2023 SAS Symposium

ABSTRACTS



- 日時: 2023年11月9日(木)、10日(金) 10:00~16:00
- 会場: 東海大学湘南キャンパス17号館2階ネクサスホール
- 主催: SAS (Society of Advanced Science)
- 後援: 工学研究科

35th 2023 SAS シンポジウム スケジュール

		11月9日(木)		
9:00	開場			
		受付開始		
		ポスター掲示:ポスターは、1日目に掲示してください。		
9:45	シンポジウム開会式	開会挨拶 実行委員長:源馬先生(工学部 応用化学科)		
		※参加者の方はできるだけご出席下さい		
	ポスターセッション1	座長:庄 先生、源馬 先生		
	B11—B18	※左記の時間帯、発表者は説明と質疑応答をお願いします。		
10:00~	D01-D02	希望者には、予稿やプレプリントの配布をご検討ください。		
12:00	G01–G07			
	H01, H04			
	(19件)			
		休憩		
	ポスターセッション2	座長:渋谷 先生、遠藤 先生		
	B01-B10	※左記の時間帯、発表者は説明と質疑応答をお願いします。		
13:30~	C01–C04	希望者には、予稿やプレプリントの配布をご検討ください。		
15:30	E04-E07			
	F06, F07			
	(20件)			
16:00	第1日目 終了			

35th 2023 SAS シンポジウム スケジュール

	11月10日(金)		
9:30	開場		
		受付開始	
		ポスター掲示	
		(1日目掲示できなかったポスターを掲示してください。)	
	ポスターセッション3	座長:小栗 先生、山田 先生	
	A01-A20	※左記の時間帯、発表者は説明と質疑応答をお願いします。	
10:00~	H02—H03	希望者には、予稿やプレプリントの配布をご検討ください。	
12.00	(22件)		
		休憩	
	ポスターセッション4	座長:利根川先生、宮沢 先生	
	A21—A34	※左記の時間帯、発表者は説明と質疑応答をお願いします。	
13:30~	E01-E03	希望者には、予稿やプレプリントの配布をご検討ください。	
15:30	F01-F05		
	(22件)	*東海大学新聞の取材	
	こともジロノ目の中	閉会挨拶 SAS理事長 山田先生	
15:30	シノホシリム閉会式	※参加者の方はできるだけご出席下さい	
	会場の撤収		
17:00	閉室		

<u>35th 2023 SAS シンポジウム実行委員会組織</u>

(五十音順、敬称略)

2023年度実行委員長	源馬 龍太	東海大学 工学部 応用化学科
現地運営委員長	宮沢 靖幸	東海大学 工学部 機械工学科 /SAS事務局長
実行委員	天野 忠昭	SASテクニカルセンター 長
実行委員	板子 一隆	神奈川工科大学 工学部 電気電子情報工学科
実行委員	内田 ヘルムート 貴大	東海大学 工学部 機械工学科
実行委員	遠藤 隆士	SAS事務局
実行委員	大塚 隆生	第一熱処理工業株式会社
実行委員	小栗和也	東海大学 教養学部 人間環境学科
実行委員	神田 輝一	関東冶金工業株式会社
実行委員	神田 昌枝	中部大学 工学部 宇宙航空理工学科
実行委員	木村 達洋	東海大学 文理融合学部 人間情報工学科
実行委員	木村 誠	岳石電機株式会社
実行委員	渋谷 猛久	東海大学 理系教育センター
実行委員	庄 善之	東海大学 工学部 電気電子工学科
実行委員	新屋敷 直木	東海大学 理学部 物理学科
実行委員	利根川 昭	東海大学 理学部 物理学科
実行委員	富田 恒之	東海大学 理学部 化学科
実行委員	松村 義人	前 東海大学 工学部 原子力工学科
	宮本 泰男	SASテクニカルセンター
実行委員	山田豊	東海大学 名誉教授 /SAS理事長

<u>35th 2023 SAS シンポジウム 題目一覧</u>

2023年11月9日(木)、10日(金) 10:00~16:00 会期 会場

東海大学湘南キャンパス17号館2階 ネクサスホール

*発表者 **指導教員 ・P応募:ポスター賞エントリー

A:材料	A:材料工学(ナノテク、有機・高分子含む)				
10(金)	セッション3	A-01・P応募	ペースト状Agろう材によるステンレス鋼のろう付		
			*人見伊吹(東海大学工学部材料科学科)、鎌田龍介(東海大学大学院工学研		
			究科応用理化学専攻金属材料工学領域)、**宮 沢靖幸(東海大学工学部機械		
			工学科)		
10(金)	セッション3	A-02・P応募	黄銅/ステンレス鋼ろう付時の異種金属間ぬれ性評価		
			*ソンサンウ(東海大学工学部材料科学科学部生)田嶋 晃(東海大学大学		
			院総合理工学専攻大学院生)**宮沢 靖幸 (東海大学工学部機械工学科教授)		
10(4)					
10(金)	セッション3	A-03・P応募			
			* 中島		
10(金)	ヤッション3	A-04・P応募			
10(11)					
10(金)	セッション3	A-05・P応募	ホウ素がNi系箔状ろう材のろう付性に及ぼす影響		
			*鲤渕裕貴(東海大学工学部材料科学科)、**宮沢靖幸(東海大学工学部機械		
10(金)	セッション3	A-06・P応募			
			*中陦翔太(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻金属材料工学領域)		
			、**宮沢靖幸(東海大学工学部機械工学科)		
10(金)	セッション3	A-07・P応募	アルミニウム合金のフラックスフリーろう付		
			*植松菜々子(東海大学工学部材料科学科)、加藤淳也(東海大学大学院工学		
			研究科応用理化学専攻金属材料工学領域)、**宮沢靖幸(東海大学工学部機		
			械工学科)		
10(金)	セッション3	A-08・P応募	ろう付温度が黄銅/ステンレス鋼界面反応に及ぼす影響		
			*加藤萌(東海大学工学部材料科学科) 、**宮沢靖幸 (東海大学工学部機械		
			工学科)		
10(金)	セッション3	A-09・P応募	銀ろうへ添加したNi のろう付時の挙動		
			*成底友花(東海大学工学部材料科学科)、鎌田龍介(東海大学工学研究科		
			応用理化学専攻)、**宮沢靖幸(東海大学工学部機械工学科)		
10(金)	セッション3	A-10・P応募	黄銅/ステンレス鋼ろう付時の添加元素の挙動		
			*小澤幸太(東海大学工学部材料科学科学部生)、小林昂太郎(東海大学大		
			学院応用理化学専攻大学院生)、**宮沢靖幸(東海大学工学部機械工学科 教授)		
10(金)	セッション3	A-11・P応募			
(m)			*梅田耕大郎 (東海大 学 工学部 材料科学科) 田嶋晃(東海 大学 大学院		
			械工学科 教授)		

10(金)	セッション3	A-12・P応募	添加元素がろう付時の黄銅脱亜鉛現象に及ぼす影響
			*翁明旭(東海大学工学部材料科学科・学部生)、梅田耕太郎(東海大学工
			学部材料科学科・学部生)、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・院生)、 ** 宮沢靖幸(東海大学工学部機械工学科・教
			授)
10(金)	セッション3	A-13・P応募	Ti 箔の水素化及び脱水素化挙動
			*児玉 圭汰 (東海大学工学部材料科学科)、
			** 源馬 龍太(東海大学工学部応用科学科)
10(金)	セッション3	A-14・P応募	Agを添加したBi2Te3ナノプレートの構造評価及び性能評価
			*金子奎介 (東海大学工学部材料科学科)、
			** 高尻雅之 (東海大学工学部材料科学科)
10(金)	セッション3	A-15・P応募	pn接合SWCNT膜によるデバイスの開発・評価
			*玉井涼太(東海大学工学部材料科学科)、**高尻雅之 (東海大学工学部材料
			科学科)
10(金)	セッション3	A-16・P応募	超音波出力変化によるSWCNT膜の熱電特性評価
			* 岡野裕太朗(東海大学工学研究科応用理化学専攻)、
			** 高尻雅之(東海大学工学部応用化学科)
10(金)	セッション3	A-17・P応募	吸水層を用いた気化熱冷却SWCNT熱電発電デバイス性能評価
			*仲澤祐人(東海大学工学部材料科学科)**高尻雅之(東海大学工学部材料科
			学科)
10(金)	セッション3	A-18・P応募	陰性界面活性剤の濃度を制御したSWCNT膜の構造及び熱電特性評価
			*山本久敏(東海 大学大学院応用理化学専攻)、** 高尻雅之(東海 大学大学
			院応用理化学専攻)
10(金)	セッション3	A-19	メカニカルアロイングによるCr-W合金の作製
			*花輪史彦(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)
10(金)	セッション3	A-20	MgB2とNb3Snの混合粉末を用いた超伝導線材の作製
			*松岡 杏祐(東海大学工学研究科応用理化学専攻)、**小黒 英俊(東海大学工
			学部電気電子工学科)
10(金)	セッション4	A-21・P応募	貴金属添加によるYBa2Cu3O7の融点制御
			*新井 樹(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、
			** 小黒英俊 (東海大学工学部電気電子工学科)
10(金)	セッション4	A-22・P応募	高臨界電流密度YBCO高温超伝導丸線材の開発
			*耿 智輝(東海大学工学研究科応用理化学専攻)、
			**小黒 英俊(東海大学工学部電気電子工学科)
10(金)	セッション4	A-23・P応募	カーボンナノチュ―ブ/フッ素樹脂複合膜の作製および応用
			*小野 大智(東海大学工学研究科電気電子工学専攻),
			**庄 善之(東海大学電気電子工学科)
10(金)	セッション4	A-24	液中プラズマ法による燃料電池用プラチナ触媒の作製
			*呂淼亮(東海大学工学部電気電子工学科),
			**庄善之(東海大学工学部電気電子工学科)
10(金)	セッション4	A-25・P応募	インピーダンス測定法による燃料電池の触媒活性の評価
			*平子 寿光(東海大学工学部電気電子工学科)、
			**庄 善之(東海大学工学部電気電子工学科)

10(金)	セッション4	A-26	電気化学的手法による高硬度焼き入れ鋼への水素導入および熱処理条件の 水素放出特性に対する影響評価
			*伊藤 大晟(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)
10(金)	セッション4	A-27	電子線照射処理によるポリ乳酸(PLA)の生分解性制御およびその評価に関す る研究
			*入江紘嵩 (東海大学工学部精密工学科) 、伊比井亜弥音 (東海大学大学院 工学研究科) 、西 義武 (東海大学,KISTEC)、**内田 ヘルムート貴大(東 海大学大学院工学研究科)
10(金)	セッション4	A-28	遠赤外線領域における異なる手法による放射率測定に関する研究
			*中村太一(株ベネクス)、原田亮 (東海大学工学部機械工学科)、**内田へ ルムート貴大(東海大学工学部機械工学科)
10(金)	セッション4	A-29	Nbの接触による水素含有金属材料からの固溶水素回収の検討
			*坂本 康輔 (東海大院工) 、岡田 尚徳(東海大理工) 、利根川 昭 (東海大理 工) 、** 内田 ヘルムート貴大(東海大院工)
10(金)	セッション4	A-30・P応募	炭素繊維熱可塑性PPS樹脂への電子線照射線量および加速電圧条件が衝撃値 に及ぼす影響
			*伊比井亜弥音(東海大学大学院工学研究科)、入江紘嵩(東海大学工学部
			精密工学科) 、三浦 栄一(東海大学 KISTEC) 、竹田 圭佑、佐川耕助、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)
10(金)	セッション4	A-31・P応募	アコースティックエミッションを用いたFe板およびFe-Ni系合金板の引張試 験におけるその場計測および水素導入が及ぼす影響
			*佐藤 優諒(東海大院工)、高橋 貴志(東海大院工)、窪田 紘明(東海大
			院工)、源馬龍太(東海大院工)、原田 亮(東海大総科研)** 内田 ヘル ムート貴大(東海大院工)
10(金)	セッション4	A-32・P応募	静的手法によるTiワイヤーのヤング率評価および電気化学的水素導入処理 が及ぼす影響
			*関 龍翔 (東海大学工学部精密工学科) 、原田 亮(東海大学工学部精密工学 科) 、山崎 智美(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)
10(金)	セッション4	A-33・P応募	ガス水素と温度制御を用いたLaNisの水素吸放出特性および微粉化に関する 研究
			*韓銘洋(精密工学科)、江梓言(応用化学科) 指導教員:**内田ヘルムー ト貴大(準教授)、佐藤正志(教授)
10(金)	セッション4	A-34・P応募	メンブレンリアクターを視野に入れたPd-Ag合金の水素特性の評価
			*小倉博人 (東海大学工学部精密工学科) 、長谷 吉之輔(東海大学大学院工 学研究科) 、佐藤 優諒(東海大学大学院工学研究科) 、原田 亮 (東海大総科 研) 、** 内田 ヘルムート貴大 (東海大院工)

(B)自然・環境エネルギー

9(木)	セッション2	B-01・P応募	Hydrogen Storage ProPerties of Mg DoPed with Nb ₂ O ₅ and MnO ₂
			*E.M Mathuku ¹ , **R. Gemma ^{1,2,1} Graduate School of Engineering, Tokai University, Japan, ² Micro/Nano Technology Centre, Tokai University, Japan

9(木)	セッション2	B-02・P応募	DeveloPment of Cost-effective and Efficient Flexible Perovskite Solar
			Cells using Silver Electrodes as a Metal Contact
			*M M Mawla Totsuva Kanoko . ** Masao Isomura (Courso of
			Electrical and Electronic Engineering, Graduate school of Engineering
			Tokai University) Totsubire Katsumata, Keji Tomita (Course of
			Chemictry, Craduate school of Science, Tokai University)
			Chemistry, Graduate school of Science, Tokal Oniversity)
9(木)	セッション2	B-03・P応募	Mg水酸化物のボールミリングによる水素生成と分解挙動
			*遠田 和大 (東海大学工学 研究科応用理化学専攻)、
			** 源馬 龍太 (東海大学工学部応用化学科)
9(木)	セッション2	B-04	AI 水酸化物のボールミリングによる水素生成の検討
			*宍倉 享佑 (東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、
			** 源馬 龍太(東海大学工学部応用化学科)
9(木)	セッション2	B-05・P応募	LaNis/V薄膜上におけるCO2のメタン化-水素供給層の影響評価-
			*金田修一(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、
			**源馬龍太 (東海大学工学部応用化学科)
9(木)	セッション2	B-06・P応募	BaTiO3を用いたCO2のメタン化
			*布瀬小枝(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻) 、澤原馨登 (筑波
			大学大学院 理工情報生命学術院 数理物質科学研究群 化学学位プログラム
			国立研究開発法人 産業技術総合研究所 触媒化学融合研究センター) 、K
			amonthat Wundhiwong (King Mongkut's Institute of Technology
			Ladkrabang, Department of Chemical Engineering) 、** 源馬龍太 (東
			海大学 工学部 応用化学科)
9(木)	セッション2	B-07・P応募	水素吸蔵合金によるメカノケミカルCO2メタン化反応時の原子状水素の影
			*馬場晴也(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、澤原馨登(筑波
			大学大学院 理工情報生命学術院 数理物質科学研究群 化学学位プログラム
			国立研究開発法人 産業技術総合研究所 触媒化学融合研究センター)、** 源
			馬龍太 (東海大学工学部応用化学科)
9(木)	セッション2	B-08・P応募	ボールミリングにより作成したCa-Mg系水素吸蔵材料の反応性-添加物の影
			響
			*板橋 達也 (東海大学 院 工学研究科 応用理化学専攻) 、
			**源馬 龍太 (東海大学 工学部 応用化学科)
9(木)	セッション2	B-09・P応募	3次元熱電発電デバイスの作製と評価 (CNT塗布)
			*中島拓海(東海大学工学部材料科学科)、**高尻雅之(東海大学工学部材料
			科学科)
9(木)	セッション2	B-10・P応募	放熱効果の高い SWCNT 膜を用いたフレキシブル P-n 熱電発電デバイス
			*雨澤 拓也 (東海大学工学研究科応用理科学専攻)、** 高尻 雅之(東海大学
			工学部応用化学科)
9(木)	セッション1	B-11・P応募	ハイブリッド界磁型同期モータとDモデルモータの無負荷鉄損比較に関する
			研究
			* 金井 拓磨、小野 裕規、苅込 怜駿、戒能 佳弥(東海大学工学部電気電子工
			学科) 、岡元 竣(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻) 、
			**大口 英樹(東海大学工学部電気電子工学科)
9(木)	セッション1	B-12・P応募	メッシュサイズがPMモータの素線損失へ与える影響に関する研究
			*上坂遼、若月健登、榎戸翔大、二ノ宮雄斗(東海大学工学部電気電子工学
			科)、**大口英樹 (東海大学工学部電気電子工学科)

9(木)	セッション1	B-13・P応募	アルミニウム円板を用いた圧電振動発電の発電特性(第2報加振位置に関す る検討)
			*永谷 俊人(東海大学工学部精密工学科)、鳴海 勇介(工学部精密工学科)、
			武山 敬大(工学部精密工学科)、土屋 明花(元東海大学大学院工学研究科機
			械工学専攻)、**土屋 寛太朗(機械工学専攻)、森山 裕幸(機械工学専攻)、
			長坂 壮志(機械工学専攻)
9(木)	セッション1	B-14・P応募	アルミニウム円板を用いた圧電振動発電の発電特性(第3報:音振動連成現象
			を用いた発電特性向上に関する研究)
			*鳴海 湧介(東海大学工学部精密工学科) 、 永谷 俊人 (精密工学科) 、武山
			敬大 (精密工学科) 、土屋 明花 (元 東海大学大学院工学研究科機械工学専
			攻) 、 **土屋 寛太朗 (機械工学専攻) 、森山 裕幸(機械工学専攻) 、 長坂
			壮志(機械工学専攻)
9(木)	セッション1	B-15・P応募	アルミニウム円板を用いた圧電振動発電の発電特性(第1報:周波数特性に
			関する検討)
			*武山敬大(東海大学精密工学科)、永谷俊人(精密工学科) 、鳴海湧介(精密
			工学科)、土屋 明花(元東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、**土屋
			寛太朗(機械工学専攻)、森山 裕幸(機械工学専攻)、長坂 壮志(機械工学専
			攻)
9(木)	セッション1	B-16・P応募	PCCS法によるハーフブリッジインバータの諸特性
			*小谷和希 (神奈川工科大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)、
			** 板子一隆 (神奈川工科大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)
9(木)	セッション1	B-17・P応募	BPニューラルネットワークによる太陽電池モジュールの新しい異常検出法
			の検討
			*邱宇鵬(神奈川工科大学大学院工学研究科電気電子工学専攻) **板子一隆
			(神奈川工科大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)
9(木)	セッション1	B-18・P応募	Si単結晶太陽電池モジュールのセル構成によるホットスポット発熱電力の
			低減
			*久保田晶 (神奈川工科大学 大学院 電気電子 工学専攻)、** 板子一隆 (神

(C)	機械工学		
9(木)	セッション2	C-01	超高分子量ポリエチレンの機械的特性に及ぼすガンマ線照射の影響
			* 若松郁也(東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻)、**菊川久夫(東
			海大学工学部医工学科), 淺香 隆(東海大学工学部応用化学科)
9(木)	セッション2	C-02・P応募	ナノプレートのサイズ変化における熱電特性評価
			*小橋海斗 (東海大学大学院 工学研究科応用理化学専攻)、** 高尻雅之(東
			海大学大学院工 学研究科応用理化学専攻)
9(木)	セッション2	C-03・P応募	埋め込み境界法を用いた円筒状物体による散乱音場の数値解析
			*江尻直樹 (東海大学工学部動力機械工学科) 、 高橋 和樹 (東海大学大学院
			工学研究科機械工学専攻) **森下達哉 (東海大学工学部機械工学科)
9(木)	セッション2	C-04・P応募	ジャイロモノレールにおける形状と安定性の比較
			*達 泰輝(東海大学工学部精密工学科)、鈴木 亮哉(精密工学科)、**土
			屋 寛太朗(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、長坂 壮志(機械工
			学専攻)

(D) 教育・基礎科学

9(木)	セッション1	D-01・P応募	拡散方程式を対象とした汎用数値解析ソフトウェアの機能比較
			*小池鷹生(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 工学部機械工学科) 、** 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)
9(木)	セッション1	D-02・P応募	Si単結晶太陽電池モジュールの動作点による内部発熱電力の検討
			*外石千尋 (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 電気電子工学専攻)

(E) 光・プラズマ理工学

10(金)	セッション4	E-01・P応募	大気圧プラズマジェットを用いたCNTシートの親水化~印加電圧依存性~
			*小野 太雅、田中 奨真、**桑畑 周司 (東海大学工学部電気電子工学科)、
			高尻 雅之 (東海大学工学部応用化学科)
10(金)	セッション4	E-02・P応募	大気圧プラズマジェット照射によるモルタル表面の撥水剤の無効化
			*太田 楓生、望月 駿介、 **桑畑 周司(東海大学工学部電気電子工学科) 、
			笠井 哲郎 (東海大学建築都市学部土木工学科) 、福島 誠司 (建装工業株式
			会社)
10(金)	セッション4	E-03・P応募	大気圧プラズマジェットを用いたアンモニアの合成~空気中に発生した
			アンモニアの捕集~
			*小池 駿聖、山家 郁也、 **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)
9(木)	セッション2	E-04・P応募	Pdをめっきしたg-C ₃ N ₄ を添加した気化熱冷却CNT熱電発電デバイスの性能
			評価
			*奥津 玲音 (東海大学工学研究科応用理科学専攻) 、 平澤 俊 (東海大学工
			学部材料科学科) 、 **高尻 雅之 東海大学 工学部応用科学科
9(木)	セッション2	E-05・P応募	窒化ガリウム光触媒を用いた人工光合成システムの構築・ギ酸生成
			*加茂 直記 (東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)、
			**渋谷 猛久 (理系教育センター)
9(木)	セッション2	E-06・P応募	非Cs型負イオン源TPDsheet-Uでの負イオンビームに対する第二陽極バイ
			アス法とAr添加の影響
			*三浦海人(東海大学利根川研)、大沼龍一 (東海大学利根川研)、岡田尚徳
			(東海大学利根川研)、**利根川 昭 (東海大学理学部物理学科)、 佐藤浩之
			介(九州大学)
9(木)	セッション2	E-07・P応募	ICR 加熱に対する非接触プラズマのバルマー系列 2 次元発光強度特性
			*岡田尚徳(東海大)、 大沼龍一(東海大) 、
			**利根川昭 (東海大) 、佐藤浩之助 (九州大)

(F)生命生体理工学

10(金)	セッション4	F-01・P応募	バイオ蛍光による経皮エタノールガス動画像化と手腕部位での応用評価
			*石田 遼太郎、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)、 市川 健太、飯谷 健太、**三林 浩二(東京医科歯科大学 生体材料工学 研究所)

10(金)	セッション4	F-02・P応募	アルコール脱水素酵素の還元反応に基づくアセトアルデヒド用バイオセン
			*蒋 屹(東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科) 、市川 健太、飯谷 健
			太、**三林 浩二(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)
10(金)	セッション4	F-03・P応募	酵素サイクリング反応に基づくアセトアルデヒドの高感度計測
			*建守 茉胡、前野 夕紀(東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科)、 市川
			健太、飯谷 健太、**三林 浩二(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)
10(金)	セッション4	F-04・P応募	唾液粘性計測のための表面弾性波(SAW)センサの開発
			*平松将太郎、郝再晨(東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科)、市川健
			太、飯谷 健太、**三林浩二(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)
10(金)	セッション4	F-05・P応募	口腔温の無拘束モニタリングのための無線式マウスガード型温度センサ
			*藤野 聖也(東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科)、横田 くみ、市川
			健太、飯谷 健太(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)、Dzung Viet
			Dao(グリフィス大学)、**三林 浩二(東京医科歯科大学 生体材料工学研究
			所)
9(木)	セッション2	F-06・P応募	足動作による運動準備電位の研究
			*青木裕資(東海大学工学部医用生体工学科)、高橋玲音(東海大学工学部医
			用生体工学科)、リーラシリ プワデ(東海大学大学院工学研究科)、安藝史崇
			(東海大学工学部医用生体工学科)、**山崎清之(東海大学工学部医用生体工
			学科)
9(木)	セッション2	F-07・P応募	チェッカーボード刺激の細かさと視覚誘発電位の関連性
			*大川 更(東海大、医用生体工)、野田 賢(東海大、医用生体工)、木村
			達洋(東海大、文理融合)**山崎 清之(東海大、医用生体工)

(G)	薄膜	•	表面物性工学
-----	----	---	--------

9(木)	セッション1	G-01・P応募	N2+H2ガス雰囲気下における窒化鋼の窒化-CaSi2による脱酸の効果-
			*竹下佑大(東海大学 工学研究科応用理化学専攻) 、
			**源馬龍太 (東海大学工学部応用化学科)
9(木)	セッション1	G-02・P応募	Bi2Te3系合金とSb2Te3系合金の膜厚変化による熱電性能評価
			*滝沢哲也(東海大学工学部材料科学科)、**高尻雅之 (東海大学工学部材料
			科学科)
9(木)	セッション1	G-03・P応募	Si系薄膜の合金散乱による熱輸送の影響
			*谷澤大樹(東海大学 工学研究科 応用理化学専攻) 、 山口麻人(東海大学
			工学研究科 電気電子工学専攻) 、 室谷裕志 (東海大学 情報理工学部 情報
			科学科)、 **高尻雅之 (東海大学 工学部 応用化学科)
9(木)	セッション1	G-04・P応募	Pd板上のCu薄膜における水素拡散透過の評価
			*中村 智樹 (東海大学大学院工学研究科機械工学専攻) 、長谷川 吉之輔 (東
			海大学大学院工学研究科機械工学専攻) 、佐藤 優諒 (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 、** 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)
9(木)	セッション1	G-05・P応募	真空蒸着により成膜した金属薄膜の評価および水素導入に伴う応力変化の
			評価
			*笹島 泰樹(東海大学工学部精密工学科)、 陳 裕原 (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)

9(木)	セッション1	G-06・P応募	Pd被覆タングステン板への水素透過が及ぼす影響およびその密着性に関す
			る研究
			*陳 裕原 (東海大院工)、利根川 昭(東海大院理)、原田 亮(東海大学総
			科研)、 **内田 ヘルムート貴大 (東海大院工)
9(木)	セッション1	G-07・P応募	熱力学特性の違いを利用したTi接触によるNi中固溶水素の回収
			*長谷川吉之輔 (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)、 **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

9(木)	セッション1	H-01・P応募	SWCNT量子井戸構造材料の開発に向けた陰性界活性剤を用いたSWCNT膜の作製
			*星野光稀 (東海 大学大学院工学研究科応用理化学専攻) 、** 高尻雅之(東 海大学工学部応用化学科)
10(金)	セッション3	H-02・P応募	閉鎖式気管吸引カテーテルがフラッシュ時に引き起こす垂れ込みリスクに ついて検討
			*小田原愛恋(長崎総合科学大学工学部工学科医療工学コース)、池浩司 (長崎総合科学大学工学部工学科医療工学コース)、清水悦郎(長崎総合 科学大学工学部工学科医療工学コース)、高田奈菜実(長崎総合科学大学 工学部工学科医療工学コース)、**土居二人(長崎総合科学大学工学部工学 科医療工学コース)
10(金)	セッション3	H-03・P応募	Nasal Alarに関する部位別反応速度について検討
			*高田奈菜実(長崎総合科学大学工学部工学科医療工学コース)、池浩司 (長崎総合科学大学工学部工学科医療工学コース)、清水悦郎(長崎総合 科学大学工学部工学科医療工学コース)、小田原愛恋(長崎総合科学大学 工学部工学科医療工学コース)、江崎敬太(長崎総合科学大学工学部工学 科医療工学コース)、木村達洋(東海大学文理融合学部人間情報工学 科)、 **土居二人(長崎総合科学大学工学部工学科医療工学コース)
9(木)	セッション1	H-04・P応募	クラシックギターの撥弦位置による音色の分析
			*薮田梨央 (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 電気電子工学専攻)

以上

ペースト状 Ag ろう材によるステンレス鋼のろう付

人見伊吹(東海大学工学部材料科学科)、鎌田龍介(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻金属材料工学領域)、宮 沢靖幸(東海大学工学部機械工学科)

1. 緒言

Ag ろうは、ステンレス鋼に対してぬれが悪いという欠点がある。そこで、その欠点を補うためにぬれ性向上の目 的で Pd を添加した Ag-Cu-Pd ろう材が使用されてきたが Pd は貴金属であり高価のために新たな添加元素として Ni を採用した。すでに、Ni は Ag ろう材に添加した際にステンレス鋼へのぬれ性を改善することが草野らによって報告 されている。¹⁾

Ag ろう材は軟質な合金であるため、Ag ろう材使用時、線状、箔状、粉末状など、多様な形態から選択できる。そこで、本研究ではペースト状 Ag ろう材(粉末状 Ag ろう材とバインダーを混合したモノ)によるステンレス鋼のろう付を行い、ろう付プロセスがろう付性に及ぼす影響に詳細な検討を加える事を目的とした。

2. 実験方法

バインダーの揮発に注目した。

ろう付温度は960℃、ろう付時間は10min、脱バインダー温度は150℃をろう付け条件とした。また、今回のろう付実験のろう付温度を決定する際に用いた Ag-42Cu-2Ni 三元系状態図を図1に示した。

バインダーを充分に揮発させた後にろう付したものを dry として、揮発させ ずにそのままろう付したものを wet とした。その後、ダイヤモンドスラリーを 用いて 1µm まで研磨したのにち OM を用いて断面組織観察写真を撮影した。



3. 実験結果





図2 dryの断面組織写真





実験結果としてフィレット部にボイドが見受けられるものの dry は wet と比較して大きなボイドが少ないことがわ かった。また、dry、wet ともに同じ化学組成であるためにフィレット部断面の微細組織はどちらも初晶が析出したの ちに Ag-Cu 共晶ラメラ組織が晶出していることが分かった。

 1) 草野 貴史、山本 敦史、奥富 功、本間 三孝、長部 清、真空機器用新ろう材、まてりあ 第44巻 第3号(2005)、 P251-253

黄銅/ステンレス鋼ろう付時の異種金属間ぬれ性評価

*ソンサンウ(東海大学工学部材料科学科学部生)**田嶋 晃(東海大学大学院総合理工学専攻大学院生)***宮沢 靖幸(東海大学工学部機械工学科教授)

1. 緒言

黄銅とステンレス鋼のろう付は従来から多く用いられてきた。一方、近年の欧州の RoHS 指令、米国の安全飲料水 法などの規制の影響で Pb フリー黄銅の使用が増えている。Pb フリー黄銅には代替元素として Bi などが含有されてい るが、これらのろう付時のろう材のぬれや界面反応に及ぼす影響は不明である。また、Pb フリー黄銅とステンレス鋼 のろう付は困難であると報告されている。

ろう付では、溶融ろう材をろう付部のすき間へ浸透させ、接合する。黄銅とステンレス鋼の場合、両者のぬれ性や 熱伝導率が大きく異なるため、慎重にろう材やろう付条件が設定されてきた。一方、先行研究^{1)~4)}を通じてぬれ広が りの不均一さがボイド等の欠陥発生の一因である事が明らかになった。

そこで、本研究では、Pb フリー黄銅とステンレス鋼ろう付時、溶融ろう材のぬれ広がりに添加元素が及ぼす影響に 検討を加えた。

2. 実験方法

本研究では、Pbの添加量を抑えた Pb フリー黄銅(以下 C6810-A と称する)、Bi と Sn の添加量が異なる 2 種類の Pb フリー黄銅(以下、C6803-A, C6803-Bと称する)と Si 含有した鉛フリー黄銅(以下 C6932-Aと称する)とステン レス鋼 SUS304 を母材として用いた。研究に使用した Pb フリー黄銅の組成を Table 1 に示した。Bi と Si は黄銅の快 削性向上を目的として添加され、Sn は水中での脱亜鉛腐食を防止するために添加されている。

	Cu	Bi	Sn	Fe	Р	Si	Pb	Cd	Zn
C6810-A	60.7	-	1.5	≤0.10	_	_	≤0.20	$<75 ext{ppm}$	Bal.
C6803-A	60.2	1.2	1.2	≤0.10	-	—	≤0.01	≤ 10 ppm	Bal.
С6803-В	59.0	2.2	≤0.5	≤0.10	-	-	≤0.01	≤ 10 ppm	Bal.
C6932-A	75.5	-	<0.1	-	0.08	3.0	<0.09	<75ppm	Bal.

Table 1 Chemical composition of brass base material



Fig. 1 T-shaped specimen

ろう材には、黄銅とステンレス鋼のろう付時に用いら れている BAg-7 を用いた。本研究では異種材料間ろう付時 のぬれを同時に評価する必要がある。一般的なろう付接 手の場合、ぬれの評価は困難である。そこで、異種材料 間のぬれの同時評価を目的とした新たな試験片を開発し た。開発した試験片概略図を Fig.1 に示した。以降、T 字 型試験片と称する。図に示した通り黄銅板とステンレス 鋼板を加工し、ネジ止めして、T 字型試験片とした。T 字 型試験片の黄銅とステンレス鋼の接触部端部両側にろう 材を設置し(中央と BASE の先端から 3mm 離れたところ)、 ろう付と同様の条件でぬれ試験を行った。ろう材はワイ ヤーから 0.05g を切断して使用した。フラックスはろう付 前に母材表面とろう材に一定量塗布した。フラックスは、 ナイス社製 F200 を使用した。塗布量は 0.2mg である。ろ う付温度、700℃、750℃でろう付した。時間は温度到達 から10min保持した。雰囲気にはアルゴンガスを使用した。 ぬれ試験終了後、空冷して試験片を得た。また、両母材 の熱伝導率は大きく異なるため、体積比が異なる二種類 の試験片を作製した。

ぬれ試験後、試験片上のぬれ広がり部を観察した。ぬ れ広がり部の面積や形状などを詳細に観察し、異種金属材料間のぬれ広がりを同時に観察し、評価した。さらに、試 験片を切断し、断面から異種材料間に形成されたフィレット形状を測定し、評価した。

3. 参考文献

1) 廣野彬人, 安藤有紀, 小澤菜月, 齋藤大志, 宮澤靖幸, 金崎文雄: 溶接学会全国大会講演概要, 99 (2016), 280-281. 2)小澤菜月,廣野彬人,齋藤大志,宮澤靖幸,金崎文雄:銅と銅合金,56 (2017),133-137.

3) 岡田博樹,廣野彬人,宮澤靖幸,金崎文雄:銅と銅 合金,57 (2018),127-131.

4) 岡田博樹, 岡村陽菜, 宮澤靖幸, 金崎文雄:銅と銅 合金, 58 (2019), 142-146.

ステンレス鋼への添加元素がろう付時のぬれに及ぼす影響

*中島 空羅(東海大学工学部材料科学科)、*田上 憲哉(工学研究科応用理化学専攻)、**宮沢 靖幸(東海大学工 学部機械工学科)

1 緒言

ろう付とは、接合手法の一種である。これは、ろう材と呼ばれる、母材よりも低融点の合金を溶融し、ぬれと毛細 管現象により接合部の間隙に浸透させて接合する技術である。本技術は、ステンレス鋼の接合に広く利用されている。 ステンレス鋼は Cr を 10.5 mass%以上含む鉄系合金であり、耐食性に優れ、自動車部品をはじめとして幅広い分野で 用いられ、オーステナイト系、フェライト系などに分類される。このステンレスのろう付によく使用されているのが ニッケルろうである。ニッケルろうは耐食性、耐酸化性に優れ、接手強度も高いためステンレス鋼のろう付に適して いる。2022 年度までの研究でオーステナイト系ステンレス鋼とフェライト系ステンレス鋼によるぬれ性の違いをあ る程度、明らかにする事ができた。

そこで、本研究ではステンレスに含まれる Fe、Ni、Cr などの主要元素以外の元素の挙動について調査する事を目 的とし、Mn、Mo の添加されていないステンレスを使用し、ろう付を行ったろう付試験片のろう付部外観のレーザーに よる三次元的形状測定を行い、Mn、Mo の差異がぬれ広がりに及ぼす影響に検討を加えた。

2 実験方法

供試材として SUS304、SUS316L、SUS430、SUS444 を使用した。また比較材として Mn、Mo をほとんど添加していないステンレス鋼、母材番号 N0 (Ni-Omass%)、母材番号 N3 (Ni-10mass%)を使用した。ろう材にはニッケルろうの中で最も広く使用されている BNi-2 ろう材を使用した。使用したろう材は粉末状であるため、油性バインダーVB-24 をろう材の質量の10%加えペースト状にした。母材として縦 25mm×横 25 mmの板材と縦 15mm×横 10mm×厚さ 3mmの板材の間にろう材を塗布し SUS 治具で固定した。ろう付は高温真空炉(VHPgr





18/15 SHIMADZU Mectem Co., Ltd)を用いて真空雰囲気中(~10⁻³ Pa)で1050 ℃、5 min で行った。昇温速度は 20 K/min、 冷却方法は炉冷とした。また、昇温過程において、脱バインダー処理を 400 ℃で 30 min、均熱化処理を 900 ℃で 30 min 行った。ろう付後、レーザーによるろう付部の高さ測定を行い、三次元的なフィレット部の形状測定を行った。

3 実験結果

レーザーによる測定を行い測定結果を色分けして、試 験片上部からの観察結果に重ね合わせた結果を図2に示 した。このデータから図2に引いた端と中心のデータを 抽出し、フィレット断面の測定結果を作成した。SUS304、 SUS316L はステンレスN3、SUS430、SUS444 はステンレス N0 と比較し、Mn と Mo の添加によるフィレット形状の差 異を確認した。その結果、フィレットのサイズに大きな 変化は見られず、またぬれ広がりの傾向も大きな差はな いという結果が得られた。このことからレーザー計測に よる測定からは Mn と Mo の添加によるろう付時のぬれに 影響は少ないと考えられる。



図2 測定データを並び替えた結果

Ni 系箔状ろう材に含有されたホウ素の拡散と耐食性

*久保田 空(東海大学工学部材料科学科学部生)、**宮沢 靖幸(東海大学工学部機械工学科教授)

【緒言】

Ni ろう材はNi に P や Si、B といった共晶型状態図を持つ元素からなる。B を含むとろうの流れが良くなる上に融点 降下元素であるために液体急冷凝固法により作製する箔状ろう材の均質性が良くなる。しかしホウ素を多く含む粉末 状ろう材 BNi-2 や MBF-20 によるステンレス鋼のろう付は母材の Cr とろう材の B からなるクロムホウ化物により Cr 欠 乏層が生じ耐食性が著しく悪くなる。粉末状ろう材 613 は Ni-Cr-P-Si からなり耐食性が良く EGR クーラーの製造に用 いられる。613 粉末ろう材の組成に相当する箔状ろう材が望まれているが箔状化する際に B を微量添加する必要があ りこの微量 B の挙動は詳細に知られていない。本報告は Ni 系箔状ろう材に添加される比較的少量のホウ素が耐食性に 及ぼす影響を詳細に調査した。

【実験方法】

粉末ろう材 613 の組成をもとに B の添加量を変化させた箔状 ろう材 MBF-68 (Ni Bal, Cr 29, P 6, Si 4, B を 0.0, 0.1, 0.3, 0.5 の 4 種類用意)を使用し、ろう付条件は 1050 ℃, 10 min, 3 ×10⁻³ Pa, で行い、母材はステンレス鋼 (SUS444)を使用し、試 験片形状はシングルラップとした。耐食性の評価は室温で 0.05 mol/L の硫酸水溶液及び 1.0 mol/L 塩化ナトリウム水溶液中の アノード分極曲線により行った。0.05 mol/L 硫酸水溶液での分 極は撹拌し、電流密度の増加に対応して大気に引き出し光学顕 微鏡で観察を行った。

【結果および考察】

図1に1.0 mol/L 塩化ナトリウム水溶液中のアノード分極曲 線を示す。SUS444 が孔食を示すため箔状ろう材 MBF-68 は SUS444 より耐食性があることが判った。

図2に0.05 mol/L 硫酸水溶液中のアノード分極曲線を 示す。ホウ素の添加量を変化させた箔状ろう材はホウ素 の添加量が増えるごとに過不働態電流領域の電流密度が 増加した。EPMA による分析からこのろう付条件ではホウ 素は母材へ拡散せず、残留共晶にろう材から供給される Cr とクロムホウ化物を成し母材の耐食性に影響しないこ とが判った。

【参考文献】

(1)岩田昌也 (2016).「電気化学的手法によるフェライト系ステンレス鋼ろう付体の耐食性評価」,東海大学大学院応用理化学専攻金属材料工学領域修士論文.







図2 硫酸水溶液中のアノード分極曲線

ホウ素がNi 系箔状ろう材のろう付性に及ぼす影響

鯉渕裕貴(東海大学工学部材料科学科)、宮沢靖幸(東海大学工学部機械工学科)

緒言

EGR クーラーは、ステンレス鋼ろう付が行われる製品の一例である。この製品は熱交換器として機能し、エンジンか ら排出される高温排気ガスの一部の温度を調整する。EGR クーラーは冷却水と排気ガスを含む環境で動作するため、接 合部の健全性と水密性を保つことは、材料の劣化と接合部での漏れを防ぐために非常に重要である。耐熱性と耐食性 は、EGR クーラーで高温排気ガスが冷却され、排気ガスに晒される厳しい環境で運用されるために不可欠な材料特性で ある。そのため、優れた耐熱性と耐食性を持つステンレス鋼を使用し、高融点と優れた耐食性を持つ Ni 系粉末ろう材 を用いた真空ろう付が広く採用されている。 しかし、粉末状ろう材を使用する際には、設置時にバインダーと混合す る必要があり、揮発性ガスの蒸発による炉内汚染の懸念がある。従って、粉末状からバインダー除去が不要な箔状ろ う材への移行が望まれている。さらに、箔状 Ni 系ろう材 (MBF-68)の実験では、ホウ素含有量の増加がろう付温度の 低下と関連していることが示された。今実験では、フェライト系ステンレス鋼を母材として選択し、B 含有量を最大 0.3951%まで調整した Ni 系箔状ろう材のろう付挙動を、従来のろう付温度(1050℃)以下の条件で、断面組織観察と 引張試験を実施し調査した。

実験方法

使用材料として、母材にフェライト系ステンレス鋼の SUS444、ろう材としてホウ素の添加量を変化させた4種類の Ni系箔状ろう材を用いた。試験片はシングルラップ形状で作製した。ろう付は、真空雰囲気で行い、昇温速度20 K/min、 脱バインダー温度600℃で15min保持し、従来のろう付温度以下のろう付温度で10min保持し空冷した。ろう付後、光 学顕微鏡を用いた断面組織観察と引張試験機を用いたせん断引張試験を実施した。

結果

図1に、各ろう付温度とB添加量の変化に伴う最大せん 断引張強度をグラフで示した。図1から、ろう付温度 1050℃および1025℃では、B添加量の増加に伴い最大せん 断引張強度が減少する傾向を示す一方、ろう付温度975℃ は最大せん断引張強度が増加する傾向を確認した。また、 ろう付温度1000℃においては、B添加量は最大せん断強度 にほとんど影響を及ぼさない事が判った。



参考文献

図1B添加量に伴う最大せん断引張強度

山崎光輝:ステンレス鋼のハイブリッドろう付時の界面反応の解析,東海大学工学部材料工学科卒業論文,(2020).
 2)古谷美宇:Ni系箔状ろう材のボロン含有量がろう付時界面反応に及ぼす影響,東海大学工学部材料科学科卒業論文,(2022).

メカニカルアロイング法を利用した新規ろう材開発

*中陦翔太(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻金属材料工学領域)、**宮沢靖幸(東海大学工学部機械工学科)

緒言

銀ろうは汎用性が高く、多様な母材へ適用可能なろう材である。種類も多く、現在も積極的に新規ろう材開発が行われ ている。ステンレス鋼に使用する銀ろうは Ag-Cu 共晶合金 (Ag-28mass%Cu、共晶温度 780℃)を基本組成とし、ろう材が開 発されてきた。ステンレス鋼は、高耐食性を有する材料であり部品製造時にはろう付が採用されている事例も多い。また、 自動車の安全確保を目的とした部品へ適用する場合、高信頼性が強く求められるため、銀ろうを用いる場合が多いと言わ れている。一方、Ag-Cu 共晶合金ろう (BAg-8) はステンレス鋼に対するぬれが悪く、第三元素を添加し、ろう材のステン レス鋼に対するぬれの改善を目指している。代表的な第三元素は、Pd や Ni である。しかし、Pd は特に高価な貴金属であ り、Ni を用いる事が求められている。1)

BAg-8 へ Ni を添加したろう材は、製品化され、販売されている。しかし、従来の冶金法では Ag-Cu に対する、その添加 量は最大 0.75mass%が限界とされている。

そこで、本研究では、比較的多くのNiを含むAg-Cu-Ni系ろう材をメカニカルアロイングで製造し、作製したろう材のろう付性の評価を目的とした。

実験方法

ろう材合金粉末を成製するため、ボールミルで機械的に混合元素粉末を合金化した。一度に1gの粉末をボールミルで 作製した。延性のある粒子の凝集を防ぐために、ヘキサン(C6H14)を6ml添加した。ボールミル内での粉砕後、ヘキサ ンをグローボックス中で蒸発させ、合金化した粉末を取り出した。作製した合金粉末の目標組成を表1に示す。なお、Ag-Cu共晶合金中へNiを添加する事により、ステンレス鋼へのぬれが改善されると言われているので、本研究では、Ni添加 量(mass%)を0.5、2、5と変化させた。

実験結果

図1に作製した合金粉末ろう材 No.1 (Ag71.5-Cu28-Ni0.5) と試料として使用した純Ag粉 末と純Cu粉末、純Ni粉末をXRD で分析後、比較した粉末図形を示した。 Ag-Cu 共晶合金がAg 固溶体とCu 固溶体で構成されている事や合金粉末試料の回折図形からNiのピークがほとんど確認出来ない事などから、合金化が達成されたと結論づけた





参考文献

1) 岩見 理人 銀ろうへの添加元素がろう付性に及ぼす影響 東海大学 工学部 材料科学科 2021 年度 卒業論文

アルミニウム合金のフラックスフリーろう付

植松菜々子(東海大学工学部材料科学科)、加藤淳也(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻金属材料工学領域)、 宮沢靖幸(東海大学工学部機械工学科)

緒言

軽量化や熱伝導性などの観点から、近年の熱交換機の多くはアルミニウム合金をろう付して製造されている。その 際、アルミニウム合金は酸化しやすく強固で緻密な酸化皮膜があり、その影響でろう付性を低下させてしまう。その ため、酸化皮膜の除去、防止のためフラックスの使用が必要である。しかし、フラックスは作業環境の汚染、残渣によ る金属腐食の可能性があることからフラックスを使用しないアルミニウム合金のろう付が求められている。

これまで、真空雰囲気を用いる方法、低酸素分圧雰囲気を用いる方法などが報告されているが、実用化されていな い。1)2)装置や雰囲気などに高い費用が必要なためと言われている。近年、急速加熱による母材の熱膨張とアルミニウ ム合金中のマグネシウムの反応による酸化皮膜の破壊によってフラックスフリーでのろう付法の報告がある。³なお、 フラックスフリーとは、「フラックスを全く使用しない」という意味である。

そこで、本研究ではフラックスを使用しないフラックスフリーろう付法の検討し、さらに、フラックスフリーろう 付のろう付プロセス条件の構築を目的とした。

実験方法

母材に A6061(厚さ 2mm)、ろう材に箔状 A4045(厚さ 100 µm)を用いアルゴンガス雰囲気下で赤外線イメージ炉を 用いてろう付を行った。試験片は、20mm 角の母材に 15mm 角の母材を重ね、間に15mm 角のろう材を設置しろう付し た。昇温速度は 100 K/min で行った。一般的なろう付時の最大昇温速度は約 20K/min である。ろう付温度は 575℃、 580℃、585℃、590℃で行い、保持時間は3分で行った。ろう付後、試験片を中速カッターにて切断し、研磨し断面を 光学顕微鏡にて観察した。

	化学組成								
名称	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
A6061	0.40~0.8	0.7以下	0.15~0.40	0.15以下	0.8~1.2	0.04~0.35	0.25以下	0.15以下	残部
A4045	9.0~11.0	0.8以下	0.3以下	0.05以下	0.05以下		0.10以下	0.20以下	残部

表1 試験片の化学組成

		条件	
試験片No.	温度℃	保持時間 min	昇温速度
1	575	3	
2	580	3	100 K/min
3	585	3	100 K/min
4	590	3	



表2 実験条件

参考文献

1) 野村祐司、池田明香里、アルミニウムのノンフラックスろう付法、太陽日酸技法 No. 30 (2011)、 p 43-44 2)川瀬寛、アルミニウムろう付技術の変遷、軽金属 第48巻 第9号(1998)、p426-431 3)納康弘、アルミニウムの真空ろう付け、軽金属 第48巻 第9号(1998)、p439-445

ろう付温度が黄銅/ステンレス鋼界面反応に及ぼす影響

加藤萌(東海大学工学部材料科学科)、宮沢靖幸(東海大学工学部機械工学科)

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いた。しかし、飲料水水質基 準法の改正により配管部材に使用される黄銅の Pb の加重平均値が 0.25mass%未満に規制されている。そのため、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。これまでの研究で黄銅は異種 材料と組み合わせて使用することで、より多くの場所で活躍できることが見込まれ研究が行われている。特に、黄銅 とステンレス鋼に代表される異種金属材料のろう付は今後さらに重要と言われている。健全なろう付継手を得るため には、ろう付時の界面反応の解析、熱源の選択がろう付性に及ぼす影響など調査する必要がある。Pb フリー黄銅/異 種金属材料とのろう付に関する研究は少ないが、要求度が高まっている。従って、Pb フリー黄銅とステンレス鋼との ろう付時の界面反応現象やろう付性に検討を加える必要がある。

ろう付時、ろう付温度が高くなれば、黄銅/ろう材間で界面反応が促進し、黄銅がろう材に溶解し母材中のZnがろう材中に拡散される。Znが移動するとことにより黄銅の特性が変化する可能性が高い。従って、比較的低温でのろう 付が求められる。一方、ろう材とステンレス鋼は反応しにくいが、温度上昇によって反応が促進される。従って、界面 反応の温度依存性を詳細に調査し、両母材に最適なろう付温度を求める事が必要であり、それを目的とした。

実験方法

黄銅は Pb 添加黄銅 C3604 と Bi と Sn の添加量を変化させた Pb フリ 一黄銅 C4621 と C3608、ステンレス鋼は SUS304 を用いた。フラックス は銀ろう用フラックス FL-7 を用いた。直径 15 mm の黄銅丸棒を厚さ 15 mm、直径 15 mm のステンレス鋼を厚さ 5 mm の寸法に切断した。ろう 材は箔状ろう材 BAg-7 を直径 15 mm で切断した。ろう材の厚さは、0.2 mm である。黄銅とステンレス鋼を異なる大きさとした理由は、黄銅と ステンレス鋼の熱伝導率が異なるためである。ろう付け温度は 710℃、 740℃に設定した。保持時間 5 分でろう付雰囲気は Ar ガスとし、冷却条 件は空冷とした。





アセトンを用いて母材とろう材を超音波洗浄した。洗浄後乾燥させ母材表面にフラックスを塗布し、図1のように してステンレス製の治具により固定した。実験炉を用いて炉中ろう付を行った。ろう付後の試験片を中心部で切断し、 ろう付け部断面を研磨し光学顕微鏡を用いて組織観察を迎った。

結果

図2はC4621の740℃の保持時間5分でろう付したときの断面ミクロ 組織である。740℃ではボイドの少ないろう付が得られた。

参考文献

吉田知広 東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻 2022年度修士論文



図2 断面ミクロ組織

銀ろうへ添加した Ni のろう付時の挙動

成底友花(東海大学工学部材料科学科)、鎌田龍介(東海大学工学研究科応用理化学専攻)、宮沢靖幸(東海大学工学 部機械工学科)

緒言

一般的に自動車には、重要保安部品や乗員保護装置など様々な装置が備わっている。その中でも人命保護のために 備わっているエアバッグシステムは重要であり、自動車に衝撃が加わり、危険だと判断した際に、一気にエアバッグ が展開される仕組みとなっている。エアバッグシステムは、人体・命を守るため、どのような状態でも正常に安全に 作動しなければならない。さらに、走行距離だけでなく走行中に起こりうる微振動や微衝撃、四季による寒暖差など にも耐えられるような耐久性が求められている。この様な厳しい条件をクリアしつつ、正常にエアバッグシステムが 作動する事が、自動車の高い信頼性へと繋がっている。これらの部品製造にはろう付が用いられている。前述の通り、 ろう付部へも高い耐久性が求められているため Ag-Cu ろう材が使用されている。Ag-Cu ろう材は靭性があり、振動や 衝撃に対して強いが、ステンレス鋼に対してのぬれ性が良いとは言えない。そこでぬれ性を向上するために、促進効 果のある Pd を添加して、Ag-Cu-Pd ろう材として使用したが、高価であるため量産型の自動車には不向きであった。 そこで新たな添加元素の候補として挙げられたのが Ni である。Ag ろう材中へ Ni を添加する事で、ステンレス鋼への ぬれが向上し、健全なフィレットが形成されると言われている。一方、詳細なぬれ向上のメカニズムは不明である。 そこで、本研究では、銀ろうへ添加した際の Ni の挙動を詳細に調査する事を目的とした。

実験方法

ステンレス鋼には SUS304L を用いた。試験片は 2 枚のステンレス鋼板を図 1 に示す通りに組み合わせた逆T字型試 験片とした。母材間にろう材を設置し、ろう付は真空炉で行った。ろう材が良好なぬれを示す場合、ろう付部にフィ レットを形成し、ろう付性や界面反応などを評価できる。ろう付後、ろう付部断面ミクロ組織を光学顕微鏡で観察し、 EPMA による元素分析結果から界面反応現象などに検討を加えた。



図1 試験片概略図

結果

EPMA 元素分析結果より、ステンレス鋼上界面に Ni 濃化層が形成されることが確認できた。

黄銅/ステンレス鋼ろう付時の添加元素の挙動

小澤幸太 (東海大学工学部材料科学科学部生)、小林昂太郎 (東海大学大学院応用理化学専攻大学院生)、 宮沢靖幸 (東海大学工学部機械工学科教授)

1. 緒言

黄銅は加工性に優れているため、配管部材や機械部品などの製品に用いられている。また、製造時、黄銅とステンレス鋼などの異種金属材料間ろう付が行われている事例が多い。従来の黄銅には鉛(Pb)が含まれている。Pbは人体に 悪影響があると言われており、厚生労働省は平成4年における水道水質基準の全面改正の際に、Pbの水質基準がそれ 以前の 0. lmg/1以下から 0.05mg/1以下に改正、強化され、Pbの代替が求められている。そこで Pbを含有しない Pb フリー快削黄銅が登場した。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。一方、BiやSiなどの添加元素はろう付性に影響を及ぼす事が明らかとなっており、特にろう付温度に強く影響を 受ける事が判明した。^Dこれまでの研究から、比較的高温度のろう付では、過剰な界面反応により、溶融ろう材/黄銅 母材間を BiやSiが移動し、ろう付性へ悪影響を与えた。低温度の場合、溶融ろう材/黄銅母材間の温度が低くく健 全なろう付部が得られない場合があった。ろう付部接合欠陥などが生じ、健全なろう付部が得られない場合があった。 以上述べた通り、比較的低温度でのろう付の必要性が示されたが、ろう付温度が、ろう付時界面反応やろう付性に及 ぼす詳細な影響は不明である。そこで、本研究ではBi入り黄銅C6803を使用し、オーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 とろう付を行い、ろう付温度が界面反応に及ぼす影響を詳細に調査した。特に、比較的低温度でのろう付時界面反応 メカニズムを明らかにし、健全な黄銅/ステンレス鋼ろう付体を得ると事を目的とした。

供試材には、黄銅合金母材に快削黄銅 C6803 を用いた。また、市販のオーステナイト系ステンレス鋼の SUS304 を用 いた。ろう材には金属溶材株式会社製の箔状銀ろう材 BAg-7 を使用した。またろう材厚さは 150µm である。フラック スには金属溶材株式会社製の Meta-lux304(KF・HF, KBF4, K2C03, H3B03, K2SiF6)を用いた。アサヒ理化製作所製の横型電 気炉を用いて、炉中ろう付を行った。ろう付温度は 660 ℃、680 ℃、700 ℃、ろう付時間は 5 分、雰囲気はアルゴン ガス 0.3 mL/s とした。冷却条件は空冷とした。ろう付後、試験片を中央で切断し、断面を研磨した。ろう付部断面 ミクロ組織を光学顕微鏡で観察し、EPMA による元素分析を行った。

3. 実験結果

ろう付温度 660 ℃、680 ℃、700 ℃で、ろう付時間 5 分で行った黄銅 C6803 とステンレス鋼 SUS304 のろう付部断 面組織観察結果から、健全なろう付体が得られる事が判った。断面組織観察結果から、700 ℃でろう付した試験片は 全体的に小さなボイドが目立つ。しかし、660 ℃と 680 ℃でろう付した試験片にはボイドが少なく、より健全なろう 付体が得られた。そこで低温度でろう付を行うことで、後述する過剰な反応が抑制され、ボイドが少ない健全なろう 付部が得られると考えた。



図1 700 ℃断面組織観察図



図1 680 ℃断面組織観察図



図1 660 ℃断面組織観察図

大気雰囲気下の黄銅脱亜鉛現象

*梅田耕太郎(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(東 海大学工学部機械工学科 教授)

1. 緒言

黄銅は、主に配管部品などに用いられる。 従来、配管部品などに使用する黄銅には Pb を添加していた。Pb 添加に より、切削性が向上すると言われている。しかし、飲料水水質基準法の改正により、黄銅中に含まれる Pb の加重平均 値が 0.25mass%未満に規制された。そのため 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、異種金属と接合することで、より多くの場面で活躍できる。また、配管部品に使用する時 や異種金属と組み合わせる場合、接合技術としてろう付が必要不可欠である。

これまでの研究から黄銅は、ろう付加熱時に Zn の蒸気圧が原因で Zn が母材中から脱離する脱亜鉛が生じ、黄銅中 の亜鉛が失われ、空洞を持つ銅のみが残される事が明らかになっている。¹⁾その結果、ろう付体の性能を損なう可能 性があり、健全なろう付継手を得る事ができなくなる可能性が高い。

過去の論文²⁾からα相とβ相の2相共存黄銅の脱亜鉛の研究は、ほとんど行われていない。また、脱亜鉛は、昇温 時に発生するが、昇温過程が脱亜鉛に及ぼす影響も不明である。

そこで本研究では、昇温プロセスが脱亜鉛に及ぼす影響を調査し、脱亜鉛がろう付プロセスに及ぼす影響へ検討を 加える。最終的に詳細な脱亜鉛のメカニズムを明らかにし、黄銅からの脱亜鉛がほとんど発生しないろう付プロセス の構築を目的とした。

2. 実験方法

使用母材の化学組成を Table 1 に示した。工業的に一般的に使用されている黄銅 C3604、鉛フリー黄銅 C6803 を使用した。直径 22mm の黄銅丸棒を厚さ 6mm の寸法で切断した。

電気炉を用いたアルゴン雰囲気下の炉内で脱亜鉛熱処理を行った。熱処理温度は、750℃、800℃、850℃とした。先 行研究では、それぞれの熱処理温度に到達後、20、40、60分間保持した3つの試験片を用意した。熱処理を行った試 験片を半分に切断し、研磨後、作製したエッチング液(エタノール20m1 塩酸4m1 塩化鉄 1g)を用いてエッチング、 断面ミクロ組織観察を行った。その後、EPMA による元素分析を行った。

TIC N-	chemical composition									
J15 NO.	Cu	Pb	Bi	Cd	Sn	Fe	Zn			
C6803	60.2	0.01 ≥	1.2	0.001 ≥	1.2	0.10 ≥	Bal.			
C3604	57.0~61.0	1.8~3.7	-	-	0.	8 ≥	Bal.			

Table1 Chemical composition of base

4. 結言

初期段階のわずかな脱亜鉛によって、六四黄銅表面に微細な脱亜鉛孔が発生する。この脱亜鉛孔により、六四黄銅 の見かけの表面積が増加する。表面積の増加に伴い、元素が表面まで動くことなく、脱亜鉛が加速的に生じる。

これらの結果から脱亜鉛現象は、母材組織に依存している可能性があり、母材組織を変化させることによって、防止できる可能性が示唆された。

5.参考文献

1) 梅田耕太郎 東海大学 卒業論文 黄銅の脱亜鉛メカニズム 2023

2) 長崎久弥、春山志郎、金子正巳、伊藤勲 高温真空中におけるα黄銅の脱亜鉛速度 日本銅学会誌 33(1969)1218-1224

添加元素がろう付時の黄銅脱亜鉛現象に及ぼす影響

*翁明旭(東海大学工学部材料科学科・学部生)、梅田耕太郎(東海大学工学部材料科学科・学部生)、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・院生)、**宮沢靖幸(東海大学工学部機械工学科・教授)

【緒言】

一般に、黄銅の脱亜鉛現象は、ろう付加熱中のろう材溶融温度より低温度、または、ろう付温度域で発生すると言われている。従って、脱亜鉛現象は溶融ろう材のぬれ広がりに影響を及ぼし、ろう付性を変化させる可能性がある。 最悪の場合、ろう付体の機械的性質などの性能を損なう可能性がある。従来の文献では、真空環境下でろう付を行う と、ろう材が脱亜鉛の穴に侵入し、接合強度に影響を与えることが明らかとなっている¹¹。一方、ろう付昇温時の脱 亜鉛のタイミングが脱亜鉛メカニズムは不明である。そこで、昇温プロセスが脱亜鉛現象に及ぼす影響を調査し、脱 亜鉛現象が黄銅ステンレス鋼ろう付時にろう付性に及ぼす影響に詳細な検討を加えて、ろう付時の脱亜鉛メカニズム を明らかにすると共に、健全なろう付体を得る事を目的とする。

【実験方法】

今回の研究では、C3604 と C6803 を試験片として選 択した。2 種類の黄銅とステンレス鋼を母材として Bag-7 を用いてろう付した。試験片形状概略図を図1 に示した。



図1 試験片形状概略図

ろう付実験では、所定の温度に加熱した横型電気炉中へ、治具で固定した試験片を挿入し、ろう付した。試験片が 脱亜鉛温度に到達後、30分間保持した。この温度は、ろう付温度から20℃低い温度とした。先行研究の結果による と、黄銅は加熱温度が650℃以上で20分以上加熱すると脱亜鉛が発生する。この研究の目的は、脱亜鉛黄銅に対する 接合部とろう付性の影響を調査することである。そこで、試験片を炉から取り出して空気にさらすことによる影響を 避けるため、横型電気炉の前後端の温度差を利用して、温度を上げてろう付する。脱亜鉛が起こる温度まで黄銅を加 熱し、20分間保持して脱亜鉛をさせる。その後、加熱炉中心部へ移動し、温度を上げてろう付温度に到達後、ろう付 を行った。ろう付後、半分に切断し、研磨後、作製したエッチング液を用いてエッチング、断面ミクロ組織観察を行 った。その後、EPMAによる元素分析を行った。ろう付温度は、680、720、750℃とした。ろう付時間は、5、10、15 分とした。

【結果および考察】

典型的なろう付後の断面組織を以下に示す。黄銅側に顕著な反応が確認された。







 図2
 C6803 と SUS304 のろう体
 図3
 C6803 と SUS304 のろう体
 図4
 C6803 と SUS304 のろう体

 ろう付時間 5min
 ろう付時間 10min
 ろう付時間 15min

【参考文献】

長崎久彌、春山志郎、金子正已、伊藤勲:「高温真空中におけるα黄銅の脱亜鉛速度に及ぼす添加元素の効果」、日本金属学会誌、34(1970)、第3号、345-346

Ti 箔の水素化及び脱水素化挙動

*児玉 圭汰(東海大学工学部材料科学科) **源馬 龍太(東海大学工学部応用科学科)

1. 緒言

Ti は他の金属と比べても単位質量当たりの水素吸蔵量が多く、水素放出温度が 500℃程度といった特徴を有する。 これらの特性を生かして Ti 水素化物(TiH2)を箔ろう材として活用できれば、還元雰囲気下(水素雰囲気下)でのろう 付けが可能となる。また Ti は高温下で非常に活性であり、セラミックスのぬれ性を改善することにより金属-セラミ ックスなどの異種材料間の接合ができると考えられる。しかしながら Ti 表面は酸素と結合して、不動態化しやすい [2]ため、酸化の抑制も必要となる。そこで本実験では、まず初めに純 Ti 箔の水素化及び脱水素化挙動を調べた後に、 水素分子解離触媒として Pd を蒸着させることによる Ti の水素化挙動への影響および酸化抑制効果について調査する こととした。

2. 実験方法

2.1. 水素化処理

純チタン箔(0.002 × 30 ×30mm および 0.02 × 120 × 100mm,株式会社ニラコ,純度 99.6%)をアルミナボートに乗せ、卓 上ガス置換炉中で Ar ガス置換を 3 回行った。その後、H2 ガスと Ar ガスの流量を調節しながら水素化処理を行った。 2.2. Pd 膜のスパッタ成膜

DC マグネトロンスパッタリング装置を用い、Ti 箔表面に水素解離触媒として Pd 膜を成膜した。膜厚の影響を調査するため、2 分間(40 nm)と4 分間(80 nm)成膜した試料をそれぞれ作製した。

2.3. 相同定及び脱水素化挙動の評価

得られた試料について、相の同定を X 線回折装置(XRD:Rigaku,Miniflex600,CuKα)により行った後、熱重量分析(TG)に より脱水素化挙動を評価した。

3. 実験結果

XRD 測定結果より、400℃で水素化させたチタン箔では水素化が進行しなかった。また、500℃までの加熱では酸化が 進行することが分かった。一方、Pd を Ti 箔表面に成膜した場合は、400℃でも水素化が促進され、Pd 膜厚が大きいほ うが、酸化を抑制しつつ水素化が進むことが分かった。水素分圧を下げて水素化した場合の結果および脱水素挙動に ついては当日報告する。





4.参考文献

 V.N. Kudiiarov, M.S. Syrtanov, Yu.S. Bordulev, M.N. Babikhina, A.M. Lider, V.E. Gubin and T.L. Murashkina, International Journal of Hydrogen Energy 42 (2017) 15283-15289.

[2] 竹内 栄、本間 敏夫 日本金属学会誌 1966 年 第 30 巻.

Ag を添加した Bi₂Te₃ ナノ プレートの構造評価及び性能評価 *金子奎介(東海大学工学部材料科学科)、**高尻雅之(東海大学工学部材料科学科)

1. 緒言

日本のエネルギー供給過程では、1 次エネルギーの約 6 割が有効利用されずに排熱(未利用熱)として排出されてい る。その廃熱は200℃以下の低温域が約 75%を占める。このような廃熱を有効活用するため、熱を電気に変換する熱電 材料開発が進められている。Bi2Te3 は低温域の熱電性能に優れており、期待が高まっている。本研究では Ag2O を添加 した Bi2Te3 ナノプレートを作製し、高い電気伝導率を持つ Ag の特性を生かし、熱電性能(パワーファクター: P.F.)の 向上させることを目的とした。

2. 実験方法

本研究ではソルボサーマル法を用いてそれぞれ異なる量の Ag2O を添加した Bi2Te3 ナノプレート試料を 5 つ作製した。作製した 5 つの試料の構造評価には走査型電子顕微鏡(SEM)でナノプレートの表面観察を行い、X 線回折装置(XRD)で試料の結晶構造の評価を行った。また、作製したナノプレート粉末をプレス機にてバルク体にし、熱電特性評価装置(ZEM-3)にて試料の熱電性能の評価を行った。評価対象である Normal(Bi2Te3 ナノプレート)を用意した。

3. 結果と考察

図1に作製試料のSEM像を示す。作製した5つすべての試料で六角形状のナノプレートが観察され、ナノプレート 表面に粒子が付着している個体が存在していることが分かった。図2に作製試料のXRDスペクトルを示す。図2に示 されている黒い破線はAgのピークである。試料3,試料4,試料5の試料においては65度、80度手前でAgのピークが 出ていることが確認された。試料3,試料4,試料5の試料で確認されたAgのピークはNormal 試料では確認されていな いためAg2Oを添加したことによる結晶構造の変化によるものだと考えている。図3にZEM-3によるP.Eの測定結果 を示す。Normalに比べて作製した5つのすべての試料が全体的にP.F.が高く、最も高い試料3はNormalに比べて2.2 倍向上した。作製試料のP.F.が NormalのP.F.より向上した要因としては、電気伝導率が高いAgを添加したことで、試 料の電気伝導率が大幅に増加したためであると考えられる。





図1 SEM による Bi₂Te₃ ナノプレートの表面観察(Ag₂O 添加)

pn 接合 SWCNT 膜によるデバイスの開発・評価

*玉井涼太(東海大学工学部材料科学科)

**高尻雅之(東海大学工学部材料科学科)

1.研究背景·目的

現在、実世界と仮想世界が相互連携した CPS/IoT(Cyber-Physical-System/Internet of Things)社会が注目されている。こ れを活用するために独立電源が求められる。そこで、独立電源に用いられるセンサーとして、熱電変換技術が求めら れている。熱電変換技術に用いられる熱電変換材料として柔軟性があり、室温下で高性能である単層カーボンナノチ ューブ(SWCNT)に注目した。SWCNT は大気雰囲気中では p 型熱電性能を示し、SWCNT に界面活性剤をドーパントす ることで n 型化を示すことが知られている¹⁾。本研究では、これらの特性を組み合わせた pn 接合を用いた SWCNT デ バイスの開発・評価を行った。

2.実験方法

SWCNT (SGCNT:ZEONANO SG101) 0.08g とエタノール 40 mL を混合した。p 型膜では、CNT を混合したエタノー ルをホモジナイザーにより超音波分散し、CNT 分散溶液を作製した。n 型膜では、陽性界面活性剤 Dimethyldioctadecyl ammonium chloride (DODMAC)を使用し、CNT 分散溶液を作製した。真空濾過法によりバッキーペーパー(BP)を作製した。この時、n 型から p 型を滴下するまでの間隔を変更した。作製した BP を 200°C、1 時間、Ar+H₂(5%)の条件で熱処 理した ²⁾。

試料作製後、ゼーベック係数を pn 接合部を中心に計 7 箇所測定した。その後、BP を 1×3 cm の大きさに切り取り、 5×5 cm の大きさのポリイミド基板に貼り付けてデバイスを作製した。作製したデバイスに人工太陽灯を照射し、照射 前後の発生電圧を測定した。

3.実験結果および考察

Fig.1 に測定したゼーベック係数を示す。滴下間隔を変更したことでゼーベック係数の空間分布が変わった。これは、 n型に含まれている DODMAC が拡散したものだと考えられる。

Fig. 2 に測定した発生電圧を示す。滴下間隔を変更したことで発生電圧が上がった。これは、ゼーベック係数の空間 分布が変更されたことだと考えられる。



Fig. 1 Distribution of Seebeck coefficient of SWCNT film.

4.参考文献

- 1)Y. Amma et al., Sci. Rep. 12 (2020) 21603.
- 2)T. Komori et al., Diamond Relat. Mater. 136 (2023) 109929.

Fig. 2 Output voltage of device before and after light irradiation.

超音波出力変化による SWCNT 膜の熱電特性評価

* 岡野裕太朗(東海大学工学研究科応用理化学専攻)、** 高尻雅之(東海大学工学部応用化学科)

1. 緒言

熱電変換材料の一つに希少金属からの代替えとして単層カーボンナノチューブ(SWCNT)がある。SWCNT は 大気雰囲気化中で p 型の熱電特性を示し、それを生かした熱電変換技術に関する研究が数多く行われてい る^[1]。SWCNT 膜の作製は主に SWCNT 粉末を中心とした分散液を使用する。この分散液の状態が SWCNT 膜の 熱電性能に影響されていることが考えられる。そこで、本研究では、p 型 SWCNT 自立膜(バッキーペーパ ー:BP)を作製する際に行う超音波分散の出力変化による熱電特性の評価を目的とした。

2. 実験方法

本研究で作製した p 型 SWCNT 分散溶液は、SWCNT 粉末 (SG-CNT ZEONANO SG101)をエタノールに加え、超 音波ホモジナイザーを用いて分散し、濃度 0.2 wt%の SWCNT 分散溶液を作製した。作製した分散溶液を減 圧濾過法により BP を作製した。その後、作製した BP の膜厚、電気伝導率、ゼーベック係数を評価した。 また、周期加熱放射測温法熱物性測定装置により熱拡散率を測定し、示差操作熱量計(DSC-60 plus)を用い て比熱を測定した。これらから得られたデータより熱伝導率を算出した^[2]。試料表面は FE-SEM (HITACHI S-4800)を用いて観察した。

3. 実験結果・考察

ゼーベック係数は、分散出力に依存せず、ほぼ一定の値を示した。一方、電気伝導率は、分散出力の増加とともに値 が増加した。また SEM 画像より、分散出力に比例して SWCNT の束が細くなっていることが確認できた。この束のもつ れ状態が電気伝導率の値に起因すると考える。



Fig. 1. Distributed output dependence on (a) Seebeck coefficient and (b)



Fig. 2. Surface morphology of SWCNT films using ultrasonic dispersion at (a) 10% and (b) 40%.

4. 結言

SWCNTの分散溶液の分散出力を変更することによって、ゼーベック係数の変化は確認できなかった。しかし、電気伝 導率は分散出力の増加とともに値が増加した。本発表では、各分散出力の熱輸送特性やラマン分光のデータを踏まえ て発表をする。

5. 謝辞

本研究で用いた SWCNT (SG-CNT ZEONANO SG101)を試供して頂いた日本ゼオン株式会社 に深謝の意を表します。また、熱拡散率測定にご協力いただいた、神戸市立工業高等専門学校の三宅修吾 先生、山本久敏 院生、分析装置を供与してくださった東海大学研究推進部技術共同管理室に感謝申し上げます。

6. 参考文献

- [1] T. Chiba *et al.* Sci. Rep. **11** (2021) 14707.
- [2] K. Oshima *et al.* Mater. Adv. **1** (2020) 2926.

吸水層を用いた気化熱冷却 SWCNT 熱電発電デバイス性能評価

*仲澤祐人(東海大学工学部材料科学科) **高尻雅之(東海大学工学部材料科学科)

1. 緒言

現在は実世界とサイバー空間が相互連携した CPS/IoT(Cyber Physical System/ Internet of Things)社会が注目されてい る。IoTの普及を進め、社会の発展をするために膨大なセンサーが使用され、そのセンサーのための配線が不要な独立 電源が必要となる。そこで IoT センサーの独立電源として熱電発電技術を用いることが、この解決策として有効であ る。 熱電変換材料の一つに希少金属からの代替として単層カーボンナノチューブ(SWCNT)がある。SWCNT は大気雰 囲気中では p 型熱電性能を示す。我々はこれまでに水に浮かべる気化熱冷却 CNT 熱電発電デバイスを開発してきた。 ¹⁾本研究では、吸水層を用いて気化熱デバイスの性能向上を目的として性能評価を行った。

2. 実験方法

本研究では、SWCNT(SGCNT:ZEONANO SG101)とエタノールを使用し、ホモジナイザーによる超音波分散出力を 60%で分散を行い、濃度 0.2 wt%の SWCNT 分散溶液を作製した。真空ろ過法により SWCNT 分散溶液を滴下してバッ キーペーパー(BP)を作製した。作製した BP から 1×1 cm の面積を切り取り、8×3 cm のポリイミド基板に張り付けてデ バイスを作製した。BP とポリイミドの間に和紙を挟んだデバイスと挟まないデバイス 2 種類を作製した。作製したデ バイスを水の上に浮かべ、人口太陽灯を照射し、作製したデバイスの出力電圧を測定した。

結果・考察

図1に和紙ありとなしのデバイスの出力電圧を測定したものを示した。図1から和紙なしのデバイスに比べて、和 紙ありのデバイスでは出力電圧の向上が確認できた。図2に温度分布画像を示した。サーモグラフィーによると和紙 ありの時に、十分に BP の表面が冷却されており、温度差がついていることが確認できた。BP が和紙により水が良く 吸い上げられてより温度差が付いたためだと考えられる。

4. 参考文献

1) T. Chiba, Y. Amma, and M. Takashiri, Sci. Rep. 11 (2021) 14707.



陰性界面活性剤の濃度を制御した SWCNT 膜の構造及び熱電特性評価 *山本久敏(東海大学大学院応用理化学専攻), **高尻雅之(東海大学大学院応用理化学専攻)

1. 緒言

本研究では SWCNT と陰性界面活性剤 SDBS (Sodium Dodecylbenzene Sulfonate)をイオン交換水に添加した分散溶液の 濃度比を変更することにおける p型 SWCNT 膜の熱電性能を評価する.モノにインターネットを接続することで情報交 換,相互制御を行う「IoT (Internet of Things)」技術が新たな先進社会の実現を可能にすると期待されている. IoT (モ ノのインターネット)技術に基づいた先進社会では莫大な数のセンサーが必要であり,それに伴う配線が不要な無線を 活用した独立電源が必要とされている.この社会への実現に向けて,注目されているのが熱電発電素子である.熱電 変換素子は熱を電気エネルギーに変換する機能を有する材料である.熱電変換材料として SWCNT (単層カーボンナノチ ューブ)に着目した.SWCNT の特徴としては主に大気雰囲気化で p型熱電性能,高い熱伝導率という特性を持つ.P型熱 電性能向上としては界面活性剤などのドーピングにより向上することが報告されている⁽¹⁾.本研究では SWCNT の濃度条 件(wt%)の最適化の調査を行うことで p型熱電性能の最適濃度条件を追及する.

2. 実験方法

陰性界面活性剤 SDBS をイオン交換水に添加し SWCNT の濃度変更した分散溶液を作製した.その後、SWCNT 分散溶液 を真空ろ過法により BP(バッキーペーパー)を作製し乾燥後、試料をゼーベック測定器及び四探針抵抗測定器を用いて ゼーベック係数及び電気伝導率を測定し熱電性能(*P.F.*パワーファクター)を算出し評価した.

3. 結果·考察

図1に分散濃度を変更した SWCNT 膜のゼーベック係数・電気伝導率の関係を示す。図2に分散濃度を変更した SWCNT 膜における P.F.の関係性を示す。図1から分散溶液の濃度が濃縮することで電気伝導率及びゼーベック係数が向上することが確認できる.図2から P.F.が2.0wt%が熱電性能の最高値を示していることから濃縮している程高い熱電性能を発揮すると考えているが詳細な原因は現在調査中である.



図1 分散濃度を制御した SWCNT 膜のゼーベック係数及び
 図2 分散濃度を制御した SWCNT 膜における P.F.の関係
 電気伝導率の関係性

4. 参考文献

1)Y. Seki, K. Nagata, M. Takashiri, Scientific Reports, 10, 14707 (2020).

5. 謝辞

本研究で用いた SGCNT は日本ゼオン(株)様 より提供していただきました.

メカニカルアロイングによる Cr-W 合金の作製

*花輪史彦(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

高温プラントや高温機器をより高温で動作させることは、効率の向上および CO₂ 排出削減の観点から非常に重要で ある。現在、耐熱合金の主流はNi 基合金であり、耐熱温度は1100~1200℃程度である[1]。Ni 基合金以外にもW基合 金、Co 基合金、Fe 基合金などが次世代の超耐熱合金として注目されている[2]。合金の融点を考えた場合にW基合金 はこれらの合金の中でも特に優れている。しかし、W基合金においてWは高温下で容易に酸化し昇華する。ところで高 融点材料として知られている Cr を添加元素として用いた場合、金属の表面に緻密な酸化被膜を形成することで耐腐食 性および耐酸化性を向上させることが知られている。また Cr-W 合金は全率固溶体型の状態図を示す合金系であり、Cr とWの特性を活かした合金設計が期待できる。しかし合金を作製する場合、Cr とWはどちらも高融点金属であり Cr は 蒸気圧も高いことから、融解法での合金化では組成の制御が困難である。そこで本研究では、粉末冶金の手法のひと つであるメカニカルアロイング法を用いて Cr-W 合金の粉末を作製し、合金化の過程を検討することを目的とした。

2. 実験方法

原料粉末には、Cr 粉末(純度:99.9%, 粒径:125~180 μ m)および W 粉末(純 度:99.9%, 粒径:3 μ m)を用いた。これらの粉末を組成が Cr-50at%W になるように 秤量混合した後、メカニカルアロイング法により合金化を行なった。表1にはメ カニカルアロイングにおける処理の条件を示す。なお合金化にはレッチェ社製の 遊星ボールミル装置 PM-100 を用いた。

表1.ミリング処理	里の条件
-----------	------

回転数	400rpm
ガス雰囲気	Ar
処理時間	50 • 100h
鋼球の個数	10個
粉末の量	10g
組成	Cr-50at%W

3. 結果

図1に処理前後のX線回折の結果を示す。未処理の原料では、WとCrの明確な回折ピークが見られた。一方100hの 処理後では純Wのピークおよび合金相のピークを確認した。解析の結果、合金相の平均組成はCr-47at%Wであった。





(b). 100h 処理後の X 線回折

図1.X線回折結果

参考文献

[1] 田中良平, 耐熱金属材料の概要, 特殊鋼 Vol. 60 No. 6, 2011, pp. 2-7

[2] 大野丈博, 耐熱金属材料の開発動向, 特殊鋼 Vol. 60 No. 6, 2011, pp. 26-30

MgByと Nb₃Sn の混合粉末を用いた超伝導線材の作製

*松岡 杏祐(東海大学工学研究科応用理化学専攻)、**小黒 英俊(東海大学工学部電気電子工学科)

1.背景及び目的

MgB2は、高温超伝導材料に比べて結晶の異方性が小さく、低温超伝導線材に比べて臨界温度が高い おかげで温度安定性が高いため、電気容量、つまり臨界電流の向上により、広く使われることが期待さ れている[1]。特に、MRIの分野では、MgとBという原料のため軽量化できること、温度マージンにより 液体ヘリウムの吹き出し事故を防ぐことができるなど、多くのメリットがある。

MgB2の臨界電流が低い理由として、小さいながらも異方性が存在し、粒界において通電特性が下がる ことが挙げられる。しかし、異方性がある MgB2に、異方性のない Nb3Sn を用いることで、結晶粒界にお ける電流の橋渡し役として機能し、臨界電流を向上させられる可能性がある。

本研究では、MgB2と Nb3Sn で混合粉末を作製し、その線材を熱処理するか否か、また熱処理温度を変え ることで、混合粉末の超伝導特性に影響するのかを検討する。

2. 実験方法

2.1 線材作製

MgB2はバルク体として作製した粉末を、Nb3Sn は粒径を 45mm 以下のサイズまで乳鉢で叩き割った粉末を 使用して混合粉末を作製した。これら MgB2と Nb3Sn の粉末は Ar ガス雰囲気のグローブボックス内でモル 比9:1 で混合された。混合粉末線材を作製する際、混合粉末を隙間なく Fe 管内に詰めるため、粉末を上 からハンマーでたたき、管内の粉末の密度を向上させる工夫をし、最後に銅蓋で両端を閉じて作業を終了 した。その後、線引き加工を行なった。

2.2 電気抵抗測定と元素分析

作製した線材を切断し、未熱処理線材と 630℃×10 h、700℃×10 h、800℃×10 hに分けて熱処理を行 った。これら試料の超伝導特性を評価するために冷凍機クライオスタットにて電気抵抗測定を行った。

630℃、700℃、800℃で熱処理した MgB2と Nb3Sn の混合粉末線材を、一つの樹脂に埋め研磨を行い、そ の後、金スパッタをした後、EPMA を使用し元素マッピングを行った。

3. 結果と考察

冷凍機での電気抵抗の温度依存性測定結果及び EPMA の結果を以下の図 1、2 に示した。未熱処理の場合、 線材内部の粒子にまとまりがないので結合性が悪く、臨界温度が低かった。630℃は18 Kまで超伝導を保 っている。Nb₃Snの臨界温度である18 Kで転移していることから、超伝導電流が MgB₂と Nb₃Sn とで受け渡 しをしていることが考えられる。700℃は超伝導は確認できなかった。800℃は 35 K 以下で急激な抵抗変化 があったが抵抗ゼロには至らなかった。金属の残留抵抗が確認できたことから超伝導にはなっていないと 思われる。

630℃で熱処理した線材の EPMA 結果から MgB2の隙間に Nb3Sn が存在していることが分かる。630℃にお いて、MgB2と Nb3Sn がお互いに反応しない関係であったため、超伝導電流の受け渡しが出来たものと思わ れる。EPMAの700℃、800℃の実験結果については、当日ポスターにて発表する。



図 2. EPMA 630℃

4. 参考文献

[1] 山本明保 他、低温工学 Vol. 41 (2006) 489

貴金属添加による YBa2Cu307の融点制御

*新井 樹(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、**小黒英俊(東海大学工学部電気電子工学科)

1.序論

高温超伝導体の中でも、YBa₂Cu₃O_x(YBCO)は液体窒素温度でも超伝導特性が高いことから、液体窒素温度での応用が期待されている。また、低温においては超強磁場中でも通電特性が高い。これらのため、高温でのMRIへの応用や、低温での超強磁場マグネットへの応用など、広い条件下における応用分野で利用できる可能性を秘めている。

現在、YBCO線材はテープ状の線材として市販されているが、これは、YBCOに大電流を流すためには、結晶軸を 揃えた配向組織を作製する必要があるためである。ところが、薄膜として作製しているため、応用の面では剥離方向 に弱いというデメリットがあり、簡単に使うことができない。このデメリットを解決するには、従来の超伝導線材と 同様に、丸線を作製する必要があると考えられる。[1]

本研究では、YBCO丸線材を開発することを目的として研究を行う。丸線作製のために、YBCOと反応しない銀管 を用いて線材作製を行う。しかし、銀管よりも YBCOの融点が高く、YBCOを溶かして固める溶融成長法を用いよ うとすると銀が溶けてしまう。そこで、YBCO作製の際にはその他の添加物として、Ag₂O、Ptの添加が知られてい ることから、これらの物質を加えて、YBCOの融点が銀の融点以下になるような条件の探索を行う。

2.実験方法

YBCO 粉末に Ag2O 粉末を 20 wt%加えたサンプル①、YBCO 粉末に Ag2O 粉末を 10wt%、Pt 粉末を 0.5wt%加えたサンプル② を作製した。これらを銀管に入れて線引き加工を行った。線引 き後の線材を電気炉を用いて図 1 の熱処理を Ar 雰囲気にて行っ た。930°C から 900°C へ温度を下げながら結晶成長させる際 に、時間を 5 h と 48 h の 2 パターンで熱処理を行った。その 後、YBCO を生成させるために、大気雰囲気下で 930°C×24 h の 熱処理を行った。また、超伝導特性向上のために、500°C×24 h の酸素アニールを行った。



図1 Ar 雰囲気下での熱処理パターン

また、熱処理後の線材の臨界電流を測定するために、直流四端子 法で、作製した試料の臨界電流測定を行った。液体窒素で冷却し、 電流を0mAから100mAまで通電しながら測定した。

測定後の線材を光学顕微鏡を用いて組織観察を行った。また、走査型電子顕微鏡(SEM)で組織観察を行った。

3.実験結果と考察

図2にYBCO+Ag2O線材の内部組織を、図3にYBCO+Ag2O+Pt線材の内部組織を示す。熱処理前と熱処理後では 組織が大きく異なっており、中央には大きな空洞が見られた。これはYBCO結晶が溶融したことで、粉末間の小さな 空隙が1つに集まって大きな空洞を作ったと考えられる。また、48h線材よりも5h線材の組織の方が空孔が多く見 られた。その他の実験結果については当日発表する。



図3 YBCO+Ag2O+Pt 線材の光学顕微鏡画像

4.参考文献

[1] 小島寛航、東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻 2020 年度修士論文

高臨界電流密度 YBCO 高温超伝導丸線材の開発

*耿 智輝(東海大学工学研究科応用理化学専攻)、**小黒 英俊(東海大学工学部電気電子工学科)

1.背景及び目的

YBa2Cu3O7-a(YBCO)高温超伝導線材は、次世代超強磁場超伝導マグネットなど、様々な応用が期待されている。しか し、結晶が持つ異方性から、大電流通電が可能な方向が結晶の ab 面方向に制限されるという性質がある。このため、 希土類系高温超伝導線材は薄膜作製法を用いて、配向したテープ状の線材が作製され、販売されている。ところが、テ ープ状線材では、ホットスポット[1]の問題が解決できない状態である。そのため、YBCO線材の丸線化が期待されて いる。このとき丸線材内部において配向を促すため、溶融状態からの結晶成長を行うことが考えられる。試料作製時 には、金属管中に超伝導粉末を入れて線引き加工するが、試料との反応性を考えて、金属管として銀管を使うことに なる。ところが、銀の融点は961℃で、YBCOの融点である1000℃より低いという問題点がある。そのため、融点の 低い BaCu2O2 と Y2BaCuO5(Y211)を利用し、YBCOをゆっくり成長させることが、一つの方法として考えられる。

本研究では、BaCu₂O₂を用い、酸素分圧コントロールを利用した熱処理によって、高臨界電流密度 YBCO 高温超伝 導丸線材を作製することを目的とした。作製した線材は、低温強磁場中で臨界電流(*I*_c)を測定した。

2.実験方法

2-1. BaCu₂O₂粉末の作製

BaCu₂O₂粉末は、モル比 3:5 とした BaCO₃ と CuO を混合して、 プレス機でペレット状にした後、大気雰囲気において、880°C ×24hの条件で熱処理した。その後、真空雰囲気において、870 °C×24hの条件で熱処理して作製した。余剰 Ba は、BaO とし て試料中に残った。

2-1. Y₂BaCuO₅粉末の作製

Y₂BaCuO₅粉末は、モル比 1:1:1 とした Y₂O₃、BaCO₃ と CuO を 混合し、大気雰囲気において 900℃×24h の条件で熱処理した。 2-3. 線材作製

モル比 Y211: (5BaCu₂O₂+ BaO)=9:7 の粉末に 10wt%Ag₂O、 0.5wt%CeO₂の粉末を添加し、Ag 管に充填した。そして、大型 溝ロール加工機と小型溝ロール加工機で圧延加工し、図1の条 件で熱処理した。

2-4. 臨界電流測定

熱処理後の試料に対し、直流四端子法によって液体ヘリウム 浸漬冷却条件で、0Tから14Tまでの強磁場中で臨界電流測定 を行った。

3.結果と考察

図2に、4.2Kにおいて0Tから14Tの磁場中で測定した *L* 測定結果を示した。測定結果から、電流を流すと電圧が生じ ており、電気抵抗成分が発生していることが分かった。これ は、一部の電流が銀に分流していることが考えられる。超伝 導転移は、分流と同時に生じているため、電気抵抗成分を差 し引いて臨界電流を評価した。サンプルは0Tの条件で*L*は 70A、臨界電流密度(*J*_c)は140 A/mm²、14Tでは50 A、*J*_cは 100 A/mm²となった。当然、この結果には銀への分流分が含 まれているため、正確な*L*を評価中である。



図 20Tから 14Tまでの臨界電流測定結果

4.まとめ

BaCu2O2を用い、酸素分圧コントロールを利用した熱処理によって、高臨界電流密度 YBCO 高温超伝導丸線材を作 製した。サンプルに対し、直流四端子法によって液体ヘリウム浸漬冷却条件で、0Tから14Tまでの強磁場中で臨界 電流測定を行った。その結果、0Tで約140 A/mm²のJ₆を持ち、14Tの強磁場下でも約100 A/mm²のJ₆となった。だ し、結果には銀への分流分が含まれているため、正確な値を評価する必要がある。

5.参考文献

[1] S. Matsumoto et al., IEEE Trans. Appl. Supercond., vol. 22, no. 3, June 2012, Art. no. 9501604 謝辞

低温協磁場中臨界電流測定は、東北大学金属材料研究所附属強磁場超伝導材料研究センターで行われました。

カーボンナノチューブ/フッ素樹脂複合膜の作製および応用 *小野 大智(東海大学工学研究科電気電子工学専攻), **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。本研究ではCNTを液中プラズマ法で水中に均一に分散させ、 これとフッ素樹脂の一種であるポリテトラフルオロエチレン(PTFE)を組み合わせた CNT/PTFE 複合膜 を作製し、燃料電池用防食膜として応用する。

[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 39.56[ml]、界面活性剤 0.04[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。

濃度 1[%]の CNT 分散液を用いて作製した CNT 混 合率 30%の CNT/PTFE 複合膜を燃料電池に応用した。

混合液 1[ml]をセパレータに塗布し、350[℃]のホッ トプレートで窒素ガスを 5[min]流し、30[min]焼成し てセパレータに被覆した。

MEA を作製し燃料電池を組み立て、評価を行った。 [結果]

図2にセパレータに CNT/PTFE 複合膜を被覆した 燃料電池の発電特性を示す。図中には複合膜を被覆し ていないセパレータを用いた燃料電池の発電特性も示 す。両燃料電池の開放電圧はともに 1V 程度であった。

電流を増加させると電圧が降下したが,被覆ありの セパレータが被覆なしのセパレータより電圧降下がわ ずかに緩やかとなった。

最大出力はそれぞれ 1.7、1.4W となった。

被覆したセパレータの内部抵抗が被覆無しのセパレ ータに比べて減少した。

詳細な防食膜の応用による特性の変化、違いについては発表で説明する。



3

電流[A] 図2 燃料電池の電流-電圧及び

電流-出力電力特性

2

4

5

液中プラズマ法による燃料電池用プラチナ触媒の作製

* 呂淼亮(東海大学工学部電気電子工学科), * * 庄善之(東海大学工学部電気電子工学科)

<u>1.背景及び目的</u>

固体高分子形燃料電池は、酸素と水素の電気化学反応によって発電する装置である。この燃料電池は低温で動作し、 軽量でコンパクトなため、家庭用や自動車に適している。しかし、高価な白金触媒が必要で、これが高コスト化の要因 となっている。本研究では、白金の使用を削減し、白金触媒を効率的に活用するために、液中プラズマを使用して白金 微粒子を生成し、これをカーボンに担持して触媒を作成する。この方法により、白金の単位質量当たりの表面積を増 加させ、白金の効率を向上させ、触媒の白金使用量を減少させ、燃料電池の出力を向上させることを目指す。

2. 実験方法

- ① 純水 40[m1]とカーボンブラック 18.92 [mg]を混合し、混合液を作製した。
- ② 混合液中に2本のプラチナ電極を両端に1[mm]間隔で設置し、電極をパル ス電源に接続した。
- ③ パルス電源からの印加電圧を 3.2-4.0、[kV]、周波数 30[kHz]に設定し、10-40 分間プラズマを発生させた。
- ④ メノウ乳鉢に作製した触媒を移し、130℃のオーブンで1.5時間かけて水分 を蒸発させた。
- ⑤ 粉末状の触媒に純水 0.1126 [ml]、ナフィオン液 0.1126 [ml]を混合し、カーボンペーパーに塗布した。
- ⑥ ⑤で作製したカーボンペーパーを2枚作製し、MEAを作製した。
- ⑦ 作製した触媒を燃料電池に組み込み、発電性能を測定した。

3.実験結果及び考察

図1にプラズマの時間が増加させるにつれてプラチナのスパッタ量が多くなり、 プラズマ電圧高いほうがプラズマ電圧低いほうよりプラチナスパッタの量が多く なった。しかし時間の影響は大きく、プラズマ電圧の影響は小さかった。

図2にこれはプラズマ電圧4kVのグラフを示す。電流が増加するにつれて電圧は 減少し、燃料電池から得られる電力はスパッタ時間を増加させることで増加した。 図3に10分で単位電離プラチナの電力が最も高いです。40分と20分の差はなか った。

4.まとめ

プラズマの印加電圧増加に伴い、MEAの最大電圧と最大出力電力も増大する。また、プラズマの時間の長さに応じて、プラズマ時間が伴い、ある程度で最大電圧と最大出力電力も大きくなる。

プラズマ時間が十分な場合、例えば40分。単位プラチナで発生する電力 にはあまり差があまりない。プラズマ時間が足りないとき、例えば10分 でプラズマ高電圧の単位プラチナの電力が高い。プラチナ使用量を減らし た方が発電量同じになる。コスト削減につながる。

<u>5. 今後の予定</u>

30分間の 3.2kV および 4.0kV のプラズマ実験を行う。



の電流に対する出力電圧及び出力電力 の特性



図3 電流に対する電力/プラズマのスパッ タ量の特性
インピーダンス測定法による燃料電池の触媒活性の評価

*平子 寿光 (東海大学工学部電気電子工学科)、**庄 善之 (東海大学工学部電気電子工学科)

1. 背景および目的

固体高分子型燃料電池は、100℃以下の低い動作温度でも水素と酸素分子の電気化学反応を促進し、発電電力を 増加させるためにプラチナ触媒が用いられている。プラチナは希少金属であり、高価な材料である。そのため、現 在、固体高分子型燃料電池にはプラチナ触媒の使用量の削減が求められている。

本研究は、測定条件を最適化することで、燃料電池の内部インピーダンスを正確に評価することを目的とする。 本研究の成果は、正確なプラチナ触媒の性能評価を可能にし、その触媒の高性能化に寄与すると考えられる。

2. 実験方法

固体高分子型燃料電池の内部インピーダンスを調べるため、作製 した燃料電池を評価装置に組み込み発電した。発電には水素と酸素 ガスをそれぞれ 1,000[SCCM]の流量で使用し、発電時の燃料電池の 内部温度を外部ヒーターにより 70[℃]に加熱した状態とした。また、 内部インピーダンスの測定にはインピーダンス測定法を用いた。

インピーダンス測定法では、一般的に一定の値の直流出力電流に 交流変調をかけ、その時の出力電圧を測定し内部インピーダンスを 求める。本研究では直流出力電流を 0.25[A]から 6[A]まで変化させ てインピーダンス測定を行った。その測定結果をコールコールプロ ット図に示し、作製した燃料電池の内部インピーダンスを評価した。



図1 各挿引電流におけるコールコールプロット図

3. 実験結果

図1に作製した燃料電池のインピーダンス測定結果をコールコー ルプロット図で示す。虚数成分(-Zimg)が負の値となり、軌跡は半 円に近い形となった。また、挿引電流(直流出力電流)の値によっ て、その半円の大きさは変化した。

この結果より、燃料電池の内部インピーダンスの等価回路は図 2 となる。この等価回路は、並列抵抗(R_p)とコンデンサ(C)が並列 に接続され、その並列回路に直列抵抗(R_s)が接続されている。直 列抵抗(R_s)の値は図1における半円の実数成分の最小値である。 並列抵抗(R_p)の値は半円の実数成分の最大値と最小値の差である。

図3に挿引電流に対する直列抵抗成分(R_s)、並列抵抗成分(R_p) を示す。挿引電流を変化させても直列抵抗成分(R_s)は0.02[Ω]程度 で変化しなかった。一方、並列抵抗成分(R_p)は挿引電流の値を 0.25[A]から1[A]に増加させると0.22[Ω]から0.07[Ω]に減少した。 また、挿引電流の値を3[A]から5[A]に増加させると並列抵抗成分 (R_p)は若干増加した。本測定では内部インピーダンスの最小値は 挿引電流の値が3[A]の時に得られた。

詳細な挿引電流に対する並列抵抗成分の関係については、シンポ ジウムにて説明する。



図2 燃料電池の内部インピーダンスの等価回路



図3 各挿引電流における抵抗成分の変化

電気化学的手法による高硬度焼き入れ鋼への水素導入および熱処理条件の水素放出特性に対す る影響評価

*伊藤 大晟(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)

【背景および目的】

高硬度鋼材料は材料当たりの引張強度が高いことから、軽量化や低コスト化を目的として使用拡大が期待されてい る[1]。一方で高硬度材料は硬さと共に脆さを兼ね備えており、特に鋼材である高硬度焼き入れ鋼は水素による水素脆 化の影響も強度に対し顕著に現れると考えられている[2]。また、水素社会到来に伴いパイプラインといったインフラ 材料など、高硬度焼き入れ鋼の水素環境下における利用機会は今後拡大していくものと思われる。金属中の水素は一 般に応力状態に起因する拡散現象(ゴルスキー効果)として、応力場が固溶水素のエネルギー状態に影響を及ぼすことが 知られ[3]、HELP 機構をはじめ、局所的に水素が集中する事で脆化が促進されるモデルも存在するなど[4]、安全な利 用及び劣化予測には侵入した水素の固溶状態に関する基礎データの蓄積が求められる。以上より本研究では高硬度焼 き入れ鋼における固溶水素の存在状態の調査を行う事を目的とする。

【実験方法】

試料である 100 mm×10 mm×0.4 mm のマンガン鋼 (AISI1552)に対して電気化学的に水素導入処理[5]を行っ た。その後 Fig.1 に示す TDS(昇温脱離ガス分析装置)を 使用し昇温処理を行うことで、試料の水素放出特性を評 価した。水素導入のセットアップとして, 0.3 wt.%のチオ シアン酸アンモニウム水溶液を電解液に用い、対向電極 として 100 mm×20 mm×0.2 mm の銅板(純度 99.96 at.%)を characteristics from a sample under different temperatures.



Fig.1 Schematic diagram of Thermal Desorption Spectrometry (TDS) for measuring hydrogen release

用いた。電圧測定にマルチメーター(HEWLETT PACKARD 34401A)を使用し、電源にポテンショ・ガルバノスタット電 源(北斗電工 HAB-151)を用いた。試料の作成段階における内部応力等を解消するために Fig.1 の装置を使用して真空 熱処理を事前に行った。加熱条件は 750℃で保温時間 t₁ [hours]を t₁ = 0.5 および t₁ = 1 とし、加熱後ゆっくりと冷却し た。その後水素導入処理を施した試料に対する水素放出特性評価のための TDS の昇温処理条件は、室温(T=20°C)から T=850℃までの昇温処理における昇温時間 た [hours]を た=1 および た=2 とした。た の違いは即ち、昇温速度条件[℃/s] が異なることを意味する。

【結果および考察】

熱処理後に水素導入処理を行った試料に対する TDS を用いた水素放出実験の結果、昇温速度条件 カz = 1 および カz = 2 において 300℃付近での水素放出が同様に確認されたが、熱処理時間 t1 = 0.5 の試料では水素放出ピークが 200℃ < T < 300℃の範囲で複数確認され、1=1の試料ではピークが1つとなった。また、1=0.5の試料では1=1と比較して大 きく二回のピークが確認された。これを拡散性水素とトラップされた水素のピークだと仮定し、求めた水素放出ピー ク面積を比較した結果、n=1 では拡散性水素と推察される割合が26%程度増加した。これより、予熱処理時間が短い 試料では、内部に異なる応力状態が存在し、固溶水素のエネルギー状態に差があるが、予熱処理時間を長くすること で一様となり、その結果として拡散性水素の割合が増加することが確認された。

【参考文献】

[1] 吉武 明英, 池田 倫正, "高張力鋼板を活用した自動車軽量化技術に関する展望", 塑性と加工, 52, (2011), 766-771.

[2] Peng Gong et al., "Hydrogen embrittlement mechanisms in advanced high strength steel", Acta Mater., 223, (2022), 117488.

[3] 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.

[4] P. Sofronis and H. Birnbaum, "Mechanics of the hydrogen-dislocation-impurity interactions-I. Increasing shear modulus", J. Mech. Phys. Solids, 43, (1995), 49-90.

[5] Cheng Zhang et al., "Effect of pre-strain on hydrogen embrittlement of high manganese steel", Mater. Sci. Eng. A, 834, (2022),142596.

電子線照射処理によるポリ乳酸(PLA)の生分解性制御に関する研究

*入江 紘嵩(東海大学工学部精密工学科)、伊比井 亜弥音(東海大学大学院工学研究科)、西 義武(東海大学,KISTEC)、

**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

昨今プラスチックごみの問題が深刻化しており、 1950年以降生産されたプラスチックは83億トン を超え、63億トンがごみとして廃棄された[1]。さ らに、回収されたプラスチックゴミの79%が埋立、 あるいは海洋等に投棄されている[1]。またプラス チックの基本原料は化石燃料を用いているため資 源の枯渇に繋がる。

本研究のテーマで使用するポリ乳酸 (PLA; Poly Lactic Acid) はトウモロコシなどの再生可能資源 から生産され、また一定の条件下で微生物に分解 される生分解性という特徴を有している。

電子線照射は加速させた電子を試料に照射し、 物質中に化学反応を起こすことが可能であり、物 質の性質改善や殺菌・滅菌に利用されている[2]。 PLA はコンポスト中(60℃以上で分解速度が高ま る程度の高温、含水率 50% w.b.程度の多湿、pH9 ~10 のアルカリ性)[3]の条件下では分解されるも のの、土壤条件化や水中などでは分解速度が遅く なる[4]。

本研究テーマではPLAに電子線照射を行うこと でこの生分解性を制御し、使用目的に応じて分解 速度を変えることでより利便性を向上させること を目的としており、本事件では電子線照射処理に よる分解速度の評価を塩酸浸潤試験により評価す る事を目的とする。

2. 試料作製

Fig.1 に示すポリ乳酸 (PLA) 糸 100% (東レ製) ボディタオルを電子線照射装置 (Type CB250/30/20 mA, Energy Science Inc., Woburn, USA, Iwasaki Electric Group Co. Ltd. Tokyo Japan)を用い、 電子線照射処理を行った。照射条件は、加速電圧 170 kV、ビーム電流 1.4 mA にて行った。照射処理 時に 150 mm 角のアルミニウム板に試料を入れた プラスチックフィルムを固定して試料フォルダ内 に設置し、搬送速度 10 m/min で電子線照射処理を 行った。ポリ乳酸タオルとポリ乳酸シートはそれ ぞれ照射線量条件 30 kGy、60 kGy、90 kGy、およ び 120 kGy で照射した。これらは照射の Pass 回数 を 30 kGy 時に 2 回、60 kGy 時に 4 回、90 kGy 時 に 6 回、そして 120 kGy 時に 8 回表裏に繰り返す ことで遂行した。

3. 実験方法

試料にはポリ乳酸(PLA)ボディタオル 100%ボ ディタオルを使用し、電子線照射装置で加速電圧 170 kV、ビーム電流 1.4 mA でそれぞれ 30 kGy、 60 kGy、90 kGy、120 kGyの照射量で処理した。 処理後 1 cm × 4 cm に切り出し塩酸浸潤試験を行 い、実験前後のポリ乳酸質量減少量 ΔW [g]の電 子線照射量 D[kGy]の依存性について評価を行っ た。

4. 結果

Fig.1 に実験前後のポリ乳酸質量減少量につい て示す。質量変化として未照射が 0.0011 g、30 kGy が 0.003 g、60 kGy が 0.0006 g、90 kGy が 0.0017 g、120 kGy が 0.0014 g減少していることが判明し た。30 kGy の質量低下が大きく、約 3%減少し、 最も分解が促進された。一方、60 kGy の質量低下 が小さく、約 0.6%減少し、最も分解を抑制した。 90 kGy と 120 kGy 照射では未処理より少し大きな 変化が見られた。



Fig.1 塩酸浸潤前後の重量減少量(縦軸)における電子線 照射線量(横軸)依存性

5. 結論

本研究において塩酸浸潤試験を行い照射条件に よって分解進度が変化するかを評価した。塩酸浸 潤前後の質量変化から各照射量において重量の減 少が見られ、60kGyでは未照射よりも減少量が少 なかった。電子線照射によって分解速度の変化は 確認できたものの減少量が低く、今後の研究とし て、60 ℃以上に保持する時間を 24 時間に変更し 異なる温度条件で検討する必要があるものと考え られる。

参考文献

[1]環境省(2019)、『プラスチックを取り巻く国内外の状況』、環境省.Webサイト.

https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/r02/html/hj2001 0103.html,(最終閲覧日 2023/7/21).

[2]柏木正乃,星康久,"電子線照射装置の技術とその利用", SEI テクニカルレビュー, 181, (2012), 51. [3]木村俊範,清水浩、"家畜ふんの堆肥化における 温度上昇の難度に及ぼす通気量,含水率の影響", 農業機械学会誌, 51, (1989), 77-88.

[4]関根彩香,井上正之,"ポリ乳酸とポリエチレン テレフタラートの分解速度の比較",*化学と教育*, 68, (2020), 438-441.

遠赤外線領域における異なる手法による放射率測定に関する研究

*中村太一(株ベネクス)、原田亮(東海大学工学部機械工学科)、**内田ヘルムート貴大(東海大学工学部機械工学科)

【目的】5µm以上の赤外線長波長領域における放射率の測定は、キルヒホッフの法則を用いて間接的に反射率を求め る方法と、黒体炉を用いて直接的に求めるという2種類の方法がある[1]。セラミックやガラスなど、従来からある典 型的な材料に対し、400℃程度の適正な条件を選択すると精度の高い結果が得られる[2]。しかし、近年様々な分野で 開発が著しい有機無機複合材料など、測定試料中に異なる物性を持つ材料での測定では、材料の特性に応じた測定方 法を選定する必要がある。特に測定温度が100℃以下の低温領域では赤外線のエネルギーが弱く、測定結果に誤差が生 じる可能性がある[3]。近年の衣料に用いられる化学繊維は、機能性を高めるために数種の金属やセラミックなどを混 合した繊維が市販されている。これらの繊維は複合材料繊維であり赤外線長波長領域での測定結果には誤差が生じや すく、また赤外線測定方法も十分には確立されていない。そこで、数種の複合材料繊維に対して異なる方法で赤外線 測定を行い、測定方法の精度の妥当性を検討するとともに、複合材料繊維の放射率を求めたので報告をする。

【実験と結果】表1には赤外線長波長 領域での異なる2つの方法により測定 した結果である。間接測定法である方 法1は、キルヒホッフの法則を利用し、 透過率と反射率と放射率の和を1と し、透過率と反応率を測定し放射率を 求める方法である。一方、直接測定法で ある方法2は、試料表面と黒体炉から 放射されるそれぞれの赤外射スペクト ルを測定し、両者を比較することによ り放射率を求める方法である。表2に は、実験に供した試料の測定結果を平 均放射率値で示した。どの試料も、間接 測定法の方が直接測定法よりも高い放 射率が得られた。

【考察と結論】綿の方が PET より放射 率が高いため、綿に PET を織り交ぜた 繊維の放射率は綿 100%に対して低くな

表1. 赤外線長波長領域における測定方法とその諸元

A1. 亦汗脉氏彼氏膜或における阑足方伝としい相比					
項目	方法1 間接測定法	方法2 直接測定法			
赤外線測定装置	島津製作所赤外線測定	島津製作所 Solid			
	装置 IRTracer-100	Spec 700DUV			
光源	ハロゲン/重水素ランプ	なし			
測定波長領域 /μm	5.0 \sim 20.0	5.0 \sim 20.0			
測定繰返回数 / 回	100	100			
赤外線装置付属機器	PIKE 社製	チノー社製			
	赤外分光用積分球	黒体炉加熱装置			

表 2	赤外線長波長領域における測定結果	-
1X 4.		

試料名称と成分	間接測定法	直接測定法
(*:セラミック混合複合繊維布)	平均放射率/ %	平均放射率/ %
試料 A 綿 100%	92	84
試料 B ポリエステル(PET) 100%	83	75
試料 C 綿 77% PET 23%	91	82
試料 D PET84% ポリウレタン (PU) 16% *	86	85
試料 E PET 87% PU 13%	82	79
試料F PET 90% PU 10% *	78	77

った。また、PET に PU を織り交ぜると PET100%のものより高くなり、PU の増加と共に放射率は増大した。これは PU の 放射率が大きいためと推察される。また、混合複合繊維の間接法と直接法の放射率の結果の差異は小さく、セラミッ クの影響が考えられる。なお、間接法の方が直接法よりデータの分散が小さいため、本測定には適当と判断される。

(参考文献)[1] 笹森宣文 東京都立産業技術研究所研究報告 第2号(1999)P45

[2] JIS R 1693 ファインセラミックス及びセラミックス複合材料の放射率の測定

[3] 井邊真俊 AIST Bulletin of Metrology Vol.9, No.4 (2018) P481

Nb の接触による水素含有金属材料からの固溶水素回収の検討

*坂本 康輔(東海大院工)、岡田 尚徳(東海大理工)、利根川 昭(東海大理工)、**内田 ヘルムート貴大(東海大院工)

【背景及び目的】

水素ステーションにおける事故の割合は、人的ミスを 除けば水素脆化による事故が一番多い[1]。脱水素法と して熱処理が挙げられるが水素ステーションで利用す ることを考えた場合に室温環境下での水素回収法の確 立が求められる。金属材料中の平衡水素濃度は水素固溶 のエンタルピー変化に対応するため、これが異なる異種 金属の接触により固溶水素が分配する方向で拡散移動 を生じる可能性が考えられる。Nb は、水素インフラ材 料の一つであるステンレスや、核融合炉向け材料の代表 格であるタングステン(W)と等温環境下で比較して水 素の固溶度の違いによる優位性があるため、接触させた 際に固相内で熱力学的安定性の差異に起因する拡散が 起こり、Nb 層へと水素を回収できる可能性が高いと考 えられる。そこで本研究では、Nb を使用したステンレ スからの固相拡散による水素回収法に着目した。

一般に、金属への水素固溶に伴う体積膨張量は吸蔵水 素濃度に比例する事が知られており[2]、水素回収 Nb 層 の他方の層との相対的な体積膨張が想定され、その際に 接点が剥離することが懸念される。このため、基礎デー タとして Nb の水素導入前後の状態に関する基礎的な 知見の蓄積が必要となる。さらに Nb は空気中において 酸化被膜を形成し、表面皮膜は水素吸蔵特性に影響を及 ぼすことが知られているため、正確な水素導入法の確立 も必要である。

以上より本研究ではまず、水素の導入手法の検討を行うこととし、純 Nb への電気化学的およびガス水素による導入実験、さらに純 W へ重水素プラズマ照射による導入実験を試み、その状態変化を評価する事を目的とする。

【実験方法】

Pd を真空蒸着した純 Nb 板試料(99.9 at.% 10 mm×10 mm×厚み 0.1 mm)に電気化学的手法とガスによる水素 導入をそれぞれ行った。また、純 W 板試料(99.9 at.% 10 mm×10 mm×厚み 1 mm)に対して重水素プラズマによ る重水素導入実験を行った。

水素導入した試料に対しそれぞれ、組成分析および組織観察に走査型電子顕微鏡(SEM-EDS)、相の同定及び結 晶構造解析にX線回折(XRD)による評価を行った。

【実験結果】

Fig. 1 に各試料の XRD 回折パターンを示す。各試料 において Nb は bcc 構造の回折パターンを示し、表面 Pd 被覆膜は(111)方向に配向している事が確認された。 最小二乗法を用いた格子定数の精密化を行った結果、電 気化学的手法による水素導入試料はそれぞれのピーク から求めた Nb の格子定数は、電気化学的手法による処 理後の試料では 3.29992 Å (±0.00001 Å)、ガス水素処理 後の試料では 3.29911 Å (±0.00001 Å)、未処理試料では 3.30077 Å (±0.00006 Å)を得た。また、Pd(111)の面間隔は 電気化学的手法による処理後の試料で 3.8944 Å (±0.0003 Å)、ガス水素処理後の試料で 3.89070 Å (±0.0013)、未処理試料では 3.8870 Å (±0.002 Å)となっ た。その一方で、重水素プラズマ照射を行った W 試料 においては表面の結晶粒径の増大が確認された。



Fig.1 XRD pattern obtained for Nb plate; As Prepared (Blue), Gas- H_2 treated (Green), Electrochemically H-loaded (Red), respectively.

【考察】

先行研究[3-4]より、水素未固溶の Nb 粉末の室温一気 圧の水素環境下では格子定数は 3.376 Å とされており、 本研究においては板材内の応力状態も無視できない可 能性がある。また、Nb の格子定数に有意な変化は見ら れなかったが、ガスによる水素導入を行った試料を水素 雰囲気から取り出した際に Pd 薄膜が剥離していく過程 が肉眼で確認されたため、水素導入から測定までの間に Nb から水素が放出されたと考えられる。

粉末 Pd の室温一気圧の水素環境下では格子定数は 4.02 Å となる[5-6]。Nb と Pd を空気中に出した際に、す べての水素が放出されたと仮定した場合、それぞれ Nb は 2.21%、Pd は 3.235%程度格子定数が減少するため、 この減少率のギャップが剥離の原因であると考えられ る。Pd の格子定数は未固溶の物よりそれぞれわずかに 大きくなっていたため、Pd は膨張率のギャップによっ て Nb から引張の応力が作用していたものと考えられ る。

また、重水素プラズマ照射を行った W 試料表面の結 晶粒径が増加していた結果については、プラズマ照射面 の温度が1600℃から2500℃程度であったことが想定さ れ、これに起因する結晶粒成長であると考えられる。

【参考文献】

[1] 経済産業省,『今後の水素ステーション政策の方向 性について』

(https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/koa tsu gas/pdf/007 10 00.pdf)(閲覧 2023-6-19),(2015)

[2] G. Alefeld *et al.*, "*Hydrogen in Metals I*", (1978), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, ISBN: 9783540087052.

[3] M. Ito, "Studies on Physical Properties of Metal Hydrides and Hydrogen Behavior in Zr Alloys ", *大阪大学博士論文*, (2008).

[4] R.E. Ricker et al., J. Res. Natl. Inst. Stand. Technol., 115, (2010), 353-371.

[5] M. Hakamada et al., J. Phys. Chem. C, 114, (2010), 868-873.

[6] Y-G. JUNG et al., J. Soc. Mat. Sci. Jpn., 49, (2000), 1242-1248.

炭素繊維熱可塑性 PPS 樹脂への電子線照射線量および加速電圧条件が衝撃値に及ぼす影響

*伊比井 亜弥音(東海大学大学院工学研究科)、入江 紘嵩(東海大学工学部精密工学科)、三浦 栄一(東海大学 KISTEC)、 竹田 圭佑、佐川耕助、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)

現在、高比強度を有し航空産業や自動車、スポーツ産業を初め広い分野で使用される炭素繊維強化樹脂(CFRP)は、 作製に長時間の反応が必要なため大量生産が制限されるだけでなく、リサイクルも困難であることが課題となってい る[1-2]。一方で、熱可塑性樹脂(TP)を使用した CFRTPは、凝固速度が速く、生産性が高い[3]。さらに、リサイクル も容易であり[1]、環境負荷の軽減も期待される。しかしながら、強度不足が欠点とされている。この強度不足は、CF が樹脂から引き抜けることが容易であることに起因する。電子線の均質照射は現在、再生医療用基版材料の濡れ性制 御や殺菌、放射能汚染水の Cs 等の Isotopeの除去 Filter、さらに、タイヤ耐摩耗性向上などに応用されており、電子線 照射による原子間結合の開裂も知られている[4]。これらの背景から、本研究では母材に融点が 275 ℃と耐熱性の高く [1]、航空機材料[5]としても期待されている熱可塑性ポリフェニレンサルファイド(PPS)樹脂を使用し、異なる照射条件 の処理した CF を用い、CFRTPを作製し、照射量及び加速電圧が CFRTP の衝撃値に及ぼす影響について検討した。

CFRTP は CF、TR3110M (三菱レイヨン株式会社製) を 3 枚と PPS 粒子をホットプレス (400 ℃、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 ℃、 2 MPa、 8 分間の条件下において加圧熱法により複合化した[6-7]。この際、複合化前の CF への電子線照射線量の条件を、未照射、 43 kGy、 129 kGy、 215 kGy とし、加速電圧条件を複合化後の CFRP へ照射線量をそろえた状態でビーム電流を変化させることにより、加速電圧 条件を未照射、 150 kV、 200 kV、 250 kV とするそれぞれ 4 条件を検討した。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。

シャルピー衝撃試験の結果、未照射 CF を用いた CFRTP 試料より電子線照射した CF で複合化した試料が強靭化されることを見出した。電極電圧を 175 kV と一定とした場合、線量を 129 kGy で照射した CF により複合化した CFRTP が最もシャルピー衝撃値の平均値が高く、未照射試料に比べて 1.3 倍の向上が見出された(Fig. 1)。さらに、照射量 129 kGy と一定にし、CFRTP 試料全体に加速電圧条件を変化させた照射実験では、200 kV の加速電圧での照射試料が未照射のものより僅かに高いシャルピー衝撃値を示した (Fig. 2)。

CF に電子線を照射することで炭素同士の終端原子間結合が切れ、ダングリングボンド(未結合手)が発生すると、 PPS と CF との界面接着性が向上し、CF 引き抜け抵抗が増大することが推測され、結果としてシャルピー衝撃値が向 上した可能性が高い。



Fig.1CFへの電子線照射線量のCFRTP 衝撃値への影響





【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』, 日刊工業新聞社, (2012), pp.38-223.

[2] 鈴木 良典: 『海洋プラスチック汚染の現状と対策』, (2020), pp.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』, J. Vac. Soc. Jpn., 60, (2016), 1-4.
- [5] 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』(平成 27 年 3 月 26 日), 20.
- [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.

アコースティックエミッションを用いた Fe 板および Fe-Ni 系合金板の引張試験におけるその場 計測および水素導入が及ぼす影響

*佐藤 優諒(東海大院工)、高橋 貴志(東海大院工)、窪田 紘明(東海大院工)、源馬龍太(東海大院工)、原田 亮(東 海大総科研)、**内田 ヘルムート貴大(東海大院工)

【緒言】

水素社会の到来において、水素環境における汎用材料の機械的特性の知見の蓄積が求められているが、その中で、 金属構造部材が水素脆化により破壊してしまう事例が問題視されている(e.g. [1])。しかし水素脆化現象の進行過程につ いては、まだ統一したメカニズムによる解明には至っていない。代表的な水素脆化のメカニズムとしては HELP 機構 (Hydrogen Enhanced Local Plasticity Mechanism)が報告されているものの(e.g. [2-3])、更なる実験的評価の蓄積が求められ ている。

本研究ではFe系材料として、BCC構造を有するFe板材(BCC試料)とFCC構造を有する42インバー(Fe-42%Ni)板材(FCC試料)に着目し、電気化学的に水素を金属内に導入し、その処理前後において引張試験とアコースティックエミッション(AE)のその場測定を実施した。また、電子顕微鏡(SEM)による破断面観察、昇温脱離ガス分析法(TDS測定)による水素の放出温度の評価、X線回折(XRD)による結晶構造解析を用いて水素導入処理前後における機械的特性の変化および脆化特性の評価を行った。

【実験方法】

本実験の電気化学的水素導入に用いたセットアップを Fig. 1 に示す。電源にはガルバノスタット直流電源(北斗電 工・HA-151B)を用いた。溶液にはチオシアン酸アンモニウム 水溶液 0.1 mol/L(富士フィルム和光純薬)を 0.3 wt.%になるよ う純水で希釈したものを使用し[4-5]、陰極に純 Fe 試験片を 用いて、電流密度 0.15 mA/cm²一定条件にて 9 時間、電気化 学的水素吸蔵処理を室温で行った。Fe-Ni 試験片にも純 Fe 試 験片と同条件で行った。



Fig. 1 Schematic diagram of electrochemical hydrogen loading setup.

【結果および考察】

FCC 構造および BCC 構造を有する Fe 系合金試料それぞれへ水素を導入した結果、Fe 試料においては、水素処理 前より処理後のほうが破断するまでの間に発生した AE の count 数が増加したことが確認された。その一方、Fe-Ni 試 料においては、水素処理前より処理後のほうが破断するまでの間に発生した AE の count 数が大幅に減少した。また、 これら FCC 構造および BCC 構造を有する Fe 系合金それぞれへ水素を導入した結果、いずれの結晶構造の場合にお いても水素を導入したことにより金属が塑性変形しやすくなることが観察、確認された。この結果については、鉄系 材料に水素を導入した場合の先行研究の結果[6]とは異なっており、そのより詳細な比較のためにはさらなる試験を行 い、実験回数を増加させた上での考察が求められる。また、AE の結果より Fe-Ni 試料において AE の count 数が大幅 に減少した事につては AE のセンサーを取り付けた場所と破断した場所の距離が大きく関係していると考えられる。 これらの関係性についてもさらなる研究が必要である。

【参考文献】

[1] F. Ye et al., J. Alloy. Comp., 876, (2021), 160134.

[2] 南雲 道彦, 環境と材料, 第56巻, (2007), 343-352.

[3] M.L. Martin et al., Acta Mater., 156, (2019), 734-750.

[4] Juanping Xu et al., Mater. Lett., 305, (2021), 130784.

[5] 大村 朋彦, 日本金属学, 第84卷, (2020), 285-294.

[6] A.M. Elhoud et al., Int J Hydrogen Energy., 35, (2010), 6455-6464.

静的手法による Ti ワイヤーのヤング率評価および電気化学的水素導入処理が及ぼす影響 関 龍翔(東海大学工学部精密工学科)、原田 亮(東海大学工学部精密工学科)、山崎 智美(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)

【背景および目的】

チタンは医療や宇宙開発など様々な分野で広く利用 されている。中でも、ヤング率が 104 GPa である αチタ ンと比較して、室温のヤング率が低くより人骨のそれ (30 GPa)に近い β チタン合金は、人工骨としての利用で 注目されている。Martin らによる先行研究によれば、六 方晶構造をとるαチタンよりも、体心立方系の結晶構造 をとるβチタンの方が水素を多く固溶することが報告 されている。また、水素の固溶に伴い弾性係数が変化す る可能性については Lu Sun らによる第一原理計算の結 果[1]により指摘されており、実験的には共振法を利用し た手法により弾性係数の変化が報告されている[2]。しか しながら、一般に動的手法と静的手法の違いにより得ら れるヤング率は異なりさらなる実験的手法による調査 が必要とされている。また、水素が弾性に与える影響お よびメカニズムについての知見は、その温度依存性に関 する理解に比べて[3]、不十分である。このように、水素の固溶がヤング率に与える影響を確認した研究は少な い事が現状である。

以上より、本研究では、片持ちはりの原理を利用し、 たわみ量が観察しやすいチタンワイヤー試料に対し電 気化学的に水素を導入し、ヤング率の変化を評価するこ とを最終的な目的とした。その上で中間報告として、試 料の測定方法の確立を目的として行った成果について 報告することとする。

【実験方法】

直径 ϕ 2.0 mm 、長さ約 1000 mm のチタンワイヤー (株式会社 Ofa 製)を用意した。チタンワイヤーの端を万 力で固定し、それ自重でたわんだものを、カメラを用 いて撮影した。本実験の分析に適していると思われる 画像解析ソフトウェアの ImageJ を用いて撮影で得られ た画像からチタン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。このたわみ v_{max} [mm]を 計測した上で、式(1)を用いてヤング率の評価を行っ た。ここで、Eはヤング率、wは等分布荷重、l はチタ ンワイヤーの全体の長さから万力に挟まれている部分 の長さを引いた値、 I_z は円形の断面二次モーメント、 v_{max} は式(1)で求めたたわみ量である。

$$E = \frac{wl^4}{8I_z v_{max}} \tag{1}$$

本実験では20回の計測を同一試料に対し、計測ごとに セットアップも変更し、評価した。

【実験結果および考察】

直径 2.0 mm、長さ約 1000 mmの水素導入を行っていないチタンワイヤーのたわみ v_{max} mmを20回測定し、算出したヤング率をメディアンランク法を用いて得られた実験結果の試料1と、本研究の先行研究において本研究と同様の方法で本研究室の山崎智美らによって行われていた実験によって得られた実験結果の試料1、試料2、試料3をFig.1に示す。

Fig.1の試料1では、測定した結果に4段階のばらつきが見受けられる。本実験において20回測定した試料1のヤング率の平均値は77.65GPaとなった。本実験で使



Fig 1. メディアンランク法によりプロットした、本研究 で得られたチタンワイヤーのヤング率の累積確率分布

用したチタンワイヤーのヤング率の平均値は 77.7 GPa となり、これは工業用 2 種チタンのヤング率 106.3 GPa よりもかなり低い。この原因として考えられるのが、試 料の長さの測定時や画像解析ソフトウェアにおいての 作業時に正確な測定や解析ができていないことが考え られる。また、Fig.1 でのそれぞれの結果のばらつきに関 しては、本実験では画像解析時にを ImageJ 用いており、 先行研究では digiMatic を使用して解析を行った。その ため、ソフトウェアの違いによる解析精度のばらつきが あると考えられる。しかし、本実験で得られた結果には、 先行研究の結果と比較すると数値にばらつきが見受け られないため、ヤング率を求めることに妥当性のある実 験を行うことができたと考えられる。本実験で得られた 結果では、工業用2種チタンのヤング率公称値106.3 GPa から 20%程度低いヤング率を取得するに至った。本 実験において算出されたヤング率は、誤差が生じている 可能性がある。そこで今後は、同一条件による多くの実 験結果を取得し、統計的処理によりヤング率の算出を試 みる予定である。なお Fig.1 の試料1において、測定の 結果に4 段階のばらつきが見受けられた要因としては、 計測した試料内にクラックが存在する可能性を排除で きないと考えられる。

さらに、電気化学的に水素をチタンワイヤーに導入し、 この水素導入時間による変化も見極める必要があるた め、ヤング率変化の水素処理時間依存性を測定する試み も実施する予定である。また、XRDによる体積膨張量評 価を予定している。電気化学的手法を用いて水素を吸放 出したチタン箔に対し、XRDを用いて測定し、CellCalcに よる最小二乗法を用いた格子定数の精密解析を行い、体 積膨張率を求めることにより、チタン材料の評価を行う 予定である。そして、ほかの測定方法としてねじり試験 も候補として検討している。

(参考文献)

[1] L. Sun, et al., Int. J. Hydrogen Energy, 43, (2018), 6756-6764.

[2] Helmut Takahiro Uchida et al., Proceeding of

ACTUATOR 2022; GMM Fachbericht, **101**, (2021), 209-212. [3] Y.P. Varshni, *Phys. Rev. B*, **2**, (1970), 3952-3958. ガス水素と温度制御を適用した LaNi5の水素吸放出特性及び微粉化に関する研究 韓銘洋(精密工学科)、江梓言(応用化学科) 指導教員:内田ヘルムート貴大準 教授、佐藤正志 教授

1. 水素吸蔵に関する研究背景



近年、地球温暖化の原因によると、異常的な気候変動が現れた。化 石燃料の燃焼により、温室効果ガスの悪影響を減少するため、同時 に、高圧的な水素運送の代替方法の開発を目指し、LaNi5などの二 元系合金をもとに、水素吸蔵合金を中心に効率的な吸蔵/放出に 関連する特性について、研究を展開する。

Fig.1 近年に主要な水素吸蔵の手段

2. 研究目的

本研究では、LaNis水素吸蔵合金の吸蔵/放出特性の再現性を目指し、LaNis合金の熱力学的な特徴を測定すると共に、 LaNis合金の水素の吸蔵を評価し、一定温度の水素吸蔵/放出特性曲線を通じて、合金の熱力学的な特性を評価する。

3. 水素吸蔵能力に関する計算方法

$\Delta n_{H} = \left[n_{\mathrm{H,T}}(P_{\mathrm{St}}, T_{\mathrm{T}}) + n_{H,R}(P_{eq}, T_{\mathrm{R}}) \right] - \left[n_{\mathrm{H,T}}(P_{eq}, T_{T}) + n_{H,R}(P_{eq}, T_{R}) \right]$

n_{H,T}:水素貯蔵パイプ中の水素の量(リザーバー系) n_{H,R}:リアクター中の水素の量(反応系)

4. LaNis 水素吸蔵合金の実験結果



Image (A)LaNi5 x30 times (before); Image(B) LaNi5x2700 times(before); Image (C)LaNi5x 30 times(after); Image(D) LaNi5x 2700 times

(after)

P_{st:}反応開始の圧力 P_{eq:}パランス状態の圧力 T_{T:}水素貯蔵パイプの温度 T_{R:}リアクターの温度 Δn_H:水素の吸蔵量

水素侵入により、金属の内部の応力パランスが崩れ、粉末状 になり、サイクル耐久性を下げる恐れがある。

反応材料の粒子直径、顆粒の孔率など要素により、PCT 曲線 の反応速率が変化した。同時に、水素吸蔵/放出の回数を増 加すると共に、水素吸蔵合金 LaNis の吸蔵の能力も段々と下が っている。粉末 XRD 測定を測定した後に、獲得したの金属の特 徴ピークの幅が広がった。つまり、水素が合金の中に入れる時 に、局部的な応力が変化されたということを証明できると思う。 本実験を通り、水素吸蔵合金の応力変化を抑制すれば、水素 吸蔵能力の低下を防ぐ可能性があると思う。一方、合金の粉末 化をすると共に、水素吸蔵/放出特性曲線のヒステリシス、傾き などの要素も同時変化されると思う。

メンブレンリアクターを視野に入れた Pd-Ag 合金の水素特性の評価

*小倉 博人(東海大学工学部精密工学科)、長谷川 吉之輔(東海大学大学院工学研究科)、佐藤 優諒(東海大学大学院工 学研究科)、原田 亮(東海大総科研)、**内田 ヘルムート貴大(東海大院工)

1. 背景

日本は化石燃料や鉱物資源を自国で賄うことは難し く、他国からの輸入にその多くを頼っている。2019 年 度時点での日本のエネルギー依存度は 88.3 %と他の主 要国に比べて高い水準を示すことから、エネルギーの選 択肢を増やすことが求められる[1]。

代替エネルギーの一つとして水素エネルギーが挙げられ、一部の水素自動車では既に水素エネルギーが適用されている。特に、旅客部門のエネルギー消費において約8割が自家用自動車で占められていることから、水素自動車はエネルギー消費に大きな影響を与えると考えられる[1]。その根本的な技術として、水素製造技術が必要となる。

固体高分子型燃料電池の燃料用水素には99.9999%以上の純度が求められ、その高純度化技術には複数の手法があるものの、車載可能なものとしては金属製の水素透 過膜が用いられている[2]。特に、パラジウム(Pd)と銀 (Ag)の合金膜は Pd に比べて高い透過性を示すことが報告されている[3]。

一方で Pd-Ag 合金の水素透過性はガス条件下で実験 を行った報告が多く、電気化学的手法を用いて実験され た報告は少ない。また、水素透過性としての実用性を考 慮すると温度条件による透過性の変化も重要になるこ とから、Pd-Ag 合金の水素特性を研究することは重要な 意味を持つと考えられる。さらに、Pd-Ag 合金をはじめ とする Pd 系合金は膜反応器と呼ばれるメンブレンリア クターの材料候補としても挙げられており、その水素透 過挙動の評価は工業的にも重要である[4]。

2. 目的

本研究では、メンブレンリアクターと呼ばれる膜反応 器を視野に入れ、Pd-Ag 合金を用いた水素特性の評価を 目的とする。SAS シンポジウムでは、水素濃度と EMF ポテンシャルの関係性の計測、水素拡散係数の評価を目 的とし、Pd-Ag 合金ではなく、データが多く、比較検討 がし易い Pd を用いて実験手法の確立を行った。

3. 実験方法

転移除去を目的とし、予め熱処理を行った Pd 試料を 用いて、本研究では電気化学的手法を用いた水素導入実 験と水素透過実験を行った。本研究で用いた Pd 試料の 概要は厚さ、長さ 0.1×10⁻³ m、幅 1.0×10⁻³ mの板材であ る。

再現性の高い EMF ポテンシャル図を得ることを目的 に水素導入実験を行った。また、Pd 試料の水素拡散係 数を水素透過実験により評価した。

4. 実験結果

電気化学的手法を用いた水素透過実験を行った結果, 各水素濃度 c_H [H/Pd]における水素拡散係数 D [m²/s]を 得た。Fig.1 は、得られた拡散係数の水素濃度依存性を プロットした図である。本実験では、水素濃度 c_H = 9.9×10⁻⁶ H/Pd から c_H = 8.0×10⁻⁴ H/Pd まで水素を導入 し、水素濃度を対数グラフで表した場合において仮数部 が整数となる水素濃度を抜粋し、拡散係数を算出した。 水素濃度 c_H = 5.0×10⁻⁴ H/Pd で拡散係数 $D = 2.9 \times 10^{-11}$ m²/s と増加しているものの、全体の水素拡散係数は 10⁻¹¹ m²/s オーダーであり、拡散係数の値は安定した値を示 していることが確認された。 1.0×10^{-5} H/Pd \leq c_H \leq 8.0×10⁴ H/Pd での拡散係数 Dを算出すると、平均して $D \cong 1.9 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ となった.



Fig.1 Pd における水素濃度と拡散係数の関係

5. 考察

本実験では合計75回の電流を印加し、拡散係数を一 部抜粋し算出を行った。全体の拡散係数の値は D ≅ $1.9 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ であり、誤差も $D = 1.9(\pm 1.0) \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ で あることから、大きな誤差はないと考えられる。また、 Fig.1より cH=5×10-5 H/Pd での拡散係数の値が、他の数 値に比べて大きな数値を示している。実際に cH = 5×10-⁵ H/Pd での拡散係数は、D=2.9×10⁻¹¹ m²/s となることが 確認されたものの、拡散係数の全ての値は 10⁻¹¹ m²/s オ -ダーになった事から、本実験での Pd 試料の拡散係数 は全体を通して安定した値を示していたと考えられる。 J. Völkl らのガス条件下での先行研究では、室温での Pd の拡散係数が D = 2.5×10-11 m²/s と算出されており、本 実験で得た拡散係数と近い値であった [5-6]。本実験と 先行研究では $\Delta D = 0.6 \times 10^{-11} \, \text{m}^2/\text{s}$ の差があるものの, の数値は誤差であると考えられる.以上のことから、本 実験での電気化学的手法における水素透過実験は確立

されたものであることが確認された。 その他、本研究では Pd-Ag 合金における水素透過特 性についても評価を行った。この詳細については当日議 論を行う。

参考文献

[1] 経済産業省資源エネルギー庁、『令和3年度エネルギーに関する年次報告書』。

[2] 佐藤 剛一、『パラジウム金属膜による高純度水素分離と化学反応への展開』、まてりあ、50、(2011)、11-18。

[3] H. Amandusson *et al.*, "Hydrogen permeation through surface modified Pd and PdAg membranes", J. Membr. Sci., **193**, (2001), 35-47.

[4] F. Gallucci et al., "Recent advances on membranes and membrane reactors for hydrogen production", Chemical Engineering Science, **92**, (2013), 40-66.

[5] Landolt-Börnstein Group III Condensed Matter, Vol.26, "Diffusion in Solid Metals and Alloys", Springer Verlag, (1990), 512.

[6] J. Völkl et al., "Reversed isotope dependence for Hydrogen diffusion in Palladium.", Z. Naturforsch., 26A, (1971), 922-923.

Hydrogen Storage Properties of Mg Doped with Nb_2O_5 and MnO_2 *E.M. Mathuku¹, **R. Gemma 1,2

¹Graduate School of Engineering, Tokai University, Japan ²Micro/Nano Technology Centre, Tokai University, Japan

1. Introduction

Solid-state hydrogen storage using interstitial hydrides and intermetallic compounds has been attracting much attention in recent years. Mg is a promising candidate due to its low density and weight, cost, abundance, and its high gravimetric capacity of 7.6 wt.%. However, Mg exhibits slow kinetics requiring temperatures over 300° C for absorption and 360° C for desorption [1,2], while Nb₂O₅ addition is reported to improve the kinetics [1]. In this study, Mg was doped with a partially reduced 10 wt.% Nb₂O₅ & 10 wt.% MnO₂. The absorption curves and the activation energy $E_{\rm a}$ were then measured at varying temperatures.

2. Experimental

Ball milling was done using Cr-steel vials at a rotational speed of 300 rpm. By this, three sets of samples were prepared (a) MgH_2 +10 wt.% Nb_2O_5 & MgH_2 + 10 wt.% MnO_2 ball milled for 24 h. (b) Nb_2O_5 partially reduced by ball milling in Argon atmosphere was added to MgH_2 and then ball milled again for 24 h. (c) Nb_2O_5 partially reduced by ball milling was added to as-received MgH_2 . For the three sets, initial H-desorption was carried out and H-absorption behavior was measured using the Sieverts' apparatus at varying temperatures of 25° C ~ 300° C and absorption pressure of 0.9 MPa.

3. Results

Fig. 1 shows the absorption of as-received MgH_2 where absorption was fastest at 300° C reaching 7.2 wt.% in 240 min. and negligible absorption at temperatures below 250° C. It was observed that the addition of 10 wt.% Nb_2O_5 or 10 wt.% MnO_2 and ball milling improved the kinetics as the metal oxides acted as catalysts enhancing hydrogen dissociation and lowering the activation energy for Mg-H bond formation from 128 kJ/mol to 71.5 kJ/mol and 61 kJ/mol, respectively (Fig. 2). Additionally, Nb_2O_5 (+5) was found to have been reduced to lower valence NbO (+1) which are more active thus enhancing hydrogen dissociation in Mg [3] as in Fig 3, enabling H-absorption at room temperature.



Fig. 1 Hydrogen absorption in Mg, after desorption of as-received $MgH_{\rm 2}$



Fig. 3 Absorption at room temperature



Fig. 2 Arrhenius plot of hydrogenation

4. References

- [1] Hanada, N., et al., *Journal of Alloys and Compounds* 420, pp. 46-49. (2005).
- [2] Shimizu, Y., et al., *Materials Transactions*, 61, pp. 787-790 (2020).
- [3] Kumar, S., et al, International Journal of Hydrogen Energy 43, pp. 809-816 (2018).

Development of Cost-effective and Efficient Flexible Perovskite Solar Cells

using Silver Electrodes as a Metal Contact

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

Perovskite solar cells (PSCs) are the most-advancing photovoltaic technology with higher efficiencies and easy fabrication processes. In recent years, flexible PSCs have been developed and obtained much interest from the academic and industrial communities because of their low-cost, low-temperature processes, and lightweight and bendy structures as they should fit easily over any surface. The metal contact layer plays a vital role in the overall performance of PSCs. Gold (Au) electrode is well known as a metal contact of PSCs but is relatively expensive compared to other materials. We have tested silver (Ag) electrode instead of Au as a metal contact to produce costeffective and efficient flexible PSCs.

Flexible PSCs were fabricated on the PEN/ITO/thin-sputtered TiO₂ substrates with spin-coated single crystalline brookite TiO₂ nanoparticles (BK-TiO₂ NPs) as electrontransport layers (ETLs), perovskite layers, hole transpor layers (HTLs) and evaporated Ag electrodes. To achieve high power conversion efficiency, the thickness of each layer was optimized by changing the deposition time for Ag electrodes, the rotation speeds of the spin-coater for perovskite layers and the annealing time duration for the HTLs.

We used Ag thickness around 60 ~70 nm for 5:30 minute deposition by thermal evaporation processes. The perovskite layer was optimized by decreasing the rotation speeds from 6000 rpm to 3000 rpm and the HTLs was also optimized by increasing the annealing time from 03 min to 10 min. Figure 1 shows the current density-voltage characteristics (J-V curve) of the optimized flexible PSCs compared with the previous PSC. The optimized PSC of 3000 rpm and 10 min annealing exhibits relatively high performance with short circuit current (J_{sc}) of 5.47 mA/cm⁻², open circuit voltage (V_{oc}) of 0.96 V and power conversion efficiency (PCE) of 4.07 % in reverse voltage scan. Figure 2 shows the incident photon to current efficiency (IPCE) spectra of the same PSCs. The optimized PSC exhibits a relatively high IPCE spectral response, which is reflected in the higher Jsc. The present work indicates that we could get high efficiency by optimizing the parameters to obtain proper thickness and better uniformity. Besides, Ag might be a potential electrode for the cost-effective flexible PSCs as a metal contact.



Figure 1 J-V characteristics of the flexible PSCs with the same Ag electrode but the different perovskite layer thickness and annealing conditions for HTLs. The data were taken from a reverse voltage scan.



Figure 2 IPCE spectra of the flexible PSCs with the same Ag electrode but the different perovskite layer thickness and annealing conditions for HTLs.

Mg 水酸化物のボールミリングによる水素生成と分解挙動

遠田 和大(東海大学工学研究科応用理化学専攻) **源馬 龍太(東海大学工学部応用化学科)

1. 緒言

近年、二酸化炭素(CO₂)濃度の上昇に伴う地球温暖化が進行していることから、CO₂排出量の削減が求められている。 そこで、水素(H₂)をエネルギーキャリアとして活用する水素エネルギーシステムに期待がかかっている。H₂は燃焼の 際に発生するのが水のみであるので、CO₂を排出しない。しかし、水素は単体で地球上にはほぼ存在しないため、水の 電気分解など様々な方法で生成する必要がある[1]。しかし、水が貴重な資源である乾燥地においては、水以外からの H₂生成方法があれば望ましい。先行研究において、メカノケミカル法による水からの H₂生成が可能であることが確認 されている[2]。また、CO₂のメタン化に関する研究において、水酸化物中のHがメタン生成に寄与していることが示 唆されている[3]。これは、水酸化物からの H₂生成が可能であることも示している。そこで、本研究では、水酸化物 をボールミリング(BM)することにより、メカノケミカル法による水酸化物からの H₂生成の可能性について検討する ため、Mg(OH)₂からの水素生成挙動について調査することを目的とする。

2. 実験方法

水酸化物として、純度の異なる2種類のMg(OH)₂(高純度化学研究所:純度99.99%、林純薬工業:純度95%)を使用 した。SUS304のポット内にSUS304製ボールと試料の重量比=40:1になるようにボール10個と試料0.25gを入れ、ロ ータリー真空ポンプ(HITACHI、TYPE160VP CuteVac)にて真空引きを行ったものを用意した。その後、振動ボールミル (スーパーミスニ、NEV-MA-8型)を用いて24hのボールミリングを行った。ボールミリング後、ガスクロマトグラフ ィー(GC:GLサイエンス、GC-3210)でポット内のガス分析を行い、H₂の有無の確認を行った。また、ボールミリング 前後の試料について、熱重量測定(TG:SHIMADZU、TGA-50)により熱安定性を調査し、X線回折装置(XRD:Rigaku, MiniFlex600, Target: Cu Kα)にて相の同定を行った。

3. 結果及び考察

高純度試料の GC 測定結果から、Mg 水酸化物から H₂ が生成されたことが確認された。また、0₂ が生成されていることも確認できた。さらに、XRD の結果から Mg (OH) ₂ のピークが減少し、Mg0 のピークが見受けられた。これらの結果から、U下の反応が推測される。

 $\begin{array}{rcl} \mathrm{Mg} \left(\mathrm{OH} \right)_{2} \ & \rightarrow \ \mathrm{MgO} \ + \ \mathrm{H_{2}O} \\ \\ \mathrm{H_{2}O} \ + \ \mathrm{M} \ & \rightarrow \ \mathrm{2H_{2}} \ + \ \mathrm{MO} \end{array}$

この反応はメカノケミカル法による機械的エネルギー とBMによるボール同士の衝突などによる局所的な温度 上昇に伴う脱水反応及び金属摩耗粉(M)の酸化によっ てH₂が生成されたと推測される。熱重量測定並びに低 純度試料についての詳細な測定結果は当日発表する。



参考文献

[1]日刊工業新聞社、新エネルギー・産業技術総合開発機構,水素エネルギー白書,(2015)、p3~4

[2] 芝野 寬了、東海大学 工学研究科応用理化学専攻 2021 年度修士論文

[3]澤原 馨登、東海大学 工学研究科応用理化学専攻 2021 年度修士論文[龍源1]

AI 水酸化物のボールミリングによる水素生成の検討

*宍倉 享佑(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、**源馬 龍太(東海大学工学部応用化学科)

1. 緒言

近年、地球温暖化の原因となっている大気中の CO₂ 濃度が増加しつつある。そこで、二酸化炭素を排出 しない水素をエネルギーキャリアとして活用することが注目されている。 しかし、水素は単体としては 地球上に殆ど存在しないため、人工的に生成する必要がある。水素を生成する方法として化石燃料を用い る方法と水を電気分解する方法がある。化石燃料からの生成方法としては、石油製品の製造工程からの抽 出や、化石燃料の水蒸気改質などがあるが、これらの方法では大量の二酸化炭素が発生する [1]。一方。先 行研究では、水をボールミリングすることにより水素生成が可能であることが確認されている。これは、 水がボールミリングにより生じた SUS304 の摩耗粉と反応し、摩耗粉が酸化することにより水素が生成す ると考えられている [2]。また、CO₂メタン化に関する研究において、酸化カルシウムを水と反応させ水酸 化させたのちに、CO₂雰囲気中で加熱したところ、300℃においてメタンが生成することが報告されており、 このことから水酸化物中の日 がメタン生成に寄与することも示唆されている [3]。この場合、水酸化物の 脱水反応を経るものと考えられる。本研究では、典型的な水酸化物の一つであるアルミニウム水酸化物 Al(OH)₃のボールミリングによる H₂の生成の可能性について調査することを目的とする。

2. 実験方法

純度の異なる Al(OH)₃ (富士フィルム和光純薬 95%、高純度化学研究所 99.99 %) の 2 種類の試料を使用した。その後、SUS304 のポット内に重量比=40:1 になるように SUS304 のボールと試料 0.25 g 入れ、 遊星ボールミル(Fritsch,Puleverisette5)を用いて回転速度 300 rpm にて、4 h の乾式ボールミリングを行った。ボールミリング後、ガスクロマトグラフィー(GC:GL サイエンス, GC-3210) でポット内のガス分析 を行い、その後 XRD にて相の同定を行った。

3. 結果および考察

GC によりボールミリング後のポット内のガス分析 (図1)を行った結 果、H₂ が生成されたことが確認された。水素生成量では高純度は 18.8 μ ℓ、低純度は 19.4 μℓとなり、低純度の場合に水素が多く生成されたこ とが分かった。試料純度による分解温度の違いが水素生成量に及ぼす影響

および、ボールミリング後の試料の XRD による相の同定結果について当日報告する。

4. 参考文献

[1] 新エネルギー・産業技術総合開発機構,水素エネルギー白書,(2015) 3-10.

[2] T. Hayashi, K. Sawahara, R. Gemma, J. Adv.Sci. 34, (2022) 1-2.

[3] 源馬 龍太、林 諄真、澤原 馨登 、工業加熱 、59 巻 6号、(2022) 8-12 (in Japanese).

LaNi₅/V 薄膜上における CO₂のメタン化 -水素供給層の影響評価-

*金田修一(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、**源馬龍太(東海大学工学部応用化学科)

1. 緒言

現在、大気中の CO2 濃度の上昇により、地球温暖化が進行している。そこで、大気中の CO2 のメタン化が提案され ている。メタン化の方法の一つとしてサバティエ反応が挙げられる。しかし、この反応には 300~400℃の高温や、Ni 系触媒が必要である。先行研究において、触媒として用いた LaNis が反応時に相分離を起こし、これに伴い合金に一度 吸蔵された原子状水素が放出され、表面に供給されることでメタン生成の開始が促進されることがわかっている[1]。 そこで、本研究では、水素供給層の上に触媒層を薄膜として人工的に形成することで、CO2 メタン化反応における原子 状水素供給の影響について基礎的な検討を行うことを目的とした。具体的には、水素固溶量の大きい V を水素供給層 として成膜した上に、LaNis 薄膜を触媒(前駆体)層として成膜した積層膜を試料とし、薄膜表面上でのメタン生成反 応に V 膜が及ぼす影響について調査を行った。また、これまでの研究結果より薄膜メタン化装置の改良が必要である と考えられたため、実験装置の改造を行い改造前後で得られた実験結果の比較を行った。

2. 実験方法

DC マグネトロンスパッタリング法を用いて、ガラス基板(松浪硝子,18 mm×18 mm×0.1 mm)上に LaNis/V 薄膜を成膜 した。成膜した試料を自作のメタン化実験装置内に設置し、10⁻⁵ Pa 台まで真空排気を行った。電気炉により反応管を 500°Cまで加熱し、H2を 10 ccm 導入することにより表面還元処理を行った。その後、反応管内部温度が 400°Cまで下 がるのを待ち、CO2を 2.5 ccm 導入し、メタン生成の有無について、四重極型質量分析計 QMS (Pfeiffer, Prisma)を用い て確認を行った。メタン生成挙動については、メタンのフラグメントイオンである CH2⁺、CH3⁺に着目し、試料無しの 場合との比較を行うことで調査を行った。また、メタン化前後の試料に関して、SEM/EDX、XRD を用いて薄膜断面の 二次電子像の撮影、組成分析および相の同定を行った。

3. 実験装置改造

図1に今回改造したメタン化装置の概略図を示す。これまでの 実験結果では、反応により生成されるメタンが微量であること や、QMSよりも反応管から近い位置に真空ポンプが一台存在して いるため、反応後のガスが排気されてしまう可能性が問題視され ていた。これらを改善するために、反応管内部(反応部分直下) から QMS 直前部分までキャピラリーを設置し、さらに、図1に 示した通り、キャピラリーを通した SUS 管内壁とキャピラリー外 壁の間に存在する隙間をアラルダイトラピッド(ハンツマン・ジ ャパン株式会社)を用いて樹脂埋めし、差動排気を可能とするこ とで改善を図った。これらにより、反応後のガスをより確実に QMS 側へ輸送可能となった。これまでの装置で得られた結果との 比較も含め、測定結果の詳細について当日報告する。



図 1 改造後のメタン化装置概略図

- 4. 参考文献
- S. Kato, S. K. Matam, P. K. Kerger, L. Bernard, C. Battaglia, D. Vogel, M. Rohwerder, A. Züttel, Angew. Chem. Int. Ed. 55 (2016) 1-6

BaTiO₃を用いた CO₂のメタン化

*布瀬小枝(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻)、澤原馨登(筑波大学大学院 理工情報生命学術院 数理 物質科学研究群 化学学位プログラム 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 触媒化学融合研究センター)、 Kamonthat Wundhiwong(King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Department of Chemical Engineering)、**源馬龍太(東海大学 工学部 応用化学科)

1. 緒言

大気中への CO₂ 放出量の削減が求められている近年、CO₂をメタン(CH₄) などに変換して回収・利用する方法が提案さ れている。このプロセスは(1)式に示すサバティエ反応として知られている。具体的には、再生可能エネルギーを利用 して作られた水素と、人為起源 CO₂ から CH₄ 合成するというものである。しかし、この反応は Ni 等の触媒存在下にお いて高温(300~400℃)が求められる。そのため、より高効率にメタン生成可能な触媒が望まれており、省エネルギー の観点や熱源の存在しない場所においての応用を考えると、反応温度の低温化や他のプロセスへの転換が望まれる。

 $CO_{2(g)} + 4H_{2(g)} \rightarrow CH_{4(g)} + 2H_2O_{(g)} \quad \Delta H_{298 \ K} = -165 \ kJ/mol$ (1)

BaTiO₃ は圧電体であり、物理的な圧力をかけると分極が起こる。分極によって表面に電荷の偏りが生じた場合、化 学反応が起こりやすい状態になると考えられる。そこで、本研究では、圧電効果を利用することで、低温で圧電体表面 における CO₂ の還元ならびにメタン化の可能性を検討した。BaTiO₃ に圧力を与える方法として、ボールミリング(BM) 法と超音波印加法を用いた。BM では、ボールとの衝突により粉体には圧力が加えられるため、BaTiO₃ の場合は圧電効 果を引き起こすと考えられる。超音波の作用下では、液体の中で起きた流れによって圧力差が発生し、泡が短時間に 発生と消滅を繰り返す超音波キャビテーションが生成される。液中でキャビテーションバブルが破裂するエネルギー を BaTiO₃ に与えることで、圧電効果が起こると考えられる。

2. 実験方法

まず、BM 法による実験を行った。SUS304 製のポットに SUS304 製のボールおよび BaTiO₃粉末を入れ、ガス置換可能 な蓋を用いて密閉し、ロータリーポンプにて真空引きを行った後、CO₂および H₂をシリンジを用いて注入した。これを 遊星ボールミル (Fritsch、pulverisette 5)を用いて、回転速度 300 rpm でボールミリングを行った。ボールミリン グの前後には、それぞれポット内の気体をシリンジにより採取しガスクロマトグラフィー (GL Sciences、GC 3210) により気体の組成分析を行った。

続いて、下図のような装置を作製し、超音波印加法による実験を行った。超音波洗浄機(JPS-20AD)を用い、28 kHz または 48 kHz にて超音波を印加した。バッチ式では超音波印加の前後に、フロー式では超音波印加中に、ポット内の 気体をシリンジにより採取しガスクロマトグラフィーにより組成分析を行った。



3. 結果

BM 法による実験では、CH4の生成を確認することができた。超音波印加法による実験は現在行っている最中であり、 詳細な結果は当日のポスターセッションにて発表する。

水素吸蔵合金によるメカノケミカル CO2メタン化反応時の原子状水素の影響

*馬場晴也(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、澤原馨登(筑波大学大学院 理工情報生命学術院 数理物質科 学研究群 化学学位プログラム 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 触媒化学融合研究センター)

**源馬龍太(東海大学工学部応用化学科)

1.緒言

近年、大気中の CO2 濃度の急激な増加による地球温暖化が進行しつつあり、環境問題が深刻化している。そのため 大気中の CO2 濃度の増加を緩和することが課題となっており、燃焼の際に CO2 の放出がない水素を用いた CO2 のメ タン化が提案されている。しかし、メタン化のプロセスには 200℃以上の高温が必要となり、省エネルギーの観点か ら、より低温で動作する触媒やプロセスの開発が望まれる。先行研究において、LaNis 合金粉末を触媒前駆体として H2+CO2 雰囲気でボールミリングを行なった際に、加熱無しでメタンの生成が可能であることが明らかとなった。こ のとき、原子状水素が反応表面に供給されることによりメタン生成が引き起こされることが示唆された。[1]

このとき、原子状水素が試料の反応表面に供給されることがメタン生成に影響していることが示唆されたが、その メカニズムは明らかになっていない。

そこで本研究では、原子状水素の影響を調査するため、LaNisと比較して、より安定な水素化物を形成する水素吸蔵 合金である Mg2Ni を用いて振動ボールミルによりメタン生成実験を行った。同位体効果を考慮し、軽水素と重水素を 用いて Mg2NiH4.0、Mg2NiD4.0を出発材料とし、ポット内のガス雰囲気を H2+CO2 または D2+CO2 で雰囲気制御するこ とで原子状水素の影響について比較・調査することとした。原子状水素がメタン生成に影響を及ぼしているならば、 速度論的同位体効果(Kinetic Isotope Effect: KIE)によりメタン生成速度に差が出ることが考えられる。 2.実験方法

Mg₂Ni(日本製鋼所:53~75 µm)0.350gを自作のジーベルツ装置を用いて水素化あるいは重水素化を行った。粒径は篩を用いることで制御した。その後、水素化あるいは重水素化した試料0.300gとSUS304製のボールをSUS304製のポット内に封入し振動ボールミル装置(日進技研株式会社:NEV-MA-8)にセットした。ポット内はロータリーポンプにより1Paまで真空排気を行った。実験に用いた振動ボールミル装置は自作のジーベルツ装置と接続されているため、ポット内のガス雰囲気はH₂(7N) or D₂(4N) + CO₂(3N)が全圧で1気圧になるように制御することができる。

その後ポット内のガスについて、ガスシリンジで採取し、ガスクロマトグラフィー(GC)(SHIMADZU: GC-14B)を 用いて定量分析を行った。

3.実験結果

作製した Mg2Ni 水素化物の水素吸蔵量は H/M=3.5 程度であ り、4 に満たなかった。これは試料が大気中にて長時間保存さ れていたことにより、試料が一部酸化されていた可能性が考え られる。図1 に軽水素で水素化を行った Mg2Ni を用いたボー ルミリングの結果を示す。ガス雰囲気は H2+CO2 である。紫色 の*線については、ポット内ガス雰囲気が D2+CO2 の際の CH(D)4 のガス分圧である。ボールミル開始初期に水素の減少 が確認できる。これは、ミリングにより試料に新生面が現れ、 水素が吸収されたためであると考える。メタンの生成速度はガ ス雰囲気を変更したことによる大きな差はなく、共に 14 分程 度であった。また、ポット内の水素ガスが重水素の時の方が



メタンの生成率が高いことが確認された。重水素化物を用いた場合の結果も含め、詳細については当日報告する。 4.参考文献

 Keito Sawahara et al., Role of atomic hydrogen supply on the onset of CO₂ methanation over La-Ni based hydrogen storage. alloys studied by in-situ approach, IJHE, Vol.47, Issue 44 (2022) 19051-19061.

ボールミリングにより作成した Ca-Mg 系水素吸蔵材料の反応性-添加物の影響-

*板橋 達也(東海大学院 工学研究科 応用理化学専攻)、**源馬 龍太(東海大学 工学部 応用化学科)

1. 緒言

近年、石炭、石油などの化石燃料の大量消費に伴う二酸化炭素の増大による地球温暖化が進行しており、二酸化炭素排出の実質ゼロの実現を目指し、再生可能エネルギーの活用の観点から水素を利用する社会の構築及び代替エネル ギーの開発研究が世界的に進められている[1]。

石油代替エネルギーとして、太陽、地熱、風力、潮力などの再生可能エネルギーや原子炉などの核エネルギーが挙げ られる。エネルギーの有効利用の観点から、熱や貯蔵しにくい電気エネルギーの余剰分を、貯蔵・輸送が可能な二次エ ネルギーとしての燃料に変換し利用するプロセスの開発が望まれている。その有力な候補として挙げられるのが水素 である[2]。しかし、水素は単体では地球上に多く存在しないため、大量かつ低コストで水素を製造する必要がある。 また、製造した水素は安全かつ大量に貯蔵・輸送可能であることが求められる。水素の貯蔵方法として、高圧気体水素 や液体水素あるいは水素吸蔵材料を用いる方法が有利である。この中でも、水素吸蔵合金は最もコンパクトに水素を 貯蔵できる。

しかし、これまでに開発された、遷移金属をベースとした水素吸蔵材料は、材料自体が重いために、単位重量当たりの水素貯蔵密度が低いという欠点がある。そのため、アルカリ金属やアルカリ土類元素などの軽元素をベースとした水素吸蔵材料についての研究開発が進められている。本研究では、Mg、Ca、を出発原料とし、ボールミリング (BM)を用いたメカノケミカル法による Ca-Mg 系水素吸蔵材料の作製とその反応性および添加物 (Ni) が水素吸収特性に及ぼす影響について調査を行った。

2. 実験方法

Mg (林純薬工業株式会社、純度 98%、40 mesh)、Ca (高純度化学研究所、純度 99%、形状:Grains)、Ni 粉末 (関 東化学株式会社、純度 99%)を用い、CaMg₂の簡便な作製を試みた。Ca:Mg がモル比で 1:2 となるよう 1g に秤量し、 粉末試料を SUS304 製のポットに SUS304 製ボールと共に投入し、試料内部を 80℃まで加熱したのち BM による試料作 製を 2~20 時間試みた。作製した試料について、自作の高圧ジーベルツ装置 (High pressure Sieverts' type apparatus) を用い、水素化特性を評価した。まず、ロータリーポンプを用いて 1.8 Pa まで真空排気を行い、反応管外部に設置し た電気炉で反応管を 350 ℃まで加熱した後、0.5 MPa の水素を試料に印加することにより水素吸収反応の測定を行っ た。Ca-Mg 系水素吸蔵材料が作製できたことを確認したのち、同試料と、添加物として Ni 粉末を SUS304 製のポットに SUS304 製ボールと共に投入し、BM による混合を行った。得られた試料の相の同定は X 線回折装置 (XRD: Rigaku, Miniflex 600, Cu K α)、表面観察、組成の確認は FE-SEM(EDX)(日本電子社製:JSM-7100F)により行った。

3. 結果と考察

Ca と Mg を 2 時間 BM した試料の XRD の結果から CaMg₂ と思われるピークが出現したが、Mg のピークの方が強く出 現しているので、BM による処理の時間が短いために Mg が残存したと考えられる。また 2 時間の水素吸蔵の結果から CaMg₂は 2.3%水素を吸収するのに対し、本結果では最大で 0.2 H/CaMg₂しか水素を吸蔵していないことが判明した。 その他試料の XRD、高圧ジーベルツ装置、FE-SEM (EDX)を用いた試料評価結果の詳細は当日報告する。

4. 参考文献

[1] 佐藤豊人、折茂慎一、応用物理学会誌、第90巻 第9号(2021) 570-573.

[2] 若尾慎二朗、水素吸蔵合金[材料・特性・応用]、株式会社パワー社、1993 年発行.

3次元熱電変換デバイスの作製と評価(CNT塗布)

*中島拓海(東海大学工学部材料科学科)、**高尻雅之(東海大学工学部材料科学科)

1. 緒言および目的

近年、エネルギーハーベスティング技術が注目されており、特に熱電変換を用いた発電デバイスがウェアラブルデバイスや IoT (Internet of Things) センサーの半永久的な電源確保に寄与できる可能性がある。この技術の実現には、デバイスの小型化や電源設置に伴うデッドスペースを減少させることが重要である。また、IoT の実現には、柔軟で設置に適したデバイスが必要で、少ない温度差から高効率で発電できるフレキシブルデバイスの開発が急務である。本研究では、3 次元化したデバイスを IoT センサーの独立電源への応用を目指し、BP (バッキーペーパー)を用いたデバイスとの性能比較を行い、デバイスの高性能化目的とした。

2. 実験方法

N型分散溶液は、SWCNT (Single-walled carbon nanotube)、DODMAC (Dimethyldioctadecylammonium chloride)、イ オン交換水を溶媒とした。P型分散溶液は、SWCNT、SDBS (Sodium Dodecylbenzenesulfonate Standard Solution)、イ オン交換水を溶媒とした。分散溶液を塗布した和紙デバイスに左からP型,N型の順番に塗布し、銀ペーストを塗布し、 蛇腹状のデバイスを作製した。図1に作製した熱電発電デバイスを示す。同様の分散条件で作製した分散溶液でBPを 作製し、同様の形状でコピー用紙を用いた比較用デバイスを作製した。これらのデバイスを作製し、データロガーに て出力電力、出力電圧を測定し、性能比較を行った。



図1 作製した熱電発電デバイス

3. 実験結果および考察

図2に和紙・コピー用紙基板デバイスの温度差と出力電圧の関係を示した。和紙デバイスが高いコピー用紙基板デ バイスと比較して高い出力電圧を示した。しかし、和紙デバイスは出力が安定しなかった。これは和紙の繊維の大き さがコピー用紙の繊維に比べ大きいからだと考える。



放熱効果の高い SWCNT 膜を用いたフレキシブル p-n 熱電発電デバイス

*雨澤 拓也(東海大学工学研究科応用理科学専攻) **高尻 雅之(東海大学工学部応用化学科)

[1]緒言·目的

IoT (Internet of Things) 社会の発展に伴い、独立した電源の確保が課題となっている。課題の改善に向けて、熱電 変換技術を用いた発電の研究が進められている。従来の熱電変換材料には Bi₂Te₃系材料を代表とした無機熱電変換材 料が注目を浴びていたが、柔軟性に欠けるなどの理由から近年では、CNT (Carbon Nanotube) など熱電変換材料の研究 が進められている。しかし、CNT 膜は熱伝導率の高く、温度差が付きづらいことが弱点とされている。メッシュ基板を 用いて CNT 膜を作製することで、膜の表面積を大きくなり弱点となっている温度差付きづらさを改善できる。本研究 では、その CNT とメッシュ構造を組み合わせた SWCNT 膜を用いてフレキシブル性を有する熱電発電デバイスの作製と 評価を目的として実験を行なった。

[2] 実験方法

ディップコーティング法を用いてメッシュ基板 (PPS:Polyphenylenesulfide)に SWCNT 分散液 (0.3~0.4 wt%, 日本ゼ オン株式会社)を塗布し、乾燥する工程を 2 回行なった。ドープ剤として陽性界面活性剤である DODMAC を、エタノー ル中に分散させた分散液を作製し、1 度浸したのち、150℃、1 h 熱処理を施し n 型部を作製した。回路の形成には銅 細線を CNT が付着している部分に縫いつけ、その上からドータイト (Ag)を塗布した。測定中は、デバイス下部は熱源 であるデジタルホットスターラーに立たせ、デバイス上部は大気中にさらすことで温度差を付けた。電圧は、データ ロガーを用いて測定を行なった。

[3]結果

Fig.1(a),(b)に本研究にて作製したデバイスの概要図と実際に作製した図を示す。p-type と n-type が交互になる ように回路を形成した。作製したデバイスの総抵抗は 250 Ωだった。(c)に温度差と発生電圧・電力の関係を示す。グ ラフより発電できていることが分かる。また、温度差の増加にともない発生した電圧・電力もともに増加しているこ とが分かる。測定された電圧は温度差 60 K で 14 mV だった。今後の展望としては、ドータイトの変更など回路形成に ついての見直しを行ないデバイスの総抵抗の低減、膜一枚あたりのゼーベック係数・電気伝導率の向上を目的として 研究を取り組みたいと考えている。詳細はポスター発表にて報告する。



Fig. 1(a) デバイスの概要図, (b) 実際に作製したデバイス, (c) 温度差と発生電圧・電力の関係

[4]参考文献

• Z-J. Wang et al. Journal of Colloid and Interface Science (2012) 386 415-420.

• Y.Seki et al. Sci. Rep. (2020) 10:8104.

[5]謝辞

本研究を行なうにあたり、CNT 分散液を提供してくださった日本ゼオン株式会社様、分析装置を供与してくださった 東海大学研究推進部技術共同管理室に感謝申し上げます。

ハイブリッド界磁型同期モータとDモデルモータの無負荷鉄損比較に関する研究

* 金井 拓磨、小野 裕規、苅込 怜駿、戒能 佳弥(東海大学工学部電気電子工学科)

- 岡元 竣(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)
- **大口 英樹(東海大学工学部電気電子工学科)

1. はじめに

現在、永久磁石同期モータ(PM モータ)は様々な機 械に採用されている。本研究室では文献[1]において,提 案するハイブリッド界磁型同期モータは従来の永久磁 石同期モータ(Dモデルモータ)に対し高速域で高効率 特性が得られることを示した。電車等では惰行運転を行 う場合があり,この時はトルク指令ゼロ,すなわち電機 子電流ゼロで走行する。界磁を機内に備える場合,惰行 運転の際に無負荷鉄損が発生するため,その低減が求め られている。本研究では提案するハイブリッド界磁型同 期モータにおいて,界磁電流の有無による無負荷鉄損を 電磁界解析により求め,Dモデルモータと比較する。

2. モデル仕様および解析条件

提案モータは電気学会のベンチマークモデルである D モデルモータをベースとした^[1]。定格出力 280 W、定格 速度 1500 min⁻¹、ステータ鉄心外径 112 mm である。積 厚は D モデルモータ 60 mm に対し、提案モータ(以下、 H モデルモータと略記)は界磁巻線を追加し 80.6 mm と した。無負荷時の特性として D モデルモータ、H モデル モータの界磁電流 0 AT 時と、D モデルモータと誘起電圧 が等しくなるよう界磁電流を流した時の誘起電圧と鉄 損を比較した。なお、解析には電磁界解析ソフト JMAG を使用した。

3. 解析結果

Fig. 3 より誘起電圧は D モデルモータに比べ界磁電流 0 AT 時の H モデルでは約 26.4 %の低減、370 AT 時では ほぼ一致した。Fig. 4 より鉄損は 0 AT 時は約 39.7%低減、 370 AT 時ではほぼ一致した。これは界磁電流を流してな い 0 AT 時ではモータ内の総磁束量が減少したため誘起 電圧と鉄損が低減したと考えられる。以上より、無負荷 運転を行うアプリケーションにおいて提案モータで界 磁電流 0 AT とすることは有効であると考えられる。

4. 今後の課題

無負荷時と負荷時を合わせた効率特性の比較が今後 の課題である。

参考文献

[1] 鈴木 寛隆, 大川 凌平, 木下 陸人, 萩尾 公貴,
 大口 英樹:「ハイブリッド界磁形二層磁石配置 IPM モ
 ータの効率に関する研究」, 令和4年電気学会全国大会,
 5-030, 2022





Fig. 3. Comparison of electromotive force.



Fig. 4. Comparison of iron losses.

メッシュサイズが PM モータの素線損失へ与える影響に関する研究 *上坂遼、若月健登、榎戸翔大、二ノ宮雄斗(東海大学工学部電気電子工学科) **大口英樹(東海大学工学部電気電子工学科)

1. はじめに

電気エネルギーの一次エネルギーに占める比率(電 力化率)は増大し、現在我が国では約48%となってい る。このうちモータで利用される電力が総電力消費量の 55%以上を占めており、モータ及びそのドライブシステ ム全体の高効率化は環境保全の観点からも極めて重要 な課題である。

本研究では、電機子巻線に角線を適用した永久磁石 同期機^[1]を対象とし、素線のメッシュサイズが循環電 流損や渦電流損へ与える影響を二次元電磁界解析によ り明確化することを目的とする。

2. 解析モデルの仕様と解析条件

Table 1 に解析モデルの仕様を示す。解析対象は6 極36 スロットの永久磁石同期機である。1 スロットあ たりのコイル数が4本のモデルをModel A、8本のモデ ルをModel Bとする。

Fig. 1とFig. 2に Model Aと Model Bの解析モデ ルをそれぞれ示す。また、素線メッシュサイズは定格回 転速度における銅の表皮深さの1/3である0.66 mmと、 その1/2 および1/4の0.33、0.165 mmの3つの値を用 いて比較した。なお、解析には電磁界解析ソフト JMAG を用いた。

3. 解析結果

Fig. 3とFig. 4に一相分の素線損失の比較を示す。 Model A、Model Bともに各素線メッシュサイズにおけ る素線損失は、ほぼ等しくなった。したがって、素線メ ッシュサイズ 0.66 mm 以下、すなわち表皮深さの 1/3 以 下ではメッシュサイズの影響はほぼ無視できると考え られる。

4. 今後の課題

可変速運転時の素線損失の比較検討が今後の課題 である。

参考文献

[1] 今井葵一,安藤巧真,大口英樹:「6 極 36 スロット 永久磁石同期機の素線に発生する渦電流損および循環 電流損に関する研究」,2023 年 電気学会全国大会,5-016

	Model A	Model B	
Turn / slot	2	2	
Number of parallel branches	1	1	
Number of parallel windings	2	4	
Rated torque (Nm)	214		
Rated current (A)	275.8		
Rated rotational speed (min ⁻¹)	2000		
Current density (A/mm ²)	7.	. 7	

Table 1. Machine specifications.





Fig. 1. Analysis model of Model A.

Fig. 2. Analysis model of Model B.



Fig. 3. Comparison of the coil losses for Model A.



Fig. 4. Comparison of the coil losses for Model B.

アルミニウム円板を用いた圧電振動発電の発電特性 (第2報:加振位置に関する検討)

*永谷 俊人(東海大学工学部精密工学科)、鳴海 勇介(工学部精密工学科)、武山 敬大(工学部精密工学科)、 土屋 明花(元東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、**土屋 寛太朗(機械工学専攻)、森山 裕幸(機械工学専攻)、 長坂 壮志(機械工学専攻)

緒言

現在、地球温暖化防止の観点から石油など化石燃料に依存せず再生可 能エネルギーである太陽光や振動発電などの温室効果ガスを出さない環 境発電が注目されている^[1]。その中でも筆者らは歩きや車の振動などを 利用して生活によって生じる振動エネルギーなどで発電する振動発電^[2] に着目して研究した。本実験は、圧電素子を貼付した円板における振動 発電において加振位置の変化による発電特性の比較を行った。

実験方法

実験結果及び考察

Fig.1 は本実験で用いた装置の概略図である。圧電素子を貼付した端板を設置し、加振器によって加振する。加振位置は端板の中心(0%)、中心から半径 20%及び40%でそれぞれ行う。このとき加振力は1Nで一定とし1Nに到達する前に加振器の最大入力電流である2Aに達した時は2Aで一定とした。加振周波数は100Hz~2000Hzまで50Hzずつ変化させて計測し、電圧が急激に増大したところは10Hzずつ変化させて計測した。この際の端板には有効内径108mm、厚さ3mmのアルミニウム合金を用いた^[3]。





している。これらの結果からアルミニウムの端板は 400、1800 Hz 付近

で電圧が増大していることが確認できる。それぞれの加振位置におけ

Fig.2 は端板加振実験で得られた周波数変化に対する電圧の推移を示

る電圧の最大値を確認すると0%では400 Hz で11 V、20% では350 Hz で10 V、40%では400 Hz で6.5Vの電圧が生じる。

また、1800 Hz 付近では電圧が 0 %では 1800 Hz で 10 V、20 %では 1800 Hz で 6 V 生じている。一方で、40 %では 1670 Hz で 0.9 V しか生じていない。具体的には加振位置が 0 %及び 20 %の場合は 1800 Hz 付近で電圧が増大したの に対して加振位置が 40 %の場合は 1800 Hz 付近での電圧の増大は確認できない。この原因は加振位置が中心、20 %、 40 %と圧電素子から加振位置の距離が遠くすることで圧電素子に伝わる加振力が減衰したため、電圧が減少したと考 えられる。これらの結果から同じ材質でも加振位置を変えることで発電特性が変化することを確認できた。またそれ ぞれの加振位置の電圧の最大値を比較すると、加振位置が中心に近いほど電圧は高くなることを確認できた。以上の 結果から発電特性が優れている加振位置は端板の中心であると考えられる。

参考文献

環境にやさしい発電方法とは?これからの社会はどう変わる?
 https://earthene.com/media/231、(2023/9/30 確認)
 振動発電とは
 https://vibpower.w3.kanazawa-u.ac.jp/about.html、(2023/10/2 確認)
 土屋明花他、"圧電振動発電における金属材料の比較"、 32nd SAS Synposium ABSTRACTS、pp.21、(2020)

アルミニウム円板を用いた圧電振動発電の発電特性 (第3報:音振動連成現象を用いた発電特性向上に関する研究)

*鳴海 湧介(東海大学工学部精密工学科)、永谷 俊人(精密工学科)、武山 敬大(精密工学科)、 土屋 明花(元東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、**土屋 寛太朗(機械工学専攻)、 森山 裕幸(機械工学専攻)、長坂 壮志(機械工学専攻)

緒言

近年、エネルギーの有効活用の観点から環境発電に関する研究が進められている^[1]。一方で、音響エネルギーは振動エネルギーなどの機械的エネルギーと比較すると極めて微弱であり、活用方法も限られてきた^[2]。そこで、筆者らは環境発電に関する研究の一つとして、騒音として廃棄されてきた音響エネルギーを用いた音振動発電に着目した。 また内部に空間を有する薄肉構造物では、周期的な外力が加わると外部周期力と内部音場との間に強い連成現象を生じることがある^[2]。この連成現象を用いることによって音響エネルギーを増大させ、音振動発電の発電特性を向上できると考えられる。そこで、本研究では音振動連成を促進させることによって音響エネルギーを増大させ、音振動発電の発電特性向上について検討した。

実験方法

Fig.1 は実験装置の概略図である。本実験では、円筒構造物の両端に圧電素子を 貼付した金属円板を設置した。この際の端板には、有効内径 108 [mm]、厚さ3 [mm]のアルミニウム合金を用いた。その上で、一方の端板の中心に加振器を用いて 点加振した。この際の加振力は1 [N]で一定とした。ただし、加振力が1 [N]に到達 しなかった場合は、加振器の最大入力電流である2 [A]で一定とした。また、加振 力が安定しない状態(以下、加振不安定と呼称)の場合、加振不安定になる直前で 測定を行った。



加振周波数は加振側端板の端板加振実験で得られた固有振動数(以下、加振側周 波数と呼称)と実験モーダル解析で得られた非加振側端板の固有振動数(以下、非 加振側周波数と呼称)を用いた。

Fig.1 実験装置概略図

さらに、筒長を変化させることで各端板中心での音圧レベルの変化を計測する。 これにより、端板の振動と内部音場の間での音振動連成による影響について検討を行った。筒長は200 [mm]から 2000 [mm]まで 50 [mm]刻みで変化させ、音圧レベルが急激に増大している筒長(以下、急激にデータが増大している 点をピークと呼称)では10 [mm]刻みで測定することでより正確に音圧レベルのピークとなる筒長を計測した。

実験結果と考察

Fig.2 は本実験の筒長変化に対する音圧レベルの推移を示している。 L_{p1} は加振側端板中心での音圧レベルを表し、 L_{p2} は非加振側端板中心での音圧レベルを表す。

加振側周波数の実験における音圧レベルがピークとなる 筒長は440、880、1310、1740 [mm]であり、この際の音圧 レベルは加振側と非加振側ともにおおよそ143 [dB]でほぼ 一定となることが確認できた。また、非加振側周波数の実 験における音圧レベルがピークとなる筒長は320、620、 930、1120、1540、1840 [mm]であり、この際の音圧レベル



は、加振側と非加振側ともにおおよそ 118 [dB]でほぼ一定となることが確認できた。これらのことから、加振側周波 数と非加振側周波数ともに筒長変化によって音圧レベルが急激に変化することを確認できた。

以上のことから、筒長変化によって外部周期力と内部音場の間に生じる連成が促進されたと考えられる。また、加 振側周波数と非加振側周波数を比較すると、加振側周波数の実験でより高い音圧レベルを確認できた。このことか ら、加振側周波数で加振した場合の方が音振動連成が促進されたことにより音響エネルギーが増大したため、発電特 性が向上すると考えられる。

参考文献

- [1] "IoT 社会を支える自立電源技術:環境発電 多種多様なエネルギー変換技術で持続可能な社会の実現に貢献" 竹内 敬治 株式会社 NTT データ経営研究所 – 応用物理学会 (jsap.or.jp) https://www.jsap.or.jp/columns/gx/s-4 (2023/10/03 閲覧)
- [2] 土屋寛太朗他,"円筒構造内の音響エネルギーを利用した振動発電システム",日本機械学会(2014)

アルミニウム円板を用いた圧電振動発電の発電特性

(第1報:周波数特性に関する検討)

*武山敬大(東海大学精密工学科)、永谷俊人(精密工学科)、鳴海湧介(精密工学科)、

土屋 明花(元東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、**土屋 寛太朗(機械工学専攻)、森山 裕幸(機械工学専攻)、 長坂 壮志(機械工学専攻)

1. 緒言

現在、エネルギーの有効活用として環境発電分野が注目されており、環境発 電分野の一つである振動発電分野も注目されている^[1]。振動発電とは、機械や 建物、人の動きなどにより発生する振動の微小なエネルギーを電気エネルギ ーに変換する発電である^[2]。しかし、振動発電は、装置を製造するためのエネ ルギーやコストに対し、得られる電力量が小さいという欠点があるため実用 化に至っていない^[3]。そこで、筆者らは金属の固有振動数を用いることにより 振動発電の発電特性が向上できるのではないかと考えた。



本実験では、端板加振実験を行うことで発電特性向上を目指して実験を行った。

Fig.1 実験装置概略図

2. 実験方法

Fig.1 は本研究における実験装置の概略図を示したものである。圧電素子を貼付した端板を設置し、加振機によって 端板の中心を加振する。このとき加振力は 1N で一定とし、1N に到達する前に加振機の最大入力電流である 2A に達 した時は 2A で一定とした。加振周波数は 100 Hz ~ 2000 Hz まで 50 Hz ずつ変化させて計測し、電圧が急激に増大した ところは 10 Hz ずつ変化させて計測した。この際の端板には有効内径 108 mm、厚さ 3 mm のアルミニウム合金を用い た^[4]。

3. 実験結果及び考察

Fig.2 は周波数変化における電圧の推移を示している。300 Hz ~ 500 Hz、 1200 Hz ~ 1400 Hz、1700 Hz ~ 1800 Hz 付近において、電圧が増加すること が確認できた。これは、円板を固有振動数で加振したことにより、円板の 振動が促進されたと考えられる。さらに、圧電素子に円板の振動が伝わる ことにより、電圧が増加したと考えられる。

以上のことから、本条件下では、300 Hz~500 Hz、1200 Hz~1400 Hz、 1700 Hz~1800 Hz 付近の周波数帯が発電特性の向上に有効であることが考 えられる。また、振動発電の実用化において加振周波数を円板の固有振動 数に設定することは、発電特性の向上に有効であることが考えられる。



参考文献

[1]力を電気に変える【エネルギーハーベスティング】とは? 体温や歩行振動、水滴の落下からも発電!、 https://studyu.jp/feature/theme/energy_harvesting/、閲覧日 2023-10-03

[2]振動発電とは 原理と実用例を解説、https://orbray.com/magazine/archives/2610、閲覧日 2023-10-03

[3]歩いて充電できる「振動発電」は実用化されているの!?、

http://sittoku-zatsugaku.com/vibration-power-generation/、閲覧日 2023-10-03

[4] 土屋明花 他、 "圧電振動発電における金属材料の比較" 32nd SAS Synposium ABSTRACTS、pp. 21、(2020)

PCCS 法によるハーフブリッジインバータの諸特性

*小谷和希(神奈川工科大学大学院工学研究科電気電子工学専攻) **板子一隆(神奈川工科大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)

<u>1. まえがき</u>

PV 発電用パワーコンディショナ(PCS)は太陽電池アレイから得た電力を Maximum Power Point Tracking(MPPT)によ って最大電力を取得しているが、インバータでのスイッチング素子の損失が PCS で得られる電力を低下させる要因と なっている。また PV 発電用 PCS は上記の問題以外に、高調波電流の発生も問題視されている。これらの問題を解決 するため、ハーフブリッジインバータを用いた PCS における Peak Current Control Switching (PCCS)法の適用を提案し、 PCCS 法を適用したハーフブリッジインバータを用いた PV 発電システムのシミュレーションを行った。日射量一定と 日射量急変の場合での各電圧電流波形のシミュレーション結果から、PV アレイを含めても問題なく動作することを確 認した。そこで本論文では、調波分析を行い高調波の低減効果を検討することにより、PCCS 法が従来法である Hysteresis Current Control (HCC)法と比べてハーフブリッジインバータに有効であることを明らかにした。

2. 回路構成

図1に提案する PCS の回路構成を示す。S1, S2はスイッチング素子、VD (VD1 + VD2)は入力直流電圧、VN は系統電 圧、IN は系統電流を表している。従来の回路であるフルブリッジインバータは4つのスイッチング素子が用いられる のに対して、本提案回路では2つのスイッチング素子が用いられ、部品点数が減少する。シミュレーションでは

TP250MBZ(Tata Power Solar System)の PV アレイを用いて、最大電力が 4.98kW(日射量 S=1000[W/m2]、温度 T=25℃)となるモジュールを接続 する。昇圧型 DC-DC コンバータでは山登り法(P&O 法)で制御を行い、出 力電圧が 800V に昇圧される。ハーフブリッジインバータでは PCCS 法で 制御を行い、電力系統に接続される。

3. シミュレーション結果とまとめ

回路条件を系統電圧 $V_N=200[V]$ (rms)、電源周波数 f=50[Hz]、スイッチン グ周波数 $f_s=20[kHz]$ 、コンバータ入力コンデンサ $C_0=10[mF]$ 、コンバータ入 カインダクタ $L_0=1.8[mH]$ 、インバータ入力コンデンサ $C_1=C_2=50[mF]$ 、系統 インダクタ $L_N=1.8[mH]$ とする。図 2 に日射量を 1000[W/m²]一定にしたとき の PV アレイからの定常状態での出力電圧・電流波形を示す。この図から系 統電流 I_N が正弦波状に形成され、逆潮流が行われていることが確認できる。

図2の電流波形に調波分析を行い、図3に PCCS 法の正規化したスペク トルを示す。この図から、スイッチング周波数付近で高調波成分が発生して いることが確認できる。また、従来法である HCC 法のひずみ率は 9.48[%] に対して、提案する PCCS 法は 5.94[%]であり、PCCS 法がハーフブリッジ インバータに有効であることが明らかとなった。



BP ニューラルネットワークによる太陽電池モジュールの新しい異常検出法の検討

*邱 宇鵬(神奈川工科大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)

**板子 一隆(神奈川工科大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)

<u>1. まえがき</u>

太陽電池の内部故障はクラックや劣化などパネルの内部欠陥に起因する。欠陥セルに 影があると、ホットスポットが形成される。実例として、ホットスポットや劣化は電池の発 電電力に大きく影響する。パネルの性能に影響を与え続ける。そのため、パネルの異 常状態を検出することが必要である。本研究では、異なる故障状態における I-V 特性を 処理し、AI アルゴリズムを用いて複数のホットスポット、劣化や、その他の異常状態を検出 するための基礎検討を行った。

<u>2. 実験原理</u>

実験用 15W 太陽電池の構造を図1に示し、1つのクラスターのみで構成されている。同環境における正常動作、ホットスポット、劣化の I-V 特性を図2に示す。

(1)

まず、収集されたデータは以下の式で正規化される。



図1. PV パネルの等価回路図



本研究では、BPニューラルネットワークアルゴリズムを用いる。BPアルゴリズ ムの原理を図3に示す。入力層は処理した電流である。出力層はパネルの動 作状態である。出力層の結果が期待値と一致しない場合、逆伝播(フィードバ ック)が行われる。出力層から入力層まで、層間で順番に重みを調整する。重 みの逆方向の更新により、誤差が小さくなる。BPアルゴリズムの利点は、自己 学習した後、出力の誤差に応じて重みを逆方向調整できることである。

<u>3. 実験結果</u>

現在のデータサンプルは 395 個である。60%をトレーニングサンプルとして、 40%をテストサンプルとして使用する。テストサンプルの診断結果は図 4 のよう な結果になる。故障診断の結果、正常動作とホットスポットの状態での正 解率は 100%である。また、劣化の正解率は、98%である。従って、全体の正 解率は 99.3%となる。

実験結果から、I-V 特性の傾向を BP ニューラルネットワークの学習に入力 することで、太陽電池のホットスポットや劣化を高精度に診断できることが示さ れた。

<u>4. まとめ</u>

本研究では、異なる動作状態の太陽電池の I-V 特性を分析し、BP ニュ ーラルネットワークを用いて故障診断を行って検討した。その他の故障 や太陽電池の種類については、今後検討する予定である。





図 3. BP ニューラルネットワークの流れ

Confusi Matri	ion X	Normal function	Multiple hot spots	Abnormal ageing	Accuracy(%) 99.3
Normal function	38	38	0	0	100
Multipl hot spots	70	0	70	0	100
Abnormal ageing	50	0	1	49	98

図 4. BP ニューラルネットワークの診断結果

Si 単結晶太陽電池モジュールのセル構成によるホットスポット発熱電力の低減

*久保田晶(神奈川工科大学大学院電気電子工学専攻)

**板子一隆(神奈川工科大学大学院電気電子工学専攻)

1. まえがき

太陽光発電システムにおける問題の一つにホットスポットがある。これは、欠陥セルに長時間影がかることでそのセルが異常発熱する現象のことであり、これが火災や故障の原因となる。そこで、本研究ではSi単結晶太陽電池モジュールにホットスポットが発生したときの発熱を抑えることのできるセル構成を新たに提案し、その有効性を検討した。

2. ホットスポットの発生原理と提案するセル構成

図1は従来のPV モジュールの等価回路である。このようにクラスタはセルが 全直列(1列)となっている。この場合、セルの経年劣化や結晶欠陥によって欠陥が 生じた場合、等価的に値の低い抵抗成分R_{LR}が存在するようになり、ここに長時間 影がかかることでセルが火災を引き起こすほど異常発熱する場合がある。そこ で、本論文では図2に示すように、1つのクラスタにセル群を2列以上にし複数 並列接続する構成を提案している。ただし、セルの総数を同じにしてモジュール の定格電力を従来と同じに設定する。

<u>3.発熱電力の計算</u>

図1、2においてホットスポットのあるセル群では、ホットスポット発生時の電気的特性は、通常動作時で発熱しない model、電流が抵抗*R_{LR}に流れ、*発熱電力が 上昇する mode2 の2 つに分けられる。それぞれの発熱電力*P_{TP}*は、

mode1: $P_{TP} = 0$

(2)

mode2: $P_{TP} = R_{LR}(I - (1 - X)I_{SC})^2$

である。各modeの条件は、ホットスポットセル群の電流Iが短絡電流 $(1 - X)I_{sc}$ より小さい場合にmode1、Iが $(1 - X)I_{sc}$ より大きい場合にmode2となる。ここで、X は影の割合である。

<u>4. シミュレーション方法と結果</u>

以下にシミュレーションにて検討するモジュールのセル構成について述べる。 図2に示すように、欠陥セルに影を付け、セルを全直列(1列)、2並列、4並列、 5並列の4つの構成で比較した。なお全セル数Nは全ての構成において同じとし ている。mは各セル群のセル数、nは並列回路数である。

従来の全直列(1 列)と提案の 2 並列構成における P-V 特性 P_n と発熱電力特性 P_{TPn} の結果を図 3 に示す。ここで短絡電流 I_{sc} は 3.35[A]、Xは 0.9 であり、 R_{LR} は 10[Ω]、全セル数 N は 100 枚である。各条件における P_{TP} の最大値は全直列構成 が最も高くなり、次いで 2 並列、4 並列、5 並列の順で低い値を示す結果となっ た。次に、最大電力点 P_{maxn} で動作させた場合の発熱電力 P_{TPn} の比較を示す。これ は実際の運用を想定したシミュレーションで、図 4 の縦軸は全直列 P_{TP1} に対する 各 P_{TPn} の比である。同図より発熱電力は 2 並列構成から 1/10 と著しく低下し、5 並列構成では発熱電力はほぼ 0 となった。また、提案方式では最大電力 P_{maxn} を従 来方式より増加させることができた。

<u>5. あとがき</u>

本提案方式では、P_{maxn}動作時では従来の全直列構成(1列)に比べて2並列構成 では発熱電力が1/10と著しく低下し、発熱の抑制に有効であることが明らかとな った。すなわち、ホットスポットが存在しても本方式により発熱を抑制すること が可能となる。また、提案方式では最大電力P_{maxn}を従来方式より増加させること ができた。今後は、実験により実際の発熱温度を測定してその効果を確認すると 同時に、複数モジュールでの有効性を検討する予定である。









図 4 最大電力点動作時の発熱電力

超高分子量ポリエチレンの機械的特性に及ぼすガンマ線照射の影響

* 若松郁也(東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻)

**菊川久夫(東海大学工学部医工学科), 浅香 隆(東海大学工学部応用化学科)

1. はじめに

人工膝関節インサートとして使用される超高分子量ポリエチレン(UHMWPE)には、滅菌や強靭化の目的でガンマ (γ)線照射が行われる。特にγ線照射により UHMWPE 内部にフリーラジカルを発生させ、照射初期にはフリーラジ カル同士が化学的に架橋することで機械的特性が向上する。一方、残留したフリーラジカルは体内の酸素と結合する ため、材料を脆弱化させ機械的特性が低下すると推測する。このように、UHMWPEの機械的特性とラジカル量との定 量的な関係については不明な点が多い。本研究では、γ線照射した UHMWPE のヤング率ならびに硬さと、UHMWPE 内部に生成したラジカル量の関係について評価し、ラジカル量が UHMWPE の劣化指標となり得るか検討した。

2. 実験方法

試料は市販の UHMWPE プレート(作新工業(株) Saxin ニューライト)を用い、機械加工により引張試験片を作製した。γ線照射は⁶⁰Coを線源に用いて大気中・室温にて行い、照射線量は50 kGy とした。力学試験としてヤング率推定のために簡易押し込み試験を提案し、この押し込み試験結果との比較のため万能材料試験機((株)東京衡機試験機、負荷容量:1000 N)による引張試験を実施した。さらに微小ビッカース硬さ試験機(Mitutoyo (株) HM-200)による硬さ評価も併せて行った。また、UHMWPE 中のフリーラジカルの存在を確認するため、電子スピン共鳴装置(ESR、日本電子(株) JES-FA200)による分析を行った。測定データは酸化劣化指標として期待しているペルオキシラジカル¹⁾が明瞭に観察された範囲、すなわち照射後の経過120日から600日のものを採用した。なお、相対ラジカル量はペルオキシラジカルのESR スペクトルのピーク高さを Mn マーカーのピーク高さで除して求めた。

3. 結果および考察

Fig.1 に簡易押し込み試験で得られたヤング率と相対ラジカル 量の関係を示す。相対ラジカル量の増加に伴い、押し込み試験に よるヤング率は低下し、相関係数0.826の負の相関が認められた。 さらに、硬さ試験の結果と相対ラジカル量との間にも相関係数 0.829の負の相関が認められた。

ペルオキシラジカルは酸化により発生しケトンやアルデヒド を生成するため、この部位で主鎖が切断し分子量低下をまねくこ とが知られている¹⁾。この理由から、本実験においてもラジカル 量の増加とともに脆化が進み、結果としてヤング率や硬さが減少 したと推測した。



一方、Currier らによれば体内から回収した人工関節 UHMWPE において、インプラント期間とケトン含有量の相関 を報告しているため²⁾、ペルオキシラジカル量は UHMWPE の酸化劣化指標の1つとなり得ると考えた。

参考文献

1) Y. Zhao, M. Wang, Z. Tang, G. Wu: Radiation Physics and Chemistry, Vol. 79, Issue 4, 429-433, (2010).

2) B. H. Currier, K. C. Jevsevar, D. W. Van Citters : JBJS Am., Vol. 105-A, Issue 4, 293-301, (2023).

ナノプレートのサイズ変更における熱電特性評価

*小橋海斗(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、**高尻雅之(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)

緒言

工場や自動車の排熱は利用されずに排出され無駄なエネルギーとなっている。この排熱を熱エネルギーから電気エ ネルギーに変換できる熱電変換技術が注目されている。また熱電変換技術を用いることが可能となれば、今後の IoT 社会において発電所に依存しない独立型の発電システムによって工場や自動車のセンサーとしての利用が期待できる。 そのためには、熱電材料の高性能化が必要となってくる。主な方法としては、電気伝導率とゼーベック係数の向上、熱 伝導率の低下がある。今回、ナノプレートのサイズを変更することで量子閉じ込め効果による熱伝導率の低下、ナノ プレートのサイズの高い均一性による電気伝導率の向上などが期待できる。

実験方法

図1に実験方法の概略図を示す。Bi₂Te₃ナノプレートを図1のような操作でソルボサーマル合成の薬品を容器に入 れる段階にてエチレングリコール(EG)の量を変更した試料をいくつが用意し、所定の時間、温度にて処理をした。そ の後、遠心分離機でエタノール、H₂0、エタノールと遠心分離を行い乾燥機にて 60℃で乾燥させた。その後、物性評価 の為、粉末にて FE-SEM にて表面観察、ナノプレートを 0.35 g 測りバルク体を作製し熱電特性評価装置 ZEM-3 にて、 ゼーベック係数、電気伝導率、パワーファクターの測定を行った。

実験結果及び考察

EG の添加量を変更した SEM 画像を図 2 に示す。EG 標準の SEM 画像では大小のナノプレートが混在していることが確認できる。また EG が 2 倍では結晶が成長しきれていないナノプレートが混在している、EG が 3 倍では比較的大きさ、形が均一なナノプレートがこの SEM 画像から確認できる。これらの原因として EG の役割である前駆体の還元の際に濃度を変更することによって還元作用に影響が出たことによってこのような結果になったと考えられる。



参考文献

図 2 EG を変化させたナノプレートの SEM 画像

Y. Hosokawa, K. Wada, M. Tanaka, K. Tomita, and M. Takashiri, Jpn. J. Appl. Phys. 57, 02CC02 (2018).

K. Wada, K. Tomita, and M. Takashiri, Jpn. J. Appl. Phys. 57, 06HC02 (2018).

埋め込み境界法を用いた円筒状物体による散乱音場の数値解析

*江尻直樹(東海大学工学部動力機械工学科)、高橋和樹(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、**森下達哉(東海 大学工学部機械工学科)

1. はじめに

数値解析による音響特性解析において空間離散化の 際に立方格子が用いられることが多い。物体境界付近の 立方格子上に推定した境界条件を与えることで、立方格 子を用いて曲面や斜面を有する構造物の取り扱いを可 能とする埋め込み境界法の適用が提案されている¹⁾。

本研究では、音響特性解析に埋め込み境界法を適用す ることを試みる。解析解が既知の2次元空間平面波音 場について、立方格子と埋め込み境界法を適用した数値 シミュレーションを行い、両モデルと既知の解析解²⁾を 比較し、解の妥当性について検討する。

2. 円筒状物体による散乱波の指向特性

本報告における計算モデルを図 1 に示す。計算対象 領域は一辺 10 m の正方形 2 次元空間であり、剛体でで きた円筒(半径 0.1 m、0.2 m、0.4 m)を計算領域中央に 設置する。入射波として周波数 63 Hz、125 Hz、250 Hz、 500 Hz、1000 Hz の正弦波とし、図の左方から平面波と して伝搬するものとする。



図1 計算モデル

以上の計算モデルにおける散乱波指向特性を、解析解、 立方格子モデル及び埋め込み境界モデルから求める。図 2(a) に $d/\lambda = 0.07$ 、図 2(b) に $d/\lambda = 0.29$ となる条件 の散乱波指向特性を示す。図2(a)、(b) では、それぞれ 上より解析解、立方格子、埋め込み境界の順で示してい る。埋め込み境界法を用いた場合、解析解や立方格子を 用いた場合と同様の指向特性となり、 d/λ の値が等し い場合ほぼ同様のパターンになった。解析解に対する二 乗平均平方根誤差は $d/\lambda = 0.07$ と比較して $d/\lambda =$ 0.29 の方が大きくなった。



(a) $d/\lambda = 0.07$



図2 平面波音場における円筒による散乱波指向特性

3. まとめ

本報告では円筒状物体の散乱波音場解析への埋め込 み境界法の適用について検討した。円筒直径と波長の比 が同じ場合、ほぼ同様の散乱波指向特性となることがわ かった。今後は解析精度向上のため差分スキームの見直 しを行う予定である。

参考文献

 K. J. Bathe, "Immersed Boundary Method", Springer (2020)
 P. M. Morse and K. U. Ingard, Theoretical Acoustics, Princeton Univ. Press, Chap. 8, (1986)

ジャイロモノレールにおける形状と安定性の比較

* 達 泰輝 (東海大学工学部精密工学科)、鈴木 亮哉 (精密工学科)、

**土屋 寬太朗 (東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、長坂 壮志 (機械工学専攻)

1. ジャイロモノレールの概要[1]

ジャイロモノレールとは、回転するコマがその姿勢を変えにくく、傾けるときには力が必要になるという原理を利 用したジャイロを搭載することによって、1本のレールの上を走行する車両のことである。ジャイロによる姿勢安定 装置であるジャイロスタビライザは、ジャイロの性質を利用して、姿勢制御を行う。この理論を確立し、実用に供し たのが、イギリス人の技師Louis Brennanである。ジャイロモノレールの最大の利点としては1本のレールのみで走行 するという点である。バランシングはジャイロが担うため、他のモノレールで必要な軌道から外れないように案内す る車輪である案内輪等も必要としない。また、軌道においてはレールの整備が1本のみでよく、車体では台車の小 型化による車体重量の削減などにより建設費用および維持費用の削減も期待できる。しかしながら、ジャイロモノレ ールは新たな交通手段としての可能性を持つにも関わらず、第1次世界大戦の影響で長年の停滞と実機が現存しなか ったため停滞していた。その後、森博嗣らにより試作機の製作には成功したが、実機の製作という面では大型のジャ イロの製作とそのジャイロの制御を安定して行う方法の開発の2つの課題があり難航している^[1]。先行研究では、森博 嗣のジャイロモノレールを参考にしていたが、横揺れの制御に課題が残った。また、作成したジャイロモノレールは ジャイロの回転力が低かったため、カーブ走行時の車体を元に戻そうとする復元力が足りなくなりすぐに横転した。 そこで本研究では、先行研究の問題点であったカーブ走行時の車体の安定性を改善するために、シングルジャイロモ ノレールやツインジャイロモノレールの各特徴を比較することでジャイロモノレールの長時間の走行やカーブ走行時 の安定性を高める検討を行った。

2. ジャイロモノレールの特徴の比較

Table 1 はシングルジャイロモノレールと横型及び縦型ツ インジャイロモノレールの特徴を相対的に比較した表であ る。シングルジャイロモノレールはジャイロが1機のため、 回転方向に対して、遠心力の方向によって転倒することが考 えられる。一方で、横型及び縦型のツインジャイロモノレー ルはジャイロを2機に変更し、片方のジャイロをもう片方の ジャイロと逆方向に回転させることで左右差を打ち消し合 わせるため、シングルジャイロモノレールよりも安定する。 次にツインジャイロモノレールで比較すると横型ツイン ジャイロモノレールは、進行方向に対して、左右に2機のジ ャイロで構成されている。この構造により、お互いにジャイ ロが逆回転させ、不要なトルクを打ち消し合うことで安定性

Table 1 各ジャイロモノレールの特徴の比較

各項目	シングル ジャイロ	横型ツイン ジャイロ	縦型 ツイン ジャイロ
	モノレール	モノレール	モノレール
車 両 の コ ス ト	0	×	×
停車時の 安定性	Δ	0	0
カ ー ブ 走 行	× (Δ)	Δ	0

が向上し、カーブ走行が可能となる。しかしながら、車両の重心が横方向になるためジャイロ同士が互いに影響し合うことで横揺れが生じることがあり、特にカーブ走行などでジャイロ同士の挙動が影響し合う場合に横揺れが増加することが考えられるため、安定性に欠ける。一方で、縦型ジャイロモノレールは、横型ツインジャイロモノレールと同じ特性を持つが、ジャイロが進行方向に対して上下に備わっている。そのため、車両の重心の位置が進行方向に対して縦方向にあり、揺れを抑えることに最適化されていることが考えられる。以上の検討結果より、縦型ツインジャイロモノレールが最も安定していると考えられる。

3. 結言及び今後の展望

本研究では、シングルジャイロモノレールと横型及び縦型ツインジャイロモノレールを比較した結果、それぞれの ジャイロモノレールにおいて利点と欠点はあるものの、ジャイロモノレールの長時間の走行やカーブ走行時の安定性 を高めるという観点から縦型ツインジャイロモノレールが優れているという検討結果となった。今後は縦型ツインジ ャイロモノレールを作成し、さらなる検討をする予定である。

参考文献

[1] 森博嗣、 ジャイロモノレール、幻冬舎(2019)

拡散方程式を対象とした汎用数値解析ソフトウェアの機能比較

*小池鷹生(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、原田亮(東海大学工学部機械工学科)、**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)

I. 背景

情報技術の発展によって、持ち運び可能なコンピュータでも実行可能な汎用数値解析ソフトウェアが教育、研究、 開発など幅広い分野で用いられるようになっている。しかしながらソフトウェアの特徴がきちんと把握されなければ 実際の問題に対して適切な選択を行うことはできない。また大学の授業や社員教育においても、適切なカリキュラム 作成のためにはこれらのソフトウェアがどのような問題に、どれだけの習得難度で、どれだけの汎用性をもって対応 できるかの把握は重要となる。

拡散方程式は様々な物理現象を説明することのできる時間微分方程式であり、代表的な二階偏微分方程式としてそ の特徴はよく研究されている。拡散方程式は物質であればフィックの法則、熱であればフーリエの法則といった濃度 勾配と流束密度の関係を表す式と、質量あるいはエネルギーの保存則から導かれる連続の式の二つによって示される 時間微分方程式で表される。単純な初期条件の場合であれば適切な条件を定めることで拡散方程式を解くことができ るが、複雑な初期条件においては実質的に代数的な解を得ることが不可能となる場合も多い。また、機械内部での熱 拡散や金属部品における水素拡散のような実際の問題では拡散方程式自体が複雑となることも多い。

II. 分析

本発表では拡散方程式の代数的・数値的計算を行うプログラム実装をベンチマークとして、代表的な数値解析ソフ トウェアである Mathematica、MATLAB、そして数値計算ライブラリである NumPy や SciPy を導入した Python を 対象とした分析を行う。一般的には拡散方程式を含むモデルの計算に対しては差分方程式に置き換えることで機械計 算が行われるが、ソフトウェアによっては代数的に解けるものもある。

それぞれのソフトウェアは習得の難易度、実行環境の制限、そしてラインセンスの価格などの点で差異が見られる。 これらを踏まえた上で、環境に応じた適切なソフトウェア選択について分析を行う。

III. 結論

代数的計算や初歩的なシミュレーションであれば Mathematica が、ある程度複雑なモデルや行列を用いた計算を行 う場合には MATLAB が有望な選択肢として挙げられる。これらに比べた場合機能という側面からは Python は勝る点 が少ないものの、クロスプラットフォーム性と無償であるという点に価値を見出すことが可能である。

教育、研究、開発で適切なソフトウェアが異なる以上、基礎的なプログラミング能力の育成が重要となると考えら れる。変化しつつある社会に対応できる流動性を持った人材の育成という側面からも、こういった数理モデルの構築 と解析ソフトウェアの活用の双方を行うことのできる力が求められていくと考えられる。

参考文献

伊藤清三 拡散方程式(紀伊國屋数学叢書 17) 紀伊國屋書店 1979.

棚橋隆彦 はじめての CFD:移流拡散方程式 コロナ社 1996.

塚本秀史 コンピュータによる拡散方程式の演習 公害研究対策センター 2004.

Si 単結晶太陽電池モジュールの動作点による内部発熱電力の検討

*外石千尋(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電気電子工学専攻)

<u>1.まえがき</u> 太陽電池は太陽光からエネルギーを得ることで発電を行っているが、総合効率向上のために太陽熱も 利用した PVT(Photovoltaic Thermal)システムがある。このシステムでは太陽電池が冷却されるので電気的特性が向上す る。このシステムのより精度の高い制御を実現させるためには、太陽電池自体の発熱を見積もることが重要となる。 そこで、本論文では太陽電池の動作点に対して太陽電池内部で起こっている温度の変化を考慮するために、太陽電池 内部の発熱電力を解析する。この特性が明らかになれば、太陽電池の温度調節の精度を上げることができると考えら れる。さらに、内部発熱分を別の場所で熱エネルギーとしても利用するため

の基礎データとなる。

2.シミュレーション 図1に太陽電池セルの簡易等価回路を示す。なお、 Si単結晶タイプを想定して内部並列抵抗と直列抵抗を無視して取り扱って いる。このセルを34枚直列に接続したモジュールを想定してI-V特性、P-V特性、発熱電力特性をシミュレーションした結果を図2に示す。同図よ り、短絡時では発熱電力は小さいが、開放状態に近づくほど発熱電力が増 加していることが分かる。



4.実験結果 図3に3Aから5Aでの温度特性を示す。ただし、3A,4A,5Aの ときの照度はそれぞれ8400Lux、10960Lux、14260Luxであった。同図より、 シミュレーション通り外部負荷が小さくなるにつれて太陽電池内の温度の 上昇がみられた。また、電流の上昇に伴って、温度が上昇することが確認で きる。これは、電流の上昇により内部発熱電力が増加したことと、ハロゲン ランプが所定の電流を流すためにセルに近づいたことで表面温度が全体に上 昇したためと考えられる。なお、実験時の室温は31℃、実験前の太陽電池の 温度は30℃であった。









5.まとめ 太陽電池の動作点により内部発熱電力が変化することがシミュレーションにより明らかとなった。また、 実験により太陽電池セルの内部発熱による温度特性を得ることができた。今後は、セルを直列に接続し、本来の太陽 電池モジュールの構成で同様の結果が得られるか実験を行う予定である。

大気圧プラズマジェットを用いた CNT シートの親水化 ~印加電圧依存性~ *小野 太雅、田中 奨真、**桑畑 周司(東海大学工学部電気電子工学科)、高尻 雅之(東海大学工学部応用化学科)

1. はじめに

カーボンナノチューブ(CNT)は、炭素原子のみによって作られる六員環ネットワークが単層あるいは複層の同軸管状 (直径 0.5~50 nm)になった物質であり、高い電気伝導率・熱伝 導率、化学的安定性、高い機械的強度を有している。

CNT シートは、この CNT を多数絡ませシート状にしたも ので、表面に微細な凹凸構造を有するため、熱電デバイスな どへの利用が期待されている。しかしながら疎水性(水をは じく性質)のため、性能の向上や実用化には問題が多い。

昨年度の研究から、印加電圧 10 kV で発生させた大気圧ア ルゴン(Ar)プラズマジェットを CNT シートに1 秒間照射する と、親水性が向上することがわかっている。

本研究の目的は、印加電圧 10 kV 以下で発生させた大気圧 Ar プラズマジェットを用いて CNT シートの親水性を向上さ せることである。

2. 実験

CNT シートは、CNT 分散液を多孔質フィルター上に滴下 し真空吸引法によりシート状に形成し、フィルターからはが し自然乾燥させたものである。作製した CNT シートの厚さ は、約80 µmである。

大気E Ar プラズマジェットは、Logy 製高電圧電源 LHV-10AC を用いて、周波数 10 kHz、印加電圧 6~10 kV、Ar ガス 流量 10 L/分間で発生させ、照射距離 5 mm で CNT シートに 1 秒間照射された。

親水性の評価として、Nick 製接触角計 LSE-ME1 を用い水の接触角測定を行った。

3. 結果と考察

図1に CNT シートへのプラズマ照射の様子を示す。全て の印加電圧で、石英管直下がリング状に光っていた。この光 っている部分は、プラズマ中のストリーマがあたっている場 所と考えられる。この結果から、プラズマ中のストリーマの 分布は、石英管内で均一ではなく、石英管の内壁付近に集中 していることがわかった。印可電圧が増加すると、光ってい る点が多くなり、リングがはっきりしていった。

図2にリング中央での水滴の様子を示す。水の接触角は、 未照射では97°、6kVでは94°で未照射とほとんど変わら ず、親水性の向上はないと考えられる。7kVでは42°、8kV では27°、9kVでは33°、10kVでは28°であった。 図3に接触角の印加電圧依存性を示す。接触角は、8kV以上ではほとんど変わらないように見える。この結果から、 CNTシートの親水性の向上には、8kVのプラズマ照射でも 十分であることがわかった。

当日のポスター発表では、走査型電子顕微鏡(SEM)を用い て観察した CNT シート表面の変化についても示す予定であ る。

謝辞 本研究にご協力頂きました東海大学技術共同管理室の 蟹江善美博士に感謝致します。



 7kV
 8kV
 9kV
 10k

 図1
 CNT シートへのプラズマ照射の様子







大気圧プラズマジェット照射によるモルタル表面の撥水剤の無効化

*太田 楓生、望月 駿介、**桑畑 周司 (東海大学工学部電気電子工学科)、笠井 哲郎 (東海大学建築都市学部土木工 学科)、福島 誠司 (建装工業株式会社)

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、セメント・水・細骨材(砂)を練り混 ぜたもので、粗骨材(砂利)を入れるとコンクリートになる。

経年劣化したビル、橋梁、トンネルなどのコンクリート構 造物の補修において、表面に塗布されている撥水剤の撥水効 果を無効化する必要がある。現在は砂を高速で吹き付けるサ ンドブラスト法や電動工具で削り取る方法などが用いられて いるが、舞い上がる粉塵や騒音などの問題があり、これに替 わる方法が求められている。

昨年度の研究において、大気圧アルゴン(Ar)プラズマジェ ットをモルタル表面へ 60 秒間照射すると撥水剤を無効化で きることを明らかにした。本研究の目的は、大気圧 Ar プラズ マジェットを用いてモルタル表面の撥水剤を 60 秒間よりも 短い照射時間で無効化できるのかを明らかにすることである。

2. 実験

モルタル試料は、日本ペイント製撥水剤ニッペ アクアシ ール 200S(無色透明)に1週間浸漬された後、1週間自然乾燥 された。大気圧 Ar プラズマジェットは、Logy 製高電圧電源 を用いて周波数 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 5 mm でモルタル試料に1、10、 20、30、60 秒間照射された (図 1)。

撥水性の評価として、Nick 製接触角計 LSE-ME1 を用い、 水の接触角測定を行った。

3. 結果と考察

図2 にモルタル表面での水滴の様子を示す。未照射では水 滴は丸くなり、水がはじかれていることがわかる。この時の 接触角は 142°であった。1 秒間照射では 87.4°、10 秒間照 射では 28.0°、20 秒間照射では 10.4°、30 秒間照射では 3.4° であり水が浸み込んだ、60 秒間照射では 0°であり水が浸み 込んだ。

図3に水の接触角のプラズマ照射時間依存性を示す。プラ ズマ照射時間の増加に伴い接触角は急激に低下することがわ かった。30秒間以上の照射で水が浸み込んだことから、我々 は30秒間のプラズマ照射で撥水剤の効果を無効化できたと 判断した。



図1 モルタル試料へのプラズマ照射の様子










大気圧プラズマジェットを用いたアンモニアの合成 ~空気中に発生したアンモニアの捕集~ *小池 駿聖、山家 郁也、**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

世界全体でのアンモニア(NH3)の用途は、その約8割が農産 物の肥料で、残りの2割は工業用でメラミン樹脂や合成繊維 のナイロンなどの原料である。世界の人口は現在も増え続け ているため、食料確保の必要性から考えても、肥料として利 用されるアンモニアは極めて重要である。また、燃焼させて も温室効果ガスである二酸化炭素(CO2)を発生させないうえ、 液体になりやすく貯蔵や運搬が容易なことから、火力発電な どのエネルギー源としても期待されている。

本研究室のこれまでの研究において、蒸留水に大気圧アル ゴン(Ar)プラズマジェットを照射すると、空気中及び水中に アンモニアが生成されることが見出されている。昨年度の空 気中に発生したアンモニアの捕集実験では、水面に対し垂直 方向にプラズマを照射し吸引用シリコンチューブも水面に対 し垂直方向に設置していた (図 1)。私たちは Ar ガスによって 発生した空気の流れが中心から全体に広がっていくと考えた ので、この吸引用シリコンチューブの位置では充分な捕集が できないと考えた。本研究の目的は、Ar ガスによって発生し た空気の流れを一方向となるようにプラズマの照射角度と吸 引用チューブの設置位置を変化させることでアンモニアの捕 集量を増加させることである。

本発表では、適切な印加電圧を調べるために、印加電圧を 8~10kV と変化させた結果を報告する。

2. 実験

大気E Ar プラズマジェットは、ロジー製高電圧電源 LHV-10AC を用いて、印加電圧 8、9、10kV、Ar ガス流量 10L/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 30 mL入れ、接地したアルミ板上で水面に対し 30° でプラズ マを照射した (図 2)。照射距離(石英管先端の中心から水面 まで)は7 mm とした。

ペトリ皿の側面に沿ってポリプロピレン(PP)製の高さ5 cm の壁を取り付ける事で、より多くのアンモニアを捕集するこ とができると考えた(図3)。

3. 結果

図4にプラズマ照射の様子 (印加電圧依存性)を示す。印加 電圧 8 kV では、プラズマは発生するが石英管の外へは噴出 せず、水にはあたらなかった。印加電圧 9 kV で、プラズマは 水にあたり始めたが間欠的であった。印加電圧 10 kV では連 続的にあたっていた。 4. まとめ

水面に対し30°でプラズマを照射する場合、印加電圧は10 kVが必要であることがわかった。今後は、この条件でのアン モニアの合成量を測定する予定である。



図1 昨年度のプラズマ照射の様子



図2 今年度のプラズマ照射の様子



図3 真上から見た照射の様子



図4 プラズマ照射の様子 (印加電圧依存性)

Pd をめっきした g-C₃N₄を添加した気化熱冷却 CNT 熱電発電デバイスの性能評価

* 奥津 玲音(東海大学工学研究科応用理科学専攻)、平澤 俊(東海大学工学部材料科学科)、高尻 雅之(東海大学 工学部応用科学科)

1. 緒言

近年、実世界とサイバー空間の相互連携した社会(Cyber Physical System / Internet of Things: CPS/IoT 社会)が注目されているため、配線不要で使用できる独立電源の需要が高まると考えられる。独立電源として熱 電発電を利用し、熱電変換材料には、室温付近にて高性能で小型化が可能という点などから単層カーボンナノ チューブ(SWCNT)が注目されている。しかし、熱電発電は熱源がないと温度差が生まれず、発電ができないと いう欠点がある。本研究では、我々が開発した熱源が不要な気化熱冷却を利用して発電する CNT 熱電発電デバ イスを使い[1]、水分解能をもつ光触媒であるグラフィティックカーボンナイトライド(g-C₃N₄)を助触媒である Pd と共に SWCNT へ添加することで、電力生成能と水素発生能を併せ持つデバイスの作製を目的とした。そこで、 本研究ではまず、g-C₃N₄と Pd が熱電発電デバイスに与える影響について検討した。

2. 実験手順

デバイスの作製方法は以下の手順で行った。まず、SWCNTとエタノールをビーカーに入れ、超音波ホモジナイ ザーを用いて SWCNT 分散溶液を作製した。作製した分散溶液にすり鉢で粉砕し、細かい粉末にした g-C₃N₄ へ Pd を無電解めっきした粉末を添加した。溶液をスターラーで攪拌し SWCNT と Pd をめっきした g-C₃N₄ の混合溶液を 作製した。作製した混合溶液を減圧濾過法にて混合自立膜(以下 BP とする)を作製した。基板としてポリイミ ドフィルムを使用し4つ穴を開けた。それぞれの開口部に対して2倍になるよう BP を切り取り開口部に被せて 貼り付けた。4 つの BP を銅細線で BP を直列回路に結線し、デバイスを作製した。作製したデバイスを水に浮か べ、人工太陽灯にて照射した。照射中にデータロガーを用いて出力電圧を測定した。

3. 実験目的

先行研究より、SWCNT と g-C₃N₄のみでは水素発生ができないことが確認できた。今回の助触媒である Pd を g-C₃N₄へめっきすることでキャリアの寿命を延び、光照射時に水分解ができると予想される。そこで、水素発生の 条件と共に Pd をめっきしたことによる BP の P.F. への影響と、デバイス応用した際の影響を調べる。



Fig. 1. SEM image of CNT film added with $g\text{-}C_{3}N_{4}$



Fig. 2. Pd-plated g-C₃N₄

4. 結言

将来的に水素発生能力を付与するために気化熱冷却 CNT 熱電発電デバイスに Pd をめっきした g-C₃N₄を添加 した。実験結果から各種条件で比較検討し、電力生成と水素発生の最適な条件を探索する。

5. 謝辞

本研究で用いた SWCNT (SG-CNT ZEONANO SG101)を試供して頂いた日本ゼオン株式会社、に感謝いたします。 また、本研究は東海大学・総研プロジェクトの支援を受けて行いました。

6. 参考文献

[1] T. Chiba, Y. Amma, M. Takashiri, Sci. Rep. 11 (2021) 14707.

E-005

窒化ガリウム光触媒を用いた人工光合成システムの構築・ギ酸生成

加茂 直記(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)、渋谷 猛久(理系教育センター)

1. 研究の背景・目的

近年、二酸化炭素排出量の増加による地球温暖化問題が深刻化しており、これを解決できる技術として人工光合成 技術が注目されている。現在、窒化ガリウムウエハを光触媒とした手法が考案されているが高いコストが難点であ る。本研究では窒化ガリウムの粉末から光触媒電極を作製することにより低コストでの人工光合成を試みる。

2. 原理

光触媒に光照射することよって水が水素イオン、酸素、そして電子に分解され、水素イオンは陽イオン交換膜を介 して、電子は光触媒と接続された銅線で金属触媒側に移動する。金属触媒側の容器内に存在する二酸化炭素と水素イ オン、電子が反応することによりギ酸が生成される。

3. 実験方法

アクリル容器を用いて2層式電解槽を作製した。この容器の光触媒側に1mol/LのNaCl水溶液、金属触媒側には0.5mol/LのKHCO3水溶液を250mlずつ入れた。光触媒はニッケル基板に窒化ガリウムペーストをスクリーン印刷法で作製したものを使用した。金属触媒は直径が2インチの丸いインジウム板とした。光触媒とインジウム板は銅線で電流計に接続し、光電流を測定する。中心波長363.4mmの紫外線照射装置を用い72時間光照射を行った。その後、金属触媒側の溶液を採取し、濃縮処理を行ったうえで核磁気共鳴法(NMR)を用いて成分分析を行った。

4. 結果

光電流は光照射開始後 30 分で 20 μA に到達した後減少し、2 時 間後 15 μA 前後で安定、それ以降は光照射終了後まで安定して電 流が流れ続けた。NMR の結果を Fig. 1 に示す。KHCO3 水溶液の 蒸発後の質量は 17.6 g であり、ギ酸のケミカルシフトである 8.3 ppm 付近に 0.00071 rel(強度)のピークが見られギ酸の存在を確認 出来た。



5. 考察

NMRの結果からギ酸の濃度は3.2 mmol/L、濃縮倍率が28倍であることから、人工光合成容器内250 mlに生成された ギ酸の濃度は114 µmol/L、生成量は28 µmolと考えられる。次に照射した紫外線のエネルギー量、ギ酸の生成エネルギ ーからエネルギー変換効率を算出した。その結果二酸化炭素からギ酸へのエネルギー変換効率は0.0062%と算出され た。参考にした文献の人工光合成システムでは0.15%であり25分の1の変換効率となった。

6. 結論

ペースト法を用いて吸着させた窒化ガリウム光触媒とインジウム金属触媒を用いて二酸化炭素、水、紫外線からギ 酸の合成を試み、ギ酸の生成を確認出来た。

ギ酸の生成量は72時間で28 µmolと推定され、二酸化炭素からギ酸へのエネルギー変換効率は0.0062%であった。

謝辞

本研究を行うにあたりNMRの測定にご協力頂きました東海大学技術共同管理室,小田 慶喜氏に感謝します。

参考文献

四橋 聡史、出口 正洋、羽柴 寛、山田 由佳、大川 和宏, 窒化物半導体を用いた人工光合成システム, 応用物理
 学会 光学 43 巻 6 号 2014 年、https://annex.jsap.or.jp/photonics/kogaku/public/43-06-gijutsul.pdf.

非 Cs 型負イオン源 TPDsheet-U での負イオンビームに対する 第二陽極バイアス法と Ar 添加の影響

*三浦 海人(東海大学利根川研究室)、大沼 龍一(東海大学利根川研究室)、岡田 尚徳(東海大学利根川研究室) **利根川 昭(東海大学理学部物理学科),佐藤浩之介(九州大学)

核融合装置における中性粒子ビーム入射(NBI)装置の多くは Cs 型負イオン源を用いているが、Cs 蒸気が引き出し 電極に付着することでの絶縁破壊や真空容器内に Cs が堆積することで定期的なメンテナンスが必要となり、長時間の 運転が困難である。そこで私たちは、シートプラズマを用いた非 Cs 型負イオン源の開発を行っている[1-4]。この非 Cs 型負イオン源では、引き出し電極(EG)への高熱負荷を防ぐために、随伴電子と引き出し負イオンの電流比 JEG / JH-を 0.5~1.0 以下にする必要がある。先行研究により、TPDsheet-U で生成したシートプラズマを用いた非 Cs 型負イオン 源が提案されている[1,2]。本研究は、生成したシートプラズマ中へ Ar 添加を行うと同時に第二陽極にバイアスを印 加した際の電流密度特性について明らかにした。

第二陽極に 12V 加え、Ar ガス流量を 0~2sccm 加えたとき、電流密度比を 1 以下に抑えつつ、負イオン電流密度 J。 を増加させることに成功した。



図.1.非Cs型負イオン源 TPDsheet-U



図.2.水素プラズマ中へのAr 添加及び第二 陽極バイアス印加による電流密度特性

参考文献

- [1] K.Hanai, et. Al., Fusion Eng. Des. 146 (2019) 2721.
- [2] K.Kaminaga, et. Al., Rev. Sci. Instrum. 91 (2020) 113302.
- [3] K.Kaminaga, et. Al., Fusion Eng. and Des. 168 (2021) 112676.
- [4] A. Tonegawa, et. Al., Nucl. Fusion 61 (2021) 106030.

ICR 加熱に対する非接触プラズマのバルマー系列2次元発光強度特性

*岡田尚徳(東海大)、大沼龍一(東海大)、**利根川昭(東海大)、佐藤浩之助(九州大)

将来の原型炉では、炉心プラズマから放出される膨大な熱と粒子流を適切に管理する必要がある。しかし、 大型の核融合装置では、先進的なダイバータに関する基礎研究を短期間で行うことは困難である。そこで、 小型の直線型ダイバータ模擬装置を用いた非接触プラズマの熱負荷低減に関する基礎研究が行われている。 この直線型ダイバータ模擬装置の利点は、定常状態の非接触プラズマを生成でき、様々な計測装置と容易 に接続できることである。この利点を生かし、発散磁場配置や長いダイバータレッグなどを持つ先進ダイ バータにおける完全非接触プラズマの安定化の研究は、将来の原型炉にとって重要である。

しかし、通常の直線型ダイバータ模擬装置の欠点は、生成されるプラズマのイオン温度が数 eV と低く、 核融合ダイバータプラズマのイオン温度(~10-20eV)よりも一桁低いことである。核融合ダイバータプラ ズマのイオン温度は数十 eV であり、電子温度(~10eV)と同等かそれ以上である。定常プラズマや高密度プ ラズマにおいて、非接触プラズマ形成過程の基礎研究を行うためには、イオン温度を数 eV から 20eV 程度 まで上昇させる必要がある。

そこで本研究では、非接触プラズマの遷移過程をさらに詳しく調べるために、直線型ダイバータ模擬装置 TPDsheet-Uを用いて高密度シートプラズマ(~10¹⁸-10¹⁹ m⁻³)を生成し、シートプラズマ中に平行平板電極を 配置し、ICRH でイオンを加熱し、拡散磁場領域に流出するバルマー系列の非接触プラズマの2次元発光分 布(H_a, H_β, H_γ)を Arbaa プリズムを備えた高速度カメラで測定し、(プラズマの電子密度と電子温度)を Langumuir プローブで測定した。その結果、プラズマ中心部と周辺部におけるプラズマの振る舞いを観測 し、イオン温度の変化に対する非接触プラズマから接触プラズマへの遷移過程を明らかにした。



図 1. ガス圧 0.8Pa における ICR 加熱パワー変化による非接触プラズマのバルマー系列 (Hα, Hβ, Hγ)の2次元分光特性。

バイオ蛍光による経皮エタノールガス動画像化と手腕部位での応用評価

*石田 遼太郎、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) 市川 健太、飯谷 健太、**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】

呼気や皮膚から排出される血中の揮発性有機化合物(VOCs)は、疾病や代謝状態により濃度が変化するため、経皮ガスの空間分布情報を動画像化し検出することで、経皮ガスの顕著な放出部位の特定および放出動態の評価が可能となり、簡便かつ非侵襲代謝評価・疾患スクリーニングが期待される。しかし経皮ガスは発汗がノイズとなり、血中由来 VOCs 計測に影響を与えると考えられる。本研究では EtOH をモデル成分ガス、そして手腕部を対象部位として、生体 ガス動画像化システム(sniff-cam)により撮像する経皮 EtOH ガス分布と、同部位で計測する発汗速度を比較し発汗の経 皮ガスへの影響を調べ、さらに代謝モニタリングに適した部位の検討を行った。

【実験方法】

経皮由来の EtOH ガスはアルコール脱水素酵素(ADH)にて酸化触媒することで、自家蛍光(励起: 340 nm, 蛍光: 490 nm)を有する NADH を生成する。この NADH 蛍光強度の経時的変化を高感度カメラにより撮像することで、EtOH ガス濃度を 2 次元分布として動画像化することとした。ガス動画像化装置は UV-LED 励起光源、励起光用バンドパスフィルタ(BPF, λ = 340 ± 42.5 nm)、ADH 固定化メッシュ、蛍光用 BPF (λ = 490 ± 5 nm)、高感度 CCD カメラをそれぞれ光 学同軸上に設置して構築した。ADH 固定化メッシュは、ADH、ウシ血清アルブミン、リン酸緩衝液(PB, pH 8.0, 0.1 M) の混合液をメッシュ状のコットン担体(9×9 cm²)に滴下し、冷暗所(4 °C、1 時間)にて乾燥させた後、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、再度冷暗所(4 °C、1.5 時間)にて乾燥させた後、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、再度冷暗所(4 °C、1.5 時間)にて軟化型した。また EtOH 動画像化の前 に、10 mM の NAD⁺溶液でメッシュを浸潤させた。本実験では、経皮 EtOH ガスの測定部位として手腕部(①手掌、②手背、③手首)を選択し、アルコール飲料摂取から 90 分経過まで、15 分毎に対象部位をメッシュに翳し(30 秒間)、経 皮 EtOH ガスを動画像化した(東京医科歯科大学 倫理委員会 承認番号 2012-06)。また経皮ガス濃度と発汗量の関係を 調べるため、ガス動画像化の直後 1 分間の発汗量を発汗計にて計測した。なお予め、アルコール代謝能での差異を調 べるため、アルコールパッチテストにて被験者の 2 型アルデヒド脱水素酵素(ALDH2)の活性を調べた。

【結果および考察】

図1に、飲酒後30分後における被験者(ALDH2活性型[+]と不活性型[-])の手腕部(①~③)における経皮EtOHガス濃度と発汗量を示す。この図に示すように、いずれの部位においても経皮EtOHガスが確認され、特に①手掌部にて高い

EtOH 濃度と発汗量が検出された。しかしながら、血液由来の経皮 EtOH ガスの計測および動画像化では、温熱発汗や精神発汗は経皮 EtOH ガス 計測でのノイズとなることから、①手掌部よりも、発汗量が少ない②手背 および③手首が適した部位だと考えられる。なお既報どおり ALDH2[-]で は経皮 EtOH 濃度が高く、これは EtOH の代謝産物であるアセトアルデヒ ドを酸化する ALDH2 の活性が低いため、EtOH の酸化も遅滞するものと 考察された。以上、開発した装置にて飲酒後の経皮 EtOH ガスの計測が可 能で、発汗の影響が少ない②手背や③手首が適した部位と考えられた。今 後、同装置の感度向上および多様な経皮ガスの評価へと展開を図る。



アルコール脱水素酵素の還元反応に基づくアセトアルデヒド用バイオセンサ

*蒋 屹(東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科)

市川 健太、飯谷 健太、**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】

多様なアルデヒド系の揮発性有機化合物(VOCs)が呼気や皮膚ガスなどの生体ガスに含まれており、体外へ放出され ている。最も代表的な有機物はアセトアルデヒド(AcH)であり、飲酒では肝臓でのエタノール(EtOH)が酵素的に酸化さ れ、代謝中間体として生成される。AcH は有害な成分で、DNA と作用して DNA 付加体を形成し、遺伝子の突然変異 を引き起こし、細胞の発がんリスクを高めることが報告されている。また体内にて AcH を代謝分解する 2 型アルデヒ ド脱水素酵素(ALDH2)の活性には個人差があり、生体ガスに含まれる血液由来の AcH 濃度を調べることで、ヒトの代 謝評価や疾患の早期予防診断に利用できるものと期待される。しかし、既存の生体ガス測定装置は大型かつ操作が煩 雑で、日常利用にはセンサの小型化や可搬性が求められる。さらに、生体ガス中の成分組成は複雑かつ多様であるた め、高い分子選択性を有するガスセンサが必要である。本研究では AcH を選択的に検出するため、酵素の基質特異性 に基づく生化学式ガスセンサ(バイオスニファ)を構築し、呼気中 AcH 計測への応用を検討した。

【実験方法】

本センサでは、AcH のアルコール脱水素酵素(ADH)による還元反応の際に、還元型ニコチンアミドアデニンジヌク レオチド(NADH)が消費されることから、NADH の自家蛍光(励起波長:340 nm、蛍光波長 490 nm)の減少を検出する ことで AcH を測定することとした(図 1)。上記に基づき構築したセンサ実験系を図 2 に示す。本センサは、酵素膜を隔 膜とする気液隔膜フローセルと NADH 蛍光検出プローブにて構成した。蛍光検出プローブでは、紫外線発光ダイオー ド(UV-LED)を光源として、波長 340 nm のバンドパスフィルタ(BPF)を介して NADH 励起光源を二分岐光ファイバに導 入し、気液隔膜フローセル内部での NADH の自家蛍光を同プローブそして蛍光波長の BPF を介して光電子増倍管 (PMT)にて検出する。気液隔膜フローセルでは液相セルに NADH 補酵素を含む緩衝液を連続供給し、気相セルより透

過拡散する AcH を ADH 固定化膜にて還元した際の NADH 蛍光 減少を検出し、AcH ガスを連続的に測定する。なお標準 AcH ガ スを気相セル部に 200 mL/min で負荷し、また NADH 含有の緩衝 液を液相セル部に送液(1.5 mL/min)することとした。

【結果および考察】

作製した ADH バイオスニファに異なる濃度の AcH ガス(10~10000 ppb-v)を負荷した結果、ガス負荷において蛍光強度の減少お よび濃度に応じた定常値が観察された。得られた定常値をもとに 検量線を算出したところ、安静時(24±17 ppb-v)および飲酒後の呼 気中 AcH 濃度(1.2~6.0 ppm-v)を含む 20~10000 ppb-v で AcH ガ スの定量が可能であった。また、呼気に含まれる他の主要な成分 を負荷した結果、酵素の基質特異性に基づく高い選択性が確認さ れた。今後、本センサを用いた生体ガス中 AcH モニタリングへと 展開を図る。



図 1. ADH の還元反応による AcH 蛍光計測原理



酵素サイクリング反応に基づくアセトアルデヒドの高感度計測

*建守 茉胡、前野 夕紀(東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科) 市川 健太、飯谷 健太、**三林 浩二(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)

【はじめに】

アセトアルデヒド(AcH)は、呼気や皮膚ガスなどの生体ガス中に含まれるアルコール代謝の中間産物である。飲酒に て体内に摂取されたエタノール(EtOH)はAcHへ分解し、さらに酢酸へと代謝される。これら揮発性物質はいずれも、血 中から肺でのガス交換にて呼気ガスや、皮膚の透過を経て経皮ガスとして体外へ放出されることから、生体ガス計測 にて非侵襲的なアルコール代謝評価が可能と期待される。特に、皮膚ガスは被験者への負担が少なく、継続的な採取 が可能であることから連続計測に適しているが、呼気に比して極めて低濃度であることから高感度な計測技術が求め られる。本研究では皮膚AcHガスの高感度連続計測を最終目標として、アルコール脱水素酵素(ADH)とアルコール酸化 酵素(AOD)によるサイクリング反応を利用した「高感度なAcH溶液用バイオセンサ」の開発を行った。

【実験方法】

サイクリング反応は複数の酵素間で基質および生成物を共役させて、補酵素等の消費・生成量を増幅する手法である。本研究では、「AcHを基質として、ADHの還元触媒反応にてEtOHを生成」した後、「EtOHを基質とするAODによりAcHを再生成」するサイクリング反応(図1)にて、AcHの高感度測定を検討した。ADHはAcH還元時に自家蛍光(Aex: 340 nm, Aem: 490 nm)を有する補酵素ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(NADH)を酸化し、蛍光を示さないNAD+を生成する。つまり、ADH単体でも蛍光強度の減少量からAcHの定量が可能であるが、本サイクリング反応では、再生し

たAcHをADHが還元しNADHをさらに消費し、蛍光強度の減少 量が増すことで出力増幅を図る。実験では、まずNADHを含む 溶液にADH添加した後、AcHを滴下して「ADH単体での蛍光 減少量」を測定した後、AODを滴下して「ADH/AODサイクリ ング反応での蛍光減少量」を測定した。





【結果および考察】

図2に、ADHとAODによるサイクリング反応での出力応答を示す。初 期値は溶液中のNADHの自家蛍光に基づく高い蛍光強度を示す。その後、 ADHを添加した際も、溶液中に基質AcHが存在しないため酵素反応が生 じず蛍光強度は一定値を示した。次に、基質AcHを加えるとADH触媒反 応に基づくNADHの消費が生じて蛍光が減少し、定常値を示した。その 後、AODを添加すると蛍光強度が急速かつ連続的に減少し、最終的に蛍 光強度は下限値を達した。つまり、ADHのみではAcH還元により溶液中 のAcH濃度が減少するものの、EtOH濃度が増加し、反応が平衡状態とな る。しかし、AODを添加することでADHの反応生成物であるEtOHが AcHに再酸化され、ADHによるNADH消費が継続し、蛍光が減少した ものと考えられる。今後、両酵素を固定化した膜を用いて、サイクリン グ反応による高感度なAcH用バイオセンサの開発を進める。



図 2. 各溶液滴下(NADH、AcH、ADH、AOD) での出力応答およびサイクリング反応の確認

唾液粘性計測のための表面弾性波(SAW)センサの開発

*平松将太郎、郝再晨(東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科)、 市川健太、飯谷 健太、**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】

唾液分泌量の低下は齲蝕や歯周病などの疾病発症を引き起こすことから、分泌量と関連する唾液粘性率は重要な健 康指標である。唾液粘性率は「安静時唾液」「刺激唾液(食事や運動時)」等で異なり日内変動が大きく、個々での唾液 分泌量の正常な範囲は広いため、唾液分泌量の減少を把握するには簡便で連続的な計測・評価が求められる。しかし 既存の粘度計は装置が大型であり、かつサンプルを用いたバッチ測定であるため、唾液の簡便な計測や連続評価には 適さない。本研究では、小型かつ少量サンプルでの測定が可能な表面弾性波 SAW(Surface Acoustic Wave)素子を用いた 粘性率センサを開発し、まず唾液測定の繰り返し使用における感応部のコーティング法を検討し、唾液粘性率の定量 特性を評価した。

【実験方法】

本研究での SAW 素子(日本無線製)は、ピエゾ素子である石英基板上に金薄膜を成膜した櫛型の入射電極と反射電極、 SAW 伝搬部から構成され、感応部表面近傍の粘弾性変化を入出力信号の位相差として検出する。センサの繰り返し使 用に際して、センサ感応部表面へのタンパク質の非特異吸着を防ぐため、①bare、②perfluorocarbon(1-100 mM)、③ PMEHB(0.05-0.5 wt%)の3種のコーティング剤をそれぞれセンサに塗布し、粘液性タンパク質の mucin(4.0 mg/mL)を添 加した人工唾液(ASm, 15 µL)にて位相変化特性を調べ、最適なコーティング法を検討した。SAW 素子の洗浄には mucin を添加しない人工唾液 (AS)を用いた。次に、コーティングした SAW センサと市販粘度計を用いて、唾液希釈サンプ ル(食後2時間そして歯磨き後30分経過した被験者から採取、0.78-100 vol%に AS で希釈)に対する出力変化を測定し た(東京医科歯科大学 倫理委員会承認:D2019-051)。またセンサの経時安定性について、ASmの粘性率測定を6日間実 施(5 回/日)し評価した。

【結果および考察】

まず①~③のコーティング剤処理を評価したところ、③0.1 wt% PMEHB にて「洗浄後の初期値への回復率」(87.4%)、 「良好な再現性(C.V. =2.8%)」を示したことから、以後の実験に用いることとした。図1に、③で処理した SAW セン

サおよび市販粘度計で行った唾液希釈サンプルの粘性率測 定結果を示す。この図に示すように、市販粘度計は12.5-100 vol%の唾液希釈サンプルに対して相関が見られたが、低粘度 域での出力が不安定であった。一方、SAW センサでは10.0-100 vol% の唾液希釈サンプルに対して良好な相関が確認さ れた。これらの結果より、試作 SAW センサは市販粘度計と 同等またはそれ以上の性能で、唾液粘性率の計測が可能であ ることが示唆された。また経時安定性の評価では、2日目に 出力が23%減少したものの、その後4日目まで平均77%の 出力が確認された。今後は、本 SAW センサによる口腔内環 境での唾液粘性率計測へと展開する。



ロ腔温の無拘束モニタリングのための無線式マウスガード型温度センサ

*藤野 聖也(東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科)、横田 くみ、市川 健太、飯谷 健太(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)、Dzung Viet Dao(グリフィス大学)、**三林 浩二(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)

【はじめに】

体温は人間の健康状態を判断し治療につなげる重要なバイタルサインであり、あらゆる疾患診察の第一歩として測定される。また、平常時においても正確な体温を継続的に測定することは、月経周期の把握や感染症の早期発見に繋がるなど、健康管理において極めて意義が高い。さらに認知症やアルツハイマー病など、自身で継続的に体温を測定することが困難な状況においては、ウェアラブルデバイスによる無拘束かつ連続的な体温測定手法が求められる。臨床では、医学的に重要視される深部体温に近い腋窩温や口腔温などが測定されるが、腋窩は発汗や外気の影響を受けやすいため、正確な体温測定が困難である。一方、口腔はアクセスが容易であり、口を閉じるだけで外部と遮断できるため、外気の影響も小さい。また、口腔には豊富なスペースがあり、マウスガード(MG)型デバイスとしてセンサや回路を配置可能であるなど、ウェアラブルデバイスによる体温の連続測定に適した部位である。そこで本研究では口腔温の無拘束モニタリングを目的として、無線式MG型温度センサを開発し、その定量特性を評価した。

【実験方法】

本研究では、サーミスタ、ポテンショスタット、無線送信機、バッテリーの4つの主要部品を、真空成型により作製 した2層のMG(polyethylene terephthalate glycol, PETG, ERKODENT)間に封入して無線式 MG 型温度センサを作製した。 サーミスタ(504GT-2, Semitec)は通常の口腔温範囲(36.0~38.0℃)で高感度測定が可能となるよう選定し、定電圧を負荷 した際の出力電流をポテンショスタットで測定し、Bluetooth Low Energy 規格に則り1Hz で PC、タブレットまたはス マートウオッチへの無線伝送を可能とした。なおバッテリーには動作電圧の安定性を考慮し、酸化銀ボタン電池 (SR716SW, Panasonic)を用いた。特性評価実験では MG 型センサを 30~50 ℃ の水中に各 3 分間浸漬し、出力応答の変 化を測定した。また、MG に封入前のサーミスタ単体についても同様な実験を行い比較した。

【結果および考察】

MG型温度センサを各温度に調整した水に浸漬した際の出力電流を図 1 に示す。なお、0~1 分および 4~6 分の間は、センサを水中から取り 出し、25℃室内に静置した。図に示すように、各温度の水中に浸漬した 際、電流値の上昇が観察され、その後温度に応じて定常値に収束する様 子が観察された。このとき、収束値の 90%に達するまでの時間は 12.2 s であり、MG 材料への封入前のサーミスタ単体(3.2 s)に比して応答性が 低下したが、これは MG 材である PETG の熱伝導率が水に比べて低いた めと考えられる。なお MG 型と単体のサーミスタの両者の各温度に対す る出力電流値の相関係数は *R* = 0.999 で、温度定量への影響は生じなか った。これらの結果から、試作した MG 型温度センサは、口腔内にて 温度を定量可能かつ温度変化への追従が可能な応答性を有し、口腔温



図 1. 異なる温度(30, 40, 50 ℃)の水中にお ける MG 型温度センサの出力電流値の経時変

の無拘束モニタリングにおいて有効であると考察された。今後は被験者に装着した状態での特性評価や、長時間連続 計測による口腔温モニタリングを実施する。

足動作による運動準備電位の研究

*青木裕資(東海大学工学部医用生体工学科)、高橋玲音(東海大学工学部医用生体工学科)、リーラシリ プワデ(東海 大学大学院工学研究科)、安藝史崇(東海大学工学部医用生体工学科)、**山崎清之(東海大学工学部医用生体工学科)

1.はじめに

脳と機器をつなぐ Brain Machine Interface (BMI)の研究は、高齢者や障害者などのコミュニケーションデバイス への応用の期待が高まっている。また、AI による深層学習を用いて、脳波のような時系列データを深層ニューラル ネットワークに入力して被験者の意図について、予測や分類が行われている^[1]。そこで本研究では、BMI の適切な制 御を目的として、画像指示による実運動と動作想起、任意のタイミングでの実動作の3条件において、左右での足に おける運動準備電位 (RP)を測定し、その後 LSTM を用いて RP の左右の足の判別を行った。

2. 方法

2.1 実験方法

電極は国際 10/20 法に基づき、F3、F4、Fc1、Fc2、Fc3、Fc4、Cz、C1、C2、C3、C4、P3、P4、A1、A2 に装着した。 まず,第一の条件として、"Ready"の画像提示で運動の準備をさせ、次に"青丸"又は"赤丸"をランダムに各 50 回ずつ PC ディスプレイに表示し、前者では被験者にボタンを押すよう、後者ではボタンを押すイメージを想起する よう指示し、RP を測定した。次に第二の条件として、指示は行わず被験者に任意のタイミングで上記と同様に足でボ タンを押させ、RP を測定した。

2.2 解析方法

RP の波形を得るために、動作開始時点をトリガーとして 1500ms 前から 500ms 後の間の波形を 50 回加算平均し、グラフ化した。また、各条件の RP の生データを入力として、深層学習(LSTM)を用いて分類を試みた。 3. 結果

得られたデータから作成したグラフの一例を、Fig.1に示す。Fig.1に おいて、t=0[ms]で実動作の画像提示を行ったが、t=-600[ms]からいず れの電極においても波形はおよそ直線的に陰性側にシフトし、また t=300[ms]では一時的に下降し、古典的な RP の波形を示した。^[2]さらに LSTMによる分類の結果、実動作、想起時ともに、左右どちらの足の動 作かを判別できた。



4. 考察及び今後の展望

本研究より、足動作においても被験者の動作足や意図の有無を脳波から抽出可能であることが分かった。これにより、下肢の欠損や障害等を 有する患者のBMIの構築に応用可能と思われる。

5. 文献

[1] Puwadej Leelasiri, Fumitaka Aki, Kiyoyuki Yamazaki et al. Experimental study on the difference in Readiness Potential in task Controlled and Voluntary movement. IEEE EMBC 2023; 24th-27th July 2023, Sydney, Australia

[2] Hans H. Kornhuber, Luder Deecke: Pflugers Archfur die gesamte Pysiologie des Menschen und der Tiere, June 1965.

チェッカーボードの細かさと視覚誘発電位の関連性

*大川 更(東海大、医用生体工)、野田 賢(東海大、医用生体工)、木村 達洋(東海大、文理融合) **山崎 清之(東海大、医用生体工)

1. 実験背景

近年、VDT (video display terminal) 障害が一般的に問題視されるようになってきた。VDT 障害とは、コンピュー タなどの画面を、長時間使うことによって引き起こされる心身への悪影響である〔1〕。視覚誘発電位を用いた脳波の 研究においても、VDT 障害が発生する可能性がある。そこで本研究では、視覚誘発電位計測の安全性を検討するため に、チェッカーボード刺激を最適化する方法を模索した。

2. 方法

2.1 実験方法

被験者には頭部に電極(C3, C4, P3, P4, 01, 02)を装着し、静電シールド内にて光刺激提示条件下で脳波を測定した。実 験画像として、格子の一辺の長さが 0.65cm、1.3cm、2.6cm、6.5cm のチェッカーボードをそれぞれ 4 種類作成した。 なお、刺激はランダムに 50 回ずつ反転させて提示した。また、実験後に提示刺激の快不快を測る目的で 3 つの項目を 10 段階で評価するアンケートを実施した。

2.2 解析方法

画像提示前 250ms から、提示後 750ms までの脳波を記録した。記録させた脳波は、それぞれの刺激点ごと 50 回の加 算平均を行い、そのデータをもとにグラフを作成した。

3. 実験結果

実験から得られたデータからグラフを作成した。その一例を Fig.1 に示す。横軸は時間 (ms) であり、刺激提示後 200ms 付近に波形のピークがみられた。電極ごとの最大振幅の平均値を算出したところ表 1 のような結果が得られ、アンケ ートの結果は表1のようになった。

格子の一辺の長さ(cm)	0.65	1.3	2.6	6.5
平均値(μV)	6.80	3.58	3.65	3.06
アンケート結果(点数)	5	8	20	24

表1. 測定結果



4. 考察

測定結果から、格子の一辺の長さが小さくなるほど振幅が大きくなる傾向がみられた。しかし、アンケートの結果 (得点が高いほど心理的悪影響が小さいことを意味する)を見ると、格子の一辺の長さが小さいほど点数は低くなっ ていた。この結果より本実験条件では、平均振幅の値が大きく、かつアンケートの点数が高い 2.6cm の画像刺激が最 適であると考えられる。

今後は被験者を増やして詳細に報告する予定である。また、画像の連続反転を利用した定常状態視覚誘発電位(SSVEP) についても検討し、チェッカーボード刺激の最適化を模索したい。

5. 参考文献

[1] 中本哲, 小田和美「VDT 作業における疲労: 主観的及び客観的指標を用いた評価」東京女子体育短期大学紀要第53号2018

N2+H2 ガス雰囲気下における窒化鋼の窒化-CaSi2による脱酸の効果-

*竹下佑大(東海大学工学研究科応用理化学専攻)、**源馬龍太(東海大学工学部応用化学科)

1. 背景および目的

表面処理の一つであるガス窒化は機械部品などの表面硬化法として用いられる。ガス窒化処理では、アンモニアが 用いられるが、未解離のアンモニアが排ガスとして発生する。アンモニアは人体に有害であり、排ガス処理が必要に なる。また、アンモニアの処理コストは安くないため、より環境負荷の小さい窒化処理が求められている。そこで、本 研究では環境負荷の低い N₂+H₂ガスでの窒化を行えないか検討する。

窒化鋼の多くは Fe-Cr 系合金であるが、アンモニアガス以外の窒化ガス中での窒化挙動に関する研究は少ない。新 井[1]による先行研究では、細野ら[2]の実験手法を元に、N₂+H₂ガス雰囲気中での Fe-Cr 合金の窒化を試みている。し かし、文献[1]で報告された窒化層の X 線回折ピークは非常に小さく、表面からの窒素濃度の変化も少なかった。また、 酸化物の生成が窒化阻害の原因であることが示唆された。十分な厚さの窒化層を生成できなければ窒化挙動を調査す ることは難しい。以上を踏まえて、本研究では先ず、窒化試料として市販の窒化鋼を用い、脱酸材として用いられる CaSi₂を用いて処理ガスの純化を図り、N₂+H₂ガス中でより厚い窒化層を生成することを目的とした。

2. 実験方法

窒化鋼 SACM645 と工具鋼 SKD11 の角棒を高速カッターで 15 mm×15 mm に切断した後、Ar: H₂=90:10 (cm³/min) 中 800 ℃で 20 h 焼鈍し炉冷することにより、組織の均質化を図った。その後耐水ペーパーで 1200 番まで研磨し、窒化 試料とした。

ステンレス製のかごに脱酸材として CaSi₂を入れ、卓上ガス置換炉の石英管内 ガス流入側に設置した。試料をアルミナボートに乗せ均熱帯位置に設置した。そ の後炉内を 10 Pa まで排気して 0.1 MPa まで Ar ガスを導入、再度排気する操作 を 3 回行った。H₂を 0.1 MPa まで導入し、流しながら 600℃で 1 h 水素還元した。 そのまま 750℃に昇温し、N₂+H₂ガスを N₂: H₂=80 : 20 cm³/min で流しながら 40 h 窒化を行った。窒化を行った試料について、低角入射 X 線回折 (GIXRD) により 相の同定を行った。窒化処理を行った試料の外観を図 1 に示す。

3. 実験結果

図2に窒化処理を行ったSACM645の低角度入射X線回折(GIXRD)結果を 示す。窒化物のピークは確認できたが、CaSi2を使用せずに窒化処理を行っ た試料と比較して窒化物のピークに大きな違いは見られなかった。詳細に ついては当日発表する。

4. 参考文献

- [1] 新井武尊、東海大学 工学部材料科学科 2021 年度卒業論文
- [2] 細野博士 瀧尾和弘 桑原秀行 市井一男 大石敏雄 「H₂-N₂
 混合ガスによる Fe-Cr 合金の窒化に関する熱力学的研究」日本金
 属学会誌第 69 巻 (2005) 517-522.



図1 窒化を行った試料の外観



図 2 GIXRD 測定結果

Bi2Te3 系合金と Sb2Te3 系合金の膜厚変化による熱電性能評価

* 淮沢哲也(東海大学工学部材料科学科)

**高尻雅之(東海大学工学部材料科学科)

1.緒言

熱電変換材料は温度差により熱エネルギーから電気エネルギーを半永久的に変換することが可能な材料として知ら れている。今まで廃棄されていた低温廃熱エネルギーから電気を生み出すことができ、さらに CO2 の削減においても 貢献することが可能である。

Bi2Te3 は室温付近で高い性能を示す熱電材料として知られ、実用化に向けて研究が進んでいる。特に性能向上に向け て、熱伝導率の低下が有効であるが、BizTe:の熱輸送特性が詳細に報告されている例は少ない。近年では元素を添加し て合金化させることで熱伝導率を低減させる取り組みがなされている。本研究では、Bi2Te3 合金と Sb2Te3 合金の膜厚 変化による熱電性能の変化を評価した。

2.実験方法

試料の基板には Al2O3 基板を用いた。基板洗浄後、圧力勾配スパッタリング(Pressure Gradient Sputtering: PGS,ケニ ックス)により Bi2Te3 薄膜の成膜を行った。その後、アニールによる熱処理を 300 ℃で行った。

諸性能測定として、触針式プロファイリングシステム(DektakXT, Bulker)により膜厚を測定した。四探針比抵抗測定 により、電気抵抗値を測定した。ゼーベック測定を行うことで試料のゼーベック係数を測定し、P.F. を算出した。 試料に XRD 分析を行うことで試料の結晶性の評価を行った。

その後、圧力勾配スパッタリングにより試料上に AIN(絶縁膜)を成膜した。30 法の金属細線パターン用の面積制御 マスクをカプトンテープで固定し、真空蒸着により Al 細線を蒸着させ試料表面に Al 回路を得た。光学顕微鏡を用い て Al 細線の幅を求めた。蒸着した Al 細線上に Ag ペーストを用いて銅細線を取り付け、試料を 3ω 測定機器に接続し 角周波数 ω の交流電流を印可して 3ω 信号を得た。同回路で抵抗値の温度依存性も測定した。以上から熱伝導率を算 出した。

3.結果

図1に Sb2Te3の膜厚変化による熱伝導率の変化を示す。膜厚が薄くなるほど熱伝導率が低下する傾向にあることが 読み取れた。インキュベーション層の結晶性の悪さが影響していると考えられる。

図2にSb2Te3の膜厚変化によるXRDの結果を示す。(006)面のピークは1000 µmの試料のみで確認できなかった。 このことより、膜厚を厚くすることによって配向性が良くなると考えられる。



図2 膜厚変化による XRD 測定結果

Si 系薄膜の合金散乱による熱輸送の影響

*谷澤大樹(東海大学工学研究科応用理化学専攻)、山口麻人(東海大学工学研究科電気電子工学専攻)、室谷裕志(東 海大学情報理工学部情報科学科)、**高尻雅之(東海大学工学部応用化学科)

1. 研究背景

近年、IoT(Internet of Things)化が進み、熱マネジメントの重要性が増してきている。特に非晶質材料は結晶構造の乱れから、熱輸送が十分に解明されていない。

本研究では、非晶質 Si、SiGe、Ge 膜を作製し、熱伝導率、ヤング率の測定を行う。熱伝導率の測定結果や非晶質の 無秩序な構造と近いとされている熱伝導率のモデルである最小熱伝導モデルを用いて、非晶質 Si 系薄膜の熱輸送を評 価する。^[1]

2. 実験方法

スパッタリング法を用いて、アルミナ基板上に Si、SiGe、Ge を成膜した。成膜時間を変化させて膜厚を制御した. 成膜した試料を X 線回折法、ラマン分光法を用いて、結晶性の評価を行った。3ω法により熱伝導率を、ナノインデン テーション法によりヤング率を測定した。測定したヤング率からフォノンの群速度を求め、最小熱伝導率を算出した。

結果および考察

Fig. 1 に非晶質 Si、SiGe、Geの膜厚と熱伝導率の関係を示す。測定した熱伝導率は、SiGe が一番小さい値となっ た。フォノンが異種原子の影響により、合金散乱が起こり、熱伝導率が小さくなったと示唆される。Fig. 2 に算出し た群速度と最小熱伝導率の関係を示す。算出した熱伝導率は、比較的近い値となり、最低熱伝導率は群速度に依存し て、熱伝導率が大きくなった。また、最小熱伝導率から、Ge が一番小さい熱伝導率となり、合金散乱の影響は確認で きなかった。これは、最小熱伝導度のモデルは群速度と原子密度のみに依存しているため、合金散乱などのフォノン の散乱が考慮されてないためである。



Fig. 1 膜厚と熱伝導率の関係(界面熱抵抗を含む)

Fig. 2 群速度と最小熱伝導率の関係

4. 参考文献

[1] D. G. Cahill et al. Phys. Rev. B, 46 (1992) 6133.

Pd 板上の Cu 薄膜における水素拡散透過の評価

*中村 智樹(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、長谷川 吉之輔(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、 佐藤 優諒(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)、**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)

【背景および目的】

核融合炉のダイバータなどの高熱流束機器のヒート シンク材料や冷却管の材料の候補としてCuおよびその 合金が検討されている[1]. Cu は水素固溶度、拡散性が 低くトリチウムが冷却水に漏れ出るという安全性につ いても優れている.しかし、Cuにおける水素拡散係数 および水素固溶度に関する研究は高温域に限定されて おり,その小さな水素拡散係数のため、室温付近での研 究は極めて報告が少ない[2]。このため、室温以下での Cu 中の水素拡散係数は高温からの外挿により求める必 要があり、精度が低いとされている。Cu 中の水素拡散 係数が室温で実験的に計測された報告事例は限られて いる。Horinouchi らは気体水素透過にトリチウムトレー サー技術を応用し、タイムラグ法による計測を行い、低 温領域では表面状態の汚染に伴うバリア効果の可能性 を指摘している[1]。また、Caskey らは室温において銅 中の酸素と水素の相互作用が、見かけの水素拡散係数や 吸収される水素量に大きな影響を与えることを報告し ており、この相互作用は水蒸気脆性にも関連することを 指摘している[3]。これらの報告はいずれもガス重水素 およびガストリチウムの透過実験報告であるため、表面 状態の寄与を受けるものであり、かつ、拡散における同 位体効果を含むものであるため直接的には水素透過実 験ではない。

Cu は Pd と固溶体合金化させることで燃料電池向け 水素の高純度化に向けた安価な水素透過膜としても注 目されているものの[4]、Cu/Pd の多層膜として室温にお ける電気化学的な水素透過実験の計測事例がない。多層 膜を用いたタイムラグ法による水素透過実験において は、Schmitz の式を適用し、水素透過流束の境界条件を 用いることで各層内における水素拡散係数を算出する ことが可能である[5-7]。そこで本研究では Pd を基板と し、Cu 薄膜を作製し、その上に酸化防止用の Pd 薄膜を 蒸着した多層膜を作製し、電気化学的手法による水素透 過実験を行うことで、室温付近における Cu の水素透過 特性を評価することを目的とする。

【実験方法】

ニラコ社製の純 Pd 板(純度 99.9 at.%, 厚さ 0.1 mm) の Pd 板を 35 mm×15 mm にはさみで切り出したものを 用いた。Cu 薄膜の製膜に使用するターゲットはニラコ 社製の Cu 板(純度 99.9 at.%)のものを用い, Pd 板上に膜 厚 340 nm の Cu を真空蒸着で成膜した.その後、ニラ コ社製の Pd 板(純度 99.9 at.%)をターゲットとして用い, Cu 膜上に 40 nm の真空蒸着を同条件で行い,多層膜試 料を作製した.それぞれの真空蒸着においては、ロータ リーポンプ(ULVAC 社製,型番 GLD-202, 排気速度 50 Hz:200 L/s, 60 Hz:240 L/s)およびターボ分子ポンプ (ULVAC 社製,型番 UTM-150, 排気速度 N2:190 L/s, H2:160 L/s)により,チャンバー内の圧力を 4.0×10⁻⁴ Pa に なるまで真空引きを行い、その後最大100Aの印加電流 条件により、一回目の蒸着を行った。

本実験で行った電気化学的水素導入法に用いた装置 の概要図を Fig.1 に示す.装置のセットアップには,ガ ルバノスタット電源(北斗電工社製,型番),参照電極に Ag/AgCl, (sat.)電極(東亜 DKK 社製),対向電極には金ワ イヤー(ニラコ社製,純度 99.95 at.%、 ϕ 0.5 mm x 長さ 60 mm)を用いた.電解液にはリン酸水溶液(和光純薬社 製,85 wt.%)とグリセリン水溶液(和光純薬社製,99.5 wt.%)を体積比 1:2 に混合したものを,Ar ガスにより 2 時間バブリング処理したものを用いた.試料を挟み込む 際には内径 5.4 mm のゴムパッキンを使用し,水素を透 過する際に、薄膜側から透過するように input 側に成膜 した薄膜が挟み込まれるようにセッティングした.



Fig.1 電気化学的水素透過実験の概要図

【実験結果および考察】

作製した Pd/Cu/Pd 多層膜試料の水素透過実験におけ るタイムラグは約 2500 s であり、見かけの拡散係数は 2×10⁻¹³ m²s⁻¹を得た。その一方、純 Pd のみの水素透過 実験では水素拡散係数が2.0×10⁻¹¹ m²s⁻¹ と計測された。 【参考文献】

[1] H. Horinouchi et al., J. Alloy. Compd., 580, (2013), S73-S75.

[2] 坂本芳一,高尾慶蔵,『室温付近における銅中の水素の拡散および溶解』, *日本金属学会誌*, 46, (1982),285-290.

[3] G.R.Caskey et al., Corrosion, 32, (1976), 370–374.

[4] B.D. Morreale et al., J. Membrane Sci., 241, (2004), 219–224.

[5] G. Schmitz et al., Phys. Rev. B, 15, (1998), 7333-7339.

[6] H.T. Uchida et al., Acta Mater., 85, (2015), 279-289, (2015).

[7] J. Crank, "THE MATHEMATICS OF DIFFUSION", Oxford University Press, (1956). 真空蒸着により成膜した金属薄膜の評価および水素導入に伴う応力変化の評価

*笹島 泰樹(東海大学工学部精密工学科)、陳 裕原(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)

背景および目的

日本では国内水素供給量を増加させることを目標と しており[1]、この傾向は主要先進国でも同様である[2]。 このことから、今後より一層の水素需要拡大が考えられ る。これに伴い、水素を安全に扱うためのセンサの需要 拡大も求められる。その理由として、水素は可燃性ガス であり、扱いには注意する必要があるためである[3]。

一般的に、水素センサは金属薄膜によるものが知ら れており、その中に抵抗変化をモニタニングする型のも のがある。これは水素導入時に金属の抵抗が変化するこ とを利用して水素を検知するセンサである。この金属薄 膜を用いた水素センサの利点として、構造が単純で低コ ストである事が知られている[4]。しかし、水素ガス以外 のガスとの接触で水素検知機能の低下といった欠点も 有する事が知られており[4]、新たな動作原理に基づく 水素センシング技術の応用が求められている。

以上より本研究では、水素機能性金属薄膜の水素センサへの応用を提案する。具体的には、2種の金属薄膜 を二層膜とし、金属ごとに水素吸蔵量が異なる場合に異 なる膨張率が生じることを利用し[5]、これらを二層膜 とした場合に歪ませることによって視覚的に確認が可 能となりうる水素検知センサを提案する。この水素セン サを作製するためには、利用環境において水素吸蔵時に 膨張しやすい金属と膨張しにくい金属を選択し、その挙 動に関する基礎的な知見を蓄積する必要がある。

そこで本研究ではまず、水素吸蔵量が小さく、吸蔵時の体積膨張が小さい[5]と考えられる Cu を材料として 選択し、Cu 薄膜試料を作製し、評価を行う事とした。

2. 実験方法

カバーガラス(18 mm × 18 mm、厚さ 0.12 mm~0.17 mm)に Cu 薄膜を成膜した。薄膜の成膜には真空蒸着法を適用し、真空蒸着源重量 w[g]として w=0.0930、w=0.0503、および w=0.0296 にて条件を変化させて 3 回蒸着を行った。試料名は、真空蒸着装置内のターゲットの中心から外側に向かって PositionA、PositionB、PositionC、PositionD として、w=0.0930の時のものを Sample1A、Sample1B、Sample1C、Sample1D とし、w=0.0503の時のものを Sample2A~2D、w=0.0296の時のものを Sample3A~3D とした。

得られた試料の膜厚 ΔH は白色干渉顕微鏡により評価し、真空蒸着源重量との関係性を確認した。また、 XRD 計測により各試料内の各面からの回折ピークより 面内応力 $\sigma(\sigma < 0$ を圧縮応力方向と定義)を算出し、応力の膜厚依存性を評価した。

3. 実験結果

作製した各試料の膜厚と真空蒸着源重量との関係性 は Fig.1 に示す通りであり、大まかに比例する関係性を 得た。また、各回折ピークより算出した面内応力の膜厚 依存性は Fig.2 に示す通りであり、膜厚の増加に伴い引



Fig. 2 各面指数における面内応力 σ の膜厚関係依存性

張応力が緩和される傾向を得た。一般に薄膜金属中に固溶する水素原子は2軸引張り応力により安定化し、逆に圧縮応力下で不安定化する事が知られているが、今後はPdと複合化させた自立型金属二層膜センサの作製を試行し、水素導入前後の、膜内応力の平衡状態の解析を行う予定である。

参考文献

[1] 内閣府 再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議 策定『*水素基本戦略*』公開資料(2023年6月6日公開,2023 年7月13日閲覧)

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sui so_seisaku/pdf/20230606_2.pdf

[2] 経済産業省 第14回 産業構造審議会 グリーンイノ ベーションプロジェクト部会 エネルギー構造転換分野 ワーキンググループ 公開資料(2023 年 2 月 13 日) 『水 素を取り巻く国内外情勢と水素政策の現状について』 (2023 年 10 月 5 日閲覧)

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovatio n/energy structure/pdf/009 04 00.pdf

[3]井上 雅弘,『水素の安全利用』, 電気設備学会誌, 36,(2016), 263-266.

[4] L. Zhang et al, "High hydrogen selectivity Pd-Ni alloy film hydrogen sensor with hybrid origanosilica membranes", J.Alloy.Comp., **964**, (2023), 1-8.

[5]深井 有,田中 一英,内田 裕久,『水素と金属-次世代へ の材料学』,内田老鶴圃,(2002),ISBN:978-4753656080.

Pd 被覆タングステン板への水素透過が及ぼす影響およびその密着性に関する研究

*陳 裕原(東海大院工)、利根川 昭(東海大院理)、原田 亮(東海大学総科研)、**内田 ヘルムート貴大(東海大 院工)

【背景および目的】核融合発電は次世代エネルギー源として注目されており、国際熱核融合実験炉(ITER)の建設が 進められている。核融合炉反応のひとつである D-T 反応において、余分なエネルギーの除去、プラズマ中の不純を減 少させる役割を担うのはダイバータである[1]。そして、ダイバータは大量のタングステン(W)ブロックで構成され る。水素同位体プラズマの照射を受ける W は水素同位体を吸蔵し、水素脆化が起こることが懸念される。熱力学的に は W への水素固溶度は極端に低く[2]、実質的に水素を固溶しないと扱われる。しかしながら、高いポテンシャルを用 いて電気化学的な手法による水素導入を行う事が可能である[3]。そこで本研究では、電気化学的水素透過[4,5]で室温 におけるW内の水素拡散挙動、水素の侵入状態と Pd 膜の密着性について評価することを目的とする。

【実験方法】Fig.1に示すようなセットアップを構築し、電気化学的 水素透過法によるW板の透過実験を行った。水素が透過する方向に 従い、Input 側を入力、Output 側を出力としたダブルセル[6]を組み上 げ、パルス条件または定常条件による透過現象を対象に、遅れ時間の 計測による水素拡散係数の評価[7]を行った。厚さ 0.025 mm のW板 (99.95 at.%, ニラコ社製) に Pd を表面蒸着したものを作用電極用と し、85 wt.%リン酸水溶液と 85 wt.%グリセリンを体積比 1:2 で混合し たものを電解液として用い、対向電極は Pt ワイヤー(純度 99.95 at.%) を用いた。参照電極として Ag/AgCl 飽和参照電極を用い、電源とし てガルバノスタット電源(北斗電工 HA-151)を用いた。また、各水素 濃度における平衡 EMF ポテンシャル U[V](vs. Ag/AgCl sat.)の計測も 行った。また、導入水素量の評価のため、四重極質量分析計を設置し た昇温脱離装置(TDS)を用いた。試料の表面性状分析には白色干渉顕 微鏡を用いた。



permeation electrochemical cell.

【実験結果および考察】EMF ポテンシャル計測の結果、Pd と Pd 水素化物の 2 相共存領域を示すプラトーポテンシャルが U=0.1 V 付近にて確認された。透過実験においては、水素透過が確認されたものの、Pd 膜の剥離が確認された。 これは Pd 水素化物の形成に起因する体積膨張が生じた事が原因であると考えられる。水素導入処理後の W 試料に対し、昇温脱離法 (TDS)により導入水素量の評価を行ったところ、130℃および 300℃で微量の水素放出が検出されたことが確認された。それぞれ Pd および W からの拡散性水素、およびトラップサイトからの水素放出に起因するものと 推測される。この他、水素濃度 cH と Pd 膜の剥離の傾向、目視で確認された歪み (buckle)、面内応力と密着のエネル ギー (adhesion energy)の関係性を考慮し、限界応力(critical stress)の関係も検討する予定である。

【参考文献】

- [1] S.Suzuki et al., J. Plasma Fusion Res., 82, (2006), 699-706.
- [2] C.H. Skinner et al., Fusion Sci. Techn., 54, (2008), 891.
- [3] R. Yamane et al., GMM-Fachberichte, 98, (2021), 257.
- [4] R. Kirchheim, Script. Metall., 14, (1980), 905.
- [5] H. Züchner, Z. Naturforsch., 25A, (1970), 1490.
- [6] P. Kesten, PhD thesis, Georg-August-Universität Goettingen, (2000).
- [7] J. Crank, "The Mathematics of Diffusion", (1975), Oxford University Press.

熱力学特性の違いを利用した Ti 接触による Ni 中固溶水素の回収

*長谷川 吉之輔(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)、**内田 ヘルムート貴大(東海 大学大学院工学研究科)

背景及び目的

ヤング率は一般に、温度条件に依存することが知られ ており[1] [2]、純 Ni においては 100 K の温度上昇が約 5 %程度の低下をもたらし、直線的な温度依存性が報告 されている[3]。その一方で本研究グループでは同一温 度条件においても純 Ni への水素固溶がヤング率に影響 を及ぼすことを共振法により実験的に確認し、報告して いる[4]。電気化学的に濃度 cH ≦ 3×10⁻⁴ H/Ni 程度の水 素を導入した純 Ni 板に対し、ヤング率が相対的に6% ~8 %程減少する傾向が確認されている。水素社会の到 来と共に今後水素環境で動作するデバイスの需要が増 加する事が想定される中、腐食環境や水素環境で用いた 場合に材料内に水素が固溶する可能性があり、それに伴 い材料自身の機械的性質(ヤング率)が変化することは 好ましくない。また材料自身の疲労破壊[5]を未然に防 ぐという観点からも水素除去が可能であることが望ま しい。金属中からの水素除去を行うための一つの指針と して、加熱による水素放出除去[6]が考えられるが、材料 の物性に与える影響や表面酸化等の付随する化学反応 の影響が想定される。そこで本研究では、水素が固溶し ている材料に対して、水素の固溶エンタルピー変化が異 なる異種金属材料間で接点を作ることで水素が熱力学 的安定性の差異に従い、固相内を拡散移動する可能性を 考慮し、温度一定条件下で材料から拡散性水素を取り除 く手法として、Ti とのコンポジットとした材料に着目 し、その有効性について実験的に検討を行う事とした。

実験方法

純 Ni 板(99.0 at.%)の一部両面に Ti 膜を成膜した試料 に、電気化学的手法を用いて Ni 内に水素導入を行い[7]、 水素導入後約 20 時間経過した試料を準備した。試料内 における水素の存在状態を確認する事を目的として、四 重極型ガス質量分析計(QMS; MKS MicroVision2)を付属 した昇温脱離ガス分析法(TDS)による水素の放出温度 の評価を行った。

実験結果及び考察

20℃から900℃まで1時間での昇温過程で得られた水 素分圧の温度依存性の関係を Fig.1に示す。Fig.1より 600 ℃付近に直接水素導入を行っていない Ni 板上の Ti 膜からの水素放出ピークが確認された。しかし、この確 認されたピークが温度昇温時に Ni から Ti 側へ拡散し た水素の放出に起因するものである可能性が残される。 そこで、XRD 測定を用いて水素導入後約 20 経過後の Ti 膜内の応力変化を評価した。



Fig. 1 Results of TDS measurements performed on sample 2

その結果 Ti 膜内に水素導入により 0.086 GPa~0.223 GPa の圧縮応力の増加が確認された。Ti 膜内の水素吸蔵に伴う圧縮応力の増加は、Gutelmacher[8]らによっても同様な報告が行われており、本実験においても同様に水素導入に伴う応力であると考えられる。

結論

TDS 測定並びに XRD 測定の結果から、同一温度条件 でTiを用いたNiからの水素の回収が確認され、本報告 で提案する水素回収機構は可能であると判断される。

参考文献

[1] Y. Pivak et al., "Thermodynamics, stress release and hysteresis behavior in highly adhesive Pd-H films", Int. J. Hydrogen Energy, **36**, (2011), 4056-4067.

[2] Y.P. Varshni, "Temperature Dependence of the Elastic Constants", Phys. Rev. B, 2, (1970), 3952-3958.

[3] Olivier Hubert et al., "Modeling of Young's modulus variations withtemperature of Ni and oxidized Ni using a magneto-mechanical approach", Materials Science and Engineering: A, Elsevier, 633, (2015), 76-91.

[4] M. Matsumoto *et al.*, "*Effect of hydrogen solution on the Young's modulus of Nickel*", *GMM-Fachberichte*, **98**, (2021), 250-252.

[5] 村上 敬宜,長田 淳治,『高強度鋼の長寿命疲労破壊 に及ぼす水素の影響』,材料,54,(2005), pp. 420-427

[6] 石崎 哲郎,武田 隆夫,『鉄鋼の真空中連続加熱による水素放出と水素の存在状態について』,日本金属学会誌, 45, (1981), pp. 268-275.

[7] H. T. Uchida, "Hydrogen Absorption Property of Nanocrystalline-Magnesium Films", PhD thesis, Universität Göttingen, (2015).

[8] E. Tal-Gutelmacher *et al.*, "*The effect of residual hydrogen on hydrogenation behavior of titanium thin films*", Scripta Materialia, **62**, (2010), 709-712.

SWCNT 量子井戸構造材料の開発に向けた陰性界面活性剤を用いた SWCNT 膜の作製

*星野光稀(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、**高尻雅之(東海大学工学部応用化学科)

【緒言・目的】

単層カーボンナノチューブ(SWCNT)は柔軟性や高電気伝導性といった熱電材料にとってのメリットを有する一方、高 熱伝導率であるデメリットを抱えている。本研究では SWCNT の熱伝導率を低減するために、量子井戸に向けた積層構 造の SWCNT 自立膜の作製を行い、その性能向上のために分散溶媒による熱電性能比較を行う。

【実験方法】

イオン交換水に SWCNT を陰性界面活性剤とともに超音波ホモジナイザーで分散した。ここで ZEONANO SG101 (CNT 直 径 3.5nm、日本ゼオン株式会社)と eDIPS (中心直径~1.3 nm、株式会社名城ナノカーボン)を用いる事で、直径の異な る SWCNT の分散液を作製した。一方の分散液を吸引濾過して成膜した後、その上からもう一方の分散液を流し込み、 吸引濾過することで積層構造の SWCNT 自立膜を作製した。比較としてエタノール溶媒による SWCNT 分散液を作製して 同様に実験を行った。Fig. 1(a)に SWCNT 自立膜の作製フローを示す。

【結果・考察】

Fig. 1(b)に SG101 と eDIPS のラマンスペクトルを示す。RBM(Radian breathing mode)域のピーク位置が異なること から直径が異なることが確認された。Fig. 1 (c)に電気伝導率及びゼーベック係数の測定結果を示す。エタノール溶媒 と比較して SDBS を添加したイオン交換水の溶媒により作製した SWCNT 自立膜では電気伝導率の向上及びゼーベック係 数の低下が確認された。また、SG101 単体の膜で高いゼーベック係数、eDIPS で高い電気伝導率がみられ、それらを積 層すると SG101 と eDIPS の中間的な *P.F.* が得られた。ポスターにて更に積層数を増やした際の熱電性能について発表 する。



Fig. 1(a) SWCNT 自立膜の成膜法概略図(b) ラマンスペクトルによる SG101 と eDIPS の RBM 比較
 (c) SWCNT 自立膜の電気伝導性とゼーベック係数および P.F. の分散溶媒による比較
 【謝辞】ZEONANO SG101 をご提供頂いた日本ゼオン株式会社に感謝申し上げます。

【参考文献】 Venkatasubramanian, R., Siivola, E., Colpitts, T. et al. Nature 413, 597-602 (2001).

閉鎖式気管吸引カテーテルがフラッシュ時に引き起こす垂れ込みリスクについて検討

*小田原愛恋(長崎総合科学大学工学部工学科医療工学コース)、池浩司(長崎総合科学大学工学部工学科医療工学コ ース)、清水悦郎(長崎総合科学大学工学部工学科医療工学コース)、高田奈菜実(長崎総合科学大学工学部工学科医 療工学コース)、**土居二人(長崎総合科学大学工学部工学科医療工学コース)

1. はじめに

人工呼吸器装着患者への気管内吸引は、カテーテルを用いて行う方法が一般的である。気管吸引のガイドライン(初版)が2007年に作成され2010年の告示により、臨床工学技士にも人工呼吸器を装着した患者の吸痰を行う業務が広く医療施設に普及した。閉鎖式吸引については6つのメリットが報告されており、低酸素状態の回避、呼気終末陽圧 (Positive End Expiratory Pressure: PEEP)解除の回避、分泌物の飛散回避、吸引操作の度のスタンダードプリコ ーションの回避などである。一方、気管吸引により起こる合併症として、冠動脈攣縮や頭蓋内圧上昇などの14種類あ まりが報告されている。フラッシュ時における垂れ込みのリスクについては、2018年のDoiらの研究以降進んでいない。そこで本研究では、改良された最新式の閉鎖式吸引カテーテルを含む3種類の機種を選定し、フラッシュ時の垂 れ込み原因の追加研究を試みた。

2. 方法

挿管と気管切開の患者を再現するため、吸引シミュレータ(株式会社京都化学社製)を用い、吸引器にはミニックS (新鋭工業社製)を使用した。人工呼吸器は慢性期用のLTV1000 (Pulmonetic Systems)を用いた。挿管・気管切開カ テーテルには成人用としてトラックケア72 (アバノス社製)・サクションプロDルーメン (スミスメディカル社製)・ エコキャス72 (コビディエン社製)の3種類を用い、吸引後にフラッシュ操作を行い垂れ込みの状況を検証した。検 証条件は、接続口を支点として挿管チューブの曲がった角度を0°、25°、45°、75°、90°とし5条件、さらに PEEP は5cmH₂0、10cmH₂0、15cmH₂0の3条件とし各10回ずつ計測した。ただし、気管切開は角度を90°のみとしトラックケ ア72・エコキャスの2種類で比較検討を行った。

3. 結果

各換気量別にエコキャスを除く2種類のカテーテルで垂れ込みが認められた。角度に注目すると、角度の上昇に伴って垂れ込み回数が増える結果となった。モードでは量換気(VCV)より圧換気(PCV)で垂れ込みの回数が増えた。 PEEP別でもVCVでは上昇すると垂れ込み回数が多くなり、PCVでは更にPEEPの上昇に従い垂れ込み回数が増えた。エ コキャスの結果としては、PCVとVCVのモード別、PEEP別、角度別全ての項目で、フラッシュ時の垂れ込みは認めら れなかった。

4. 考察

先行研究では、エコキャスのモード別、角度による垂れ込みが頻繁に見られたと報告があった。しかし、本研究では フラッシュ時の垂れ込みが確認されなかった。一方、他のカテーテルでは、先行研究と同様に換気量の増加に伴い、垂 れ込み量が増える現象が確認された。本研究でも、垂れ込み防止を考えた手技の徹底の必要性が証明された。ただし、 フラッシュ時に垂れ込みの影響を全く受けないエコキャスも、垂れ込み防止装置の扱いを誤ると大量に洗浄水が垂れ 込む危険性があり、挿入時には多くの垂れ込み現象が見られた。また、気管切開用のエコキャスでは垂れ込み防止装 置がないため先行研究と同様の結果となった。今後は、エコキャスと同じ機能を備えた閉鎖式気管カニューレの開発 に向け、更なる追加研究を行っていく。

81

Nasal Alar に関する部位別反応速度について検討

*高田奈菜実(長崎総合科学大学工学部工学科医療工学コース)、池浩司(長崎総合科学大学工学部工学科医療工学コ ース)、清水悦郎(長崎総合科学大学工学部工学科医療工学コース)、小田原愛恋(長崎総合科学大学工学部工学科医 療工学コース)、江崎敬太(長崎総合科学大学工学部工学科医療工学コース)、木村達洋(東海大学文理融合学部人間 情報工学科)、**土居二人(長崎総合科学大学工学部工学科医療工学コース)

1. はじめに

臨床現場においてパルスオキシメータを用いた Sp0₂(動脈血酸素飽和度)の計測は指尖、耳朶、額が主流であり、新 生児では足の甲などが検出部位となっている。計測の基本部位は、血流が多く波形信号が最も安定する指尖が選択さ れるが、冷えや血流障害により正確に計測できないことも報告されている。また、その他の部位においても熱傷や損 傷が原因で計測困難な場合があると考えられる。そこで、本研究では最新の Nasal Alar Sp0₂センサ(Philips 社 製)を装着し、通常の Sp0₂指尖計測との Sp0₂比較実験、非正常状態での Sp0₂比較実験を行い、それぞれの計測値精 度を検討した。

2. 方法

鼻の Sp0₂測定には Nasal Alar Sp0₂センサを用いた。指尖では、パルスオキシメータ(Jumper 社製: JPD-500E)を 用いて計測を行った。正常状態として、n=5 にて 30 秒間の計測を行い、それぞれの値を比較した。非正常状態として、 指尖のマニキュア(赤・橙・黄・緑・青・水・紫・白・黒色:9 種類)を塗布した時と何も塗布していない場合の比較、 測定部位を冷却した場合との比較値の計測を行った。鼻の計測では、まず何も付着させない通常状態の場合、次に鼻 に塗料(赤・黒・緑・青・紫色:5 種類)を付着させた場合と毛を付着させた場合、計測部位に保冷剤を用いて 20 度 前後まで冷やした状態での合計4パターンを計測した。指尖同様に n=5 にて 30 秒間の計測を行った。指尖測定部位は 全て左手中指とし、示指はコントロールとした。

3. 結果

指尖に何も塗布していない場合の正常値は 99~100%であった。次にマニキュアを塗布して測定した場合の「赤、 橙、黄、紫、白」は正常値を示し、「青、緑、黒」は異常値を示した。青に関しては最高値 97%、最低値 35%となり、 数値の変動が激しかった。次に指尖部を冷却した場合の測定では通常時と大差なく正常値を示した。鼻に何も付着さ せず鼻センサを用いて測定すると正常値を示し、色を塗布した場合と冷やした場合も指尖と同様の数値を測定できた。 また、毛を付着させた場合には測定値に変動が多く、正確な値を定めるのに時間を要した。 4. 考察

「赤、橙、黄」は吸光度が低いため、パルスオキシメータの特性により特段影響が出ないと考えた。また「白」は全 反射の特性があることから同様に影響が出ない。「青、緑」は赤色光領域の特性が高いため SpO₂の測定に大きく影響す ると考えた。「黒」は全吸収の特性があることから影響が出た。「水色」については透過度が高いため正常値を測定でき た。以上のことから色のつくりに着目した。「水色」は「青」と「白」を混ぜ合わせた色であることから全反射の「白」 を含むことで測定に影響が出ないと推察できる。「紫」においても吸光度が一番低い「赤」を含むため、同様に推察で きる。冷却して測定した場合において、赤外光と赤色光の比率波形を確認したところ、正常状態の波形と比較して比 率は変わらないが振幅の小さい波形が得られた。すなわち比率が正常状態と変わらないため、SpO₂ 値に変化はないと 考えた。鼻に毛を付着させた場合においても同様に波形を確認したところ、脈波形の振幅が非常に小さかった。この ことから測定に十分な脈波が得られず値が変動すると考えられた。 クラシックギターの撥弦位置による音色の分析

*薮田梨央(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電気電子工学専攻)

1. まえがき

ギターは弦の撥弦位置によって音色が変わる。弦の中央で弾くと柔らか い音色になり、弦の中央から離れた位置で弾くと硬い音色となる。そこで、 本研究ではギターの弦の撥弦位置を変え、位置によってどのように音色が 変化するのかを FFT (Fast Fourier Transform)解析を用いて調査した。ま た、倍音含有率を求めて位置に対する倍音含有率を求め、倍音がどのよう に音色の硬さや柔らかさに関係しているのか検討した。

2. FFT による調波分析

本研究ではギターは Angelica、弦は AUGUSTINE RED を使用した。 また、撥弦位置は図1のように弦長の1/2,1/3,1/4,1/5,1/7,1/9,1/11,1/13 とした。1~6 弦に対しそれぞれの位置で弾いたときの音色の違いについて FFT アナライザを用いて周波数スペクトルの比較を行った。ナイロン弦であ る1弦の1/2と1/5 で弾いたときの実験結果を図2に示す。1/2のとき2n倍 音のスペクトルが小さくなり、1/5のとき5n倍音のスペクトルが小さくなっ た。また、金属を巻いた巻き弦である4~6弦についても図1と同様の傾向が 見られた。この結果は、撥弦位置が弦の振動の節にあたり周波数スペクトル が小さくなったことによると推測する。このとき、1/13で弾くと13n倍音以 外の周波数スペクトルが観測でき、1/2 で弾いた場合に比べて広い周波数範 囲で多くの倍音成分を含む。これらの高い音がギターを弾いたときに音が硬 く聞こえる要因であると考えられる。

3. 倍音含有率

倍音と音色の関連性を定量的に示すために、倍音含有率として以下の式を用いて調査した。その結果を図3に示す。

倍音含有率 = $\frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{10}A_n^2}}{A_1}$ × 100 [%] …(1) $A_n : n$ 倍音のスペクトル

倍音含有率は 1/2 のとき 12%、1/13 のとき 47%となり、撥弦位置が弦の中央から離れるほど倍音含有率は高くなる結果が得られた。この結果を撥弦位置による

音色の変化と比較すると倍音と音色の関係として、倍音が多いと音は硬くなることがわかる。

4. あとがき

FFT による分析、倍音含有率の計算結果からギターを弾いたときの音の「柔らかい」「硬い」といった違いは、撥弦 位置によって含まれる倍音が変化することが要因であり、弦の中央から離れた位置では倍音を多く含むため音が硬く なると考える。また、撥弦位置をコントロールすることで好ましくない倍音を消すことも可能なため、今後はこの知 見をもとに、良い音色の得られる演奏手法について検討したい。



SAS 団体会員 (2023 年度)

(50音順)

株式会社 オーネックス

オリエンタルエンヂニアリング株式会社

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

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13社

12

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賜りました。厚く御礼申し上げます。

2023 SAS Symposium ABSTRACTS

令和5年11月9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 E-mail: sasinfo@sas-jas.gr.jp
 URL http://www.sas-jas.gr.jp/

発行人・山田 豊

© 2023 Society of Advanced Science