガス導入用と外耳道ガスの排出口として取り付けた。実験では、72 時間以内の飲酒・服薬がなく空腹状態が 4 時間以上の被験者が採集セルを装着し、計測開始から 5 分後に 0.4 g/kg(体重)のアルコールを摂取した(東京医科歯科大学 倫理承認: M2018-160)。採集セルのガス導入口へ送気した乾燥空気(200 ml/min)と共に、外耳道ガスをダイアフラムポンプにて、採取セルの排出口より連続的にセンサ感応部に負荷した。なお比較のため、同時に呼気をサンプルバッグにて採取し、呼気中エタノールガス濃度を、エタノール用バイオスニファとガス検知管を用いて計測した。

【結果及び考察】

予備実験として、PET 板で密閉した外耳道ガス採取セルからの出力を調べたところ、乾燥空気から採集セル由来のガスに切り替えても出力の変化はなく、外耳道ガス採取セルからエタノール計測に影響を及ぼす夾雑成分は含まれないと考えられた。次に、飲酒に伴う外耳道ガスに含まれるエタノールガス濃度の経時変化を計測した(Fig. 1)。エタノール濃度は飲酒後 7 分から上昇を開始し、52 分後にピーク(183 ppb)に達した後、アルコール代謝に伴うと考えられる漸次減少が観察された。外耳道には汗腺が少ないことから、先行研究での手掌部で見られた発汗によるノイズは生じず、明瞭なセンサ出力変化が得られた。同時に計測した呼気中エタノールと比較すると、濃度は約 1/600 で、ピークに到達するまでの時間は十数分の遅延が確認された。以上の結果から、開発した外耳道ガス連続計測システムの有用性が確認され、外耳道にて経皮ガス計測の可能性が示唆された。

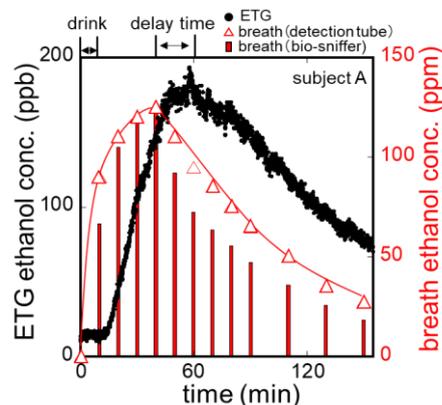


Fig. 1 外耳道由来(●)と呼気中(△と棒グラフ)エタノールガス濃度の経時変化

金ナノ粒子を用いたダニアレルゲン用 SAW 免疫センサの高感度化

*田口 結彩、三木 大輔(東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科)

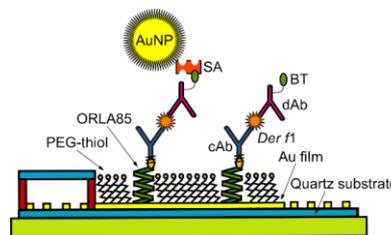
飯谷 健太、當麻 浩司、荒川 貴博、**三林 浩二(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)

【はじめに】

環境中に存在する物質が引き起こすアレルギー疾患は、社会的な問題となっている。特に住環境に多く生息しているコナヒョウダニ由来成分(消化酵素など)は、強いアレルギー性を示すだけではなく、軽量なために長時間にわたって空气中に浮遊することから、吸入や皮膚接触による感作リスクが高くなる。そのため住環境におけるアレルギー疾患を予防するためには、浮遊アレルゲン量をモニタリングし曝露を回避することが有効であると考えられる。コナヒョウダニ由来のアレルゲンである *Derf1* を検出する従来法(ELISA やイノムクロマト法)は高感度または簡便であるが、単一測定のみで迅速かつ繰り返し(半連続)の測定には適していない。また、演者らが過去に報告した浮遊アレルゲンの捕集系は捕集効率が低いため、検出系には高感度な免疫センサが必要である。そこで本研究では、金ナノ粒子を用いてセンサ表面の免疫複合体の質量を増加させることにより、高感度な表面弾性波(SAW)免疫センサを作製した。

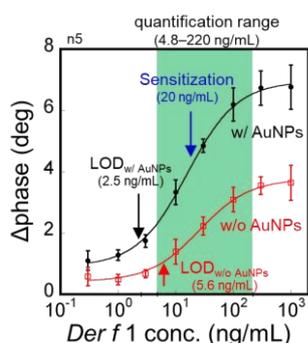
【実験方法】

SAW 免疫センサには、繰り返し測定を実現するため高い pH 耐性を持つ膜タンパク質(ORLA85)を、捕捉抗体の固定化のための足場材として用いた。センサの作製では、はじめに SAW デバイスの金薄膜感応部に高い ORLA85 と polyethylene glycol(PEG)チオールの自己組織化単分子膜を形成した後、ORLA85 の protein G 部に *Derf1* 捕捉抗体(cAb)を結合させ架橋することで、抗体を固定化した。測定では、作製した免疫センサに *Derf1*、ビオチン(BT)

Fig. 1 *Derf1* 用 SAW 免疫センサの概略図

修飾された検出抗体(dAb)の順に添加した。その後、ストレプトアビジン(SA)および、非特異吸着を防ぐための 3PEG チオールで表面を修飾した金ナノ粒子(SA-AuNPs, 粒子径 20nm)を付加し、BT-SA の特異的な結合によって dAb に AuNPs を結合させた(Fig.1)。以上の手順における質量変化を、入力信号と出力信号の位相の変化として検出した。また測定後は酸性溶液にて *Derf1*、dAb、AuNP を解離させ、感応部の再生を行うことで、繰り返しの測定を試みた。

【結果及び考察】

Fig. 2 AuNPs 使用時と不使用時の *Derf1* 濃度に対する出力の比較

作製した免疫センサは、AuNP を付加することで、*Derf1* の濃度に応じた位相変化と、dAb の負荷時より増幅されたセンサ出力を示した。この結果をもとに検量線を作成したところ、検出限界は 2.5 ng/mL と従来法から 2.2 倍向上し、WHO の基準値 (20 ng/ml) 以下での検出可能な感度が得られた(Fig.2)。

次に繰り返し測定を実現するため、AuNP の非特異吸着の抑制について検討した。3PEG チオールにて表面修飾した AuNP を使用したところ、測定後に *Derf1*、dAb、AuNP を感応部から解離させた際に、位相がベースラインの 93%まで回復した。これは表面未修飾の AuNP を使用した場合に比し、約 3 倍優れた回復率であったことから、3PEG チオールによる AuNP の非特異吸着抑制効果が確認された。

以上の結果から、3PEG チオールを表面に修飾した AuNPs を用いた *Derf1* 用 SAW 免疫センサは、*Derf1* の高感度かつ繰り返しの測定の可能性が示唆された。

今後は住空間に浮遊するダニアレルゲンのモニタリングシステムへの活用が期待される。

バイオ蛍光式 VOC カメラによる経皮エタノールガスの動画像イメージング

*三浦 凜太郎、ナセデン ムニラ(東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科)

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

【はじめに】

呼吸や皮膚から排出される生体ガスには、代謝や疾患に関連する揮発性有機化合物(volatile organic compounds, VOCs)が含まれており、生体ガス濃度の空間分布情報を非侵襲的に計測することで、簡便な代謝評価や生体ガスの発生部位の特定が可能となる。皮膚ガスの詳細な放出部位や放出動態、濃度分布を計測することで、目視では判断の難しい皮膚疾患の検出など皮膚科学や代謝学分野等における新たな知見が得られる。本研究では、経皮ガス分布と部位による発汗量の差異の関係から代謝モニタリングに適した部位を特定することを目的とし、生体ガスの動画像化システム(sniff-cam)を開発し、経皮ガス中のエタノール(EtOH)分布をイメージング計測した。

【実験方法】

人体から発せられる EtOH ガスを、アルコール脱水素酵素(ADH)が認識し酸化反応を触媒する際に、nicotinamide adenine dinucleotide (NADH)が生成される。NADH は自家蛍光(励起: 340 nm, 蛍光: 490 nm)を示し、その蛍光強度は EtOH 濃度に比例するため、自家蛍光の変化を高感度カメラにて撮影することで、EtOH ガスの 2 次元分布をマッピングすることができる。本システムは環境光を遮断する暗箱内に、「励起光源(UV-LED)」「励起光用バンドパスフィルタ(BPF, $\lambda = 340 \pm 42.5$ nm)」「大面積イメージングメッシュ」「蛍光用 BPF ($\lambda = 490 \pm 10$ nm)」「高感度カメラ」の順で光学同軸上に配置し、ガスイメージング装置とした。このシステムを用いて、皮膚ガスによる生体計測に適した部位を検討した。本実験では手のひら(手掌)、手の甲(手背)、手首を計測部位として選択し、経皮 EtOH ガスを計測した。EtOH イメージング用メッシュの作製では、まずメッシュ状のコットン担体(9×9 cm²)に、ADH とウシ血清アルブミン(BSA)、リン酸緩衝液(PB, pH 8.0, 0.1M)の混合液を滴下し、冷暗所(4°C、60 分)にて乾燥させた。その後、PB にて 2.5 vol% に調整したグルタルアルデヒド溶液を滴下し、冷暗所(4°C、90 分)にて乾燥させることで、酵素を固定化した。その後、10 mM の NAD⁺溶液でメッシュを浸潤させた。実験にてアルコール摂取後の実験対象者は手首、手背、手掌の順にアルコール摂取開始から 90 分後まで 15 分ごとに ADH 固定化メッシュへ 30 秒間かざし、イメージング計測を繰り返した。また、換気カプセル型発汗計を用いて発汗量を測定し、EtOH ガスとの相関を調べた。

【実験結果および考察】

飲酒後 30 分時点での手掌、手背、手首における皮膚ガス中 EtOH 濃度と発汗量を、Fig. 1 に示す。実験の結果、手掌にて高い発汗活動と高濃度の EtOH 放出が観察された。この結果から、経皮的な EtOH の放散に汗による影響が生じると考えられた。血中から放出され、代謝に関連する皮膚ガスの観察には発汗の影響を除去する必要がある。手掌に対し、手背と手首では発汗量が約 80% 少ないものの、経皮 EtOH の放出が観察できた。これらの結果から、手背や手首での計測は発汗の影響が少なく、経皮ガスモニタリングに適した部位であると考えられる。今後は、sniff-cam の感度の向上と共に、脂質代謝にかかわるアセトンの経皮計測へと展開を図る。

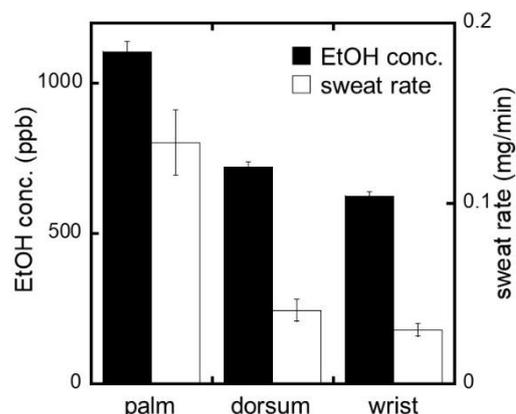


Fig. 1 各計測部位における EtOH 濃度と発汗量の比較

ワイヤレス唾液尿酸計測のためのマウスピース型バイオセンサ

*川瀬 源太郎、大石 琢史(東京医科歯科大学大学院 歯学総合研究科)

飯谷 健太、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】

近年、運動不足や飽食により高血圧や高尿酸血症などの生活習慣病の患者数が増加している。特に、高尿酸血症の患者数が上昇し、本邦では1000万人に上り、世界では12億人に達していると報告されている。高尿酸血症とは尿酸値が7 mg/dLを超えると診断され、血液中の尿酸が結晶化することで関節に痛風発作が発症する。羅患者において、尿酸値の増加は自覚症状を伴わないため、自己の尿酸値を把握し適切に管理する必要がある。また、尿酸値は日内変動を生じ、日間変動も認められているため、できれば連続的な測定を行い尿酸値の推移を評価することが望ましい。近年では、表皮に微小な針を穿刺し血液中の尿酸濃度を計測する機器が普及しているが、その多くは侵襲的な測定である。本研究では、マウスピース材料を用いて尿酸測定用のマウスピース (MP) 型バイオセンサを作製し、ワイヤレス通信により人工唾液および唾液サンプルの尿酸測定を行った。

【実験方法】

MP型センサの作製では、まずMP材料(polyethylene terephthalate glycol, PETG, ERKODENT)上にスパッタして電極(Pt, Ag)を成膜した。次に、Agを塩化処理してAg/AgCl電極を作製した。また、Pt電極上には生体適合性に優れ、機械的強度の高いpoly(MPC-co-EHMA-co-MBP) (PMEHB)でuricaseを包括固定化した後、更にPMEHBでオーバーコートした。尿酸計測では、唾液中のアスコルビン酸などの活性物質が電気化学的な夾雑成分として影響を及ぼすため、抑制するためにPt電極上に構築する自己組織化単分子膜としてPoly(sodium 4-styrenesulfon acid) solution (PSS)と2-mercaptoethanesulfonic acid sodium salt (MESNA)を検討した。そして、人工唾液及び唾液試料の尿酸濃度を計測した。作製した唾液尿酸センサを人工唾液に浸漬し、尿酸を負荷した際の出力の増加を観察した。なお唾液中においてタンパク質や微生物の影響が考えられるため、未処理の唾液試料と採取後に前処理を施した唾液試料の結果を比較した。まず、唾液を5 mL採取し、37°Cで加温したのちにセンサを浸漬し、尿酸測定を行った。また、前処理では採取した唾液を加熱処理(130°C, 15 min)または遠心分離処理(10000 rpm, 2 min)を行い、同様の計測を実施した。

【結果】

まずリン酸緩衝液(pH7.4, 20 mM)中で本センサの尿酸定量特性を評価したところ Fig. 1 に示すように濃度に応じた電流値の増加と安定値が得られ、0.1-1000 μM の範囲にて尿酸が定量できた。また、唾液中の他成分を負荷しても出力は生じず、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、口腔ファントム中で唾液分泌を模して各種濃度の尿酸を含む人工唾液を尿酸センサに負荷した結果、濃度に応じた電流値の増加と安定値が観察された。さらに、未処理の唾液試料で同様の測定を行った際、低濃度範囲(10-50 μM)において人工唾液中に比して、出力が小さくなった。また、ヒト口腔内における尿酸濃度範囲(70-500 μM)における出力値を未処理の唾液試料と前処理を行った唾液試料とで比較したところ、それぞれ人工唾液より約60%、約70%低下していた。未処理の唾液試料と加熱・遠心分離処理を行った唾液試料の出力低下は同程度であるため、唾液尿酸計測において唾液試料中におけるタンパク質や微生物などの夾雑物の影響は小さいと考えられた。

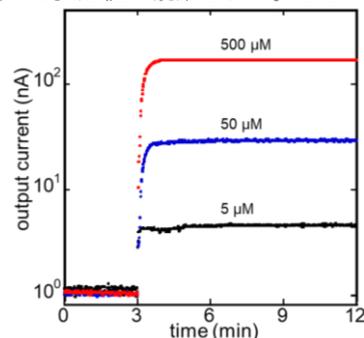


Fig. 1 尿酸を含む人工唾液の負荷結果

顔特異性誘発電位の研究

—表情との関連性—

* 夏苗（東海大学大学院医用生体工学専攻）、山崎大輝（東海大学医用生体工学科）、橋ヶ谷歩夢（東海大学医用生体工学科）、小笹龍之介（東海大学大学院医用生体工学専攻）、山本尚哉（東海大学大学院医用生体工学専攻）、安藝史崇（東海大学医用生体工学科）、木村達洋（東海大学基盤工学科）、** 山崎清之（東海大学医用生体工学科）

1 はじめに

事象関連電位 ERP は感覚刺激により脳波上に誘発される電位変化であり、脳内情報処理過程の一部を反映する指標として広く利用されてきた。ERP のうち、顔画像を刺激として提示したときに見られる特徴的成分として N170 が知られている。これは顔以外の刺激に対する反応よりも早い潜時で生じる。人間は社会的生活を営む上で他者の顔をすばやく認識することが重要であったためと考えられる。さらに顔に現れる感情表現としての表情は重要な情報であると考えられる。そこで本研究では表情の異なる 3 種の顔画像を刺激として ERP を計測、解析した結果について報告する。

2 方 法

顔画像は、特定の感情を示さない通常表情である (0) ニュートラル画像と、(-1) 怒りの表情、さらに (+1) 笑顔の顔写真を作成した。健康成人志願者を被験者とし、これらの刺激をランダムな順序かつ 1.5 秒間隔で提示し、その間の脳波を計測し、加算平均法により ERP 波形を求めた。分析区間は刺激前 250ms から刺激後 750ms であり、サンプリングは 250Hz である。実験はシールドルーム内で行った。脳波測定部位は (C3, C4, P7, P8, O1, O2) とし、耳朶を基準とした単極モンタージュとした。

3 結果と考察

Fig. 1、2 に得られた ERP 波形の例を示す。矢印は ERP の顔特異成分 N170 である。各刺激により得られた N170 の振幅は被験者 A、B ともにニュートラルで最も大きく、次いで笑顔刺激、怒りの画像で最も小さかった。N170 成分のピーク潜時は、2 例に共通する傾向は認められなかった。N170 振幅にみられた傾向は、怒りの感情が非日常的である点や、被験者の画像に対する心理的受容状態も考慮して考察する必要がある。被験者には個人差が大きいため、今後はさらに被験者を追加して、詳細に検討する予定である。

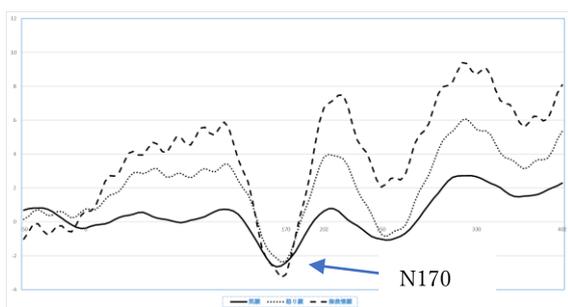


Fig. 1 A の表情に対する ERP 波形

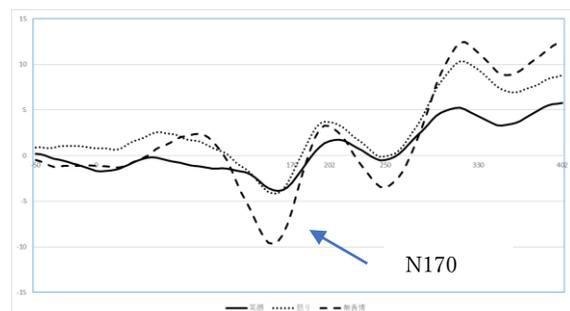


Fig. 2 B の表情に対する ERP 波形

4 参考文献

三好道子ら、「表情変化知覚に関する心理生理学的研究」, 北海道大学大学院教育学研究科紀要 (2006 年), 98, 1-35

顔特異性誘発電位の研究 - 顔画像リアルさとの関係 -

* 山崎大輝（東海大学工学部医用生体工学科）、高橋健太（東海大学工学部医用生体工学科）、内野雄太郎（東海大学工学部医用生体工学科）、山本尚哉（東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻）、小笹龍之介（東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻）安藝史崇（東海大学工学部医用生体工学科）、木村達洋（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、** 山崎清之（東海大学工学部医用生体工学科）

1. はじめに

ヒトは社会生活を送るうえで他者の顔をすばやく認識することは重要である。一方、現代社会において顔一つの記号として絵やCGによる2次元または3次元的なものまで用いられているが、それらもまた“顔”として認識されている。それらの様式によって顔の情報量もさまざまである。本実験では顔の情報量の少ないものから大きいものまで、2次元的なものからより現実に近いものまでの4段階の顔画像を用いて顔のリアルさと誘発電位の関係を検討した。指標として、顔特異性誘発電位N170に着目した。

2. 実験方法

21歳から22歳の健常男性3名を被験者として実験を行った。被験者にはシールドルーム内でモニタを注視してもらい、モニタには絵文字の顔(S1)、ドラえもん(S2)、漫画風の女性の顔(S3)、写真に近い女性の顔(S4)、風景画像(S5)、をそれぞれ32回ずつ表示させた。

脳波測定は、デジタル脳波計の時定数を1.5に、サンプリング周波数を250Hzに設定し、刺激前250ms前から刺激後750ms後までの脳波をそれぞれの画像で32回ずつ加算平均した。また、電極は国際10-20法に基づき、C3, C4, P3, P4, A1, A2の6電極を用い、電極と頭皮の間はペーストでなじませ全ての電極で20kΩ以下になるよう調節した。

3. 結果と考察

実験で得られた被験者A、被験者B、被験者Cのデータを図1、図2、図3にそれぞれ示す。被験者Aはドラえもん(S2)の画像を見た場合のみ、典型的なN170成分が観測できた。被験者Bでは絵文字(S1)、女性の顔(S4)を提示した170ms後に特徴的な波形を観測することができた。被験者Cでは(S1)から(S4)まで全ての画像において提示後170ms後付近に特徴的な波形を観測できた(N170)。また、画像提示後の反応潜時はS1が最も早く、その後S2、S3、S4の順に陰性波の頂点が現れ、陰性波の大きさはS1、S2、S4、S3の順に大きくなっていることが分かった。

顔の認識において画像の持つ情報量が脳内処理時間に影響する可能性が示された。例えば既知のキャラクターにおける処理の節約、画像の構造的複雑さなどが影響している可能性が考えられる。



図1, 被験者A



図2, 被験者B



図3, 被験者C

主観的時間認識と心拍の周期性について

*田中祐太郎（東海大学工学部医用生体工学科）、小笹龍之介（東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻）、山本尚哉（東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻）

安藝史崇（東海大学工学部医用生体工学科）、木村達洋（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、**山崎清之（東海大学工学部医用生体工学科）

1. はじめに

時間経過の認識は絶対的なものではなく、状況によって変化し得ることは経験的にも明らかである。同じだけの時間経過も長く感じられることも、短く感じられることもある。こうした主観的時間認識の変化と、生理学的な条件との関連性については明らかではない。本川は生涯の心拍総数の観点からは必ずしもゾウは長命でネズミは短命であるとは言えないと論じている[1]。本研究では心拍を仮に生物学的時間軸とみなした場合の、心拍変動性に着目し、主観的時間経過との関連性について実験的に検討した。

2. 方法

健康成人男性3名を被験者にして以下の実験を行った。ウェアラブルセンサ（HEXOSKIN 製：着衣型）を用いた。その際、心電図は256Hzでサンプリングを行い、心電図のR-R間隔は分解能4msで算出した。実験条件を(1)5分間時間を確認しつつ心拍を計測、(2)時計を見せず(1)の時間感覚をもとに被験者の5分間を計測、の2種類の条件で心拍の計測を行い、計6つの安静時心拍よりR-R間隔を得ることができた。R-R間隔系列を100点取り出し、心拍軸上に配列して自己相関関数を計算した。

3. 結果と考察

1被験者の心拍のR-R間隔系列の自己相関関数をプロットしたものをfigure1に示す。通常、自律神経機能評価のために、データ X_i 対 X_{i+1} を逐次散布図に示すポアンカレプロットが用いられる。本研究では X_{i+1} を $i+k$ ($k=1, 2, 3 \dots n$)に拡張し、逐次相関係数を求めてコログラムとして表示した。時間の経過が速く評価される際には心拍軸上に長周期成分がみられた。時間経過の主観評価が異なると、心拍の周期性に影響が及ぶ可能性が考えられる。

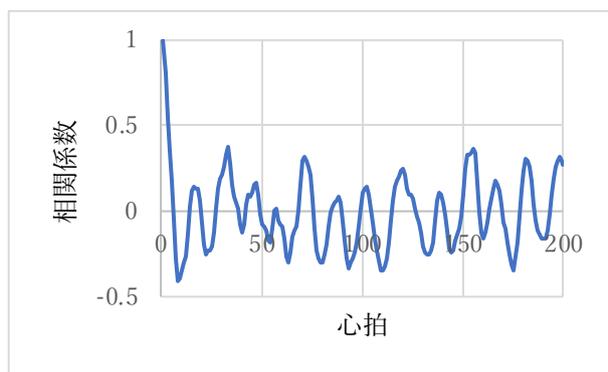


Figure1 絶対時間確認時

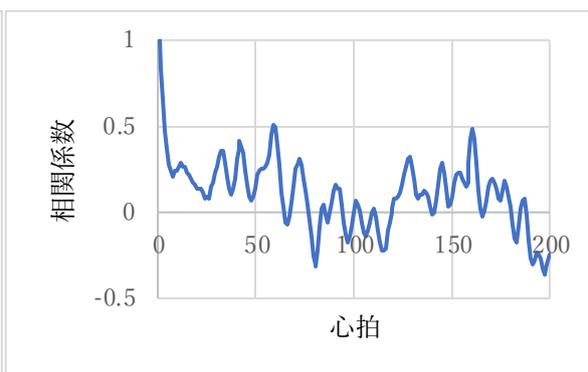


figure2 時間の経過が早く感じられた例

4 参考文献

[1]本川：ゾウの時間ネズミの時間 中央公論社、1992年

Nバックタスクを用いた精神性ストレス負荷時の自律神経系評価①

～HRV 解析を用いた検討～

* 茂岡優作 (東海大学 医療福祉工学科)、大村圭市 (東海大学 医療福祉工学科)、安藝史崇 (東海大学 医用生体工学科)、山崎清之 (東海大学 医用生体工学科)、** 木村達洋 (東海大学 医療福祉工学科)

1. はじめに

日常生活においては、様々なストレスが存在し、このストレスにより身体症状へも影響が及ぶことが知られている。そのストレスの計測としては自律神経系の評価を行う研究が多く行われている。本研究では精神性ストレス負荷課題として、課題難易度の変更が容易である N バックタスクを用い、その際の自律神経系への影響を心電図の HRV 解析を用いて検討した。

2. 実験方法

N バックタスクとは、数種類の刺激を順次提示し、現在提示されている刺激が N 回前と同一かどうかを答えさせる課題である。「1 回前との比較」、「2 回前との比較」のように過去に遡るほど難易度が上昇する。

本研究では被験者に以下に示す難易度の異なる 4 段階の N バックタスク課題を行わせた。難易度は、(1) 1～5 までの数字をランダムに提示し、1 回前の刺激と比較させる 1 バックタスク、(2) 刺激を (1) と同様に提示し、2 回前と比較させる 2 バックタスク、(3) 1～5 までの数字を青もしくは緑でランダムに提示し、数字と色を 1 回前と比較させる 1 バック二重タスク、(4) 刺激を (3) と同様に提示し、2 回前と比較させる 2 バック二重タスクとし、各課題の前後 10 分間は安静状態で待機させた。課題の (1)、(2) は数字が N 個前の数字と同じであれば、キーボード「1」のボタンを押させた。また、課題 (3)、(4) では、それぞれ N 個前の数字が同じであればキーボード「1」、色が同じであればキーボード「2」また、数字、色ともに同じであれば、「3」のボタンを押させた。

課題遂行中は PowerLab(ADInstruments 社製)で心電図の第 2 誘導を計測した。得られた心電図の R-R 間隔よりスペクトルを算出し、高周波成分 HF(0.15～0.4Hz)と低周波成分 LF(0.04～0.15 Hz)のスペクトルパワーを求め、HF を副交感神経、LF/HF を交感神経の活動指標とした。

3. 結果

副交感神経系の指標である HF は課題①から順に課題難易度を上げるたびに低下する傾向が認められた。課題②および③については、難易度としてどちらが難しいかは単純には比較できないが、被験者への聞き取り調査によると、あまり大差がないと答えており、本実験の結果からも伺うことが出来る。

また交感神経系の指標である LF/HF は、課題難易度を上げると、上昇する傾向は認められたものの、HF ほどはっきりとした傾向ではなかった。

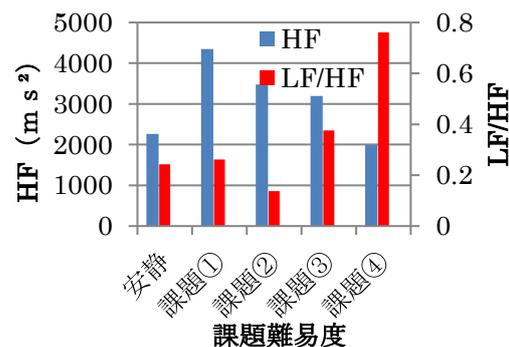


Fig. 1 心拍変動

4. 考察

本実験では、N バックタスクと N バック二重タスクを用いて HRV 解析による自律神経系評価を行った。その結果、副交感神経系の指標である HF 成分による評価が有用であることが示唆された。一般的に交感神経と副交感神経は、排他的な制御であるとされている。しかし、本実験において LF/HF は、その傾向が顕著ではなく、もっと複雑な制御機構であることも考えられた。

Nバックタスクを用いた精神性ストレス負荷時の自律神経系評価② ～脈波伝搬時間を用いた検討～

*坂除美佳¹⁾、境百華¹⁾、安藝史崇²⁾、山崎清之²⁾ **木村達洋¹⁾

1) 東海大学基盤工学部医療福祉工学科 2) 東海大学工学部医用生体工学科

1. はじめに

自律神経とは臓器の働きや体温調節など自分の意志に関係なく働いている神経である。この自律神経は交感神経と副交感神経の二重支配がよく知られている。一般的には興奮時やストレス下では交感神経が優位に働き、安静時や睡眠時などでは副交感神経が優位に働いている。現代社会において対人関係や通勤・通学などの日常生活の中で精神的ストレスを感じる場面が多くなっている。また、ストレスの感じ方には個人差がありストレスの程度によって自律神経系に与える影響の度合いが変化すると考えられる。そこで本研究では精神性ストレス課題として、難易度の変化が容易なNバックタスクを用いて自律神経系への影響を、脈波伝搬時間と心拍数の観点から検討した。

2. 実験方法

本研究では被験者に以下に示す難易度の異なる4段階のNバックタスク課題を行わせた。難易度は、以下に示すとおりである。(1) 1～5までの数字を2秒間隔でランダムに提示し、1回前と比較させる1バックタスク (2) (1)と同様に数字を提示し、2回前と比較させる2バックタスク (3) 青または緑の色が付いた1～5までの数字を2秒間隔でランダムに提示し、数字と色を1回前と比較させる1バック二重タスク (4) (3)と同様に数字を提示し、数字と色を2回前と比較させる2バック二重タスク

各課題の前後10分間の休息時間を設けた。実験課題はパソコンのディスプレイ上に表示し、数字がN個前と同一であればキーボード「1」のボタン、色が同じであればキーボード「2」のボタン、数字、色ともに同じであれば、「3」のボタンを押させた。課題遂行中はPowerLab(ADInstruments社製)で心電図の第2誘導と指尖脈波を計測した。得られた心電図のR波から脈波のピークまでの時間を算出し、脈波伝搬時間とした。この脈波伝搬時間は自律神経の働きによる血管の収縮と弛緩に作用し、時間が変化することが知られている。

3. 実験結果

Fig. 1に単色で行った1バックタスク及び2バックタスク遂行時の脈波伝搬時間を示した。また、Fig. 2は2色で行った1バックタスク及び2バックタスク遂行時の脈波伝搬時間である。両グラフとも横軸は2分間の各心拍であり、つまり横軸の最大値が各課題を2分間遂行時の心拍数を表している。

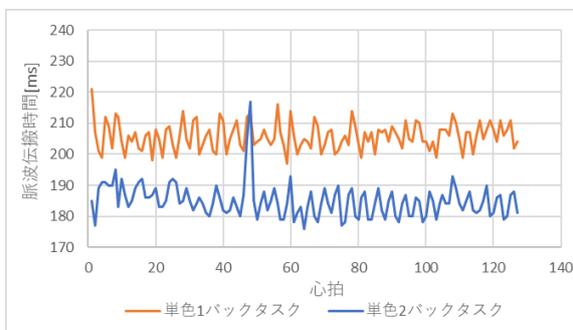


Fig1.単色1バック・2バックタスクの脈波伝播時間と心拍の変化

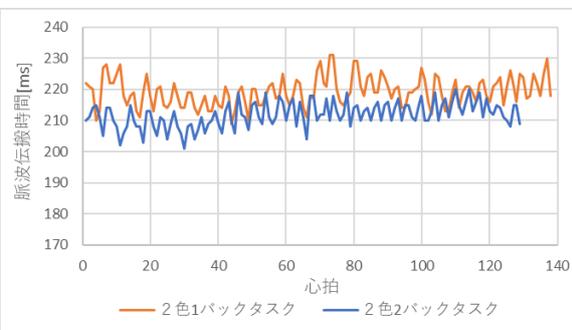


Fig2.色1バック・2バックタスクの脈波伝播時間と心拍の変化

単色、2色共に1バックタスクと2バックタスクを比較すると、2バックタスクにおいて脈波伝搬時間が短縮する傾向が認められた。また、上記で示した通り横軸は2分間の心拍数を示しているが、難易度(1)から(3)では心拍の変化は見られなかった。一方、最も難易度が高い難易度(4)では2分間で10拍程度の上昇が認められた。

4. 考察および今後の検討

本実験では、Nバックタスク及びさらに異なる色を用いたNバック二重タスクを用いて脈波伝搬時間の変化を検討した。その結果、課題難易度の上昇に伴い脈波伝搬時間が短縮することが認められた。これは難易度の上昇に伴い緊張したことで交感神経の活動が優位になったためと考えられる。自律神経による血管への働きは主に交換神経であるとされており、この結果とも一致する。一方、被験者によっては2バックタスクにおいて脈波伝搬時間が延長する者も認められた。聞き取り調査によると難易度高く「諦めた」と答えており、課題に対する緊張感が削れた可能性が考えられる。今後はより詳細な検討をする予定である。

Brain Computer Interface での利用に向けた SSVEP の諸特性の基礎的検討

*尾方優真¹⁾、山口雅史¹⁾、藤本龍悟¹⁾、安藝史崇²⁾、山崎清之²⁾、**木村達洋¹⁾

1) 東海大学基盤工学部医療福祉工学科 2) 東海大学工学部医用生体工学科

1. はじめに

Brain-Computer-Interface (以下、BCI) とは、脳波などの脳活動の指標を利用してコンピューターの操作信号に活用することで、脳と外部機関間における直接的な意思伝達経路を提供する技術である。また、SSVEP とは定常的な視覚刺激で誘発される視覚誘発電位であり、BCI の利用も検討される脳信号の一つである。そこで本研究では、BCI 利用に向けた SSVEP の誘発特性について、提示刺激の距離の観点から検討を行った。

2. 実験方法

SSVEP の誘発刺激として、Fig. 1 に示す 400×400 pixel の反転する白黒画像を用いた。この刺激画像を PC 画面上で右 8Hz、左 6Hz の条件で刺激を行い、被験者には約 50cm の距離で一方の点滅刺激を 1 分間注視させた。また左右 2 つの距離を 50、30cm、15cm と変化させ、脳波は 10-20 法に基づき、C3、C4、O1、O2 から耳朶を基準として単極導出し、オフラインで FFT 解析を行った。

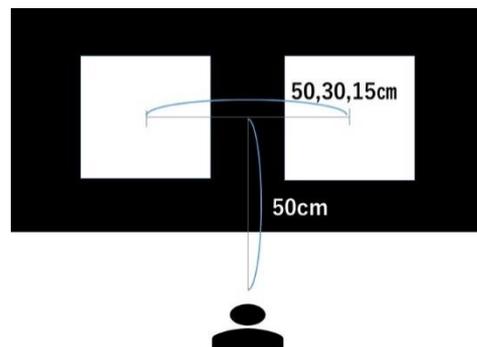


Fig. 1 背景と刺激画像

3. 実験結果

Fig. 2 には、2 つの刺激画像を 50cm で配置し、8Hz の刺激を着目させた場合の脳波スペクトルを提示した。また、Fig. 3 は同様に距離を 30cm にした場合の脳波スペクトルである。どちらの条件においても注目させた 8Hz の SSVEP の出現が認められたが、30cm の場合においてはスペクトルパワーが減衰したことが確認された。

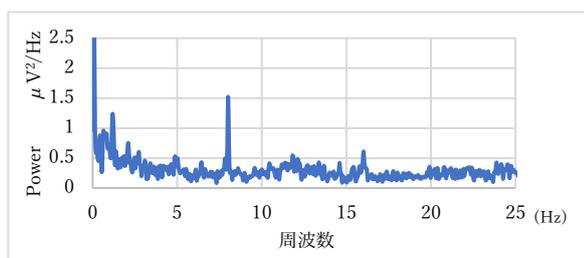


Fig. 2 8Hz 注視時の脳波スペクトル(50cm)

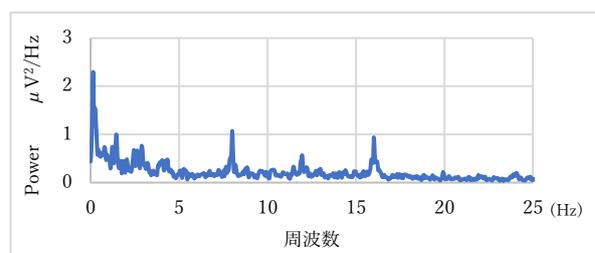


Fig. 3 8Hz 注視時の脳波スペクトル(30cm)

4. 考察

本実験では SSVEP の諸特性について検討した。2 画面刺激時の距離的特性を検討した結果、SSVEP の出現パワーが 2 画面の距離を縮めるごとに減少していくことが認められた。この事は近距離に刺激を配置した事で刺激のコンタミが生じた可能性が考えられる。従って、複数の画像提示で SSVEP による BCI を使用する際は提示距離などの諸特性を十分考慮する必要がある。今回は 400×400 pixel の比較的刺激強度の大きい画像を用いたが、今後は刺激強度も変化させながら複数画像提示による SSVEP の諸特性について検討する予定である。

RF マグネトロンスパッタリング法を用いた Al-Cu-O 薄膜の電気的特性評価

*川田啓太郎(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、急激な地球温暖化が進行している。この原因は、人間活動に伴う CO₂を中心とした温室効果ガスの排出量増加によって引き起こされている[1]。産業革命当時の大気中に含まれる CO₂の濃度は、280ppmであったのに対し、近年では、約 400ppm 以上に増加している[1,2]。CO₂排出量の中心は化石燃料であり、CO₂排出量を削減するためには、再生可能エネルギーの利活用が必要である[1,3]。太陽光発電は再生可能エネルギーの中でも、積極的な導入が計られているエネルギー源である[1]。この太陽光発電によって、多くの電力を得るためには太陽光パネルの大量設置や太陽電池の高効率化などが必要である。太陽光パネルを大面積に設置する場合は、土地利用の状況や自然環境の保護など様々な制約を受ける。さらに日本の場合、広くて平らな土地が少なく、太陽光パネルを設置するためには森林伐採などの森林開発につながる場合もある [4]。

ところで、太陽電池を透明にすることができれば、壁、窓にも設置することが可能となり、設置に関わる制約を減らすことが可能となる[5]。透明太陽電池を作製するためには、透明な p 型半導体、n 型半導体、透明導電膜など様々な透明材料が必要となる[6]。特に可視光に対して透明であり特性のよい p 型半導体の実用化が課題となっている[6]。中でも、AlCuO₂は原料に Cu および Al で用いていることから原料の入手が容易であり、価格も安価であることから、低コストでの実用化が可能である[6]。しかしながら、Al-Cu-O 系酸化物薄膜における透過率と電気的特性に関する報告はほとんどない。そこで、本研究では、酸化物のスパッタも可能な RF マグネトロンスパッタ法を用いて、Al-Cu-O 薄膜を作製し、光学的性質および電気的特性を評価し p 型半導体への応用することを目的とする。

2. 実験方法

Al-Cu-O 系薄膜は RF マグネトロンスパッタ装置を用いた。なお表 1 にスパッタ条件を示す。作製した薄膜の透過率の測定は可視・紫外分光光度計を用いた。また、電気的特性の評価には抵抗率を求め、抵抗率を測定するために直流四探針法を用いた。

RF出力(W)	100
アルゴンガス流量(sccm)	30
ターゲット	CuAlモザイクターゲット
酸素ガス流量(sccm)	5~25
スパッタ時間(分)	40

3. 結果

図 1 に異なる酸素流量で作製した薄膜の波長と透過率の関係を示す。この結果より、酸素量が多いほど透過率が高くなることを確認した。また、酸素量が減少すると長波長域から透過率が減少することも確認した。

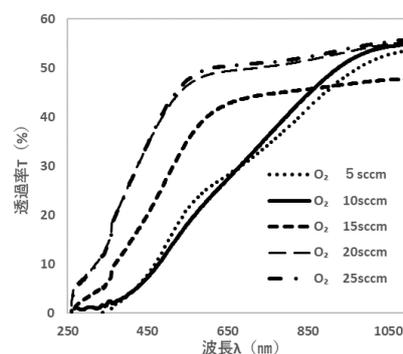


図1 透過率

4. 参考文献

- [1]矢尾由佳「地球温暖化とエネルギー問題」経済政策研究 第2号(2006年)207-228
- [2]WMO 「Greenhouse Gas Bulletin」The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2020 No.17 (2021) 1~10
- [3]大久保敏弘「日本企業の温室効果ガスの空間的相関と立地パターン」経済産業研究 (2013) 3
- [4]河野仁「メガソーラーの山林・山間への設置はなぜ起きているかー政策の問題と解決の方向」環境技術,Vol.49 No.3 (2020) 120~123
- [5]岡村知暁・稲垣憲治「画期的機能を実現する透明な太陽電池」電学誌,124 巻 6 号 (2004) 333~336
- [6]外岡和彦「透明な太陽電池の研究・開発」光学,34 巻 7 号 (2005) 335~357

WO_x薄膜を用いたガスクロミック反応を利用した水素ガスセンサーの開発

*林優希(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、**小栗和也(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)

1.はじめに

水素は再生可能エネルギーから得られる電力を用いて、水を電気分解によって製造すればCO₂の発生なしに安定的に得ることができる【1】。さらに、エネルギー問題の1つである貯蔵と輸送の問題では、水素はリチウム電池と違い自己放電しない為水素の方が優位である【2】。このことから、水素の利用は再生可能エネルギーによる電力の貯蔵・輸送技術の柱になり、結果的に化石燃料の使用量削減につながる【1】。しかし、一般の人々の間では、水素はメタンやプロパンなどの可燃性ガスより爆発的に燃焼するという認識がある【3】。そのため、水素利用を危惧する人々も多い。表1に代表的な可燃性ガスの燃焼範囲を示した。この表から水素はメタンやプロパンと同様の爆発下限濃度であることがわかる。このことから、水素を利用する場合、メタンやプロパンと同様の感度で濃度を検出することができれば、利用者に対して、十分な安全性の確保ができる。

表1 代表的な可燃ガスの燃焼範囲【3】

ガス	濃度(Vol%)
水素	4.0~75
メタン	5.0~15
プロパン	2.1~9.5
アセチレン	2.5~100

ところで、人間は普段から無意識のうちに周りからの情報を認識や検知をしている【4】。そのため水素ガスの場合も、人の五感で認識する刺激を与えることが望ましい。このことから五感に対して訴えるセンサーが人間活動の中で安全を確保する観点から有効である。メタンやプロパンの場合、人工的にニオイを付けることで人の嗅覚に対して直接刺激を与えることができる。一方、水素の場合、ニオイを付加することができない為、異なる方法で五感に対して情報を与えることが必要である。視覚に訴えるためにはガスクロミズムを利用することが有効である。ガスクロミズムは、固体とガスが反応して色を呈する現象であることから、視覚に訴えるガスセンサーとして利用することができる。したがって、視覚に訴えるセンサーが優位である。水素と反応して、ガスクロミズムを示す材料としてWO₃が報告されている【5】。WO₃薄膜中の酸素濃度を変化させることでガスクロミック反応に違いが出た場合より変化の大きいものを使うことで視覚により良く訴えることができる。

そこで本研究では、WO_x薄膜を作製し、ガスクロミック反応を用いた視覚で判断できる水素ガスセンサーの開発について検討することを目的とした。

2.実験方法

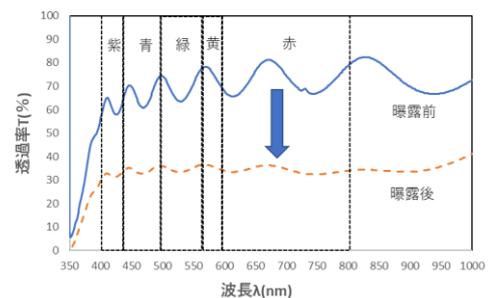
WO_x薄膜の作製にはRFマグネトロンスパッタ装置を用いた。ターゲットにはWを使用した。基板には、アルミノシリケートガラスを使用した。なお、成膜は表2の条件で行った。作製したWO_x薄膜の透過率測定には可視・紫外分光光度計を用いた。さらにガスクロミック反応の確認は水素ガスに曝露する前後での透過率を測定するとともに目視による確認も行った。

表2 成膜条件

RF power	100W
Arガス流量	30sccm
O ₂ ガス流量	15sccm

3.結果

図1には、水素を曝露する前後での透過率を示す。水素に曝露することで、可視光領域全体で透過率の減少がみられた。さらに、目視による確認もできることが分かった。このことから、目視による水素センサーが作製できる可能性を確認した。

図1 WO₃薄膜のガスクロミック反応前後の透過率

4.参考文献

- 【1】 経済産業省「エネルギー白書2017」p58-59
- 【2】 国立開発研究法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「電力貯蔵分野の技術戦略策定に向けて」TSC Foresight Vol.20(2017) p2-13
- 【3】 井上雅弘「水素の安全利用」J.IEIE Jpn.Vol.36 (2016) p263-266
- 【4】 南戸秀仁「匂いセンサシステムの開発とその応用」日本放射線安全管理学会第7回学術大会(2008) p 7-14
- 【5】 岡崎慎司,笠井尚哉,山下彩「白金担持酸化タングステン薄膜をイメージング素子として用いた水素漏洩箇所の特定技術の開発」J.petrol.Inst.Vol.53(2010)p130-134

ヨウ素溶液中での CuI 薄膜の形成において反応温度が膜特性に及ぼす影響

*王 孟陽(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)、畑 由鶴(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)、磯村 雅夫(東海大学工学部電気電子工学科) **金子 哲也(東海大学工学部電気電子工学科)

1. 研究目的・背景

p 型の透明半導体であるヨウ化銅(CuI)は、作成が容易かつその作成過程で毒性の強い物質を使用しない。さらに、高い正孔移動度を持つなどの利点がある。これまでヨウ化銅作成では、ヨウ化処理に固体ヨウ素が使用されてきた。我々は、面内の均一性向上が期待できる手法として、ヨウ素をエタノールに溶かしたヨウ素溶液を用いてヨウ素化を行っている。窒化銅をヨウ素エタノール溶液に浸す本手法では、反応温度と膜特性の関係が明らかになっていなかった。そこで本研究では、反応時のヨウ素エタノール溶液の温度が CuI 薄膜の特性に与える影響を調査した。合わせて、真空ポストアニールの効果についても検証した。

2. 実験方法

ガラス基板(無アルカリ)上に、RF マグネトロンスパッタリング法で電力 40 W、圧力 1 Pa、Ar:N₂ガス比 1:1、ターゲット-基板間距離 17 cm、成膜時間 60 min の条件で窒化銅 (Cu₃N) 薄膜を作成した。その Cu₃N 薄膜を、0.005 mol/L 濃度のヨウ素エタノール溶液を使って、CuI への反応処理を行った。反応の際はペルチェ温度コントローラ VPE-20 を用いて温度制御し、-4°C~70°C、反応時間 60~30 min の条件で行った。作成した CuI 薄膜の膜厚は約 450~640 nm の範囲である。また、作成した CuI サンプルを真空定温乾燥機 VOS-201SD で、120°Cから 220°Cまで1時間の真空熱処理を行なった。以上の条件で作成した CuI 薄膜の抵抗率、吸収係数などの電気的、光学特性を中心に評価を行なった。

3. 実験結果・考察

図1に、反応温度に対する CuI 薄膜の抵抗率を示す。図1より、ヨウ素化時の温度が高温になることで、抵抗率が上昇する傾向があることがわかる。特に、高温での反応時に抵抗率が急に上昇する。また高温時には、CuI への反応が早く進行していた。このことから抵抗率の上昇は、反応時に Cu₃N 中に侵入するヨウ素が多くなり、ヨウ素比率の高い CuI 薄膜が形成されたことが原因の可能性がある。図2に、CuI 薄膜における抵抗率のアニール温度依存性を示す。図2より、室温からアニール 180°C程度まで温度が上昇するにしたがい、抵抗率も上昇していること分かる。しかし、それ以上のアニール温度では抵抗率が下がる傾向がある。さらに、CuI 形成時の反応温度が高くなると、抵抗率が全体的に高くなる事が分かった。

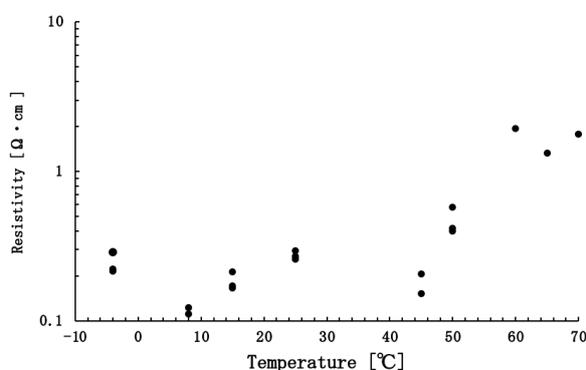


図1. 反応温度に対するCuI薄膜の抵抗率

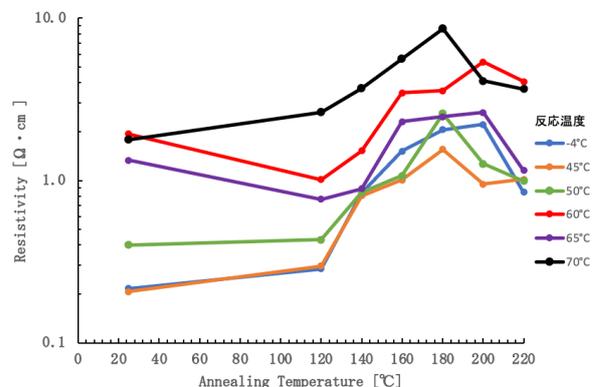


図2. CuI薄膜における抵抗率のアニール温度依存性

核融合炉ダイバータ用複合材料における水素同位体の吸蔵抑制およびリサイクリング

*後藤直樹(東海大学工学部学生)、山崎大地(東海大学工学部学生)、金子新(東海大学大学院理学研究科大学院生)、林俊輔(東海大学大学院理学研究科大学院生)、瀧本壽来生(東海大学大学院総合理工学学研究科学生)、鷲平拓也(東海大学大学院工学研究科大学院生)、神谷征人(東海大学大学院工学研究科大学院生)、利根川昭(東海大学理学部)**松村義人(東海大学工学部)

1. はじめに

将来の発電方法として核融合反応を用いた発電の研究が行われている。現在、核融合原型炉の開発段階にあり、核融合反応後のヘリウム (He)や未反応の燃料粒子 (重水素 D や三重水素 T) を炉外に排気するためのダイバータが設置されることになっている。その際、炉外に排気されずにダイバータの材料であるタングステン(W)中に吸蔵され蓄積する水素同位体が存在する。この D の蓄積により、ダイバータの構成材料の表面に He バブル等が発生し、ダイバータの使用寿命が短縮される。本研究では、W と白金 (Pt) 浸透拡散処理 (以後プラチナイジングと略称) を行った W の二つの試料に Pt 薄膜を付与したチタン(Ti)を組み合わせた多層構造を持つ模擬資料を考案した。この2つの試料を D/He 混合プラズマ照射前後で比較し、W 中に蓄積された D の脱離を促進させ、He バブル発生を抑制を図り、加えて W 内部から拡散してきた D を Ti で回収することが可能であるかの検討を行った。

2. 方法

試料は図 1 に示すように試料 (I) (W と Pt 薄膜付き Ti およびプラチナイジングを行った W : 以下 W_{Pt} とする。) 試料 (II) (Pt 薄膜付き Ti) の2つの試料を作製した。これらの試料は純度 99.9% の W および 99.9% の Ti 棒を $\phi 10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ に切断し、Pt 薄膜をスパッタコーターを用いて W_{Pt} には 300 nm、Ti には 30 nm 成膜した。成膜後 W_{Pt} と W のみ電子線加熱により側面から加熱を行った。直線型ダイバータ模擬装置 PD-SheetIV により D/He 混合プラズマ照射実験を行った。照射後の試料は昇温脱離装置(Thermal Desorption Spectroscopy:TDS)を用いて D の脱離ガス圧と装置の排気速度から D の吸蔵量を求めた。その後 W_{Pt} 断面を EPMA の元素マッピングにより Pt の拡散状態を観察した。

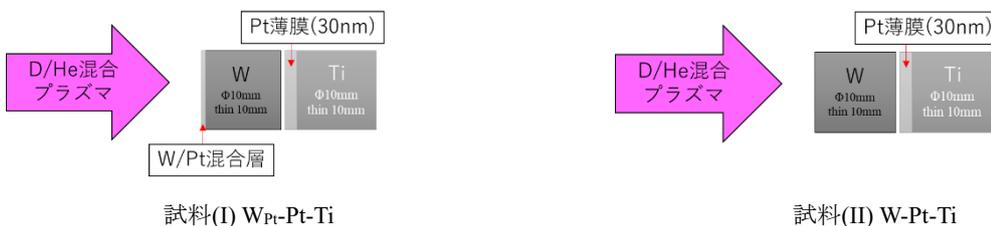


図 1. 各試料の構造

3. 結果および考察

まず SEM および EPMA を用いた照射前の表面観察では、 W_{Pt} 表面には W の排出物が生じ、この排出物周辺の約 $100\mu\text{m}$ に結晶流界を形成する Pt 堆積が確認できた。また D/He 混合プラズマ照射後の W_{Pt} 表面は W に比べエリッジや He バブルといった表面損傷は見られなかった。そして W_{Pt} の Pt 拡散領域は照射表面から約 $7.3\mu\text{m}$ であった。He バブルは W 中の D の体積膨張部分に集合すると報告されており、この D の体積膨張を Pt の触媒作用による脱離で抑制したことが考えられる。次に昇温脱離装置を用いた D の吸蔵量の測定では、資料 (II) の W_{Pt} の D 吸蔵量は試料 (I) の W に比べて 1.6×10^{-5} 倍吸蔵が抑制された。これは W_{Pt} 表面付近において触媒作用による D の脱離作用が優勢となったためと考えられる。また、試料(II)の Ti は試料(I)の Ti の D 吸蔵量の比べ約 1/3 に減少することが分かった。これは、W 中を拡散する D が表面付近で脱離が促されたことによって、W 中に拡散する D が減少したことが原因であると考えられる。このことから長期運転における Ti の水素脆化を防ぎつつ、燃料回収できることが期待される。

イオン衝撃による Sm-Fe 薄膜の 2 層膜化の検討

神谷 征人(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、遠藤 市佳(東海大学工学部原子力工学科)、田内 翔(東海大学工学部原子力工学科)、大野 聖海(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、**松村 義人(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(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、源馬 龍太(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)

【緒言】

従来、真空蒸着法やスパッタリング法による多層膜・積層膜の作製においては成膜時に異なる材料を堆積させる方法¹⁾や基板に対し蒸着粒子の入射方向を任意の角度で入射させる方法²⁾などが報告されている。その中で、我々は新たに成膜時のイオン衝撃を用いて異なる微細組織を作製することにより、薄膜の同一物質での異なる微細組織を用いた 2 層膜化を試みた。我々のこれまでの研究では、基板バイアスを変化させることにより、薄膜に入射するスパッタガスイオンの運動量を変化させた場合の薄膜の面内応力への影響について、イオンの運動量の大きさに基づくイオン衝撃パラメータ P_i を用いて評価を行ってきた。その際、成膜時のイオン衝撃の増加により面内応力に変化が生じた。この結果は薄膜の微細組織が変化したことによる影響と考え、薄膜の断面 SEM 観察を行った。成膜時のイオン衝撃の増減によって薄膜の微細組織が空隙の多い膜と緻密な膜が観察された。このような微細組織の評価を Thornton model³⁾を用いて評価を行い空隙の多い膜を ZONE I、緻密な膜を ZONE T であると考察した。そこで、本研究ではイオン衝撃を利用して成膜時の微細組織を制御し、Thornton model より空隙の多い膜(ZONE I)と緻密な膜(ZONE T)の 2 層膜を作製し、その薄膜の特性評価のため磁歪量の検討を行った。

【実験方法】

Sm-Fe 薄膜は、プレーナー型直流マグネトロンスパッタリング法を用いて作製を行った。スパッタリングターゲットとして SmFe_2 モザイクターゲットを使用し、単結晶 Si(100)基板(4.5 mm×24.5 mm×0.27±0.01 mm)に堆積を行った。成膜条件として到達真空度は 5.0×10^{-4} Pa 以下にし、スパッタリングガスには Ar ガス(99.999 vol%)を導入後、真空度を 9.4×10^{-2} Pa に設定してターゲットの清浄化のためプレスパッタを行った。スパッタ電力を 60 W とし、膜厚を約 1 μm 、基板—ターゲット間の設定距離を 80 mm、成膜時の基板バイアスを -120~0 V の任意の範囲に設定した。成膜中の基板バイアスを任意の時間に変化させることで作製した薄膜の 2 層膜化を行った。この時、成膜された Sm-Fe 薄膜の面内応力は一樣になるように成膜を行った。成膜中の薄膜へのイオン衝撃の影響を求めるためにプラズマ診断を行い、ラングミュアプローブ法を用いてイオンの入射頻度と運動量の大きさを求め、イオン衝撃パラメータを算出した。薄膜の面内応力の測定には白色干渉顕微鏡を用いて膜厚及び曲率半径を測定し、Stoney の式を適用して薄膜の面内応力を求めた。また、高分解能電界放出形走査電子顕微鏡(HITACHI S-4800)を用いて薄膜断面の微細組織の観察を行った。その後、光てこ法を用いて薄膜の磁歪量の評価を行った。

【結果】

Fig. 1 に成膜中に基板バイアスを変化させてイオン衝撃により 2 層膜化した Sm-Fe 薄膜の模式図を示す。Fig. 1 (a)では、Si 基板に ZONE T / ZONE I / Si sub になるように成膜をし、(b)では、Si 基板に ZONE I / ZONE T / Si sub になるように成膜を行った。この時の薄膜の膜厚は(a), (b)ともに ZONE T : ZONE I = 1 : 1 になるように成膜を行った。また、成膜した薄膜の面内応力は一樣になるように成膜を行った。この結果、先行研究と比べて磁歪量の増加が確認できた。

【参考文献】

- (1) H. Tanimoto, J. Ago, M. Nawate, S. Honda and T. Kusuda, 日本応用磁気学会誌 Vol. 15, No. 2(1991) 423-426
- (2) I. Shozo, N. Takahiro, K. Keiji, 精密工学会誌 Vol. 72, No7, (2006) 919-923
- (3) J. Thornton: J. Vac. Sci. Technol. A 4 (1986) 3059-3065

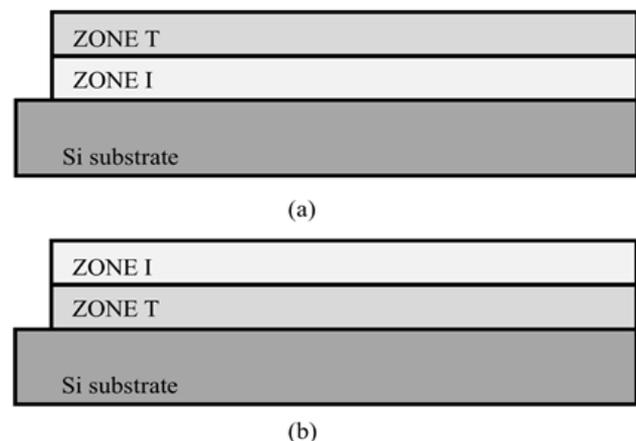


Fig. 1 Schematic diagram of double layered Sm-Fe thin films of (a) ZONE T / ZONE I / Si sub thin films, (b) ZONE I / ZONE T / Si sub thin films.

イオン衝撃による Sm-Fe 薄膜の微細組織変化

*神谷征人(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、内山稀允(東海大学工学部原子力工学科)、小野天司(東海大学工学部原子力工学科)、片岡竜一(東海大学工学部原子力工学科)、大野聖海(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、**松村義人(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(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、源馬龍太(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)

【緒言】

スパッタリング法において作製された磁性薄膜などの機能性薄膜は、成膜中に発生する面内応力によって、薄膜特性が強く影響を受けることが知られている。そのため、薄膜特性の向上には、成膜過程における面内応力の制御が重要となる。従来、薄膜の面内応力制御は、成膜時の基板温度¹⁾、基板バイアス²⁾、スパッタガス種³⁾などの成膜時の条件を変化させることによって行われてきた。近年では、成膜過程における面内応力の制御方法の一つとして、薄膜表面へのイオンの入射によるイオン衝撃を利用する方法が期待されている。これまで我々は、プラズマ診断により、薄膜に入射するイオンの運動量の大きさを求め、薄膜へのイオン衝撃の影響を評価してきた。本研究では、基板バイアスを変化させることにより、薄膜に入射するイオンの運動量を変化させた場合の薄膜の面内応力への影響について、イオンの運動量の大きさに基づくイオン衝撃パラメータ P_1 を用いて評価を行った。

【実験方法】

Sm-Fe 薄膜は、DC マグネトロンスパッタリング法を用いて作製を行った。スパッタリングターゲットとして SmFe₂ モザイクターゲットを使用し、単結晶 Si(100)基板(4.5 mm×24.5 mm×0.27±0.01 mm)に堆積を行った。成膜条件として到達真空度は 5.0×10^{-4} Pa 以下にし、スパッタリングガスには Ar ガス(99.999 vol%)を導入後、真空度を 9.4×10^{-2} Pa に設定してターゲットの清浄化のためプレスパッタを行った。スパッタ電力を 60 W とし、膜厚を約 1 μm、基板ターゲット間の設定距離を 80 mm、成膜時の基板バイアスを -120~0 V の任意の範囲に設定した。成膜中の薄膜へのイオン衝撃の影響を求めめるためにプラズマ診断を行い、ラングミュアプローブ法を用いて、イオンの入射頻度と運動量の大きさを求め、イオン衝撃パラメータを算出した。薄膜の面内応力の測定には白色干渉顕微鏡を用いて膜厚及び曲率半径を測定し、Stoney の式を適用して、薄膜の面内応力を求めた。また、高分解能電界放出形走査電子顕微鏡(HITACHI S-4800)を用いて薄膜断面の微細組織の観察を行った。その後、片持ち梁光楕子法を用いて薄膜の磁歪量の評価を行った。

【結果】

Fig. 1 に成膜時の基板バイアスが -30 V の時の Sm-Fe 薄膜の断面 SEM 像を示す。成膜した Sm-Fe 薄膜の微細組織の評価を Thornton model を用いて評価を行った。Fig. 1 の図より薄膜の微細組織は空隙の多い膜で Thornton model より ZONE I であると考えられる。

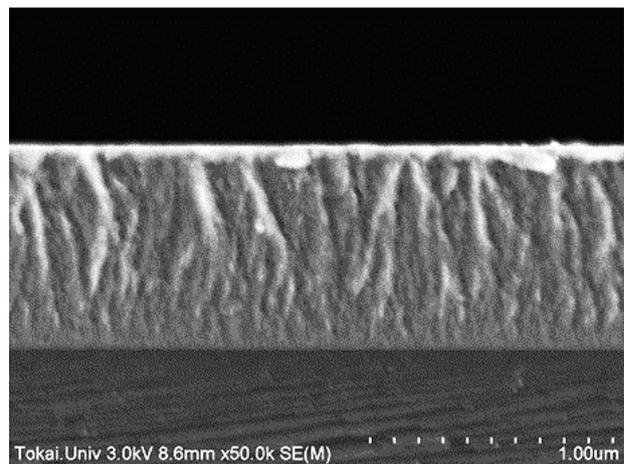


Fig. 1 Cross sectional SEM images of Sm-Fe thin films formed on Si substrate

【参考文献】

- (1) M. Hashimoto, R. Toyoda and Y. Matsumura: J. Japan Inst. Metals 80(2016) 663–666.
- (2) Y. Shinohara, K. Makita and Y. Matsumura: J. Japan Inst. Metals 74(2010) 610–613.
- (3) S. Miyata, R. Toyoda, M. Hashimoto, T. Iijima, A. Tonegawa and Y. Matsumura: J. Japan Inst. Metals

アコースティック・エミッション (AE)を用いた Sm-Fe 磁歪薄膜の電気化学的水素吸蔵過程における剥離挙動のその場観察

*大野聖海(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、松本陸輝(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、佐藤誉也(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、渡邊堅太(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、原田 亮(東海大学総合科学技術研究所)、**内田ヘルムート貴大(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)

【緒言】

Sm-Fe は大きな負磁歪特性を示す材料として知られており [1]、アクチュエータや振動発電材料としての利用に期待が高まっている [2,3]。薄膜系にした場合、コストの削減と共に小型化が可能である。また、磁場を加えた際の変位の挙動から、負磁歪薄膜と正磁歪薄膜を複合化することで、大きな変位を持つコンポジット磁歪薄膜材料が期待される。しかし、負磁歪薄膜のマイクロアクチュエータへの実用化は未だに至っていない。これは、基板からの応力が磁場を印加した際に生じる歪みに対して打ち消す方向に生じるためである。実用化のためにはエネルギー効率の向上が必要不可欠となり、薄膜の面内応力を圧縮方向に増加させることが有用であると知られている [4]。その手法の一つとして電気化学的に水素を吸蔵させる方法が知られている [5]。しかし、負磁歪材料である Sm-Fe に対しての電気化学的な水素吸蔵による機械的特性向上への適用事例がほぼ無い。また、実用の観点から膜の剥離は不適である。

以上より、本研究では、Si(100)基板上的 Sm-Fe 薄膜に対して電気化学的に水素を吸蔵させ、各水素濃度における電気化学ポテンシャルを測定することを目的とした。同時にアコースティック・エミッション (AE)を併用し、Sm-Fe 薄膜の実用化に向け、剥離を調査するためにその場観察を行った。

【実験方法】

DC マグネトロンスパッタリング法を用いて、厚さ 0.28 mm の単結晶 Si(100)基板上に Sm-Fe 薄膜成膜した。成膜時のスパッタ雰囲気は、スパッタガスとして Ar (純度: 99.999%)ガスを、Ar ガス圧を 1.0×10^{-1} Pa で保持した。基板温度は 298 ± 10 K とし、Ar ガス導入前のチャンバー内到達真空度は 2.0×10^{-4} Pa 以下とした。スパッタ電力は 60 W とし、ターゲット表面の清浄化を目的としてプレスパッタを 10 分間行った。

作製した試料に対し、電気化学的水素吸蔵処理を行った。陽極に Au ワイヤ、負極に Si(100)基板上的 Sm-Fe 薄膜試料を接続し、試料表面を 1M KOH 溶液に浸した状態で AE センサを Si(100)基板の裏側に取り付け、標準電極として飽和 KCl 溶液に浸けた飽和甘汞 (SCE)電極を使用し、塩橋で KOH 溶液と繋いだ三電極法を適用した。回路の電源に HOKUTO DENKO HA-151B を利用し、ガルバノスタットによる定電流条件にてパルス負荷における水素吸蔵処理を施した。AE は水素を吸蔵した薄膜の状態を調べるために用いられた。帯電した試料と基準となる SCE 電極との間の電位 (EMF)を測定すると並行して AE でその場観察を行った。

【実験結果および考察】

Fig. 1a は横軸に水素濃度 c_H [H/M: M=Sm-Fe]、縦軸に水素吸蔵時に Sm-Fe 薄膜で検出された累積 AE 事象を表したグラフである。水素濃度領域 ($c_H < 10^{-2}$ [H/M])でいくつかの独立した AE カウントが検出された。Fig. 1b は横軸に水素濃度 c_H [H/M]、縦軸に EMF [V]を示したものであり、同じ水素濃度領域 ($c_H < 10^{-2}$ [H/M])での電位の値は水素濃度 c_H が増加するに伴い、減少傾向にあることが確認された。一般的に希土類元素は酸化しやすい。Sm-Fe 薄膜を作製後に試料が酸化し、表面に Sm の酸化物が形成されたために、EMF 値が低下したのではないかと考えられる。また水素が表面の Sm 酸化物内の欠陥に侵入したことによって AE 事象が発生したと考えられる。

水素濃度領域 ($c_H > 10^{-2}$ [H/M])では AE 事象が大幅に増加し、EMF の値も増加傾向にあった。この濃度領域で Sm の水素化物が形成されたこと、試料表面に局所的な剥離が生じたことで AE 事象の増大に繋がったと推察される。

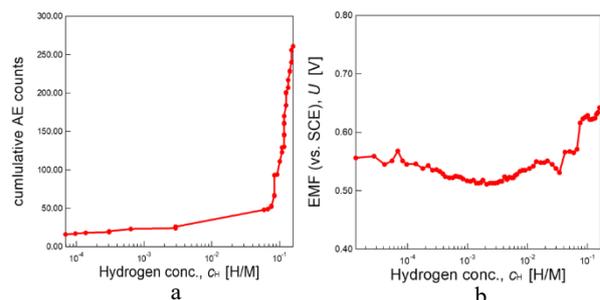


Fig. 1 Cumulative number of AE counts and equilibrium EMF for hydrogen loaded Sm-Fe thin film.

【結言】

Si(100)基板上的 Sm-Fe 薄膜に対し AE を併用した電気化学的水素吸蔵を行い、低水素濃度領域でいくつかの独立した AE 事象が計測された。高水素濃度領域では水素の空孔あるいは転位への侵入、または膜の剥離によるものと思われる多数の AE 事象が確かめられた。

参考文献

- [1] A. E. Clark *et al.*, *Phys. Rev.*, **B5**, (1972), 3642-3644.
- [2] G. Engdahl, ed., *Academic Press*, ISBN: 9780123885937, (1999).
- [3] M. Gibbs (ed.), *Springer*, (2000), ISBN: 9780792367178.
- [4] A. Kadowaki *et al.*, *J. Japan Inst. Met. Meter*, **69**(2005), 377-379.
- [5] U. Laudahn *et al.*, *J. Alloy. Compd.*, **293-295**, (1999), 490-494.

チタン板表面における電気化学的な酸化および水素処理に関する研究

*佐藤 誉也(東海大学大学院工学研究科)、大野 聖海(東海大学大学院工学研究科)、松本 睦輝(東海大学大学院工学研究科)、渡邊 堅太(東海大学大学院工学研究科)、原田 亮(東海大学総合科学研究所) **内田ヘルムート貴大(東海大学大学院工学研究科)

1.背景および目的

金属が水素を吸放出すると、様々な現象が生じる事が知られている。機械的特性に関連するものとしては、水素脆化現象や結晶粒微細化(HDDR 現象^[1])、水素誘起アモルファス化(HIA^[2])などがその代表例である。本研究室では、金属に対して水素を吸蔵させ機械的物性の変化、結晶性の変化、水素透過法を用いた室温付近での水素の吸蔵・拡散透過現象に関する研究をおこなっている^[3]。電気化学を用いた水素吸蔵、水素透過をおこなう場合、表面状態が非常に重要である。表面処理の手法として電解研磨、物理研磨、化学研磨、陽極酸化、エッチング処理などがあげられるが、歪を導入する手法を適用した場合は水素の拡散挙動に影響を及ぼすことが知られている^[4]。さらに表面酸化被膜は水素の吸放出反応における活性化エネルギーの状況に寄与するため、表面状態の制御は大変重要となる。以上から、本研究では水素吸蔵特性の高い活性な金属であるチタンに、機械的な歪を与えない手法の一つである陽極酸化および電気化学的な水素導入法に着目した。水素吸蔵時のチタン表面の状態を電位-pH 図^[5]を考慮して水素処理を行い、X 線回折法によって水素と酸化からの金属への影響を観察することを目的とする。

2.実験方法および結果

本研究ではニラコ社製の厚さ 0.1 mm、純度 99.5%のチタン板を使用した。縦 20 mm×横 15 mm に切り出したチタン板を、熱処理を行わず、陽極とした。陰極には銅板を用い、30 V, 60 s の条件で 85 wt.%リン酸浴にて陽極酸化処理を施した。次に、85 wt.%のリン酸と 99.5 wt.%のグリセリンを体積比 2:1 で混合し、99.5%のアルゴンガスで溶液に 2 時間バブリング処理を施した。作製したリン酸グリセリン溶液に陽極に銅を、陰極に陽極酸化を施した試料を取り付けた。参照電極として Ag/AgCl(sat.)をもちいた。本実験ではチタン表面を考慮するため室温 (25°C) でのチタンの電位-pH 図を図 1 に示す^[6]。電位

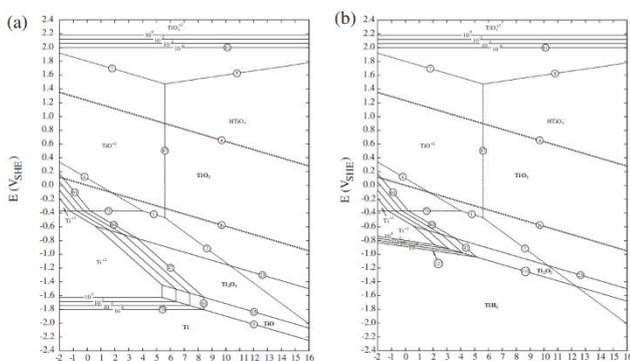


図 1 室温における Ti に対する電位-pH 図 (a)材料に水素が入っていない場合 (b)水素が材料に入った場合^[6]

-pH 図よりリン酸グリセリンの pH2 での電位を試料に水素が入っていないと仮定し最初のみ-1.0 V、その後水素が吸蔵されていくため-0.6 V となるようにパルスでの定電位で実験をおこなった。電気化学的酸化および水素処理の評価として X 線回折法(XRD)を X'Part MRD により Cu-K α 線源波長を用いて試料の結晶性を評価した。

3.結果

切り出したチタンを XRD 解析し JSPDS によるピーク照合を行った結果を図 2 に示す。主構成相である六方晶系の Ti の回折パターンと共に、TiO₂からの回折ピークが確認された。試料切り出しの時点で確認されており、チタン表面が酸化していることが確認された。

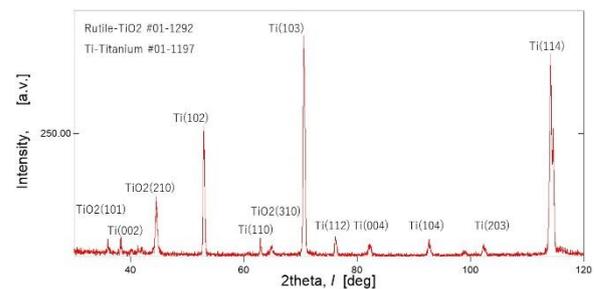


図 2 切り出したチタンのピーク解析

- [1] A. Kamegawa, T. Funayama, J. Takahashi, H. Takamura, M. Okada, 'Grain refinements of Al-Mg alloy by hydrogen heat-treatments', *Mater. Trans.* **46**, (2005), 2449-2453.
 [2] K. Ishikawa, Y. Seki, K. Kita, M. Nishida, K. Aoki, 'Hydrogen permeability and microstructure of rapidly quenched Nb-TiNi alloys', *J. Alloy. Comp.* **509, Supplement 2**, (2011), S790 - S793.
 [3] 鎌田 健聖, 荒井 伸亮, 松村 義人, 内田 ヘルムート貴大, 『Cu-Ti 系薄膜組織の微細化に関する研究』, 第 31 回 SAS シンポジウム, 2019 年 11 月.
 [4] R. Cantelli, F.M. Mazzaoli, and M. Nuovo, 'Internal friction due to Long-Range Diffusion of hydrogen in Niobium (Gorski effect)', *Phys. Stat. sol.*, **34**, (1969), 597.
 [5] M. Pourbaix, 'Some Applications of Electrochemical Thermodynamics', *Corrosion*, **6**, (1950), 395-404.
 [6] M.J. Muñoz-Portero, J. García-Antón ↑, J.L. Guinón, R. Leiva-García 'Pourbaix diagrams for titanium in concentrated aqueous lithium bromide solutions at 25 °C', *corrosion*, **53,4**, (2011)1440-1450

メカニカルアロイング法による Cr-W 耐熱合金の作製

*秋谷有輝、福岡敬士、中村真梨子(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、

**小栗和也(東海大学教養学部人間環境学科)

1. はじめに

熱機関は使用温度を上昇させることで、熱効率の向上が見込める[1]。例えば、コンバインドサイクル発電のように燃焼ガス温度を高めることが出来れば熱効率が上がり、結果的に温室効果ガスの排出量を抑えることができる[2]。現在このような環境下で利用されている耐熱合金は Ni 基合金であり、耐熱温度は 1200°C 程度である。そのため、より高い温度で使用できる熱機関を製作するためには、さらなる耐熱合金が必要となる。ところで W は最も融点の高い元素であり、耐熱材料として期待されている。しかし、W 基合金は耐酸化性が Ni 基合金よりも劣り、大気下では 600 度を超える温度での使用は困難である[3]。ところで、仕事関数が低い W の特性を利用したスパークプラグの開発において耐酸化性向上のために W に Cr を添加した合金が目まされてきている[4]。Cr の酸化物は緻密で、不動態膜を形成しやすいことから耐酸化性に大きく寄与することが期待できる。図 1 は W-Cr 合金状態図を示している。図 1 より Cr-W 合金は全率固溶であり組織、成分の制御が容易な合金系であることが期待できる。ところで、Cr の蒸気圧が高く、また酸化タングステンは高温で昇華することから W-Cr 合金を溶解法で作製することは困難である。合金を作製する方法は様々であるが、中でもメカニカルアロイング法は機械的エネルギーで合金化を行う方法であり、材料の融点より低い温度で固相反応によって合金化できることが特徴である[6]。そこで本研究では Cr と W を異なる条件でメカニカルアロイング処理を行い、Cr-W 合金の合金化の過程を反応速度論に検討することを目的とした。

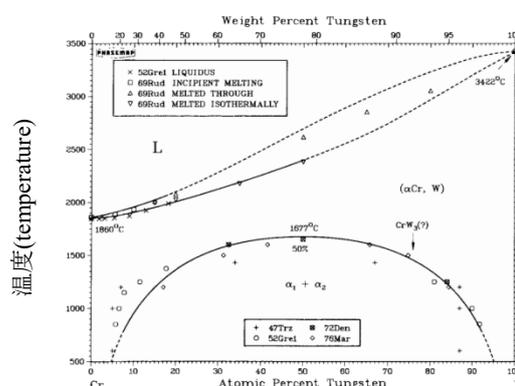


図 1 W-Cr 系状態図[5]

2. 実験方法

原材料には高純度の Cr 粉末 (98%) と W 粉末 (99.9%) を用いた。粉末の配合比(原子比)は 1:1 とした。メカニカルアロイング処理にはレッチェ社製遊星ボールミル装置 PM-100 を用いた。なおメカニカルアロイングの条件は表 1 に示した通りである。メカニカルアロイング後の試料の構造解析は X 線回折を用いた。

表 1 合金化の条件

MA 時間	25h, 50h, 75h, 100h
回転数	500rpm

3. 実験結果

Cr 粉末と W 粉末を用いてメカニカルアロイング処理を行うと W 中に Cr が固溶した相と Cr 中に W が固溶した相の 2 相が組成を変えながら合金を形成していることを X 線回折結果から確認している。合金形成の速度論的検討についての詳細は、当日の発表で報告する。

<参考文献>

- [1] 安達正之 佐野洋一郎 「絵ときでわかる 熱工学(第 2 版)」 オーム社 (2005) p.43
- [2] 戸田佳明「NIMS NOW」国立研究開発法人物質・材料研究機構 (2013) p.3,7
- [3] 伊藤普 古沢勝 「耐酸化性タングステン焼結体について」 粉体粉末冶金協会 (1969) p.145
- [4] 特許出願公開「点火プラグ用電極材料」日本特殊陶業株式会社(1986) p.269
- [5] Naidu, S.; Sriramamurthy, A.; Rao, P. The Cr-W (chromium-tungsten) system. Bull. Alloy Phase Diagrams 1984, 5, 289–292,
- [6] 新宮秀夫 「メカニカルアロイング」 日本塑性加工学会 (1991) p.1116

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感性評価

*田中萩乃(神奈川県立大学電気電子工学専攻)

**板子一隆(神奈川県立大学電気電子工学専攻)

1. まえがき

ギターの音色に関する要因としては様々あるが、主としてギターの表面板の素材、厚みや容積そしてサウンドホール径が重要な要因となることがわかっている。

そこで本研究では表面板の素材に着目した。まず始めに市販のクラシックギターを2本用意し、1本はそのまま使用し、もう1本は表面板の素材を変えたものを製作する。そして製作したギターと市販のギターの音色の違いをSD法を用いてアンケート調査を行い、比較検討を行った。

2. 表面板の素材

市販のギターは一般的に合板が使用されているため、材料が均一でないことからノイズを含みやすくなっている。また使用される木材の繊維密度や水分量の含まれ方によって音色が大きく左右され、そして湿気などの環境変化にも弱い。

そこで今回はこのような木材の欠点を克服することができるカーボンファイバーという材料を用いた。このカーボンファイバーとは、素材を均一にすることができるためノイズが含まれにくくなると考えられる。また柔軟性や耐久性に優れ、軽量で気候に左右されない。これらのことから、本研究ではカーボンファイバーを使用してギターを製作し、市販のギターとの音色の違いを検討した。

3. ギターの製作

実験用ギターを製作するにあたり、まずは表面板を取り除く必要がある。はじめに、図1(a)のようにギターの縁から約50mm離れた位置に印をつけ、縁に沿って適当な間隔で穴を開ける。次に内周1周分穴を開けたら、図1(b)のようにそれに沿って表面板を丁寧に切り取る。次に市販されているカーボンファイバー板を表面板に用いる形状に切り取り、図2(a)のようにサウンドホールを開け、力木と響材を取り付ける。最後に図2(b)のように製作した表面板を本体へ取り付け、弦を張るのに必要な駒と呼ばれる部品の取り付けを行い、弦を張ってカーボンギターの完成となる。



(a) 穴あけ (b) 切除

図1 表面板の切除

4. SD法による音色の評価

SD法とは、被験者の直感のイメージを対立する形容詞の対を用いて5段階または7段階の尺度で回答させる方法のことである。そして、今回製作したギターと元の木製のギターの音色を楽器演奏者、楽器製作者の合計26名に弾き比べてもらい評価を行った。評価の結果を図3に示す。

図3からカーボンファイバーは澄んだ、明るいなどの印象が多かったため、この結果がノイズを含みにくくする要因であると考えられる。またオリジナルの木製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、カーボンファイバーはかたい、硬質である、力強いといった対照的な印象を受けることがわかった。

5. あとがき

以上より、カーボンファイバーという均一な材料を用いることによって、ノイズを含みにくいギターの製作ができた。

またSD法による調査結果から、ギターの表面板を木製からカーボンファイバーに変化させることによって、硬い音色へと変わることが確認できた。

今後は今回製作したギターと市販のギターの音色の質の定量的な評価や、それぞれのギターについての倍音の含まれ方について検討していく予定である。



(a) 力木、響材の取り付け (b) 完成したギター

図2 製作したカーボンギター

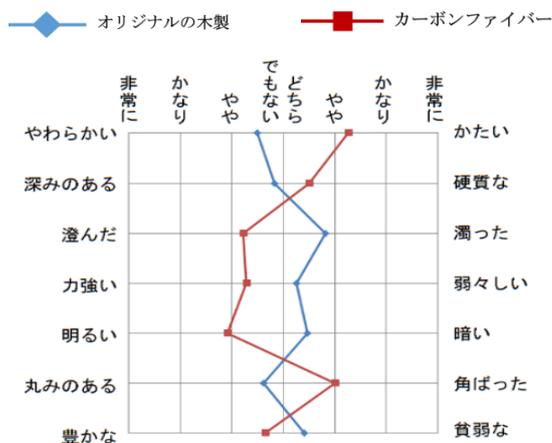


図3 SD法によるアンケート結果

スマートグラスを用いた医療機器操作支援システムの設計に関する一考察

*中武聖（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、佐藤美羽（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、大賀凌（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、古瀬文音（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）**土居二人（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、木村達洋（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、矢原充敏（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）

1. はじめに

昨今、SARS-CoV-2の影響により、院内では新しい機器が導入されても勉強会の開催等が難しく、医療従事者が研修を受ける機会は少なくなっている。同時に、医療技術習得の遅れが懸念されている。この改善策としてスマートグラスの活用が考えられる。

本研究では、場所、状況、時間に影響されることなく医療従事者の早期育成を目的として、医療機器操作技術の習得を行うことができるスマートグラスを活用した医療支援システムの構築を行った。

2. システム設計

本システムは、医療現場において簡易に医療機器の操作を確認できる必要がある。また、その理解を深め、確実な操作に結び付けるためには、実際に医療機器を操作しながら動画を視聴することが望まれる。それ故、本システムでは動画視聴の機器としてエプソン社製のスマートグラスである MOVERIO BT-35E を用いた。このスマートグラスは、シースルータイプであるため、動画を視聴しながら作業を行うことが可能である。表1に本スマートグラスの基本特性を示す。

また、動画視聴に当たっては、本スマートグラスのメモリに動画データを保存し、直接アクセスする方法を試みたが、デバイスの空き容量が減ることが問題となる。そこで、BO-IC400と接続しての視聴を検討した。そこで、スマートグラスのカメラ機能を利用して、動画のリンクをQRコード化したものを各医療機器に貼りつけておくことで、必要な動画をオンラインからすぐに視聴できるように設計した。

検証の動画のファイル形式には、広く浸透しているMP4を採用し、実際に対応する医療機器の説明動画を視聴しながら機器の操作が行えるか検証した。

3. まとめ

本研究では、スマートグラスを用いた医療機器操作支援システムの設計を行い、すべての機能に関して問題なく動作することを確認した。今後は、実用化に向けて本システムの問題点を抽出および改善すると共に、実際に病院内で使用しての検証を行う予定である。また、各医療機器に対応した動画が多数存在するため、QRコードの読み取りによる短縮化のみでなく、メーカーや機種ごとに動画のカテゴリ検索などを用いた効率化が望まれる。

表1. MOVERIO BT-35Eの基本特性（BO-IC400接続）

表示性能	ディスプレイ方式	Si-OLED
	解像度	HD 横1280×縦720
	色数	24bitカラー (約1677万色)
オペレーティングシステム		Android™9
内蔵メモリ	メインメモリ	4GB
	ユーザメモリ	64GB
カメラ	500万画素	
センサー	地磁気センサー/加速度センサー/ジャイロセンサー/照度センサー	

スマートグラスを用いた医療機器操作支援システムの動画制作に関する一検討

*藤原勇輔（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、幸野正宗（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、大木場雄大（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、**土居二人（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、**木村達洋（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、**矢原充敏（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）

1. はじめに

医療機器は日々進歩を遂げている。新しい医療機器の導入時に院内研修会を開くことは臨床工学技士の業務の一つであるが、現在のコロナ禍においては開催が困難な状況にある。そこで、この改善に向けた一つの手法として、当研究室では AR により動画を視聴できるスマートグラスを用いて医療機器操作の支援を行うシステムの開発を行っている。これにより、密を避けた状態で学ぶことが可能であると同時に、遠隔支援も実現することができる。

本研究は、3 グループに分かれて実施し、我々はスマートグラスを用いた医療現場での視聴を念頭に置き、より短時間で効率よく学べる医療機器操作ガイドの動画撮影・編集の検討を行った。

2. 撮影・編集方法

動画撮影には iPhone8 を用いた。スマートグラス BT-35E(エプソン社製)の解像度は 1280x720 であり、iPhone8 の解像度は 1334x750 であることから十分な機能を有する。動画は、動画を視聴しながら機器操作が可能となるスマートグラスの特性を生かして視線に合わせて撮影を行い、動画と機器操作の差異が少なくなるよう設定



図1 バックバルブマスクの動画画面

した。また、医療事故に繋がりやすい箇所は全体像ではなくアップで撮影することで注意を促している。

動画編集には Power Director 19 (サイバーリンク社製)を使用した。遠隔で通話しながら動画を視聴することが可能なため、音声は使用せず、字幕で説明している。

3. 作成状況

現在までに作成した動画は、バッグバルブマスク・シリンジポンプ・輸液ポンプ・人工呼吸器・喀痰吸引器である。各機器に応じてポイントを抽出した動画を作成している。例えば、バッグバルブマスクの場合、過去に一方向弁の付け間違いによる医療事故が発生しているため、図1に示すように正しい取り付け方と誤りを比較し、注意喚起を行なった。

4. まとめ

本研究では、スマートグラスを用いた医療機器操作支援のための動画撮影および編集の検討を行った。今後は、スマートグラスを用いた医療機器操作支援を実際に院内に導入してその検証を行い、問題点を抽出して更なる改善を行っていく予定である。また、各医療機器に応じた適切な動画作成手法を確立し、実用化を目指したいと考えている。

スマートグラスを用いた医療機器操作支援の病院内活用の可能性

*戸上 蚩斗（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、西岡一斗（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、池田梨恵（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、**土居 二人（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、**木村達洋（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、**矢原充敏（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）

1. はじめに

現在、スマートグラスはメガネと同様に装着して使用するウェアラブルデバイスの1つとして工事現場など、遠隔指示を必要とする職種で活用されている。レンズ越しに動画を視聴しながら、シースルーに対応しているため実際の機器操作も可能であると共に、ハンズフリーで作業を行うことができる。

本研究では、当研究室で開発を進めているスマートグラスを用い医療機器支援システムの病院内での活用に向けた検証を行った。

2. システム概要

本研究の検証に用いたシステムの構成を図1に示す。スマートグラスにはエプソン社製のMOVERIO BT-35E(B0-IC400を接続したもの)を用いた。シースルー対応であり、動画を視聴しながらの作業が可能である。また、カメラが装着されており遠隔支援に対応している。機器操作支援の動画は、実際の操作を撮影し映像をCyberLink社のPowerDirector365を用いて編集した。動画の解像度は1280×720とした。遠隔支援の接続にはdiscordを用いた。

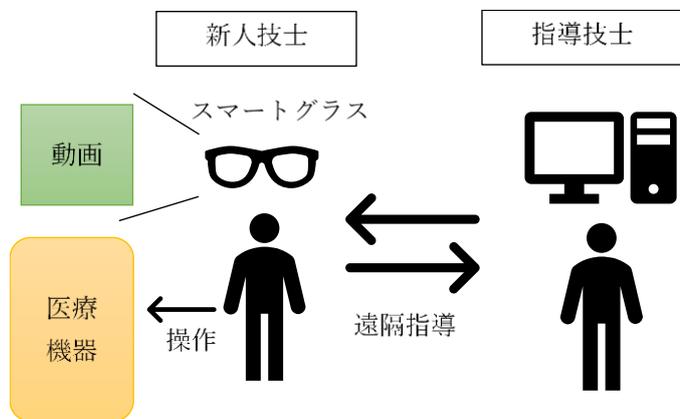


図1 本研究で用いたシステムの構成

3. 検証結果

BT-35Eは動画を見ながら医療機器操作を行うことが可能であり、その際discordを用いることで新人技士の視点を指導技士側に共有することもできるため遠隔支援を受けながら業務を行うことができる。しかし、動画が視界の中心付近に表示されるため、BT-35E越しの視点では視認性が通常時より落ちるので、動画を視聴しながらの状態では機器操作をしにくいという問題点がある。スマートグラスの使用周波数は携帯電話と同じ2.4GHzか5GHzであり、院内Wi-Fiを使用できる。現在、院内で携帯電話を使用することは可能であり、電磁波の問題も含めて本システムが医療機器に影響を与える可能性は限りなく低いと考える。

4. まとめ

本研究では、当研究室で開発したスマートグラスを用いた医療機器操作支援システムの病院内の使用を想定した検証を行った。新人育成や研修での使用、あるいは過疎地支援を想定しており、十分な実用性があると考えられる。今後は、実際に病院内での現場検証を行うと共に、そのほかのスマートグラスを用いた開発も進めていく予定である。

SAS 団体会員 (2021 年度)

(50 音順)

株式会社 オーネックス

株式会社 オプトニクス精密

オリエンタルエン지니어リング株式会社

関東冶金工業株式会社

旭東ダイカスト株式会社

株式会社 極東窒化研究所

島崎熱処理株式会社

株式会社 昭和真空

第一熱処理工業株式会社

岳石電気株式会社

株式会社 巴商会

日鍛バルブ株式会社

日本ベルパーツ株式会社

パーカーS・N 工業株式会社

株式会社 山本科学工具研究社

計 15 社

謝 辞

本シンポジウムを開催するにあたり、多くの方々にご尽力を賜りました。厚く御礼申し上げます。

2021 SAS Symposium ABSTRACTS

令和3年11月18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 URL <http://www.sas-jas.gr.jp>

発行人・山田 豊

© 2021 Society of Advanced Science