

東京都市大学
平成 2 2 年度 総合研究所 紀要

第 7 号

平成 2 3 年 5 月
東京都市大学・総合研究所

巻頭言

本研究所は、平成16年4月に武蔵工業大学総合研究所として、本学の特徴ある研究を推進し、併せて教育を充実する研究拠点として開設されたが、大学名称の変更により、平成21年4月より東京都市大学総合研究所となった。本研究所では、大型のプロジェクト研究、提案公募型研究、企業との共同研究等、それぞれ分野・性格が異なる研究がさらなる研究活動の活発化を目指して進められている。各グループは、定期的に総合研究所セミナーとして成果発表や進捗状況の報告を行うことにより情報交換や交流を行い、さらなる発展をめざし研究に取り組んでいる。

平成22年度においては、平成20年度に文部科学省から認定された私立大学戦略的研究基盤形成支援事業である、本研究所の永井教授が代表を務める「生活密着型次世代燃料電池の技術開発と解析手法の確立によるシステムの最適化」プロジェクトと、生体医工学科の田口教授が代表を務める「生体インターフェース用ナノカーボン／量子デバイス複合型バイオチップの開発」プロジェクト、および平成21年度より電気電子工学科の丸泉教授が代表を務める「次世代LSI創出に向けた新機能シリコン系ナノ電子・光・スピンデバイスの創出」プロジェクトを学内外の研究者を組織したプロジェクト研究として推進した。

「生活密着型次世代燃料電池の技術開発と解析手法の確立によるシステムの最適化」プロジェクトでは、固体高分子形燃料電池(PEFC)と固体酸化物形燃料電池(SOFC)の2グループに分かれ、前者では、小型自動車駆動、可搬型小型電源、或いは二次電池代替電源としての技術開発と解析手法の確立を目指し、後者では、災害時の緊急用電源や小型分散電源としての性能向上と評価手法の確立を行っている。

一方、「生体インターフェース用ナノカーボン／量子デバイス複合型バイオチップの開発」プロジェクトにおいては、カーボンナノチューブと単電子制御が可能な量子デバイスを複合させたデバイス開発を目指し、万能細胞の一種である神経幹細胞をバイオチップ表面に定着させた後に目的部位に導入する、神経との融合化に関する研究を推進している。

さらに、「次世代LSI創出に向けた新機能シリコン系ナノ電子・光・スピンデバイスの創出」プロジェクトでは、優れた結晶成長技術と高度なシミュレーションを駆使して、次世代を支える電子・光・スピンデバイスの開発を進めている。

平成23年度には、最先端・次世代研究開発支援プログラムとして、新たに環境情報学部の伊坪徳宏准教授が代表を務める「地球規模問題に対する製品環境政策の国際的推進を支援するライフサイクル経済評価手法の開発」プロジェクトがスタートした。

平成19年度より導入された重点推進研究は、都市工学科 吉川弘道教授の「地震リスクの活用とマネージメント」の1テーマのみが進行中である。この制度は、本年度より新たに指定研究等としてさらなる都市大における研究の活性化を目指して進めていく予定である。

さらに総合研究所においては、水素エネルギー研究センター、自動車エンジン研究室、水素自動車実用化研究室、デジタルアーカイヴ研究室、機器分析室及びインキュベーションラボラトリー「健康・医科学研究室」において、活発な研究が行われている。詳細は、各研究報告を参照して頂きたい。

本紀要は、平成22年度の研究活動状況および研究成果をまとめたものである。

本23年度においても、本研究所が本学の研究拠点としてさらなる発展を遂げることを期待している。

平成23年5月
東京都市大学総合研究所
所長 高木研一

総合研究所構成員

(平成22年度)

所 長 教授 永井 正幸

(無機材料化学)

エネルギー環境科学研究センター

センター長	教授	永井 正幸	[工学部]兼務	(無機材料化学)
	教授	高木 靖雄	[工学部]兼務	(エネルギーシステム)
	教授	小林 光一	[工学部]兼務	(有機材料化学)
	教授	宗像 文男	[工学部]兼務	(固体化学)
	教授	武 哲夫	[工学部]兼務	(エネルギーシステム)
	教授	横川 晴美		(高温電気化学)
	准教授	江場 宏美	[工学部]兼務	(無機物質科学)
	客員教授	阿竹 徹	[東京工業大学・特命教授]	(物性物理化学)
	博士研究員	鈴木 智史		(無機材料化学)
	共同研究者	古谷 健司	[AGCセイミケミカル(株)・課長]	(材料プロセッシング)
	共同研究者	国松 昌幸	[神奈川県産技センター・主任研究員]	(電気化学計測工学)
	共同研究者	須田 聖一	[J F C C・主任研究員]	(無機材料工学)
	共同研究者	嘉藤 徹	[産総研・グループリーダー]	(エネルギーシステム)

水素エネルギー研究センター

センター長	教授	高木	靖雄	[工学部]兼務	(エネルギーシステム)
	教授	永井	正幸	[工学部]兼務	(無機材料化学)
	教授	武	哲夫	[工学部]兼務	(エネルギーシステム)
	教授	鈴木	勝正	[工学部]兼務	(流体制御)
	教授	百目	鬼英雄	[工学部]兼務	(パワーエレクトロニクス)
	准教授	和多田	雅哉	[工学部]兼務	(パワーエレクトロニクス)
	准教授	鳥居	肅	[工学部]兼務	(パワーエレクトロニクス)
	准教授	山根	公高	[工学部]兼務	(水素エネルギーシステム)
客員研究員		長沼	要		(水素エネルギーシステム)
	技士補	中川	研司		(エネルギーシステム)

ナノカーボンバイオデバイス研究センター

センター長	教授	田口 亮	[工学部]兼務	(画像解析)
	教授	秋谷 昌宏	[工学部]兼務	(バイオセンサ)
	教授	森 晃	[工学部]兼務	(プラズマ医学)
	教授	仁木 清美	[工学部]兼務	(超音波計測)
	教授	山本 俊昭	[工学部]兼務	(プラズマ応用)
	教授	丸泉 琢也	[工学部]兼務	(半導体工学)
	教授	小林 光一	[工学部]兼務	(有機材料化学)
	准教授	平田 孝道	[工学部]兼務	(バイオセンシング)
	准教授	島谷 祐一	[工学部]兼務	(感性生理学)
	講師	京相 雅樹	[工学部]兼務	(生体信号計測)
	講師	澤野憲太郎	[工学部]兼務	(半導体工学)
	博士研究員	筒井 千尋		(内分泌学)
	共同研究者	坂井 貴文	[埼玉大・教授]	(内分泌学)
	共同研究者	畠山 力三	[東北大・教授]	(プラズマ理工学)
	共同研究者	山本 雅	[東大・教授]	(分子生物学)

シリコンナノ科学研究センター

センター長	教授	丸泉 琢也	[工学部] 兼務	(半導体工学)
	教授	白木 靖寛		(半導体工学)
	教授	小野 茂	[工学部]兼務	(プラズマ科学)
	教授	桐生 昭吾	[工学部]兼務	(量子計測)
	教授	岩松 雅夫	[知識工学部]兼務	(統計物理・計算物理)
	教授	岡野 好伸	[知識工学部]兼務	(マイクロ波応用)
	教授	吉田 真史	[知識工学部]兼務	(計算科学)
	准教授	野平 博司	[工学部]兼務	(電子物性)
	講師	瀬戸 謙修	[工学部]兼務	(半導体CAD)
	講師	澤野憲太郎	[工学部]兼務	(半導体工学)
	講師	堀越 篤史	[知識工学部]兼務	(計算科学)
	客員教授	中川 清和	[山梨大・教授]	(半導体工学)
	客員教授	松井 敏明	[情報通信研究機構]	(半導体工学)
	助手	夏 金松		(半導体工学)
	博士研究員	徐 学俊		(半導体工学)
	技術員	田口 貞憲	[工学部]兼務	

自動車エンジン研究室

准教授	伊東 明美	(エンジントライボロジ)
客員研究員	金 達雨	(エンジントライボロジ)

重点推進研究室

地震リスクマネジメント研究室

教授	吉川 弘道	[工学部]兼務	(地震リスク, コンクリート工学)
----	-------	---------	----------------------

機器分析室

准教授	吉田 明	(分析科学)
技士	新藤 恵美	(化学研磨)
技術員	浜村 尚樹	(プラズマ科学)

インキュベーション・ラボ

健康医科学研究室

教授	近藤雅雄	[人間科学部]兼務	(生命科学)
共同研究者	田中 徹	[SBIアラプロモ(株)・取締役]	(生物工学)
共同研究者	石塚 昌宏	[SBIアラプロモ(株)・ 研究開発部 部長]	(生化学)
共同研究者	井上 克司	[SBIアラプロモ(株)・ 研究開発部担当部長]	(光生体工学)
共同研究者	土屋 京子	[SBIアラプロモ(株)・ 研究開発部 マネジャー]	(生化学)
共同研究者	太田 麗	[SBIアラプロモ(株)・ 研究開発部 マネジャー]	(分析化学)
共同研究者	高橋 究	[SBIアラプロモ(株)・ 研究開発部 研究員]	(生化学)
共同研究者	石井 琢也	[SBIアラプロモ(株)・ 研究開発部 研究員]	(光生体工学)
共同研究者	小菅 祐子	[SBIアラプロモ(株)・ 研究開発部 研究員]	(生化学)

デジタルアーカイヴ研究室

教授	横井 利彰	[環境情報学部]兼務	(情報システム, シミュレーション技術)
共同研究者	鈴木 敏雄	[アーカイヴディスクテストセンター 運営責任者・主幹技術員]	(電子工学)
共同研究者	横倉 満	[アーカイヴディスクテストセンター 研究企画]	(経営工学)
共同研究者	小川 博司	[ビフレステック(株) 技術顧問]	(電子工学)

事務局

事務員	小久保真佐子	社会連携課
事務員	鈴木栄里子	社会連携課

目 次

1. 平成22年度 活動報告	1
--------------------------	---

2. 平成22年度 研究概要

エネルギー環境科学研究センター	5
---------------------------	---

エネルギー環境科学研究センター概要

永井 正幸

CuI と N C S の特異相互作用を利用した高効率全固体色素増感太陽電池

永井 正幸

複合酸化物材料の研究

ーディーゼル微粒子浄化触媒材料に関する基礎研究ー

宗像 文男

ランタンガレート系 S O F C における積層構造の安定性

江場 宏美

燃料電池用有機無機ハイブリッド電解質膜の開発と評価

鈴木 智史

水素エネルギー研究センター	13
-------------------------	----

水素エネルギー研究センター概要

武 哲夫

ナノカーボンバイオデバイス研究センター	17
-------------------------------	----

ナノカーボンバイオデバイス研究センター概要

田口 亮

C N T 複合体を用いたグルコースセンサの開発

平田 孝道、筒井 千尋、秋谷 昌宏

マイクロスポット大気圧プラズマ源を用いた再生治療

平田 孝道、筒井 千尋、森 晃
山本 俊昭、秋谷 昌宏、田口 亮

生体埋め込み型バイオチップの設計・作製に関する研究

平田 孝道、秋谷 昌宏

埋め込み型カーボンナノチューブセンサにおける生体適合性の検討

平田 孝道、筒井 千尋、秋谷 昌宏

「ナノカーボンバイオデバイス研究センター」分担研究

「埋め込み型神経信号検出・伝送回路の開発」進捗報告

京相 雅樹

シリコンナノ科学研究センター・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2 7

シリコンナノ科学研究センター概要

丸泉 琢也

シミュレーションによる量子・ナノデバイスの研究

丸泉 琢也

X線光電子分光法によるIV族半導体ヘテロ構造量子・ナノデバイスの研究

野平 博司

MPEG - 4 ALS エンコーダのハードウェア化に向けた予測係数算出処理の並列最適化

瀬戸 謙修

高速 Ge チャンネルデバイス構造の開発

澤野憲太郎

Active Photonic Devices based on SiGe Nanostructures for Optical Interconnection

徐 学俊

自動車エンジン研究室・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3 7

自動車エンジン研究室概要

伊東 明美

ピストンピンボス軸受の摩擦力測定に関する研究

伊東 明美

高負荷ディーゼルエンジンのピストン摩擦力測定に関する研究(1)

伊東 明美

高負荷ディーゼルエンジンのピストン摩擦力測定に関する研究(2)

伊東 明美

水素エンジンの実用化に関する研究

伊東 明美

重点推進研究室・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4 5

地震リスクマネジメント研究室

想定鉄道4路線の地震リスク解析

吉川 弘道

機器分析室	49
-------	----

平成22年度機器分析の利用状況と成果	
吉田 明、新藤 恵美、浜村 尚樹	

インキュベーション・ラボ

健康・医科学研究室	55
-----------	----

健康・医科学研究室概要	
近藤 雅雄	

健康医科学研究室研究報告	
近藤 雅雄	

水素自動車実用化研究室	61
-------------	----

水素自動車実用化研究室報告	
山根 公高	

デジタルアーカイヴ研究室	65
--------------	----

デジタルアーカイヴ研究室の概要	
横井 利彰	

3. 研究論文

エネルギー環境科学研究センター	71
水素エネルギー研究センター	85
ナノカーボンバイオデバイス研究センター	97
シリコンナノ科学研究センター	109
自動車エンジン研究室	155
重点推進研究 地震リスクマネジメント研究室	181
機器分析室	211
健康・医科学研究室	221

総合研究所 平成22年度活動報告

月	日	活 動 内 容
4	1 14 15 15 16	インキュベーションラボ(SBIアラプロモ株) 賃貸借契約締結(更新) 総合研究所利用者説明会(前期)(学生及び貸研究室等登録者対象) 第64回所内会議 第37回総研セミナー(エネルギー環境科学研究センター) 第28回運営委員会
5	20 20 24 31	第65回所内会議 第38回総研セミナー(ナノカーボンバイオデバイス研究センター) 研究報告記者発表(シリコンナノ科学研究センター) 総合研究所紀要－第5号－発行
6	4 17 17 22	第1回機器分析室管理運営委員会 第66回所内会議 第39回総研セミナー(エネルギー環境科学研究センター) 重点推進研究 研究成果報告会
7	14 15 28	水素エネルギー研究センターシンポジウム(第40回総研セミナー) 第67回所内会議 第29回運営委員会
8	1	インキュベーションラボ(ITカーズ株) 賃貸借契約締結
9	2 7 16 22	第30回運営委員会 第2回機器分析室管理運営委員会 第68回所内会議 第41回総研セミナー(水素エネルギー研究センター)
10	1 21 21 27	インキュベーションラボ(アーカイヴディスクテストセンター) 賃貸借契約締結 第69回所内会議 第42回総研セミナー(シリコンナノ科学研究センター) 総合研究所利用者説明会(後期)(学生及び貸研究室等登録者対象)
11	8 13 17 18 22 26-27	第3回機器分析室管理運営委員会 セラミックス大学2010 (社)日本セラミックス協会 防災訓練 第70回所内会議 第31回運営委員会 IWBMA(ナノカーボンバイオデバイス研究センター)(第43回総研セミナー)
12	16 17	第44回総研セミナー(エネルギー環境科学研究センター) 第71回所内会議
1	7 21 27 27	第32回運営委員会 第4回機器分析室管理運営委員会 第72回所内会議 第45回総研セミナー(地震リスクマネジメント研究室)
2	2 7 24 24 25	新館2階研究室間仕切り工事完了 第33回運営委員会 第73回所内会議 第46回総研セミナー(シリコンナノ科学研究センター) 第34回運営委員会
3	7 10 15 26 30	中セミナー室ブラインド設置工事完了 文部科学省平成22年度私立大学戦略的研究基盤形成支援事業シンポジウム エネルギー環境科学研究センター(第47回総研セミナー) 東日本大震災(3/11)による計画停電の対応のため事務取扱時間短縮及び 学生立入禁止(～3/25)措置 事務取扱時間を平常に戻し、学生立入許可時間もそれに準ずる。 第74回所内会議

平成 2 2 年度 研究概要

エネルギー環境科学研究センター

エネルギー環境科学研究センター

エネルギー環境科学研究センターでは、平成 20 年度に文部科学省から私立大学戦略的研究基盤形成支援事業の認定を受け、「生活密着型次世代燃料電池の技術開発と解析手法の確立による燃料電池システムの最適化」の研究に着手した。以下に、平成 22 年度の研究成果の概要を記す。

1. PEFC プロジェクトについての成果—特に電解質膜について—

絶縁体である石膏をリン酸で処理することにより、高いプロトン伝導性を示すことは、既に報告されている。ただし、石膏は水和すると針状結晶となり、それを電解質膜として機能させるためには、製膜する必要がある。そのために、シランカップリング剤や架橋剤を用いて、石膏と一体化して柔軟性のある膜を作る条件を探索し、ほぼ条件を満たす膜ができるようになった。さらに、シランカップリング剤は、機械的な強度と耐熱性を備えており、150℃程度の中温度領域で動作する電解質膜として使用できる可能性がある。そこで、種々の条件を検討した結果、リン酸処理石膏プロトン伝導体の開発過程で $2.7 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$ のイオン伝導性を達成した。また、リン酸処理石膏を基材とする電極触媒も調製し、電解質膜と合わせて MEA 化し、110℃での無加湿作動により 0.5 mWcm^{-2} の出力密度を得た。ただし、この出力密度は平成 21 年度の目標値である 0.3 Wcm^{-2} には未達である。しかし、カソード側の大きな分極抵抗を低減するように、材質組成及びコンポジット化に注力しているので、出力特性の向上は実現可能であると考えている。

2. SOFC プロジェクトについての成果

SOFC の低温作動に適した LaGaO_3 系固体電解質には、セルを構成する際に用いられる酸化物電極材料と反応しやすいことから、反応を抑制する緩衝層を薄く挿入する必要性が指摘されている。このようなセル構成にはプロセスの多段化が必要である。

そこで、LSGM8282 を固体電解質に用いたアノード支持型平板セルを電気泳動堆積法により作製し、実際に得られたセルの特性を検討した。このセルに用いる固体電解質を選択した理由は、LSGM 系として中でも最も高いイオン伝導性を有するのが、LSGM8282 組成だからである。しかし、 LaGaO_3 系は酸化物電極材料と反応し易い欠点が報告されており、緩衝層を電極と電解質の間で介在させる必要がある。緩衝層としては、LDC 系を採用した。得られたセルの酸素濃淡電池による起電力の測定結果から空気極側へ緩衝層を入れることにより安定した起電力の測定が可能となった。これは空気極と電解質間での固相反応が緩衝層により緩和されることを意味し、緩衝層を導入した多層積層構造が電池特性の向上に有効であることが示された。

最後に、本プロジェクトの主要研究テーマ以下に示す。

- * 燃料電池用新規電解質膜及び電極触媒の探索と特性評価
- * 電解質・電極及びそれらの界面の電気化学的・物理的な挙動解析
- * 燃料電池の特性解析・劣化機構の解明及び信頼性・安全性・性能の向上
- * 150℃付近で動作する PEFC の開発と評価
- * 500-600℃付近で動作する SOFC の開発と評価

2011 年 5 月

エネルギー環境科学研究センター
センター長 永井 正幸

CuI と NCS の特異相互作用を利用した高効率全固体色素増感太陽電池

坂本仁（大学院博士課程4年）・永井正幸（総合研究所）

色素増感太陽電池(DSSC)は、低コストで高効率なエネルギー変換システムとして注目を集めている。しかし、液体電解質を使用する現状の DSSC には、色素の脱離・溶媒の蒸発・液漏れ等の欠点があり、その根本的な解決策が要求されている。そこで、私たちは、液体を用いることなく色素増感太陽電池を動作させることができる新しい素材と構造を検討し、最終目標に対しては中間段階の結果ではあるが、一定の性能向上が図れたので、その結果について概要を記す。

評価対象とした DSSC は、次のようにして作製した。まず、微小粒径をもつ二酸化チタン層を噴射堆積法にてフッ素添加透明基板(FTO)上に作製した。その後、空气中で電極を加熱処理した後、四塩化チタン水溶液に浸し 70℃で 30 分間加熱及びそれに続く 450℃で 30 分間処理により、厚さ約 7 マイクロメートルの多孔質二酸化チタン層を得た。この試料に関して N3 色素を含む溶媒に浸漬させて、12 時間放置することにより、二酸化チタンの表面に色素を付着させた。CuI-アセトニトリル溶液を用いて、色素を付着させた二酸化チタン多孔質電極に CuI を堆積させた。対極には、NCS 基を含むポリエチレングリコール溶液を堆積させた。また、ポリエチレンジオキシチオフェン(PEDOT)を用いて化学修飾を行った。試料の分析には、X 線光電子分光法(XPS)、フーリエ変換型赤外分光法(FT-IR)を主として用いた。また、I-V 特性は、AM1.5(100mW/cm²)光照射下で、ソーラーシミュレーターを用いて評価した。特性の安定性試験には、Xe ランプを用いて室温にて行った。さらに、インピーダンス解析は、インピーダンス解析装置を用いて、0.1~10⁶Hz の領域で行った。

固体化に使用する CuI と色素に含まれる NCS の相互作用は、XPS による N1s のエネルギーレベルの+0.6eV の化学シフトにより確認された。さらに、S2p の+0.9eV の化学シフトによっても、併せて確認された。これらの結果を踏まえて、対極にポリエチレングリコールとグアニジウムチオシアネート(A)、ポリエチレングリコールとリチウムチオシアネート(B)、ポリエチレングリコールを FTO グラス上に PEDOT とともに塗布した試料(C)をそれぞれ作製して、特性と分析結果を比較検討した。なお、試料 C は従来型の固体色素増感太陽電池である。

以上の比較より、CuI と NCS 基の特異な相互作用を利用することにより、高効率(4.2%)な DSSC が作製できることが示された。また、その特性安定性は、経時変化が少なく優れていることが明らかになった。その相互作用の存在は、XPS のスペクトルから N 及び S の化学シフトとして確認することができた。これらより、作用極側と対極側の両方で CuI と NCS の相互作用を利用することにより、特性の優れた DSSC を作製できることを実証することができた。

複合酸化物材料は、高効率な燃料電池、太陽光を有効利用した人工光合成技術、廃熱を有効利用する熱電発電技術など種々の応用の可能性が知られている。平成 22 年度は、この様な複合酸化物材料の応用としての自動車のディーゼル微粒子浄化触媒に注目して研究を行った。

近年、ディーゼルパティクレイト (DP) の浄化には、その酸化を促進させるために、触媒の酸化力向上が重要な課題となっている。通常は、貴金属触媒による浄化を試みることになるが、より低コストでこれを実現するためには酸化物触媒の利用は欠かせないものである。特に、触媒設計の基本となる考え方として、1) 酸化物表面に吸着酸素が生成しこれが炭素と反応する場合と、2) 酸化物中の酸素を用いて浄化する場合の二通りが考えられるが、低温域では、吸着酸素が、より高温では格子酸素の利用が有効であることが知られている。実際のディーゼル微粒子即ち炭素の酸化は、より低い温度で行うことが望まれるため、より低温域で起こる酸化物表面の吸着酸素を活用することが重要になる。そこで、ペロブスカイト構造複合酸化物に注目し、 $\text{La}_{1.5}\text{Sr}_{1.5}\text{Mn}_{2-y}\text{T}_y\text{O}_7$ ($\text{T}=\text{Mn, Fe, Ni, Cu} ; y=0.00, 0.05$) 系について合成と評価を行った。各酸化物粉末を秤量・混合し固相法により試料を作製した。試料と DP をそれぞれ秤量・混合し、測定用試料とし、示差熱重量同時測定装置 (TG-DTA) を用いて、Ar 雰囲気中にて $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ で測定温度まで昇温し、 $10\text{ }\%\text{O}_2/\text{N}_2$ 雰囲気に切り換えて測定した。代表的な TG 測定の結果として 543 K に場合を下図に示した。T=Cu の試料は雰囲気切り替え後に DTA 測定から発熱が、TG 測定から重量減少が確認されたことから、触媒による酸化によって DP 燃焼反応が生じたものと考えられる。一方、その他の試料では雰囲気切り替え後の DTA 測定から発熱がわずかに確認されたが、TG 測定から重量減少は確認されなかった。また、測定温度 573 K 以上では、全ての試料において雰囲気切り替え後に発熱及び重量減少が確認されたことから、DP 燃焼が活発に起きているものと考えられ、T=Cu の試料は DP 燃焼開始温度が 543 K 以下であろうと推定され、最も低温活性が優れている事が示唆された。以上の結果から、Mn 系層状ペロブスカイト酸化物は DP 浄化の低温化に有効であり、酸化活性の向上が図られた。

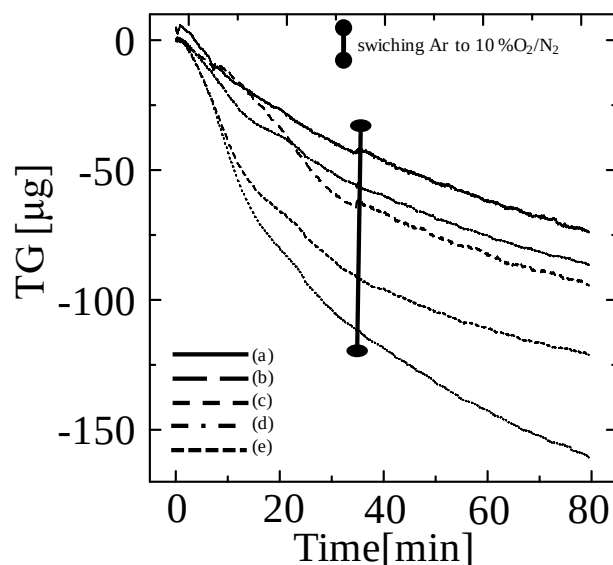


図 1 543 K にける TG 測定結果(a)DP, (b)T=Mn+DP, (c)T=Fe+DP, (d)T=Ni+DP, (e)T=Cu+DP

【参考文献】 藤本, 花木, 増田, 宗像, 日本セラミックス協会 2010 年年会講演予稿集, 214(2010)

ランタンガレート系 SOFC における積層構造の安定性

工学部 エネルギー化学科
江場 宏美・安在智佳子
鈴木 晴絵・宗像 文男

固体酸化物型燃料電池 (SOFC) はエネルギー変換効率がよく、分散電源や緊急用電源などとして期待されており、小型軽量化と作動温度の低温化が求められている。本研究では、酸素イオン伝導率の高いランタンガレート (LaGaO_3) 系電解質、 $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{Mg}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ (LSGM) を採用し、電気泳動堆積法 (EPD 法) を用いた積層と焼成によりセルを作製した。ここで、燃料極および空気極と LSGM との間には緩衝層として GDC (Gd doped Ceria, $\text{Ce}_{0.9}\text{Gd}_{0.1}\text{O}_{2-\delta}$) を設けることで安定した出力が得られた。しかしながら、理論的に期待される出力に及ばないことが判明した。そこで、層間での元素の拡散について調べるため、断面試料の EPMA 観察を行った。また、GDC と LSGM との層界面における反応について調べるため、粉末を混合して焼成し、X線回折法 (XRD) により生成物の同定を行った。さらに、GDC に代わる緩衝層として、LDC (La doped Ceria) の採用を想定し、LDC を合成し LSGM との反応性についても調べた。

EPMA 分析の結果、LSGM の Ga や GDC の Gd、Ce については拡散がほとんど認められなかったが、図 1 のとおり、La と Sr は LSGM 層から拡散し、GDC まで広がっていることが確認された。特に Sr の拡散は燃料極 (Ni-YSZ) 内部にまで達している。また空気極側では、LSGM と GDC の界面に La と Sr がやや濃集した層が確認される。LSGM と GDC の粉末を混合し焼成した試料の XRD では、GDC の結晶格子の膨張と $\text{SrLaGa}_3\text{O}_7$ の生成が確認された。LSGM のようなペロブスカイト型化合物では A サイトの La が欠損しやすいため、LSGM から La が抜けることで組成が変化して $\text{SrLaGa}_3\text{O}_7$ が生成し、またイオン半径の大きい La^{3+} が GDC へ拡散、固溶することで GDC の格子定数が大きくなったと説明することができた。 $\text{SrLaGa}_3\text{O}_7$ は高抵抗相であり、LSGM | GDC 界面での形成が性能低下の原因になっていると思われる。固溶体の格子定数にベガード則が成り立つと仮定し、GDC および LDC の既知の格子定数を用いて La の固溶度を概算すると、固溶度が最大の試料で 30%程度になることが確認された。以上のことから、GDC は緩衝層として十分に機能していないことが判明した。

つづいて LDC の作製を試み、 1450°C での固相反応、ボールミルを利用したメカノケミカル反応、シュウ酸塩法の 3 通りの方法で合成することができた。ここでは、シュウ酸塩法により La を約 10%添加した LDC10 および、約 40%添加した LDC40 を合成し、LSGM との混合焼成実験を行った。LDC10 では、 $\text{SrLaGa}_3\text{O}_7$ の生成と LDC10 の格子の膨張が確認され、GDC と同様に LSGM から LDC への La の拡散が認められた。次に、La の固溶度を飽和近くまで高めた LDC40 を用いると、この場合も $\text{SrLaGa}_3\text{O}_7$ からの回折線が確認されたが、相対的には弱く、 $\text{SrLaGa}_3\text{O}_7$ の生成を抑制できていることがわかった。以上のことから、ランタンガレート系 SOFC において、La の固溶度を固溶限近くまで高めた LDC 緩衝層を用いることで、LSGM からの La 欠損と高抵抗層 $\text{SrLaGa}_3\text{O}_7$ の生成を防ぎ、構造を安定化させ、高い出力を維持できることが期待された。

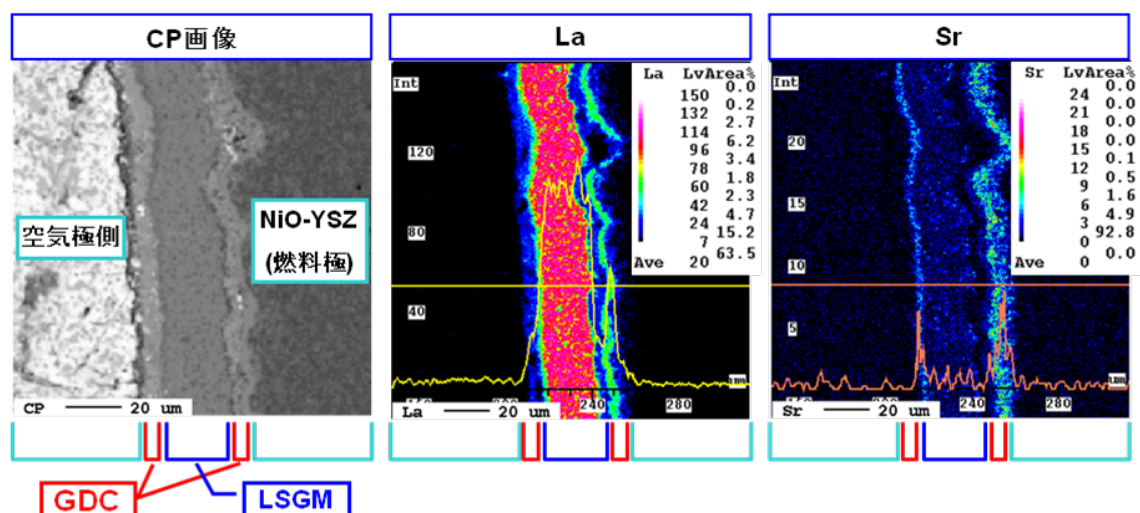


図 SOFC セル断面の EPMA 分析による La と Sr の分布

1. 背景

自動車や可搬型電子機器用電源、更には家庭用設置型電源として注目が集まる固体高分子形燃料電池(Polymer Electrolyte Fuel Cell; PEFC)は、近年になって商業的な量産が開始されている。PEFCを構成する部材の中で電解質膜と電極は性能に直結する部材であり、かつ現時点では高コストであることから安価な代替材料の開発が望まれている。本研究ではアニオン交換膜形燃料電池と中温動作形燃料電池の開発を通じてこれらの諸問題の解決を試みている。

アニオン交換膜形燃料電池(Anion exchange Membrane Fuel Cell; AMFC)では、電解質膜がPEFCの強酸性電解質膜から塩基性電解質膜に置き換えられる。このため、電極触媒やその他の部材に要求される耐蝕性が低くなり燃料電池全体の低コスト化が期待できる。また、動作原理上電極での化学反応が高速に進むため、出力の増大も期待できる。

中温形燃料電池は、在来型のPEFCに比べて出力向上や燃料中に混在する一酸化炭素による出力低下の防止や生成水の排出促進が期待できる。そのためには、安価な代替材料による150℃近辺の中温動作形電解質膜および電極の開発が必要とされている。

2. アニオン交換膜形燃料電池用有機ケイ素系電解質膜

電解質内を水酸化物イオンが伝導するアニオン交換膜形燃料電池は近年になり注目が集まり研究例が増えてきている。しかしながら、既存のPEFCを代替する発電性能は先行グループを含めても得られておらず、更なる電解質膜の性能向上が必要である。我々のグループではポリジメチルシロキサン構造を主骨格とした材料を用いて電解質膜および電極の開発を行っている。

2010年度は電解質膜の導電率の向上を継続して試みるとともに、電極の作製を開始した。当グループの有機ケイ素系電解質膜の前駆体溶液は有機溶媒中にイオノマーが溶解・分散しており、既存のPEFC用電極の製法と類似したプロセスにより電極を作製することが可能である。炭素担持白金触媒とイオノマー溶液を混合して触媒インクを作成し、ガス拡散層として用いられるカーボンペーパー上に塗布することで電極を作製した。今後は電極の触媒・イオノマー比を中心とした作製条件と性能の評価を行う。

3. 中温動作形燃料電池用材料

我々のグループではリン酸処理石膏をプロトン伝導材料として電解質膜および電極部分で用いている。2010年度においてはポリビニルアルコールを骨格材として用いた電解質膜と電極との組み

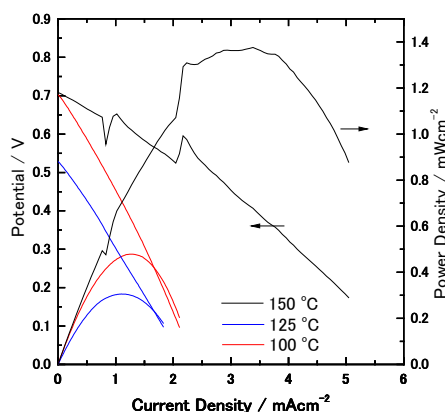


図1 燃料電池出力評価試験結果

合わせにより150℃までの温度領域での発電を確認し、かつ、温度上昇とともに出力が増大することを確認できた。(図1) 5%加湿条件下では150℃で1.38mW/cm²の出力密度が得られた。また、乾燥条件下では白金触媒上にリン酸由来の物質が付着して出力が低下することと、付着物は水蒸気存在下での前処理により除去できることが分かった。過年度までの試作電極では高温で含有水分の低下によると見られる出力の低下が見られていたことから、2010年度の試作電極によって無加湿条件で動作する電極が得られたことになる。現状では、電極と電解質膜の接合方法が未開発であることから燃料電池としての出力密度が低く、今後の検討課題となっている。

水素エネルギー研究センター

水素エネルギー研究センター概要

水素エネルギー研究センターは、武蔵工大が永年行ってきた水素エンジンの研究を継続して行っている。水素エネルギーは、地球が抱えている3大課題である地球温暖化、大気環境の汚染化、エネルギー資源の枯渇化を解決する手段の一つとして、太陽光、風力などの再生可能エネルギーから製造することができ、かつ排出物がクリーンであることから、エネルギーを大量に消費する運輸用原動機や家庭用分散型発電用に用いる研究開発等や、その実用化に力が入れている。

本研究センターにおける研究も、このような世界の水素エネルギー活用技術開発の動きの中で重要な役割を占めており、平成17年度から国土交通省の（独）交通安全環境研究所からの委託により、大型バス／トラック用水素エンジン動力システムの試作開発の研究を行っている。この研究は、武蔵工大が永年培ってきた水素エンジンの技術力を活用し、車両走行を行うことのできるエンジンシステムの開発を目標としており、研究活動の範囲は水素エンジン本体の研究開発、エンジンに用いる高圧水素噴射弁とポンプの開発さらにはエンジンを車両にて走行させるために必要な燃料噴射や窒素酸化物など有害排出物を軽減させるエンジンのトータル制御システムの開発を、一貫してかつ独自技術で行っている。さらに、水素エンジンからの唯一の有害排出物である窒素酸化物を還元させるNOx吸着還元触媒の最適化の研究も同時に行っている。車載燃料を液体水素にした液体水素燃料供給システムの課題である高圧液体水素ポンプ、燃料タンクからのボイルオフ水素を再液化することによりゼロ化するためのパルス管冷凍機の開発など、基礎的な研究も平行して行っている。

一方、これらの研究とは別に、エンジンの燃焼室内で均質に混合した水素を圧縮着火による燃焼を行わせるHCCI機関（均質予混合圧縮機関）の研究も行っている。この燃焼方式は、これまでの水素エンジンより一層の熱効率の向上が期待でき、かつ窒素酸化物の排出が概ねゼロの近いことから、次世代の内燃機関として世界中各界で研究開発が進められている新しい燃焼方式である。本センターでは、着火促進燃料としてDME（ジ・メチル・エーテル）や灯油を補助燃料に用いるなど、独自の技術を織り込んだユニークなアプローチで研究を行ってきたが、水素の圧縮着火の難しさから、火花点火を補助的に利用した点火システムの研究をしている。

2010年度、水素エネルギー研究センターは、昨年に引き続き単気筒エンジンによる「直接筒内噴射水素エンジンの燃焼コンセプト」、「水素噴射の可視化研究」と「水素燃料を使った均一混合気圧縮着火の研究」を実施した。水素燃料供給系および水素エンジンの実用化研究では、昨年に引き続き「コモンレール式高圧水素ガス噴射弁の研究開発」、「開発したコモンレール式高圧水素ガス噴射弁を使って多気筒エンジンでの性能研究」、「リーンバーン過給水素エンジンの研究開発」、「液体水素高圧ポンプの研究開発」、総合研究所水素自動車実用化研究室を借りて「パルス管冷凍機の研究」および「スズキ社製ワゴンRのバイフューエル自動車製作共同研究」を行った。2011年も水素自動車の実用化に向けて、ほぼ同じ研究を実施する計画である。

2011年5月
水素エネルギー研究センター
センター長 武 哲夫

ナノカーボンバイオデバイス研究センター

ナノカーボンバイオデバイス研究センター概要

1. センター運営状況

文部科学省「平成 20 年度私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」の公募に対して、事業名(研究プログラム名)「生体インターフェース用ナノカーボン／量子デバイス複合型バイオチップの開発」とし応募し採択された研究プログラムを遂行するための拠点としてセンターが開設されて 3 年間が経過した。

今年度は研究プログラムの期間的な意味での折り返しを迎えたことから、中間審査が行われる年であった。9 月に研究プログラムに対する中間報告を文部科学省に行ったが、十分な配慮を怠り、成果や施設等の説明が不十分なため、実地調査を受けることになってしまった。

実地調査は平成 23 年 3 月 7 日に実施されたが、具体的な成果を含めた研究進捗報告、今後の予定(5 年目に目標達成が可能である根拠説明)、そして、施設の見学を通じて、本研究センターの実情を調査員の方々へお伝えできた。東日本大震災の影響から、研究プログラムに対する継続の正式決定が遅れているが、平成 23 年度以降も研究プログラムの継続は確実であると考えている(平成 23 年 5 月 10 日現在)。

2. 研究進捗状況

研究は以下に示す 4 つのチームで並列的に、必要に応じて共同で進めている。

[チームA] カーボンナノチューブ(CNT)ベースのナノバイオセンサの開発・特性評価

「生体インターフェース」を目的としたバイオチップの開発において、CNT をベースとしたバイオチップの作製が重要である。「生体由来物質を用いた CNT ナノバイオセンサの作製と特性評価」、「センサに用いる CNT の分散化に対する実験的検証」等に顕著な成果を得た。

[チームB] 量子効果型シリコンデバイスの開発・特性評価

CNT ベースとした CNT/Si-FET 及び CNT-FET の設計・作製及びその特性評価を行うための前段階として、[チームA]と共同でプロトタイプバイオチップの設計及び製作を行った。

[チームC] 培養細胞を用いたナノバイオセンサの生体適合性・画像診断

CNT 及びバイオチップ自体の生体適合性を向上させるために大気圧放電プラズマを用いた培養細胞の活性化・増殖について実験を行った。プラズマを用いた生体適合性の向上は、埋め込み後の患部治癒力の向上を促進させるものであり、全く新しい概念の生体適合性向上法として大いに期待できる。

[チームD] 小動物を用いた生体埋め込み実験・評価及び画像診断

小動物を用いた埋め込み実験及びプラズマを用いたバイオチップ埋め込み部位の組織・細胞活性化についての実験・評価を行っている。

3. ホームページの作成・公開

本研究センターでは、現在、ホームページ作成を行っている。平成 23 年 5 月下旬には、工学部生体医工学科オリジナルホームページからアクセスできるように準備を進めている。公的資金により支援された研究プロジェクトを行う研究センターとしては研究成果を社会に発信することが不可欠であると考えている。

2011年5月

ナノカーボンバイオデバイス研究センター
センター長 田口 亮

CNT 複合体を用いたグルコースセンサの開発

片平 皓、筒井千尋、平田孝道、秋谷昌宏

グルコースに対して反応する酵素：グルコースオキシダーゼ（GOD）を CNT に化学修飾させて作製した CNT グルコースセンサに、小動物から採取した血液を直接滴下した場合の電極間インピーダンス変化を測定し、血液中血糖値の判別を含めた比較検討を行った。

実験は、CNT 分散用ポリエチレングリコール（PEG）重合剤を化学修飾（グラフト）処理した CNT をセンサチップ（外寸：17.5×17.5 mm、電極材質：Ti/Al-Si 薄膜、電極間距離：10 μm ）に滴下・架橋させて CNT ランダムネットワークを形成させた。GOD の固定化は、プラズマイオン照射（プラズマアクティベーション：P-A）法による官能基（主に、カルボニル基：CO 及びカルボキシル基：COOH）の形成処理と、ペプチド合成用縮合剤と蛋白質架橋剤を混合した溶液を用いて行った。グルコースと GOD の触媒反応に起因した電極間インピーダンスの変化は、LCR メーターを用いて測定し、通常血糖及び高血糖状態の血液は、ラット（ウイスター種）の血液を用いた。

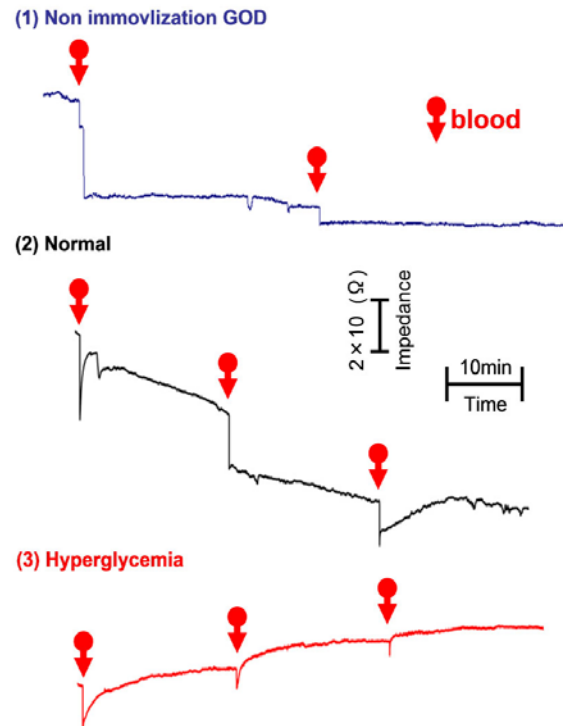


図1 インピーダンスの時間変化

図 1 は、(1)GOD 固定化無し、(2)通常血糖時（normal）の血液、並びに(3)高血糖時（hyperglycemia）の血液を滴下した場合におけるインピーダンス(Z)の時間変化である。ここで、(1)の GOD 固定化無しの測定においては、通常血糖値の血液を用いた。また、血液滴下量は、各々 10 μL である。(1)では、CNT 表面に GOD が存在しないため、Z は血液中イオンの増加に起因した減少傾向を示し、(2)では Z 変化量に多少の増加傾向がみられるが、(1)とほぼ同様の変化を示している。一方、(3)では明確な Z の増加がみられた。これは、CNT 表面に化学修飾した GOD と血液中のグルコースが触媒反応を起こし、CNT 表面の電気伝導度が抑制されて Z が増加したものと考えられる。特に、(2)及び(3)の Z 変化量を比較すると、(2)は減少のみであるが、(3)は瞬時的な減少の後に緩やかに増加することから、血糖値の判別が可能であることが判明した。

本センサは、触媒反応時の CNT 表面電気伝導度の変化を測定する方法、すなわち時間的検出法（インピーダンス型）を用いている。センサの諸特性評価を行った結果、センサ作製時に使用した CNT の分散化を促進させるために polyethylene glycol (PEG)を用いたが、CNT 表面上に PEG 薄膜を形成してセンサ感度を低下する問題が生じた。対策として、PEG を使用しないイソプロピルアルコール及びエタノールに分散化した単層 CNT(SWCNTs)を用いて測定を行った結果、牛血清アルブミン(BSA)及びヒト血清アルブミン(HSA)を用いた抗原抗体反応においては両者とも従来センサと同等の検出感度が得られることを確認した。また、SWCNTs に抗体を固定化するためのカルボキシル基修飾を施すプラズマアクティベーション(P-A)処理の定量化に関する検討として、異なるプラズマ照射時間に対してX線光電子分光（XPS）による化学結合状態の評価を行った結果、従来センサに比べて化学結合による抗体固定化率の向上を確認した。さらに、P-A 処理による SWCNTs の構造欠陥状態を評価するため、ラマン分光分析法による光学的測定を行った結果、表面改質に起因した構造変化を確認し、XPS による評価と同様の傾向が判明した。

1) 須田、平田、秋谷：第 57 回物理学関係連合講演会、講演予稿集、p17-122 (2010)。

マイクロスポット大気圧プラズマ源を用いた再生治療

マイクロスポット大気圧プラズマ源を用いた生体組織・細胞への直接照射を行い、生体埋め込み型バイオチップの生体適合性向上への応用¹⁾、並びに再生治療も視野に入れた“プラズマ医療”に関するメカニズム解明を目的とした評価・分析を行っている。²⁻⁴⁾今回は、前回に測定した細胞内産出性一酸化窒素(NO)とその合成酵素(NOS)の活性化状態把握によるNO発生メカニズムの検討を行った。

一般的に、3種類存在するNOSの中で神経型及び内皮型NOS(nNOS及eNOS)は、カルシウム結合性タンパク質(カルモジュリン)が表面に結合することによって活性化する。さらに、カルモジュリンは、細胞から放出されたカルシウムイオン(Ca^{2+} イオン)が表面に結合することにより活性化する。特に、 Ca^{2+} イオンは、外部からの刺激(熱的、電氣的、もしくは物理的的刺激)により放出される。よって、細胞からの Ca^{2+} イオン放出状態を蛍光カルシウムインジケータにより観測することにより、NOSの活性化状態、すなわち外的刺激によるNOの発生状態を把握することが可能であると考えられる。

実験は、培養容器上にマウス繊維芽細胞(NIH3T3)を含有した無血清培地を展開し、プラズマ照射処理を施した。更に、緑色蛍光カルシウムインジケータ(Screen Quest™ Fluo-8 NW, ABD Bioquest, Inc.)を添加した細胞含有培養容器を CO_2 -インキュベーター(温度: 37°C 、 CO_2 ガス濃度: 5%)に導入して1時間培養並びに洗浄を行った後、共焦点レーザー顕微鏡による直接観察を行った。

図1は、緑色蛍光カルシウムインジケータを添加・処理した細胞にレーザー(Ex/Em: 488/515 nm)を照射した場合の蛍光観察写真である。コントロール[図1(a)]及びHeガスフローのみ[図1(b)]の場合、蛍光が殆んど観察されなかったが、プラズマフロー[図1(c)]の場合には細胞からの強い蛍光を観察した。特に細胞を拡大観察[図1(d)]すると、 Ca^{2+} イオンの放出に起因した蛍光が細胞全体に分布している。つまり、 Ca^{2+} イオンは、培地表面へのガス分子衝突に起因したガス攪拌などの物理的刺激では殆んど放出されず、イオン・ラジカルの衝突を含む電気化学的刺激によって放出されることが判明した。

以上の結果より、細胞から放出された Ca^{2+} イオンがNOSを活性化させたためにNOが発生したと考えられ、特に水への溶解度が低いNOはプラズマ源からではなく、細胞内から発生したと考えられる。

- 1) 平田、島谷、田口：第56回応用物理学関連連合講演会 講演予稿集 No.0, p. 24 (2009).
- 2) 平田、筒井、坂井、田口、第70回応用物理学会学術講演会 講演予稿集、p439 (2009).
- 3) 平田、筒井、横井、森、堀井、山本、田口：第57回応用物理学関係連合講演会 講演予稿集、p08-158 (2010).
- 4) 平田、筒井、小町、岸本、森、山本、秋谷、田口：第71回 応用物理学会学術講演会 講演予稿集、p08-170 (2010).

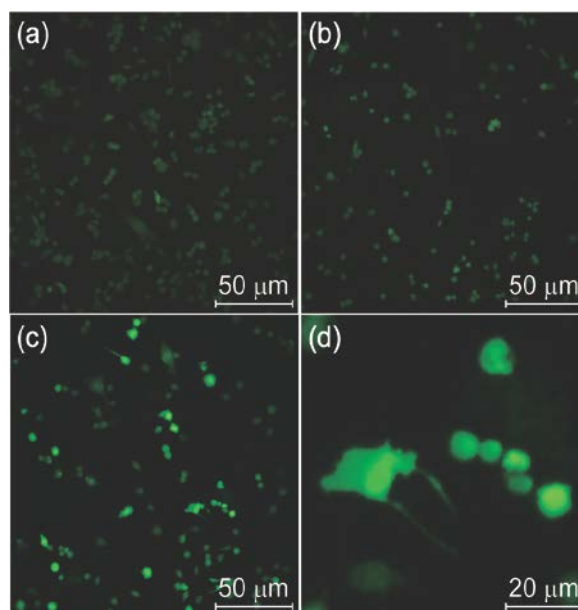


図1 蛍光細胞の観察写真
(a) コントロール、(b) He ガスフローのみ、
(c) プラズマフロー、(d) (c)の部分拡大

生体埋め込み型バイオチップの設計・作製に関する研究

加藤拓也、滑川淳子、平田孝道、秋谷昌宏

CNT をベースとした CNT/Si-FET 及び CNT-FET の設計・作製及びその特性評価を行うための前段階として、プロトタイプバイオチップの設計及び製作を行った。作製は、等々力キャンパス総合研究所(以下、総研)内の半導体プロセス用クリーンルームにて行った。MESA 型の n 型 MOSFET のプロセスフローに基づき、CNT/Si-FET 及び CNT-FET の作製方法を検討した。総研のクリーンルームで行われている MOSFET の作製手順に従って、CNT/Si-FET 及び CNT-FET を作製する。目標とする CNT/Si-FET、CNT-FET、MOSFET の構造を図 1 に示す。

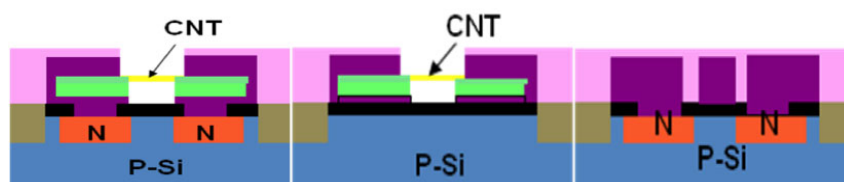


図 1 各種 FET の構造図[CNT/Si-FET(左)、CNT-FET(中央)、MOSFET(右)]

CNT/Si-FET 及び CNT-FET 共に、MOSFET のゲート電極の部分に電極を作製せず、ゲート部分には CNT を用いる。CNT 自体が MOSFET のチャネル (CNT の長さがチャネル長) の役割を持つ。CNT 作製方法は、ソース、ドレイン部分に CNT 成長触媒金属をリフトオフし、熱 CVD 法を用いて CNT を成長させる。一般的に、CNT は触媒金属に対して垂直方向に成長するが、ある程度の長さになると、反対の触媒部分に CNT が倒れるように架橋する。全ての FET は、チャネル長： $L=5\sim 10\ \mu\text{m}$ (STEP： $1\ \mu\text{m}$) であるが、これは CNT が架橋できる距離の条件が約 $5\sim 10\ \mu\text{m}$ であると想定しているためである。また、チャネル幅 $W=100, 500, 1000\ \mu\text{m}$ と 3 種類にしたのは、チャネル幅に対する特性の変化を把握するためである。素子数は、CNT/Si-FET：全 36 素子、CNT-FET：全 24 素子、MOS-FET：全 36 素子。素子は各々、チャネル長： $L=5\sim 10\ \mu\text{m}$ (STEP： $1\ \mu\text{m}$)、チャネル幅： $W=100, 500, 1000\ \mu\text{m}$ の全 18 種類をチップ内に収めた。METAL マスク全体図を図 2 に、実際にマスクを用いて作製したチップの写真を図 3 に示す。

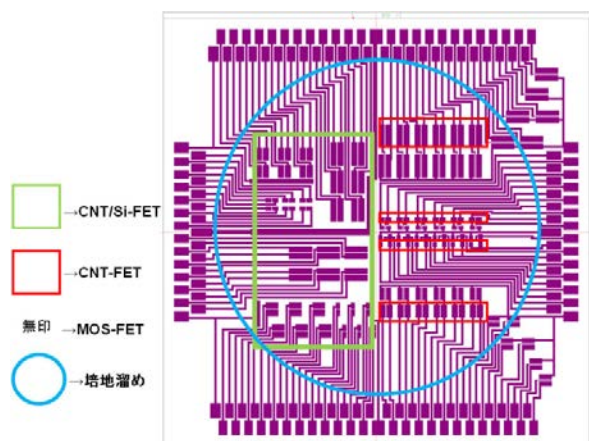


図 2 METAL マスク全体図

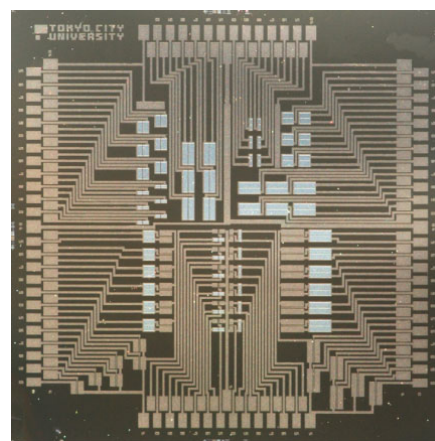


図 3 マスクを用いて作製したチップの写真

今回のチップは、中央に素子、外側にパッドを配置した。これは、チップの中央に培地溜めを作製し、そこに神経細胞を培養するためである。今後は、熱 CVD 法による CNT 成長を行った後、

神経細胞を FET の Gate 部分に密着させて神経信号を計測する予定である。

埋め込み型カーボンナノチューブセンサにおける生体適合性の検討

横井由貴子、成田竜樹、筒井千尋、平田孝道、秋谷昌宏

長期間埋め込み可能な生体融合型カーボンナノチューブ(CNT)バイオチップの開発と生体適合性向上に関する研究¹⁾の中で、特に CNT の直径、長さ、形状の違いによる比較・検討を明確にするために小動物(ラット)を用いた生体埋め込み実験を行い、毒性を含めた影響に関する評価・検討を行っている。今回は、アーク放電法を用いて合成された単層 CNT(SWCNT)をラットの腹部皮下へ埋め込み、内科学的一般検査(血球算定検査、生化学検査、RT-PCR、体重測定)及び皮膚形態変化観察(目視及び細胞核染色：ヘマトキシリン-エオジン(HE)染色)により評価を行った。

各種 SWCNT (未処理、H₂O 分散、並びに単純分散) に対し、プラズマイオン照射(プラズマアクティベーション：P-A)法による官能基(主に、カルボキシル基：COOH)の形成処理を施した。各種 SWCNT をラット 4 匹の腹部皮下へ埋め込み、切開手術のみの比較用シャムオペレーションラット及びコントロールラットを各 3 匹用いた。まず、最初のカニュレーション手術を行い、3 日後に SWCNT の埋め込み手術を行った。その後、血液検査を含む経過観察を 1 ヶ月間行った。

図.1 は、血液中の白血球数について経過観察を行った結果である。カニュレーション手術後、埋め込み手術後、並びに再カニュレーション手術後には白血球数の上昇傾向が観られるが、12 日目には全ての手術を施したラット及びシャムオペラットの数値はほぼコントロールラットに近い値を示した。図.2 は、CNT を埋め込んだ部位から摘出した組織に対して逆転写ポリメラーゼ連鎖反応 (RT-PCR) による遺伝子発現解析を行なった結果である。ここで、 β アクチンは各組織に分布している筋原線維タンパク質の一つであり、これをインナーコントロールとして用いた。また、インターロイキン 6 (IL-6) は T 細胞やマクロファージ等により産生され、液性免疫を制御するサイトカインの一つであり、インターロイキン 12 (IL-12) は B 細胞及び単球系細胞より産生され、T 細胞や NK 細胞に対して細胞増殖の促進、細胞傷害活性誘導などの作用を示すサイトカインである。

図.1 の結果より、CNT 埋め込みによる急性炎症反応は殆ど生じていないと考えられる。また、図.2 の結果より、IL-6 及び IL-12 において、未処理→分散処理→、P-A 処理の順に発現量が多いことから、P-A 処理に起因した生体適合性の向上を確認した。

1) 平田、島谷、田口：第 56 回応用物理学関連連合講演会 講演予稿集 No.0, p.24 (2009)。

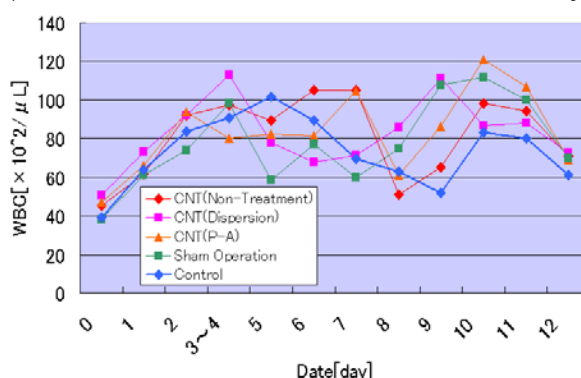


図.1 白血球数の経過観察結果

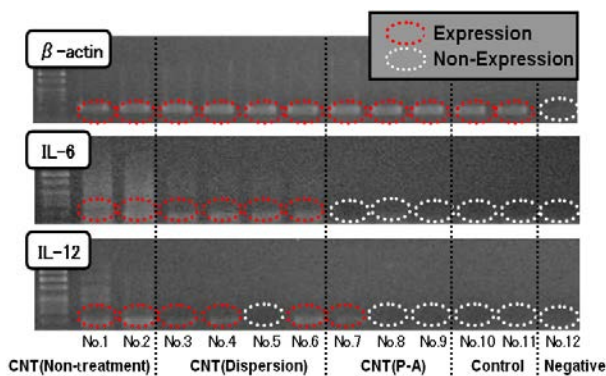


図.2 RT-PCR による遺伝子発現解析の結果

「ナノカーボンバイオデバイス研究センター」分担研究
「埋め込み型神経信号検出・伝送回路の開発」進捗報告

生体医工学科 京相雅樹

1. 研究概要

研究センター内のグループ D における研究として、図 1 に示すようなセンサからの信号を処理し、体外へ伝送する体内埋め込み用小型デバイスの開発を目指している。これまでの研究として図 1 中に網かけで示した神経からの信号を検出・圧縮し、外部に伝送する回路の開発を行った[1]。

2. 研究内容

図 2 は神経活動電位の波形例である。神経活動は図に示したようにパルス状の電気信号のかたちで体内を伝搬し、その単位時間当たりの密度が活動量に対応している。そこで我々はデータ伝送の効率化と消費電力低減および多チャンネル化への対応を目指し、波形そのものを伝送するのではなく、その密度のみを検出して伝送する方式を採用した。今回はあらかじめラットの後耳介神経より計測しておいた信号を用い、作成した活動電位検出によるデータ圧縮回路および伝送回路の実験を行った。

図 3 に作成した回路と機能ブロック図を示す。回路は閾値を決定して単位時間当たりの神経信号を計数し、その値を外部に伝送する。試作回路では 2 チャンネルの信号を検出し、圧縮したデータを PC に伝送することに成功した。今後は小型化や低消費電力化、ラットによる埋め込み実験などを考えている。

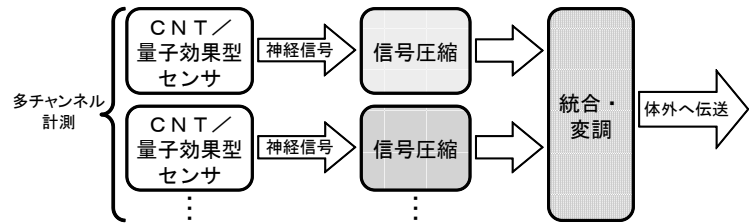


図 1 開発するシステムの概要

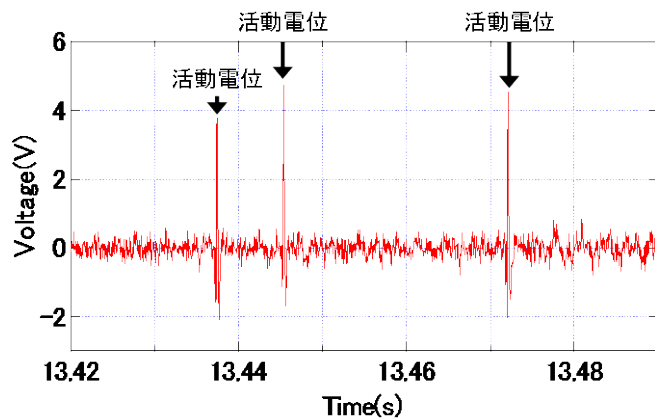


図 2 神経活動電位の例

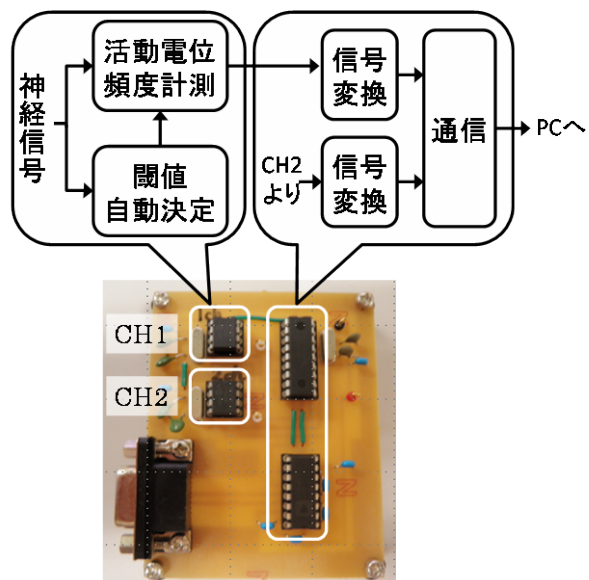


図 3 作成した回路と機能ブロック図

参考文献

- [1] 遠藤 良太, 京相 雅樹, 島谷 祐一, 石島 正之, 埋め込み型バイオチップ用計測・伝送回路の開発, 日本生体医工学会関東支部若手研究者発表会 2010, B-4-3 (2010.11).

シリコンナノ科学研究センター

シリコンナノ科学研究センターでは、平成 21 年度に採択を受けました文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「次世代 LSI に向けた新機能シリコン系ナノ電子・光・スピndeバイスの創出」プロジェクトを推進しております。本プロジェクトは、実験研究を主とする『新機能シリコンフォトリック・スピndeバイスの創製と L S I 化に向けた研究（新機能デバイスプロジェクト）』と、シミュレーション研究により実験研究の加速・支援を目指す『シリコンナノシステムの計算科学（計算科学プロジェクト）』の 2 研究テーマで構成され 23 名の研究者が参加しております。

新機能デバイスプロジェクトでは、半導体歪みエンジニアリングを活用し、現行シリコンデバイスより一桁高い移動度が達成できる超高速電子デバイスとその CMOS プロセスの開発を進めております。MOS デバイス開発に必要な高誘電率ゲート絶縁膜形成用の三元系スパッタ装置（図 1）を本年度導入し、新デバイス開発に注力しております。



図 1 三元系スパッタ装置

また、通信波長域の室温 EL 発光デバイスの開発では、フォトリック結晶、マイクロディスク、マイクロリング等の微小共振器を活用した高効率室温発光デバイスの開発に成功したため、平成 22 年 5 月 24 日に、総合研究所において日本経済新聞ほか 13 社の報道機関の参加を得て新聞発表を行いました。さらに、光導波路・受光器評価装置（図 2）を導入し、光インターコネクトデバイス評価を加速いたしました。スピnde FET に関しては、スピnde 流の創出とその制御に根ざした極めて基礎的な研究を集約するものでありますが、ゲルマニウム半導体の低抵抗ショットキー接合の開発に成功いたしました。

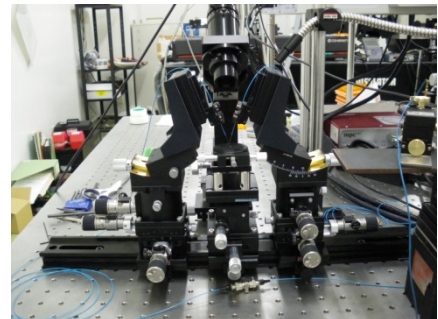


図 2 光導波路・受光器評価装置

一方、計算科学プロジェクトでは、新機能デバイスプロジェクトが開発を進めるデバイスのシミュレーション支援が主となりますが、モンテカルロ電子デバイスシミュレータ高速化に向けた Linux マルチコア環境へのプログラム移植、FDTD 光デバイスシミュレータによる発光デバイス構造最適化、Ge 表面でのドーパント偏析機構の解明、HfO₂ への元素添加による信頼性向上機構の解明など、電子・光両デバイス、そしてこれらデバイス開発を支える材料・プロセス技術に関する研究を推進しました。平成 23 年度よりは、夫々のデバイス解析に必要なデバイスモデル化とシミュレーション機能の高度化を進め、最終的にはシリコンナノシステム統合設計・開発環境の構築進めてゆきます。今後とも関係各位のご指導、ご鞭撻を賜りながら、プロジェクト研究完遂にむけ注力して参ります。

2011 年 5 月

シリコンナノ科学研究センター
センター長 丸泉琢也

1. はじめに

シリコンナノ科学研究センターでは、IV族半導体ヘテロ構造を利用する量子・ナノデバイスの研究開発を進めている。本研究では、材料、プロセス、デバイスの各階層にわたるシミュレーション技術を活用し、これら量子・ナノデバイスの開発を支援、加速する事を目的としている。具体的テーマとしては、第一原理計算による半導体表面構造シミュレーション、高誘電率ゲート絶縁膜の熱安定性解析、シリコン・絶縁膜界面の構造、安定性解析など、また、結晶塑性解析によるナノスケール MOS (Metal Oxide Semiconductor) デバイスの応力・転位分布解析など多岐にわたる。本報告では、昨年度研究成果のあがったハフニウムゲート絶縁膜 (HfO_2) の信頼性向上指針に関する研究について報告する。

2. ハフニウムゲート絶縁膜の信頼性

先端的な MOS デバイスには、ゲート絶縁膜としてハフニウム酸化物 (HfO_2) 等の高誘電率材料が用いられているが、膜中欠陥、特に空孔（金属、酸素とも）由来電荷捕獲とデバイス閾値の変動といったデバイス劣化現象が知られている。このため、これ迄、あるアルミニウム、マグネシウム、ランタンなどの金属材料を絶縁膜に添加し、性能改善する試みが報告されてきているが、総合的な評価が行われていないのが現状である。そこで、本研究では、ハフニウムゲート絶縁膜への元素添加の効果を系統的に解析し、ゲート絶縁膜信頼性向上に関する指針を得る事を目的に第一原理バンド計算を行った。計算は、ウルトラソフト擬ポテンシャル VASP コードを用いた。 HfO_2 構造モデルには、低温相で安定な、単斜構造と高温相で安定となる立方晶構造の2種を用いた。96原子からなるスーパーセルを用い、酸素欠損、ハフニウム欠損形成に必要な生成エネルギー、これら欠損が示す荷電安定性、欠陥構造への元素添加に必要なエネルギー、そして元素添加後の多重酸素欠損生成に必要なエネルギー等を精密に評価した。スーパーセル構造の一例を図1に、酸素欠損構造が示す荷電安定性の例を図2に、そして Hf 欠損部を金属 (Al, Mg, La) で補填した後、生成する酸素欠損構造の例を図3に示す。

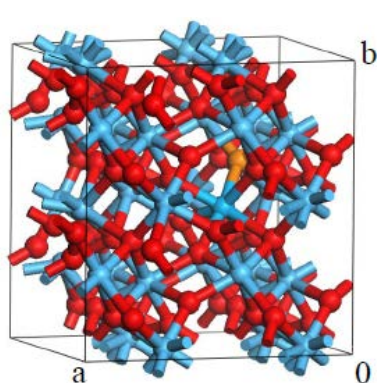


図1 ハフニウム酸化物スーパーセルモデル(単斜構造)

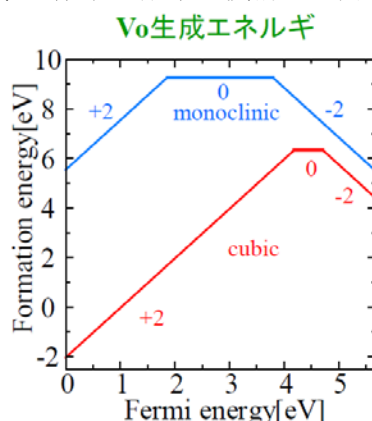


図2 酸素欠損形成の生成エネルギーと荷電安定性

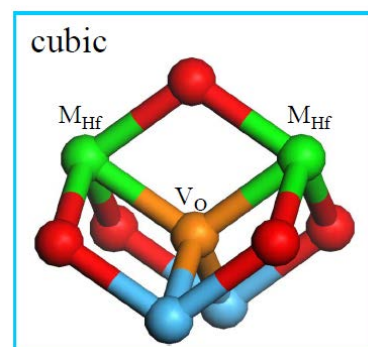


図3 Hf 欠損への金属添加 (M_{Hf})後に生成する酸素欠損

この結果、Hf 欠損に金属を添加した後の酸素欠損生成エネルギーに関しては、La で Hf 欠損を補填した場合、6.98eV、Al で、6.51eV と、無欠陥構造から酸素欠損を生成するのに必要となる 6.34eV に比べ、いずれも大きくなる、即ち、酸素欠損が生成されにくくなり、劣化を抑制できるとの結果が得られた。一方、Mg で補填する場合、0.41eV と極めて低い値となり、酸素欠損の生成が容易となり劣化が進行しやすい事が明らかとなった。

3. 今後の進めかた

本研究では、結晶構造を対象にして欠陥構造への元素添加の影響を調べたが、非晶質構造膜も想定できるため、引き続き、非晶質構造膜での欠陥生成と、元素添加の効果について解析を進める。本研究の一部は文部科学省科研費基盤研究 C(20560025)並びに私立大学戦略的研究基盤形成支援事業の助成を受けて実施した。

4. 関連研究成果

- 1) T. Maruizumi and S. Ito, “Stable position of B_{12} Cluster Near Si(001) Surface and Its STM images”, ECS Trans. **33(6)**, pp. 263-274(2010).
- 2) M.Sato, T. Ohashi, K. Aikawa, T. Maruizumi, and I. Kitgawa, “Simulation of dislocation accumulation in ULSI cells of reduced gate length”, Materials Science Forum, **645-656**, 1682(2010).

1. はじめに：本研究では、量子・ナノデバイスの開発を支援、加速する事を目的として X 線光電子分光測定をはじめとする材料評価技術を活用し、ゲート電極／高誘電率絶縁膜／Si 界面構造や高誘電率絶縁膜／Ge 界面構造の評価を行っている。本報告書では、2010 年度に行った研究の一部である $\text{HfO}_2/\text{Si-cap}/\text{strained-Ge}/\text{SiGe}/\text{Si}$ 積層構造の研究成果を述べる。

2. 研究設備：総合研究所には、高誘電率材料の成膜、加工のための平行平板型スパッタリング装置（ANELBA ㈱、L-250S-FH（特型））、エッチング装置（ANELBA ㈱、L-201D-SLA（特型））がある。また、世田谷キャンパス・半導体特別研究棟には、プラズマ酸化・窒化装置、光酸化装置、超高分解・高感度 X 線光電子分光装置 ESCA-300、分光エリプソ装置を所有している。

3. 研究成果の紹介：2010 年度に行なった研究のうち、次々世代の MOSFET のチャネル構造として有望な IV 族半導体ヘテロ構造を持つ $\text{HfO}_2/\text{Si-cap}/\text{strained-Ge}/\text{SiGe}/\text{Si}$ 積層構造における Si-cap 層の厚さが積層構造の化学結合状態に及ぼす影響についての研究成果を述べる。試料は、総合研究所の MBE 装置やスパッタ装置を用いて作製した。これらの試料を乾燥酸素雰囲気中、 300°C 、 400°C における熱処理を行い、SPRING-8 の BL46XU において、エネルギー 8keV の放射光を励起光に用いた角度分解硬 X 線光電子分光測定を行った。測定結果を図 1 に示す。図 1 から以下の結論を得た。(1) Si-cap 層が 3nm 以上の時、熱処理の有無にか

かわらず Si-cap/歪 Ge 界面における歪 Ge 層の酸化は見られない。一方、Si-cap 層が 1nm 以下の場合、 HfO_2 堆積時に歪 Ge 層の酸化が起こっていた。これらのことは、未酸化の Si が存在する場合は、Ge の酸化が抑えられることを示唆している。(2)酸化した Si からの Si 1s 光電子のケミカルシフトが、Si-cap 層が薄くなるほど小さくなることを見出した。これは、 $\text{HfO}_2/\text{Si-cap}$ 界面に形成

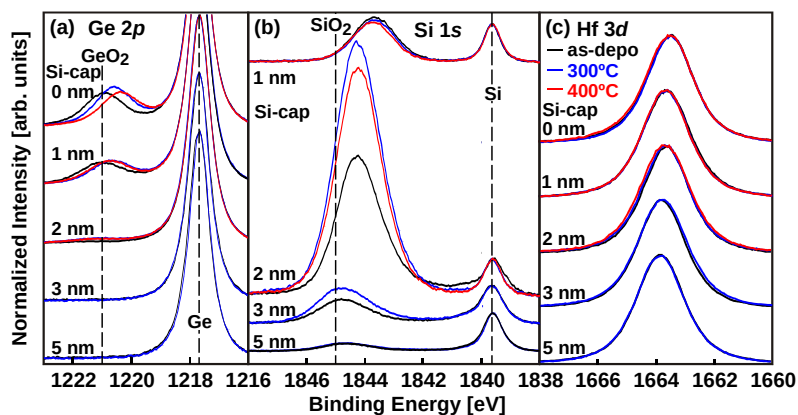


図 1 Ge, Si 及び Hf の化学結合状態の Si-cap 層厚による変化

なお、(a)Ge 2p, (b) Si 1s, (c) Hf 3d 光電子スペクトルである。Si-cap 層が薄くなるほど多くなることを示唆している。(3) Si 1s、Ge 2p、Hf 3d 光電子強度の脱出角度依存性から HfO_2/Si 歪 Ge/SiGe 構造の推定を行い、 400°C の熱処理後で積層構造に大きな変化のないことを確認した。

4. 今後の研究計画：2011 年度は、前年に引き続き X 線光電子分光法による評価から、熱的に安定かつ電気的特性に優れた高誘電率絶縁膜／半導体界面構造を探索。具体的には、 HfO_2 への La や Ce などの他元素の添加、窒化膜等の界面バリア層の挿入などである。これらの結果と丸泉グループのシミュレーション（ケミカルシフト計算・構造安定性解析など）による研究と連携しながら進めて行くことで、量子・ナノデバイス実現のために不可欠な高品質な高誘電率絶縁膜／半導体 (Si、Ge、歪 Si および歪 Ge) 界面の実現をめざす。また、 δ ドーピングの評価も行う予定である。

5. 成果発表

- 1) H. Nohira, Electrochemical Society Inc., ECS Transactions, **Vol. 28**, pp. 129-137 (2010).
- 2) A. Komatsu, et al., Electrochemical Society Inc., ECS Transactions, **Vol. 33**, pp. 467-472 (2010).
- 3) Y. Abe, et al., Japanese Journal of Applied Physics **49**, pp. 060202-1~060202-3 (2010).

MPEG-4 ALS エンコーダのハードウェア化に向けた 予測係数算出処理の並列最適化

工学部 電気電子工学科
量子・ナノデバイス研究室 瀬戸謙修

ネットワークやデジタル機器のブロードバンド化、ユーザーが扱うデータ容量の増大に伴い、圧縮技術は年々進歩している。そのような圧縮技術の進歩に伴い、高性能なオーディオ圧縮フォーマットとなる MPEG (Moving Picture Experts Group) 規格が次々発表され、その後幅広く普及している。その中で現在は MP3 (MPEG-1 Layer 3) や、MPEG-4 AAC (Advanced Audio Coding) などの非可逆圧縮処理による圧縮フォーマットが主流となっているが、非可逆圧縮処理では CD と同等の音質は得られない。より高品質な圧縮フォーマットの要求に対し、プロだけでなく一般ユーザーからも今後は可逆圧縮処理によるオーディオ圧縮が注目されると考えられ、そのような圧縮処理を施すコーデックソフトとして、MPEG-4 ALS (Audio Lossless) を、本研究の研究対象とした。

可逆圧縮処理を施すエンコーダである MPEG-4 ALS は、非可逆処理を施すエンコーダよりもエンコード時間が長くなってしまいうというデメリットが存在する。その問題を解決するため、本研究ではボトルネック処理をハードウェア化し、エンコード時間を短縮するための予測係数算出処理の最適化手法を提案する。

まず MPEG-4 ALS コーデックのプロファイリングを行い、ボトルネック関数を発見した。詳細なプロファイリングを行うため、ハードウェア化する必要がないと判断した機能を除いた最小限の MPEG-4 ALS コーデックに作り直した。当初コーデックを構成していた関数は全部で 488 個存在していたが、最終的に 91 個の関数に絞り、単純化したエンコーダソフトにした。その後テストファイルを用いてプロファイリングを行った。

プロファイリングの結果、高負荷がかかっていた GetCof 関数、hanning 関数、acf 関数について並列最適化を施した。具体的には、GetCof 関数内で hanning 関数及び acf 関数をインライン展開させた。分岐文を活用し、2 つのアルゴリズムを N 回ループする 1 つのループにマージして処理させた。それによって hanning アルゴリズムで生成されたデータを直後に、acf アルゴリズムの入力データとして与え、高速に処理できるようにした。その際 cos 演算に関して、24 次式まで演算するテイラー展開と、使用した高位合成ツールのデフォルト設定で表現可能な、小数点以下 7 桁までをフィールド幅とした cos テーブルによる演算の 2 パターンで最適化し、パフォーマンスの改善を図った。

クロック周波数 50[MHz] で設定し、一般的な手法による予測係数算出回路と比較したところ、面積は最大で約 1/28、処理速度は約 6.6 倍向上した。面積が縮小されたのは、各関数のループを 1 つのループに結合したことに加え、cos 演算をテーブル化したことである。そして FU (Function Unit) が 32bit の乗算器 1 個、16bit 及び 32bit の加算器が合わせて 3 個、比較器 4 個、除算器 1 個のみで構成されると共にレジスタ数も大幅に削減できたことが要因となった。処理速度向上もこれに起因する。また高位合成する際に、扱うデータの整数部と小数部のビット幅を削減することで更なる面積の縮小が見込まれており、整数部と小数部全体のビット幅にほぼ比例して面積が削減できると共に、処理速度が上昇することが分かっている。

本研究の結果、並列最適化を考慮したシステム記述から高位合成を行い、MPEG-4 ALS エンコーダのボトルネックとなっていた予測係数算出処理のハードウェア化に成功した。高負荷がかかっていた hanning 及び acf 関数に対し、その関数を呼び出していた GecCof 関数内でインライン展開を行い、処理内容をまとめ、ループ結合による hanning 及び acf アルゴリズムの複合的な並列化だけでなく、hanning アルゴリズム内の cos 演算をテーブル化することでさらなるパフォーマンスの向上を図ることができた。

高速 Ge チャネルデバイス構造の開発

総合研究所シリコンナノ科学研究センター 澤野憲太郎

【研究背景、目的】

今日、半導体技術は、素子縮小化による性能向上の限界に直面しており、新たな技術革新が必須となっている。その中で、次世代の高速 CMOS のチャネル材料として Ge の導入が注目されている。本研究では、特に Ge 微細デバイスにおいて重要となる、ソースドレイン (SD) の極浅化かつ低抵抗化、またチャネルの高速化を実現する結晶歪みの導入に焦点を絞り、高品質結晶成長技術を駆使して、不純物の極浅高濃度ドーピング、高品質歪み Ge 膜の形成と電気伝導特性の評価を行った。

【研究成果】

不純物の表面偏析現象を系統的に調べることで、基板面方位、結晶成長温度に強く依存した偏析現象を解明した。図 1 に Sb 不純物原子濃度の深さプロファイル (SIMS) を示す。デルタドーピングした後の Ge 膜の成長温度により分布に顕著な違いが表れ、400°C 以下の成長温度、(111) 面成長において偏析が大幅に抑制されることが分かる。これにより数 nm という非常に急峻な Sb 不純物原子のドーピングに成功した。高濃度ドーピング後にメタルを形成し、IV 特性を調べた結果、400°C 以下の成長温度において良好なオーミック接触が得られた (図 2(a))。また、電流値が温度に依存しないことから (図 2(b))、ショットキー障壁をトンネルにより伝導していることが示され、これは高濃度ドーピングにより障壁幅が数 nm と極浅化している効果である。これは、本手法が GeMOS の極浅 SD 実現へ非常に有望であることを示す。

また、歪み Ge チャネル構造の開発として、歪みによる正孔の伝導有効質量を系統的に調べた。図 3 より、Ge チャネルの歪みが増加するに従い、有効質量が単調に減少していることが分かる。すなわち、歪み増加によってデバイスの高速化が実現できることを示している。以上のように、SD コンタクト、歪みチャネルについて得られた成果は、次世代高速 Ge CMOS の実現へ向けた大きな前進につながるものと言える。

【関連投稿論文】 [1] “Ultrashallow Ohmic contacts for n-type Ge by Sb δ -doping” K. Sawano et al., *Appl. Phys. Lett.* **97**, 162108 (2010). [2] “Ion dose, energy, and species dependencies of strain relaxation of SiGe buffer layers fabricated by ion implantation technique”, Y. Hoshi and K. Sawano et al., *J. Appl. Phys.* **107**, 103509 (2010). [3] “Effects of increased compressive strain on hole effective mass and scattering mechanisms in strained Ge channels”, K. Sawano et al., *Microelectronic Engineering* **88**, 465 (2011).

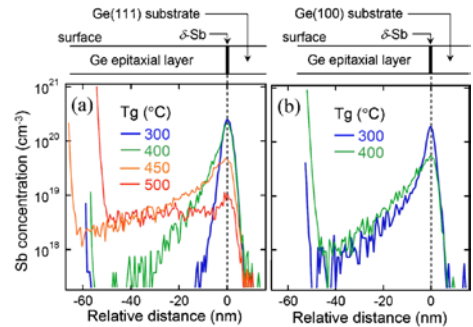


図 1 Ge 中の Sb 濃度の深さ分布

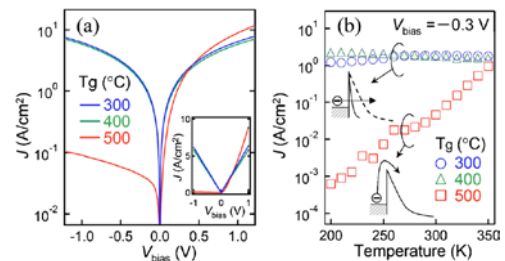


図 2 高濃度不純物ドーピングを施した Ge/メタル接合の IV 特性(a)とその温度特性(b)。

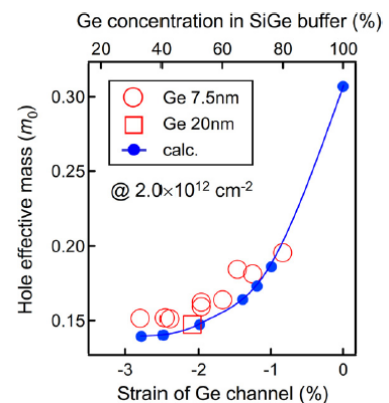


図 3 Ge チャネルにおける正孔有効質量の歪み依存性。

1. Introduction

Silicon itself is a kind of semiconductor with indirect band gap and the wavelength corresponding to its band edge is far away from the popular communication band. This makes it difficult to realize active photonic device, such as light source, photodetector, directly from silicon. By introduce Germanium into silicon material, this problem might be solved.

2. Light emitting devices based on Ge self-assembled quantum dots in microcavities

Ge self-assembled quantum dots can be easily grown on Si wafer and is possible to emit light at telecommunication band. Although the light emission efficiency is very low and can only occur at cryogenic temperature, we can enhance it by embedding the quantum dots into various optical microcavities according to the Purcell effect. Previously, we have already demonstrated room temperature light emission from Ge dots within 2D photonic crystal (PhC) slab defect cavity, microdisk, and 1D PhC cavity on silicon waveguide under optical pumping. Recently, electroluminescence (EL) devices based on microdisk and 2D PhC cavity have been also fabricated by combining p-i-n diode into the microcavities. Light emission at room temperature is also demonstrated. As an example, the fabricated EL device based on 2D PhC cavity and the light emission property are shown in Fig. 1. This progress makes the light emitting devices based on Ge dots more practical in use.

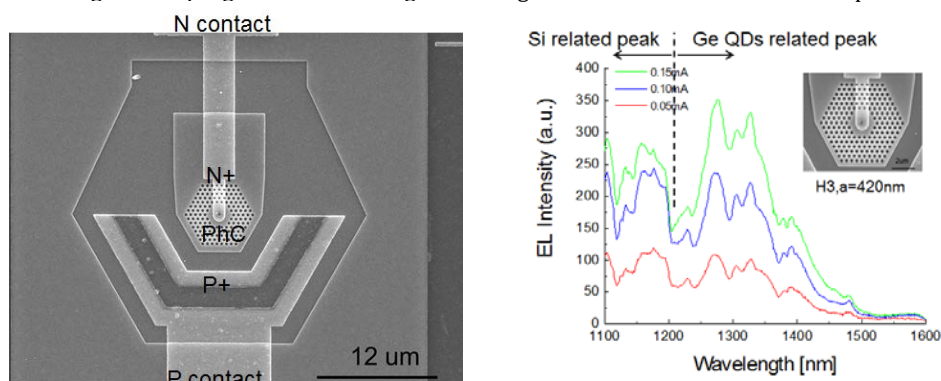


Fig. 1 Left: SEM image of a fabricated EL device based on 2D PhC cavity; Right: EL spectrum at room temperature under different injected current

3. Resonant cavity enhanced waveguide photodetector based on SiGe/Si multiple quantum wells

SiGe/Si multiple quantum wells (MQWs) can be grown without defect compared to pure Ge on silicon. The disadvantage of low absorption can be alleviated by combining resonant cavity with a waveguide-type photodetector (PD). The peak quantum efficiency (QE) of an optimized device can be larger than 40% and comparable to that based on pure Ge, but keeping the dark current much lower. A RCE waveguide PD based on Fabry-Perot cavity formed on silicon waveguide has already be fabricated, as shown in Fig. 2. The dark current under reverse bias is indeed very low, on the order of 10nA up to -10V bias. The optical properties of the FP cavity are also verified through the optical transmission measurement, as show in Fig. 2. These results will be helpful in our new fabrication of the device.

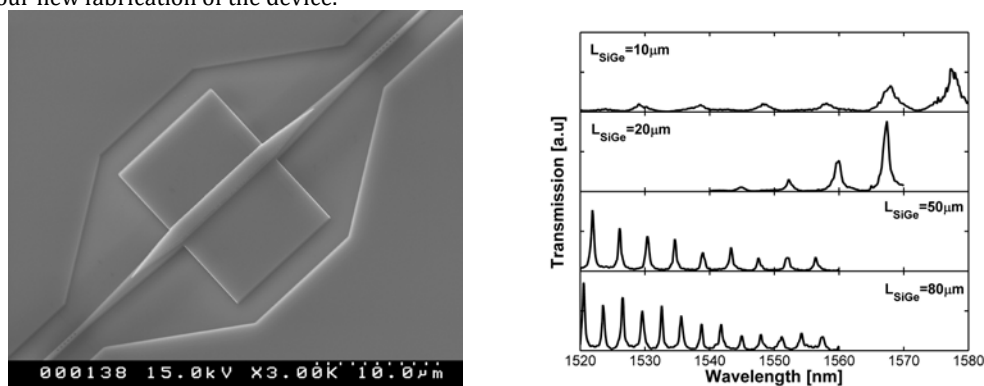


Fig. 2 Left: SEM image of a fabricated RCE waveguide PD; Right: Optical transmission of devices with different SiGe waveguide lengths

[1]J. Xia et al, Opics Express, 18(13): 15945, 2010

[2]T. Tsuboi et al, E-MRS Spring Meeting, 2011

[3]X. Xu et al, 7th International Conference on Si Epitaxy and Heterostructures, 2011

自動車エンジン研究室

自動車エンジン研究室は、一貫してエンジンの環境性能向上を目的として研究を行っている。平成22年度に実施した研究は、水素エンジンの実用化、エンジンのピストンの潤滑特性評価およびオイル消費低減の三つに大別される。以下にそれぞれの分野における成果の概要を述べる。

(1) 水素エンジンの実用化

自動車からの二酸化炭素排出量削減は急務であるが、高速走行あるいは長距離走行が要求される商用車に対しては、いまだ確たる二酸化炭素排出量削減策がない。ここで水素を燃料とするエンジンは、運転時に二酸化炭素を排出しない。また燃料となる水素は主に電気分解で作られるが、夜間電力を有効に利用する方策となりえと考えられる。そのため水素エンジンの普及は自動車からの二酸化炭素排出量削減に貢献できるものと思われる。

本研究では商用車を念頭に置き、平成21年度の水素エンジンバス製作により明らかになった課題である点火系の耐久性および信頼性向上と、エンジンの出力および低速トルク向上に取り組んだ。

点火系はC D I方式の採用および最適化により、耐久性の向上および高過給下での異常燃焼の防止に成功した。これにより水素エンジンバスを上回る高過給が可能となり出力向上に成功した。低速トルク向上については、モーターでエンジントルクのアシストを行うハイブリッド方式を採用した。これによりベース車両と遜色ないドライバビリティを有する車両の製作に成功した。

(2) エンジンのピストンの潤滑特性評価

燃費向上のため、ガソリンエンジンではピストンの摩擦損失低減は有効な手段であり、またディーゼルエンジンでは熱効率向上のための高圧縮比および高平均有効圧を達成するためにピストンの摺動面の信頼性確保が重要である。これら評価のため、ピストン各部の潤滑特性評価技術は重要である。平成22年度は、ピストンピンボス軸受け潤滑特性評価のための当該部摩擦力測定手法および高負荷ディーゼルエンジンのピストン摩擦力測定手法の開発に取り組んだ。

ピストンピンボス軸受け摩擦力測定では、測定装置に起因する誤差を特定しその補正を行うことで測定精度の向上を図った。従来測定が困難であったD L C皮膜を有するピストンピンとピンボス軸受間の摩擦力測定に成功し、低摩擦皮膜の摩擦低減効果の評価が可能であることを示した。

従来のピストン摩擦力測定装置は高負荷ディーゼルエンジンのピストン摩擦力測定を行う上で多くの課題を有していた。平成22年度は、測定系固有振動数向上およびシリンダ真円度向上に取り組んだ。新たに設計された装置は高負荷下での圧縮上死点の摩擦力によるステップ状入力に対しても良い追従性を示した。またシリンダの真円度不足によると思われる摩擦力の異常出力も観察されなかった。一方でシリンダに作用するスラスト荷重の支持剛性不足が残存課題であることが示された。

(3) エンジンのオイル消費低減

燃費低減を狙ったピストンの摩擦損失低減のための方策はしばしばオイル消費の増加を招く。オイル消費の増加は、排気後処理装置の触媒被毒を招くほか、著しい場合には連続航続距離を低下させる。そのためオイル消費低減のためのメカニズムの解明が期待されている。

オイル消費メカニズム把握のためピストン周りの油挙動の把握が必要であるが、ピストン側からの光学的測定の難しさが障壁となっていた。平成22年度は光ファイバをピストンからエンジン外部に導出する手法の開発を行った。新たに開発された光ファイバ用リンク装置により、光ファイバを折損することなくエンジン外部に導出することに成功した。また干渉縞を利用する測定のみならず光強度を利用する測定にも、本リンク装置は使用可能であることが示された。

2011年5月

自動車エンジン研究室
伊東 明美

1. はじめに

エンジンの熱効率向上は燃費低減のため有効である．そのためエンジンの圧縮比または過給圧は増加の傾向にあり，同時に平均有効圧も増加している．これによりピストンに作用する燃焼圧および熱負荷も増加する．一方，ピストンピンボス軸受は，高い面圧，低い摺動速度および高温により厳しい潤滑状態にある．そのためさらなる面圧および熱負荷の増加により当該部の損傷が懸念される．当該部の負荷容量を向上させるために，ピストンピンボス軸受の潤滑状態の把握が期待されるが，これに関する研究は乏しいのが実情である．そこで本研究ではピストンピンボス軸受の潤滑状態の指標として摩擦力を取り上げ，その測定精度の向上を目的とする．

2. ピストンピンボス軸受摩擦力測定装置

ピストンピンボス軸受の摩擦力測定装置を図1に示す．ピストンピンとコンロッドは梁によって連結されており，梁に貼付された歪ゲージによりピストンピンボス軸受の摩擦力を測定するしくみである．なおコンロッド小端をニードルベアリングに変更し，摩擦力測定結果に及ぼす影響を極力小さくしている．

前述の梁には当該部摩擦力のほか測定装置自体に作用する慣性力も作用する．そこで測定装置に作用する慣性力を力学的に算出し，これを測定結果の補正に用いた．

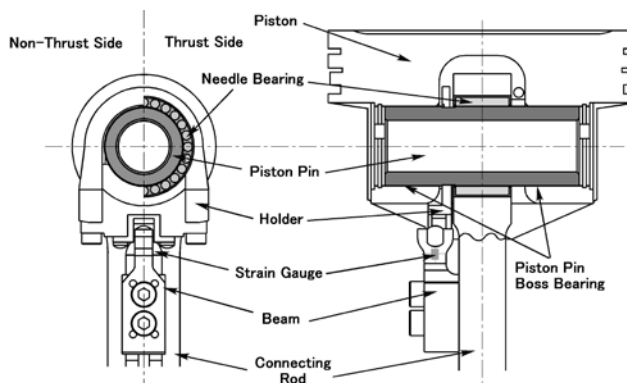


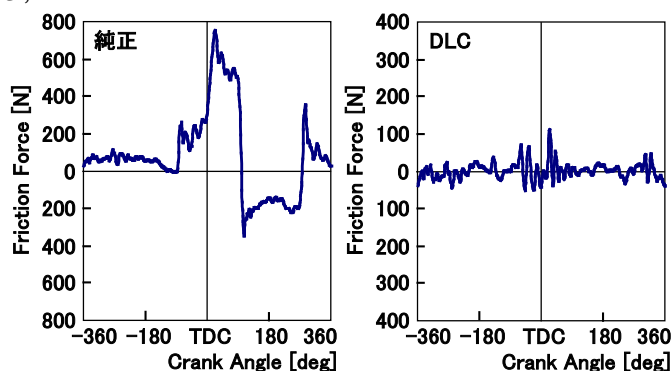
図1 ピストンピン摩擦力測定装置

3. 測定結果

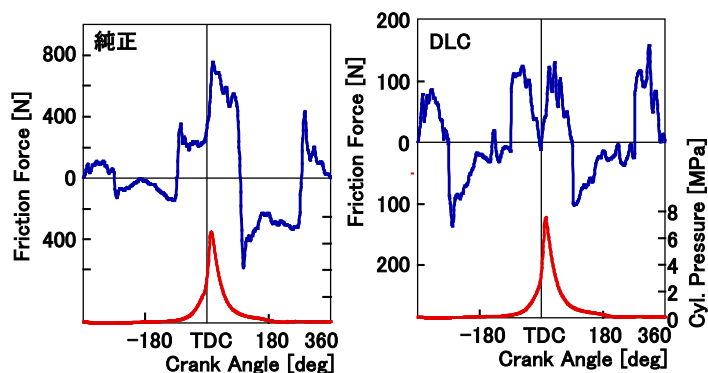
従来のデータ処理方法による測定結果を図2(a)に，前述の補正を行った測定結果を図2(b)に示す．このときピストンピンは純正品および DLC 皮膜付を用いた．(a)より，従来の方法では DLC 皮膜つきピストンピンのようなごく小さい摩擦力の測定は不可能であった．しかし(b)では，DLC 皮膜つきピストンピンを用いて，純正品の摩擦力と同様な傾向を示す波形が得られていることがわかる．

4. まとめ

従来のピストンピン摩擦力測定装置の出力より，装置自体に作用する慣性力による出力分を補正することにより，DLC のような低摩擦皮膜を有するピストンピンの摩擦力測定に成功した．



(a)従来のデータ解析法



(b)新しいデータ解析法

図2 ピストンピン摩擦力測定結果

高負荷ディーゼルエンジンのピストン摩擦力測定に関する研究(1)

機械工学科 伊東 明美

1. はじめに

地球温暖化防止のため自動車からの二酸化炭素排出量削減は急務である。ディーゼルエンジンでは燃費向上のため小型化および高過給化、高平均有効圧化の傾向にある。これはピストンに作用する燃焼圧力や熱負荷を増加させ、ピストンの摺動条件は厳しくする。最適なピストン設計のためにその潤滑状態を把握する必要があるが、高負荷ディーゼルエンジンに関する研究事例は乏しい。そこで本研究では高負荷ディーゼルエンジンのピストンの潤滑状態解析を最終目的とし、平成22年度は摩擦力測定装置の開発に取り組んだ。

2. ピストン摩擦力測定装置

ガソリンエンジンのピストン摩擦力測定装置として瀧口の開発した M-Lube が名高い。しかし M-Lube を高負荷ディーゼルエンジンに適用するにあたり、圧縮上死点におけるステップ状の摩擦力に対する追従性、シリンダの真円度およびシリンダの支持剛性などの向上が課題であった。これらを踏まえ測定原理は従来どおり古浜による浮動ライナー法を踏襲し新たな装置を設計した。図1

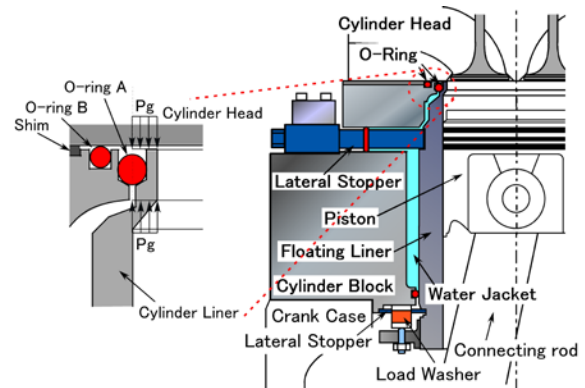
(a)に従来の装置を示す。シリンダ上部は4本の梁状の揺れ止めで支持されているが、これによるシリンダ真円度低下が問題であったため(b)に示すように円環状の揺れ止めに変更した。また摩擦力を測定するためのロードワッシャによってシリンダの上下方向は支持されるが、このロードワッシャを2個から4個に変更することで測定系の剛性を向上させ、摩擦力に対する追従性の向上を狙った。

3. 測定結果

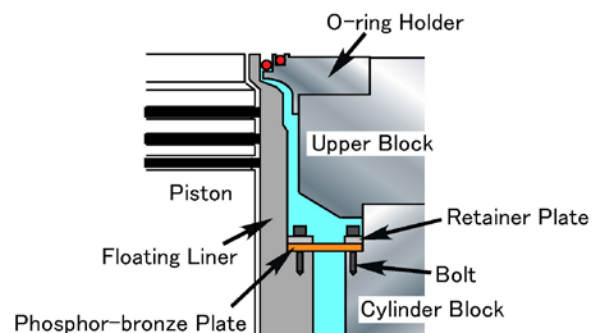
図2に代表側定例を示す。新しい装置では従来の装置と比較して波形に現れるカスチング等による振動が小さくなっていること、スラスト、反スラスト側センサー出力の差が小さくなり、シリンダ支持剛性が向上していることが分かる。

4. まとめ

新たに開発された摩擦力測定装置は高負荷ディーゼルエンジンのピストン摩擦力測定が可能であることが分かった。



(a)従来の摩擦力測定装置



(b)新しい上部揺れ止め

図1 摩擦力測定装置の改良

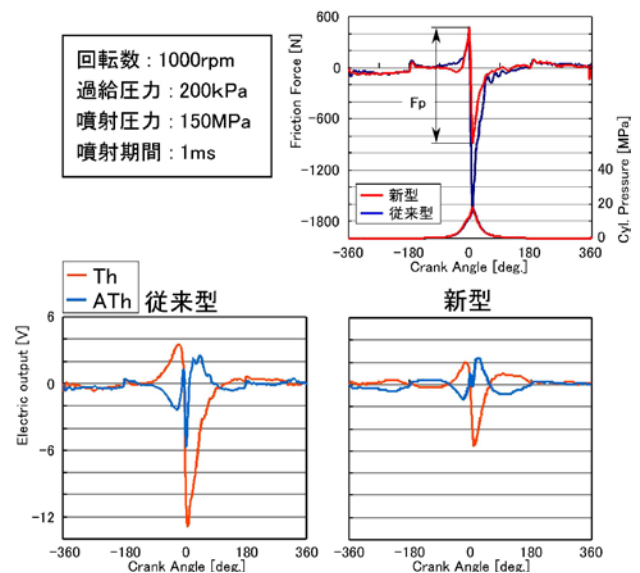


図2 摩擦力代表側定例

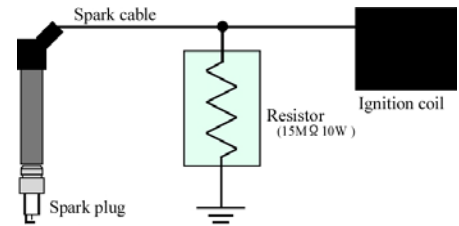
1. はじめに

地球温暖化防止のため自動車からの二酸化炭素排出量削減は急務である。しかし高速走行あるいは長距離走行が要求される商用車に対しては、いまだ確たる二酸化炭素排出量削減策がない。ここで水素を燃料とするエンジンは、運転時に二酸化炭素を排出しない。また燃料となる水素は主に電気分解で作られるが、夜間電力を有効に利用する方策となりえと考えられる。従って水素エンジンの普及は自動車からの二酸化炭素排出量削減に貢献できるものと思われる。

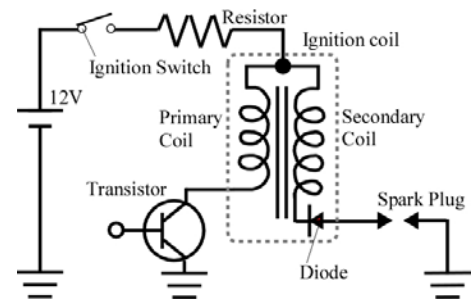
本研究では商用車を念頭に置き、平成 21 年度の水素エンジンバス製作により示された課題である点火系耐久性及び信頼性向上とエンジンの出力及び低速トルク向上に取り組み、効果確認のため水素ハイブリッドトラックを製作した。

2. 点火系の改善

水素エンジンバスは点火系に図 1 (a)に示す改良ケーブル



(a)対策ケーブル



(b)CDI 方式の点火系

図 1 水素エンジンの点火系

を使用している。水素エンジンの異常燃焼の主要因は点火系に残存した電荷であるため、抵抗を介して接地することで残存電荷を除き、異常燃焼を防ぐしくみである。このケーブルは接地部の抵抗の過熱等信頼性および耐久性に課題を有していた。そこで図 1 (b)に示す CDI 方式の点火系の採用により電荷の残存を防ぐことに成功した。

3. エンジンの出力および低速トルク向上

点火形の改善により、過給時に発生しやすい異常燃焼の防止が可能になったため、水素エンジンバスを上回る高過給が可能となった。これにより図 2 に示すようにベースとなったディーゼルエンジン出力の 9 割の出力を確保することができた。また低速トルクについては、図 2 の斜線で示す部分を電気モータにてアシストするハイブリッドシステムを採用することで対策を行った。これにより新たに開発した水素ハイブリッドトラックはベース車両と比較してそんな色ない出力・トルクを得ることができた。

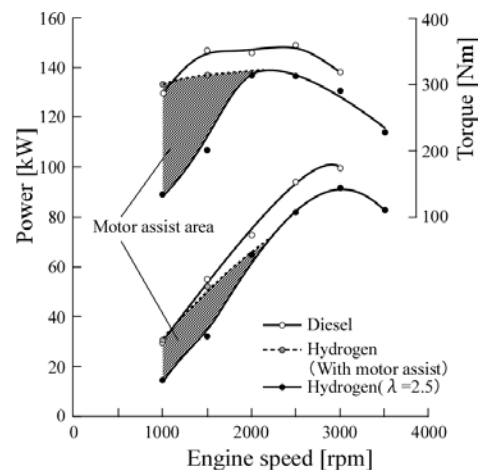


図 2 水素エンジンの出力・トルク

4. まとめ

点火系の改善およびハイブリッドシステムの採用により、点火系の信頼性および耐久性向上、水素エンジンの出力および低速トルク向上に成功した。これによりベース車両と比較してそんな色ない性能を有する車両（図 3）を開発することができた。



図 3 水素ハイブリッドトラック

重点推進研究
地震リスクマネジメント研究室

想定鉄道4路線の地震リスク解析

重点推進研究 地震リスクマネジメント研究室 吉川弘道

➤ 個別地震ロス関数と集約地震ロス関数の設定

鉄道を線状に繋ぐ代表的な構造物である高架橋、橋梁構造物、地中構造物、盛土/切土の4つを選定し、統一的な解釈による地表最大速度（PGV）を説明変数とした個別地震ロス関数を作成した（図-1）。さらに、4構造物の構成比率（実路線）により、集約点に対応した集約地震ロス関数を同定した（図-2）。

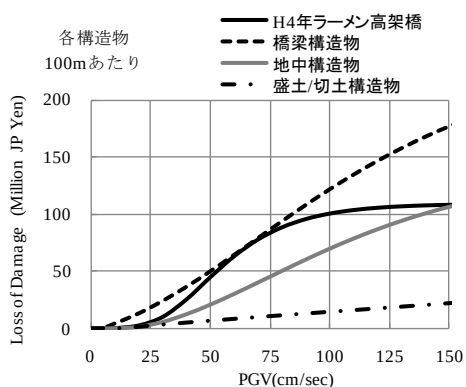


図-1 単位長さの各個別地震ロス関数

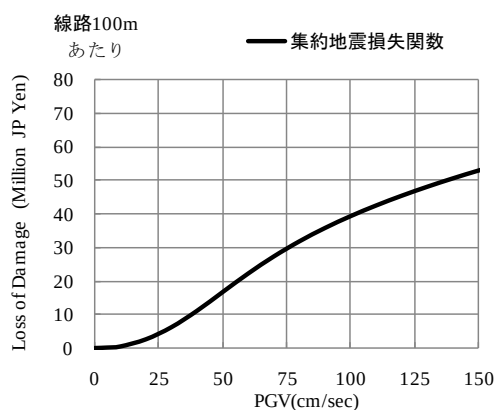


図-2 集約地震ロス関数（100mあたり）

➤ 首都圏放射4路線の地震リスク評価：想定路線と地震イベントリスク曲線

首都圏にて放射状に延びる4路線（図-3）を設定し、地震リスク評価を試算した。

- ・Line-1/池袋-大宮方面：荒川流域で地盤増幅率が大きい。
- ・Line-2/新宿-国立方面：武蔵野台地（ローム台地）にあり、地盤条件が比較的良好い。
- ・Line-3/渋谷-横浜方面：路線中央部が多摩川流域にて、地盤増幅率が大きい。
- ・Line-4/上野-柏方面：流域の後背湿地が広がり地盤増幅率が大きい。

いずれの路線も20kmの直線路線であり、構造物の構成比率と集約地震ロス関数を同一のものを設定した。最終的に、図-4のような地震イベントリスク曲線が得られ、4路線のリスクの差異を読み取ることができ、これは、地盤条件および震源との距離関係を反映したものである。

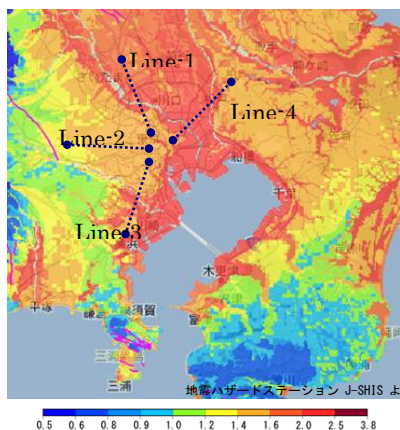


図-3 首都圏に想定した4つの鉄道路線

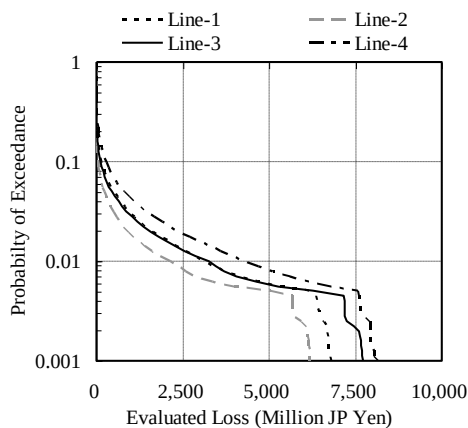


図-4 想定4路線の地震イベントリスク曲線

機器分析室

平成 22 年度機器分析の利用状況と成果

東京都市大学 総合研究所 機器分析室
吉田 明、新藤 恵美、浜村 尚樹

1. はじめに

機器分析室は全学共通利用施設・設備として武蔵工業大学総合研究所に所属して 4 年が経過し、東京都市大学総合研究所所属としては 2 年が経過した。平成 22 年度は平成 23 年 3 月 11 日に想定を超える東北地方太平洋沖地震が起きましたが、機器分析室は平成 22 年 9 月に新 2 号館地下に移設したこともあり、幸いにして殆ど装置などの被害はなかった。その後停電と節電のため機器を 3 週間ほど停止状態にしたにもかかわらず、機器分析室利用件数は 1 機種 1 日 (10:00~17:00) 使用を 1 件として 1291 件で、昨年度より 320 増、一昨年度より 219 件増となった。この要因は新 2 号館 (生体医棟) 地下 1 階に移転し、広くなり使いやすくなったのに加え、特に X 線回折装置 (XRD) は目的によってアタッチメントを変えるのではなく、目的別に機器を揃えたことが年間昨年度比 1.5 倍の利用率につながったと思われる。

2. 共同研究による成果

機器分析室では学内の他研究室や他大学などと共同研究を行っている。

平成 19 年度に徳島大学の富田卓朗先生との共同研究で行っていた「単結晶 SiC 表面にレーザーを照射することで生成された炭素相」の研究で電子顕微鏡観察、電子エネルギー損失スペクトル分析、ラマン分光分析などで分析した。その結果、表面に厚さ 20-30nm の非晶質の炭素層が生成していることがわかった。その成果として平成 22 年 7 月に論文として発表された。

(成果論文: Takuro Tomita, Tatsuya Okada, Hiroyuki Kawahara, Ryota Kumai, Shigeki Matsuo, Shuichi Hashimoto, Masako Kawamoto, Makoto Yamaguchi, Shigeru Ueno, Emi Shindou, Akira Yoshida; Microscopic analysis of carbon phases induced by femtosecond laser irradiation on single-crystal SiC; *Applied Physics A, Materials Science & Processing*, **100**, 1, pp 113-117 (7.2010).)

また、学内ではエネルギー化学科、エネルギーナノ材料研究室 (II) 鏑木教授および菱山名誉教授との共同研究が行われている。その成果として、人工的に合成した有機材料や天然の有機物を高温熱処理したカーボン材料やナノカーボン材料に関する研究結果を、国際会議 Carbon2010-The Annual World Conference on Carbon, Clemson/South Aarolaina, USA, に 5 件 (1. Graphite Paper Prepared from Bacteria Cellulose、2. Graphitization behavior related to texture of Kapton derived carbon film studied by Raman spectroscopy, Xray diffractometry and Scanning electron microscopy、3. Highly Oriented Porous Graphite Film、4. Electrodeposition of carbon nanofibers on Si electrode from alcohol electrolytes at room temperature 、5. Elastic Carbon Foam/Silicone Composite as Heater at an Ambient Temperature) の論文を発表した。

また、国内については第 37 回炭素材料学会年会に 4 件 (1. カプトン炭の構造評価 I - X 線回折、2. カプトン炭の構造評価 II - ラマンスペクトル、3. セルロース系ナノファイバーの高温処理による黒鉛構造の発達、4. フェノール系カーボンファイバーの黒鉛挙動) と、年 4 回開かれる (独) 日本学術振興会産官学協力研究会学振 117 研究会に 5 件 (1. 高温処理熱分解炭素のへき開面 SEM 像と X 線 001 プロファイル、2. Vertacal $\theta : \theta$ configuration 準集中ディフラクトメーターにおける幾何学的配置、3. セルロースカーボンナノファイバーの黒鉛組織の発達、4. 高熱伝導率材 Pyroid HT の磁気抵抗、直断面ホール効果、結晶寸法評価、5. 高熱伝導率材 Pyroid HT の結晶構造) の研究発表を行った。

インキュベーション・ラボ

健康 · 医科学研究室

～学術研究と企業の研究の融合で、保健・医療・環境への貢献を～

健康医科学研究室は2008年7月1日にコスモ石油（株）とSBIホールディングス（株）の合弁会社であるSBIアラプロモ（株）の研究開発部門との共同研究施設として設立され、同年10月22日の第20回総研セミナーでは、研究室ならびに研究内容の紹介を行った。当研究室では、すべての生命の根源物質である5-アミノレブリン酸（ALA）の多機能性について解明し、人類の健康・医療・福祉と地球環境の保全に貢献すべく、さまざまな方向性からのアプローチを行っている。現在までにALAは生物界に広く存在するヘム、クロロフィル、ビタミンB₁₂などの生合成における最初の出発物質として広く知られている。例えば、人におけるヘムについては酸素を運搬するヘモグロビン、酸素を貯蔵する赤筋中のミオグロビン、生命エネルギー物質であるアデノシン三リン酸（ATP）を生産するチトクローム類、薬物代謝を行うチトクローム p450、物質代謝の指標である甲状腺ホルモンを合成する酵素、血流調節や神経の機能保持に関するNO合成酵素、活性酸素を分解するカタラーゼやペルオキシダーゼ、セロトニン合成に参与するトリプトファンピロラーゼ、シグナル伝達に参与するホスホジエステラーゼなど、生命維持の根源反応に参与する多くの物質がヘムを必要とする。また、さまざまなストレス時に誘導されるヘムを分解する酵素（ヘムオキシゲナーゼ）はストレス蛋白として、抗酸化作用を有するビリルビンを生産する。一方、ヘム合成の経路はポルフィリンを代謝する経路でもあり、このポルフィリンは π 電子の共役した骨格構造により、紫外可視領域に強い吸収スペクトルをもち、ごく微量でも遠紫外線照射によって鮮やかな赤色蛍光を発するため、理工学領域での応用も多い。これら、ALA-ポルフィリン-ヘム-ビリルビン代謝系を中心として、以下にあげた社会的ニーズの高い保健、医療、環境等に関する様々な先駆的な基礎的・応用的・総合的研究及び製品の開発研究を遂行している。

I. 保健に関する研究課題

1. アンチエイジングとデトックスに関する基礎的研究
2. 生活習慣病（特に糖尿病）の発症予防と治療に関する研究
3. 免疫能の機能強化に関する研究
4. 皮膚の健康とケアに関する研究
5. 植物中のポリフェノールの生理効果に関する研究

II. 医療に関する研究課題

1. がんの早期診断法と治療法の開発に関する研究
2. 先天性ポルフィリン症の疫学、診断、治療、予防、発症機序に関する総合的研究
3. 先天性ポルフィリン症や鉛中毒時における神経障害発症機序に関する研究
4. 微生物のヒト感染機序及び治療に関する研究
5. 鉄芽球性貧血症の発症機序に関する分子生物学的研究

III. 環境に関する研究課題

1. 都市の緑化促進および砂漠化防止と地球環境温暖化防止に関する研究
2. 新素材（希土類元素等）の健康影響に関する基礎的研究。
3. 低線量放射線暴露による生体指標に関する研究
4. 各種中毒の生物学的モニタリングに関する研究

2011年5月
健康・医科学研究室
近藤 雅雄

人間科学部

教授 近藤雅雄

平成 22 年度は昨年度に引き続き、10 名の研究員で ALA を有効成分とする医薬品、化粧品及び健康食品の研究開発を精力的に行っており、新規に健康食品 2 品と研究用機器 1 機を開発し上市を行った（下図参照）。また、ALA を投与して血漿および尿中のポルフィリンを測定することによるがんのスクリーニング法の開発を行い、大学病院より提供いただいた癌患者の検体と健常人ボランティア検体の測定を実施したところ良好な結果を取得し、学会発表ならびに論文発表を実施した。また、多くのマスメディアに我々の研究およびその成果が紹介された。

国際学会 口頭発表

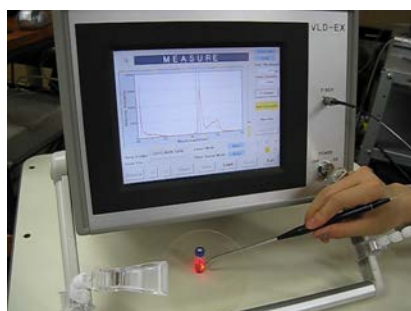
1. M. Ishizuka, K. Inoue, T. Ishii, S. Utsuki, S. Ogura, M. Kondo, I. Okura: Potential cancer diagnosis by porphyrin determination following the administration of 5-aminolevulinic acid (ALA), International Photodynamic Association 2011(13th IPA World Congress)

論文

1. M. Ishizuka, Y. Ueda, S. Utsuki, S. Ogura, M. Kondo, I. Okura: Potential for cancer diagnosis by porphyrin determination after 5-aminolevulinic acid (ALA) administration -Establishment of a Porphyrin Determination Method-, Porphyrins 19(2-3):11-19(2011)
2. M. Ishizuka, F. Abe, K. Takahashi, K. Inoue, M. Nakajima, T. Kohda, N. Komatsu, S. Ogura, T. Tanaka: Novel development of 5-aminolevulinic acid (ALA) in cancer diagnoses and therapy, International Immunopharmacology 11, 358-365 (2011)
3. 近藤雅雄：5-アミノレブリン酸の機能性とその利用、食品と開発、45(6):7-9, 2010

新聞、雑誌、TV など

1. ALA サイエンスフォーラム ALA 最新研究報告、アンチエイジングに有効、健康食品新聞掲載、2010. 2. 24
2. 驚異のアミノ酸 ALA～生命の根源物質で食糧問題解決へ、東京スポーツに掲載、2010. 2. 23
3. 驚異のアミノ酸 ALA～夢の不老長寿実現への第一歩、東京スポーツに掲載 2010. 2. 24
4. この人と語る 30 分、生命の根源物質 ALA に注目、ジャパンプードサイエンス 49 巻 3 号 p. 13、2010. 3. 5
5. 注目のアミノ酸 ALA 最新研究報告～農業貢献からヘルスケアまで さらに広がる可能性、ジャパンプードサイエンス 49 巻 3 号 p. 30、2010. 3. 5
6. アミノ酸の一種 ALA のサプリが 4 月上旬に登場、日経ヘルス、2010. 2. 25
7. コスモ石油と SBI が合弁で設立した SBI アラプロモ、5-アミノレブリン酸含有の健康食品を発売、日経バイオテク、P17-18、2010. 5. 10
8. 可能性広がる 5-ALA の活用、薬事日報 8 面（全面）に掲載、2010. 8. 9
9. ポルフィリン症、三重放送取材、出演、放映、2010. 9. 8
10. ポルフィリン症、NHK 鳥取取材、放映、2010. 9. 10
11. 「神様からの宿題」～無限の可能性を秘めた“ALA”にかける男達、TBS-BS 取材、放映、2010. 11. 28、2010. 12. 5



研究用機器（5-ALA 誘導 PpIX 蛍光検知装置 VLD-EX）



健康食品ナチュアラ黒はんにく（左）、ナチュアラ BCAA（右）

水素自動車実用化研究室

水素自動車実用化研究室報告

エネルギー化学科

准教授 山根公高

2010 年度の 8 月から総合研究所の一室を借用して「水素自動車実用化研究」を開始した。研究の具体的内容は、以下の通りである。

- (1) 水素自動車実用化研究（水素・ガソリンバイフューエル化小型自動車の試作検討，設計，部品調達，推進活動）を IT カーズ(株)と共同研究として実施。
- (2) 液体水素タンクボイルオフゼロ化のため，小型冷凍機の研究開発（重点推進研究の続き）の実施

各内容の 2010 年度の実施内容について、概要を以下に述べる。

1. 水素自動車実用化研究（水素・ガソリンバイフューエル化小型自動車の試作検討，設計，部品調達，推進活動）として、IT カーズ(株)との共同研究

平成 21 年度より，東京都市大学が育んできた「水素エンジンおよび自動車関連の技術シーズ」と「水素エネルギーシステムの知見と人脈」と受託研究委託先 IT カーズ(株)の「事業化ノウハウ」をあわせ，化石燃料中古車を水素エンジン自動車に改造し，それを事業化する検討をしてきた。

その結果，事業化のみきわめをつけるため，平成 22 年度は IT カーズ(株)より共同研究を 22 年度から 3 年間で，事業化のみきわめをつけることになった。

1. 1 共同研究体制

主 担 当 者：東京都市大学 総合研究所 水素エネルギー研究センター 兼務
准教授 山根 公高

支援担当者：東京都市大学 総合研究所 水素エネルギー研究センター
技術補 中川 研司
学生 1 名

設計担当者：東京都市大学 工学部 エネルギー化学科 客員研究員 梅村 幸生

外部主担当者：IT カーズ(株)：東京都千代田区神田司町 2 丁目 13 番地

IT カーズ株式会社

(代表取締役 平瀬 順一)の新事業部 次長 今井 作一郎

1. 2 平成 22 年度の実施内容

➤設計（高圧水素タンク室、換気ダクト、ECU 改造設計）、調達部品の仕様決定（高圧水素供給システム、ECU 改造仕様）、部品調達（35MPa 対応軽量高圧水素タンク（(株)サムテック社製）、高圧水素供給システム）、試作（高圧水素タンク室、換気ダクト、ECU 改造設計）
➤実施のための調査： 高圧水素タンクを含む高圧水素供給システムの安全検査を担当する日本自動車研究所にでむいて、我々計画した高圧水素供給システムについて、検査上心得ておくべき事項について、教授してもらった。

1. 3 平成 22 年度の結果

試作、発注部品を 70%程度、入手できた。

4 平成 23 年度の計画概要

- 残りの試作、発注部品を入手して、高圧水素供給システムを組み上げ、日本自動車研究所において検査を実施する。
- HySUT の水素燃料供給を受けるために、暫定登録を行う。
- 試作した ECU を用い、水素のみ、水素+ガソリン、ガソリンのみの運転領域を、走りを確認しながら決定する。
- 排気検査を受ける。
- 白ナンバー取得を行う。
- 公開発表を行う。



図1 35MPa 軽量高圧水素タンクを積んだ試作車

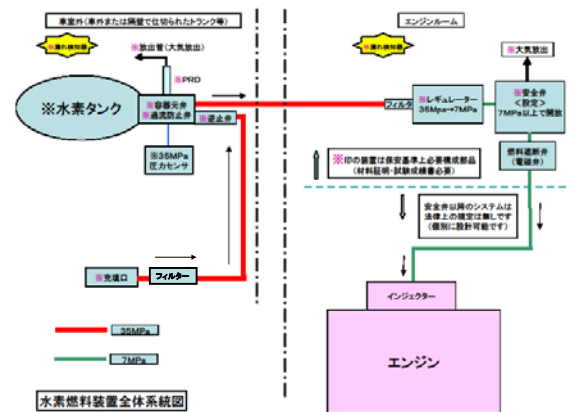


図2 軽自動車用高圧水素供給システム

1. 液体水素タンクボイルオフゼロ化のため、小型冷凍機の研究開発（重点推進研究の続き）
重点研究で3年間平成21年度まで実施してきた「液体水素タンクボイルオフゼロ化の研究」を、「水素自動車実用化研究」の中に組み入れて実施した。実施内容は以下の通りである。
 - パルス管冷凍機性能向上
 - モーションコントロールを用いた脈動流制御研究

2. 1 研究体制

実施責任者：東京都市大学 総合研究所 水素エネルギー研究センター 兼務
准教授 山根 公高

指導担当者：松原 洋一 先生(元日本大学教授, 小型冷凍機パルス管冷凍機の世界一人者)

担 当 者：彦根 昂仁, エネルギー量子専攻 M2, 学籍番号：0981919

相原 裕樹, 工学部 環境エネルギー工学科 G4, 学籍番号：0619002

2. 2 平成 22 年度の実施内容

- パルス管冷凍機性能向上
- モーションコントロールを用いた脈動流制御研究

2. 3 平成 22 年度の結果

平成 22 年度水素エネルギー研究センター紀要に概要を記載した。参照して頂きたい。

2. 4 平成 23 年度の実施計画

指導担当者である松原洋一先生と相談した結果、設計目標に到達していないため、制御パラメータをもう少し細く変化させ、性能向上を調査することになった。

以上

デジタルアーカイヴ研究室

デジタルアーカイヴ研究室の概要

デジタルアーカイヴ研究室は、大容量の光ディスクであるブルーレイディスクをアーカイヴ目的で使用する場合の保管条件における寿命推定が可能となる実験方法、計測方法及び推定方法の確立及び、アーカイヴされたデータを高信頼性のもとに保存し効率的利用が可能となるアーカイヴシステムを明らかにすることを目的としている。

2011 年 4 月施行の公文書管理法により、国の機関に対しては作成から整理・保存、国立公文書館への移管や廃棄に至るまでの統一管理が義務づけられ、また民間企業に対しては 2005 年 4 月施行の e-文書法により、作成・保存が義務づけられる文書・帳票類の「電子的・電磁的記録」が認められている。他方、人類の叡智の集積としての図書館においても所有物の情報のデジタル化が加速的に進んでいる。しかし、大切な情報を将来利用可能な形で長期にわたって保存することは実は容易ではない。ハードディスクやフラッシュメモリーの寿命は数年～10 年程度と云われており、また大容量の光ディスクの寿命は製品の種類と品質により大きく異なる状況にある。

本研究の共同研究者である特定非営利活動法人アーカイヴディスクテストセンター (ADTC) は、世界的な基準である ISO/IEC10995 に基づいて、公平な立場で CD や DVD に関する寿命推定試験を行える技術を有する機関である。今後、電子データの記録保存用途としては、ブルーレイディスク（以下 BD）が主流になると見込まれるが、その寿命に関する実験方法や評価方法はまだ確立されていない。そこで本研究では、BD の寿命評価方法を確立するとともに、信頼性の高いデジタルデータ保存管理の基盤を成し、これを軸として見読性、安全性、機密性、検索性に優れた、BD を用いた高信頼度を有するアーカイヴシステム構築について明らかにしてゆくために、以下の項目について研究を進めている。

（１）【良質な記録媒体及びアーカイヴシステムに関する研究】

- ・加速試験の条件の確立：温度湿度サイクルによる加速試験の実施
- ・化学反応状態の計測方法の確立
- ・統計解析によるデータの処理方法

（２）【高信頼度アーカイヴシステムに関する研究】

- ・市販ブルーレイディスクの品質状況の調査と分析
- ・低品質記録メディアの弊害の評価と高品質記録メディアの正当な評価への取り組み
- ・記録用途別得失の詳細検討
- ・高信頼度アーカイヴシステムの設計とプロトタイプ開発

以上の取り組みにより、急速に重要性の増す公的記録・業務記録・民生品記録におけるデジタルデータ保存分野の適正な発展に資することを目指している。

2011 年 5 月

デジタルアーカイヴ研究室
横井 利彰