

37th

2025 SAS Symposium

ABSTRACTS



日 時 : 2025年11月13日(木)、14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)
協 賛 : 東海大学大学院 工学研究科

37th 2025 SASシンポジウム スケジュール

11月13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：小栗先生 ※参加者の方は、原則、ご出席下さい
10:00～ 12:00	ポスターセッション1 A-9件、B-7件 E-1件、F-2件 H-7件 (26件)	座長：渋谷先生、小栗先生 ※左記の時間帯、発表者は説明と質疑応答をお願いします。 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。
休憩		
13:30～ 15:30	ポスターセッション2 A-16件、B-2件 E-2件、G-4件 (24件)	座長：土屋先生、源馬先生 ※左記の時間帯、発表者は説明と質疑応答をお願いします。 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。
16:00	第1日目 終了	

37th 2025 SASシンポジウム スケジュール

11月14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。)
10:00～ 12:00	ポスターセッション3 A-11件、B-1件 C-5件、E-1件 F-4件、G-2件 H-4件 (28件)	座長：庄先生、小黒先生 ※左記の時間帯、発表者は説明と質疑応答をお願いします。 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。
休憩		
13:30～ 15:30	ポスターセッション4 A-15件、B-2件 C-2件、E-1件 F-2件、G-1件 H-2件 (25件)	座長：宮沢先生、大口先生 ※左記の時間帯、発表者は説明と質疑応答をお願いします。 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	シンポジウム閉会式	ポスター賞候補発表 閉会挨拶 宮沢先生(SAS 理事長) ※参加者の方は、原則、ご出席下さい
17:00	閉会式終了後、ポスターの撤収をお願いいたします。	
	会場の撤収	
	閉室	

37th 2025 SASシンポジウム実行委員会組織

(五十音順、敬称略)

2025年度実行委員長	小栗 和也	東海大学 教養学部/人間環境学科
現地運営委員長	源馬 龍太	東海大学 工学部/応用化学科
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	元東海大学 理学部物理学科
実行委員	大塚 隆生	第一熱処理工業株式会社
実行委員	小黒 英俊	東海大学 工学部/電気電子工学科
実行委員	神田 輝一	関東冶金工業株式会社技術顧問
実行委員	神田 昌枝	中部大学理工学部宇宙航空学科共通室
実行委員	木村 達洋	東海大学 熊本キャンパス文理融合学部人間情報工学科
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	宮沢 靖幸	東海大学 工学部/機械工学科
実行委員	宮本 泰男	元東海大学 技術共同管理室室長
実行委員	和田 充弘	三井金属株式会社

37th2025 SAS シンポジウム 題目一覧 (番号順)

会期 2025年11月13日(木)、14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

*発表者 **指導教員 ・P応募：ポスター賞エントリー

(A) 材料工学 (ナノテク、有機・高分子含む)		
13(木) セッション1 A-01	気化熱デバイスの水質による影響 *折原潤 **高尻雅之教授	
14(金) セッション3 A-02・P応募	光切断法によるRoll-to-Roll不織布搬送におけるトラフ形状の定量的評価 *畑中悠希 (東海大学 工学研究科 機械工学専攻) 西岡柊哉 (東海大学 工学研究科 機械工学専攻) 中田星空 (東海大学 工学研究科 機械工学専攻) **岩森暁 (東海大学)	
13(木) セッション1 A-03・P応募	黄銅の熱処理時のBiの挙動 *荻野海音 (東海大学 工学部 機械工学科) **宮沢靖幸 (東海大学 工学部 機械工学科)	
14(金) セッション3 A-04・P応募	黄銅の脱亜鉛メカニズムの解明 *松村鷹亮 (東海大学 工学部 機械工学科)、翁明旭 (東海大学 工学研究科 応用化学専攻)、**宮沢靖幸 (東海大学 工学部 機械工学科)	
13(木) セッション1 A-05・P応募	希土類系高温超伝導線材のひずみ効果に関するSEMを用いた考察 *大川祐平(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻) 永井颯介(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻) **小黒英俊(工学部電気電子工学科)	
14(金) セッション3 A-06・P応募	MgB ₂ ハイブリッド超伝導線材の高磁場中通電特性に関する考察 *吉澤侑希(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻) 松岡 杏祐(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻) 大橋 克也(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)	
13(木) セッション1 A-07・P応募	3D造形方向を制御したCF/PA6複合材料の電子線照射処理による高延性化 八木 響希(東海大院工)、**内田 ヘルムート貴大(東海大院工)、佐川 耕平(東海大院工)、三浦 栄一 (KISTEC)、入江 紘嵩 (東海大院工)、木村 英樹 (東海大院工)、西 義武(東海大院名誉教授、KISTEC)	
14(金) セッション3 A-08・P応募	ノンフラックスはんだ付における連続したCu ₃ Snの形成 *長谷川莊馬 (東海大学 工学部 機械工学科)、鯉淵裕貴 (東海大学 工学研究科 応用化学専攻)、**宮沢靖幸 (東海大学 工学部 機械工学科)	
13(木) セッション1 A-09・P応募	3DプリントされたPLA系炭素繊維複合材料の機械特性評価におよぼす電子線照射効果 *入江紘嵩 (東海大学 工学研究科 機械工学専攻)、**内田ヘルムート貴大 (東海大学 工学研究科 機械工学専攻)、佐川耕平 (東海大学 工学研究科 電気電子工学専攻)、三浦栄一 (KISTEC)、木村英樹 (東海大学)、西義武 (東海大学 名誉教授、KISTEC)	

14(金)	セッション3	A-10・P応募	均一沈殿法による希土類アップコンバージョン蛍光体の合成と沈殿剤の影響 *保科俊輔（東海大学大学院 理学研究科 化学専攻）**富田恒之（東海大学 理学部 化学科）
13(木)	セッション1	A-11・P応募	Al-Mg合金フラックスフリーろう付の接合強度 *今石湧誠（東海大学 工学部 機械工学科）、加藤淳也（東海大学大学院 総合理化学研究科）**宮沢靖幸（東海大学 工学部 機械工学科）
14(金)	セッション3	A-12・P応募	人工光合成装置に用いる酸化タングステン電極作製と物性評価 *宮本承海（東海大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻）**渋谷猛久（東海大学 理系教育センター）
13(木)	セッション1	A-13・P応募	黄銅とステンレス鋼の回転ろう付 *青木宗太（東海大学 工学部 材料学科）植松菜々子（東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻）**宮沢靖幸（東海大学 工学部 機械工学科教授）
14(金)	セッション3	A-14・P応募	ADC12のダイカスト過程で用いるフラックス粉末の効能と用途別最適配分に関する熱力学的検討 *箕浦 拓真(東海大院工), 西村 朋也(東海大工), **内田 ヘルムート貴大(東海大院工、東海大総科研)
13(木)	セッション1	A-15・P応募	熱CVD法によるCNT薄膜合成における触媒組織の影響 *池谷太智(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻)、影島誠(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻)、**葛巻徹(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻)
14(金)	セッション3	A-16・P応募	マイクロサンプリング法による考古学的金属器の元素分析とその分類に関する研究 *渡邊悠翔（東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻）、**葛巻徹（東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻）
13(木)	セッション1	A-17・P応募	キシリトール配合SWCNT膜の水面浮上型熱発電デバイスの作製 *落合秀弥(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)
14(金)	セッション3	A-18・P応募	CFRPサンドイッチ構造における接着材微細構造制御と剛性向上メカニズム *中安翼(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)
13(木)	セッション2	A-19・P応募	湿式ボールミリング処理したTiFe系水素吸蔵合金の初期活性化特性 *侯 相宇 **源馬 龍太（東海大学 工学部 応用化学科）
14(金)	セッション3	A-20・P応募	三次元積層造形した硝子短繊維強化ナイロン6複合材料の機械的特性の電子線照射の効果 *樋口大翔(東海大工), 高木詩ノ介(東海大工), 川浪遥翔(東海大工), 八木響希(東海大院工), **佐川耕平(東海大院工), 三浦栄一 (KISTEC), 内田ヘルムート貴大(東海大院工), 木村英樹（東海大院工）、西義武（東海大名誉教授, KISTEC)
13(木)	セッション2	A-21・P応募	Mg-Pd-Ni 三元合金の水素吸蔵前後における力学特性の変化に関する研究 *韓 銘洋 (東海大院工), **内田 ヘルムート貴大 (東海大院工), **原田 亮 (東海大 総合科学技術研究所)

14(金)	セッション4	A-22	PN一体化/SWCNT/メッシュ膜を用いた熱電発電デバイスの評価 *浅野結太（東海大学 工学部 応用化学科）**高尻雅之（東海大学 工学部 応用化学科）
13(木)	セッション2	A-23・P応募	銀ろうによるステンレス鋼のろう付 *発表者＝川村亮太（東海大学 工学部 機械工学科）、*共同研究者＝鎌田龍介（東海大学 工学部 総合理工学研究科）*指導教員＝宮沢 靖幸（東海大学 工学部 機械工学科）
14(金)	セッション4	A-24	Nb3Sn添加量によるYBCO超電導線材の内部組織変化 *櫻井栄光 **小黑英俊
13(木)	セッション2	A-25・P応募	低銀化を目指した新規ろう材開発 *高山輝(東海大学 工学部 機械工学科)、榎野晴(東海大学 大学院 工学研究科)、**宮沢靖幸(東海大学 工学部 機械工学科)
14(金)	セッション4	A-26	液中プラズマ法を用いて作製したダイレクトメタノール燃料電池用Pt触媒に関する研究 *班兆元（東海大学 工学研究科 電気電子工学専攻）、**庄善之（東海大学 工学研究科 電気電子工学専攻）
13(木)	セッション2	A-27・P応募	Al-Mn系合金フラックスフリーろう付の接合強度評価 *齋藤時人（東海大学 工学部 機械工学科） 加藤淳也（東海大学 大学院 総合理工学研究科）**宮沢靖幸（東海大学 工学部 機械工学科）
14(金)	セッション4	A-28	熱処理によるYBCO超伝導線材の組織変化 *西村有磨（東海大学 工学研究科 応用理化学専攻）、新井 樹（東海大学 工学研究科 応用理化学専攻）、**小黑英俊（東海大学 工学部 電気電子工学科）
13(木)	セッション2	A-29・P応募	REBCO 線材の磁場中臨界電流のひずみ・磁場角度依存性 *永井颯介（東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻）**小黑英俊（東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻）
14(金)	セッション4	A-30	圧電材料によるメタン生成の温度依存性 *吉田愛奈（東海大学 工学部 応用化学科） **源馬龍太（東海大学 工学部 応用化学科）
13(木)	セッション2	A-31・P応募	SEM内通電接触によるCNT紡績系の構造変化に関する検討 *後藤鴻熙(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻) **葛巻徹(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻)
14(金)	セッション4	A-32	界面活性剤添加におけるSWCNT膜のフォノン平均自由行程の検討 *張程(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）

13(木)	セッション2	A-33・P応募	EuBa ₂ Cu ₃ O _{7-δ} coated conductorの上部臨界磁場のひずみによる変化 *中村健人(東海大学工学研究科応用理化学専攻)、長谷川凌也(東海大学工学研究科応用理化学専攻)、栗原祐太(東海大学工学研究科応用理化学専攻)、**小黑英俊(東海大学工学部電気電子工学科)
14(金)	セッション4	A-34	界面活性剤DODMACによるN型SWCNT膜の膜厚制御と熱電性能評価 *江口明日夢 (東海大学 工学部 応用化学科) **高尻雅之 (東海大学 工学部 応用化学科)
13(木)	セッション2	A-35・P応募	黄銅のBi含有量がろう付に及ぼす影響 *齊藤遼 (東海大学 工学部 機械工学科) 植松菜々子 (東海大学院 工学研究科 応用理化学専攻) 青木宗太 (東海大学 工学部 機械工学科) **宮沢靖幸 (東海大学 工学部 機械工学科)
14(金)	セッション4	A-36	X線CT解析による水素導入チタンワイヤの内部欠陥評価 *酢谷拓翔 (東海大学 工学部 機械工学科)、佐々木孝生 (東海大学 工学部 精密工学科)、原田亮 (東海大学総合科学技術研究所)、**内田ヘルムート貴大 (東海大学 工学部 機械工学科)
13(木)	セッション2	A-37・P応募	電気化学的手法による純ニオブの表面酸化状態と水素吸蔵特性の定量評価 *片山翔太 (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)
14(金)	セッション4	A-38	オーステナイト系SUS304ワイヤーの剛性率に及ぼす水素導入処理の非破壊評価 *ZENG YUCHENG (東海大院工) **内田 ヘルムート貴大(東海大院工)
13(木)	セッション2	A-39・P応募	ポリアミド6とガラス短繊維の複合材料 (PA6-SGF) とステンレス鋼板の接着における電子線照射処理が及ぼす影響 *小平苑子 (東海大学大学院 工学研究科 機械工学専攻) **内田ヘルムート貴大 (東海大学大学院 工学研究科 機械工学専攻)、佐川耕平 (東海大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻)、木村英樹 (東海大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻)、西義武 (東海大学 名誉教授、KISTEC)
14(金)	セッション4	A-40	放熱素子形成に向けた垂直配向カーボンナノチューブ薄膜の膜圧制御と表面処理 *影島誠 (東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻) **葛巻徹 (東海大学 工学部 機械工学科)
13(木)	セッション2	A-41・P応募	工業用オイルフィルターの評価 *小坂部 将吾(東海大学 工学部 機械工学科)*大畑 陽平(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻)**宮沢 靖幸(東海大学 工学部 機械工学科 教授)
14(金)	セッション4	A-42	SEM・ナノマニピュレータを用いたCNT紡績系の通電加熱と引張試験 発表者＝平井洵也 (東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻)、後藤鴻熙 (大学院 工学研究科 応用理化学専攻) 指導教員＝葛巻徹 (東海大学 工学部 機械工学科)

13(木)	セッション2	A-43・P応募	PVDF（ポリフッ化ビニリデン）を利用したボールミル法による二酸化炭素のメタン化 *鄭琳（東海大学 工学部 応用化学科） **源馬龍太（東海大学 工学部 応用化学科）
14(金)	セッション4	A-44	酸化物結晶の歪んだサイトを利用したEu ³⁺ の直接励起と赤色発光の強化 *飯田智大(東海大学大学院 理学研究科 化学専攻) 志村 慶太(東海大学大学院 総合理工研究科) **富田 恒之（東海大学 理学部 化学科）
13(木)	セッション2	A-45・P応募	気液二相測定法を用いたPdおよびPd-Ag合金の水素透過特性評価 *小倉博人（東海大学大学院 工学研究科 機械工学専攻）、原田亮（東海大学総合科学技術研究所）、**内田ヘルムート貴大（東海大学大学院 工学研究科 機械工学専攻）
14(金)	セッション4	A-46	ステンレス鋼の溶接欠陥による問題と検査方法に関する調査 渡邊雄聖(東海大学工学部機械システム工学科) 山内政虎(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻) 内田ヘルムート貴大(東海大学工学部機械工学科) 土屋寛太郎(東海大学工学部機械システム工学科)
13(木)	セッション2	A-47・P応募	SUS444のBNi-5a相当箔状ろう材による低温ろう付 *陳奕兆（東海大学 工学部機械工学科）、久保田空（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）
14(金)	セッション4	A-48	SiCの熱処理が抵抗率の変化に及ぼす影響に関する初期研究 *池田浩輔（東海大学 工学部 機械システム工学科）山内政虎（東海大学大学院 工学研究科 機械工学専攻）内田ヘルムート貴大（東海大学 工学部 機械工学科）**土屋寛太郎（東海大学 工学部 機械システム工学科）
13(木)	セッション2	A-49・P応募	Zn-Alろう材によるろう付性評価 *中村泰斗（東海大学 工学部 機械工学科） 宮沢靖幸（東海大学 工学部 機械工学科） 栗田大輝（東海大学 大学院 工学研究科 応用理化学専攻）
14(金)	セッション4	A-50	ダイレクトメタノール燃料電池についてのメタノールクロスオーバーの低減 *熊然迪（東海大学 工学研究科 電気電子工学専攻）、**庄善之（東海大学 工学研究科 電気電子工学専攻）
14(金)	セッション3	A-51・P応募	異なる有機材料シートを用いて作製されたSWCNT熱流センサの評価 *中山大翔(東海大院工) **高尻雅之(東海大院工)
(B) 自然・環境エネルギー			
13(木)	セッション1	B-01・P応募	欠陥セルを含むSi単結晶PVモジュールにおけるセル発熱電力の実験的検討 *渡邊 昇汰(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、池田 迅(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、外石 千尋(神奈川工科大学大学院電気電子工学専攻)、**板子 一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)
13(木)	セッション1	B-02・P応募	電動カートのための燃料電池パワー制御システムの検討 *盛田 尚志(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、神田 雅也(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、**板子 一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)

13(木)	セッション1	B-03・P応募	欠陥セルを持つ並列セル型PVモジュールのセル発熱の低減効果 *和田 尚也(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、高江洲 皐碧(神奈川工科大学電気電子情報工学)、外石 千尋(神奈川工科大学大学院電気電子工学専攻)、**板子 一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)
13(木)	セッション2	B-04・P応募	IoT機器向け小型独立電源を目指すSWCNT疑似ヒートシンク熱電変換デバイスの開発 *中島拓海(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 応用理化学科)
13(木)	セッション1	B-05・P応募	並列セルクラスタ型PVモジュールによる部分影時出力低下抑制 *外石 千尋(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)
13(木)	セッション2	B-06・P応募	水素雰囲気中における Pd 担持 CaCO ₃ 単結晶基板からのメタン生成 *佐藤蓮(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻) 吉田有章(東海大学大学院 総合理工学研究科 総合理工学専攻) **源馬龍太(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻)
13(木)	セッション1	B-07・P応募	2相変調を適用した2レベルインバータと3レベルインバータにおける損失の比較検討 *米光佑騎(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)
14(金)	セッション3	B-08・P応募	インバータ主回路方式における損失の比較検討 *花輪史彦(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)
13(木)	セッション1	B-09・P応募	正常PVセル遮光時のセル発熱電力のシミュレーション *池田 迅(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、渡邊 昇汰(神奈川工科大学電気電子情報工学科) 外石 千尋(神奈川工科大学大学院電気電子工学専攻)、**板子 一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)
14(金)	セッション4	B-10	円板における圧電振動発電時の円板の挙動に関する初期研究 *辰井慎(東海大学 工学部 機械システム工学科) 永谷俊人(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻) 鈴木隆ノ介(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻) 大友十空(東海大学 工学部 機械システム工学科) **土屋 寛太郎(東海大学 工学部 機械システム工学科) **森山 裕幸(東海大学)
13(木)	セッション1	B-11・P応募	ニューラルネットワークによる単相交流電力調整回路の高調波低減 *佐藤 祐馬(神奈川工科大学電気電子情報工学科) **板子 一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)
14(金)	セッション4	B-12	円筒構造における圧電振動発電時の円板挙動に関する研究 *大友 十空(東海大学 工学部 機械システム工学科) **土屋 寛太郎(東海大学) 森山裕幸(東海大学) 永谷 俊(東海大学大学院 工学研究科機械工学専攻) 鈴木隆ノ介(東海大学大学院 工学研究科機械工学専攻) 辰井 慎(東海大学 工学部 機械システム工学科)

(C) 機械工学		
14(金)	セッション3 C-01・P応募	ナノインデンテーションによる医療用高分子材料の引張ヤング率の推定 *比留川政秀（東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻）、董芳佚（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）
14(金)	セッション3 C-02・P応募	薄型ポリエステル繊維系吸音材の吸音特性評価 *万志堅（東海大学工学部機械工学科）、江尻直樹（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）
14(金)	セッション3 C-03・P応募	有限要素法を用いた弓状湾曲ローラ表面材質がウェブに与える影響の評価 *吉田駿（東海大学工学研究科機械工学専攻） 加古篤史 松本恵平 佐々木勇人（カンセンエキスパンダー工業株式会社） **岩森暁（東海大学）
14(金)	セッション4 C-04	リンク機構を用いた縦型ツインジャイロモノレールの製作過程 *野出遼介（東海大学工学部精密工学科） 野村大祐（東海大学大学院工学研究科機械工学専攻） **土屋寛太郎（東海大学工学部機械システム工学科）
14(金)	セッション3 C-05・P応募	画像解析を用いたチタン材料の水素誘起弾性特性変化の評価 *関龍翔（東海大学工学研究科機械工学専攻）、山崎智美（東海大学工学研究科機械工学専攻）、原田亮（東海大学工学研究科機械工学専攻）**内田ヘルムート貴大（東海大学工学研究科機械工学専攻）
14(金)	セッション4 C-06	縦型ツインジャイロモノレールの振動軽減装置の初期製造 *小池七聖（東海大学工学部機械システム工学科）、野村大祐（東海大学大学院工学研究科機械工学専攻）**土屋寛太郎（東海大学工学部機械システム工学科）
14(金)	セッション3 C-07・P応募	窓部を通過する騒音のアクティブコントロールシステムの性能改善 *熊林楽（東海大学工学部機械工学科）、江尻直樹（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）
(E) 光・プラズマ理工学		
13(木)	セッション1 E-01・P応募	二硫化ゲルマニウム薄膜の成膜速度が銀のフォトドーピングに及ぼす影響 *原竜弥（東海大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻）、坂口佳史（CROSS）、村上佳久（筑波技術大学） **渋谷猛久（理系教育センター）
13(木)	セッション2 E-02・P応募	TiNナノ粒子を添加したSWCNT薄膜の気化熱冷却熱発電デバイスの開発 *仲澤祐人（東海大学工学研究科応用理化学専攻）、金子奎介（東海大学工学研究科応用理化学専攻）、**高尻雅之（東海大学工学研究科応用理化学専攻）
14(金)	セッション3 E-03・P応募	3Dディスプレイにおける定量的な視認性評価方法の検討 *松本爽良（東海大学工学研究科電気電子工学専攻） **藤川知栄美（東海大学工学研究科電気電子工学専攻）

13(木)	セッション2 E-04・P応募	LaGdO ₃ :Tm ³⁺ ,Yb ³⁺ のアップコンバージョン蛍光体のEu ³⁺ 微量添加による発光強度への影響 *佐長蒼生（東海大学 理学部 化学科） **富田恒之（東海大学 理学部 化学科）
14(金)	セッション4 E-05	典型金属酸化物への繊維金属ドーブによる新規赤外発光蛍光体の探索 *上原仁(東海大学理学部化学科) **富田恒之(東海大学理学部化学科)
(F) 生命生体理工学		
13(木)	セッション1 F-01	脳波における個人特異性情報の抽出に関する基礎研究 *大井智也（東海大学大学院工学研究科）、高橋玲音（東海大学大学院工学研究科）、木村達洋（東海大学文理融合学部人間情報工学科）、**安藝史崇（東海大学工学部医工学科）
14(金)	セッション3 F-02・P応募	呼吸凝縮液中のアセトン検出のためのハンドヘルド型蛍光バイオセンサに関する研究 *楊 金凡(東京工科大学 大学院 サステイナブル工学専攻)、張 耿、市川 健太、飯谷 健太(東京科学大学 総合研究院 生体材料工学研究所)、荒川 貴博(東京工科大学 工学部 電気電子研究科) **三林 浩二(東京科学大学 総合研究院 生体材料工学研究所)
13(木)	セッション1 F-03	予測的BMIへ向けた運動準備電位の基礎研究 *高橋玲音（東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻）、大井智也（東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻）、木村達洋（東海大学文理融合学部人間情報工学科）、**安藝史崇（東海大学工学部医工学科）
14(金)	セッション3 F-04	主観的時間感覚の異なる条件における脳波の検討 *橋本純（東海大学 文理融合学部 人間情報工学）、眞子竜一（東海大学 文理融合学部 人間情報工学）、中村夢斗（東海大学 文理融合学部 人間情報工学）、五味慎和（東海大学 文理融合学部 人間情報工学）、安藝史崇（東海大学 工学部 医工学科）、**木村達洋
14(金)	セッション3 F-05	VR機器使用時の視覚疲労に関する研究 *中島愛心（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）、後藤未和（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）、安藝史崇（東海大学 工学部 医工学科）、**木村達洋（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）
14(金)	セッション4 F-06	脳波を利用した単語認識過程のタイポグラフィに関する解析の基礎研究 *根本大地（東海大学 工学部 医工学科） 木村達洋（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科） **安藝史崇（東海大学 工学部 医工学科）
14(金)	セッション3 F-07	体感型スポーツゲームと従来型スポーツにおける運動強度及び心理指標の比較 *田中大智（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）、若杉愛斗（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）、安藝史崇（東海大学 工学部 医工学科） **木村達洋（東海大学 人間情報工学科 人間情報工学科）

14(金)	セッション4	F-08	顔特異的ERP成分(N170)を利用した不気味の谷現象の解析に関する基礎研究 *錦部颯太(東海大学大学院 工学研究科 医用生体工学専攻) 木村達洋(東海大学 文理融合学部 人間情報工学科) **安藝史崇(東海大学 工学部 医工学科)
(G) 薄膜・表面物性工学			
13(木)	セッション2	G-01・P応募	無電源型水素センサの開発を視野に入れたPd薄膜の挙動評価と抵抗変化の評価 *笹島泰樹(東海大学大学院 工学研究科 機械工学専攻)、原田亮(東海大学大学院 工学研究科 機械工学専攻、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、東海大学総合科学技術研究所)
13(木)	セッション2	G-02・P応募	R2R搬送工程におけるウェブの厚み不均一性がトラフ形成に及ぼす影響 *中田星空(東海大学)、畑中悠希(東海大学)、**岩森暁(東海大学)
14(金)	セッション3	G-03・P応募	不織布の繊維配向角度が静止摩擦係数に与える影響 *西岡柊哉(東海大学)、畑中悠希(東海大学)、**岩森暁(東海大学)
13(木)	セッション2	G-04・P応募	圧力勾配スパッタリング法によるBi ₂₄ Sb ₁₃ Te ₆₃ 層を被覆した自立型SWCNT薄膜 *滝沢哲也(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻) **高尻雅之(工学研究科 応用理化学専攻)
14(金)	セッション3	G-05・P応募	ナノインデンテーション法を利用した単層カーボンナノチューブ膜のフォノン平均自由行程導出 *篠崎義之(東海大学院 工学研究科)、兼子拓弥(東海大学院 工学研究科)、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)
13(木)	セッション2	G-06・P応募	有限要素法を用いたRoll-to-Roll方式搬送時における折れしわ解析の基礎検討 *押本有平(東海大学 工学研究科 機械工学専攻)、後藤宏弥(東海大学 工学研究科 機械工学専攻)、**岩森暁(東海大学)
14(金)	セッション4	G-07	ヨウ素溶液法におけるヨウ素濃度および浸漬時間がヨウ化銅薄膜に及ぼす影響 *加藤慎吾(東海大学 工学研究科 電気電子工学専攻) ***金子哲也(東海大学 工学部 電気電子工学科)
(H) その他			
13(木)	セッション1	H-01・P応募	多峰性連続関数に対するリバースアニーリングの確率遷移解析—量子計算的アプローチ— *岩間慈英(東海大学 工学研究科 電気電子工学専攻) **牧野浩典(東海大学 情報理工学部 情報科学科)
14(金)	セッション3	H-02・P応募	洋梨の非破壊追熟モニタリングのためのエタノールガス動画像化システムの開発 *石川裕一(東京工科大学 工学部 電気電子工学科)、市川健太(東京科学大学 総合研究院 生体材料工学研究所)、飯谷健太(東京科学大学 総合研究院 生体材料工学研究所)、荒川貴博(東京工科大学 工学部 電気電子工学科)、**三林浩二(東京科学大学 総合研究院 生体材料工学研究所)

13(木)	セッション1	H-03・P応募	評価係数向上のためのクラシックギターの表面板構造に関する検討 *薮田梨央(神奈川工科大学工学研究科電気電子工学専攻)、**板子一隆(神奈川工科大学工学研究科電気電子工学専攻)
14(金)	セッション3	H-04・P応募	Sigfoxを使用した医療機器管理システムの研究 *石原康平(長崎総合科学大学大学院)、前平直哉(長崎総合科学大学大学院)、馬場貴大(長崎総合科学大学工学部医療工学コース)、白濱武琉(長崎総合科学大学大学院)、池浩司(長崎総合科学大学工学部医療工学コース)、**土居二人(長崎総合科学大学大学院、長崎総合科学大学工学部医療工学コース)
13(木)	セッション1	H-05・P応募	クラシックギターの弦の張力に対する倍音特性 *石垣 織絵(神奈川工科大学電気電子情報工学科) 薮田 梨央(神奈川工科大学工学研究科電気電子工学専攻) **板子一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)
14(金)	セッション3	H-06・P応募	薬剤感知センサの開発 *松本 光太郎、平山 綾乃、田中 久美子、白濱 武琉、高木 智士、清水 悦郎、**土居 二人
13(木)	セッション1	H-07・P応募	カーボンギターの倍音特性 *岩澤 海(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、根津 蒼矢(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、浅倉 怜生(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、薮田 梨央(神奈川工科大学工学研究科電気電子工学専攻)、**板子一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)
14(金)	セッション3	H-08・P応募	X線CT画像認識と特徴量抽出した転移学習AIによる土器組織の非破壊分析 *西川輝(東海大学 大学院 応用理化学専攻)、島崎公輔(東海大学 大学院 応用理化学専攻)、牧野浩典(東海大学 情報理工学部 情報科学科)、**葛巻徹(東海大学 工学部 機械工学科)
13(木)	セッション1	H-09・P応募	クラシックギターの各種ナイロン弦における倍音特性 *名和 優虎(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、野口 純之介(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、大山 歩久登(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、薮田 梨央(神奈川工科大学工学研究科電気電子工学専攻)、**板子一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)
14(金)	セッション4	H-10	X線CTで断層撮影した考古学的土器組織のAI画像解析による特徴分類 *島崎公輔(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻) 西川輝(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻) **葛巻徹(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻)
13(木)	セッション1	H-11・P応募	フラグメント分子軌道法による水痘带状疱疹ウイルス関連酵素の阻害剤認識機構 *堤瑞樹(東海大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻)、**日向寺 祥子(東海大学 情報理工学部 情報科学科)

14(金) セッション4 H-12	部分的に氷結したフルクトース水溶液で観測される α 緩和の緩和強度のフルクトース濃度依存性 *樋口将馬（東海大学大学院 総合理工学研究科 総合理工学専攻、東海大学 マイクロ・ナノ研究開発センター）、大木耀介（東海大学大学院 理学研究科 物理学専攻）、佐々木海渡（東海大学 理学部 物理学科、東海大学 マイクロ・ナノ研究開発センター）、喜多理王（東海大学 理学部 物理学科、東海大学 マイクロ・ナノ研究開発センター）、**新屋敷直木（東海大学 理学部 物理学科、東海大学 マイクロ・ナノ研究開発センター）
13(木) セッション1 H-13・P応募	氷結したスクロース水溶液中の氷の誘電緩和と結晶構造 *大木耀介(東海大学 理学研究科 物理学専攻), 樋口将馬(東海大学 総合理工学研究科 総合理工学専攻), 佐々木海渡(東海大学 理学部 物理学科, 東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター), 喜多理王(東海大学 理学部 物理学科, 東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター), **新屋敷直木(東海大学 理学部 物理学科, 東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター)

以上

37th2025 SAS シンポジウム 題目一覧 (セッション順)

会期 2025年11月13日(木)、14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

*発表者 **指導教員 ・P応募:ポスター賞エントリー

セッション1 13日(木)10:00-12:00

13(木)	セッション1	A-01	気化熱デバイスの水質による影響 *折原潤 **高尻雅之教授
13(木)	セッション1	A-03・P応募	黄銅の熱処理時のBiの挙動 *荻野海音(東海大学 工学部 機械工学科 **宮沢靖幸(東海大学 工学部 機械工学科)
13(木)	セッション1	A-05・P応募	希土類系高温超伝導線材のひずみ効果に関するSEMを用いた考察 *大川祐平(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻) 永井颯介(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻) **小黑英俊(工学部電気電子工学科)
13(木)	セッション1	A-07・P応募	3D造形方向を制御したCF/PA6複合材料の電子線照射処理による高延性化 八木 響希(東海大院工)、**内田 ヘルムート貴大(東海大院工)、佐川 耕平(東海大院工)、三浦 栄一(KISTEC)、入江 紘嵩(東海大院工)、木村 英樹(東海大院工)、西 義武(東海大院名誉教授、KISTEC)
13(木)	セッション1	A-09・P応募	3DプリントされたPLA系炭素繊維複合材料の機械特性評価におよぼす電子線照射効果 *入江紘嵩(東海大学 工学研究科 機械工学専攻)、**内田ヘルムート貴大(東海大学 工学研究科 機械工学専攻)、佐川耕平(東海大学 工学研究科 電気電子工学専攻)、三浦栄一(KISTEC)、木村英樹(東海大学)、西義武(東海大学 名誉教授、KISTEC)
13(木)	セッション1	A-11・P応募	Al-Mg合金フラックスフリーろう付の接合強度 *今石湧誠(東海大学 工学部 機械工学科)、加藤淳也(東海大学大学院総合理化学研究科) **宮沢靖幸(東海大学 工学部 機械工学科)
13(木)	セッション1	A-13・P応募	黄銅とステンレス鋼の回転ろう付 *青木宗太(東海大学 工学部 材料学科) 植松菜々子(東海大学院 工学研究科 応用理化学専攻) **宮沢靖幸(東海大学 工学部 機械工学科教授)
13(木)	セッション1	A-15・P応募	熱CVD法によるCNT薄膜合成における触媒組織の影響 *池谷太智(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻)、影島誠(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻)、**葛巻徹(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻)
13(木)	セッション1	A-17・P応募	キシリトール配合SWCNT膜の水面浮上型熱電発電デバイスの作製 *落合秀弥(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)

13(木)	セッション1	B-01・P応募	欠陥セルを含むSi単結晶PVモジュールにおけるセル発熱電力の実験的検討 *渡邊 昇汰(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、池田 迅(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、外石 千尋(神奈川工科大学大学院電気電子工学専攻)、**板子 一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)
13(木)	セッション1	B-02・P応募	電動カートのための燃料電池パワー制御システムの検討 *盛田 尚志(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、神田 雅也(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、**板子 一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)
13(木)	セッション1	B-03・P応募	欠陥セルを持つ並列セル型PVモジュールのセル発熱の低減効果 *和田 尚也(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、高江洲 皐碧(神奈川工科大学電気電子情報工学)、外石 千尋(神奈川工科大学大学院電気電子工学専攻)、**板子 一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)
13(木)	セッション1	B-05・P応募	並列セルクラスタ型PVモジュールによる部分影時出力低下抑制 *外石 千尋(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)
13(木)	セッション1	B-07・P応募	2相変調を適用した2レベルインバータと3レベルインバータにおける損失の比較検討 *米光佑騎(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)
13(木)	セッション1	B-09・P応募	正常PVセル遮光時のセル発熱電力のシミュレーション *池田 迅(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、渡邊 昇汰(神奈川工科大学電気電子情報工学科) 外石 千尋(神奈川工科大学大学院電気電子工学専攻)、**板子 一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)
13(木)	セッション1	B-11・P応募	ニューラルネットワークによる単相交流電力調整回路の高調波低減 *佐藤 祐馬(神奈川工科大学電気電子情報工学科) **板子 一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)
13(木)	セッション1	E-01・P応募	二硫化ゲルマニウム薄膜の成膜速度が銀のフォトリソに及ぼす影響 *原竜弥(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)、坂口佳史(CROSS)、村上佳久(筑波技術大学) **渋谷猛久(理系教育センター)
13(木)	セッション1	F-01	脳波における個人特異性情報の抽出に関する基礎研究 *大井智也(東海大学大学院工学研究科)、高橋玲音(東海大学大学院工学研究科)、木村達洋(東海大学文理融合学部人間情報工学科)、**安藝史崇(東海大学工学部医工学科)
13(木)	セッション1	F-03	予測的BMIへ向けた運動準備電位の基礎研究 *高橋玲音(東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻)、大井智也(東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻)、木村達洋(東海大学文理融合学部人間情報工学科)、**安藝史崇(東海大学工学部医工学科)

13(木)	セッション1	H-01・P応募	多峰性連続関数に対するリバースアニーリングの確率遷移解析—量子計算的アプローチ *岩間慈英(東海大学 工学研究科 電気電子工学専攻) **牧野浩典(東海大学 情報理工学部 情報科学科)
13(木)	セッション1	H-03・P応募	評価係数向上のためのクラシックギターの表面板構造に関する検討 *薮田梨央(神奈川工科大学工学研究科電気電子工学専攻)、**板子一隆(神奈川工科大学工学研究科電気電子工学専攻)
13(木)	セッション1	H-05・P応募	クラシックギターの弦の張力に対する倍音特性 *石垣 織絵(神奈川工科大学電気電子情報工学科) 薮田 梨央(神奈川工科大学工学研究科電気電子工学専攻) **板子 一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)
13(木)	セッション1	H-07・P応募	カーボンギターの倍音特性 *岩澤 海(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、根津 蒼矢(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、浅倉 怜生(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、薮田 梨央(神奈川工科大学工学研究科電気電子工学専攻)、**板子 一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)
13(木)	セッション1	H-09・P応募	クラシックギターの各種ナイロン弦における倍音特性 *名和 優虎(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、野口 純之介(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、大山 歩久登(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、薮田 梨央(神奈川工科大学工学研究科電気電子工学専攻)、**板子 一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)
13(木)	セッション1	H-11・P応募	フラグメント分子軌道法による水痘帯状疱疹ウイルス関連酵素の阻害剤認識機構 *堤瑞樹(東海大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻)、**日向寺祥子(東海大学 情報理工学部 情報科学科)
13(木)	セッション1	H-13・P応募	氷結したスクロース水溶液中の氷の誘電緩和と結晶構造 *大木耀介(東海大学 理学研究科 物理学専攻)、樋口将馬(東海大学 総合理工学研究科 総合理工学専攻)、佐々木海渡(東海大学 理学部 物理学科、東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター)、喜多理王(東海大学 理学部 物理学科、東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター)、**新屋敷直木(東海大学 理学部 物理学科、東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター)
セッション2 13日(木)13:30-15:30			
13(木)	セッション2	A-19・P応募	湿式ボールミリング処理したTiFe系水素吸蔵合金の初期活性化特性 *侯 相宇 **源馬 龍太(東海大学 工学部 応用化学科)
13(木)	セッション2	A-21・P応募	Mg-Pd-Ni 三元合金の水素吸蔵前後における力学特性の変化に関する研究 *韓 銘洋(東海大院工)、**内田 ヘルムート貴大(東海大院工)、**原田 亮(東海大 総合科学技術研究所)
13(木)	セッション2	A-23・P応募	銀ろうによるステンレス鋼のろう付 *発表者=川村亮太(東海大学 工学部 機械工学科)、*共同研究者=鎌田龍介(東海大学 工学部 総合理工学研究科)*指導教員=宮沢 靖幸(東海大学 工学部 機械工学科)

13(木)	セッション2	A-25・P応募	低銀化を目指した新規ろう材開発 *高山輝(東海大学 工学部 機械工学科)、榎野晴(東海大学 大学院 工学研究科)、**宮沢靖幸(東海大学 工学部 機械工学科)
13(木)	セッション2	A-27・P応募	Al-Mn系合金フラックスフリーろう付の接合強度評価 *齋藤時人(東海大学 工学部 機械工学科) 加藤淳也(東海大学 大学院 総合理工学研究科) **宮沢靖幸(東海大学 工学部 機械工学科)
13(木)	セッション2	A-29・P応募	REBCO 線材の磁場中臨界電流のひずみ・磁場角度依存性 *永井颯介(東海大学 大学院 工学研究科 応用理化学専攻) **小黑英俊(東海大学 大学院 工学研究科 応用理化学専攻)
13(木)	セッション2	A-31・P応募	SEM内通電接触によるCNT紡績系の構造変化に関する検討 *後藤鴻熙(東海大学 大学院 工学研究科 応用理化学専攻) **葛巻徹(東海大学 大学院 工学研究科 応用理化学専攻)
13(木)	セッション2	A-33・P応募	EuBa ₂ Cu ₃ O _{7-δ} coated conductorの上部臨界磁場のひずみによる変化 *中村健人(東海大学 工学研究科 応用理化学専攻)、長谷川凌也(東海大学 工学研究科 応用理化学専攻)、栗原祐太(東海大学 工学研究科 応用理化学専攻)、**小黑英俊(東海大学 工学部 電気電子工学科)
13(木)	セッション2	A-35・P応募	黄銅のBi含有量がろう付に及ぼす影響 *齊藤遼(東海大学 工学部 機械工学科) 植松菜々子(東海大学 大学院 工学研究科 応用理化学専攻) 青木宗太(東海大学 工学部 機械工学科) **宮沢靖幸(東海大学 工学部 機械工学科)
13(木)	セッション2	A-37・P応募	電気化学的手法による純ニオブの表面酸化状態と水素吸蔵特性の定量評価 *片山翔太(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)
13(木)	セッション2	A-39・P応募	ポリアミド6とガラス短繊維の複合材料(PA6-SGF)とステンレス鋼板の接着における電子線照射処理が及ぼす影響 *小平苑子(東海大学 大学院 工学研究科 機械工学専攻) **内田ヘルムート貴大(東海大学 大学院 工学研究科 機械工学専攻)、佐川耕平(東海大学 大学院 工学研究科 電気電子工学専攻)、木村英樹(東海大学 大学院 工学研究科 電気電子工学専攻)、西義武(東海大学 名誉教授、KISTEC)
13(木)	セッション2	A-41・P応募	工業用オイルフィルターの評価 *小坂部 将吾(東海大学 工学部 機械工学科) *大畑 陽平(東海大学 大学院 工学研究科 応用理化学専攻) **宮沢 靖幸(東海大学 工学部 機械工学科 教授)
13(木)	セッション2	A-43・P応募	PVDF(ポリフッ化ビニリデン)を利用したボールミル法による二酸化炭素のメタン化 *鄭琳(東海大学 工学部 応用化学科) **源馬龍太(東海大学 工学部 応用化学科)
13(木)	セッション2	A-45・P応募	気液二相測定法を用いたPdおよびPd-Ag合金の水素透過特性評価 *小倉博人(東海大学 大学院 工学研究科 機械工学専攻)、原田亮(東海大学 総合科学技術研究所)、**内田ヘルムート貴大(東海大学 大学院 工学研究科 機械工学専攻)

13(木)	セッション2	A-47・P応募	SUS444のBNi-5a相当箔状ろう材による低温ろう付 *陳奕兆(東海大学 工学部機械工学科)、久保田空(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)
13(木)	セッション2	A-49・P応募	Zn-Alろう材によるろう付性評価 *中村泰斗(東海大学 工学部 機械工学科) 宮沢靖幸(東海大学 工学部 機械工学科) 栗田大輝(東海大学 大学院 工学研究科 応用理化学専攻)
13(木)	セッション2	B-04・P応募	IoT機器向け小型独立電源を目指すSWCNT疑似ヒートシンク熱電変換デバイスの開発 *中島拓海(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 応用理化学科)
13(木)	セッション2	B-06・P応募	水素雰囲気中におけるPd担持CaCO ₃ 単結晶基板からのメタン生成 *佐藤蓮(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻) 吉田有章(東海大学大学院 総合理工学研究科 総合理工学専攻) **源馬龍太(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻)
13(木)	セッション2	E-02・P応募	TiNナノ粒子を添加したSWCNT薄膜の気化熱冷却熱電発電デバイスの開発 *仲澤祐人(東海大学 工学研究科 応用理化学専攻)、金子奎介(東海大学 工学研究科 応用理化学専攻)、**高尻雅之(東海大学 工学研究科 応用理化学専攻)
13(木)	セッション2	E-04・P応募	LaGdO ₃ :Tm ³⁺ ,Yb ³⁺ のアップコンバージョン蛍光体のEu ³⁺ 微量添加による発光強度への影響 *佐長蒼生(東海大学 理学部 化学科) **富田恒之(東海大学 理学部 化学科)
13(木)	セッション2	G-01・P応募	無電源型水素センサの開発を視野に入れたPd薄膜の挙動評価と抵抗変化の評価 *笹島泰樹(東海大学大学院 工学研究科 機械工学専攻)、原田亮(東海大学大学院 工学研究科 機械工学専攻、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、東海大学総合科学技術研究所)
13(木)	セッション2	G-02・P応募	R2R搬送工程におけるウェブの厚み不均一性がトラフ形成に及ぼす影響 *中田星空(東海大学)、畑中悠希(東海大学)、**岩森暁(東海大学)
13(木)	セッション2	G-04・P応募	圧力勾配スパッタリング法によるBi ₂₄ Sb ₁₃ Te ₆₃ 層を被覆した自立型SWCNT薄膜 *滝沢哲也(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻) **高尻雅之(工学研究科 応用理化学専攻)
13(木)	セッション2	G-06・P応募	有限要素法を用いたRoll-to-Roll方式搬送時における折れしわ解析の基礎検討 *押本有平(東海大学 工学研究科 機械工学専攻)、後藤宏弥(東海大学 工学研究科 機械工学専攻)、**岩森暁(東海大学)

セッション3 14日(金)10:00-12:00

14(金)	セッション3	A-02・P応募	光切断法によるRoll-to-Roll不織布搬送におけるトラフ形状の定量的評価 *畑中悠希(東海大学 工学研究科 機械工学専攻) 西岡柊哉(東海大学 工学研究科 機械工学専攻) 中田星空(東海大学 工学研究科 機械工学専攻) **岩森暁(東海大学)
14(金)	セッション3	A-04・P応募	黄銅の脱亜鉛メカニズムの解明 *松村鷹亮(東海大学 工学部 機械工学科)、翁明旭(東海大学 工学研究科 応用化学専攻)、**宮沢靖幸(東海大学 工学部 機械工学科)
14(金)	セッション3	A-06・P応募	MgB ₂ ハイブリッド超伝導線材の高磁場中通電特性に関する考察 *吉澤侑希(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻) 松岡 杏祐(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻) 大橋 克也(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻) **小黑 英俊(東海大学 工学部 電気電子工学科)
14(金)	セッション3	A-08・P応募	ノンフラックスはんだ付における連続したCu ₃ Snの形成 *長谷川莊馬(東海大学 工学部 機械工学科)、鯉淵裕貴(東海大学 工学研究科 応用化学専攻)、**宮沢靖幸(東海大学 工学部 機械工学科)
14(金)	セッション3	A-10・P応募	均一沈殿法による希土類アップコンバージョン蛍光体の合成と沈殿剤の影響 *保科俊輔(東海大学大学院 理学研究科 化学専攻) **富田恒之(東海大学 理学部 化学科)
14(金)	セッション3	A-12・P応募	人工光合成装置に用いる酸化タングステン電極作製と物性評価 *宮本承海(東海大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻) **渋谷猛久(東海大学 理系教育センター)
14(金)	セッション3	A-14・P応募	ADC12のダイカスト過程で用いるフラックス粉末の効能と用途別最適配分に関する熱力学的検討 *箕浦 拓真(東海大院工), 西村 朋也(東海大工), **内田 ヘルムート貴大(東海大院工、東海大総科研)
14(金)	セッション3	A-16・P応募	マイクロサンプリング法による考古学的金属器の元素分析とその分類に関する研究 *渡邊悠翔(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻)、**葛巻徹(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻)
14(金)	セッション3	A-18・P応募	CFRPサンドイッチ構造における接着材微細構造制御と剛性向上メカニズム *中安翼(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)
14(金)	セッション3	A-20・P応募	三次元積層造形した硝子短繊維強化ナイロン6複合材料の機械的特性の電子線照射の効果 *樋口大翔(東海大工), 高木詩ノ介(東海大工), 川浪遥翔(東海大工), 八木響希(東海大院工), **佐川耕平(東海大院工), 三浦栄一(KISTEC), 内田ヘルムート貴大(東海大院工), 木村英樹(東海大院工)、西義武(東海大名誉教授, KISTEC)
14(金)	セッション3	A-51・P応募	異なる有機材料シートを用いて作製されたSWCNT熱流センサの評価 *中山大翔(東海大院工) **高尻雅之(東海大院工)

14(金)	セッション3	B-08・P応募	インバータ主回路方式における損失の比較検討 *花輪史彦（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）
14(金)	セッション3	C-01・P応募	ナノインデンテーションによる医療用高分子材料の引張ヤング率の推定 *比留川政秀（東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻）、董芳佚（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）
14(金)	セッション3	C-02・P応募	薄型ポリエステル繊維系吸音材の吸音特性評価 *万志堅（東海大学 工学部 機械工学科）、江尻直樹（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）
14(金)	セッション3	C-03・P応募	有限要素法を用いた弓状湾曲ローラ表面材質がウェブに与える影響の評価 *吉田駿（東海大学 工学研究科 機械工学専攻） 加古篤史 松本恵平 佐々木勇人（カンセンエキスパンダー工業株式会社） **岩森暁（東海大学）
14(金)	セッション3	C-05・P応募	画像解析を用いたチタン材料の水素誘起弾性特性変化の評価 *関龍翔（東海大学工学研究科機械工学専攻）、山崎智美（東海大学工学研究科機械工学専攻）、原田亮（東海大学工学研究科機械工学専攻） **内田ヘルムート貴大（東海大学工学研究科機械工学専攻）
14(金)	セッション3	C-07・P応募	窓部を通過する騒音のアクティブコントロールシステムの性能改善 *熊林楽（東海大学 工学部 機械工学科）、江尻直樹（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）
14(金)	セッション3	E-03・P応募	3Dディスプレイにおける定量的な視認性評価方法の検討 *松本爽良（東海大学 工学研究科 電気電子工学専攻） **藤川知栄美（東海大学 工学研究科 電気電子工学専攻）
14(金)	セッション3	F-02・P応募	呼気凝縮液中のアセトン検出のためのハンドヘルド型蛍光バイオセンサに関する研究 *楊 金凡（東京工科大学 大学院 サステイナブル工学専攻）、張 耿、市川 健太、飯谷 健太（東京科学大学 総合研究院 生体材料工学研究所）、荒川 貴博（東京工科大学 工学部 電気電子研究科） **三林 浩二（東京科学大学 総合研究院 生体材料工学研究所）
14(金)	セッション3	F-04	主観的時間感覚の異なる条件における脳波の検討 *橋本純（東海大学 文理融合学部 人間情報工学）、眞子竜一（東海大学 文理融合学部 人間情報工学）、中村夢斗（東海大学 文理融合学部 人間情報工学）、五味慎和（東海大学 文理融合学部 人間情報工学）、安藝史崇（東海大学 工学部 医工学科）、**木村達洋
14(金)	セッション3	F-05	VR機器使用時の視覚疲労に関する研究 *中島愛心（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）、後藤未和（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）、安藝史崇（東海大学 工学部 医工学科）、**木村達洋（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）

14(金)	セッション3	F-07	<p>体感型スポーツゲームと従来型スポーツにおける運動強度及び心理指標の比較</p> <p>*田中大智（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）、若杉愛斗（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）、安藝史崇（東海大学 工学部 医工学科）**木村達洋（東海大学 人間情報工学科 人間情報工学科）</p>
14(金)	セッション3	G-03・P応募	<p>不織布の繊維配向角度が静止摩擦係数に与える影響</p> <p>*西岡柊哉（東海大学）、畑中悠希（東海大学）、**岩森暁（東海大学）</p>
14(金)	セッション3	G-05・P応募	<p>ナノインデンテーション法を利用した単層カーボンナノチューブ膜のフォノン平均自由行程導出</p> <p>*篠崎義之（東海大学院 工学研究科）、兼子拓弥（東海大学院 工学研究科）、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）</p>
14(金)	セッション3	H-02・P応募	<p>洋梨の非破壊追熟モニタリングのためのエタノールガス動画像化システムの開発</p> <p>*石川裕一（東京工科大学 工学部 電気電子工学科）、市川健太（東京科学大学 総合研究院 生体材料工学研究所）、飯谷健太（東京科学大学 総合研究院 生体材料工学研究所）、荒川貴博（東京工科大学 工学部 電気電子工学科）、**三林浩二（東京科学大学 総合研究院 生体材料工学研究所）</p>
14(金)	セッション3	H-04・P応募	<p>Sigfoxを使用した医療機器管理システムの研究</p> <p>*石原康平（長崎総合科学大学大学院）、前平直哉（長崎総合科学大学大学院）、馬場貴大（長崎総合科学大学工学部医療工学コース）、白濱武琉（長崎総合科学大学大学院）、池浩司（長崎総合科学大学工学部医療工学コース）、**土居二人（長崎総合科学大学大学院、長崎総合科学大学工学部医療工学コース）</p>
14(金)	セッション3	H-06・P応募	<p>薬剤感知センサの開発</p> <p>*松本 光太郎、平山 綾乃、田中 久美子、白濱 武琉、高木 智士、清水 悦郎、**土居 二人</p>
14(金)	セッション3	H-08・P応募	<p>X線CT画像認識と特徴量抽出した転移学習AIによる土器組織の非破壊分析</p> <p>*西川輝（東海大学 大学院 応用理化学専攻）、島崎公輔（東海大学 大学院 応用理化学専攻）、牧野浩典（東海大学 情報理工学部 情報科学科）、**葛巻徹（東海大学 工学部 機械工学科）</p>
セッション4 14日(金)13:30-15:30			
14(金)	セッション4	A-22	<p>PN一体化/SWCNT/メッシュ膜を用いた熱発電デバイスの評価</p> <p>*浅野結太（東海大学 工学部 応用化学科）**高尻雅之（東海大学 工学部 応用化学科）</p>
14(金)	セッション4	A-24	<p>Nb3Sn添加量によるYBCO超電導線材の内部組織変化</p> <p>*櫻井栄光 **小黒英俊</p>
14(金)	セッション4	A-26	<p>液中プラズマ法を用いて作製したダイレクトメタノール燃料電池用Pt触媒に関する研究</p> <p>*班兆元（東海大学 工学研究科 電気電子工学専攻）、**庄善之（東海大学 工学研究科 電気電子工学専攻）</p>

14(金)	セッション4	A-28	<p>熱処理によるYBCO超伝導線材の組織変化</p> <p>*西村有磨（東海大学 工学研究科 応用理化学専攻）、新井 樹（東海大学 工学研究科 応用理化学専攻）、**小黑英俊（東海大学 工学部 電気電子工学科）</p>
14(金)	セッション4	A-30	<p>圧電材料によるメタン生成の温度依存性</p> <p>*吉田愛奈（東海大学 工学部 応用化学科） **源馬龍太（東海大学 工学部 応用化学科）</p>
14(金)	セッション4	A-32	<p>界面活性剤添加におけるSWCNT膜のフォノン平均自由行程の検討</p> <p>*張程(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）</p>
14(金)	セッション4	A-34	<p>界面活性剤DODMACによるN型SWCNT膜の膜厚制御と熱電性能評価</p> <p>*江口明日夢（東海大学 工学部 応用化学科） **高尻雅之（東海大学 工学部 応用化学科）</p>
14(金)	セッション4	A-36	<p>X線CT解析による水素導入チタンワイヤの内部欠陥評価</p> <p>*酢谷拓翔（東海大学 工学部 機械工学科）、佐々木孝生（東海大学 工学部 精密工学科）、原田亮（東海大学総合科学技術研究所）、**内田ヘルムート貴大（東海大学 工学部 機械工学科）</p>
14(金)	セッション4	A-38	<p>オーステナイト系SUS304ワイヤーの剛性率に及ぼす水素導入処理の非破壊評価</p> <p>*ZENG YUCHENG (東海大院工) **内田 ヘルムート貴大(東海大院工)</p>
14(金)	セッション4	A-40	<p>放熱素子形成に向けた垂直配向カーボンナノチューブ薄膜の膜圧制御と表面処理</p> <p>*影島誠（東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻）**葛巻徹（東海大学 工学部 機械工学科）</p>
14(金)	セッション4	A-42	<p>SEM・ナノマニピュレータを用いたCNT紡績系の通電加熱と引張試験</p> <p>発表者＝平井洵也（東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻）、後藤鴻熙（大学院 工学研究科 応用理化学専攻） 指導教員＝葛巻徹（東海大学 工学部 機械工学科）</p>
14(金)	セッション4	A-44	<p>酸化物結晶の歪んだサイトを利用したEu³⁺の直接励起と赤色発光の強化</p> <p>*飯田智大(東海大学大学院 理学研究科 化学専攻) 志村 慶太(東海大学大学院 総合理工研究科) **富田 恒之（東海大学 理学部 化学科）</p>
14(金)	セッション4	A-46	<p>ステンレス鋼の溶接欠陥による問題と検査方法に関する調査</p> <p>渡邊雄聖(東海大学工学部機械システム工学科) 山内政虎(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻) 内田ヘルムート貴大(東海大学工学部機械工学科) 土屋寛太郎(東海大学工学部機械システム工学科)</p>
14(金)	セッション4	A-48	<p>SiCの熱処理が抵抗率の変化に及ぼす影響に関する初期研究</p> <p>*池田浩輔（東海大学 工学部 機械システム工学科）山内政虎（東海大学大学院 工学研究科 機械工学専攻）内田ヘルムート貴大（東海大学 工学部 機械工学科）**土屋寛太郎（東海大学 工学部 機械システム工学科）</p>

14(金)	セッション4	A-50	<p>ダイレクトメタノール燃料電池についてのメタノールクロスオーバーの低減</p> <p>*熊然迪（東海大学 工学研究科 電気電子工学専攻）、**庄善之（東海大学 工学研究科 電気電子工学専攻）</p>
14(金)	セッション4	B-10	<p>円板における圧電振動発電時の円板の挙動に関する初期研究</p> <p>*辰井慎（東海大学 工学部 機械システム工学科）永谷俊人（東海大学大学院工学研究科機械工学専攻）鈴木隆ノ介（東海大学大学院工学研究科機械工学専攻）大友十空（東海大学 工学部 機械システム工学科）**土屋 寛太郎（東海大学 工学部 機械システム工学科）**森山 裕幸（東海大学）</p>
14(金)	セッション4	B-12	<p>円筒構造における圧電振動発電時の円板挙動に関する研究</p> <p>*大友 十空（東海大学 工学部 機械システム工学科）**土屋 寛太郎（東海大学）森山裕幸（東海大学）永谷 俊（東海大学大学院 工学研究科機械工学専攻）鈴木隆ノ介（東海大学大学院 工学研究科機械工学専攻）辰井 慎（東海大学 工学部 機械システム工学科）</p>
14(金)	セッション4	C-04	<p>リンク機構を用いた縦型ツインジャイロモノレールの製作過程</p> <p>*野出遼介（東海大学 工学部 精密工学科）野村大祐（東海大学 大学院 工学研究科 機械工学専攻）**土屋寛太郎（東海大学 工学部 機械システム工学科）</p>
14(金)	セッション4	C-06	<p>縦型ツインジャイロモノレールの振動軽減装置の初期製造</p> <p>*小池七聖（東海大学工学部機械システム工学科）、野村大祐（東海大学大学院工学研究科機械工学専攻）**土屋寛太郎（東海大学工学部機械システム工学科）</p>
14(金)	セッション4	E-05	<p>典型金属酸化物への繊維金属ドーブによる新規赤外発光蛍光体の探索</p> <p>*上原仁（東海大学理学部化学科）**富田恒之（東海大学理学部化学科）</p>
14(金)	セッション4	F-06	<p>脳波を利用した単語認識過程のタイポグラフィに関する解析の基礎研究</p> <p>*根本大地（東海大学 工学部 医工学科）木村達洋（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）**安藝史崇（東海大学 工学部 医工学科）</p>
14(金)	セッション4	F-08	<p>顔特異的ERP成分(N170)を利用した不気味の谷現象の解析に関する基礎研究</p> <p>*錦部颯太（東海大学大学院 工学研究科 医用生体工学専攻）木村達洋（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）**安藝史崇（東海大学 工学部 医工学科）</p>
14(金)	セッション4	G-07	<p>ヨウ素溶液法におけるヨウ素濃度および浸漬時間がヨウ化銅薄膜に及ぼす影響</p> <p>*加藤慎吾（東海大学 工学研究科 電気電子工学専攻）***金子哲也（東海大学 工学部 電気電子工学科）</p>
14(金)	セッション4	H-10	<p>X線CTで断層撮影した考古学的土器組織のAI画像解析による特徴分類</p> <p>*島崎公輔（東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻）西川輝（東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻）**葛巻徹（東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻）</p>

14(金) セッション4 H-12

部分的に氷結したフルクトース水溶液で観測される α 緩和の緩和強度のフルクトース濃度依存性

*樋口将馬（東海大学大学院 総合理工学研究科 総合理工学専攻、東海大学 マイクロ・ナノ研究開発センター）、大木耀介（東海大学大学院 理学研究科 物理学専攻）、佐々木海渡（東海大学 理学部 物理学科、東海大学 マイクロ・ナノ研究開発センター）、喜多理王（東海大学 理学部 物理学科、東海大学 マイクロ・ナノ研究開発センター）、**新屋敷直木（東海大学 理学部 物理学科、東海大学 マイクロ・ナノ研究開発センター）

以上

気化熱デバイスの水質による影響

折原潤(東海大学 工学部 応用化学科) 高尻雅之(東海大学 工学部 応用化学科)

1. 背景, 目的

近年、再生可能エネルギーへの注目が高まっている。特に太陽光を利用した発電技術は、持続可能なエネルギー供給の手段として大きな期待が寄せられている。しかしながら、既存の太陽光発電装置には、大型で設置場所が限られる、配線工事に手間がかかる、メンテナンスが煩雑であるなど、実用化に向けた課題が存在する。そこで、より小型で柔軟性があり、設置や運用の手間を軽減できる発電デバイスの開発が求められている。

このような背景のもと、注目されているのが熱電発電技術である。熱電発電とは、温度差を利用して直接電気を発生させる技術であり、配線が不要で設置が容易な点から、配線が難しい環境下での独立電源としての応用が期待されている。今回は水面に浮かべて使用する熱電発電デバイスは、日中の太陽光による水の温度上昇と大気との温度差を活かすことで、外部熱源に依存せず発電できるという利点を有している。

本研究では、熱電材料として単層カーボンナノチューブ (SWCNT) を採用する。SWCNT は優れた電気・熱伝導性を持ち、室温付近でも高い熱電性能を発揮することが知られており、さらに柔軟性があり、薄膜状の加工が可能であるため、将来的な熱電デバイスへの応用が期待される。また、SWCNT は従来のビスマス系無機材料と比較して、資源的な制約や環境負荷が少なく、低コストでの生産が可能である点も注目されている。

2. 方法

本実験では水面上での実験を行った。SWCNT を自立膜 (バッキーペーパー: BP) にし、低熱伝導性材料のポリイミドフィルムに張り付け、基板に開口部を設けて、BP の裏面が片側のみ水と触れるような構造とし、これをデバイスとする。デバイスは人口太陽灯照明灯を用いた直射太陽同等の光 (光量: 約 1000 W/m^2) をデバイスに照射させた。測定環境は光あり、水温は ($35 \sim 36^\circ\text{C}$) 条件で各試料 30 分の測定を行った。水質試料は水道水、川水、雨水、海水、川雨水混合、イオン交換水を使用した。

3. 実験結果

下記の図 1 に実験結果を示す。自然環境化を考慮し、様々な水質で実験を行った結果、水道水、川水、雨水、海水、川雨水混合、イオン交換水と順になった。

4. 考察

考えられることとして、水道水が最も良い結果となったため、水の汚染度が影響していると考えられる。その後続く試料も川の上流のものから順になっている。また、イオン交換水の結果から考えられることとして、電気伝導率が出力電圧に影響していると考えられる。また、イオン交換水は水道水に比べ、電気を非常に通さない特徴もある。イオン交換水はイオンの含有量が非常に少ないため、電気を通さず出力電圧が向上しなかったと考えられる。

5. 結論

本実験結果から、水中のイオン濃度や導電性の違いがデバイス性能に大きく関与している可能性が示唆された。今後はより水を SWCNT へ供給するためにハイドロゲルの使用を検討している。

6. 参考文献

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

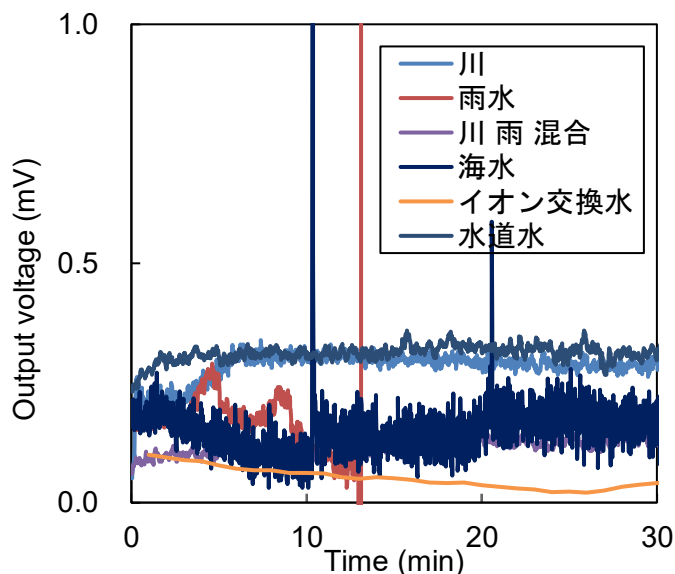


図1 水質変更の測定結果

光切断法による Roll-to-Roll 不織布搬送におけるトラフ形状の定量的評価

*畑中 悠希 (東海大学)、西岡 柊哉 (東海大学)、中田 星空 (東海大学)、**岩森 暁 (東海大学)

1. 背景, 目的

近年, 産業分野ではフィルターや電池セパレータとしての不織布の需要が増加している. 不織布は工学的にウェブと称し, 一般に Roll-to-Roll(R2R)生産方式によって搬送が行われるが, ウェブに波板状くぼみが生じるトラフやトラフを起因とする折れしわが生じやすい. これに対し, 高分子フィルムにおいて線形座屈理論に基づく折れしわ発生予測モデル¹が提案されているが, 不織布が持つ繊維分布のランダム性等から従来理論式への適用は困難である. さらに不織布の生産速度は非常に速いうえに繊維密度の偏在に起因した不規則なトラフが発生する可能性が高く, 従来のトラフ検知方法では製造ライン応用および導入コストに課題がある.

したがって, 本研究では R2R 不織布搬送において高精度かつ定量的なトラフ高さを可能とする新たな測定方法として光切断法を採用し, 評価を行った.

2. 方法

光切断法は三角測量法的一种であり, 非接触かつ高精度に形状の測定が可能である. 図 1 に本研究で用いた実験装置の概要を示す. これは R2R 搬送工程を模した搬送装置に対し, シートレーザとカメラを用いることで搬送中に生じるトラフを可視化, 画像で取得することを可能としている. このとき, シートレーザ, 標点, カメラの位置関係から Pixel に対する既知の距離を算出することによってキャリブレーションを行う. その後, 動画を二値化することによってトラフ形状を抽出し, 経時変化を追うことによってグラフ化を行う.

3. 実験結果および考察

結果より, 本手法によってトラフ高さの測定が可能であることが示された. また, 搬送中不織布面上において不規則なトラフ発生することが確認され, 幅方向両端に沈みこみが生じることが明らかになった. この傾向はこれまでの定性的なトラフ可視化実験および DIC によるトラフ高さ実験と同様の傾向を示していることから, 測定が妥当であることが示唆された. さらに, この方法は比較的安易なルールベースであるため高速搬送において有用であると考えられる.

4. 結論

本研究では R2R 不織布搬送において高精度かつ定量的なトラフ高さを可能とする新たな測定方法として光切断法を採用し新たなトラフ高さの測定法として適当であることが示された.

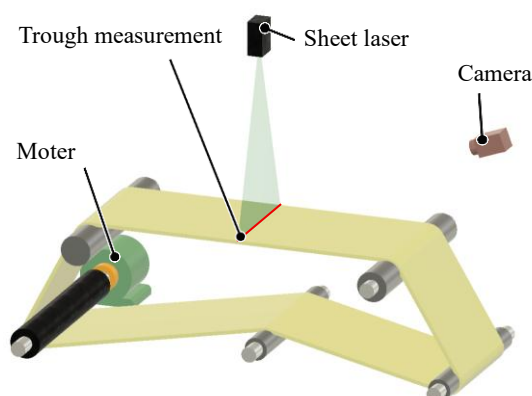


Fig. 1 Apparatus of trough height measurement by light section method

参考文献

- ¹ Good, J. K., Kedl, D. M., and Shelton, J. J., "Shear Wrinkling in Isolated Spans", *Proceedings of 4th International Conference on Web Handling* (1997), pp. 462-479.

黄銅の熱処理時の Bi の挙動

*荻野海音(東海大学工学部機械工学科)、小林昂太郎(東海大学大学院総合理工学研究科)、**宮沢靖幸(東海大学工学部機械工学科)

1. 背景, 目的

黄銅とは Cu と Zn の合金であり適度な硬度と粘り気を有した金属材料である。また、加工がしやすく、熱伝導率が高く耐食性にも優れている。これらの特徴から黄銅はトイレや台所などの水回りに使用されることが多い。従来の快削黄銅には切削性向上のため Pb を添加した黄銅が使用されていた。しかし、配管やバルブにこの Pb の含有された黄銅を用いると水に Pb が溶け出してしまう人体や環境に悪影響があることが厚生労働省などから発表された¹⁾。そこで Pb の代替元素として Bi や Si が添加された Pb フリー快削黄銅が登場した²⁾。

バルブと配管などには、黄銅とステンレス鋼が採用されている。両者の材料の接合にはろう付が最適とされている。これらをろう付する際、主に銀ろうが使用される。しかし、新たに開発された Pb フリー黄銅とステンレス鋼をろう付することで、黄銅に添加された Bi がろう付性に悪影響を及ぼす可能性が示唆されている。先行研究の結果、Pb フリー黄銅とステンレス鋼をろう付した際、ろう付部界面に Bi が移動することが判った。移動した Bi に起因して、剥離などのろう付欠陥が生じた³⁾。ろう付時、Bi の移動はろう付温度に影響することが確認できた。これらの結果、Bi はろう付性に何かしら影響を及ぼすことが判った。

そこで本研究では、黄銅の熱処理時の黄銅中に含まれる Bi や他元素の挙動を解析する事を目的とした。

2. 方法

本研究では C6801 と C6803 の 2 種類の黄銅を用いて実験を行った。今回の実験では熱処理温度を 740℃と設定した。740℃に達した後、5min 保持した。冷却条件は空冷とした。その後、樹脂埋め機を使用し樹脂埋めをした後耐水ペーパー #800、#1500 を用いて研磨を行い、研磨クロスでセンバ・アザイ・ラプトの順番で研磨を行った。黄銅母材表面の組織を観察するため、エッチング溶液（蒸留水 91.8%、アンモニア水 7.5%、過酸化水素水 0.7%）でエッチングを行い光学顕微鏡を用いて表面観察を行

った。

3. 実験結果

熱処理前は α 相と β 相が均一な微細組織を形成していた。熱処理後は α 相が粗大化し、一方で、 β 相は減少していることが確認された。また、Bi の析出箇所は β 相領域と隣合わせとなる状態で分布していた。

表 1 黄銅組成表

Material	Chemical Composition (mass%)						
	Cu	Pb	Bi	Fe	Sn	Zn	P
C6801	59.5	<0.01	2.18	0.11	0.25	Bal.	0.003
C6803	60.3	-	2.1	-	1.2	Bal.	0.01

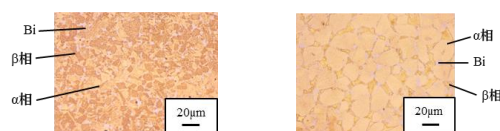


図 1 C6803 熱処理前後の断面観察図

4. 考察

図 1 において、高温熱処理をした際、 β 相の結合エネルギーが不安定になり、凝固過程で、結合エネルギーの安定な相に相変態したと考えた。Bi が α 相中に析出している要因は、C6803 は Sn が 1.2 mass%含有しており、Sn の含有量の増加に伴い、 β 相には、Sn を固溶した β 相固溶体が形成される。そのため、Sn が多く分布しているエリア近傍で Bi が析出するため、このような傾向が得られた可能性が高い。また、Bi-Sn の共晶もともに形成されやすくなる。

また、Bi の量が減少しているのは、上記に示した脱亜鉛現象によって Zn が外部に排出される。それと同様に Bi も融点が 271℃であるため外部に溶けだしたのではないかと考えられる。

5. 結論

Bi は熱処理によって分散していたものが凝集して析出する。

参考文献

- 1) 渡里宏二, 岩崎竜也, 間曾利治:新日鉄住友技法, 第 406 号, (2016), 31-32.
- 2) 金崎文雄, 関口英樹, 宮沢靖幸:銅と銅合金, 第 63 巻 1 号 (2024), 180-183
- 3) 小林昂太郎, 長尾晃裕, 宮沢靖幸, 金崎文雄:銅と銅合金, 62 (2023), 134-138.

黄銅の脱亜鉛メカニズムの解明

*松村鷹亮(東海大学 工学部 機械工学科)、翁明旭(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)

1. 背景, 目的

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、ろう付温度域で発生すると言われている。従って、脱亜鉛現象はろう材のぬれ広がりに影響を及ぼし、ろう付性に強く影響を及ぼす事が想定される。これまでの研究では、真空中でろう付を行うと、接合強度に影響を与えることが明らかとなっている。一方、黄銅の脱亜鉛メカニズムの詳細は、不明である。現状、ろう付昇温時に発生する脱亜鉛の防止策として、ろう付温度の低温度化などが行われている。しかし本質的な解決に至っていない。そこで、本研究では脱亜鉛メカニズムの解明を目的とした。

2. 方法

今回の実験では、黄銅を一度加熱して脱亜鉛処理した後、ろう付を行う。本研究では、黄銅の脱亜鉛処理温度を 750℃、850℃に設定し、各温度で 40 分および 60 分保持した。その後、脱亜鉛処理した黄銅をステンレス鋼に 800℃でろう付した。使用した材料の組成を表 1、2、3 に示した。

表 1 黄銅の組成

JIS No.	化学組成(mass%)						
	Cu	Bi	Sn	Fe	Fe	Pb	Zn
C6803-A	60.2	1.2	1.2	0.1≥	-	0	Bal.

表 2 ステンレスの組成

JIS No.	化学組成(mass%)							
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Fe
SUS304	0.08≤	1.0≤	2.0≤	0.045	0.03≤	8	18	Bal.

表 3 ろう材の組成

ろう材	化学組成(mass%)			
JIS No.	Ag	Cu	Zn	Sn
BAG8	72	Bal.	-	-

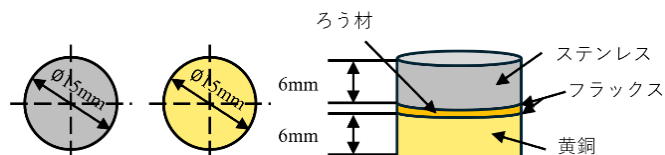


図 1 試験片の概略図

3. 実験結果

図 1 から、ろう材層と黄銅層が確認できる。 α 相が黄銅表面近傍で粗大化している事が確認できた。脱亜鉛は高温でより促進される事も確認でき、長時間でさらに促進される事が確認できた。脱亜鉛処理を行った試験片と脱亜鉛処理を行っていない試験片を比較すると、脱亜鉛処理を行った試験片の場合 α 相の粗大化が確認され、 β 相が少なくなっている事も確認できた。

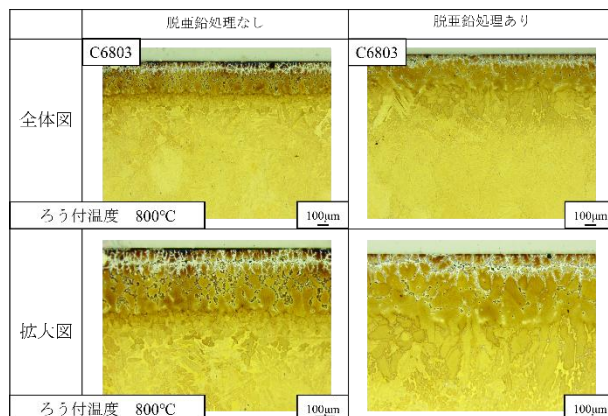


図 2 C6803 脱亜鉛処理ありとなしの比較

4. 考察

脱亜鉛に伴う組織変化の原因は、状態図から Zn の含有量の減少に伴い、組織が α 相と β 相の混合相から α 相の単一相に変化する可能性がある事と関連していると考えた。従って、Zn が β 相から抜けて、穴が生じ、 α 相から抜けると考えた。

5. 結論

以上のことから脱亜鉛は

1. 高温で促進されること
2. 組織が α 相と β 相の混合相から α 相の単一相に変化し、Zn が β 相から抜けて、穴が生じ、 α 相から抜けると考えた。

参考文献

1. 伊藤勲、富樫満、日景武夫 高温真空中における β 黄銅の脱亜鉛速度 日本金属学会誌 第 38 巻 (1974 年) 294-300
2. 新井真人、江口逸夫、新井勇多、石島睦己、山根正明、清水有星 Cu-Zn 合金の耐摩耗性に及ぼす Mn, P および Sn 添加の影響 銅と銅合金 第 59 巻 1 号 (2020)

希土類型高温超伝導線材のひずみ効果に関する SEM を用いた考察

*大川祐平(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、永井颯介(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、
淡路智(東北大)、**小黑英俊(東海大学工学部電気電子工学科)

1. 背景および目的

$\text{REBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (REBCO, RE は Y または希土類元素) 線材は、結晶を配向させることで大電流通電が可能となるため、薄膜線材として実用化されている。しかし、結晶軸が揃っていることで線材に印加する磁場の方向を変えると、超伝導特性が変化する。また、ひずみによって超伝導特性が変化することも知られている。これら 2 つの特徴を同時に議論することが超伝導マグネット応用には重要だが、その測定が難しいためほとんど調べられていない。我々のグループでは、磁場角度とひずみを変えた時の REBCO 線材の超伝導特性を調べており、その結果、ひずみによって REBCO 線材の異方性が変化する可能性があることが分かってきた[1, 2]。ただし、その結果に大きなばらつきがあり、その原因がわかっていない状況である。

本研究では、REBCO の通電特性に対するひずみと磁場印加角度の関係を調べ、これがどのように変化するかを調べる。このとき、これら 3 つのパラメータの関数に影響を与えるものとして、組織が関係するのかどうかを考察する。

2. 実験方法

測定する線材として、フジクラ社製の REBCO 線材を用意した。この線材は大きな通電性能(臨界電流、 I_c)を持つため、大電流通電により測定中の温度変化の懸念がある。これを防ぎ、精密測定を行うため、通電電流を抑えるためにブリッジを作製した。線材にカプトンテープを貼った後、レーザーカッターを用いてブリッジ形状にテープを切った。ブリッジ部のみカプトンテープを残し、銅を硝酸、銀を過酸化水素水とアンモニア水の混合溶液、超伝導層と中間層をリン酸でそれぞれエッチングした。ブリッジは長さ 1 mm、幅 0.3 mm とした。測定は直状での状態と、曲げひずみを与えた状態で行った。曲げひずみ印加時には、 $\phi 50$ mm の曲率を持った Ti-6Al-4V 製の曲げジグの上に試料を沿わせるように固定した。測定は 4 端子法で行い、電圧端子はインジウムを用いて固定した。磁場の印加には、0.4 T 回転型水冷マグネット、もしくは東北大金属材料研究所の 18 T 超伝導マグネットを使用した。回転型マグネットでは試料を固定しマグネットを回転させ、超伝導マグネットでは回転プローブによって試料を回転させながら磁場中で測定を行った。測定は、10 T 以下、85 K の条件で測定した。印加する磁場の角度は、テープ面垂直方向を 0° 、テープ面平行方向を 90° とし、 -20° から 120° の範囲で測定した。このと

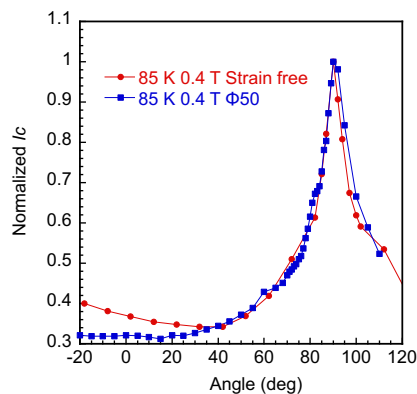


図 1. 85 K、0.4 T、におけるフジクラ線材のひずみフリー及びひずみ下での規格化した臨界電流の磁場角度依存性

き、試料はテープ面に対して垂直方向に REBCO の c 軸が揃っているため、 0° 方向は c 軸方向、 90° 方向は ab 面方向となる。

3. 結果および考察

フジクラ社製の REBCO 線材に曲げひずみを加えたときと加えてないときの、冷却温度 85 K、印加磁場 0.4 T の条件下での規格化された I_c の磁場角度依存性の測定結果を図 1 に示した。この結果から、ひずみを加えることで 90° と 0° 付近の I_c の差は 37% から 32% に変化することがわかった。この変化量に関して、以前の測定結果では、60% から 54% への変化であるため、変化量そのものが大きく異なる。この原因として、何らかの組織が影響している可能性があるため、今後の電子顕微鏡による組織観察結果より、考察を行う予定としている。

謝辞

本研究は、東北大金属材料研究所強磁場超伝導材料研究センターの課題(202312-HMKGE-0036)の一部として行われた。

参考文献

1. Y. Kurihara et al., Abstract of CSSJ Conference, Vol. 101 (2021) p.38
2. R. Hasegawa et al., Abstract of CSSJ Conference, Vol. 104 (2022) p.146

MgB₂ハイブリッド超伝導線材の高磁場中通電特性に関する考察

*吉澤 佑希, 松岡 杏祐, 大橋 克也 (東海大学工学研究科応用理化学専攻), **小黑 英俊 (東海大学工学部電気電子工学科); 淡路 智 (東北大)

1. はじめに

MgB₂は、超伝導転移温度(T_c)が 39 K を示す超伝導体[1]であり、すでに線材として市販され、MRI にも応用されている。ただし、磁場中で超伝導を保持できる限界である上部臨界磁場(B_{c2})が低いことから、通電電流の最大値(臨界電流密度(J_c))が低いために、応用先が広がっていないのが現状である。

一方で、YBa₂Cu₃O_{7-d}(YBCO)は、 B_{c2} が非常に高く、磁場中 J_c が優れていることが知られている。ただし、配向組織が得られない場合に電流通電ができないことから、配向させるために薄膜で作製しているため、剥離に弱いという問題点があり、コイル化には高い技術が必要となる。

この状況を変えるため、我々のグループでは、YBCO で MgB₂ を覆ったハイブリッド線材を開発している。その結果、MgB₂ 線材の J_c の磁場依存性を大きく変えることができた[3]。しかし、粉末層が 2 重になっていることから、非常に線材加工性が悪く、線材加工時にシース材が割れてしまうことが多発しており、その原理解明ができない状態であった。

そこで本研究では、ハイブリッド超伝導線材の作製方法を改良し、ハイブリッド線材作製に失敗しない方法を開発し、これを用いてハイブリッド線材の通電特性の原理解明を目的として実験を行った。

2. 実験方法

Nb 管を Ag 管に入れて 2 重にした金属管コアと真鍮管コアを用いた線材は、Ex-situ Powder-in-Tube 法で作製した。金属管コアを作製する際は、MgB₂ 粉末を長さ 50 mm 直径 5 mm の Nb 管に詰めた。その後、MgB₂ コアを圧延加工し、直径が 4.0 mm 以下になるまで加工し、外径 5 mm、内径 4 mm、長さ 50 mm の Ag 管の中に MgB₂ コアを入れ、長さ 13.5 cm 直径 3.5 mm になるまで圧延加工した。真鍮管を用いたコアは、長さ 50 mm、外径 3.0 mm、内径 2.0 mm の真鍮管に詰め、外径が 0.78 mm になるまで圧延加工した。

YBCO 粉末は、Y₂O₃(和光純薬、99.99%)、BaCO₃(和光純薬、99.9%)、CuO(和光純薬、95.0%)をモル比が Y:Ba:Cu=1:2:3 になるように大気中で秤量し、混合した後、900°C×4 h の仮焼き、930°C×24 h の本焼きを経て作製した。その後、大気中で粉砕し、粉末にした。

Ag 管と Nb 管の 2 重管コアをつかった線材は、圧延後 Ag 管に挿入し、また、真鍮管コアを使った線材は真鍮管に挿入した。Ag 管と真鍮管に YBCO 粉末を棒でたたきながら詰めた。その後圧延加工をし、二重管コアの線材を外径 2.8 mm 長さ 14.0 cm、真鍮管コアの線材を外径 0.8 mm 長さ 38.7 cm まで加工した。

作製したハイブリッド線は、東海大学金属材料研究所の 15 T 超伝導マグネットを用いて、4.2 K において磁場中臨界電流 I_c 測定を行った。ハイブリッド線材中の微細組織を観察するために、線材の軸方向及び長手方向の断面観察を行った。観察には光学顕微鏡(VHX-700F)を用いた。

3. 実験結果および考察

作製したハイブリッド線材の断面写真を図 1 に示した。(a)は金属管コア、(b)は真鍮管コアである。金属管コアの場合は、YBCO 粉末を棒でたたきながら詰めたため、粉末が偏ることが無く、組み上げ時の構造が保たれたと考え

られる。また、Nb 管を Ag 管に入れたため、圧延の際に MgB₂ コアが変形せずに圧延できた。そのため、これまでの圧延では角に粉末が集中することで応力集中が生じて破壊されていたが、金属管のハイブリッド超伝導線を圧延する際には、角に余計な力が加わずに伸線することができたと思われる。真鍮管の場合は、原料として細い管を使用して MgB₂ 線を作製したことで、今までよりも長いハイブリッド線材の作製が可能になった。Nb 管よりも加工しやすい真鍮で作製したことで、より細く圧延ができた。これらの結果から、作製した 2 線材とも問題なくハイブリッド線材の構造を作製することができた。これは、YBCO 粉末の詰め方が大きく効いていると考えている。

また、図 2 に 4.2 K での真鍮管コアハイブリッド線材の I_c 測定結果を示す。この結果から、通常よりも I_c が低いことが原因である。さらに、通常の超伝導線材よりも金属が多いため、金属管に電流が分流してしまったことも考えられる。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP25K07264 の助成を受けたものである。また、本研究は、東海大学金属材料研究所強磁場超伝導材料研究センターの課題(202312-HMKGE-0036)の一部として行われた。本研究の一部は、東海大学高度物性評価施設及び、核融合科学研究所一般共同研究(研究コード NIFS23KIEA038)の支援を受け、実施したものである。

参考文献

1. J. Nagamatsu et al., Nature, Vol. 410 (2001) p. 63
2. 下山 淳一、低温工学、Vol. 56(2021)301
3. K. Ohashi, et al.: Abstracts of CSSJ Conference, Vol. 104 (2022) p.78

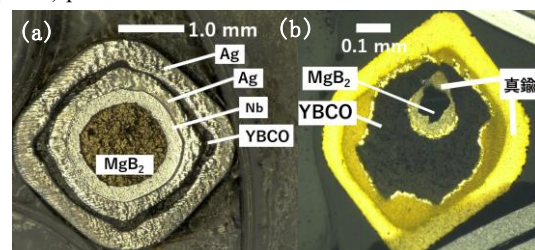


図 1. ハイブリッド超伝導線の断面(a)Ag と Nb の二重管コア

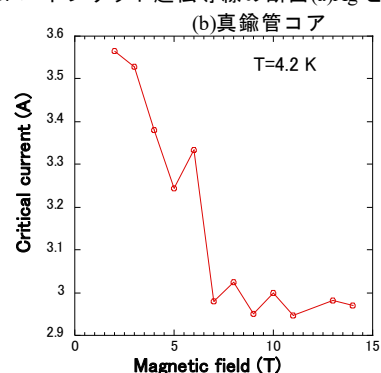


図 2 4.2 K における I_c 測定結果

3D 造形方向を制御した CF/PA6 複合材料の電子線照射処理による高延性化

*八木 響希(東海大院工)、**内田 ヘルムート貴大(東海大院工)、佐川 耕平(東海大院工)、三浦 栄一 (KISTEC)、入江 紘嵩(東海大院工)、木村 英樹(東海大院工)、西 義武(東海大院名誉教授、KISTEC)

1. 背景および目的

マトリックス樹脂が熱可塑性樹脂の場合、炭素繊維強化熱可塑性樹脂複合材料(CFRTP)と呼ばれる。熱可塑性による量産時のコストパフォーマンスの向上、成形加工の容易性[1]とリサイクル性の優位性[1]が利点となる。中でも PA6 は強度、耐熱、耐薬品性に優れ、自動車業界や布製品として使用される[2]。3D 造形はデータを元に材料を積層し、立体物を作成することができる多品種少量に適した技術であるが、脆いのが欠点である。これを克服するために先行研究で、3D 造形を行った CF/PA66 複合材料に最適条件で電子線照射により延性が向上するという成果が得られており[2]、CF/PA6 でも脆性改善が期待できるため検討することを目的とした。

2. 方法

CF/PA6 複合材料を 3D プリンターで引張試験片の形に成形した。引張試験片は 2 種類の造形方向で成形した。通常の射出方向と試料の広い面に垂直に走査し積層(造形 1)した試料と、試料側面から積層(造形 2)した試料の両面に電子線照射処理を施し、引張試験を行った。

3. 実験結果

造形方向と電子線照射条件による性質の変化を確認するため、各条件での応力歪線図を出した。電子線照射する前の未処理試料で、通常の射出方向と試料の広い面に垂直に走査し積層(造形 1)した試料の引張強度(約 46.7 MPa in Fig.1)に比べ、試料側面から積層(造形 2)した試料の強度(約 91.9 MPa in Fig.2)は約倍の強度を示すことを見出した。しかし、その時の延性(不均質変形開始歪)は約 8.1% (造形 1) から約 3.1% (造形 2) に減少し、脆化した。一方、適切な照射線量の電子線照射はこの脆さを改善できることが分かった。造形 1 での電子線照射条件は、照射線量 10.75 kGy 時は未処理時より歪が約 1.63 倍伸び、靱性が高まることを見出した。さらに、43 kGy 時は未処理時より歪が約 1.42 倍伸びるだけでなく、強度も 50 MPa に達し、強靱化できていることを見出した。造形 2 での電子線照射条件は、照射線量 10.75 kGy, 43 kGy とした。10.75 kGy 時は未処理時より歪が約 1.1 倍伸び、靱性を高めた。さらに、43 kGy 時は未処理時より歪が約 1.2 倍伸びるだけでなく、強度が約 1.04 倍高まり、強靱化に成功した。

4. 考察

造形 1 と造形 2 で延性の向上と引張強度に差が生まれたのは、造形方向と電子線照射条件の違いが原因と考えられる。大規模な均質変形開始点を 1%歪位とすると、造形 1 は約 27.6 MPa、造形 2 は約 67.8 MPa である。引張方向に対して造形 1 は斜めで、造形 2 は縦方向に積層しているため、造形 2 の広い面に層間界面が、造形 1 より多く、凝固粒内の変形時の微視的応力緩和を等方的

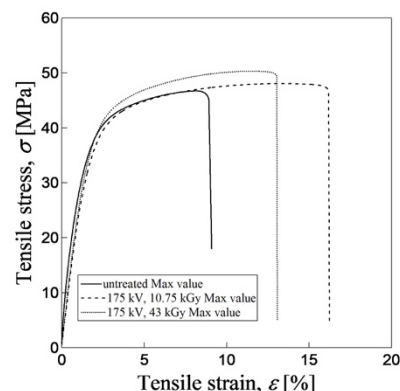


Fig. 1 造形 1 での応力歪線図

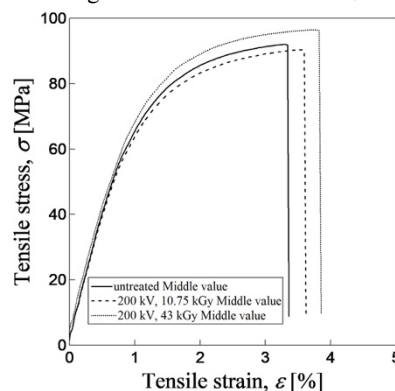


Fig. 2 造形 2 での応力歪線図

に行うため倍の強度になるまで、不均質変形を起こさず、試験片の全体の強度を高めることになると説明できる。一方、造形 1 は造形 2 に比べ、強度は高くなくても低い照射エネルギー量で大きな延性(局所変形開始点)の向上が見られる。局所変形開始点の延性化は小さいが、大規模な均質変形開始点は大きく変わらないので、造形 2 も照射エネルギー量が強靱化に有効であると考えられる。

5. 結論

本研究において通常の射出方向と試料の広い面に垂直に走査し積層(造形 1)した試料の引張強度に比べ、試料側面から積層(造形 2)した試料の強度は約倍の強度を示すことを見出した。いずれの造形方向でも微量電子線照射試験片は延性が向上することを見出した。

参考文献

- [1] 米山 猛ら, 『CFRTP の塑性加工入門』, 第 1 版, コロナ社, (2023).
- [2] E. Miura et al., *Mater. Sci. Forum*, **1134**, (2024), 39-45.

ノンフラックスはんだ付による連続した Cu_3Sn の形成

*長谷川 莊馬(東海大学工学部機械工学科)、鯉淵裕貴(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)

1. 背景, 目的

素粒子実験には、高エネルギーに粒子を加速する加速器が不可欠である¹⁾。従来の常伝導加速器はエネルギー消費が大きく、連続運転が制限される。そのため、発熱を抑え、連続運転を可能にする超伝導加速器が注目されている²⁾。

超伝導加速器の空洞材料には、Nb、Bronze、OFC を三層にした複合金属が採用されている。Nb は超伝導特性に優れ、内面で使用されることで加速場の損失を抑制する。Bronze は Sn の拡散源として機能し、加熱過程で Cu 中に Sn が拡散すると、まず Cu_6Sn_5 相が生成される。さらに温度上昇や時間経過により Cu_6Sn_5 は分解し、より安定な Cu_3Sn 相へと変化する。この Cu_3Sn 自体は超伝導を示さないが、Sn 供給の経路や拡散速度を規定し、最終的に Nb と Sn が反応して形成される Nb_3Sn 層の厚さや均一性に大きな影響を与える。OFC は高い熱伝導性と加工性を持ち、外装や補強材として機能し、効率的な冷却と機械的強度の確保に寄与する^{3), 4)}。

こうした異種材料を三層構造として接合するには、高い信頼性を持つ接合技術が必要である。先行研究では、はんだ付温度 400℃、保持時間 3h の条件で最も非接合部面積が小さい接合部が得られた⁵⁾。そこで本研究では、さらに圧力条件を付与したはんだ付を実施し、連続した Cu_3Sn の形成を目指す。また、大気中で母材表面に形成される酸化被膜はぬれ性を阻害するため、通常はフラックスが用いられる。しかしフラックス残渣や加熱による気化ガスは接合部の劣化や炉内汚染の原因となるため、本研究ではフラックスを用いないノンフラックスはんだ付を採用した。

2. 方法

母材は Nb、ブロンズ、OFC の三層からなる試験片を用いた。はんだは接合面と同寸法で切断した。高温での加熱温度は、低温と比較して化合物の形成が促進されることが知られている。そこで、本実験では、加熱温度を Sn の融点 (231℃) を大きく上回る 400℃に設定し、ジグで固定して 0.8N の加圧条件で 3h 保持後、空冷で冷却を実施した。

表 1 はんだの化学組成

はんだ	形態	厚み (μm)	組成 (mass%)
Sn	箔	10	99.9

表 2 はんだ付条件

はんだ付温度 (℃)	はんだ付時間 (h)	圧力 (N)	フラックス
400	3	0.8	無

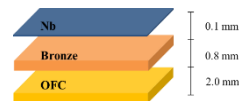


図 1 試験片模式図 1



図 2 試験片模式図 2

3. 実験結果、考察

図 3 から、接合界面に亀裂が確認できた。これは、OFC 熱膨張係数 ($16.5 \times 10^{-6}/\text{K}$) と Nb 熱膨張係数 ($7.1 \times 10^{-6}/\text{K}$) で応力差が発生したことが要因だと考えられる⁶⁾。母材の両端で反りの発生が確認できた。これは、熱処理前における表面研磨による影響だと考えられる。また、反りにより接合間隙が不均一であるため化合物が集中的に形成されたことが確認できた。そのため、接合面には Cu_6Sn_5 化合物が完全に Cu_3Sn 化合物に変化せず、一部が残り二相で存在していることが確認できた。



図 3 はんだ付温度 400℃3h0.8N OM 観察結果 ×5

4. 結論

はんだ付部に応力差によって亀裂が発生する。

連続的な Cu_3Sn を作り出すには接合間隙の均一さが求められる。

試験片精度の向上が重要である。

参考文献

- 1 東京大学理学部物理学科・大学院理学系研究科物理学専攻
<https://www.phys.s.u-tokyo.ac.jp/about/157/>
- 2 超伝導加速器利用推進チーム
<https://www2.kek.jp/casa/cERL/ja/intro/aboutERL/>
- 3 杉本昌弘 谷口 諒 海老沢宏一 マン カケイ 福島弘之 中尾健吾 原 英和 廣瀬清慈 坪内宏和 Cu-Nb 強化型 Nb_3Sn 線材の開発
https://www.furukawa.co.jp/rd/review/fj143/fj143_04.pdf
- 4 Zenken 株式会社 現場も発注者もよろこぶ設計に。有孔鋼板を知ろう
<https://www.perforated-steelplate.net/knowledge/copper.html>
- 5 鯉淵裕貴、ニッケル系ろう材への添加元素がろう付体接合強度に及ぼす影響
東海大学工学部材料科学科 2023 年度卒業論文
- 6 八光電機
<https://www.hakko.co.jp/library/qa/qakit/html/h01020.html>

3D プリントされた PLA 系炭素繊維複合材料の機械特性評価におよぼす電子線照射効果

*入江紘嵩（東海大院工），**内田ヘルムート貴大（東海大院工），佐川耕平（東海大院工），
三浦栄一（KISTEC），木村英樹（東海大学工），西義武（東海大学名誉教授，KISTEC）

1. 背景および目的

三次元印刷造形技術は、従来の部品製造方法と比較して、多品種少量生産手法の分野で、金型を作る必要がなく、生産時間の圧倒的な短縮が期待されている。さらに、複雑な幾何学的構造であっても、一工程で済む可能性が高く、大幅なコスト低減が期待でき、すでに、耐熱合金タービンプレードに関しては、米国航空機製造会社において、大規模生産ラインが稼働している。炭素短繊維複合材料高分子材料に関する熱溶解積層造形法（FDM）は、熱可塑性樹脂加工における最も普及している手法であり、フィラメントを加熱溶解し、ノズルから押し出して層ごとの積層により複雑な三次元構造の構築が可能となる[1]。ポリ乳酸（PLA）樹脂の母材内に分散した炭素短繊維（SCF）を組み込んだ複合フィラメントは、単一の熱可塑性材料と比較して、機械的特性の向上と優れた寸法安定性を示す[2]。しかし、3D プリント成形品は凝固集合組織の層間接着が不十分であるため脆く、機械的強度と靱性の改善が産業応用における重要な課題となっている。本研究では、様々な条件下における 3D プリント炭素繊維/ポリ乳酸（CF/PLA）複合材料の機械的特性に対する均質低エネルギー電子線照射（HLEBI）の影響を調査した[3-6]。

2. 方法

本研究では熱溶解積層方式（FDM）の 3D プリンター（Creality K1C）を用いて、直径 1.75 mm の炭素繊維/ポリ乳酸（CF/PLA）複合フィラメント（Polymaker 社製 PolyLite PLA-CF）から引張試験用ダンベル形試験片およびシャルピー衝撃試験用ノッチ付き試験片を作製した。試験片は窒素雰囲気下で、加速電圧 210 kV、照射線量 11～215 kGy の条件で両面電子線照射を行ったのち、照射条件ごとに引張試験およびシャルピー衝撃試験を実施し、さらに破面を走査型電子顕微鏡（SEM）により観察して各種測定結果から検討を行った [1-6]。

3. 実験結果

引張試験について、Fig. 1 より引張試験の強度が中間値の応力-歪曲線の結果を示す。引張特性において未照射時と比較し、11 と 22 kGy の微量照射では倍以上伸び、延性向上を確認した。さらに、33 kGy 照射後では引張強度は 20 MPa から 22 MPa へ約 1.1 倍増加、ひずみは 6.4%から 11%へ約 1.7 倍増加し、強靱化に成功した。一方、高照射線量の場合（43-215 kGy）では、通常の放射線損傷と同様に引張強度およびひずみの劣化が観察された。さらに、シャルピー衝撃試験では、最適照射線量 11 kGy において、衝撃値は未照射の 7.0 kJ/m² から 7.5 kJ/m² へ約 1.07 倍増加し、衝撃強靱化が見られた。一方、20 kGy 以上の過剰照射では衝撃値の低下が確認された。

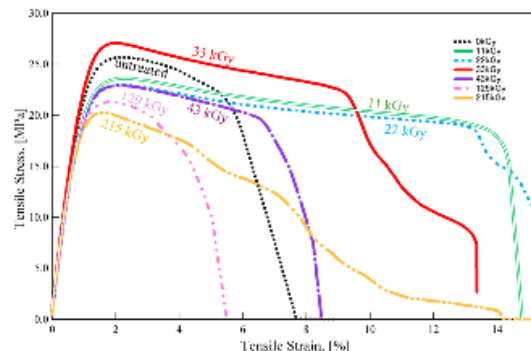


Fig. 1 電子線照射前後の応力ひずみ線

4. 考察

引張試験およびシャルピー衝撃試験の結果、最適 HLEBI 線量（11 と 33 kGy）において試料の引張応力 σ および衝撃値が増加した。43 kGy 以上の過剰照射は放射線損傷を引き起こし、有益な効果を打ち消した。強化効果の向上は、①照射により生成されたダングリング結合を介した界面活性化による CF/PLA 界面接着性の向上、②電子誘起分極による電荷蓄積に伴うポリマー鎖組織の改善と凝固組織間界面の整合性向上によって引き起こされたものと考えられる。SEM 観察により、最適照射試料では繊維とマトリックスの接着性向上が確認された。

5. 結論

本研究では 3D プリント炭素繊維/ポリ乳酸に電子線照射処理を施し、引張試験およびシャルピー衝撃試験を中心に各種試験により評価を行った。その結果、適切な照射条件下では引張強度、ひずみ、および衝撃値の改善が観察されたが、過剰に照射を行うことで他の放射線損傷と同様に機械的特性の低下が確認された。

参考文献

- [1] H.C. Kim *et al.*, “Room temperature 3D printing ---structures”, *Compos Part B-Eng*, **279**, (2024), pp.1-9.
- [2] Zhaobing Liu, *et.al.*, “Mechanical---PLA composites---FDM”, *J. Mater. Resear. Technol.*, **8**(5), (2019), pp.3741-3751.
- [3] Y. Nishi, H. Takei K. Iwata, M. Salvia, A. Vautrin, *Mater. Trans.*, **50**, (2009), pp.2826-2832.
- [4] H. Takei, K. Iwata, M. Salvia, A. Vautrin, Y. Nishi, *Mater. Trans.*, **51**, (2010), pp.2259-2265.
- [5] E.Miura, H.T.Uchida, T.Okazaki, K.Sagawa, M.C.Faudree, M.Salvia, H.Kimura, Y.Nishi, *Polymers*, **16**(23), (2024), pp.3408.
- [6] Y.Nishi, N.Tsuyuki, M.C.Faudree, H.T.Uchida, K.Sagawa, Y.Matsumura, M.Salvia, H.Kimura, *Polymers*, **17**(8), (2025), pp.1034.

均一沈殿法による希土類アップコンバージョン蛍光体の合成と沈殿剤の影響

*保科俊輔(東海大学大学院 理学研究科 化学専攻)、**富田恒之(東海大学 理学部 化学科)

[Introduction]

アップコンバージョン (upconversion ; UC) 蛍光体とは、980 nm 付近の近赤外光を照射することで多光子多段階励起を引き起こし、励起光よりもエネルギーの可視光を発光することができる材料のことである¹⁾。

UC 蛍光体の合成方法の 1 つとして、均一沈殿法が挙げられる。この方法は反応溶液内で均一沈殿剤を加熱などで加水分解させることにより、溶液と反応し沈殿を生成する化学種を均一に発生させ、沈殿を生成する合成方法である。これは局所的な pH 変化や濃度勾配を抑え、粒子サイズの均一性および形態制御性に優れた合成法である²⁾。沈殿を生成するために必要な沈殿剤の性質によって発光特性あるいは粒子形態に影響を及ぼすと考える。本研究では、希土類アップコンバージョン蛍光体を異なる均一沈殿剤を用いて合成を行い、それによる発光や粒子形態への影響の調査を行った。

[Experimental]

三角フラスコに 1M $\text{Gd}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Er}(\text{NO}_3)_3$ 、 $\text{Yb}(\text{NO}_3)_3$ を化学量論比で量り取り、全金属量のモル数の 5 倍の尿素 ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) または 3 倍量のヘキサメチレンテトラミン ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$, HMT) を加えた。これに蒸留水を加えて溶液の全量を 100mL とし、スターラーを入れ、湯浴ビーカー中にこのフラスコを入れて 100℃ の湯浴中で 3 時間加熱攪拌 (400rpm) を行った。得られた沈殿物を遠心分離によって回収し、60℃ で乾燥させて前駆体とした。この前駆体を半分に分け、一方をそのままの状態と保存し、もう一方を 900℃ で焼成を行い、Gd 系 UC 蛍光体を合成した。この蛍光体を XRD 測定 (D8 ADVANCE Bruker AXS) で相の形成を、980nm レーザー励起による発光スペクトル測定 (MCPD-7700:311C 大塚電子) で発光の強度を認め、SEM (FE-SEM JEOL JSM-7100F) で粒子形態の観察を行った。

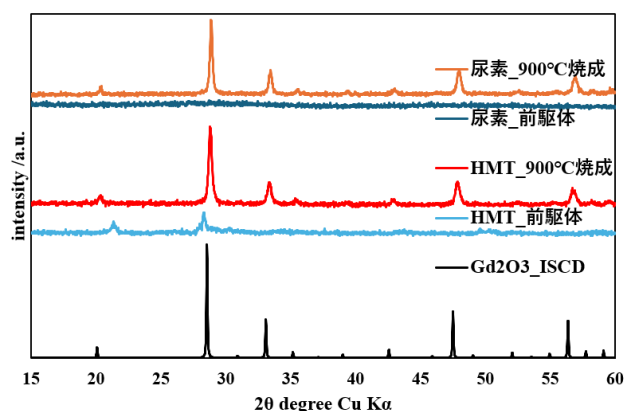


Fig. 1 XRD 測定結果

[Results & Discussion]

Fig. 1 に各試料の XRD 測定の結果、Fig. 2 にそれぞれ HMT と尿素で合成した前駆体の SEM の結果を示す。Fig. 1 の結果からみると焼成したものはどちらも Gd_2O_3 の相が得られていたが、前駆体の状態の結果を見ると、尿素を用いたものはピークが全く現れずアモルファスであった。一方で、HMT を用いた試料は非常に弱いピークが得られおり、

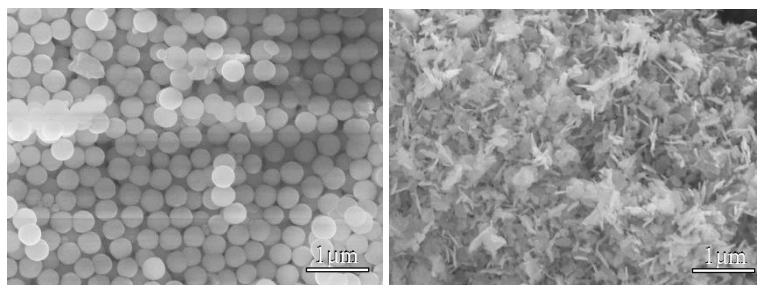


Fig. 2 SEM の観察結果 (左 : 尿素、右 : HMT)

Gd_2O_3 とは違う何らかの結晶相が得られていた。次に SEM の画像の比較を行ってみると、尿素を用いた試料は球状で均一な粒子が得られており、HMT を用いた試料は薄い板状の粒子が得られた。以前の研究の結果から Gd_2O_3 を球状にするためには、合成プロセスにおいて炭酸イオンの濃度を上げ、炭酸イオンと水酸化物イオンの両者を含む沈殿を作ることが重要であると考えていた。今回の結果から HMT を用いた合成は炭酸イオンの発生はほとんど見られないため、この仮説が妥当であることが確認された。

今後の予定として、これら以外の沈殿剤 (チオ尿素や硫酸アンモニウム) を用いて均一沈殿反応による合成を行い、それぞれの発光特性や粒子形態の変化について精査する。

[Reference]

- 1) 石井 海人夢、富田 恒之 オレオサイエンス 第22巻第5号 (2022) 13-14
- 2) 東海林千尋、東海大学大学院平成 28 年度修士論文

Al-Mg 系合金フラックスフリーろう付の接合強度

*今石湧誠(東海大学工学部機械工学科)、加藤淳也(東海大学大学院総合理化学研究科)、**宮沢靖幸(東海大学工学部機械工学科)

1. 背景, 目的

アルミ合金のろう付は現在フラックスを用いて行われている。しかしフラックスを用いたろう付は人体への悪影響のほか、使用される現場や炉の汚染といった課題がある。そこでフラックスを用いず、フラックスフリーのアルミろう付についての研究を行う。X線回折装置などを用いた評価、分析は既に行われているので、引張試験を行うことで A5052 アルミ合金のろう付性を評価する。

2. 方法

本研究では母材として Al-Mg 系合金 A5052、形状は直径 10mm の中実丸棒、研磨紙#1000→#1500 で研磨した後アセトンで超音波洗浄したものを用いた。ろう材には Al-Si 系合金 A4047、厚さ 100 μ m の箔を直径 10mm に加工したものを用いた。試験片は全長 100mm(50mm+50mm)の突合せ型である。治具はカーボンのブロック材を試験片に合わせてくり抜き、試験片を設置する際はインコネルの耐熱ばねを用いて加圧している。またろう付温度を 585 $^{\circ}$ C、ろう付時間は 3min, 10min, 20min, 30min, 60min の 5 種類でろう付を行った。

3. 実験結果

引張試験を行い得られた結果を表 1 にまとめる。また 30min の応力ひずみ線図を図 1 に、各条件での平均最大引張応力を図 2 に示す。3min, 10min の 1 本目と 5 本目の試験片は引張試験機への取付時に破断してしまった。

表 1 最大引張応力(MPa)					
	3min	10min	20min	30min	60min
No.1	取付破断	取付破断	28.98	33.28	27.01
No.2	11.61	50.17	12.28	39.30	---
No.3	14.07	8.81	16.21	29.01	---
No.4	19.70	22.60	---	---	---
No.5	取付破断	取付破断	---	---	---

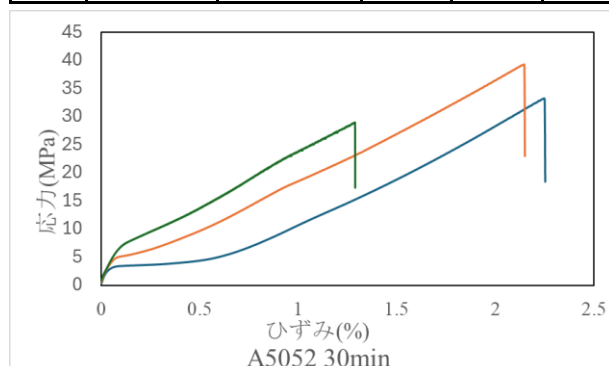


図 1 30min での応力ひずみ線図

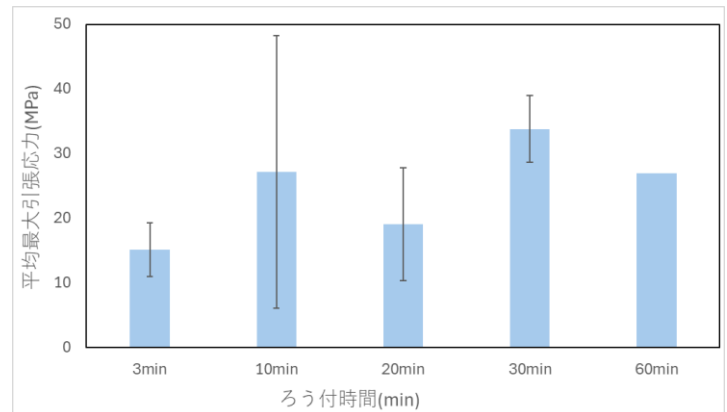


図 2 各条件での平均最大引張応力

4. 考察

まず現時点では 3min, 10min は試験片を 5 本作製したが、20min, 30min は 3 本、60min は 1 本しか作製できていない。データ数にバラツキはあるが、これらの結果からろう付時間 30 分まではろう付時間を長くすると強度は上昇する傾向が見られた。しかし、データ数は少ないが、60min の結果から 30 分より長いろう付時間は、強度上昇には効果が少ない事が予想できる。また、応力ひずみ線図からはほとんど伸びていないことが確認でき、脆性的な破断をしている事が判った。

5. 結論

本研究の範囲内では全ての条件でほとんど伸びることなく破断したため、A5052 と A4047 を用いたろう付体ろう付部は脆性体であり、また 30 分までであればろう付時間を長くする事で強度が上昇する事が判った。

参考文献

- 1 マグネシウム含有アルミニウム合金の高真空ろう付
- 2 Al-Mg 合金の超音波接合性に及ぼすマグネシウムの影響
- 3 Al-Si-Mg 系合金ろう材を用いたフラックスレスろう付の接合機構
- 4 JIS Z 3232 : 2009 アルミニウム及びアルミニウム合金の溶加棒及び 溶接ワイヤ
- 5 JIS H 4000 : 2014 アルミニウム及びアルミニウム合金の板及び条

人工光合成装置に用いる酸化タングステン電極作製と物性評価

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

1. 背景, 目的

近年、CO₂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の開発が早急に求められている。光触媒反応をベースとした人工光合成技術は、太陽光を利用してCO₂を有用な化学物質に変換する技術として注目されている¹⁾。光触媒電極に光が当たると、光励起により電子と正孔が生じ、表面では正孔によって水を酸素に変換する酸化反応が行われる。この時に生成した水素イオンと正孔の対である電子が移動し、CO₂と反応し有機物に変換される。これにより火力発電所などで発生したCO₂を人工光合成装置で再び有機物に還元することで、炭素循環が可能になる。以上のことから炭素循環型社会への一歩として人工光合成技術は非常に有望である。

人工光合成を実現するためには、出発点となる光触媒材料の選定が重要である。本報告ではWO₃から作製した光触媒電極の特性、ならびにその物性を評価することを目的とした。

2. 方法

基板は耐腐食性のあるニッケル基板を使用した。原料にはWO₃、硝酸、水を用いた。これをベースに助触媒としてGaN、Ptを各条件で添加し、乳鉢に入れ乳棒で15分間攪拌しペーストを作製し、スクリーン法で塗布、15分100℃、30分600℃の焼成を行った。

中心波長364 nmの光照射装置(EXECURE 3000, HOYA)を用いて濃度 3.0×10^{-4} mol/Lのメチレンブルー水溶液に光触媒電極を入れ、光照射を3時間行った。吸光度の時間変化から光触媒の効果を評価した。

電極の構造、組成を評価するために電極表面をSEMで観察、EDSで組成分析を行った。

3. 実験結果・考察

メチレンブルーの退色性の結果として光照射開始前の吸光度をそれぞれ1とした時の吸光度の時間変化をFig. 1に示す。

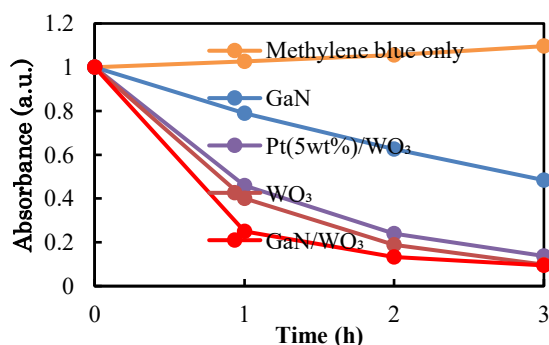


Fig. 1 Time variation of absorbance ratio.

光触媒を入れない系では吸光度の上昇が確認され、溶液の蒸発による濃縮が原因と考えられる。1時間時点でGaN/WO₃では25%まで低下し、GaNの79%、WO₃の40%と比較して優れたメチレンブルー分解性能を示した。これは両者のバンド構造の差によってGaNで励起された電子がWO₃へ移動し、WO₃表面で酸素の還元を介してO₂が生成され、WO₃、GaNにある正孔はH₂OやOH⁻を酸化し、[•]OHを生成した。WO₃とGaNの組み合わせによって電子と正孔が効率的に利用され、メチレンブルーの分解が促進されたと考えられる。Pt(5wt%)/WO₃では1時間時点で46%まで低下しており、混合試料同様にGaN、WO₃単体試料と比較して優れた分解性能を示した。これはPtが光触媒表面で電子を保持し、励起電子と正孔の再結合を抑制しているためであると考えられる。光触媒を入れた系では蒸発による影響を上回る吸光度の低下が観測されたことから、光触媒によるメチレンブルーの分解が進行していると考えられる。

作製したGaN/WO₃電極およびPt(5wt%)/WO₃電極のSEM画像をFig. 2に示す。

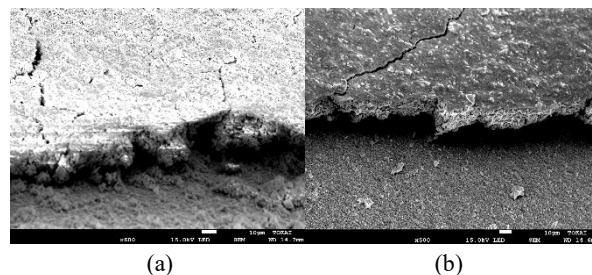


Fig.2 SEM images of GaN/WO₃ film electrode (a) and Pt(5wt%)/WO₃ film electrode (b).

GaN/WO₃は多孔質構造かつ積層するように分布していることが確認された。Pt(5wt%)/WO₃はGaN/WO₃と比較すると均一な膜であった。しかし、基板との密着性が低く、Ni基板との界面において膜剥離が発生した。SEM像下部の剥離部分においても、(a)では積層したものが残留し、(b)では均一に剥離しているのが分かる。GaNも多孔質構造であったことから、膜の密着性に多孔質構造が寄与していると考えられる。

謝辞

本研究を行うにあたり物性評価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、森川真希氏に感謝します。

参考文献

- 1) 加茂直記他, 東海大学紀要工学部 Vol.64, No.1, pp.1-6 (2024).

銅とステンレス鋼の回転ろう付

青木宗太(東海大・学部生)、植松菜々子(東海大・院生)、宮沢靖幸(東海大・教授)

1. 背景, 目的

ろう付とは、母材より融点の低い接合材(ろう材)を溶融し、溶融ろうと同一の温度に加熱された母材の接合間隙に毛細管現象によって浸透させ、溶融ろうと母材間での界面反応と冷却・凝固により冶金的に接合する接合技術である。

回転ろう付では、ろう材層が適切な厚さになることで強度が向上するという点に注目し、ろう付時に回転を加えることで過剰な量のろう材が排出され、強度を高めることを目的としている。Ag ろう材で行う場合、フラックスろう材であれば、 $0.0025\sim 0.127\text{ mm}$ 、雰囲気ろう材であれば $0.000\sim 0.051\text{ mm}$,程度まで薄くすることで強度を高めることができる。

2. 方法

表 1 母材の化学組成

母材	化学組成 (mass%)					
	Cu	Fe	Sn	Pb	Bi	Zn
C6803	59.0	<0.1	<0.5	<0.01	2.2	残部
母材	化学組成 (mass%)					
	C	Si	Mn	P	S	Ni
SUS304	≤ 0.08	≤ 1.00	≤ 2.00	≤ 0.045	≤ 0.030	8.00~10.50
						18.00~20.00

2種類の母材のろう付面に研磨紙を使用して研磨した後、母材とろう材をアセトン中で3分間超音波洗浄する。

試験片にそれぞれ F200 を塗布する。

試験片を図1のように組み立て、治具に固定する。

炉中に試料を入れ、加熱をはじめ。

ろう付温度まで上昇したら2分間回転を行う。

炉から取り出し、冷却する。

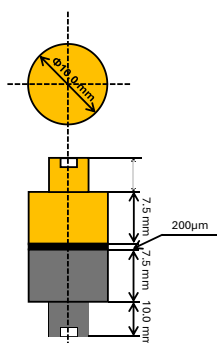


図1 試験片概略図

表 2 回転ろう付を行う際の実験条件

母材	ろう材	炉内温度	保持時間(min)	回転数(Hz)
黄銅	BAg-7	770	5	回転なし
黄銅	BAg-7	770	5	167

3. 実験結果

それぞれの試験片の断面ミクロ組織を図2、3に、外観写真を図4、5に示した。

回転を行った2つの試験片では、どちらも小さなボイドが連なっている部分が存在した。また、回転なしの試験片と比べて薄い黄色の層が薄くなっていることがわかった。一方、回転なしの試験片では、数は少ないが大きなボイドが複数存在した。また、回転を行った試験片ではほとんど見られない白い層が多く見られた。

また、図4、5より、排出されたろう材が回転なしで

は黄銅側(上側)に排出されていることに対して、20回転のものではステンレス鋼側(下側)に排出されている。

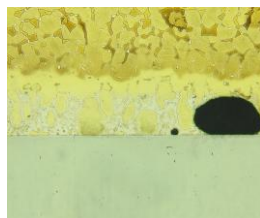


図2 回転なし

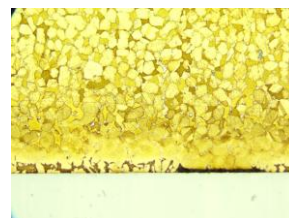


図3 167 Hz(20回転)



図4 回転なし



図5 167 Hz(20回転)

4. 考察

結果より、ろう付時に回転を加えることで、ろう材層の厚さとボイドの大きさ・数に変化が生じた。ろう材層は、回転なしと回転ありで大きく差が出た。また、図4の回転なしは黄銅側にろう材が排出されており、これは黄銅と銀ろう材が化合物を作りやすいため黄銅側に排出されたと考えられる。図5では、ろう材がステンレス鋼側に排出されており、回転による遠心力が影響してステンレス鋼側に排出されたと考えられる。ろう付時に回転を加えることで図4、5のように回転なしに比べて回転を加えた試験片のほうがろう材が多く排出されていることがわかる。

回転なしより回転を加えた試験片の方がろう材が多く排出されていることやろう材層が薄くなっていることから、回転を加えると強度が高まると考えられるため、今後、引張試験を進めていきたいと考えている¹⁾。

5. 参考文献

1)宮沢靖幸、ろう付けの基礎と製造業へ適用するためのコツ、WE-COM マガジン第52号(2024)、P9 図6

ADC12 のダイカスト過程で用いるフラックス粉末の効能と

用途別最適配分に関する熱力学的検討

*箕浦 拓真(東海大院工), 西村 朋也(東海大工), **内田 ヘルムート貴大(東海大院工、東海大総科研)

1. 背景および目的

アルミニウム合金ダイカスト製品、特に ADC12 合金は優れた鋳造性と切削性から自動車産業の重要部品製造に広く使用されている。エンジンブロックやトランスミッションケースなどは高精度と欠陥最小化が求められるため、溶湯中の不純物混入による品質低下の防止は重要である。これらの不純物はダイカストプロセス中に生成され、ハードスポット形成や金属組織の肥大化を引き起こし、機械的特性の不均一化を引き起こす可能性がある。先行研究では、ダイカストプロセス中で溶湯が元湯からナマコ→ビスケット部→ランナ部→ゲート部へと進むにつれて介在物量 (K 値) が増加することが実験的に確認されており[1]、製造工程における継続的な溶湯品質管理の重要性が指摘されている。

フラックス処理は、溶融アルミニウム中の酸化物や塩化物を除去する一般的な手法である。しかし、フラックス粉末の化学的特性と不純物除去メカニズムの熱力学的裏付けは十分に検討されていない。本研究では、ADC12 溶解炉に投入されるフラックス粉末の特性と効果に対し熱力学的考察を行い、特に溶融アルミニウムの温度範囲 (約 933 K 以上) における各種化合物の安定性を定量的に評価することで、必要な用途に沿ったフラックス粉末の選択の確立を目指す。

2. 方法

本研究では、溶融アルミニウムの温度範囲における熱力学データを取得するために、Scopus や Web of Science などの科学的データベースを基に、査読済みの国際論文を体系的に検索した。加えて、NIST WebBook、Landolt-Boernstein (SpringerMaterials)、JANAF Thermochemical Tables などの国際的な熱力学データベースも参照した。また、Al-O、Al-Cl、Al-F、Sm-O、Sm-Cl、Sm-F 系の状態図を参照し、関連温度におけるエリンガム図の作成を試みた。

実際の製造現場で使用されているフラックス粉末試料 2 種に対し、走査型電子顕微鏡(SEM)とエネルギー分散型 X 線分光法(EDS)による元素分析を実施した結果、フラックス試料 1 では主に Sm (56.67 at.%) と Al (14.92 at.%) が、フラックス試料 2 からは Al (33.48 at.%)、Sm (23.13 at.%)、Cl (21.86 at.%) が検出された。これらの EDS 元素分析結果に基づき、熱力学的解析では、溶融アルミニウム中で起こり得る化学反応として、Table 1 に示す酸化反応、塩化反応、フッ化反応を主反応として想定した。各反応について、標準生成エンタルピー (ΔH°) と標準モルエントロピー (S°) を用いて、ギブス自由エネルギー変化 (ΔG°) を算出した。 $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$ の式を用い、温度範囲 600 K ~ 2000 K におけるエリンガム図を作成し、各化合物の相対的な安定性を評価した。

3. 実験結果および考察

Gibbs 自由エネルギー変化 (ΔG°) の温度依存性から、各化学反応の熱力学的安定性を評価した。 ΔG° が負であるほど反応が自発的に進行し、その絶対値が大きいほど生成物が安定である。本検討ではアルミニウムの融点 (933 K) 以上の温度範囲を対象とした。

Table 1 EDS 元素分析結果に基づき想定した溶融アルミニウム中の化学反応

反応種類	反応式	ΔH° (kJ/mol)	ΔS° (J/(mol·K))
酸化反応	$4/3 \text{ Al(l)} + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2/3 \text{ Al}_2\text{O}_3(\text{s})$	-1118.4	-313.7
	$2\text{Sm(l)} + 3/2 \text{ O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Sm}_2\text{O}_3(\text{s})$	-1823	-462.3
塩化反応	$2\text{Al(l)} + 3\text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{AlCl}_3(\text{g/l})$	-1398.6	-317.5
	$\text{Sm(l)} + 3/2 \text{ Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SmCl}_3(\text{s/l})$	-1057.2	-241.8
フッ化反応	$2\text{Al(l)} + 3\text{F}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{AlF}_3(\text{s/l})$	-3014	-486.2
	$\text{Sm(l)} + 3/2 \text{ F}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SmF}_3(\text{s/l})$	-1621.3	-293.5

酸化反応の比較では、 Sm_2O_3 が Al_2O_3 よりも熱力学的に安定であることが示された ($\Delta H^\circ = -1823 \text{ kJ/mol}$ vs -1118.4 kJ/mol)。溶融アルミニウム中にハロゲンが共存する場合、Al は優先的にハロゲン化合物を形成し、Sm は酸化物として存在する熱力学的平衡が成立する。

塩素存在下では、Al は塩化物 (AlCl_3) を形成し、Sm は酸素と反応して Sm_2O_3 を生成する。この反応系において重要な知見は、生成物の密度差を利用した分離メカニズムである。 AlCl_3 の密度 (2.48 g/cm^3) は溶融 Al (2.37 g/cm^3) に極めて近く、スラグとして浮上・回収が容易である。一方、 Sm_2O_3 は高密度 (8.35 g/cm^3) であり、溶解炉底へ沈殿することで効率的に除去される。このため、最終製品への不純物混入リスクが低減される。

EDS 分析の結果、実際に使用されているフラックス粉末 2 種には、共に塩素が含まれ、フッ素は検出されなかった。したがって、実プロセスでは主に塩化反応が支配的であると考えられる。除去メカニズムとして、 $\text{Al} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{AlCl}_3$ (スラグ回収)、 $\text{Sm} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Sm}_2\text{O}_3$ (沈殿除去) という二段階プロセスが成立していると考えられる。

Gibbs 自由エネルギーの温度依存性 ($\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$) から、低温ほど不純物除去効果が高まることが示された。ADC12 の溶解温度 (約 1273 K) は、熱力学的に効率的な不純物除去に適した温度範囲であることが確認された。

この他、この他、ハロゲン化反応の比較評価および副次的反応経路についての検討も行われた。

4. 結論

本研究の熱力学的解析により、フラックス粉末による不純物除去メカニズムが熱力学的に裏付けられた。Sm は酸素と反応して Sm_2O_3 (密度 8.35 g/cm^3) を形成し沈殿除去され、Al は塩素と反応して AlCl_3 (密度 2.48 g/cm^3) を形成しスラグ回収される。最適プロセスとして、Sm 系フラックスによる酸化物除去後、Cl 系フラックスによる段階的精製を行う方法が有効である。以上より、ADC12 ダイカストへのフラックス適用は熱力学的に妥当性が高い。

参考文献

[1] 高木 航, 吉田 誠, 『ADC12 合金ダイカストにおける介在物の発生過程』, 鋳造工学, 83, (2011), 579-585.

熱 CVD 法による CNT 薄膜合成における触媒組織の影響

*池谷太智(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻)、影島誠(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻)、
**葛巻徹(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻)

1. 背景, 目的

カーボンナノチューブ (CNT) は、低密度で優れた機械的性質及び電気伝導性を持つ材料である⁽¹⁾。これらの特性から多岐に渡る分野への応用が期待されており、効率的な CNT の合成法として化学気相堆積 (CVD) 法が有力である。しかし、この手法で合成された CNT は多くの構造的な欠陥を有し、個々の物性にばらつきが生じる。そこで、CNT を紡績糸にすることで、物性の平均化を図ることが考えられる。しかし、紡績可能な CNT 膜の合成条件は、触媒や基板の種類、熱処理条件、原料ガスの流量及び濃度など多因子の影響を受けることから、必ずしも明確ではない。紡績を可能とする CNT 膜の合成では基板上に Fe/Al 二層触媒を形成することが有効とされている。本研究では 3 種類の基板を用意し、CNT 合成時の Fe 粒子の挙動を比較することで Al 助触媒の影響を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

洗浄した Si、Al₂O₃ 基板表面に、DC マグネトロンスパッタリング装置(Quick Coater-701HMC, SANYU ELECTRON)を用いて、Si 基板、Al₂O₃ 基板上に Fe 触媒膜 1 nm を形成させた試料と、Si 基板上に Al 助触媒膜 5 nm、Fe 触媒 1 nm を形成させた試料を 3 枚ずつ用意した。それぞれの試料を、表 1 の条件で触媒活性及び CNT 合成を行い、CNT 膜の除去を行った。各基板上の CNT 膜を触媒活性後、合成後と分けて SEM(JEOLJJS-7100F, 加速電圧 3 keV)で観察を行った。

表 1 触媒活性、CNT 合成、CNT 除去条件

	触媒活性	合成	除去
昇温速度 (K/min)	150		250
温度(°C)	750		800
時間(min)	10	10	1
雰囲気	Ar+10%H ₂	Ar+4%C ₂ H ₂	大気
ガス圧(MPa)	0.1	0.1	
ガス流用(L/min)	10	10	

3. 実験結果

それぞれの試料の触媒活性後、CNT 膜除去後の触媒粒子を 500 μm² の範囲で 1 つの試料につき 3 枚ずつ観察し、1 μm² の単位面積当たりの粒子の平均個数と平均粒径、標準偏差、ヒストグラムを算出した(図 1、図 2)。触媒活性前は粒子が 1 nm 以下で観察されなかった。

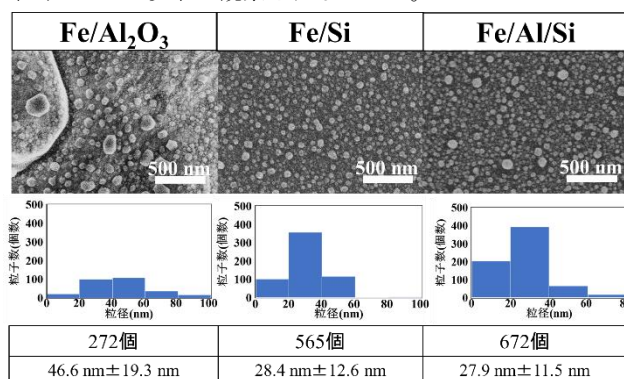


図 1 活性後の平均粒径、標準偏差及びヒストグラム

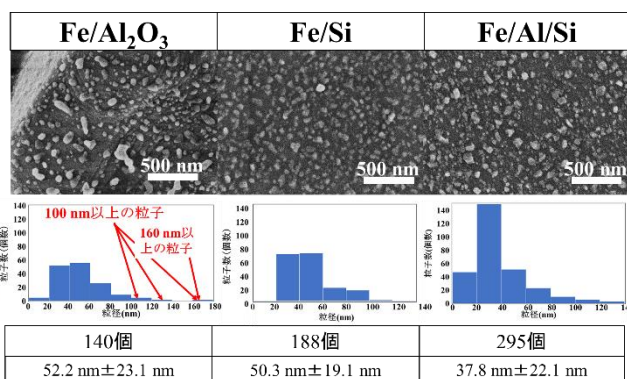


図 2 CNT 除去後の平均粒径、標準偏差及びヒストグラム

4. 考察

Fe/Al₂O₃ の CNT 除去後のヒストグラムを見ると、他と比べ 100 nm 以上の粒子が多い。粒径が大きくなる原因は Al₂O₃ に対する Fe の濡れ性が低いためだと考えられる。Fe/Al/Si と Fe/Si に違いが出た理由として、Al 助触媒膜が影響している。Al の酸化物生成自由エネルギーが Fe より低いことから⁽²⁾、Fe の酸化を抑制していることが考えられる。さらに、Fe より Al の方が、融点が低いこと、加熱中の Al の拡散が優位となり、Fe 粒子の拡散と凝集が抑制されたのではないかと考えられる。

5. 結論

本研究では熱 CVD 法による CNT 薄膜合成における触媒組織の影響に関する検討を行った。実験結果から Al 助触媒膜の影響が明らかになった。しかし、基板と触媒の界面での粒子の挙動や、観察している粒子が Fe 単体であるか、Al と合金化しているかは SEM では不明瞭であった。今後の予定は、これらを明らかにするため TEM を用いて観察を行う。

参考文献

- Sumio Iijima, Morinobu Endo. Nanocarbon Handbook. NTS (2007)
- Let's Start Solid State Science. The Ellingham Diagram. Information Necessary to Obtain Elemental Metals. February 23, 2024

マイクロサンプリング法による考古学的金属器の元素分析とその分類に関する研究

*渡邊 悠翔(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、勝 大康(東海大学工学部機械工学科)

**葛巻 徹(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)

1. 背景, 目的

古代金属器は蛍光 X 線等による、表面からの非破壊分析などが行われている^[1]。しかし古代金属器は表面状態や組織的均質性が一定ではないため、非破壊分析では金属器を構成する元素の特定は困難である。さらに検出された元素が構成元素、不純物、または汚染物であるかを分析データのみから判定するのは難しい。我々は、古代金属器製作における技術革新に関する知見を得ることを目的として、マイクロサンプリング手法を用いた金属器の元素分析とその統計解析を行うことで時代による組成的変遷や出土地域による組成的特徴の評価からのアプローチを試みている。これまでの実験で、表面から深さ方向に極微量の試料採取が可能なマイクロサンプリング技術が金属器の構成元素の分析に有効であることが示された^[2]。本研究では、確立したデータ処理法を元に本学所蔵のエジプト金属器のマイクロサンプリング法で得た試料の組成分析と主成分分析を行い、古代金属器の組成分布の特徴について解釈を試みた。

2. 方法

2-1. 試料準備

本実験では本学のエジプトコレクションから金属器 15 個の組成分析を行った。主成分分析は先行研究で実施したオーストリアの遺跡から出土した金属器 85 個^[3]を含む 100 個について行った。

2-2. 試料からのサンプリング

各時代の金属器に対して、図 1 に示したマイクロサンプリング装置(APSS-3BU-TU, QP-3RH-ZS, (株)マイクロサポート)を用いて、マイクロスケールで削り取り、第 2 ステージ上に設置したシリコン基板のカーボンテープに付着させる。試料採取は金属器の任意の 3 ヶ所から幅約 50 μm 、長さ約 100 μm のエリアで表面層を含む、第 1 層、第 2 層、第 3 層(各層厚さ:5~30 μm)で採取した。

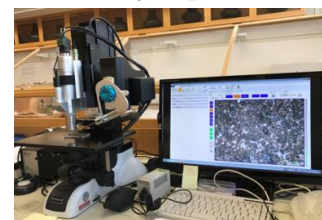


図 1 マイクロサンプリング装置

2-3. 元素分析

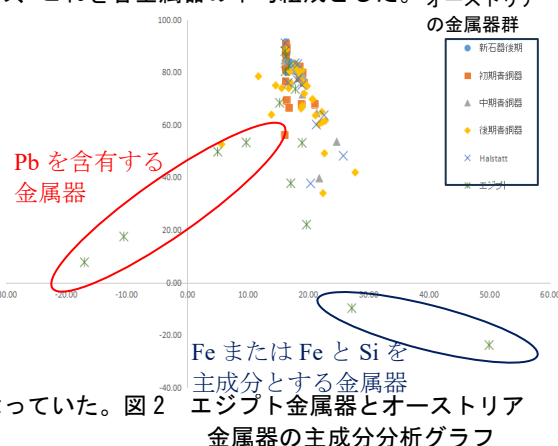
採取した古代金属器片は走査型電子顕微鏡(JSM-7100F, 日本電子(株))とエネルギー分散型分光分析装置(JED-2300X-230BU, JEOL)により、加速電圧 15 keV で 1 層から 3 層にかけて、点分析は 1 ヶ所一層につき任意の点 3 点、面分析は 2 点以上行った。上記の方法で試料の平均値と標準偏差を求め、これを各金属器の平均組成とした。オーストリア

2-4. 主成分分析

元素分析から得られた各時代の各検出元素をまとめ、Excel のソルバーを用いて主成分分析を行い得られた各元素の主成分負荷量を軸にし、各試料の合成変数をプロットしグラフを作成した。グラフを作成する際に累積寄与率が一番高くなった値を縦軸、次に累積寄与率が高くなった値を横軸とした。得られたグラフから縦軸・横軸の意味を解釈しグラフの示す試料全体の傾向を考えた

3. 実験結果

エジプト金属器群と先行研究で報告したオーストリアの金属器群とを合わせて作成した主成分分析グラフを図 2 に示した。図 2 の第一主成分(縦軸)は銅(Cu)であると解釈された。エジプト金属器群に特徴的なのは鉛(Pb)を含有する金属器と鉄(Fe)とシリコン(Si)を含有する金属器が多く、オーストリア金属器群の分布とは異なっていた。図 2



エジプト金属器とオーストリア金属器の主成分分析グラフ

4. 考察

主成分分析グラフの縦軸は Cu と解釈されることから、銅の含有量が少ない金属器はグラフの下側に位置している。縦軸マイナス側は Fe、または Fe と Si を主成分とする金属器である。一方、横軸は銅以外の含有元素を表していると考えられ、オーストリアの金属器群はスズを、エジプトの金属器群は Pb を含有していることで特徴的な分布になったと考えられる。

5. 結論

本実験では、エジプト金属器の組成的傾向がオーストリアのそれとは異なっていることが分かった。今後は新たな金属器のサンプリングデータを増やしていくことによって各種金属器の組成的変遷について、更なる知見が得られると考えられる。

参考文献

- [1] Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) in archaeological science applications and prospects
Anastasia Giakoumaki, Kristalia Melessanaki & Demetrios Anglos Anal Bioanal Chem (2007) 387:pp.749
- [2] 香取 克利 東海大学 工学研究科 応用理科学専攻 2022 年度修士論文 p.56
- [3] 渡邊 悠翔 東海大学 工学部 材料科学科 2023 年度卒業論文 p.34

キシリトール配合 SWCNT 膜の水面浮上型熱電発電デバイスの作製

*落合秀弥(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

Internet of Things (IoT) の拡大から、現実の情報を可視化するためのセンサーが数多く必要となっている。それにより、メンテナンスや配線の問題から、高温・低温部分の温度差で発電する熱電発電が適している。熱電変換材料として SWCNT を用いた研究が数多く行われており、その一つに SWCNT 自立膜(BP:バッキーペーパー)で構成されたデバイスを水に浮かべ、膜の一部で気化冷却を行うことで自発的に温度差を発生させる水面浮上型熱電発電デバイスが考案されている^[1]。このデバイスは自発的に発電可能な一方で低出力電圧なことが課題となっており、膜内温度差をより拡大する必要がある。また、キシリトールは水に溶ける際に吸熱反応を示すことで知られている。本実験では従来のデバイス以上の高い起電力を達成することを目的とし、キシリトールを活用して水面浮上型熱電発電デバイスの改良を試みた。

2. 実験方法

本研究では SWCNT 粉末 (SG-CNT ZEONANO SG101) とエタノールを超音波ホモジナイザーで分散した 0.2wt%SWCNT 分散溶液を減圧濾過することで BP を作製した。この BP を切り取り、基板に貼付け配線することでデバイスを作製した。次に、水とキシリトールをそれぞれ、30wt%、50wt%で配合した溶液を作製した。各 3 種類の液体にデバイスを浮かべて人工太陽灯を照射した。そして 20 分間起電力を測定し、溶液の蒸発量を測定した。

3. 実験結果・考察

30wt%キシリトール溶液では、デバイスの蒸発量が増加され、起電力も高くなった。これは、気化冷却作用が促進されたためと考えられる。しかし、50wt%キシリトール溶液では蒸発量が増加したが起電力が低下した。これは、キシリトールが飽和状態となることで SWCNT 膜への抵抗となったためと考えられる。

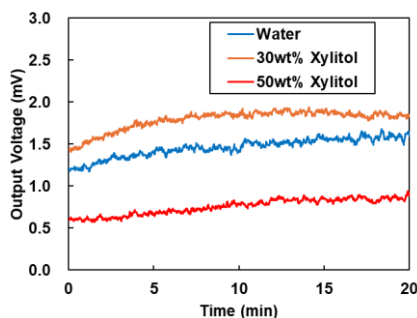


図1 各溶液におけるデバイス起電力

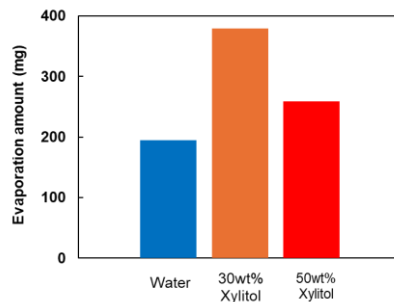


図2 各溶液の蒸発量

4. 結言

水面浮上型熱電発電デバイスに使用する溶液にキシリトールを加えることで起電力の上昇を確認した。本発表では、キシリトール溶解時の吸熱反応を用いることで、デバイスの温度差の拡大や起電力の改善のために活用していく。

5. 謝辞

本研究に使用した SWCNT (SG-CNT ZEONANO SG101) を供与して頂いた日本ゼオン株式会社に感謝申し上げます。

6. 参考文献

[1] T. Chiba *et al.* Sci. Rep. **11** (2021) 14707.

CFRP サンドイッチ構造における接着材微細構造制御と剛性向上メカニズム

1.東海大工 2.東海大院工 ○中安 翼¹, 内田 ヘルムート貴大(CA)^{1,2}, 西 義武^{1,2}, 佐川 耕平¹

1. 研究背景および目的

炭素繊維強化プラスチック(Carbon Fiber Reinforced Plastic, CFRP)とアルミニウムハニカムを接着フィルム(Bond Film)で接着したカーボンパネルは、1980年代からレーシングカーのモノコック構造に使用されてきた[1]。サンドイッチ構造において、スキン-コア間の界面接着強度は構造全体の力学的性能を支配する重要因子であり、界面剥離が主要な破壊モードとなることが知られている。特に、軽量化と安全性能の両立において、アルミニウムハニカムの極小な接着領域による CFRP との界面接着強度不足が課題である。先行研究では、表面処理や補強材添加による界面強度向上が検討されているが、本研究では熱処理による接着フィルムの微細構造制御に着目し、接着フィルムに低温アニール処理を施し作製したカーボンパネルの機械的特性向上効果についてせん断試験および曲げ試験により調査した。

2. 実験方法

Bond Film 試料(電気窯にて表面温度が 35.5℃になるまでを条件に低温アニール処理済試料および未処理試料)を用い、(CFRP 4 ply/アルミニウムハニカム t20 mm/CFRP 2 ply)構成でオートクレーブ成型を行い、「Formula SAE Rules 2025」[2]に基づいた打ち抜きせん断試験および三点曲げ試験を実施した。

3. 結果および考察

35.5℃までの低温アニール処理により、未処理 Bond Film と比較して打ち抜きせん断試験における弾性変形域のせん断剛性向上が確認された(Fig.1)。三点曲げ試験では曲げ剛性に大きな変化は見られなかった。せん断剛性の向上が認められたが三点曲げでは曲げ剛性の向上が見られなかったことから、接着フィルム自体の材料硬度の変化によるせん断剛性向上ではなくスキン-コア間の接着強度向上に起因すると考えられる。実体顕微鏡および SEM (走査型電子顕微鏡) による表面観察では、未処理試料で見られた表面凹凸が低温アニール処理後の試料では平滑化していることを確認した。この表面平滑化により、接着界面における空隙の減少および実効接着面積の増加が生じ、スキン-コア間の界面せん断強度が向上したと推察される。

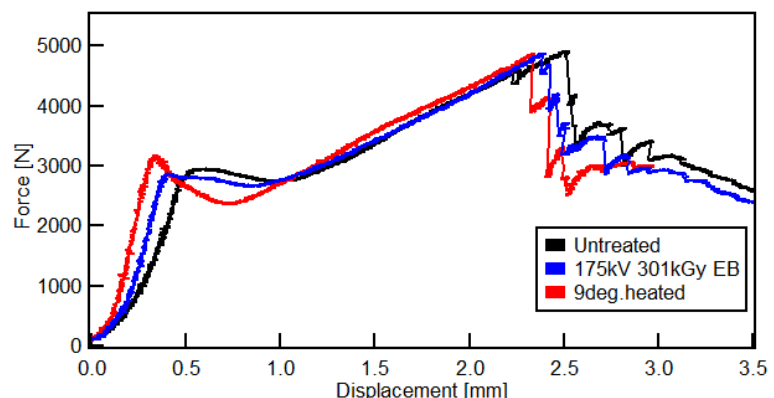


Fig.1 アニール処理によるせん断剛性の向上

4. 結論

低温アニール処理は Bond Film の接着界面を平滑化することでスキン-コア間の界面接着強度を向上させ、結果としてカーボンパネルのせん断剛性を向上させることが可能であることが明らかとなった。本手法は接着フィルムの化学組成を変更せず、熱処理のみで接着特性を改善できる点において実用性が高いと判断される。レーシングカーへの適用により、重量増加を伴わず局所せん断剛性の向上を図れる可能性が示された。今後は、異なる温度条件での効果検証および長期耐久性評価が課題である。

参考文献

- [1] G. Savage, "Composite materials technology in Formula 1 motor racing", *Honda Racing F1*, July 2008.
- [2] Society of Automotive Engineers, 『Formula SAE Rules 2025』, *SAE International*, 2024

ボールミリング処理した TiFe 系水素吸蔵合金の初期活性化特性

*侯 相宇(東海大学 工学部 応用化学科)、**源馬 龍太(東海大学 工学部 応用化学科)

1. 緒言

世界的なカーボンニュートラルへの移行に伴い、クリーンなエネルギーキャリアとして水素が注目されている。しかし、水素の貯蔵・運搬方法には課題が残されている。そこで、気体である水素をコンパクトに貯蔵する方法として、高圧水素ガスタンク方式や液体水素方式と比べてより穏やかな条件(低圧・室温付近)で水素を貯蔵できる、水素吸蔵合金が期待されている。中でも、Ti-Fe 系合金は、La-Ni 系と比較して安価であることと原料の豊富さから有望であるが、表面に形成される酸化物層のために、常温での初期活性化(水素吸蔵のための前処理)が困難という課題がある¹。先行研究において、ボールミリングなどの機械的処理が活性化に有効であることが報告^{2,3}されているものの、湿式処理あるいは乾式処理における最適なミリング処理条件についてはよくわかっていない。そこで本研究では、Ar 雰囲気下におけるボールミリング処理が Ti-Fe 系合金の初期水素吸蔵活性化特性に与える影響を調査することを目的とする。

2. 方法

出発原料として、ふるい分けにより粒径を 75 μm 以上に分級した $\text{TiFe}_{0.9}\text{Mn}_{0.1}$ 合金粉末(日本重化学工業)を用いた。この粉末 2.00 g を、ステンレス鋼(SUS304)製のボール(直径 10 mm, 10 個, 総重量 40 g)と共に SUS304 製容器へ投入し、遊星型ボールミル装置(Fritsch, pulverisette 5)により、Ar 雰囲気下で、回転数 200 rpm で 1 時間の乾式ミリング処理を施した。得られた試料について、ジューベルト装置を用いて水素吸蔵特性を評価した。試料 0.3 g を反応管へ導入後、活性化前処理として、423 K で 1 MPa の水素雰囲気下に 1 時間保持した。その後、室温まで徐冷した後、20 分間の真空排気により水素を脱蔵させた。この後、室温(298 K)にて印加圧力 1.245 MPa における水素圧力の時間変化から初期水素吸蔵曲線を測定した。また、X 線回折装置(XRD: Rigaku, Miniflex 600)による相の同定および走査型電子顕微鏡(SEM: 日本電子, JCM-6000PLUS)による表面観察を実施した。

3. 結果および考察

ボールミル後の試料の XRD 測定結果を Fig. 1 に示す。Ar 雰囲気下で 1 時間処理した試料では回折ピークのブロード化が観測された。これは、機械的エネルギーの投入による結晶格子のひずみ増加および結晶子サイズの微細化を示唆する。次に、この処理を施した試料を Ar 雰囲気下で 2 ヶ月間保管した

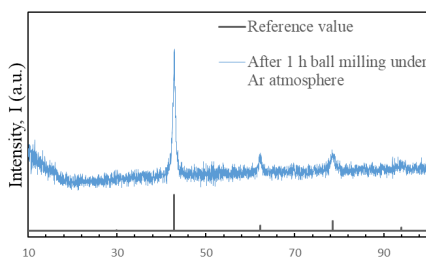


Figure 1. XRD pattern of ball-milled sample

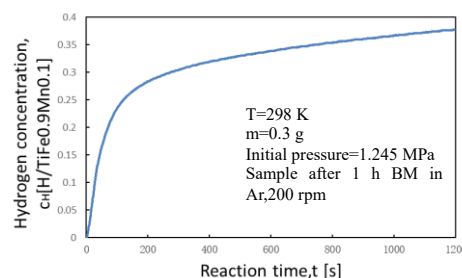


Figure 2. The 1st H-uptake curve at 298 K

後、その初期水素吸蔵特性を測定した結果を Fig. 2 に示す。1200 秒後の水素濃度は $\text{H}/\text{TiFe}_{0.9}\text{Mn}_{0.1} = 0.375$ (0.36 wt%) に達した。未処理の場合には 300°C での初期活性化処理が必要であることに比べると、本試料では 150°C とより低温で活性化が可能であるものの、吸蔵量は従来報告されている値(約 1.8 wt%)を大幅に下回る結果となった。この原因として、試料の酸化および長時間ミリングによる容器・ボール由来の不純物の混入および試料粉末との合金化の影響が考えられることから、これらの影響についてより詳細に調査する必要があることが明らかとなった。

4. 結論

本研究では、ボールミル処理を施した $\text{TiFe}_{0.9}\text{Mn}_{0.1}$ 合金について、結晶構造と初期水素吸蔵特性を評価した。その結果、未処理試料よりも低温で初期活性化が可能であることが示された。しかし、ミリング処理による相の変化については確認されないものの、得られた試料の水素吸蔵量から、ミリング処理により水素吸蔵量が著しく減少することが確認された。この原因として、試料の酸化およびミリング媒体由来の不純物の混入が考えられることから、ミリング時間および試料とボールの重量比などの最適化が必要であることが示された。

参考文献

- ¹ K. Edalati, J. Matsuda, A. Yanagida, E. Akiba, Z. Horita, Int. J. Hydrogen Energy 2014, 39, 15589–15594.
- ² H. Emami, K. Edalati, J. Matsuda, E. Akiba, Z. Horita, Acta Mater. 2015, 88, 190–195.
- ³ F. Guo, K. Namba, H. Miyaoka, A. Jain, T. Ichikawa, Mater. Lett. X 2021, 9, 100061.

三次元積層造形した硝子短繊維強化ナイロン6複合材料の機械的特性の電子線照射の効果

*樋口大翔(東海大工), **佐川耕平(東海大院工), 高木詩ノ介(東海大工), 川浪遥翔(東海大工), 八木響希(東海大院工), 三浦栄一(KISTEC), 内田ヘルムート貴大(東海大院工), 木村英樹(東海大院工), 西義武(東海大名誉教授, KISTEC)

1. 研究背景

熱溶解積層造形法(FDM)を用いた三次元積層による造形は、従来の射出成型法と比較し、金型を必要とせず、短納期になり、製造装置が比較的簡素で安価でもあり、多品種小規模生産に有利である[1]。ところが、熱溶解積層造形法は、樹脂を母材としたフィラメントをノズル部で加熱融解させたものを射出し積層および冷却凝固させていくことから、積層間界面での接着強度が弱く、機械的衝撃を入力した際に層間剥離が発生しやすい。さらに、同一積層内および、積層間の接着強度も低く、試料全体の機械的強度は低い。すなわち、母材である樹脂に炭素やガラスの短繊維を複合化するが、母材と繊維間の接着強度が弱いことから、完全融解し成形する射出成型と比較し機械的強度が弱いことが熱溶解積層造形法の課題である[2]。一方、射出成型した炭素や硝子短繊維強化 PEEK 熱可塑性樹脂(SCFRPEEK, SGFRPEEK)に均質低エネルギー電子線照射(HLEBI)することで、機械的強度が向上する先行研究を実施してきた[3,4]。そこで、本研究では、三次元熱溶解積層造形法により成形したガラス短繊維強化型ポリアミド(3D-SGFRPA6)に均質低エネルギー電子線照射を施した試料の強靱化を見出したので報告する。

2. 方法

本研究では、ガラス繊維強化型ポリアミドフィラメントに Polymaker 製 PolyMide™ PA6-GF フィラメント(フィラメント径 1.75mm)、熱溶解積層造形機には、Crealty 社製 K1C を用い造形した。機械的特性評価として、シャルピー衝撃試験、引張試験、曲げ応力試験を実施するために、それぞれ、JIS K-7111-1、JIS K7161、JIS K7171 で規格定義されたサンプル試験片を製作した。また、電子線照射には、岩崎電気製電子線照射装置(EC250/30/20mA)を用い、窒素雰囲気下(1.5L/s)にて、加速電圧 250kV、電子線照射量 21.5kGy~63.5kGy の条件で、試料両面に照射を実施した。

3. 実験結果と考察

Fig. 1 に衝撃値(a)、曲げ応力-歪曲線(b)、および引張強度(c)を示す。Fig. 1-(a)の衝撃試験においては、未照射時(untreated)と比較し、電子線照射量 21.5kGy 時に衝撃値が最大となり、未照射時と比較し、中央値で約 5%の強靱化を見出した。また、電子線照射量を 21.5kGy より高くすると、衝撃値が低下する傾向が見られた。Fig. 1-(b)の曲げ試験結果においては、未照射条件と比較し、電子線照射量 21.5kGy~63.5kGy のすべての試料において、曲げ弾性率および、曲げ強度が上昇し、43kGy 時に初期弾性率は 4.02MPa となり、未処理の 3.61MPa に対し、1.28 倍曲げにくくなり、また曲げ強度は、81MPa で未照射の 65MPa に対し 1.25 倍強化された。大量照射で劣化するの通常照射損傷で説明がつく。一方、Fig. 1-(c)の引張試験でも、強度は未処理の 31MPa に対し、42MPa と 1.4 倍強化することも見出した。

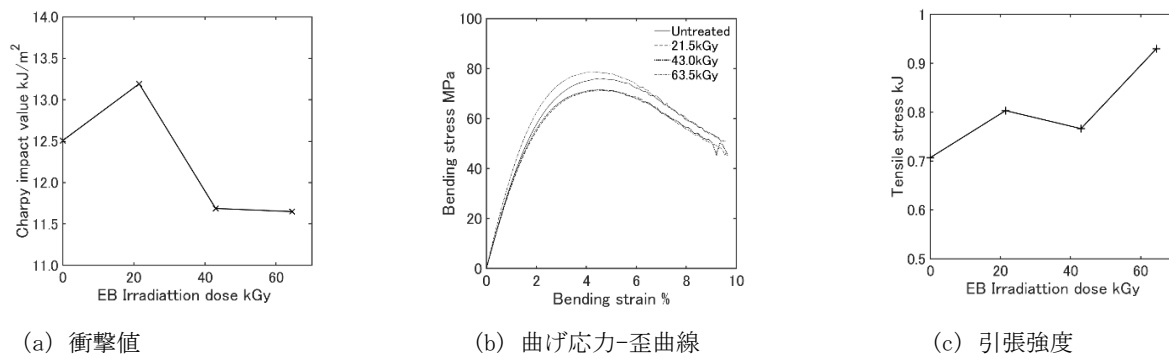


Fig. 1. 衝撃値中間値(a)、曲げ応力-歪曲線(b)、引張強度中間値(c)の電子線照射 dose 量による変化。

4. 結論

3D-SGFRPA6 の電子線照射量の 21.5 kGy で衝撃値、43kGy で曲げ強度、63.5 kGy で引張強度の向上を見出した。

参考文献

- [1] H.C. Kim *et al.*, "Room temperature 3D printing ---structures", *Compos Part B-Eng*, **279**, (2024), pp.1-9.
- [2] E. Miura *et al.*, *Mater. Sci. Forum*, **1134**, (2024), 39-45.
- [3] Y. Nishi, *et al.*, *Materials Transactions*, **55**(8) (2014) 1304-1310.
- [4] M. C. Faudree, Y. Nishi : *Materials Transactions*, **51**(12) (2010)2304-2310.

Mg-Pd-Ni 三元合金の水素吸蔵前後における力学特性の変化に関する研究

*韓 銘洋 (東海大院工), **内田 ヘルムート貴大 (東海大院工), 原田 亮 (東海大 総合科学技術研究所)

1. 背景および目的

Mg 系水素化物は高容量水素貯蔵材料として期待されるが、強い Mg-H 結合により脱水素温度が 600~700 K と高温を要する制約があり、これを克服するために Ni をはじめとする遷移金属との合金化が試みられている [1]。本研究では分子動力学 (MD) シミュレーションを用いて Mg-Pd-Ni 三元合金の機械的特性に対する水素化の影響を解析し、構造耐久性に優れた組成を特定することを目的とする。

2. 方法

Large-scale Atomic/Molecular Massively Parallel Simulator (LAMMPS) [2]を用いて三元系単結晶 $\text{Mg}_{100-x-y}\text{Pd}_x\text{Ni}_y$ ($x+y \leq 30$) 単結晶合金の分子動力学解析を実施した。原子間ポテンシャル計算には EAM 法と LJ ポテンシャル[3,4]を用い、水素原子を含む系および非含有系の両方について 300~600 K の温度範囲で構造解析を行った。水素化条件下では水素原子濃度を段階的に変化させ、各条件における X 線回折シミュレーションにより結晶構造変化を評価した。温度制御には Nose-Hoover サーモスタット[5]を使用した。時間ステップは水素化前 0.001 ps、水素化後 0.0005 ps に設定した。

3. 実験結果

図 1 は、Mg-Pd-Ni 三元合金の水素化前における X 線回折パターンを 300 K、400 K、500 K、600 K の各温度で示したものである。Pd > Ni かつ総置換量 < 20 at.% の組成では明瞭な回折ピークが観察された。これは Mg の低い固溶度と HCP-FCC 格子ミスマッチに起因する。特に $\text{Mg}_{75}\text{Pd}_{15}\text{Ni}_{10}$ は 300 K で結晶性を示すが、この準安定相は水素化や昇温により容易に破壊される。Ni 濃度の増加に伴いアモルファス化傾向が見られた。Mg-Pd 合金の水素化は相分離と体積膨張を誘発し、内部応力増大と耐久性低下を引き起こすが、Ni との合金化により、転移組成近傍を除いてこれらの悪影響が軽減される結果を得た。温度依存性解析により 2 つの異なる挙動パターンが確認された。Pd 含有量が低い安定組成域では凝集エネルギーが -1.6 から -1.8 eV/atom へ単調減少し、格子定数は 3.14 から 3.18 Å へ予測可能に増加した。これらの組成では、水素化前に温度が 300 K から 600 K に上昇すると、凝集エネルギーと格子定数が不規則に変化した。また、Pd 含有量が増加すると Mg-Pd-Ni 三元系水素吸蔵合金の熱不安定性が誘発される可能性があることが示唆された。

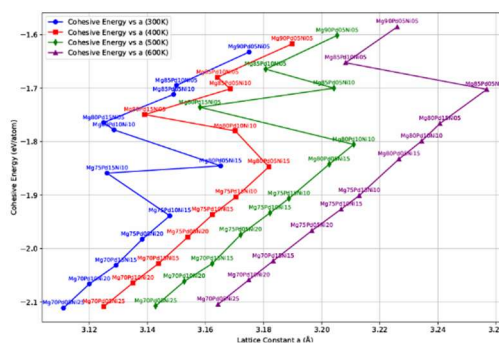


図 1 Mg-Pd-Ni 三元合金の水素化前の全組成における格子定数 a と凝集エネルギーの関係。横軸は格子定数 (Å) を、縦軸は凝集エネルギー (eV/atom) を示す。各色の線は各温度条件 (青: 300 K、赤: 400 K、緑: 500 K、紫: 600 K) を示し、各点は異なる組成を表す [7]。

4. 考察

$\text{Mg}_{85}\text{Pd}_{05}\text{Ni}_{10}$ 、 $\text{Mg}_{80}\text{Pd}_{10}\text{Ni}_{10}$ 、 $\text{Mg}_{75}\text{Pd}_{15}\text{Ni}_{10}$ において、水素化前の昇温で凝集エネルギーと格子定数が不規則に変化し、Pd 増加が熱不安定性を誘発することが示された。一方、Mg-Pd-Ni 三元合金は Mg-Pd 二元系より水素化後の凝集エネルギー変化が小さく、サイクル性能向上が期待される。実用的には、総置換量を 15 at.% 未満または 25 at.% 以上のアモルファス組成とすることが望ましいと考えられる。

5. 結論

本研究では、本研究では、Mg-Pd-Ni 水素吸蔵合金を検証した。Pd 溶解度限界近傍では準安定相と水素誘起脆化が確認され[6]、高温で劣化が加速された。一方、Ni は凝集力と安定性を向上させ、水素化後のエネルギー変動を抑制した。したがって、Mg-Pd-Ni 合金は Pd 高含有システムに対する耐久性に優れた代替材料となり、Ni 置換が有効な最適化手法であることが確認された。ただし、適切な組成範囲選択が構造耐久性確保に重要である。

参考文献

- [1] Usman, M. R., and Farooq, M. U., *Renew. Sust. Energ. Rev.*, **167**, (2022), 112743.
- [2] Thompson, A. P. *et al.*, *Comput. Phys. Commun.*, **271**, (2022), 108171.
- [3] Zhou, X. W. *et al.*, *Phys. Rev. B*, **69**, (2004), 144113.
- [4] A.K. Rappé, *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* **114** (1992) 10024–10035.
- [5] Nosé, S., *Mol. Phys.*, **52**, (1984), 255-268.
- [6] Cuevas F, *et al.*, *J Phys Chem Solids.*, **71** (2010) 1259-1263.
- [7] M. Han *et al.*, *Mater. Sci. Forum*, (2025), (article in press).

PN一体化/SWCNT/メッシュ膜を用いた熱電発電デバイスの評価

*浅野結太(東海大学 工学部 応用化学科)、**高尻雅之(東海大学 工学部 応用化学科)

1. 背景, 目的

地球温暖化やエネルギー資源枯渇を背景に、未利用熱を活用する熱電変換技術が注目されている。特に IoT(Internet of Things)デバイスの独立電源として、環境中の微小な温度差から発電可能な熱電材料の開発が求められている。

本研究では、優れた電気伝導性と柔軟性をもつ単層カーボンナノチューブ(SWCNT)を対象に、従来の高熱伝導率による温度勾配形成の困難さを克服するため、ポリマーメッシュ基材上に SWCNT をコーティングした SWCNT/メッシュ膜を作製した。さらに、*P* 型と *N* 型領域を同一膜上に形成し、デバイスにし、出力を評価した。

2. 方法

SWCNT 分散液を加熱攪拌によって濃縮しコーティング用試料を調製したのち、ポリフェニレンサルファイド(PPS)メッシュの下半分をこの濃縮分散液でディップコーティングして乾燥させ、さらに Ar(95%)+H₂(5%)雰囲気下で 200℃、250℃でそれぞれアニール処理を行って吸着ガスを除去することでジメチルジオクタデシルアンモニウムクロリド(DODMAC)を SWCNT 表面に固定化して *N* 型特性を付与し^[1]、同じメッシュの上半分を SWCNT 分散液でディップコーティング・乾燥することで大気中で自然に *P* 型特性を示す領域を形成し^[2]、このように作製した *PN* 接合膜を 5 分割してゼーベック係数・膜厚・電気抵抗を測定してパワーファクター(*P.F.*)を算出し熱電性能を定量的に評価したうえで、(シクロオリフェンポリマー)COP 基板とメッシュ基板(30×50 mm)の中央にポリイミド両面テープを貼り、その上に *PN* 接合 SWCNT メッシュ膜を位置合わせして熱電デバイスを作製した。模式図を図 1 に示す。このデバイスをホットスターラー(50℃)上で 10 分間加熱し発生するゼーベック電圧をデータロガーで測定することによって応答性および発電特性を評価した。

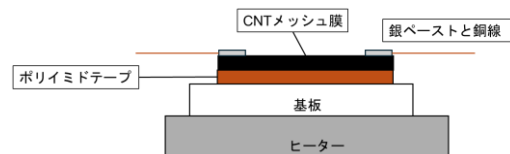


図1 デバイスの模式図

3. 実験結果

ゼーベック係数を図 2、*P.F.*を図 3、出力を図 4 に示す。図 2 より *P* 型と *N* 型が同一膜上に生成されていることが読み取れる。図 3 よりメッシュ膜の中央部分に近づくにつれて *P.F.*徐々に低くなる傾向が明確に読み取れる。図 4 より出力電圧が低くなったことが読み取れる。

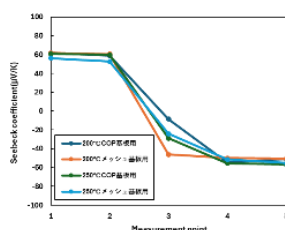


図2 ゼーベック係数の測定結果

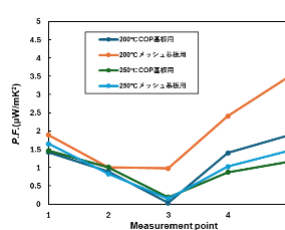


図3 *P.F.*の算出結果

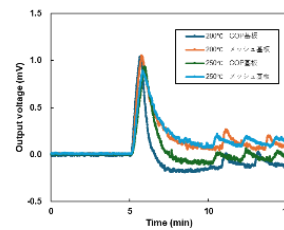


図4 デバイスの出力電圧

4. 考察

図 3 より *P.F.*徐々に低くなる傾向はディップコーティング試料をディップコーティングした後に吊り下げて乾燥させる際、重力の影響により付着し SWCNT 膜が自身の重みで引っ張られ、垂れ下がるような変形が生じることで SWCNT が薄くなることによるものだと考えられる。

図 4 より出力電圧が低くなった要因はメッシュ構造により接着が良くなく剥がれてしまっている部分が発生してしまっていることなどが考えられる。

5. 結論

PN 一体化/SWCNT/メッシュ膜を用いた熱電発電デバイスを作製し、評価を行った結果として十分な出力が得られなかった。この結果はメッシュ構造が接着に悪影響を及ぼしていることが考えられる。今後は接着方法を見直す。

参考文献

- [1] T. Amezawa et. al. Coatings 14(7), 794 (2024).
- [2] K. Miura et. al. Coatings 14, 126, (2024).

銀ろうによるステンレス鋼のろう付け

*川村亮太(東海大学 工学部 機械工学科)、鎌田龍介(東海大学 工学部 総合理工学研究科)、**宮沢靖幸(東海大学 工学部 機械工学科)

1. 背景、目的

ステンレス鋼は耐食性・機械的強度に優れ、幅広い分野で利用されている。母材を溶融せずに接合可能なろう付は異種材料接合に有効であり、銀を主成分とするろう材 BAg-8 は良好なぬれ性と流動性から広く使用されてきた。しかし、酸化皮膜の影響で十分なぬれが得られない場合がある。近年は Ni や Pd を添加したろう材が開発され、ぬれ性改善が報告されているが、その界面反応メカニズムは十分に解明されていない。本研究では PD-0、PD-5、BAg-8 を用いて SUS304L ステンレス鋼を真空ろう付し、ぬれ性や界面組織を比較することを目的とする。

2. 方法

供試材には SUS304L ステンレス鋼を用いた。母材は板厚 3 mm とし、20×20 mm および 10×10 mm に切断した後、耐水ペーパー (#1200、#1500、#2000) による段階的研磨を施し、表面酸化膜や加工傷を除去した。使用したろう材は、Ag-Cu-Ni 系の PD-0 (固相線 770℃、液相線 895℃)、Ag-Cu-Pd 系の PD-5 (固相線 850℃、液相線 930℃)、および従来の Ag-Cu 系 BAg-8 (固相線・液相線ともに約 780℃) である。試験片は T 字接合形状に組み立て、専用治具で固定した。真空炉にて昇温速度 20 K/min で加熱し、800℃で 10 分間保持した後、炉冷した。ろう付中の温度は熱電対でモニターし、均一加熱を確認した。接合後、試験片断面を樹脂埋め込み・研磨した上で光学顕微鏡により観察を行い、フィレットの形成状態、ぬれ広がり、界面組織の特徴を比較した。

3. 実験結果

観察の結果、すべての試験片で接合自体は成立していたが、ろう材によってぬれ挙動に明確な差が確認された。BAg-8 を用いた試験片では、液相線温度が低いため実験温度 800℃で完全に溶融し、流動性が非常に高かった。その結果、母材表面を広くぬらし、均一で滑らかなフィレットが形成され、最も良好な接合状態を示した。これに対し PD-0 では、ろう材が局所的にしか広がらず、ぬれ性が不十分でフィレットの形成も不完全であった。これは、母材表面の酸化皮膜によりろう材の流動が阻害されたことに起因すると考えられる。さらに、Pd を添加した PD-5 では液相線温度が 930℃と高いため、実験条件の 800℃では十分に溶融せず、フィレットの形成範囲

が狭く不連続であった。以上のことから、BAg-8 が最も良好なぬれ性を示したのに対し、PD-0 および PD-5 はそれぞれ酸化皮膜や高融点の影響によりぬれが制限されたといえる。

4. 考察

得られた結果から、ろう付のぬれ性にはろう材組成と融点特性が密接に関与していることが示された。Ag を主成分とする BAg-8 は低融点であり、十分に液相化することで高い流動性を確保し、母材表面全体に拡がったと解釈できる。これにより均一なフィレット形成が可能となった。一方、Ni を含む PD-0 では、Ni による界面反応の効果が期待されるものの、酸化皮膜の残存がろう材の広がりを阻害し、ぬれ性の向上には繋がらなかったと考えられる。さらに、Pd を含む PD-5 では、Pd の存在が液相線温度を上昇させ、今回の実験条件では溶融不足が顕著となった。その結果、母材表面を十分にぬらすことができず、フィレット形成も不完全であった。これらのことから、Ni や Pd の添加は条件によってはぬれ性改善に有効とされるが、温度条件の最適化や母材表面の処理条件を適切に整える必要があることが明らかになった。今後は、ろう付温度を段階的に上昇させた実験を行い、溶融挙動の変化を系統的に確認するとともに、EPMA などを用いた元素分布解析を実施することで、Ni や Pd が接合界面にどのように析出・拡散するのかを解明していくことが重要である。

5. 結論

BAg-8 は良好なぬれ性とフィレット形成を示した。PD-0 は酸化皮膜の影響によりぬれ不十分であった。PD-5 は高液相線温度のため 800℃では溶融不足であった。今後はろう付温度を変化させ、EPMA による界面分析で Ni・Pd の析出挙動を明らかにする予定である。

参考文献

- 1) Matthew Way, Brazing filler metals, International Materials Reviews, 2020
- 2) 渡辺健彦、超硬合金の銀ろう付におけるろう材中の Ni と Co の影響、平成 24 年度春季全国大会

Nb₃Sn 添加量による YBCO 超伝導線材の内部組織変化

*櫻井栄光(東海大学工学研究科応用理化学専攻)、西村有磨(東海大学工学研究科応用理化学専攻)、**小黑英俊(東海大学工学研究科応用理化学専攻)

1. 背景

YBa₂Cu₃O_{7-δ}(YBCO) 超伝導体は高温超伝導体の中でも、高い臨界温度(T_c)を持ち、磁場中でも高い臨界電流密度(J_c)を示す。YBCO 系超伝導線材は、YBCO の結晶方位を揃えて作製しないと大電流の通電ができない制限があるため、積層薄膜線材として作製することで、結晶軸の c 軸と、 a 軸または b 軸を揃えた 2 軸配向膜を実現できている。しかしながら、線材の問題点として、YBCO の層間もしくは中間層が剥がれやすいため、磁場の方向によって J_c が変化する²⁾等の欠点がある。この問題点は、特に超伝導マグネット作製にとって大きな障害となっている。これに対して、丸線材を開発すればこの問題を解決することができる。その方法として、超伝導体を溶かして結晶成長させる、溶融法が考えられる。この方法により、結晶方向を揃えることが YBCO でもできると考えられ、実際に溶融法による YBCO 丸線開発が研究室で進められている³⁾。この研究の中で、YBCO に Nb₃Sn 超伝導体を添加すると、YBCO の 1000°C の包晶温度が、シース材として利用する銀管の融点 960°C より低くなり、銀管内で YBCO の溶融成長ができることがわかってきた。

本研究では、YBCO に対し Nb₃Sn を 5mol% 添加した丸線材を作製し、その微細組織と超伝導特性を評価することから Nb₃Sn の最適添加量の探索を行うことを目的として実験を行った。

2. 実験方法

原料は、YBCO に対し Nb₃Sn を 5mol%、Ag₂O を 10wt% 添加した。これらの粉末試料を秤量し、乳鉢で 30 分攪拌し、片側に銅の蓋をした外径 5 mm、内径 4 mm の銀管へ詰めた。これを溝ロール圧延機で直径 0.8 mm 程度まで圧延した。作製した線材を長さ 10 cm に切断し、電気炉を用いて以下の 3 つの条件で熱処理を行った。

熱処理 1: 大気雰囲気 で 930°C × 24 h で保持した後、

48 時間かけて室温まで温度を下げた

熱処理 2: Ar 雰囲気 で 930°C で 24 h の熱処理後、酸素雰囲気 で 900°C で 24 時間の熱処理を行った

熱処理 3: 大気雰囲気 で 930°C で 4 時間保持したのち、890°C まで 10 時間かけて温度を下げた。

熱処理後の線材に対して、内部組織観察を行った。線材をエポキシに埋め込み研磨した後、電子顕微鏡を用いて組織観察を行った。

3. 実験結果と考察

図 1 に 3 つの熱処理により作製した 5mol%Nb₃Sn + 10wt%Ag 添加 YBCO 丸線材の組織観察の結果を示した。その結果から、どの試料にも多くの小さな空隙が観察された。これは、融点が十分に下がっておらず、一部のみ液相になったため小さな空隙が多数発生したと考えられる。熱処理 2 の条件では Ar 雰囲気 にしているが、このとき YBCO の融点が最も下がることが期待されたが、結果としては他の条件と同じ組織が得られた。このことから、5mol% では添加量として少ないことが示唆された。

4. 結論

熱処理条件を変えて作製した 5mol% Nb₃Sn+10wt%Ag₂O 添加 YBCO 丸線材の組織観察を行なった。その結果、5mol% の Nb₃Sn 添加量では少ないことがわかった。今後、添加量を増やして最適な量を探索する予定である。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP25K07264 の助成を受けたものである。本研究の一部は、東海大学高度物性評価施設の支援を受け、実施したものである。

参考文献

- 1 T. Takematsu et al., Physica C, Vol. 470 (2010)674
- 2 L. Civale et al., Appl. Phys. Lett., Vol. 84 (2004) 2121
- 3 Z. Geng et al., J. Adv. Sci., Vol. 36 (2024) 36109

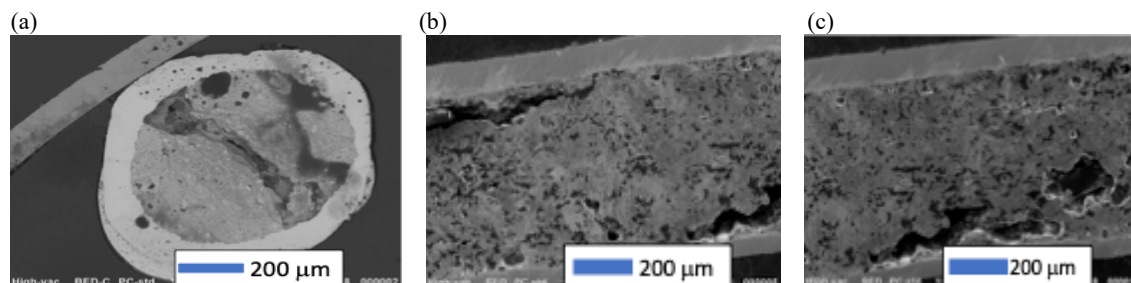


図 1 5mol% Nb₃Sn+10wt%Ag₂O 添加 YBCO 丸線材の断面。(a)熱処理 1、(b)熱処理 2、(c)熱処理 3 の各熱処理後の線材を示す。

低銀化を目指した新規ろう材開発

*高山輝(東海大学 工学部 機械工学科)、榎野晴(東海大学 大学院 工学研究科)、**宮沢靖幸(東海大学 工学部 機械工学科)

1. 背景, 目的

ろう付は重要な技術であり、ろう付ではろう材が必要である。一般的にろう材は合金であり、多様な母材に対応するために多種類のろう材が開発・製造されている。その中で銀ろうは、比較的軟質であり機械的性質に優れたろう材である。そのため、産業界ではAg-Cu 共晶組成 (Ag-28 mass%Cu) を基本としたろう材が多く使用されている。Ag-Cu 共晶温度が 780 °C であり、比較的液相線温度が低いろう材として利用されている。しかし、Ag が 70 mass%程度含有しているため、他のろう材と比較した際、製造コストは高くなる。また、ろう材には粘り強い特性を求められることが多い。そのためラメラ組織を多く晶出させる必要がある。一方、非平衡状態にすることで共晶量が増加し、強度のあるろう材を作製することが可能だと考える。本研究では、Ag 含有量を減らし、凝固時の冷却時間を変えた新規ろう材の開発を試みた。

具体的には、急冷凝固させ、非平衡状態にし Ag-Cu 共晶の晶出量を増加させた新規ろう材の開発を目的とした¹⁾。

2. 方法

2-1 試験片材料

ろう材には、高千穂精機製のタンマン溶解炉を使用し、20Ag-Cu ろう材、30Ag-Cu ろう材を作製した。作製したろう材は圧延機で箔状ろう材にし、厚さは 100 μm のものを用いた。また、母材に SUS304L を使用した。

2-2 試験片作製・実験条件

本実験では、試験片は厚さ 3 mm の母材を中速カッターにて 20×20 mm と 10×10 mm に切断した。ろう材は箔 (100 μm) を 10×10 mm に切断した。その後、母材とろう材をアセトンで超音波洗浄を行った。

試験片は治具によって固定し、熱電対を用いて温度測定しながら、横型真空炉にて真空でろう付を行っ

た。昇温速度は、20 K/min の速度で加熱を行った。

3. 実験結果、考察

光学顕微鏡を用いて試験片のミクロ組織を観察した。20Ag-Cu を金型に鑄込んだろう材を用いた場合、20Ag-Cu を鑄造後、水冷したろう材を用いた場合、30Ag-Cu を金型に鑄込んだろう材を用いた場合、30Ag-Cu を鑄造後、水冷したろう材を用いた場合のマクロ組織を示した。今回の実験よりすべてろう付が成功していた。

実験結果より、20Ag-Cu ろう材と 30Ag-Cu ろう材を比較すると 30Ag-Cu ろう材の方が金型に鑄込んでから 1 時間冷却したものと水冷で急冷したものはフィレットの形成が十分であった。逆に、20Ag-Cu ろう材はフィレットの形成が十分ではなかった。原因は、30Ag-Cu ろう材は、ろう付時、熔融しており、逆に 20Ag-Cu ろう材は、熔融しなかったためだと考えられる²⁾。

Ag-Cu 共晶の量を比較すると、水冷した 20Ag-Cu ろう材と 30Ag-Cu ろう材は金型に鑄込んでから 1 時間冷却したもの比べると Ag-Cu 共晶の割合の増加が見られた。原因は、水冷により平衡凝固が発生せず、共晶ラメラ組織が増加したためと考えた。

5. 結論

30Ag-Cu ろう材はフィレット形成に優れ、20Ag-Cu ろう材は不十分であった。水冷によって Ag-Cu 共晶量が増加し、ラメラ組織が発達した。

参考文献

- 1) 新宮秀夫：「急速凝固」日本金属学会会報 1987 年,692-695
- 2) Fukikoshi T, Watanabe Y, Miyazawa F, Kanasaki F (2014) Brazing of copper to stainless steel with a low-silver-content brazing filler metal. IOP Conf Ser Mater Sci Eng 61:012016

液中プラズマ法を用いて作製したダイレクトメタノール燃料電池用 Pt 触媒に関する研究

*班兆元（東海大学）、**庄善之（東海大学）

1. 背景, 目的

ダイレクトメタノール燃料電池（DMFC）はメタノールを利用した燃料電池で、固体高分子燃料電池（PEFC）の一種である。水素燃料電池と比べるとメタノールのエネルギー密度が高く、液体燃料として扱いやすく持ち運びが簡単で、燃料を充足して長時間の発電が可能である。それをモバイル機器用電源として期待されている。

本研究では、液中プラズマ法を用いて微細な Pt 粒子を作製し、炭素粒子に担持させることにより、メタノール燃料電池用の触媒を作製することを目的とする。得られた Pt 触媒触媒と市販の田中貴金属の触媒を比較することで、電池性能を明らかにすることを目指す。

2. 方法

- (1) 純水 40ml とカーボンブラックバルカン 33.6mg 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) 電極間に 2.8kV のパルス電圧を印加し、混合液中にプラズマを発生された。
- (4) メノウ乳鉢に作製した触媒を移し、130° C のオープンで 2 時間かけて水分を蒸発させた。
- (5) 粉末状の触媒に純水とナフィオン液 0.2ml を混合し、カーボンペーパーに塗布した。
- (6) 4x4cm のカーボンペーパーを 2 枚作製し、MEA を作製された。
- (7) 作製した燃料電池を評価し、発電性能を測定した。

3. 実験結果

- 図 1 田中貴金属を用いて水素燃料電池の発電特性
 図 2 田中貴金属を用いて各濃度のメタノール燃料電池の発電特性
 図 3 田中貴金属を用いて濃度 50% のメタノール燃料電池の発電特性
 図 4 3h プラズマ法を用いて作製する Pt 触媒の水素燃料電池の発電特性
 図 5 3h プラズマ法を用いて作製する Pt 触媒の 20% と 50% のメタノール燃料電池の発電特性
 図 6 最大電力における田中貴金属と液中プラズマ法を用いて作製する Pt 触媒の比較図

4. 考察

メタノール燃料電池では、メタノール水溶液が電解質膜を透過して、アノードからカソードに酸素と直接反応するメタノールクロスオーバーが発生し、電圧と電力の低下を引き起こす。電解質膜（ナフィオン膜）は親水性あり、水素燃料電池では燃料が気体状態で供給されるため、液体メタノールと比較して膜を透過しにくく、発電効率への影響は比較的小さい。

田中貴金属（Pt-Ru）では燃料を変えると電力が約 0.03 倍に低下した。Pt 触媒では約 0.015 倍に低下した。

メタノール燃料電池では、二種類の触媒を比較すると、Pt 触媒の方が電力の減少が大きかった。その原因は、燃料極のメタノール酸化反応により CO が生成され、これが Pt 触媒を被毒するためである。

Pt 触媒表面では、メタノールが吸着し、酸化反応が進行する。純粋な Pt 触媒用いた場合は Pt 表面が CO で被毒され、反応の進行が阻害される。

田中貴金属（Pt-Ru）は助触媒 Ru を含んでいる。Ru を用いることで、水から OH 吸着種を生成され、CO を酸化除去され、CO による被毒を効果的に抑えることができる。

5. 結論

(1) メタノール燃料電池の電力はメタノールの濃度に依存する。

(2) メタノールを燃料とする発電性能が水素燃料より低い。

(3) Pt 触媒用いた場合は、濃度よりも低濃度の方は発電量が高い。

参考文献

- (1) 『直接メタノール燃料電池』 谷口貢
https://www.jstage.jst.go.jp/article/hess/48/2/48_91/_pdf/-char/ja
 (2) 『燃料電池用電極触媒の高活性に関する研究』 小野寺 大剛
https://ir.library.osakau.ac.jp/repo/ouka/all/34413/26521_Dissertation.pdf

Al-Mn 系合金フラックスフリーろう付の接合強度評価

*齋藤時人（東海大学 工学部 機械工学科） 加藤淳也（東海大学大学院総合理工学研究科） **宮沢靖幸（東海大学 工学部 機械工学科）

1. 背景, 目的

アルミニウムのろう付では、強固な酸化膜を取り除くためにフラックスを用いている。ただ、フラックスを用いた場合、作業者の健康に悪影響の可能性があること、ろう付後の洗浄の手間があること、フラックスが高価なことが挙げられる。そこで、フラックスを用いないろう付の研究が行われている。

本研究は、昇温速度のろう付への影響を、引張試験と X 線 CT 検査を用いて評価し、引張強度の高いろう付条件を求めることを目的とする。

2. 方法

本研究では、A3003 ろう付体の X 線 CT によるボイド解析、引張試験を行った。材料の組成を表 1 に示す。

表 1 母材とろう材の組成¹⁻²⁾

合金番号	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ga, V, Ni, B, Zr など	Ti	その他 個々	合計	Al
3003	0.6 以下	0.7 以下	0.05~ 0.20	1.0~ 1.5	—	—	0.10 以下	—	—	0.05 以下	0.15 以下	残部
4004	9.0~ 10.5	0.8 以下	0.25 以下	0.10 以下	1.0~ 2.0	—	0.02 以下	—	—	0.05	0.15	残部

また、母材に A3003 を、ろう材に A4004 を用いて、Ar ガス雰囲気下でフラックスフリーろう付を行った。図 1 に試験片の概略図を示す。

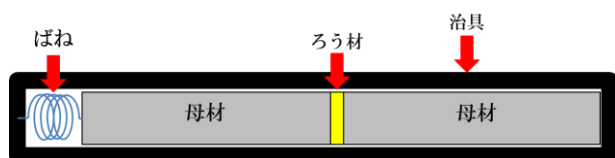


図 1 試験片の概略図

表 2 に示す条件で各 2 回ずつフラックスフリーろう付を行った。

表 2 ろう付条件

母材	フラックス	ろう材	ろう材の量(μm)	温度(°C)	昇温速度(°C/min)	保持時間(min)
3003	×	4004	200	600	50	10
3003	×	4004	200	600	200	10
3003	×	4004	200	600	300	10

次に、ろう付後の試験片を X 線 CT でボイド解析を行い、ボイド率を求めた。最後に、引張試験を行い、引張強度の測定と破断面の観察を行った。

3. 実験結果

引張強度、ボイド体積、ボイド率を表 3 に示す。ボイド率は、ボイド体積をろう材層体積で割って求めた。表 3 より、引張強度とボイド率に相関性が見られないことが分かった。

表 3 実験結果

条件	試験片	引張強度(MPa)	ボイド(mm ³)	ボイド率(%)
50°C/min	1	18.90	0.21	2.23
	2	28.22	0.37	3.93
200°C/min	3	17.42	0.08	0.85
	4	32.60	0.33	3.50
300°C/min	5	17.65	0.30	3.18
	6	19.39	0.60	6.37

4. 考察

引張強度とボイド率に相関性が見られなかったため、引張強度が変化する要因として、母材とろう材が反応している面積の差で強度に差が出ると考えた。反応面積は面積測定ソフトを用いて調べた。バラツキが大きかったため正確に測定できなかった。反応面積、反応面積率、反応面積応力を表 4 に示す。

表 4 反応面積計算結果

条件	試験片	反応面積(mm ²)	反応面積率(%)	反応面積応力(MPa)
50°C/min	1	16.15	20.56	91.90
	2	30.76	39.16	72.05
200°C/min	3	12.45	15.85	109.9
	4	31.30	39.85	81.80
300°C/min	5	12.97	16.51	106.9
	6	16.47	20.97	92.45

これらの応力は、反応面積率がほぼ 100 %のフラックスを用いたろう付の応力 85.3 MPa と近い応力になった。そのため、反応面積率を上げれば、引張強度を上昇させる事が出来ると考えられる。

5. 結論

以下のことが分かった。

- (1) 引張強度とボイド率に相関性が見られない。
 - (2) 引張強度と反応面積に相関性が見られる。
- 一方で同条件での強度に差が出た明確な原因は分らなかった。

参考文献

- 1) 日本工業規格, アルミニウム及びアルミニウム合金の板及び条, H4000 : 2014, <https://kikakurui.com/h4/H4000-2017-01.html>, (参照 2025-07-22)
- 2) 河南信義アルミニウム, 4000 系アルミ条製品, 2017-06-28, <https://www.signi-alu.com/aluminum-strip/aluminium-coil/4000-luminium-Coil-Strip-4000.html>, (参照 2025-07-22)

熱処理による YBCO 超伝導線材の組織変化

*西村 有磨(東海大学 工学研究科 応用理化学専攻)、新井 樹(東海大学 工学研究科 応用理化学専攻)、**小黑 英俊(東海大学 工学部 電気電子工学科)

1. 背景, 目的

YBa₂Cu₃O_{7-δ}高温超伝導線材は、次世代超強磁場超伝導マグネット、高温動作MRIなど、様々な応用が期待される。しかし、大電流通電のためには結晶軸を配向させる必要があるため、YBCO 高温超伝導線材は薄膜作製法を用いて、YBCO 結晶を配向させたテープ状の線材が作製され市販されている。ところが、テープ状線材では、ホットスポット[1]や層間剥離、[2]テープ線材に対する磁場角度変化による通電性能の変化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。

本研究は、Powder-in-Tube (PIT) 法による銀シース YBCO 丸線材の開発を目的とした。このとき、通電性能向上のために YBCO を配向させるため、銀管内で溶融成長させる方法を用いる。そこで、添加物により YBCO の融点を銀の融点以下に下げる方法を用いるが、熱処理条件の最適化ができていない。そのため、熱処理条件を変えて作製した線材に対して、組織観察によって適切な条件の検討を行った。

2. 実験方法

線材として、Nb₃Sn と Ag₂O を添加した YBCO 丸線材を作製した。YBCO は、Y₂O₃、BaCO₃、CuO を Y、B、Cu の比が 1:2:3 となるように混合した。これを、900℃で4時間、電気炉内、大気中で仮焼きし、その後大気中にて930℃で24時間保持した後、48時間かけて室温まで下げ、YBCO を合成した。融点を低下させるため、作製した YBCO 粉末に、10mol%Nb₃Sn と 10wt%Ag₂O を添加した。これを銀管に詰め、溝ロール圧延機を用いて直径 0.8 mm 程度まで圧延加工した。この線材に対し、以下の熱処理条件で線材を作製した。

・線材 1: Ar 雰囲気において 930℃ x 24 h の後に室温まで炉冷し、次に酸素雰囲気にて 900℃で 24 h 熱処理し炉冷したもの

・線材 2: Ar 雰囲気において 930℃で 4 h 保持し、930℃から 890℃までを 24 h かけて温度を下げ、その

後炉冷したもの

これらの熱処理の後に、線材をエポキシに埋め込み研磨を行った。これらを卓上電子顕微鏡(SEM)を用いて表面観察を行った。

3. 実験結果・考察

図1に線材の光学顕微鏡像を示した。図より、線材1は大きな空隙が存在することがわかった。ここから、十分に銀管内の YBCO が融解したことが考えられる。線材2はまばらな空隙が存在することがわかった。これは、最高温度で4時間しか保持しなかったため、融解のための熱処理時間が足りなかったことが考えられる。

図2に、線材1と2の線材内部のSEM観察画像を示した。この図から、結晶粒の大きさがどちらも小さいことが分かった。これは線材1では結晶成長の時間を設けなかったために成長せず、線材2ではそもそも YBCO が融解せず、結晶成長がほとんど起こらなかったためと考えられる。

4. 結論

10mol%Nb₃Sn+10wt%Ag₂O 添加 YBCO 丸線材を熱処理条件を変えて作製し、その組織観察を行なった。その結果、Ar 雰囲気で十分な時間の熱処理をすることで、YBCO が融解した組織が得られることがわかった。今後、結晶成長を促進する熱処理パターンを探索すると大きな結晶粒を作ることが可能と考えられる。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 JP25K07264 の助成を受けたものである。本研究の一部は、東海大学高度物性評価施設の支援を受け実施したものである。

参考文献

- 1 S. Awaji et al., IEEE Trans. Appl. Supercond., Vol. 22 (2012) 6601004
- 2 T. Takematsu et al., Physica C, Vol. 470 (2010) 674

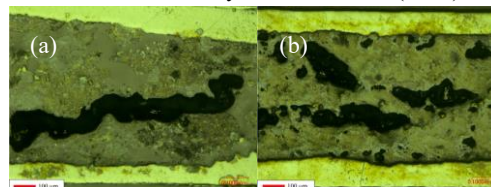


図1 (a)線材1および(b)線材2の光学顕微鏡像

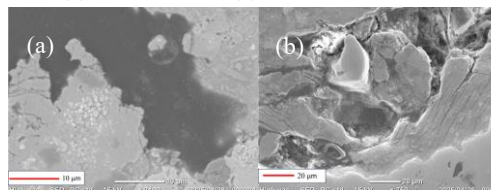


図3 (a)線材1および(b)線材2のSEM観察像

REBCO 線材の磁場中臨界電流のひずみ・磁場角度依存性

*永井颯介（東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻）、大川裕平（東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻）、栗原佑太（東海大）、淡路智（東北大）、**小黑英俊（東海大学工学部電気電子工学科）

1. 背景, 目的

REBa₂Cu₃O_{7-δ}(REBCO, RE は Y または希土類元素)高温超伝導線材は、ひずみを加えることと、線材に印加する磁場の方向を変えることで、超伝導特性が変化するため、ひずみや磁場印加角度と超伝導特性の関係についての研究が進められている。我々のグループでは、磁場印加角度とひずみを変えた時の REBCO 線材の超伝導特性を調べており[1-3]、その結果、ひずみによって REBCO の異方性が変化する可能性があることが分かってきた。そこで本研究では、REBCO の異方性が小さくなる条件を調べるため、磁場、磁場角度、温度を変えた条件で臨界電流測定を行った。ひずみ印加には、曲げひずみ印加ジグを用いており、引張り方向と圧縮方向にひずみを印加し、超伝導特性の違いを比較した。

2. 実験方法

2.1 試料線材のエッチング

測定する線材として、SuperPower 社製の REBCO 薄膜線材を用意した。この線材は 77 K でも大きな臨界電流を持つが、測定中の温度変化を抑えて精密測定を行うため、臨界電流を抑えるためのブリッジを作製した。線材にカプトンテープを貼った後、レーザーカッターを用いてブリッジ形状にテープを切った。ブリッジ部のみカプトンテープを残し、銅を硝酸、銀を過酸化水素水とアンモニア水の混合溶液、超伝導層と中間層をリン酸でそれぞれエッチングした。ブリッジは長さ 1 mm、幅 0.3 mm とした。

2.2 臨界電流測定

試料の臨界電流測定を、真空セル型温度可変電気抵抗測定ホルダーを用いて行なった。曲げひずみ印加時には、ホルダーの測定部にφ25 mm の曲率を持った Ti-6Al-4V 製の曲げジグを取り付け、その上に試料を沿わせるように固定した。サンプルの曲げ方向は、超伝導層を上向きにセットした時が引張り方向、超伝導層を下向きにセットした時が圧縮方向となる。測定は 4 端子法で行い、各端子は低温はんだを用いて固定した。磁場の印加には、0.4 T 回転型水冷マグネット、もしくは 18 T 超伝導マグネットを使用した。回転型マグネットでは試料を固定しマグネットを回転させ、試料に加える磁場印加角度を変化させた。超伝導マグネットでの測定時には、回転プローブによって試料を回転させながら磁場中で測定を行った。測定は、0.4 T 以下で行った。印加する磁場の角度は、テープ面に垂直方向、つまり、REBCO の c 軸に対して平行方向を 0°、テープ面に平行方向であり REBCO の ab 面方向を 90°として、-20°から 120°の範囲で測定した。

3. 実験結果

図 1 に、85 K、0.4 T における、磁場角度 90°の I_c で規格化した I_c の磁場角度依存性のグラフを示した。引

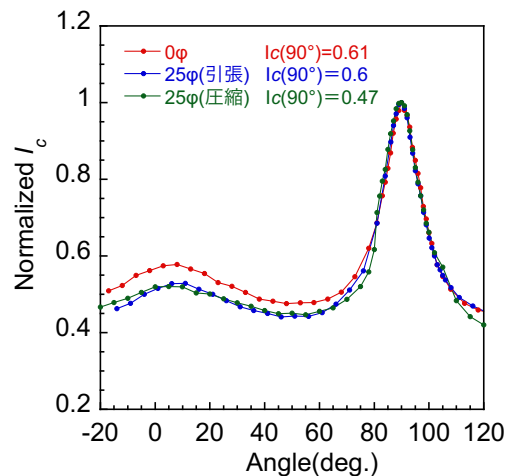


図 1 85 K、0.4 T における規格化 I_c の磁場角度依存性

張り/圧縮どちらの曲げひずみ下においても、 I_c の最大値と最小値の比率が大きくなることがわかった。SuperPower 社製の線材のため、ピンが入っていることから磁場角度 0° 方向の I_c はピークをもつ形で大きくなっているが、0° 方向と 90° 方向の I_c の大きさの比率が大きくなっていることは分かった。当日は温度と磁場条件を変えた結果も報告する。

4. 結論

人工ピン入り REBCO 薄膜線材の曲げひずみ下における I_c の磁場角度依存性に関して測定を行い、引張り/圧縮ひずみによる I_c の最大値と最小値の比率の変化に関して調べた。測定の結果、高温条件もしくは磁場中では全ての角度において、曲げひずみを印加した線材の超伝導特性の低下が確認できた。温度と磁場をそれぞれ変えて測定した結果、引張り/圧縮のどちらのひずみにおいても I_c の最大値と最小値の比率が大きくなることがわかった。この結果より、ひずみによって異方性が大きくなり、高温高磁場条件でその変化が大きくなる事が示唆された。

5. 謝辞

本研究は、東北大学金属材料研究所強磁場超伝導材料研究センターの課題(202312-HMKGE-0036)の一部として行われた。

6. 参考文献

- 1 Y. Kurihara et al., Abstract of CSSJ Conference, Vol. 101 (2021) p.38
- 2 R. Hasegawa et al., Abstract of CSSJ Conference, Vol. 104 (2022) p.146
- 3 K. Ishizuka et al., IEEE Trans. Appl., Supercond., Vol. 32 (2022) 6602304

圧電材料によるメタン生成の温度依存性

*吉田愛奈(東海大学 工学部 応用化学科)、**源馬龍太(東海大学 工学部 応用化学科)

1. 背景および目的

現在、温室効果ガス、特に二酸化炭素による地球温暖化が大きな問題になっている。そこで、再生可能エネルギーによって生成した水素を二酸化炭素と反応させることにより生成したメタンを、炭素循環型の燃料および化学原料として利用することが検討されている。この方法の利点として、二酸化炭素を利用してメタン生成を行うことで、天然ガス由来のメタンを利用した場合よりも実質的な二酸化炭素の排出量を減らすことができることが挙げられる。また、水素を燃料として利用する場合には水素専用の設備が必要となる一方、メタンは都市ガスの主原料であることから利用にあたって大規模な設備の改修を必要としない。

しかし、二酸化炭素と水素からメタンを生成するサバティエ反応では、300～400 °Cの高温とニッケル等の貴金属触媒が必要となる。そのため、より安価な触媒及び 300 °C以下の低温度でも適用可能なメタン生成方法が求められている。

先行研究より、二酸化炭素と水素を BaTiO₃ などの一部の圧電材料と共にボールミリングすることでメタンが生じることがわかっている。¹しかし実際の圧電性とメタン生成能の関連性については未解明な部分が多い。本研究では、反応温度を変えながら二酸化炭素と水素を BaTiO₃ と共にボールミリングし、各温度でのメタン生成量を測定することで、触媒の圧電性とメタン生成能との関連性について調査を行うことを目的とした。

2. 方法

SUS304 製の容器とボール、振動ボールミル装置（日新技研、スーパーミスニ NEV-MA-8）を用いて実験を行った。容器に投入する BaTiO₃ 粉末の重量を変えた 3 種の条件を設定し、試料量はそれぞれ 1.0 g、1.5 g、2.0 g として実験を行った。

まず、容器に直径 10 mm のボール 22 個と BaTiO₃ 粉末（高純度化学研究所、純度 99.9 %）を入れて密閉し、ロータリーポンプにより 100 Pa 程度まで真空排気を行った。次に CO₂ 40 mL と H₂ 40 mL をシリンジで注入した。この時点でガスクロマトグラフィー（GL Sciences, GC 3210）による容器内の気体成分の分析を行い、内部の気体が CO₂ と H₂ であることを確認した。続いて、振動ボールミルを用いて 720 rpm で 8 時間ボールミリングを行った。この際、2 時間ごとに内部の気体を採取してガスクロマトグラフィーによる分析を行い、気体成分の分析を行った。また、実験後の試料について XRD（Rigaku, Miniflex 600, Cu K α ）による相の同定を行った。

試料粉末なしの場合についても同様の実験（ブランクテスト）を行い、ボールミリングによって生じる SUS304 摩耗粉のメタン生成への影響について調査した。

3. 結果および考察

ボールミリングの結果、どの条件でもメタンの生成が確認された。これは、ボールミリングによる衝撃で BaTiO₃ に分極が生じ、そこが活性点となって触媒として働いたためだと考えられる。

また、試料粉末なしの場合でも 0.13～0.15 mL 程度のメタン生成が確認されたが、試料粉末ありの条件と比べて微量であった。試料粉末なしの場合でもメタン生成が生じた原因として、容器とボールの材質である SUS304 に含まれているニッケルが触媒的に働きメタン生成に寄与したことが考えられる。

図 1 に示した XRD 測定結果より、実験後の試料粉末では全体的にピークがブロードになり強度が低下しているが、ピーク位置の変化は見られないことがわかる。ボールミリングに由来する機械的衝撃により結晶性は低下しているが、相変化は起こっていないと考えられる。

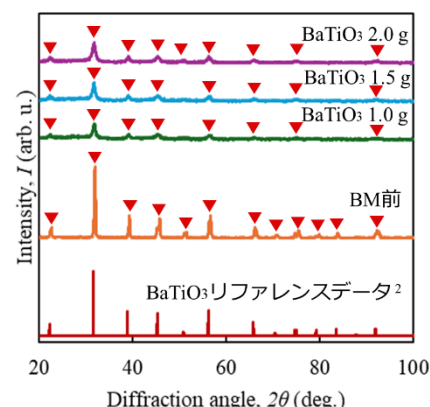


図 1 XRD 測定結果

参考文献

¹ 布瀬小枝, 圧電効果を利用した CO₂ の還元, 東海大学大学院 2024 年度修士論文.

² Buscaglia M.T., Harnagea C., Dapiaggi M., Buscaglia V., Pignolet A., Nanni P., Ferroelectric BaTiO₃ nanowires by a topochemical solid-state reaction, Chem. Mater. (2009) 21, 5058-5065.

SEM 内通電接触による CNT 紡績糸先端の構造変化に関する検討

*後藤 鴻熙(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、平井 洵也(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、

**葛巻 徹(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)

1. 背景, 目的

マイクロ・ナノスケール物質の特異な物性を実験的に評価・計測するためには、特殊なツールが必要とされる^{[1][2]}。本研究室では SEM 内で動作するナノ材料試験システムを開発し、DLC 薄膜単体の力学特性の評価を行ってきた^[3]。本試験システムはマイクロ・ナノスケール物質の変形・破壊現象のその場観察にとどまらず、高温・高圧下などの極限環境下での物質形成と物性評価が可能であるため、本試験システムの展開は新奇な物性・構造を持つ材料の開発へとつながると期待される。

本実験では、SEM 内での通電加熱による破断で先鋭化させた 2 本の CNT 紡績糸を通電接触させるその場実験を行い、CNT の相変態により CNT 紡績糸上にダイヤモンド微粒子が担持された組織の形成を試みた。本稿では実験後陽極の SEM 像および EELS マッピングについて報告する。

2. 方法

CNT 紡績糸を SEM(JEOL, JSM-5600LV)内の材料試験システム(MESTEC, MN-8000XD)に設置した(図 1)。直流安定化電源(KIKUSUI, PAN110-1.5A)を用い CNT 紡績糸を通電破断に至るまで昇圧し、先端が数 μm 程に先鋭化させた。SEM 観察下で先鋭化させた 2 本の CNT 紡績糸間に 30 V を印加し接触させた。実験後の陽極試料を SEM(HITACHI, S-4800 TYPE I)で組織観察、TEM(JEOL, JEM-ARM200F)で EELS 測定を行った。

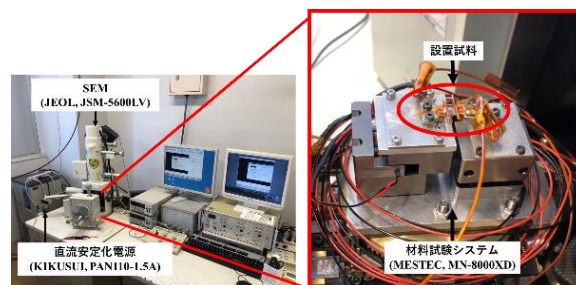


図 1 SEM(JSM-5600LV, JEOL)内の材料試験システム(MESTEC, MN-8000XD)

3. 実験結果

図 2 に実験後陽極の SEM 像、図 3 に実験後陽極粒子における π^* 、 σ^* およびこれらを重複させた EELS マッピングを示す。陽極先端には数 100 nm ほどの粒子状組織が生じ、その陽極粒子には π^* および σ^* ピークが重なっていた。

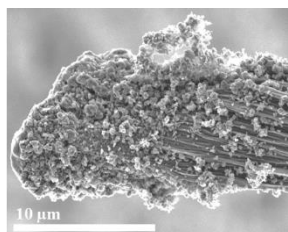


図 2 接触後陽極の SEM 像

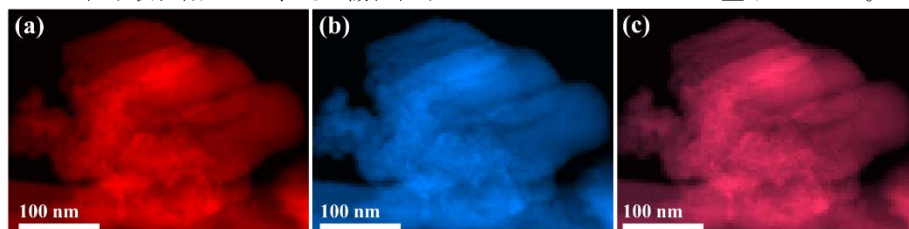


図 3 接触後陽極上粒子の EELS マッピング

4. 考察

(a) π^* マップ、(b) σ^* マップ、 π^* と σ^* の重複マップ

実験後陽極上の粒子には π^* および σ^* ピークが重なっており、ダイヤモンド構造を持つ粒子の存在は確認されなかった。これは接触時の電圧が 30 V ではダイヤモンド合成に必要な圧力、温度条件に達していないためと考えられる。

5. 結論

先鋭化させた 2 本の CNT 紡績糸の印可電圧 30 V での通電接触実験ではダイヤモンドの合成は確認されなかった。発表ではラマンスペクトルと TEM 観察に加え、より高電圧での CNT 紡績糸の通電接触による結果も含めて報告する。

6. 謝辞

本研究で使用した CNT 紡績糸は岡山大学の林靖彦教授およびその研究室の方々にご提供いただきました。また、ラマン測定は AIST の山田貴壽様、TEM-EELS は大阪大学の市川聡教授にご協力頂きました。ここに謝意を表します。

参考文献

- [1] Takashi Sumigawa, SCI. INSTR. NEWS, 61, (2018), 5384-5391
- [2] Takahiro Namazu, Smart Processing for Materials, Envir. & Ener., 9, (2020), 3-8
- [3] Yuuki Obara, et al., The Jpn Inst. of Met. and Mater., 76, (2012), 327-331

界面活性剤添加における SWCNT 膜のフォノン平均自由行程の検討

*張程(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)

1. 背景, 目的

電子機器の目覚ましい進化に伴い、その性能向上は熱管理に対しても新たな要求を突きつけています。本論文では、低熱伝導性を持つ CNT 薄膜に焦点を当て、その特性について研究を行います。

CNT 膜の熱伝導特性において、フォノン平均自由行程 (MFP) は支配的な影響因子である。特に、界面活性剤 SDBS の添加は成膜プロセスにおける CNT 粉末の凝集性を変化させ、結果として膜の物理的特性を変化させる。本研究では、SDBS 添加量を系統的に変化させた CNT 膜試料を作製し、フォノン MFP への影響を詳細に検討する。

2. 方法

CNT:SDBS を 1:0、1:1、1:5、1:10 の 4 種類の比率で調製し、メスシリンダーに 40ml のイオン水を加えた後、それぞれの比率で CNT 粉末と SDBS 粉末を添加し、加熱攪拌を行った。その後、超音波処理で分散させ、最後に真空引きして膜を作成した。熱伝導率は $\kappa = \alpha C \rho$ で求め、フォノン MFP は $\kappa = 1/3 C v_{ave} \Lambda$ で求めた。

3. 実験結果

実験を通じて、フォノン MFP 計算に関連するデータを取得した。図 1 に熱伝導率と SDBS 添加量との関係、図 2 にフォノン MFP と SDBS 添加量の関係を示した。

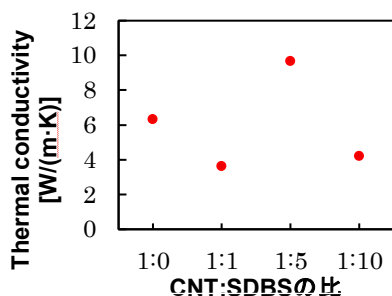


図 1 熱伝導率と SDBS 添加量との関係図

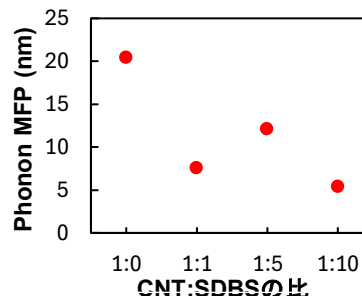


図 2 フォノン MFP と SDBS 添加量との関係図

4. 考察

上記の式に基づいて熱伝導率、フォノン MFP を求めた結果、フォノン MFP は SDBS の添加量が増加するにつれて次第に減少することが分かった。

5. 結論

本実験では、異なる量の SDBS 界面活性剤を添加して調製した CNT 膜について、密度・ヤング率・比熱・原子数・熱拡散率 (ポスターに記載) 熱伝導率、フォノン MFP をそれぞれ測定した。その結果、SDBS 添加量の増加に伴いフォノン MFP が次第に減少する傾向が明らかとなった。この材料は界面活性剤を添加したことで膜の引張強度が向上した。格子熱伝導率は、フォノン MFP の減少により低下することが確認された。次の段階として、異なる分散時間を用いて比較実験を行う予定である。

参考文献

- 1 H. Zhan, Y.W. Chen, Q.Q. Shi, Y. Zhang, R.W. Mo, J.N. Wang, Highly aligned and densified carbon nanotube films with superior thermal conductivity and mechanical strength, Carbon 186 (2022) 205–214
- 2 Hisatoshi Yamamoto Phonon transports in single-walled carbon nanotube films with different structures determined by tensile tests and thermal conductivity measurements, Carbon Trends 17 (2024) 100435

EuBa₂Cu₃O_{7-δ} coated conductor の上部臨界磁場のひずみによる変化

*中村健人(東海大学工学研究科応用理化学専攻)、長谷川凌也(東海大学工学研究科応用理化学専攻)、栗原祐太(東海大学工学研究科応用理化学専攻)、**小黑英俊(東海大学工学部電気電子工学科)

1. 背景, 目的

REBa₂Cu₃O_{7-δ} (REBCO、REはYまたは希土類元素)線材は、磁場中でも超伝導特性が高く、基板のハステロイが機械的に強いいため、線材に巨大な電磁力が加わってしまう強磁場超伝導マグネットへの応用が期待されている。しかし、ひずみを加えることで、超伝導特性が変化することが知られており[1]、応用の際にこの現象が問題になる。また、線材に印加する磁場の方向を変えても、超伝導特性が変化することがよく知られている。この2つの特徴を議論することが超伝導マグネット応用には重要だが、その測定が難しいため、ほとんど調べられていない[2]。これらの問題に対して、本研究では、曲げひずみ下においてREBCO線材の臨界電流の磁場角度依存性評価を行ってきた。その中で、ひずみを印加した際に異方性が変化する可能性があることがわかってきた[3]。

本研究ではREBCO線材の異方性の変化を直接観測することを目的として、上部臨界磁場(B_{c2})を測定してひずみによる異方性変化の傾向と条件を調べた。本発表では、曲げひずみ下において、一定磁場中における超伝導特性を測定した結果を報告する。

2. 実験方法

本研究では、Fujikura社製のREBCO線材を用いた。この線材では、REBCOのc軸がテープ面に垂直方向に揃っている。今回は、c軸方向に人工ピンを入れ磁場に強くした試料(FESC-SCH04)と人工ピンのない試料(FYSC-SCH04)を用いた。

REBCO線材を真空セル型温度可変電気抵抗測定装置にセットし、回転磁場中で電気抵抗の温度依存性を測定した。実験は、温度77 K以上、通電電流100 mA、磁場0.4 T以下、磁場角度は $-10^\circ \leq \theta \leq 120^\circ$ で測定した。磁場角度は、 0° がREBCOのc軸方向、 90° のときにa-b面方向となるように決定した。

電気抵抗測定には4端子法を用い、電圧端子間距離は5 mmとした。測定はひずみフリー(0%)の試料と、0.3%または0.37%の曲げひずみを加えた試料に対して行った。測定後、電気抵抗の温度依存性の結果より臨界温度(T_c)を導出した。常伝導抵抗の部分と直線近似した外挿線と転移部分を直線近似した線との交点をオンセット、転移部分と超伝導となった時の抵抗を直線近似した線との交点をオフセットとして求めた。

3. 実験結果と考察

図1と図2に、FESC-SCH04とFYSC-SCH04それぞれの、ひずみフリーと0.3%の条件での0.4 Tにおける T_c の磁場角度依存性を示した。

その結果から、FESC線材において、ひずみを与える

と T_c は小さくなることがわかった。この傾向はこれまでの結果と一致する[3]。また、FESCの T_c の変化はひずみによって大きくなっていることが分かった。これは、不純物である人工ピンに対して曲げひずみが人工ピンの役割を阻害する影響を与え、 T_c が変化した可能性が考えられる。これに対して、FYSCの変化量はFESCより小さくなっていることがわかった。これは、人工ピンが無いため、ひずみが直接超伝導体に与える影響のみが見えていと考えられる。

4. 結論

希土類系高温超伝導の異方性に与えるひずみの影響を調べるために、曲げひずみ下において一定磁場中における超伝導特性を測定した。その結果から、ひずみを与えると T_c が小さくなることが分かった。

参考文献

- [1] M. Sugano et al., Supercond. Sci. Technol., vol. 23 (2010) 085013
- [2] D. C. van der Laan et al., Supercond. Sci. Technol., Vol. 23 (2010) 072001
- [3] 長谷川凌也、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

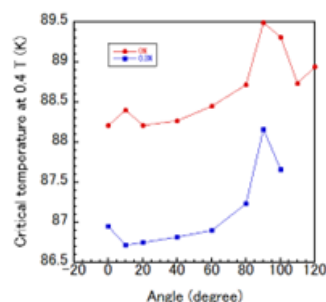


図1 REBCO線材(FESC-SCH04)の各ひずみ状態での0.4 Tにおける臨界温度の磁場角度依存性

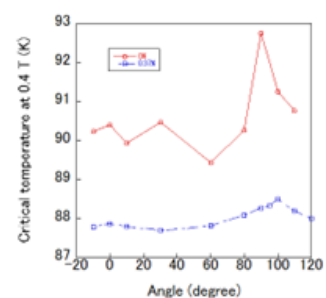


図2 REBCO線材(FYSC-SCH04)の各ひずみ状態での0.4 Tにおける臨界温度の磁場角度依存性

界面活性剤 DODMAC による N 型 SWCNT 膜の膜厚制御と熱電性能評価

* 江口明日夢（東海大学 工学部 応用化学科） ** 高尻雅之（東海大学 工学部 応用化学科）

1. 背景, 目的

IoT の普及により電力供給が課題となる中、熱電変換による環境発電が注目されている。中でも単層カーボンナノチューブ (SWCNT) は軽量・高強度・高導電性を有する有望材料である。先行研究では、SWCNT に高濃度の陽性界面活性剤を添加し、優れた N 型熱電特性と高温耐久性を持つ薄膜が開発された。^[1] 本研究では、溶液の添加量を変化させ、膜厚を変更した上で、熱電特性に与える影響を評価した。

2. 方法

本研究では、単層カーボンナノチューブ (SWCNT) と陽性界面活性剤 DODMAC を用いて、3 種類の SWCNT 自立膜 (BP) を作成し、その熱電性能を評価した。具体的には、SWCNT 粉末 (0.08 g, 0.16 g, 0.28 g) と DODMAC (0.4 g, 0.8 g, 1.4 g) をそれぞれイオン交換水 (40 mL, 80 mL, 140 mL) に混合し、超音波ホモジナイザーで 30 分間分散した。その後、真空濾過法で BP を作製し、150°C で 1 時間アニール処理を行った。作製した BP のゼーベック係数と電気伝導率を測定し、性能評価を行った。

3. 実験結果

溶液比を増やしていくと、パワーファクターは下がっていったが、溶液比に比例しているわけではなかった。また、溶液比を増やすと、粗い膜厚になり、精密な膜厚が図れなかった。そのため、表 1 で示した膜厚は水 40 mL をもとに溶媒比から推測した膜厚の結果で、この膜厚をもとに性能評価を行った。

表 1 溶液比違いの膜厚

	水 40 mL	水 80 mL	水 140 mL
膜厚	87.2 μm	174 μm	305 μm

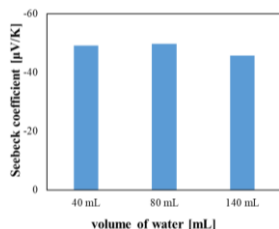


図 1 Evaluation of electrical conductivity in aqueous dispersions with varying scaling conditions.

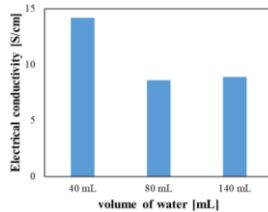


図 2 Evaluation of seebeck coefficient variations in aqueous dispersions with varying scaling conditions.

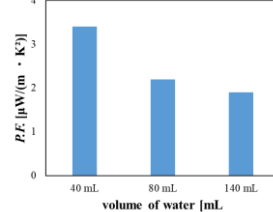


図 3 Evaluation of power factor variations in aqueous dispersions with varying scaling conditions.

4. 考察

水 80 mL と 140 mL は膜の表面が粗く均一でないで、電気伝導率が下がったのではないかと考えられる。また、80 mL と 140 mL の結果に差が生じないのは、140 mL の溶液を作製時に、分散機械の関係で 70 mL の溶液で分散し、2 回に分けたことにより、分散力が 140 mL で作製した膜のほうがよくなったからではないかと考えられる。

5. 結論

溶液比を増やしていくと、パワーファクターは下がっていった。その原因は分散力や膜の状況によって変化すると考えられる。

参考文献

¹ [1] H. Yamamoto et al. Appl. Phys. Lett. 126, 063902 (2025).

黄銅の Bi 含有量がろう付に及ぼす影響

* 齊藤遼 (東海大・学部生)、植松菜々子 (東海大・院生)、青木宗太 (東海大・学部生)、** 宮沢靖幸 (東海大・教授)

1. 背景, 目的

黄銅には鉛(Pb)が含まれていたが、近年になって黄銅が使用されている製品で黄銅中に含まれる鉛が人体に悪影響を及ぼしている事が判明した。現在では鉛に代わる代替元素としてビスマス(Bi)やスズ(Sn)を添加した鉛フリー黄銅が開発された。Bi は Pb と諸特性が近く、Pb 入り快削黄銅と非常に近い優れた切削性を有している¹⁾。

添加元素である Bi がろう付時の界面反応に及ぼす影響は不明である。そこで、本研究では Bi 含有量が界面反応に及ぼす影響に検討を加えた。

2. 実験方法

使用母材の化学組成を Table 1、Table 2 に示した。母材には Sn 含有量 1.0% に対して Bi 含有量 0%、1.0%、・2.0% と変化させた直径 15mm の黄銅と直径 15mm のオーステナイト系ステンレス鋼の SUS304 を使用した。使用ろう材の化学組成を Table 3 に示した。ろう材には箔状 BAg-7 を使用した。フラックスには銀ろう付用フラックスを用いた。

横型電気炉を用いて、雰囲気アルゴンガスでろう付を行った。試験片概略図は Fig1 に示した。ろう付温度は 680℃・740℃、ろう付時間は 5 分とした。

Table1 Chemical Composition.

No.	Sample Name	Compositions (mass%)			
		Cu	Zn	Sn	Bi
2	1.0%Sn-0%Bi	60.58	Bal.	1.0	-
14	1.0%Sn-1.0%Bi	60.23	Bal.	1.0	1.0
12	1.0%Sn-2.0%Bi	60.01	Bal.	1.0	2.0

Table2 Chemical Composition of SUS304.

SUS304	Chemical Composition (mass%)							
	Fe	C	Mn	P	S	Ni	Cr	Si
	72	<0.08	<1.0	0.045	<0.03	8 ~10.5	18 ~20	<1.0

Table3 Chemical Composition of the Filler Metals.

BAg-7	Chemical Composition (mass%)				Temperature (°C)	
	Ag	Cu	Zn	Sn	Solidus	Liquidus
	56	22	17	5	620	650

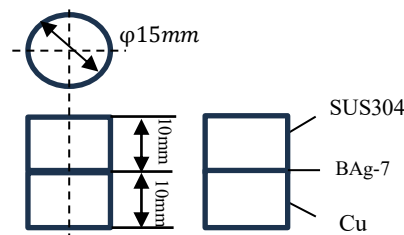


Fig 1 Specimen Schematic

3. 実験結果、考察

Fig 2 に No.2 のろう付後のマイクロ組織を示した。また、他の試験片と比較した結果、Bi 含有量増加に伴い、母材黄銅の結晶粒が粗大化する事が判った。黄銅アルファ相が粗大化し、ベータ相は小さくなった。先行研究よりアルファ相の数密度(単位面積あたりの結晶の個数)の増加が最高硬さに対応している²⁾という関係を持っており、Bi 含有量 2% と比べて 0% の場合、アルファ相の数密度が高いため Bi 含有量の増加に伴い、接合強度を低くしていると考えられる。

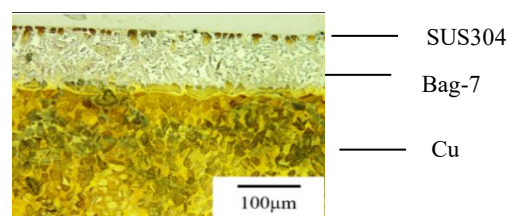


Fig. 2 Microstructure at the No.2 brazed joint at 680°C for 5min.

5. 結論

今回の検討により、以下のことが明らかとなった。

1. Bi 含有量がマイクロ組織に影響を与えた。
2. Bi 含有量の増加に伴い、組織が粗大化した。

参考文献

- ¹ 安藤 啄朗、静 弘生、酒井 克彦、黒瀬 一人、照井 尚徳「Bi 系 Pb レス黄銅の切削加工における Bi が切削機構に及ぼす影響」、銅と銅合金 第 61 巻 1 号 (2022)、224-229.
- ² 土屋 大樹、白川 寛太、李 昇原、池野 進、松田 健二、473K で焼鈍した Mn 添加 60/40Cu-Zn 合金の α 相の TEM 観察、銅と銅合金 第 61 巻 1 号 (2022)、18-22

X線CT解析による水素導入チタンワイヤの内部欠陥解析評価

*酢谷 拓翔(東海大工)、佐々木 孝生(東海大工)、原田 亮(東海大工、東海大総科研)、**内田 ヘルムート貴大(東海大院工、東海大総科研)

1. 背景および目的

水素エネルギーはカーボンニュートラル社会を実現するために重要なエネルギーである。チタンおよびチタン合金は、その高強度、低比重、および優れた耐腐食性により、水素エネルギー関連機器や貯蔵システムをはじめとするさまざまな分野での活用が期待されている。

しかし、チタン材料に水素が吸蔵されると、水素脆化(Hydrogen Embrittlement, HE)現象が生じることが知られている。特に、水素を導入した後に機械的負荷を加えることで、材料内部に空孔やマイクロボイドが発生し、延性および強度が著しく低下することが報告されており、ボイド発生 の直接観察事例も先行研究で報告されている¹⁾。水素脆化のメカニズムとしては、固溶水素による転位の移動促進や、水素化物相の析出に伴う体積膨張と格子歪みによる亀裂発生などが提案されている。また、水素原子が内部欠陥や粒界に集積し、分子状水素(H₂)として再結合することで内部圧力が上昇し、き裂進展を引き起こすことも知られている。内部欠陥の存在は材料の破壊の原因となり、潜在的に危険な性質を持つ水素エネルギーを安全に利活用していく上で、内部欠陥の発生・成長メカニズムを理解することが極めて重要である。

本研究では、水素導入したTiワイヤと水素未導入のTiワイヤに対して引張試験を行った。その後、試料をX線CTスキャンによる解析を行い、内部欠陥の三次元的な評価を行うことを目的とする。

2. 方法

試料はφ1mmのTiワイヤ(TB340、株式会社オーファ製)の1000mm長のものから全長約200mmの寸法で切り出した。水素導入を行っていないTiワイヤ(As-Prepared)をSample1およびSample2、水素導入を行ったTiワイヤをSample3およびSample4とする。

水素導入には電気化学的水素導入法を用いた。陰極には切り出した試料、陽極にはPtワイヤ、参照電極にはAg/AgCl(sat.)を使用した²⁾。電解溶液として、H₃PO₄aq.(85wt.%)とGlycerin aq.(85wt.%)を1:2の体積比で混合したものを用い、事前に純度99.9995at.%のArガスを用いて2時間以上のバブリング処理により脱気を行った²⁾。

引張試験にはSHIMADZU社製島津製作所製材料試験機AG-X plus 100kNを用い、最大試験力および伸びの値を測定した。試験速度は1.0mm/min.で実施した。

内部欠陥の解析には、株式会社ニコン製X線CT装置XTH225を用いてX線CTスキャンを行った。また、欠陥解析にはVG studioMAX 3.1のボイド解析機能を用いた。

3. 実験結果

引張試験では全てのサンプルにおいて試験機のチャック部での割れが発生した。各サンプルをX線CTスキャンによる解析を行った結果をFig.1に示す。ボイド解析機能により、内部に空孔が存在する場合はその体積の大きさに応じて着色されて表示される仕様となっている。しかしながら、先行研究¹⁾にて報告されていたような顕著な内部空孔はいずれの試料においても確認されなかった。

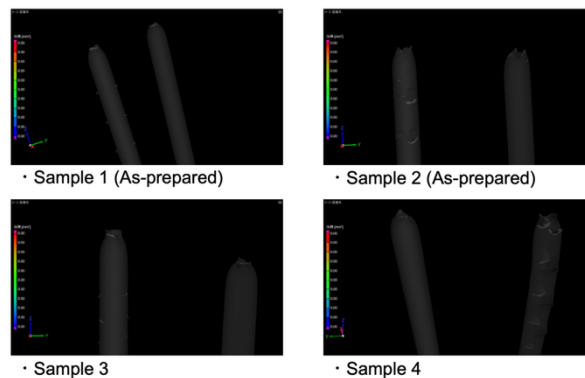


Fig.1 X線CT 内部欠陥解析結果

4. 考察

前章で述べたように、先行研究¹⁾にて報告されていたような内部欠陥は確認されなかった。内部欠陥が確認されなかった理由として、以下の要因が考えられる。

第一に、本研究における破断位置の問題が挙げられる。試料中央部での破断ではなく、チャック部での破断が生じたため、水素の影響を最も受ける破断面直下における内部組織での比較が実現できなかったことが挙げられる。第二に、試験条件の相違が影響した可能性がある。本研究の試験速度1.0mm/min.は、先行研究¹⁾の10mm/min.と比較すると、Tiワイヤの直径の違いを考慮しても相対的に低い。変形速度が遅い場合、水素原子が応力集中部へ拡散する時間が十分に確保されるため、局所的な水素濃化が抑制された可能性がある。逆に、高速変形では、転位の移動速度と水素拡散の競合により、水素が転位とともに移動し、特定の領域で濃化しやすくなる。このようなひずみ速度の違いが、水素拡散と転位運動の競合関係に影響を与え、内部空孔の形成挙動を変化させたと考えられる。

今後は、破断位置を制御した試験方法および異なるひずみ速度条件での系統的評価が必要である。

5. 結論

本研究では水素導入したTiワイヤと水素未導入のTiワイヤを用いて、引張試験後の内部欠陥の評価を行った。X線CTスキャンによる内部欠陥解析の結果、先行研究で報告されていたような顕著な内部欠陥は観察されなかった。これは、チャック部での破断による測定位置の問題、および低ひずみ速度条件下での水素拡散挙動の違いが要因と考えられる。本研究の結果から、引張試験時の破断場所および試験条件の違い、ならびに内部空孔発生にはひずみ速度依存性が存在する可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 佐々木 孝生, 東海大学工学部 卒業論文,(2018).
- 2) R.Kirchheim, *Prog. Mater. Sci.*,**32**,(1988),261-325.

電気化学的手法による純ニオブの表面酸化状態と水素吸蔵特性の定量評価

*片山 翔太(東海大工)、小倉 博人(東海大院工)、笹島 泰樹(東海大院工)、**内田 ヘルムート貴大(東海大工)

1. 背景, 目的

現在、水素燃料電池自動車の固体高分子型燃料電池(PEFC)では、製造水素に含まれる不純物により性能が低下する課題がある。車載用高純度化技術として金属製水素透過膜が用いられており[1]、現在はパラジウム(Pd)合金膜が主流である[2]。しかし、Pd は貴金属でありコスト面で課題があるため、本研究では代替材料として注目されるニオブ(Nb)に着目した。Nb は理論最大水素透過度が実用金属で最も高い値を示すが、表面が容易に酸化して水素透過度が大幅に低下する問題により実用化に至っていない[3]。以上より、本研究ではNbにおける異なる水素濃度条件下での電気化学的挙動および表面酸化状態の評価を目的とする。

2. 方法

試料は純度 99.9 at.% の Nb 板(ニラコ社製)を 0.050 mm 厚、15 mm × 15 mm に切り出した。表面状態および酸化状態の観察には SEM-EDS(JEOL 社製、NeoScope JCM-6000Plus)を用いた。電気化学的手法による水素導入実験では、リン酸(85 wt.% aq.、和光純薬社製)とグリセリン(99.5 wt.% aq.、和光純薬社製)の体積比 1:2 混合溶液を使用し、99.9995 at.% アルゴンガスで 2 時間以上脱気した。参照電極は Ag/AgCl(sat.)電極(東亜 DKK 社製、HS-205C)、対向電極は Pt ワイヤ(0.2 mm、純度 99.95 at.%、ニラコ社製)を用いた。室温条件下で定電流を印加し、平衡電位到達時の電位 U [V] を測定した。

導入された水素濃度 c_H [H/Nb] は、水素の物質質量 n_H [mol] と溶液浸漬部の Nb 物質質量 n_M [mol] より、式(1)で算出した[4]。

$$c_H = \frac{n_H}{n_M} = \frac{I \times t}{F \times n_{Nb}} \quad (1)$$

ここで、 I [A] は印加電流値、 t [s] は印加時間、 F はファラデー定数であり、 $F = 96500$ C/mol を用いた。

3. 実験結果

水素導入実験前後の試料表面を Fig. 1 に示す。実験前は平滑な表面であったが、実験後は黒色斑点(酸化物)が多数観察され、電気化学処理により表面酸化が進行したことが示唆された。また、Fig. 2 に各平衡水素濃度 c_H [H/Nb] に対して得た EMF 平衡ポテンシャル U [V] の関係を示す。低濃度域($c_H < 0.5$ H/Nb 程度)では U は緩やかな増加を示し、高濃度域で急激に上昇する傾向が見られた。以上より、この挙動は Nb-H 系の相変態または水素固溶度の変化を反映していると判断されるが、表面酸化の影響も無視できない。

4. 考察

使用したリン酸-グリセリン混合水溶液の pH は 3 であった。Ag/AgCl(sat.)参照電極で得られた電位は、0.197 V を加算することで標準水素電極(SHE)基準に換算され

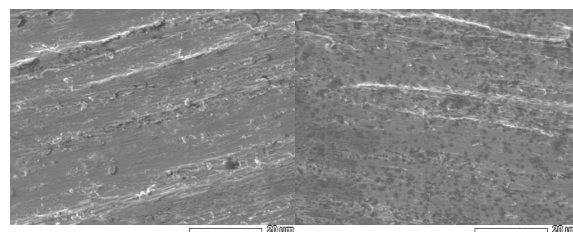


Fig. 1 水素導入実験前後の Nb 試料の電子顕微鏡による表面撮像写真 (x 1500, SED); (左)実験前,(右)実験後

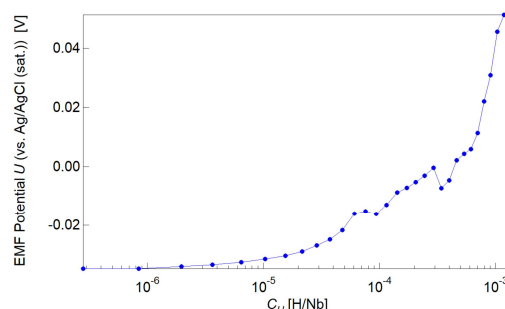


Fig. 2 EMF 平衡ポテンシャルの水素濃度依存性

る。Nb のピーパーダイアグラム[5]によれば、pH 3、電位 0.2 V 付近は五酸化ニオブ(Nb_2O_5)等の酸化物安定領域に属する[5]。実際、実験後の Nb 試料表面には酸化箇所(黒色斑点)が SEM 観察で確認された(Fig. 1 右)。これらの結果から、Nb 表面では酸化溶解または不動態酸化膜の形成が進行したと考えられる。さらに、Fig. 2 に示す EMF ポテンシャルの水素濃度依存性は、Nb-H 系の熱力学的挙動を反映しており、水素固溶に伴う電位変化が観測された。ただし、表面酸化の進行により、真の平衡状態からの偏差が生じている可能性がある。

5. 結論

電気化学的手法により純 Nb への水素導入を行い、水素濃度と EMF ポテンシャルの関係を定量評価した。実験後の試料表面には Nb_2O_5 系酸化物の形成が確認され、pH 3 の溶液環境下で水素導入と共に Nb 表面の酸化が進行することが明らかとなった。今後は、表面酸化抑制手法の検討が必要であり、Pd 等で被覆した試料について探索を行い比較する予定である。

参考文献

- 1 佐藤 剛一, まてりあ, **50**, (2011), 11-18.
- 2 B. Sharma and J. Kim, *Int. J. Hydrogen Energy*, **42**, (2017), 25446-25452.
- 3 内田 ヘルムート 貴大, 『超高真空熱処理した Nb における水素透過特性』, 東北大学修士論文(2002).
- 4 R. Kirchheim, *Prog. Mater. Sci.*, **32**, (1988), 261-325.
- 5 Richard E. Ricker, "Thermodynamic Evaluation of the Propensity of Niobium to Absorb Hydrogen During Fabrication of Superconducting Radio Frequency Accelerator Cavities", NIST, (2009), 3-6.

オーステナイト系 SUS304 ワイヤーの剛性率に及ぼす水素導入処理の非破壊評価

*ZENG YUCHENG (東海大院工)、**内田 ヘルムート貴大(東海大院工)

1. 背景および目的

水素エネルギーの社会実装に向けて、配管材料や貯蔵材料における水素脆化に起因する機械特性低下の把握が重要課題である。オーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 は優れた耐食性を有する一方で、水素導入条件や表面状態によっては弾性特性の劣化が生じることが知られている。従来の研究では引張試験や曲げ試験を主体とした評価が多く、ねじり剛性率 (G) に関する非破壊かつ高再現性の評価手法は十分に確立されていない。本研究では、異なる濃度の硫酸溶液 (0.98, 2.45, 4.9 wt.% H_2SO_4) を用いた電解水素導入処理が SUS304 ワイヤーの剛性率に及ぼす影響を、ねじり振動計測と表面分析手法を統合することにより、濃度依存性と表面支配的な劣化機構の観点から明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

本研究では、SUS304 ワイヤーの剛性率に及ぼす水素導入の影響を非破壊的に評価するため、ねじり共振計測システムを構築した(Fig.A)。試料には直径 0.55 mm、長さ 600 mm の SUS304 ワイヤーを用い、As prepared 材と機械研磨材 (#400, #800, #1200 の順に研磨) を準備した。水素導入処理は、3 種類の濃度の硫酸水溶液 (0.98, 2.45, 4.9 wt.% H_2SO_4) 中で電解処理により実施した。電解条件は、陰極に SUS304 ワイヤー試料、陽極に白金板 (面積 9 cm²) を用い、電流密度 0.2 mA/cm²、室温で 2 時間印加とした。処理後の試料はアセトン中で超音波洗浄し、純水で洗浄後、窒素ガスにより乾燥させた。剛性率の測定では、ワイヤー下端に環状慣性体を異なる状態で装着したそれぞれの状況での自由振動を励起し、固有周期 T_1 および T_2 を取得した (各条件で 90 回の平均値を使用)。これらのデータから慣性増分法に基づいてねじり剛性率 G を以下の式(1)で算出した[1]。

$$G = \frac{8\pi l(I_1 - I_2)}{a^4(T_1^2 - T_2^2)} \quad (1)$$

ここで G はねじり剛性率、 l および a はそれぞれワイヤーの長さおよび半径、 I_1, I_2 は異なる 2 つの環状慣性体装着状態での慣性モーメント、 T_1, T_2 は各状態で計測された固有周期である。

さらに、表面および内部の状態を把握するため、走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察とエネルギー分散型 X 線分光法 (EDS) による面分析、X 線光電子分光法 (XPS) による表面元素状態の評価を実施した。また、X 線 CT によりワイヤーの体積、直径変化および内部欠陥の有無を確認した。

3. 結果および考察

本計測システムにより得られた剛性率 G は、As prepared 状態から機械研磨、さらに水素導入処理 (0.98, 2.45, 4.9 wt.%) の順に段階的に低下する傾向を示した。特に 4.9 wt.% 条件では、初期値に対して約 15% の低下 ($\Delta G/G_0 \approx 15\%$) が観測された(Fig.B)。この剛性率低下の要因を明らかにするため、まず幾何学的要因について検討した。試料の質量変化から推定されるワイヤー半径の減少は 0.5% 以下であり、これは G の低下に $\leq 2\%$ のみ寄与する。よって、断面積の変化のみでは観測された剛性率の大幅な低下(15%)を説明することは困難である。

次に、内部欠陥の影響を評価するため X 線 CT による観察を行ったが、検出限界以上の内部欠陥やボイドは認められなかった。一方、SEM 観察の結果、硫酸濃度の増加に伴い表面のピットが拡大・連結する様子が確認され、さらに 4.9 wt.% 条件では粒界に沿ったマイクロクラックの形成が示唆された。XPS および EDS による表面元素分析では、水素導入処理後の試料表面において鉄 (Fe) およびニッケル (Ni) の減少が確認された。これは、電解処理中の表面溶解や不動態皮膜の変質を示唆しているとともに、その反応によっても水素が導入されている可能性を示唆する。

以上の結果から、剛性率の低下には質量減少に起因する断面積変化の寄与は小さく、主として表面における微細損傷の蓄積と水素の侵入に伴う材料特性の局所的な劣化が支配的であると結論づけられる。特に、表面近傍の結晶構造の乱れや粒界の脆化が、ねじり変形時のせん断応力に対する抵抗を低下させたと考えられる。本研究で構築したねじり共振計測法は、水素導入による材料劣化を非破壊的かつ定量的に評価できる有効な手法であることが実証された。

4. 結論

電解水素導入により SUS304 ワイヤーの剛性率は最大 15% 低下し、その主要因は水素導入および表面劣化であることが示された。また、本手法は非破壊的な剛性率の定量評価として有効であることが示された。

参考文献

[1] Helmut Takahiro Uchida, "Evaluations of the Elastic Properties of Pd Using Coherent Phase Transition with Hydrogen", 18th International Symposium on Metal-Hydrogen Systems (MH2024), Saint-Malo, France, May 26-31, 2024.

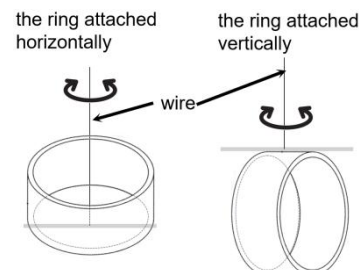


Fig.A ねじり振動計測装置の模式図(左: 水平方向装着、右: 鉛直方向装着) ([1]より図を引用)

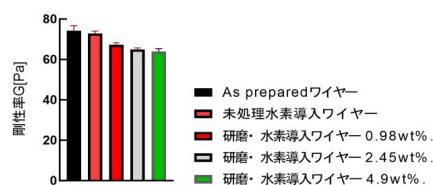


Fig.B 各処理条件における剛性率の変化

ポリアミド6とガラス短繊維の複合材料 (PA6-SGF) とステンレス鋼板の接着における電子線照射処理が及ぼす影響

*小平 苑子(東海大院工)、**内田 ヘルムート貴大(東海大院工)、佐川 耕平(東海大院工)、木村 英樹(東海大院工)、西 義武(東海大名誉教授、KISTEC)

1. 背景および目的

高分子材料と金属の接着は、自動車、航空宇宙、建設、医療など幅広い分野で重要な役割を担っている[1]。従来の接着剤による接合は、熱安定性や耐水性、耐湿性に課題があり[2]、長期信頼性の確保が困難である。特に航空宇宙分野では、繊維強化複合材料が複雑な機械的負荷や高温環境、化学的暴露にさらされるため、信頼性と耐久性の確保が重要課題である[3]。このため、PA6-SGF とステンレス鋼を接合する技術は、軽量性と高強度を両立した新たな航空機部品の開発につながると期待される。さらに、ポリエチレンとオーステナイト系ステンレス鋼の接着において、低エネルギー電子線照射 (HLEBI) により接着力が向上することが報告されている[4]。本研究では、PA6-SGF 複合材料とステンレス鋼板との接着における電子線照射処理の効果を検討し、接着力の評価を目的とした。

2. 方法

PA6-SGF 複合材料を用いて、寸法 20 mm × 20 mm × 2 mm の試料を 3D プリンタにより作製した。得られた試料両面に照射線量 14 kGy、28 kGy、43 kGy、129 kGy、215 kGy の電子線照射処理を施した。処理後は試料をステンレス鋼板(SUS310S)で挟み込み、ホットプレス機により 225 °C、2 MPa、1 s の条件で加圧熱接着を行った。接着後は得られた試料に対して T 型はく離試験を実施し、接着強度を評価した。

3. 実験結果

接着した PA6-SGF 複合材料とステンレス鋼板の T 型はく離試験結果を Fig. 1 に示す。未照射試料の接着力平均値は 17.7 N であった。照射線量の増加に伴い接着力は向上し、14 kGy の微量照射では 18.9 N の微増で、28 kGy 照射で 22.8 N の明確な増大、43 kGy 照射で 25.7 N まで到達し、129 kGy で 27.7 N、215 kGy 照射で 28.5 N まで再現性良く到達し、未照射試料と比較すると、照射線量 215 kGy の試料の接着力は約 1.6 倍に増加した。

4. 考察

電子線照射処理を施すことで PA6-SGF 複合材料とステンレス鋼板との接着力が向上することが確認された。未照射試料の接着力は 17.7 N であったのに対し、照射線量の増加に伴って接着力は高まり、215 kGy の照射試料では約 1.6 倍となる 28.5 N を示した。この結果は、電子線照射が界面を活性化し、ステンレスの不動態膜の酸素と PA6-SGF の炭素の結合状態を変化させることで、接着力を高めることを示唆している。先行研究では、PLA に電子線照射処理を施すことにより表面の濡れ性が向上し、表面エネルギーが増大することが報告されて

いる[5]。PA6-SGF においても同様の効果が働くことが期待できる。表面の濡れ性が改善されることで、樹脂がステンレス表面に均一に広がりやすくなり、界面の密着性が向上する。これにより、接触面積の増加が促進され、剥離時に界面全体で応力集中を分散できるようになるため、結果的に高い接着強度を示したと考えられる。

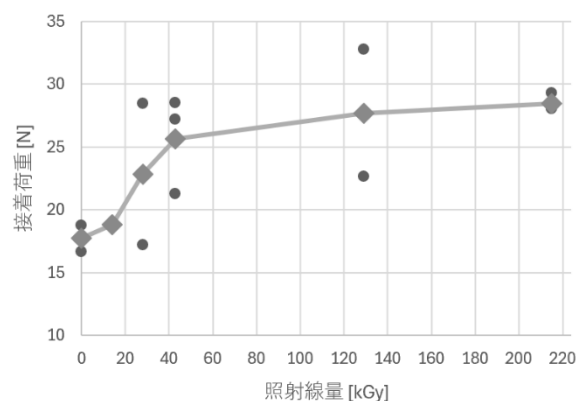


Fig. 1 PA6-SGF 複合材料とステンレス鋼板における電子線照射線量と接着荷重の関係。平均値は実線で示す。

5. 結論

本研究では、PA6-SGF 複合材料とステンレス鋼板との加圧熱接着における電子線照射処理の効果を検討し、T 型はく離試験により接着力を評価した。未照射試料の接着力が 17.7 N であったのに対し、電子線照射処理を施した試料では照射線量の増加に伴って接着力が向上し、215 kGy の照射条件において 28.5 N を示し、未照射試料の約 1.6 倍に達した。以上の結果から、電子線照射処理は PA6-SGF 複合材料とステンレス鋼板の接着力を効果的に向上させる手法であることが明らかとなった。

参考文献

- 1 杉本幸弘, 溶接学会誌, **87**, (2018), 66-70.
- 2 柳原榮一, マテリアルライフ学会誌, **17**, (2005), 85-88.
- 3 A. K. Hamzat, Md S. Murad, I. A. Adediran, E. Asmatulu, R. Asmatulu, *Adv. Comp. Hybrid Mater.*, **8**, (2025), 1-57.
- 4 C. Kubo, M. Kanda, O. Lame, J.-Y. Cavaille, Y. Nishi, *Mater. Trans.*, **57**, (2016), 373-378.
- 5 I.V. Pukhova, K.P. Savkin, O.A. Laput, D.N. Lytkina, V.V. Botvin, A.V. Medovnik, I.A. Kurzina, *Appl. Surf. Sci.*, **422**, (2017), 856-862.

放熱素子形成に向けた垂直配向カーボンナノチューブ薄膜の膜厚制御と表面処理

★影島 誠(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、池谷 太智(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻、
 **葛巻 徹(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)

1. 目的

電子デバイスの高性能化・小型化に伴い、半導体素子から発生する熱の制御は重要な課題となっている。現在では発熱部にグラファイトシートなどの高熱伝導材料が用いられているが^[1]、面に垂直な方向に対しての放熱性が小さいことなどの課題がある^{[1][2]}。我々は熱伝導性に優れた窒化アルミニウム(AIN)を基板とし、垂直配向させたカーボンナノチューブ(CNT)を合成することで垂直方向の放熱性に優れた熱界面材料(TIM)を形成できると考えた。そこで本研究ではTIMの基礎的検討及び3 ω 法での熱伝導測定に向けたCNT膜の前処理方法の検討として、AINを基板とする熱化学気相堆積(CVD)法を用いて、鉄(Fe)触媒膜厚とCNT膜の関係と、プラズマエッチングによるCNT膜表面の平均化処理について検討した。

2. 実験方法・評価方法

2-1. 試料作製

10×10 mmのAIN基板(FAN-170, Furukawadenshi)をセミコクリーン・蒸留水の順に超音波洗浄機で用いて洗浄を行い、乾燥させた。その後DCマグネトロンスパッタ装置(SC-701HMCII-LV, SANYUELECTRON)を用いて基板上にFe触媒膜を1~50nmそれぞれ形成させた。また各条件につき1枚ずつカプトンテープで非成膜部を作製した試料も用意した。その後、熱CVD(P610, ULVAC SINKU RIKO)装置を用いて触媒を形成した基板をアルゴン水素(Ar+9.9% H_2)中で触媒活性を750℃で10min行い、アルゴンアセチレンガス(Ar+4.0% C_2H_2)を用い750℃で10min加熱をしてCNT膜の合成を行った。

2-2. CNT膜厚の測定

CNT膜厚の評価は合成後の基板を破断させ、その断面について走査型電子顕微鏡(SEM, JSM-6060, JEOL)により行った。またCNTの膜厚測定は2枚の試験片に対しそれぞれ5か所膜厚を測定し平均膜厚と標準偏差を求めた。

3. 実験結果

3.1 各触媒膜厚条件におけるCNT膜厚の平均と標準偏差

各実験条件から得られた各触媒条件でのCNT膜厚とその関係を図1, 2に示した。これらの実験結果から、Fe触媒膜厚が薄くなるほど、CNTが膜厚になることが確認できた。このような結果となった理由は以下のように考察される。熱CVD法でのCNT合成では、触媒活性や合成の際の加熱により触媒粒子の凝集が促進されることが前年度までの研究で確認されている。そのため、触媒膜厚が厚いほど凝集が起こりやすくなり、それにより触媒粒子の密度が低下しグラファイトが触媒粒子を覆うように形成されたことで、CNTが垂直方向に成長できなかつたと考えられる。TIMとして理想的な10~20nmの膜厚^[3]を得るには、20~40nmのFe触媒膜厚でのCNT合成が適切であると考えられる。

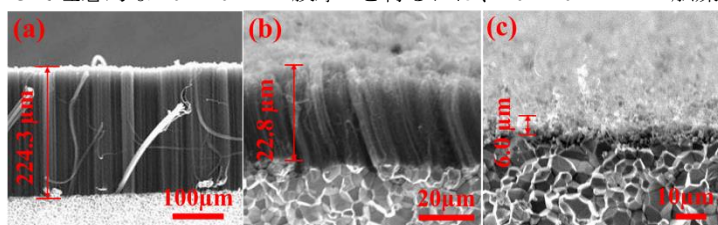


図1 各触媒条件で合成したCNT膜厚の断面SEM写真
 (a) 1nm, (b) 20 nm, (c) 50 nm

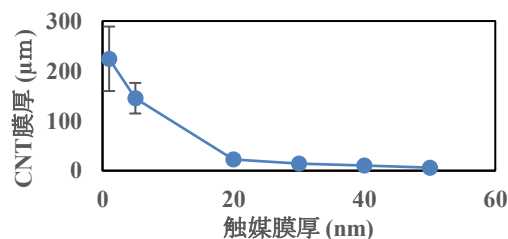


図2 各触媒条件でのCNT膜厚の関係

5. 結論

本研究では、AIN基板に垂直配向CNT膜を合成した際のCNT膜厚の観察を行った。Fe触媒膜厚が薄くなるほどCNT膜が厚くなることが確認された。これは触媒粒子の凝集が原因であると考えられる。本実験の結果から、TIMとして理想的な10~20nmの膜厚を得るには、20~40nmのFe触媒膜厚でのCNT合成が適切であると考えられる。発表では、光干渉顕微鏡(BW)を用いたプラズマエッチング処理前後のCNT薄膜表面粗さ測定の結果も報告する。

参考文献

- [1] Masako Hinatsu, Development of Novel Heat Dissipation Materials Applying to Semiconductor Packages, Journal of the Institute of Electronics Packaging 17 P.P175-177 (2014)
- [2] Atsushi Tatami, The Preparation of High Thermal Conductive Multilayer Graphene Films, The Society of Applied Physics 75 P.P19(2014)
- [3] Linquan Ping, Vertically aligned carbon nanotube arrays as a thermal interface material, APL Materials 7 P.P020902(2019)

工業用オイルフィルターの評価

*小坂部将吾(東海大学 工学部 機械工学科)、大畑陽平(東海大学 大学院工学研究科 応用理化学専攻)

**宮沢靖幸(東海大学 工学部 機械工学科 教授)

1. 背景, 目的

近年、機械工業や輸送機器分野では、エネルギー効率向上や環境負荷低減のために構造材料の軽量化が求められている。軽く強く、加工性や耐食性に優れたアルミニウムやその合金は有望な材料である。特に耐食性は、表面に形成される緻密な酸化皮膜によって内部が保護されることに起因する。

一方、ステンレス鋼は Cr や Ni を含むことで不動態皮膜を形成し、耐食性を高めた合金鋼である。特にオーステナイト系ステンレス鋼は、Mo や Ni、Si の添加によって耐孔食性や耐応力腐食性を改善した種類も存在する。安定オーステナイト系に分類される SUS316 や SUS310S は加工誘起変態を起こさない。

これらの材料はオイルフィルターにも用いられているが、現場では交換やメンテナンス不足により、フィルターが使えなくなるほどの腐食が発生する場合がある。しかし、アルミニウム合金やステンレス鋼は耐食性が高いため、切削油環境下での腐食研究は少ない。

そこで、本研究では、切削油中でのオイルフィルターの腐食挙動を評価し、腐食の進行部位や物理的損傷の有無を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

材料 2 の化学成分は不明なため一部を切り出し、樹脂埋めを行い、鏡面研磨を行った後、EPMA を用いて分析を行った。研磨は、エメリー紙 800、1200、1500 まで研磨後、ダイヤモンドスラリー #9、#3、#1 で鏡面研磨を行った。材料の観察は上部が 20mm、75mm、130mm の部分を切り出した。切り出した 3 つのオイルフィルターを樹脂埋めを行った。その後、鏡面研磨を行い、断面を光学顕微鏡で観察した。図 1 にオイルフィルター断面図を示し、図 2 にオイルフィルター側面の拡大図を示す。

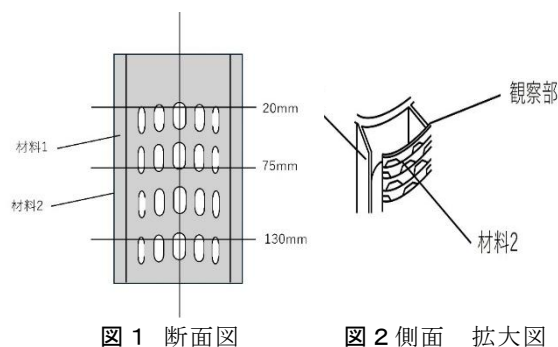


図 1 断面図

図 2 側面 拡大図

3. 実験結果

材料 2 の EPMA の分析結果を表 1 に示し、切り出した 3 つオイルフィルターの観察部を図 3～図 5 に示す。

表 1 材料 2 の化学成分

種類	化学成分(mass%)					
	Fe	Cr	Ni	Mn	Si	C
材料2	残部	19.85	9.35	1.37	0.50	-
SUS304	残部	18.00~20.00	8.00~11.00	≤2.00	≤1.00	≤0.08



図 3 20mm 部分

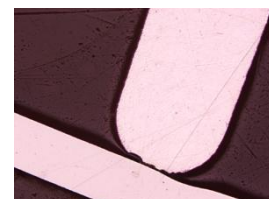


図 4 75mm 部分

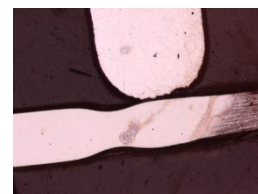


図 5 130mm 部分

4. 考察

材料 2 の EPMA 結果から SUS304 の化学組成と近い元素が検出された。そのため、今回の材料 2 は SUS304 だと考えられる。また、切り出した 3 つのオイルフィルターを観察した結果、機械的な欠陥が見られなかった。このことから、オイルフィルターの腐食が進行が始まる原因は材料の物理的な結果ではないと考察できる。

5. 結論

評価を行った結果、以下のことがわかった。

- ・使用されている材料 2 が SUS304 だと考えられる。
- ・オイルフィルターの腐食が進行が始まる原因は材料の物理的な損傷ではない。

6. 参考文献

- 大谷良行, 児島洋一: アルミニウムならびにアルミニウム合金「材料」(2014), 746-753
- 星野和夫: ステンレス鋼の高性能化「まてりあ」(1995), 第 34 巻, 第 3 号

SEM・ナノマニピュレータを用いた CNT 紡績系の通電加熱と引張試験

*平井洵也 (東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、後藤鴻熙 (東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)

**葛巻徹 (東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)

1. 背景, 目的

マイクロ・ナノスケール物質の特異な物性を実験的に評価・計測するためには、特殊なツールが必要とされる^{[1][2]}。本実験室では SEM 内で動作するナノマニピュレータを開発し、DLC 薄膜単体の力学特性の評価を行ってきた^[3]。本試験システムはマイクロ・ナノスケール物質の変形・破壊現象のその場観察にとどまらず、高温・高圧下などの極限環境下での物質変形と物性評価が可能であるため、本試験システムの展開は新奇な物性・構造を持つ材料の開発へとつながることが期待される。

本実験では CNT 紡績系の引張強度の向上を目的に、鉄薄膜を成膜した CNT 紡績系の SEM 内での通電加熱により CNT 紡績系上に鉄炭化物の形成を試みた。本稿では、SEM 観察による実験後の CNT 紡績系の組織について報告する。

2. 方法

DC マグネトロンスパッタリング装置(SANYU ELECTRON, Quick Coater-701HMC)を用いて、CNT 紡績系の表面に膜厚 30 nm の鉄薄膜を成膜した。鉄薄膜を成膜した CNT 紡績系を図 1 に示した SEM(JEOL, JSM-6060)内のナノマニピュレータ(MESTEC, MN-8000XD)に設置した。直流安定化電源(KIKUSUI, PAN110-1.5A)を用い、SEM 観察下で CNT 紡績系の通電加熱を行った。通電加熱は 10 分間、40 mA で行った。その後、SEM(JEOL, JSM-7100F)を用いて鉄未成膜・未通电の試料および実験後試料の組織観察を行った。

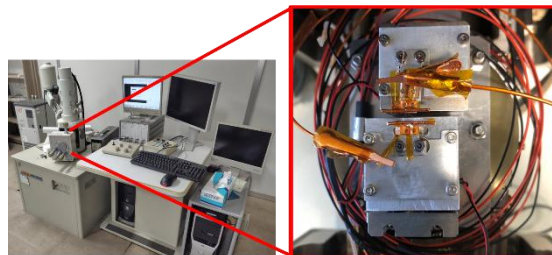


図 1 SEM(JEOL, JSM-6060)内のナノマニピュレータ(MESTEC, MN-8000XD)

3. 実験結果

図 2 に鉄未成膜・未通电の CNT 紡績系と電流値 40 mA で通電加熱した試料の SEM 像をそれぞれ示す。40 mA で通電加熱した CNT 紡績系上には粒子状の組織が確認された(図 2(b), (c))。

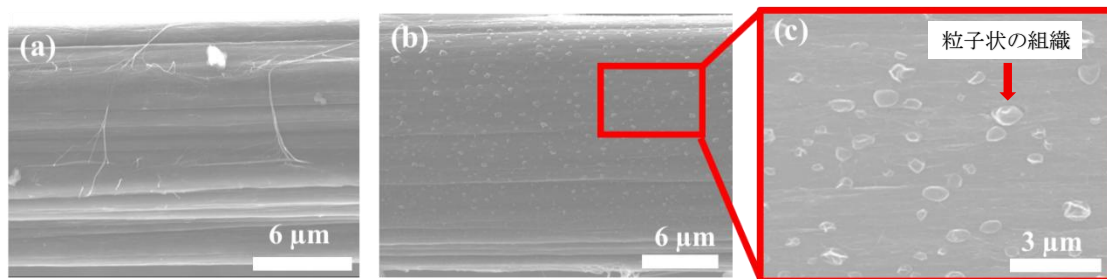


図 2 SEM 観察像 (a) 鉄未成膜・未通电の CNT 紡績系、(b) 40 mA で通電加熱した試料、(c) (b) の高倍率像

4. 考察

電流値 40 mA では粒子状の組織が確認された。これは、CNT 紡績系のジュール加熱により、CNT 紡績系上で鉄が表面拡散したか、あるいは溶融し凝集したと考えられる。

5. 結論

電流値が 40 mA では、粒子状の組織が確認された。これは鉄が表面拡散、または溶融し凝集したためであると考えられる。発表では 30 mA と 50 mA で通電加熱した試料の SEM-EBSD による観察およびラマンスペクトルに加え、SEM 内のナノマニピュレータを用いた引張試験の結果も含めて報告する。

6. 謝辞

本研究で使用した CNT 紡績系は、岡山大学大学院自然科学研究科の林靖彦教授およびその研究室の皆様にご提供いただきました。ここに謝意を表します。

参考文献

- [1] Takashi Sumigawa, SCI. IMSTR. NEWS, 61, (2018), 5384-5391
- [2] Takahiro Namazu, Amart Processing for Materials, Envir. & Ener., 9, (2020), 3-8
- [3] Yuuki Obara, et al., The Jpn Inst. of Met. and Mater., 76, (2012), 327-331

PVDF（ポリフッ化ビニリデン）を利用したボールミル法による二酸化炭素のメタン化

*鄭 琳(東海大学 工学部 応用化学科)、**源馬 龍太(東海大学 工学部 応用化学科)

1. 背景, 目的

化石燃料の消費に伴う大気中CO₂濃度の上昇による地球温暖化の深刻化が懸念されている。この解決策として、CO₂と水素からメタンを生成するサバティエ反応が注目されているが、高温と貴金属触媒を必要とする課題がある¹。

近年、ボールミリングによる機械的刺激で圧電体を分極させ、低温でCO₂還元を行う新手法が報告されている。本研究では、β型の結晶相において強圧電性を有するポリフッ化ビニリデン(PVDF)に着目し、H₂、CO₂混合雰囲気下でのボールミリングによるCH₄生成の可能性を検証する。さらに、キュリー温度(約110-125℃)以上での反応挙動を評価し、圧電効果の影響について調査することを目的とする。

2. 方法

容積46.50 mLのSUS304製容器にSUS304製ボール40 g(直径10 mm、10個)とPVDF粉末(富士フィルム和光純薬株式会社)1.00 gを入れ、蓋をして密閉した。容器の蓋の栓を弛め、先端に針を接続したロータリーポンプを用いて、30分間真空排気を行った。容器の蓋の栓を締め完全に密閉してから、遊星ボールミル(BM, Fritsch, pulverisette 5)を用いて、回転速度300 rpmでBMを行った。2 h、4 h、6 h、8 h、12 hおきにBMを停止し、容器の蓋の栓を弛め、容積100 μLのシリンジを使って容器内の気体を採取し、ガスクロマトグラフィー(GC, GL Sciences, GC3210)により気体成分の分析を行った。実験後の容器内から採取した粉末について、X線回折(XRD, Rigaku, Miniflex600)により相の同定を行った。

3. 実験結果

ボールミル処理によるメタン生成とPVDF結晶相の変化を分析した結果を以下にまとめる。ガスクロマトグラフィー分析(図1)によれば、メタン生成は処理6時間後に始まり、8時間で最大生成量に達したが、12時間後にはその量が約1/30にまで急減した。各ミリング時間において得られた試料のXRD測定結果(図2)より、未処理のPVDFは非圧電性のα相を示したが、ボールミル処理により強圧電性のβ相(20.8°)への転移が進行し、特に4時間から6時間の間にピークの広がりや明確なピークシフト(α相:20.3°, 26.6°)が確認された^{2,3}。このβ相への構造変化が顕著となる6時間以降でメタン生成が開始しており、圧電効果がメタン生成反応に寄与したことを示唆する結果となった。

時間[h]	0	2	4	6	8	12
ピーク面積	0	0	0	143	18854	694

表1 ボールミリングによるメタン生成量の時間依存性

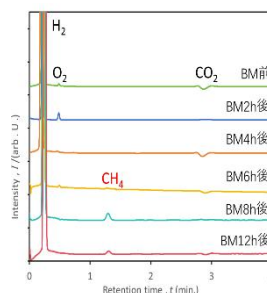


図1 BM容器内気体から得られたガスクロマトグラム

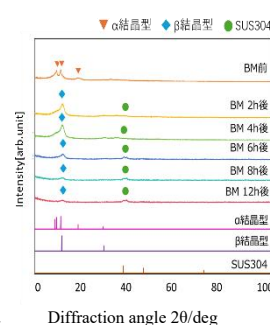


図2 XRD測定結果

4. 考察

ボールミル処理時間を変化させたPVDF粉末による二酸化炭素のメタン化反応を検討した。その結果、メタン生成量は処理8時間で最大に達した後、12時間で減少した(図1, 表1)。この減少の原因については現時点では不明である。XRD測定結果(図2)より、処理時間の増加、特に4~6時間においてPVDFの結晶相がα相から圧電性の高いβ相へ転移することが確認されたことから、メタン生成活性の変化は、ボールミル処理によって誘起されたPVDFのβ相への相転移と関連しているものと推測される。

5. 結論

PVDF粉末のボールミリングによる二酸化炭素のメタン化の可能性について検討した。その結果、メタン生成量は処理8時間で最大に達した後、12時間で減少した。また、XRD測定結果より、処理時間4~6時間においてPVDFの結晶相がα相から圧電性の高いβ相へ転移することが確認された。これらの結果より、メタン生成はボールミリングによるPVDFのβ相への相転移により引き起こされることが示唆された。

参考文献

1. Sae Fuse, Ryota Gemma, Keito Sawahara, CO₂ Methanation over BaTiO₃, Journal of Advanced Science, Vol 36 (2024) 36115.
2. Yuetao Zhao, Wenyao Yang, Yujiu Zhou, Yadong Jiang, Effect of crystalline phase on the dielectric and energy storage properties of poly(vinylidene fluoride), Journal of Materials Science: Materials in Electronics, vol 27 (2016) 7.
3. Heiji Kawai, The Piezoelectricity of Poly(vinylidene Fluoride), Jpn. J. Appl. Phys., vol 8 (1969) 97.

酸化物結晶の歪んだサイトを利用した Eu^{3+} の直接励起と赤色発光の強化

*飯田智大(東海大学大学院 理学研究科)、志村慶太(東海大学大学院 総合理工研究科)

**富田恒之(東海大学 教授)

[Introduction]

1990年代半ばの青色発光ダイオードの発明から、発光色を効率的に生成できる無機蛍光体をベースとしたデバイスの開発が始まった。LEDの種類として三波長それぞれのLEDチップを用いた三波長型LEDや蛍光体と組み合わせたpc-LEDなどがある。pc-LEDでは青色LEDを励起源とし、緑色蛍光体、赤色蛍光体を用いて演色性の高い白色光を再現している。しかし、安定で青色光を励起源とした赤色蛍光体は少ない。

$\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$ は蛍光灯用(254nm励起)に用いられている赤色蛍光体であり、青色LED(466nm)の発光波長と同じ波長で励起されることが報告されている。^[1]本研究では、 Eu^{3+} に対して Y^{3+} よりもイオン半径が大きい Gd^{3+} 、 La^{3+} に着目し、f-f遷移の確率が高いと期待される7配位のサイトをもつ酸化物をデータベース(Material Project)を用いて調査した。候補となった酸化物の一部に Eu^{3+} を導入して合成し、青色光の吸収量と赤色光の発光強度を検証した。

[Experimental]

各種金属(Ga, Ce, Eu, Gd, Y, La)の硝酸塩水溶液と乳酸Ba水溶液、酢酸Zn水溶液を作製した。その後、化学量論比に基づき $\text{Gd}_3\text{GaO}_6:11.7\%\text{Eu}^{3+}$ 、 $\text{Ce}_{14}\text{Gd}_{18}\text{O}_{55}:18.6\%\text{Eu}^{3+}$ 、 $\text{BaGd}_2\text{ZnO}_5:16.8\%\text{Eu}^{3+}$ 、 $\text{Ce}_2\text{Gd}_2\text{O}_7:5\%\text{Eu}^{3+}$ 、 $\text{La}_{1.2}\text{Y}_{0.8}\text{O}_3:\text{La}^{3+}$ に対して $10\%\text{Eu}^{3+}$ 、 $\text{Gd}_2\text{O}_3:10\%\text{Eu}^{3+}$ (6配位の基準試料)は結晶の体積に対するEuモル濃度が同じになるよう混合した。錯形成剤として3Mくえん酸aq.とエチレングリコール(99.0%)を加え、溶液を混合攪拌し、加熱濃縮を行った。その後、 1200°C で4h焼成を行った。得られた試料をメノウ乳鉢で粉碎後、XRD(Bruker AXS, D8 ADVANCE)を用いて結晶相の同定、分光蛍光光度計(日本分光、FP-8600)を用いて蛍光スペクトルと励起スペクトル測定、紫外可視分光法(日本分光、V-670)を用いて拡散反射スペクトル測定を行った。

[Results & Discussion]

焼成した試料をXRD測定、解析を行った結果 $\text{Ce}_{14}\text{Gd}_{18}\text{O}_{55}$ 、 $\text{BaGd}_2\text{ZnO}_5$ 、 $\text{Ce}_2\text{Gd}_2\text{O}_7$ 、 $\text{La}_{1.2}\text{Y}_{0.8}\text{O}_3$ 、 Gd_2O_3 各試料それぞれが主生成物であった。Fig. 1 拡散反射スペクトル測定結果の450~480 nmにおける吸収量に着目すると、どの試料も基準となる $\text{Gd}_2\text{O}_3:10\%\text{Eu}^{3+}$ より大きい値を示した。特に大きい吸収量を示したのが $\text{BaGd}_2\text{ZnO}_5:\text{Eu}^{3+}:16.8\%$ であるが、500~550 nmにおける吸収も他の試料に比べ大きい値を示した。500~550 nmにおける吸収は Eu^{3+} が存在するサイトの対称性に比較的影響を受けないことが知られている。^[2] $\text{Gd}_2\text{O}_3:10\%\text{Eu}^{3+}$ と $\text{BaGd}_2\text{ZnO}_5:\text{Eu}^{3+}:16.8\%$ の体積あたりに含まれている Eu^{3+} の割合は一緒であることから粒径が同じであった場合500~550 nmにおける吸収量は母体が変わっても吸収量はあまり変化しないと考えられる。Fig. 2の蛍光スペクトルの590 nm付近の発光も同様に対称性の影響を受けにくく光スペクトルの場合は試料ごとの積分値の差は大きくない。これらのことから $\text{BaGd}_2\text{ZnO}_5:16.8\%\text{Eu}^{3+}$ の吸収量の増加は、粒子サイズが増大し光路長が伸びたため吸収量が増加したと考えられる。蛍光スペクトルでは $\text{BaGd}_2\text{ZnO}_5:16.8\%\text{Eu}^{3+}$ 以外の試料が基準となる $\text{Gd}_2\text{O}_3:10\%\text{Eu}^{3+}$ より大きい値を示した。605~645 nmの積分値で一番大きい値を示したのは $\text{La}_{1.2}\text{Y}_{0.8}\text{O}_3:10\%\text{Eu}^{3+}$ であった。590 nm付近の発光にも着目すると $\text{La}_{1.2}\text{Y}_{0.8}\text{O}_3:10\%\text{Eu}^{3+}$ の積分値は他の試料と比べあまり変化はなかった。拡散反射スペクトルも同様であり500~550 nmにおける吸収量は $\text{BaGd}_2\text{ZnO}_5:16.8\%\text{Eu}^{3+}$ 以外の試料と比べ大差はなかった。よって、 $\text{La}_{1.2}\text{Y}_{0.8}\text{O}_3:10\%\text{Eu}^{3+}$ 中に存在する Eu^{3+} は一部対称性が低いサイトに置換していると考えられる。よって、今回の実験では対称性が一番低いとされる $\text{La}_{1.2}\text{Y}_{0.8}\text{O}_3:10\%\text{Eu}^{3+}$ は青色励起赤色発光蛍光体として優れていると考えられる。

[References]

- [1] A. Boukerika, L. Guerbous, *J. Lumin.*, **145**, p148, 2014
- [2] K. Lengyel, E. Beregi, *J. Optical Materials*, **53**, p30-33, 2016

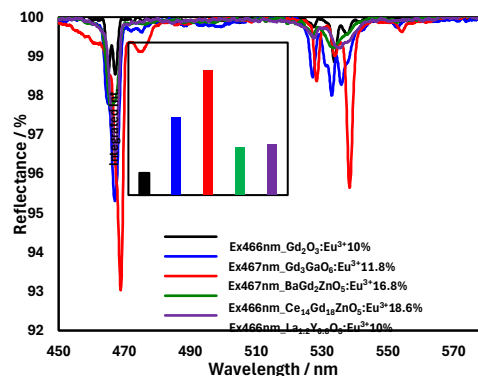


Fig. 1 目的生成物の拡散反射スペクトル測定結果 (縮図は450~480 nmにおける積分値)

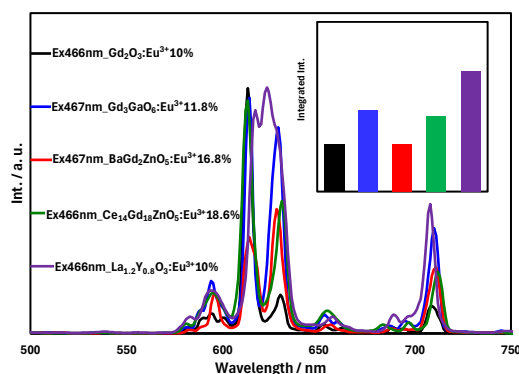


Fig. 2 ex466 nmにおける蛍光スペクトル測定 (右上の縮図は605~645 nmにおける積分値)

気液二相測定法を用いた Pd および Pd-Ag 合金の水素透過特性評価

*小倉 博人（東海大院工）、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（東海大院工）

1. 背景および目的

エネルギー安全保障の観点から、水素エネルギーの利用拡大が求められている。水素の実用化には高純度化技術の向上が不可欠であり、その手法として金属製水素透過膜が注目されている[1,2]。特に、膜反応器では円筒形状の水素透過膜が利用され、パラジウムとその合金における水素拡散特性に関する研究が進められている[3-7]。本研究では、電気化学的測定とガス透過測定を組み合わせた気液二相計測システムを構築し、Pd-Ag 合金の温度依存性に基づく水素透過特性の定量的評価を目的とした。

2. 方法

電気化学的測定法とガス透過測定法を組み合わせたセットアップを構築し、水素透過特性の評価を行った。試料には 99.95 at.% の Pd 円筒(10 mm × ϕ 3.0 mm × 厚さ 0.2 mm)および Pd-25at.%Ag 合金円筒(10 mm × ϕ 2.5 mm × 厚さ 0.3 mm)を用いた。測定は 1013 mbar の水素ガス環境下で実施し、電解液には H_3PO_4 aq. (85 wt.%) と Glycerin aq. (85 wt.%) を 1:2 の体積比で混合した溶液を使用した。参照電極として Ag/AgCl (sat.) を用い、Pd-Ag 合金において 300 K から 369 K までの温度範囲で水素拡散係数 D の温度依存性を評価した。水素拡散係数は Time-Lag 法[4]により算出した。

3. 実験結果

電解液の温度が 338 K における時間変化に伴う EMF ポテンシャルの増加の一例を Fig. 1 に示す。本測定において電解液温度が上昇すると遅れ時間は短くなり、拡散係数は顕著な増加が確認された。特に電解液の温度が 338 K における Pd-Ag 合金の水素拡散係数は $8.63 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ と確認された。Pd-Ag 合金円筒では 300 K で $4.30 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ から 369 K で $3.79 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ へと増加し、Pd 円筒では 300 K で $1.03 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ から 368 K で $1.48 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ へと増加した。

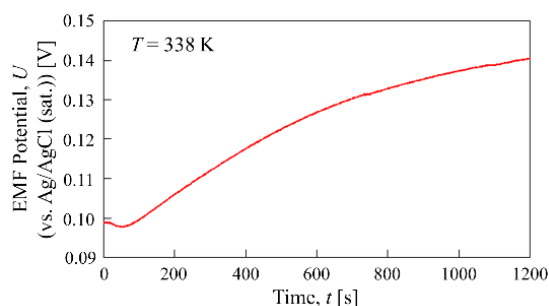


Fig. 1 EMF ポテンシャルの経時変化

4. 考察

本研究により、338 K における水素拡散係数は Pd 試料が Pd-Ag 合金試料を上回ることが明らかとなった[8]。Pd-Ag 試料で観察された拡散係数は α 相領域の値、Pd 試料で観察された拡散係数は β 相領域の値であると考えられる。

測定手法による相変態状態の制御効果を詳細に検討すると、Pd 円筒では大量水素の急速導入により安定した β 相が形成され、 β 相領域内での拡散が支配的となる。得られた見かけの活性化エネルギーは 26.1 kJ/mol H であった。一方、Pd-Ag 合金円筒では α 相内における拡散のみが観察され、活性化エネルギーは 26.2 kJ/mol H であった。Ag との合金化により水素化物形成エンタルピーが変化し、室温での相変態が抑制される効果が発現する。この相変態抑制による格子歪み回避が拡散性能の安定化に直接寄与し、水素濃度によらず安定した拡散性能が維持されることが確認された。

5. 結論

メンブレンリアクター等の実用化に向けては運転条件に伴う相変態に起因する格子膨張等の課題がある。以上のことから、相変態に起因する課題の影響を受けにくい Pd-Ag 合金の方が、水素透過膜材料としてより適切であることが示唆された。気液二相測定法により相別水素拡散係数の定量評価が実現され、測定手法による相変態制御効果が確認された。機械的特性と拡散性能の両面から Pd-Ag 合金がメンブレンリアクター応用により適していると結論付けられる。この他、Sieverts 則からの偏差[9]についても解析を試みた。

参考文献

- 1 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.
- 2 春名 一生, 『圧力変動吸着法(PSA 法)によるガス分離技術』, 真空, 43, (2000), 1088-1093.
- 3 M. Auinger *et al.*, *Int. J. Hydrogen Energy*, 48, (2023), 34454-34462.
- 4 J. Crank, "THE MATHEMATICS OF DIFFUSION SECOND EDITION", (1975), CLARENDON PRESS.
- 5 R.C. Frank and J.E. Thomas, Jr., *J. Phys. Chem. Solids*, 16, (1960), 144-151.
- 6 A. Van Wieringen and N. Warmoltz, *Physica*, 22, (1956), 849-865.
- 7 B. Sharma and J. Kim, "Pd/Ag alloy as an application for hydrogen sensing", *Int. J. Hydrogen Energy*, 42, (2017), 25446-25452.
- 8 H. Ogura, T. Nakamura, H.T.Uchida, M.R.Harada, *J. Adv. Sci.*, 37, (2025), 37113.
- 9 S. Hara *et al.*, *J. Membrane Sci.*, 421-422, (2012), 355-360.

溶接したステンレス鋼の溶接欠陥に関する問題と検査方法に関する研究

*渡邊雄聖(東海大学工学部機械システム工学科)、山内政虎(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)
内田ヘルムート貴大(東海大学工学部機械工学科)**土屋寛太郎(東海大学工学部機械システム工学科)

1. 背景、目的

近年、鉄道車両に求められる性能は多様化しており、安全性の確保に加えて、環境負荷の低減やエネルギー効率の向上が重要な課題となっている。これに対応するため、鉄道車両の構体材料には、軽量化と耐食性の観点からステンレス鋼やアルミニウム合金などの金属材料が採用されている。一方で、加工性、材料の設計自由度、コストおよび安全性の観点から、依然として鉄鋼材料の使用比率が高く、その接合技術の信頼性が車両全体の性能および安全性に直結する重要な要因となっている。溶接は構造部材を強固に一体化する接合手法として、鉄道車両製造において広く用いられている。特に被覆アーク溶接は、設備コストが比較的安く、かつ取り扱いが比較的容易であることから、現在でも現場作業において広く活用されている。しかしながら、溶接部には溶接入熱による熱影響や溶接金属と母材の境界における応力集中が生じやすく、これらは接合部の静的および疲労強度ならびに耐久性に著しい悪影響を及ぼすリスクがある。そのため、材料特性に応じた溶接条件の最適化と溶接条件の適切な選定および品質管理が不可欠である。本研究では、鉄道車両の構体材料として一般的に使用されるステンレス鋼 SUS304 に対して被覆アーク溶接を適用し、溶接部の外観評価および機械的特性評価を通じて、その接合品質が機械的特性に与える影響を定量的に評価した。特に、3 点曲げ試験を通じて接合部の曲げ強度特性と破壊挙動特性を解析し、溶接条件の妥当性や品質管理上の課題を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

2. 1 被覆アーク溶接

本実験では幅 80mm×長さ 40mm×厚さ 3mm の SUS304 を使用し、溶接を行っていない試験片と 2 枚の板の溶接を行った試験片を用意し実験を行った。使用した溶接棒は、鉄道材料でも使用されている SUS304 を接合するため B-33 を使用した。溶接を行っていない材料を試料 1、溶接した材料を試料 2、及び試料 3 と定義し曲げ試験を行った。

2. 2 3 点曲げ試験

溶接継手部の曲げ強度及び変形特性を評価するため、3 点曲げ試験を実施した。試験条件は、試験条件は、押し込み圧子先端半径 R5 mm、支点間距離 40 mm、試験速度 0.5mm/min.(JIS Z 2248 規格に準拠)とした。試験中の荷重-変位関係を記録し、機械的特性を評価した。

3. 実験結果及び考察

3. 1 溶接部の外観観察結果

試料 2 では、溶接ビードが不均一でスパッタやピットなどの表面欠陥が多数確認され、溶接部周辺に広範囲な

酸化変色が認められた。これらはアークの不安定性を示唆しており、手元のブレ、電流値の変動、溶接速度のばらつきが主要因と考えられる。

試料 3 では、ビード幅が試料 2 より安定し酸化範囲も抑制されていたが、ビード中心に微細な亀裂が目視確認された。この表面亀裂は高温割れまたは凝固割れと推察され、過大な拘束応力や溶接入熱の不均一性に起因すると思われる。

両試料を比較すると、試料 3 は溶接条件の安定性が高く比較的良好な外観を示した。一方、試料 2 はスパッタ付着、ビード形状の不均一性、広範囲な酸化が認められ、アーク長制御、電流安定性、溶接速度制御が不十分であったことが示唆された。

3. 2 3 点曲げ試験結果

荷重-変位曲線から、試料 1(非溶接材)は最大荷重 685MPa、破断変位 6.352 mm を示した。試料 2 および試料 3 の溶接材は、非溶接材と比較して約 37%の強度低下が認められた。この強度低下は溶接部の熱影響部軟化や溶接欠陥に起因すると考えられる。全ての溶接試料において破断位置は溶接部近傍で発生し、溶接部が構造的弱点となることが確認された。

4. 結言

本研究では、SUS304 に被覆アーク溶接を実施し、外観観察と 3 点曲げ試験による強度評価を行った。溶接条件の安定性により、ビード外観、酸化範囲、表面欠陥の発生状況に顕著な差が生じた。3 点曲げ試験では、溶接材は非溶接材と比較して強度低下が認められ、溶接部における欠陥が構造強度に直接影響することが確認された。今後、溶接パラメータの最適化と非破壊検査手法の適用により、高品質な溶接継手の実現を目指す必要がある。

5. 参考文献

- (1) 須田義大.安全性・快適性を目指した鉄道システムの進化, 計測と制御第 45 巻第 9 号 2006 年 9 月号, pp.758-759, (2006)
- (2) 鈴木康文.鉄道車両の高速化と軽量化, 1993 年 4 月, pp.43, (1993).
- (3) 鉄道車両用構体の材料と構造 車両構造技術研究部
- (4) 被覆アーク溶接とは? アクトツール. [https://act-kougu.com/column/shielded-metal-arc-welding/\(2025/6/1\)](https://act-kougu.com/column/shielded-metal-arc-welding/(2025/6/1))
- (5) 溶接欠陥とは? 建設学生が学ぶ構造力学. [https://www.rapiddirect.com/ja/blog/types-of-welding-defects/\(2025/6/11\)](https://www.rapiddirect.com/ja/blog/types-of-welding-defects/(2025/6/11))

SUS444 の BNi-5a 相当箔状ろう材による低温ろう付

* 陳奕兆 (東海大学 工学部機械工学科)、久保田空 (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)

1. 背景

熱交換器のろう付において、粉末ろう材は炉内汚染を引き起こしやすいが、箔状ろう材を使用することでこの問題を防ぐことができる。また、コストを抑えるために、ろう付温度を下げたいと需要があるがろう付温度の低下は接合部の品質や強度に悪影響を及ぼす可能性がある。低温でろう付は、ろう材の溶融が不十分となり、空隙の発生につながるほか、界面反応の不足によって接合強度の低下を引き起こす可能性がある。そこで、本研究では、母材 SUS444、ろう材 MBF-50 を使用し、一般的なろう付温度より低温でろう付を行った後、接合部の強度試験を実施する。

2. 方法

母材は SUS444、ろう材は MBF-50 を使用した。試験片は A (母材 95mm×10mm×3mm、ろう材 10mm×5mm×3 μm) と B (母材 30mm×10mm×3mm、ろう材 10mm×10mm×3 μm) の 2 種類を作製した。真空中で 950℃・980℃・1170℃ (10min) の条件でろう付を行い、引張試験により接合強度を測定した。さらに断面を鏡面研磨し、光学顕微鏡で組織観察を行った。

3. 実験結果

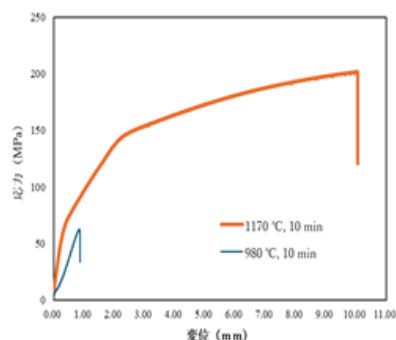


図 1 試験片 A の引張試験結果 (1170℃、980℃)

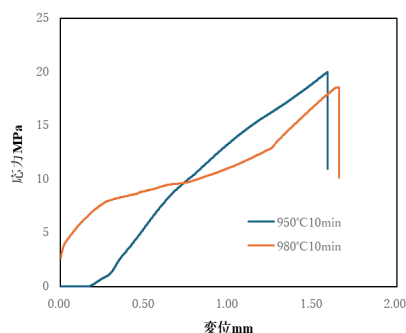


図 2 試験片 B の引張試験結果 (980℃、950℃)

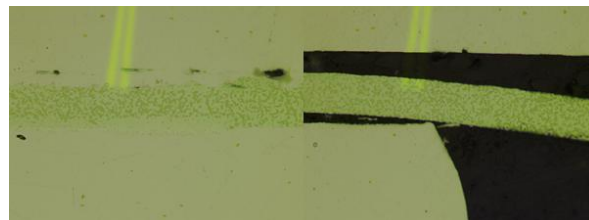


図 3 ろう付温度 1170℃で 10min の断面組織

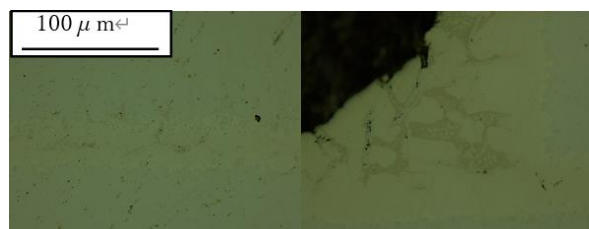


図 4 ろう付温度 980℃で 10min の断面組織

1170℃でろう付された試料は母材で破断した。界面反応が十分に進行し、高い接合強度を示した。980℃では接合部で破断し、強度は 60MPa にとどまった。界面付近には棒状の結晶粒が少ない、ろう材の中央部には棒状の結晶粒が多いことが判った。950℃でろう付した試験片も接合部破断となり、強度は低い値を示した。

4. 考察

低温ろう付では、ろう材溶融不足と界面反応不十分により、接合部が弱くなる。1170℃では母材破断で高強度、980℃と 950℃では接合部破断となり、温度低下が強度低下の主因であることが分かった。

5. 結論

1170℃でのろう付で母材破断が生じ、界面反応も十分に進み、高い強度が得られた。

980℃や 950℃でのろう付では接合部で破れ、強度が大きく下がった。

950℃の方が 980℃より強度が高い結果も得られ、低温のろう付には条件の調整が大事である。

参考文献

- ¹ B を含むステンレス鋼中に存在するホウ化物について [金子 秀夫](#), [西沢 泰二](#), [千葉 昂](#) 1966 年 30 巻 2 号 p. 157-163.
- ² 箔状 Ni 系ろう材によるフェライト系ステンレス鋼のろう付 太田 景, 石原 雅人, 宮澤 靖幸, 備前 嘉雄 2014 年 2014f 巻 34

SiC の熱処理が抵抗率の変化に及ぼす影響に関する初期研究

*池田浩輔(東海大学工学部機械システム工学科)、山内政虎(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、内田ヘルムート貴大(東海大学工学部機械工学科)**土屋寛太郎(東海大学工学部機械システム工学科)

1. 背景、目的

現代社会ではエネルギーの需要が年々増大しており電気エネルギーや熱エネルギー、化学エネルギーなど様々な形で活用されている。また電気自動車や鉄道に使用される高い電力を制御する半導体は、従来よりも高い電圧、電流が必要となり、高温状態でも動作できるようにしなければならない。しかし現在使用されているケイ素(Si)は高い電圧と電流には耐えられるが、接合温度が 200℃を超えたあたりから、素子に印加されていなくてもまれ電流が急増し、熱暴走が起きて機器を破壊してしまう。そのため現在では接合温度が 175℃以上にならないように設計されている。しかし大電力を扱うと熱が生じるため、現在の機器の大きさでより高電力を扱うことはできない課題がある。そこで、近年では Si に代わる素材としてガリウムヒ素(GaAs)や窒化ガリウム(GaN)、炭化ケイ素(SiC)が注目されている。[1]

本実験では近年注目されている SiC の温度上昇に伴う抵抗率の変化を計測する。

2. 方法

本実験で使用する試料の大きさは長さ 10mm、幅 10mm、厚さ 1mm も SiC を使用する。使用する試料を図 1 に示す。

計測方法は Van der pauw 法を使用する。Van der pauw 法を使用する理由として、二端子法で計測を行うと端子を含んだ計測結果になるため、端子の影響を受けない Van der pauw 法を使用する。Fig. 2 に実験簡易図を示す。

Van der pauw 法では 4 個の電極の隣り合う 2 つの電極に電流を流して、残りの 2 つ電極の間の電圧を測定し、それを電極の組み合わせを替えてもう一度測定して、両方の測定値の電極間距離に依存する項を打ち消してしまう。したがって、電極間の距離等の幾何学的測定が不要で幾何学的配置による誤差を生じない。AB 間に電流を流し、CD 間の電圧を測定する。これらを 4 通り試し、全ての抵抗値 R を決定する。それらを式(1)に代入して、その温度での抵抗率 ρ を決定する。[3] 本実験では熱処理炉の中に試料を入れ、外から装置をつなげて計測を行う。

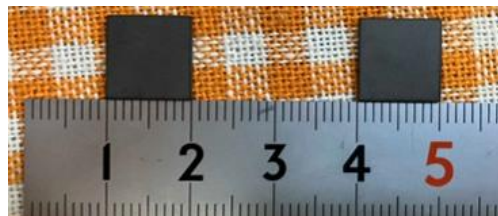


図 1 SiC 試料

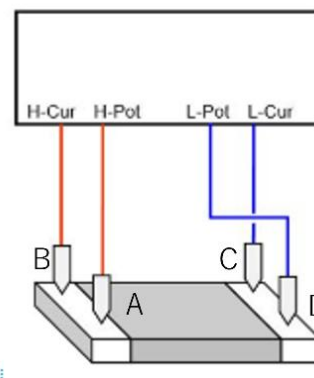


図 2 実験簡易図

$$\exp\left(-\frac{\pi d}{\rho} \times \frac{R(CD/AB) + R(DC/BA) + R(AB/CD) + R(BA/DC)}{4}\right) + \exp\left(-\frac{\pi d}{\rho} \times \frac{R(DA/BC) + R(AD/CB) + R(BC/DA) + R(CB/AD)}{4}\right) = 1 \quad (1)$$

3. 今後の展望

半導体の特性として温度係数が負の値を示す特性があるため温度上昇すると抵抗率が低下する特性がある。本研究で使用する SiC 試料は半導体のため抵抗率が低下すると考えられる。しかし、純度や格子定数などによっても変化が生じるため実験によって検証する。

参考文献

- 1 岩室憲幸, パワエレ技術者のための SiC パワー半導体デバイス, 科学情報出版, 2024 年.
- 2 宗宮重行, 猪俣吉三, 新素材シリーズ 炭化珪素セラミックス, 内田老鶴圃, P428, 1988 年.
- 3 L. van der Pauw, "A method of measuring the resistivity and Hall coefficient on lamellae of arbitrary shape", Philips Techn. Rev., 20, (1958), 220.

Zn-Al ろう材によるろう付け評価

*中村泰斗（東海大学工学部機械工学科）、栗田大輝（東海大学大学院工学研究科）、**宮沢靖幸（東海大学工学部機械工学科）

1. 背景, 目的

現在アルミニウムは、様々な用途で使用されている。アルミニウムの特徴として、軽量、高強度、加工性、リサイクル性などに優れた性能を発揮する。一方、Zn-Al ろう材は、低融点、高強度、優れた加工性、高耐食性などといった特徴をもつ¹⁾。その優れた特徴を活かすべくアルミニウム合金を Zn-Al ろう材を用いてろう付け、自動車産業や電子機器など幅広い分野に応用されている。

しかし、ろう付をする際の欠点として、アルミニウムの表面に形成されている酸化被膜が強固に存在している。この酸化被膜の存在によりアルミニウムろう付は非常に難しいとされていた。そのため、酸化被膜を効果的に除去する方法としてフラックスが開発された²⁾。これは、酸化物などを除去し、ろう材のぬれ性を向上させる薬品である。

そこで、本研究の目的は、Zn-Al ろう材によるアルミニウム合金のろう付を最終目的とする。この最終目的達成のために、本研究では、Zn-Al ろう材（SU-TC980、SU-TC150）のぬれ広がり試験、評価を目的とした。

2. 方法

図 1 試験片の概略図を示す。ぬれ広がり試験を行うために、純アルミニウム板上に Zn-Al ろう材を設置した。表 1 に実験条件を示す。試験片 No. 1、No. 2 では、母材に純アルミニウム板（4×4 cm）、ろう材に SU-TC150、SU-TC980（0.1 g）を用いてぬれ広がり試験を行った。ろう材組成を表 2 に示した。

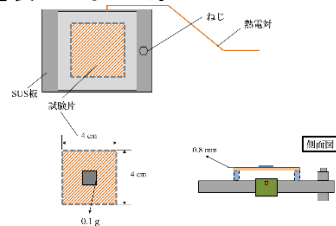


図 1 試験片の概略図

表 1 実験条件

試験片 ¹⁾	母材 ²⁾	ろう材 ³⁾	温度 ⁴⁾ (°C) ⁵⁾	保持時間 ⁶⁾ (min) ⁷⁾	雰囲気 ⁸⁾	フラックス ⁹⁾
No.1 ¹⁾	純アルミニウム ²⁾	SU-TC150 ³⁾	570 ⁵⁾	1 ⁷⁾	Ar ⁸⁾	CsAlF ₄ ⁹⁾
No.2 ¹⁾		SU-TC980 ³⁾	465 ⁵⁾			

表 2 ろう材の組成

	Zn ¹⁾	Al ²⁾	液相線温度 ³⁾	固相線温度 ⁴⁾
SU-TC150 ¹⁾	REM ²⁾	22 ²⁾	277 ³⁾	415 ⁴⁾
SU-TC980 ¹⁾	REM ²⁾	2 ²⁾	277 ³⁾	520 ⁴⁾

3. 実験結果、考察

ぬれ広がり試験後の試験片の外観を図 2 に示した。

今回、試験片 No. 1 と No. 2 のろう材のぬれ広がり面積とフラックスのぬれ広がり面積を比較した。ろう材のぬれ広がり面積、フラックスのぬれ広がり面積とともに、試験片 No. 1（SU-TC150）のぬれ広がり面積が大きかった。これは、試験温度が高かったため、このような結果になったと考える。試験片 No. 1 の試験温度が 570°C に対して、試験片 No. 2 は 465°C と 105 K の違いがある。そのため、試験片 No. 1 のぬれ広がり面積が大きくなったと考えた。

フラックスのぬれ広がり面積は SU-TC150 の場合、1291.61mm² で SU-TC980 は 351.34mm² になった。

ろう材のぬれ広がり面積は SU-TC150 は 98.07mm² で SU-TC980 は 90.86mm² になった。

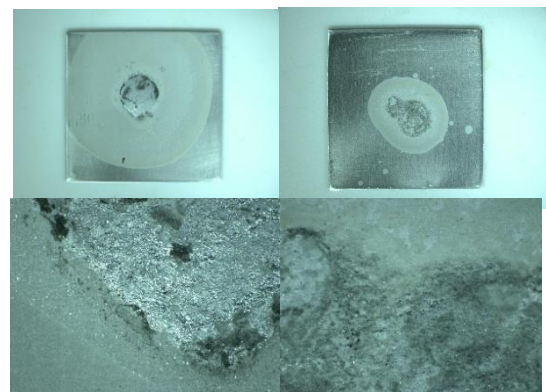


図 2 試験片の外観写真
(試験片 No1 (左)、試験片 No2 (右))

4. 結論

今回、SU-TC150 と SU-TC980 の比較した結果、SU-TC150の方がぬれ広がることがわかった。

5. 参考文献

- 1) 杉本正威：亜鉛アルミニウム合金の特性その応用 実務表面技術 p266-270
- 2) 野村裕司 池田明夏里：アルミニウムのノンフラックスろう付法 大陽日酸技報 No. 30 (2011) p43-44

ダイレクトメタノール燃料電池についてのメタノールクロスオーバーの低減

*主発表者（熊然迪）、**指導教員（庄善之）

1. 背景, 目的

ダイレクトメタノール燃料電池はメタノールを燃料としての燃料電池で、固体高分子燃料電池の一種だ。ダイレクトメタノール燃料電池は貯蔵や運搬が困難な水素の必要がない（安定性）、大掛かりな装置が不要で（可搬性）。

分解前のメタノールが電解質膜を通過して、発電することなく、酸素と直接反応する、クロスオーバーが発生する原因で、ナフィオン膜の厚さ（膜の枚数）を変わって、ダイレクトメタノール燃料電池の発電効率を改善する。

2. 方法

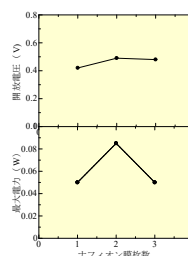
1. MEA を作製方法

- 1) カーボンペーパーを 4cm * 4cm に 2 枚を切る。
- 2) 燃料電池用触媒を 47.6 ~ 48.2 mg を計測する。
- 3) 触媒は純水 0.4ml とナフィオン液 0.4ml を混ぜ合わせる。
- 4) カーボンペーパーに塗布した、室温で乾燥させる。
- 5) ナフィオン膜を 1 枚の 4.3 cm * 4.3 cm に切る。
- 6) カプトンテープで固定して、温度 215°C で、圧力 300kg で、1 面 2 分間で熱圧着する。
- 7) ナフィオン膜を 2 枚の 4.3 cm * 4.3 cm に切る、同じ方法で第 2 枚の MEA を作製する。
- 8) ナフィオン膜を 3 枚の 4.3 cm * 4.3 cm に切る、同じ方法で第 3 枚の MEA を作製する。

2. 評価

- 1) 評価セルを組み立て
- 2) 水素を燃料として評価する。
- 3) 30% のメタノール水溶液を評価する。

3. 実験結果



30%メタノールの電流－電圧及び電流－電力特性で、ナフィオン膜 1 枚の開放電圧は 0.42V で、最大電力は 0.05W だ。ナフィオン膜 2 枚の開放電圧は 0.49V で、最大電力は 0.85W だ。ナフィオン膜 3 枚の開放電圧は 0.48V で、最大電力は 0.05W だ。

4. 考察

水素燃料電池の開放電圧はほぼ同じだが、最大電力はナフィオン膜の 2 枚の方が最高で、3 枚の方は厚さなので、プロトン伝導が低い。直列抵抗と並列抵抗はナフィオン膜の枚数を増えて、高くなる。

30%メタノール水溶液燃料電池の開放電圧はほぼ同じで、最大電力はナフィオン膜 2 枚の方が最大だ。ナフィオン膜 1 枚は分解前のメタノールが電解質膜を通過して、発電することなく、酸素と直接反応する、クロスオーバーは発生する。ナフィオン膜 3 枚厚さの原因で、プロトン伝導は低下する。

5. 結論

1. ナフィオン膜の厚さ（枚数）が変わる場合で、水素燃料電池とダイレクトメタノール燃料電池の開放電圧はほぼ同じだ。
2. ナフィオン膜の 2 枚の場合で、30%ダイレクトメタノール燃料電池の発電効率が最高だ
3. ナフィオン膜の 3 枚と以上の場合で、厚さの原因で、プロトン伝導は低くなる。

参考文献

Method and apparatus for measuring crossover loss of fuel cel

異なる有機材料シートを用いて作製された SWCNT 熱流センサの評価

*中山大翔(東海大院工)、**高尻雅之(東海大院工)

1. 背景, 目的

スマートフォンやノートパソコン等のポータブル電子機器、電気自動車 (EV) の高性能化が期待されている。そのため、これらに用いられる高密度蓄電池の一種であるリチウムイオン蓄電池の研究が盛んに行われている。リチウムイオン蓄電池は他の種類の蓄電池と比較してエネルギー貯蔵容量が多いという利点があるが、外部からの衝撃や過充電といった課題が残っている。特に、過充電は熱暴走による火災事故の一因となっており、熱暴走の防止は解決策の一つとなっている。

本研究では、熱を定量化・検知する熱流センサに注目した。先行研究において、p 型と n 型の熱電特性を持ち、軽量で柔軟性に富む単層カーボンナノチューブ (SWCNT) を用いた熱流センサを開発した。結果として、市販の熱流センサと比較して検出性能に改善の余地があることがわかった。そこで本研究では、SWCNT 熱流センサの検出性能を向上させるために、基板に着目をした。吸熱特性の異なる様々な材料の有機シートを用いて SWCNT 熱流センサを作製し、その性能を評価した。

2. 方法

図 1(a)は本研究で作製した熱流センサの模式図を、(b)、(c)は実際に作製した SWCNT 熱流センサ((b):PI sheet, (c):COP sheet)を示している。本熱流センサはポリイミドシート(PI sheet)もしくはシクロオリフェンポリマーシート(COP sheet)、p 型 SWCNT ペースト、n 型 SWCNT ペースト、導電性インキ(artience REXALPHA Conductive Silver Paste)、銅細線を用いた。p 型 SWCNT ペーストは、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によって分散させた分散液を用いた。分散液をホットスターラーによって加熱攪拌することでペーストを作製した。n 型 SWCNT ペーストは、SWCNT 粉末、陽性界面活性剤ジメチルジオクタデシルアンモニウムクロリド (DODMAC)をイオン交換水に加え、p 型 SWCNT ペーストと同様の方法によって作製した。各ペーストの作製後、図 1 に示す方法によって 4 対 SWCNT 熱流センサを作製した。その後、図 3(a)、(b)に示す手法で性能評価を行った。なお、比較をするため、SWCNT 熱流センサは熱流センサ(HIOKI Z2017)及び熱電対と同時に計測を行った。各測定結果の加熱及び冷却時の値が急速に変化した際の時間を検出時間とした。

3. 実験結果

図 4(a)および 4(b)は、それぞれ急速加熱時および急速冷却時の SWCNT 熱流センサの検出時間を示している。なお、図中には熱電対および市販の熱流センサの検出時間も示している。これらの測定結果から、PI シートを基板とした SWCNT 熱流センサが優れた検出性能を有す

ることが明らかになった。

4. まとめ

ポリイミドシートを基板とした SWCNT 熱流センサは、現状最も高い検知性能を示すことが実証された。本発表では、これらの内容に加え、基板としてセルロースナノファイバー(CNF)、測定手法としてふく射・対流性能評価を踏まえた発表を行う。

参考文献

[1] 中山大翔 他 日本伝熱シンポジウム(2025)

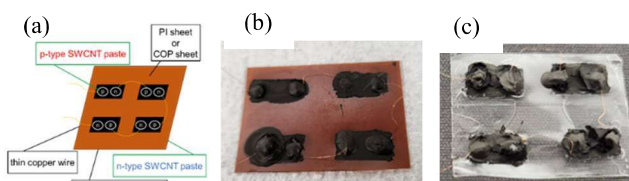


図 1 (a)SWCNT 熱流センサの概略図と、(b)PI 基板および(c)COP 基板の SWCNT 熱流センサの写真

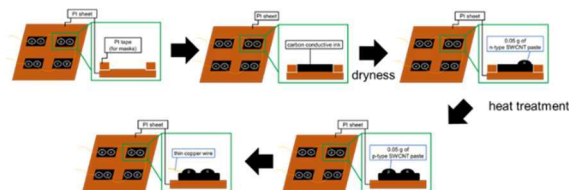


図 2 SWCNT 熱流センサの作製手順

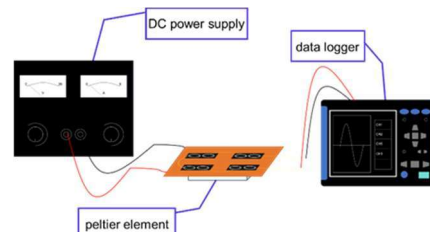


図 3 SWCNT 熱流センサの測定模式図

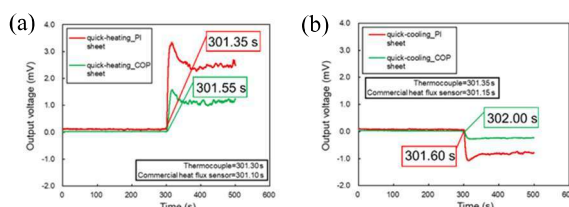


図 4 (a)急速加熱時および(b)急速冷却時の熱流センサの検出性能

欠陥セルを含む Si 単結晶 PV モジュールにおけるセル発熱電力の実験的検討

*渡邊 昇汰(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、池田 迅(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、
外石 千尋(神奈川工科大学大学院電気電子工学専攻)、**板子 一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)

1. はじめに

太陽電池システムの太陽電池にセル欠陥があるとそこに影が付加された場合、欠陥部が発熱し、火災などの原因となり問題となっている。これはホットスポット現象と呼ばれる。そこで、筆者らは主として、太陽光発電システムの運用中において PV モジュールの I-V 特性をリアルタイムで検出し、発熱の抑制を行うためのシステムや AI を用いたホットスポットの検出の方法、セル構成を変更することによって、発熱電力を抑制する並列セルクラスタ方式の提案など、ホットスポットの検出・抑制に関する検討を行ってきた。しかし、欠陥セルには、ホットスポットの発熱電力の他に、影が無く光電流が発生している部分にも発熱電力が存在するが、これに関する詳細な検討はまだ行われていない。

そこで、本論文では太陽電池の欠陥セルに部分影を付加したときの影のかかっていない部分の発熱(これを本論文ではセル発熱と呼ぶこととする)を実験により検討した。

2. 実験方法

図 1 に検討する太陽電池の構成を示す。本論文では、直列に接続された m 枚のセルがバイパスダイオードで区切られたクラスタを 1 枚のモジュールとする。同図は N 枚のモジュールを接続した例である。セル総数 M は $m \times N$ となる。セルは電流源 I_s とダイオードで等価している。なお、セルに部分影を付加するが、その影の大きさを $X(0 \sim 1.0)$ で表す。影を付加されたセル電圧 V_{HS} はホットスポット抵抗 R_{LR} の影響で V_{nor} と逆向きに大きく発生し、電流源とともに負荷電力を形成するため、影の無い部分にセル発熱が発生する。

実際のモジュールを使用してセル発熱温度を測定する。セル数 $m=34$ の 3 クラスタ ($N=3 \sim 5$) でストリングを構成する。ストリングの出力側に電子負荷装置を接続し定電圧モード(CV)にて最大電力点電圧 V_{op} に設定し、欠陥セルに影を付加した 2 分後の温度をサーモカメラで撮影する。このとき、実験条件は、影の大きさを 50% ($X=0.5$)、日射強度 G =約 $1000 [W/m^2]$ 、 $R_{LR}=17.4 [\Omega]$ 、気温約 $14 [^{\circ}C]$ 、パネル温度は約 $30 [^{\circ}C]$ 、 $M=102$ であり太陽電池電力 P_{PV} は $168 [W]$ である。

3. 実験結果

図 2 は、 $N=3$ 、 $X=0.5$ のときのサーモ画像である。破線で囲まれた部分は、影を付加した場所であり、影の中には、ホットスポットが存在する。セル発熱は約 $68.0 [^{\circ}C]$ 、ホットスポット発熱は約 $62.6 [^{\circ}C]$ である。セル発熱はホットスポット発熱よりも高温になる部分がある。また、セル発熱はホットスポット発熱と異なり、影

の無い全ての部分が高温に発熱していることが確認された。

4. まとめ

以上より、太陽電池の欠陥セルに部分影を付加したときの影のかかっていない部分の発熱(セル発熱)を実験により検討し、本条件において、ホットスポット発熱と同レベルの発熱を生じることが確認された。従って、セルの欠陥部分や影の付加された部分以外での発熱の予測や検出、さらには抑制が必要であることが明らかとなった。

今後は、さらに各種条件でのセル発熱特性を検討し、この発熱の抑制のための検討を行っていく予定である。

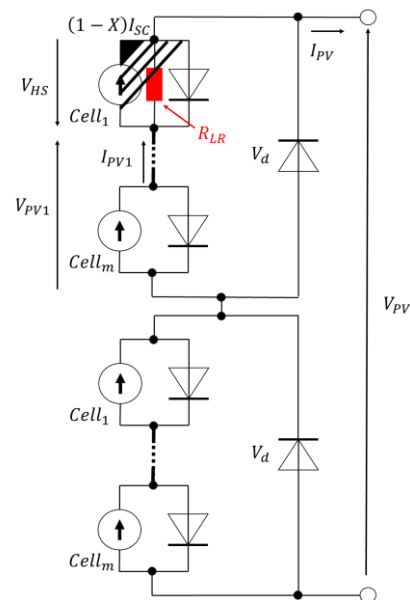


図 1 回路構成

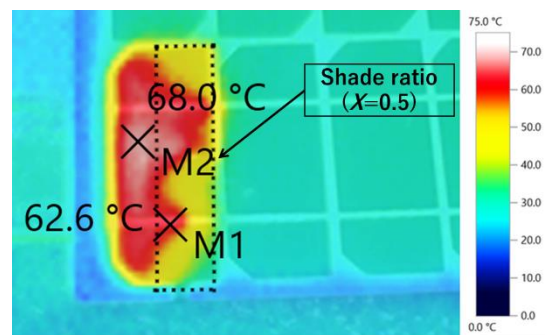


図 2 部分影外への発熱現象例

電動カートのための燃料電池パワー制御システムの検討

*盛田 尚志(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、神田 雅也(神奈川工科大学電気電子情報工学科)

**板子一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)

1. はじめに

現在、大気汚染防止や地球温暖化防止のために水素を燃料とする燃料電池(FC)が注目されている。そこで、本論文では電動カートに燃料電池を用いることを前提としてその基本的なパワー制御システムの検討を行った。

2. 検討するパワー制御システム

図1に制御システム全体の構成を示す。燃料電池で発電した電圧を昇圧型 DC-DC コンバータを用いて燃料電池電圧をキャパシタ電圧の上限電圧まで昇圧して、急速な充放電の可能な電気二重層キャパシタに充電し、そのエネルギーで負荷を動作させる。入力側の電流センサと電圧センサで検出された値は DSP に入力され演算処理される。その後、DSP から PWM(Pulse Width Modulation)信号を出力し、ゲートドライバに送り MOS-FET に入力する。これにより MOS の ON・OFF を制御することで最大電力点を追従する。また、キャパシタ電圧を検出することで、キャパシタ電圧の上限値に達したなら制御を止め、水素消費量の削減を図る。本実験では燃料電池の代わりに図2に示す特性を持つ模擬燃料電池を、電気二重層キャパシタとモータ負荷の代わりに電子負荷装置をそれぞれ用いる。MPPT(Maximum Power Point Tracking)制御には図3に示す山登り法を用いた。

3. 実験方法

負荷接続時を想定したキャパシタ電圧の変動の実験を行う。キャパシタ電圧を上限値 70[V]から下限値 60[V]の範囲で変化させ、提案した制御アルゴリズムどおりに充電と休止の動作の繰り返しが行えるか動作実験を行った。なお、キャパシタ電圧の変動には電子負荷装置の定電圧(CV)モードを用い、一周周期を 120[s] (検出期間 90[s]、休止期間 30[s]) という長い期間で変動させ動作実験を行った。

4. 実験結果

図4に実験結果を示す。同図より、開始から 70[V]まで電力追従を行っていることがわかる。キャパシタ電圧 V_c の上限値 70[V]まで充電を行い、上限値 70[V]に達すると一旦電力供給を停止していることが分かる。その間は蓄電されたキャパシタ側から負荷に電力が供給されている。さらに、下限値 60[V]に達した時点で再度電力追従動作を開始し、これらの追従動作を繰り返していることが確認できた。

5. まとめ

本論文では MPPT 制御により、常に最大電力で燃料電池を動作させる制御方式を検討した。MPPT 制御には山登り法というアルゴリズムを用いた。今回は燃料電池のかわりに模擬燃料電池、電気二重層キャパシタと負荷の代わりに電子負荷装置を用いて実験を行い本制御方式の動作を確認することができた。

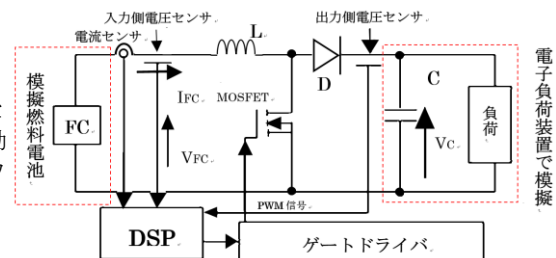


図1 検討する制御システム

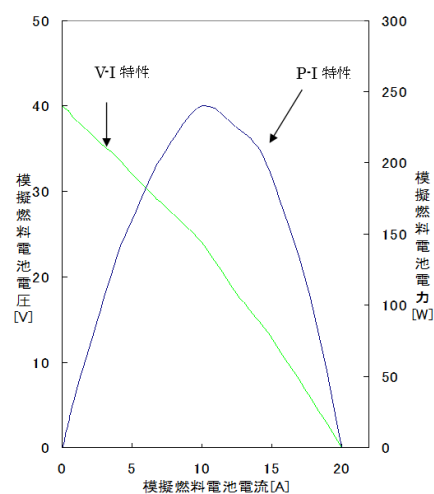


図2 模擬燃料電池の特性

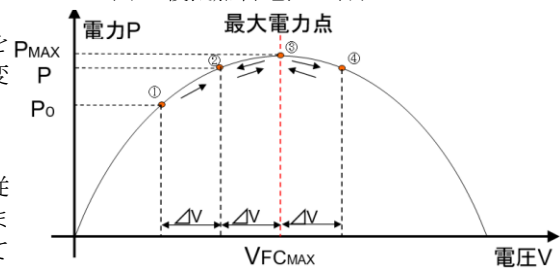


図3 MPPT制御の原理

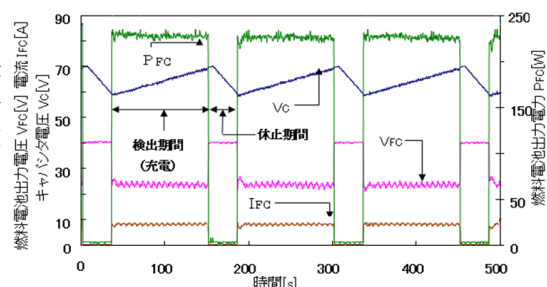


図4 パワー制御波形

欠陥セルを持つ並列セル型 PV モジュールのセル発熱の低減効果

*和田 尚也(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、高江洲 卓碧(神奈川工科大学電気電子情報工学)、
外石 千尋(神奈川工科大学大学院電気電子工学専攻)、**板子 一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)

1. はじめに

太陽電池モジュールの欠陥セルに部分影ができるとホットスポット現象が発生し問題となっている。欠陥セルには、ホットスポット発熱の他に、影がかかっていないため、光電流が発生している部分にも発熱(本論文ではこれをセル発熱と呼ぶ)が発生する。条件によってはホットスポット発熱と同程度の熱を発生する。

そこで、本論文では、ホットスポット発熱の低減を目的として筆者らが先に提案した並列セルクラスタ方式のセル発熱への低減効果について検討を行った。

2. 実験方法

図 1 に検討する太陽電池の構成を示す。本論文では直列に接続されたセルがバイパスダイオードで区切られたクラスタを 1 枚のモジュールとする。同図は N 枚のモジュールを接続した例である。セルは電流源 I_s とダイオードで等価している。なお、セルに部分影を付加するが、その影の大きさを $X(0 \sim 1.0)$ で表す。

実際のモジュールを使用して、セル発熱温度を測定する。1 クラスタのセル数 $m=34$ の 4 クラスタ($N=4$)でストリングを構成する。ストリングの出力側に電子負荷装置を接続し定電圧モード(CV)にて最大電力点電圧 V_{op} に設定し、欠陥セルに影を付加した 2 分後の温度をサーモカメラで撮影する。実験では $X=0.6$ 、日射強度 $G=1000[W/m^2]$ 、温度 $25[^\circ C]$ である。

3. 実験結果と考察

図 2 は、 $N=4$ 、 $X=0.6$ のときのサーモ画像である。図 2(a)において、破線で囲まれた部分は、影を付加した場所であり、影の中にホットスポットが存在することが分かる。セル発熱はホットスポット発熱と異なり、影の無い全ての部分が高温に発熱していることが確認された。また、セル発熱はホットスポット発熱よりも高温になる部分のあることが分かる。同図(a),(b)より、従来方式のセル発熱が約 $87.4[^\circ C]$ であったものが、提案方式では $55.6[^\circ C]$ と $30[^\circ C]$ 程度低下することが確認された。

4. まとめ

以上より、太陽電池の欠陥セルに部分影を付加したときの影のかかっていない部分の発熱(セル発熱)は、提案方式により抑制できることが明らかとなった。

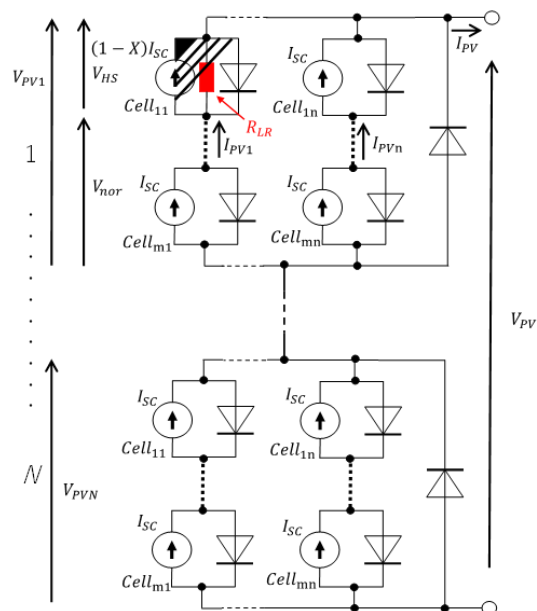
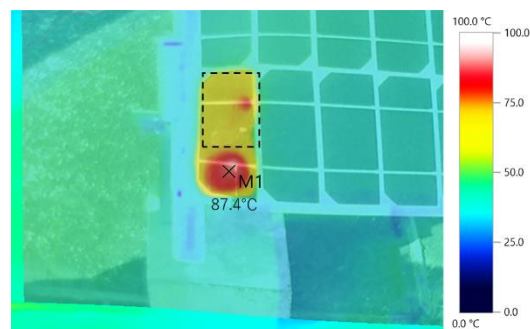
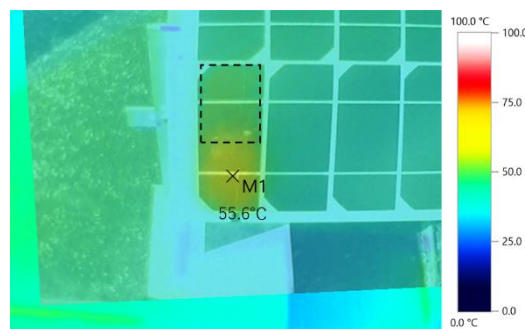


図 1 並列セルクラスタ型 PV モジュール



(a)従来方式



(b)提案方式

図 2 発熱特性

IoT 向け小型独立電源を目指す SWCNT 疑似ヒートシンク熱電変換デバイスの開発

*中島拓海（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）

1. 緒言

現在、より高度な情報化社会の実現を目指して、IoT (Internet of Things) 機器向けの半永久的に動作可能な小型独立電源が求められている。そこで、温度差を生じさせるための高さを有し、らせん構造によって空気に触れる表面積が大きいという特徴からネジを採用し、ネジ表面に単層カーボンナノチューブを被覆することで、発電を行いながら廃熱を行う疑似ヒートシンクデバイスを開発した。

2. 実験方法

本研究で作製したデバイスは、P 型分散溶液は単層カーボンナノチューブ (SWCNT) に陰性界面活性剤を添加し、脱イオン水中で超音波分散し、N 型分散溶液では陰性界面活性剤を添加し、エタノール中で同様に作製した。それぞれの分散溶液にネジを漬け、表面に CNT 膜を被覆した。ネジを放熱グリスでアルミ板に接着し、配線を行い、疑似ヒートシンクデバイスの作製を行った。図 1 に疑似ヒートシンクデバイスを示す。デバイスの総抵抗を測定し、8.75 V と 10.5 V の電圧をペルチェ素子に印加し、デバイスを加熱しながら、風速 3 m/s の風を当て、デバイスの性能測定を行った。図 2 性能測定時の様子を示す。

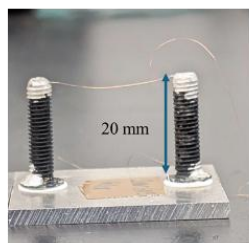


図1 疑似ヒートシンクデバイス



図2 性能測定時の様子

3. 結果・考察

図 3 にデバイスの性能を示す。図 3 から(a)の 1 対のデバイスが 2 対のデバイスに比べ出力が高いことがわかる。このことから、デバイスの対数を増加させることで、熱伝導が効率的に行われなくなり、性能低下を招いた可能性が考えられる。また、2 対のデバイスの出力が低いのは、ネジ表面の SWCNT の被覆が均一ではなかったことが考えられる。

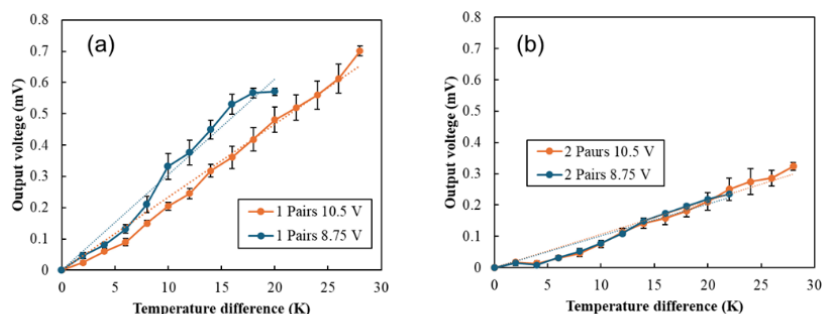


図3 デバイス性能

参考文献

¹T. Nakajima et al. Sensors 24, 2946 (2024).

²特願 2024-85111 中島拓海 他 2 名

並列セルクラスタ型 PV モジュールによる部分影時出力低下抑制

*外石 千尋(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. はじめに

太陽電池は発電時に二酸化炭素を排出せず、環境にやさしい発電方法として一般家庭にも太陽光発電システムの導入が進んでおり、災害時の停電等でも電気を使うことが出来、家庭で余った電気は蓄電による自家消費や売電ができる。しかしながら、太陽電池に影がかかると発電能力が著しく低下する問題もある。そこで、本論文では、筆者らが先にホットスポット発熱低減のために提案した並列セルクラスタ方式の部分影時の発電電力低下の抑制効果について検討した。

2. シミュレーション

従来の直列構成及び並列セルクラスタ方式の等価回路を図1に示す。並列セルクラスタ方式では従来方式と比べ、電圧が半分で電流が2倍になる。シミュレーションでは各回路を mode ごとに解析を行う。

従来方式では、太陽電池電流が影を付加したセルの短絡電流 $(1-X)I_{sc}$ より低い状態の mode1、バイパスダイオードがオン状態の mode2 の2つの mode で構成される。一方、並列セルクラスタ方式では、影を付加したセル群の電流が、短絡電流 $(1-X)I_{sc}$ より低い状態の mode1、影を付加したセル群の電流が短絡電流 $(1-X)I_{sc}$ に保持されている mode2、バイパスダイオードがオン状態の mode3 の3つの mode で構成される。

シミュレーション条件は、日射強度 $G=1000[W/m^2]$ 、温度 $T=25[^\circ C]$ 、短絡電流 $I_{sc}=3.47[A]$ 、モジュール当たりのセル枚数=34[枚]とし、影の割合 $X(0\sim1.0)$ やクラスタ数 N を変えたときの両方式の発電電力を比較する。

3. シミュレーション結果

図2は影の割合 X に対する発電電力を示している。この発電電力は影の割合ごとの最大電力を示している。一例としてクラスタ数 $N=3$ 、総セル数 $M=102$ に設定している。同図より、発電電力は影が無い場合や影が100%($X=1.0$)では両方式に差は無いが、それ以外では従来の直列方式よりも並列クラスタ方式の方が発電電力は大きくなる。例えば、並列セルクラスタ方式は影が50%($X=0.5$)で最大限の効力を発揮し、従来よりも30%程度発電電力が高くなる。これは、影が50%の場合、図3(a)の直列構成においての最大電力点は30V付近の100Wとなるが、図3(b)並列セルクラスタ方式においては、影のあるクラスタ内の影の無いセル群が有効に発電するため25V付近で130Wになるためである。この特性はクラスタ数 $N=4$ としたときも同様であることを確認している。

4. まとめ

シミュレーションにより、太陽電池に部分影がかかる場合、並列セルクラスタ方式により発電電力を従来よりも高く維持できることが確認された。今後は、実験により効果を実証する予定である。

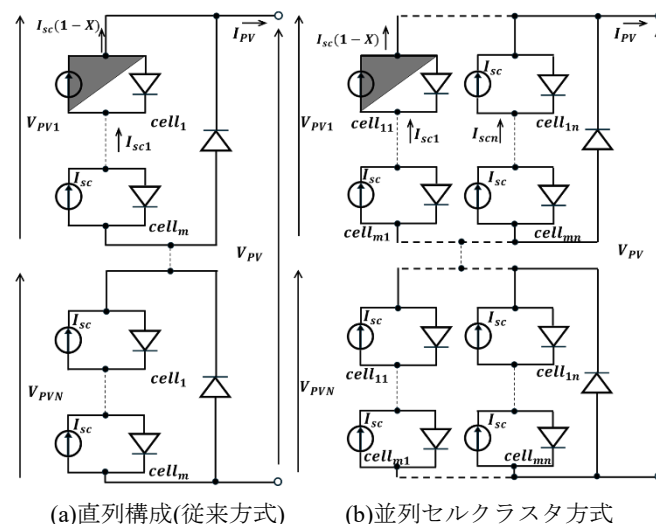


図1 各方式の等価回路

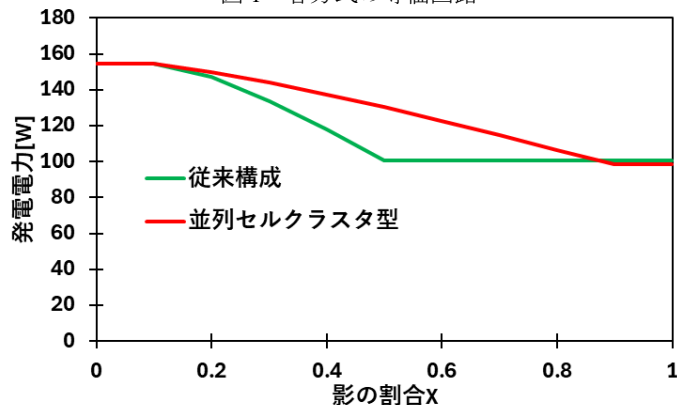


図2 影の割合に対する発電電力

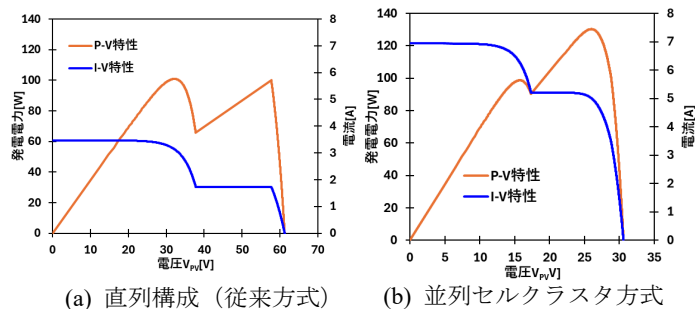


図3 各方式の IV、PV 特性($X=0.5$)

水素雰囲気中における Pd 担持 CaCO_3 単結晶基板からのメタン生成

*佐藤蓮(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻)、吉田有章(東海大学大学院 総合理工学研究科 総合理工学専攻)、**源馬龍太(東海大学大学院 工学研究科 応用理化学専攻)

1. 背景, 目的

近年、化石燃料の大量消費による CO_2 濃度の上昇に伴う地球温暖化への懸念が高まっている中、炭素リサイクル技術の開発促進が求められている。炭酸塩は、 CO_2 の固定化能が高く、固定化後の生成物が安定であり豊富に存在していることから、炭素リサイクル技術の有望な材料として期待されている。先行研究において、 CaCO_3 粉末に Ni を担持した試料に H_2 ガスを流すことでメタンが発生したことが確認されている¹。この結果から、 CaCO_3 内部の炭素がメタン生成に供給されている可能性が示唆されている。そこで本研究では、薄膜作製法により CaCO_3 基板に Pd を担持させることで人工的に触媒金属/炭酸化物界面を形成し、この界面における H_2 ガス存在下での CaCO_3 の CaO への脱炭酸・メタン生成挙動について調査することとした。

2. 方法

本研究では、 $\text{CaCO}_3(100)$ 単結晶基板上の一部に DC マグネトロンスパッタリングによって Pd を成膜することで、金属/基板界面をもつ試料を作製した。また、比較のために、Ni を成膜した試料も作製した。スパッタマスクを用いて、ストライプ状に Pd を成膜することで複数の界面を形成した。触針式膜厚計および SEM を用いて界面近傍の形状測定・観察をおこなった。また、TG-MS を用いて Ar+水素雰囲気にて熱重量分析とガス分析を行い、基板試料からのメタン生成について調査した。

3. 結果及び考察

図 1 に Pd を成膜した基板試料の TG 測定結果を示す。 CaCO_3 の熱分解温度($600 \sim 800^\circ\text{C}$)よりも低い温度で重量減少が確認できた。図 2 に同時に測定した QMS 測定結果を示す。重量減少と同時にメタンのフラグメントイオンである CH_3^+ のイオン電流値の増加が確認された。また、 CO_2^+ のイオン電流値の増加も確認されなかったことから、熱分解はしておらず、メタン生成時に基板中から炭素が供給されたことで重量減少したと考えられる。

また、Ni を担持した試料においても Pd と同等の重量減少が確認された。QMS 測定結果(図 3)においては、 CH_3^+ のイオン電流値の継続的な増加が確認された。一方で、Pd を担持した試料においては CH_3^+ のイオン電流値の増加後すぐに低下してしまった。原因として、 H_2 解離の活性化エネルギーが Ni よりも大きい²ことや水素固溶による触媒の不活性化³あるいは Pd 膜の剥離などが考えられる。

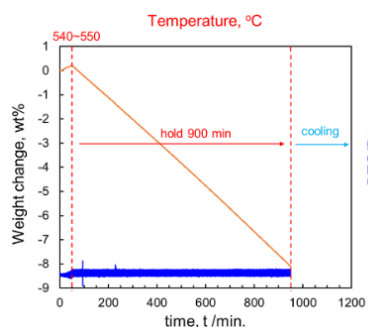


図 1 Pd/ CaCO_3 基板 TG 測定結果

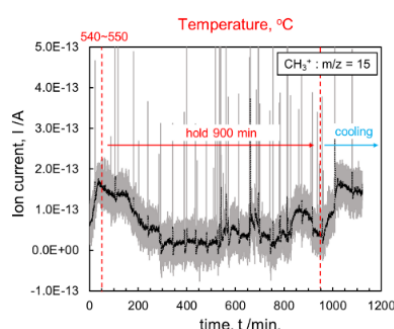


図 2 Pd/ CaCO_3 基板 QMS 測定結果

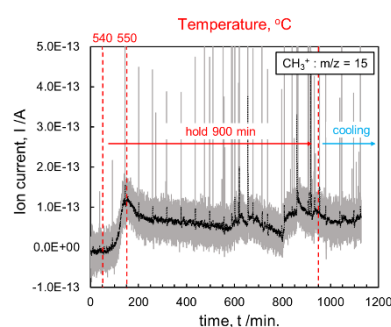


図 3 Ni/ CaCO_3 基板 QMS 測定結果

4. 結論

本実験では、 $\text{CaCO}_3(100)$ 単結晶基板上に Pd を成膜し、人工的に触媒金属/炭酸化物界面を形成し、水素雰囲気下で加熱を行うことによりメタンの生成を試みた。その結果、 CaCO_3 の熱分解温度よりも低い温度で重量減少が確認され、QMS 測定では CH_4 のフラグメントイオンである CH_3^+ のイオン電流値の増加も確認されたことからメタンが生成されたと考えられる。SEM による基板界面近傍の観察結果等さらなる詳細については本発表にて報告を行う。

参考文献

- ¹ T. Hayashi K. Sawahara, R. Gemma, J. Adv. Sci. 34, 34103(2022) (in Japanese).
- ² M. Pozzo, D. Alfè, Int. J. Hydrogen Energy. 34,1922-1930 (2009)
- ³ V. Pinos-Vélez, O. Osegueda, et al. Chem. Mater. 34, 8760-8768 (2022)

2 相変調を適用した 2 レベルインバータと 3 レベルインバータにおける損失の比較検討

*米光 佑騎（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

CO₂ 排出量の削減は喫緊の課題であり、その有効な手段の一つとしてインバータシステムの開発・普及が進められている⁽¹⁾。本研究では、マルチレベルインバータへの 2 相変調の適用⁽²⁾に着目し、2 相変調による損失低減効果をシミュレーションにより検証することで、その効果を明らかにすることを目的とする。

2. シミュレーション条件

図 1 に NPC 型インバータ 1 相分の回路を示す。スイッチング素子の損失を計算するため、シミュレーションソフトである PSIM 上に 2 レベルインバータと、NPC 型 3 レベルインバータの回路を構築した。その際、NPC 型 3 レベルインバータの素子は、2 レベルインバータと比較して耐圧が 1/2 で済むこと⁽³⁾を考慮し、素子の選定を行った。

図 2 に各素子の制御に用いる変調波を示す。2 相変調では正弦波にゼロ相を重畳した変調波を用い、スイッチング動作を行う。また、表 1 にシミュレーション条件を示す。2 レベルインバータ、3 レベルインバータにそれぞれ 3 相変調、2 相変調を適用した場合の 4 パターンについてシミュレーションを行った。

3. シミュレーション結果

図 3 に損失シミュレーション結果を示す。図 3 より、2 相変調の適用によって 2 レベルインバータ、3 レベルインバータのどちらにおいてもスイッチング損失が 2/3 程度に低減されていることが分かる。これによりインバータの電力変換効率率は 2 レベルインバータで約 1.4 ポイント、3 レベルインバータで約 0.5 ポイント改善していることが分かる。

4. 結論

今回のシミュレーションにより、2 相変調の適用によって 3 レベルインバータにおいても 2 レベルインバータと同様にスイッチング損失を 2/3 程度に低減でき、電力変換効率率が向上することが明らかとなった。

今後の課題として、T 型 3 レベルインバータを対象に同様の検討を行うことが挙げられる。

参考文献

- ¹ 富士電機株式会社, アドバンスト NPC 回路用 IGBT モジュール, 富士時報 Vol.83 No.6 2010.
- ² 瀧田 旭, 坂下 健太郎, 久保田 寿夫, 佐藤 以久也, A-NPC3 レベルインバータの 2 相変調法の電圧利用率の改善, (電気学会全国大会, 2015), p194-195.
- ³ 東芝デバイス&ストレージ株式会社, アプリケーションノート「インバータ回路(DC/AC 変換)」, 2018-7.

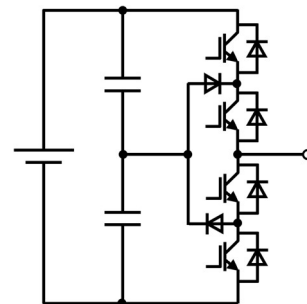


図 1 NPC 型インバータ 1 相分の回路

表 1 シミュレーション条件

電源電圧 (V)	600
周波数 (Hz)	50
キャリア周波数 (kHz)	10
制御周期 (us)	100
変調度	0.5
出力電流 (A)	141.4
負荷力率	0.8
ジャンクション温度 (°C)	125

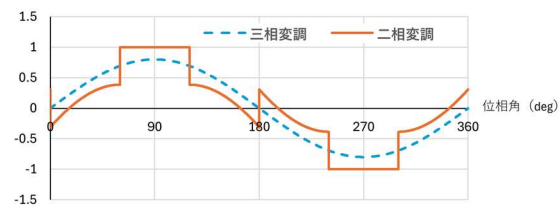


図 2 変調波

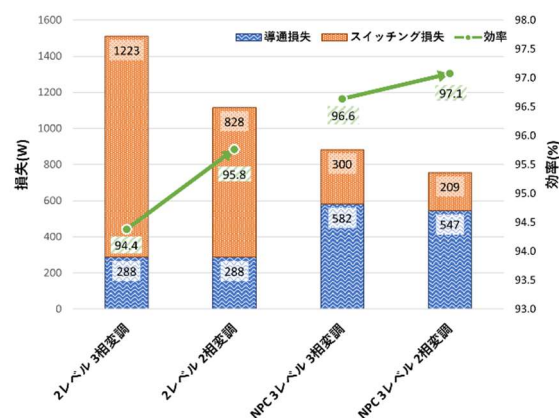


図 3 損失シミュレーション結果

インバータ主回路方式における損失の比較検討

*花輪 史彦(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

カーボンニュートラルの実現に向けてインバータは様々な分野で適用されている。一般に、低圧用途では広く普及している 2 レベルインバータが、高圧用途では新しい方式であるマルチレベルインバータが使用される。マルチレベルインバータの 1 つである 3 レベルインバータは、2 レベルと比較して必要なパワーデバイスの個数は増加するものの、モータ損失の 1 つであるインバータのキャリア高調波に起因する高調波損失を低減できる⁽¹⁾。また、2 レベルに対し 3 レベルインバータの主回路損失が低減できればモータとインバータのシステムとしての総合効率を改善可能となる。本論では、2 レベルおよび 3 レベルインバータについて、インバータのキャリア周波数をパラメータとしてインバータの損失をシミュレーションにより検討したので報告する。

2. シミュレーション条件

図 1 に本研究において対象とした T 型 3 レベルインバータの主回路 (1 相分) を示す。この回路方式では、中段の IGBT デバイスのエミッタが逆直列で接続されている⁽²⁾。この回路のパワーデバイスにて発生する損失について電気回路シミュレーションソフトウェア PSIM を用いて解析を実施した。また、従来方式である 2 レベルインバータおよび、T 型と同様に新しい方式である NPC 型 3 レベルインバータと呼ばれる方式についても同様に解析を実施した。表 1 に解析の条件および諸量を示す。

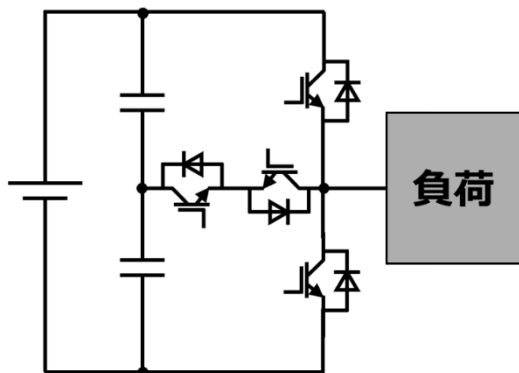


図 1 T 型 3 レベルインバータ主回路 (1 相分)

表 1 解析条件

Condition for simulation		
Parameters	Value	Units
DC voltage	600	V
Output current	300	Arms
Output frequency	50	Hz
Switching frequency	1k, 10k	Hz
Junction temperture	125	°C
Power factor	0.8	
Device	4MBI650VB-120R1-50 (Fuji Electric)	

3. シミュレーション結果

図 2 にスイッチング周波数を 1 kHz および 10 kHz としたときのインバータ損失を示す。1 kHz ではマルチレベル化によるスイッチング損失の低減が確認でき、NPC 型および T 型で約 50 % 減少した。しかし、導通損失が増加したことによりインバータとしての全損失は増加し、2 レベルに対し NPC では約 68 %、T 型では約 14 % 増加した。一方、10 kHz ではマルチレベル化によるスイッチング損失の低減効果が、導通損失の増加よりも大きく表れており、インバータの全損失は 2 レベルに対し NPC 型では約 10 %、T 型では約 30 % 減少した。したがって、マルチレベル化によるスイッチング損失の低減効果は、今回適用したデバイスおよび検討した条件では高周波駆動の場合において有効である。

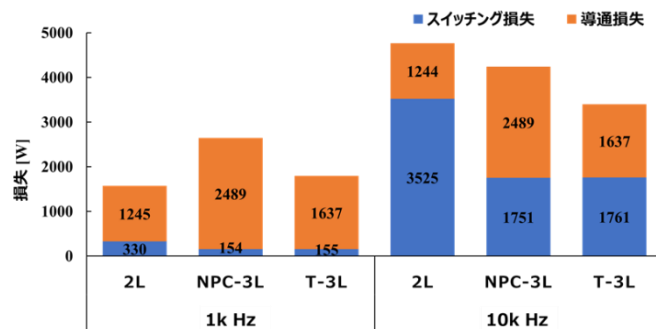


図 2 インバータ損失比較

4. 結論

本研究では、従来のインバータよりも高効率とされる 3 レベルインバータの損失解析を、回路シミュレーションソフト PSIM を用いて実施した。その結果、インバータで発生する損失の低減効果は、高周波スイッチング領域において顕著であることが確認できた。今後は、RB-IGBT を用いた T 型 3 レベルインバータの損失解析、3 レベルインバータで電動機を駆動した場合の総合効率の算出などを実施する予定である。

参考文献

- Xingchen Zhao, Che-Wei Chang, Ripun Phukan, Rolando Burgos, and Dong Dong: "An Enhanced PWM Scheme of Three-Level T-Type Inverter for Loss Balance and Reduction", 2023 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), pp231-236 (2023)
- Fuji Electric "3-Level Modules with Authentic RB-IGBT" Application Note, pp16-20 (2016)

正常 PV セル遮光時のセル発熱電力のシミュレーション

*池田 迅(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、渡邊 昇汰(神奈川工科大学電気電子情報工学科)

外石 千尋(神奈川工科大学大学院電気電子工学専攻)、**板子 一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)

1. はじめに

太陽光発電システムの太陽電池セルに影ができるとセルに欠陥が無い場合でもそのセルが発熱する。この現象は条件によっては高温になり非常に危険である。

そこで、本論文ではその発熱の原因となる発熱電力をシミュレーションにより算出し、影の大きさに対する発熱電力の基本特性について検討したので以下に報告する。

2. 実験方法

図 1 に検討する太陽電池アレイの構成を示す。本論文では、直列に接続されたセルがバイパスダイオードで区切られたクラスタを 1 枚のモジュールとする。同図は N 枚のモジュールを接続した例である。セルを電流源 I_s とダイオードで等価している。なお、セルに部分影を付加するが、その影の大きさを $X(0 \sim 1.0)$ で表す。

シミュレーション条件は、日射強度:1000[W/m²]、セル温度:25[°C]、AM1.5において、開放電圧 V_{oc} :0.62[V]、短絡電流 I_{sc} :3.47[A]、最適動作電圧 V_{op} :0.51[V]、最適動作電流 I_{op} :3.26[A]であり、1セル当たりの定格電力 P_r は1.65[W]である。本シミュレーションでは、クラスタのセル数は34枚であり、 $N=5$ で検討を行った。

3. 実験結果と考察

図 2 は影の割合 X に対するセルの発熱電力 P_{CH} を示している。 X が $0 \sim 0.4$ の間では発熱電力が発生しないことが分かる。これは、 X が 0.4 より小さい場合は図 3(a) ($X=0.2$) に示されているように最大電力点が右側にあるため発熱電力がゼロになるからである。一方、 0.4 を超えると最大 30W 程度の発熱電力が発生することが分かる。これは、同図(b) ($X=0.5$) のように X が 0.4 を超えると最大電力点が左側の極大点に移るため発熱電力が大きくなるからである。

4. まとめ

以上より、正常セルに影が付加された場合の発熱電力をシミュレーションにより算出し、影がセルの 40% を超えると発熱の危険のあることが明らかとなった。

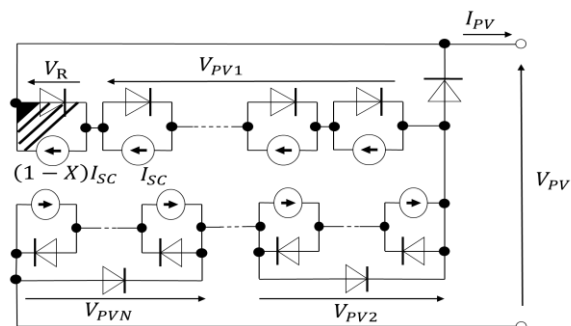


図1 太陽電池アレイ構成

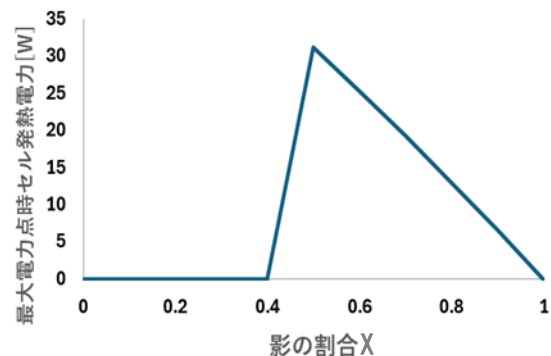
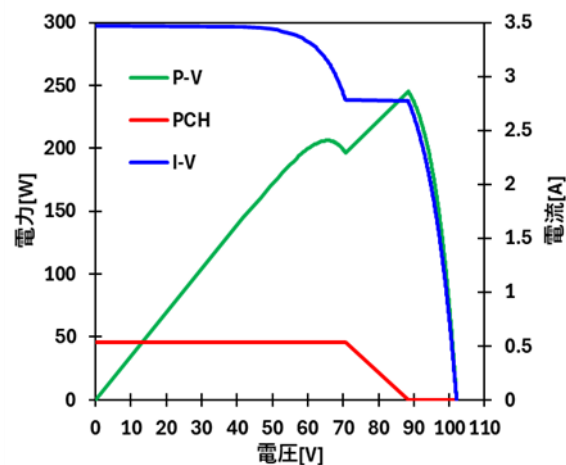
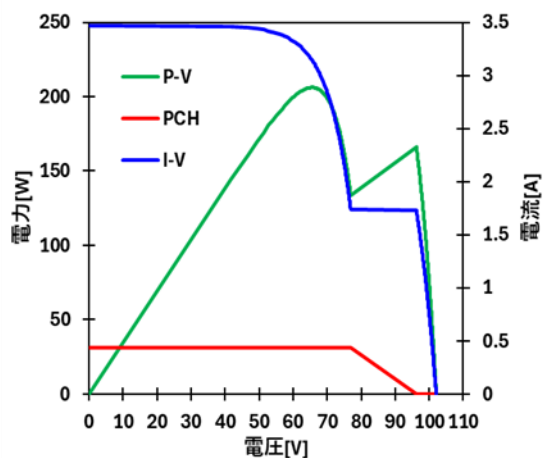


図2 影の割合 X に対する発熱電力の特性



(a) $X=0.2$



(b) $X=0.5$

図3 PV電圧に対する諸特性

円板加振における圧電振動発電時の円板挙動に関する研究

*辰井慎(東海大学 工学部 機械システム工学科)、永谷俊人(東海大学大学院 工学研究科機械工学専攻)
鈴木隆ノ介(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、大友十空(東海大学 工学部 機械システム工学科)、
土屋明花(元東海大学大学院 工学研究科機械工学専攻)、森山裕幸(東海大学)、**土屋 寛太郎 (東海大学)

1.研究背景

現在、再生可能エネルギーの利用を目指す活動が活発である。その中の一つに振動発電がある。振動発電とは、機械や建物、日常生活など人の動きにより発生する振動エネルギーを電気エネルギーに変換する発電方法である^[1]。しかし、微量な振動では、大量の電力を発生させることが困難となっている^[2]。

そこで、本研究では圧電振動発電の実用化を目指すために、円板加振実験において加振位置を変化させることで音圧レベル、加速度、電圧にどのような影響を与えるかを検討した。

2.実験方法

本実験では厚さ 2 mm の銅円板を用いた。円板の裏面中心に圧電素子、ひずみゲージを貼り付ける。加振器は円板の中心もしくは中心から加振位置 40 % ずらした位置に設置し、それぞれの加振位置における音圧レベル、加速度、電圧の変化について調べる。加速度センサーは加振点近傍と中心もしくは中心から 60mm ずらした位置に取り付け、加振周波数は 100 Hz から 2000 Hz まで 50 Hz ごとに計測する。特に、音圧レベル、加速度、電圧が急激に上がるピークの加振周波数付近では、10 Hz ごとに測定を行う。

3.実験結果および考察

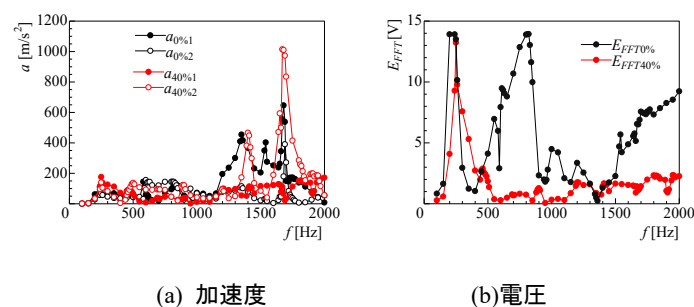


図1 中心および40%加振における加速度、電圧の推移

図1はそれぞれ中心および中心から40%ずらした位置の加速度、電圧の推移を示している。また、図における a_1 は加速度の0%、40%どちらも中心を示しており、 a_2 は0%では中心から60mm、40%では加振器の直上を示している。加速度では、中心および中心から40%ずらした位置でともに加振近傍の加速度が大きく増加したことが確認できた。また、1000Hz以上のピークにおいては加速度の両加振位置ともに1300Hz付近から1750Hz付近で1000Hz未満に比べて大きく増減しているが、これは高次のモードが生じたためであると考えられる。また、電圧では加速度が大きく増加した付近、特に240Hz付近では0%、40%どちらも増加しており、これは円板の振動が発電特性に大きく寄与したためである。

参考文献

- [1] “振動発電とは 原理と実用例を解説” . 2022-01-19. [https://orbray.com/magazine/archives/2610\(2025/10/02閲覧\)](https://orbray.com/magazine/archives/2610(2025/10/02閲覧))
- [2] “振動発電とは？どんなメリットがあるの？特徴や課題、4つの発電方式を解説” . 2024-05-15. [https://blog.ecoflow.com/jp/vibration-power-generation/\(2025/10/02閲覧\)](https://blog.ecoflow.com/jp/vibration-power-generation/(2025/10/02閲覧))

ニューラルネットワークによる単相交流電力調整回路の高調波低減

*佐藤 祐馬(神奈川工科大学電気電子情報工学科)

**板子 一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)

1.まえがき 各種半導体電力変換回路は配電系統に高調波電流を発生し種々の障害を引き起こす。そのため、高調波抑制対策ガイドラインが設定されるなど、高調波電流を低減することが強く求められている。この規制は今後ますます厳しくなることが予想されるため、高調波電流を大幅に低減し、力率改善できる有効な方法が要求されている。そこで、本論文ではニューラルネットワーク(NN)を適用した単相交流電力調整回路の高調波低減を検討する。この方法は、リアルタイムで補償電流を最適化するため負荷変動の応答が速くなることが期待できる。

2.回路構成 図1に NN を用いた単相交流電力調整回路を示す。NNにより補償電流を計算し、その電流源により電源電流波形を正弦波化することができる。図2に適用した NN の概念図を示す。

3.ニューラルネットワークによる補償電流 i_{com} の計算

(1)単相交流電力調整回路の変換器入力電流の一般形 i_{pm} は以下で示される。

$$i_{pm}(t_k) = \sum_{n=1}^N \{W_{A(2n-1)} \cos(2n-1)\omega t_k + W_{B(2n-1)} \sin(2n-1)\omega t_k\} \dots (1)$$

ただし、 $t_k(k=0,1,2,\dots)$ はサンプリング時間である。

(2)ニューラルネットワークの重み W_A, W_B の導出

時刻 t_k における目的関数 $C_k(t_k)$ は以下の式となる。

$$C_k(t_k) = \frac{1}{2} \{i_{pm}(t_k) - i_{in}(t_k)\}^2 \dots (2)$$

ここで、 $i_{in}(t_k)$ は実際の単相交流電力調整回路の入力電流である。最適化のための勾配降下法の基本式は以下となる。

$$\eta(0 < \eta < 1) \text{は学習率である。} \Delta W_k = -\eta \nabla C_k \dots (3)$$

ここで、 $\Delta W_k = [\Delta W_{A1}, \Delta W_{B1}, \Delta W_{A3}, \Delta W_{B3}, \dots, \Delta W_{An}, \Delta W_{Bn}]$

4.シミュレーション結果と諸特性 図3に変換器入力電流、補償電流、電源側電流の波形を示す。同図より、補償後は波形を正弦波化することができた。0.06[s]後、負荷を0.5倍にしても追従できていることが確認できる。

5.まとめ 以上の検討から、ニューラルネットワークを用いた単相交流電力調整回路の高調波低減効果が確認された。

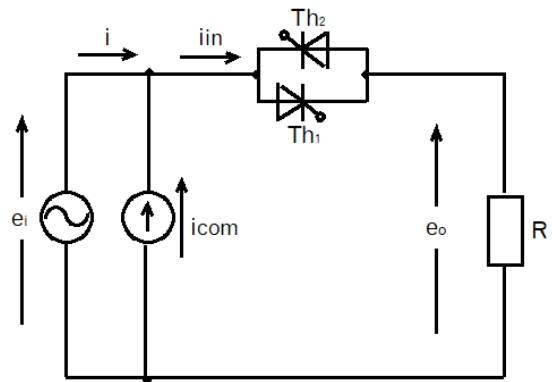


図1 NN付単相交流電力調整回路

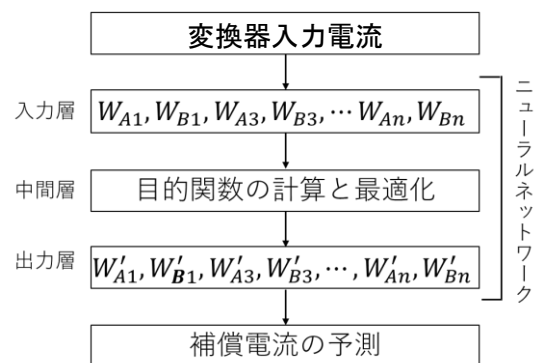


図2 適用したニューラルネットワークの概念図

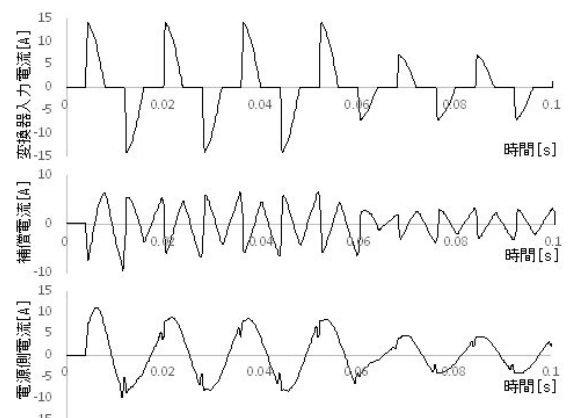


図3 各部電流波形

円筒構造における圧電振動発電時の円板挙動に関する研究

*大友 十空(東海大学 工学部 機械システム工学科)、永谷 俊人(東海大学大学院 工学研究科機械工学専攻)、
鈴木 隆ノ介(東海大学大学院 工学研究科機械工学専攻)、辰井 慎(東海大学 工学部 機械システム工学科)、
土屋 明花(元東海大学大学院 工学研究科機械工学専攻)、森山 裕幸(東海大学)、**土屋 寛太朗(東海大学)

1. 背景及び目的

現在、地球温暖化は化石燃料の燃焼によって発生する二酸化炭素が大きな影響を及ぼしており、温室効果ガスの削減を目指すカーボンニュートラルが注目を集めている。そこで、環境発電の一つである振動発電に着目した。振動発電とは、人や機械の動きで発生する振動を利用して発電する方法である。しかし、振動のエネルギーは微小であるため、得られる電気エネルギーも小さいことが課題である^[1]。そこで著者らの研究では円筒の両端に円板を有する音振動連成現象を利用した発電システムを提案した^[2]。本研究では、提案した発電したシステムにおいて一方の円板を加振した片側円筒加振実験を行った。

2. 実験方法

円筒の両端に圧電素子とひずみゲージを貼付した円板を取り付ける。円板は、有効内径 108 mm、厚さ 2 mm の銅板(以下、Cu と呼称。)を用いて加振実験を行い、筒長を 200 mm から 2000 mm まで 50 mm 間隔で伸ばした。この際、音圧レベルが急激に増大した筒長域では音圧レベルの最大値(以下、ピークと呼称。)を得るために 10 mm ずつ計測を行った。

なお、加振力は可能な限り 1 N に近づけて加振した。一方で、加振力が 1 N まで上昇しない場合は加振器の最大入力電流である 2 A もしくは圧電素子における出力電圧が 14 V となる加振力を上限とした。また、加振周波数は、加振側の円板の固有振動数である 260 Hz に設定した。

3. 実験結果及び考察

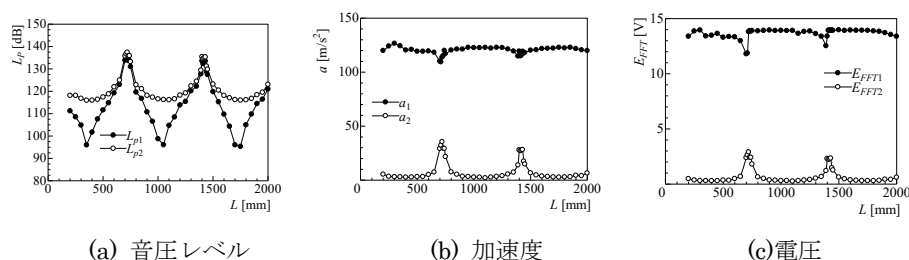


Fig.1 筒長変化による音圧レベル、加速度、電圧の推移

Fig.1 はそれぞれ筒長を変化させた際の音圧レベル、加速度、電圧の推移を示している。これらの図より、音圧レベルが周期的に増加することが確認できた。これは、音振動連成現象が促進されたことにより加振側端板の振動が内部音場の共鳴現象を促進し、非加振側端板の振動も促進することで音圧レベルの周期的な増加したと考えられる。また、音圧レベルが増大する筒長では、加振側端板の振動エネルギーが音振動連成現象を介して非加振側端板の振動エネルギーに変換されたことで加振側の加速度は減少し、非加振側端板のピークの加速度が急激に増加したと考えられる。さらに、加速度が増加したことで、それぞれの端板の電圧も増加したと考えられる。

4. 結論

本研究では、音振動連成現象を利用した振動発電に着目し、音響エネルギーの有効活用による圧電振動発電の発電特性向上について検討した。

その結果、音振動連成現象を促進させることで発電特性の向上が可能であると考えられる。また、音振動連成現象を促進させるため、発電特性を向上させるには適切な筒長を選択することが重要だと考えられる。

参考文献

- Orbay 株式会社. “環境発電(エネルギーハーベスティング)とは？ - 環境発電の課題”。 2021-6-7. <https://orbay.com/magazine/archives/829>, (2025-7-11 閲覧).
- 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, p.5-2.

ナノインデンテーションによる医療用高分子材料の引張ヤング率の推定

* 比留川政秀（東海大学工学研究科医用生体工学専攻）、董芳佚（東海大学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）

1. 研究の背景と目的

医療現場では、輸液セット、点滴バック、人工関節脛骨インサートなど、様々な形態で樹脂材料が使用されている。これらは、シート状、チューブ状をはじめとして複雑な形状を有する。樹脂材料は大きな変形能を有するため、これらの力学評価は従来のひずみゲージや伸び計を用いたひずみ評価が困難な場合がある。そのため構造設計に不可欠な引張ヤング率のデータが十分に蓄積されていないのも事実である¹。一方で、ヤング率や機械的強度は生体から摘出された生体材料の劣化の指標となる。通常劣化の評価は引張試験やスモールパンチ試験などで行われているが、摘出サンプルが小型・薄肉の場合、試験片の製作に難渋する¹。そこで表面の局所領域への押し込みによって材料の弾性率の測定が可能なナノインデンテーション法（NI法）を用いて各種高分子材料の弾性率を評価した。NI法は、樹脂材料の評価については適用可能か疑問が残るところではあるが、金属材料に対しては確立した技術である。しかし、NI法から評価される弾性率は、引張ヤング率と理論的に同一の量ではない。よって本研究では、引張ヤング率とNI法により求められる弾性率の比較を通じて、樹脂材料に対するNI法の有効性を検討することを目的とした。

これに加え、結晶性/非晶性といった高分子の構造的特徴が塑性変形挙動や圧痕形状に及ぼす影響について考察した。

2. 実験方法

試験片にはカタログ値でヤング率の異なる樹脂材料を選択した。具体的にはLDPE、HDPE、UHMWPE、PA66、PET、PVC、PMMA、AS樹脂、PP、PS、PCの11種類である。それぞれJIS K6936に基づき機械加工により4号試験片を作製した。各試料に対してナノインデンター（ELIONIX, ENT-5）を用い、一定荷重条件下でインデンテーション試験を行い、荷重-変位曲線を取得した。得られたデータから Oliver-Pharr 法²に基づき弾性率を算出し、材料万能試験機（日本計測システム株式会社, JSV-H1000-L）による同一材料の引張試験結果と比較した。引張試験の際には高分子材料に対するひずみゲージ装着困難の観点からデジタル画像相関法を用い、ひずみの非接触測定を行い各試験片の引張ヤング率を推定した¹。さらに、圧痕の三次元形状を白色干渉顕微鏡（Nikon, BW-S507）により観察し、高分子の結晶性や非晶性といった構造的特性が、塑性変形の挙動や圧痕形状にどのような影響を与えるかを検討した。

3. 実験結果および考察

弾性率（横軸）、引張ヤング率（縦軸）の関係を高分子材料毎に比較した結果を Fig.1 に示す。全体的に NI 法によって求められた弾性率 (E_{IT}) は引張ヤング率 (E) と比べ高値を示した。このことから引張試験では試料全体の結晶性や分子鎖の緩和挙動等の影響を大きく受けるため低値となり、NI 試験では局所的かつ短時間での応答が支配的となり高値が得られたと推測される。PE、PP 等のオレフィン系材料において、NI 法による弾性率と引張試験によるヤング率の間には相関が認められた。

特に PE 系材料（LDPE、HDPE、UHMWPE）においては結晶度の高いものが弾性率の値も高くなる傾向が見られた。

PMMA や PVC 等の非晶性材料では圧痕周辺に特徴的な盛り上がり（pile-up）が確認された。このことからこれらの材料は塑性変形時にせん断変形が支配的となり、変形が圧痕外周へと集中した可能性が示唆される。さらに、NI 法では pile-up が生じた試験片において接触投影面積を大きくとり弾性率を過剰評価してしまう傾向があるため、非晶性材料に対しては過剰評価された弾性率を補正する手法を考える必要がある³。

以上の結果から、NI 法は結晶性と非晶性の違いを反映した力学特性を評価できることが明らかとなった。PE 系材料では結晶度の差異に起因する弾性率の違いを的確に捉えることができ、非晶性材料では白色干渉顕微鏡による観察により塑性流動や pile-up といった局所的な変形挙動を直接確認することができた。これらの知見は、従来の引張試験では捉えにくい表面近傍の応答や微小領域での変形特性を非破壊的に明らかにできる点で、本手法の有効性を示すものである。さらに高分子材料は PE 系のみでなく非晶性/結晶性といった構造や組成毎にグループ分けができることから、グループごとの傾向を調べる事でより高精度な測定に繋げることができると推察される。したがって、NI 法は高分子材料の弾性率評価に有力なアプローチの一つであり、人工関節用材料の劣化評価や新規高分子材料の設計指針の構築など、幅広い応用につながる可能性がある。

参考文献

- 若松郁也, 菊川久夫, 浅香隆: ガンマ線照射超高分子量ポリエチレンの酸化劣化の評価. 日本金属学会誌, Vol.88, No.2, (2024) pp.31-37.
- W.C. Oliver, G.M. Pharr: Measurement of hardness and elastic modulus by instrumented indentation: Advances in understanding and refinements to methodology. Journal of Materials Research, Vol.19, No.1, (2004) pp.3-20.
- Frederik B. Kværndrup, Christian Engelbrekt, Ömer C. Küçükylidiz, Marcel A.J. Somers, Thomas L. Christiansen, Grethe Winther: Area determination with pile-up and sink-in in nanoindentation of oxygen containing titanium. Materials Today Communications 30 (2022)

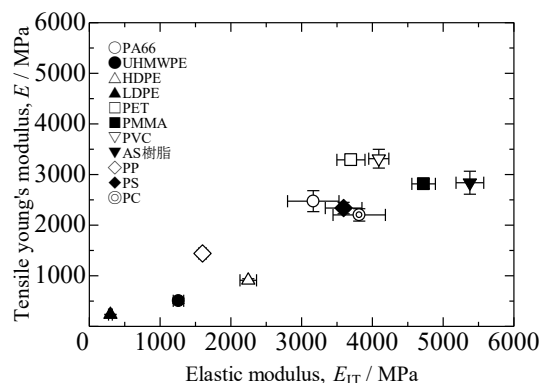


Fig.1 弾性率-引張ヤング率

薄型ポリエステル繊維系吸音材の吸音特性評価

*万志堅(東海大学工学部機械工学科)、江尻直樹(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

送風機の吸排気系消音器や教室、オフィス、住居などの音環境改善に吸音材と呼ばれる音響エネルギーを減少させる材料が用いられる¹。吸音材には、繊維系のものから、多孔質材料、多孔板などが用いられる²。その内ポリエステル繊維系材料を用いた吸音材は、良好な吸音特性を有しつつ、リサイクル性に優れており持続可能性の観点から今後適用範囲がさらに拡大していくと考えられる。近年では、加工性向上や省スペースの観点から、薄型化が図られたポリエステル繊維系吸音材が提案されている³。

本研究では、持続可能性を高めつつ音環境改善を実現するため、薄型ポリエステル繊維系吸音材を各種装置に適用可能とすることを目的としている。本稿では、その基礎となる薄型ポリエステル繊維系吸音材の垂直入射吸音特性について検討する。

2. 垂直入射吸音率測定装置及び測定方法

Fig. 1 に示す一辺 100 mm の正方形断面を有する塩化ビニール製ダクトを用いる。ダクトの一端に音源用スピーカを設置し、もう一方は閉止端になっており端部付近に吸音材を設置する。吸音率測定用マイクロフォン M₁ をダクト閉止端から 380 mm の位置に設置し、間隔 85 mm の位置にマイクロフォン M₂ を設置する。

測定では音源用スピーカをランダム雑音で駆動し、マイクロフォン M₁、M₂ の出力信号から FFT アナライザによって算出した周波数応答特性をもとに、伝達関数法⁴に基づいて吸音率を求める。

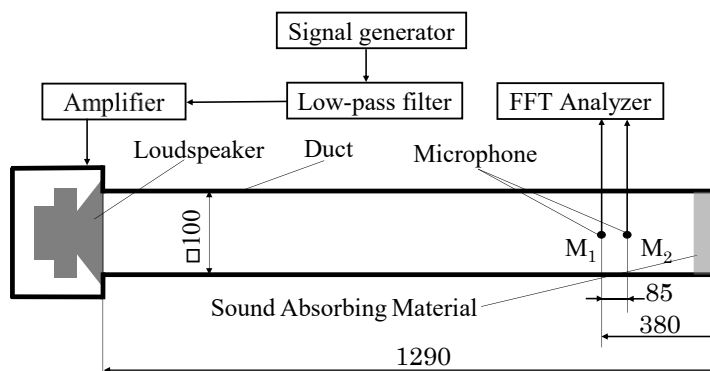


Fig. 1 窓部 ANC システム

3. 実験結果

Fig. 2 に、伝達関数法により求めた吸音率周波数特性を示す。測定では、厚さ 25 mm、15 mm、2 mm の吸音材を用いた。なお厚さ 2 mm の吸音材は、厚さ 15 mm の吸音材を圧縮成形したものである。一般に、繊維系吸音材の吸音率は周波数が高くなるに従い大きくなる。また、密度が等しい吸音材の吸音率はその厚さに比例する。本実験における厚さ 25 mm 及び 15 mm の吸音率も同様の傾向を示した。厚さ 2 mm の圧縮成形吸音材では、吸音材密度が大きくなることにより、反射成分を多く生成することになり、吸音率が比較的小さな値になったのではないかと著者らは考えた。

なお、600 Hz 以下及び 1200 Hz 以上の帯域でダクト内の反射波の影響のため吸音率を正確に算出できなかった。今後は、測定用マイクロフォンの数を増やすとともに、マイクロフォン間隔を変更することによって、吸音率測定可能帯域を拡大させる予定である。

4. まとめ

本稿では、薄型ポリエステル繊維系吸音材の垂直入射吸音特性について検討した。その結果、圧縮成形していない吸音材より吸音率が小さいことがわかった。吸音率測定可能帯域を広帯域化することによって、薄型吸音材の吸音率特性を正確に把握し、良好な加工性や省スペース性といった利点を活用可能にするべく今後検討を行う予定である。

参考文献

- 赤坂修一, 成型加工, Vol. 34, No.12, pp.436-439 (2022).
- 飯田一嘉, 日本音響学会誌, Vol. 67, No. 2, pp.81-86 (2011).
- 霊田青滋, 飯田一嘉, 丸山暉彦, 騒音制御, Vol. 35, No.5, pp. 389-397 (2011).
- JIS A 1405-2: 2007, 日本規格協会 (2007).

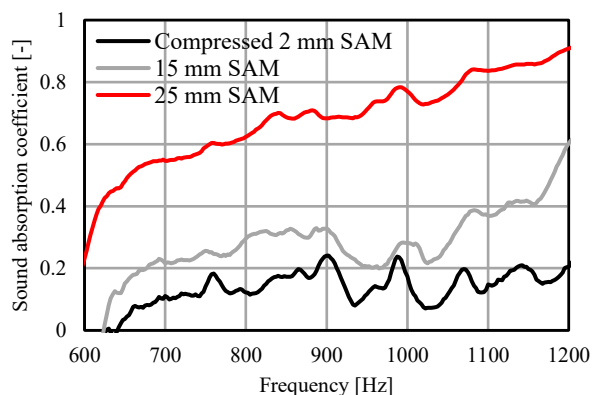


Fig. 2 ANC システム動作前後の音圧レベル周波数特性
SAM: Sound Absorbing Material

有限要素法を用いた弓状湾曲ローラ表面材質がウェブに与える影響の評価

*吉田 駿(東海大学工学研究科機械工学専攻)、加古 篤史、松本 恵平、佐々木 勇人(カンセンエキスパンダー工業株式会社)、**岩森 暁(東海大学)

1. 背景および目的

軽量で柔軟なペロブスカイト太陽電池の基材となる高分子フィルムは、ウェブとして Roll-to-Roll 方式で搬送されるが、トラフや折れしわの発生により歩留まりが低下する。トラフは幅方向の圧縮による座屈であり、折れしわへ移行すると深刻な欠陥となる。対策で拡幅ローラが用いられるが、従来のコンケーブローラは曲率固定で条件適応に限界がある。そこで本研究では、曲率を可変制御でき、多様な条件適応が可能な弓状湾曲ローラに着目した。先行研究では FEM により折れしわ防止が示されているが¹、拡幅メカニズムの解明や表面ゴムの役割は未解明である。そこで、表面ゴムがウェブに及ぼす影響評価を目的に、FEM を用いてゴム製および金属製の弓状湾曲ローラを比較評価した。

2. 解析方法

図 1 に解析モデルを示す。解析条件として、幅 200 mm、厚さ 25 μm 、全長 1.2 m のフィルムを一辺 10 mm のシェル要素で分割した。また、弾性率は 4.5 GPa、ポアソン比 0.3 の等方性弾性体とし、張力 200 N/m、ローラは剛体で、約 0.2 m ほど搬送させた。フィルムとの摩擦係数は、ゴム製は 0.6、金属製は 0.3 とした。弓状湾曲ローラは、剛体として定義した湾曲ローラをソリッドシェル要素のゴムカバーで覆ったモデルとした。また、直径 60 mm、ゴム厚み 5.0 mm、ゴムポアソン比 0.499 とし、湾曲ローラとゴムカバーの摩擦係数を 1.0×10^{-10} とした。評価対象は、弓状湾曲ローラと接触状態のウェブとし、弓状湾曲ローラは湾曲量を 5.0 mm、湾曲方向角度を 0 deg、巻き角を 70 deg とした。

3. 実験結果および考察

図 2(a) にゴム材、同図(b) に金属材の解析結果を示し、各結果は接触摩擦力のベクトルを示している。図 2 より、いずれも摩擦力が外方向に生じたため拡幅していると確認されたが、ベクトルの分布形状に差が見られた。ゴム材では弾性変形により広い接触面が得られ、摩擦ベクトルは搬送方向と外側方向を含む扇状分布を示した。一方、金属材では摩擦方向は水平に並ぶ傾向を示した。これは金属材が硬く変形しにくいいため、ウェブとの接触は小さな点や線に限られることから、摩擦力は接触面に沿った一方向に集中し、扇状の分布にならなかったと考えられる²。

4. 結論

ゴム材では弾性変形により広い接触面が形成され、摩擦力が搬送方向と外側方向に分布し滑らかな拡幅が得られた。一方、金属製ローラでは接触が局所的となり摩擦力は外側方向に集中した。これにより、表面ゴムの弾性がウェブの接触摩擦分布を拡げ、安定した拡幅挙動に寄与することが示された。

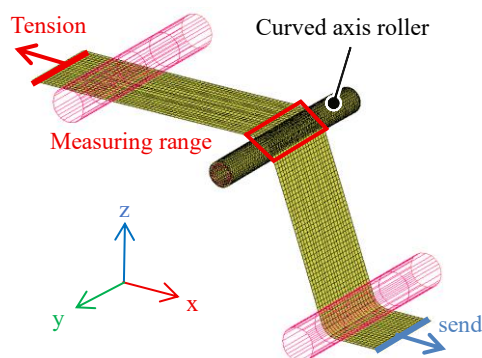


Fig.1 FEM analysis model overview

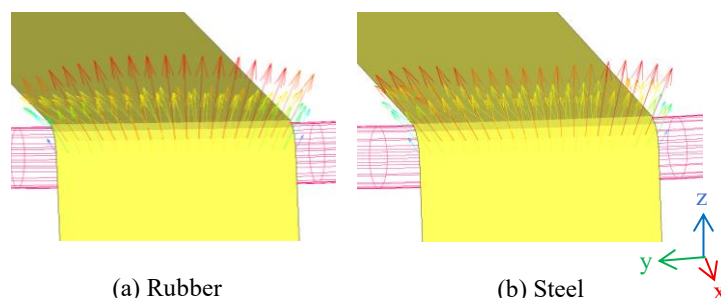


Fig.2 Contact friction force vector by material

参考文献

- ¹ 矢鍋 重夫, “ウェブの乗り上げしわ発生過程と湾曲ローラによる防止(ローラに傾きがある場合のウェブ搬送シミュレーション)”, 日本機械学会論文集, 2024, 4-17, pp. 1-17
- ² S. Muftu, J.J. Jagodnik, “Traction Between a Web and a Smooth Roller”, Journal of Tribology, Vol.122, No.3, pp.494–500, (2000)

リンク機構を用いた縦型ツインジャイロモノレールの製作過程

野出 遼介(東海大学工学部精密工学科)、野村 大祐(東海大学工学研究科機械工学専攻)、

土屋 寛太郎(東海大学機械システム)

1. ジャイロモノレールの歴史および背景

ジャイロモノレールは、20 世紀初頭に魚雷技術者である Louis Brennan 氏が提唱し、ジャイロ스코プを用いて 1 本のレール上を走行する車両のことである。フルスケールの試作モデルを製作したが、第一次世界大戦によってジャイロモノレールの開発は停滞し、2000 年代に入り、森博嗣らによって小型モデルを用いた研究が行われている^[1]。

本研究では、Brennan 氏^[1]や先行研究^{[2][3]}で製作された縦型ツインジャイロモノレールを参考に、リンク機構を用いてジャイロユニットを同期・安定化を図る縦型ツインジャイロモノレールの各種構造の設計・製作を行う。

2. 縦型ツインジャイロモノレールの設計製作

2. 1. 車体の設計

縦型ツインジャイロモノレールの製作にあたり、車体の設計に関しては、野村らが製作した縦型ツインジャイロモノレール^{[2][3]}、ジャイロユニットとリンク機構は森氏が製作した試作 10 号機^[1]を参考とし、それぞれの設計を行った。本研究で製作する縦型ツインジャイロモノレールの全体図を図 1 に示す。また、表 1 に本研究で設計した縦型ツインジャイロモノレールの性能を示す。

車体のフレームには構造の簡略化と強度を考え、アルミ L 字アングルを使用し、車体の幅は、ジャイロユニット・リンク機構のクリアランスを考慮し 96 mm に設計した。車体の全長はジャイロユニット同士のクリアランス等をもとに 370 mm に設計をおこなった。

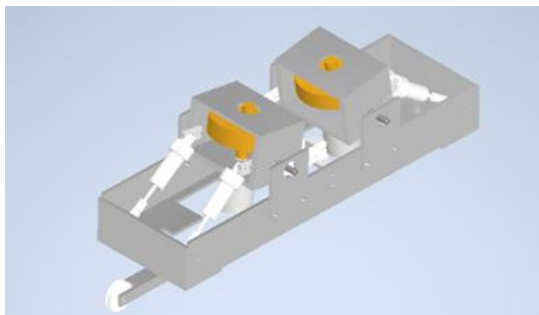


図 1 製作した縦型ツインジャイロモノレール

2. 2. ジャイロユニットの設計

基本的な構造は森氏の試作 10 号機をもとに設計を行い、ジャイロユニットのフレームには軽量化の観点からアルミ枠を用い、ジャイロディスクは真鍮製の直径 60 mm の物を用いた。ジャイロモーターは Mabuchi 380[®]を使用する。また、ジャイロ効果の影響を受け復元力を得られやすくする為、モーターのシャフト軸を上向きにした状態でディスクを取り付ける設計にした。以上により、縦型ツインジャイロモノレールの車体及びジャイロユニットの構造の検討が完了した。

表 1 車体諸元

項目	部品名	本研究
全体情報	全体重量	約 1800 [g]
	素材	Aluminum、Polystyrene
	寸法	約 96 × 370 [mm]
ジャイロユニット	重量	約 600 [g]/unit
	フレーム素材	Aluminum
	ディスク直径	約 60[mm]
	ディスク重量	約 390 [g]/unit
	ディスク素材	Brass(C3601)
	モーター	Mabuchi 380 [®]

3. 結言

本研究では、縦型ツインジャイロモノレールの各種構造の検討及び設計・製作を行った。まず、リンク機構やダンパー、ユニットや車体に関する部品や素材の選定を行い、軽量化・小型化を念頭にジャイロユニット並びに車体全体の設計を行い、リンク機構を用いた縦型ツインジャイロモノレールの設計を行った。

参考文献

- 森博嗣、ジャイロモノレール、浮遊工作室(機関車制作部)
<https://www.ne.jp/asahi/beat/non/loco/gyro/gyro32.html>
- 野村大祐、ジャイロモノレールにおけるセンサリングによる車体安定性に関する研究、pp,1-68,2024
- 松野清考、ジャイロモノレールにおける状態推定を用いた制御方法の検討、pp,1-79,2024

画像解析を用いたチタン材料の水素誘起弾性特性変化の評価

*関 龍翔(東海大院工)、山崎 智美(東海大院工)、原田 亮(東海大工、東海大総科研)、**内田 ヘルムート貴大(東海大院工、東海大総科研)

1. 背景, 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[1]。ヤング率が 104 GPa [2]である α チタンに対し、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[3]。体心立方系の結晶構造をとる β チタンは、六方晶構造をとる α チタンよりも、水素を多く固溶することが San-Martin らにより報告されている[4]。金属中への水素固溶現象については、水素誘起空孔形成や水素誘起アモルファス化などの構造変化が知られており、これらは材料の力学特性に影響を及ぼす。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 らの第一原理計算[5]や、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[6]。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るため[7]、さらなる実験的手法による検証が必要とされている。また、水素が弾性に与える影響の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[8]、不十分であり、更なる実験的調査が求められている。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、ヤング率の変化を静的に評価することを目的とする。

2. 方法

チタンワイヤーの端を万力で固定し、その自重で生じたたわみを、カメラを用いて撮影し、たわみ量を計測してヤング率を算出した。画像解析には ImageJ を用い、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、たわみを計測した。得られたヤング率に対し、メディアラング法を用いた統計的評価を行った。また、水素導入は電気化学的手法により実施し、SEM 観察により試料表面の形態変化を評価した。

3. 実験結果

水素導入処理前の試料 A では 102.0 GPa を得たヤング率が、水素導入処理後の試料 A' では 98.4 GPa へと 3.53% 低下した。試料 B では 108.9 GPa から 95.3 GPa へと 12.48% 低下、試料 C では 99.2 GPa から 83.9 GPa へと 15.45% 低下、試料 D では 110.5 GPa から 78.2 GPa へと 29.22% 低下した。いずれの試料においても水素導入によりヤング率の低下が確認された。

さらに SEM 観察を行った結果、As prepared 試料の表面には多数の付着物が確認された一方、水素導入後の試料では付着物は少なく、代わりに微小な凹凸や表面傷が増加していた。また、フッ酸処理試料では、未処理表面のなめらかさに対してザラつきが顕著となり、50 倍では伸線加工痕、500 倍では粒界や加工歪みに沿ったスカスカ状の溶解部、2400 倍では結晶方位依存的な丸みや角ばりを持つ表面形態が観察された。

4. 考察

水素導入処理後のヤング率は全試料で低下し、その減少率は 3.53~29.22% と大きなばらつきを示した。この要因として、結晶方位による弾性異方性[9]、表面酸化膜

厚さの不均一性[10]、および加工過程で生じるマイクロクラック分布などが考えられる。

SEM 観察の結果、水素導入試料では酸化膜の除去に伴い付着物が減少しつつ、微小な割れや腐食痕が顕著となっていた。これらの表面欠陥の形成はヤング率低下に寄与している可能性がある。また、フッ酸処理によって加工痕や結晶粒界が優先的に溶解する様子が観察され、結晶方位依存的な溶解挙動も確認された。以上の結果は、表面状態と結晶方位が力学的応答に強く関与することを示唆している。

5. 結論

静的試験により、電気化学的水素導入は Ti ワイヤーのヤング率を低下させることが明らかとなった。さらに SEM 観察により、水素導入やフッ酸処理によって表面に微細な割れやエッチングが生じ、結晶方位や加工痕に依存した表面構造が形成されることが確認された。以上の結果から、水素導入に伴うヤング率低下は、水素誘起空孔形成やアモルファス化などの結晶構造変化や表面状態の変化に密接に関連している可能性が示された。今後は、水素濃度の定量評価および局所的な弾性特性変化の詳細な解析が必要である。

参考文献

- 一般社団法人日本チタン協会 Web サイト <http://www.titan-japan.com/technology/usage.html> (2023 年 10 月 20 日参照)
- 成島 尚之, 軽金属, **55**, (2005), 561-565.
- Mitsuo et al., Mater. Trans., **43**, (2002), 2970.
- A. San-Martin et al., Bullett. Alloy Phase Diagrams, **8**, (1987), 30.
- Lu Sun et al., Int. J. Hydrogen Energy, **43**, (2018), 6756.
- H.T. Uchida et al., GMM Fachbericht, **101**, (2021), 209-212.
- W.A. Thomaz et al., Case Studies in Construction Materials, **15**, (2021), 200645.
- Y.P. Varshni, Phys. Rev. B, **2**, (1970), 3952-3958.
- M. Tane et al., Acta Mater., **61**, (2013), 7543-7554.
- O. N. Senkov et al., Metallur. Mater. Trans., **A27**, (1996), 3963-3970.

縦型ツインジャイロモノレールの振動軽減装置の初期製造

*小池七聖（東海大学機械システム工学科）、野村大祐（東海大学大学院工学研究科機械工学専攻）**土屋寛太郎（東海大学工学部機械システム工学科）

1. ジャイロモノレールの歴史および背景

ジャイロモノレールとは、車体姿勢を維持するために単一のレール上をジャイロ効果によって走行する車両である。本技術は20世紀初頭に、Louis Brennan, August Scherl, Pyotr Shilovsky らによって提唱され、それぞれが実物大の試作車両を開発した。しかし、第一次世界大戦の勃発により開発は停滞し、その後も継続的な研究開発には至らず、1960年代を最後に実物大のジャイロモノレールの開発は行われていない。

一方で2000年代に入り、Louis Brennan らによる初期の研究成果に着目した森博嗣らによって、小型スケールにおけるジャイロモノレールの試作・研究が進められている。

2. 本研究の目的

先行研究の車両では、ジャイロディスク回転時に軸のブレに起因する過度なジャイロユニットの振動が発生し、走行安定性が低下、長距離走行が困難であった。そこで本研究では、先行研究で製作された車両を参考に、走行時におけるジャイロユニットの振動を抑制し、走行安定性を向上させるための車両設計を行う。

3. 車両製作の検討

3.1 縦型ツインジャイロモノレールの検討

ジャイロユニットを2機搭載しており、車体フレームにはアルミニウム材を使用し、軽量性と強度を確保した。図1に検討中の縦型ツインジャイロモノレールを示す。

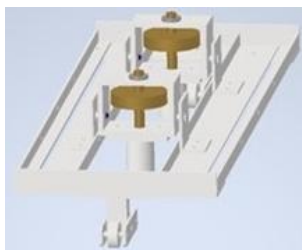


図1 縦型ツインジャイロモノレール

3.2 ジャイロユニットの検討

ジャイロユニットは、モーター、モーター支持部、ジャイロディスク、ジンバルの4つの主要構成要素から構成される。設計においては、特にジャイロディスクの回転軸の安定性を最優先に検討し、軸の振動を最小限に抑えることを重視した。

このため、ジンバルにはアルミフレームを採用し、高い剛性を確保した。また、ジャイロディスクの軸は、ベアリングおよびモーター軸の2点で支持する構造とすることで、回転時の振動を抑制している。

さらに、ジャイロディスクには調整加工の容易さと質量の最適化を考慮して真鍮を使用した。ジャイロユニットのフレームには軽量化を目的としてアルミニウムを採用している。

3.3 振動軽減の検討

本研究では、振動軽減のためにジャイロディスクの回転軸周りにベアリングを取り付ける構造を採用した。

測定にあたっては、回転軸周りにベアリングを用いた場合と用いない場合のそれぞれについて振動を記録し、数値化を行う。その結果を比較することでベアリングの有無が振動特性に及ぼす影響を定量的に評価する。

今後の展望

今後は先行研究で制作された車両を基に縦型ツインジャイロモノレールの走行時における振動軽減のためトラックなどで使われているリーフスプリングを使用して振動軽減を検討する。

参考文献

- 1 森博嗣, ジャイロモノレール, 幻冬舎(2019)
- 2 鈴木亮哉, 縦型ツインジャイロモノレールの走行安定性の研究, (公社)土木学会, pp.540-550, 2023

窓部を通過する騒音のアクティブコントロールシステムの性能改善

*熊林 楽(東海大学工学部機械工学科)、江尻 直樹(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

住居などで窓を開放すると、密閉することで確保されていた遮音性の低下が問題となる¹。開放した窓部の遮音性を受動的対策で向上させることは困難であり、能動的対策の検討がこれまでも行われている²。著者を含む研究グループでは、窓部周囲に設置した制御用音源を用いた Active Noise Control (以下 ANC) システムで窓部を通過する騒音を抑制する方法を検討し、窓開放部面積の変化に対応が容易となる ANC システムの構成を提案している³。提案する ANC システムの動作実験を行った結果、システム遠方では、近傍での観測結果と比べて減音効果が減少した。

そこで本研究では、窓部周囲に設置した制御用音源を用いた ANC システムの遠方においても十分な減音効果を得ることを目的として、適応制御時の誤差信号検出方法を変更し減音効果改善を試みる。

2. 窓部周囲に設置した制御用音源を用いた ANC システム

本稿では、Fig. 1 に示すような窓部周囲の境界壁面上に制御用音源を 5 つ配置する ANC システムを用いて動作実験を行う。騒音源に対して ANC システムを Fig. 2 のように配置する。また、騒音源がある空間とは反対側の空間に窓部から 0.5 m 離れた位置に観測点を置く。

本稿における実験装置では、騒音の情報を既知として騒音検出用マイクロフォンを配置せず発振器から直接入力信号を得ている。入力信号とともにシステム近傍に設置するマイクロフォンで検出した誤差信号を用いて、Filtered-x LMS アルゴリズム⁴により制御出力を生成する。



Fig. 1 窓部 ANC システム

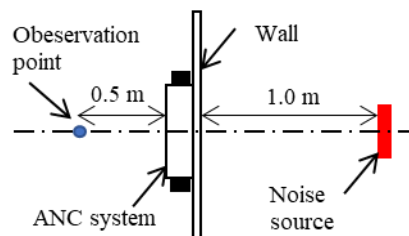


Fig. 2 実験装置の構成

3. 実験結果

Fig. 3 に誤差検出用マイクロフォンにおける音圧レベル周波数特性を示す。誤差検出用マイクロフォン位置においては ANC システムによる減音効果を確認できる。ただし、誤差信号での減音効果に比べて、ANC システム遠方においては減音効果が減少した。本システムは ANC システム近傍で誤差信号を検出している。ANC システム近傍における音場特性が遠方における音場特性と異なっているため、ANC システム遠方で十分な減音効果が得られなくなっていると著者らは考えている。ANC システム近傍において遠方の音場と相関度の高い誤差信号を検出する必要がある。

4. まとめ

窓部周囲に設置した制御用音源を用いた ANC システムの動作確認を行った結果、近傍における減音効果と比べて遠方では減音効果が減少することを確認した。システム近傍における音場と遠方における音場が異なっていることが原因と著者らは考えた。システム遠方において十分な減音効果を得るために、複数マイクロフォンの出力信号を合成することでシステム近傍の音場の非平面波成分を除去する方法を今後検討する。

参考文献

- ¹ 前川純一, 森本政之, 阪上公博, 建築・環境音響学 第3版, 共立出版 (2011), 第6章.
- ² Hsiao Mun Lee, Yuting Hua, Zhaomeng Wang, Kian Meng Lim and Heow Pueh Lee, Applied Acoustics Vol. 174, 107753 (2021).
- ³ Tatsuya Murao, Chuang Shi, Woon-Seng Gan and Masaharu Nishimura, Applied Acoustics Vol. 127, pp. 305-315 (2017).
- ⁴ Bernard Widrow and Samuel D. Stearns, Adaptive Signal Processing, Pntice Hall (1985).

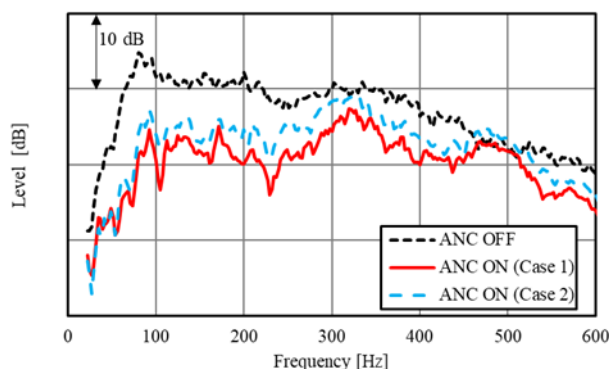


Fig. 3 ANC システム動作前後の音圧レベル周波数特性

二硫化ゲルマニウム薄膜の成膜速度が銀のフォトドーピングに及ぼす影響

*原竜弥(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)、坂口佳史(GROSS)、村上佳久(筑波技術大学)、**渋谷猛久(東海大学理系教育センター)

1. 背景, 目的

フォトドーピングとは非晶質カルコゲナイド薄膜と金属との二層膜にカルコゲナイドの吸収端近傍の光を照射することで金属が非晶質中へ異常拡散する現象のことを言う。金属が拡散したドーブ層では、光学的、電気的物性の変化が大きく、光学素子や光学的情報記録への応用が期待されている。一方これらの性質を利用するには再現性、安定性といった多くの問題を抱えている。

これまで本研究室ではカルコゲナイドとして二硫化ゲルマニウム(GeS_2)、金属として銀(Ag)の組み合わせの試料に関して研究を進めてきた¹⁻³⁾。最近の研究では、中性子反射率測定および非鏡面散乱解析により、埋もれた界面における Ag 拡散過程を明らかにした⁴⁾。さらに XAFS 測定から、光照射によって Ge-S 結合が切断され、 Ag-S 結合が形成されることが確認された⁵⁾。しかしながら、同一の成膜手法で作製した試料においても、必ずしも再現性は得られなかった。そこで、本研究では成膜速度の異なるサンプルを二種類作製し、成膜条件の違いがフォトドーピングに及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。

2. 方法

真空蒸着装置 (SGC-10M 真空蒸着装置, 昭和真空 (株)) を用いて Si ウエハー上に GeS_2 を成膜した。 GeS_2 の成膜後、一度大気に出し、その後 Ag を成膜した。成膜後試料を真空容器から取り出す際には大気圧になるまでアルゴンガスを導入した。 GeS_2 の成膜速度は、 1.0 \AA/s 、 2.0 \AA/s の二種類で成膜を行った。真空度は $8.0 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ 程度である。膜厚は水晶振動子型膜厚モニター (Sycon Instruments) を使用した。下地基板には Si ウエハーを用いた。 GeS_2 の膜厚は 200 nm 、 Ag の膜厚は 30 nm とした。

フォトドーピングは中心波長 408 nm 、半値全幅 11 nm の半導体レーザー (VLM20-405D-80、アクティブレイ・サイエンティフィック (株)) (以後 LD) を用いた。レーザー光は周辺光量に差が出ないようにロットレンズ (RLQL80-1, 朝日分光機) を用いて四角形に加工した。この位置で照射光強度は、 10 mW/cm^2 である。光照射を行い、一定時間ごとに分光光度計を用いて光反射率を測定した。光照射時間は 60 分 とした。

3. 実験結果及び考察

成膜速度 1.0 \AA/s および 2.0 \AA/s で作製した試料の光反射率を、それぞれ Fig. 1 および Fig. 2 に示す。光照射前はいずれの試料においても表面の Ag によって反射率が高い値を示したが、光照射に伴い減少する傾向が観測された。両試料とも光照射開始から約 20 分 で反応速度

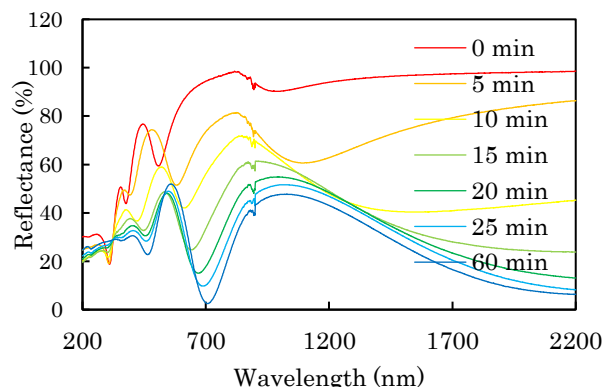


Fig. 1 Optical reflectivity of the sample deposited at a rate of 1.0 \AA/s .

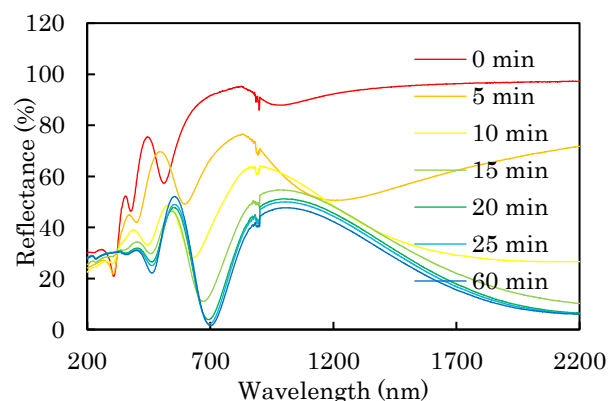


Fig. 2 Optical reflectivity of the sample deposited at a rate of 2.0 \AA/s .

が低下し、 60 分 で反応がほぼ終了したと判断される。反応初期においては成膜速度 2.0 \AA/s で成膜したサンプルの方が、反応の進行が速いことが確認された。

参考文献

- 1) 村上佳久他, 東海大学紀要工学部, Vol. 48, (2008), pp. 33-40.
- 2) 渋谷猛久他, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 18a-E205-1, (2019).
- 3) 能登勇真他, 東海大学紀要工学部 Vol. 63, pp. 1-6 (2023).
- 4) 原竜弥他, 第 72 回応用物理学会春季学術講演会, 17p-K308-6, (2025).
- 5) 坂口佳史他, 日本物理学会第 80 回年次大会, 17pSK205-10, (2025).

TiN ナノ粒子を添加した SWCNT 薄膜の気化熱冷却熱発電デバイスの開発

*仲澤祐人(東海大学 工学研究科 応用理化学専攻)、金子奎介(東海大学 工学研究科 応用理化学専攻)、**高尻雅之(東海大学 工学研究科 応用理化学専攻)

1. 背景, 目的

近年 IoT 技術の進展により膨大な数の小型センサーや電子デバイスが用いられる中で、長期的かつ安定的に駆動するためには、バッテリー交換や外部電源に依存しない電源供給が必要である。その解決方法として、熱エネルギーを直接電気に変換する熱発電に注目した。その中でも熱電材料として、柔軟性や軽量性、小型化が可能なメリットを持つ、単層カーボンナノチューブ(SWCNT)を用いた研究を行っている。これまで SWCNT を使用した SWCNT 熱発電デバイス(TEG)の開発を行ってきた。特に熱源に依存しない水の汲み上げと表面での蒸発を利用した気化熱冷却 SWCNT-TEG の開発に注力してきた。¹⁾しかし、従来の TEG では実用化に向けた十分な出力電圧が得られていない。性能向上には、膜内の温度差を拡大させるために蒸発量を増やし、気化熱冷却を促進するか、SWCNT 膜の性能向上が求められる。そのため今回は、SWCNT と TiN ナノ粒子を加えて作製を行う。これは、TiN ナノ粒子が太陽に当てられることで、太陽光を高効率で吸収し、急速に水温を上昇させることが研究されている。²⁾そのため、TiN を添加し蒸発量を高めることで性能向上を目指した。

2. 方法

SWCNT の膜作製では、SWCNT とエタノールのみ使用した膜と TiN を加えて作製した。SWCNT とエタノールは 0.1 g と 50 mL 用いて、TiN は 0.1、0.3、0.5 g の 3 水準用意した。超音波ホモジナイザーを使用することで均一に分散し、SWCNT/TiN 分散溶液を作製した。作製した分散溶液を真空濾過法によりバッキーペーパー(BP)の作製をした。作製した BP から 6×0.5 cm の面積を切り取り、7×4 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 の電気的測定として、ゼーベック係数測定、四探針抵抗測定を行った。作製した TEG は、水の上に浮かべて人工太陽灯による光照射下で、測定を 30 分間行った。光照射は 1000 W/m² で光量を調整し、自然環境下を想定し測定した。

3. 実験結果

図 1 に電気的測定の結果を示す。図 1(a)のゼーベック係数の結果では、TiN の添加量の変化で大きな変化は確認できなかった。図 1(b)電気伝導率では、TiN の増加に伴い低下していることが確認できた。そのため、添加していない膜で 40 S/cm で最も高い値を示した。図 1(c)の PF の結果では、電気伝導率の結果を受けた結果、TiN の添加量増加に伴い、低下することが確認できた。

図 2 に TEG の測定結果を示す。最も安定して高い結果を示したのは TiN を 0.3 g 添加した膜であった。出力電圧は約 0.37 mV 得られていた。最も SWCNT のみの TiN を添加しなかったときの膜で低い結果で、約 0.29 mV であった。最も高い TiN を 0.3 g 添加したものは、添加していない膜よりも約 1.3 倍の増加が確認できた。

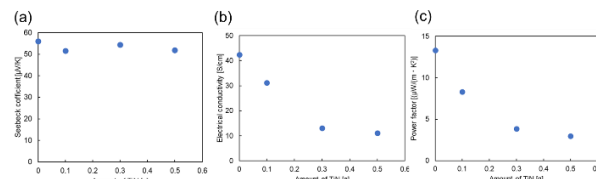


図 1 SWCNT/TiN フィルムの電気的測定: (a) ゼーベック係数、(b) 電気伝導率、(c) PF

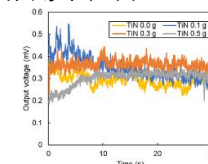


図 2 SWCNT/TiN-TEG の測定結果

4. 考察

電気的性能で得られた結果は、TiN を入れたことで抵抗成分を添加したことによる影響で電気伝導率は添加量の増加に伴い、減少したと考えられる。PF でも同様の結果が得られたのは、ゼーベック係数が変化せず電気伝導率が低下したためだと考えられる。結果としては、膜の電気的性能の向上はできていない。

TEG の結果から、TiN を加えた TEG では、SWCNT のみの TiN なしの TEG よりも出力電圧では高い値を示していたのは、TiN が水と触れて人工太陽灯で光を受けたことで、プラズモン共鳴を引き起こし蒸発の促進が生じたと考えられる。この蒸発により膜の冷却がされ温度差が拡大したことが要因だと考えられる。

5. 結論

本研究では、TiN を添加することで、気化熱冷却デバイスの性能向上に繋がり、更なる高出力化が期待できると分かった。本発表では、更なるメカニズムの追求と環境変化にも対応できる TEG の成果についても発表する予定である。

参考文献

- 1 T. Chiba, Y. Amma, and M. Takashiri, Sci. Rep. 11 (2021) 14707.
- 2 M. Kumar, N. Umezawa, et al. ACS. Photonics. 3, (2016), 43-50

3D ディスプレイにおける定量的な視認性評価方法の検討

*松本爽良(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)、**藤川知栄美(東海大学情報理工学部情報メディア学科)

1. 背景, 目的

近年, 立体ディスプレイは映画館をはじめとして, アトラクションやデジタルサイネージで利用されている. 立体ディスプレイには多くの表示方式があり, その一つである体積型立体表示方式は, 光点を物理的に 3 次元配置することにより, 裸眼で全方位から観察可能な映像を描画する技術である. 同方式を用いた製品としては, ブライトヴォックス社の「brightvox 3D」等がある¹⁾. 当研究室では, 同方式に分類される, 高速回転している螺旋滑り台型回転スクリーンあるいは鏡像螺旋型スクリーンを用いた立体像の表示装置を使用している²⁾. 裸眼での立体像観察が可能であり, 観察位置及び同時観察可能人数等に制約が少ないという利点がある一方, 立体像の視認性が周囲の照明環境に依存するという課題がある. そこで, 本研究では, 立体像の視認性の定量的な評価方法としてカメラでの撮影画像を使用する方法の検討を行った. ヒトの眼で見た明暗の感覚に近いとされるハイダイナミックレンジ(HDR)画像の使用を検討した.

2. 方法

HDR 画像の作成は市販のアプリケーションソフトウェアなどにその機能があり, 多くの場合カメラの露出時間が異なる複数の画像を使用して作成する. 本装置はヒトの眼の残像効果を利用した立体像表示装置であるため, 1/30 秒以下の露出時間では立体像が撮影できないという課題がある. そのため, 本研究では ND フィルタを使用して, 元画像の小さい画素値にも対応可能なようにした. 色彩輝度計を用いてあらかじめ, 使用するカメラの画素値と立体像の輝度値の関係を求め, HDR 画像の作成を試みた.

3. 実験結果および考察

カメラの画素値と輝度値の関係を明るさを制御可能な面光源を用いて求めた. 測定対象までの距離 800 mm と色彩輝度計の測定角 1° から測定円の範囲を特定し, 測定円に内接する四角領域の平均値を画素値とした.

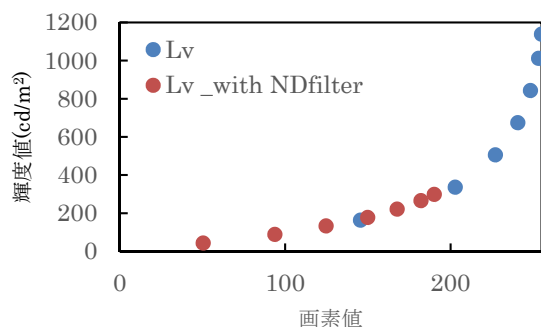


Figure 1 撮影画像における画素値と輝度値の関係

Figure1 より得られた画素値と輝度値の変換式を以下に示す. その結果を Figure 1 に示す. 露出時間 1/30 秒の場合の画像から得られた輝度を水色, 同じ露出時間で ND フィルタを使用して撮影した画像から得られた輝度を橙色で示した. 画素値 50 程度から 255 までの画素値に対する輝度値を得た. 画素値 150~画素値 200 付近の輝度値はほぼ重なっている. それぞれの画素値と輝度値の関係を算出した近似式をそれぞれ示す. 画素値を x , 輝度値を y とすると

$$y = 11.84 \exp(0.0172x) \quad (\text{式 1})$$

$$y = 23.13 \exp(0.0135x) \quad (\text{式 2})$$

が得られた. なお, カメラの撮影条件は, ISO 感度 100, 絞り F5.6 とした.

次に, Figure 1 と同じ撮影条件下で立体像表示装置に投影した立体像を ND フィルタあり/なしの場合の撮影を行った. これら 2 枚の撮影画像を HDR 作成の元画像として, HDR 画像を作成した. HDR の合成には, 先行研究により作成された Python による HDR 作成プログラム³⁾を利用した. このプログラムでは, 撮影条件の異なる 2 枚の画像において同座標の画素の画素値(階調値)を比較し, より中心値に近い画素値を取得する. 取得した画素値の元画像の画素値から該当する換算式を用いて輝度値を求める. その後, 各画素の輝度値の分布を輝度値の最大値を用いて画素値の分布に変換し, 画像ファイルを出力する.

4. 結論

カメラによる撮影画像から HDR 画像を作成し, ヒトの眼の認識に近い視認性評価用の画像を得ることを試みた. 明るさの異なる面光源を撮影した画像の画素値と同じ対象を色彩輝度計を用いて測定した輝度値の関係を求め, 画素値から輝度値への換算式を求めた. 立体表示装置に投影した立体像を ND フィルタのあり/なしで撮影した画像から HDR 画像の作成を行った. しかしながら, 元画像として用いた撮影画像が暗すぎることで, あるいは一部の合成後の画素値については, 意図した処理が行われておらず, その原因が不明であるなどの課題がある. 今後は, 視認性評価のための, より適切なカメラの撮影条件を検討する予定である.

参考文献

- 1) brightvox Inc., <https://brightvox.jp/>, (2025年10月3日閲覧)
- 2) K. Wakatsuki, C. Fujikawa and M. Omodani, "Evaluation of visible region in volumetric 3D display using a rotating helical screen", J.J.A.P, Vol.61, No.6, 062005 (2022).
- 3) 櫻井蒼太, "螺旋状回転スクリーンを用いた体積型立体表示 — 立体像視認性に関する定量評価方法の検討", 2022 年度東海大学卒業論文, pp.12-17(2023).

LaGdO₃:Tm³⁺, Yb³⁺のアップコンバージョン蛍光体の Eu³⁺微量添加による発光強度への影響

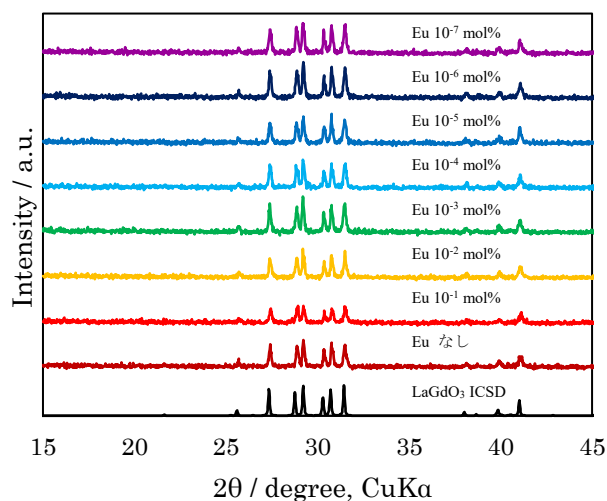
*佐長 蒼生(東海大学 理学部 化学科)、**富田 恒之(東海大学 理学部 化学科)

1. 背景, 目的

アップコンバージョン蛍光体とは、980 nm 付近の近赤外光を照射することで多光子多段階励起を引き起こし、励起光よりもエネルギーの高い可視光の発光が可能な材料のことである。アップコンバージョン蛍光体はバイオイメージングや太陽電池との複合化による効率向上など、多岐にわたる用途に向けた研究が行われている¹⁾。先行研究では、LaGdO₃:Yb³⁺, Er³⁺において微量の Eu³⁺を添加すると赤色の発光強度が増加することが報告されている²⁾が、その再現性に課題が残されている。Yb³⁺は近赤外光を吸収し、励起エネルギーを Er³⁺や Tm³⁺へ移動させる役割を担う。Er³⁺は主に緑色や赤色発光中心として機能し、Tm³⁺は青色発光を担う発光中心である。LaGdO₃:Tm³⁺, Yb³⁺は青色発光を示し、その発光メカニズムは三光子励起に基づくため、Eu³⁺添加の効果がより顕著に観測される可能性がある。本研究では、LaGdO₃:Tm³⁺, Yb³⁺アップコンバージョン蛍光体における Eu³⁺微量添加の影響を調査することを目的とした。

2. 実験操作

青色アップコンバージョン発光が最大となる LaGdO₃:Tm³⁺ 0.1 mol%, Yb³⁺ 8 mol% に Eu³⁺を 10⁻¹~10⁻⁷ mol% の範囲で添加した、計 8 種類の試料を錯体重合法によって合成した。全金属量が 2 mmol となるように化学量論比に基づいて各種金属錯体溶液と錯形成剤としてクエン酸 10 mmol とプロピレングリコール 10 mmol を混合後、攪拌した。その後、120℃で 12 時間加熱濃縮し、450℃で 20 時間仮焼きを行い、これを前駆体とした。仮焼き後、得られた前駆体をろ紙に移し替えて電気炉にて大気中で 1200℃、5 時間焼成を行った。試料完成後、粉末 X 線回折装置(XRD Bruker AXS, D8 ADVANCE)と赤外半導体レーザー (980 nm, 450 mW) を励起源として、マルチチャンネル型分光光度計 (大塚電子, MCPD-7700:311C) を用いて測定を行い、相の同定及び発光の評価を行った。



3. 実験結果および考察

図 1 に XRD 測定結果、図 2 に発光スペクトル測定結果の各波長における発光強度の最大値を示す。図 1 よりいずれの試料においても LaGdO₃ の構造から算出した回折パターンと一致した。

図 2 より Eu³⁺を 10⁻³~10⁻⁷ mol% の範囲で添加した試料において、無添加試料に比べて発光強度が増加した。一方、10⁻¹~10⁻² mol% 添加では発光強度が低下した。これは Eu³⁺によって非輻射緩和が増大したためと考えられる。また、Eu³⁺を 10⁻³~10⁻⁷ mol% 添加したサンプルにおいて、他の発光と比較すると、全ての試料で青色発光強度の上昇度が最も大きかった。青色発光は三光子励起に基づくため、励起および緩和の機会が他の発光に比べて多い。Eu³⁺添加により三光子励起に必要な緩和が起こりやすくなったため、より発光強度を上げることができたと考えられる。

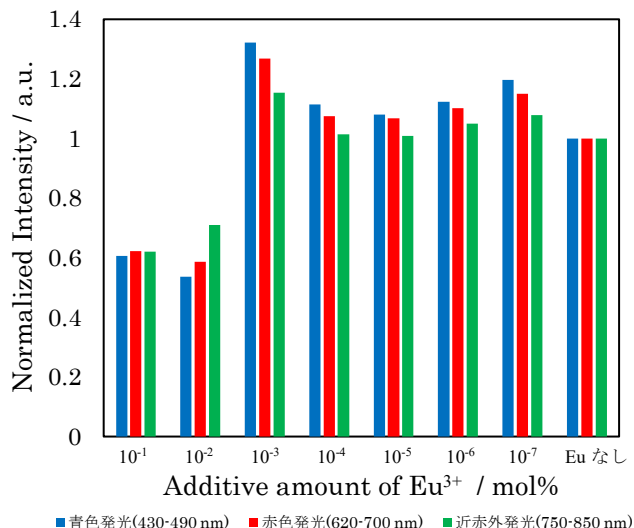


図 2. 積分値の比較

参考文献

- 1) 石井 海人夢、富田 恒之 オレオサイエンス 第 22 巻第 5 号 (2022) 13-14
- 2) 寺島那哉、東海大学大学院令和六年度修士論文

典型金属酸化物への遷移金属ドーピングによる赤外発光の調査

*上原仁(東海大学 理学部 化学科)、飯田智大(東海大学 理学研究科 化学専攻)、**富田恒之(東海大学 理学部 化学科)

[Introduction]

現在、赤外の波長の光を出す蛍光体として広く用いられているのは Cr^{3+} をドーピングした蛍光体が使われている。 Cr をドーピングした蛍光体はスペクトル調整が容易であるという利点があるが使用されている Cr が酸化により 3 価から 6 価に変わることがあり、6 価の Cr は有害物質に指定されているため Cr を使用しない蛍光体を開発する必要がある。

Cr を使わずに赤外発光を出せる蛍光体の主な例としては、 Al の酸化物がわずかだが赤外に発光する性質を持っている。本研究においては Al_2O_3 、 CaAl_2O_4 、 NaAlO_2 の赤外発光とその組成、そこへの Fe^{3+} 、 Mn^{3+} ドーピングによる発光の変化を調査した。

[Experimental]

錯体重合法、固体反応法によって試料を合成した。錯体重合法では化学量論比に基づき各種金属錯体溶液と錯形成剤として 3M クエン酸とエチレングリコールを混合後、攪拌した。ドーピング割合は Al に対して 0.1%、0.3%、1%、3% とした。これらの溶液を攪拌後、電気炉にて 120°C で 12 時間加熱濃縮後、 450°C 20 時間仮焼きを行った。仮焼き後、得られた前駆体をろつばに移し替えて電気炉で 1200°C 、5 時間焼成を行った。試料完成後、回折粉末 X 線回折装置 (XRD Bruker AXS, D8 ADVANCE) と 280nm の光を励起源として、蛍光寿命装置を用いて PL 測定を行い、相の同定及び発光の評価を行った。

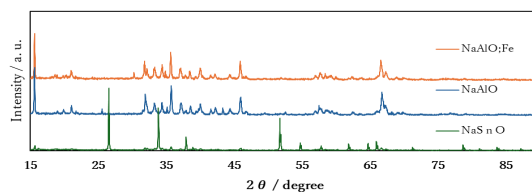
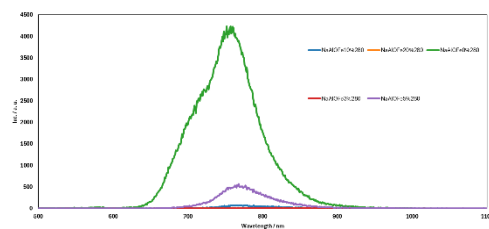


Fig.1 NaAlO_2 と Fe^{3+} をドーピングした PL 測定結果 Fig.2 NaAlO_2 の XRD 測定

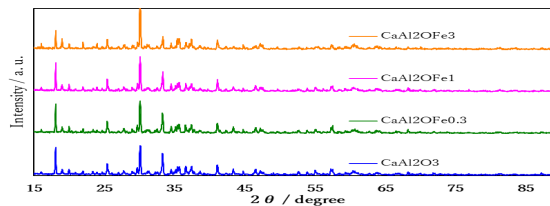
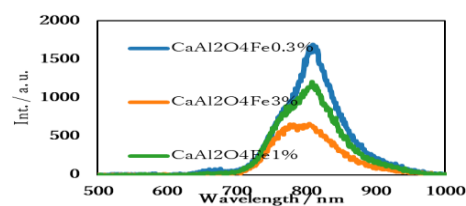


Fig.3 CaAl_2O_4 の PL 測定

Fig.4 CaAl_2O_4 の XRD 測定

[Results & Discussion]

Al_2O_3 ではメインピークとして目的生成物が出ているので、副生成物による消光ではないといえる。今回の消光の原因は Fe^{3+} の発光に使用される遷移が $d-d$ の禁制遷移であるので、 Fe^{3+} の入るサイトの反転対称性を崩さないエネルギーが吸収されてしまい発光を妨げてしまう。反転対称性を崩すために Ca との複合酸化物にすることで Al とのイオン半径の差で単斜晶の構造にすることで対称性を崩すことを目指したが、Fig. 3 と Fig. 4 より生成物は CaAl_2O_4 と Al_2O_3 の混相になってしまい、発光は消光した。Fig. 1 と Fig. 2 より NaAlO_2 では、XRD 測定の結果では、 Al_2O_3 と NaAlO_2 の混相となり単層で得ることはできなかった。PL 測定では Al_2O_3 が複層で含まれているのもあり発光波長に変化は見られなかったが、発光強度の面では Al_2O_3 、 CaAl_2O_4 よりもはるかに高い結果になった。この発光では発光強度の増強を達成できたが、 Fe^{3+} のドーピングにより発光は消光するという結果になってしまった。 Na はイオン半径的には Ca よりも小さいため、単斜晶になりやすいと考えたが、形としては立方晶系でありドーピングによる発光強度の増加も見られなかった。

脳波における個人特異性情報の抽出に関する基礎研究

*大井智也（東海大学大学院工学研究科）、高橋玲音（東海大学大学院工学研究科）、木村達洋（東海大学文理融合学部人間情報工学科）、**安藝史崇（東海大学工学部医工学科）

1. 背景, 目的

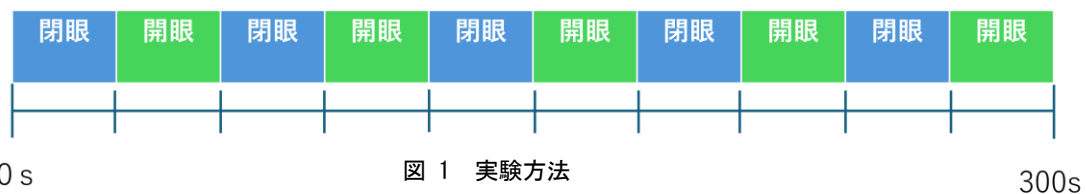
脳波を用いた個人認証システムは、脳波の持つ不確定性や統計的性質が不安定であることから実現が困難であったが、近年多チャンネル脳波のデジタル処理や人工知能（AI）の導入などにより、現実的な提案がなされるようになってきた（1）。Xiang Zhang らは、多チャンネル脳波を記録し、AI を援用することで、高精度の個人識別の可能性を示した。また、脳波の δ 帯域が識別に寄与していることも示した。しかし、140 以上の電極を頭皮上に装着して測定することは、個人認証の観点からは不便といわざるを得ない。

本研究では、電極の装着数（脳波測定チャンネル）を数個にとどめ、一定の測定時間を確保して、個人に特異的な情報が抽出できるかについて δ 帯域に着目しながら実験的に検討した。

2. 方法

2.1 測定

脳波は静粛なシールドルーム内の椅子に被験者を座らせ安静を求めた。脳波用電極は国際 10/10 法に基づき、C3、C4、P3、P4 とし、両耳朶を基準として装着した。なお、Cz をシステムリファレンスとした。承諾が得られた健常大学生 7 名を被験者とした。被験者には開眼 30 秒、閉眼 30 秒を交互に 5 回ずつ指示し、計 5 分間を 2 セットで測定した。サンプリング周波数は 250Hz、精度は 14bit である。



2.2 解析方法

得られたデータのうち、安静閉眼と開眼それぞれにつき FFT を用いてスペクトル解析し、周波数特性を検討した。その際に、30 秒をさらに 5 秒ずつ 6 区画に分けた。各帯域含有比率、分散分析、多重比較を用いて図に示した。

3. 実験結果

得られた結果の一部を図 2, 3 に示す。

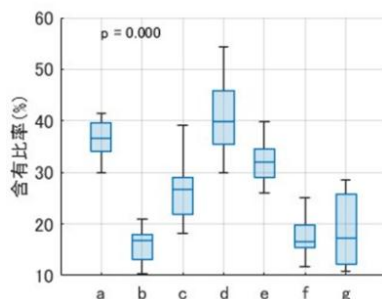


図 2 被験者毎の含有比率分布（P3 閉眼時 β 帯域 5~10s）

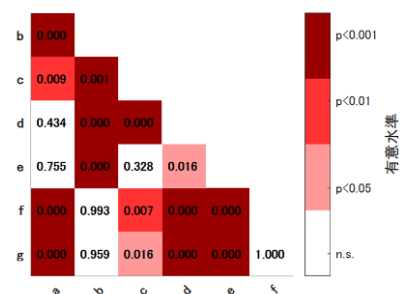


図 3 被験者毎の多重比較ヒートマップ（P3 閉眼時 β 帯域 5~10s）

4. 考察

本研究では、脳波の帯域別含有比率に着目し、被験者間の識別性を周波数帯域別、測定位置別、開眼閉眼別に評価した。実験結果で示した条件での個人差が顕著に表れた組み合わせであると考え、P3 は頭頂部領域に位置する電極であり、 β 帯域は主に覚醒状態や注意、精神的活動に関与される。閉眼時 P3 では視覚情報が遮断されることにより、内的な活動の個人差が反映されたと考え、

5. 結論

本研究では、分散分析、多重比較を用いて、個人に特異的な情報が抽出できるかについて検討した。その結果、P3 閉眼時の β 帯域において個人の有意差があることが確認できた。これらのことから閉眼時の β 帯域において個人に特異的な情報があると考え、

参考文献

1. Xiang Zhang et. al. MindID: Person Identification from Brain Waves through Attention-based Recurrent Neural Network. Proc. ACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technol. 2, 3, Article 149 (September 2018)

呼吸凝縮液中のアセトン検出のためのハンドヘルド型蛍光バイオセンサに関する研究

*楊 金凡(東京工科大学 大学院 修士課程サステナブル工学専攻)、張 耿、市川 健太、飯谷 健太(東京科学大学 総合研究院 生体材料工学研究所)、荒川 貴博(東京工科大学 工学部 電気電子研究科)

**三林 浩二(東京科学大学 総合研究院 生体材料工学研究所)

1. 背景, 目的

糖尿病 (DM) は持続的な高血糖を特徴とする慢性代謝疾患であり、心血管疾患や腎不全などの合併症を発症する。世界的に DM 患者数は増加しており、早期診断が重要である⁽¹⁾。現在、糖尿病の診断は主に血糖値の計測により行われるが、採血が必要であり、身体的・精神的な負担を伴う⁽²⁾。一方、健常者の血漿アセトン濃度は $15 \pm 5 \mu\text{M}$ と報告されているが、糖尿病患者では異常な脂肪酸代謝によりケトン体が増加し、糖尿病患者では $1690 \pm 780 \mu\text{M}$ に達する⁽³⁾。また呼吸中アセトン濃度は血中濃度を反映することから通常、健常者では $0.2 \sim 1.8 \text{ ppm}$ 、糖尿病患者では $1.25 \sim 2.5 \text{ ppm}$ の範囲と報告されている⁽⁴⁾。呼吸を冷却して採取する呼吸凝縮液 (EBC) にはアセトンを含む VOC が溶解し、EBC は非侵襲的かつ容易に採取できることから、有用なバイオマーカー試料となる。本研究の目的は、ハンドヘルド型のアセトン溶液バイオセンサを開発し、EBC 中のアセトン濃度計測への応用を検討することである。

2. 方法

本センサでは、二級アルコール脱水素酵素 (S-ADH) の酵素触媒反応を用いた。S-ADH は補酵素 NADH の酸化を伴って、アセトンを 2-プロパノールに還元し、NADH が自家蛍光 (励起光: 340 nm 、蛍光: 490 nm) を有することから、NADH の蛍光減少からアセトン濃度を測定することとした。センサシステムは酵素反応部、励起光源部、蛍光測定部の 3 要素にて構成した⁽⁵⁾。酵素反応部では光ファイバプローブ先端に S-ADH 固定化酵素膜が装着されている。酵素膜は、MPC と EHMA の共重合体 (PMEH) を用い、親水性多孔質 PTFE 膜上に S-ADH と PMEH の混合液を塗布し、冷暗所にて乾燥し、酵素を包括固定化した。励起光源ユニットは UV-LED、電源部、バンドパスフィルターで構成される。電源部にはリチウムイオンバッテリー、DC/DC コンバーター、可変電流源を用い、バッテリーにて駆動可能とした。蛍光測定部はバンドパスフィルターと光電子増倍管で構成され、蛍光信号を光子カウントしてデジタル信号に変換する。構築したシステムは軽量 (検出部 209 g 、PC 342 g) で可搬性を有する。予備実験として、まず各光強度 ($30 \sim 180 \mu\text{W}$) の UV-LED にて SN 比を比較し最適化を行い、次に各 NADH 濃度 (5 、 50 、 $500 \mu\text{M}$) にてアセトンの定量範囲を調べた。応用実験として、健常成人 10 名 (男性 7 名、女性 3 名) を対象に、R-Tube を用いて EBC を採取し、アセトン計測を行った。また異なる空腹時間 (4 、 16 時間) にて EBC 中アセトン濃度を計測・比較し、空腹状況の影響を調べた。

3. 実験結果と考察

構築したシステムでは従来の 5114 g から 209 g まで軽量化し、可搬サイズとすることができた。本装置にて励起光強度と SN 比の関係を調べた結果、 $120 \mu\text{W}$ にて最も高い SN 比が得られ、以後の実験ではこの光強度を用いた。次に NADH 濃度によるアセトン計測への影響を調べたところ、 $50 \mu\text{M}$ NADH 濃度にて安定した出力 (低 C.V. 値) が得られたことから、EBC 中のアセトン検出には $50 \mu\text{M}$ NADH 溶液を選択した。また緩衝液及び NADH 混合液の蛍光強度への影響は殆ど観察されず、1 分以内に出力値は安定した。上記の最適化条件 (UV-LED 強度、NADH 濃度) にて、本システムでは $510 \text{ nM} \sim 1 \text{ mM}$ の範囲でアセトンの測定が可能であった。次に、EBC 中のアセトン計測に応用したところ、食後 4 時間後での EBC 中アセトン平均濃度は $23.4 \pm 15.1 \mu\text{M}$ 、16 時間空腹では $37.7 \pm 14.7 \mu\text{M}$ を示し、両者にて有意差 ($p < 0.02$) が確認された。体内では空腹によりエネルギー物質である糖が減少し、脂肪酸代謝が亢進することで、脂質異化中に脂肪酸の β 酸化でアセチル CoA が生成され、その利用能力を超えるとケトン体へと変換される。血中アセトンは揮発性が高く、肺泡より呼吸として排出されることで、EBC 中のアセトン濃度が増加したものと考察される。

4. 結論

本研究ではシステム重量の軽量化を行い、可搬性を有するハンドヘルド型蛍光バイオセンサを開発した。本システムでは、溶液中のアセトン濃度 ($510 \text{ nM} \sim 1 \text{ mM}$) の測定が可能で、健常者より採取した呼吸凝縮液の計測に応用したところ、空腹状況 (脂肪酸代謝) に応じた濃度の変動が確認された。以上、開発した装置は糖尿病の非侵襲スクリーニングに有用なツールとして期待される。

参考文献

- ¹ P. Saeedi, I. Petersohn, P. Salpea, B. Malanda, S. Karuranga, N. Unwin, S. Colagiuri, L. Guariguata, A. A. Motala, K. Ogurtsova, J. E. Shaw, D. Bright and R. Williams, *Diabetes Research and Clinical Practice*, vol.157, pp.107843. (2019).
- ² L. Weiss, P. Reix, H. Mosnier-Pudar, O. Ronsin, J. Beltrand, Q. Reynaud, L. Mely, P.-R. Burgel, N. Stremmler, L. Rakotoarisoa, A. Galderisi, K. Perge, N. Bendelac, M. Abely and L. Kessler, *Diabetes & Metabolism*, vol.49, pp.101444. (2023).
- ³ M. P. Kalapos, *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, vol.1621, pp.122–139. (2003).
- ⁴ A. Rydosz, *J Diabetes Sci Technol*, vol.9, pp.881–884. (2015).
- ⁵ Zhang G, Ichikawa K, Iitani K, Iwasaki Y, Mitsubayashi K, *Analyst*, vol.150, pp.505-512, (2025).

予測的 BMI に向けた運動準備電位の基礎研究

*高橋玲音(東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻)、大井智也(東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻)、
木村達洋(東海大学文理融合学部人間情報工学科)、**安藝史崇(東海大学工学部医工学科)

1. 背景, 目的

ヒトの動作に先立って脳波の一種である運動準備電位 (RP) が発生する¹。脳波などの脳生体信号を利用して機器を制御する技術として Brain Machine Interface (BMI) があるが、ALS 患者などに対する動作やコミュニケーションの支援が期待されている。BMI に関して、深層学習による EEG 予測・分類が行われている²が、その内部処理過程はブラックボックスなため EEG 推定に寄与する特徴量は不明確である。

本研究では、多変量解析と機械学習を併用した予測的 BMI の適切な制御を目標として、足動作時の RP を測定し因子分析により動作分類に寄与する特徴量を明らかにする。

2. 方法

本実験には、ボランティアの健康男子大学生 8 名 (年齢: 22-24 歳) が参加した。まず、国際 10-10 法に基づき電極を F3、F4、Fc1、Fc2、Fc3、Fc4、Cz、C1、C2、C3、C4、P3、P4、A1、A2 に装着した。

次に、被験者を静電シールドルーム内の椅子に座らせ、三条件下での片足動作に伴う RP を測定した。第一および第二の条件として、初めに“Ready”の画像提示で動作準備をさせ、次に“赤丸”又は“青丸”をランダムに各 50 回ずつ PC モニタに表示し、赤丸では“Image”条件としてボタンを踏むイメージをさせ、青丸では“Move”条件としてボタンを踏ませた。

さらに“Voluntary”条件として、指示は行わず被験者の任意のタイミングでボタンを踏ませた。

得られた RP に関して、加算平均、2-way ANOVA、因子分析により解析した。加算平均では測定した RP 波形を観察した。また RP の生データを用いて、2-way ANOVA により動作条件と動作足を水準として有意差がみられた電極を抽出し、五つの周波数帯域パワー値を変数とした因子分析により潜在因子を条件間で比較した。

3. 実験結果

加算平均では典型的な RP 波形が得られた。また 2-way ANOVA より、F3 および F4 電極の動作条件間で有意差 ($0.05 < P$) がみられた。

因子分析では 3 つの因子を得た。以下に、結果の一例として F3 電極における δ 帯域の結果を示す。

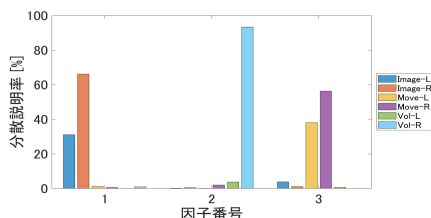


Fig.1 個別因子寄与率

Fig.1 において、第 1 因子は Image のみに対して寄与率が高く、

右足動作は約 60% であった。また第 2 因子においては Voluntary-R に対して約 90% を示した。そして第 3 因子は、両足の Move に対して 40% 以上の寄与率となった。

Fig.2 に、各条件に対する 3 因子の負荷率を表したベクトル図を示す。

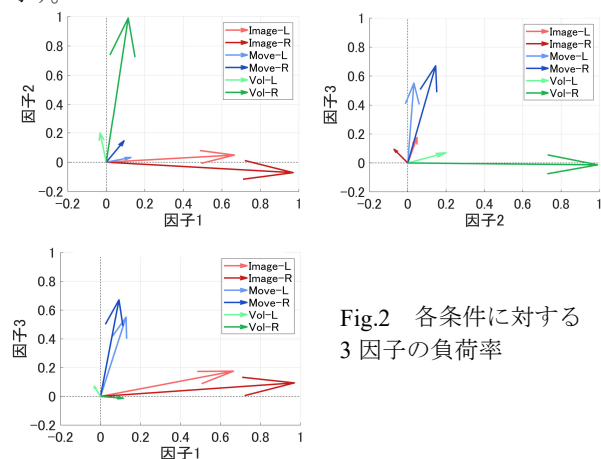


Fig.2 各条件に対する 3 因子の負荷率

Fig.2 より、第 1 因子は Image に、第 2 因子は Voluntary に、第 3 因子は Move に関して特徴的な負荷率ベクトルを得た。いずれも、右足の方が左足よりも高値となった。

4. 考察と結論

3 つの因子はそれぞれ特定の動作条件で最大の寄与率および負荷率をとった。F3 電極は左前頭前野に相当し、右足での運動の計画や意思決定など高次の認知・運動機能を担う領域である。また、 δ 帯域 (0.5-4 Hz) は RP の主構成である。

以上を踏まえると、第 1 因子の Image に対する寄与は、画像提示に対する認知と動作想起に伴う顕著な RP 出現によるものと考ええる。また第 2 因子は、利き足 (右足) での Voluntary における自己意志に基づく運動開始過程での内的制御機構の活性を反映する。さらに第 3 因子は、Move における画像刺激に即応した注意に伴う RP 発現と、実動作の準備過程における左右足動作での左前頭前野活性の等価性を示唆している。

参考文献

- Kornhuber, H.H., Deecke, L. “Hirnpotentialänderungen bei Willkürbewegungen und passiven Bewegungen des Menschen: Bereitschaftspotential und reafferente Potentiale.”, Pflügers Arch. 284, pp.1-17, 1965, E. Yabe and R. Fukui, Jpn. J. Appl. Phys., 26, pp. 1179-1184 (1987). <https://doi.org/10.1007/BF00412364>
- Leelasiri, P., Takahashi, R., Aki, F., Ohshima, H., Yamazaki, K. (2024). Multi-input CNN Based Classification of EEG and NIRS Signal During Voluntary Hand Movement. In: Jarm, T., Šmerc, R., Mahnič-Kalamiza, S. (eds) 9th European Medical and Biological Engineering Conference. EMBEC 2024. IFMBE Proceedings, vol 113. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61628-0_16

主観的時間感覚の異なる条件における脳波の検討

* 橋本純（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）、五味慎和（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）、中村夢斗（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）、眞子竜一（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）、安藝史崇（東海大学 工学部 医工学科） ** 木村達洋（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）

1. はじめに

我々が感じる時間の長さは、その者のおかれた状況により異なる。楽しいことや興味あることを行っているときは時間を短く感じることは、経験的にも認められるところである。この主観的な時間感覚は注意や感情の状態、課題の難易度や興味の有無といった要因によって変化すると考えられ、時間感覚の変化は生体内でも異なる反応が生じている可能性がある。

本研究では、主観的時間の異なる課題を遂行している際の脳波の変化を検討した。

2. 方法

被験者は健常大学生4名（20代前半、男性4名）とした。実験は脳波計（日本光電工業株式会社製 EEG1200 シリーズ）を用いて計測を行った。脳波は国際10-20電極法に基づき、両耳朶を基準として Cz、Pz にて計測した。時間間隔の異なる課題として、以下の4つの課題を行わせた。

A: 時計を目視した状態での安静、B: 開眼安静、C: 内田クレペリン検査、D: 特定のスマートフォンゲーム遂行
課題遂行はそれぞれ5分とし、被験者ごとに異なるランダム順にて行わせた。課題間は1分間の休憩を挟み、計23分の計測を行った。計測後はアンケートにて、時間経過の長く感じた順を回答させた。表1に実験プロトコルを示した。

表1 実験プロトコル

課題 5分	休憩 1分	課題 5分	休憩 1分	課題 5分	休憩 1分	課題 5分	アンケート調査
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	---------

得られた脳波はスペクトル解析を行い、 α 波帯域（8～13Hz）および β 波帯域（13～30Hz）の積分値を算出し、時間感覚との相関について検討した。

3. 実験結果

課題A、B、C、Dは、Aが最も長く感じ、Dが最も短く感じると想定した順番であり、図1にその際の β 波の積分値を示した。また、実験後のアンケートによると、当初の想定通りではなく、課題B最も長く感じた者と答えた者や、課題Cを最も短く感じた者と報告した者がいた。そのため図2にはアンケートの結果に基づき、実際の時間感覚の順にソートした結果を示した。その結果、図1図2ともに時間感覚が短くなると β 波が増加する傾向が認められたが、図2の方がよりその傾向は顕著であった。

また図3はアンケートの結果に基づく時間感覚で α 波帯域の積分値である。長く感じた課題と短く感じた課題で α 波が増加する者や減少する者などがあり、傾向は認められなかった。

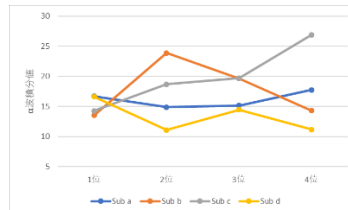
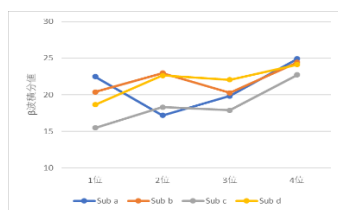
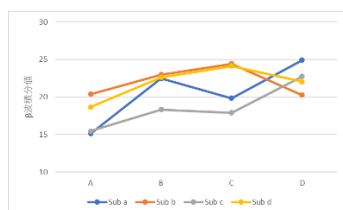


図1 β 波積分値（想定順）

図2 β 波積分値（アンケート順）

図3 α 波積分値（アンケート順）

4. 考察

時間感覚が短く感じる程、 β 波帯域の増加が認められた。 β 波は活動中に現れる脳波として知られているが、興味があることや楽しいことを行っている際は脳の活動が増加するためではないかと考えられる。一方 α 波については時間感覚順で一定の傾向は認められなかった。 α 波は安静時に顕著に増加することが知られているが、時間感覚が長い場合に、単純に安静になる者やストレスに感じる者など、多様な反応が認められるからではないかと考えられた。

今後は他の生理指標も含めてより詳細な検討を行いたい。

VR 機器使用時の視覚疲労に関する研究

*中島愛心（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）、後藤未和（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）、安藝史崇（東海大学 工学部 医工学科）、**木村達洋（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）

1. はじめに

近年、仮想現実（Virtual Reality: VR）技術は急速に進展し、エンターテインメント産業をはじめ、教育・医療・建築・リハビリテーションといった多様な分野において実用化が進んでいる。従来のディスプレイ媒体（モニター・スクリーン等）と比較して、VRは視覚・聴覚を中心とするマルチモーダルな感覚刺激によって、極めて高い没入感と臨場感を実現している。このような特性は、体験の質を大きく高める一方で、ユーザーに対する身体的・精神的負荷の増大という新たな課題も生み出している。

そこで本研究では、VR体験に伴う負担を眼精疲労の観点から検討した。

2. 方法

本実験では、VR機器及びPCにおいて同じタスクが用意されたゲーム（square Enix 社製:Power Wash Simulator）を使用し、それぞれのゲームの前後における眼精疲労を計測した。異なるプラットフォームにおける操作性の差を考慮し、時間は指定せず一定量のタスクが終了するまで課題を行わせた。VR機器とPCでのゲームは、それぞれの影響を考慮し別日に測定を行った。

眼精疲労の測定には、図1に示す自作の近点計を用いた。近点とは、焦点の合う最も近い距離のことであり、遠い距離から対象物を近づけ焦点の合わなくなった位置を消失近点、近い距離から対象物を遠ざけ初めて焦点があった距離は現出近点と呼ばれる。眼精疲労によりこの距離が延長することが知られている。

この測定器は、近点計を参考に当研究室で試験的に作成したものであり、図1には作成した近点計、図2には実際の計測風景を示した。測定の際は、消失近点・現出近点をそれぞれ5回測定し、その平均値を算出した。



図1 近点計



図2 計測風景

3. 実験結果

図3にPCゲーム実施前後における現出近点距離の変化を示した。この例では全被験者においてゲーム後に近点距離が延長することが認められた。このようにして得られた各種条件の近点距離の変化量を表1及び表2に示した。

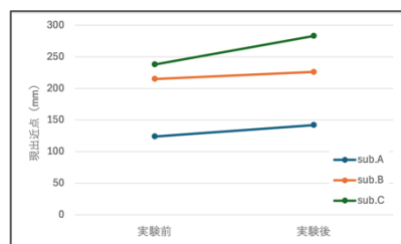


図3 PCゲーム実施前後における現出近点距離の変化

表1 各条件前後における現出近点の変化量 (cm)

	sub.A	sub.B	sub.C
PC	18	11	45
VR	22	-6	48

表2 各条件前後における消失近点の変化量 (cm)

	sub.A	sub.B	sub.C
PC	21	26	48
VR	41	38	0

4. 考察

VR及びPCゲーム使用前後の近点距離を検討した結果、被験者3名中2名でVRゲーム使用後に近点が延長する結果が得られた。

近点距離は水晶体の厚みを調節し焦点を合わせることのできる距離であるが、この水晶体の厚みを調節しているのが毛様体筋であり、近点距離の延長は筋疲労の影響が強く反映されていると考えられる。PCゲームにおける視距離はユーザーの好みにより調節ができ、無意識に疲労を軽減できる距離に調整していることが考えられる。他方、VRはゴーグルを使用するため一定の視距離となることから、より負担が増加したのではないかと考えられる。

今後はフリッカーテストなどの眼精疲労における他の指標を用いることで詳細な検討を行うとともに、被験者数を増やすことで幅広い年齢層での検討を行いたい。

脳波を利用した単語認識過程のタイポグリセミアに関する解析の基礎研究

*根本大地（東海大学 工学部 医工学科）、木村達洋（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）、**安藝史崇（東海大学 工学部 医工学科）

1. 背景, 目的

タイポグリセミア現象とは、文章内に誤りが含まれている場合であっても、文章の内容を理解できてしまう現象である。⁽¹⁾例えば、「みなさんこんにちは」のように、文章に含まれる単語の最初と最後の文字が正しければ、途中の順番が変わっていても問題なく「みなさんこんにちは」と文章が読めてしまう。これまでに、英国ノッティンガム大学のグラハム・ローリンソンにより、文字位置の重要性に関する実験が1976年に報告されている。⁽²⁾この研究において、グラハムは中間文字の識別は位置に大きく依存せず、最初と最後、または複数の文字からその単語の意味を理解する場合もあると結論付けている。さらに、単語の認識は左脳の下後頭側頭回で視覚的認識をし、角回で言語的な認識をしていると報告がされている、⁽³⁾しかしながら、日本語におけるタイポグリセミアによる、視覚的認識と言語的認識のずれについて、脳波との関係性は解明が進んでいない。そこで、本研究ではひらがなのタイポグリセミア文と脳波の関係性を解明することを目的とする。

2. 方法

Fig.1 に計測部位を示す。脳波計測点として、電極は国際10-20法に基づいた配置で、Fp1、Fp2、F3、F4、P3、P4、O1、O2、A1、A2を計測した。

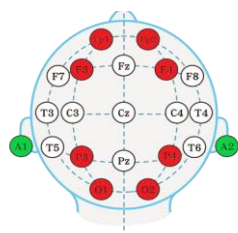


Fig.1 脳波計測部位

実験では、9種類の単語（ひらがな）及びそれに関連するイラストを0.75秒間表示し、実験協力者にはそれを判読してもらった。また、提示される単語は以下の3種類に分類した。「そのままの意味の単語」、「文字をすべて入れ替えたもの」、「文字の最初と最後だけを入れ替えず、中の文字のみ入れ替えたもの（タイポグリセミア文）」また、単語が表示された後、次の画像が提示されるまで6秒間の待機時間を設けた。待機時間に実験協力者に対し、表示された文字を理解できたかどうかのアンケートを記入させた。

解析方法

刺激提示前160[ms]から刺激後160[ms]までの脳波を記録した。また、条件ごとに合わせて加算平均を行い、そのデータをもとにグラフを作成した。

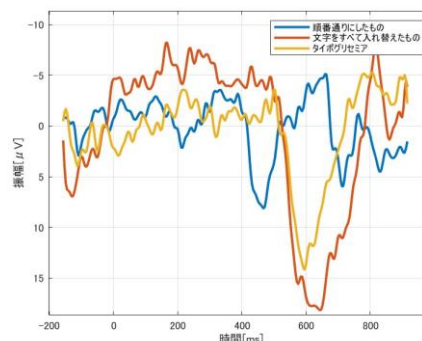


Fig.1 各条件における脳波

3. 実験結果

Fig.2 に各条件における脳波の加算平均波形を示す。横軸が時間、縦軸が振幅を示している。また、0秒時点が刺激画像提示時間としている。

すべての条件において記憶や感情などの言語処理に伴う陽性成分のP600が確認できた。青線で示したそのままの意味の単語では、400[ms]程度の潜時でP600が確認された。また、文字をすべて入れ替えた文、タイポグリセミア文では500[ms]の潜時が確認できた。さらに、文字をすべて得られた文ではより高い振幅が確認できた。

4. 考察

今回の結果から、文字をすべて入れ替えた文とタイポグリセミア文がそのままの意味の単語よりP600の潜時が伸びることを確認した。これは、文字の認識時において、正常文よりもワーキングメモリ内の情報を統合するのに時間がかかったためと考えた。P600の潜時を用いることによって、タイポグリセミア文と脳波の関係性を確認できた。

参考文献

- 1) 本村 信一, 桃野 浩樹, 堀 来瑠美: タイポグリセミアに関する研究アプローチ, 社会情報学会大会研究発表論文集, 2024 巻, pp.136-139
- 2) R. Graham, (1976): "The Significance of Letter Position in Word Recognition", University of Nottingham, University of Nottingham. Theses. Psychology
- 3) Ryuta Kinno, Shinri Ohta, Yoshihiro Muragaki, Takashi Maruyama, Kuniyoshi L. Sakai: "Differential reorganization of three syntax-related networks induced by a left frontal glioma", Brain, Volume 137, Issue 4, April 2014, Pages 1193-1212

体感型スポーツゲームと従来型スポーツにおける運動強度及び心理指標の比較

* 田中大智（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）、若杉愛斗（東海大学 文理融合学部 人間情報工学科）、
安藝史崇（東海大学 工学部 医工学科） ** 木村達洋（東海大学 人間情報工学科 人間情報工学科）

1. はじめに

近年、健康志向の高まりとともに、運動習慣の促進が重要視されている。そうした中、「ゲーム性を取り入れた運動」、いわゆるアクティブ・ビデオゲームや体感型ゲームが注目を集めている。これらのゲームは、楽しみながら身体を動かせるという特徴があり、特に運動へのモチベーションや、運動に対して苦手意識を持つ人々にとって、運動を始めるきっかけとなる可能性がある。一方で、こうした「ゲームによる運動」が、実際の運動（ランニングや筋トレ、スポーツなど）と比べて、どの程度の運動強度を持つのか、また心理的な効果はどのように異なるのかについては、まだ十分に明らかにされていない部分も多い。そこで本研究では「従来型スポーツ」と「体感型スポーツゲーム」における運動強度と気分変容への影響について検討を行った。

2. 方法

被験者は運動制限のない健常大学生4名（男性4名、22歳）とした。実験は「従来型スポーツ」と「体感型スポーツゲーム」を別日に実施し、その前後において気分の変化を測定するPOMS2を回答させた。体感型スポーツはNINTENDO SWITCH Sport（任天堂社製）を用いて行い、競技はバドミントンとした。また、両運動とも30分とし、運動中はライフコーダーGS（スズケン社製）にて運動強度を測定した。表1に実験プロトコルを示した。

表1 実験プロトコル

POMS 2	スポーツ 30分	POMS 2
	ゲーム 30分	
	運動強度測定	

3. 実験結果

従来型スポーツの運動強度と体感型スポーツゲーム時の運動強度の1例を図1、図2に示した。体感型スポーツゲームは終始一様の運動強度変化であるのに対し、従来型スポーツは運動強度の時系列的変化が認められ、合計値においては従来型スポーツにおいて運動強度が大きかった。また、表2、表3にPOMS2の測定結果を示した。両者ともネガティブな気分変化は低下する傾向が認められたが、従来型スポーツにおいてより顕著であった。

表2（体感型ゲーム前後のPOMS2の変化）

体感型	AH 怒り・敵意	CB 混乱・当惑	DD 抑うつ・落	FI 疲労・精気	TA 緊張・不安	VA 活気・活力	F 友好	TMD 総合的気分状態	T得点
1回目	7	9	7	8	9	4	8	36	48
2回目	3	11	8	5	11	15	9	23	45
1回目-2回目	-4	4	1	-3	2	11	1	-13	-3

表3（従来型スポーツ前後のPOMS2の変化）

従来型	AH 怒り・敵意	CB 混乱・当惑	DD 抑うつ・落	FI 疲労・精気	TA 緊張・不安	VA 活気・活力	F 友好	TMD 総合的気分状態	T得点
1回目	11	15	12	10	15	17	14	46	51
2回目	3	18	4	15	11	27	12	24	45
1回目-2回目	-8	3	-8	5	-4	10	-2	-22	-6

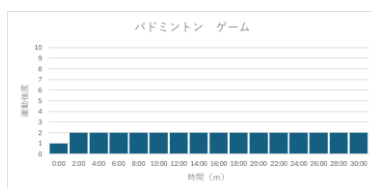


図1（体感型ゲームの運動強度）

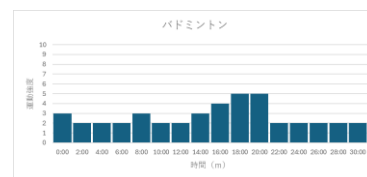


図2（従来型スポーツの運動強度）

4. 考察

運動強度は体感型と従来型で比較すると、体感型において運動強度が高く、運動中の変化も認められた。これは、体感型は実際のスポーツを模擬しているものの移動量などが少なく、従来型の運動では全身を使った持続的な運動となり、下肢・体幹・持久力を多く必要とするためと考えられる。POMS2における気分変化は従来型において顕著にネガティブな気分が減少した。一方体感型においても減少する傾向は認められた。

体を動かす体感型ゲームによる運動は、実際の運動に比べて運動強度は弱い、心理的な効果や継続のしやすさという点では相応の効果が得られると考えられる。激しい運動ができない心身状況にある場合などにおいては有効であり、高齢化社会においても有効に利用されることが期待される。

今後は他のスポーツや年齢層において、生理指標も用いた詳細な検討を行いたい。

顔特異的 EPR 成分 (N170) を利用した不気味の谷現象の解析に関する基礎研究

*錦部 颯太(東海大学大学院工学研究科威容生体工学専攻)、木村 達洋(東海大学文理融合学部人間情報工学科)

**安藝 史崇(東海大学工学部医工学科)

1. 背景、目的

不気味の谷現象¹は、人間に類似した外見を持つ対象に対して親和度が変化する心理現象のことである。原因として、人間的特徴と機械的特徴の不一致や分類の難しさによって引き起こされているものだと考えられている。また、近年、VR 環境やメタバース環境の開発、AI の進歩やアンドロイド等の技術革新により、一層身近な課題となりつつある。従来、不気味の谷現象の評価方法は主観的な評価が一般的であり、客観的な評価方法は現状少ない。

本研究では、顔特異的 EPR 成分(N170)を利用し、不気味の谷現象の客観的評価の確立を目指し、まずはこれらの関係性の解明することを目的とした。

2. 方法

健康成人男性 4 名を対象に、先行研究²で用いられた 16 枚のロボット顔画像をディスプレイに提示し、脳波を測定した。電極は 10-20 法に基づき A1、A2 を基準とし、C3、C4、P3、P4、O1、O2 から記録した。サンプリング周波数は 100Hz、フィルタは 0.531-49Hz とし、刺激前 250ms から刺激後 750ms を抽出、加算平均 60 回実施し、ここから N170 を測定した。これに加えて、親和度のアンケート調査を実施し、従来の方法で不気味の谷を生成した。

3. 結果

まず、アンケート結果を平均したグラフを Fig1 に示した。縦軸は親和度、横軸は類似度順に並べた画像番号である。Fig1 より、谷からの親和度の回復が鈍く、従来の不気味の谷とは異なる結果を示した。

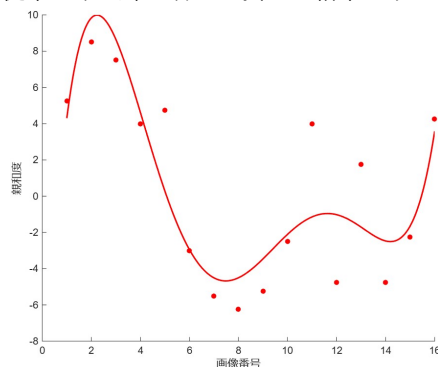


Fig1. アンケート結果から得られた不気味の谷

次に、N170 の潜時の長さの関係を Fig2 に示した。このグラフは、Fig1 に N170 の潜時の長さを加えたものである。なお、今回は O2 のデータを採用した。Fig2 より、不気味さが高い範囲では潜時が延長し、人間的と感じた範囲では潜時が短縮する傾向がみられた。また、両者の変動パターンには一定の対応関係が存在することが示唆された。

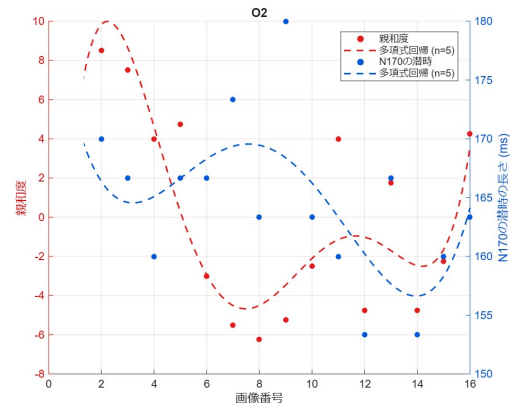


Fig2. 不気味の谷と N170 の関係

4. 考察

結果より、不気味さの強い刺激では顔知覚の処理効率が低下し、N170 の潜時の長さの延長として反映されたことが示唆された。これより、不気味の谷現象は単なる主観的印象にとどまらず、初期視覚処理の際に影響する可能性を示した。また、本研究の最終目標である脳波計測による客観的評価の実現に向けて有益な知見を提供できたと考えられる。

5. 結論

今回の実験により、不気味の谷現象は N170 の潜時の延長として確認できた。

参考文献

- 1) Mori, M, 1970. Bukimi no tani [the uncanny valley]. Energy 7, 33-35. Transl. K. F. MacDorman and N. Kageki 2012, IEEE Trans. Rob. Autom. 19, 98-100.
- 2) Maya B. Mathur, David B. Reichling, 2015. Navigating a social world with robot partners: A quantitative cartography of the Uncanny Valley. Cognition Vol. 146, 22-32.

水素センサ応用を目指した Pd 薄膜の基板依存性評価

*笹島 泰樹(東海大学院工学研究科機械工学専攻)、坂本 康輔(東海大学院工学研究科機械工学専攻)、**内田 ヘルムート貴大(東海大学院工学研究科機械工学専攻)

1. 背景, 目的

水素は無色無臭で広範な可燃性を持つ気体であり[1]、化石燃料の代替エネルギー源として注目されている[2]。これに伴い水素センサの需要増加が予想される。本研究では、外部電源不要で視覚的検知可能なセンサ開発を目指し、異なる剛性の基板の上に Pd 薄膜を成膜し、その水素化特性評価と検知可能な薄膜作製を検討した。

2. 実験方法

真空蒸着法で試料を作製した。GaAs (10 mm × 30 mm) と Cu (10 mm × 30 mm、厚さ 0.010 mm) 基板の上に 0.0705 g の Pd を蒸着し Pd 薄膜を成膜した。水素ガス導入処理では、試料を専用装置で片端固定し、28 hPa 以下まで減圧後、1010 hPa 以上の水素ガスを 1 時間以上導入した。X 線回折 (XRD) 法で相分析と応力解析を実施。測定条件は Cu K α 線、スキャン速度 0.02 ° /s、積算時間 2 s/step。面内線膨張率 λ は式(1)で計算した[4]。

$$\lambda = \frac{dt_s^2 E_s (1 + \nu_s)}{3lt_f E_f (1 - \nu_s)} \quad (1)$$

ここで E はヤング率 ($E_s=130$ GPa[5]、 $E_f=121$ GPa[6])、 t は厚さ ($t_s=10.0$ μ m、 $t_f=0.146$ μ m)、 ν はポアソン比($\nu_s=-0.34$ [5])、 d は自由端の変位[m]、 l は固定端から自由端までの長さ[mm]($l=30$)、 s および f の添え字はそれぞれ基板および薄膜のパラメータを示す。自由端の変位 d [μ m])は、水素を導入する前後のサンプルの一端を固定した固定観察点から、画像解析用ソフトウェア ImageJ を用いてデジタル計測した。

3. 実験結果

水素導入後のたわみは軟質 Cu 基板でのみ確認され、ImageJ 解析により自由端変位 $d=1552.447$ μ m を得た。Pd 薄膜剥離[7][8]は両基板で観察された。式(1)から得られた 2.58%の体積膨張は、Pd の単位胞体積増加 1.5184 \AA^3 に相当[9]し、先行研究データから、Pd 中の H 濃度 (PdH $_x$) は $x \approx 0.13$ と評価された。

4. 考察

軟質基板上でたわみが確認されたことから、軟質基板が水素センサとしての適性を示すことが考えられる。

また、同じ FCC 構造である Pd と Cu を用いることによって高い密着性を確保できると想定していたが、水素導入後に Pd 薄膜の剥離が確認された。この原因として基板上的酸化被膜によって薄膜の密着性が阻害されていたことが考えられる。

5. 結論

本実験より、軟質基板が水素センサとしての適性を示すことが確認できたことから、形状変化をモニタリングすることで、薄膜センサの作製が可能であることが確認できた。また、水素ガス雰囲気中での体積膨張係数に関する知見が得られた。そして、水素導入後に薄膜の剥離が発生することが確認できた。

参考文献

- [1] 井上 雅弘, 『水素の安全利用』, 電気設備学会誌, **36**, (2016), 263-266.
- [2] A. Züttel et al., *Phil. Trans. R. Soc. A.*, **368**, (2010), 3329–3342.
- [3] L. Zhang et al., *J. Alloy. Compd.*, **964**, (2023), 1-8.
- [4] A.C. Tam and H. Schroeder, *IEEE Trans. Magn.*, **25**, (1989), 2629.
- [5] L.B. Freund, S. Suresh, "Thin Film Materials: Stress, Defect Formation, and Surface Evolution", Cambridge University Press, (2004), ISBN:978-0808916710.
- [6] G. W. C. Kaye and T. H. Laby, "Tables of Physical and Chemical Constants and Some Mathematical Functions 15th Edition", (1986), ISBN:978-0582463547.
- [7] E. Nikitin, "Controlled delamination of metal films by hydrogen loading", Ph.D thesis, Universität Göttingen, (2008).
- [8] J. Čížek et al, "Hydro genes of Pd films", *Int. J. Hydrogen Energy*, **38**, (2013), 12115-12125.
- [9] F.D. Manchester, A. San-Martin and J.M. Pitre, "The H-Pd (hydrogen-palladium) System", *J. Phase Equil.*, **15**, (1994), 62-83.

R2R 搬送工程におけるウェブの厚み不均一性がトラフ形成に及ぼす影響

*中田星空(東海大学)、畑中悠希(東海大学)、**岩森暁(東海大学)

1. 背景, 目的

近年、フレキシブル基板などの需要が高まっている。これらの製品に用いられる薄く柔軟な連続媒体をウェブと称し、ウェブの生産方法にはRoll-to-Roll (R2R) 生産方式が多く採用されている。しかしながら、R2R搬送工程において、ウェブに波板状のくぼみが生じるトラフが問題となっている⁽¹⁾。近年では、ウェブの薄膜化が進んでおり、厚みムラなどによる局所的な剛性のばらつきが、トラフの発生に影響を及ぼす要因の一つとなっている可能性がある。

したがって、本研究ではウェブの厚み不均一性がトラフ形成に及ぼす影響の解明を目的とし、ウェブ厚みを測定した後、搬送中のウェブをラインスキャンカメラで撮像してトラフを測定し、厚みとトラフの関係を調査した。

2. 方法

本研究では、材質 Polyethylene Terephthalate、厚さ 6 μm 、幅 210 mm のウェブを用いて実験を行った。R2R 生産方式における搬送工程を簡易的に模倣した装置を図 1 に示す。パラメータとして搬送速度、張力を設定し実験することができる。実験条件として、搬送速度 0.1 m/s、ウェブ張力 200 N/m、とした。ウェブをループ状に張り合わせ、張力を加えた後にモータによって駆動力を与え、ローラでウェブを支持し搬送した。トラフの撮像にはラインスキャンカメラを用いた。ラインスキャンカメラの測定位置は矩形膜の力学的挙動として最も厚さ方向に変化が起こるローラ間の中心にし、ローラに対して平行にラインスキャンカメラを設置し撮像した。厚み測定には分光干渉法を原理とする膜厚計を用い、測定値と同座標のトラフを比較した。

3. 実験結果および考察

図 2(a)に膜厚データを示す。測定した結果、膜厚の平均値は 5.7 μm であった。図 2(b)は、低膜厚部を抽出するため図 2(a)の画像に対し $\mu\text{-}\sigma$ にあたる 5.6 μm を閾値とし二値化したものである。また、図 2(c)には、図 2(b)で得られた二値化画像をラインスキャンカメラで撮像した画像に重ね合わせたものを示す。図 2(c)より、ウェブに発生したトラフの近傍に低膜厚部が存在することが確認された。これらの結果から、トラフの発生位置は、ポアソン効果により幅方向に圧縮応力が生じて形成されるだけでなく、低膜厚部の存在による影響を受けている可能性がある。このことから、低膜厚部が低強度部として作用し、応力が集中することで、その部位においてトラフが発生した可能性が示唆される。

4. 結論

本研究では、R2R 搬送工程におけるウェブの厚み不均一性がトラフ形成に及ぼす影響の解明を目的とし、厚みとトラフの関係を検討した。その結果、トラフは局所的に厚さの低い領域に存在することが明らかとなり、厚みムラがトラフ発生の一因であることが示唆された。

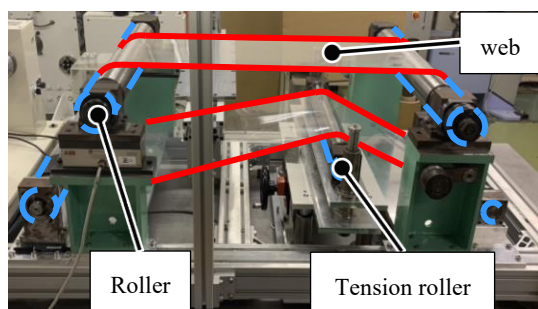


Fig.1 Transport equipment

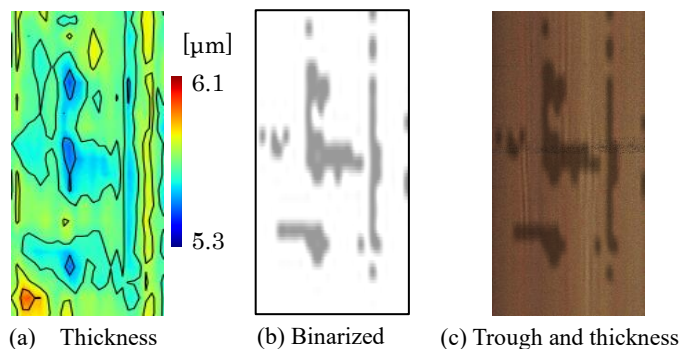


Fig.2 Overview of the Relationship between Thickness and Trough

謝辞

本研究にあたり、装置をご提供いただいた NEC プラットフォームズ株式会社様に厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 橋本巨, “入門ウェブハンドリング”, 加工技術研究会, (2010), pp. 62-86.

不織布の繊維配向角度が静摩擦係数に与える影響

*西岡 柊哉(東海大学)、畑中 悠希(東海大学)、**岩森 暁(東海大学)

1. 背景, 目的

不織布は高い透気性や柔軟性を有することから、医療や建築などの幅広い産業分野で応用されている。不織布は工学的にウェブに分類され、一般にロールツーロール生産方式によって製造される。しかし、本生産方式では巻取り条件が不適切であった場合巻きズレや、巻きしわといった不具合が生じてしまう。そこで、Hakiel ら⁽¹⁾によって巻取りロールの内部応力を予測する巻取り理論モデルが提案されている。しかし、この理論解析モデルは不織布に対する有効性が確認されておらず、不織布は特有の繊維構造や透気性を有するため、本理論モデルとは一致しないことが考えられる。そこで、本研究では不織布に対する巻取り理論モデルの構築を目的に、画像解析を用いた繊維配向角度の算出および、傾斜法を用いた静止摩擦係数測定を行うことで、繊維配向角度が静止摩擦係数に及ぼす影響を明らかにした。

2. 実験方法

本研究では、繊維配向角度は2次元フーリエ変換を用いた手法⁽²⁾によって取得した。本手法は画像データに離散フーリエ変換を行い、周波数スペクトルの方向依存性について解析することで繊維配向角度の取得を可能としている。

静止摩擦係数の測定には傾斜法を用いた。本手法では、傾斜板および平面圧子の両方に不織布を装着し、傾斜角を徐々に増加させ、圧子が滑り始める角度から不織布間の静止摩擦係数を算出した。このとき、不織布の重なり部にマーキングを施して関心領域を設定し、同一箇所での画像解析を可能にすることで、静止摩擦係数と繊維配向角度の関係を調査した。

3. 実験結果および考察

図1に繊維配向角度差と静止摩擦係数の関係を示す。その結果、搬送方向(MD)に比べて幅方向(CD)の静止摩擦係数が高い傾向を示し、不織布の静止摩擦係数に異方性が存在することが確認された。さらに、不織布同士の繊維配向角度差が大きくなるにつれて、静止摩擦係数が増加することが明らかとなった。

これは、繊維の絡み合い構造は摩擦強度の増加に繋がることが報告されていることから⁽³⁾、繊維の交差数の増加や絡み合い構造の複雑化によりアンカー効果の強化に繋がり、静止摩擦係数の増加につながったと考えられる。

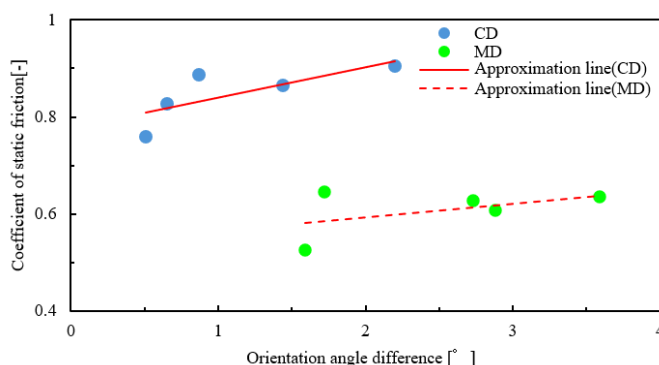


Fig.1 Relationship between orientation angle difference and coefficient of static friction.

4. 結論

本研究では、不織布に適用可能な巻取り理論モデルの構築を目的として、繊維配向角度が静止摩擦係数に及ぼす影響を調査した。その結果、不織布の摩擦係数には異方性が存在し、MDの方が高い傾向を示した。さらに、MDおよびCDのいずれにおいても、繊維配向角度差の増加に伴い静止摩擦係数が増加することが明らかとなった。

参考文献

- ¹ Z. Hakiel, "Nonlinear Model for Model for Wound Roll Stress", TAPPI Journal, Vol. 70, No. 5(1987), pp. 113-117
- ² 森 芳立, "紙表面に現われるパルプ繊維配向性の定量推定", 第57回自動制御連合講演会, (2014), pp.917-920
- ³ GE Mingqiao, "Frictional Strength of Entanglement of Interlaced Yarns", J. Text. Eng., Vol. 48, No. 4 (2002)

圧力勾配スパッタリング法による $\text{Bi}_{24}\text{Sb}_{13}\text{Te}_{63}$ 層を被膜した自立型 SWCNT 薄膜

*滝沢哲也(東海大学大学院)、**高尻雅之(工学研究科/応用理化学専攻)

1. 背景, 目的

単層カーボンナノチューブ膜 (SWCNT 膜) は柔軟でかつ自立膜の作製が可能であるため、熱電材料として注目を集めている。しかし、SWCNT 膜のゼーベック係数は従来の熱電材料と比較して低く、熱電性能を向上させる必要がある。一方、 $\text{Bi}_{24}\text{Sb}_{13}\text{Te}_{63}$ は室温付近で高性能を示す n 型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が、柔軟性がなく自立膜の作製が困難であるため、応用は限られていた。

そこで本研究では、CNT で作製した自立膜上にスパッタリング法を用い $\text{Bi}_{24}\text{Sb}_{13}\text{Te}_{63}$ を成膜することで、SWCNT 膜と $\text{Bi}_{24}\text{Sb}_{13}\text{Te}_{63}$ 膜の長所を引き出し、高性能・柔軟性・自立化を兼ね備えた複合膜を開発する。

2. 方法

SWCNT 分散溶液を作製した。作製条件として、SWCNT0.08 g エタノール 40 mL、DODMAC0.4 g を混合した。作製した分散溶液をホモジナイザーで超音波分散した。分散溶液作製後、真空濾過法を用いて BP(バッキーペーパー)を作製した。作製した BP 上に圧力勾配スパッタリングにより $\text{Bi}_{24}\text{Sb}_{13}\text{Te}_{63}$ 膜を成膜した。その後、1 時間、 $\text{Ar}+\text{H}_2(5\%)$ 雰囲気ですそれぞれ 150°C、200°C、250°C で熱処理を行った。

3. 実験結果

図 1(a)にゼーベック係数を示した。図 1(b)に電気伝導率を示した。図 1(c)に $P.F.$ を示した。

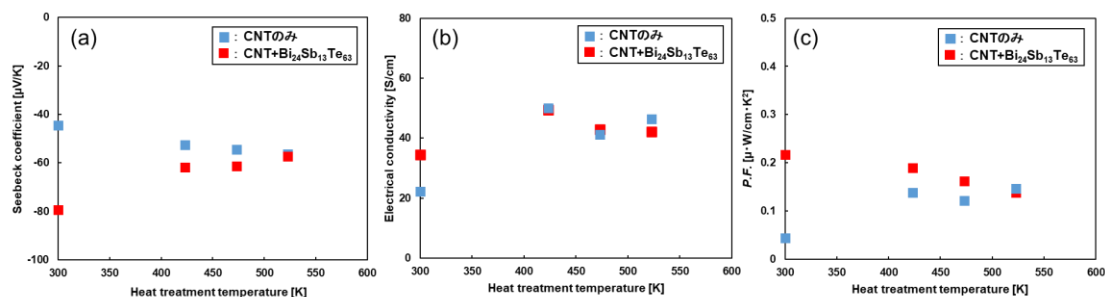


図 1 (a)熱処理温度によるゼーベック係数、(b)電気伝導率、(c) $P.F.$

4. 考察

図 1(a-b)より、熱処理を行っていない試料において、ゼーベック係数が最も高く、電気伝導率は最も低い結果となった。これは熱電材料に一般的に見られるキャリア濃度に依存したトレードオフ関係によるものと考えられる。未熱処理試料ではキャリア濃度が低く抑えられているため、フェルミ準位近傍のキャリアのエネルギー選択性が強くなり、ゼーベック係数が増大する。一方でキャリア数が少ないことから電気伝導率は低下したと推察される。これに対し、熱処理を行った試料では結晶性や界面接触の改善によりキャリア濃度や移動度が増加し、電気伝導率が向上するが、その結果としてゼーベック係数は低下したと考えられる。

図 1(c)に $P.F.$ を示した。 $\text{Bi}_{24}\text{Sb}_{13}\text{Te}_{63}$ を CNT 上に成膜することにより、CNT 単一層よりも高性能な自立膜を作成することが可能であることがわかった。

5. 結論

柔軟性のない $\text{Bi}_{24}\text{Sb}_{13}\text{Te}_{63}$ 膜を CNT 上に成膜することにより、CNT 単層よりも高性能な自立膜を成膜することに成功した。今後は、成膜するターゲットの変更やデバイスの作製を行い、高性能化を追求していく。

参考文献

- ¹ H. Yamamoto, T. Amezawa, Y. Okano, K. Hoshino, S. Ochiai, K. Sunaga, S. Miyake, M. Takashiri, *Appl. Phys. Lett.* 126, 063902 (2025).

ナノインデンテーション法を利用した単層カーボンナノチューブ膜の フォノン平均自由行程導出

*篠崎義之(東海大学院工学研究科)、兼子拓弥(東海大学院工学研究科)、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. 背景, 目的

単層カーボンナノチューブ (SWCNT) は熱的, 電氣的に優れた特性を示すことから, 半導体センサ, 熱電変換分野などで幅広く研究されている。SWCNT の熱輸送特性は格子熱伝導率, 音速, フォノン平均自由行程の3つから成り立っている。その中でもフォノン平均自由行程は実験的に評価する方法が限られており, SWCNT の熱輸送を評価する際の最大の課題であった。フォノン平均自由行程 Λ は, $\Lambda = 3 \kappa_l / C v$ で説明される。 κ_l は格子熱伝導率, C は比熱, v は音速である⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。これら3つの因子を実験的に求めることで熱物性を詳しく調べることを目的とした。

2. 方法

SWCNT 膜の作製には, SWCNT (ZEONANO SG101:ZEON) 80 mg とエタノール (富士フィルム和光純薬) 40 mL を用いた。超音波分散装置 (Sonifier SFX250:Branson) を用いて氷浴中で 60 % (最大出力: 200 W), 30 min 行い SWCNT 分散液を作製した。次に吸引ろ過法により SWCNT 分散液を膜状に形成し, 乾燥させ, SWCNT 膜を作製した。密度は電子天秤およびマイクロメータを用い 4 つのサンプルの平均値を採用した。弾性率の測定には, 引張試験 (MX-1000N:IMADA) とナノインデンテーション試験 (InForce100:KLA Corporation) の2つの手法を用いた。引張試験は, ドックホーン型のダイを用いて縦 22 mm, 横 2.5 mm, 厚さ 40~60 μm の試験片を切り出し, 測定した。ナノイン試験は押し込み深さ 1 μm で行い, 圧子はバーコピッチを用いた。それぞれ5回の試験を行い精度と再現性を持たせた。比熱測定には (DSC-60Plus), 熱拡散率にはレーザー周期加熱放射測温法を使用した。次に算出手順を示す。本実験手法は, 剛性率の測定が困難なため $G = E/2(1+\nu)$ を使用し, ヤング率 E から剛性率 G を算出した。縦波 $v_L = \sqrt{E/\rho}$, 横波 $v_T = \sqrt{G/\rho}$ の計算後, $1/v_{ave} = 1/3(1/v_L^3 + 2/v_T^3)$ より縦波と横波から SWCNT 膜の平均音速 v_{ave} を算出した。なお, 密度 ρ は約 0.4 g/cm³, ポアソン比 ν は文献値 (0.06) を使用した⁽⁴⁾。格子熱伝導率は, 熱拡散率, 比熱, 密度の積から求め, 最初の説明にあった式 $\Lambda = 3 \kappa_l / C v$ にすべてを代入することでフォノン平均自由行程を算出した。

3. 実験結果, 考察

引張試験とナノイン試験による SWCNT 膜の弾性率を図 1 (左) に示す。ナノイン試験に比べ引張試験の値は小さく, 試験法により約 7 倍異なり開きが見られた。SWCNT 膜の音速を図 1 (中) に示す。弾性率と同じ傾向を示した。平均音速は約 950~

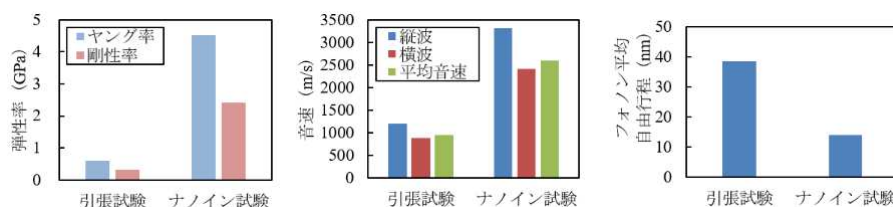


図 1 異なる測定方法によって測定された SWCNT 膜の

弾性率 (左), 音速 (中), フォノン平均自由行程 (右)

2610 m/s であった。図 1 (右) にフォノン平均自由行程の計算結果を示す。引張試験とナノイン試験では約 25 nm 異なり, 引張試験から算出したフォノン平均自由行程はナノイン試験より大きい値を示した。試験法によりヤング率が異なる理由として, 2つの理由が挙げられる。1つは測定手法により弾性率測定時のひずみ量が異なることが考えられる。引張試験法では比較的広いスケールで測定するが, ナノイン試験は非常に狭い範囲で検出する点が影響したと考えられる。また, 引張試験時のつかみ部周辺に発生するわずかな滑りや局所的な応力集中があると思われる。特に応力ひずみ線図初期の傾きに影響すると推測されるため, 引張試験値は小さい値が計測された。特定の値を示すには至らなかったが, フォノン平均自由行程の値は約 10~40 nm の範囲に絞り込めたと考える。

4. 結論

ヤング率測定による平均音速の算出と熱伝導率算出から, 実験的にフォノン平均自由行程を求めるまでの方法を示すとともに, 算出方法の違いによる差異を示した。今後は SWCNT 膜のヤング率算出に適した方法を見つけるとともに, 熱物性に関連する材料のフォノン平均自由行程算出や数値シミュレーション等と比較することでさらに理解を深めたい。

参考文献

- ¹ H. Yamamoto et al. *Carbon Trends* 17 (2024) 100435.
- ² D. Tanisawa et al. *Appl. Phys. Express* 17 (2024) 015001.
- ³ D. Tanisawa et al. *Appl. Phys. Express* 17 (2024) 011005.
- ⁴ L. J. Hall et al. *Science* 320 (2008) 504-507.

有限要素法を用いた Roll-to-Roll 方式搬送時における折れしわ解析

押本有平(東海大学)、後藤宏弥(東海大学)、岩森暁(東海大学)

1. 背景, 目的

リチウムイオン電池の需要拡大に伴い、正極集電体としてアルミ箔が広く用いられており、エネルギー密度の向上および軽量化を目的として近年では薄膜化が進展している。このような高機能ウェブ製品はロール・ツー・ロール生産方式によって製造されるが、搬送工程中に折れしわと呼ばれる欠陥の発生することで、品質の低下や経済的損失を招く恐れがある。折れしわはウェブの座屈が臨界値に達することで発生するとされ、安全搬送線図⁽¹⁾で予測可能とされているものの、アルミ箔をはじめとする金属箔には適用が困難である。この要因として、搬送時に作用する応力等のメカニズムが未解明であることが挙げられる。本研究では、折れしわ発生メカニズムの解明を目的とし、搬送実験により折れしわ発生の境界条件を定め、その後有限要素法 (FEM) 解析による比較検証を行った。

2. 実験方法

図 1 に実験装置の概要を示す。本装置は 5 本のローラを介してアルミ箔を貼り合わせ、半永久的に搬送することが可能である。また、一対のローラの片側にミスアライメントを与えることで、折れしわを誘発できる。実験条件は、厚さ 25 μm 、幅 300 mm、ミスアライメント角度 0.3°、搬送速度 1.0 m/min、張力 500 N/m とし、この条件下で発生した折れしわを撮影して評価を行った。さらに、本装置における 4 本のローラ配置を FEM 上でモデル化した。解析条件としては、フィルムを塑性体と仮定し、ローラとの接触条件および幾何学非線形を考慮した静的構造解析を実施した。解析では、塑性域を定義し、フィルム全長 2.2 m を幅方向 30 分割、搬送方向 220 分割とした 10 mm 角のシェル要素で離散化した。その上で、約 50 cm 搬送させた際の静的構造解析を行った。

3. 実験結果および考察

図 2 に搬送実験で発生した折れしわの様子を、図 3 に FEM 解析により得られた相当塑性ひずみ分布を示す。図 2 より、アルミ箔を 50 cm 搬送した時点で幅方向 210 mm 付近に折れしわの発生が確認された。一方、図 3 の FEM 解析結果では、同条件下でトラフ状の変形が現れたものの、折れしわの発生位置は実験と一致しなかった。この差異の要因として、応力伝達の非線形性が考えられる。実験では、わずかな張力分布の乱れが幅方向に不均一な圧縮応力を生じさせ、局所的に折れしわの発生位置を変動させる可能性がある。特に片側で張力が僅かに強い場合、幅方向全体にわたり応力伝達が非線形的に変化し、折れしわ発生挙動に影響を及ぼすと推察される。これに対し、FEM 解析では初期条件として張力を一様に与えているため、このような局所的な応力の乱れが再現されず、発生位置が異なると考えられる。以上より、折れしわの発生メカニズムをより定量的に再現するためには、張力の不均一性や境界条件の変動を組み込んだモデル化が必要である。しかしながら、本解析により折れしわの変形挙動を定量的に再現可能であることが確認された。すなわち、FEM 解析は折れしわ発生メカニズムの理解に有効であり、実験結果とのさらなる定量的な整合性を図ることで、搬送工程における折れしわ予測手法として発展可能であると考えられる。

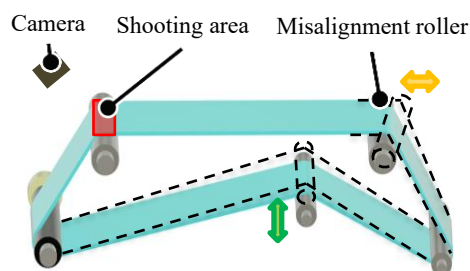


Fig.1 Experimental overview

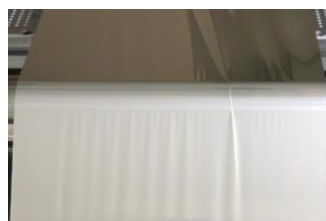


Fig.2 Results of conveying experiments



Fig.3 Results of FEM analysis

4. 結論

折れしわ発生メカニズムの解明を目的に、搬送実験により折れしわ発生の境界条件を定め、その後 FEM 解析による比較検証を行った。その結果、折れしわの発生位置は異なったものの、再現可能であることから FEM 解析は予測手法として有効性があることを確認した。

参考文献 (MS ゴシック、9 ポイント)

- ¹ 橋本巨, “ウェブハンドリングの基礎理論と応用”, 加工技術研究会, (2010), pp.131-155

ヨウ素溶液法におけるヨウ素濃度および浸漬時間がヨウ化銅薄膜に及ぼす影響

*加藤 慎吾(東海大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻)、**金子 哲也(東海大学 工学部 電気電子工学科)

1. 背景, 目的

現在ペロブスカイト太陽電池の正孔輸送層材料として主に用いられる Spiro-OMeTAD は、コストや耐久性に課題があるため代替材料が求められている。そこで注目されるのが、ヨウ化銅 (CuI) である。CuI は約 3.1 eV のバンドギャップを持つ透明な非酸化物の p 型半導体である。我々がヨウ素溶液浸漬で作成した CuI 薄膜表面にはボイド (無数の小さな穴) が生じ、これが太陽電池の効率低下につながっているため改善が必要である。一方で、1% の濃度、1 分間の浸漬により緻密で均一な膜面を持ち、高い透過性と高導電率の CuI 薄膜が作成されたという報告がある¹⁾。そこで本研究では、浸漬時間と溶液濃度を変化させたときの CuI 薄膜への影響を調査した。

2. 方法

洗浄したガラス/ITO 基板あるいはガラス基板上に窒化銅をマグネトロンスパッタによって成膜した。その後、ヨウ素をエタノールに溶かしたヨウ素溶液に浸した。この時のヨウ素濃度は、1 mmol/L から 120 mmol/L の間で変化した。また、浸漬時間を 10 分から 60 分の間で変化させ、形成される CuI 薄膜の様子を調査した。評価方法には、触針式表面形状測定装置による膜厚測定、卓上 SEM による膜表面および断面観察、4 端子法による抵抗率測定を用いた。

3. 実験結果

図 1 に、アルゴンガスと窒素ガスの流量比率 30:30 で成膜した窒化銅をそれぞれの濃度で 60 分間浸漬して形成された CuI 薄膜の膜厚を示す。この図から 15 mmol/L と 30 mmol/L の濃度中では膜厚が薄くなり高濃度の方がその傾向が高いことがわかる。30 mmol/L より高い濃度では、ヨウ化銅薄膜が消失してガラス基板がむき出しになる箇所が多く、今回の方法での膜厚測定はできなかった。

流量比 30:90、溶液濃度 3 mmol/L の条件下で浸漬時間を 10 分から 60 分まで変化させたときの膜厚の変化を図 2 に示す。濃度 3 mmol/L の低濃度下では、CuI 薄膜の形成が完全に終わる時間 (約 10 分) 以上となる 60 分浸漬し続けても、膜厚の減少はみられなかった。

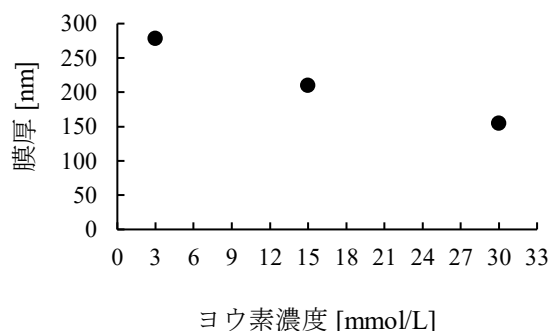


図 1. ヨウ素濃度に対するヨウ化銅薄膜の膜厚

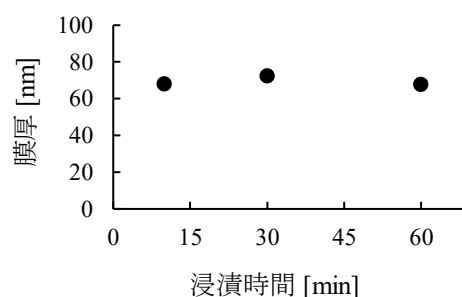


図 2. 浸漬時間に対する CuI 膜厚

4. 考察

高濃度のヨウ素溶液で反応させた場合では、CuI 薄膜の厚さが低濃度のものと比べて薄くなっており、高濃度中では CuI 薄膜は溶液に溶け出すと考えられる。しかし低濃度では反応させる時間を変化させても膜厚に顕著な差がないことから、溶け出しにくいと考えられる。このため、高濃度溶液中であっても浸漬時間を短くすることで膜厚を維持できる可能性がある。また、高濃度中での溶解の原因については、今後調査を進める必要がある。

5. 結論

本研究では、ヨウ素溶液の濃度と浸漬時間が CuI 薄膜の形成に与える影響を調査した。その結果高濃度のヨウ素溶液による窒化銅薄膜のヨウ素化では、膜の厚さが薄くなり、薄膜が完全に無くなる場合もあることが分かった。また低濃度の溶液であれば、ヨウ素化の反応が完了した後に浸漬を続けたとしても、膜厚の明確な減少はみられないことが分かった。

参考文献

- ¹ N. Posopa, A. Sakulalavek, N. Chanlek, J. Kaewkhao and R. Sakdanuphab, *Superlattices and Microstructures*, 141, 106501 (2020).

多峰性連続関数に対するリバースアニーリングの確率遷移解析 ―量子計算的アプローチ―

* 岩間慈英（東海大学 工学研究科 電気電子工学専攻） ** 牧野浩典（東海大学 情報理工学部 情報科学科）

1. 背景, 目的

量子アニーリング (Quantum Annealing: QA) は、組合せ最適化問題を効率的に解く量子計算手法として注目されている。QA は離散変数を対象とするよう設計されているが、現実世界の最適化問題の多くは温度、距離、時間、重さなどの連続変数を対象としている。したがって、連続変数を直接扱えないことは QA の適用範囲を制約する要因となっている。

この課題に対し、ドメインウォールエンコーディング (Domain Wall Encoding: DWE) が提案されている。DWE は連続変数を離散値により近似する手法であり、連続変数の定義域を有限の数の区間で分割し、それぞれの区間分割点に配置された量子ビットの状態を連続変数の値に対応させる。この手法を用いることで、連続変数を含む実世界の問題に QA を応用することが可能となり、その適用範囲は拡大する。本研究では、DWE に対し QA の拡張技術の一つであるリバースアニーリング (Reverse Annealing: RA) の適用効果を数値実験の立場から検証する。

RA とは、通常の QA で得られた解を初期状態とし、そこから探索を再開する方式である。これにより、局所解から大域解への確率遷移が促進され、より高精度な解を得られる可能性がある。RA の導入効果については理論および数値実験の立場から知見が積み上げられ、さまざまな応用分野に対して有効であることが検証されている。

しかし、近年登場したばかりの DWE に対する効果は十分に明らかにされていない。特に、RA が DWE において局所解から大域解への確率遷移をどの程度促進するのか、その定量的な検証は不足している。本研究の目的は、DWE における RA の効果をシミュレーションによって解析し、局所解から大域解への確率遷移を定量的に評価することである。具体的には、RA が確率分布をどのように再配分し、大域解への確率遷移を高めるのかを明示する。

本研究により、DWE と RA を組み合わせた量子アニーリングの有効性を検証し、連続変数を含む実世界の最適化問題に対する適用可能性を示すことができる。これは量子アニーリングの実用性を高めるうえで重要な知見を提供するものである。

参考文献

- ¹ S. Arai, H. Oshiyama and H. Nishimori, Phys. Rev. A 108, 042403 (2023).
- ² 西森秀稔, 大関真之, 量子アニーリングの基礎, 共立出版, pp1-39(2018). (in Japanese).
- ³ N. Chancellor, Quantum Sci. Technol. 4, 045004 (2019).
- ⁴ G. Passarelli, K.-W. Yip, D. A. Lidar, H. Nishimori, and P. Lucignano, Phys. Rev. A 101, 022331 (2020).
- ⁵ D-wave Systems, D-wave Whi. Ser. 14. pp.1018 (2017).

洋梨の非破壊追熟モニタリングのためのエタノールガス動画像化システムの開発

* 石川 裕一（東京工科大学 工学部 電気電子工学科）、市川 健太、飯谷 健太（東京科学大学 総合研究院 生体材料工学研究所）、荒川 貴博（東京工科大学 工学部 電気電子工学科）

** 三林 浩二（東京科学大学 総合研究院 生体材料工学研究所）

1. 背景と目的

動植物からは、内部の化学状態を反映する揮発性有機化合物（VOCs）が放出されている。例えば、収穫後に追熟が生じる洋梨では、追熟日数に応じて果実内のエタノール（EtOH）濃度が増加すると報告されている⁽¹⁾。つまり、洋梨果皮から放出される EtOH ガスの計測にて、目視では判断が容易でない熟度を非破壊にて評価が可能となる。演者らは、先行研究として、酵素反応に基づく化学発光法にて EtOH ガス放出を視覚化し、簡便に評価可能なシステムを開発した。しかしながら感度が十分でなく、果実の表皮から直接放出される微量な EtOH の可視化には適さなかった⁽²⁾。そこで本研究では、高感度なバイオ蛍光法に基づく EtOH ガス動画像化システムを開発し、洋梨果皮を介して非破壊に放出される EtOH ガス分布のリアルタイムなイメージングおよび熟度評価への有効性を調べた。

2. 実験方法

バイオ蛍光法ではアルコール脱水素酵素（ADH）を触媒として、補酵素 NAD⁺存在下で EtOH を酸化する際に生じる NADH の自家蛍光（ex. 340 nm, em. 490 nm）を検出する。ADH はコットンメッシュ（□90 mm）上にグルタルアルデヒド架橋により固定化し、本 ADH 固定化メッシュ上にて、EtOH 濃度分布に応じた NADH の蛍光画像を示す。EtOH ガス動画像化システムはリング型 UV-LED 光源、蛍光撮像用のバンドパスフィルタ、高感度カメラにて構築した。また、複雑な凹凸表面を有する洋梨果皮からのガス放出を正確に動画像化するため、表面の凹凸に追従する装置（2D 真弧）を装着した。この 2D 真弧は、アクリル板に最密充填となるように貫通穴を設け、金属パイプを挿入して直動機構とし、その表面に ADH 固定化メッシュを取り付けた。本装置では洋梨の表面凹凸に応じて金属パイプが直動し、ADH 固定化メッシュと洋梨間の距離を一定に保つことで、正確な動画像化を可能とする。なお本システムでの ADH 固定化メッシュの均一性を評価するため、ADH 固定化メッシュ（□90 mm）を 9 分割し、各メッシュを個別に NAD⁺および EtOH 溶液を含む緩衝液に投入し、10 分後の溶液中の NADH 量を分光光度計にて測定し比較を行った。次に、標準 EtOH ガスを用いてイメージング計測での特性を評価した。実験では、予め NAD⁺溶液を含浸させた ADH 固定化メッシュに、各濃度の EtOH ガスを負荷した際の蛍光強度分布を動画像として撮像した。実験用の洋梨は密閉袋内に保存（4℃、冷暗所）し、保存 5 日目にガス検知管を用いて EtOH 濃度を簡易測定した。また、EtOH イメージング実験では洋梨を萼窪側から 2D 真弧に押し当て、その際に得られる蛍光変化の動画像を撮像し、蛍光強度より濃度分布を算出した。同様の実験を異なる保存日（1、5、10 日目）にて実施し、洋梨の追熟と放出される EtOH 濃度の関係を調べた。

3. 結果と考察

本システムの基礎特性として、9 分割した ADH 固定化メッシュサンプルを比較したところ、メッシュ面での酵素固定化の均一性が確認された。また、本システムに標準 EtOH ガスを負荷した結果、負荷点に応じた蛍光が観察された。この結果をもとに、蛍光動画像に時間ドメインの疑似微分処理を施すことで酵素反応速度に基づき、ガス負荷に応じた EtOH ガスのイメージング表示が可能であった。次に洋梨での予備実験として、保存して 5 日目の密閉袋のヘッドスペースガス中 EtOH 濃度を検知管で簡易測定した結果、追熟による EtOH ガス（30 ppm）が確認された。この結果を踏まえ、開発したシステムにて洋梨からの EtOH 放出分布をイメージングした結果、萼窪周辺にてリング状の EtOH 高濃度領域が観察された。萼窪周辺は果皮のなかで、ガス拡散性が非常に高いレンチセル構造（皮目）密度が高いためと考察された。また、本システムにて得られた EtOH 濃度は、洋梨の保存期間に応じて顕著に増加（1 日目：0.4 ppm、10 日目：5.3 ppm）した。以上、本システムによる果実熟度評価の可能性が示された。

4. まとめ

洋梨果皮から放出される EtOH ガスを時空間的に計測可能な高感度なバイオ蛍光ガスイメージング装置を開発した。また独自開発の「2D 真弧」を用いることで凹凸曲面を持つ果皮からのガス放出分布の動画像化を可能とし、「追熟に伴う EtOH 量の増加」と「洋梨果皮からの特徴的な時空間分布」を確認することができた。

参考文献

- ¹ K. Niino, K. Tobitsuka, Variation of Aroma Components in Ripened 'La France' Pears, *Tohoku J. Agric. Res.* (In Japanese), 56, 169-170, (2003).
- ² T. Arakawa, E. Ando, X. Eang, K. Miyajima, S. Takeuchi, H. Kudo, H. Saito, M. Takahashi, T. Mitani, K. Mitsubayashi, Chemiluminescent Visualization for Evaluation of Gaseous Ethanol Distribution During 'La France' Pear Maturation, *IEEE Sens. J.*, 13, 2842-2848, (2013).

評価係数向上のためのクラシックギターの表面板構造に関する検討

*薮田 梨央(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. はじめに

これまでに、クラシックギターの奏法による音色の違いを検討し、音色を改善するための奏法を提案してきた。本論文では、さらに音色を改善するために、クラシックギターの構造に着目した。音色に影響を与える表面板を薄くすることで振動の効率を上げ、倍音が鳴りやすくなると考えた。標準の厚さの表面板と標準より薄い表面板を製作し、倍音の含まれ方について比較を行った。

2. 実験方法

式1より、表面板を薄くすると板の曲げ剛性が小さくなり、表面板が振動しやすくなるため倍音の含有量が増加すると考えた。そこで、本論文では通常の表面板構造と部分的に薄くした表面板構造を製作し、比較した。比較した2種類の表面板を図1に示す。板厚は図1(a)が2mmであり、図1(b)は3mm,2mm,1mmと、表面板の中央から端に行くにしたがって薄くすることで、表面板全体が振動しやすくなると推測し、図に示す構造にした。なお、板厚を3mmとした箇所は、薄くすることで強度が損なわれることを防ぐために、弦の張力と同じ縦方向に厚さを残した部分である。ボディの形状は箱型であり、両表面板の質量は54gである。表面板の木材はスプルースを使用した。弦はAUGUSTINE REDを使用した。各ギターで発した音を電気信号に変換し、FFT解析を行い、基音による倍音の正規化と評価係数の算出を行って評価した。評価係数には、式2に示す協和音程係数を用いた。

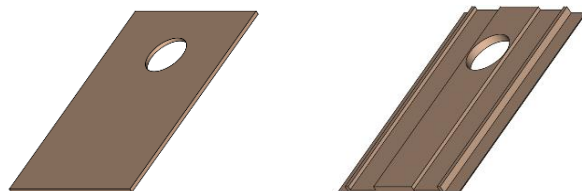
$$\text{板の曲げ剛性} = E \frac{t^3}{12(1-\mu^2)} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{協和音程係数} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{15} V_c^2} - \sqrt{\sum_{n=2}^{15} V_d^2}}{V_1} \dots\dots\dots (2)$$

E : ヤング率[N/mm²] t : 板厚[mm] μ : ポアソン比[-]

V_1 : 基音の大きさ[V] n : 倍音次数

V_c : 協和音程の大きさ[V] V_d : 不協和音程の大きさ[V]



(a) 標準型の表面板 (b) 検討する表面板
図1 比較した表面板構造

3. 実験結果

各表面板構造について、1弦から6弦までを弾いたときの協和音程係数の算出結果を図2に示す。

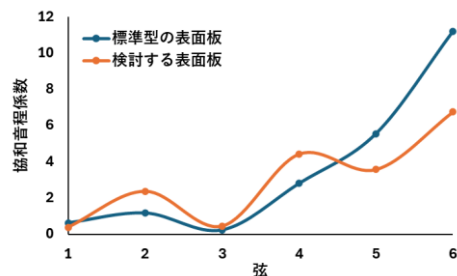


図2 協和音程係数の比較結果

協和音程係数は1弦ではほぼ等しく、2弦から4弦では検討する表面板の方が高くなり、5弦と6弦では標準型表面板の方が高くなった。また、倍音の振幅を基音の振幅で正規化したときの、1弦から6弦までの平均値を比較した結果を図3に示す。

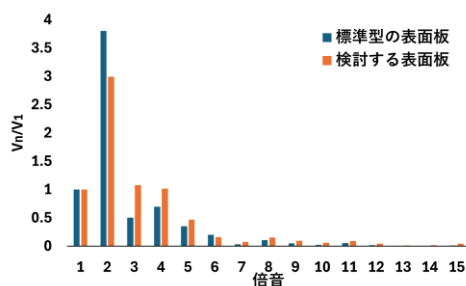


図3 正規化した倍音の大きさの比較結果

2倍音は標準型の表面板構造を持つギターの方が倍音の割合が高くなったが、3倍音以降の倍音については検討する表面板構造を持つギターの方が倍音の割合が高くなった。

4. 考察

以上の結果から、本論文で検討した表面板構造は高音弦において協和音程係数が向上されたが、低音弦では減少した。この原因として、検討した表面板構造では図3より、広範囲の倍音成分において倍音の割合が高くなったが、協和音程だけでなく不協和音程の倍音の割合も共に高くなったことが考えられる。しかし、1弦から6弦の協和音程係数の変化傾向は、標準型の表面板構造と比較して平滑化することができた。このことは、全ての弦に対して安定した音色の質で演奏することに繋がると考えられる。

今後は、表面板の質量を変えたときの評価係数について検討する予定である。

5. まとめ

本論文により、中央から端に行くに従い板厚が薄くなる表面板構造は、評価係数を平滑化させることが明らかとなり、評価係数向上のための表面板構造の検討について前進した。

Sigfox を使用した医療機器管理システムの研究

*主発表者(所属)、共同研究者(所属)、**指導教員(所属)

*石原 康平^{1) 2)}、前平 直哉¹⁾、馬場 貴大¹⁾、白濱 武琉¹⁾、池 浩司³⁾、**土居 二人^{1) 3)}

1) 長崎総合科学大学大学院、2) 長崎大学病院、3) 長崎総合科学大学工学部医療工学コース

1. 背景

医療機器の適正管理は、安全性と効率性の確保に不可欠である。病院内では輸液ポンプや人工呼吸器など数千台の機器が稼働しており、所在不明や探索に長時間を要する事例が日常的に発生している。これらは人的コスト増大や運営効率の低下に加え、救急対応や医療安全のリスクにも直結する。RTLS (Real Time Location System) による管理は有効であるが、導入コストや専用インフラの制約から普及は限定的である。そこで本研究では、低コストで既存インフラを活用可能な Sigfox 通信と Wi-Fi 測位を組み合わせた医療機器管理システムの有用性を検証した。

2. 方法

長崎大学病院にて、輸液ポンプを中心とした 10 台の医療機器に位置情報トラッカーを装着した。病院内の Wi-Fi アクセスポイントの MAC アドレスを取得して位置情報データベースを構築し、トラッカーからの情報を Sigfox 通信経由でクラウドに集約、アプリ上に表示した。約 1 か月間、無作為に設置場所を変更し、実際の設置場所と表示位置の一致率を評価した。

3. 結果

延べ 85 ヲ所で測位試験を行った結果、一致率は 95%に達した。一般病棟など構造が単純な区域では高精度を示した一方、複雑構造や電波遮蔽の多い区域では測位不能例が一部みられた。

4. 考察

本システムは高額な RTLS と比較して、既存インフラを活用することで低コストかつ十分な精度を実現した。これにより機器探索時間の短縮、業務効率化、救急・集中治療領域における迅速対応が期待される。トラッカーは小型・軽量で機器運用への影響も少なく、臨床応用に適している。測位不能例についても、中継器やアクセスポイントの増強を行うことにより改善される可能性が高いと予測される。

5. 結論

Sigfox 通信と Wi-Fi 測位を組み合わせた医療機器管理システムは、精度・コスト・運用性の観点からバランスに優れ、医療機器管理の効率化と医療安全の向上に寄与することが示唆された。今後、長期運用や多施設での検証を経ることで、国内外で標準的な管理手法となる可能性がある。

参考文献

¹⁾ 京セラコミュニケーションシステム株式会社. 「Sigfox サービス紹介資料」技術資料. 2024.

クラシックギターの弦の張力に対する倍音特性

*石垣 織絵(神奈川工科大学電気電子情報工学科) 藪田 梨央(神奈川工科大学工学研究科電気電子工学専攻)

**板子 一隆(神奈川工科大学電気電子情報工学科)

1. はじめに

クラシックギターには手の大きさに対応して各種弦長が存在する。標準は 650mm であるが、一般に弦長が長い方が音色が良いとされている。これは、同じ弦を使用したとき、弦長が長い場合、同じ音程を得るための弦の張力が大きくなることが一つの要因になっているのではないかと考えた。

そこで、本論文ではギターの弦の張力を変化させたときの倍音を分析し、音色との関係を検討する。

2. 実験方法

実験には、弦そのものの特性を得るために、図 1 に示すサイレントギター(YAMAHA SLG-100N)を用いる。弦長は 650mm である。弦はオーガスチン赤を使用した。音の分析には FFT アナライザーを使用した。サイレントギターの測定では FFT アナライザーとサイレントギターを接続し、ピックによる撥弦時の電気信号を直接読み取る。測定された倍音を基音で正規化した。

3. 実験結果と考察

図 2 は 2 弦の張力を変えたときの倍音特性を示している。2 弦の本来の音程は B でありそれよりも低い F と高い E とした場合を検討した。同図(b)は標準音程 B のときの倍音特性である。倍音次数の低い協和音程域に倍音が発生しており、次数の高い不協和音程域にも幾分倍音が発生していることが分かる。同図(a)は F まで音程を下げて張力を低下させた場合の倍音特性を示している。この場合、協和音程に大きな倍音が発生すると同時に不協和音程域にも倍音が発生していることが分かる。同図(c)は E まで音程を上げて張力を高くした場合の倍音特性を示している。同図より、協和音程域で倍音が発生しているが、不協和音程域にはほとんど倍音が発生していないことが分かる。これは他の弦についても同様であることを確認している。

以上のことから、弦の張力を上げていくと不協和音程域の倍音が減少するため、良い音色として認識されるのではないかと考えられる。

以上より、ギターの弦長が長い場合に音色が良くなるという一般的な感性評価は、弦の張力の違いによる倍音特性に影響を受けていると考えられる。

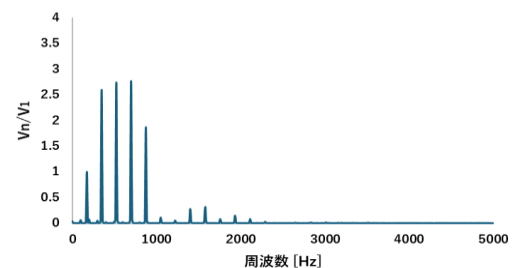
4. まとめ

本論文では、ギターの弦の張力の違いに対する倍音特性を検討し、弦の張力が大きくなると不協和音程域の倍音が減少することが明らかとなった。

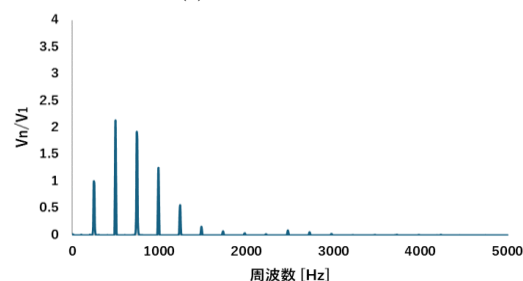
今後は、弦を用いた他の楽器についても同様の検討を試みる予定である。



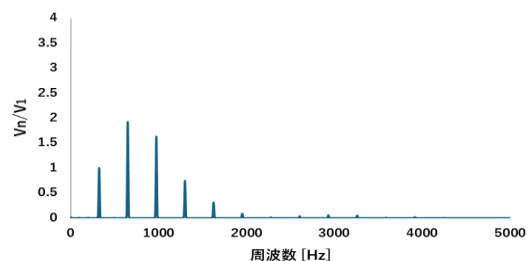
図 1 実験に使用したサイレントギター



(a) 2 弦 F



(b) 2 弦 B



(c) 2 弦 E

図 2 2 弦の倍音特性

薬剤感知センサの開発

*松本 光太郎^{1) 2)}、平山 綾乃³⁾、田中 久美子³⁾、白濱 武琉¹⁾、高木 智士¹⁾、清水 悦郎¹⁾、**土居 二人^{1) 3)}

1) 長崎総合科学大学大学院、2) 長崎みなとメディカルセンター、3) 長崎総合科学大学工学部医療工学コース

背景

薬剤の経皮投与は、服薬コンプライアンスや持続的な薬物送達の観点から注目されている¹⁾。しかし皮膚内における薬剤の分布や挙動を非破壊的かつ高精度に評価する方法は限られている²⁾。近年、組織イメージング技術の進展により薬剤局在の可視化が試みられているが、時間分解能やキラル分子識別には課題が残る。一方、磁気電析膜を用いた磁気電気化学計測は、電極表面のキラリティを制御し、エナンチオマーの識別が可能であることが報告されており³⁾、経皮吸収薬剤の解析に応用できる可能性がある。

方法

銅電析膜は硫酸銅水溶液を用いて定電位電解により作製した。磁場は100～300 mT程度で印加し、電流方向と平行または反平行条件下で得られた膜を作用電極として評価した。モデル薬剤にはロキソプロフェンナトリウムのL体を用い、サイクリックボルタンメトリーにより酸化電流を比較した。

結果

磁場印加条件では、非印加条件に比べて電析中の電流が数%～数十%程度増大し、膜形成過程に磁場が影響することが示された。作製した膜を用いたサイクリックボルタンメトリー測定では、低過電圧条件では非印加条件とL体の差は小さかったが、高過電圧条件ではL体で酸化ピーク電流が有意に増大した。さらに、磁場方向を反転させると応答の差異が確認された。ゆえに、磁場印加下で得られる酸化電流が増加することにより、薬剤のエナンチオマーの差異を検出できた。

考察

磁気電析膜は表面キラリティを持ち、磁場の向きによってエナンチオマーに対する応答が変化することが確認された。従来法では困難であった皮膚中の薬剤の局所濃度分布やエナンチオマー比の差異を、非破壊的にかつ高感度に検出できる可能性が示唆される。本研究は薬剤透過経路や代謝の解明に新たな視点を与えることが推察される。

結語

磁気電析膜を用いた電気化学計測は、経皮投与薬剤の動態解析に有用であり、将来的には合理的な投与形態設計に資する技術となることが期待される。

参考文献

- 1) Ogura M. Transdermal drug delivery system (TDDS): Research trends. Jpn J Med Biol Eng. 53(Suppl):S125_02, 2015.
- 2) Mogi I, Iwasaka M, Aogaki R: Visualization of Micro-MHD Vortices and Chiral Surface Formation in Magnetoelectrodeposition. : IEEEJ Trans E, 128, pp39-44, 2008.
- 3) Xie Y, Wu H, Chen Z, et al. Non-invasive evaluation of transdermal drug delivery using 3-D transient triplet differential (TTD) photoacoustic imaging. Photoacoustics. 32:100530, 2023.

カーボンギターの倍音特性

*岩澤 海 (神奈川工科大学電気電子情報工学科)、根津 蒼矢 (神奈川工科大学電気電子情報工学科)、
浅倉 怜生 (神奈川工科大学電気電子情報工学科)、藪田 梨央 (神奈川工科大学工学研究科電気電子工学専攻)、
**板子 一隆 (神奈川工科大学電気電子情報工学科)

1. はじめに

クラシックギターの表面板は音色に大きな影響を与えることが知られている。そこで、筆者らは先に表面板にカーボン材を使用したカーボンギターを製作し、ノイズ成分の低減に効果のあることを示した。

本論文では、このカーボンギターの倍音特性を通常のギターと比較したので以下に報告する。

2. 実験方法

実験には通常のクラシックギターと当研究室で製作したカーボンギターを用いる。カーボンギターは厚さ1.0mmのカーボン板を表面板に用いている。その他の部分は通常のクラシックギターと同じである。弦長は650mmである。弦はオーガスチン赤を使用した。音の分析にはFFTアナライザーを使用した。測定ではギターのサウンドホール付近にマイクを垂直に向け、5cmの距離を一定に保ち信号を読み取る。ギターの撥弦にはピックを使用している。撥弦音を電気信号に変換し、FFT解析を行い、基音による倍音の正規化を行った。

3. 実験結果と考察

両ギターの感性評価では被験者の直感のイメージで評価を行うSD法(Semantic Differential)を用いる。図2にSD法による音色評価の結果を示す。製作したカーボンギターと通常のギターの音色を被験者に弾き比べてもらい評価を行った。また、アンケートを実施した対象は楽器製作者、楽器演奏者26名である。赤がカーボンギター、青が通常ギターである。通常ギターは丸みのある、弱々しい、暗いといった印象が多かったのに対しカーボンギターは明るい、澄んだ、力強いといった対照的な印象を受けることが分かった。

図3は高音域の弦の一例として2弦(B)の倍音特性を示している。同図より、カーボンギターは通常ギターと比較して低周波数域で倍音が大きくなることが分かる。これが明るい、澄んだといった印象を与えているものと考えられる。また、高周波域においても倍音が大きくなっており、これが硬質な印象を与えているものと考えられる。図3は低音域の弦の一例として5限(A)の倍音特性を示している。同図より、カーボンギターは通常ギターと比較して低周波数域での倍音が大きくなることが分かる。これが力強いといった印象を与えているものと考えられる。

4. まとめ

以上より、カーボンギターは通常ギターと比べて倍音が大きくなることが明らかとなった。これが、カーボンギター特有の音色を形成してると考えられる。



(a)通常のギター

(b)カーボンギター

図1 実験に使用したギター

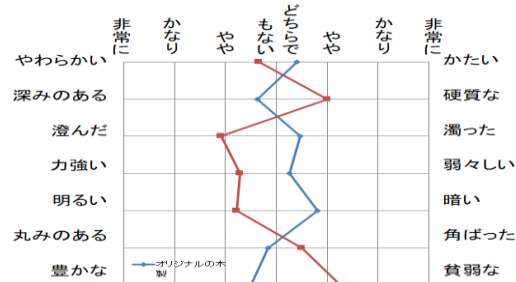
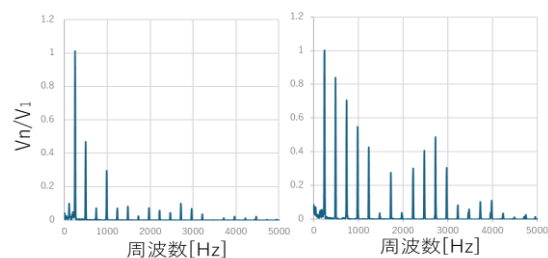


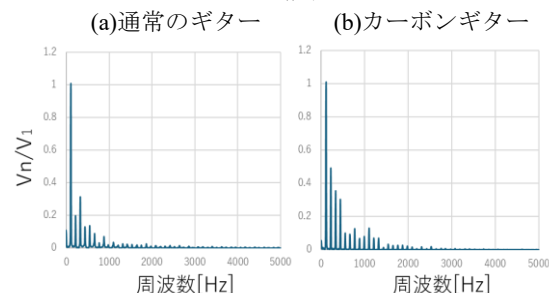
図2 SD法による音色の評価



(a)通常のギター

(b)カーボンギター

図3 2弦の倍音



(a)通常のギター

(b)カーボンギター

図4 5弦の倍音

X線 CT 画像認識と特徴量抽出した転移学習 AI による土器組織の非破壊分析

* 西川輝 (東海大学 大学院 応用理化学専攻)、島崎公輔 (東海大学 大学院 応用理化学専攻)、
牧野浩典 (東海大学 情報理工学部 情報科学科)、** 葛巻徹 (東海大学 工学部 機械工学科)

1. 背景・目的

近年一般化しつつある X 線 CT 装置を用いた土器組織の三次元解析は、土器内部の粒子や空隙に関する情報を非破壊で与えるため、考古学的解析において有用性が高い¹⁾。本研究では、異なる遺跡から出土した考古学的土器の組織学的特徴から遺跡ごとの分類を行う手法の確立を目指している。本報告では、X 線 CT 断層撮影画像から土器組織の二次元スライス画像と土器内部の三次元画像とを作成し、それぞれのデータセットに対して画像認識 AI を用いて出土遺跡ごとに分類を試み、画像解析における適切なデータセットの取得に関する知見を得ることを目的とした。

2. 実験方法

【データの構築】前期青銅器時代のブルガリアにおける、デャドヴォ遺跡とエゼロ遺跡から出土した土器片をそれぞれ 4 点用意し分析試料とした。試料を X 線 CT 装置 (Nikon XT H225ST) で撮影 (電力:95 kV, 露光時間:1.0 ms、投影×フレーム数:2000 枚×2) し、断層画像を取得した。取得したボリュームデータから、土器組織の二次元スライス画像と、土器内部粒子の三次元画像を生成した。遺跡ごと 3 点の土器試料画像から、学習用のデータセットを作成した。画像認識では、Python のライブラリ (Keras) 上の VGG16 (Visual Geometry Group 16-layer model, Oxford Univ.) を用いて学習と分類を行った。

【学習と分類】二次元画像と三次元画像を対象にそれぞれ学習を繰り返し、各遺跡の土器試料画像から 1 点の画像を抽出して分類用のデータセットを作成し、どちらの遺跡に類似するかを比較した。また、AI が土器組織のどこに着目して分類したかを明らかにするため、(Keras) 上に用意された Grad-CAM (Gradient-weighted Class Activation Mapping) でヒートマップを生成した。

3. 結果および考察

出土遺跡ごとの土器試料の分類は、二次元画像と三次元画像の双方において可能であったが、類似率と標準偏差は異なる結果となった (表)。ヒートマップの結果から、二次元スライス画像の分類着目点は明確に示されなかったのに対して、三次元画像では個々の粒子の立体形状や分布に着目していたことが確認された (図)。これらの結果は、三次元画像で土器内包粒子の特徴に着目したデータセットを用いることで遺跡ごとの特徴を反映した分類ができることを示唆していると考えられる。発表では、土器内包粒子に着目したデータセットを生成し分類を行った結果について報告する。

表 各画像の分類結果

試料	二次元画像の分類結果		三次元画像の分類結果	
	平均類似率(%)±標準偏差		平均類似率(%)±標準偏差	
EZR 03	EZR: 60.87 ± 34.86	DYV: 39.13 ± 34.86	EZR: 86.70 ± 13.81	DYV: 13.30 ± 13.81
DYV 05	EZR: 13.82 ± 16.66	DYV: 86.18 ± 16.66	EZR: 42.93 ± 4.35	DYV: 57.07 ± 4.35

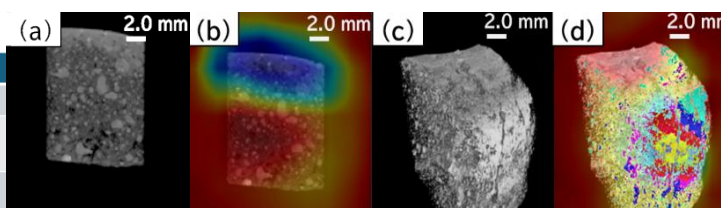


図 DYV05 の X 線 CT 画像とヒートマップ
(a)二次元画像,(b)二次元画像のヒートマップ,
(c)三次元画像,(d)三次元画像のヒートマップ

参考文献

- 1) Gait, J., Bajnok, K., Szilágyi, V., Szenti, I., Kukovecz, Á., & Kis, Z. (2022). Archaeological and Anthropological Sciences, 14(223), pp. 3-13.

【謝辞】本研究を実施するにあたり、公益財団法人古代オリエント博物館の千本真生研究員より土器片試料をご提供いただきました。ここに明記し謝意を表します。

クラシックギターの各種ナイロン弦における倍音特性

***名和 優虎**(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、**野口 純之介**(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、
大山 歩久登(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、**藪田 梨央**(神奈川工科大学工学研究科電気電子工学専攻)、
****板子 一隆**(神奈川工科大学電気電子情報工学科)

1. はじめに

クラシックギターの弦はナイロン弦が一般的である。このナイロン弦には、通常のナイロンの他に音色に変化を持たせるために不純物を混ぜたものが各種存在する。そこで、本論文では、各種ナイロン弦の倍音を分析し、それぞれの違いについて検討した。

2. 実験方法

実験には弦そのものの特性を得るために、サイレントギター(YAMAHA SLG-100N)を用いる。弦長は650mmである。弦は表1に示すようにナイロン弦の「ハナバツハ」と「オーガスチン赤」、ナイロンに不純物を混ぜた「オーガスチンリーガル」を使用した。音の分析にはFFTアナライザーを使用した。サイレントギターの測定ではFFTアナライザーとサイレントギターを接続し、撥弦時の電気信号を直接読み取る。測定した倍音を基音で正規化した。本実験では1〜3弦について検討を行った。

3. 実験結果と考察

感性評価では、音色の煌びやかさに大きな違いがあり、「ハナバツハ」<「オーガスチン赤」<「オーガスチンリーガル」の順で煌びやかさが増していく。または、音色が硬質になる。

図2は、1弦についての各種弦の倍音分析結果である。同図(a)は「ハナバツハ」の倍音であり、3倍音が基音を超えて発生している。また、高次の倍音はほとんど発生しないことが分かる。これが、太くぼやけたような印象を与えていると考えられる。同図(b)は、「オーガスチン赤」であり、標準弦として広く用いられているものである。2倍音と3倍音が大きく発生し、高次の倍音も幾分発生していることが分かる。音色は太く、ある程度輪郭もはっきりしているのはこの倍音分布の特徴によるものと考えられる。同図(c)は「オーガスチンリーガル」であり、「オーガスチン赤」と比較してさらに高次の倍音が大きく表れていることが確認できる。これが煌びやかな音色を与えていると考えられる。

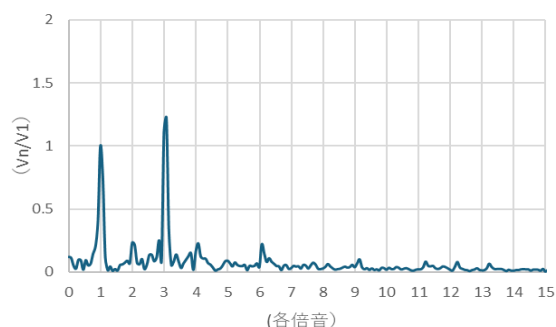
以上から、音色の煌びやかさは高次の倍音の含有量により決まることが明らかとなった。なお、2弦、3弦についても同様の傾向であることを確認している。従って、使用楽器の音響特性によって適切な弦を選択することが肝要である。

4. まとめ

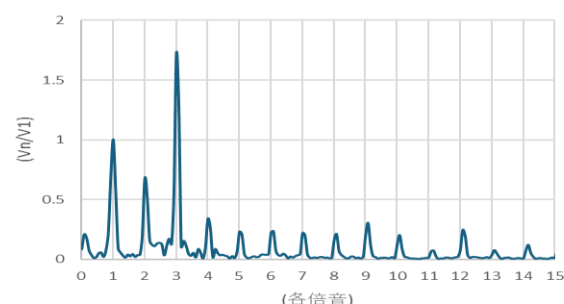
本論文では、通常のナイロン弦の他に音色に変化を持たせるために不純物を混ぜたものなど各種ナイロン弦の倍音を分析し、音色と倍音分布の関係について考察した。今後は、各種弦を通常のギターに使用したときの音色について検討を行う予定である。

表1 実験に用いた各種ナイロン弦

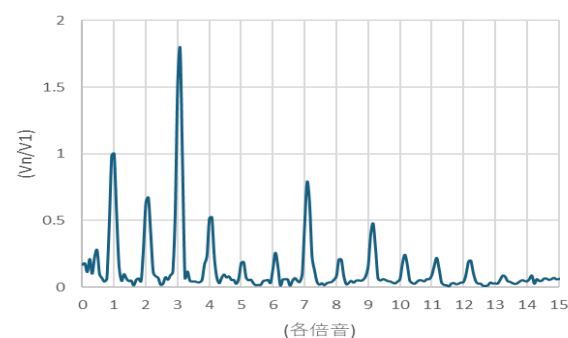
	E1(1st)	B2(2nd)	G3(3rd)
HANNABACH	0.71mm/7.0kg	0.81mm/6.0kg	1.01mm/6.5kg
AUGUDTINE RED	0.71mm/7.81kg	0.81mm/5.84kg	1.01mm/5.56kg
AUGUDTINE REGAL	0.75mm/8.53kg	0.85mm/6.40kg	1.05mm/6.25kg



(a) ハナバツハ



(b) オーガスチンレッド



(c) オーガスチンリーガル

図2 1弦の倍音特性

X線CTで断層撮影した考古学的土器組織のAI画像解析による特徴分類

*島崎公輔(東海大学大学院応用理化学専攻工学研究科)、西川輝(東海大学大学院応用理化学専攻工学研究科)、

**葛巻徹(東海大学大学院応用理化学専攻工学研究科)

1. 背景, 目的

X線CT装置は非破壊、非接触で物体内部の組織を観察することができ、文化財の非破壊分析に有効である⁽¹⁾。本研究では、X線CT装置で土器内部の粒子のサイズや形状を内部組織の特徴として着目し、機械学習の一種のAIである転移学習で解析する手法の確立、画像に特徴をつけた場合の分類精度の比較を行い、この手法に最適なデータセットを作成することを目的とした。

2. 方法

2.1 画像データの取得

本実験で使用した土器試料は、ブルガリアのエゼロ遺跡とデアドヴォ遺跡から出土されたもので、それぞれ4点を使用した。用意した試料はX線CT装置で撮影(Nikon XT H225ST、電力:120 kV、投影枚数×フレーム数:2000×2)をした。撮影したCT画像の内部組織の着色を行いモノクロとカラーの2種類を用意した。着色の条件はCTの専用ソフトVGL上でグレイバリューから稠密度を計算し、稠密度0.05~0.7の範囲で稠密度が低いものは赤色、高いものは青色、0.7以上は紫色とした。AIの学習用に2000枚、検証用1000枚、テスト用500枚の画像をそれぞれ作成した。

2.2 AIの学習と実行

学習精度と損失関数をもとに学習を行い、テストで分類が正しく行われているか確認した。最終的に、作成したAIが学習などで使用していない新規の画像に対して適切な分類ができるのか汎用性を確認するため汎化性チェックを行った。汎化性チェックは、各遺跡から1つずつの断層画像を用いて、モノクロとカラーのそれぞれ20枚の画像を1枚ごとに遺跡の類似率を出し、平均を計算し、2つの類似率を比較することで分類の精度も検証した。

3. 実験結果

モノクロ画像での分類結果を図1に示した。学習は回数ごとに精度は向上した。テスト精度は精度で分類を行なわれていたため、分類は有効であると確認できた。図2に汎化性チェックに使用した断層画像およびその分類結果を示した。結果は極端に低い数値や片方の遺跡の類似率しか表示されなかった。

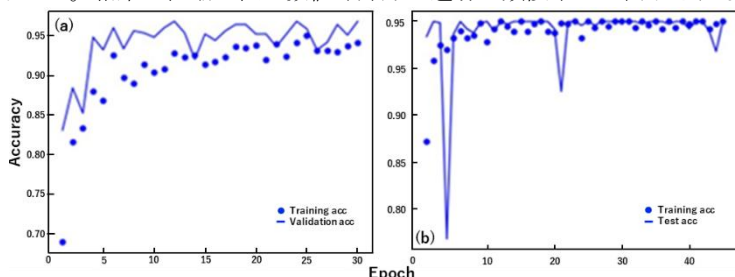


図1 実行回数ごとの学習精度 (a) テスト精度 (b)

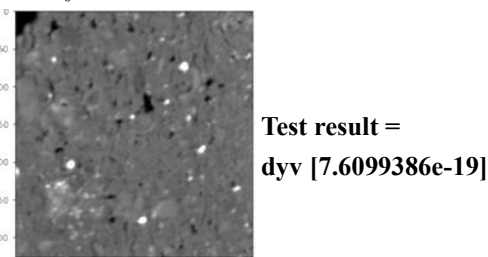


図2 汎化性チェックに使用した断層画像(左)及びその分類結果(右)

4. 考察

テスト精度は数回ほど精度が低下したため、安定的な精度にするために実行回数は30回ほど必要であり、テスト精度から学習の回数は適切であったと考えられる。汎化性チェックの結果から、正しい学習を行わずに分類を行ってしまっていた可能性がある。モノクロ画像では画像の情報が少ないため学習に障害が生じたと考えられる。カラーの断層画像でも同様の結果となった場合は、データセットの見直しやアルゴリズムの変更を検討する必要がある。

5. 結論

本報告では土器のCT撮影で内部組織の特徴を抽出し、転移学習による分類をモノクロの断層画像を用いて行った。分類することはできたが、汎化性チェックによって正しく分類が行われているか不明となった。これを明らかにするためにカラー画像を使用した分類、他のアルゴリズムの検討など、転移学習の分類にはまだ検証が必要である。

6. 謝辞

本研究の実施にあたり、公益財団法人古代オリエント博物館の千本真生博士より土器試料をご提供いただきました。ここに明記し謝意を表します。

参考文献

- ¹ T. Araki, X-ray CT Survey for Cultural Properties, (Journal of the Japan Society for Precision Engineering Vol.86, No.5, 2020) pp.323-327.

フラグメント分子軌道法による水痘帯状疱疹ウイルス関連酵素の阻害剤認識機構

*堤瑞樹(東海大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻)、**日向寺祥子(東海大学 情報理工学部 情報科学科)

1. 背景, 目的

水痘帯状疱疹ウイルス (Varicella-Zoster Virus, VZV) は初感染で水痘を引き起こし、その後体内に潜伏、免疫低下時に帯状疱疹として再活性化することが知られている。高齢化社会の進行に伴い発症率は上昇しており、VZV に対する新規抗ウイルス薬の開発は重要な課題である。

チミジル酸合成酵素 (Thymidylate Synthase, TS) は、デオキシウリジン酸 (dUMP) を基質としてチミジル酸 (dTTP) を合成する酵素であり、DNA 合成に不可欠な役割を担う。VZV 由来 TS に対する dUMP 類似阻害剤は、ウイルス複製を抑制し得るため、治療薬としての応用が期待される。

本研究では、VZV 由来 TS (TS_{VZV}) と基質 dUMP の結合様式を高精度量子化学計算により詳細に解析し、新規阻害剤設計に資する分子レベルの知見を蓄積することを目的とした。

2. 方法

Protein Data Bank (PDB) から取得した TS_{VZV} と dUMP の複合体 (PDB ID: 4XSD) の構造を取得する [1]。この構造に対し、BIOVIA Discovery Studio Visualizer [2] を用いて欠損アミノ酸残基と水素原子の補完、およびタンパク質鎖の末端処理を行った。続いて溶媒 (水) とカウンターイオンを追加し、周期境界条件下で分子力学法による構造最適化 (複合体、タンパク質単体、リガンド単体) を実施した。最適化した構造を基に、理化学研究所所有のスーパーコンピュータ「富岳」上で、フラグメント分子軌道 (FMO) 法 [3] による電子レベルの相互作用解析を行った。

FMO 法はタンパク質などの巨大生体高分子をアミノ酸残基程度のフラグメントに分割して計算することで、巨大な分子全体のエネルギー計算を可能にした。分子をフラグメント化することで、高速かつ高精度に解析だけでなく、フラグメント間相互作用エネルギー (Inter-Fragment Interaction Energy, IFIE) を取り出すことができる [4]。さらにエネルギー分割法 (Pair Interaction Energy Decomposition Analysis, PIEDA) [5] により、IFIE を静電相互作用エネルギー (ES)、交換反発エネルギー (EX)、電荷移動エネルギー (CT)、分散力 (DI) の 4 成分に分けることが可能である。

3. 計算結果および考察

TS_{VZV}-dUMP 複合体における TS_{VZV} と dUMP 間の結合エネルギーは -308.87 kcal/mol となり、非常に安定な

複合体を構成していることが分かった。

TS_{VZV}-dUMP 複合体において、dUMP との IFIE が -30 kcal/mol 以下または 30 kcal/mol 以上と、強い引力もしくは斥力相互作用を示したフラグメント (アミノ酸残基) の dUMP との PIEDA 結果を図 1 に示す。図中、「ARG164'」のように「'」のつくアミノ酸残基は隣接するタンパク質鎖に属するものを表している。dUMP は負電荷を持つリガンドであるため、正電荷を持つ ARG36、ARG38、ARG203、ARG163'、ARG164'、および負電荷を持つ ASP37、ASP242 が主として静電相互作用による結合・反発を示した。さらに、ARG38、ARG203、ARG163'、ARG164' は dUMP との距離も小さく、静電項に加え電荷移動項も現れているため、水素結合をしていると考えられる。また、SER162'、ARG163'、ARG164' といった隣接する鎖に属するアミノ酸残基との強い相互作用が見られ、dUMP を 2 鎖で挟みこむ形で安定した複合体を構成していることが示された。

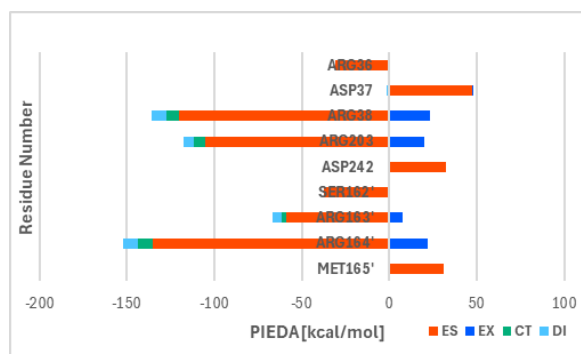


図1 PIEDAの結果 (dUMP と強く相互作用するアミノ酸残基とのみ)

参考文献

- 1 RSCB PDB (<https://www.rcsb.org/>)
- 2 BIOVIA Discovery Studio Visualizer (<https://www.3ds.com/ja/products/biovia/discovery-studio/visualization>)
- 3 K. Kitaura, E. Ikeyo, T. Asada, T. Nakano, M. Uebayasi, Fragment molecular orbital method: an approximate computational method for large molecules, Chem. Phys. Lett., 313, pp. 701 - 706 (1999)
- 4 田中成典, 福澤薫, 本間光貴, FMO 創薬を加速する大規模データ解析, CICSJ Bulletin, Vol.35, No.3, p.205- (2017)
- 5 D. G. Fedorov, K. Kitaura, Pair interaction energy decomposition analysis, J. Comput. Chem., 28, pp. 222 - 237 (2007)

部分的に氷結したフルクトース水溶液で観測される α 緩和の緩和強度のフルクトース濃度依存性

*樋口将馬(東海大学大学院総合理工学研究科総合理工学専攻、東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター)、大木耀介(東海大学大学院理学研究科物理学専攻)、佐々木海渡(東海大学理学部物理学科、東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター)、喜多理王(東海大学理学部物理学科、東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター)、**新屋敷直木(東海大学理学部物理学科、東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター)

1. 背景, 目的

液体の水は純粋な状態で存在することはほとんどなく、水溶液の成分として存在するのが通常である。水溶液が氷結すると、純粋な氷の相と不凍溶液相とに分離する¹。不凍溶液相では氷結前と比較し、溶質濃度が増加する^{1,2}。これは凍結濃縮と呼ばれる^{1,2}。氷結による相分離は、食品産業、細胞・臓器の凍結保存や凍結療法、海水の凍結脱塩、工業廃水の凍結精製、凍結鋳造などの様々な分野において極めて重要である。

氷結した水溶液の Differential Scanning Calorimetry (DSC) を用いた研究は過去にも非常に多く行われてきた。中でも、氷結した単糖・二糖水溶液^{1,2}、クエン酸水溶液¹、糖アルコール水溶液³の DSC を用いた研究では、冷却過程¹および昇温過程^{1,3}で二つのステップ状の熱的転移が観測された。低温側のステップ (T_{tr1}) はガラス転移に起因するという解釈で一致していたが、高温側のステップ (T_{tr2}) に対しては主に二つの解釈がなされた。一つは T_{tr1} 同様ガラス転移である¹という解釈、もう一つは氷の融解に起因する²という解釈である。

DSC は試料の熱容量の変化からガラス転移を観測する熱的手法の一つであるが、ガラス転移を観測する手法は他にも Thermal Mechanical Compression Test や Dynamic Mechanical Analyzer などの熱機械的手法、Inverse Gas Chromatography の体積的手法、Nuclear Magnetic Resonance や Broadband Dielectric Spectroscopy (BDS) などの分光学的手法などがある⁴。中でも BDS は、最も観測時間窓が広いことが特徴であり、糖水溶液の誘電緩和を、氷点下の温度で調べるためにも用いられてきた⁵。BDS で観測される α 緩和の緩和時間がおおよそ 100~1000 秒になる温度は、熱力学的なガラス転移温度と一致することから、ダイナミックなガラス転移温度として定義されている。

本研究では、BDS を用いて氷結したフルクトース水溶液のガラス転移を担うフルクトース分子と水分子の協同的な運動に由来する α 緩和⁵を主に観測し、DSC の先行研究で観測された T_{tr1} および T_{tr2} という二つのステップの正体を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

溶質に分子量 180.16 g/mol のフルクトース (富士フイルム和光純薬株式会社)、溶媒に超純水製造装置 Direct-Q UV 3 (メルク株式会社) で精製した比抵抗 18.2 M Ω ・cm の純水を用いて、フルクトース濃度 5~70 wt.% のフルクトース水溶液を調製した。DSC は DSC7 (Perkin Elmer 社) を用いた。試料を 283 K から 205 K に 1~150 K/min のさまざまな冷却速度で冷却した後、5 K/min で昇温し、得られた DSC カーブからガラス転移温度を求めた。広帯域誘電分光測定 (BDS) は Alpha-A-Analyzer (Novocontrol 社) を用いて 123~293 K の温度範囲で複素誘電率を測定し誘電緩和を観測した。

3. 実験結果・考察

DSC では主に二つの熱的転移 (T_{tr1} , T_{tr2})、BDS では主に二つの α 緩和、複数の氷の緩和、不凍水の緩和をそれぞれ観測した。BDS において二つの α 緩和が観測されたことは、氷結したフルクトース水溶液中に、フルクトース濃度が異なる二つの不凍溶液相が存在することを示唆している。このことから、DSC で観測された二つの熱的転移

(T_{tr1} , T_{tr2}) はどちらもガラス転移によるものと考えられる。本発表では、主に BDS で観測された二つの α 緩和の緩和強度に着目し、議論を行う予定である。

参考文献

- ¹ A. Bogdan, M. J. Molina, H. Tenhu, E. Bertel, N. Bogdan, and T. Loerting, *Sci. Rep.* 4, 7414 (2014).
- ² S. Ablett, M. J. Izzard, P. J. Liliford, I. Arvanitoyannis, and J. M.V. Blanshard, *Carbohydr. Res.*, 246, pp. 13-22 (1993).
- ³ B. Zakharov, A. Fisyuk, A. Fitch, Y. Watier, A. Kostyuchenko, D. Varshney, M. Sztucki, E. Boldyreva, E. Shalaev, *J. Pharm Sci.* 105, pp. 2129-2138 (2016).
- ⁴ J. M. U. H. Bosunia, Md. H. Bosunia, Md M. Hasan, A. A. Ananno, and A. Karim, *Food Reviews International*, 40(3), pp. 952-973 (2023).
- ⁵ N. Shinyashiki, M. Shinohara, Y. Iwata, T. Goto, M. Oyama, S. Suzuki, W. Yamamoto, S. Yagihara, T. Inoue, S. Oyaizu, S. Yamamoto, K. L. Ngai, and S. Capaccioli, *J. Phys. Chem. B*, 112(48), pp. 15470-15477 (2008).

氷結したスクロース水溶液中の氷の誘電緩和と結晶構造

*大木耀介(東海大学 理学研究科 物理学専攻), 樋口将馬(東海大学 総合理工学研究科 総合理工学専攻), 佐々木海渡(東海大学 理学部 物理学科, 東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター), 喜多理王(東海大学 理学部 物理学科, 東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター), **新屋敷直木(東海大学 理学部 物理学科, 東海大学マイクロ・ナノ研究開発センター)

1. 背景・目的

これまで、部分的に氷結した水溶液中の氷の誘電緩和が合成高分子[1,2]、ウシ血清アルブミン[3]、ゼラチン[4]の水溶液などで観測された。純粋な氷が単一の緩和[5,6]を示すのとは異なり、これらの水溶液では複数の氷の緩和が観測された。近年、ゼラチン水溶液を例として水溶液中の氷の誘電緩和を理論的に説明するモデルが提案されている[7]。しかし、水溶液中の氷の誘電緩和と氷の結晶構造との関係は未解明である。氷結した水溶液中では、氷結晶構造は純水で見られる六方晶系の氷 I_h ではなく、溶質濃度や温度履歴に応じて氷 I_h に立方晶系の氷 I_c が積み重なった積層不整氷である氷 I_{sd} が形成されることがある。これまで、氷結した二糖水溶液に対する X 線回折法による研究では、溶質の濃度と冷却速度が積層不整氷の形成に影響を与えることが明らかになった[8]。二糖類であるスクロースは、植物や食品の凍結保存において凍結保護剤として用いられ、その氷結した水溶液の物性は、氷結晶の成長の抑制を考えるうえで重要である。本研究では異なる温度履歴で冷却した氷結スクロース水溶液に対して広帯域誘電分光法 (BDS)と X 線回折法を行い、スクロース水溶液中の氷の誘電緩和と積層不整氷との関係を明らかにすることを目的とする。

2. 実験方法

試薬特級のスクロース結晶 (林純薬工業株式会社)を溶質、Direct-Q 3U (メルク株式会社) で精製した比抵抗 $18.2 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ の超純水を溶媒とし、スクロース濃度 0.0 ~ 65 wt.% の水溶液を調製した。BDS には Alpha-A-analyzer (Novocontrol) を用いた。50 wt.%スクロース水溶液を $-0.103 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ 、 $-4.71 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ の異なる平均冷却速度で $20 \text{ }^\circ\text{C}$ から $-130 \text{ }^\circ\text{C}$ の範囲で冷却し、平均昇温速度 $0.1 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ で昇温を行い、温度依存性の複素誘電率スペクトルを得た。氷の結晶構造解析には単結晶 X 線構造解析装置 Xta-LAB PRO P200 (株式会社リガク) を使用した。ポリイミドキャピラリーチューブ (ケイネックス株式会社) にスクロース水溶液を注入し、試料の蒸発を防ぐため上端を歯科印象材で塞いだ後、キャピラリーをゴニオステージにセットした。冷却用窒素ガスを試料に吹き付けて $-0.67 \sim -100 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ の様々な冷却速度でスクロース水溶液を $5.0 \text{ }^\circ\text{C}$ から $-85 \text{ }^\circ\text{C}$ まで冷却し、X線回折測定を行った。

3. 実験結果・考察

図 1 に冷却速度 $-0.67 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ で冷却し氷結させた異なる濃度のスクロース水溶液の X 線回折パターンを示す。純水の氷で見られる氷 I_h の回折パターンと比べ、スクロース濃度の増加とともに回折角度 34° , 44° のピーク強度が減少し、氷 I_{sd} の回折パターンへと変化した。また、異

なる冷却速度では、冷却速度が速いほど積層不整を含む氷の回折パターンに近づいた。冷却速度の異なる氷結したスクロース水溶液の誘電緩和スペクトルでは、主に溶質と水の協同的な運動による α 緩和、氷由来の緩和、不凍水由来の緩和といった、異なる複数の緩和が観測された。50 wt.% スクロース水溶液を異なる速度で冷却すると、緩和時間の温度依存性が異なった。積層不整氷を含むスクロース水溶液の誘電緩和と氷の結晶構造について、発表の場で詳細を議論する。

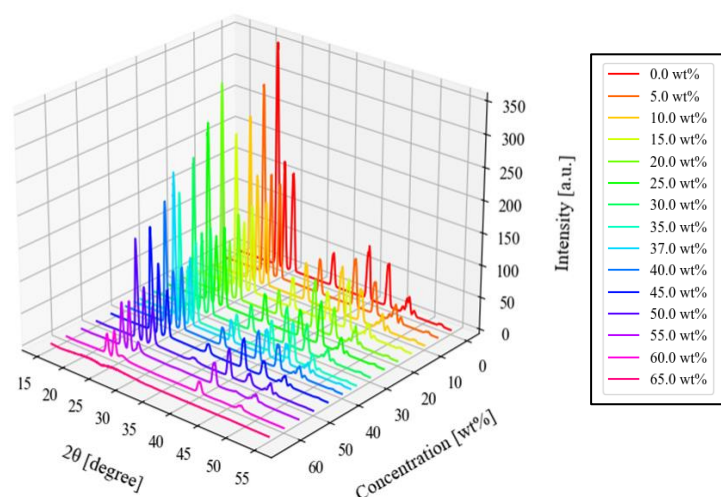


図 1. 氷結した水溶液の X 線回折パターンの溶質濃度依存性を表すグラフ。冷却速度 $-0.67 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ で冷却し氷結させ、 $-85 \text{ }^\circ\text{C}$ で測定を行った。

参考文献

1. M. Fujii, K. Sasaki, Y. Matsui, S. Inoue, R. Kita, N. Shinyashiki, *J. Phys. Chem. B.* (2020), 124, 8, 1521-1530
2. V. Balachandar, M. Takatsuka, K. Sasaki, R. Kita, N. Shinyashiki, S. Yagihara, R. Sampathkumar, *Phys. Chem. Chem. Phys.* (2023), 25, 22223-22231
3. T. Tsukahara, K. Sasaki, R. Kita, N. Shinyashiki, *Phys. Chem. Chem. Phys.* (2022), 24, 5803-5812
4. T. Yasuda, K. Sasaki, R. Kita, N. Shinyashiki, S. Yagihara, *J. Phys. Chem. B.* (2017), 121, 2896-2901.
5. R. P. Auty and R. H. Cole, *J. Chem. Phys.* (1952), 20, 1309-1314
6. G. P. Johari and E. Whalley, *J. Chem. Phys.* (1981), 75, 1333-1340
7. A. A. Khamzin, A. I. Nasybullin, A. S. Nikitin, *Chem. Phys* (2021), 541, 111040
8. T. Uchida and S. Takeya, *Phys. Chem. Chem. Phys.* (2010), 12, 15034-15039

SAS 団体会員 (2025 年度)

(50 音順)

株式会社 オーネックス
オリエンタルエンジ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
株式会社NITTAN
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

謝辞

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

2025 SAS Symposium ABSTRACTS

令和 7 年 11 月10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 080-6396-5661 E-mail : sasinfo@sas-jas.gr.jp

URL <http://www.sas-jas.gr.jp/>

発行人・宮沢 靖幸

© 2025 Society of Advanced Science