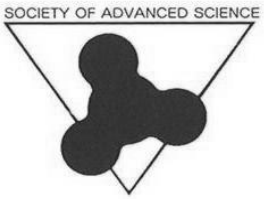
34 th
2022 SAS Symposium

ABSTRACTS



日時:　2022 年 11 月 17 日(木)、18 日(金) 10:00～16:00

会場:　東海大学湘南キャンパス 17 号館 2 階 ネクサスホール

主催:　SAS (Society of Advanced Science)

後援:　東海大学大学院工学研究科

34th　2022　SAS Symposium　スケジュール

	11月17日(木)
9:00	開場 受付開始 ポスター掲示 ショートプレゼンテーションのデータ提出 ※必ず事前にウイルスチェックを行ってください
10:00	シンポジウム開会式 実行委員長　教養学部人間環境学科　小栗先生ご挨拶 ※参加者の方はできるだけご出席下さい
10:15 ～ 12:09	ショートプレゼンテーション ※発表セッション中は待機して下さい。 ●セッション1 **A-13, B-01～B-18, D-01～D-04** 座長：工学部電気電子工学科　庄先生 (休憩・発表者入替え5分) ●セッション2 **E-01～E-11, G-01～G04, G-07, H-01～H-03, A-29** 座長：工学部応用化学科　源馬先生
	休憩
13:30 ～ 16:00	ポスターセッション ※コアタイム中は、各自のポスター前に待機して下さい。 **A-13, B-01～B-18, D-01～D-04, E-01～E-11, G-01～G04, G-07, H-01～H-03, A-29** ●コアタイム 13:30-14:30　カテゴリNo.　偶数 15:00-16:00　カテゴリNo.　奇数
16:00	第1日目　終了

	11月18日(金)
9:00	開場 (ポスター掲示) (ショートプレゼンテーションのデータ提出)
10:00 ～ 12:13	ショートプレゼンテーション ※発表セッション中は待機して下さい。 ●セッション3 **A-01～A12, A-14～A24** 座長：教養学部人間環境学科　小栗先生 (休憩・発表者入替え5分) ●セッション4 **A-25～A-28, A30～A32, C-01～C-06, D-05, F-01～F-09, H-04～H-06, G-05, G-06** 座長：工学部機械学科　宮沢先生
	休憩
13:30 ～ 16:00	ポスターセッション ※コアタイム中は、各自のポスター前に待機して下さい。 **A-01～A12, A-14～A-28, A30～A32, C-01～C-06, D-05, F-01～F-09, H-04～H-06, G-05, G-06** ●コアタイム 13:30-14:30　カテゴリNo.　偶数 15:00-16:00　カテゴリNo.　奇数
16:05	シンポジウム閉会式 SAS理事長　山田先生ご挨拶 ※参加者の方はできるだけご出席下さい 閉会式終了次第、ポスターおよび会場の撤収作業

34th 2022 SAS シンポジウム実行委員会組織

(五十音順、敬称略)

実行委員長	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	天野　忠昭	SAS テクニカルセンター長
	板子　一隆	神奈川工科大学 工学部 電気電子情報工学科
	内田　ヘルムート　貴大	東海大学 工学部 機械工学科
	遠藤　隆士	SAS 事務局
	大塚　隆生	第一熱処理工業株式会社 船橋工場 営業グループ
	神田　輝一	関東冶金工業株式会社
	神田　昌枝	中部大学 工学部 宇宙航空理工学科
	木村　達洋	東海大学 文理融合学部 人間情報工学科
	木村　誠	岳石電気株式会社 技術営業部
	渋谷　猛久	東海大学 理系教育センター
	庄　善之	東海大学 工学部 電気電子工学科
	新屋敷　直木	東海大学 理学部 物理学科
	利根川　昭	東海大学 理学部 物理学科
	冨田　恒之	東海大学 理学部 化学科
	松村　義人	前 東海大学 工学部 原子力工学科
	宮沢　靖幸	東海大学 工学部 機械工学科 / SAS 事務局長
	宮本　泰男	SAS テクニカルセンター
	山田　豊	東海大学 名誉教授 / SAS 理事長

34th 2022 SAS シンポジウム 題目一覧

会期　2022 年 11 月 17 日(木)、18 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

A：材料工学 (ナノテク、有機・高分子含む)

18(金)	セッション 3	A - 01	銀ろうへ添加した Ni がステンレス鋼のろう付性に及ぼす影響 *鎌田龍介(東海大学工学部材料科学科)、原碩亮(東海大学工学研究科応用理化学専攻金属材料工学領域)、中陶翔太(東海大学工学部材料科学科)、**宮沢靖幸(東海大学工学部機械工学科)
18(金)	セッション 3	A - 02	箔状 Ni 系ろう材によりろう付したステンレス鋼ろう付部の特性評価 *小林晃己(東海大学工学部材料科学科)、山崎交輝(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻金属材料工学領域)、**宮沢靖幸(東海大学工学部機械工学科)
18(金)	セッション 3	A - 03	B 含有量が箔状ろう材のろう付性に及ぼす影響 *古谷美宙(東海大学工学部材料科学科)、山崎交輝(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻金属材料工学領域)、**宮沢靖幸(東海大学工学部機械工学科)
18(金)	セッション 3	A - 04	黄銅とステンレス鋼とのろう付時の界面反応解析 *長尾晃裕(東海大学工学部材料科学科)、小林昂太郎(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻金属材料工学領域)、**宮沢靖幸(東海大学工学部機械工学科)
18(金)	セッション 3	A - 05	アルミニウム合金のノンフラックスろう付 *福壽信人(東海大学工学部材料科学科)、加藤淳也(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻金属材料工学領域)、**宮沢靖幸(東海大学工学部機械工学科)
18(金)	セッション 3	A - 06	N_2+H_2雰囲気下における Fe-Cr 合金の窒化挙動 *竹下佑大(東海大学工学部材料科学科)、**源馬龍太(東海大学工学部応用化学科)
18(金)	セッション 3	A - 07	持ち運び可能な気化熱 CNT 発電デバイスの開発 *奥津玲音(東海大学材料科学科)、安間有輝(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)
18(金)	セッション 3	A - 08	接合材料を使用しない気化熱デバイスの作製と評価 * 岡野裕太朗(東海大学工学部材料科学科)、** 高尻雅之(東海大学工学部応用化学科)
18(金)	セッション 3	A - 09	無電解めっきを用いた Bi2Te3 ナノプレートへの金属装飾 *小橋海斗(東海大学工学部材料科学科)、**高尻雅之(東海大学工学部材料科学科)
18(金)	セッション 3	A - 10	DOD 界面活性剤の添加量における熱電性能評価 *山本久敏(東海大学工学部材料科学科)、**高尻雅之(東海大学材料科学科)

18(金)	セッション 3	A - 11	CNT メッシュ膜のアンチモンテルルめっきコーティング *雨澤拓也(東海大学工学部材料科学科)、三浦克真(東海大学工学研究科応用理科学専攻)、**高尻雅之(東海大学材料科学科)
18(金)	セッション 3	A - 12	CNT(ガルバニナノ粒子添加)を基板とした Bi2Te3 めっき膜形成による熱電性能の向上 *星野光稀(東海大学工学部材料科学科)、**高尻雅之(東海大学工学部材料科学科)
17(木)	セッション 1	A - 13	希土類系高温超伝導線材の転移曲線とひずみ効果の関係 *長谷川 凌也(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)
18(金)	セッション 3	A - 14	2 種類の超伝導体を利用したハイブリッド超伝導線材の開発 *大橋克也(東海大大学院工学研究科応用理化学専攻)、**小黒英俊(東海大工学部電気電子工学科)
18(金)	セッション 3	A - 15	BaCu 酸化物を利用した YBCO 丸線材作製の検討 *耿 智輝(東海大学工学研究科応用理化学専攻)、**小黒 英俊(東海大学工学部電気電子工学科)
18(金)	セッション 3	A - 16	液中プラズマ法による燃料電池用プラチナ触媒の作製（発電出力に対する分散液の影響) *王虹惠(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)、**庄善之(東海大学工学部電気電子工学専攻)
18(金)	セッション 3	A - 17	液中プラズマ法を用いた燃料電池用触媒の作製に関する研究（発電出力に対する有機物の影響) *方楚嵐(東海大学大学院電気電子工学専攻)、**庄善之(東海大学大学院電気電子工学専攻)
18(金)	セッション 3	A - 18	低ヤング率を有する Ti の新規作製法の探索 *孫ユフゥン(東海大学大学院工学研究科)、吉田将樹(東海大学工学部精密工学科)、佐藤誉也(東海大学大学院工学研究科)、渡邉堅太(東海大学大学院工学研究科)、**土屋寛太朗(東海大学大学院工学研究科)、**内田ヘルムート貴大(東海大学大学院工学研究科)
18(金)	セッション 3	A - 19	Al 板の結晶粒径に及ぼす熱処理に関する研究 *吉田 将樹(東海大学工学部精密工学科)、孫 ユフゥン(東海大学大学院工学研究科)、朱 蕾(東海大学工学部精密工学科)、内田 ヘルムート貴大(東海大学大学院工学研究科)、**土屋　寛太朗(東海大学大学院工学研究科)
18(金)	セッション 3	A - 20	TiO2 ナノ結晶の選択的合成と分散液の調製および有機ペロブスカイト型太陽電池の電子輸送層への応用 *佐藤 来希(東海大 理)、Nuth Sophal、金子 哲也、磯村 雅夫(東海大 工)、小林 亮(名古屋大)、垣花 眞人(大阪大学)、**冨田 恒之(東海大 理)
18(金)	セッション 3	A - 21	Bond Valence Sum を利用した Ce3+賦活蛍光体の発光波長予測 *木内泰成、**冨田恒之(東海大学)、佐藤泰史(岡山理科大学)、小林亮(名古屋大学)、垣花眞人(大阪大学)

18(金)	セッション３	A - 22	電子線照射した炭素繊維強化ポリカーボネートの機械的強度の研究 *佐藤 史也(東海大学工学部電気電子工学科)、*小林 佑輔(東海大学工学研究科電気電子工学専攻)、**佐川 耕平(東海大学工学部機械システム工学科 講師)、**木村 英樹(東海大学工学部機械システム工学科 教授)、**内田 ヘルムート貴大(東海大学工学部精密工学科 准教授)、**西 義武(東海大学 名誉教授)
18(金)	セッション３	A - 23	炭素繊維強化ポリプロピレンの衝撃値に及ぼす加圧・熱処理条件の影響 *小林 佑輔(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻 修士 1 年)、*佐藤 史也(東海大学工学部電気電子工学科 学部４ 年)、**木村 英樹(東海大学工学部機械システム工学科 教授)、**佐川 耕平(東海大学工学部機械システム工学科講師)、**内田 ヘルムート貴大(東海大学工学部精密工学科 准教授)、**西 義武(東海大学大学院総合理工学研究科名誉教授)
18(金)	セッション３	A - 24	電気化学及びガス水素を用いた Pd の水素吸放出反応における熱力学的特性の評価 *伊比井 亜弥音(東海大学)、石田 素子(東海大学)、渡辺 堅太(東海大学)、佐藤 誉也(東海大学)、西 義武(東海大学 KISTEC)、原田 亮 (東海大学)、源馬 龍太(東海大学)、内田 晴久(東海大学)、**内田 ヘルムート貴大(東海大学)
18(金)	セッション４	A - 25	高硬度焼入れ鋼の硬さ測定および水素導入が及ぼす影響に関する研究 *伊藤大晟 (東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、吉田 剛(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、佐藤 優諒(工学精密工学科)、**内田ヘルムート貴大(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)
18(金)	セッション４	A - 26	温度が可変な水素透過実験システムの試作およびパラジウム板の水素透過特性に関する研究 *志賀 仁美(東海大学大学院工学研究科)、伊比井 亜弥音(東海大学大学院工学研究科)、渡邉 堅太(東海大学大学院工学研究科)、佐藤 誉也(東海大学大学院工学研究科)、中村 智樹(東海大学工学部精密工学科)、西 義武(東海大学大学院工学研究科/神奈産業科学技術総合研究所 KISTEC)、原田 亮(東海大学工学部精密工学科/国立研究開発法人産業技術総合研究所 AIST)、**内田 ヘルムート貴大(東海大学大学院工学研究科)
18(金)	セッション４	A - 27	18-8 ステンレス鋼へのフッ酸処理および PPS を用いた CFRTP への電子線照射処理がそれらの異種接着強度に及ぼす影響 *平井開都(1:東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、伊比井亜弥音(1)、佐藤史也(2:東海大学工学部電気電子工学科)、佐川 耕平(2)、木村英樹(2)、西義武(神奈産業科学技術総合研究所 KISTEC/東海大学名誉教授会)、**内田ヘルムート貴大(1)
18(金)	セッション４	A - 28	純 Ti 板の共振条件に及ぼす水素導入及び熱処理の影響 *佐藤 誉也(東海大学大学院工学研究科)、渡邉 堅太(東海大学大学院工学研究科)、林 俊輔(東海大学大学院理学研究科)、長谷川 吉之輔(東海大学工学部)、利根川 昭(東海大学大学院理学研究科)、渋谷 猛久(東海大学大学院工学研究科)、土屋 寛太朗(東海大学大学院工学研究科)、**内田 ヘルムート貴大(東海大学大学院工学研究科)
17(木)	セッション４	A - 29	工業用チタンワイヤーへの水素固溶が弾性特性に及ぼす影響 *山崎 智美(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、**内田 ヘルムート 貴大(東海大学工学部精密工学科)

18(金)	セッション４	A - 30	SUS316L パラジウムフリー水素精製膜の EB 処理による透過促進効果 *石田 素子(東海大学工学研究科)、伊比井 亜弥音(東海大学工学研究科)、三浦 栄一(東海大学工学研究科)、原田 亮(東海大学総合科学技術研究所)、西 義武(東海大学工学研究科、KISTEC)、**内田 ヘルムート貴大(東海大学工学研究科)
18(金)	セッション４	A - 31	純タングステン板の振動特性に及ぼす水素固溶効果 *渡邉 堅太(東海大学大学院工学研究科)、佐藤 誉也(東海大学大学院工学研究科)、林 俊輔(東海大学大学院理学研究科)、利根川 昭(東海大学大学院理学研究科)、松村 義人(東海大学大学院工学研究科)、土屋 寛太朗(東海大学大学院工学研究科)、渋谷 猛久(東海大学大学院工学研究科)、**内田 ヘルムート貴大(東海大学大学院工学研究科)
18(金)	セッション４	A - 32	EB 照射および酸が生分解性ポリ乳酸に及ぼす物理的特性変化およびポリ乳酸とチタンの接着に関する研究 *李 子黙(東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、土屋 寛太朗(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)

B： 自然・環境エネルギー

17(木)	セッション１	B - 01	Ge 粉末と水のボールミリングによる水素生成挙動 *布瀬小枝(東海大学工学部材料科学科)、**小栗和也(東海大学教養学部人間環境学科)、**源馬龍太(東海大学工学部応用化学科)
17(木)	セッション１	B - 02	Mg 水酸化物のボールミリングによる水素生成 *遠田 和大 (東海大学工学部材料科学科)、 **源馬 龍太(東海大学工学部応用化学科)
17(木)	セッション１	B - 03	炭酸塩の水素中加熱によるメタン生成に La 添加が与える影響 *吉田有章(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、**源馬龍太(東海大学工学部応用化学科)
17(木)	セッション１	B - 04	LaNi5/V 薄膜上における CO2 のメタン化 *金田修一(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、**源馬龍太(東海大学工学部応用化学科)
17(木)	セッション１	B - 05	LaNi5 薄膜を用いた CO2 メタン化反応における表面 Pd 修飾の影響 *馬場晴也(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、 **源馬龍太(東海大学工学部応用化学科)
17(木)	セッション１	B - 06	Ni ストライプ薄膜/CaCO3 上におけるメタン生成反応 *岡本陽佑(東海大学工学部材料科学科)、馬場晴也(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、金田修一(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、吉田有章(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、**源馬龍太(東海大学工学部応用化学科)

17(木)	セッション 1	B - 07	メカノケミカル法による Mg-Ca-Ni 系合金の水素吸蔵合金の作製と反応性 *板橋　達也 (東海大学工学部材料科学科)、**源馬　龍太(東海大学工学部応用化学科)
17(木)	セッション 1	B - 08	n 型および p 型 SWCNT 膜を使用した気化熱冷却発電デバイスの作製と評価 *安間有輝(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、**高尻雅之(東海大学材料科学科)
17(木)	セッション 1	B - 09	燃料電池の出力低下抑制のための制御方式の検討 *遠藤琢磨 (神奈川工科大学大学院工学研究科)、柏原玲次 (神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科)、日出 優太(神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科)、** 板子一隆(神奈川工科大学 大学院工学研究科)
17(木)	セッション 1	B - 10	太陽光発電システム用パワーコンディショナの回路構成簡素化の検討 *小谷和希 (神奈川工科大学 工学研究科電気子専攻)、** 板子一隆(神奈川工科 大学院研究)
17(木)	セッション 1	B - 11	低抵抗欠陥のある太陽電池パネルの特性シミュレーション *邱 宇鵬 (神奈川工科大学 大学院電気電子工学専攻)、洪 漳寅 (神奈川工科大学大学院電気電子工学専攻)、徐 川翔 (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 院電気電子工学 専攻)
17(木)	セッション 1	B - 12	既製の DC-DC コンバータを用いた PV 電源の検討 * 久保田晶(神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科)、松本武晃(神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科)、松下 晴(神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科)、駒場温人(神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科)、坂巻万里(神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科)、**板子一隆(神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科)
17(木)	セッション 1	B - 13	52 kW 6 極 36 スロット永久磁石同期機における固定子鉄心の基準要素サイズが面内渦電流損に与える影響に関する研究 *劉佳雨、小比田快斗(東海大学工学部電気電子工学科)、**大口英樹(東海大学工学部電気電子工学科)
17(木)	セッション 1	B - 14	回転機の素線に発生する渦電流損および循環電流損に関する研究 *今井葵一、安藤巧真(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)
17(木)	セッション 1	B - 15	巻線構成の違いによるハイブリット界磁形二層 IPM モータの特性に関する研究 *　岡元　竣、川地　泰平(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)
17(木)	セッション 1	B - 16	電磁界解析による DC モータの特性評価に関する研究 *　松川 航大、筒井 大智、塗野 正樹(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)
17(木)	セッション 1	B - 17	設置方位を考慮した日射量推定モデルの検討 *高柳傑(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)、佐川耕平(東海大学工学部機械システム工学科)

17(木)	セッション１	B - 18	画像解析を用いたソーラーカーの発電シミュレーションモデルの検証 *小林大地(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 教授)、佐川耕平(東海大学 工学部 機械システム工学科 講師)

C： 機械工学

18(金)	セッション４	C - 01	共鳴機構を有する管路内騒音抑制デバイスの音響特性 （弾性境界壁を用いた場合の音響特性解析） *若尾泰寿、富澤一馬(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)
18(金)	セッション４	C - 02	共鳴機構を有する管路内騒音抑制デバイスの音響特性 （音響特性測定実験のための低反射率終端の開発） *富澤一馬、若尾泰寿(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)
18(金)	セッション４	C - 03	埋め込み境界法を用いた音響特性解析の基礎検討 *髙橋和樹、本多友紀(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)
18(金)	セッション４	C - 04	溶接における溶接材料の物性に関する研究 *長坂壮志(東海大学工学研究科機械工学専攻)、小川渓人、角野晃一 (東海大学工学部精密工学科)、**土屋寛太朗(東海大学工学研究科機械工学専攻助教)、**森山裕幸(東海大学工学研究科機械工学専攻教授)
18(金)	セッション４	C - 05	鉄道車両用ステンレス製構体の 溶接に関する研究 *小川渓人(東海大学工学部精密工学科)、長坂壮志(東海大学院工学研究科機械工学専攻)、**土屋寛太朗(東海大学工学部精密工学科)
18(金)	セッション４	C - 06	鉄道車両用アルミニウム合金製構体 の溶接に関する研究 *角野晃一 (東海大学工学部精密工学科)、長坂壮志 (東海大学工学部精密工学科)、**土屋寛太朗 (東海大学工学部精密工学科 助教)

D： 教育・基礎科学

17(木)	セッション１	D - 01	ストレートグラスを用いたグラスハープの共鳴メカニズムの検討 *谷垣彪 (東海大学 教養学部 人間環境学科自然環境課程)、森川真珠理 (東海大学教養学部 人間環境学科自然環境課程)、** 小栗和也 (東海大学教養学部人間環境学科)
17(木)	セッション１	D - 02	スキャニメーションを用いた理科教材についての研究 *山﨑瞳 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、阿久津浩之 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、** 小栗和也 (東海大学教養学部人間環境学科)

17(木)	セッション１	D - 03	振動発電を利用した環境教育教材の開発 *鈴木登偉 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、花輪史彦 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、** 小栗和也 (東海大学教養学部人間環境学科)
17(木)	セッション１	D - 04	電気泳動を用いた運動方程式を理解するための実験教材 *酒井悠歌 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、加藤優典 (東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、** 小栗和也 (東海大学教養学部人間環境学科)
18(金)	セッション４	D - 05	理科教育で利用可能な情報カードの教材開発 *服部彩乃(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、吉原夕貴 東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、** 小栗和也(東海大学教養学部人間環境学科)

E：光・プラズマ理工学

17(木)	セッション２	E - 01	大気圧プラズマジェットを用いたインジゴカルミン水溶液の脱色 *綱川智大、チョウ カイケツ、**桑畑周司 (東海大学工学部電気電子工学科)、小田慶喜 (東海大学技術共同管理室)
17(木)	セッション２	E - 02	大気圧プラズマジェットを用いたアンモニアの合成　～空気中に発生したアンモニアのアクリルボックスを用いた捕集～ *﨑山 斗悠、**桑畑 周司 (東海大学工学部電気電子工学科)、三上 一行 (東海大学理学部化学科)
17(木)	セッション２	E - 03	アルミニウムへの大気圧プラズマジェット照射 ～照射距離依存性～ *望月 優太、**桑畑 周司 (東海大学工学部電気電子工学科)
17(木)	セッション２	E - 04	大気圧プラズマジェットを用いた CNT シートの親水化 *荻野 孝俊、山門 翔悟、**桑畑 周司 (東海大学工学部電気電子工学科)、三浦 克真、高尻 雅之 (東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)
17(木)	セッション２	E - 05	大気圧プラズマジェット照射によるモルタル表面の撥水剤の除去 *瀬口 颯、金子 壱星、堀井 見久里、**桑畑 周司 (東海大学工学部電気電子工学科)、笠井 哲郎 (東海大学建築都市学部土木工学科)、福島 誠司 (建装工業株式会社)
17(木)	セッション２	E - 06	大気圧プラズマジェット照射によるアルミニウム表面での微粒子の形成 *平島 伊織、**桑畑 周司 (東海大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻)
17(木)	セッション２	E - 07	非 Cs 型負イオン源での周辺プラズマ制御による負イオン引き出し特性 *三浦 海人(東海大学理学部物理学科、五家大我(東海大学理学研究科物理学専攻)、大沼龍一(東海大学理学研究科物理学専攻)、**利根川昭(東海大学理学部物理学科)

17(木)	セッション２	E - 08	電子エミッターでの水素分子の振動温度特性 *寺奥ゆり(東海大学理学部物理学科)、麻生佳奈(東海大学理学研究科物理学専攻)、大沼龍一(東海大学理学研究科物理学専攻)、五家大我(東海大学理学研究科物理学専攻)、**利根川昭(東海大学理学部物理学科)
17(木)	セッション２	E - 09	ICR 加熱での非接触プラズマ特性 *樋口将馬(東海大学理学部物理学科)、岡田尚徳(東海大学院理学研究科物理学専攻)、**利根川昭(東海大学理学部物理学科)、佐藤浩之助(九州大学)
17(木)	セッション２	E - 10	ICR 加熱型プラズマエンジンの開発 *並木葵(東海大学理学部物理学科)、岡田尚徳(東海大学理学研究科物理学専攻)、**利根川昭(東海大学理学部物理学科)
17(木)	セッション２	E - 11	重水素プラズマ照射での傾斜ターゲットにおける表面改質特性 *米川裕樹(東海大学理学部物理学科)、林俊輔(東海大学理学研究科物理学専攻)、岡田尚徳(東海大学理学研究科物理学専攻)、**利根川昭(東海大学理学部物理学科)

F： 生命・生体理工学

18(金)	セッション４	F - 01	CNN による手の開閉動作を想起した時の脳波分類 *林亮真(東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻)、村上快(東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻)、**安藝史崇、山崎清之、影山芳之(東海大学工学部医用生体工学科)
18(金)	セッション４	F - 02	数量化２類のカテゴリースコアを用いた表情認識における顔の部位の重要性の評価 *吉田北斗(東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻)、**影山芳之(東海大学工学部医工学科)
18(金)	セッション４	F - 03	ウェーブレット変換による画像化を利用した車椅子の AI 制御 *村上快(東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻) 、林亮真 (東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻)、山崎清之(東海大学工学部医工学科) 、安藝史崇(東海大学工学部医工学科) 、**影山芳之(東海大学工学部医工学科)
18(金)	セッション４	F - 04	呼気中２成分の並列イメージング計測によるアルコール代謝評価 *篠原 利樹、早川 悠暉(東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科)、飯谷 健太、**三林 浩二(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)
18(金)	セッション４	F - 05	唾液ペルオキシダーゼの影響を抑制したマウスガード型グルコースセンサの開発 *恩知 滉輝、石川 竜也(東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科) 、飯谷 健太、**三林 浩二(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)
18(金)	セッション４	F - 06	トレイルメイキング課題を用いた精神性ストレス負荷時の自立神経系評価 *君塚孔哉 1)、井藤健人 1)、高野裕輝 1)、安藝史崇 2)、山崎清之 2)、**木村達洋 1)　1)東海大学基盤工学部医療福祉工学科　2)東海大学工学部医工学科

18(金)	セッション４	F - 07	視野上の刺激提示位置と視覚誘発電位の関連性について *山崎大輝(東海大、医用生体工)、安藝史崇(東海大、医用生体工))、木村達洋(東海大、文理融合)、**山崎清之(東海大、医用生体工)
18(金)	セッション４	F - 08	主観的時間認識と脳波の関連性について *軽部　裕介(東海大院、医用生体工)、安藝史崇(東海大、医工学))、木村達洋(東海大、文理融合)、**山崎清之(東海大、医工学)
18(金)	セッション４	F - 09	手の動作による運動関連電位と NIRS の関連性 *リーラシリ　プワデ(東海大・院・医用生体工学専攻)、安芸史崇(東海大・医工学科)、木村達洋(東海大・文理融合)、大島浩(東海大・医工学科)、**山崎清之(東海大・医工学科)

G: 薄膜・表面物性工学

17(木)	セッション２	G - 01	圧力勾配スパッタリングによる室温域での AlN 薄膜の成膜と 3ω 法による実用性評価 *長谷 匡高(東海大学大学院工学研究科)、**高尻 雅之(東海大学大学院工学研究科)
17(木)	セッション２	G - 02	フレキシブル基板上のスパッタ膜の PV-Flexo 効果による発電 *髙田悠平 (東海大学材料科学科)、小森貴文(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、**高尻雅之(東海大学材料科学科)
17(木)	セッション２	G - 03	圧力勾配型スパッタリング法を用いた Bi-Sb-Te 系薄膜の熱電性能特性の評価 *小森貴文(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、長谷匡高(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、**高尻雅之(東海大学材料科学科)
17(木)	セッション２	G - 04	フレキシブル基板上 Pd 膜の水素吸蔵特性に関する研究 *吉田 剛(東海大学大学院工学研究科)、松村 義人(東海大学大学院工学研究科)、源馬 龍太(東海大学大学院工学研究科)、**内田ヘルムート貴大(東海大学大学院工学研究科)
18(金)	セッション２	G - 05	スパッタ法により形成した酸化チタン薄膜を用いた結晶シリコン太陽電池の開発 *山崎 航(東海大学工学研究科電気電子工学専攻)、久瀬 登雲(東海大学工学研究科電気電子工学専攻)、金子 哲也(東海大学工学科電気電子工学科)、**磯村 雅夫(東海大学工学科電気電子工学科)
18(金)	セッション２	G - 06	ヨウ素エタノール溶液で形成したヨウ化銅薄膜中のヨウ素－銅組成比の評価 *苔縄　隼人(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)、王　孟陽(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)、磯村　雅夫(東海大学工学部電気電子工学科)、**金子　哲也(東海大学工学部電気電子工学科)
17(木)	セッション２	G - 07	ヨウ化銅薄膜上に形成した金属電極の安定性に関する評価 *菊地　哲平(東海大学工学部電気電子工学科)、史　航 (東海大学工学部電気電子工学科)、王　孟陽(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)

H: その他

17(木)	セッション２	H - 01	クラシックギターの各種弦の音色の分析 *田中萩乃 (神奈川工科大学 大学院工学研究科 電気電子工学専攻)、** 板子一隆 (神奈川工科大学 大学院工学研究科 電気電子工学専攻)
17(木)	セッション２	H - 02	クラシックギターのアルアイレ奏法とアポヤンド奏法の音色の分析 *田中萩乃 (神奈川工科大学大学院電気電子工学専攻)、町田光(神奈川工科大学電気電子情報工学科)、八幡秀斗 (神奈川工科大学電気電子情報工学科)、** 板子一隆 (神奈川工科大学電気電子情報工学科)
17(木)	セッション２	H - 03	需給・周波数制御シミュレーション用フライホイールモデルの作成 *三縄郁弥(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)、**石丸将愛(東海大学工学部電気電子工学科講師)
18(金)	セッション２	H - 04	ディープラーニングによる画像診断支援の一提案 *澤田瑛平(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、長野翼(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、濵島大武(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、**土居二人(東海大学文理融合学部人間情報工学科)、**矢原充敏(東海大学文理融合学部地域社会学科)
18(金)	セッション２	H - 05	メタバースを活用した医療講義支援システムの開発 *山際琉斗(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、山川大貴(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、藤井響祐(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、**矢原充敏(東海大学文理融合学部地域社会学科)、**土居二人(東海大学文理融合学部人間情報工学科)
18(金)	セッション２	H - 06	在宅酸素療法における人工呼吸器と液体酸素の併用による吸入酸素濃度の評価試験 *山﨑瑞円(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、鶴窪宇宙(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、熊野夏海(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、菱沼翼(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、**木村達洋(東海大学文理融合学部人間情報工学科)、**矢原充敏(東海大学文理融合学部地域社会学科) 、**土居二人(東海大学文理融合学部人間情報工学科)

以上

A - 01

銀ろうへ添加したNiがステンレス鋼のろう付性に及ぼす影響

鎌田龍介（東海大学工学部材料科学科）、原碩亮（東海大学工学研究科応用理化学専攻金属材料工学領域）、中陳翔太（東海大学工学部材料科学科）、宮沢靖幸（東海大学工学部機械工学科）

緒言

ステンレス鋼は良好な耐食性を示す高級鋼である。現在、ステンレス鋼の応用は、EGR クーラーなどの熱交換器に及んでいる。耐食性や耐熱性が要求される EGR クーラーのろう付には Ni 系ろう材が用いられている。しかしながら、他の合金系と比較し、Ni 系ろう材は比較的硬くもろい合金である[(1)]。

ろう付部に高疲労特性など高い信頼性が要求される場合、比較的軟質な銀ろうを用いたステンレス鋼のろう付も行われている。銀ろうはステンレス鋼にぬれにくいため、銀ろうによるステンレス鋼のろう付は難しく、フラックスの使用などが推奨されている。また、一般的なろう付部には健全なフィレットの形成が必要である。そのためには、溶融ろう材のステンレス鋼母材に対するぬれが必須である。そのため、Ni などを銀ろうへ添加し、ぬれなどを改善し、使用している[(2)]。しかし、添加効果やそのメカニズムの詳細が不明である。

そこで、本研究では、ステンレス鋼ろう付用銀ろうを用いたろう付を行い、銀ろうに添加されている Ni などがステンレス鋼のろう付性に及ぼす影響に基礎的な検討を加えることを目的とした。

実験方法

ステンレス鋼には市販のオーステナイト系ステンレス鋼SUS304を用いた。試験片は 2 枚のステンレス鋼板を図 1 に示す通りに組み合わせた逆 T 字型試験片とした。母材間に箔状ろう材を設置した。ろう材が良好なぬれを示す場合、ろう付部にフィレットを形成し、ろう付性や界面反応などを評価できる。ろう材には市販の Ag-Cu 共晶ろう材と Ag-Cu-Ni 系ろう材を用いた。ろう付は真空炉で行った。ろう付温度はろう材の液相線温度などを考慮して 850℃ろう付時間は 10min とした。また、ろう付時の昇温速度は 20K/min とした。ろう付後、ろう付部断面ミクロ組織を光学顕微鏡で観察し、EPMA による元素分析結果から界面反応現象などに検討を加えた。

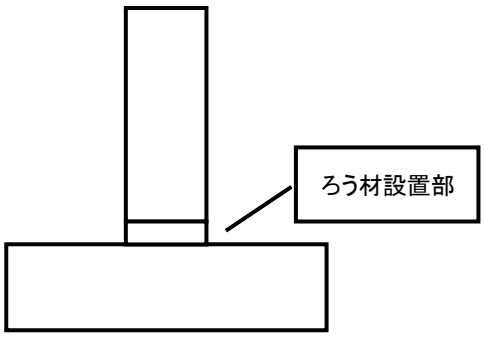


図 1　逆 T 字試験片の概略図

結果

図 2 に典型的なろう付部に形成されたフィレット部の断面ミクロ組織を示した。Ag-Cu-Ni 系ろう材を用いた場合、健全なフィレットが形成された。詳細は当日発表する。

図 2　Ag-Cu-Ni 系ろう材を用いた典型的なろう付部ミクロ組織

文献

(1) Mathew Way, Jack Willingham & Russell Goodall: Brazing filler metals, International Materials Reviews, (2020), pp. 267-269

(2) 草野貴史, 山本淳史, 奥富功, 本間三孝, 長部清: 真空機器用新ろう材, まてりあ第 44 巻第 3 号, 2005, pp. 251

箔状 Ni 系ろう材によりろう付したステンレス鋼ろう付部の特性評価

小林晃己（東海大学工学部材料科学科）、山崎交輝（東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻金属材料工学領域）、宮沢靖幸（東海大学工学部機械工学科）

緒言

ステンレス鋼は、靭性、耐食性に優れており様々な工業製品に用いられている。ろう付時に使用するろう材は粉末や箔など様々な形態で供給されている。その中でも、Ni 系ろう材には液体急冷凝固法によるアモルファス状箔状ろう材がある。これはバインダーを必要としないため炉内汚染をする恐れがない。また、箔状のため間隙に直接挟みこむ事ができ、ろう付において重要な間隙制御が容易であるという特徴がある。しかし、Ni 系箔状ろう材はアモルファス化する必要があり、そのためには耐食性が下がる原因の一つである Cr-B 化合物の形成やそれに伴う Cr 欠乏層などの原因である B を添加する必要がある。

そこで、本研究では B の添加量がろう付体の耐食性に及ぼす影響について検討する。

実験方法

母材にはオーステナイト系ステンレス鋼である SUS316L を用いた。一般的に Ni 系箔状ろう材に添加された B は、少量が望ましいと言われている。そこで、Ni 系箔状ろう材 MBF68（B 含有量の違う 4 種）と、MBF68 相当の粉末ろう材 613 を用いた。粉末ろう材はバインダーを 10%含有したペーストとして使用し、0.005ｇ塗布した。試験片形状は Single-lap 形状を用いた。ろう付には真空炉を用いた。ろう付温度は 1050、1100℃、ろう付時間は 10、60min とした。

耐食性評価には、ポテンショスタットを用いた三極式セルを使用した。試験溶液は 0.05mol% H_2SO_4、試験片と銅板（CE）を対極に設置してアノード分極曲線の測定を行った。また、ろう付部の断面ミクロ組織観察も行った。

結果

図 1 に 1050 ℃・10 分、1100 ℃・60 分でろう付した SUS316L/MBF68 ろう付体アノード分極曲線の測定結果を示した。グラフに注目すると、全ての測定結果は 0.8V まで不働態を形成しており、1V 付近から激しく腐食していることが分かる。また、図 1 より B 添加量の違いが分極曲線測定結果に及ぼす影響はほとんど見られなかった。本研究の範囲内では、箔状ろう材中の B 含有量の違いが、耐食性に及ぼす影響は小さいと判断された。

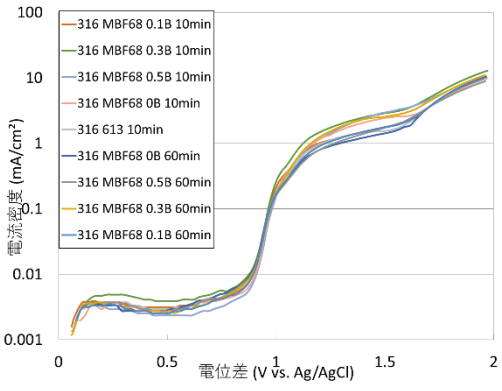


図 1 ろう付体のアノード分極曲線

また、ろう付時間が耐食性に及ぼす影響も小さい事が判った。一方、ろう付部ミクロ組織が耐食性に及ぼす影響は不明である。今後、元素分析など検討を進める。

また、1.2 V 付近から 1.6 V 付近の電流密度値に僅かな差があり、この結果から、1100 ℃・60 分でろう付したろう付部の耐食性が他の条件でろう付したろう付部耐食性より良好であると考えた。一般的に 1.2～1.6 V 付近で、ステンレス鋼母材の耐食性が向上すると言われている。従って、耐食性向上はろう付時の熱処理により母材組織が変化した事に起因すると考察した。

A - 03

B 含有量が箔状ろう材のろう付性に及ぼす影響

***古谷美宙（東海大学工学部材料科学科）、山崎交輝（東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻金属材料工学領域）、**宮沢靖幸（東海大学工学部機械工学科）**

1　緒言

ろう付では製品用途と母材に適合したろう材の選定が重要である。ろう材は合金であるため、合金の性質により供給時の形態は多様であり、箔、粉末という複数の形状がある。機械加工が難しい合金の場合、粉末で供給される場合が多い。しかしバインダーと混合し、ペースト状にして使用するため、脱バインダー工程が必要などの欠点がある。それに対して箔状ろう材は、面積、間隙制御が容易であり利便性が良い。脱バインダー工程が不要となる利点を有している。また、粉末状ろう材はアトマイズ法を用いて製造されるが、箔状ろう材は液体急冷凝固法を用いて製造されるという違いがある。ステンレス鋼のろう付では、基本的に耐食性の良い Ni 系のろう材が使用される。先行研究では同じ組成の Ni 系の箔状ろう材と粉末状ろう材を用いてろう付を行ったが、２つのろう材の形態の違いにより、ろう付部の組織に違いが見られた。B を含有しない 613 粉末状ろう材を箔状ろう材に加工するためには、B をわずかに含有させ、液体急冷凝固法によりアモルファス化する必要がある。そこで、本研究では最適な B 含有量を調査するため、MBF-68 の B 含有量を変化させた 4 種類の箔状ろう材を用いて、ろう付性やろう付後の組織、界面での反応現象に及ぼす影響について検討する。

2　実験方法

接合母材として、フェライト系ステンレス鋼の SUS444 を用いた。ろう材として B の含有量を変えた Ni 系箔状ろう材 MBF-68(B-0mass%)、MBF-68A(B-0.1mass%)、MBF-68B(B-0.3mass%)、MBF-68C(B-0.5mass%)の４種類を用いた。母材として縦 25mm×横 25 mm の板材と縦 15mm×横 10mm×厚さ 3mm の板材の間の接合面に箔状ろう材を設置し、SUS 治具で固定した。図１に逆 T 字型試験片の概略図を示す。ろう付は真空雰囲気を用いて行い、昇温速度を 20K/min、脱バインダー温度 600℃で 15 min 保持し、ろう付温度 1050℃で 10min 保持した後、空冷した。ろう付した試験片を中速カッターで切断後、鏡面研磨を施し、光学顕微鏡による断面組織観察を行った。

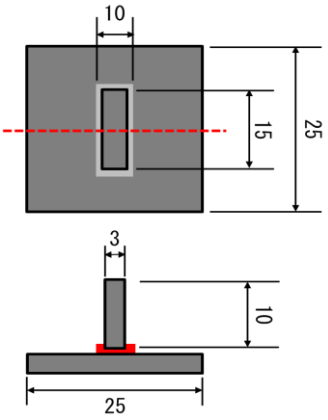


図1　試験片概略図

3　実験結果

B の含有量の違う 4 種類の箔状ろう材を用いてろう付を行った場合、それぞれの断面組織に違いが見られた。ろう付後のフィレットのサイズを比較した場合、箔状ろう材 MBF-68 の B の含有量が増加すると、フィレットのサイズも大きく形成されていた。B をほとんど含有していない MBF-68 に比べ、B を 0.5mass%含有している MBF-68C を用いた場合、フィレットのサイズも大きく、広範囲に広がっていた。このことから B の含有量の増加に伴い、ろう材のぬれ性が向上すると考えられる。また、B の含有量の変化によって、ろう材層厚さに変化が見られた。箔状ろう材 MBF-68 の B の含有量の増加に伴い、ろう材層厚さも徐々に増えていた。ろう材層厚さの増加に対して、残留共晶の幅も増加していることから、箔状ろう材 MBF-68 の B 含有量の増加に伴い、残留共晶の量も増えていると考えられる。

黄銅とステンレス鋼とのろう付時の界面反応解析

長尾晃裕(東海大学工学部材料科学科)、小林昂太郎(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻金属材料工学領域)、宮沢靖幸(東海大学工学部機械工学科)

1. 緒言

快削黄銅はその耐食性の良さや優れた加工性から主に配管用材料としてパイプやバルブに利用されている。しかし、近年の銅の価格上昇に対応するため、配管の一部をより安価なステンレス鋼製部品に変更する動きがみられ、黄銅とステンレス鋼の接合が求められている。通常、黄銅とステンレス鋼の接合には溶接が用いられることが多いが、配管部品の接合には高い気密性と寸法精度が求められ、その接合にはろう付が最適であるが、黄銅とステンレス鋼のろう付に関する研究報告は少ない。さらに、飲料水中への Pb の溶解量を制限する 2003 年の厚生労働省令や、近年の欧州における自動車や電子機器への鉛規制の強化（ELV 指令、RoHS 指令）により従来の快削黄銅からの代替が求められている。そこで登場したのが、Pb を含有しない Pb フリー快削黄銅である。Pb フリー快削黄銅には、Pb の代わりとして Bi や Si などを含有した黄銅がある。このうち Bi を添加した Bi 系黄銅とステンレス鋼のろう付について、添加された Bi がろう付時界面反応に及ぼす影響を調査した研究はほとんどない。そこで、Bi 系黄銅とステンレス鋼のろう付時の元素の挙動や界面反応に詳細な検討を加え、反応メカニズムを明らかにする事を目的として研究を行う。

2. 実験方法

母材として Pb フリー黄銅の C6801 の直径 15 mm 丸棒と SUS304 の直径 15 mm 丸棒を用いた。黄銅は長さ 15 mm に、ステンレス鋼は長さ 5 mm に切断し、接合面をエメリー紙で 2000 番まで研磨した。ろう材には箔状 BAg-13a ろう材を用いた。ろう材は直径 10 mm の円板状に加工した。フラックスは大進工業研究所社製銀ろう用 DIA-Flux707 を用いた。Ar ガス雰囲気下で 850 ℃および 900 ℃で 15 min 炉中ろう付を行い、その後 30 min 空冷で冷却した。冷却したのち、中速カッターでろう付面に対し、垂直方向に切断し、断面を鏡面研磨し、腐食したのち光学顕微鏡でろう付部のミクロ組織観察を行った。さらに、EPMA で元素分析を行った。

3. 結果

図 1 に 850℃でろう付した試験片の、図 2 に 900℃でろう付した試験片の典型的なろう付部断面ミクロ組織を示す。図 1、図 2 より黄色部(a)と茶色部(b)、灰色部(c)と白色部(d)が確認できた。Ag-Cu-Zn 状態図より、黄色部は Cu と Zn を含む Cu 固溶体相、茶色部は Ag、Cu、Zn を含有する複数相で構成されていると考えた。また、Ag-Bi-Cu 状態図より、灰色部は Bi の単相、白色部は Bi を含有する Ag 固溶体だと考えた。詳細は追って EPMA や SEM によって元素分析を行って考察する。

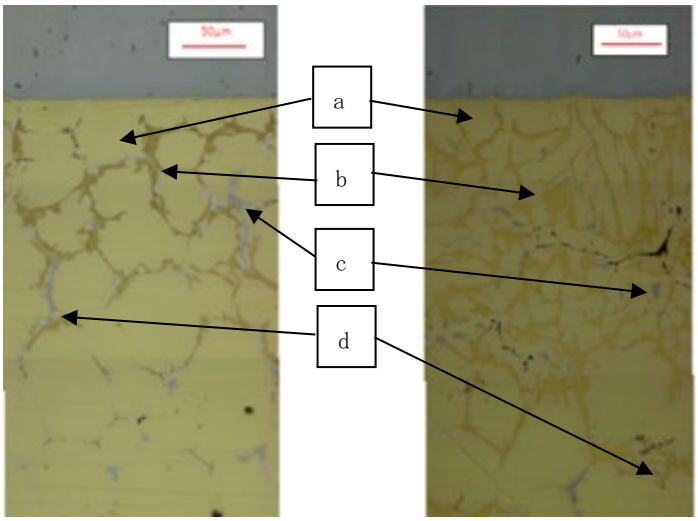


図 1　850℃ミクロ組織　　図 2　900℃ミクロ組織

アルミニウム合金のノンフラックスろう付

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

緒言

現在アルミニウムは、様々な用途で使われている。アルミニウムの代表的な材料加工であるろう付に注目すると、浸漬ろう付、トーチろう付、炉内ろう付、真空ろう付、ノコロックフラックスろう付などのろう付法が開発されてきた[1) 2)]。これらの中から製品に合わせたろう付法が選択されている。製品の中でも、熱交換器を見てみると、銅製からアルミニウム製に置き換わってきている。さらに、電気自動車の登場により、より熱交換器の需要が増えてきている[2)]。アルミニウム製の熱交換器は生産性やろう付精度の向上などにより広く普及しているが、軽量化、コストダウンのための薄肉化の限界やフラックスの使用による炉の汚染、フラックス自体の環境負荷などの問題がある。一般的に、フラックスはろう付において酸化被膜の除去などの観点から必要とされている。しかし、近年、急速加熱による母材の熱膨張とアルミニウム合金中のマグネシウムの反応による酸化被膜の破壊によってフラックスレスでのろう付法の報告がある[3)]。

そこで、本研究では、フラックスを用いないノンフラックスろう付法の開発とろう付時界面反応現象の基礎的検討を目的とした。

実験方法

母材にA6061、ろう材に箔状A4045（厚さ50、100μm）を用い、アルゴンガス雰囲気下で赤外線イメージ炉を用いてろう付を行った。ろう付時間は10分で、ろう付温度は585℃にて行った。試験片は、30mm角の母材に25mm角の母材を重ねて間に25mm角の箔状ろう材を設置し、ろう付した。ろう付後、試験片を中速カッターにて切断し、研磨し断面を光学顕微鏡にて観察した。

表1　A6061、A4045の化学組成

化学組成（mass%）	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
A6061	0.40～0.8	0.7以下	0.15～0.40	0.15以下	0.8～1.2	0.04～0.35	0.25以下	0.15以下	残部
A4045	9.0～11.0	0.8以下	0.30以下	0.05以下	0.05以下	－	0.10以下	0.20以下	残部

結果

フラックスレスにて、ろう付時間10分でろう付した試験片の断面組織画像を図1に示す。図からも分かるようにボイドが確認された。ボイドの発生原因や改善方法などの詳細を当日発表する。

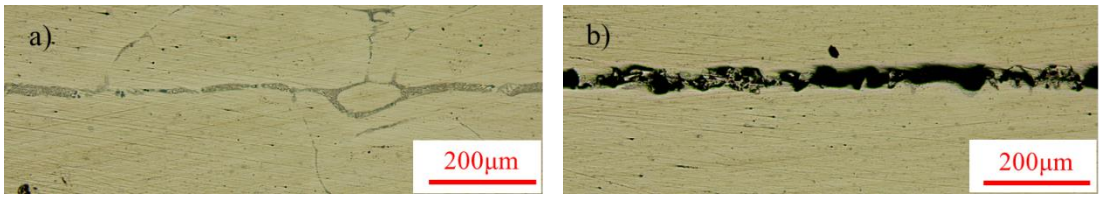


図1　断面組織画像　a)接合部　b）未接合部

参考文献

1)野村祐司,池田明香里:アルミニウムのノンフラックスろう付法,大陽日酸技報 No.30(2011),p43-44

2)伊藤泰永:アルミニウムろう付技術の変遷,UACJ Technical Reports, Vol.4(2017), p64-76

3)納康弘:アルミニウムの真空ろう付け,軽金属　第48巻　第9号(1998), p439-445

N_2＋H_2雰囲気下における Fe-Cr 合金の窒化挙動

*竹下佑大（東海大学工学部材料科学科）、**源馬龍太（東海大学工学部応用化学科）

背景および目的

表面処理の一つであるガス窒化は機械部品などの表面硬化法として用いられる。ガス窒化処理では、アンモニアが用いられるが、未解離のアンモニアが排ガスとして発生する。アンモニアは人体に有害であり、排ガス処理が必要になる。また、アンモニアの処理コストは安くないため、より環境負荷の小さい窒化処理が求められている。そこで、本研究では環境負荷の低い N_2+H_2 ガスでの窒化を行えないか検討する。

窒化鋼の多くは Fe-Cr 系合金であるが、アンモニアガス以外の窒化ガス中での窒化挙動に関する研究は少ない。新井 [1]による先行研究では、細野ら [2]の実験手法を元に、N_2+H_2 ガス雰囲気中での Fe-Cr 合金の窒化を試みている。しかし、文献 [1]で報告された窒化層の X 線回折ピークは非常に小さく、表面からの窒素濃度の変化も少なかった。このことから、N_2+H_2 ガス中で窒化阻害が起きている可能性が指摘された。十分な厚さの窒化層を生成できなければ窒化挙動を調査することは難しい。以上を踏まえて、本研究では N_2+H_2 ガス中における C 窒化挙動に関し、先行研究の窒化条件を参考に再現性を確認し、N_2+H_2 ガス中で窒化阻害が起きている原因を調査することを目的とした。

実験方法

アルミナるつぼに顆粒の純 Fe と純 Cr を秤量した試料を充填した後、チャンバー内の Ar ガス置換を 2 回行った。その後、Ar ガスを 5 L/min で流しながら油回転真空ポンプで排気しつつ高周波融解し、Cr 濃度の異なる Fe-Cr 合金（10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 wt% ）を作製した。図 1 に作製したインゴットの外観を示す。作製したインゴットに持ち手を溶接して手ハンマーで鍛造し、ローラー圧延機で厚さ 1.4 mm に圧延した。圧延後、Ar：H_2＝90：10（cm^3/min） 中 800 ℃で 24 h 焼鈍し炉冷することにより、組織の均質化を図った。その後、試料を高速カッターで約 15 mm×15 mm に切断しエメリー紙 1200 番まで研磨した。

図 1　作製したインゴット外観

窒化試料をアルミナボートに乗せ、窒化炉を 10 Pa まで排気して 0.1 MPa まで Ar ガスを導入、再度排気する操作を 3 回行った。H_2 を 0.1 MPa まで導入し、流しながら 600℃で 3 h 水素還元した。そのまま 750℃に昇温し、N_2+H_2 ガスを N_2：H_2＝80 ： 20 cm^3/min で流しながら 20 h, 40 h 窒化を行った。窒化処理を行った試料について、低角入射 X 線回折（GIXRD）により相の同定を行った。窒化処理を行った試料の外観を図 2 に示す。

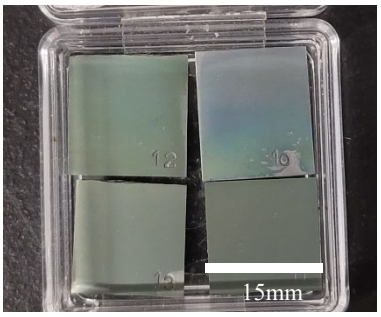


図 2 窒化処理を行った試料

実験結果

実験結果については当日に発表する。

参考文献

[1] 新井武尊、東海大学　工学部材料科学科 2021 年度卒業論文

[2] 細野博士　瀧尾和弘　桑原秀行　市井一男　大石敏雄　「H_2-N_2混合ガスによる Fe-Cr 合金の窒化に関する熱力学的研究」日本金属学会誌第 69 巻（2005）517-522.

A - 07

持ち運び可能な気化熱 CNT 発電デバイスの開発

***奥津玲音（東海大学材料科学科）、安間有輝（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）**

《緒言と目的》

近年 IoT（Internet of Things）化が注目されているため、屋外でも使用できる独立電源の需要が高まると考えられる。独立電源の候補として熱電発電がある。熱電発電は、熱電変換材料に温度差を与えると発電するという原理である。熱電変換材料には、単層カーボンナノチューブ（SWCNT）が挙げられ、室温付近にて高性能で小型化が可能なため、注目されている。しかし、熱源がないと温度差が生まれず発電ができないという欠点が挙げられる。本研究では熱源が不要な、気化熱冷却を利用して発電する CNT 熱電発電デバイスの携帯化に向けスポンジを取り付けて水分保持機能を大幅に拡張することを目的とした。

《実験・評価方法》

①SWCNT とエタノールをビーカーに入れ、超音波ホモジナイザーを用いて SWCNT 分散溶液を作製した。
②SWCNT 分散溶液を用いて、減圧濾過法で SWCNT 自立膜（BP）を作製した。
③ポリイミドフィルムを基板とし、4 つ穴を開けた。
④その後、開口部に BP を貼り付けた。
⑤銅細線で BP を直列回路に結線し、スポンジ無しのデバイスを作製した。
⑥作製したデバイスを水に浮かべ、人工太陽灯にて照射し、サーキュレーターにて送風を行った。
⑦照射と送風中にサーモカメラにて温度分布を撮影した。
⑧データロガーを用いて、出力電圧を測定した。
⑨測定したデバイスにスポンジを取り付け（図 1）、手順⑥、⑦、⑧を同様に行い、性能を測定した。

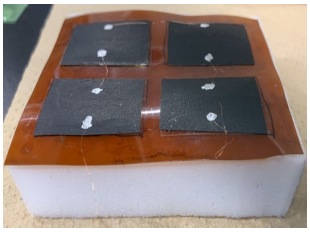


図 1.スポンジデバイス

《結果と考察》

スポンジ有りと無しの出力電圧は、それぞれ約 0.75 mV、約 0.25 mV であった（図 2、図 3）。
温度分布画像よりそれぞれ温度差が約 7℃と約 3℃であることが確認できた（図 4、図 5）。
よって、スポンジを取り付けることで BP に対する吸水量が増加し、それに伴い気化量も増加することで温度差が大きくなり、出力電圧が向上したことが考えられる。

《結言》

気化熱発電デバイスを携帯化するため、貯水タンク部としてスポンジを取り付けた。出力電圧が約 3 倍増加したことが確認できた。これは、スポンジを取り付けることで BP に対する吸水量が増加し、BP の気化量も増加することで温度差が大きくなり、出力電圧が向上したと考えられる。

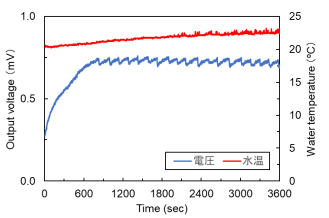


図 2. スポンジ有り出力電圧

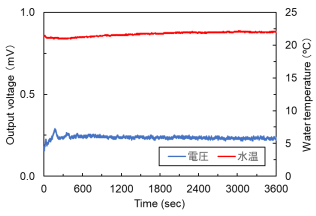


図 3. スポンジ無し出力電圧

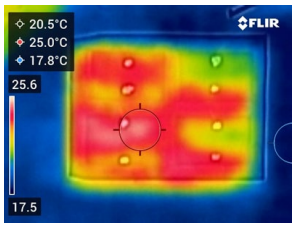


図 4. スポンジ有り温度分布

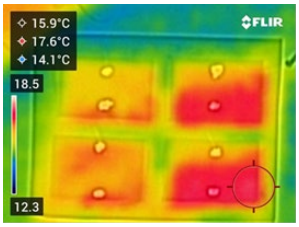


図 5. スポンジ無し温度分布

接合材料を使用しない気化熱デバイスの作製と評価

* 岡野裕太朗(東海大学工学部材料科学科)

** 高尻雅之(東海大学工学部応用化学科)

[1]緒言

Society5.0 により IoT(Internet of Things)が普及し、様々な場所でセンサーが用いられ、その独立電源として熱電変換技術が期待されている。また、熱源を必要としない熱電変換技術として気化熱発電法がある[1]。本研究では、銅細線を接合材料を使用しない方法を用いて単層カーボンナノチューブ(SWCNT)自立膜(バッキーペーパー：BP)のデバイスを作製し、評価を行った。

[2]実験方法

BPは減圧濾過法で作製した。接合材料を使用しないデバイスは、BP作製時に銅細線を挟み成膜した。作製したBPは、ゼーベック係数と電気伝導率より電気的特性を評価した。穴をあけたポリイミドフィルムに切断したBPを接着した。接合材料を使用したデバイスは配線材を銅細線、接合材料を銀ペーストにて配線した。デバイスは 1 対と 4 対の 2 種類作製し、測定した。

[3]結果及び考察

表 1 にて BP の電気的性能を、図 1 に 4 対発電デバイスの熱起電力量を示した。表 1 より 4 対のとき、接合材料を使用した BP が電気伝導率、*P.F.* で高い性能を示した。また、4 対において接合材料を使用しないデバイスの抵抗値が高いことが分かった。抵抗が高くなった要因として、異なる銅細線の長さが考えられる。 接合材料を使用したデバイスは、成膜時に使用した銅細線の両端または一端を渦巻き状に変形させているため、銀ペーストを使用したデバイスよりも銅細線が長くなっている。

[4]結言

接合材料を使用しないデバイスの作製を行った。銀ペーストを使用したデバイスより抵抗が高く、熱起電力が低いことが分かった。

[5]謝辞

SG-CNT を日本ゼオン株式会社 様より提供していただきました。この場を借りて深く御礼申し上げます。

[6]参考文献

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

表 1 SWCNT 自立膜の電気的性能

対数	接合材料	電気伝導率 (S/cm)	ゼーベック係数 (μV/K)	*P.F.* (μW/mK^2)	デバイスの抵抗 (Ω)
1	あり	72.1	43.9	13.9	6
	なし	72.1	43.9	13.9	5
4	あり	14.5	68.3	6.8	24
	なし	17.0	62.7	6.7	60

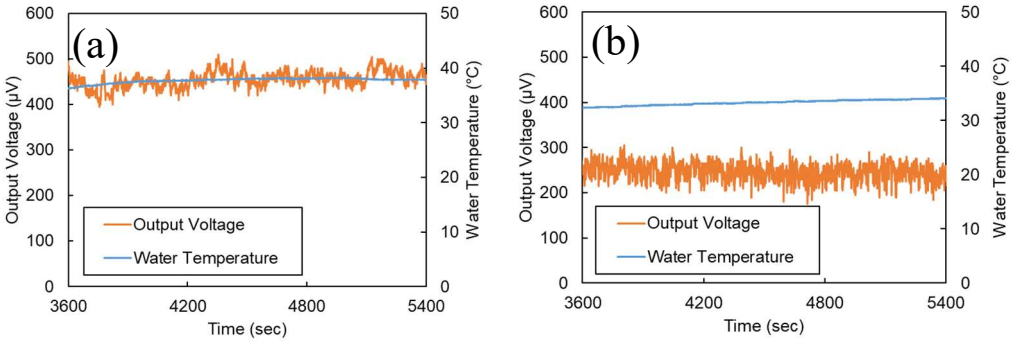


図 1:4 対デバイスの熱起電力［(a)接合材料あり、(b)接合材料なし］

A - 09

無電解めっきを用いた Bi_2Te_3 ナノプレートへの金属装飾

***小橋海斗（東海大学工学部材料科学科）**

****高尻雅之（東海大学工学部材料科学科）**

1. 緒言

工場や自動車などの廃熱は利用されずに排出され無駄なエネルギーとして排出されている。その排熱を利用する方法として熱電変換技術が注目されている。熱電性能を示す無次元性能指数$ZT = \frac{\sigma S^2 T}{\kappa}$を向上させるには、S:ゼーベック係数を上げる、$\sigma$:導電率を上げる、$\kappa$:熱伝導率を下げるということが挙げられる。材料のナノ構造化によって、フォノン粒子の界面散乱による格子熱伝導率の低減とフォノン波の局所共鳴によるさらなる格子熱伝導率の低減が見込まれる。したがって、熱伝導率を下げるということにつながる。また、金属装飾を施すことによって導電性の向上が期待できる。以上 2 つのことを達成することによって熱電性能の向上につながる。

2. 実験方法

まず、ソルボサーマル法にて Bi_2Te_3 ナノプレートを作製した。得られた Bi_2Te_3 ナノプレートに無電解めっきを施すために、Sn、Pd の各種めっき溶液を作製し無電解めっきを行った。無電解めっきの条件として、Sn めっき(単体)、Pd めっき(単体)、Sn＋Pd めっきとした。Sn＋Pd めっきについては、初めに Sn めっきを行い、次に Pd めっきを行った。物性測定として、電子線マイクロアナライザー(EPMA)で元素分析、走査型電子顕微鏡(SEM)でナノプレート表面に金属粒子が形成されているかを評価した。電気的特性を評価するために無電解めっきを施した粉末から、プレス機を用いてバルク体を作製し電気抵抗を測定した。また、評価の対象として各種めっきを施したサンプルと、めっきを施していない Bi_2Te_3 ナノプレートを用意した。

3. 実験結果及び考察

本研究では、めっきをする元素などの条件を変えて無電解めっきを行った。その結果として、図 1 から無電解めっきを施したサンプルと無電解めっきを施していないサンプルでは、無電解めっきを施しているサンプルの電気伝導率が大幅に上昇していたことが分かった。図 2 から無電解めっきをナノプレートに施すことによって、ナノプレート表面に粒子がついていることが分かった。これはナノプレート表面に Sn 及び Pd の金属装飾がされている為である。以上のことから、金属粒子がナノプレート表面に付くことで電気抵抗が低下し電気伝導率の大幅な上昇につながったと考えられる。

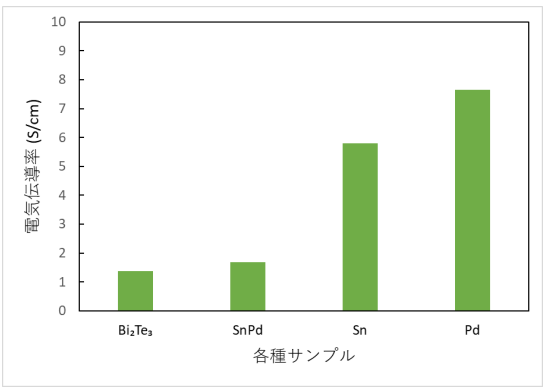


図 1　各種サンプル電気導電率

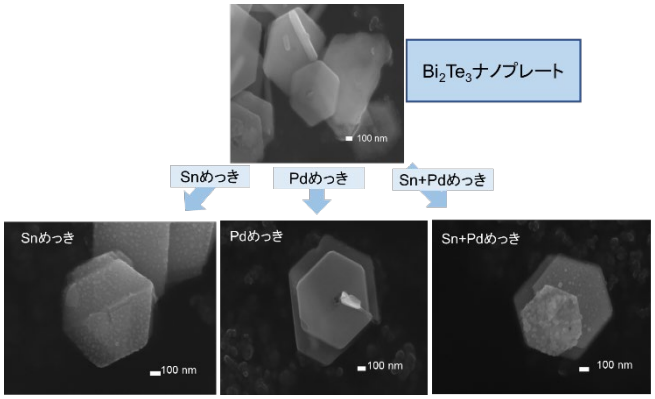


図 2　めっき前後の SEM 画像

DOD 界面活性剤の添加量における熱電性能評価

***山本久敏(東海大学工学部材料科学科)、**高尻雅之(東海大学材料科学科)**

1. 緒言

近来、エネルギー問題が注目を集めておりその問題の一手として注目を集めているのが熱電変換素子である。熱電変換素子とは熱を直接電気エネルギーへと変換可能する方法である。熱電変換素子として注目されているのが CNT(カーボンナノチューブ)である。CNT は、柔軟性があり室温付近で高熱電性能であるため新熱電変換材料として注目されている。CNT は熱電性能として p 型を示す。熱電素子は p 型のみの単一素子では熱利用効率が低く低出力であるので、高い出力を生み出すには p 型と n 型の対構造となることが望まれる。n 型の変換方法として界面活性剤のドーピング及び不活性ガス雰囲気中での熱処理が挙げられる。本研究では CNT を n 型に変換した際における高性能最適化を目的とし研究を行った。高性能最適化を図るために使用界面活性剤として DODMAC(ジメチルジオクタデシルアンモニウム=クロリド)を選択し添加濃度を増大させ高性能最適化を試みた。

2. 実験方法

CNT と DODMAC をイオン交換水に添加し 30 分間超音波分散し、CNT 分散溶液を作製した。その後、CNT 分散溶液を真空ろ過法により BP(バッキーペーパー)を作製し乾燥後、不活性ガス雰囲気中での熱処理(150℃)を行った。熱処理後の試料をゼーベック測定器及び四探針抵抗測定器を用いて、ゼーベック係数及び電気伝導率を測定し性能評価した。

3. 結果・考察

図 1 に DODMAC 添加におけるゼーベック係数と電気伝導率の関係性を示す。図 2 に DODMAC 添加における *P. F.* の関係性を示す。図 1 からゼーベック係数では DODMAC の添加量が増加することにより、性能に差が表れることを確認できた。濃度比率が 20 倍に着目すると、熱電性能が比較的高いことが分かった。その後、ゼーベック係数が下がったことから 25 倍から熱電性能が低下する要因が発生したと考えられる。電気伝導率では 25 倍を過ぎてから性能が上昇することが確認できた。また、ゼーベック係数と電気伝導率が反比例の関係であることが確認でき、キャリア密度の関係があると考えられる。図 2 から *P. F.* を読み取ると、全体的の性能としては濃度比率が 20 倍の際の性能が一番高いことが確認できた。

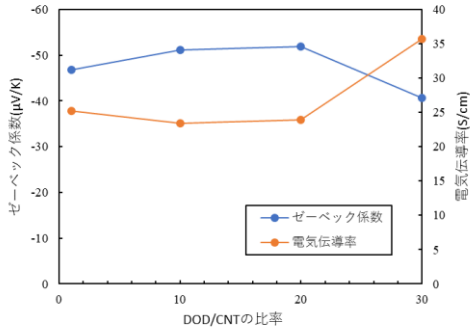


図 1. DODMAC 添加量とゼーベック係数及び電気伝導率の関係

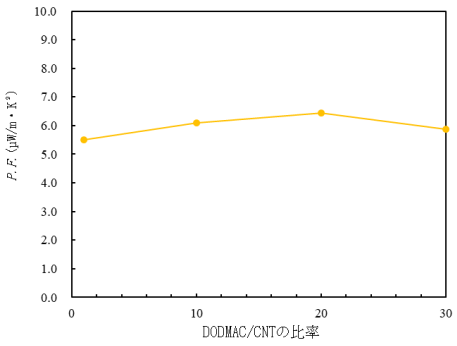


図 2. DODMAC 添加量と P. F. の関係

4. 参考文献

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

5. 謝辞

本研究を行うにあたり SG-CNT を提供して頂いた日本ゼオン株式会社様に感謝申し上げます。

CNT メッシュ膜のアンチモンテルルめっきコーティング

***雨澤拓也(東海大学工学部材料科学科)、三浦克真(東海大学工学研究科応用理科学専攻)**

****高尻雅之(東海大学材料科学科)**

[1]緒言

近年、室温付近で高い性能を示す CNT を熱電変換材料として使用する。この CNT をメッシュ素材と組み合わせることで CNT 単一膜より膜全体で温度差をつけやすくすることができる。本研究では CNT メッシュ膜にアンチモン・テルルをめっき法により成膜し、薄膜の P 型熱電素子としての性能向上を試みた。

[2]実験方法

0.3~0.4wt%の CNT 分散溶液(CNT は SG-CNT を使用)をメッシュ素材にディップコーティング法により 2 回もしくは 3 回コーティングし CNT メッシュ膜を作製した。作製した CNT メッシュ膜に電解めっき法を用い Sb_2Te_3 被膜を成膜した。性能はパワーファクター(μW/cmK^2)で評価を行なった。パワーファクターは膜厚(mm)、ゼーベック係数(μV/K)、電気抵抗(Ω)を測定し、その数値から算出した。測定後に SEM にてめっき被膜の表面観察も行なった。

[3]結果・考察

表 1 にナイロンと PPS(ポリフェニレンサルファイド)の 2 度つけおよび 3 度つけの性能評価を示した。めっきをする前の CNT メッシュ膜の電気抵抗は 2 度つけで 5 Ω ほどであるが、めっきをしたことにより約半分ほどになっている。電気抵抗の低下により、電気伝導率が増加し、パワーファクターも向上したと考えられる。図 1 に SEM(×3000)による表面観察結果を示す。両試料ともに白い粒状の物質が付着しているのがみてとれた。この粒状物質が Sb および Te ではないかと考える。ポスター発表では、CNT メッシュ膜の電気的性能および表面観察について報告する。

表 1　性能比較

CNT	素材	抵抗 (Ω)	ゼーベック係数(μV/K)	*P.F.* (μW/cmK^2)
2 度つけ	ナイロン	2.59	29.9	0.008
	PPS	1.98	28.73	0.014
3 度つけ	ナイロン	0.24	23.5	0.029
	PPS	0.47	31.48	0.054

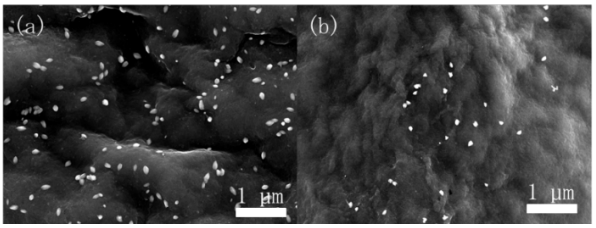


図 1　SEM による表面観察(a)ナイロン、(b)PPS

[4]参考文献

・環境の熱から電気をつくるナノカーボン　阿武宏明
東京理科大学　科学フォーラム　2019 年 10 月 413 号

・Surface control and cryogenic durability of transparent CNT coating on dip-coated glass substrates
Zuo-Jia Wang, Dong-jun Kwon, Ga-Young Gu
Journal of Colloid and Interface Science
Vol.386, issue 1, 15 November 2012, Pages 415-420

[5]謝辞

CNT 分散溶液をご提供してくださった日本ゼオン株式会社様、ご指導いただいた高尻雅之 教授、ご協力していただいた三浦克真 院生に感謝申し上げます。

CNT(ガルバニナノ粒子添加)を基板とした Bi_2Te_3 めっき膜形成による熱電性能の向上

***星野光稀(東海大学工学部材料科学科)、**高尻雅之(東海大学工学部材料科学科)**

【緒言・目的】

持続可能性の観点から、石炭などの従来の化石燃料に依存した発電方法が見直されるなか、熱電材料は熱を利用して発電できることから、エネルギーハーベスティング材料として期待されている。カーボンナノチューブ(CNT)の柔軟性は熱電材料の応用の幅を広げる一方で、熱電性能は無機材料に劣る。そこで CNT と無機材料を複合化させることで、CNT の柔軟性と無機材料の高い熱電性能を生かした、n 型熱電材料を作製できると考えた。本研究ではコストの低い方法を選択し、CNT 自立膜に Bi_2Te_3 の電解めっきを施すことによって複合材料を作製した。

【実験方法】

希釈した塩酸に Bi_2O_3 と TeO_2 を溶解した溶液中にアルミニウム板を浸漬させ、液相還元法によって Bi_2Te_3 ナノ粒子を作製した。CNT にエタノールを分散した後、Bi_2Te_3 ナノ粒子を分散させて作製した分散液を減圧濾過することで p 型自立膜(p-BP)を作製した。n 型自立膜(n-BP)は CNT とジメチルジオクタデシルアンモニウム=クロリド(DODMAC)をイオン交換水に分散した後、同様の方法で作製しアニーリングを行うことで作製した。自立膜に Bi_2Te_3 の電気メッキを施し、電気伝導率やゼーベック係数を測定した。

【結果・考察】

図 1 に電気伝導率及びゼーベック係数の測定結果を示す。p-BP ではめっき後に必ずしもゼーベック係数が低下せず、負になることはなかった。電気電伝導率は向上し、表面状態にも変化が見られたことから、めっき膜が n 型を示していないと考えられる。一方で、n-BP に電解めっき行ったところ、ゼーベック係数・電気伝導率ともに性能が変化しなかった。膜厚や表面状態にも変化が見られなかったことから、めっき膜が形成されなかったと考えられる。

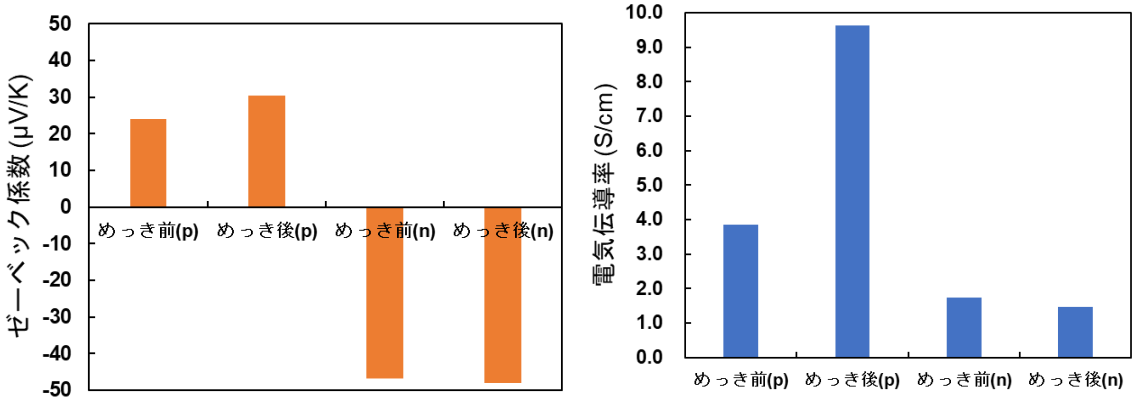


図 1　n-BP 及び p-BP への Bi_2Te_3 めっき前後のゼーベック係数・電気伝導率

【謝辞】

SWCNT を提供して頂いた日本ゼオン株式会社に感謝申し上げます。

【参考文献】

Carbon Nanotube-Based Organic Thermoelectric Materials for Energy Harvesting, Xiaodong Wang, Hon Wang, Bing Liu, Polymers 2018, 10(11), 1196

希土類系高温超伝導線材の転移曲線とひずみ効果の関係

***長谷川 凌也（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）**

1. 緒言

希土類系高温超伝導線材($REBa_2Cu_3O_x$線材)は、超伝導特性が高いことや基板のハステロイが機械的に強いメリットがあり、特に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、ひずみをかけることで、超伝導特性が変化することが知られており[1]、応用で使う際にこの現象が問題になる。さらに、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[2]。この 2 つの特徴を議論することが、正確な特性の把握には必須だが、その測定が難しいため、ほとんど調べられていない[3]。また、希土類系高温超伝導線材の超伝導特性がなぜひずみで変化するのか、分かっていない。そのため、本研究では、希土類系高温超伝導線材の上部臨界磁場を確認することで、ひずみによる超伝導特性の変化が、物理的性質の変化から起こるのか、組織の変化から起こるのかを調べるために、物理的性質が現れる転位曲線へのひずみの影響を調べることを目的とした。

2. 実験方法

希土類系高温超伝導線材は市販されている SuperOx 社製のものを使用した。この線材を用いて、低温強磁場中での電気抵抗測定を以下の方法で行った。希土類系高温超伝導線材を約 1.5 cm に切り、測定用ホルダーに設置した。この際、曲げジグを用いることで、0 %、0.1 %、0.2 %のひずみを印加した。また、磁場を発生させ、ヘリウムガスにより冷却を行った。そして、それぞれのひずみパターンを、18 T 以下の磁場条件で、c 軸と平行方向に磁場を印加し、88 K、90 K における電気抵抗測定の磁場依存性と Tc を求めるために電気抵抗の温度依存性を測定した。88 K、90 K では、電気抵抗と磁場の推移を観察し、Tc 測定では、電気抵抗と温度の推移を観察し、これを評価した。また、本研究では、上部臨界磁場を転位曲線のオンセットとオフセットの 2 つの定義で求めた。

3. 結果および考察

図 1 に超伝導状態から常伝導状態になる点をオンセットとし、電気抵抗が 0 になる点をオフセットとし、電気抵抗の磁場依存性を示した。そして、図 2 にオンセットから求めた上部臨界磁場の温度依存性を示し、図 3 にオフセットから求めた上部臨界磁場の温度依存性を示した。図 2 より上部臨界磁場から求めたオンセットはひずみによって上昇した。図 3 より上部臨界磁場から求めたオフセットは温度の下降に伴い、上昇し下降する複雑な変化をする振舞いが分かった。このような変化は、ひずみを印加したことにより、希土類系高温超伝導線材の結晶構造が変化したことが原因であると考えられる。

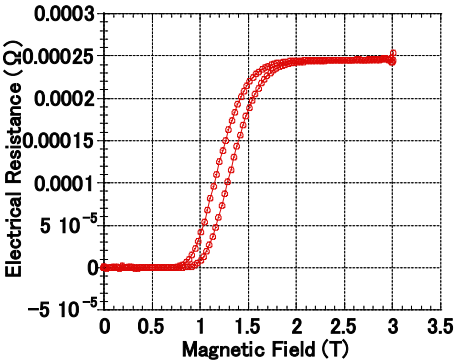


図 1　電気抵抗の磁場依存性

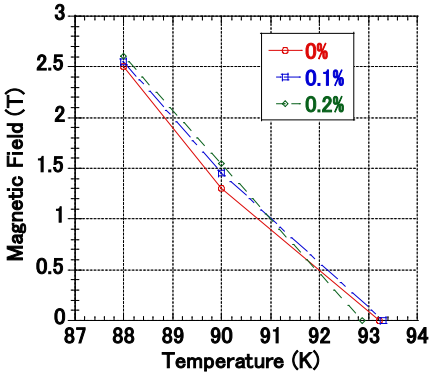


図 2　オンセットから求めた
上部臨界磁場の温度依存性

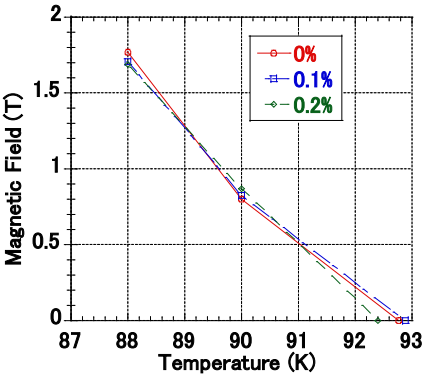


図 3　オフセットから求めた
上部臨界磁場の温度依存性

4. 参考文献

[1] M. Sugano et al., Supercond. Sci. Technol., Vol. 23 (2010) 085013
[2] 渡邉宇宙、2019 年度東海大学工学部材料科学科卒業論文
[3] D. C. van der Laan et al., Supercond. Sci. Technol., Vol. 23 (2010) 072001

2 種類の超伝導体を利用したハイブリッド超伝導線材の開発

***大橋克也(東海大大学院工学研究科応用理化学専攻)、**小黒英俊(東海大工学部電気電子工学科)**

【はじめに】

MgB_2は、金属系の化合物として超伝導転移温度 Tc が最も高い 39 K[1]であり、基礎・応用にわたって多くの研究がなされている。その中で、超伝導線材で作製した電磁石である超伝導マグネットを応用した、MRI が MgB2 線材で作製されるに至っている。このとき、超伝導マグネットなどへの応用で必要となる線材化のメリットは、Tc が高いことの他に(1)高温酸化物超伝導体のような結晶粒の向きを揃えること(配向化)が不要、(2) 資源的に豊富であるために、原料が比較的安価、(3) Mg と B という原料のため軽量、などが挙げられる。しかし、上部臨界磁場が低いために強磁場中での臨界電流密度が低いといった現状である[2][3]。そのためにも、より臨界電流密度が高い線材が必要になる。

$YBa_2Cu_3O_y$(YBCO、Y:RE または希土類元素)は、上部臨界磁場が約 300 T と高いことが知られている。しかし、MgB_2に対して結晶構造の制約から結晶軸を配向しなければ大電流通電が不可能であるため[4]、薄膜で作製することにより、大電流通電が可能にしている。ところが、薄膜であるために剝離力が弱い、結晶軸を配向化したために磁場の方向によって大きく通電特性が変化する課題が挙げられる。そのため、丸型線材の開発が望まれているといった状況である。

そこで、外部磁場に対して磁場排除効果が大きい YBCO を利用することで、通常のMgB_2線材よりも高い磁場でも耐えることができると考えた。本研究では、MgB_2線材の特性向上を目的としたMgB_2＋YBCO を利用したハイブリッド超伝導線材の開発を行った。

【実験方法】

PIT(Powder-In-Tube)法による Ex-Situ 法MgB_2線材の作製方法を示す。Ar ガス雰囲気下のグローブボックス中でMgH_2と B のモル比が 1:2 になるように秤量、混合し油圧プレス機を用いて直径 25 mm、厚み約 20 mm に成形した。その後、真空雰囲気下で 630℃×10 h の熱処理を施すことでMgB_2バルクを作製した。グローブボックス中で作製したMgB_2バルクを粉砕し、粉末状態にして直径 5 mm、厚さ 0.5 mm、長さ 50 mm の Nb 管(Nb-MgB_2)と Ag 管(Ag-MgB_2)の 2 種類に詰めた。そして、それぞれの直径が 3.5 mm 以下になるまで圧延加工を行い、長さ 40 mm に切断した。

YBCO 粉末の作製方法を示す。Y_2O_3、$BaCO_3$、CuO 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、930℃にて焼結し、バルク体を作製した。作製した YBCO のバルク体を粉砕し、粉末状態にした。

圧延加工後のMgB_2ビレットに YBCO 粉末を付着させるためにグリスを塗布し、回転させながら YBCO 粉末を振りかけた。その後それぞれ Ag 管に詰め、圧延加工を行った。そして、真空雰囲気下で 630℃×10 h の熱処理を施した。最後に、Nb-MgB_2線材に関しては線材の両端を剝ぐことで Nb 管を剝き出しにした。対して、Ag-MgB_2線材は、Ag 管で完全に覆った状態にした。

作製した 2 種類のハイブリッド超伝導線材を冷凍機冷却クライオスタットで、4 端子法による電気抵抗測定を行った。

【結果および考察】

作製した 2 種類のハイブリッド超伝導線材の電気抵抗測定の結果を Fig. 1 に示す。

Ag-MgB_2線材に関して 10 K、40 K 時での電気抵抗の値は、それぞれ約 8.75×10^{-6} Ω、3.42×10^{-5} Ω と確認できた。このことから、Ag の残留抵抗であると考えられる。

Nb- MgB_2線材に関して 10 K、40 K 時での電気抵抗の値は、それぞれ 0 Ω、約 7.50×10^{-7} Ω と確認できた。このことから、MgB_2の超伝導転移を確認することができた。

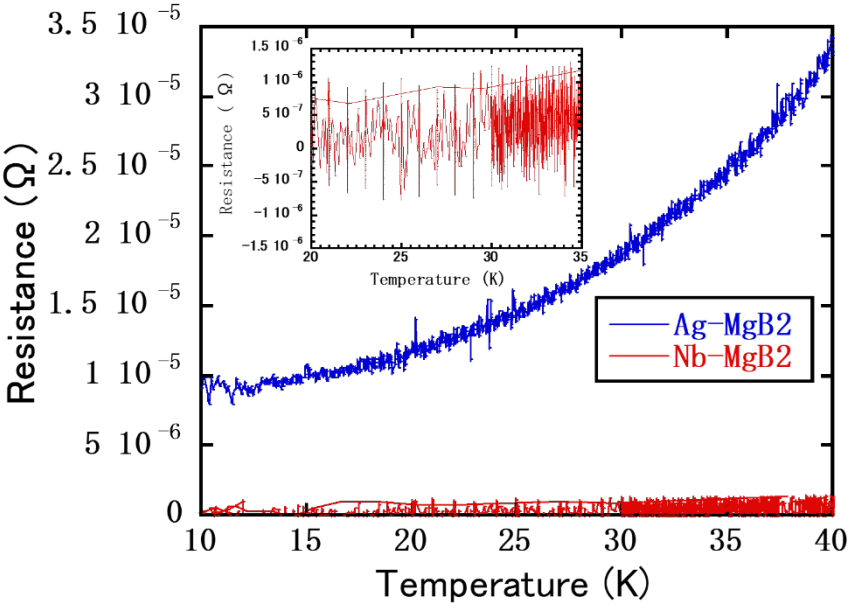


Fig. 1 Resistance as a function of temperature for Ag-MgB_2 and Nb-MgB_2 wires

【参考文献】

[1]銭谷勇磁、他、応用物理、Vol. 71(2002)17
[2]下山淳一、低温工学、Vol. 56(2021)301
[3]熊倉浩明、他、低温工学、Vol. 56(2021)317
[4] K. Osamura et ai., Supercond. Sci. Technol., Vol. 2(1989)111

BaCu 酸化物を利用した YBCO 丸線材作製の検討

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

1.背景及び目的

$YBa_2Cu_3O_x$(YBCO)高温超伝導線材は、次世代超強磁場超伝導マグネットなど、様々な応用が期待されている。しかし、結晶が持つ異方性から、大電流通電が可能な方向が結晶の ab 面方向に制限されるという性質がある。このため、希土類系高温超伝導線材は薄膜作製法を用いて、配向したテープ状の線材が作製され、販売されている。ところが、テープ状線材では、超伝導体自体の結晶構造の層間の結合の弱さから物理的に弱く、剥離力に弱いという課題が存在している。そのため、YBCO 線材の丸線化が期待されている。このとき丸線材内部において配向を促すため、溶融状態からの結晶成長を行うことが考えられる。試料作製時には、金属管中に超伝導粉末あるいはバルク体を入れて線引き加工するが、試料との反応性を考えて、金属管として銀管を使うことになる。ところが、銀の融点は 961℃で、YBCO の融点(1000℃)より低いという問題点がある。そのため、融点の低い BaCu 酸化物[1]と Y_2BaCuO_5(Y211)を利用し、YBCO の結晶粒をゆっくり成長させることが、一つの方法として考えられる。

本研究では、BaCu 酸化物と Y211、または YBCO を使って高温超伝導丸線材を作製することを目的とした。BaCu 酸化物には $BaCuO_2$ と $BaCu_2O_2$[2]二種類を使用した。作製した線材を線引きした後、BaCu 酸化物の低い融点を利用し、YBCO をゆっくり成長させることが可能かどうか、検討を行った。

2.実験方法

2-1. $BaCuO_2$ 粉末の作製

$BaCuO_2$ 粉末は、モル比 3:5 とした $BaCO_3$ と CuO を混合して、プレス機でペレット状にした後、大気雰囲気において、仮焼き 850℃×24h、本焼き 900℃×24h の条件で熱処理した。余剰 Cu は、CuO として試料中に残った。

2-2. $BaCu_2O_2$ 粉末の作製

$BaCu_2O_2$ 粉末は、2-1 と同様に $BaCuO_2$ 粉末を作り、その後、真空雰囲気において、880℃×24h の条件で熱処理して作製した。余剰 Cu は、Cu_2O として試料中に残った。

2-3. $BaCuO_2$ を使った線材作製

Y211+ $BaCuO_2$+CuO+10wt%YBCO 結晶粒の粉末を、Ag 管に充填した。そして、大型溝ロール加工機と小型溝ロール加工機で圧延加工し、大気雰囲気において、890℃×24h、900℃×24h、930℃×24h、930℃×3h、930℃×1h、930℃×1min の条件で熱処理した。

2-4. $BaCu_2O_2$ を使った線材作製

結晶成長時の種結晶として配向した YBCO バルク体を用意し、Ag 管の中心に位置するように挿入した後、Y211 +$BaCu_2O_2$+Cu_2O 粉末を充填した。その後、大型溝ロール加工機と小型溝ロール加工機で圧延加工して、真空雰囲気において、910℃×24h、930℃×6h、930℃×3h、930℃×1h の条件で熱処理した。

3.結果と考察

$BaCuO_2$ を使用した線材の内部組織を図 1 に示した。$BaCuO_2$ は 890℃付近から一部分が液相になるが、融点は 990℃付近なので、今回の熱処理条件では完全に液相にならなかった。このため、YBCO が成長した様子が見られなかった。また、$BaCuO_2$ の液相は、1 min の熱処理でも Y211 と反応して YBCO になることが分かった。この Y211 との反応速度が速いため、結晶を配向させながらゆっくり成長させることには適していないことが分かった。

$BaCu_2O_2$ を使った実験結果については、当日発表する。

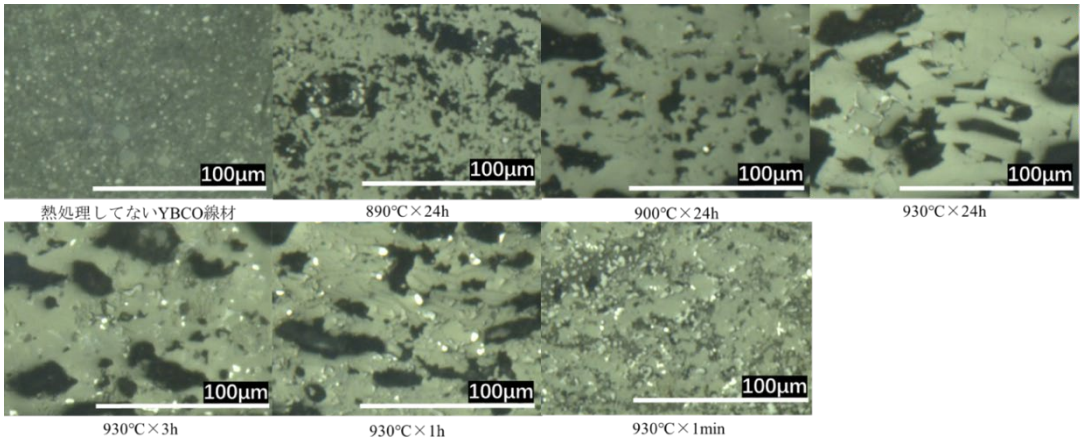


図 1 $BaCuO_2$ を使用した線材内部の光学顕微鏡像

4.参考文献

[1] W. W-Ng, L. P. Cook, J. Res. Natl. Inst. Stand. Technol., Vol. 103 (1998) 4
[2] T. B. Lindemer, E. D. Specht, Physica C, Vol. 255 (1995) 81

液中プラズマ法による燃料電池用プラチナ触媒の作製（発電出力に対する分散液の影響）

王虹惠(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)、庄善之(東海大学工学部電気電子工学専攻)

[序論]

カーボンナノチューブ(CNT)は広い表面積が持っているため、燃料電池を用いるプラチナ(Pt)触媒の担持体として期待されている。しかし、一般的な CNT は凝集しているため、担持体として使用可能な表面積が小さい状態になっている。CNT を触媒担持体として使うためには、凝集をほどき、表面積を増やすが必要ある。さらに、CNT の表面に触媒として Pt 微粒子を担持させるには、水の中に CNT を分散させる必要がある。CNT は水中での分散性が低いため、一般的には分散助剤を添加することで CNT 分散液が作製される。

本研究では、CNT を水に分散させるため用いる分散助剤が燃料電池用 Pt 触媒の作製および燃料電池の発電特性に与える効果を明らかにする。

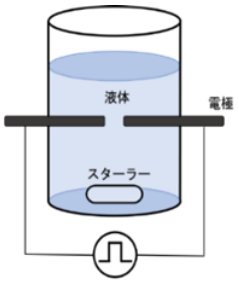


図 1　液中プラズマ装置

[実験方法]

プラスチック容器に純水 40[ml]と CNT18.9[mg]を混合し、撹拌機を用いて 1 日間撹拌させた。CNT を水に分散させるため、分散助剤として BrigS100 を用いた。分散助剤の濃度は 0.1[%]と 1[%]をした。

図 1 に Pt 触媒の担持に用いた液中プラズマ装置の概略図を示す。CNT の分散液に入れ、分散液中に 2 本の Pt 電極を 1[mm]間隔で設置し、電極をパルス電源に接続した。放電電圧 2.8[kV]、周波数 30[kHz]、パルス幅 2[μs]の条件で液中プラズマを 20 分間発生させた。液中プラズマ処理中、スターラーを用いて分散液を撹拌した。

液中プラズマ処理を行った分散液を乾燥させて、燃料電池 Pt 触媒を作製した。作製した燃料電池用 Pt 触媒を燃料電池に組み込み、発電性能を評価した。

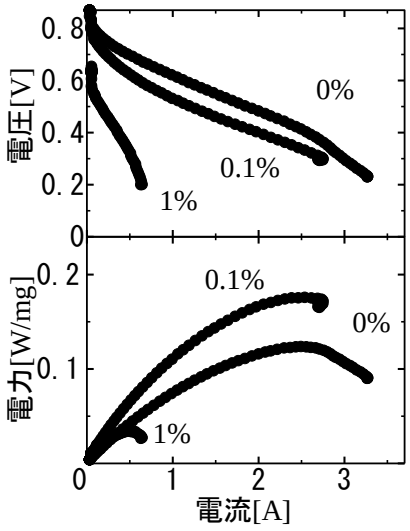


図 2　燃料電池からの出力電流に対する開放電圧と電力

[結果考察]

図 2 に分散助剤を入れて作製したプラチナ触媒を用いた燃料電池の出力電流に対する電圧と電力を示す。分散助剤が添加していない(0[%])と 0.1[%]の試料では、開放電圧はほぼ同じ 0.95[V]だった。

分散助剤の濃度が 1[%]の時、開放電圧は 0.65[V]になった。電流を増加させた場合、燃料電池の出力電圧は直線的に降下した。分散助剤の濃度が 1[%]の試料が最も電圧降下が大きいがった。電圧降下は内部抵抗に電流が流れるため発生すると考えられる。そのため、分散助剤は 1[%]の試料の内部抵抗が最も高いと考えられる。

分散助剤が添加していない(0[%])の試料は 0[A]から 2.5[A]までに出力電力が上がった。電流を 2.5[A]以上に増加させると電力が下がった。最大電力は 0.83[W]だった。

図 3 に分散助剤の濃度に対する開放電圧と最大電力を示す。開放電圧は分散助剤を添加していない(0[%])と 1[%]でほぼ同じだった。分散助剤を 1[%]まで増加させると、開放電圧は 0.6[V]まで下がった。

分散助剤濃度が添加してない(0[%])試料の最大電力は 0.12[W/mg] であった。分散助剤濃度が 0.1[%]に添加した場合、最大電力は 0.17[W/mg]まで増加した。一方分散助剤濃度が 1[%]に増加させると、最大電力は 0.03[W/mg]まで減少した。この最大電力は添加してない場合より低い値である。

分散助剤を用いて CNT を水中に混合した場合、CNT は凝集しており、担持体として用いられる表面積は小さい。そのため、その表面に作成された Pt 微粒子は再凝集する。一方、分散助剤を水中に 0.1%添加することで、CNT の凝集が解け、その表面積は増加する。CNT の担持体としての表現積が増加することで、その表面に作成された Pt 粒子の再凝集を防ぐことができる。そのため、Pt 触媒の反応速度が増加し、燃料電池の内部抵抗は減少する。このことによって燃料電池の発電出力が増加したと考えられる。

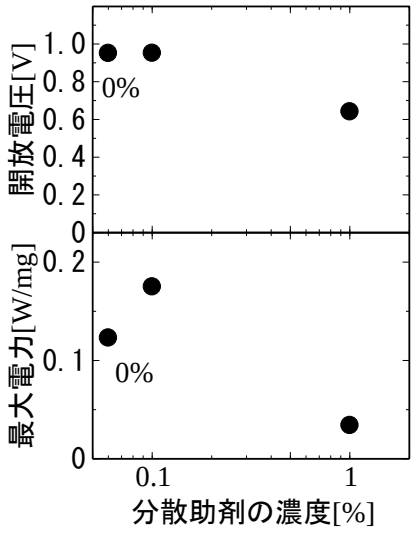


図 3　分散助剤の濃度に対する最大電力と最大電力の関係

液中プラズマ法を用いた燃料電池用触媒の作製に関する研究
（発電出力に対する有機物の影響）

方楚嵐（東海大学大学院電気電子工学専攻）、庄善之（東海大学大学院電気電子工学専攻）

［背景］ 燃料電池とは水素と酸素の電気反応を利用した発電デバイスである。環境に優しいことや発電効率が高いことから、次世代の電源として期待されている。

［先行研究］ 液中プラズマ法で作製したナノカーボンを IPA で洗浄し、有機物を除去した、そのナノカーボンを担持体として用いてプラチナ触媒を作製することで、燃料電池の発電電力が増加することが報告されている。

［目的］ 本研究では、液中プラズマ法で、プラチナ作製した時に、有機物質の影響を明らかにする。液中プラズマの最適な環境を見出す。作製したプラチナ触媒に燃料電池の発電特性を評価する。

［実験方法］ 純水およびメタノール濃度 0.25%から 1%まで溶液と 33.6mg のカーボンブラックそれぞれ混ぜて超音波撹拌機を用いて混合液を作製した。

次に、作製した触媒を 20[mL]ずつ分け、5[%]ナフィオン液と純水 0.2[ml]ずつ滴下し、触媒ペーストを作製した。その後 4[cm]×4[cm]のカーボンペーパー2 枚に触媒ペーストをホットプレート上で塗布し MEA を作製した。燃料電池評価装置で発電特性を計測した。

［実験結果］ Fig.1 電流が上げると、電圧を下がり、出力電力が上がった。メタノール濃度を上げると、電圧降下量が多くになった。電流と電力のグラフにより、メタノール添加なしから 1%まで作製した MEA の出力電力は三分の一ぐらいに減少した。

Fig. 2 メタノール濃度が上がると、出力電力を下がかった。メタノール濃度が上がると、並列抵抗を上がった。燃料電池出力電力下げる原因は直列抵抗ではなく、並列抵抗の増加と考えられる。液中プラズマによる、プラチナ触媒を作製時に、メタノールを分解し、プラチナ触媒表面が被毒したと考えられる。

［今後の予定］ 一般的な燃料電池で長時間の発電に、出力電力下がる原因の一つは触媒表面の被毒である。液中プラズマ法はプラチナ触媒表面を被毒させることができるため、燃料電池の加速劣化試験に応用する。

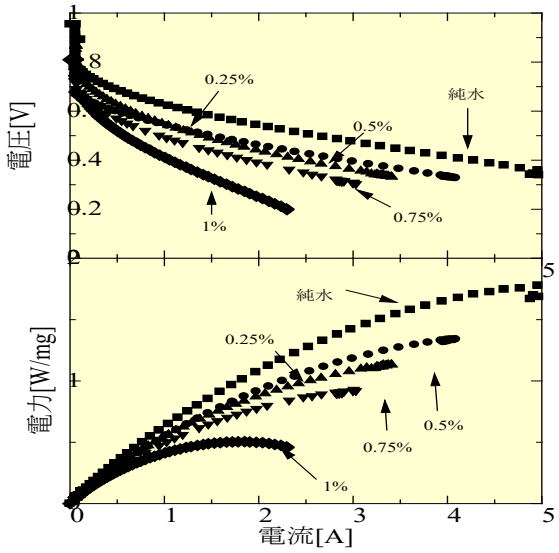


Fig. 1 ターフィールプロット

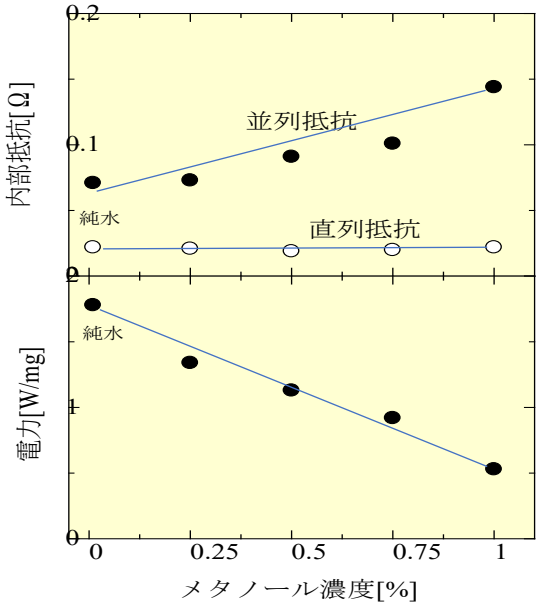


Fig. 2 メタノールにより、MEA の出力電力と内部抵抗抗

低ヤング率を有する Ti の新規作製法の探索

***孫 ユフゥン（東海大学大学院工学研究科），吉田将樹（東海大学工学部精密工学科），佐藤誉也（東海大学大学院工学研究科），渡邉堅太（東海大学大学院工学研究科），**土屋 寛太朗（東海大学大学院工学研究科），**内田 ヘルムート貴大（東海大学大学院工学研究科），**

【緒言】

健康な体は人間にとってなくてはならない。人体の骨格に最も適した代替を求めることが世界的に求められている。Ti は生体へのインプラントが可能な材料の一つとして知られるが、例えば人の骨のヤング率(30 GPa)と比較して、室温で安定な hcp 構造であるαTi はヤング率が約 103GPa であり、3 倍も高い値である。異なるヤング率の材料が複合的に存在する場合、体重などにより荷重が加わると、異なる歪や応力が発生する。このような状況が長期にわたり持続すると、骨の成長への悪影響の他、損傷の可能性が高まる。従って、Ti または Ti を主成分とする合金のうち、よりヤング率が低い金属の探索が行われている。高温での bcc 型構造を有する安定相(βTi)のヤング率は 88GPa であり、より低い値を得られることから、先行研究[1]ではこの bcc 構造を室温でも安定化する元素を添加する試みも行われているが、その分コストも生じる。当研究グループではαTi 板材に 10^{-4} H/Ti 程度の水素を導入することによりヤング率が 1 割程度低下し、水素濃度が低いことから、この効果が少なくとも 2 か月程度は持続することを確認し、報告している[2]。しかしながら、βTi への水素導入と機械的特性への効果については高水素濃度での先行研究はあるものの[3]、微量水素量の固溶が及ぼす影響については先行研究がない。また、βTi に水素を導入することでその構造の安定性を向上させる可能性についての議論も実験的には行われていない。以上から、水素の導入による調査を行う前段階として、本研究ではまず純 Ti を原材料として、異なる雰囲気や加熱条件によりバルク材でのβTi の作製を試み、安定で再現性のある試料作製を試み、機械的特性の変化を探索することを目的とする。

【実験方法】

まず、Ti を①空気中で加熱、②真空中で加熱、③窒素雰囲気中での加熱の 3 つの方式を試みた。①はマッフル炉での加熱であり、酸素と窒素が同時にある環境であり、徐冷(炉冷、空冷)および冷水中への投入による急冷を試みた。②は自前で超高真空装置を組み立て W ワイヤへの通電を行うことによるジュール加熱を試み、徐冷および窒素ガスを用いてより速い冷却を試みた。加熱前のチャンバー内圧力はおおよそ 1.3×10^{-5} Pa であり、最高到達温度におけるそれは 10^{-4} Pa 程度であった。③は純度 99.999 at.%の 0.5 気圧の窒素雰囲気中での熱処理を行った。それぞれ、基本的にはαTi からβTi への相変態温度以下およびそれ以上の温度条件まで加熱をそれぞれ試みた。また、結晶粒成長の効果以外にも酸素・窒素の固溶が機械的特性に及ぼす影響を考慮し、各方式での加熱時間条件も変化させた。すなわち、各加熱温度条件ごとにそれぞれ 1 時間– 6 時間の範囲で条件を変化させた各条件で試料作製を試みた。

作製した試料の評価には、相の同定に X 線回折（XRD）を用いた。また、ステレオ実体顕微鏡および走査型電子顕微鏡による表面観察と元素分析を行った。ヤング率の評価には振動リード法を用いた。さらに、マイクロビッカース試験による硬さ分析も行った。

【結果】

まずは空気中加熱する方法を選んだ。βTi(BCC)を得る場合、αTi(HCP)を 880℃以上まで加熱しないと結晶構造変態を起こさないので、まず装置を 900℃まで昇温加熱し、その後 8 枚のαTi(HCP)ブロックを入れ、その後 1 時間ごとに 2 個を取り出し、取り出した瞬間 Ti を冷水に入れて素早く冷却した。図 1(a)(b)を観察するとチタンの表面は色が違う結晶粒が目視にて確認された。保持時間が長いほど粒が大きいため、αTi(HCP)からβTI(BCC)に変態を起こす過渡期からの焼き入れであったと考える。図 1(c)(d)を観察すると、大体全部βTi(BCC)になった可能性が高いと考える。βTi(BCC)が得られたかどうかを確認するには、XRD で分析し、αTi(HCP)からβTi(BCC)に成功したかどうかを判断する必要がある。当日はエッチング処理を試みた結果と共に、議論を行う。

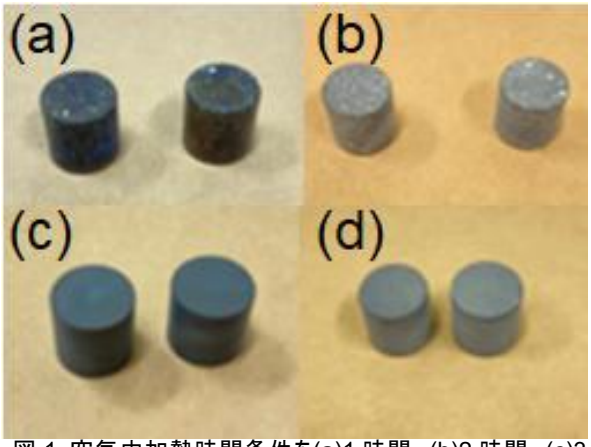


図 1 空気中加熱時間条件を(a)1 時間、(b)2 時間、(c)3 時間、(d)4 時間としたときのそれぞれの焼き入れ処理後の試料外観

【謝辞】

東海大学イメージング研究センター(TICAR)および東海大学高度物性評価室の装置を利用いたしました。この場をお借りし、厚く御礼申し上げます。

【参考文献】

[1] T. Ozaki *et al.*, *Mater. Trans.*, **45**, (2004), 2776-2779.

[2] H.T. Uchida *et al.*, "*Effect of Heat Treatment and Hydrogen Solution on the Elastic Prop-erties of Titanium*", ACTUATOR 2022 Proceedings (GMM Fachbericht; to be published)

[3] O.N. Senkov et al., *Metall Mater. Trans. A*, **27**,(1996), 3963–3970

[5] 鈴木啓史ら "純チタンの水素脆化における水素化物および固溶水素の役割",日本金属学会誌, **79**, (2015), 82.

Al 板の結晶粒径に及ぼす熱処理の影響に関する研究

***吉田 将樹（東海大学工学部精密工学科），孫 ユフゥン（東海大学大学院工学研究科），朱 蕾（東海大学工学部精密工学科），内田 ヘルムート貴大（東海大学大学院工学研究科），**土屋 寛太朗（東海大学大学院工学研究科）**

1. 背景および目的

近年、台風の影響で鉄道など配電設備の工業向け材料に塩害が生じ、鉄道通勤通学中の多くの旅客者が足止めを強いられたという事故が報告されるなど[1]、表面の腐食反応が社会生活に影響を及ぼす事例は多い。特に空気の主成分構成元素である酸素や窒素が金属表面に及ぼす影響については、その材料が置かれた圧力や温度に起因する環境条件について多くの知見を得ることが重要である。私たちの生活に欠かせない材料の一つであるアルミニウム(Al)は鉄や銅の約 3 分の 1 の軽さである。電気伝導度も高く電線としても利用されるなど多様性があり、鉄に次ぐ工業向け軽金属材料である[2]。室温においては腐食環境に応じて不働態被膜を形成するなど耐腐食性に関して多くの知見があるが[3]、より多様な実用的環境に適用するためには高温環境が及ぼす影響も大きく、更なる知見も必要となる。特に結晶粒成長の挙動は粒界腐食特性に影響すると考えられる。そこで本研究では、Al 板試料に対し空気中および真空中での加熱を行い、それぞれ組織観察を試みることで結晶粒成長の挙動と熱処理時間との関係を調査することを目的とする。また、これを可能とする超高真空装置の作製および加熱機構の考案と試行を行った。

2. 実験方法

長さ 50 mm × 厚さ 0.1 mm × 幅 10 mm の冷間圧延 Al 板をマッフル炉（TGK 社製 MODEL F-120-SP）にて空気中加熱した。炉内の温度は 500 ℃に設定した。その後 500 ℃で保温しながら保温時 t [hours]の条件を変化させ、t =1,2,3,4,5,6 をそれぞれ試料 A,B,C,D,E,F とした。空気中で加熱した試料は表面に酸化被膜と思われる層が形成されたためそれを除去するために、予め物理研磨の後に化学研磨を行った。物理研磨では本来は面出し→中間研磨→仕上げのように工程を踏むが[4]、本実験では中間研磨のみを行った。化学研磨では 32 vol. %HCl(aq.)15 ml と 40 vol. %HF(aq.)10 ml、蒸留水 90 ml を混合して作製された混合溶液内に 5 秒～180 秒入れる処理を行い、エッチング処理とした。エッチング処理後に実体顕微鏡にて結晶粒の大きさを 20 データとり、それらの平均を算出した。

3. 結果および考察

加熱処理後の試料表面には被膜が形成され、試料表面は光沢が空気中の加熱によってなくなった。研磨後の試料表面の結晶粒径は熱処理時間が長いほど結晶粒が大きくなり軟らかい傾向となった。硬さ試験において試料表面の硬度をマイクロビッカースで測定したとき加熱前は 54 を示した試料が加熱後 30 となったため試料は加熱処理により表面硬度が低下したという結果が得られた。すなわち、粒界腐食という観点からは結晶粒成長させた材料が良いと考えられるが、その一方で表面硬度は低下することが確認できた。今後は、固溶窒素原子や酸素原子が結晶粒成長時にピンニング効果を有するのか。ピンニングが可能であれば粒内の転位密度を増加させることで加工硬化能を向上が可能であるのか。さらに、耐腐食性の観点からは孔食防止という意味で Al に他金属の薄膜を蒸着しコーティングを行うことを視野に入れ調査を行うことを考える。

参考文献

[1] https://www.chibanippo.co.jp/news/national/551063 千葉日報,（公開日 2018/11/28）,（閲覧日 2022/08/18）
[2] 鉱物資源マテリアルフロー2021 アルミニウム(Al), 2022 年 08 月 19 日(金) 発表元:石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)
[3] Pourbaix, (1973), "Lectures on Electrochemical Corrosion", ISBN: 9781468418064
[4] 組織学とエッチングマニュアル, Günter Petzow , 訳 内田裕久, 内田晴久 (1970), 75-77

TiO_2 ナノ結晶の選択的合成と分散液の調製および有機ペロブスカイト型太陽電池の電子輸送層への応用

＊佐藤 来希(東海大 理)、Nuth Sophal・金子 哲也・磯村 雅夫(東海大 工)、小林 亮(名古屋大)、垣花 眞人(大阪大学)、＊＊冨田 恒之(東海大 理)

【Introduction】

有機ペロブスカイト型太陽電池(PSCs)は現在最も普及しているSi型太陽電池に匹敵する性能を持ち、容易なプロセスによって低コストでの製造が可能であることから注目を集めている。PSCs は電子輸送層(ETL)と正孔輸送層とで光を吸収するペロブスカイト層を挟んだ構造をしており、ETL には主に TiO_2 が使われている。TiO_2 にはアナターゼ(AT)型、ブルッカイト(BK)型、ブロンズ(BZ)型、ルチル(RT)型など様々な結晶多形があり、一般に合成が容易な AT 型と RT 型を ETL に用いることが多く、BK 型を用いた報告もある[1)]。上述の TiO_2 は水溶性チタン錯体を用いた水熱合成法にて単相で得ることが可能である[2)]。本研究において、水溶性チタン錯体を用いた水熱合成法にて単相で得られた AT 型・BK 型・BZ 型・RT 型の TiO_2 をそれぞれ、PSCs の ETL としてデバイスを作製し、太陽電池の発電特性評価を行った。

【Experimental】

金属 Ti 粉末を H_2O_2 aq. と NH_3 aq. で溶解後、錯形成剤としてりんご酸(MA)、グリコール酸(GA)、酒石酸(TA)を加えて、蒸発乾固した。AT 型・BK 型では、蒸留水を加え 0.25 M の MATi 錯体水溶液(Ti/MA aq.)と GATi 錯体水溶液(Ti/GA aq.)を調製した。その後、Ti/MA aq. および塩基性条件下にした Ti/GA aq. を用いて水熱合成を 200 ℃・５時間で行い AT 型と BK 型の TiO_2 を得た後、蒸留水を用いてそれぞれを分散させた。BZ 型では、1 M の Ti/GA aq. に硫酸(SA)を添加して Ti/GA(SA) aq. を調製した。その後、Ti/GA(SA) aq. を用いて水熱合成を 200 ℃・５時間で行い BZ 型の TiO_2 を得た後、塩基性条件下で分散させた。RT 型では、蒸留水と H_2O_2 aq. を加え TATi 錯体水溶液(Ti/TA aq.)を調製した。その後、Ti/TA aq. を用いて撹拌水熱合成を 200 ℃・５時間・100 rpm で行い RT 型の TiO_2 を得た後、塩基性条件下で分散させた。ラマン分光法および X 線回折を用いて、得られた TiO_2 が AT 型、BK 型、BZ 型、RT 型とそれぞれが単相で得られているか確認した。また、分散性や凝集性の評価として DLS 測定やゼータ電位測定も行った。FTO ガラス基板に 50 mM の四塩化チタン、TiO_2 多形 4 種類、表面処理として再び四塩化チタンをスピンコート後、それぞれの成膜後に 200 ℃で熱処理することで ETL 層を製膜した。その上にペロブスカイト層と正孔輸送層をスピンコートし、Au 電極を蒸着することで太陽電池とした。作製したデバイスは、疑似太陽光(AM1.5)を用いた *J-V* 測定により発電特性評価をした。

【Results & Discussion】

ラマン分光法および X 線回折から、得られた TiO_2 はそれぞれの結晶多形が単相で得られていることを確認した。また、DLS 測定での平均粒子径は AT:BK:BZ:RT(型)＝113:78:159:88(nm)とナノ結晶であることを確認し、ゼータ電位測定での平均ゼータ電位は AT:BK:BZ:RT(型)＝-93:-97:-61:-68(mV)と十分な負電位を持ち TiO_2 粒子間の反発力が強いことも確認した。ETL において AT 型、BK 型、BZ 型、RT 型の４種類の太陽電池の *J-V* 測定の結果を図１に示す。RT 型の分散液で ETL を成膜した太陽電池が最も高い電力変換効率(PCE)となった。また、RT 型と比べてその他３種類の太陽電池の電流密度および PCE が低かった。RT 型 TiO_2 では分散液中の TiO_2 の分散性は良好であり、FTO ガラス基板に均一に成膜することができたため高い PCE が得られたが、フィルファクター(FF)は 0.37 であり抵抗値などの改善の余地がある。ETL 製膜時の焼成温度が 200 ℃と低かったことから、表面処理に用いた四塩化チタンから非晶質 TiO_2 が形成されたことによって直列抵抗が増加し、それに伴い電流密度の減少を引き起こしたことで PCE が低くなったと考えられる。改善策として、焼成温度をより高温側にすることで、四塩化チタンから結晶性の AT 型 TiO_2 の非常に薄い膜を得ることができると考えている。また、PSCs の作製には薄膜を用いているため、ピンホールやクラックなどの膜欠陥が生じるなど直列抵抗増加による PCE の損失なども考えられる。そのため、ETL の成膜性や被覆性を高める分散液の作製条件を検討していく必要がある。

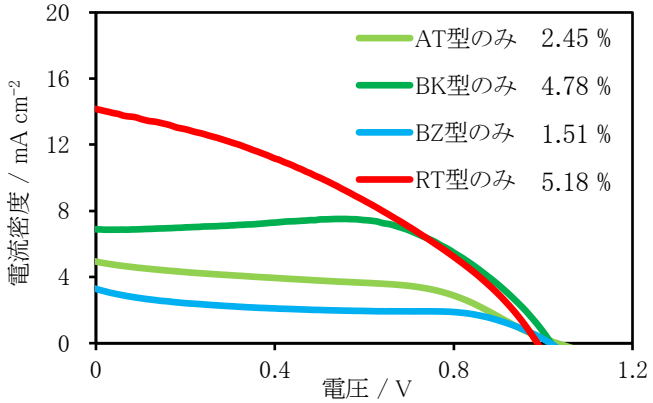


図1 TiO_2 を ETL として用いた PSCs の *J-V* 曲線と PCE

【Reference】

1) Md. Shahiduzzaman et al., *Nano Lett.*, **19** (2019), 598　　2) K. Tomita et al., *Angew. Cham., Int. Ed.*, **45** (2006), 2378

Bond Valence Sum を利用した Ce^{3+}賦活蛍光体の発光波長予測

***木内泰成、**冨田恒之(東海大学)**

佐藤泰史(岡山理科大学)、小林亮(名古屋大学)、垣花眞人(大阪大学)

[Introduction]

近年、発光効率が高く寿命も長いことから従来の蛍光灯に変わり白色 LED の開発が盛んに行われている。現在主流な白色 LED の構成として青色発光ダイオードと黄色蛍光体 YAG:Ce^{3+}を組み合わせたものが挙げられるが、赤色成分が不足するために演色性が低くなることが課題とされている。そのため高発光効率かつ高い熱安定性を持つ蛍光体の開発が望まれている。Eu^{2+}や Ce^{3+}を発光中心とする青色励起蛍光体は、母体結晶構造に依存する発光中心イオンの 5d 軌道の結晶場分裂によって発光波長が決まっている。そのため、目的の発光波長を有する蛍光体を合成する上で母体結晶の選択は非常に重要である。

我々の研究グループでは、結晶構造データから算出できる Bond Valence Sum(BVS)と発光波長の関係に着目し新規母体探索を行っている。先行研究として Eu^{2+}を発光中心とする蛍光体については BVS と発光波長の相関が確認されており[1]、有望な母体も発見することができた。本研究では、Ce^{3+}賦活蛍光体について、BVS の算出を行い発光波長との相関関係を調査した。

[Experimental]

Ce^{3+}賦活蛍光体の BVS 相関図作成方法として、Scopus と Google Scholar にて 3 価のサイトへ Ce^{3+}が発光中心として賦活され発光波長が判明しているものをリストアップし、母体結晶の cif データを無機結晶構造データベース(ICSD)から取得できたものを対象として BVS の算出を行った。計算によって得られた BVS を発光波長の波数に対してプロットし、その相関関係を調査した。

本研究では、蛍光体としての報告および既知の結晶構造が多い酸化物を対象とし、ハロゲン化物や共有結合性の強いリン酸塩などを除外した。

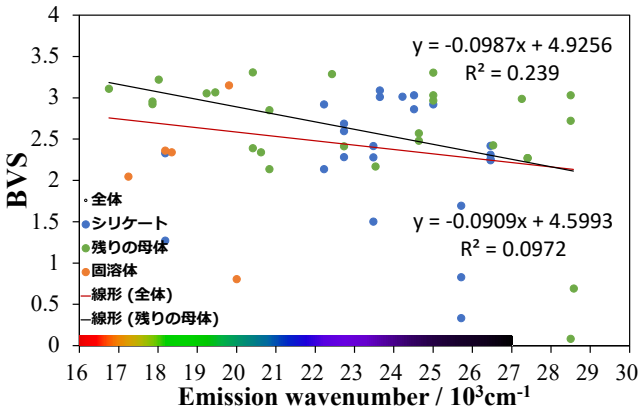


Fig.1 Ce^{3+}賦活蛍光体の BVS と発光波長相関図

[Results & Discussion]

Fig.1 に Ce^{3+}を賦活した酸化物母体における BVS と発光波長の相関図を示す。論文検索時の条件として酸化物母体を対象としたがそれら全体の線形近似直線の傾き(Fig.1 実線赤)は-0.0909、R_2 値は 0.0972 であり Eu^{2+}の線形近似直線[1]の傾き-0.0711 R_2 値が 0.713 と比較すると相関があるとは言えなかった。母体群に含まれているシリケートは Si-O の共有結合性が高いことから、BVS から予測される結晶場分裂より小さくなると考えられ、固溶体については BVS 算出の際に中心金属-酸素の結合長を基に算出しているため、中心金属部分が固溶している場合正確な BVS を算出できず相関が確認できないと考えられるため、今回の相関図から除外し改めて相関関係を調査した。残りの酸化物母体については線形近似直線の傾き(Fig.1 実線黒)が-0.0987、R_2 値が 0.239 となり Eu^{2+}の線形近似直線と比較しても十分な相関関係があることがわかった。最終的に得られた酸化物母体の BVS 相関図から、BVS が 3.2 以上であれば 600nm 以上($16650cm^{-1}$以下)の赤色発光を示すと予測する。Eu^{2+}では 40 母体のプロットから近似直線の勾配を算出したが、今回の酸化物母体に関しては 17 母体と数が少なく、引き続き論文調査を行いプロット数を増やして信頼性を上げる予定である。また、酸化物の中でもシリケート母体や固溶サイトを持つ母体ではそれ以外の酸化物母体の相関と合致せず、除外することが望ましいというデータが示され、BVS を用いた発光波長予測の更なる知見を得ることもできた。

今後は ICSD を用いて母体結晶候補選出を行い、BVS を各母体に対し算出し、今回作成した Ce^{3+}賦活蛍光体の BVS 相関図から得られた赤色発光予測範囲 BVS≧3.2 に対応する母体結晶候補に対し液相法による並列合成によって新規 Ce^{3+}賦活赤色発光蛍光体の開発を進めていく。

[1]森川崇志他、日本セラミックス協会 2020 年年会 講演予稿集

電子線照射した炭素繊維強化ポリカーボネートの機械的強度の研究

***佐藤　史也(東海大学工学部電気電子工学科),*小林　佑輔(東海大学工学研究科電気電子工学専攻)、**
****佐川　耕平(東海大学工学部機械システム工学科　講師),**木村　英樹(東海大学工学部機械システム工学科　教授)、**
****内田　ヘルムート貴大(東海大学工学部精密工学科　准教授),**西　義武(東海大学　名誉教授)**

1. 緒言

熱硬化性樹脂であるエポキシ樹脂を用いた炭素繊維強化プラスチック(CFRP)の航空機、自動車等様々な構造体に用いられている。エポキシ樹脂は硬化に化学反応を伴うため CFRP は成形に長い時間を要する。一方で熱可塑性樹脂を用いた炭素繊維強化熱可塑性樹脂(CFRTP)は短い時間で成形可能なため CFRP に比べ生産性が高い。しかし、CFRTP は CFRP に比べ樹脂の含侵性が悪いため、界面接着性が悪くそのため機械的強度が低い。先行研究において複合化済みのガラス繊維強化プラスチックに電子線(EB)照射をすると機械的特性が高くなる結果が得られた。本研究では CFRTP に最適な EB 照射条件の導出を目的とした。

2. 実験方法

EB 照射

炭素繊維強化ポリカーボネート(CFRTPC)の試料片は福懋興業製を使用した。試料片の寸法を 80×10(mm)に統一し、電子カーテンプロセッサで均一に EB 照射した。EB 照射条件は加速電圧を 0kV, 175 kV, 250 kV とし、反復回数やコンベア速度を調整することで照射線量を 43 kGy, 215 kGy とした。

シャルピー衝撃試験

機械的強度の評価方法はシャルピー衝撃試験機を使用し吸収エネルギーから衝撃値を算出し比較した。

3. 結果・考察

シャルピー衝撃試験の結果を図 1 に示す。CFRTP/PC に EB 照射をすることで EB 未照射の試料片よりも強度の向上を確認した. 一方で加速電圧や照射線量などの EB 照射条件をそれぞれ 43kGy, 215kGy と変えてもシャルピー衝撃値に大きな変化は見られなかった。

また走査電子顕微鏡(SEM)を用いて衝撃試験後の破断面を観察し、剝離した炭素繊維(CF)表面の樹脂量を分析した, SEM 像を図 2 に示す。また CF 破断面表面の元素分析結果を図 3 に示す。CF 表面の樹脂量は、PC のモノマーに酸素原子があるため元素分析で樹脂の割合を比較し、EB 照射した試料片のほうが多いことを確認した。このことから EB 照射が CF-PC 間の界面接着性を向上させたため機械的強度が向上したと考えられる。

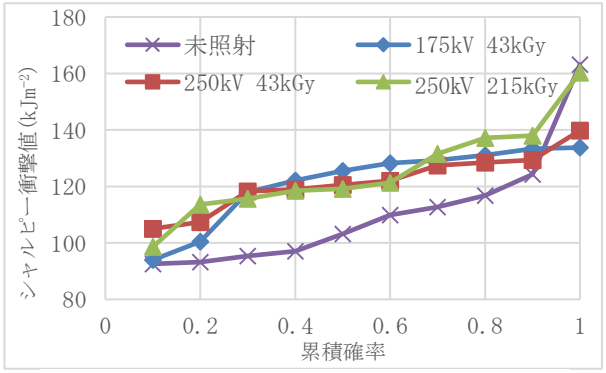


図 1　シャルピー衝撃試験結果

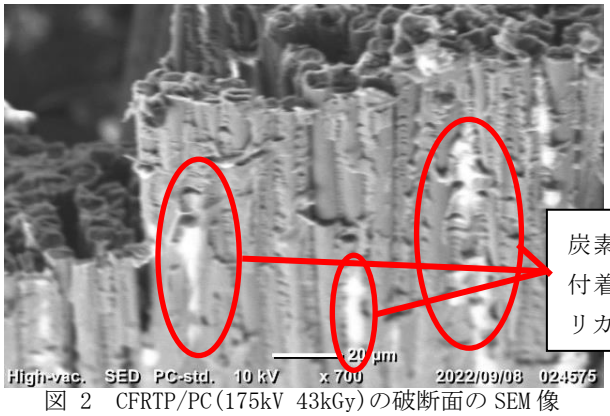


図 2　CFRTP/PC(175kV 43kGy)の破断面の SEM 像

	原子数割合(%)	
電子線照射条件	炭素原子 (C)	酸素原子(O)
0kV 0kGy	93.32	6.23
175kV 43kGy	91.36	7.39
250kV 43kGy	86.52	12.38
250kV 215kGy	91.06	8.65

図 3 CFRTP 破断面表面の炭素原子と酸素原子の割合

炭素繊維強化ポリプロピレンの衝撃値に及ぼす加圧・熱処理条件の影響

***小林 佑輔(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻 修士１年)、*佐藤 史也(東海大学工学部電気電子工学科 学部４年)、**木村 英樹(東海大学工学部機械システム工学科 教授)、**佐川 耕平(東海大学工学部機械システム工学科 講師)、**内田 ヘルムート貴大(東海大学工学部精密工学科 准教授)、**西 義武(東海大学大学院総合理工学研究科 名誉教授)**

1,緒言

炭素繊維(CF)は軽量で高強度なことから炭素繊維強化プラスチック(CFRP)の強化材として用いられており、自動車や航空機などをはじめ、幅広い分野で使用されている。CFRP の母材に一般的に使用される熱硬化性のエポキシ樹脂は界面接着強度が優れており、信頼性が高いとされている。しかし、エポキシ樹脂は成形時の硬化に長時間を要するため、生産性に課題がある。[1]一方で、炭素繊維強化熱可塑性樹脂(CFRTP)は、成形時の硬化時間が短く、リサイクルが容易であることから生産性が高く低コスト化が期待できる。しかし、熱可塑性樹脂は繊維との濡れ性が悪いため、界面接着強度が低く、繊維の引抜けが容易で複合材料としての強度が十分に発揮することができない。[2]本研究では、シャルピー衝撃試験の結果より高い衝撃値を持つ加圧・熱処理条件の探査を目的とした。

2,実験方法

2 枚のアルミ板でペレット状の PP 粒子を挟み、ホットプレス機を用いてシート状に成形を行った。長時間室温で乾燥をさせた後、PP シートを 5 枚と CF を 4 枚交互に積層させた試料を再びホットプレス機で加圧処理と熱処理を同時に行い、繊維部への PP の含侵処理を施した。成形した試料を切り出し、それぞれ 10㎜×80㎜ で厚さ 2㎜ の試料片を作成した。作成した試料は、シャルピー衝撃試験機(島津製作所製)を用いてフラットワイズ衝撃を加え、各条件での衝撃値の比較を行うことで強度評価を行った。

3,結果・考察

シャルピー衝撃試験の結果を Figure 1 に示す。Figure 1 は、200℃から 280℃の範囲で 20℃ずつ温度条件のみを変化させて衝撃値の比較を行った。衝撃試験結果より成形温度が 220℃の際に衝撃値が最高値となった。また、220℃よりも高い温度条件においては、成形温度が上昇するごとに衝撃値が低下している。原因としては、成形時に PP 樹脂の粘度が低くなったことで繊維部から樹脂が流れ出たと考える。

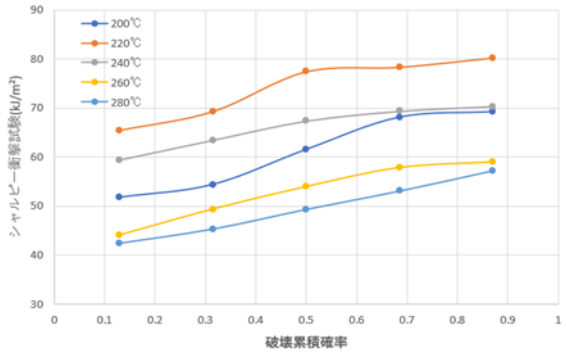


Figure 1　シャルピー衝撃試験結果

参考文献

(1) 福田 博, 横田 力男, 塩田 一路:複合材料基礎工学(日刊工業新聞社(株) 1994)

(2) 平松 徹:トコトンやさしい炭素繊維の本(日刊工業新聞社(株) 2012)

電気化学及びガス水素を用いた Pd の水素吸放出反応における熱力学的特性の評価

***伊比井 亜弥音(東海大学)、 石田 素子(東海大学)、渡辺 堅太(東海大学)、佐藤 誉也(東海大学)、 西 義武(東海大学 KISTEC)、原田 亮 (東海大学)、源馬 龍太(東海大学)、内田 晴久(東海大学)、**内田 ヘルムート貴大(東海大学)**

【緒言】

パラジウム-水素(Pd-H)二元系の反応においては、気相水素(H2)や電気化学的手法による先行研究が数多く報告されている([1-5])。工業的にはパラジウムは高価であり、工業的には代替材料を必要とする側面もあるが、学術的には金属-水素系の熱力学モデルを理解する上で最も代表的な反応系の一つである（[6][7]など）。

本研究では、ガスを用いた手法と電気化学的手法の双方を橋渡しできるチューブ型 Pd セルを用いて、水素拡散透過をベースとした独自のモニタリングシステムを構築し（Fig.1）、パラジウムの相変態前後の固溶水素の状態を、ガス相における水素ガス分圧と、溶液側における EMF ポテンシャルの双方から確認した。また、温度条件を制御することで、各温度におけるパラジウムの水素に対する熱力学的な吸放出特性を評価した。

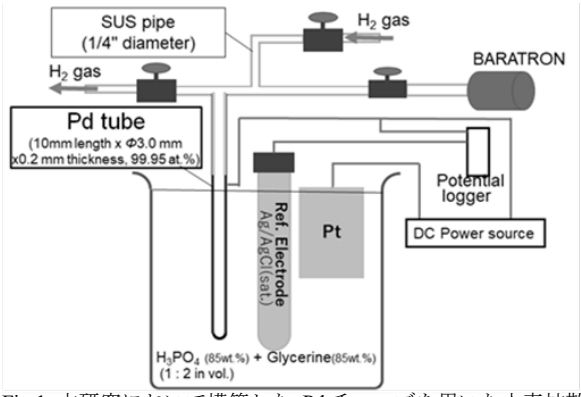


Fig.1 本研究において構築した、Pd チューブを用いた水素拡散透過による水素ガス/電気化学的モニタリングシステムの概要

【実験方法】

本研究では、ガスを用いた手法と電気化学的手法の双方を橋渡しできるチューブ型 Pd セルを用いて、水素拡散透過をベースとした独自のモニタリングシステムを構築し（Fig.1）、パラジウムの相変態前後の固溶水素の状態を、ガス相における水素ガス分圧と、溶液側における EMF ポテンシャルの双方から確認した。また、温度条件を制御することで、各温度におけるパラジウムの水素に対する熱力学的な吸放出特性を評価した。

電気化学モニタリング側セットアップにおいては、85 wt.%リン酸水溶液と 85 wt.%グリセリンを体積比 1:2 で混合したものを電解液として用い、対向電極として 5cm×5 cm の面積を有する白金箔(ニラコ社製 純度 99.95 at.%) を用いた。参照電極として Ag/AgCl 飽和電極を用い、電源としてガルバノスタット電源(北斗電工 HA-151B)を用いた。さらにガス相側は 1/4 インチ SUS パイプにより構築し、インフィコン社製キャパシタンスマノメータによりその内部の平衡水素圧力をモニタリングし、水素吸放出実験前には内部気体を事前に複数回真空引きしたものを用いた。

平衡状態における EMF ポテンシャルの値および平衡水素圧への換算においては、金属一水素二元系の平衡状態において熱力学的に導かれる下記の関係式を用いた[8,9]。

$$\ln\left(\frac{P}{P_0}\right) = \frac{2F}{RT}(E - E_0)$$

ここで、P と P_0, E と E_0 はそれぞれ平衡状態および標準状態における水素分圧[bar]および EMF ポテンシャル[V], F はファラデー定数(96500 C/mol), R は気体定数(8.31 [J/mol K], T は実験的に計測される環境温度である。

【結果および考察】

段階的な電気化学的な水素導入を適用し[8]、室温における各水素濃度での平衡 EMF 値を得た。Pd 中の水素濃度は Faraday の式[10]を用いて、水素導入条件より評価した。さらに、298-360K の温度範囲における EMF ポテンシャルの水素濃度依存性を異なる温度条件にて比較したところ、温度条件の上昇に伴う水素化物形成時の EMF ポテンシャルの増加とプラトー領域の減少が確認された。Pd-H の二相プラトー領域のエンタルピーとして $\Delta H = -17.05 \pm 1.8$ kJ/mol H が得られ、この値は先行研究における値[3]と良い一致を示した。

圧力計測値、EMF 計測値からの換算値それぞれが先行研究値によい一致を示し良い再現性を得たことから、システムの信頼性が評価されたと判断される。

【参考文献】

[1] G. Alefeld *et al.*, "*Hydrogen in Metals I*", (1978), Springer-Verlag, ISBN: 9783540087052.
[2] G. Alefeld *et al.*, "*Hydrogen in Metals II*", (1978), Springer-Verlag, ISBN: 9780387088839.
[3] T. B. Flanagan and W.A. Oates, *Annu. Rev. Mater. Sci.*, **21**, (1991), 269-304.
[4] M. Devanathan and Z. Stachurski, *Proc. R. Soc. Lond. A*, **270**, (1962), 90-102.
[5] H. Frieske, E. Wicke, *Ber. Bunsenges. Physik. Chem.*, **77**, (1973), 48-52.
[6] R. Schwarz and A. Khachaturyan, *Acta Mater.*, **54**, (2006), 313-323.
[7] S. Wagner *et al.*, *Script. Mater.*, **64**, (2011), 978-981.
[8] R. Kirchheim and A. Pundt, "*Hydrogen in Metals*", Ch.25 in book: D.E. Laughlin and K. Hono (ed.), "*Physical Metallurgy, Fifth Edition: 3-Volume Set*", (2014), Elsevier, ISBN: 9780444537706
[9] H. T. Uchida, R. Kirchheim, A. Pundt, *Script. Mater.* **64**, (2011), 935-937.
[10] R. Kirchheim, *Prog. Mater. Sci.*, **32**, (1988), 261-325

高硬度焼き入れ鋼の硬さ測定および水素導入が及ぼす影響に関する研究

***伊藤大晟（東海大学大学院工学研究科機械工学専攻）、吉田 剛（東海大学大学院工学研究科機械工学専攻）、佐藤 優諒（工学精密工学科）、**内田ヘルムート貴大（東海大学大学院工学研究科機械工学専攻）**

1.背景及び目的

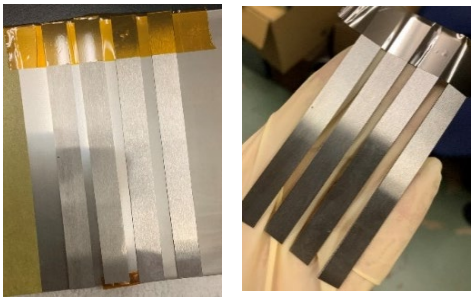
一般的に工業材料として鉄鋼材料は長い年月をかけて研究され、あらゆる場面で使用されてきた。[1]中でも高張力鋼と呼ばれる高硬度の鋼材料は一般的な鋼材料と比較して引張強度が高く自動車産業などを中心に利用されている一方で水素脆化しやすい材料であることも知られている[2,3]。水素社会の到来とともに高硬度鋼の水素脆化現象に対する理解の重要性はますます高まっている。本研究では高硬度焼き入れ鋼に対して電気化学的に水素を導入する処理(以下、水素ロードと呼ぶ)を試み、水素ロード前後の試料に対してビッカース硬さ試験を行い水素導入処理が試料の機械的特性へ及ぼす影響を調査することを目的とする。

2.実験方法

2.1　試料

100 mm×9 mm×1 mm に切断した鋼材料(THK 株式会社製)、同試料に対して焼き入れを行い高硬度化した二種の板材試料を使用した。秤量の結果、質量は 5.65g であり、測定値より密度は 0.0062g/mm^3 とした。また、水素ロードを促進させるため、真空蒸着を用いて試料の片面に Pd を被膜処理した。蒸着前後の試料外観を **Fig.1** に示す。

Fig.1　Pd 蒸着前(左)と蒸着後(右)の外観写真



2.2　実験方法

0.1 mol/L のチオシアン酸アンモニウムを純水で 0.3 wt.%に希釈した溶液を用いて水素ロードを行った。水素ロードのためのシステムとして、直流ポテンショスタット電源直流ポテンショスタット電源(北斗電工社製 HA-151B)、陰極に試料、陽極に金ワイヤ(純度 99.95 at.%)を使用した回路を構築した。

2.3　試料の評価

硬さ測定方法としてビッカース硬さ試験を用いた。試料に対し無作為に選択した 30 か所を測定箇所として選択し計測を実行し、その平均を試料のビッカース硬さとした。ビッカース硬さ(Hv)は以下の式で求めた[4]。

$$Hv=(2P\sin 136°/2)/d^2= 1.854P/d^2 [kg/mm^2]$$

ここで、d、P はそれぞれ圧痕の対角線長さの平均[mm]、および荷重 [kg]であり、本研究においては P＝1 kg を用いた。

3.実験結果

本研究において得られた水素ロード処理前後のビッカース硬さの一例を以下に示す。焼入れ処理前試料、焼入れ処理後試料の双方において水素ロード処理はビッカース硬さを低下させる影響を与える傾向が確認された。

Table 1　焼入れ前および焼入れ後の試料それぞれにおける水素ロード処理前後のビッカース硬度(Hv) [kg/mm^2] の値

	焼き入れ前	焼き入れ後
Hv(ロード処理前)	316.3987	1262.524
Hv(ロード処理後)	313.1502	1261.384

4.考察

実験結果より、試料に水素ロードを行うことでビッカース硬さの値が低下したことが確認された。これは水素導入による影響であると考えられる。焼き入れ前の試料での値を硬度換算表でヤング率に換算すると[5]9 MPa 程度の低下であり、これは相対的な変化としてはおおよそ 0.8 %の低下に相当する。水素が試料の機械的特性に大きな影響を与えたものと考えられ、その原因として、水素導入が稼働転位の易動度を向上している可能性[6]が考えられる。

6.参考文献

[1] J.D. Verhoeven, ”*Steel Metallurgy for the Non-Metallurgist”*, (2007), Asm Intl., ISBN: 9780871708588.

[2] M. Smialowski, “Hydrogen in Steel: Effect of Hydrogen on Iron and Steel During Production, Fabrication, and Use”, (2014), Pergamon, ASIN: B01DSRU2EA.

[3] Peng Gong *et al*., “Hydrogen embrittlement mechanisms in advanced high strength steel” ,*Acta Mater.*, **223**, (2022), 117488.

[4] 真下 美佐男, 明石製作所,『硬さ試験法』, *金属表面技術*, 第 **9** 巻, 第 5 号, (1958), 193-196.

[5]株式会社プルータス, 硬さ変換表.

[6] R. Kirchheim, *Script. Mater.* **67**, (2012), 767 - 770.

温度が可変な水素透過実験システムの試作およびパラジウム板の水素透過特性に関する研究

***志賀 仁美（東海大学大学院工学研究科）、伊比井 亜弥音（東海大学大学院工学研究科）、渡邉 堅太（東海大学大学院工学研究科）、佐藤 誉也（東海大学大学院工学研究科）、中村 智樹（東海大学工学部精密工学科）、西 義武（東海大学大学院工学研究科/神奈産業科学技術総合研究所 KISTEC）、原田 亮（東海大学工学部精密工学科/国立研究開発法人産業技術総合研究所 AIST）、**内田 ヘルムート貴大（東海大学大学院工学研究科）**

【背景および目的】

水素はエネルギー分野のみならず、多分野での活用が期待されている。例えば、透明基板（ガラスや樹脂など）上に、イットリウムを始めとする希土類金属薄膜を製膜し、水素を吸蔵・放出する反応を起こすことにより鏡状態(金属結合状態)と透明状態(水素化物状態)を切り替えることができるスイッチャブルミラー[1]への活用である。水素吸蔵材料の多くは表面酸化するため、空気中での利用のためにはこれを防止するための表面コーティング材が用いられ、一般にはパラジウムなどが適しているとされるが[2]その水素透過特性は反応速度において重要な役割を果たす。スイッチャブルミラーとして活用される場合、温度変化に晒されることになるため、温度というファクターと水素量を制御した環境における水素透過特性を調査することが重要である。

そのため本研究では、温度が可変な水素透過実験システムの試作を行ったうえで、室温でのパラジウム板の水素吸蔵特性および透過特性を調査することを目的とする。

【実験方法】

本研究で試作した温度が可変な水素透過システム(単セルおよび透過実験用ダブルセル)を図 1 および図２に示す。85 wt.%のリン酸水溶液および 85 wt.%グリセリン溶液（体積比 1 : 2）で混合し、Ar ガスで二時間バブリングした溶液を使用した。リン酸とグリセリンの混合溶液を用いる理由としては、粘性の高い溶液を用いると溶液内の水素分子の拡散が遅く、一度金属内に溶解した水素が外に漏れにくいことが報告されている[3]ためである。また、水素の電気化学的導入実験として数多くの先行研究の標準的な溶液組成であるため[4]、本研究でも用いることとした。Ar ガスをバブリングする理由としては、Ar は希ガスで不活性であるため、試料に導入するための水素を消費する溶存酸素を除去するために置換して除去することが可能となる。パラジウム（ニラコ社製）を 0.1

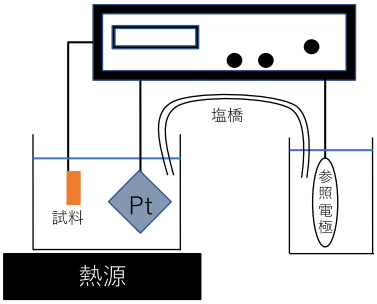


図１ 本研究で構築した単セルシステムの概要図

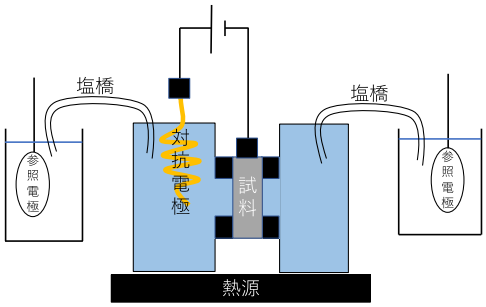


図 2 本研究で構築した水素透過実験用ダブルセルシステムの概要図

mm(厚さ) ×8 mm ×66.9 mm で用意した。温度制御が可能なヒーターおよびマグネットスターラーを用い、電源には北斗電工社製 HA-151B を使用した。また、パルス電流による水素導入を行った。試料を陰極、対向電極として Au ワイヤ(純度 99.95 at.%)を用い、試料電位の時間変化を銀塩化銀電極(東亜 DKK,HS-205C)を用いて測定することで水素の EMF ポテンシャルの変化を計測し、Time-Lag 法を用いて水素拡散係数の算出を行った。

【実験結果および考察】

単セルを用いたセットアップにより、27℃、45℃、65℃、85℃における EMF 曲線が計測された。室温における水素固溶限は約 3×10^{-3} H/Pd であることが確認された。また、2 相共存領域における EMF 平衡ポテンシャルの値は 27℃、45℃、65℃、85℃の測定それぞれにおいて 0.109 V、0.119 V、0.127 V, 0.135 V であり、温度条件の上昇と共に増加した。これを平衡水素圧に換算した値を算出[5]した結果、先行研究における数値とよい一致を示した。

室温における水素透過の拡散係数は水素固溶領域(α-Pd 相)において，$D_H^{\alpha}= 1.8\cdot10^{-11}$ m^{2}s^{-1} が得られ、Jewett らによる先行研究の値（$D_H^{\alpha}= 1.6\cdot10^{-11}$ m^{2}s^{-1}）[6]と良い一致を示した。

【謝辞】本研究の遂行において東海大学イメージング研究センターの各種顕微鏡を用いました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

【参考文献】

[1] J. N. Huiberts *et al*., *Nature*, **380**, (1996), 231.
[2] R. Kirchheim and A. Pundt, "*Hydrogen in Metals*", Ch.25 in book: D.E. Laughlin and K. Hono (ed.), "*Physical Metallurgy, Fifth Edition: 3-Volume Set*", (2014), Elsevier, ISBN: 9780444537706.
[3] R. Kirchheim, *Acta Metall.*, **29**, (1981), 835.
[4] S. Wagner and A. Pundt, *Int. J. Hydrogen Energy*, **41**, (2016), 2727 - 2738.
[5] H.T.Uchida, PhD thesis (2015), Univ. Goettingen.
[6] D.N. Jewett and A.C. Makrides, *Trans. Faraday Soc.,* **61**, (1965), 932-939

18-8 ステンレス鋼へのフッ酸処理および PPS を用いた CFRTP への電子線照射処理がそれらの異種接着強度に及ぼす影響

***平井開都(1:東海大学大学院工学研究科機械工学専攻)、伊比井亜弥音 (1)、佐藤史也 (2:東海大学工学部電気電子工学科)、佐川 耕平 (2)、木村英樹 (2)、西義武 (神奈産業科学技術総合研究所 KISTEC/東海大学名誉教授会)、**内田ヘルムート貴大(1)**

１．緒言

炭素繊維強化熱硬化性樹脂(CFRP)や炭素繊維強化熱可塑性樹脂(CFRTP)などの複合材料は高比強度なため、航空・宇宙産業を始めとする幅広い分野で使用されている[1]。一般に樹脂と金属の接着性は弱いで知られているが[2]、これらの接着性が向上することで固定部の軽量化が見込まれる.

電子線(EB)照射は高分子化合物に施すと二次電子が発生し、分子結合を開裂されることで、高分子の構造を変化させることが知られている[3]。本研究では均質低エネルギー電子線照射（HLEBI）処理前後の 18-8 ステンレス鋼板（SUS304）と炭素繊維強化熱可塑性 PPS 樹脂との接着性変化、向上を目的としている。

２．実験方法

ホットプレス機（IMC-185A、Imoto Machinery Co.，Ltd.）を用いて、カーボンファイバー(CF)シート（TR3110M、Mitsubishi Rayon Co.， Ltd.）とポリフェニレンサルファイド(PPS)シート（サスティール B-063、Tosoh Co.，Ltd.）を加圧熱処理 573 K、2 MPa、60 s)して複合化し、0.5 mm×20 mm×5.0 mm に切り出した。18-8 ステンレス鋼板（SUS304、0.1mm×20 mm×50 mm、Nilaco Co.， Ltd.、以下 18-8）をフッ酸中に 3 分間漬けた。電子線照射装置(Type CB250/30/20 mA、Energy, Science Inc, Woburn, MA, USA, Iwasaki Electric Group Co. Ltd. Tokyo, Japan)を用いて、CFRTP に HLEBI 処理(電圧 170 kV、電子線照射線量 5、10、15、20 kGy、以下線量)を行った。また、18-8 にも HLEBI(電圧 170kV、線量 301 kGy)を施した。CFRTP/18-8（接着面積 200 mm^2）複合試料は、ホットプレス機で熱圧着(573 K、2 MPa、60 s)した。接着性は引張試験機を用いて、接着した CFRTP/18-8 を引張せん断強さ試験し、単位面積当たりの最大引張せん断応力で評価した。また、電子スピン共鳴装置(ESR)は、樹脂の劣化機構の解明に利用されていることで知られており[4]、本研究では電子線照射前後で PPS 不対電子の変化を観察した。

３．結果・考察

Fig.1 に引張せん断強さ試験結果を示す。HLEBI 処理(電圧 170 kV、線量 5 kGy、10 kGy、15 kGy、20 kGy)を施した CFRTP と 18-8 の接着性を単位面積当たりの最大引張せん断応力で比較すると、線量 15 kGy の時に最も接着性が高い傾向が確認された。

Fig.2 に ESR によって計測された PPS 不対電子シグナルを示す。照射線量条件が 15 kGy の時、最も高いシグナルが観察された。また、PPS の不対電子の増加が 18-8/CFRTP の接着性を向上させる要因の 1 つであると考えられる。

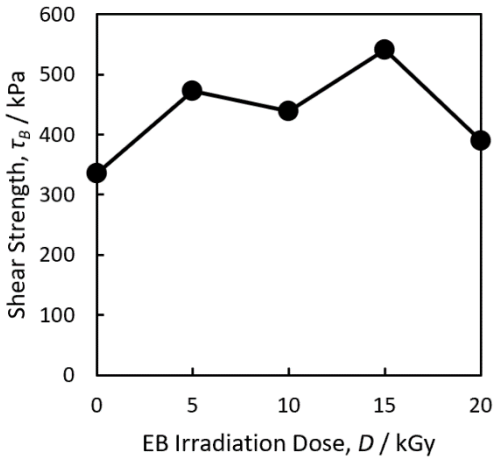


Fig.1　18-8/CFRTP せん断強さ試験の結果
（電子線照射線量/単位面積当たりの最大引張せん断応力）

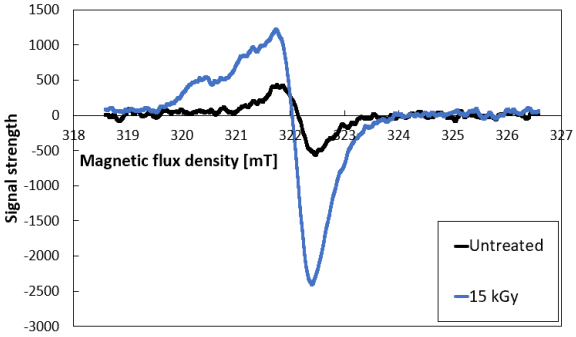


Fig.2　ESR による解析結果（磁束密度/信号の強度）

４．結論

電子線照射処理により 18-8/CFRTP の接着性を引張せん断強さ試験によって確認された。また、線量 15 kGy の時に最も高い値を示す傾向が観察された。さらに、電子線照射による PPS 不対電子の増加が計測された。

５．参考文献

1. 社団法人日本機械工業連合会，財団法人次世代金属・複合材料研究開発協会：『平成 20 年度熱可塑性樹脂複合材料の航空機分野への適用に関する調査報告書』（平成 21 年 3 月）4.
2. 板橋雅巳，『金属と樹脂の直接接合を可能にしたナノモールディングテクノロジー(NMT)』,一般社団法人表面技術協会，表面技術 Vol. 66, No. 8, (2015), 359-362
3. A.Oshima *et al.*, *Radiat. Phys. Chem.*, **80**, (2011).196-200.
4. 疋田淳，岡本信吾，大矢博昭，『ESR によるエポキシ樹脂塗膜の光劣化機構 の検討』，*色 材 協 会 誌*, **57**, (1984). 49-55.

純 Ti 板の共振条件に及ぼす水素導入及び熱処理の影響

***佐藤 誉也(東海大学大学院工学研究科)、渡邉 堅太(東海大学大学院工学研究科)、林 俊輔(東海大学大学院理学研究科)、長谷川 吉之輔（東海大学工学部)、利根川 昭(東海大学大学院理学研究科)、渋谷 猛久（東海大学大学院工学研究科)、土屋 寛太朗（東海大学大学院工学研究科)、**内田 ヘルムート貴大(東海大学大学院工学研究科)**

1.背景および目的

チタン(Ti)は近年生体材料や原子炉での重水素回収材料のひとつとして注目されている。Figure 1 に Ti の状態図を示す[1]。Ti は室温では α 状態(HCP)が安定し、約 900 ℃以上の高温領域では β 状態(BCC)、水素濃度が高い状態では δ 状態の FCC の構造とさまざまな結晶構造を取る。Ti の結晶構造の状態により機械的物性が変化することが知られている。また、水素が金属内を拡散することによって結晶格子が膨張し、機械的物性に影響を与えることが知られている[2]。Senkov ら[3]の先行研究によると、α 状態での Ti では、水素導入後弾性率やヤング率が低下することが確認された。一方で β 状態での Ti ではせん断率とヤング率は高水素濃度領域では増加することが確認されたが低水素濃度領域に関する先行研究がない。生体材料としては β 状態での Ti 合金はヒトの骨のヤング率に近いことから注目されている[4]。Ti は α 状態の場合より、β 状態のほうが水素を吸蔵されやすい。そのためヒトの体内において Ti 合金では水素を吸蔵することで機械的物性が変化し見込まれる寿命よりはやく疲労することが考えられる。以上より室温で測定可能な電気化学的水素導入法を用いて水素を吸蔵させ振動リード法を用いて各水素濃度におけるヤング率の変化を測定することを目的とする。

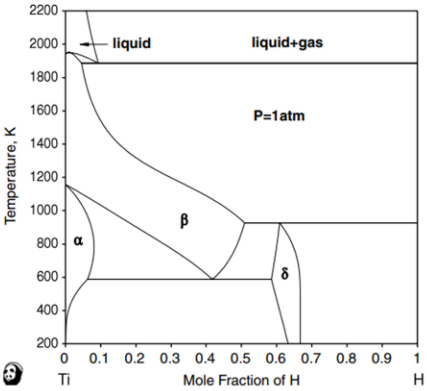


Figure 1 Ti-H の二元系平衡状態図

2. 実験方法

本研究ではニラコ社製の厚さ 0.1 mm、純度 99.5 at.%のチタン板を使用した。縦 70 mm×横 10~13 mm に切り出した。熱処理では真空中、空気中、熱処理なしの条件で試料を作製した。また、空気中での熱処理では表面に酸化してしまうため、熱処理後に研磨をおこなった。その後表面の影響を考慮し、チタン板表面にパラジウム蒸着を施した。次に、85 wt.%のリン酸(和光ケミカル社製)と 99.5 wt.%のグリセリン(和光ケミカル社製)を体積比 2:1 で混合し、99.9995 %のアルゴンガスで作製した溶液に対して 2 時間バブリング処理を施した。作製したリン酸グリセリン溶液に陽極に白金ワイヤーを、陰極に試料を取り付けた。参照電極として Ag/AgCl(sat.)(DKK-TOA 社製 HS-205C)をもちいた。また、電気化学的水素導入実験[5]では溶液の温度は室温で実験をおこなった。電気化学的水素吸蔵実験後、ゴルスキー効果[6]の影響を考慮して振動リード法を用いて共振条件からヤング率を算出した。また、水素濃度はファラデーの法則を用いて算出した[5]。結晶構造の決定、水素吸蔵実験の評価として X 線回折法(XRD)を X'Part MRD(Philips 社製)により Cu-Kα 線源波長を用いて試料の結晶性を評価した。

3. 結果

真空中(1000℃)で熱処理をおこなった試料に対する XRD 解析結果を Figure 2 に示す。バックグラウンドとして検出されている可能性があるピークを確認するためステージのみの回折パターンも計測を行い、その結果を共に記した。さらに、JSPDS によるピーク照合を行った結果同定に用いられた#44-1294 および #44-1288 も共に併記する。また、水素導入に伴うヤング率低下が確認された。

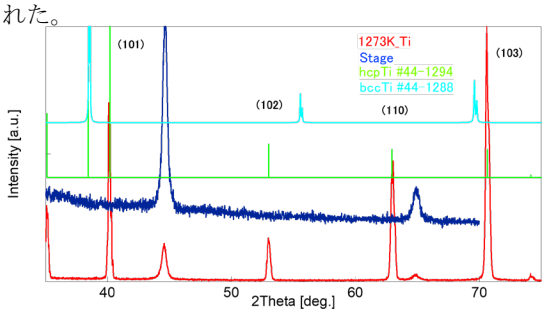


Figure 2 XRD パターン解析の結果

4. 考察

真空中(1000℃)で熱処理をおこなった試料を XRD 解析では、六方晶系の αTi の回折パターンが確認された。これは真空中での熱処理では高温から室温まで温度が低下する時間がかかりすぎてしまったため β 相から α 相へと変態が生じていることが考えられる。そのため、朱相が β 相となる合金を得るには高温域から急冷する手法を模索する必要があると考えられる。水素導入に伴うヤング率低下現象においては稼働転位の易動度向上または内部摩擦による影響も今後議論する必要がある。

【参考文献】

[1] K Wang *et al*., *Computer Coupling of Phase Diagram and Thermochemistry.* **34**, (2010), 317-323.
[2] M. Matsumoto *et al*., GMM-Fachberichte, **98,** (2021), 250-252.
[3] O.N SENKOV, *Metallur. Mater. Trans. A* , **27A**, (1996), 3970.
[4] M. Niinomi *et al.*, *Regener. Biomater.*. , **34**, (1969), 597.
[5] A. Pundt *et al.*, **B108**, (2004),19-23.
[6] R. Cantelli *et al.*, *Phys Stat. Sol*. ,**34**, (1969),597

工業用チタンワイヤーへの水素固溶が弾性特性に及ぼす影響

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

【1.緒言および目的】

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

本研究では、実際に利用されているチタン製品の中でも、たわみ量の変化が観察しやすい工業用(2 種)チタンワイヤーを試料とし、水素導入に伴う物理的特性変化を、ヤング率に着目して評価することとした。

【2.実験方法】

2.1 試料準備

直径 2.0 mm、長さ約 1000 mm の工業用 2 種チタンワイヤーA、B、C、D、E、F および厚さ 0.1 mm のチタン箔 G を用意し、6 本のうち B、C、E、F およびチタン箔 G に対し、定電流による電気化学的手法を用いて水素の導入および放出を行った。溶液には 85 重量%のグリセリンと 85 重量%のリン酸を体積比 2：1 で混合したものを用いた。

2.2 試料評価

2.2.1 機械的特性評価(静的なヤング率評価)

チタンワイヤーの一端を万力で固定し、たわみ $v_{\max}$ mm を測定した。ソフトウェア IrfanView64 を用いて撮影した写真を反転処理および二値化処理し、digiMatic を用いてたわんだワイヤーの先端座標を取得して、たわみ $v_{\max}$ mm を算出した。このチタンワイヤーの自重によるたわみを、等分布荷重による片持ちはりのたわみとみなし、以下に示す式①を用いて静的な手法でヤング率 E Pa を求めた[2]。

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

2.2.2 X 線回折法(XRD)による体積膨張量評価

電気化学的手法を用いて水素を吸放出したチタン箔 G に対し、XRD による測定を行い、格子定数の精密化を行った。

【3.実験結果】

3.1 水素導入前後のヤング率評価

水素導入を行わなかったチタンワイヤーD、水素導入後のチタンワイヤーE および F のたわみ $v_{\max}$ mm を各 20 回測定し、算出したヤング率をまとめたグラフを Fig. 1 に示す。

チタンワイヤーE のヤング率平均値は 97.9 GPa、チタンワイヤーF のヤング率平均値は 87.9 GPa であり、チタンワイヤーD と比較してそれぞれ約 7 %、約 17 % の有意なヤング率の低下が確認された。

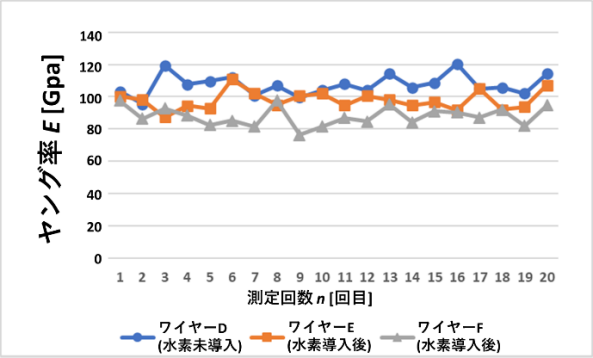


Fig. 1 チタンワイヤーD、E および F のヤング率

3.2 X 線回折法(XRD)による体積膨張量評価

水素導入後、約 0.11 % の有意な結晶格子の体積膨張が確認された。

【4.考察】

α チタンは、高温域における水素の導入によりヤング率が低下することが知られている[3]。今回得られた結果は室温におけるヤング率の変化であり、同様の挙動は室温における振動リード法によって、ヤング率の低下が起きることが確認されている[4]。

動的試験である振動リード法では、水素の導入による転位の可動性が上がったことによる内部摩擦が起き、チタンワイヤー内で塑性変形が起きたことによる見かけ上のヤング率の低下が起きている可能性が考えられるが、今回行ったワイヤーを固定したわみを測定する手法は静的試験であり、転位が移動していることは考えにくい。また、チタンワイヤー内の不純物と水素が結合したことによる影響も考えられるが、不純物が水素化物となった場合はヤング率の上昇という形で影響すること、また同素材の比較を行っていることからも、今回得られたヤング率低下の原因とは考えにくい。

ここで、チタンは水素の導入によって結晶格子が膨張することが本実験結果で確認された。

水素の固溶によって結晶格子が膨張し、格子定数の増加が結合エネルギーの低下につながり、この結合エネルギーの変化がヤング率の低下につながっている可能性が考えられる。

【5.参考文献】

[1] 小林製作所 Web サイト『チタン・チタン合金について』 https://www.tweezerskobayashi.jp/about-titanium/ (2022 年 10 月 10 日参照)

[2] 村瀬 勝彦, 杉浦 正勝, 和田 均,『要点がわかる 材料力学』, (2018), コロナ社

[3] O.N. Senkov *et al.*, *Metallur. Mater. Trans. A*, **27A**, (1996), 3963.

[4] H.T. Uchida *et al.*, *Proceeding of ACTUATOR 2022 — The Key Forum for Actuators, Jun. 2022, Society of Microelectronics, Microsystems and Precision Engineering* (GMM).

SUS316L パラジウムフリー水素精製膜の EB 処理による透過促進効果

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

【緒言】
現在のエネルギーシステムは化石燃料を主体としているが、資源の枯渇や地球温暖化問題が懸念材料として挙げられる。そのため、空気中で燃焼時に水だけを排出し地球全体のバランスを崩すことのない水素エネルギーシステムへ変換が進んでいる[1]。近年では、水素を燃料とする燃料自動車が普及し始めており、固体高分子形燃料電池には 7N(99.99999 at. %)の純度の水素が必要とされている[2,3]。また、燃料電池の世界的な市場拡大の他、石油精製時等における反応剤、半導体製造時の雰囲気ガスとしての利用など、広範囲の産業分野において高純度水素ガスは大量に使用され、今後も更なる水素需要の増大が予測されるため、効率よく不純成分を除去し、高純度水素を得る手法を確立することは緊急の課題である[2]。膜透過法の一つである金属水素精製膜は、PSA 法とは異なり、高純度水素ガスを一段階で得る事ができる[2]。
実用的な水素精製膜として求められる性能は、水素透過性能、耐久性、使用温度範囲、コストなどが挙げられる[2]。しかし、水素透過度が大きな材料の多くは表面酸化が問題となるため、表面に Pd コーティングが必要となるが、耐久性やコスト面で問題となる[4]。
その一方で、表面に皮膜があるステンレスは皮膜自身が水素分子の乖離能力が乏しく、水素の透過をブロックする効果が知られている[2]。しかし、SUS316L はステンレスの中でも不働体被膜が安定で、耐腐食性があるという長所を持つことが知られている[5]。そのため、耐腐食性を落とすことなく既存の透過膜よりも安価で長寿命の水素透過膜の作製が可能であると推測できる。一般に、不働体被膜は水素透過特性が低いため、水素透過膜に用いるには表面の特性を改善する必要が生じる。
そこで、SUS316L への電子線(EB)照射処理で表面の皮膜を部分的に不安定化させ、水素透過特性が改善される可能性が考えられる。本研究では電気化学を用いた Time-Lag 法[6,7,8]により水素透過実験を行い、EB 照射処理が SUS316L ステンレス板の水素透過特性に及ぼす影響について検討した。

【実験方法】
本研究では、ニラコ社製の冷間圧材で熱処理を行っていない、厚さ 0.01 mm の SUS316L の箔を使用した。EB 処理には株式会社岩崎電気社製の電子線照射装置(Type CB250/30/20 mA, Energy Science Inc. Woburn, MA, Iwasaki Electric Group Co. Ltd. Tokyo)を用い、ステンレス箔に電子線を 600 kGy 照射を施した。また、85 wt.%のリン酸水溶液と 85 wt.%のグリセリン水溶液を体積比 1:2 の比率で混合し純度 99.95 at.%の Ar ガスで予め 2 時間以上バブリング処理を施した溶液を用いた。対向電極として金ワイヤーを接続し、標準参照電極には Ag/AgCl 標準参照電極を用い、室温環境において電気化学水素透過実験を行った。ステンレスは予め XPS による評価を行い、表面に 2 nm の Cr 酸化被膜の存在が確認された。従って、透過過程において複数の拡散層(透過過程においてブロック効果を及ぼす Cr_2O_3 の拡散層とオーステナイト系ステンレスの拡散層)が存在するものと仮定し、電子線照射を事前に行った試料とそうでない試料それぞれについて、水素拡散透過におけるダブルレイヤーモデルを適用することで[9,10]各層における水素拡散係数の評価を行った。

【結果および考察】
得られた見かけの拡散係数は文献値と比較し、室温における値はおおむね一致したものが得られた。EB 照射後の試料では未処理の試料に比べ、見かけの拡散係数の増加が確認された。また、XPS により EB 照射後には不動体被膜中の O の原子濃度の減少が見られた。さらに、Schmitz らによる多層膜モデル[9]を適用した結果、EB 照射により酸化被膜中は 1 桁の向上が確認された。以上より、電子線照射による水素拡散係数の明白な向上が確認され、高純度水素精製膜としての安価な Pd 代替材料として、電子線照射処理済みのステンレスは可能性を持つと判断される。

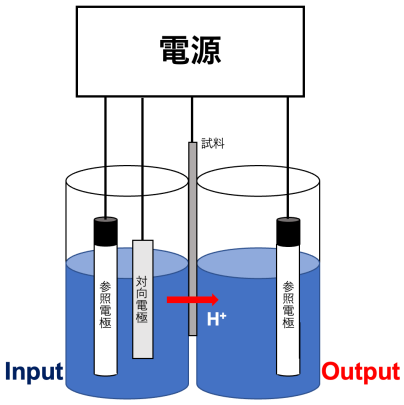


図 1　水素透過実験の模式図

【参考文献】
[1] 深井 有ら, “水素と金属 次世代への材料学”, 内田老鶴圃, (1998).
[2] 内田ヘルムート貴大, 『*超高真空熱処理した Nb における水素透過特性*』, *東北大学修士論文*, (2006).
[3] 辰巳雅仁ら, 『燃料電池自動車用水素品質規格』, *水素エネルギーシステム*, **30**, (2005),49.
[4] C, Nishimura, *et al.*, *J. Alloys Comp.*, **330–332**, (2002), 902–906.
[5] AESJ, “トリチウムの化学―基礎から応用まで”, *AESJ*, (1982).
[6] J. Crank, *THE MATHEMATICS OF DIFFUSION*, Oxford University Press, (1956).
[7] D. Arantes *et al.*, *Defect and Diffusion Forum*, **95--98**, (1993), 347-352.
[8] M. Devanathan and Z. Stachurski, *Proc. R. Soc. Lond. A* , **270**, (1962), 90-102.
[9] G. Schmitz *et al.*, *Phys. Rev. B*. **58**, (1998), 7333-7339.
[10] H.T. Uchida *et al.*, *Acta Mater.*, **85**, (2015), 279-289.

純タングステン板の振動特性に及ぼす水素固溶効果

***渡邉 堅太(東海大学大学院工学研究科)、佐藤 誉也(東海大学大学院工学研究科)、林 俊輔(東海大学大学院理学研究科)、利根川 昭(東海大学大学院理学研究科)、松村 義人(東海大学大学院工学研究科)、土屋 寛太朗(東海大学大学院工学研究科)、渋谷 猛久(東海大学大学院工学研究科)、**内田 ヘルムート貴大(東海大学大学院工学研究科)**

【緒言】

近年、次世代の代替エネルギー候補として、Fig.1 に示す ITER を始めとした核融合の研究が盛んに行われている。核融合の炉に使用される代表的な高温環境向け材料の一つとして、タングステン(W)が検討されている。核融合反応において水素プラズマが用いられ、水素はプラズマとして材料内部に導入される。導入された水素は微細なクラックに優先的に集まり、水素脆化に繋がる恐れがある。水素脆化を起こすと外力を加えた際に変形せず、微細なクラックに応力が集中し事故に至る危険性がある[1][2]。

本実験では、電気化学的手法を用いてタングステンに水素導入を行なった。電気化学的手法を用いることで、核融合反応で導入される水素の条件(イオン状態)に 近い条件で行なうことができる。また、振動特性に及ぼす水素固溶の影響を調査するために、ヤング率を求めた。ヤング率を測定する手法として引張試験が挙げられるが、応力が集中する箇所に水素が集まり正確なヤング率が測定できないという難点がある。これを解決するために振動リード実験にて共振状態からヤング率を算出した。

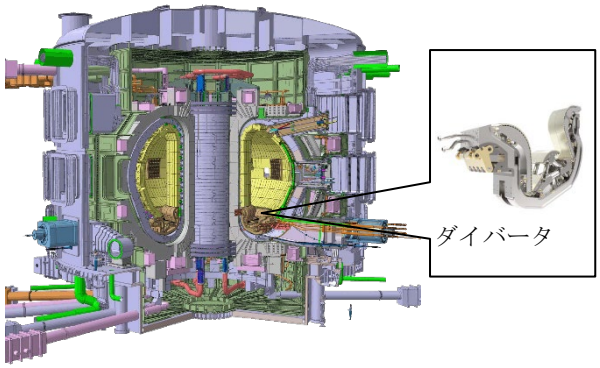


Fig.1 ITER 計画のダイバータ[3]

【実験方法】

本実験は、純タングステン(純度 99.7 at%、形状 10 mm ×40 mm×0.1 mm、ニラコ社製)を用いて電気化学的水素導入法による水素導入を行なった。

試料はあらかじめ、アセトンで超音波洗浄を 10 分行ない、パラジウムの被覆を行った。

溶液については、85 wt%のリン酸水溶液と 85 wt%のグリセリンを体積比 1 : 2 に混合したものを用いた[4]。その際、溶液に残存している酸素を取り除くことを目的とし Ar ガスによるバブリングを 2 時間以上行った。陰極に試料、陽極に金ワイヤ(純度 99.95 at.%)を接続し、標準参照電極は東亜 DKK の飽和 Ag/AgCl(HS-205C)を使用した。

導入法においては、ガルバノスタット電源(HOKUTO DENKO HA-151)を利用し、水素発生電位を超えないように電流印加をパルス状に水素導入を行った。そうすることで、電流印加時の水素が全て陰極側の試料内に導入されたと仮定することができ、ファラデーの式[4]から、水素導入量を算出した。

また、振動特性の実験より共振周波数とヤング率の下記の関係式からヤング率を算出した[5]。

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

ここで、f[Hz]は共振周波数、E[Pa]はヤング率、λ_1は 1 次振動数方程式の根、l[m]は振動部の長さ、ρ[kg/m^3] 材料密度、d[m]はサンプルの厚さである

【実験結果・考察】

Fig.2 に水素導入実験時の EMF の結果を示す。EMF の結果では、タングステンには水素が導入されていない、もしくは水素がトラップされている段階での観測となったと考えた。その上で、水素導入処理を行った結果、ヤング率は 346.10 [GPa]であることが確認された。詳細は本誌にて掲載する。

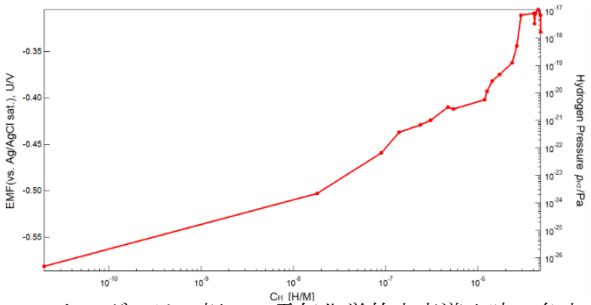


Fig.2 タングステン板への電気化学的水素導入時の各水素濃度における平衡状態の EMF ポテンシャルの推移

【今後の展望】

今後は、実際に水素が導入されているかを確かめるために同様の試料で、水素透過実験を行なうことが必要であると考えている。

【参考文献】

[1]尾崎敏範，石川雄一，筒井光範．材料と環境，**41**，4，264-266.

[2] R.A. Oriani, “HYDROGEN EMBRITTLEMENT OF STEELS”, Annu. Rev. Mater. Sci., 8, (1978), 327-357.

[3] ITER. “https://www.iter.org/” . 2022. (2022/10/12 参照)

[4]R.Kirchheim and Rex B McLellan, “Electrochemical Methods for Measuring Diffusivities of Hydrogen in Palladium and Palladium Alloys”, J. Electrochem. Soc., 127,(1980), 2419-2425

[5] R. M. Digilov and H. Abramovich, “Flexural Vibration Test of a Beam Elastically Restrained at One End: A New Approach for Young’s Modulus Determination”, Adv. Mater. Sci. Eng., (2013), Article ID 329530, 1-6.

EB 照射および酸が生分解性ポリ乳酸に及ぼす物理的特性変化およびポリ乳酸とチタンの接着に関する研究

*李 子默（東海大学大学院工学研究科機械工学専攻）、土屋 寛太朗(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）

1.背景および目的

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

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

そこで本研究においてはこの手始めとしてポリエチレンに対して、低エネルギー電子線照射処理(HLEBI)および X 線照射を適用し、振動リード法を用いた非破壊的手法を用いて、機械的特性にどの様な影響を与えるかを調査する事と SEM を用いて、チタン表面に PLA の残した様な影響を与えるかを調査する事と、胃液環境を模擬した塩酸浸潤分解試験の調査を行う事を目的とする。

2.実験方法

ポリ乳酸をホットプレス機で 200 ℃、圧力は 20 MPa で 8 分間の加圧熱処理を行い、室温で 1 日乾燥させ、板状に加工した。固まった PLA シートは 1 cm x 11 cm の大きさに切り出した。図 1 に示す低周波発振器を用い、PLA シートは振動リード法でヤング率を求めた。また、再現性が良い資料作製が可能である PE シートに対しても同様に実験を行った。

3.結果および考察

PLA シートについては電子線照射の照射線量条件が 30kGy から 120kGy まで大きくなるほど、試料のヤング率は 1.7GPa から 6.65GPa まで増加する傾向が確認された。再現性の良い試料作製が可能となった段階であり、

Fig.1 振動リード装置の外観

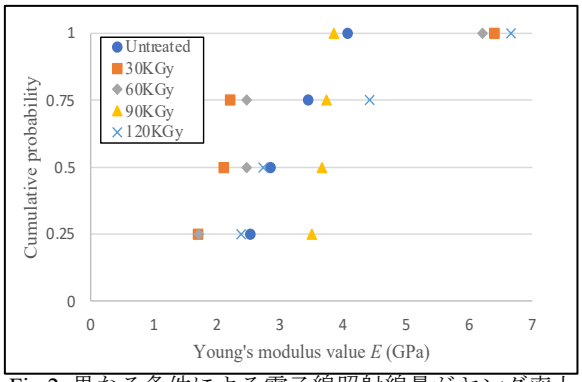


Fig.2 異なる条件による電子線照射線量がヤング率上昇傾向におよぼす累積確率の推移

電子線/X 線の照射を行うことで水溶速度の変化および機械的特性の影響について鋭意調査が進められているところである。

参考文献

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

[2] S.-I. Moon, CW Lee, I Taniguchi, et al. Melt/solid polycondensation of l-lactic acid: an alternative route to poly (l-lactic acid) with high molecular weight[J]. Polymer, 2001, 42（11）：5059－5062.

Ge 粉末と水のボールミリングによる水素生成挙動

***布瀬小枝（東海大学工学部材料科学科）、**小栗和也（東海大学教養学部人間環境学科）、**源馬龍太（東海大学工学部応用化学科）**

1. 緒言

現在の化石燃料を主体としたエネルギー利用は、二酸化炭素の排出による環境負荷や、資源の枯渇等の課題を抱えている。再生可能エネルギーの利用は、これらの課題の解決に有効であるが、地形や天候といった環境に左右され、安定供給が難しい。そのため、充電池等を用いたエネルギー貯蔵が必要となるが、電気エネルギーは長期間の安定貯蔵には向いていない。そこで水素をエネルギーキャリアとして利用することが検討されている。しかし、地球上で単体として存在する水素はごく僅かであるため、水素をエネルギーキャリアとして利用するためには水素を人工的に生成しなければならない。資源が乏しくエネルギー源を輸入に頼る我が国において、自国で水素を生成しエネルギーとして利用する意義は非常に大きい。一方、現在ある水素生成方法の多くは電力や資源を必要とするため、省電力かつ省資源の水素生成方法が求められている。そこで、我々はメカノケミカル法を用いた水からの水素生成に着目し、検討してきた。

先行研究より、蒸留水を Ge 粉末と共にボールミリングすると、水素と不定比組成の Ge 酸化物が生成されることや、不定比組成の Ge 酸化物はボールミリングを長時間行うことで Ge 単体に還元される可能性があることがわかっている。しかしながら、これらの反応の機構についてはよくわかっていない。そこで、本研究では、蒸留水を Ge 粉末と共にボールミリングし、そのときの Ge の酸化及び水素発生挙動を調査することを目的とする。

2. 実験方法

遊星ボールミルを用いて、次に示す 3 つの条件で水素生成を試みた。条件 1 と 2 では、ステンレス鋼（SUS304）のポットとボールを用い、18 h ボールミリングを行った。また、条件 1 では直径 10 mm のボールを 5 個、条件 2 では直径 5 mm のボールを 22 個用い、どちらもボールの重量がおよそ 20 g となるように調整した。条件 3 では、クロム鋼（SCr420）のポットとボールを用い、直径 5 mm のボールを 79 個投入し、重量がおよそ 40 g になるようにしたうえで、40 h ボールミリングを行った。

まず、ポットにボールと Ge 粉末 0.1 g を入れてガス交換可能な蓋を用いて密閉し、ジーベルツ装置を用いて真空引きを行った。次に、ポット内が 1 atm になるように He ガスを注入した。また、0.5 mL の蒸留水を注入した。続いて、遊星ボールミルを用いて、回転速度 300 rpm でボールミリングを行った。その後、ポット内の気体を採取しガスクロマトグラフィーにより分析し、実験後の Ge 粉末について、XRD により相の同定を行った。

表 1 検出ガスの体積比(%)

	He	H_2
条件1	71	29
条件2	39	61
条件3	44	56

3. 結果及び考察

ボールミリング後に測定したガスクロマトグラフィー結果を図 1 に、ボールミリング後のガスクロマトグラフィー結果より求めた体積比を表 1 に示した。表 1 より、SUS304 のポットとボールを用いると、ボールの直径が 5 mm の条件では、10 mm の条件の 2 倍の量の水素が生成したことが分かった。直径 5 mm のボールを用いた場合にはボール同士の接点が増えたことで、Ge が効率よく粉砕され、新生面を持つ Ge の表面積が増大した結果、この新生面が水との接触により酸化され水素の生成を促したと考えられる。また、SUS304 と SCr420 を比較すると、SUS304 の方が約 5%水素の生成量が多いことが分かった。これは、SCr420 と比較して、SUS304 中により多く含まれる Ni が触媒として作用したためであると考えられる。

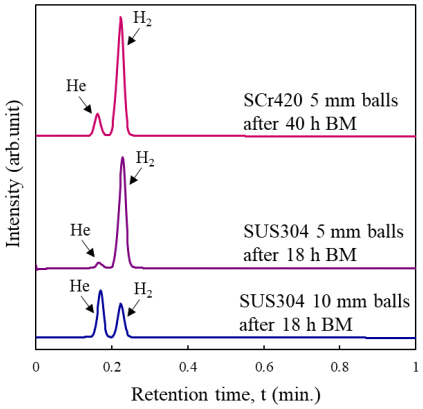


図 1 ガスクロマトグラフィー結果

Mg 水酸化物のボールミリングによる水素生成

遠田 和大（東海大学工学部材料科学科） **源馬 龍太(東海大学工学部応用化学科)

1. 緒言

近年、二酸化炭素 (CO_2) 濃度の上昇に伴う地球温暖化が進行していることから、CO_2 放出量の削減が求められている。そこで、水素 (H_2) をエネルギーキャリアとして活用する水素エネルギーシステムに期待がかかっている。H_2 は燃焼の際に発生するのが水のみであるので、CO_2 を排出しない。しかし、水素は単体で地球上にはほぼ存在しないため、水の電気分解など様々な方法で生成する必要があるが、水が貴重な資源である乾燥地においては、水以外からの H_2 生成方法があれば望ましい。先行研究において、メカノケミカル法による水からの H_2 生成が可能であることが確認されている。また、CO_2 のメタン化に関する研究において、水酸化物中の H がメタン生成に寄与することが示唆されている。これは、水酸化物からの水 H_2 生成が可能であることも示唆している。そこで、本研究では水酸化物をボールミリングすることにより、メカノケミカル法による H_2 生成の可能性について検討することを目的とする。

2. 実験方法

水酸化物として純度の異なる 2 種類の $Mg(OH)_2$ ((株)高純度化学研究所、純度 99.99 %、林純薬工業（株）95 %）を使用した。グローブボックス内(Ar 雰囲気)にて SUS304 のポット内にボールと試料の重量比=40:1 になるように SUS304 のボール 10 個と試料 0.25 g を入れ、遊星ボールミル（Fritsch,Puleverisette5）を用いて回転速度 300 rpm にて、24 h、48 h、12 h、の乾式ボールミリングを行った。ボールミリング後、ガスクロマトグラフィー（GC:GL サイエンス,GC-3210）でポット内のガス分析を行い水素生成の有無について確認を行った。

3. 結果および考察

高純度、低純度それぞれの試料について、GC によりボールミリング後のポット内ガスの分析を行った（表 1)。表 1 の結果より、Mg 水酸化物から H_2 が生成されたことが確認された。しかし、H_2 生成量の時間依存性は顕著にみられなかった。さらに、高純度では時間が少ないほど H_2 生成量が多く、低純度では高純度とは逆の結果になっていた。水酸化物や炭酸化物の分解温度は、純度に大きく依存することが知られており、低純度の場合は分解温度が低下する。このことから、本実験においても、低純度の $Mg(OH)_2$ がより分解しやすい状態であったものと推測される。ただし、48 h、24 h の結果から、高純度よりも低純度の方が H_2 の生成量が多いが、12 h の結果では高純度、低純度共に同等の生成量であった。この点については、さらに再現性を確かめる必要があると考えられる。

表 1 ボールミリング後のポット内ガス体積率

実験条件		検出ガス	体積率 (%)	実験条件		検出ガス	体積率 (%)
高純度 $Mg(OH)_2$	48 h	H_2	2.9	低純度 $Mg(OH)_2$	48 h	H_2	18.6
		Ar	96.4			Ar	81.4
	24 h	H_2	3.6		24 h	H_2	13.3
		Ar	97.1			Ar	86.7
	12 h	H_2	4.9		12 h	H_2	4.8
		Ar	95.1			Ar	95.2

炭酸塩の水素中加熱によるメタン生成に La 添加が与える影響

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

【緒言】

近年、化石燃料使用による大気中二酸化炭素（CO_2）濃度上昇に伴う地球温暖化が問題となっている。そこで、水素エネルギー社会への転換が望まれているが、コスト的、技術的課題から迅速に進んでいるとは言い難い。そこで再生可能エネルギー由来の水素（H_2）と大気中の CO_2 を反応させメタンを生成し利用することが考えられている。メタンは天然ガスの成分であり、既存のインフラが利用できることから H_2 と比較し扱いやすい。CO_2 のメタン化としては(1)式に示すサバティエ反応が知られている。この反応には Ni 等の触媒と高温が必要とされている。そのため、低温でも安定動作が可能な高性能触媒の開発が望まれている。

$$4H_2+CO_2 \rightarrow CH_4+2H_2O \quad (1)$$

先行研究において、$LaNi_5$ を用いてボールミルによるメタン生成が確認されており、$LaNi_5$ が相分離を起こし、生じた Ni/La 酸化物・炭酸化物の界面における強い触媒活性が示唆された。また、Ni/$CaCO_3$ 複合試料を H_2 雰囲気で加熱することでメタンが生成されることが確認されている。本研究では Ni/炭酸化物複合試料への La 添加がメタン生成に与える影響についての調査を目的とした。

【実験方法】

含浸法を用いて La 添加 Ni/ $CaCO_3$ 複合試料を調製した。固定床式触媒反応装置にて H_2 雰囲気加熱を行い、装置出口から得られたガスについてガスクロマトグラフィで分析を行い、La 無添加試料の結果と比較を行った。また、実験前後の試料について XRD を用いて相の同定を行った。

【結果】

Fig. 1 に $CaCO_3$ を用いて調製された試料を H_2 雰囲気で加熱した際のメタン生成量と経過時間の関係を示す。時間経過とともにメタン生成量が減少し、最終的にはメタンの生成が終了している。La 添加を行った試料では、無添加の試料に比べ、メタン生成量が多く、また生成持続時間についても長いことが確認された。

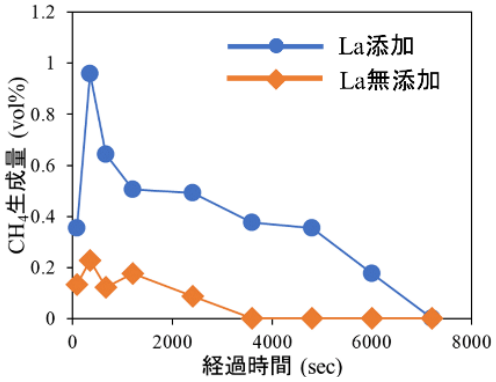


Fig. 1 CH_4 生成量と経過時間の関係

Fig. 2 は各種試料の XRD 測定結果である。La が添加されている試料では、水素雰囲気加熱後に $CaCO_3$ のピークが減少し、CaO のピークが確認された。La 無添加の試料では、実験後に $CaCO_3$ のピークが残っており、CaO のピークは確認されなかった。

Fig. 1, 2 より、時間経過とともに炭素源として働く $CaCO_3$ が分解するとともにメタンが生成すること、および La 添加により $CaCO_3$ の分解・メタン生成が促進されることが確認された。

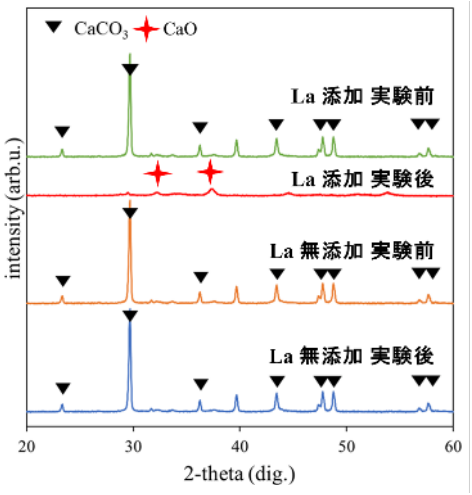


Fig. 2 各種試料の XRD 測定結果

B - 04

$LaNi_5$/V 薄膜上における CO_2 のメタン化

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

1. 緒言

現在、大気中の CO_2 濃度の上昇により、地球温暖化が進行している。そこで、大気中の CO_2 のメタン化が提案されている。メタン化の方法の一つとしてサバティエ反応が挙げられる。しかし、この反応には 300～400℃の高温や、Ni 系触媒が必要である。先行研究において、触媒として用いた $LaNi_5$ が反応時に相分離を起こし、これに伴い合金に一度吸蔵された原子状水素が放出され、表面に供給されることでメタン生成の開始が促進されることがわかっている[1,2]。そこで、本研究では、水素供給層の上に触媒層を薄膜として人工的に形成することで、CO_2 メタン化反応における原子状水素供給の影響について基礎的な検討を行うことを目的とした。具体的には、水素固溶量の大きい V を水素供給層として成膜した上に、$LaNi_5$ 薄膜を触媒（前駆体）層として成膜した積層膜を試料とし、薄膜表面上でのメタン生成反応に V 膜が及ぼす影響について調査を行った。

2. 実験方法

DC マグネトロンスパッタリング法を用いて、ガラス基板(松浪硝子, 18 mm×18 mm×0.1 mm)上に $LaNi_5$/V 薄膜を成膜した。成膜した試料を自作のメタン化実験装置内に設置し、10^{-5} Pa 台まで真空排気を行った。電気炉により反応管を 500℃まで加熱し、H_2 を 10 ccm 導入することにより表面還元処理を行った。その後、反応管内部温度が 400℃まで下がるのを待ち、CO_2 を 2.5 ccm 導入し、メタン生成の有無について、四重極型質量分析計 QMS (Pfeiffer, Prisma)を用いて確認を行った。メタン生成挙動については、メタンのフラグメントイオンである CH_2^+、CH_3^+に着目し、試料無しの場合との比較を行うことで調査を行った。また、メタン化前後の試料に関して、SEM/EDX、XRD を用いて薄膜断面の二次電子像の撮影、組成分析および相の同定を行った。

3. 実験結果

作製した薄膜断面の二次電子像より、$LaNi_5$/V 積層膜が成膜できたことが確認された。QMS を用いたガス分析の結果、CO_2 導入後にメタン由来のイオン電流が増加することが確認された。図 1 にメタン化実験前後の試料の XRD 測定結果を示す。図 1 より、メタン化前の試料に見られた $LaNi_5$ のピークがメタン化後の試料には確認できず、La_2O_3 と Ni のピークが確認できることから、先行研究と同様に反応時に相分離が起こったことが示唆された。また、実験後の試料には V 水素化物のピークも確認された。このことから、表面の $LaNi_5$ から吸蔵された水素が V 層に拡散したことが示唆された。

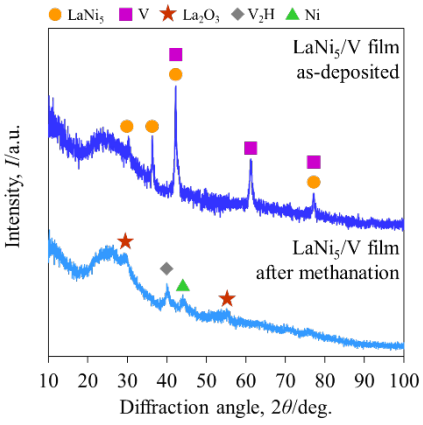


図 1　XRD 測定結果

4. 参考文献

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

［2］ K. Sawahara, K. Yatagai, T. Boll, A. Pundt, R. Gemma. Int. J. Hydrog. Energy. Vol.47 (2022) 19051-19061.

$LaNi_5$薄膜を用いたCO_2メタン化反応における表面 Pd 修飾の影響

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

1.緒言

近年、大気中の CO_2 濃度の急激な増加による地球温暖化が問題となっている。これを緩和する方法として、大気中 CO_2 のメタン化が提案されている。実際に CO_2 からメタンを生成する方法としてサバティエ反応の利用が挙げられる。この反応は Ni 等を触媒や 573 ～ 673 K の高温状態を必要とする。一方、先行研究において、$LaNi_5$ 合金粉末を触媒前駆体として H_2+CO_2 雰囲気でボールミリングを行なった際に、加熱無しでメタンの生成が可能であることが明らかとなった。このとき、原子状水素が反応表面に供給されることによりメタン生成が引き起こされることが示唆された[1]。

そこで、本研究では DC マグネトロンスパッタリング法により La-Ni 系合金薄膜を成膜し、水素解離触媒として知られている Pd [2]で表面を修飾することで、原子状水素の供給がメタン生成に与える影響について調査をおこなった。

2.実験方法

薄膜試料は DC マグネトロンスパッタリング装置(ANELVA:SPC-350)を用いてガラス基板(松浪硝子 TROPHY : 18 mm×18 mm)上に成膜した。La-Ni ターゲットには La チップを Ni ターゲット上に配置したモザイクターゲットを用いた。成膜した薄膜試料 11 枚を自作の薄膜試料用 CO_2 メタン化装置内に導入し、10^{-5} 台まで真空排気を行った。その後、反応管の外部に取り付けた電気炉を用いて 500 ℃まで加熱を行い、水素を 10 ccm の流量で 1 h 導入することで薄膜試料表面の還元処理をおこなった。その後温度を 400℃まで下げ、CO_2 メタン化を試みた。H_2 と CO_2 をサバティエ反応式に基づき流量比で $H_2 : CO_2 = 4 : 1$ の割合となるように導入し、質量分析計(PFEIFFER VACCUM Prisma^{TM})を用いてガス分析をおこなった。メタン生成の確認は、メタンのフラグメントイオンである CH_2^+のイオン電流値の変化を測定することによりおこなった。

3.実験結果

質量分析計によるガス組成分析の結果から、$LaNi_5$ 薄膜試料と比較して、Pd で修飾した試料では CH_2^+のイオン電流値の増加を確認した。このことから、Pd で表面を修飾することで水素の解離が促進されメタン生成に影響を与えている可能性が示唆された。また、XRD 測定結果から、作製した薄膜は $LaNi_5$ と同様の構造を持ち、メタン生成反応に伴い Ni と La 酸化物に相分離することを確認した。

4.参考文献

[1] Keito Sawahara *et al*., Role of atomic hydrogen supply on the onset of CO_2 methanation over La-Ni based hydrogen storage alloys studied by *in-situ* approach,
International Journal of Hydrogen Energy, Vol.47, Issue 44 (2022) 19051-19061.
[2]有賀哲也, パラジウムによる水素吸収と水素化反応, 表面化学, Vol.27, No.6 (2006) 341-347.

Ni ストライプ薄膜/$CaCO_3$上におけるメタン生成反応

***岡本陽佑(東海大学工学部材料科学科)、馬場晴也(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、金田修一(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)、吉田有章(東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻)**

****源馬龍太(東海大学工学部応用化学科)**

1. 緒言

近年、化石燃料の大量消費による二酸化炭素(CO_2)濃度上昇に伴う地球温暖化現象が問題となっている。そのため、CO_2 排出量削減は急務であり、H_2 を排出された CO_2 と反応させメタン(CH_4)を生成することが考えられている。CH_4 は天然ガスの主成分であり、既存のインフラが整っているため扱いやすい。先行研究では、酸化カルシウム(CaO)及び炭酸カルシウム($CaCO_3$)粉末に遊星ボールミルを用いて Ni を担持させた試料を用いた CO_2 のメタン化が可能であることが明らかとなった。また、CaO に比べて $CaCO_3$ の方がより低温で高いメタン変換率を得られた。加えて、$CaCO_3$-Ni 粉末試料に水素のみを流した結果、メタンの生成を確認できた。これより、$CaCO_3$ 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た。このことから Ni/$CaCO_3$ 界面近傍における水素スピルオーバー(Ni から $CaCO_3$ 側への表面拡散) がメタン生成反応に重要な役割を担っていることが推測される。しかし、水素の表面拡散距離の直接測定が粉体では困難である。そこで、上記スピルオーバー挙動、スピルオーバー距離を直接測定することを目的に、本研究では Ni および $CaCO_3$ のストライプ薄膜を作製し、界面でのメタン生成反応時の熱反応の観察を行い、$CaCO_3$ がメタン化反応に及ぼす影響を調査する。本研究において薄膜を用いた理由は、粉末に比べて界面が明確であり、界面での反応を観察・評価する点で有利なためである。本報告では、マグネトロンスパッタリング法を用いて、人工的に Ni/$CaCO_3$ 界面の形成を試み、その界面について触針式膜厚計測器(dektak)、走査型電子顕微鏡(SEM)により評価した。メタン化装置を用いてメタン化を行い、メタン生成について四重極形質量分析計(QMS)により評価した。

2. 実験方法

マグネトロンスパッタリング法を用いて、$CaCO_3$(100)単結晶基板(MTI Corporation, 5 mm×5 mm×0.5 mm)上の半面に Ni 薄膜を成膜した。成膜する際にモリブデン(Mo)スパッタマスクを用いて半面を覆った。成膜後の資料について、dektak、SEM を用いて、界面形状の評価を行った。成膜した Ni/$CaCO_3$ 基板を試料として用い、水素雰囲気中にて加熱することによりメタン生成を試みた。メタン生成の確認には QMS を用いた。実験後の試料について XRD、SEM/EDX を用いて評価を行った。

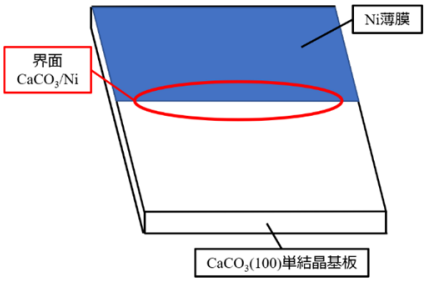


図 1　本研究で用いる試料の模式図

3. 結果

dektak による膜厚計測結果より、$CaCO_3$ 基板上に Ni 薄膜が 213 nm 成膜できていることが確認できた。成膜した基板の界面の SEM 観察結果、成膜した基板を用いたメタン生成反応の結果および反応後の QMS、XRD、SEM/EDX による分析結果は当日報告する。

4. 参考文献

林　諄眞、東海大学大学院　工学研究科　応用理化学専攻　2021 年度修士論文

メカノケミカル法による Mg-Ca-Ni 系水素吸蔵合金の作製と反応性

***板橋　達也（東海大学工学部材料科学科）、**源馬　龍太（東海大学工学部応用化学科）**

1.　緒言

近年、石炭、石油などの化石燃料の大量消費に伴う二酸化炭素の増大による地球温暖化が進行しており、この問題を解決するために代替エネルギーの開発及び研究が世界的に進められている[1]。

石油代替エネルギーとして、太陽、地熱、風力、潮力などの再生可能エネルギーや原子炉、高速増殖炉などの核エネルギーが挙げられる。これらのエネルギー資源のうち主要なものは、エネルギーは熱の形で供給され、電気エネルギーに変換されたのち、利用されている場合が多い。エネルギーの有効利用の観点から、熱や貯蔵しにくい電気エネルギーの余剰分を、貯蔵・輸送が可能な二次エネルギーとしての燃料に変換し利用するプロセスの開発が望まれている。その有力な候補として挙げられるのが水素である[1]。しかし、水素は単体では地球上に多く存在しないため、大量かつ低コストで水素を製造する必要がある。また、製造した水素は安全かつ大量に貯蔵・輸送可能であることが求められる。水素の貯蔵方法として、高圧気体水素や液体水素あるいは水素吸蔵材料を用いる方法が有利である。この中でも、水素吸蔵合金は最もコンパクトに水素を貯蔵できる。

しかし、これまでに開発された、遷移金属をベースとした水素吸蔵材料は、材料自体が重いために、単位重量当たりの水素貯蔵密度が低いという欠点がある。そのため、アルカリ金属やアルカリ土類元素などの軽元素をベースとした水素吸蔵材料についての研究開発が進められている。本研究では、MgH_2、CaH_2、Ni を出発原料とし、ボールミリング（BM）を用いたメカノケミカル法による Mg-Ca-Ni 系水素吸蔵材料の作製とその水素反応性の評価を目的とした

2.　実験方法

MgH_2 粉末（富士フイルム和光純薬株式会社、規格含量 ： 70.0+%（ex H））、CaH_2 粉末（関東株式会社、純度 95%）、Ni 粉末（関東株式会社、純度 99%）を用い、組成比の異なる試料の作製を試みた。MgH_2:CaH_2:Ni がモル比で 0.2:0.8:5、0.4:0.6:5、0.5:0.5:5、0.6:0.4:5、0.8:0.2:5 となるよう秤量した。それぞれの試料粉末 1 g と分散剤である脱水ヘキサンを、SUS304 製のポットに SUS304 製ボールと共に投入し、BM による試料作製を試みた。ミリング後はグローブボックス内で真空乾燥させてから粉末試料を取り出し反応管に充填した。MgH_2、CaH_2 の酸化および水酸化を防ぐために、秤量から充填まで Ar 雰囲気のグローブボックス内にて行った。作製した試料について、自作の高圧ジーベルツ装置（High pressure Sieverts’ type apparatus）を用い、脱水素化及び水素化特性を評価した。まず、ロータリーポンプを用いて 1.8 Pa まで真空排気を行い、反応管外部に設置した電気炉で反応管を 350 ℃まで加熱し、圧力増加から水素の放出を確認した後、0.9 MPa の水素を試料に印加することにより水素吸収反応の計測を行った。得られた試料の相の同定は X 線回折装置（XRD: Rigaku, Miniflex 600, Cu Kα）により行った。

3. 結果と考察

6 種類の試料を脱水素化した際には水素の放出を確認することができたが、これは出発原料である MgH_2、CaH_2 の水素が加熱によって分解したものと考えられる。また水素吸収量は、MgH_2 は 7.6%、CaH_2 の形で 4.8%の水素を吸収するのに対し、本結果ではごくわずかしか水素を吸蔵していないことが判明した。XRD、高圧ジーベルツ装置を用いた試料評価結果の詳細は当日報告する。

4.　参考文献

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

n 型および p 型 SWCNT 膜を使用した気化熱冷却発電デバイスの作製と評価

＊安間有輝（東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻）

＊＊高尻雅之（東海大学材料科学科）

1. 研究背景・目的

温度差によって発電できる熱電発電素子（TEG）は、廃熱を電気に変換できることから環境に優しいクリーンなエネルギーとして注目される。私たちは以前、熱源を持たない水上浮遊型カーボンナノチューブ（CNT）TEG を提案しました[1]。これは、水に浮かべるだけで CNT 膜に温度勾配を発生させ、毛細管現象による水の汲み上げで、選択した部分に蒸発が生じ、冷却することで電気を発生させるものである。そして、熱源不要や水平方向に温度差を発生させることができる利点はあるが大きな温度差が得られない。本研究では、p 型および n 型 熱電材料を複合することで出力電圧の向上を目的とした。

2. 実験方法

n 型 CNT 自立膜は、SWCNT 粉末(SG CNT：ZEONANO SG101)に陽性界面活性剤を添加し、脱イオン水中で超音波分散し、濃度 0.2 wt%の n 型 CNT 分散溶液を作製した。p 型 CNT 自立膜は、SWCNT 粉末をエタノール中で超音波分散し濃度 0.2 wt%の p 型 CNT 分散溶液を作製した。作製した分散溶液を減圧濾過瓶に 40 ml を滴下し、吸引濾過によって二種類成膜をした。成膜後、ポリイミド基板上に自立膜を接着しデバイスを完成とした。作製した TEG を水に浮かべ、人工太陽灯を照射することで気化熱冷却を起こし温度差を与えた。その後、データロガーにて水温と出力電圧を測定した。

3. 実験結果および考察

図 1 に作製したデバイスの出力電圧と電力の関係を示した。図 2 に測定後デバイスの温度分布画像を示した。図 1 より p・n 型複合自立膜デバイスの出力電圧が高いことが確認できた。また、図 2 より n 型自立膜の部分は冷却されていないことが確認できる。それは、n 型自立膜が熱伝導率が低いことが考えられる。

4. 参考文献

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

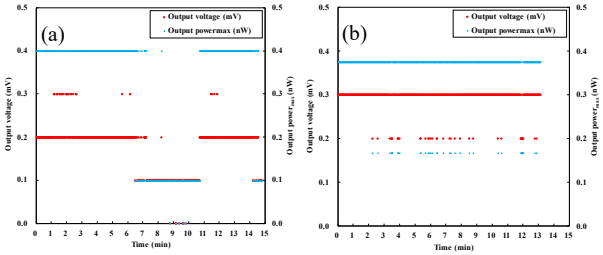


図 1 デバイスの出力電圧と電力[(a): p 型自立膜デバイス、 (b): p・n 型複合自立膜デバイス]

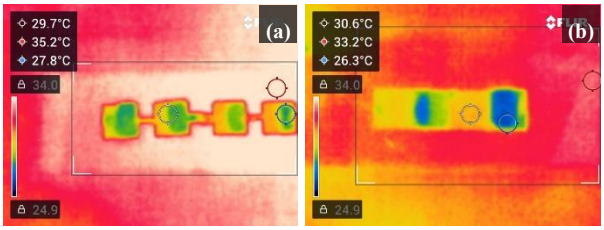


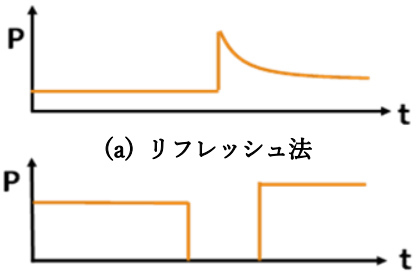
図 2 温度分布画像 [(a): p 型自立膜デバイス、 (b): p・n 型複合自立膜デバイス]

燃料電池の出力低下抑制のための制御方式の検討

***遠藤琢麿（神奈川工科大学大学院工学研究科） 柏原玲次（神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科）**
日出優太（神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科） **板子一隆（神奈川工科大学大学院工学研究科）

1. まえがき　固体高分子型燃料電池(PEFC)は、動作温度が低く小型化が容易な燃料電池である。燃料電池に関しては主に自動車、市電、鉄道などへの適用の検討が行われてきている。しかし燃料電池は長時間運転を続けると出力が低下するという問題点がある。この出力低下の回復方法として、燃料電池内部の気体を掃気し、不純物を排出するパージが一般的に知られている。またその他に、一時的に燃料電池の出力電圧を小さくし、酸化被膜を除去することで出力を回復するリフレッシュ法、発電を休止し燃料電池を休ませる休止法がある。本研究では、この 2 種類の回復方法とこの２つを組み合わせたリフレッシュ＋休止法について、その回復効果の比較検討を行った。

2. 出力の回復方法　図 1-(a)にリフレッシュ法の概念図を示す。リフレッシュ法は一時的に燃料電池の出力電圧を還元電圧以下にし、電極に発生した酸化被膜を除去することで、出力を回復する方法である。図１-(b)に休止法の概念図を示す。休止法は一定時間発電を休止し、燃料電池を休ませて、放熱することで出力を回復する方法である。今回はこの 2 つの方法に加え、これらを組み合わせたリフレッシュ＋休止法を用いる。この方法では休止法を行った後、リフレッシュ法を行うことで、2 種類の出力低下要因を改善できると考えられる。



(a) リフレッシュ法
(b) 休止法
図１　回復方法の概念図

3. 実験方法　図２に実験システム図を示す。同図のシステムでは、燃料電池に PEFC を用いており、定格出力 20[W],定格電圧 7.8[V]、定格電流 2.6[A]となっている。実験では電子負荷を定電流モードで動作させ、2 種類の条件で実験を行う。条件 1 では燃料電池の出力電流 1[A]、動作時間 1 時間で、出力が 95%になった点で回復動作を行う。条件 2 では出力電流 3.5[A]、動作時間 20 分間、出力が 80%となった点で回復動作を行う。このときのそれぞれの出力回復効果について比較を行う。

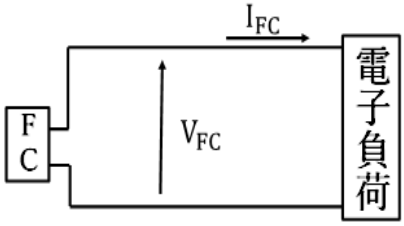
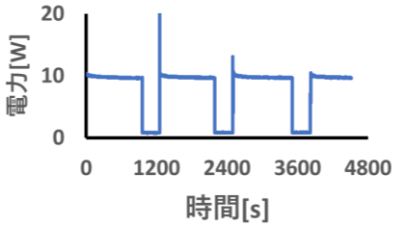
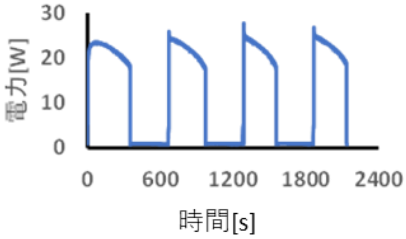


図２ 実験システム

4. リフレッシュ＋休止法の結果　図 3-(a)に 1 A 時のリフレッシュ＋休止法の結果を、図 3-(b)に 3.5A 時にリフレッシュ＋休止法の結果を示す。同図より、リフレッシュ＋休止法は 1A 時にも 3.5A 時にも出力回復効果を示していることがわかる。一方で、リフレッシュ法では 1A 時のみ、休止法では 3.5A 時のみ回復効果を示すことが確認された。このことからリフレッシュ＋休止法はリフレッシュ法と休止法に比べ、広い範囲で回復効果を示すと考えられる。



(a) 1A 時



(b) 3.5A 時
図３ 実験結果
（リフレッシュ＋休止法）

5. まとめ　本研究では燃料電池の出力低下抑制のための制御方式の検討を行った。結果としてリフレッシュ法と休止法を組み合わせたリフレッシュ＋休止法が、他の回復方法に比べ、広い範囲で出力回復効果を示すことが明らかとなった。今後はこの回復方法を用いた燃料電池並列制御システムを構築し、その効果を検討する予定である。

太陽光発電システム用パワーコンディショナの回路構成簡素化の検討

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

1. まえがき

太陽光発電用のパワーコンディショナ(PCS)は太陽電池アレイから得た直流電力を交流電力に変換する。そのとき使用されるスイッチング素子は、僅かな ON 抵抗による損失や、スイッチング損失が発生する。従って、太陽電池アレイから得た電力は、MPPT(Maximum Power Point Tracking)によって最大電力を取得しているが、インバータの損失で得られる電力が低下してしまうという問題が起こる。本論文は太陽光発電システム用パワーコンディショナに倍電圧インバータを用いることで回路構成を簡素化することを提案する。この方法は、スイッチング素子の数を減らすことにより、効率の改善を実現する。本論文では、簡素化した回路構成の動作原理とシミュレーション結果について述べている。この結果から、提案したシステムの逆潮流動作を確認することができたので以下に報告する。

2. 倍電圧インバータ

図 1 に提案するシステムの回路構成を示す。S_1, S_2はスイッチング素子を表しており、V_Dは入力直流電圧、V_Nは系統電圧、I_Nは系統電流を表している。従来の単相フルブリッジインバータは 4 つのスイッチング素子が用いられるのに対して、ここで用いている倍電圧インバータは 2 つのスイッチング素子が用いられ、部品点数が減少する。S_2がオンのときをモード 1 とし、S_1がオンのときをモード 2 とすると、回路方程式は以下の式で示される。

モード 1)

$$\begin{cases} \dfrac{di_N}{dt} = \dfrac{V_N + \dfrac{q_2}{C_2}}{L} \\ \dfrac{dq_1}{dt} = -I_{IN} \\ \dfrac{dq_2}{dt} = -I_N - I_{IN} \end{cases}$$

モード 2)

$$\begin{cases} \dfrac{di_N}{dt} = \dfrac{V_N - \dfrac{q_1}{C_1}}{L} \\ \dfrac{dq_1}{dt} = I_N - I_{IN} \\ \dfrac{dq_2}{dt} = -I_{IN} \end{cases}$$

モード 1 のとき電流値は上昇し、モード 2 のとき電流値は下降する。モード 1 とモード 2 を周期的に切り替えることで直流電力から交流電力に変換する。

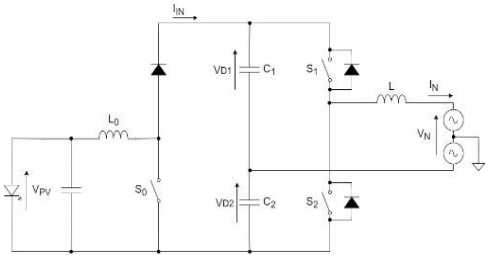


図 1. 提案する PCS の回路構成

3. シミュレーション結果

回路条件を入力基準電圧V_{Dref}=800V、系統電圧V_N=200V(rms)、電源周波数f=50Hz、スイッチング周波数f_S=20kHz、系統インダクタンスL_N=1.8mH、コンデンサ容量C_1=C_2=50mF、PVからの入力電流I_{IN}=2.5A(2kW)/5A(4KW)とする。図2, 3は、図1の回路に対称変調PWM制御でシミュレーションを行ったときの定常状態でのI_N、V_NおよびV_{D1}の波形を示している。この図から、両方ともI_Nが正弦波状に形成され、逆潮流が行われていることが確認できた。

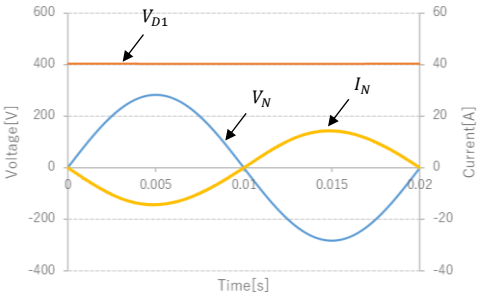


図 2. 定常状態の各部波形(入力電力 2kW)

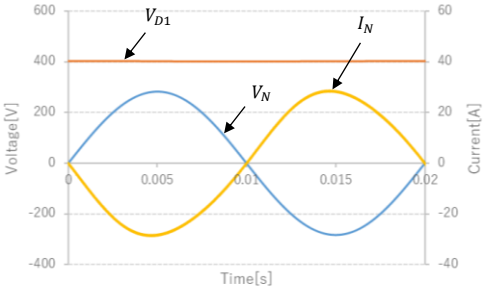


図 3. 定常状態の各部波形(入力電力 4kW)

4. まとめ

本研究では、太陽光発電用のパワーコンディショナの回路構成簡素化の方法を提案した。シミュレーション結果から、PCS の基本動作となる逆潮流動作を確認することができた。今後は本回路構成を用いた高調波電流低減のための PCCS 法適用の検討を行う予定である。

低抵抗欠陥のある太陽電池パネルの特性シミュレーション

***邱　宇鵬（神奈川工科大学大学院電気電子工学専攻）、洪　漳寅（神奈川工科大学大学院電気電子工学専攻）、**

徐　川翔（神奈川工科大学大学院電気電子工学専攻）

****板子　一隆（神奈川工科大学院電気電子工学専攻）**

1. まえがき

近年、太陽光発電システムの設置から数年が経過したパネルの異常報告が増加している。実例として、影による発電電力の低下問題、パネルの破壊や火災を引き起こしてしまうホットスポット現象が報告されている。そこで本研究では、低抵抗欠陥によるホットスポットのシミュレーションを行い、その特性を検討した。

2. シミュレーションの原理

図 1 は PV パネルの等価回路を示す。低抵抗欠陥セルの PN 接合のリーク電流の等価抵抗 R は通常より低い。PV パネルの動作状態は三つのモードに分けられる。モード 1 の動作電流は欠陥セルの最大発生電流 I_s より小さい場合で、リーク電流はゼロのため、発熱しない。モード 2 の動作電流は欠陥セルの最大発生電流 I_s より大きいため、多くの部分がリーク電流として、PN 接合の逆方向に流れて発熱する。モード 3 では、バイパスダイオードが ON となって一部の電流が分流する。このモードでは、欠陥セルが最大の逆バイアスを受ける。PV パネルの動作状態をこの三つに分割してシミュレーションする。

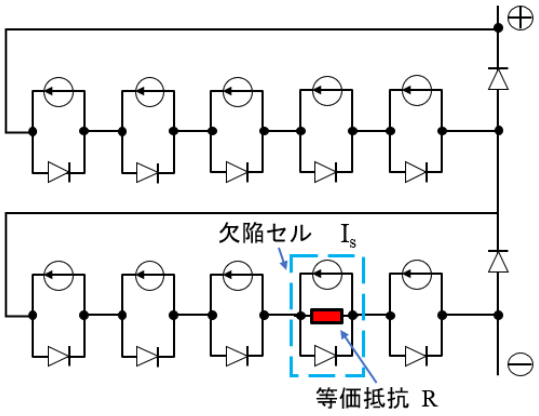


図 1．PV パネルの等価回路図

3. シミュレーションの結果

図 2 はシミュレーションによる欠陥セルのあるパネルの I-V 特性と P-V 特性と発熱電力特性をそれぞれ示す。ただし、影の割合が 80%である。この場合、最大電力点はモード 3 にあり、発熱電力が最大のため、最大電力点追従はできないと考えられる。モード 1 の発電電力は少し低いが、発熱電力がゼロで、安全に動作できると考えられる。モード 2 は発電電力が少し高いが、発熱電力があるため、モード 2 での制御は回避すべきと考えられる。

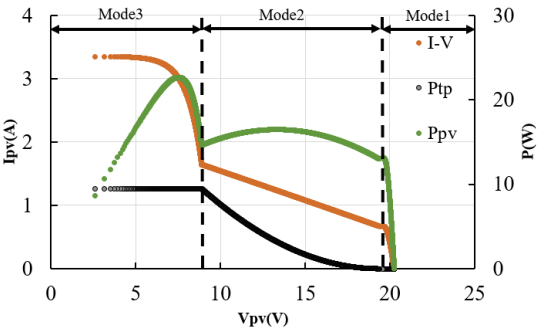


図 2．特性のシミュレーション

図 3 にシミュレーションによる等価抵抗 R をパラメータとして欠陥セル上部の影の割合に対する発熱電力の関係を示す。同図より、等価抵抗 R が小さいほど、影の大きさが発熱電力に与える影響は大きくなることが明らかとなった。特に 30Ω 以下では、発熱電力が急激に大きくなるので注意が必要である。

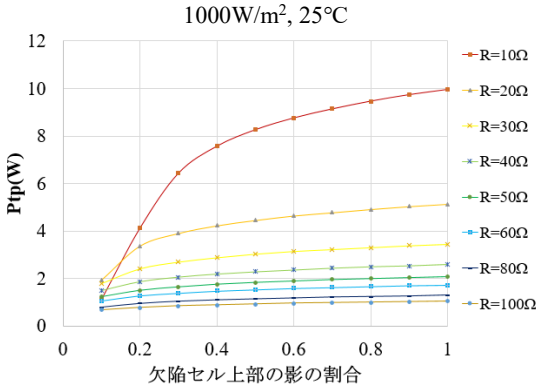


図 3．各等価抵抗による発熱電力

4. まとめ

本研究では、低抵抗欠陥セルのある PV パネルの動作状態を分析し、特性のシミュレーションを行った。今後は、欠陥のあるパネルの特性に及ぼす温度の影響について検討する予定である。

B - 12

既製の DC-DC コンバータを用いた PV 電源の検討

＊ 久保田晶（神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科）、松本武晃（神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科）、
松下　晴（神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科）、駒場温人（神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科）
坂巻万里（神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科）、**板子一隆（神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科）

1. まえがき

近年、台風や地震などによる災害が頻繁に発生しており、停電により一時的に生活が困難になる地域も発生している。このような状況で、家庭内の充電機器を太陽電池（PV）アレイで充電できれば、通信手段を確保することができる。太陽光発電は、災害時においても日射があれば発電できるが、発電電力を利用可能な形態に変換する必要がある。そこで、今回は既製の DC-DC コンバータを用いた PV 電源を製作し、その特性を検討したので以下に報告する。

2. 検討システム

図 1 に製作したシステムを示す。使用した太陽電池は P_{max} =240[W]　V_{OC} =32[V] である。DC-DC コンバータの入力電圧の範囲は DC18V～36V で、出力電圧は 24V 一定に制御される。装置の出力側には電子負荷を定抵抗モード（CR モード）で接続する。電子負荷で抵抗値を変化させて PV 電圧、電流の波形を記録する。

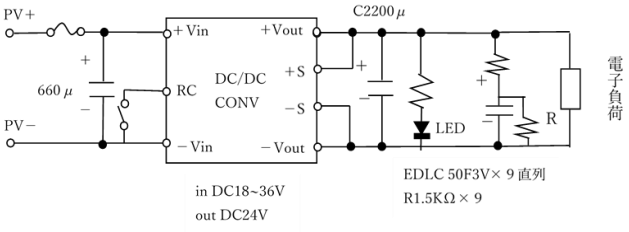


図 1.　製作した PV 充電システム

3.　実験結果

図2にPVの出力電圧と電流の特性を示す。このとき日射強度は668.7W/m²であった。同図より、負荷電力の増加とともにPVの入力電流が増加していき、PVの電圧がDC-DCコンバータの入力電圧下限値18Vを下回るとDC-DCコンバータが一旦停止し、PVが開放状態となることで電圧が上昇すると再び動作を開始するという振動を繰り返していることがわかる。そして、負荷電力を低下させると振動は収まりPVの入力電流が低下していくことが確認できる。この結果から、既製のDC-DCコンバータを使用する場合は電圧電流が振動しないで正常に動作する範囲で使用する必要のあることが確認された。そこで、図3に示すように、負荷電力に対する正常動作可能な日射強度の関係を実験により求めた。例えば100Wの負荷を使用する場合には日射強度は600W/m²を上回っていなければならないことを示している。

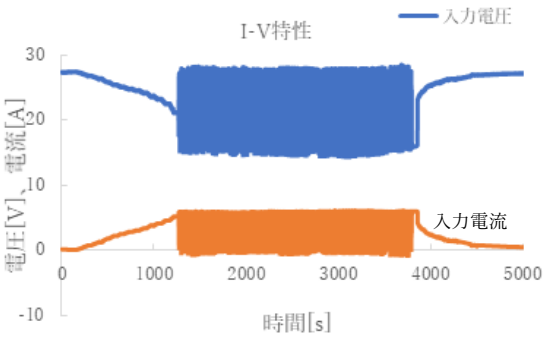


図 2　負荷電力の変化に対する PV 電圧電流特性

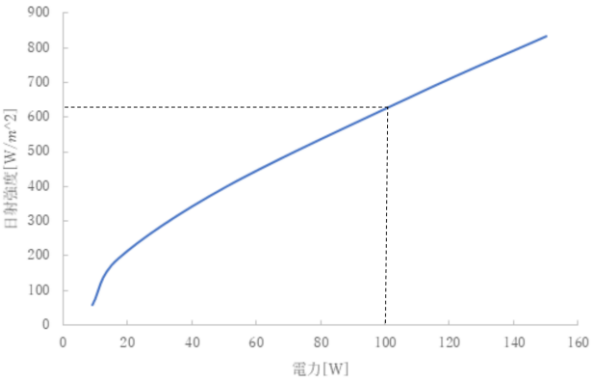


図 3　本システムの負荷電力と必要な日射強度の関係

4.　まとめ

今回は既製のDC-DCコンバータを用いたPV電源の検討を行った。これは、製作が簡単というメリットがあるが、DC-DCコンバータの動作条件から扱う負荷電力によって日射強度に制限を受けることが確認された。今後は、日射強度の急変に対応出来るキャパシタの適正値についてさらに検討を進める予定である。

52 kW 6 極 36 スロット永久磁石同期機における固定子鉄心の基準要素サイズが面内渦電流損に与える影響に関する研究

***劉佳雨、小比田快斗（東海大学工学部電気電子工学科）**
****大口英樹（東海大学工学部電気電子工学科）**

1. はじめに

近年、世界の消費電力のうち、モータが 40～50%を占めているといわれている。

一般的な回転機の損失は銅損、鉄損、機械損、漂遊負荷損の 4 つに分けられる。参考文献[1]では同期機の損失の解析と実験の比較がなされており、検討機は漂遊負荷損が総電気損失の約 5 割を占めることが報告されている。

本研究では、漂遊負荷損の 1 つである固定子鉄心面内渦電流損について、要素サイズの影響を明確化することを目的とする。

具体的には 52 kW 6 極 36 スロット永久磁石同期機における固定子鉄心の要素サイズについて、ギャップ要素サイズを基準としたモデルと、表皮厚さを基準としたモデルを比較したので報告する。

2. 同期機の仕様と解析条件

Table 1 に同期機の仕様を示す。Fig. 1 (a)と(b)にギャップ要素サイズを基準としたモデル（Model A）と、表皮厚さを基準としたモデル（Model B）をそれぞれ示す。

要素数について、Model A は約 85 万メッシュ、Model B は約 60 万メッシュである。解析条件は定格回転速度、定格電流とし、面内渦電流損を求めた。なお、解析には電磁界解析ソフト JMAG を用いた。

3. 結果

Fig. 2 に面内渦電流損の解析を示す。Fig. 2 より、両者の結果はほぼ一致した。よって、メッシュの影響はほとんどないと考えられる。なお、図示しないものの誘起電圧とトルクも解析し、結果がほぼ等しくなることを確認した。

4. 今後の課題

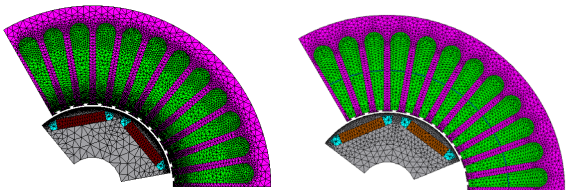
今後の課題として、平行スロット固定子の面内渦電流損の解析および、今回検討した丸底スロット固定子との比較・検討が挙げられる。

[参考文献]

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

Table 1. Machine specifications.

Item	Value
Number of slots	36
Rated output power	52 kW
Number of poles	6
Rated rotational speed	2000 r/min
Rated current	276 A
Diameter of stator core	306.8 mm
Stacking length	306.8 mm
Magnet	Nd-Fe-B sintered magnet, B_r = 1.2 T
Core material	M400-50A(50A400)



(a) Model A (b)Model B

Fig. 1. Analysis models.

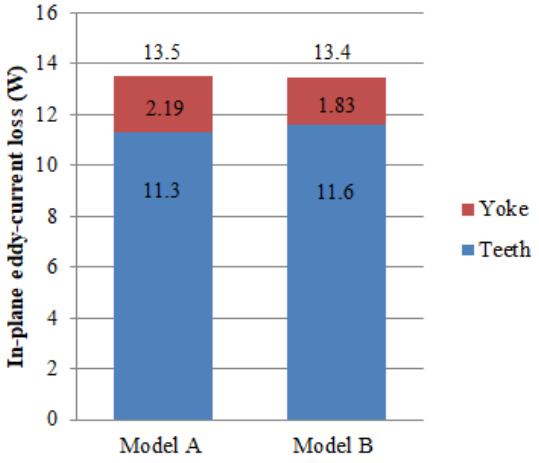


Fig. 2. In-plane eddy-current loss comparison.

回転機の素線に発生する渦電流損および循環電流損に関する研究

*今井葵一、安藤巧真(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

モータは日本国内の電力消費の約6割をしめており、電力消費量の削減にはモータの高効率化が有効であると考えられる。また、2007年にトップランナー制度がモータに適用され、今後もさらなる高効率化を目指すことが重要と考えられる。

本研究では、永久磁石同期機を対象とし、その素線形状を角線とし、巻線仕様の違いによる循環電流損や渦電流損を二次元電磁界解析により明確化することを目的とする。

2. 解析モデルの仕様と解析条件

Table 1に解析モデル仕様を示す。解析対象は6極36スロットの永久磁石同期機である。1スロットあたりのコイル数が14のモデルをModel Aとし、1スロットあたりのコイル数が4のモデルをModel Bとする。Fig. 1とFig. 2にModel AとBの解析モデルをそれぞれ示す。なお、解析には電磁界解析ソフトJMAGを用いた。

3. 解析結果

Fig. 3に素線損失の比較を示す。Model Bの素線損失の増加は、導体面積の減少による直流抵抗損の増加が主な原因である。また、Model Aの渦電流損とModel Bの渦電流損と循環電流損の和はほぼ等しくなった。なお、図示しないものの、誘起電圧とトルクも解析により求めており、これらが巻線仕様から求まる比となっていることを確認した。

4. 今後の課題

モデル外径を今回の対象機Model Bと同一とし、1スロットあたりのコイル数を4から8に変えたモデルとの比較検討があげられる。

参考文献

[1]安藤　駿, 今盛　聡, 大口英樹：「角線を適用した永久磁石同期機における素線渦電流損と循環電流損に関する研究」, 2022年 電気学会 産業応用部門大会, Y-80

Table 1. Machine specifications.

	Model A	Model B
Turn / slot	14	4
Parallel number of windings	6	1
Electromotive force ratio	7:6	
Rated torque (Nm)	250	214
Rated current (A)	276	
Rated rotational speed (min^{-1})	2000	
Current density (A/mm^2)	2.6	7.7

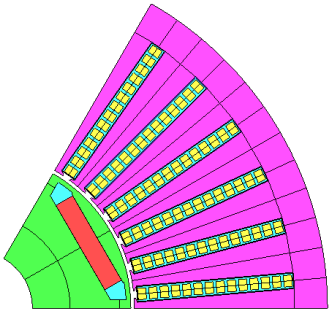


Fig. 1. Analysis model of Model A.

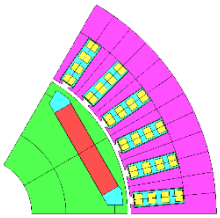


Fig. 2. Analysis model of model B.

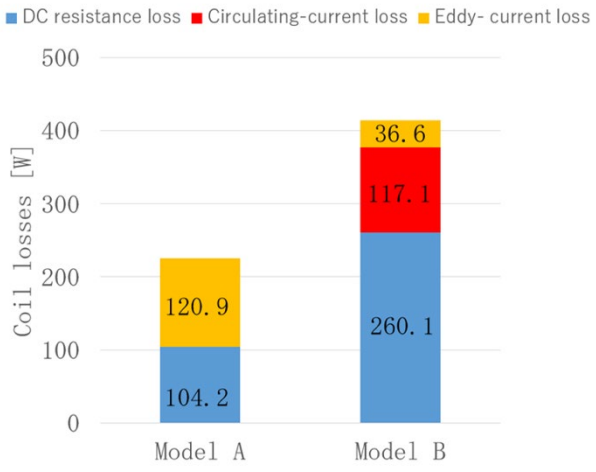


Fig. 3. Comparison of the coil losses.

巻線構成の違いによるハイブリット界磁形二層 IPM モータの特性に関する研究

＊　岡元　竣、川地　泰平（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

現在、永久磁石モータ（PM モータ）は省エネ・高効率の特徴から様々な機械に用いられており、例として電気自動車(EV)、ハイブリット車(HEV)などが挙げられる。近年，自動車用 PM モータの高効率化を実現するべくモータ内の磁束を調整できる可変磁束モータの研究が進められている。可変磁束モータの 1 つであるハイブリッド界磁形二層 IPM モータは、永久磁石と界磁巻線により界磁磁束を得ることができ、界磁電流を適切に制御することにより高効率に運転可能な範囲を拡張できる可能性がある。本研究の目的は，ハイブリッド界磁形二層 IPM モータについて巻線構成の違いによる誘起電圧特性を明確にすることである。

2. モデル仕様および解析条件

Fig. 1 と Table 1 にハイブリッド界磁形二層 IPM モータとモータ仕様をそれぞれ示す。誘起電圧の解析は回転速度を定格 1500 min^{-1} 一定とし、界磁電流をパラメータとした。なお、解析には、電磁界解析ソフト JMAG を用いた。

3. 結果

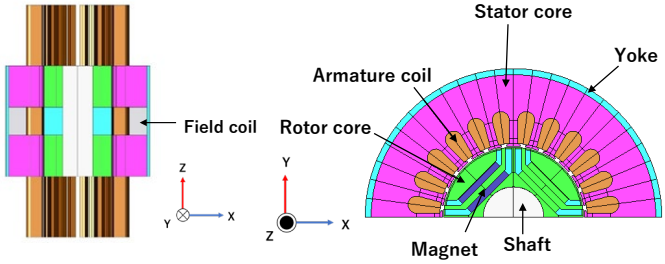
Table 2 に示す巻線構成より、Model A と B の短節係数は同一であるのに対し、分布係数は Model A の方が約 3%高い。Fig. 2 に誘起電圧解析結果を示す。Fig. 2 より、Model B に対し A の誘起電圧は約 5%高い。これは前述のとおり、Model B に対し、A の分布係数が高いことに起因すると考えられる。

4. 今後の課題

ハイブリット界磁形二層 IPM モータの界磁巻線の配置を変更し、電機子抵抗を低減可能なモデルを検討することが今後の課題である。

参考文献

[1] JMAG 設計勉強会編集 :「永久磁石同期モータ設計入門



(a) X-Z cross section　　(b) X-Y cross section

Fig. 1. Hybrid magnetic filed double-layer IPM motor.

Table 1. Machine specifications.

Item	Value
Rated output power	340 W
Outer diameter of the stator	110 mm
Stack length	80.6 mm

Table 2. Winding factor.

	Model A	Model B
Distribution factor	1	0.97
Short-pitch-winding factor	0.97	0.97

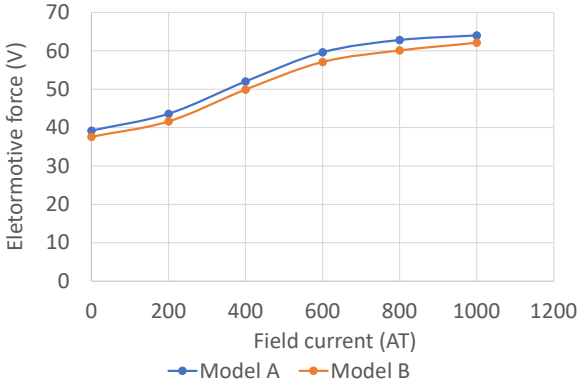


Fig. 2.　Elecotromotive force-filed currentchatacteristic.

電磁界解析による DC モータの特性評価に関する研究

＊　松川 航大、筒井 大智、塗野 正樹（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

現在、世界の電力消費量の約半分はモータの動力であり、多くの場面でモータは使われている。インバータが普及し省メンテナンスなどの観点より、AC モータが主流になりつつある現在でも、小形の場合は DC モータが主に使われている。DC モータについても小型・高効率化の要求があると考えられるものの、著者らの知る限り近年では報告がほとんどない。そこで、DC モータに関する課題抽出のため、市販の DC モータ自作キットを対象とし、電磁界解析により特性を検証したので報告する。

2.モータ仕様および解析条件

Table 1 にモータ仕様を、Fig 1 にモータモデルを示す。無負荷時の誘導起電力の解析はモータ端子を開放とし、回転速度をパラメータとして解析した。なお、解析は電磁界解析ソフト JMAG を用いた。

Table 1 Machine specifications.

Item	Value
Rated output power	70 W
Stack length	28 mm
Number of poles	2
Stator outer diameter	77 mm
Number of slots	12
Rotor outer diameter	53.5 mm
Magnet	Ferrite, B_r=0.4 T
Core material of rotor	M230-50A(50A230)

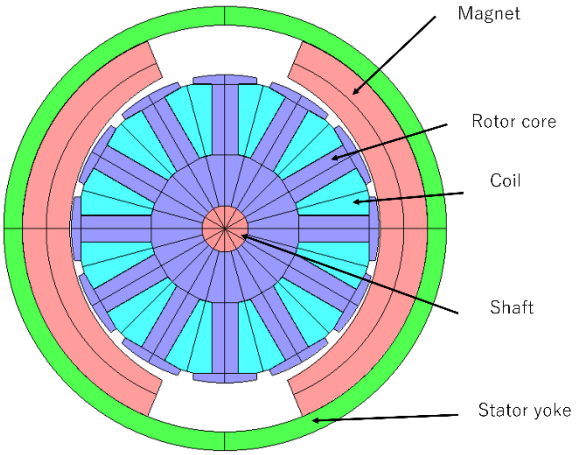


Fig 1 Motor model.

3.結果

Fig 2 に無負荷時の誘導起電力の解析結果を示す。Fig.2 より誘導起電力は回転速度に比例していることが分かる。また、図示しないもののトルク-電流特性が線形になっていることも確認した。これらは一般の DC モータの特性になっており、問題なく解析が実行できたと考える。

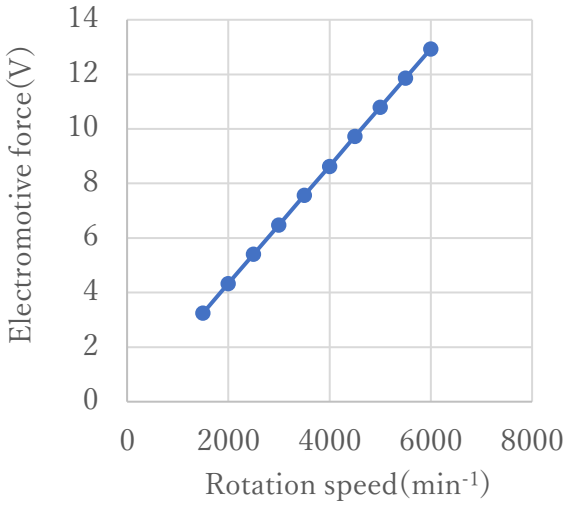


Fig.2 Calculation result of the electromotive force.

4.今後の課題

実機実験を行い、起電力定数や巻線抵抗といったモータ定数に関する解析と実験の比較検討が挙げられる。

参考文献

[1] JMAG モータ設計勉強会 編集：「モータ設計初心者のための永久磁石同期モータ設計入門」、2020 年
[2] 赤津観　監修：「史上最強カラー図解最新モータ技術のすべてがわかる本」、ナツメ社

設置方位を考慮した日射量推定モデルの検討

***高柳傑（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）、佐川耕平（東海大学工学部機械システム工学科）**

1. はじめに

本研究では両面発電型太陽電池の運用方法を検討する為、モジュールに入射する日射量及び発電電力を推定するシミュレーションモデルの構築を行っている。先行研究では、赤道付近の砂漠地帯にて両面発電型太陽電池で発電する場合、東-西方位に垂直設置することが一番発電量を得られると推定されている。しかし，現在のシミュレーションモデルでは東西方向垂直設置時の推定日射量を実測値と比較した際に差異が観測されている。その為、今回は構築モデルの推定値と実測値の差異の原因の特定と太陽電池の設置方位を考慮した日射量推定モデルの検討を行った。

2. シミュレーションモデルの推定値と実測値の比較と考察

水平面全天日射量と西向き垂直設置した際の傾斜面全日射量を測定した。それぞれの測定結果とシミュレーションの推定値との比較結果をFig. 1 と Fig. 2 に示す。水平面全天日射量の実測値は推定値とほぼ一致しているのに対して傾斜面全日射量は大きな差異があった。水平面全天日射量は直達と散乱のみで算出されるため、反射成分の推定モデルが差異の原因ではないかと考えた。Fig. 3 に Fig. 2 の推定値を日射成分ごとに分けて示した。直達成分と散乱成分は太陽方位と設置方位が考慮されている計算式を用いる為、実測のピークと推定値のピークが同じ時間であることが確認できる。しかし、反射日射量では設置方位角を考慮出来ていない為、差異の原因は反射日射量を推定する均一反射モデルであると判断した。

3. 反射日射の異方性の調査

反射成分を推定する際、一般的な設置方法では反射成分の割合が少ない点などから扱いが簡単な均一反射モデルが使用される。その為、設置方位角を考慮する式を新規に考案する必要がある。文献[1]にて反射日射には異方性があることが報告されており、地面の材質や形状で反射日射の分布は異なる。反射日射の異方性の傾向を調べるため、アスファルト地面の反射日射量を測定した。測定方法は直達成分と散乱成分を遮る為、日射量計の上にひさしを設け、回転台を用いて日射量計の設置方位角と太陽方位角の相対角ごとの反射日射量を 10 時・12 時・14 時の時刻に測定した。測定結果を Fig. 4 に示す。アスファルト地面では太陽方位からの反射日射が一番強く、設置方位角と太陽方位角に 90 度から 120 度の位相差がある時、反射日射が弱くなることが分かった。

4. まとめ

測定の結果、東-西方位に垂直設置した場合に推定値と実測値に生じる差異の要因は反射成分を推定するモデルであると分かった。また、設方位角を考慮した反射日射量の推定モデルを考案する際には、反射日射の異方性を考慮する必要があることが分かった。

5. 参考文献

[1] Tsutomu Takashima, The Diffuse Reflection Radiation from the Atmosphere Bounded by the Hybrid Surface of a Diffuse and Specular Reflector

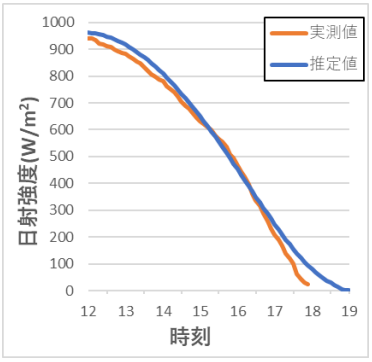


Fig. 1 水平面全天日射量の測定結果

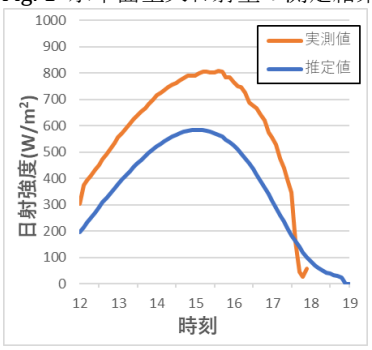


Fig. 2 傾斜面全日射量の比較結果

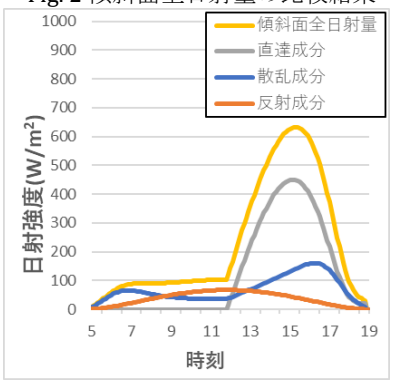


Fig. 3 推定値の成分ごとの日射量

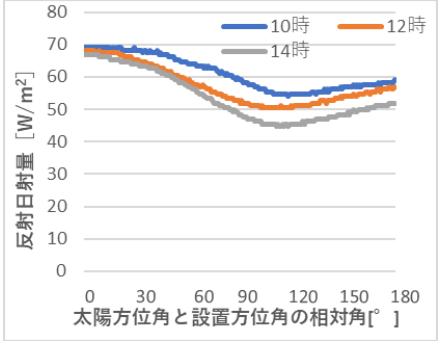


Fig. 4 相対角と反射日射量の関係

画像解析を用いたソーラーカーの発電シミュレーションモデルの検証

***小林大地（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 教授）、佐川耕平（東海大学 工学部 機械システム工学科 講師）**

1. はじめに

ソーラーカーは空気抵抗を低く抑えるために太陽電池を設置するルーフ面を湾曲させている。一方で太陽電池の発電電力は、平面に設置し太陽の方角に向けることで最大値が得られる。また、一般的な太陽電池は平面に設置され、一様の方向を向いているため、発電電力の算出は容易であるが、湾曲面に設置した太陽電池は様々な方位を向くため、困難となる。本研究では、画像解析法を用い、詳細かつ容易にソーラーカーの発電量を算出する発電シミュレーション手法を構築した。今回は、その発電シミュレーションの検証を行った。用いたソーラーカーの外観を Fig. 1 に示す。

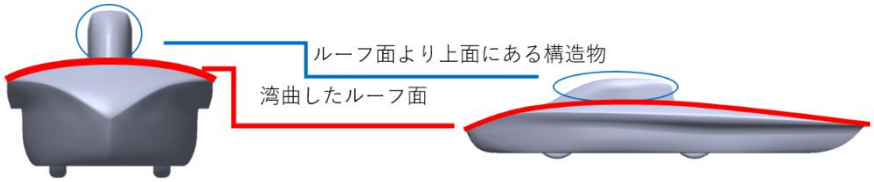
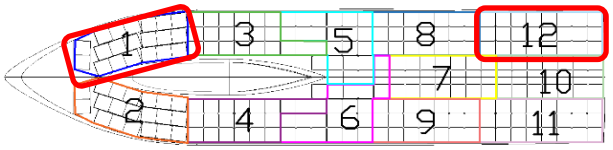


Fig. 1 ソーラーカーの外観

2. 発電シミュレーションモデルの検証

実際のソーラーカーを使用し発電量の比較検証を行った。今回使用したソーラーカーでは、異なる傾斜面を持つ太陽電池モジュールでより多くの発電量を得るために、12 系統に分割した。今回は設置条件の一番異なる系統 No. 1 と系統 No. 12 を摘出して検証を行った。Fig. 2 に太陽電池モジュールの統図、検討した系統の設置条件を示す。



設置条件
系統 No. 1　傾斜度が大きい、太陽電池に影ができる
系統 No. 12　傾斜度が小さい、太陽電池に影ができない

Fig. 2 太陽電池モジュール系統図、検討した系統の設置条件

実験は 2021 年 11 月 25 日の 11 時 30 分から 15 時までの時間で、場所は東海大学のパレット広場で行った。 系統 No. 12 における実測値と、シミュレーション値の比較を Fig. 4 に系統 1 における実測値と、 シミュレーション値の比較を Fig. 5 に示す。 系統 No. 12 は、車両右後方に位置し、太陽電池の傾斜角度が小さく、実測値とシミュレーション値が近しい値となった。一方で、系統 No. 1 については、車両右前方に位置し傾斜度が大い。比較結果は、シミュレーション値が実際より大きくなる傾向となり、最大で約 265%の誤差が発生した。誤差の原因としては、シミュレーションで用いた CAD に反映されていない影が実際では出来ていたことや、反射光の影響について考慮しきれていないなどが考えられるため、引き続きモデルの構築と検証を進めていく。

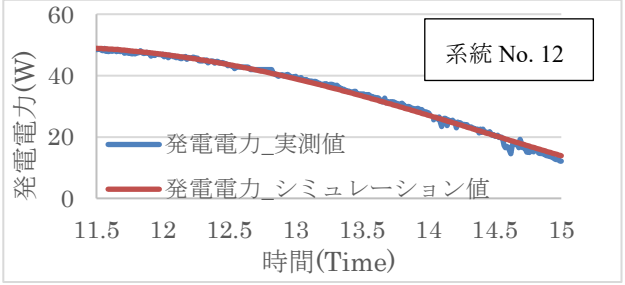


Fig. 3 系統 No. 12 における実測値とシミュレーション値の比較

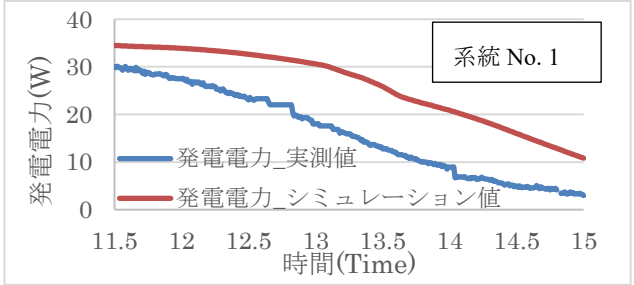


Fig. 4 系統 No. 1 における実測値とシミュレーション値の比較

共鳴機構を有する管路内騒音抑制デバイスの音響特性
（弾性境界壁を用いた場合の音響特性解析）

*若尾泰寿、富澤一馬（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

山岳トンネルの掘削時に発破を行う際には発破音が発生する。発破音は、低周波から高周波まで広い帯域の成分を含んでいる(1)。発破音対策の 1 つとして、トンネル内部に隔壁と挿入管から構成される管路内騒音抑制デバイスを設置することで、比較的広い周波数帯にわたり減音効果が得られることが示されている(2)。

実存のトンネル内に、提案する騒音抑制デバイスを構築する場合には、隔壁や挿入管境界壁の構造部材をできる限り軽量化する必要がある。軽量化に際しての問題点は、構造部材自体の音響透過損失が低下することである。これまでの検討では、構造部材の材質が、音響透過損失無限大の剛体として扱われていたために、構造部材の音響透過損失が減少した場合に、騒音抑制効果にどのような影響があるか検討されていなかった。

そこで本研究では、管路内騒音特性デバイスの隔壁や挿入管境界壁の材質を変更する場合の騒音抑制デバイスによる騒音抑制効果への影響を検討することを目的としている。本稿では、構造・音響連成解析によって、隔壁部分の剛性を変化させた場合の騒音抑制デバイスの音響特性を検討する。

2. 計算モデル及び計算結果

Fig.1 に本解析で用いた縮尺モデルの寸法図を示す。一辺 0.1 m の正方形断面を有し、長さ 1 m の管路に、管路終端から 0.3 m の位置に騒音抑制デバイスを設置する。騒音抑制デバイスは, 厚さ 1mm の隔壁及び一辺 0.05 m の正方形断面、長さ 0.2 m の挿入管で構成される。本稿では、管路終端から**自由空間中** 0.3 m の位置において音圧を測定する。本解析では、挿入管境界壁を剛体とし、隔壁部の材質をポリエチレン、ポリ塩化ビニル、アルミニウムに変更し隔壁剛性を変化させる。なお、隔壁は周辺固定支持されているものとする。

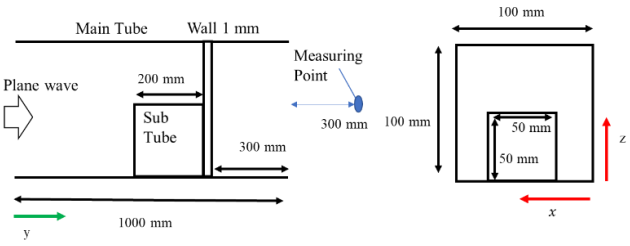


Fig.1 解析モデル寸法

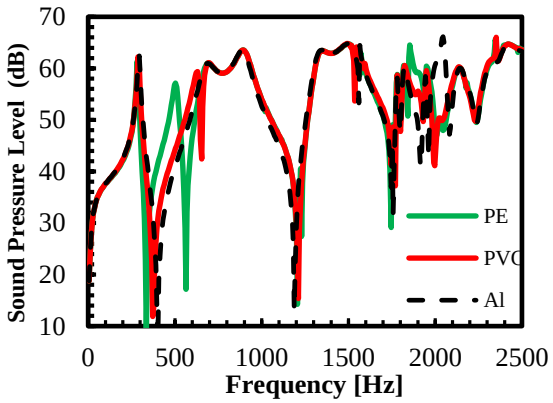


Fig.2 管路終端からの放射音圧レベル周波数特性
（隔壁の剛性を変化させた場合）

Fig.2 の解析結果が示すように、隔壁剛性の変更によって、測定位置での音圧レベル変化が表れる。今後、解析結果の検証実験を行う予定である。

3. まとめ

本稿では、管路内騒音抑制デバイスにおいて、剛性の異なる隔壁を用いた場合について構造･音響連成解析を行った。結果として、隔壁剛性を変更することによって放射音圧レベルが変化することを確認した. 今後は、解析同様のモデルを用いた検証実験により解析結果の妥当性を検討する。

参考文献

(1) 真藤他,【トンネル発破音の特性とその対策例について】 大林組技術研究所報, No.34 (1987)

(2) 森下他,【管路系消音器構造の適用によるトンネル発破音の抑制】日本音響学会騒音・振動研究会資料 N-2018-57 (2018).

共鳴機構を有する管路内騒音抑制デバイスの音響特性
（音響特性測定実験のための低反射率終端の開発）

*富澤一馬、若尾泰寿（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

従来から高速道路網や鉄道網の整備が進められており、山岳部ではトンネル掘削工事が行われている。掘削中のトンネルでは最先端部分で火薬を用いた発破が行われており、その際発生する発破音は騒音として問題となっている[1]。

この問題に対して、著者を含む研究グループでは、図 1 に示すような、トンネル内に挿入管と隔壁で構成される騒音抑制装置を設置する発破音抑制法を提案した[2]。この装置は、トンネル内に自動車排気系用消音器を設けたような構造となっており、挿入管周囲の空間における音の共鳴現象によって特定の周波数において大きな騒音抑制効果を得ることができる。

以上より本研究では、提案する騒音抑制装置の設計を可能とするために音場特性解析法を確立するとともに、縮尺模型実験による解析結果の検証を行いっている。

2. これまでに得られている結果

図 2 にトンネルを模擬した縮尺実験装置を示す。実験用管路直径を現実のトンネルの 1/50 程度と想定して 200 mm としている。トンネルの掘削部に相当する管路の一端に騒音源用スピーカを設置する。別の一端は，トンネル出口に相当し，開放端としている。管路内に、騒音抑制装置を模擬した隔壁と挿入管を設置する。

図 3 に、図 2 に示す装置による騒音抑制効果の周波数特性を示す。なお図 3 では、騒音抑制効果を挿入損失として表示してある。図 3 において、計算（赤実線）と実験（黒実線）の結果は同様の傾向を示した。ただし、挿入損失の 1 次のピークにおいて、計算値と実験値の差が比較的大きくなった。この現象は、挿入管周囲の音場における共鳴発生の仕組みが周波数によって異なっているためと著者らは推測している。

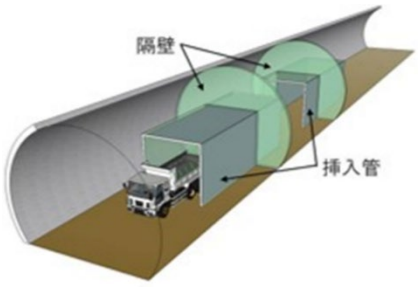


図 1　トンネル発破音抑制装置概念図

3. 低反射率終端を適用した装置による実験

図 2 の挿入管周囲では、管路開放端からの反射波が重畳される音場となっている。本研究では、トンネル終端からの反射波が無い状態での音場測定を行うため、低反射率管路終端の開発を行う。本研究では、反射波の影響を無視できるように管路終端での音圧反射率 0.1 を実現する終端の実現を目標としている。

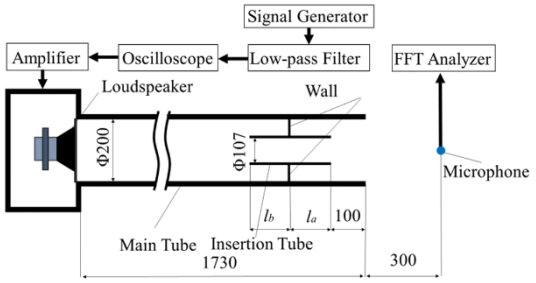


図 2　縮尺実験装置の概要

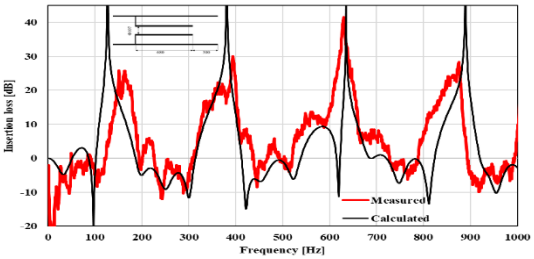


図 3　提案する騒音抑制装置の挿入損失周波数特性
（黒実線：1 次元解析モデルによる計算結果，赤実線：図 2 の実験装置による測定結果）

参考文献

(1) 本田、渡辺、トンネル発破低周波音消音器ブラストサイレンサー、建設機械施工、Vol.65, No.7, p.29 (2013)
(2) 森下他，トンネル発破音の抑制効果広帯域化を目指した管路系消音器構造の適用，日本音響学会 2017 年秋季研究発表会講演論文集(2017)

埋め込み境界法を用いた音響特性解析の基礎検討

***高橋和樹、本多友紀（東海大学大学院工学研究科機械工学専攻）、**森下達哉（東海大学工学部機械工学科）**

1. はじめに

数値計算の空間離散化の際に立方格子を用いる場合には曲面や斜面を有する構造物を正確に模擬できないため、構造物によって生成される散乱音場に関する解析結果への影響が懸念される。そこで、物体の境界条件を推定し、物体境界付近の立方格子に境界条件を与えることによって、立方格子を用いながら、曲面を有する物体の取り扱いを可能とする埋め込み境界法の音場特性解析への適用が提案されている [1]。

本研究では曲面を有する構造物による散乱音場解析への埋め込み境界法の適用を試みる。本報告では、2 次元平面波音場に剛体でできた円筒が置かれた場合について、立方格子と埋め込み境界法を適用したモデルを用いた数値計算を行い、既知の解析解 [2]との比較を行う。

2. 円筒による散乱波の指向特性

本報告における計算モデルを図 1 に示す。2 次元空間内に剛体でできた直径 0.6 m の円筒が置かれており、図の左方から平面波が伝搬するものとする。円筒によって生じる散乱波の指向特性の解析解は次式で表される [1]。

$$p_s = \sum_{m=1}^{\infty} A_m \cos(m\phi)[J_m(kr) + jN_m(kr)]e^{-j\omega t} \qquad (1)$$

式(1)に基づく解析解と埋め込み境界法を適用したモデル及び立方格子での散乱波の指向特性を計算する。図

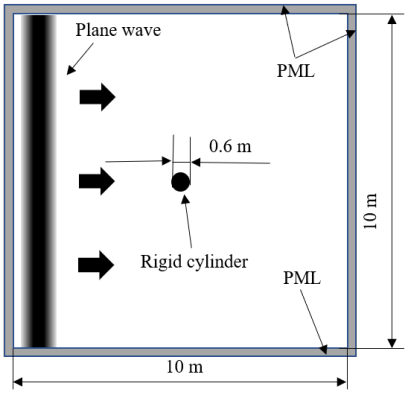


図 1 計算モデル

2 に 125 Hz における散乱指向特性を示す。図 2 では180° 方向から平面波が入射している。30° ～135°、 225° ～330°においては、埋め込み境界法を適用したモデルが立方格子と比較して、解析解との差が小さくなった。330° ～60° 方向においては、両モデルともに解析解との差が大きくなる傾向が認められるが原因は検討中である。

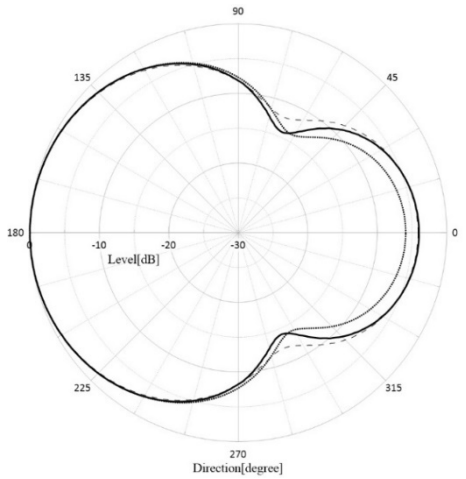


図 2 平面波音場における円筒による散乱波指向特性（実線 : 埋め込み境界法、破線 : 立方格子、点線 : 解析解）

3. まとめ

本報告では立方格子では正確に模擬できない曲面を有する構造物の散乱音場解析への埋め込み境界法の適用について検討した。散乱波の指向特性では立方格子と比較して、埋め込み境界法を適用したモデルの方が解析解との差が小さい角度が見られた。今後、周波数や円筒直径を変更して引き続き検討を行う予定である。

参考文献

1) F. Xie et al. “An immersed boundary computational model for acoustic scattering problems with complex geometries”, The Journal of the Acoustical Society of America Vol. 132, No. 5, pp 3190-3199 (2012).

2) P. M. Morse and K. U. Ingard, “Theoretical Acoustics”, Princeton Univ. Press, Chap. 8, (1986).

溶接における溶接材料の物性に関する研究

＊長坂壮志（東海大学工学研究科機械工学専攻）、小川渓人、角野晃一（東海大学工学部精密工学科）、＊＊土屋寛太朗（東海大学工学研究科機械工学専攻助教）、＊＊森山裕幸（東海大学工学研究科機械工学専攻教授）

1. 研究背景・目的

溶接とはボルト締めなどの接合手法に比べ、作業工程を少なくできるため低コスト短時間での接合が可能であることや気密性に優れるといったメリットがある[1]。一方で、溶接時に材料に熱が加えられるため機械的特性に影響が出ることが考えられる。そのため、溶接された母材について着目することは溶接を接合手法として用いる上で重要なことである。溶接において母材として安価であることや広く流通していることや材料寸法の種類が豊富であることや他の鋼材と比較すると溶接性が良いことから機械構造用炭素鋼鋼材 S50C が多く用いられている。しかし、溶接の研究において溶接の効率向上を目的とした研究は多く見受けられるが溶接における溶接材料に着目した研究は少ない[2]。

本研究では被覆アーク溶接された S50C に着目し、溶接材料の機械的特性について検討する前段階としてビードの表面及び材料内部の解析を X 線/CT で行い、溶接による欠陥の有無を評価検討する。

2. 実験方法

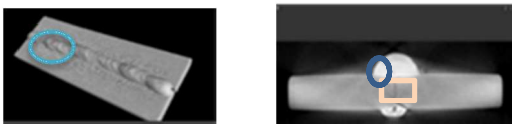
本研究では寸法幅 19 mm × 長さ 100 mm × 厚さ 6 mm の S50C 板材を突き合わせ交流被覆アーク溶接を行い、溶接を行った材料を X 線/CT を用いて内部評価を行った。

3. 実験結果及び考察

Fig.1 (a) は溶接材料の全体図を示し、Fig.1 (b) は Fig.1 (a) の〇枠部分での断面を示している。

Fig.1 (b) の〇枠では母材の突き合わせ部分に溶け込むはずの溶融した溶接棒が溶け込まず、母材上部に過剰に肉盛りされていることが確認できる。これはオーバーラップと呼ばれる溶接欠陥であり、母材自体の温度が溶接開始直後であったことから母材が十分に溶け合う温度まで達しておらず溶融した溶接棒が母材に触れた際に溶融した溶接棒の温度が下がり固まることでオーバーラップが発生したと考えられる。

Fig.1 (b) の□角枠部分では母材を突き合せた部分に隙間が確認できる。これは溶け込み不良と呼ばれる溶接欠陥であり、母材自体の温度が上がっておらず金属が十分に溶ける温度でなかったこと母材上部で溶融した溶接棒が固まることで突き合わせ部分まで溶け込まなかったため溶接不良が発生したと考えられる。



(a) 全体図　　(b) 断面図

Fig.1 X 線/CT による内部画像

4. 結言

本研究では溶接による欠陥の有無を評価検討するため X 線/CT を用いてビードの表面及び材料内部の解析を行った。実験結果から温度に起因する溶け込み不良とオーバーラップが確認できた。今回の溶接欠陥の対策として予熱を行うことや直流溶接機を用い溶接機の極性を選択することで溶け込み性を良くするなどが対策として考えられる。今後は溶接欠陥を防ぐ対策を講じ、溶接材料の機械的特性について検討することで溶接以前の機械的特性との違いを明らかにしていく。

5. 参考文献

(1) Mituri 金属加工のことがわかる記事 https://mitsu-ri.net/articles/welding-3minutes 閲覧日 2022/10/11

(2) 管 哲男 溶接・接合技術集 溶接材料の現状と今後 https://www.kobelco.co.jp/technology-review/pdf/54_2/006-010.pdf 閲覧日 2022/10/11

鉄道車両用ステンレス製構体の溶接に関する研究

***小川渓人（東海大学工学部精密工学科）、長坂壮志（東海大学院工学研究科機械工学専攻）、**土屋寛太朗（東海大学工学部精密工学科）**

1. 緒言

溶接は工業的に広く普及しており、溶接を施した構造物を街中でもよく見かけられる。溶接分野において、融接に分類される溶接法では、アーク溶接が大部分を占めている[1]。本研究では、特に鉄道車両用ステンレス製構体に用いられる SUS304 のアーク溶接に着目して、実際に被覆アーク溶接機で突き合せ溶接による試料作成を行った。また、溶接後の溶接不良や熱変形は人的災害の要因となり得るため突き合せ部分内部の状態を非破壊検査で確認した。

2. 実験結果・考察

まず被覆アーク溶接機を用いて、2 枚の幅 20 ㎜×長さ 100 ㎜×厚さ 3 ㎜の SUS304 を母材として突き合せ溶接で試料を作成した。その後、作成した試料は目視で熱変形を確認できたが、外観上ビード盛り等が良好であったため X 線/CT によって溶接内部欠陥等の評価を行った。

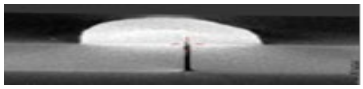


Fig. 1 ビード割れの X 線/CT による
試料内部解析画像

Fig. 2 溶け込み不良及びブローホールの
X 線/CT による試料内部解析画像

X 線/CT によって解析評価を行った画像をそれぞれ Fig. 1、Fig. 2 に示す。

Fig. 1 は突き合せ部分の溶接開始点をスライスした画像である。Fig. 1 では、突き合せ部分が結合していない溶け込み不良とビード内部に亀裂が入ったビード割れの強度欠陥が確認できる。運棒速度が速かったことで十分な溶け込みとならないまま突き合せ部分が凝固し溶け込み不良が発生したと考えられる。また、SUS304 は熱膨張係数が大きいため熱変形を起こしやすく、突き合わせ部分が大きく熱変形したことによってビード割れが発生したと考えられる。

Fig. 2 では、溶け込み不良と気孔が確認できる。溶け込み不良に関しては Fig. 1 と同じ原因であると考えられる。〇で示した気孔は試料表面が溶融・凝固した際に十分な溶け込みとならず、溶融池から押し出される形で発生したと考えられる。また、気孔直下の凹凸は内部が球形の空間が生じており、こちらも気孔であると考えられる。これはアーク熱により凹凸部付近が十分に溶け込まないまま凝固し、連続して 2 つの気孔が発生したと考えられる。これによって非破壊検査による内部解析の有用性が確認できた。

3. 結言

本研究では、鉄道車両用ステンレス製構体である SUS304 のアーク溶接に着目した。鉄道車両において溶接不良や熱変形は人的災害の要因となり得るため、溶接と非破壊検査による解析を行うことで溶け込みや欠陥等の評価を行った。溶接後の目視による評価ではビード外観は良好であった。一方で、目視でも確認できるほど大きな試料の熱変形は、溶接後空気中に放置したため、試料が急冷され大きく歪んだと考えられる。また、X 線/CT を用いた結果、溶接不良につながる欠陥が確認された。今後は、今回解析した試料の機械的性質を確認するために曲げ試験等による破壊試験を行う。

4. 参考文献

[1] やさしい実践 機械設計講座
http://kousyoudesignco.dip.jp/meel6.html
閲覧日 2022/7/22

鉄道車両用アルミニウム合金製構体の溶接に関する研究

***角野晃一（東海大学工学部精密工学科）、長坂壮志（東海大学工学部精密工学科）、**
****土屋寛太朗（東海大学工学部精密工学科 助教）**

1. 緒言

近代の鉄道産業では比強度に優れたアルミニウム合金製の車両の採用が主流となってきており、車両構体の組み立ての工程に溶接が多く用いられている。

鉄道車両は乗客に十分な空間を提供し、快適であると同時に安全に目的地まで走行する必要がある。その中でも車両構体は骨組みの役割を果たし車両の強度を担っている部分である。車両構体のほとんどが溶接によって組み立てられていることから溶接の継手強度は重要であると考えられる。

そこで、本研究では鉄道車両用構体に多く用いられるアルミニウム合金 A7204 において長さ方向において I 型突き合わせ溶接を行い、溶接されたビードの表面の状態や内部の溶け込みを目視・実体顕微鏡・X 線/CT から評価し、溶接が材料の性質にどのような影響を及ぼすか検討する。尚、この時溶接した母材の寸法は幅 20 mm×長さ 100 mm×厚さ 3 mm である。

2. 実験結果及び考察

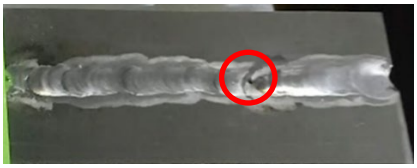
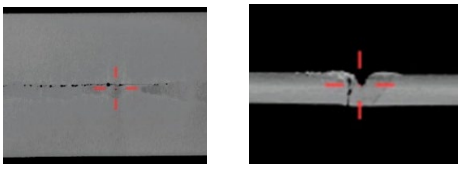


Fig.1 溶接外観

Fig.2 実体顕微鏡による凹みが生じた箇所

Fig.1 は本実験で溶接したアルミニウム合金 A7204 の外観である。この時、溶接方向は Fig.1 の右から左へ運棒している。Fig.1 よりビードの外観について確認すると母材の左側では溶接部のビード盛りや幅が一定に保たれている。一方で、〇部では溶接部に凹みが確認できた。次に Fig.1 の凹み部分について実体顕微鏡を用いて確認した画像が Fig.2 である。このとき、目視では小さな凹みであったが実体顕微鏡による観察では穴である可能性が生じた。



(a) 上面　　(b) 側面

Fig.3 X 線/CT により取得した断面

Fig.3 は Fig.2 で確認された凹みを X 線/CT によって確認した内部観察の取得画像である。Fig.3 (a) は溶接部材の上面の画像である。Fig.3 (a) はブローホールと呼ばれる溶接金属中に生じる球体の空洞が溶接部材全体に複数確認できた。このブローホールは過大なシールドガスの吹き付けによるガスの巻き込みや水素に起因する水素ガスが気泡として現れた事が原因と考えられる。

Fig.3 (b) は溶接部材の側面の画像である。確認された凹みは、溶融アルミニウム中に溶解された水素ガスが原因と考えられ、溶接金属中に発生したガス孔がビード表面へ放出された時のピットであると考えられる。

これらの結果からアルミニウム合金における溶接部材の影響を検討するには水素ガスの影響を評価し、ブローホールやピットなどの内部欠陥及び表面欠陥の改善を検討することが必要であると考えられる。

3. 結言

本研究では鉄道車両用構体に用いられるアルミニウム合金の溶接に注目し、溶接を行った試料を非破壊検査によって内部の様子を確認した。その結果ブローホールやピットなどの内部欠陥を複数確認した。これらの欠陥の多くは溶接時における水素ガスの発生に起因すると考えられる。一方で、水素に起因するブローホールの改善に最も有効な手段は作業場所の除湿と考えられるが、溶接環境を考えると大幅な除湿は望めない。

今後は鉄道車両用構体の溶接において重要な継手強度について着目し、本研究で得られたブローホールなどの内部欠陥が生じにくい溶接環境や条件について検討していく。

[謝辞]
東海大学イメージング研究センター（TICAR）の装置を利用しました。この場をお借りし、厚く御礼申し上げます。

D -01

ストレートグラスを用いたグラスハープの共鳴メカニズムの検討

***谷垣彪（東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程）、森川真珠理（東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程）、**小栗和也（東海大学教養学部人間環境学科）**

1. はじめに

グラスハープは、材料が安価で簡単に入手しやすく、初めて触る人でも音を鳴らすことができる楽器である。このほかにも、誰でも同じ音が出せることから、実験の再現性が高い教材と位置付けることができる。さらに、音が出ることで、学生にとって興味の引きやすい教材でもある。実際に、高校物理教科書「波」、「共振・共鳴」の分野において、グラスハープの写真が紹介されている。しかしながら、学修・解説の部分では、振り子や音叉を用いた解説になっており、グラスハープは取り上げれてはいない[1,2]。これはグラスハープの共振メカニズムに関して、一部報告があるものの、明確な説明がなされていないことに起因している[3]。これらのことから楽器として魅力的なグラスハープではあるが、物理教材では、共振メカニズムが明確にならない限り、使用することは困難である。そこで、本研究では、高さ方向に対して断面形状が変化しないストレートグラスを用いて、グラスハープの共鳴メカニズムを解明することを目的とした。

2. 方法

図 1 に実験に用いたストレートグラスを示す。各グラスの容量はそれぞれ 420ml (グラス A、内径 7.0cm) と 150ml (グラス B、内径 4.9cm) である。グラスの共鳴はグラス内の水量を変化させグラスの縁をこすり発生させた。発生した音は録音した後フーリエ変換を行い、共振周波数を求めた。

図 1 実験で用いたグラス

3. 結果

図 2 はグラスの空間体積と共振周波数の関係を示している。直径の小さいグラスと直径の大きいグラフを比較すると直径の小さいグラスの方が高い共振周波数を示すことがわかる。さらに、体積変化に対する共振周波数の変化も直径の小さいグラスの方が大きくなることを確認した。なお、共振メカニズムについて検討した内容についてはポスターにて発表する。

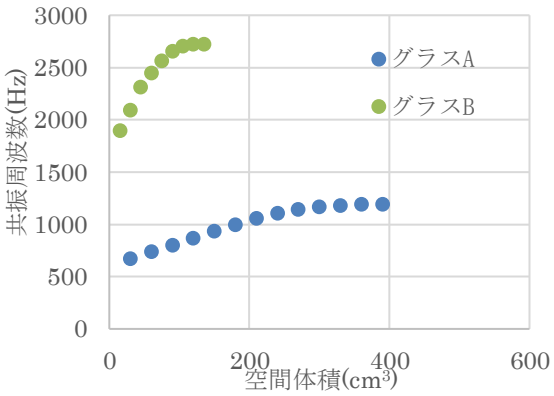


図2 空間体積と共振振動数の関係

参考文献

[1] 三浦登 他, 「新編物理基礎」, 東京書籍株式会社, 第 2 章, p110.

[2] 数研出版編集部著, 「視覚でとらえるフォトサイエンス物理図録」,数研出版, p56.

[3] T. D. Rossing, “Acoustics of the glass harmonica”, Journal of the Acoustical Society of America, Vol.95 (1994)1106-1111.

D -02

スキャニメーションを用いた理科教材についての研究

***山﨑瞳（東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程）、阿久津浩之（東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程）**

****小栗和也（東海大学教養学部人間環境学科）**

１．はじめに

現在、日本では「理科離れ」が問題視されている。「理科離れ」とは、理科に対する子供の興味・関心・学力の低下、国民全体の科学技術知識の低下、次世代の研究者・技術者が育たないといった問題の総称である[1]。「理科離れ」の対策として、理科の授業をより分かりやすく、子供に関心を持たせるために、理科教材を工夫する必要がある。ところで、現在、多くの動画教材が授業の中で使われている。しかしながら、動画教材は、受動的であり、理解の状況に関わらず進んでしまう。このような欠点を補うためには、ただ動画を流し見するのではなく、自らの手で動画の再生停止し、理解できていない部分を繰り返し見ることが必要である。静止画を連続的に重ねることで動画と同じような教材が作れることができ、自らの手で繰り返し画像を見ることができる代表的な方法として、パラパラマンガやスキャニメーションがあげられる。スキャニメーションとは、複数の画像を１枚に合成し、シマ模様のスリットシートを重ね、スライドさせることでアニメーションとして見せる方法である[2]。そこで本研究では、理科の科目を中心にスキャニメーションを用いて教材を作り、子供に理科に対して興味を持たせることを目的とした。

２．方法

スキャニメーション画像は Windows ソフト「ステレオフォトメーカー」を用いて合成した。画像を合成する際のピッチは 30~50LPI の範囲で変化させた。プリンター解像度は 600DPI とした。スリットシートも同様の条件で作成した。なお、スリットシートには OHP フィルムを使用した。

スキャニメーションの元画像には、ビデオ撮影した動画から静止画に変換したものを使用した。

３．結果

スキャニメーションの画像の中に 72pt・48pt・36pt の数字を入れ画像の見え方を比較した。この結果、72pt より大きな文字がはっきり見えることを確認した。また、スキャニメーションで使用する画像枚数についても検討した。５枚と７枚で作成した場合を比較したところ、７枚ではスリット幅が細くなり鮮明に見えなかった。一方で、５枚の組み合わせではアニメーションと数字がはっきりと確認できる。更に、合成画像のピッチを 30LPI・40LPI・50LPI で比較したが、50LPI の時が最も鮮明に見えた。

スリットシートと画像をただ重ねてスライドさせるだけでは、スリットとスキャニメーション画像との間でずれが生じ、アニメーションや数字が鮮明に見えなかった。

４．参考文献

[1]増田貴司,「「理科離れ」解消のために何が必要か」, 経営センサー, (2007), P12-25.

[2]黒川聖菜・渡邉聖也・小栗和也,「スキャニメーションを利用した理科教材に関する研究」, 応用物理学会春季学術講演会公演予稿集, (2016), Vol.63rd, 21A-P2-33

振動発電を利用した環境教育用教材の開発

***鈴木登偉(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、花輪史彦(東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程)、**小栗和也(東海大学教養学部人間環境学科)**

1. はじめに

人類の持続的発展のためには、エネルギーの利活用が不可欠である。しかし、現在のようなエネルギーの大量消費は、化石燃料に支えられていることから環境破壊を招く。そのため、化石燃料の代替エネルギーの開発と利用の促進が急務である。この代表例のひとつが再生可能エネルギーである[1]。一方、再生可能エネルギーと同様に二酸化炭素を排出することなく、さらに身の回りの微小なエネルギーから電気エネルギーを得ようとする技術はエネルギーハーベスティングと呼ばれている[2]。エネルギーハーベスティングの技術は、再生可能エネルギーとは異なり電力網と系統連系しておらずエネルギーの地産地消につながる技術として注目されている。このエネルギーハーベスティングの代表的な発電技術に振動発電がある。振動発電には、電磁式、静電式、圧電式などの方式がある。特に、電磁式の発電では、大きな電圧を得ることができる[3]。また、振動発電は、身近に体験することが可能で、エネルギーについて多くの学びを提供することも可能である。そこで、本研究では、大きな電圧の変化を捉えることができる電磁方式のアクチュエータを用いて、力学、電磁気学を含む内容に加え、身近なエネルギー利用を学ぶための教材開発を目指した。

2. 方法

図 1 は、実験装置の概要図を示している。なお、振動を与える部分には、超磁歪方式のアクチュエータを用いた。落体には鋼球(質量 3.98g)を用い、アクチュエータ最上部から 30cm の高さより鉛直落下させた。このとき得られた電圧および電流の変化をオシロスコープで測定した。

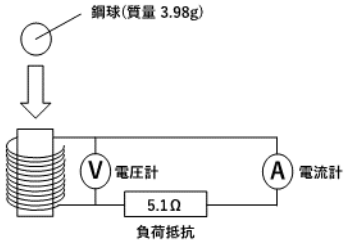


図 1. 実験概要図

3. 結果

図 2 は超磁歪方式アクチュエータに鋼球を落下させたときに計測した電圧波形である。最大電圧は 1.53V であり、このとき得られた電流は 0.30A であった。よって、電力は 0.46W となった。また、電力量は 2.30μJ であった。なお、変換効率などの結果については、ポスターにて報告する。

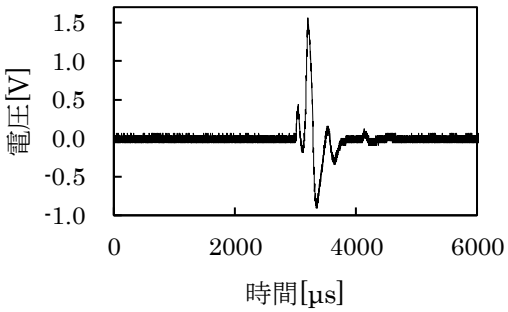


図 2. 時間と電圧の関係

参考文献

[1] 山崎耕造著、エネルギーと環境の科学、共立出版(2011 年)、pp. 28-29

[2] 竹内敬治/篠原真殻著、エネルギーハーベスティング 身の回りの微小エネルギーから電気を創る“環境発電”日刊工業新聞社(2014 年)、pp. 10-16

[3] 神野伊策著、表面技術、67 巻(2016 年)7 号、pp. 348-349

D -04

電気泳動実験を用いた運動方程式を理解するための実験教材

***酒井悠歌（東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程）、加藤優典（東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程）、**小栗和也（東海大学教養学部人間環境学科）**

1. はじめに

初等中等教育において、学年が上がるにつれて理科嫌いが増えているといわれている。これらの報告の多くで理科、自然科学に興味を持たすことが重要であると説いている。しかしながら教員側の理科教員にも得意、不得意な科目がある。例えば、物理を得意とする教員は生物を不得意とし、生物を得意とする教員は物理を不得意とするなどの例である。このような教員が不得意な科目を教授する際、指導書を頼りに授業を構成する場合が多い。そのため授業に教員の興味・関心を盛り込むことが少ない。このことは理科嫌い、理科離れの解消のためには教員自身が不得意科目を楽しんで教授できる教材の開発が必要性を示唆している。

ところで、高校までの生物分野の実験の多くは飼育や観察に関連するものが多い。物理・化学の観点をふまえて実験器具調査をしたところ、代表的な実験として光合成に関連する分光実験とバイオ分野における電気泳動実験があることが分かった。そこで、各教科に独立した内容の学修ができる電気泳動について科目横断型の教材となる可能性が高いと判断した。そこで、本研究では電気泳動の実験を利用し、物理学の力学との連携について、検討を行うことを目的とした。

2. 方法

本実験では生物実験で一般的に使用される電気泳動実験装置を用いた。支持体にはアガロースゲルを用いた。アガロースゲルを作成する際の濃度は 4g/l とした。また緩衝溶液には 0.1 ㏖/l の酢酸水溶液と酢酸ナトリウム水溶液を 4:1 で混合して作成した。電気泳動に用いた荷電化合物にはマラカイトグリーン液、硫酸銅水溶液、硫黄水溶液を用いた。

電気泳動中の印加電圧は 15V とした。電圧印加時間と荷電化合物の移動距離から移動速度を求めた。

2. 結果

荷電化合物として硫酸銅水溶液や硫黄水溶液を用いた場合、移動しているうちに色が薄いため視覚での確認が困難であった。マラカイトグリーン液は移動していても色の濃さはあまり変化が見られなかった。このことから運動方程式を立てるのにふさわしいことがわかった。なお、運動方程式の詳細については発表の際に報告する。

参考文献

[1] 小倉　康,理科を教える小学校教員の養成に関する調査報告書,（独）科学技術振興機構 理科教育支援センター,（2011）,p54

[2] 熊谷　篤,高等学校生物「遺伝子とその働き」における観察・実験に関する研究－遺伝子を扱う教材・教具の開発と活用方法の構築を通して－,岩手県立総合教育センター長期研修生,(2018),p12-26

理科教育で利用可能な情報カードの教材開発

***服部彩乃（東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程）、吉原夕貴（東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程）**

****小栗和也（東海大学教養学部人間環境学科）**

1. はじめに

現在の初等中等教育では、情報活用能力の向上を目的として、様々な情報機器の導入が進んでいる[1]。情報機器の導入に伴い、アプリやソフトウェアも積極的に利用されるようになり、苦手科目の解消だけではなく、情報活用能力の向上につながっている。一方、小学校や中学校の授業において、アプリを使うことで、様々な数値データをグラフ用紙等に描く機会が極端に減少した。また、小学校 3 年生の算数からグラフの作成・活用を学習するが、グラフの作成に苦手意識を持つと、算数だけでなく理科に対しても苦手意識を持ち、理科離れに繋がる[2]。

ところで、現在の児童・生徒はコロナ禍なこともあり、外に出ることは極端に減り、自然に触れる回数は減った。このことは、フィールドにおける実体験を伴う環境教育を行いにくくしている。そのため、環境教育においても簡単な数値処理・解析および情報の活用が必要となっている。情報カードは、一般的に、数値や文字の情報を記入し整理するツールである。そのため、環境教育の分野においても、数値の記録・整理に活用することが可能である。一方、情報カードに数値等のデータを記載するものの、情報を直接図示して、視覚的ツールに理解するツールとして使われているツールは少ない[3.4]。

そこで本研究では、市販の情報カードを利用し、グラフ作成につながる情報カードのデザインを検討し、実際に情報カードを用いた学習計画を検討すると共に、複数の科目・単元で利用可能な教材開発を行うことを目的とした。

2. 教材概要

本実験で利用した情報カードを図 1 に示す。情報カードのサイズは、ハガキと同程度の 15.2cm×10.2cm である。情報カードの特徴としては、各辺に棒グラフが作成できるようにしたほか、円グラフも作成できるようにし、複数グラフの情報整理ができるようにした。裏面は、無地にし、児童・生徒が用途に応じて裏面が利用できるようにした。

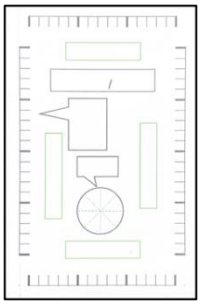


図 1　教材用情報カードのデザイン

3. 教材利用

植物の成長をテーマにアサガオの成長を情報カードで作成した使用例を図 2 に示す。使用方法によって、児童・生徒の発想で、項目の変化や並びの順番・組み合わせを決めることができる。このように、情報カードはデータ処理の基本である情報の整理・活用の学習につながることが可能である。なお、発表時には、地球温暖化だけではなく、小学校の理科で学ぶアサガオやヒマワリの成長記録での使用例や中学校の総合的な学習の時間や高等学校の総合的な探求の時間で学ぶことが多くなった SDGs に関連した応用例についても紹介する。また、理科教育を基に検討した授業計画も紹介する。

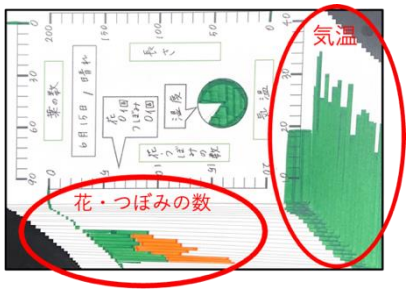


図 2　情報カードの教材としての使用例

参考文献

[1] 文部科学省初等中等教育局,「教育の情報化の手引き-追補版」,(2020) 第 2 章.

[2] 森下浩史, 上妻明樹, 長崎大学教育実践総合センター紀要,10(2011)195

[3] The Photographic Card Deck of “The Elements”, Black Dog & Leventhal (2010) [ISBN 978-1603761987].

[4] 吉原夕貴, 小栗和也, 応用物理学会春季学術講演会講演予稿集, Vol.63rd (2016) Page.ROMBUNNO.21A-P2-47.

大気圧プラズマジェットを用いたインジゴカルミン水溶液の脱色

***綱川智大、チョウ カイケツ、**桑畑周司（東海大学工学部電気電子工学科）、小田慶喜（東海大学技術共同管理室）**

1. はじめに

大気圧プラズマを用いて工場などから排出される有色廃水を脱色する研究が注目されている。我々の研究室では大気圧アルゴン(Ar)プラズマジェットを用いて、有色水溶液の脱色を目指した研究を行っている。この脱色は、プラズマ中の高エネルギー電子が水(H_2O)分子に衝突し発生する水酸(OH)ラジカルによる酸化(電子の引き抜き)による染料分子の分解と考えられている。

本研究の目的は、インジゴイド系青色染料であるインジゴカルミン($C_{16}H_8N_2Na_2O_8S_2$、図 1)の水溶液の脱色が可能であるのかを明らかにすることである。

2. 実験

大気圧 Ar プラズマジェットは、ロジー製高電圧源 LHV-10AC を用いて、周波数 10 kHz、印加電圧 10 kV、Ar ガス 10 L/分間で発生させた。直径 60 mm のガラス製ペトリ皿にインジゴカルミン水溶液(濃度 100 μmol/L)を 10 mL 入れ、プラズマを照射した(図 2)。照射距離(石英管先端から液面まで)は 15 mm、照射時間は 5～15 分間とした。

水溶液の吸光度スペクトル測定には、JASCO 製分光度計 V-630 を用いた。

3. 結果と考察

図 3 にプラズマ照射に伴うインジゴカルミン水溶液の色の変化を示す。プラズマ照射前では青色であったが、プラズマ照射時間の増加に伴い徐々に色が薄くなり、15 分間照射後には透明になった。

図 4 にインジゴカルミン水溶液の吸光度スペクトルのプラズマ照射時間依存性を示す。照射前の吸光度スペクトルには、波長 610 nm 付近にピークが見られた。このピークの吸光度は、プラズマ照射時間の増加に伴い減少し、15 分間照射後にはほとんど零になった。この結果から、インジゴカルミン水溶液は 15 分間のプラズマ照射で脱色されることがわかった。

謝辞

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

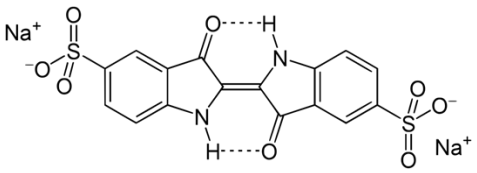


図 1　インジゴカルミンの分子構造

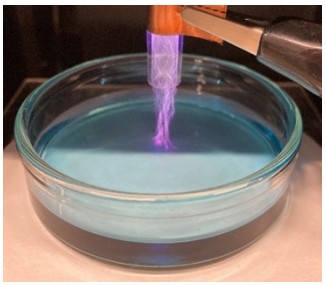
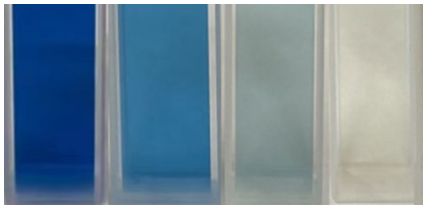


図 2　インジゴカルミン水溶液へのプラズマ照射の様子



照射前　　5 分間　　10 分間　15 分間照射

図 3　プラズマ照射に伴うインジゴカルミン水溶液の色の変化

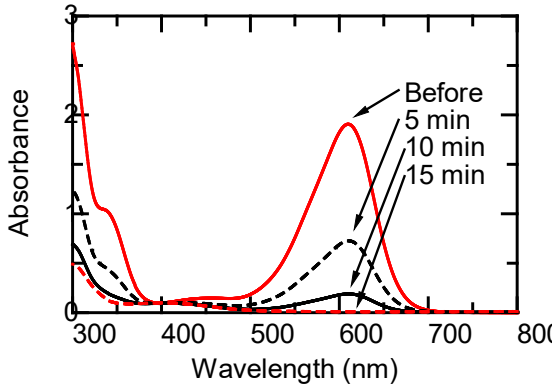


図 4　インジゴカルミン水溶液の吸光度スペクトルのプラズマ照射時間依存性

大気圧プラズマジェットを用いたアンモニアの合成　～空気中に発生したアンモニアのアクリルボックスを用いた捕集～

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

1. はじめに

本研究の目標は、大気圧アルゴン(Ar)プラズマジェットを用いて、空気と水から室温でアンモニアを合成することである。これまでの研究において、空気中で水に大気圧 Ar プラズマジェットを照射すると、水中にアンモニアが生成され、その濃度はプラズマ照射時間の増加に伴い増加することがわかっている。このアンモニアは、空気中で発生していると考えられる。

本研究の目的は、空気中で発生しているアンモニアを自作したアクリルボックスを用いて捕集し、その濃度を測定することである。

2. 実験

大気圧 Ar プラズマジェットは、ロジー製高電圧電源 LHV-10AC を用いて、印加電圧 10 kV、Ar ガス流量 10 L/分間で発生させた。直径 60 mm のガラス製ペトリ皿に蒸留水を 30 mL 入れ、自作したアクリルボックス内で接地したアルミ板上でプラズマ照射した。照射距離（石英管先端から水面まで）は 10 mm とした。

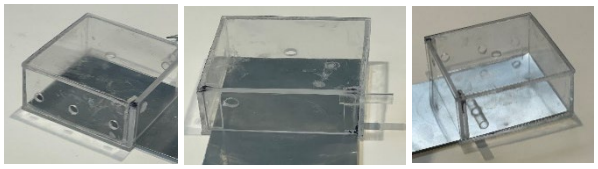
自作したアクリルボックスの大きさは、縦・横 100 mm、高さ 40 mm で、左側面に空気取り入れ口を 3 か所、正面に酸素検知管挿入口 1 か所、右側面にアンモニア捕集口 1 か所を設けた (図 1)。

アクリルボックスとホウ酸水を入れた二本の吸収瓶をゴム管でつなぎ、ASONE 製吸引ポンプ DAS-01 で吸引することで空気中に発生したアンモニアを捕集する (図 2)。

アンモニアの合成には空気が必要なため、ガステック製検知器 GV-100S およびガステック製酸素検知管 B31 を用いて、アクリルボックス内の酸素濃度の測定を行った (図 3)。

3. 結果と考察

図 4 に測定後の酸素検知管を示す。未使用の検知管は、黒色である。照射前では、吸気口側が白色になり、酸素が検出された。その濃度は約 21%であり、空気中での値と同様であった。照射中では、黒色のままであった。この結果は、プラズマ照射中はアクリルボックス内には空気が無い（Ar ガスが充満している）ことを示している。これは Ar ガスの流量が 10 L/分間であるのに対し、ポンプの吸引量が 8 L/分間と低く、アクリルボックス内に外部から空気が導入できていないためと考えられる。今後は、吸引量が大きいポンプを用い、アクリルボックス内に空気を導入し、アンモニアを合成し、その濃度を測定する予定である。



左側面　　正面　　右側面

図 1　自作したアクリルボックス

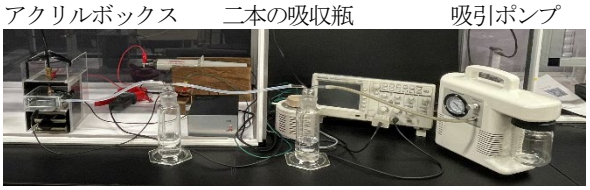


図 2　捕集装置

図 3　酸素検知管を用いた酸素濃度の測定の様子

図 4　測定後の酸素検知管
（上から未使用、照射前、照射中）

アルミニウムへの大気圧プラズマジェット照射　～照射距離依存性～

***望月 優太、**桑畑 周司（東海大学工学部電気電子工学科）**

1. はじめに

大気圧プラズマを用いた金属の表面処理の研究が注目されている。これまでの研究では、大気圧アルゴン(Ar)プラズマジェットをアルミニウム(Al)に照射距離 2 mm で 30 分間照射すると、Al 表面に直径約 6 mm のリング状の照射痕が生じ、そこには直径約 3 μm の微粒子が多数形成されていることが分かっている。

本研究の目的は、照射距離を変化させた場合の違いについて明らかにすることである。

2. 実験

大気圧 Ar プラズマジェットは、Logy 製高電圧電源を用いて周波数 10 kHz、印加電圧 10 kV、Ar ガス流量 10 L/分間で発生させ、照射距離 15 mm と 20 mm でそれぞれ Al に 30 分間照射された。

Al 表面の観察には、JEOL 製卓上走査型電子顕微鏡(SEM) JCM-6000 Plus を用いた。元素分析を行うために、上記の SEM 装置を用いてエネルギー分散型 X 線分光(EDS)を行った。

3. 結果と考察

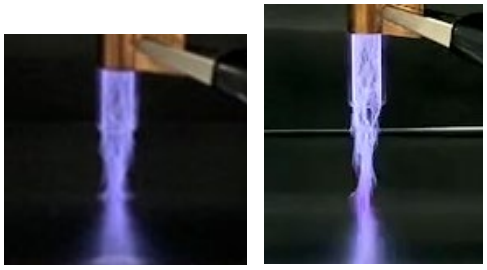
図 1 に Al へのプラズマ照射の様子を示す。照射距離 15 mm では、石英管内のプラズマ中に多数のストリーマが見られ、それらが Al にあたっていた。一方、照射距離 20 mm では、ストリーマは Al に間欠的にあたっていた。

図 2 にプラズマ照射された Al を示す。照射距離 15 mm では、直径約 8 mm の円状に白くなった。円は 3 層構造のように見える。一方、照射距離 20 mm では、直径約 6 mm の円状に非常にうっすらと白くなった。

図 3 にプラズマ照射部分の SEM 像を示す。照射距離 15 mm では、直径約 3 μm の微粒子が多数見られた。一方、照射距離 20 mm では、微粒子は見られなかった。

図 4 に EDS 測定から得られた元素マッピングを示す。照射距離 15 mm では、微粒子は緑色であった。この結果から微粒子表面は Al ではなく、酸素原子(O)に覆われていると考えられる。一方、照射距離 20 mm では、全体に緑の点が見られ、O は全体的に分布していると考えられる。この酸素原子は、空気中の酸素分子(O_2)にプラズマ中の高エネルギー電子が衝突し、O_2 が解離し発生した O が Al 表面についているためと考えられる。

謝辞　本研究にご協力頂きました東海大学イメージング研究センターの栗野若枝様に感謝致します。

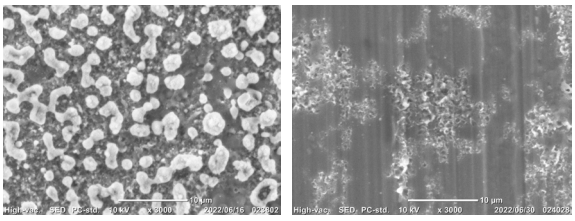


(a) 照射距離 15 mm　(b) 照射距離 20 mm

図 1　Al へのプラズマ照射の様子

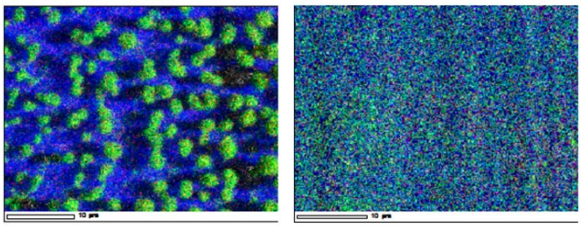
(a) 照射距離 15 mm　(b) 照射距離 20 mm

図 2　プラズマ照射された Al



(a) 照射距離 15 mm　(b) 照射距離 20 mm

図 3　プラズマ照射部分の SEM 像 (3000 倍)



(a) 照射距離 15 mm　(b) 照射距離 20 mm

図 4　EDS 測定から得られた元素マッピング (3000 倍)

(青色：Al、緑色：O)

大気圧プラズマジェットを用いた CNT シートの親水化

***荻野 孝俊、山門 翔悟、**桑畑 周司（東海大学工学部電気電子工学科）**

三浦 克真、高尻 雅之（東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻）

1. はじめに

カーボンナノチューブ(CNT)シートは、高い電気伝導率・熱伝導率、化学的安定性、表面の微細な凹凸構造などの特性を有するため、電気二重層キャパシタ、リチウムイオン電池の負極材、熱電デバイスなどへの利用が期待されている。しかしながら、疎水性（水をはじく性質）のため、それぞれの性能の向上や実用化には問題が多い。

本研究の目的は、大気圧アルゴン(Ar)プラズマジェットを用いて CNT シート表面の親水性を向上させることである。

2. 実験

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

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

CNT シート表面の観察には、JEOL 製卓上走査型電子顕微鏡(SEM) JCM-6000 Plus を用いた。親水性の評価として、Nick 製接触角計 LSE-ME1 を用い水の接触角測定を行った。

3. 結果と考察

図 2 に CNT シートの SEM 像を示す。CNT の束が繊維状に絡み合っており、表面には微細な凹凸構造が見られた。

図 3 にプラズマ照射された CNT シートの写真を示す。1 秒間照射では、未照射と変わらないように見えた。3 秒間照射では、CNT シート表面に直径約 6 mm のリングがうっすらと見られた。5 秒間照射では、そのリングがはっきりとした。

図 4 に CNT シート上の水滴の様子を示す。未照射では水がはじかれ、接触角は 87° と高かった。1 秒間照射では接触角は 1° となり、親水性が向上した。3 秒間以上の照射では、水が CNT シートに浸み込んでいった。

当日は、プラズマ照射された CNT シートの SEM 像なども報告する予定である。

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

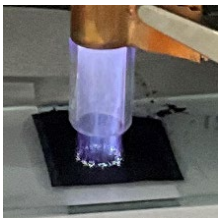


図 1　プラズマ照射の様子

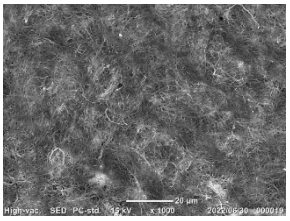
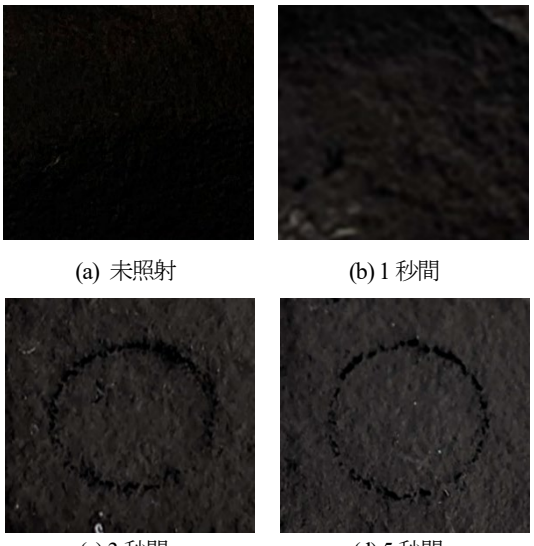


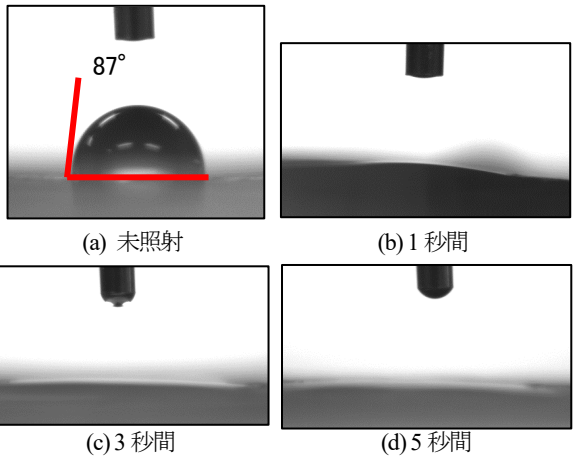
図 2　CNT シートの SEM 像 (1000 倍)



(a) 未照射　(b) 1 秒間

(c) 3 秒間　(d) 5 秒間

図 3　プラズマ照射された CNT シートの写真



(a) 未照射　(b) 1 秒間

(c) 3 秒間　(d) 5 秒間

図 4　CNT シート上の水滴の様子
(水の接触角測定の結果)

大気圧プラズマジェット照射によるモルタル表面の撥水剤の除去

***瀬口 颯、金子 壱星、堀井 見久里、**桑畑 周司（東海大学工学部電気電子工学科）、笠井 哲郎（東海大学建築都市学部土木工学科）、福島 誠司（建装工業株式会社）**

1. はじめに

大気圧プラズマを用いたモルタルの表面改質の研究が注目されている。モルタルは、セメント・水・細骨材(砂)を練り混ぜたもので、粗骨材(砂利)を入れるとコンクリートになる。

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

本研究の目的は、大気圧アルゴン(Ar)プラズマジェットを用いてモルタル表面の撥水剤を除去することである。

2. 実験

作製したモルタル試料を日本ペイント製撥水剤ニッペ　アクアシール 200S に浸漬し、試料表面に撥水剤を浸透させた。

大気圧 Ar プラズマジェットは、Logy 製高電圧電源を用いて周波数 10 kHz、印加電圧 10 kV、Ar ガス流量 10 L/分間で発生させ、照射距離 5 mm でモルタル試料(図 1)に 1 分間照射された。

撥水性の評価として、Nick 製接触角計 LSE-ME1 を用い、水の接触角測定を測定位置を変えて行った。

3. 結果と考察

図 2 にモルタル試料へのプラズマ照射の様子を示す。プラズマがあたっている範囲は、直径約 10 mm の円形であった。プラズマがあたった部分には、ダメージはなかった。

図 3 にモルタル表面での水滴の様子を示す。未照射部分では水滴は丸くなり、水がはじかれていることがわかる。0 mm (プラズマ直下=中央)では水は丸くならず、モルタルに浸み込んだ。この結果から、プラズマ照射された部分は撥水剤が除去されたことがわかった。測定位置が中央から離れるほど、水滴は丸くなった。

図 4 に水の接触角の測定位置依存性を示す。接触角は、0 mm では 0°、3 mm と 6 mm では 17°、6～18 mm ではほぼ比例的に増加し、18 mm では未照射部分(130°)とほぼ同じ 129°であった。これらの結果から、プラズマがあたった部分では撥水剤が除去され、プラズマがあたっていない部分でも半径約 15 mm 以内では除去効果があることがわかった。

図 1　モルタル試料
(約 40×40×6 mm^3)

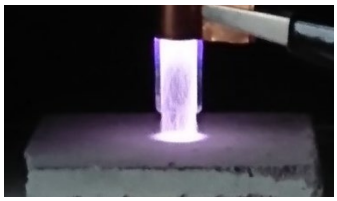
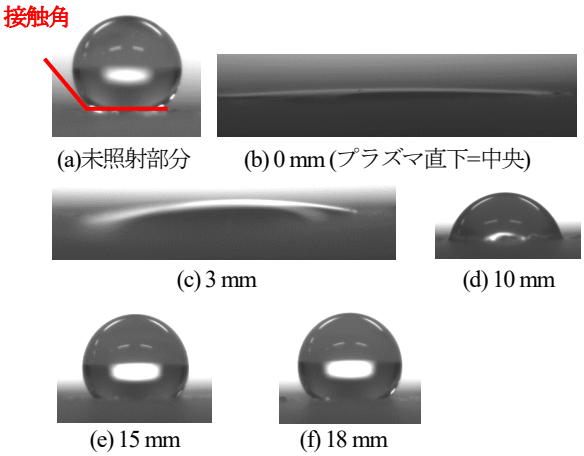


図 2　モルタル試料へのプラズマ照射の様子



(a)未照射部分　(b) 0 mm (プラズマ直下=中央)
(c) 3 mm　(d) 10 mm
(e) 15 mm　(f) 18 mm

図 3　モルタル表面での水滴の様子 (水の接触角測定の結果)

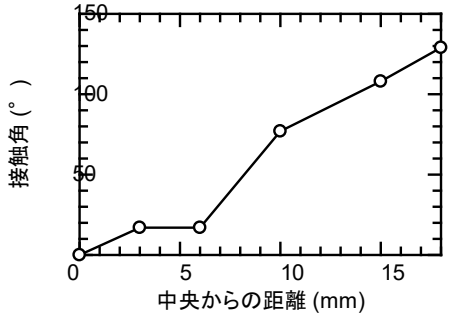


図 4　水の接触角の測定位置依存性

大気圧プラズマジェット照射によるアルミニウム表面での微粒子の形成

***平島 伊織、**桑畑 周司（東海大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻）**

1. はじめに

大気圧プラズマを用いた金属の表面加工の研究が注目されている。昨年、我々は大気圧アルゴン(Ar)プラズマジェットを鉛へ 10 分間以上照射すると、鉛表面がエッチングされることを報告した [1]。

本研究の目的は、大気圧 Ar プラズマジェットをアルミニウム(Al)に照射するとどの様な変化が生じるのかを明らかにすることである。

2. 実験

大気圧 Ar プラズマジェットは、Logy 製高電圧電源 LHV-10AC を用いて、周波数 10 kHz、印加電圧 10 kV、Ar ガス流量 10 L/分間で発生させ、照射距離 2 mm で Al に 50 分間照射された (図 1)。

Al 表面の観察には、Nikon 製実体顕微鏡 SMZ25 および JEOL 製卓上走査型電子顕微鏡(SEM) JCM-6000 Plus を用いた。元素分析を行うために、上記の SEM 装置を用いてエネルギー分散型 X 線分光(EDS)を行った。

3. 結果と考察

図 2 にプラズマ照射部分の SEM 像を示す。プラズマがあたった部分には、直径 2～3 μm の微粒子が多数形成されていることがわかった。

図 3 にプラズマ照射部分の EDS スペクトルを示す。Al のピーク以外に酸素(O)のピークも観測された。これは、空気中の酸素分子(O_2)にプラズマ中の高エネルギー電子が衝突し、O_2 が解離し発生した O 原子が Al 表面に付いているためと考えられる。

次に Al 表面の原子の分布を調べるために EDS 元素マッピングを行った。図 4 に EDS 測定から得られた元素マッピングを示す。青色は Al で緑色は O であり、微粒子は緑色であった。この結果から微粒子表面は Al ではなく、O に覆われていると考えられる。

当日は、微粒子の形成過程についての考察を報告する予定である。

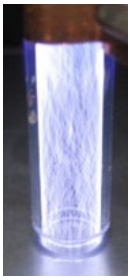


図 1　Al へのプラズマ照射の様子

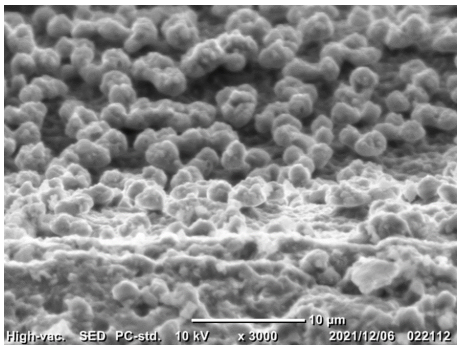


図 2　プラズマ照射部分の SEM 像

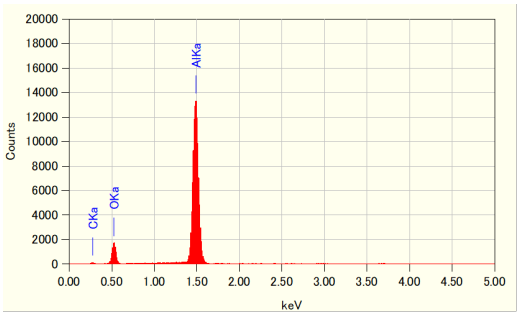


図 3　プラズマ照射部分の EDS スペクトル

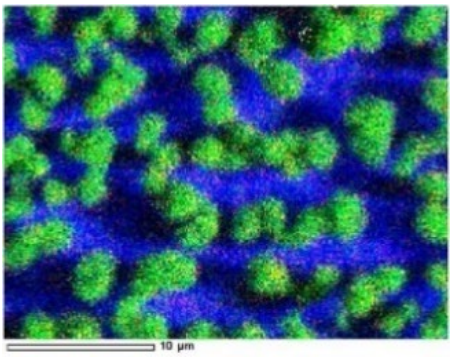


図 4　EDS 測定から得られた元素マッピング

謝辞　本研究にご協力頂きました東海大学イメージング研究センターの栗野若枝様に感謝致します。

[1] 小川、山梨、桑畑：SAS Symposium、E-3 (2021).

非 Cs 型負イオン源での周辺プラズマ制御による負イオン引き出し特性

***三浦　海人（東海大学理学部物理学科、五家大我（東海大学理学研究科物理学専攻）、**
大沼龍一（東海大学理学研究科物理学専攻）、利根川昭（東海大学理学部物理学科）**

次世代のエネルギー源として磁場閉じ込め方式による核融合発電が注目されている。この発電方法では、核融合反応（D-T 反応）を起こすため、高温（１億度）・高密度（$10^{20}m^{-3}$以上）のプラズマを１秒間程度、強磁場（数Ｔ）を用いて閉じ込める必要があり、この高温を維持するために中性粒子ビームを用いた加熱方式、NBI 加熱（Neutral Beam Injection heating）が 採用されている。NBI 加熱とは、負イオン源で生成をした負イオンを静電的に加速させ、中性粒子化し、中性粒子ビームとして炉心プラズマに入射を行う加熱方法である。この NBI で用いられている殆どの負イオン源では、負イオンを生成するためセシウム（Cs）を使用する表面生成法が用いられている。しかし Cs 蒸気の温度制御、Cs の絶縁部への付着による絶縁破壊などの課題が存在するため、将来的には、セシウムを用いない非 Cs 型負イオン源の開発が必要とされている。

当研究室では、直線型プラズマ生成装置 TPDsheet-U（図 1）を使用して非 Cs 型負イオン源の開発を行っている。本実験装置で生成されるシートプラズマの特徴として、プラズマ中心部から周辺部への急激な電子温度勾配がある。これにより、従来の体積生成型負イオン源で使用していた磁気フィルターを利用することなく高密度の負イオンを生成することができる。さらに電子エミッターを設置することで解離性電子付着現象を促進し、負イオン生成効率を高めている。しかしながら、Cs を用いた ITER 用負イオン源の負イオン電流密度（$33mA/cm^2$）と比較すると、本研究室で開発した非 Cs 型負イオン源の電流密度は、７から $8mA/cm^2$ と、３～４倍程度低く、更なる負イオン密度の向上が必要となっている。そこで TPDsheet-U を用いた非 Cs 型負イオン源において、シートプラズマ周辺部のプラズマを２つの方法により制御し、負イオン密度を向上させることを行っている。

先行研究では、放電電流 50A、引き出し電圧 10kV の条件において、プラズマ周辺部に電子エミッターを設置し、そのエミッターの温度を 1100K から 1700K まで昇温させ、低エネルギーの電子を供給することで、負イオン電流密度を平均 30%増加させることに成功している(図 2)。

本研究では、プラズマ源の第二陽極への負バイアスの電圧印加しプラズマ周辺部での低エネルギー電子の密度を増加させることにより、水素負イオンの引き出し電流密度を向上させることを目的としている。詳細はポスターにて発表する。

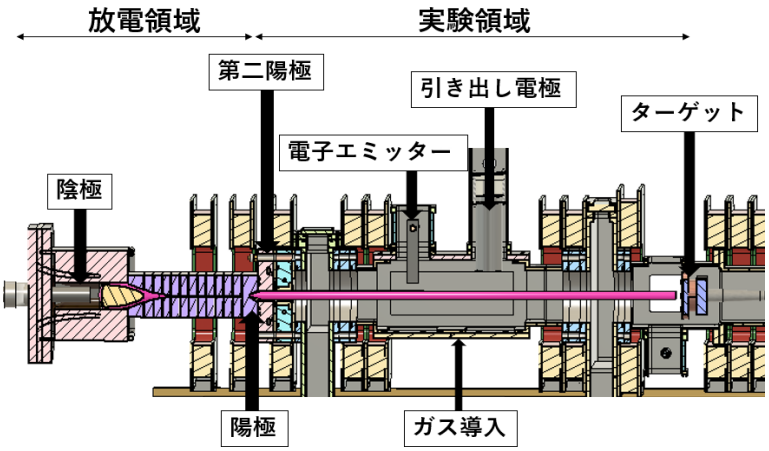


図 1 実験装置：TPD Sheet-U の断面図

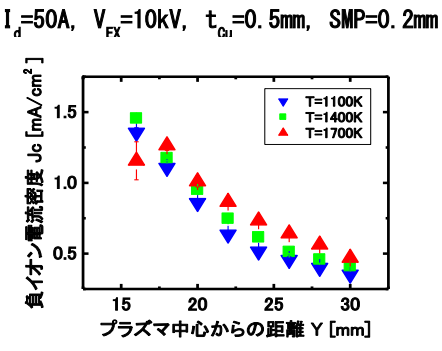


図 2　引き出し実験結果

電子エミッターでの水素分子の振動温度特性

***寺奥ゆり（東海大学理学部物理学科）、麻生佳奈（東海大学理学研究科物理学専攻）、大沼龍一（東海大学理学研究科物理学専攻）、五家大我（東海大学理学研究科物理学専攻）**

****利根川昭（東海大学理学部物理学科）**

核融合発電は次世代のエネルギー源として期待され、重水素(D)とトリチウム(T)を燃料とした核融合反応(D-T 反応)を用いた実用化を目指し世界各地で研究が進められている。核融合発電の実用化には高密度($10^{20}m^{-3}$)のプラズマを 1 億度以上の高温で 1 秒以上持続させることが求められる。炉心プラズマの加熱方法として NBI(Neutral Beam Injection)加熱があり、NBI 加熱は負イオン源で生成した負イオンを静電加速させてイオンビーム化し、荷電交換により中性粒子ビームとして炉心プラズマに入射することで加熱する方法である。負イオンの生成法として，セシウム(Cs)を塗布した金属表面に荷電粒子を入射させる表面生成法が主流となっているが、高密度の負イオンの生成ができる一方、蒸着したセシウムの不安定性や絶縁破壊を引き起こす危険性などの問題から、非セシウム型負イオン源の実用化が目指される。

本研究室では、直線型プラズマ生成装置 TPDsheet-U で生成されるシート型プラズマを利用した体積生成法によって非セシウム型負イオン源の研究を行っている。この実験装置では振動励起分子の解離性電子付着により負イオンを生成しており、先行研究では高密度の負イオンビームの引き出しに成功している。また、シートプラズマ周辺部に設置した電子エミッターを用いて負イオン電流密度のさらなる増加を図って実験を行っている。この電子エミッターのフィラメントとして使用しているタングステンは、加熱することで振動励起分子の生成に影響するという報告がある。解離性電子付着は水素分子の振動状態によって反応断面積が変化するため、負イオンの生成過程の解明において水素分子の振動温度を測定することが必要となる。

今回は、電子エミッターに印加する電圧の変化に対する水素分子の振動温度特性を調べることを目的としている。また、設置した電子エミッターの使用により水素の振動励起分子が生成されているかを、真空紫外分光(VUV)を用いて計測した。詳細はポスターにて報告する。

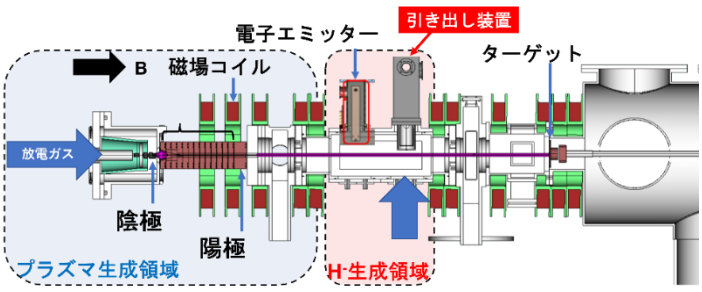


図１．プラズマ生成装置 TPDsheet-U の概略図

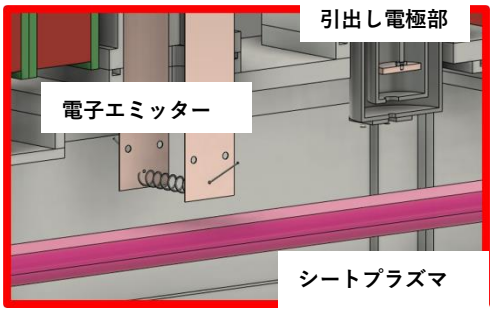


図２．シートプラズマ周辺に設置した電子エミッターの概念図

ICR 加熱での非接触プラズマ特性

＊樋口将馬（東海大学理学部物理学科）、岡田尚徳（東海大学院理学研究科物理学専攻）
＊＊利根川昭（東海大学理学部物理学科）、佐藤浩之助（九州大学）

核融合反応（D-T 反応）で発生した燃料灰のヘリウムや炉心内の不純物を排気するため、核融合装置にはダイバータが設置されている。このダイバータに炉心プラズマから放出された高熱流粒子が衝突することにより、ダイバータ板を損傷させることが課題となっている。そのため、中性粒子ガスを導入し、部分的な非接触プラズマを生成することにより、ダイバータ板の熱負荷を低減することが考えられている。将来の DEMO 級装置のダイバータでは、更なる熱負荷低減が必要であり、スーパーX ダイバータ等の発散磁場配位を採用した先進ダイバータの模擬実験や完全非接触プラズマによる熱負荷低減の基礎研究が、小型の直線型ダイバータ模擬装置で盛んに行われている。

しかし、殆どの直線型ダイバータ模擬装置で生成されるプラズマのイオン温度は～3eV 程度と低いのに対して、国際熱核融合炉装置（ITER）などの大型装置のダイバータプラズマでのイオン温度は～10-20eV[1]と大きく隔たりがある。そのため、直線型ダイバータ模擬装置を用いた基礎研究において、非接触プラズマ生成に対してイオン温度が及ぼす影響については学術的な課題になっている。また、先進ダイバータで用いられている発散磁場配位での完全非接触プラズマ生成過程についてもシミュレーション研究が中心であり、基礎実験は殆ど行われていないのが現状である。

そこで本研究では、小型の直線型ダイバータ模擬装置（TPDsheet-U）で生成した高密度シートプラズマにイオンサイクロトロン共鳴（ICR）加熱を行い、イオン温度に対する非接触プラズマの生成過程を調べることを目的とする。本研究室が所有する TPDsheet-U では非接触プラズマを安定して生成することができるため、実験で得られるパラメータをシミュレーション研究と連携させ、モデリングの高度化を行うことでダイバータ構造の最適化手法を構築することが期待されている。本実験では、ICR 加熱を行うことによりイオン温度を増加させた後、発散磁場領域でのプラズマの熱エネルギーを反磁性コイルで、電子温度・電子密度を Langmuir プローブで計測した。加えて水素プラズマの Balmer 系列の発光特性を調べた。

実験の結果として、放電電流 70A の水素プラズマを生成し、RF 電力をプラズマに 0W～500W 印加した結果、プラズマの熱エネルギーが増加し、イオン温度が増加した。加えて水素プラズマの発光強度が減少する傾向が確認された。

詳細はポスターにて報告する。

[1] N. Ohno, Plasma Phys. Control. Fusion 59 (2017) 034007 (9pp).

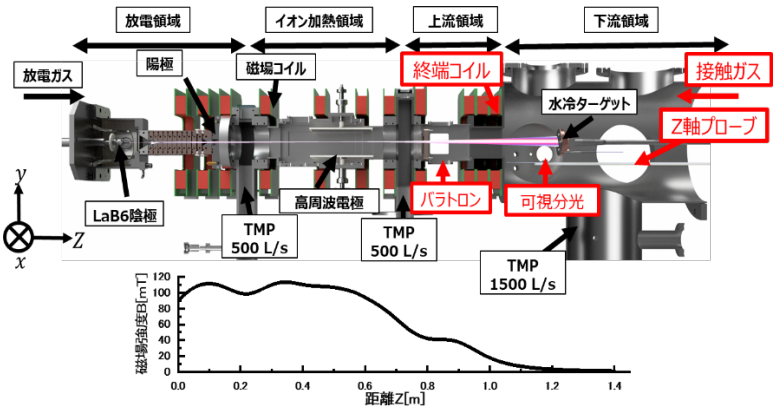


図 1. TPDsheet-U の装置図

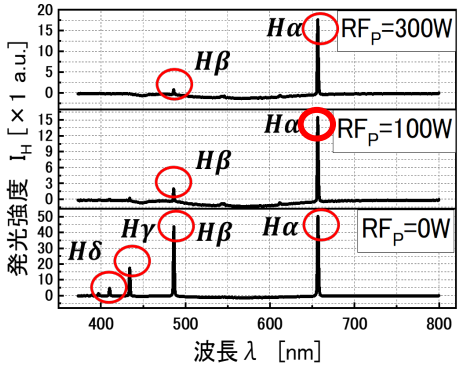


図 2. RF Power に対する発光強度

ICR 加熱型プラズマエンジンの開発

＊並木葵（東海大学理学部物理学科）、岡田尚徳（東海大学理学研究科物理学専攻）
****利根川昭（東海大学理学部物理学科）**

電気推進機は電力を推進エネルギーとして利用し、様々なガスを推進剤として利用する推進エンジンである。推進エネルギーとして使用される電力は人工衛星や探査機に取り付けられた太陽電池や原子力電池を使用し発電が行われる。化学推進機に比べ電気推進機の推進剤噴出速度は格段に大きいため、推進剤の使用量が節約でき、荷重量（ペイロード質量）を増やすことが可能である。つまり、打ち上げ時のように瞬間的なパワーを要求される場面には不向きであるが、エンジンの燃費を表す比推力が化学推進の 2～10 倍以上であるため、重力などの影響がない宇宙空間でのミッションに適しており、人工衛星の軌道保持・姿勢制御への利用、深宇宙探査へのエンジンとして活躍している。

その中でも NASA を中心に推力と比推力が自由に制御できる VASIMR 型推進機である VX-200SS が現在有人火星探査での利用を目指して研究が進められている。この VASIMR 型推進機で使用されている VASIMR システムは、高周波によるプラズマの生成およびイオン加熱、磁気ノズルによるイオン加速によって推力を得ている。2015 年には初めのマイルストーンとして国際宇宙ステーションでの技術実証実験が予定されていたが、VX-200SS の加熱電力である 120～200kW クラスの出力は宇宙ステーションの供給電力をはるかに上まわるためこの計画は中止された。このように宇宙空間では使用できる電力は限られているため、より低電力な電気推進機が求められている。従って、VASIMR 型推進機の実用化には、なるべく少ない消費電力で高い推力・比推力を得ること、つまり、効率的なイオン加熱が重要な課題である。また、コストやメンテナンス面を考え、単純な構造の高周波電極構造が求められている。

そこで、本研究室の実験装置 TPDsheet-U（図 1）では高密度（$>10^{19}m^{-3}$）でシート状のプラズマを生成可能でプラズマがシート状のため、高周波電場がプラズマ中心まで浸透しやすく単純な構造の二枚の平行平板でイオン加熱が行える。また、プラズマ内の粒子の旋回半径が揃っており、加熱後のイオン同士の衝突が少なくなることで、効率的なイオンサイクロトロン共鳴(ICR)加熱を行えることが期待できる。

先行研究では He を推進ガスとして使用し、比較すると、推力は VX-200SS の約 1/9 であるが比推力は同等な値が得られた。今回の実験では、推進ガスに月や火星で採取が容易である水素ガスを使用した際の ICR 加熱における加熱実験を行い、プラズマ密度・温度を Langmuir プローブにより、熱エネルギーを反磁性コイルにより求めた。

詳細はポスターにて発表する。

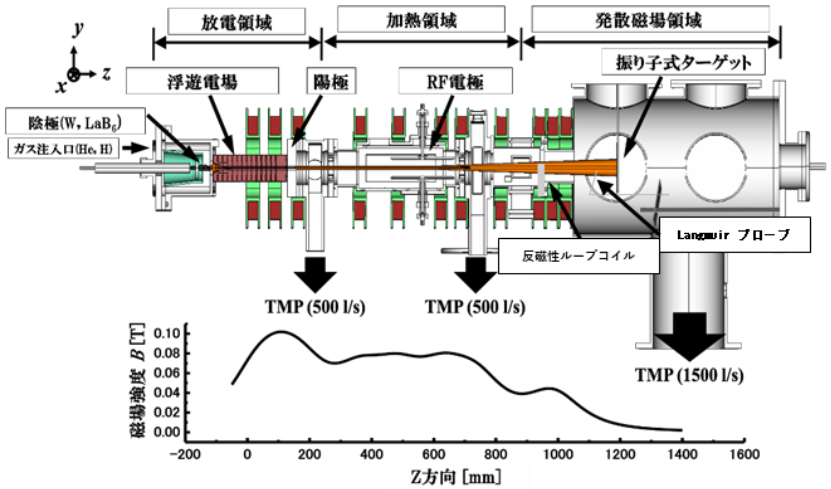


図 1. 実験装置 TPDsheet-U

	TPDsheet-U	VX-200SS
放電電力 [kW]	13.5	28
加熱電力 [kW]	~ 0.4	~120
推進剤	He	Kr
推力 [mN]	6.71 (100W時)	~ 57
比推力 [s]	5112 (100W時)	4600 ~ 5200

図 2. TPDsheet-U(He)と VX-200SS の推進性能（先行研究）

重水素プラズマ照射での傾斜ターゲットにおける表面改質特性

***米川裕樹（東海大学理学部物理学科）、林俊輔（東海大学理学研究科物理学専攻）、岡田尚徳（東海大学理学研究科物理学専攻）　、**利根川昭（東海大学理学部物理学科）**

現在、水素同位体である重水素（D）とトリチウム（T）を用いた核融合反応（D-T 反応）を利用した核融合発電の研究が行われている。核融合発電は核融合炉の真空容器の中に 1 億度にもなる高温のプラズマを発生させることで D-T 反応を起こして発電を行う。この核融合反応によって生成されたヘリウムなどの不純物が炉心に蓄積することにより反応効率が低下する。そこで、これらの不純物を核融合炉の外に排気するための装置としてダイバータと呼ばれる装置が設置されている。この時ダイバータには常に高温プラズマが入射するため、その材料には高融点のタングステンが使用されているが、高い熱負荷（数十MW/m^2）をうけてタングステンが損傷することが課題となっている。一般的には、タングステン表面に高エネルギーのイオンが衝突することで表面のタングステン原子が弾き飛ばされるスパッタリングや、タングステン中に吸蔵される燃料原子によるブリスター、ヘリウムにより表面に繊維状ナノ構造（ファズ）などの表面改質が発生することが知られており、ダイバータの寿命と密に関係している。

そこで、本研究では、プラズマ照射によるダイバータの損耗や表面改質の関係を明らかにすることを目的とした。先行研究では、ダイバータの材料として用いられるタングステンに直線型ダイバータ模擬装置（TPD-SheetU）を用いて、重水素プラズマを垂直に照射して、タングステン表面の損傷について調べた。その結果、プラズマ照射前のタングステンと比較して高エネルギーのプラズマ（I_d＝70A）を照射するとタングステンの表面にスパッタリングによる損傷が見られた（図 1）。また、この時のプラズマのイオンフラックスは 5.0×10^{22}（ion/m^2・ｓ）であった。

今回の実験では、TPD-SheetU を用いて生成したプラズマを傾斜ターゲットに設置したタングステンに照射した（図 2）。実際の核融合装置（ITER）ではダイバータの除熱面積を拡大して熱負荷を減少させているため、傾斜ターゲットにプラズマを照射することにより、実際の核融合装置（ITER）により近づけた条件でタングステンの表面の変化を調べた。その後、プラズマ照射したタングステン試料を SEM（走査型電子顕微鏡）を用いて観察した。

詳細はポスターで発表する。

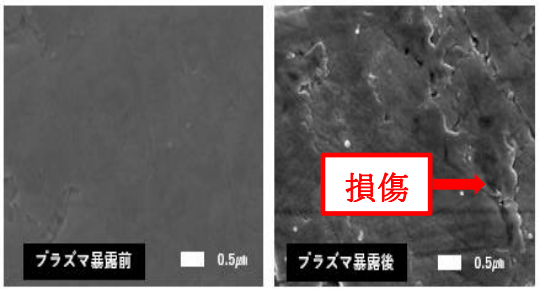


図 1　先行研究でのタングステン表面の変化

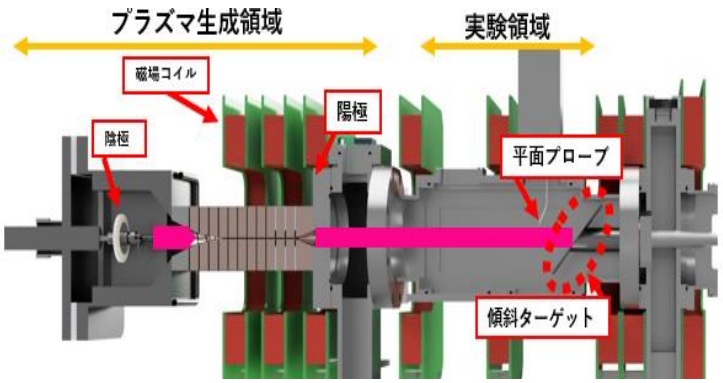


図 2　実験装置（TPD-SheetU）の概略図

CNN による手の開閉動作を想起した時の脳波分類

＊林亮真（東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻）、村上快（東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻）

＊＊安藝史崇、山崎清之、影山芳之（東海大学工学部医用生体工学科）

1.　はじめに

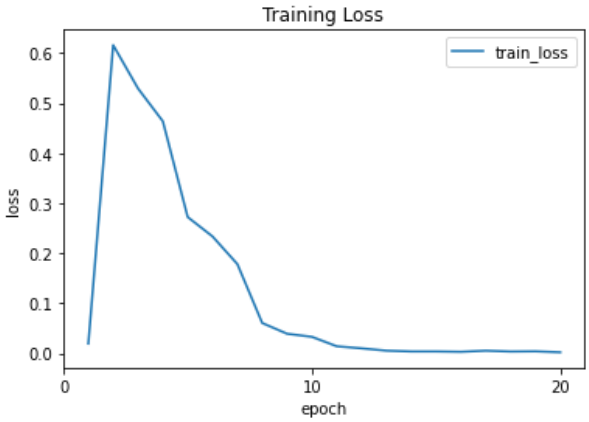
上肢切断者は、義手を装着することで生活の質を上げることができる。近年、義手は筋電を用いた筋電義手が主流である。しかし、筋電義手では断端皮膚に植皮や瘢痕などがあり、筋電信号の計測が困難な場合などのデメリットが存在する。本研究では、脳波を用いて義手を制御することを目的とし時系列データから作成したモノクロ画像を CNN を用いて分類する手法を提案する。

2.　実験方法

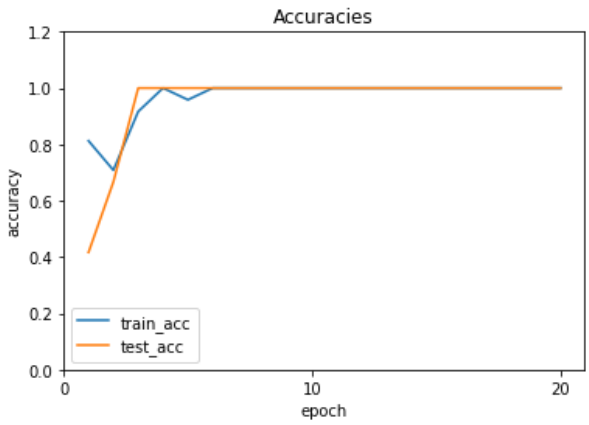
20 代男性 1 人を被験者として、シルドルーム内において手を閉じる動画と手を開く動画を見せ運動をイメージさせサンプリング周波数 250[Hz]で脳波測定を行った。電極配置は、運動イメージ時の脳波が補足運動野と一次運動野でみられるため中心溝から前方に国際 10-10 法より F3・F4・FC1・FC2・ C3・C4・CP1・CP2 の位置に電極を配置した。脳波の導出には耳朶の A1 を基準電極、A2 をバイアスとして用いた。測定した脳波の時系列データから 16×16 のモノクロ画像を作成し畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用いて手を握ってる時と手を開いている時の脳波の分類を行った。

3.　結果及び考察

60 個のデータをトレーニングデータ 48 個とテストデータ 12 個に分け、学習率:0.0001、バッチサイズ:4、エポック数:20 として、CNN を用いて分類を行った結果の代表例を図 1 に示す。損失はエポック数 1 のときに増加するが、その後減少する傾向が見られた。精度はエポック数 3 の時に 100[%]となった。この結果から、データ数が少ないため精度の高いデータが集まり高い精度になったと考察される。実際に義手を制御する場合、義手装着者の脳波のみを使用して AI を構築すると考えられるため、被験者を 1 人としてデータ数を増やすことが必要と思われる。脳波は人によって違うため被験者を 1 人としてデータ数増やすことが必要である。



(a)学習過程の損失



(b)エポック数と精度

図 1　CNN の結果

4.　今後の展望

データ数が少ない状態での分類だったため、精度の高いデータが集まり高精度になったことが推察される。そのため、データを他の被験者でも測り再現性があるかどうかを検討する必要があると考えられる。また、現在は手を握った時と開いた時の 2 値分類だが、人間の手では細かい操作もできるため、多クラス分類し義手で細かい操作を行えるよう改良する必要があると思われる。

数量化 2 類のカテゴリースコアを用いた表情認識における顔の部位の重要性の評価

＊吉田北斗（東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻）

＊＊影山芳之（東海大学工学部医工学科）

1. はじめに

近年、人間の発語を受け取りコミュニケーションが行える機器などが開発されている。このような機器では言語情報を重要視しているが、人間のコミュニケーションでは、感情も大きな役割を持つと考えられる。機器が人間と同じように感情を理解し、読み取った感情によって応答を変化することができれば、より人間らしいコミュニケーションが可能になると考えられる。そこで本研究では、人間がそれぞれの感情を読み取る際どの部位を重要としているかを実験的に検証した。

2. 実験方法

本研究ではビデオカメラ(SONY, HDR-CX675)を使用し、他者の感情識別の先行論文[1]を参考に人間の基本感情とされている怒り、嫌悪、恐怖、幸福、悲しみ、驚きの6つを表現した3秒ほどの動画と写真を顔全体、目、口、鼻の4つの部位ごとに計24個作成した。

実験では、被験者に作成した動画と写真をランダムな順序で表示し、Visual Studioにて作成したプログラムで受け取った感情を人間の基本感情の6つの中から選択し、入力してもらうことで評価させた。集計時には、1=怒り、2＝嫌悪、3＝恐怖、4＝幸福、5＝悲しみ、6＝驚きの数値を使うことにより意味を持たせた。

集計したデータで選択された感情を1、選択されなかった感情を0とし、顔全体の動画と画像を目的変数、目、口、鼻の動画と画像を説明変数とした。数量化2類を用いて多変量解析を行い、カテゴリースコアを算出した。理想値との差からどの部位が人間が感情を読み取るのに重要か評価した。感情の判断を

$$\text{感情の判断} = \sum_{i=1}^{6} a_i x_i \quad \cdots (1)$$

で求める。ただし、 $a_i = \text{カテゴリースコア}$

$x_1 = \text{目の選択結果(動画)}$ $x_2 = \text{口の選択結果(動画)}$

$x_3 = \text{鼻の選択結果(動画)}$ $x_4 = \text{目の選択結果(画像)}$

$x_5 = \text{口の選択結果(画像)}$ $x_6 = \text{鼻の選択結果(画像)}$

とする。x_1～x_6は選択された場合1、選択されなかった場合0が入る。(1)式を用いることにより6つの感情で連立方程式を構成し、a_iについて求める。

3. 結果

図1～6にカテゴリースコアを示す。グラフの赤いラインは理想値を示す。これをもとにそれぞれの結果を評価すると、目と口においては動画、画像の両方でほとんど赤いライン通りの結果となっている。一方で鼻の結果は動画、画像の両方で平均値である 3 に近づいてしまっており、赤いラインとは離れた結果となっている。また、動画の結果と画像の結果を比較してみると、大きな差は見られなかった。

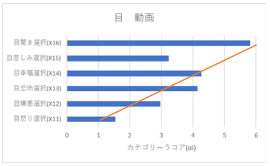


図 1：カテゴリースコア（目 動画）

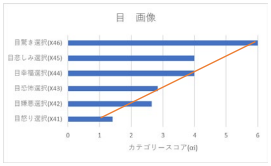


図 2：カテゴリースコア（目 画像）

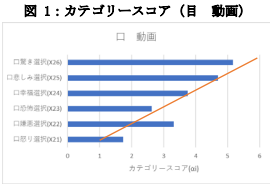


図 3：カテゴリースコア（口 動画）

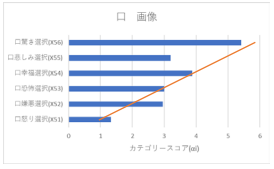


図 4：カテゴリースコア（口 画像）

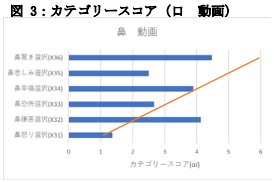


図 5：カテゴリースコア（鼻 動画）

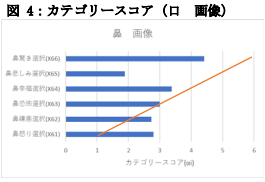


図 6：カテゴリースコア（鼻 画像）

4. 考察

数量化 2 類の性質上特徴のない説明変数のカテゴリースコアは平均値によってしまう。図1～4で示したように、目と口の結果はほとんど理想値通りのカテゴリースコアとなったことから目と口はそれぞれの表情を表出するための特徴を持っており重要度も高いと考えられる。しかしながら図5、6で示したように鼻の結果は理想値から離れ、結果がどれも平均値によってしまっている。そのため鼻は表情の表出において特徴を持っておらず、重要度も低いと考えられる。また、動画と画像間では有意な差は見られなかった。しかし、先行研究[1]では、表情によって動画のほうが正答率が高くなると報告され、これには表情の表出速度が関係していると考察されていることから、本研究で差が得られなかった理由としては各表情の動画データの時間をどの感情でも一定にしてしまったことが考えられる。これらの結果から、人間は感情を読み取る際、目や口のように変化の大きな部位を重要としていることがわかる。

5. 今後の展望

本研究では、写真と動画を表示し感情の評価をさせることで各感情における顔の部位の重要性を検証した。結果として目と口の表示が重要であることが明らかになった。一方で静止画と動画の差を確認することはできなかった。そのため、今後の研究では扱う動画で表情を作る人間の数と被験者の数を増やし、目と口の二つに焦点を絞ることで表情認識における顔の部位の重要性をより深く検証することを検討している。

参考文献

【1】表情の表出過程および形態学的変化が感情認識に及ぼす影響：次元的観点に基づいた表情による検討
https://doi.org/10.5265/jcogpsy.5.53

【2】感性ロボットのための感情領域を用いた表情生成
https://doi.org/10.1527/tjsai.21.55

ウェーブレット変換による画像化を利用した車椅子の AI 制御

***村上快（東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻），林亮真（東海大学大学院工学研究科医用生体工学専攻）**

山崎清之（東海大学工学部医工学科），安藝史崇（東海大学工学部医工学科），影山芳之（東海大学工学部医工学科）**

【はじめに】

近年、Brain Machine Interface(BMI)や Brain Computer Interface(BCI)など人間の運動器官を使わずに脳活動の情報を利用した制御システムの研究が行われている。本研究では、脳波による車椅子の操作を目的とし、右回転、左回転、停止それぞれの車椅子動作をイメージした時の脳波データをウェーブレット変換により画像化し、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用いて分類することを試みた。

【脳波計測】

本研究では、OPENBCI CYTON BIOSENSING BOARD 8-CHANNELS を用いたワイヤレス脳波計を使用した。健常な 20 代男性 1 人を被験者とし、車椅子動作イメージ時の脳波をシールドルーム内で測定した。電極配置は国際 10-10 法に基づき Fp1,Fp2,F3,F4,FC1,FC2,C3,C4、サンプリング周波数を 250[Hz]として記録した。

車椅子動作をイメージしやすくするために被験者には、実験前に車椅子に乗ってもらい右回転、左回転、停止の動作イメージに合わせて車椅子の動作を練習させた。練習後、被験者には安静状態→右および左回転→停止の動作が行われている動画を見せその動作に合わせて動作のイメージをさせた。回転時の脳波を 7.2 秒、停止時の脳波を 3.1 秒計測し 4.7 秒インターバルを開けて連続的に 10 回繰り返した。この 10 回分を 1 セットとし、各回転のイメージで 3 セットずつ計測した。得られた脳波データに対して約 1 秒間である 256 点分を 1 個のデータとし、左右の回転のイメージを 210 個、停止のイメージを 180 個のデータを得た。

【解析】

256 点分の脳波を Matlab の連続 1 次元ウェーブレット変換を用いて画像化した。各電極で測定した同時刻の脳波から得られた 8 枚の画像を一枚の画像に合成し、データセットを作成した。3 種類の車椅子動作イメージで得られた 600 枚の画像のうち 480 枚を学習用、120 枚をテスト用とした。

本研究では python のライブラリである pytorch を使用し、CNN で分類を行った。入力の画像サイズは 204×256×3、畳み込み層ではカーネルサイズを 3×3、活性化関数に ReLU 関数、プーリング層には 2×2 のＭＡＸプーリングを用いて畳み込みを行った。全ての動作を分類した 3 値分類、停止と回転の 2 値分類、右回転と左回転の 2 値分類を各 10 回行った。

【結果】

3 値分類、停止と回転の 2 値分類、右回転と左回転の 2 値分類の正解率および 10 回分を合計した正解率を表 1 に示す。3 値分類での右回転、左回転の正解率は 33.3%以上であったが、停止時のイメージでの正解率は 11.7%と大きく下回った。また、1 動作の正解率が 0%のモデルもありばらつきが大きかった。停止と回転の 2 値分類、右回転と左回転の 2 値分類での合計の正解率は全てにおいて 50%以上であった。停止・回転の分類で、回転と分類されたときの右回転・左回転の正解率を求め、2 値分類の組み合わせにより 3 値分類を行うと、正解率は停止時のイメージで 57.7%、右回転時のイメージで 39.6%、左回転時のイメージで 38.4%であり全て 33.3%以上だった。

表 1　CNN の分類による正解率

	3値分類(%)			停止・回転分類(%)		右・左回転分類(%)	
回数	右回転	左回転	停止	停止	回転	右回転	左回転
1	0.0	97.9	2.9	92.3	30.9	94.4	35.4
2	72.1	30.0	21.6	56.7	75.6	100.0	20.8
3	85.7	35.1	0.0	54.1	79.5	77.8	48.7
4	87.2	22.7	8.1	16.2	92.8	28.6	92.9
5	0.0	100.0	2.6	92.3	18.5	28.9	97.4
6	17.1	91.7	0.0	11.4	96.5	75.6	72.1
7	97.2	0.0	2.7	43.6	84.0	34.1	95.3
8	0.0	38.5	67.7	58.1	59.6	32.6	90.2
9	0.0	78.4	25.0	69.6	37.8	87.5	50.0
10	36.8	81.4	0.0	77.4	37.8	100.0	37.2
合計	39.9	57.1	11.7	57.7	61.2	64.6	62.8

【考察】

3 値分類ではばらつきが大きく不安定な結果となった。理由として、学習データ数が 1 クラス 210 枚、180 枚と不十分であったことに加え、多クラス分類ではモデルが複雑になるため正解率のばらつきが大きくなったためであると考えられる。一方、2 値分類ではモデルが単純になるため、ばらつきが小さくなったと考えられる。そのため、2 値分類の組み合わせによる多クラス分類を行うことで安定した正解率が期待できる。

【今度の展望】

本研究ではウェーブレット変換による画像化を利用した CNN による車椅子の AI 制御を試みた。今後は学習データ数の増加、車椅子の動作である前進、後進を加えた 5 値での分類を行う。また、2 値分類の組み合わせによって 5 値分類を行う分類のモデルを作成し、比較・検討する予定である。

呼気中 2 成分の並列イメージング計測によるアルコール代謝評価

***篠原 利樹、早川 悠暉(東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科)**

飯谷 健太、三林 浩二(東京医科歯科大学 生体材料工学研究所)**

【はじめに】

呼気や皮膚から排出される生体ガスには代謝や疾患に関連する揮発性有機化合物(VOCs)が含まれており、生体ガス濃度を非侵襲的に計測による「疾病スクリーニング」「代謝評価」が期待される。また生体ガスをイメージングすることで、時空間的に濃度変動する生体ガスを観察することができ、皮膚部位毎の皮膚ガスの放散特徴を捉えることが可能となる。さらに関連する複数のガス成分を同時に動画像化することにより、代謝過程を詳細に把握することができるものと考えられる。本研究では、可逆酵素であるアルコール脱水素酵素(ADH)の酸化･還元反応を利用したエタノール(EtOH)･アセトアルデヒド(AcH)の並列イメージングシステムを構築し、飲酒後のアルコール代謝評価に応用した。

【実験方法】

可逆酵素は、その酸化･還元反応を溶液の pH により制御可能である。例えば、ADH 酵素ではその触媒作用を、pH 9.0 にて「EtOH の酸化」、そして pH 6.5 にて「AcH の還元」がそれぞれ制御可能であり、その際に補酵素である還元型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(NADH)が生成または消費される。この NADH は自家蛍光(励起: 340 nm, 蛍光: 490 nm)を有することから、この自家蛍光の増減を高感度カメラで捉えることで 2 成分を動画像化することができる。本システムでは図 1 に示すように、暗箱内に励起光源(UV-LED)、励起光用バンドパスフィルタ(BPF, $\lambda = 340 \pm 42.5$ nm)、並列に配置された酵素メッシュ、蛍光用 BPF($\lambda = 490 \pm 10$ nm)、高感度カメラを光学同軸上に配置し、動画像化計測を行った。また酵素メッシュは、ADH をコットンメッシュ(15 × 15 mm^2)にグルタルアルデヒド(GA)にて架橋を行った後に、NAD^+溶液(EtOH 用)･NADH 溶液(AcH 用)をそれぞれに滴下し、並列に配置した。本実験は、被験者にアルコールパッチテストを実施し EtOH が浸透した絆創膏により「皮膚の赤み」の有・無により、アルデヒド脱水素酵素 2 不活性型(ALDH2[-])と活性型(ALDH2[+])に分類した後、各群の被験者に対し 0.4g/体重 1 kg の摂取量となるようにアルコール飲料を 15 分かけて経口摂取した(東京医科歯科大学 承認番号: 2012-6)。次に、被験者の呼気を時間毎にサンプルバッグに回収し、保温カバーで 36 ℃保持後、小型 DC ダイアフラムポンプにより、２つの酵素メッシュにそれぞれ負荷した。ガス計測はまず乾燥ガスを 20 秒負荷後、呼気を 20 秒間負荷した。その後、得られた動画は画像解析を行い、時間毎の呼気中 EtOH･AcH 濃度を比較した。なお比較のため、検知管による濃度測定も実施した。

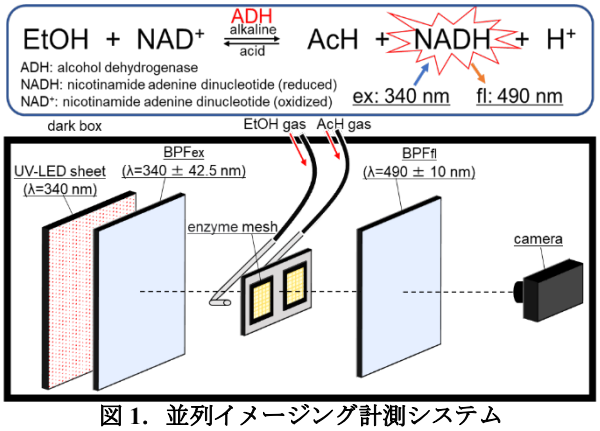


図 1. 並列イメージング計測システム

【実験結果及び考察】

構築したシステムの動画像化計測より飲酒後の呼気濃度の経時変化を調べたところ、ALDH2[+]と[-]の被験者の両群で飲酒後約 30 分をピークとして EtOH･AcH 濃度の漸次低下が観察された。また ALDH2[-]群は ALDH2[+]群に比べ、呼気中 AcH 濃度が 4.8 倍高いことが確認された。これは ALDH2 が AcH を酢酸に代謝する酵素であることから、ALDH が低活性の被験者において高濃度の血中 AcH が呼気に反映したものと考えられる。今後は、本システムの精度の向上と共に、サンプルバッグを用いず、視覚的に捉えられる「呼気の直接負荷による並列イメージング計測」を進める。

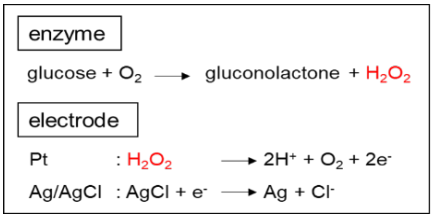
唾液ペルオキシダーゼの影響を抑制したマウスガード型グルコースセンサの開発

***恩知 滉輝、石川 竜也（東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科）**

飯谷 健太、三林 浩二（東京医科歯科大学 生体材料工学研究所）**

【はじめに】

重度の糖尿病患者は血糖値を適切に維持・管理するため、穿刺採血による自己血糖値測定器等を用いて血糖値測定を行う必要がある。しかし、採血による侵襲的な血糖値計測は、感染症の恐れや身体的・精神的な負担を伴う。演者らは非侵襲的かつ連続的に計測する方法としてマウスガード(mouthguard、MG)型グルコースセンサの開発を進めており、先行研究にて、GOD(glucose oxidase)センサにおいて夾雑成分となる唾液中のアスコルビン酸や尿酸の影響を、酢酸セルロース膜(cellulose acetate、CA)により抑制可能であることを報告したが、他の夾雑物の影響が確認された。本研究では、新たな夾雑成分と考えられる、GOD の生成物 H_2O_2 を消費する「唾液ペルオキシダーゼ(salivary peroxidase、sPO)」について、その影響を抑制するための「sPO 用フィルター膜」として、親水性ポリテトラフルオロエチレン(H-PTFE)膜または混合セルロースエステル(MCE 膜)をそれぞれ用いて各センサを作製し、唾液計測での sPO の影響抑制効果を調べた。



【実験方法】

グルコースセンサの基本構造を Fig.1 に示す。本センサは、MG 材料に Pt と Ag の各電極をスパッタ装置にて成膜し、酵素膜と各種の夾雑物抑制膜をセンサ感応部に成膜した（Fig.2）。まず、CA 溶液（アセトン-エタノール溶媒）を調整し、ディップコートにて CA 膜を成膜した。次に、GOD を生体適合性材料である PMEHB にて、Pt 電極上に包括固定した。最後に感応部を「sPO 用フィルター膜」にて覆い、上部より PMEHB をオーバーコートし、UV 照射及び乾燥を行い、センサを完成させた。計測では、本センサを唾液中グルコース計測に供すると共に、sPO の影響を調べた。なお唾液計測は本学の倫理承認(承認番号 : 2015-05)のもと実施した。

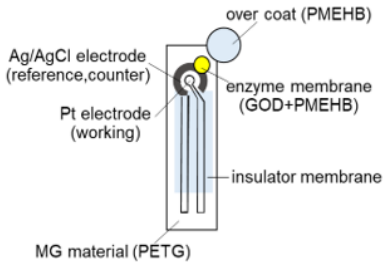


Fig.1 グルコースセンサの構造

【結果及び考察】

H-PTFE 膜と MCE 膜の各「sPO 用フィルター膜」を成膜したセンサと、成膜無しのセンサの計 3 種について、採取した唾液に浸漬し、グルコース(10～200 μM)を負荷した際の応答出力を測定し、比較を行った。実験の結果、「sPO 用フィルター膜」が無いセンサでは、先行研究と同様に、グルコース滴下後の出力増加ののちに経時的な出力低下が観察され、その原因としては「sPO の触媒反応による H_2O_2 の消費」と考えられた。次に、H-PTFE 膜を用いたセンサにて実験を行ったところ、グルコース滴下に伴う出力増加ののち、電流値が低下することなく、安定することが確認された。これは付加した「sPO 用フィルター膜」により、電極近傍での sPO をフィルター排除したことで、H_2O_2 消費を抑制できたためと考察される。なお、MCE 膜を「sPO 用フィルター膜」としたセンサでは、H-PTFE 膜を用いたセンサと比較し、グルコースに対する出力が約 1/10 と低下した。以上、H-PTFE 膜を「sPO 用フィルター膜」とすることで、唾液中グルコースの安定した計測が可能であった。

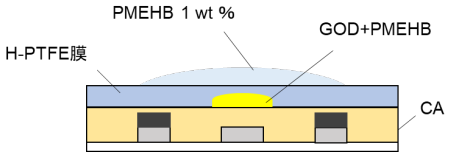


Fig.2 各膜を積層した感応部の断面図

トレイルメイキング課題を用いた精神性ストレス負荷時の自律神経系評価

***君塚孔哉 [1)]、井藤健人 [1)]、高野裕輝 [1)]、安藝史崇 [2)]、山崎清之 [2)]　**木村達洋 [1)]**

１）東海大学基盤工学部医療福祉工学科　２）東海大学工学部医工学科

1. はじめに

自律神経は、交感神経と副交感神経の 2 つの支配を受けており、緊張している時やストレスを感じた時、睡眠している時、リラックスしている時など、その状態により支配が異なる。また、ストレスの感じ方やその影響には個人差があると考えられる。そこで本研究では精神性ストレス課題として 3 段階の難易度を使ったトレイルメイキングテスト（TMT）を用いて自律神経系への影響を、脈波伝搬時間および HRV を用いて自律神経系の活動を検討した。

2. 実験方法

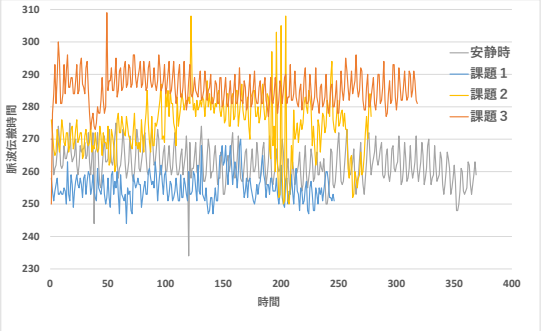
TMT とは 1 から 25 までの数字をランダムに配置し、できるだけ早く線でつなぐ記憶認知テスト課題である。本研究では、以下のように 3 段階の難易度の異なる TMT を用いた。課題①は、『１～25』までの数を順に辿らせる。課題②は、『１～13』までの数と、『あ～し』までのひらがなを配置し、１→あ→２→い→３…の順に辿らせる。課題③は、『１～10』までの数字と『あ～こ』までのひらがな、『A～J』までのアルファベットを使用し１→あ→A→２→い→C→３…の順に辿らせる課題である。

被験者は健常大学生 5 名とし、上記の 3 種類に課題に安静状態を加え、4 つ条件をランダムな順に 5 分間行わせた。各課題間は 5 分間の休息を設けた。

課題遂行中は PowerLab(ADinstruments 社製)で心電図の第 2 誘導と指尖容積脈波を計測した。得られた心電図の R 波から脈波のピークまでの時間を算出し脈波伝搬時間とした。この脈波伝搬時間は自律神経の働きによる血管の収縮と弛緩に作用し、時間が変化することが知られている。また、心電図の HRV 解析を行い LF/HF を交感神経、HF を副交感神経の活動指標とした。

3. 結果と考察

本項では本研究で得られた代表的な 1 例を示す。Fig. 1 に安静時および課題遂行中の脈波伝搬時間を示した。また Fig. 2 に HRV 解析における HF と LF/HF を示した。



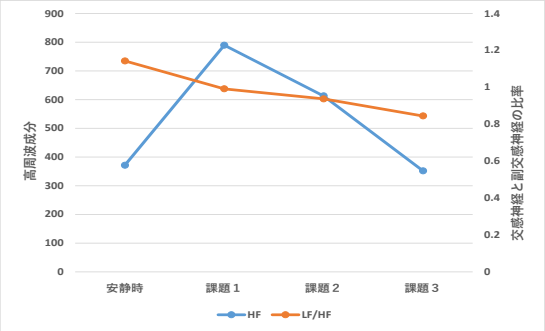


Fig. 1 安静時および TMT 課題における脈波伝搬　　Fig. 2 HRV 解析における HF および LF/HF

脈波伝搬時間は課題①、②、③の順に速くなっていることが分かる。ストレス下においては交感神経系が優位となり、血管壁の硬さが増すことなどから速くなったと考えられた。一方安静時は課題①より速い結果となったが、被験者への聞き取りによると、何もせずにじっとしていることが辛かったと報告しており、このことが反映したのではないかと考えられた。

HRV において副交感神経の指標である HF が課題①、②、③の順に低下していた。また、安静時は課題③と同程度の結果となった。これは脈波伝搬時間の結果とも整合しており、両指標が TMT 課題のストレス指標となっていることが示された。一方、交感神経の活動指標である LF/HF は課題の難易度との関連性は認められなかった。交感神経と副交感神経は単に排他的にバランスを取っているわけではなく、より複雑な支配関係にあることが示唆された。

視野上の刺激提示位置と視覚誘発電位の関連性について

＊山崎大輝（東海大、医用生体工）、安藝史崇（東海大、医用生体工））、木村達洋（東海大、文理融合）、
＊＊山崎清之（東海大、医用生体工）

1. 実験背景

ヒトの視野は従来、片目で一点を見つめた時の範囲であると言われており一定の角度（有効視野）内における見え方の検査を視野測定という[1]。この視野測定は Goldmann 視野計及び、ハンフリー視野計を用いて行われることが一般的である。しかしこれらの機器を用いた測定法では、見えているかどうかの判断が患者の自己申告に頼らざるを得ないことや、提示された光が見えにくく患者が難しいと感じたりストレスが大きいなどの問題点が挙げられる。そのため本研究では、人の視野内における対象光が見えているかどうかの２値ではなくどの程度の知覚が生じているかかという質的な側面において測定を試みる。

2. 方法

2.1 実験方法

人の視野内における対象物の見え方を定量的､かつ客観的に測定することを目的に以下の実験を行った。

被験者には頭部に電極(P3, P4, P7, P8, O1, 2)を装着し、静電シールドルーム内にて光刺激提示条件下で脳波を測定した。シールドルーム内では、10Hz で点滅する刺激画像（直径約 2 ㎝の点）を、両目にそれぞれ分けて提示した。刺激画像における点の位置は画面中央の点を０度（中心視）とし、周辺視野として画面中央から左右にそれぞれ 20 度、45 度、60 度、さらに画面中央から上下に 20 度、45 度とし、ランダムにそれぞれ 45 回ずつ提示した。

2.2 解析方法

画像の提示前 250ms から、提示後 350ms までの脳波を記録した。記録された脳波は、それぞれの刺激点ごとに 45 回の加算平均を行い、そのデータをもとにグラフの作成を行った。

3. 実験結果

実験から得られたデータからグラフの作成を行った。その１例を Fig. １に示す｡Fig. １に示したグラフの横軸は時間(ms)であり、０秒のタイミングから前後 100 ms間隔で刺激を提示しているため、グラフの中にいくつかのピークが現れていることが見られた。さらに０から 100ms の間には、刺激画像ごとのグラフにおいてそれぞれピークが出現していることが観察できた。

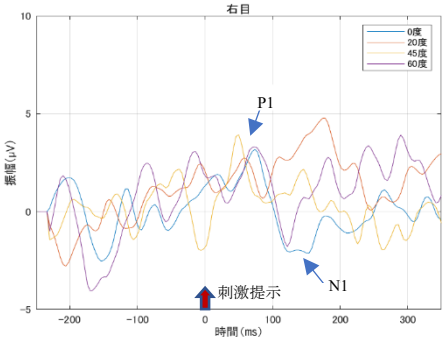


Fig.1　視覚誘発電位波形の例

4. 考察及び今後の展望

P1-N1 の形状に着目すると(Fig1 参照)、この例では周辺視野の場合に振幅が減少している傾向が見られた。このことから、周辺視野への光刺激は、神経系への刺激強度が相対的に小さいと思われ、振幅の低下と関連しているとも考えられる。

今後は被験者を増やしてさらに詳細に報告する予定である。

4. 参考文献

[1]松本長太　「視野計測とその進歩」　近畿大医誌(med j kinki univ)第３７巻 3, 4 号 101～106　2022

視野上の刺激提示位置と視覚誘発電位の関連性について

＊山崎大輝（東海大、医用生体工）、安藝史崇（東海大、医用生体工））、木村達洋（東海大、文理融合）、
＊＊山崎清之（東海大、医用生体工）

1. 実験背景

ヒトの視野は従来、片目で一点を見つめた時の範囲であると言われており一定の角度（有効視野）内における見え方の検査を視野測定という[1]。この視野測定は Goldmann 視野計及び、ハンフリー視野計を用いて行われることが一般的である。しかしこれらの機器を用いた測定法では、見えているかどうかの判断が患者の自己申告に頼らざるを得ないことや、提示された光が見えにくく患者が難しいと感じたりストレスが大きいなどの問題点が挙げられる。そのため本研究では、人の視野内における対象光が見えているかどうかの２値ではなくどの程度の知覚が生じているかかという質的な側面において測定を試みる。

2. 方法

2.1 実験方法

人の視野内における対象物の見え方を定量的､かつ客観的に測定することを目的に以下の実験を行った。

被験者には頭部に電極(P3, P4, P7, P8, O1, 2)を装着し、静電シールドルーム内にて光刺激提示条件下で脳波を測定した。シールドルーム内では、10Hz で点滅する刺激画像（直径約 2 ㎝の点）を、両目にそれぞれ分けて提示した。刺激画像における点の位置は画面中央の点を０度（中心視）とし、周辺視野として画面中央から左右にそれぞれ 20 度、45 度、60 度、さらに画面中央から上下に 20 度、45 度とし、ランダムにそれぞれ 45 回ずつ提示した。

2.2 解析方法

画像の提示前 250ms から、提示後 350ms までの脳波を記録した。記録された脳波は、それぞれの刺激点ごとに 45 回の加算平均を行い、そのデータをもとにグラフの作成を行った。

3. 実験結果

実験から得られたデータからグラフの作成を行った。その１例を Fig. １に示す｡Fig. １に示したグラフの横軸は時間(ms)であり、０秒のタイミングから前後 100 ms間隔で刺激を提示しているため、グラフの中にいくつかのピークが現れていることが見られた。さらに０から 100ms の間には、刺激画像ごとのグラフにおいてそれぞれピークが出現していることが観察できた。

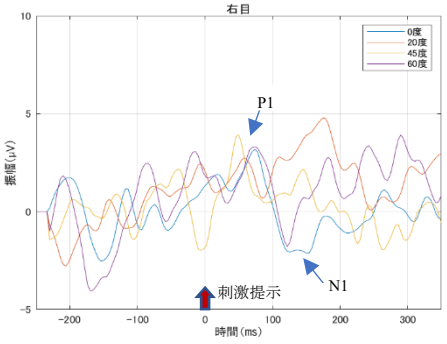


Fig.1　視覚誘発電位波形の例

4. 考察及び今後の展望

P1-N1 の形状に着目すると(Fig1 参照)、この例では周辺視野の場合に振幅が減少している傾向が見られた。このことから、周辺視野への光刺激は、神経系への刺激強度が相対的に小さいと思われ、振幅の低下と関連しているとも考えられる。

今後は被験者を増やしてさらに詳細に報告する予定である。

4. 参考文献

[1]松本長太　「視野計測とその進歩」　近畿大医誌(med j kinki univ)第３７巻 3, 4 号 101～106　2022

手の動作による運動関連電位と NIRS の関連性

＊リーラシリ　プワデ（東海大・院・医用生体工学専攻）、安芸史崇（東海大・医工学科）、　木村達洋（東海大・文理融合）、大島浩（東海大・医工学科）、＊＊山崎清之（東海大・医工学科）

1.はじめに

近年、障碍者のための日常生活動作支援のみならず、健常者においても機械システムを操作するチャンネルの増設として brain-machine interface (BMI)への関心が高まっており、ロボットアームのなどの機器を動かす研究が行われている。しかし、体外の機器制御に用いる脳波などの生体情報には個人差や利用者の体調、心身の状態による内部要因の変動などによって操作に誤差が生じる。本研究では BMI の制御をより確実なものとするために、EEG と NIRS[1]を併用し、相互の関連性や利点欠点を検討するために、手の動作を課した計測を行った。

2.実験方法

2.1 実験方法

20 代の健常者男性 8 名、女性 1 名を対象に実験を行った。脳波はサンプリング周波数を 250Hz とし、電極は国際 10－20 法に基づき F3,F4,Fz,C3,C4,P3,P7 に装着し[2]、両耳朶 A1,A2 を基準に測定した。簡易型 NIRS（HOT-2000）は両側前額部に装着し[3]、サンプリング周波数を 10Hz に設定した。被験者にストップウォッチを見せ、一桁が 1－5 秒を休憩とし、6－0 秒を課題開始時間とした。行動時間には被験者の意思でボタンを押させた時点をトリガーとして、左手と右手でそれぞれ 50 回ずつ握った際の運動関連電位と脳血流量を分析した。

2.2 分析方法

2.2.1 脳波の分析方法

トリガーの-1100ms から-100ms までのデータを 50 回加算平均行った後 0.1 秒ごとの増加量と 1 秒間の増加量を足し算し、その特徴量で脳活動の左右差率という Laterality Index を計算した。

2.2.2 NIRS の分析方法

NIRS は左右の脳血流量の変化を比較するために、MATLAB で検出されたトリガーのピークを使い、トリガーの前-1000ms から後 1000ms までの値と安静時の値を加算平均した。左右の差を明確するためシーソーグラフで示した。

3. 結果

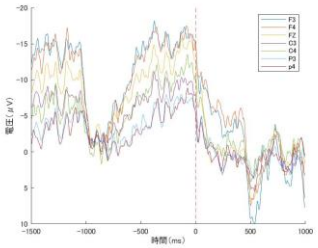


Fig.1 左側運動関連電位の検出

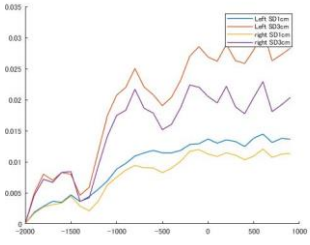


Fig.2 左側脳血流量の変化

実験より得られた被験者 9 人のデータの Laterality Index と脳血流量を被験者ごとに比較した。また代表例として被験者 2 のデータを例示して比較した。Fig.1 と Fig.2 によって運動関連電位と脳血流量には特異的な変化を観察することができた。Laterality Index の左右の比較するグラフを Fig.3－4 に示し、の左右の比較するグラフを Fig.5－6 に示した。表 1 によって脳波では前頭部以外は顕著に対側優位性を確認することができなかった。一方、脳血流量に関しては左手動作の時に右脳血流量が増加し、右手動作の時に左脳血流量が増加した。

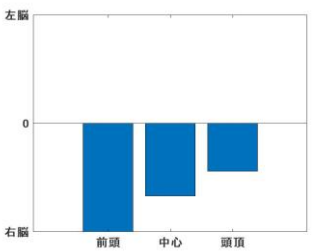


Fig.3 左手動作の Laterality Index

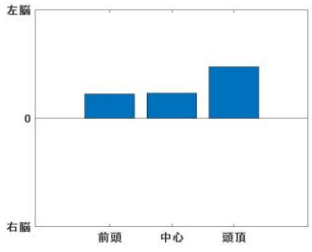


Fig.4 右手動作の Laterality Index

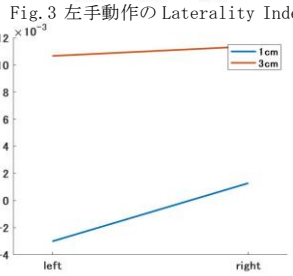


Fig.5 左手動作における脳血流量

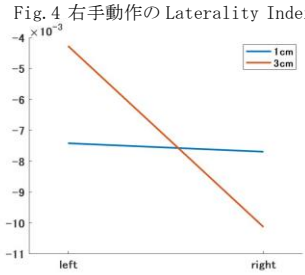


Fig.6 右手動作における脳血流量

表 1. 左右差における EEG と NIRS の正確率

	EEG			NIRS	
	F	C	P	1cm	3cm
正確率	7/9	4/9	3/9	8/9	5/9

4. 考察

Fig.1 の波形から運動関連電位を確認することができたが、Laterality Index を求めると前頭部以外は左右差を認められなかった。しかし、同時に測定した脳血流量は動作側との対側優位な関係がみられた。Roland et al.の研究結果[4]と同様の結果が得られ、動作の際にデータが前頭部で処理されてから運動野に送られることが確認できた。これらの対側優位性は動こうとする際に脳が前頭部で信号を処理してから運動野に送られることを確認した。また、運動関連電位は明瞭に出現したが、対側優位性は比較的不明確であった。このことは、利き手の影響が排除できないため、今後の検討課題といえる。一方、脳血流変動は、反応が緩やかであり、動作やその起始点の正確な特定には困難があると思われる。そのため、これらを併用することで左右の動作の検出精度の向上が期待できる。

5. 参考文献

[1]Sung Ho Jang, Woo Hyuk Jang et al. Journal of NeuroEngeneering and Rehabilitation 2014, 11:29

[2] Valerie Morash, Ou Bai el at. Clinical Neurophysiology 119 (2008) 2570-2578

[3] Han-Gue Jo, Thilo Hinterberger et al. Exp Brain Res (2013) 231:495-500

[4] P.E. ROLAND, B. LARSEN et al. Journal of Neurophysilogy Vol.43, No.1, January 1980.

圧力勾配スパッタリングによる室温域での AlN 薄膜の成膜と 3ω法による実用性評価

***長谷 匡高(東海大学大学院工学研究科)、**高尻 雅之(東海大学大学院工学研究科)**

1. 緒言

近年、IoT 化に伴う小型電子デバイスの需要が高まっている。これらの性能向上に向けて熱制御は課題であり、より高精度な熱伝導率測定手法が求められる。3ω法は薄膜など微小領域の熱伝導率測定手法として有用であるが、測定に用いる絶縁膜の熱伝導性に測定結果が依存する。従来は成膜が容易である点から低熱伝導性絶縁膜であるポリイミドが採用されることが多いが、測定値が低く見積もられる傾向がある。そこで本研究では高熱伝導性絶縁膜である窒化アルミニウム(AlN)に着目した。室温域で成膜することで試料へのダメージを最小限にしつつ、3ω法の測定精度を向上させる高熱伝導性絶縁薄膜の作成を目標とした。本研究のような高熱伝導性絶縁薄膜を室温付近で容易に作成することができれば、電子デバイスなど幅広い応用が可能と考えられる。

2. 実験方法

Ni 薄板および Cu 薄板(50×10×0.1t mm^3)をメタノールで基板洗浄後、圧力勾配スパッタリング(Pressure Gradient Sputtering : PGS、ケニックス社製)により AlN の成膜を行った。ターゲットは純 Al、雰囲気ガスは N_2 と Ar の混合ガス(混合比 3:7)を採用し、プラズマ発生時に Al が窒化することで AlN を得た[1]。その他の成膜条件は Table 1 に示す。従来 PGS 装置の試料-ターゲット間は 15 cm であるが、高さ調整台を用いてこの距離を縮めて反応性を高め、基板加熱を伴わずに十分な膜厚が得られるよう検討した。膜厚測定は Dektak(Bulker 社製)により行った。また、導電性評価は四探針比抵抗測定装置(RT-70 V、Napson 社製)により行った。

Table 1. Deposition conditions for PGS

Deposition time (min)	Gas flow rate (sccm)	Applied power (W)
120	20	100

3. 結果および考察

Table 2 に高さを変化させた際の膜厚、絶縁性の有無について示す。高さを 10 cm 増した試料において絶縁を確認し、5 cm 増した試料では部分的に絶縁を確認した。また、高さを増すごとに同じ成膜時間で膜厚が増加している。これは任意に高さを調節したことで Al スパッタ粒子の平均自由行程が改善された点が膜厚に大きく影響したためと考えられる。5 cm の試料では膜厚が不十分であった可能性があり、十分な膜厚が得られた 10 cm の試料で良好な絶縁性が確認されたと考察する。

Fig. 1 にポリイミドと AlN の熱伝導率測定結果を示す。今回熱伝導率を測定した材料は Bi_2Te_3 であり、熱伝導率の理論値は 1.5 W/(m·K)である[2]。結果を比較すると AlN を絶縁膜に採用した試料の方が良好な一致を示していることがわかる。また、ポリイミドの熱伝導率と比較して AlN の測定値の方が安定している。膜質の制御性が良好である点やポリイミドよりも理論値に近い値で測定が可能な点において、本研究の AlN が 3ω法で実用的であることが示された。

Table 2. Film thickness and insulation properties at varying heights

Height (cm)	Thickness (nm)	Insulating
0	78.2	×
5	362.4	△
10	861.0	○

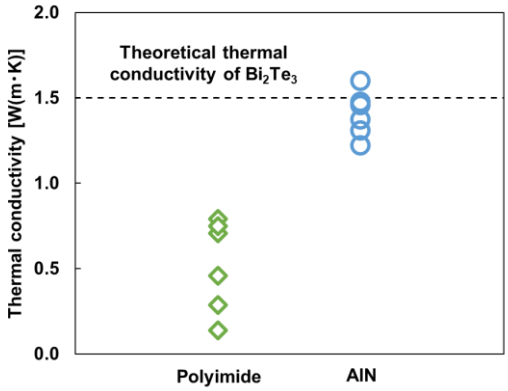


Fig. 1. Comparison of thermal conductivity by 3ω method

4. 参考文献

(1) 原口 謙吾, 2020 年度九州工業大学卒業論文
(2) K. Miyazaki, Netsu Sokutei 43 4 (2016) 137-141

5. 謝辞

本研究の遂行にあたり、PGS 装置を供与して頂きましたケニックス株式会社様ならびに分析装置を供与して頂きました東海大学研究推進部技術共同管理室に深く感謝申し上げます。

フレキシブル基板上のスパッタ膜の PV-Flexo 効果による発電

***高田悠平（東海大学材料科学科）、小森貴文（東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻）**

****高尻雅之（東海大学材料科学科）**

1. 研究背景

近年、通信機器の小型化に伴い、IoT(Internet of Things)技術に注目が集まっている。IoT 器機では、独立した電源が求められる。電源として、僅かな温度差から電力を得ることのできる熱電材料が挙げられる。薄く、曲げることのできる熱電材料の開発は、IoT 器機のさらなる普及に貢献できる。

本研究では、接合部を持たない材料バルクにおいて自発的な自然分極が発生する bulk photovoltaic 効果に着目した。これは非中心対称な空間にある結晶格子を持つ材料にみられる効果である。実験では、スパッタリング法を用いて成膜する薄膜に応力を加え、結晶構造が変化した薄膜を成膜し効果の発生を確認する。スパッタリング中と起電力測定時、それぞれに薄膜に曲げを加え、曲げが発生電圧に与える影響を調べた。

2. 実験方法

試料に応力を加えるため、土台を 3D プリンタから作成した。土台中央の径が 20 mm の山型・谷型と平型を作成した。カプトン基盤を 20 mm×40 mm に切り取り後土台に載せ、スパッタリング装置にてターゲット材料 $Bi_{32}Te_{68}$ を使用し、成膜した。さらに基盤を熱処理した。

試料作成後、構造評価と性能評価を行った。構造評価として、XRD から結晶性の確認を行った。山型・谷型・平型土台で成膜した試料を、それぞれ試料 a,b,c とした。性能評価として、ゼーベック係数と光照射時の発生電圧を測定した。光照射時の発生電圧測定では、山型土台で成膜した試料を谷型土台（条件 1)、谷型土台で成膜した試料を山型土台(条件 2)、平型土台で成膜した試料を平型土台(条件 3)にそれぞれ載せた。測定時間全体は 300 秒、120 秒後から 300 秒まで光照射を行い、発生電圧を測定した。

3. 実験結果

図 1 に XRD の測定結果を示す。平型の土台を用いた試料と比べ、ピークの位置が異なり結晶格子の変化が確認できた。図 2 に光照射下における発生電圧の測定結果を示す。すべての試料で光を照射した 120 秒後から発生電圧が確認できた。結晶格子が伸びていると考えられる試料が、最も発生電圧が高かった。

4. 参考文献

1) Bruno Lorenzi, Yoighiro Tsurumaki, Akihiro Kobayashi, Masayuki Takashiri, and Sverlana V. Boriskina. “Self-powered broadband photo-detection and persistent energy generation with junction-free strained Bi2Te3 thin films,” (2020).

2) Yucong Liu, Jiadong Chen, Chao Wang, Huiyong Deng, Da-Ming Zhu, Gujin Hu, Xiaoshuang Chen, and Ning Dai, “Bulk photovoltaic effect at infrared wavelength in strained Bi2Te3 films,” (2016).

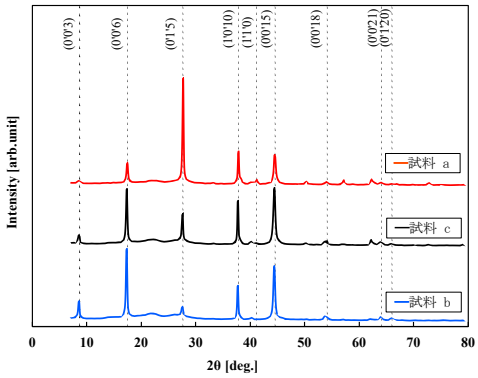


図 1　XRD の回折パターン

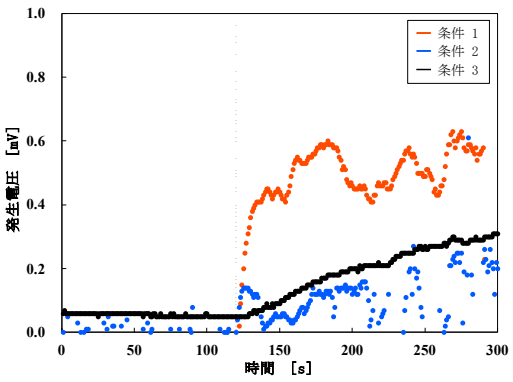


図 2　光照射時の発生電圧

圧力勾配型スパッタリング法を用いた Bi-Sb-Te 系薄膜の熱電性能特性の評価

***小森貴文（東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻）、長谷匡高（東海大学大学院工学研究科応用理化学専攻）**

****高尻雅之（東海大学材料科学科）**

1. 研究背景・目的

モノのインターネットと呼ばれる IoT(Internet of Things)は、あらゆる機器をインターネットに接続することで情報交換および相互制御を可能とする。将来の Society5.0 を支える自立電源型無線センサーに身近に存在する熱を電気に変換できるため、熱電変換技術が注目されている。熱電材料として低温域では、n 型半導体は Bi_2Te_3、p 型半導体は $Bi_{0.5}Sb_{1.5}Te_3$ が用いられている。

本研究では圧力勾配を設けたスパッタリング法を用いて薄膜を成膜する。成膜するターゲットとして Bi、Sb、Te の合金を 5 種類用意した。それぞれの組成比ごとの構造評価や性能評価することで、p 型半導体から n 型半導体への推移や薄膜の膜質向上を目的とした。

2. 実験方法

圧力勾配型スパッタリング装置(ケニックス社製)を用いて試料作製を行った。基板はガラス基板を使用した。ターゲット($Bi_{28}Te_{72}$、$Bi_{24}Sb_{13}Te_{62}$、$Bi_{16}Sb_{22}Te_{62}$、$Bi_8Sb_{32}Te_{62}$、$Sb_{40}Te_{60}$)の条件を変え、成膜実験を行った。その後に熱処理を行った。アニール条件として、Ar＋H_2(5%)混合ガス中で 300℃の 1 時間保持で行った。

試料作製後、構造特性として XRD(X-ray diffraction)による結晶構造を評価した。熱電特性として、電気伝導率とゼーベック係数を測定した。

3. 実験結果および考察

Fig. 1 に各条件における、X 線の回折パターンを示す。組成比が SbTe から BiTe に変化していくごとに結晶面の変化が確認できた。今回使用した成膜装置ではターゲットと基板との距離が遠く、原子量の差によって結晶面に差が生じたと考えた。Fig. 2 に各条件における、ゼーベック係数、電気伝導率の結果を示す。2 元系の試料は電気伝導率が高く、3 元系の試料はゼーベック係数が高くなった。試料内の元素の種類が多くなると抵抗値が高くなり、伝導率が低くなったと考えた。またゼーベック係数は最適なキャリア濃度が得られた 3 元系試料の性能が向上したと考えた。

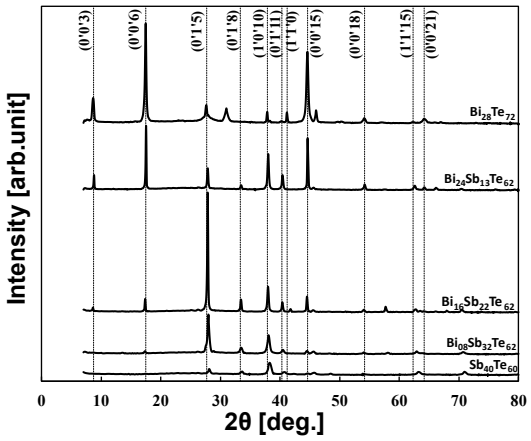


Fig. 1 組成比ごとの X 線の回折パターン

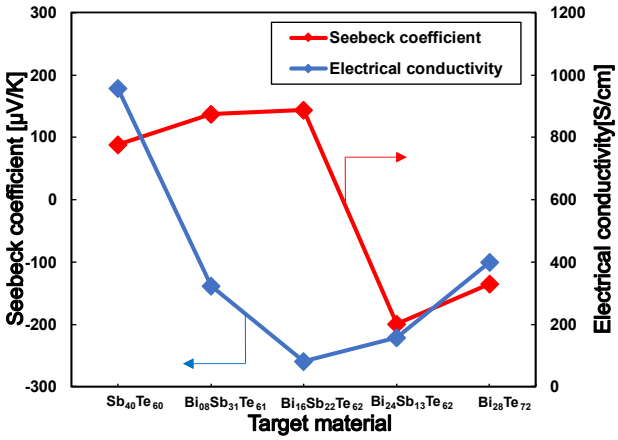


Fig. 2 組成比ごとのゼーベック係数と電気伝導率

フレキシブル基板上 Pd 膜の水素吸蔵特性に関する研究

***吉田 剛（東海大学大学院工学研究科）、松村 義人（東海大学大学院工学研究科）、源馬 龍太（東海大学大学院工学研究科）、**内田ヘルムート貴大（東海大学大学院工学研究科）**

１． 背景および目的

近年、スマートフォンや、パソコンなどの電子機器が生活に欠かせないものとなっている。その中で、フレキシブル基板は、小型軽量かつ落としても割れにくいという特性があり、様々な電子機器に用いられている。工業的には薄膜とすることで材料費が節約できるという利点もあり、電子基板などにも応用される一方で、学術的には基板に密着する薄膜は面内方向に拘束される結果、Ni が六方晶構造になる場合があるなど[1]、熱力学的に特異な現象を示す。薄膜への水素吸蔵現象も例外ではなく[2]、基板からの応力が水素吸蔵特性に影響を及ぼすことは知られている[3]。基板との密着性が悪い場合は、水素吸蔵する金属薄膜が剥離するバックリング現象も知られ[4]この兆候を早期に確認できると充電池電極の劣化過程のモニタリングなど重要な応用技術となりうるが、検知が難しい。そこで本研究では、再現性のある薄膜と基板の組み合わせとしてポリイミド(PI)基板上に水素吸蔵材料であるパラジウム(Pd)を成膜し、Pd 薄膜に電気化学的手法を用いて水素負荷処理を行い、水素雰囲気にさらされた時の膜に対する影響を確認することを目的とする。

２． 実験方法

PI 基板上にマグネトロンスパッタリング法を用いて成膜した Pd 膜に対し、電気化学的に水素負荷処理を行った。水素負荷処理の際に用いた装置のセットアップ概要図を Fig.1 示す。電極に対して正極に Au ワイヤー(純度 99.95 at.%)を、負極に溶液にパラジウム薄膜が浸るように試料を接続した。また、Ag/AgCl 参照電極と KCl 溶液を容器にセットし、リン酸とグリセリンの混合溶液と塩橋でつないだ。試料は、白色干渉顕微鏡(NIKON 製 BW-S507)を用いて膜厚を測定した。水素濃度の算出には、Faraday の式[5]を用いた。試料中の水素濃度 C_H は、導入された水素原子の数n_Hと Pd 原子の数n_{Pd}の比率で表せる。

$$C_H = \frac{\Delta n_H}{\Delta n_{Pd}} = \frac{ItM}{F\rho V} \quad (1)$$

ここで、F はファラデー定数(96500[C/mol])、I 及び t は、それぞれ水素処理を行った時の電流[A]及び印加時間[s]である。また、 ρは Pd の密度[g/m^3]、Vはリン酸水溶液とグリセリンの混合溶液に浸った Pd 薄膜の体積[m^3]、M は Pd の原子量[g/mol]である。

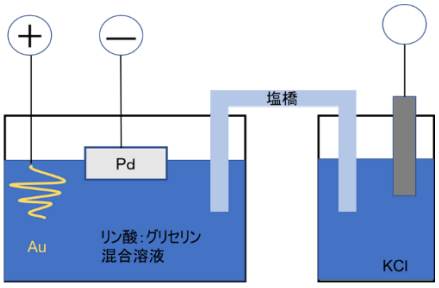


Fig.1 水素ローディング（EMF 測定）のセットアップ

３． 結果

Fig.1 のセットアップで膜厚 85nm の Pd 薄膜に対して水素負荷処理を行い、式(1)を用いて算出した試料の水素濃度を横軸に、平衡 EMF 計測値を縦軸にとりプロットしたグラフを Fig.2 に示す。図中で黄色い矢印の範囲で 2 相共存領域(プラトー領域)が確認され、その値は 1.30×10^{-1}V 付近であった。

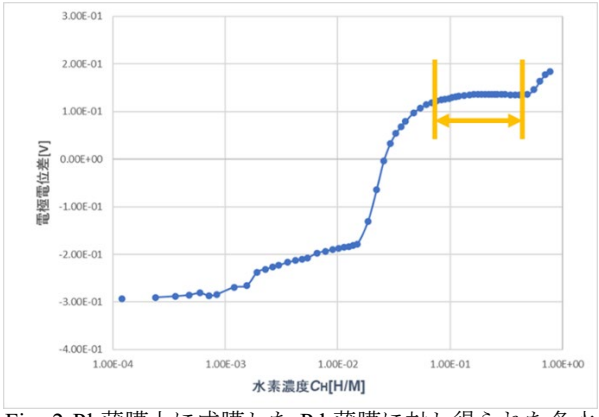


Fig. 2 Pl 薄膜上に成膜した Pd 薄膜に対し得られた各水素濃度における平衡 EMF ポテンシャル曲線

４． 考察

金属薄膜の水素ローディング処理においてのプラトー領域が発生した場合、基板からの影響によりプラトー領域に勾配が生じるという報告があるが[5,6]、本研究では水素導入の過程途中からプラトー領域が水平に出現していることが確認された。また、その平衡ポテンシャルの値はバルク Pd で計測されている先行研究から予測される値である 0.105 V [7]よりも高く、基板からの拘束応力の影響はあるものと判断される。これはすなわち，薄膜がすでに基板から目に見えない範囲で剥離しこれが進展を続けており、基板からの応力の影響が低減されたことに起因すると考えられる。この剥離の進行をアコースティックエミッション(AE)により検出[8]が出来るかについて、現在は確認を行っているところである。

参考文献

[1] S.M. Zharkov *et al.*, *Phys. Metal. Metallogg. C* (*C. Fiz. Metallov. Metalloved.*, **81**, (1996), 328-330.
[2] A. Pundt and P. Pekarski, *Script. Mater.* **48**, (2006), 419 - 423.
[3] S. Wagner *et al.*, *Script. Mater.*, **64**, (2011), 978 - 981.
[4] J. Kürschner *et al.*, *J. Alloy. Comp.*, **593**, (2014), 87-92.
[5] R. Kirchheim, *Prog. Mater. Sci.*, **32**, (1988), 261-325.
[6] 釜崎　清治,「水素吸蔵合金薄膜」,表面技術 45 巻 12 号,(1994),1198-1202
[7] H. Frieske and E. Wicke, *Ber. Bunsengesell. Phys. Chem.*, **77**, (1973), 48-52.
[8] J. Cizek *et al.*, *Procedia Engineering*, **1**, (2009), 99-103.

スパッタ法により形成した酸化チタン薄膜を用いた結晶シリコン太陽電池の開発

＊山崎 航（東海大学工学研究科電気電子工学専攻）、久瀬 登雲（東海大学工学研究科電気電子工学専攻）、金子 哲也（東海大学工学科電気電子工学科）、＊＊磯村 雅夫（東海大学工学科電気電子工学科）

1. 研究背景と目的

酸化チタン（TiO_2）は優れた透過性を有しており、3.2 eV と広いバンドギャップを持つことから太陽電池の電子選択層としての活用が期待されている。本研究では有毒なガスを使用せず、比較的低温なプロセスで成膜が可能なスパッタ法により TiO_2 薄膜を成膜し、結晶シリコン太陽電池を作製している。高効率なセルにするためには、結晶シリコン基板と金属電極との間でオーミック接触を作る必要がある。このため今回は、オーミック接触の形成に最適なアニール温度の調査を目的として検討を行った。

2. 実験方法

p 型結晶シリコン基板の自然酸化膜を 3%のフッ化水素酸水溶液で除去したのち、基板裏面一面に真空蒸着装置を用いて Al 電極を蒸着した。その後、大気雰囲気中にてアニール処理を 30 分間、温度を 200℃、300℃、400℃と変化させて行った。続いて基板表面に rf マグネトロンスパッタリング法により膜厚 10 nm の TiO_2 薄膜を形成し、連続してスパッタにより酸化インジウムスズ（ITO）薄膜を成膜した。その後、真空蒸着装置を用いて基板表面に櫛形の Al 電極を蒸着させた。ソーラーシミュレータを用いて光照射した状態で電流電圧（*I-V*）特性を測定し、太陽電池性能の評価を行った。

3. 実験結果と考察

図 1 にそれぞれ 200℃、300℃、400℃でアニール処理をした試料の光照射時の電流電圧特性を示す。いずれも発電することが確認できた。アニール温度 300℃の試料はオーミック接触が確認できたのに対し、他二つの試料は電流が 0 mA の付近で傾きが小さく高抵抗な状態となっていることからショットキー接触が形成されている事が示唆される。ショットキー障壁の高さは接合界面の状態に非常に敏感であるため、アニール処理温度に応じて異なる反応が起きたことに起因する可能性が考えられる。今回の実験では 300℃の試料がオーミック接触、発電効率ともに最良の結果となったが、その詳細はさらなる検討が必要である。

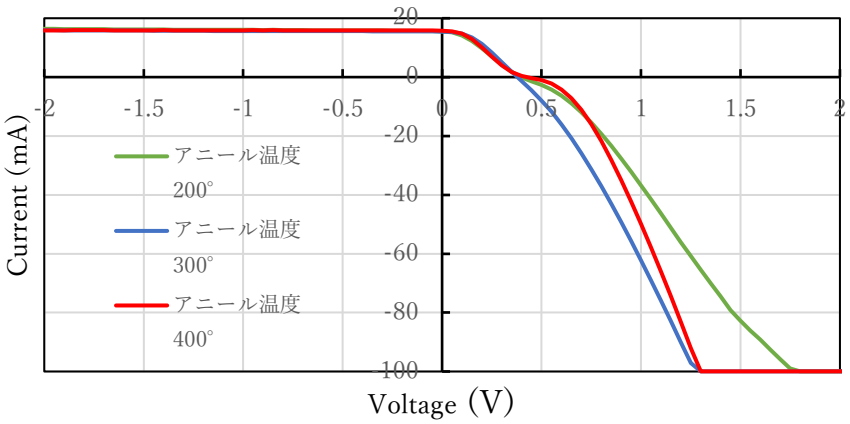


図 1．光照射時の電流電圧特性

ヨウ素エタノール溶液で形成したヨウ化銅薄膜中のヨウ素ー銅組成比の評価

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

1.　研究目的・背景

本研究で使用するヨウ化銅(CuI)は、p 型の透明半導体の特性を持ち、作成が容易かつその作成過程で有毒な物質を使用しないため安全に作成することができる。さらに、高い正孔移動度を持つなどの利点がある。これまでヨウ素エタノール溶液に浸漬して作成するヨウ化銅薄膜では、実際に膜中にヨウ素(I)と銅(Cu)がどのような組成比で存在しているヨウ化銅が出来上がっているかについては明らかになっていなかった。そこで本研究では、反応後のヨウ化銅の膜中にヨウ素と銅がどのような割合で分布しているかを調査した。合わせて、成膜時間を変えて膜厚を変更することによる、CuI 薄膜の組成比への影響を調査した。

2.　実験方法

ガラス基板(無アルカリ)上に、RF マグネトロンスパッタリング法で電力 40 W、圧力 1 Pa、Ar:N_2 ガス比 1:1、ターゲット-基板間距離 15 cm、成膜時間 15、30、45 min の条件で窒化銅 (Cu_3N) 薄膜を作成した。その Cu_3N 薄膜を、5 mmol/L 濃度のヨウ素エタノール溶液を使って、CuI への反応処理を反応時間 60 min の条件で行った。CuI 薄膜の膜厚は、15 分から順に平均 344.7 nm、394.6 nm、455.3 nm となった。次に、作成した CuI サンプルを XPS により表面数十 nm に存在する元素を特定、定量分析を行った。また XRF を使用し、XPS では分析範囲外となる膜中全体の元素を特定し、定量分析行った。さらに、励起波長を 370 nm として PL スペクトルの測定を行った。

3.　実験結果・考察

図 1 に、Cu_3N 薄膜の成膜時間に対する CuI 薄膜中の Cu 組成比を示す。図 1 より、XRF での分析結果から内部において Cu の組成比が表面に比べて高いことがわかった。しかし、XPS では成膜時間に関係なく大きく組成比が変わることはなかった。このことから、CuI 薄膜の表面においては成膜時間によらず I が過多な CuI ができていると考えられる。図 2 に、成膜時間に対する規格化した PL スペクトルを示す。図 2 より、スペクトルの形状は基本的に成膜時間よって大きく変わることはなかったが、成膜時間が長いほど約 410 nm 付近のピークが増大していることが分かった。今回 PL 測定に使用した励起光は CuI 薄膜の表面付近で吸収されるため、PL スペクトルは試料の表面近傍の状態を反映していると考えられる。したがって、3 つのスペクトルに大差がなかったことは、図 1 中で表面付近の組成比を表す XPS の結果と同様に、CuI 薄膜の表面状態は膜厚によらずにおおむね一定であることを示しているものと考えられる。

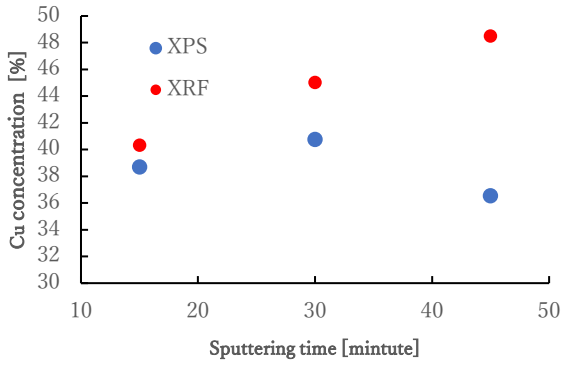


図 1 成膜時間に対する銅の比率

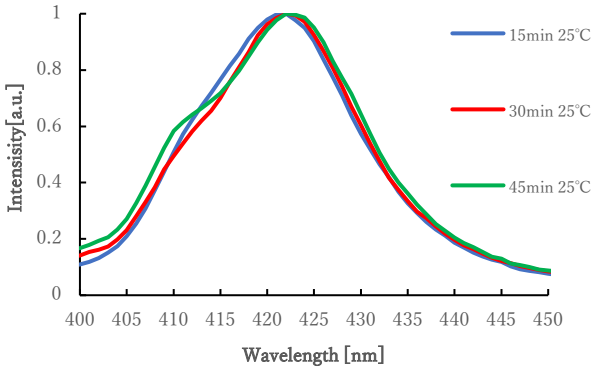


図 2 成膜時間に対する蛍光波長の PL スペクトル

ヨウ化銅薄膜上に形成した金属電極の安定性に関する評価

***菊地　哲平(東海大学工学部電気電子工学科)、史　航（東海大学工学部電気電子工学科)、王　孟陽(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．研究の背景・目的

ヨウ化銅(CuI)はｐ型の透明半導体であり、高い正孔移動度を持つ上に、作成過程で有毒な物質を使用しないなどの特徴がある。また、日本は世界第 2 位のヨウ素輸出国であり、自国での生産が可能という利点がある。これらの特徴を有するヨウ化銅を太陽電池へ応用することを目的とし、我々はヨウ化銅薄膜の特性評価を行ってきた。電気特性の調査を行うためヨウ化銅薄膜上に金属電極を作成し、評価をおこなったところ抵抗率に経時変化が見られた。抵抗率が変化してしまう原因は、ヨウ化銅薄膜自体の経時変化ではなく金属電極との反応によるものではないかと推測される。金属電極が安定して機能しなければ、ヨウ化銅薄膜の電気特性が正しく評価できないことになる。そこで本研究では、抵抗率の変化の原因を明らかにするため、ヨウ化銅薄膜上に形成した金属電極の安定性に関する調査を行った。

２．実験方法

ガラス基板(無アルカリ)上に、RF マグネトロンスパッタリング法で電力 40 W、圧力 1 Pa、Ar:N2 ガス比 1:1、ターゲット-基板間距離 17 cm、成膜時間 45 min の条件で窒化銅（Cu_3N）薄膜を作成した。その Cu_3N 薄膜を、5 mmol/L 濃度のヨウ素エタノール溶液を使って、CuI への反応処理を行った。反応の際はペルチェ温度コントローラ VPE-20 を用いて温度制御し、45℃、反応時間 60 min の条件で行った。形成された CuI 薄膜の膜厚は 699 nm である。CuI 薄膜上にアルミニウムを抵抗加熱による真空蒸着を行い、アルミニウム電極を作成した。以上の条件で作成した CuI 薄膜上にアルミニウム電極を持つ試料を用い、抵抗率を算出して評価した。

３．実験結果・考察

図１に、金属電極にアルミニウムを使用して CuI 薄膜の抵抗率を算出した結果の経時変化を示す。図 1 より、日数の経過とともに抵抗率の計算値が低下する現象が見られた。これはアルミニウムとヨウ化銅薄膜表面のヨウ素が反応し、ヨウ化物を形成したために生じた変化の可能性がある。以上のように、ヨウ化銅薄膜上ではアルミニウム電極は安定した電極として機能しておらず、ヨウ化銅薄膜自体の抵抗率を正しく評価できていないものと考えられる。本発表では、電極材料を銀に変更して電極を形成した検討結果についても合わせて報告を行う。

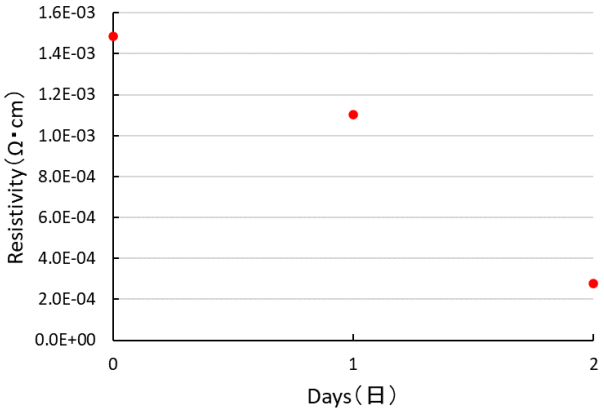


図 1. CuI 薄膜の抵抗率評価用にアルミニウム電極を使用した場合の抵抗率計算値の経時変化

クラシックギターの各種弦の音色の分析

***田中萩乃（神奈川工科大学大学院工学研究科電気電子工学専攻）**

****板子一隆（神奈川工科大学大学院工学研究科電気電子工学専攻）**

1. まえがき

ギターは弦の種類によって音色が変わる。この音色の変化については、ギターの演奏経験者であれば誰でも感覚的にわかるという。したがって、本研究では「価格」、「素材」、「強度」がすべて異なるギターの弦を 3 種類用意し、弦の種類によってどのように音色が変化するのかを Semantic differential method (SD 法)を用いて調査を行うことで感覚的な違いを明確にした。また、弦の強度を示す指標として各弦の公称パラメータ値を用いて単位体積当たりの張力を計算し、さらに 3 種類の弦について FFT(Fast Fourier Transform)解析を用いてスペクトル比較を行った。最後に感覚評価である SD 法の結果と電気的評価である FFT 解析の結果にどのような関係があるかを検討した。

２．ギターの弦の種類

本研究ではナイロン弦、チタニウム弦、カーボン弦の 3 種類の弦を用いた。次に弦の強度を示す指標として各弦の公称パラメータ値を用いて単位体積当たりの張力を計算し、3 種類の弦の強度を評価する。この結果、1～3 弦はカーボン弦の強度が最も高くなった。一方、4～6 弦は 1～3 弦と傾向は同じであるが、その差は小さい結果となった。

3. SD 法による評価

クラシックギターにナイロン弦、チタニウム弦、カーボン弦を張り、音色を被験者(楽器経験者 7 名)に弾き比べてもらい評価を行った。その結果、チタニウム弦とカーボン弦はすべてのパラメータでナイロン弦を上回る結果となった。また係数 T より最も強度が高かったカーボン弦は「明るい」、「煌びやか」、「柔らかい」と回答する人が非常に多かった。

5. FFT による調波分析

次に、3 種類の弦の音色の違いについて FFT アナライザを用いて周波数スペクトルの比較を行った。プレーン弦(1～3 弦)の代表として 2 弦の実験結果を 3 種類の弦について図 1 に示す。同図から 1～3 弦では、ナイロン弦、チタニウム弦、カーボン弦と強度が高い順に 2 倍音成分が増加していくことが確認できた。また巻き弦(4～6 弦)ではどの弦においても周波数スペクトルに大きな差は見られなかった。このような結果の要因として、ギターの弦が 1～3 弦は単芯で作られているのに対し、4～6 弦は単心に金属を巻き付けた構造となっていることが関係していると考えられる。このような構造上の特徴から、4～6 弦は芯の材料成分よりそれを囲っている金属の影響が大きいため 1～3 弦と比較し大きな差が出なかったと推測される。

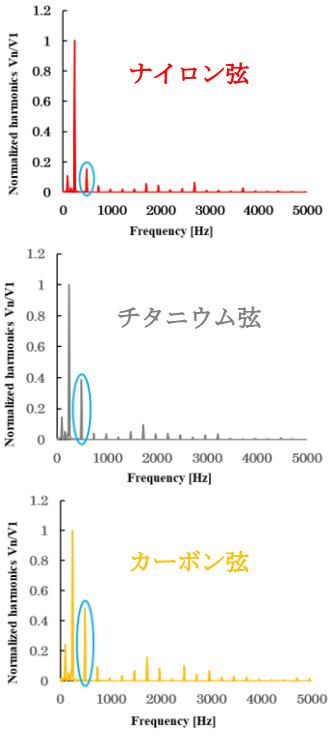


図 1　クラシックギターの 2 弦

4. あとがき

単位体積当たりの張力の計算と SD 法の評価、FFT による調波分析の研究結果から人間の聴覚で聞こえた「明るい」や「煌びやか」といった印象は、クラシックギターの弦の強度が高まることによる、2 倍音成分の増加が一つの要因であることが示唆された。

H - 02

クラシックギターのアルアイレ奏法とアポヤンド奏法の音色の分析

***田中萩乃（神奈川工科大学大学院電気電子工学専攻）**

町田光（神奈川工科大学電気電子情報工学科）　八幡秀斗（神奈川工科大学電気電子情報工学科）

****板子一隆（神奈川工科大学電気電子情報工学科）**

1. まえがき

筆者らは、これまで撥弦楽器の一つであるクラシックギターの音色の分析を行ってきた。

今回は、クラシックギターで主な奏法である「アルアイレ奏法」と「アポヤンド奏法」の音色の分析を行いそれぞれの違いを比較・検討する。ここで「アルアイレ奏法」は指で弧を描くようにして演奏することで優しい音を発し、和音などに有効な奏法である。「アポヤンド奏法」は弦を弾いた指を隣の弦の上にのせるように演奏することで力強い音を発し、単音のメロディに有効な奏法である。さらに、得られた知見から、より豊かな音色を発するための撥弦法について考察を行ったので、以下に報告する。

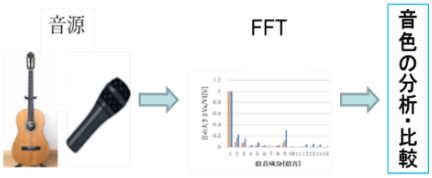


図　1　音色の分析の過程

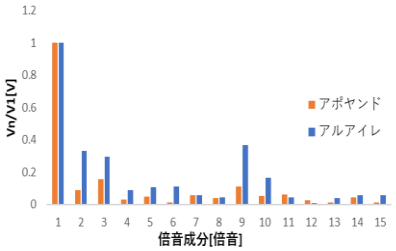


図 2　基音に対する倍音の大きさ（２弦）

２．実験結果

同じ条件下で、２奏法の音色を電気信号に変換し、FFT 解析により各倍音がどのように含まれているかの比較を行った。一例として２弦の各倍音を基音で正規化したグラフと各倍音の音の大きさのグラフをそれぞれ図２，図３に示す。図２より、アルアイレ奏法には倍音の成分が多く含まれていることが分かり、アポヤンド奏法ではアルアイレ奏法と比較して基音が２倍以上になることが分かる。他の弦においても基音が上回ることを確認している。

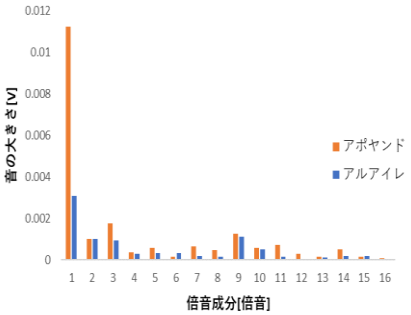


図 3　各倍音の大きさ（２弦）

そこで各奏法の弦の振動する方向に着目したところ、アルアイレ奏法は弦を流れるように弾くため水平に振動する成分が多く、アポヤンド奏法は指を押し込むように弾くため垂直に振動する成分が多い。（ここではギターのボディの表面板に沿った方向に振動する向きを水平方向と定義する。）そのため、ピックを用いてアルアイレ奏法に相当する水平（０°）、アポヤンド奏法に相当する垂直（９０°）、斜め（４５°）の方向にそれぞれ弾いた音の比較を同様に行った。その２弦での結果を図４に示す。同図より、水平方向の振動成分が多ければ多いほど音に含まれる倍音の割合が増え、逆に垂直成分が多ければ多いほど基音が大きくなることが分かった。

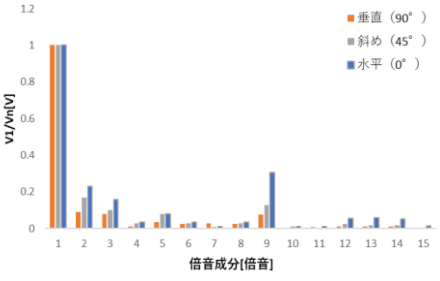


図　4　撥弦の振動方向による倍音の大きさ（２弦）

以上から、アルアイレ奏法は和音などを弾くときに、アポヤンド奏法は単音のメロディを弾くときに適していることが確認された。

また、図４から新しい奏法として弦を斜めに弾く撥弦法は、アポヤンド奏法の１音ずつしか弾けない弱点を補い、複数の音をアルアイレ奏法より強調して出すことができるので、演奏表現の幅が広がることが期待できる。

３．あとがき

以上のことから、アポヤンド奏法では基音が強調され、アルアイレ奏法では倍音が多く含まれる特徴が確認された。また、弦が振動する方向が音色の違いに影響を与える要因の一つであることが分かった。今後は、さらに弦を弾く位置による音色の違いなどを分析し、より豊かな音色のための撥弦法について明らかにしていく予定である。

需給・周波数制御シミュレーション用フライホイールモデルの作成

*三縄郁弥(東海大学大学院工学研究科電気電子工学専攻)　**石丸将愛(東海大学工学部電気電子工学科講師)

1. 研究背景・目的

脱炭素化に向け電力部門においては、再生可能エネルギー電源(以下再エネ)の主力化が求められているが、再エネの導入にあたっては需給平衡と周波数安定性の面で問題が懸念されている。近年、この解決策の 1 つの方法として、フライホイール蓄電システム(FESS:Flywheel Energy Storage System)の活用[1]が注目されているが、実電力システムに導入して有効性を検証することは難しく、多くの場合は計算機シミュレーションに基づいて検討されている。

本研究では、回転体の特性を考慮したフライホイールモデルを作成し、指令値の変化に応じて追従できるか検証する。

2. フライホイールモデルの作成

フライホイール蓄電システム(以下 FESS)の構成概要を Figure1 に示す。FESS は、電力系統と連系されており、系統周波数が変動すると電力変換装置を介して発電電動機への入出力が行われ、フライホイール(以下 FW)の入出力が制御されるようになっている。本研究では、需給・周波数シミュレーション用モデルとして利用できるよう、フライホイールの部分のみをモデル化した。

FW が蓄積するエネルギーは、FW 本体である回転体の質量、あるいは回転速度の二乗に比例して大きくなる[2]。この関係を、蓄積エネルギーE[J]、慣性モーメントJ[kg・m^2]、FW の角速度 ω[rad/s]とすると、(1)式のように表すことができる。

$$E = \frac{1}{2}J\omega^2[J] \qquad (1)$$

(1)式の両辺を時間tで微分することにより、FW の電力を(2)式で求めることができる。

$$P = \frac{dE}{dt} = J\omega\frac{d\omega}{dt}[W] \qquad (2)$$

これらの関係式より Figure2 に示す需給・周波数シミュレーション用のフライホイールモデル(以下 FW モデル)のブロック線図を作成した。本研究で使用する FW モデルの仕様は、文献[3]より中空円筒形であるものとし、それぞれ、出力±300[kW]、エネルギー容量 100[kWh]、慣性モーメント 2235[kg・m^2]とした。

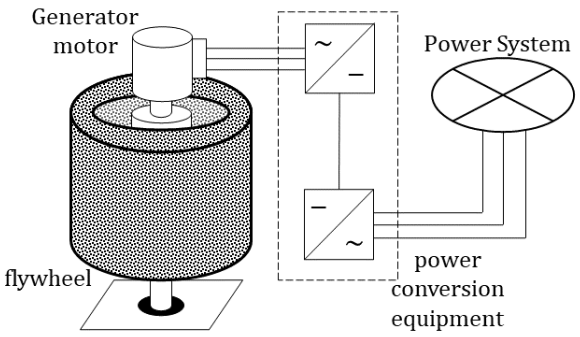


Figure 1 Flywheel Energy Storage System model

3. モデルの検証結果

作成した FW モデルに、出力指令信号を入力し出力を確認した。また、FW の蓄積エネルギー容量が下限値に達したときの動作について、リミッターを 49.7[kWh]に設定して確認した。Figure3 にステップ状の出力指令が入力されたときの FW モデルの出力(上段)と蓄積エネルギーの波形(下段)を示した。FW の蓄積エネルギー容量が下限値に達した場合には、出力が制限されていることを確認できた。また、信号が入力されてから約 1[s]で指令値に追従できることが確認できた。

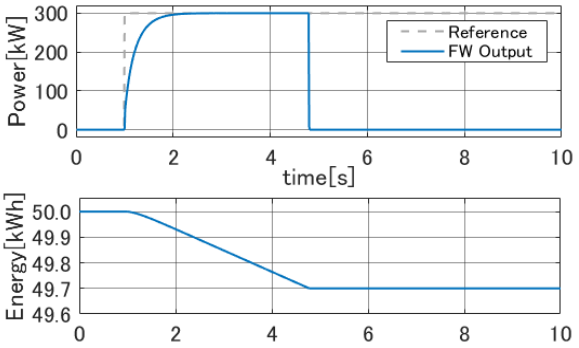


Figure 3 Response of Flywheel Output

4. まとめと今後の予定

本研究では、FW の回転体の特性に基づいて需給・周波数制御シミュレーション用の FW の動特性モデルを作成し、FW モデルが指令値の変化に追従できることを明らかにした。今後は、電気学会の AGC30 モデル[4]に導入し、周波数変動の抑制効果について検証をする。

[参考文献]
[1]「畜エネマシンレース」, 日経エレクトロニクス, 2021/12 号 P28～P70
[2]「電気学会大学講座　電動機応用工学」, 電気学会通信教育会, 電気学会(1975)
[3]「実証試験用超電導フライホイール蓄電装置の開発」　長谷川均　他　鉄道総研報告, Vol. 29, No. 11, pp. 41-46 (2015)
[4]「電力需給・周波数シミュレーションの標準解析モデル」, 電力需給解析モデル標準化調査専門委員会, 電気学会技術報告書, No. 1386(2016)

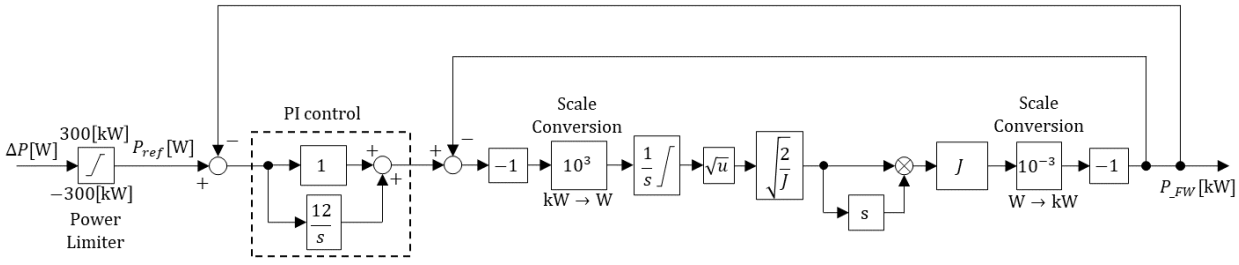


Figure 2　Block diagram of Flywheel model

H - 04

ディープラーニングによる画像診断支援の一提案

***澤田瑛平（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、長野翼（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、濵島大武（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、**土居二人（東海大学文理融合学部人間情報工学科）、**矢原充敏（東海大学文理融合学部地域社会学科）**

１．はじめに

昨今の人工知能（AI）技術の発展は著しく、自動的にデータから特徴を抽出する深層学習（ディープラーニング）を利用した画像認識システムが、様々な用途で使用されている。医療業界において、ディープラーニングを利用した画像診断システムの研究・開発が活発である。

本研究では、ディープラーニングを用いて医療における活用の可能性を模索するため、皮膚の病変の画像診断を対象として Neural Network Console（ソニーネットワークコミュニケーションズ（株））を用いて検討を行った。今回は、収集した画像を Neural Network Console に学習させ、構築したアルゴリズムを用いて判別を行った結果を報告する。

２．方法

３種類の皮膚病変部（尋常性ざ瘡、帯状疱疹、虫刺性皮膚炎：図 1）の画像を各 50 枚ずつ収集し、Neural Network Console にて構築した畳み込みニューラルネットワーク（CNN）を用いて学習した。

学習後、未学習の画像 30 枚を用いて学習の精度評価を行い、構築した畳み込みニューラルネットワークのアルゴリズムの検討行った。

図１　皮膚病変部

３．結果

畳み込みニューラルネットワークの構築に時間がかかり、抄録までに結果が間に合わなかったため、当日の発表にて報告する。

４．まとめ

精度を向上のために学習枚数を増やすこと、よりレイヤーを増やすことで学習能力の高いアルゴリズムの構築が期待される。今後、アプリと連携して病変部を撮影することで、迅速に診断が行えるシステムの開発に努めていきたい。

メタバースを活用した医療講義支援システムの開発

***山際琉斗（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、山川大貴（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、藤井響祐（東海大学基盤工学部医療福祉工学科）、**矢原充敏（東海大学文理融合学部地域社会学科）、**土居二人（東海大学文理融合学部人間情報工学科）**

1. はじめに

昨今、世界中の様々な企業が注目し事業を拡大しているサービスにメタバースがある。メタバースとは、新しい仮想空間におけるサービスのことである。例えば、ネットショッピングを仮想空間上で利用できるだけではなく、三次元で実際の商品を見るような感覚で買い物をすることができる。このようなサービスはグローバルに広がりをみせている。

本研究では、メタバースを用いた新しい講義の形の可能性を見出し、実用化に向けて検証と開発を行った。

2. システム構成

代表的なメタバースのプラットフォームは、Rec Room（Against Gravity 社製）、Cluster（クラスター株式会社製）、VR Chat（VR Chat 社製）などがあり、本研究では使用環境や使用用途に一番適していたプラットフォーム VR Chat を用いた。VR ゴーグルは、使用するプラットフォームに対応するものとして、Oculus Quest2（Meta 社製）、Oculus Rift S（Meta 社製）、HTC Vive（HTC 社、Valve Corporation 社製）、Valve Index（Valve Corporation 社製）がある。講義参加には Oculus Quest2 を用いた。講義参加のシステム作成には、ゲームエンジン（Unity、Unity Technologies 社製）を用いた。以下にその簡易的なシステム図を示す。（図１）

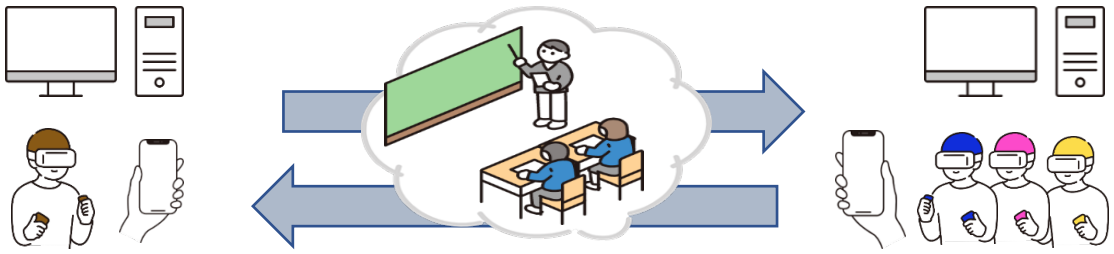


図１．メタバースを用いた講義システム

本研究では、VR Chat 上の講義室の video player に YouTube で公開した人工呼吸器に関する講義動画を投影し、必要に応じて講師が動画を一時停止して説明や質問などを行うことができるシステムにて実行した。

3. 結果

Oculus Quest2 を 2 台稼働させ、複数人での参画が可能となった。VR Chat は大学のネットワークでも支障なく稼働し、人工呼吸器の講義動画の再生、停止、質問、チャット機能などが問題なく使用可能であることを確認した。

4. 結語

メタバースによる講義システムが確立され、実用化されていくと、新型コロナウイルス感染症のような予測不能な事態に直面した場合に、オンライン授業の新たな形になり得ると考えられる。次のステップとして学生アンケートを取り、満足度や問題点などのブラッシュアップを行いながら、講義の遠隔支援に対する新しいシステムの提案を広く周知していく。

在宅酸素療法における人工呼吸器と液体酸素の併用による吸入酸素濃度の評価試験

＊山崎瑞円(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、鶴窪宇宙(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、熊野夏海(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、菱沼翼(東海大学基盤工学部医療福祉工学科)、木村達洋(東海大学文理融合学部人間情報工学科)、**矢原充敏(東海大学文理融合学部地域社会学科) 、**土居二人(東海大学文理融合学部人間情報工学科)**

1. はじめに

近年、慢性閉塞性肺疾患(COPD)の増加と共に、在宅酸素療法(HOT)の実施数が増加している。特に呼吸不全Ⅱ型の重度状態になると HOT と非侵襲的陽圧換気(NPPV)を併用するケースがある。先行研究を見ると、HOT は酸素濃縮装置を使用して NPPV を実施している。本研究では酸素濃縮装置の代わりに、HOT でも使用される液体酸素を NPPV と併用し、先行研究で得られた吸入酸素濃度（FIO_2）測定値との評価比較および検証を行うことにした。

2. 方法

人体の肺を模擬した肺シミュレータ（TTL モデル肺、ミシガン・インスツルメンツ社製）を用いて、左肺に在宅人工呼吸器（トリロジー、PHILIPS 社製）を接続し自発呼吸を模擬させた。また、COPD 肺を模擬させるため、右肺に在宅人工呼吸器（HAMILTON-C1、日本光電社製）を接続した（図１）。

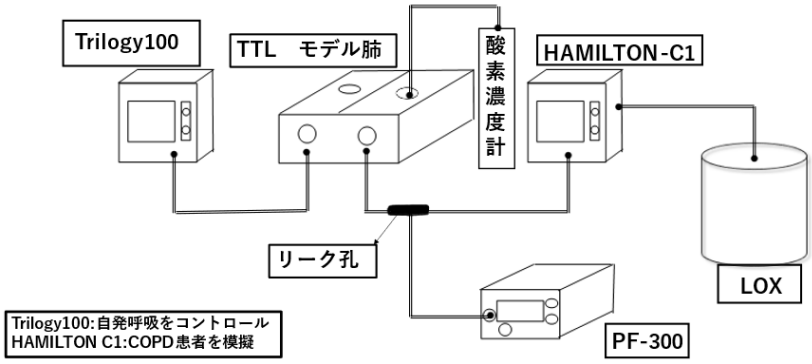


図１　回路図

人工呼吸器の１回換気量 100～500 mL の設定に対して、TTL モデル肺内の FIO_2値は酸素濃度計(マイサイン O_2、株式会社アイビジョン社製)を用いて計測した。また、呼吸器回路の途中から、人為的に 5、10 L/min をリークさせた。リーク量は、流量点検機器（フローアナライザ PF-300、IMT Analytics 社製）を使い毎回計測した。１回換気量の各設定にて 10 回ずつ、100 mL は 10 分間、200 mL は 6 分 13 秒間、300～500 mL はそれぞれ 5 分間で計測した。

3. 結果

臨床現場にて COPD 患者の治療における FIO_2値は 40～60%に上げることが目標とされている。酸素濃縮装置に比べ液体酸素を併用した方が、FiO_2が高くなる。また、リークの影響により、酸素濃縮装置と同じように液体酸素でも FiO_2が減少した。しかし、先行研究に比べると液体酸素を用いた方が、リークによる FiO_2減少の影響が軽減されることが証明された。

4. まとめ

本研究では COPD 患者を対象に実験を行ったが、今後、実用化のために様々な疾患、環境下を想定し、動物や人体を用いた研究フェーズに移行していきたい。

SAS 団体会員　(2022 年度)

(50 音順)

株式会社 オーネックス

株式会社 オプトニクス精密

オリエンタルエンヂニアリング株式会社

関東冶金工業株式会社

旭東ダイカスト株式会社

株式会社 極東窒化研究所

島崎熱処理株式会社

株式会社 昭和真空

第一熱処理工業株式会社

岳石電気株式会社

株式会社 巴商会

日鍛バルブ株式会社

日本ベルパーツ株式会社

パーカーS・N 工業株式会社

株式会社 山本科学工具研究社

計 15 社

謝 辞

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

2022 SAS Symposium ABSTRACTS

令和 4 年 11 月 17 日発行

編集発行　SAS (Society of Advanced Science)

〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4-1-1 東海大学湘南キャンパス J 館 4 階
TEL 0463-50-5505　E-mail　jased@sas-jas.gr.jp
URL　http://www.sas-jas.gr.jp

発行人・山田　豊

ⓒ 2022 Society of Advanced Science