ISSN 0914 - 4420

業　務　年　報

Annual Report of
Akita Industrial Technology Center

2013

秋田県産業技術センター

ご　挨　拶

秋田県産業技術センターは、個々の研究員が持つ要素技術や蓄積した知財、導入した設備などの経営資源を有効に、しかも最大限に活用して、秋田県の産業振興に寄与する役割を担っています。

産業振興、すなわち産業を元気にするということは、高い付加価値を生み出せる製造業が今後も力強く成長してくことが大前提になります。そうした企業が生き残っていくためには、まずは自らが持つ競争力の根源を見つけ出し、そこに集中する事です。開発型あるいは提案型の企業として、自らを売り込んでいけるようになる必要があります。ただ、自社だけの努力で開発型、提案型になるのは簡単ではありません。力強いサポーターが必要であり、そこにこそ産業技術センターの役割があると言っても過言ではありません。

そういった使命の実現に向けて、秋田の強みを活かした売れる技術・製品を産み出す「産業新生技術イノベーション事業」、他に真似のできない優れた技術とアイデアを持つオンリーワン企業を育成し、地域特性を活かした新技術・新製品開発を行う「研究開発事業」、さらには「技術相談」や「設備の利用」、市場ニーズと県内企業の技術シーズを結びつける「コーディネート活動」など、多彩なメニューをそろえて県内企業の付加価値向上に取り組んでおります。

平成２５年度は、秋田県が強みを有する「電子デバイス産業」や、秋田県が成長分野として位置づけている「輸送機（自動車、航空機）産業・再生可能エネルギー産業・医療機器産業」をリーディングする県内企業の育成に力を入れ、研究開発及び技術支援を推進してきました。自動車産業では業界初となるレーザー焼き入れ技術の実用化、航空機産業では売り上げ実績が１０億円を突破、医療機器産業でも製品化に向けた動きが加速するなど、順調に成果が出ています。

平成２６年度からは、雇用の大部分を抱え、地域に根ざした活動を行っている中小企業をオール秋田で支える「中小企業振興条例」が発動しました。我々もこれに呼応し、御用聞きだけではない提案型の企業訪問を増やすことにより企業の付加価値をこれまで以上に高めるべく活動してまいります。

これからも、県内産業の振興に資するため、より一層の努力をして参りますので、日頃、ご指導をいただいている関係各位に心より感謝を申し上げますとともに、変わらぬご支援を賜りますようお願い申し上げご挨拶といたします。

平成２６年６月

秋田県産業技術センター所長

鎌田　悟

目　次

Ⅰ　総　説　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
１．沿　革　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
２．規　模　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
３．組織・業務体制　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3
４．決　算　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7
５．導入機械設備一覧　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 8
６．業務実績概況　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10
７．「産業新生技術イノベーション事業」の概況　・・・・・・・・・・・・・・・・・ 12

Ⅱ　事業報告　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 17
１．研究関連契約　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 18
２．技術相談・指導　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 18
３．施設・設備利用状況　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 22
４．技術研究会活動　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 23
５．技術コーディネート活動　・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 32
６．人材育成　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 32

Ⅲ　研究成果･広報活動　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・34
１．研究成果報告会の概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・35
２．研究成果概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・37
３．所内見学　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・44

Ⅳ　研究報告　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・45
１．産業新生技術イノベーション事業　・・・・・・・・・・・・・・・46
２．研究推進　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・77
３．その他連携事業　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 106

Ⅴ　資　料　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 113
１．沿革詳細　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 114
２．特許出願・登録状況　・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 116
３．各研究会の概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 121

Ⅵ　当センターのご利用について　・・・・・・・・・・・・・・・・123
１．秋田県産業技術センターの所在とアクセス　・・・・・・・・・・・・・・・・124
２．ご利用案内　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・125

Ⅰ　総　説

１．沿　革

昭和 3年7月　　秋田市土手長町に、秋田県工業試験場工芸部を設置。
昭和12年 5月　　秋田県工業指導所と改称し、秋田市茨島に移転。
昭和17年 1月　　秋田県角館樺工芸指導所設立。
昭和21年 4月　　秋田県川連漆工芸指導所設立。
昭和30年 9月　　秋田県工業試験場と改称。
　　秋田県角館樺工芸指導所、秋田県川連漆工芸指導所の名称を、それぞれ
　　秋田県工業試験場角館指導所、秋田県工業試験場川連指導所と改称。
昭和36年 6月　　秋田県工業試験場に秋田県工業試験場能代指導所、同大館指導所を設置。
昭和43年 3月　　秋田県工業試験場角館指導所を廃止。
昭和43年 4月　　工業試験場大館指導所を秋田県林業試験場へ移管。
昭和57年10月　　秋田県工業技術センターと改称し、秋田市新屋町字砂奴寄に新築、移転。
昭和58年 3月　　秋田県工業技術センター能代指導所を廃止。
平成 4年11月　　秋田県高度技術研究所設立。
平成11年 3月　　秋田県工業技術センター川連指導所を廃止。
平成17年 5月　　工業技術センターと高度技術研究所との統合により秋田県産業技術総合研究センター設立。
平成23年 4月　　秋田県産業技術センターと改称。

２．規　模

２－１　土地・建物

	敷地面積(m²)	建物面積(m²)
本館（秋田市）	34,466.00	9,552.55
高度技術研究館（秋田市）	23,107.12	6,611.34
向浜テクノゾーン職員会館（秋田市）	1,692.99	538.82
合計	59,266.11	16,702.71

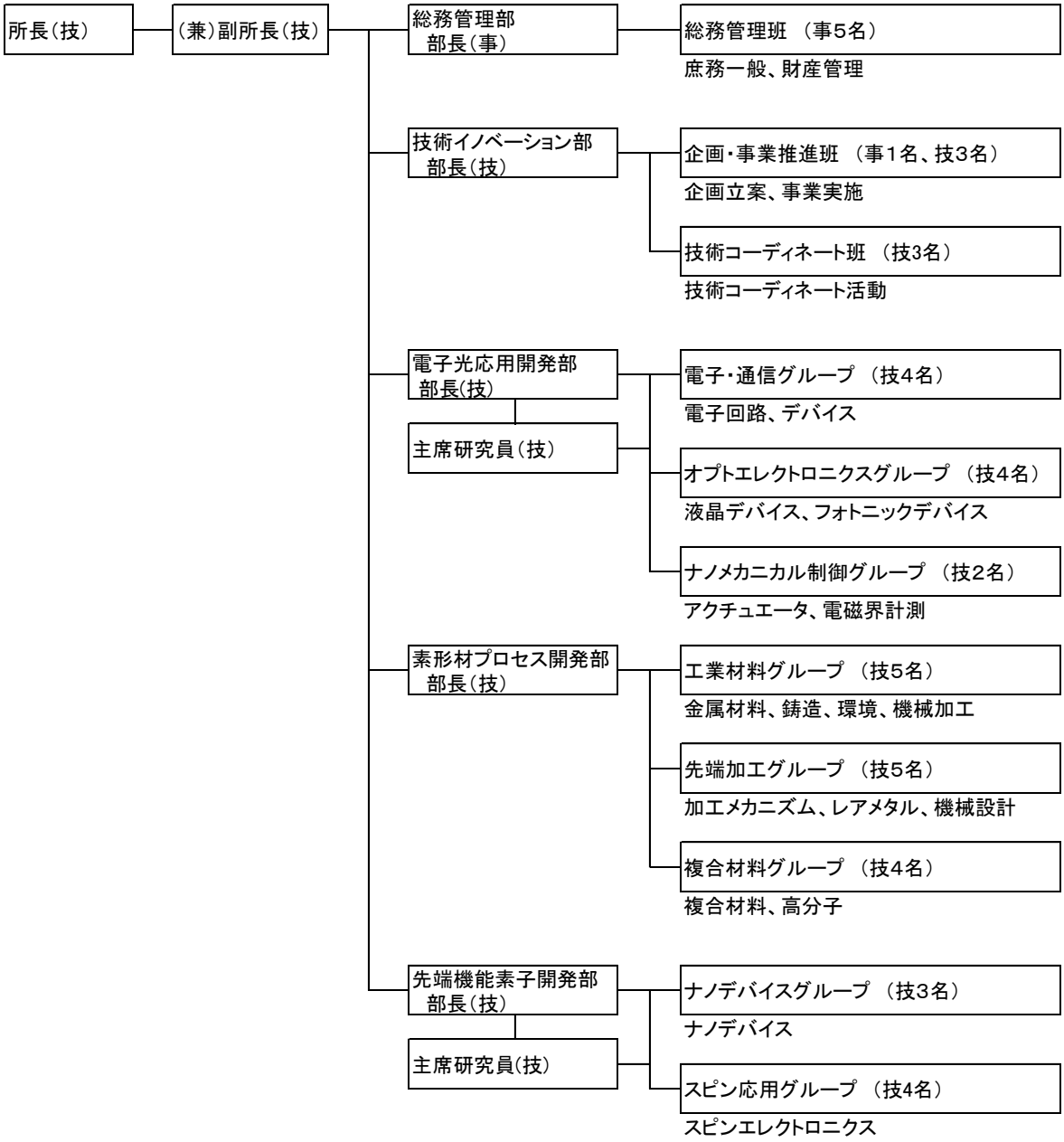
２－２　人員

平成２５年４月１日現在

	技術系	事務系	嘱託	臨時	計
所長、副所長、総務管理部	2	6	3	2	13
技術イノベーション部	7	1	4	0	12
電子光応用開発部	12	0	1	1	14
素形材プロセス開発部	15	0	8	3	26
先端機能素子開発部	9	0	0	0	9
合計	45	7	16	6	74

３．組織・業務体制

３－１ 組織図　平成２５年４月１日現在



３－２ 職員・業務分担

平成２５年４月１日現在

○ 秋田県産業技術センター　所 長　　齋藤　昭則
　秋田県産業技術センター　副所長　　鎌田　　悟（本務　秋田県産業労働部次長）

○ 総務管理部

組織名	職名	氏名	主な業務
	部長	草薙　利健	総務管理部門の総括
総務管理班	主幹（兼）班長	夏井　耕悦	班の総括、連絡調整、人事、公印管理、文書管理（文書主任）、服務、福利厚生、労働安全衛生
	主査	中山　健	予算・決算（総括）、科研費、電源交付金、歳入（正）、財産管理、施設設備維持管理、情報化リーダー
	主査	岩野亜衣子	給与、旅費、物品管理、外部資金経理、歳入歳出外現金、公共料金支払、文書管理（文書副主任）、情報化リーダー
	主任	工藤　智幸	予算・決算、外部資金経理、施設設備維持管理（高技館・正）、物品管理（高技館・副）、情報化リーダー
	主任	須釜　健一	歳出、物品管理（高技館・正）、歳入（副）、施設設備維持管理（高技館・副）、情報化リーダー

○ 技術イノベーション部

組織名	職名	氏名	主な業務
	部長	佐藤　　明	技術イノベーション部門の総括
企画・事業推進班	主任研究員（兼）班長	斉藤　耕治	班の総括、協働事業推進コーディネート（輸送機産業、パワーエレクトロニクス）、広域コーディネーター（輸送機）
	副主幹	工藤　公樹	政策予算編成、研究進行管理、研究・機関評価、設備導入・廃棄、次世代自動車、科学技術振興ビジョン、中長期計画
	主任研究員	松倉　和浩	新エネルギー関連協働事業、環境・エネルギー関連事業、情報発信、ネットワーク
	主査	渡辺　浩史	政策予算編成、競争的資金、共同・受託研究、受託研修、業務実績管理、知的財産管理、情報化リーダー
技術コーディネート班	上席研究員（兼）班長	千葉　　隆	班の総括、技術創出・活用促進事業、技術コーディネート活動の総括、分析・解析事業総括
	主任研究員	岡田　紀子	技術コーディネート活動（技術相談・指導、技術マッチング、輸送機認証取得支援）、分析・解析（企業支援）
	主任研究員	田口　　香	技術コーディネート活動（技術相談・指導、技術マッチング、農工連携、輸送機協働事業）、分析・解析（企業支援）

○電子光応用開発部

組織名	職名	氏名	主な業務
	部長	小笠原雄二	電子光応用開発部門の総括
	主席研究員	森　英季	高速・高精度アクチュエータ多軸化技術　(グループリーダー)
電子・通信グループ	上席研究員（兼）グループリーダー	近藤　康夫	グループの総括、電子回路、電子デバイス
	主任研究員	丹　健二	電子デバイス、電磁界計測技術
	主任研究員	佐々木信也	電子通信技術、ネットワーク応用
	主任研究員	佐々木大三	パワーエレクトロニクス、低炭素型社会対応実践プロジェクト
オプトエレクトロニクスグループ	主任研究員（兼）グループリーダー	梁瀬　智	グループの統括、液晶デバイス
	主任研究員	内田　勝	液晶デバイス
	主任研究員	山根　治起	磁性フォトニックデバイス、分光分析
	主任研究員	葉　茂	液晶デバイス
ナノメカニカル制御グループ	研究員	櫻田　陽	高速・高精度アクチュエータ多軸化技術　(制御技術担当)
	研究員	荒川　亮	高速・高精度アクチュエータ多軸化技術　(構造設計担当)

○素形材プロセス開発部

組織名	職名	氏名	主な業務
	部長	赤上　陽一	素形材プロセス開発部門の総括
工業材料グループ	上席研究員（兼）グループリーダー	沓澤　圭一	グループの総括、輸送機産業、金属材料、鋳造
	上席研究員	遠田　幸生	省エネ・環境・リサイクル、分析
	主任研究員	加藤　勝	輸送機産業、機械加工、計測
	主任研究員	内田富士夫	輸送機産業、デジタルエンジニアリング
	研究員	井上　真	機械設計、数値解析
先端加工グループ	主任研究員（兼）グループリーダー	杉山　重彰	グループの総括、レアメタル代替材料、セラミックス材料開発
	主任研究員	菅原　靖	レアメタル代替材料、セラミックス材料開発、分析
	主任研究員	伊勢　和幸	セラミックス材料開発
	主任研究員	久住　孝幸	電界砥粒制御技術のメカニズム開発・評価
	研究員	中村　竜太	電界制御技術の開発・評価
複合材料グループ	上席研究員（兼）グループリーダー	木村　光彦	グループの総括、複合材料、非破壊検査、接合技術開発
	主任研究員	工藤　素	複合材料、高分子材料、分析
	主任研究員	藤嶋　基	複合材料、高分子材料、分析
	研究員	野辺　理恵	複合材料、高分子材料、分析

○先端機能素子開発部

組織名	職名	氏名	主な業務
	部長	高橋　慎吾	先端機能素子開発部門の総括
	主席研究員	山川　清志	ナノデバイス技術、エネルギーデバイス技術(ｸﾞﾙｰﾌﾟﾘｰﾀﾞｰ)
ナノデバイスグループ	主任研究員	新宅　一彦	ナノデバイス・材料技術
	主任研究員	黒澤　孝裕	電磁界計測技術、電波暗室
	主任研究員	近藤　祐治	ナノデバイス・計測技術
スピン応用グループ	上席研究員（兼）グループリーダー	鈴木　淑男	グループの総括、スピンエレクトロニクス
	主任研究員	経徳　敏明	スピンエレクトロニクス
	主任研究員	木谷　貴則	スピンエレクトロニクス
	主任研究員	神田　哲典	スピンエレクトロニクス

４．決算（平成２５年度）　※人件費を除く

歳　　入

科　　目	収入額(円)	備　　考
国庫支出金	186,354,000	
電源立地特別交付金	186,354,000	
使用料及び手数料	19,634,756	
使用料	19,634,756	
諸収入	47,036,868	
受託事業収入	33,359,102	
雑入	13,677,766	
財産収入	925,327	
繰入金	7,956,146	緊急雇用創出臨時対策基金ほか
一般財源	207,311,640	
計	469,218,737	

歳　　出

科　　目	支出額(円)	備　　考
管理運営費	204,203,891	
本館管理運営費	84,403,777	
高度技術研究館管理運営費	119,800,114	
研究推進費	52,157,090	
産業新生技術イノベーション事業	18,516,994	
施設設備整備事業	186,354,000	
研究補助員確保事業	7,986,762	緊急雇用創出臨時対策基金ほか
計	469,218,737	

５．導入機械設備一覧（平成２５年度）

機器名称	メーカー及び型式	概　　要	設置場所
精密騒音計	リオン（株）　／NL-52	計量法精密騒音計 JIS C 1509-1：2005 クラス 1 に適合し 1/1 オクターブ、1/3 オクターブ実時間分析プログラムを実装した精密騒音計。	本館
総合型金属顕微鏡	オリンパス（株）／DSX500,DSX100	鉄系材料，樹脂，CFRP，アルミ合金，鋼板等材料等の破断面観察、組織観察、寸法測定等の評価を行う装置。	本館
ロックインアンプ	Anfatec Instruments／eLockIn205/2	微弱な磁気信号を特定の周波数の電気信号に変換し、検出する装置	本館
EPMA JXA-8200 用基本ソフトウェア	日本電子(株)／XM-17350LBSW	電子プローブマイクロアナライザー（EPMA JXA-8200）の制御解析用基本ソフトウェア。	本館
メルトインデクサ	(株)東洋精機製作所／G-01	JIS K 7210 に準拠し、熱可塑性プラスチック材料の流動性を示すMFR、MVR を測定する装置。	本館
３Ｄプリンターシステム	Stratasys 社／FORTUS250mc	３Ｄ設計データから直接、治工具や樹脂部品をＡＢＳ樹脂で製作するシステム。	本館
アトライタ	日本コークス(株)／MA1SE-X	超硬等の粉末成形において、２種類以上の粉末をアルコール中で均一に混合する装置。	本館
平坦度測定装置	(株) ニデック／FT-900	半導体ウェーハーのＳＥＭＩ規格にある平坦度等の基板品位を測定する装置。	本館
誘電率測定用サンプルホルダー	(株)東陽テクニカ／SH2-Z	各種材料の電気特性（誘電率、導電率などの周波数特性）を測定する材料物性評価装置（ソーラートロン）と接続し、シート状材料や、ブロック形状材料など様々な試料の誘電率・導電率などの電気特性の測定を行うための汎用サンプルホルダー。	本館
片面研磨装置	不二越機械工業(株)／SLM-140改	オイルベーススラリーで大口径基板研磨実験を行う装置。	本館
フラットベッド型切断機	(株) ミマキエンジニアリング／CF2-1215RC-S	複合材料の原材料およびプラスチック材料、エラストマー、フィルム材を任意形状へ切断する装置。	本館
耐候性試験機	岩崎電気(株)／SUV-W161	主に野外で使用される各種部品、材料、製品などに対して、紫外線の影響による劣化を促進試験する装置。	本館
自動式グローワイヤー試験装置	PHYS.-TECHN.LABOR／T03.35	各種電気製品が異常時に発火事故に至る事を評価する試験装置で、ＪＩＳ　Ｃ６０６９５を確認する装置。	本館
粒度分布測定装置	日機装(株)／MICROTRAC MT3300EXⅡ-SDC-H	ゼオライト、珪藻土、焼却飛灰などの無機系粒子、木材や炭化	本館

機器名称	メーカー及び型式	概　　要	設置場所
		粉などの有機系粒子、水中に含まれる浮遊粒子などの微粒子にレーザー光を照射し、回折・散乱法により、粒度分布を測定する装置。	
波長分散型蛍光Ｘ線用Ｘ線管球	（株）島津製作所／XRF-1700用Ｘ線管球	波長分散型蛍光Ｘ線装置の心臓部であるＸ線管球。	本館
分子量分布測定装置	（株）島津製作所／ProminenceGPC ｼｽﾃﾑ	プラスチックや木材などの分子量分布を測定する装置（ゲル浸透クロマトグラフィー）。	本館
電子スピン共鳴測定装置	ブルカー・バイオスピン(株)／EMXplus	磁場中で試料にマイクロ波を照射し、試料に存在する格子欠陥や表面の欠陥(ダングリングボンド)を評価する装置。	高度技術研究館
静電式パターニング装置	エンジニアリングシステム(株)／QDX500-V-XC	金属微粒子や有機物質などを分散・溶解させた液材と、この液材の吐出対象である基板との間に電圧を印加することで生じる静電引力を用いて液材を吐出し、微小形状膜を直接形成する装置。	高度技術研究館
空冷インバーターチラー	オリオン機械(株)／RKE2200B1-V-G2	超高真空多元スパッタ装置用冷水循環装置。	高度技術研究館
雑音電力測定システム	（株）東陽テクニカ／MAC600A-AJ、EP5/RFP-AJ	LED 照明等の雑音電力測定装置。	高度技術研究館
雑音測定用擬似通信回路網	協立電子工業(株)／KNW-2208, KNW-441, およびF-51	電気用品安全法（PSE），VCCI，その他 EMC 規制で制定された通信ポート，負荷端子，あるいは補助端子の伝導妨害波を測定するための装置。	高度技術研究館
レーザドップラ振動計	（株）小野測器／LV-1800	微小部及び２点間の相対的な振動を非接触で測定する装置。	高度技術研究館
振動周波数分析器	(株)エヌエフ回路設計ブロック／FRA5097	アクチュエータ等の制御系の設計及び評価を行うため、動特性を周波数領域で解析し、制御系の設計に必要な機械系のモデル化と制御性能を評価するための測定器。	高度技術研究館
色彩輝度計	コニカミノルタ(株)／CS-200	照明機器や発光型のディスプレイ機器、各種光源用部品、製品などに対して、放射される光の輝度と色情報を調べる装置。	高度技術研究館
高速カメラ	（株）ディテクト／HAS-D3M	高速撮影（VGA,3,000FPS）を行う装置。	高度技術研究館

６．業務実績概況

項　　目		実績数	単位
研究関連契約	共同研究	41	件
	受託研究	19	件
	簡易受託研究	321	件
	委託研究	1	件
	外部資金	8	件
技術相談・指導		1,892	件
施設・設備利用状況		1,617	件
開放研究室入居状況		12	件
技術研究会活動	秋田県非破壊検査技術研究会	8	回
		153	人
	秋田県高分子材料研究会	6	回
		166	人
	秋田県生産技術研究会	12	回
		412	人
	北東北ナノ・メディカルクラスター研究会	3	回
		58	人
	秋田県硬質工具材料研究会	2	回
		104	人

項　　目		実績数	単位
人材育成	技術者の育成・受託研修	6	件
	講師及び審査員の派遣	14	件
成果・広報活動	研究成果報告会	116	人
	特許等	9	件
	誌上・論文発表	12	件
	学会等口頭発表	56	件
	一般公開	24	人
	イベント	7	件
	新聞・一般誌掲載・テレビ放映等	13	件
	所内見学	241	人
研究報告		25	件

項　　目		実　績	単位
その他	あきた輸送機コンソーシアム	2	回
		141	人
	東北航空宇宙産業研究会	3	回
		3,141	人
	東北再生可能エネルギー研究会	4	回
		202	人

７．「産業新生技術イノベーション事業」の概況

産業界を取り巻く情勢を見ると、経済のグローバル化や高度情報化によって、製造業を中心に大きな変革が求められ、激しい国際競争を強いられている。そのような中、本県産業が活性化し、また持続的な発展により雇用を確保していくため、産業構造を付加価値創造型へ転換するとともに、秋田でしか成し得ない技術、製品の開発、創造が不可欠である。さらに、産業の裾野を広げるため、頂点を形成できる程のポテンシャルを持つ技術に伸ばすことも必要である。

本センターでは、秋田県の「ふるさと秋田元気創造プラン」に基づき、工業技術に係る研究開発ポテンシャルを結集し、県内産業の活性化、雇用の確保を目指している。具体的には、秋田県が世界に対して優位性を持つリーディング企業・リーディング技術を下図のとおり５つの柱に集約した。これを具現化したものが５本柱の戦略である。

そのための施策として、本センターの資源である要素技術を駆使し、「売れるものづくりクラスター」の形成を目指した「産業新生技術イノベーション事業」を行っている。

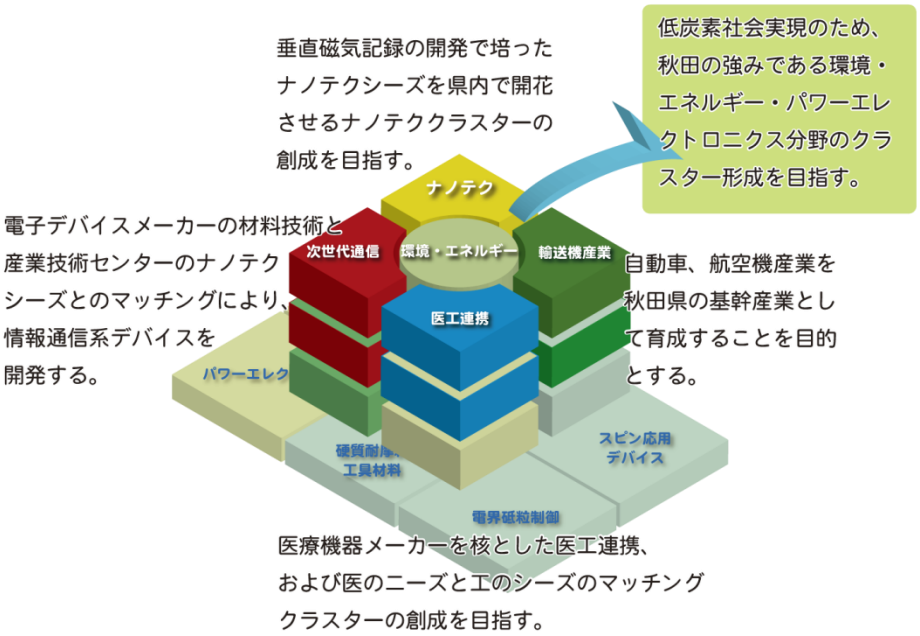


図　売れるものづくりクラスターを目指す５本柱

輸送機産業集積化事業

素形材プロセス開発部　沓澤　圭一

目　的

輸送機関連要素技術の研究開発を進め、地域産業の競争力を高めることを目的として、CFRPの成形技術並びに穴あけ加工技術に関する研究を実施した。

内　容

①CFRP等複合材料

CFRP 等の複合材料は金属材料と比較し高比強度、高比剛性といった優れた特徴を有していることから航空機の機体や自動車などの利用が急速に拡大している次世代の材料である。

本研究では、中空構造体の基礎データ収得を目的としてプリプレグよる CFRP パイプ成形を行い、3 点曲げ試験による物性評価にて積層構成と強度の関係について検討した。

3 点曲げの試験条件は、次の通りである。

・圧子半径：φ5、支点半径：φ2

・支点間距離：300mm

・変位速度：5mm/min。

試験は、変位が 25mm に達した時点で終了とした。

図１に３点曲げ試験結果を示す。

4ply では積層構成による差は小さいが 6ply、8ply と積層数の増加に伴い最大荷重の差が明確になっている。ただし、平織材の 6ply と 8ply は最終変位に到達する前に破断したが、その他の供試体は、未破断だった。

破断原因については、縦糸と横糸が相互に拘束しているためクラックを進展させながら荷重を緩和させることが出来ず試験終了前に破断したものと推察される。

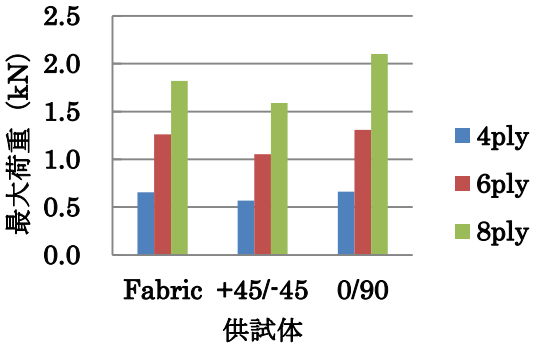


図１　３点曲げ試験結果

②難削材料の機械加工に関する研究

複合材料である炭素繊維強化プラスチック（CFRP）は、軽く、高強度であることから、航空機のみならず自動車や家電等に更なる応用が期待されている。しかし、CFRP の切削加工においては、工具磨耗が激しいことや層間剥離やバリ等が発生することが課題となっており、高品質、高効率の加工技術が強く求められている。

本研究では、ダイヤモンド一体焼結ドリル1種類、ダイヤモンドコーティングドリル4種類、特殊コーティングドリル1種類、超硬ソリッドドリル3種類の計5社9種類のドリルを用いて、マシニングセンタ（日立精機製VKC45Ⅱ）でG81のノンステップ送りによる穴あけドリル加工実験を行い、工具摩耗やCFRPの加工状態について調査し、バリを抑制する加工法について検討した。

主な加工条件として、切削速度は、ダイヤ系ドリルの場合、約 94m/min、超硬ソリッド系ドリルの場合、約 47m/min、送りはすべて 0.05mm/rev とし、30 穴までドライ加工を行った。

図１に、CFRP（厚さ 3mm）下側に、アルミ板のバックアップ（B/U 材）を添えてバイスに固定し、一体焼結ダイヤ１種類、ダイヤコーティング２種類、超硬ソリッド１種類の計 4 種類の工具を用いてドリル加工実験を行った結果を示す。

一体焼結ダイヤと鎌形超硬ソリッド工具は、B/U 材の有無にかかわらず、比較的良好な穴加工結果が得られた。

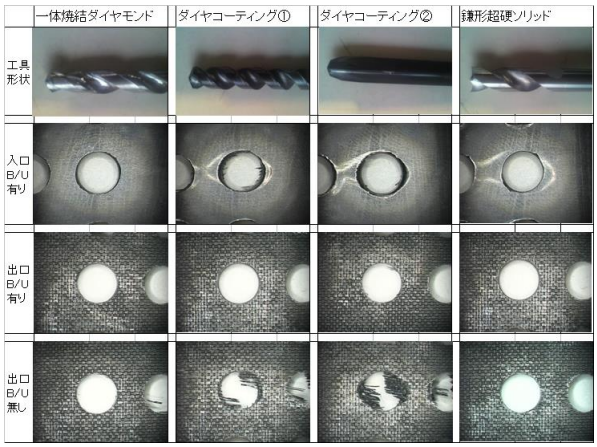


図２　B/U材の有無によるCFRPの加工状態

環境共生エネルギー産業化事業

素形材プロセス開発部　杉山重彰、井上　真、遠田幸生

目　的

環境調和型社会に向けた産業の集積をめざし、低炭素社会の実現に向け、省エネ化の推進および、種々の未利用エネルギー資源を有効に活用するための熱電変換デバイスやバイオマス資源等を活用したエネルギー活用システム、小水力発電技術の開発、及びそれらに関連した技術支援を行う。

内　容

１．脱温暖化のための新ｴﾈﾙｷﾞｰ・省ｴﾈﾙｷﾞｰ技術開発

東日本大震災以降、太陽光、風力、地熱、バイオマスなどの再生可能エネルギーの安定供給と同時に電力のデマンドを抑えながら、電力の利用をマネージメントするといった手法が強く求められている。そこで、本事業では、再生可能エネルギーに関する技術開発とエネルギーマネージメントの両面から取り組むことを目的にしている。

今年度は、昨年に引き続き、「見える化」による電力削減手法を検討するとともに、一昨年末に設立した東北再生可能エネルギー研究会を通じて、温泉バイナリー発電、地中熱、水素キャリアなどの調査を行い、省エネ、温泉バイナリー発電の分野で、県内企業との共同研究を実施した。

また再生可能エネルギーとして、秋田スギからのバイオエタノール製造に関する研究では、エタノール製造コストの約50％を占める酵素コストを低減するための検討を行い、酵素を約50%回収し、再利用する見通しが得られた。

そして、さらにバイオエタノールの地産地消を実現する方法として、市販のディーゼル発電機を改造して、エタノールを共焼することのできる2燃料エンジン発電機を開発し、軽油換算で約20%程度までエタノールを供給し、問題なく運転できることを確認した。

２．未利用エネルギー利用技術の開発

熱エネルギーの2/3は有効に利用されず、廃熱として捨てられている。本研究では、これらの廃熱を直接電気に変換し、有効利用を図る熱電発電に着目し、熱電発電モジュールを作製するための熱電材料の開発、並びに熱電発電モジュールを用いた熱電発電技術の開発を目的としている。

昨年度は、安全で安価な酸化物系熱電材料としてTiO_2-TiN組成熱電材料を作製した。そして、0.9TiO_2-0.1TiN組成の1000 ℃焼結体は、測定温度800 ℃において無次元性能指数ZT=0.24（TiO_2-TiN組成の最大値）となる結果を得た。

本年度は、TiO_2-TiC組成の熱電材料を作製し、結晶相とZTの評価を行った。0.95TiO_2-0.05TiC組成では、Ti_9O_{17}のマグネリ相が生成し、ZTはTiO_2-TiC組成で最大となる0.20を示した。

また、0.95TiO_2-0.05TiC組成の焼結体を10個組み合わせ、スパッタ法により絶縁層と電極の形成を行い、アルミナ基板で上下方向から挟みこみ、熱電発電モジュールを作製した。熱電発電モジュールは、温度差120 ℃（高温側150 ℃、低温側30 ℃）の条件で、最大4.3 mWの出力を示した。

３．小水力発電実用化のための技術開発

秋田県は豊かな水資源と広大な農地を有しており、小水力発電活用の高い潜在力がある。そのため、近い将来、農業用水路を利用した小水力発電が期待できる。小水力発電方式の一つとして螺旋水車があり、低流量・低落差でも発電が可能であることから県内の農業用水路などで、今後多くの需要が見込まれると考えられる。

そこで螺旋水車の実用化を目指し、動作解析と発電実験を実施した。従来、螺旋スクリューの断面形状は直立型であったが、これを円弧型に改良することによって、最大発電量は約40%増加させることができた。また改良型は低流量時と高流量時においても安定した発電特性を有することが実験で確認できた。

図1　実験用螺旋水車外観図

グリーン・エレクトロニクス産業創生事業

電子光応用開発部　小笠原 雄二、近藤　康夫、丹　健二、佐々木 信也、佐々木 大三
先端機能素子開発部　高橋　慎吾、山川　清志、新宅　一彦、黒澤　孝裕、近藤　祐治

目　的

高効率なエネルギー利用に資する材料・エレクトロニクス技術の開発・支援や次世代センシング技術の開発を通じて地域産業の競争力を高め、新たな産業創生に貢献することを目的としてグリーン・エレクトロニクス関連技術の研究開発を継続して行った。

内　容

１．グリーンIT技術

①高機能薄膜材料の創製と応用

現在の最高性能を誇るNdFeB磁石を超える次世代高性能磁石の開発を継続して行った。候補材料として結晶歪みが20%付近で理論的にNdFeB磁石を超える高性能が予想されている$L2_0$型FeCo膜を選定し、結晶配向性に優れた製膜法を構築し、3 nm以下の膜厚で5-8%の結晶歪みを実現した。今後は、歪みの増大と厚膜化を進める。

②エネルギーマネジメント・パワーデバイス

電力消費量削減のためには電力の見える化が有効である。市販システムにない手軽で利便性の高い電力モニタリングシステムを開発した。複数設定できる電力しきい値を超えると、e-mailとPHSにより警報メッセージが送信される。また、電力状況の把握にはWebページでの確認のほか、PCのWindowsアプリとしても確認可能である。今後、システムの汎用化を図り普及を目指す。

③無線通信制御技術

電力や環境計測に必須となるM2M（Machine to Machine）技術としてIEEE1888プロトコルを実装した通信システムを昨年度までに完成させている。本年度は、多メーカのセンサノード装置等を統合したネットワークシステムを構築する際に、通信プロトコルを変換して汎用性のあるIEEE1888に統一するためのゲートウェイシステムを開発した。これにより、ゲートウェイの拡張性とクラウドサービスの向上を実現した。

また、WiFi通信用として、これまでの組込み用の通信モジュールに替えて、今年度はSDカードストレージにWiFi機能が付加された民生用通信モジュールの活用を検討し、極めて容易かつ低コストにM2M機器の構築が可能となった。

２．エネルギー技術

①新エネルギー利用効率向上化技術

昨年度の業界初の降雪地向け家庭用ソーラーパネルの製品化に引き続き、本年度は降雪地向けメガソーラー用大型パネルを開発し、従来品に対して冬期間で約3割以上多い累積総発電量を実現した。応力試験や環境試験を経て市販に向けた型式認定を申請中である。

②エネルギーデバイス

数Wクラスの小電力機器向けのワイヤレス充電システムの開発を行った。電磁誘導方式を採用し、Liイオンポリマー電池に高効率で非接触充電を行う小型充電システムを試作した。

３．センシング技術

①磁気センシング技術

磁性流体を用いて癌転移の診断を行うための磁気スキャナの開発を継続して進め、洗浄性や薬事法、使い勝手等を考慮した試作機を作製して、磁気検出感度の評価や改善策について検討を行った。今後は、実際の癌転移診断に必要な性能指標の特定と性能向上を図る。

②電界センサ

EMC計測の新たな手段として誘電体散乱を利用した完全非金属性電解センサを提案し、機械変調方式から光変調方式への改良を図って応答速度の高速化（数kHz）と空間分解能の向上（約2mm）をこれまでに実現した。本年度はこの計測技術を電波暗室外の一般的な環境下で有効活用するための小型計測システムを構築した。

③磁気計測システム

反射型対物鏡を用いた微小領域の磁気計測技術の開発を継続して行った。電磁石の磁極間に設置し、可視光領域で回折限界集光が可能な反射対物鏡を試作し、2 μm以下の集光ビームサイズを実現した。本研究を基礎とした反射対物鏡の実用化が秋田県産学官連携促進事業重点分野開発プロジェクトに採択され、開発を開始した。

④ナノデバイス

超高分解能を有する新原理に基づいた磁気力顕微鏡システムへの組み込みを想定した小型交流電磁石の開発を行った。100 Hz、12 Aの電流印加により5.2 kOeの強磁界が得られることを確認した。

医療機器産業顕在化事業

素形材プロセス開発部　中村竜太

目　的

医療機器産業顕在化事業では、当センターが有するオリジナル技術である電界砥粒制御技術を応用して、微小液滴に外部より電界を与えることで、液滴を他部との接触無しに撹拌する革新的な電界非接触撹拌技術を確立した。本技術を医療機器に導入することで、新たな装置の商品化を目指すものである。

内　容

医工連携による医療機器開発

1.　電界非接触撹拌技術の開発

電界砥粒制御技術は、流体を構成する物質固有の誘電率に着目し、外部より電界を与えることで発生する吸引力を用いて、流体の配置制御を積極的に活用する技術である。この技術を応用したものが電界非接触撹拌技術である。電界非接触撹拌技術が、電界砥粒制御技術と大きく異なるのは、電界砥粒制御技術は電極間にオイルで満たされていたのに対し、電界非接触撹拌技術では空気絶縁層を設けている点である。これによって、μLオーダーの微小液滴が上電極方向に吸引される力が生じる。そこに液の挙動に合致する周波数を与えることで、微小液滴は上下に振動し、その結果内容物は撹拌介在物すなわちスターラーとかを用いずとも撹拌が可能になる技術である。

2.　電界非接触撹拌技術を免疫組織染色へ展開

近年、がん治療は進行度や悪性度に応じて、最適な個別化医療を行う傾向にある。その際に用いられる術中病理診断は現状、HE（ヘマトキシリン・エオジン）染色が中心である。しかし、HE染色ではリンパ節微小転移の見逃しが生じる限界を有していることが知られている。このリンパ節微小転移を見逃さずに診断するには免疫染色法が有効であることが知られている。しかし、この方法における抗原抗体反応の機序はブラウン運動であり、染色に2時間以上を要してしまうため、術中病理診断には適用できないという課題があった。そこで、我々が開発した電界非接触撹拌を免疫組織染色の抗原抗体反応に適用し、手術中に免疫組織染色を可能とする実験を行った。その成果として，従来一次・二次抗体反応時間は、合計90分を要していたが，本技術を適応することにより10分にまで短縮可能なことを明らかにした。すなわち、手術中の限られている時間内に免疫染色の可能性を明らかにする。

3.　電界非接触撹拌法による免疫染色メカニズム

3.1　電界非接触撹拌による液滴内の挙動観察

電界非接触撹拌法による免疫染色メカニズムを解明するために、はじめに微粒子（炭酸カルシウム）を用いた挙動観察実験を行った。観察実験の結果、本撹拌により粒子速度は加速され、接触頻度向上が期待され、反応が加速する可能性が得られた。

3.2　電界非接触撹拌法が液滴温度に及ぼす影響

メディカル系に本撹拌法を用いる場合、電界印加により液滴が活発に励振する運動によって、液温が上昇し、試料であるタンパク質や組織が熱変性する可能性や電界非接触撹拌法が液温に及ぼす影響について評価した。その結果、液温度は、室温とほぼ同値で維持することが判った。したがって、電界非接触撹拌法による液温上昇はほとんど無いことを明らかにした。

4.　電界非接触撹拌法による染色品位向上

免疫染色の優れた再現性については、液滴形状の均一化が重要であり、技師の手技に依らず液滴に理想的なドーム形状が得られる用にするために、はっ水リングを新たに開発した。これにより染色ばらつきが抑制され迅速免疫染色の品位向上が可能になった。

また、電界非接触撹拌装置の評価は、迅速免疫染色研究会の７大学、１病院、さらにサクラフィンテックとともに実施した。開発した装置には、小型高電圧アンプの開発や，スライドガラスの搬入開発、免疫染色性等の評価について、それぞれの役割を分担して進行していただいた。また、病理分野の医療機器販売の実績を有するサクラファインティックジャパンと研究を進め、上市に向けた集中研究を実施し、上市を早めた。

まとめ

当センターの電界非接触撹拌技術を医療機器に導入し、平成26年５月に医療機器としての上市が決定。今後も秋田発の技術が迅速化や品位向上を進め、また新たな医療技術支援や製品開発を進めて参ります。

Ⅱ　事業報告

１．研究関連契約

項　　目	件数[件]
共同研究契約	41
受託研究契約	19
簡易受託研究契約	321
委託研究契約	1
外部資金	8
その他の研究開発関連契約（ＮＤＡ等）	7

２．技術相談・指導

技術相談・指導の概要

平成２５年度に対応した技術相談・指導についてその特徴をまとめた。なお、技術相談・指導について明確に区分することは難しいが、産業技術センターでは、設備を利用しない技術知識やノウハウによる対応を技術相談、設備の利用を伴う対応を技術指導、研究成果のニーズ探索、普及、フォローアップを研究成果と区分している。なお、平成２５年度は、技術コーディネーターによる技術相談・指導、ニーズ探索、技術マッチング、競争的資金獲得支援等の活動件数を含んでいる。

表　技術相談・指導件数の経年変化

(件)	平成 21 年度	平成 22 年度	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度
相談	82	144	545	661	796
指導	828	789	837	834	845
その他	4	1	261	101	－
研究成果	1	2	26	9	－
技術コーディネート					251
計	915	936	1,668	1,624	1,892

２－１　相談・指導目的別の件数

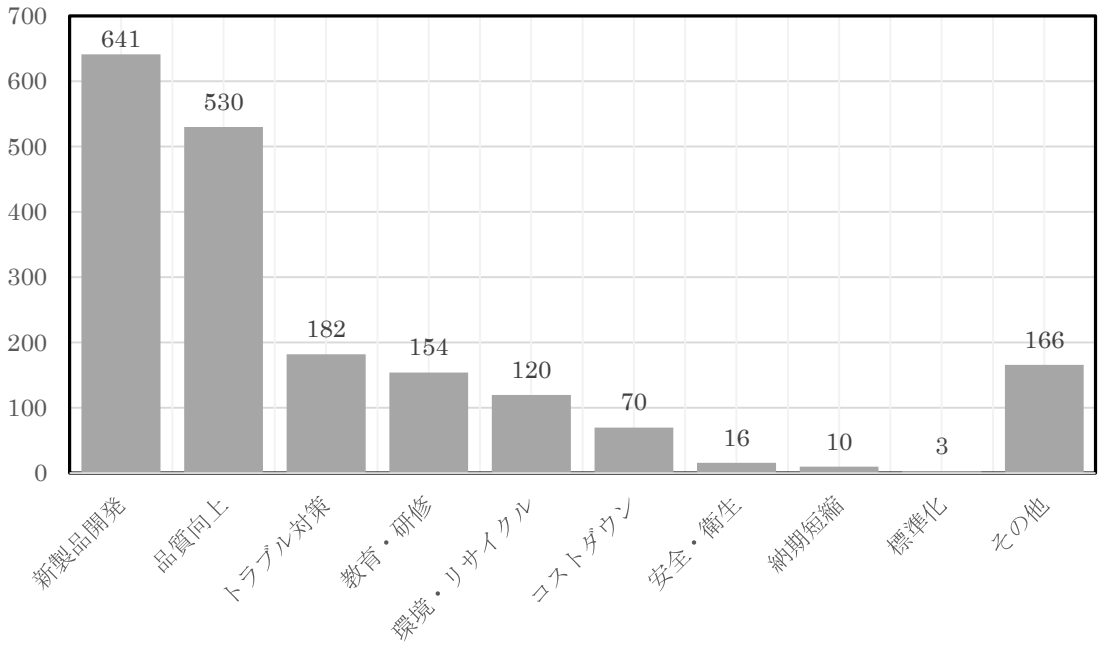


図　産業技術センターの目的別件数

２－２　相談・指導目的別の経年変化

	平成 21 年度	平成 22 年度	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度
1	品質向上 26.1%	品質向上 30.8%	新製品開発 29.9%	新製品開発 36.9%	新製品開発 33.9%
2	教育・研修 20.8%	新製品開発 19.4%	品質向上 17.2%	品質向上 13.4%	品質向上 28.0%
3	トラブル対策 18.8%	トラブル対策 16.9%	教育・研修 11.3%	安全・衛生 12.6%	トラブル対策 9.6%
4	新製品開発 14.3%	環境・リサイクル 12.9%	環境・リサイクル 9.4%	環境・リサイクル 11.6%	教育・研修 8.1%
5	環境・リサイクル 13.2%	教育・研修 12.0%	トラブル対策 9.0%	標準化 9.6%	環境・リサイクル 6.3%
6	標準化 2.5%	コストダウン 2.8%	コストダウン 3.5%	教育・研修 2.6%	コストダウン 3.7%
－	その他 4.3%	その他 5.2%	その他 17.4%	その他 10.5%	その他 8.8%

２－３　相談・指導の対応技術分類

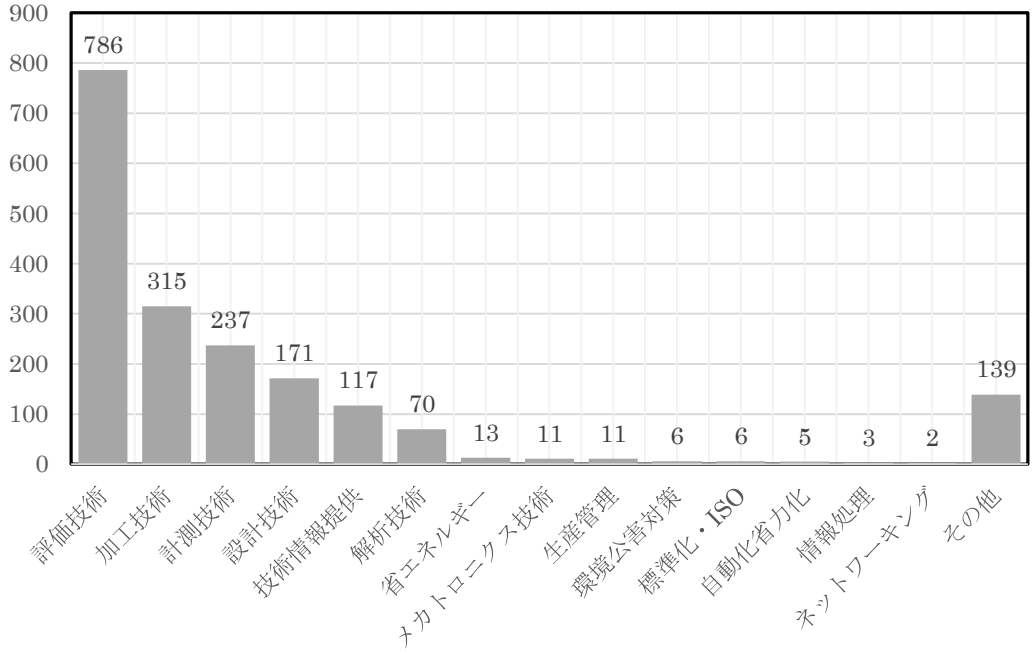


図　技術分類別の件数

２－４　相談・指導対応技術分類別の経年変化

	平成 21 年度	平成 22 年度	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度
1	評価技術 73.9%	評価技術 67.1%	評価技術 42.3%	評価技術 42.5%	評価技術 41.5%
2	加工技術 11.5%	加工技術 11.8%	加工技術 17.1%	加工技術 11.0%	加工技術 16.6%
3	計測技術 5.2%	計測技術 7.5%	設計技術 6.8%	計測技術 10.4%	計測技術 12.5%
4	解析技術 4.5%	解析技術 5.4%	計測技術 6.1%	設計技術 10.2%	設計技術 9.0%
5	技術情報提供 2.5%	設計技術 3.4%	技術情報提供 2.8%	解析技術 5.4%	技術情報提供 6.2%
6	設計技術 1.7%	技術情報提供 2.8%	解析技術 2.2%	技術情報提供 4.7%	解析技術 3.7%
7	－	情報処理 0.5%	メカトロニクス技術 2.0%	メカトロニクス技術 2.1%	省エネルギー 0.7%
8	－	環境公害対策 0.2%	生産管理 1.1%	環境公害対策 1.0%	メカトロニクス技術 0.6%
－	その他 0.7%	その他 1.3%	その他 18.2%	その他 10.2%	その他 9.13%

２－５　相談・指導の対応工学分類

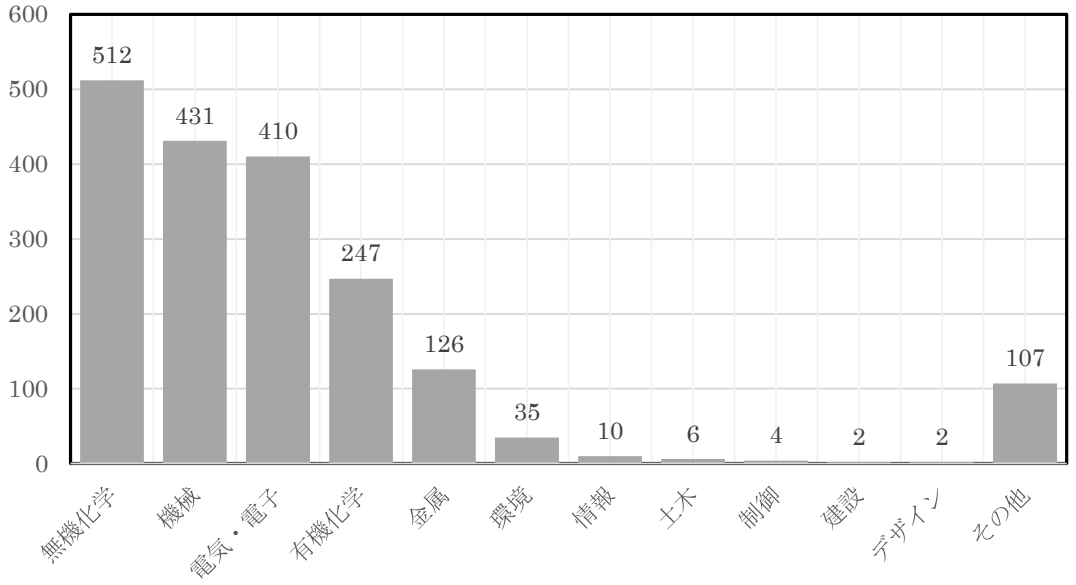


図　工学分類の件数

２－６　相談・指導対応工学分類別の経年変化

	平成 21 年度	平成 22 年度	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度
1	無機化学 51.5%	無機化学 48.0%	無機化学 33.8%	無機化学 24.8%	無機化学 27.1%
2	有機化学 19.6%	有機化学 17.6%	機械 16.2%	電気･電子 19.6%	機械 22.8%
3	金属 11.7%	機械 13.5%	電気･電子 12.6%	機械 18.8%	電気･電子 21.7%
4	機械 9.2%	電気･電子 8.1%	有機化学 12.4%	有機化学 16.3%	有機化学 13.1%
5	電気･電子 2.8%	金属 7.8%	金属 4.3%	金属 6.1%	金属 6.7%
－	その他 5.2%	その他 5.0%	その他 18.5%	その他 10.7%	その他 8.8%

３．　施設・設備利用状況

区　　分		利用件数［件］	利用人数［人］
施設利用	※会議室等	132	6,107
設備利用	（企業関連）	1,451	1,468
	（大学関連）	34	60
計		1,617	7,635

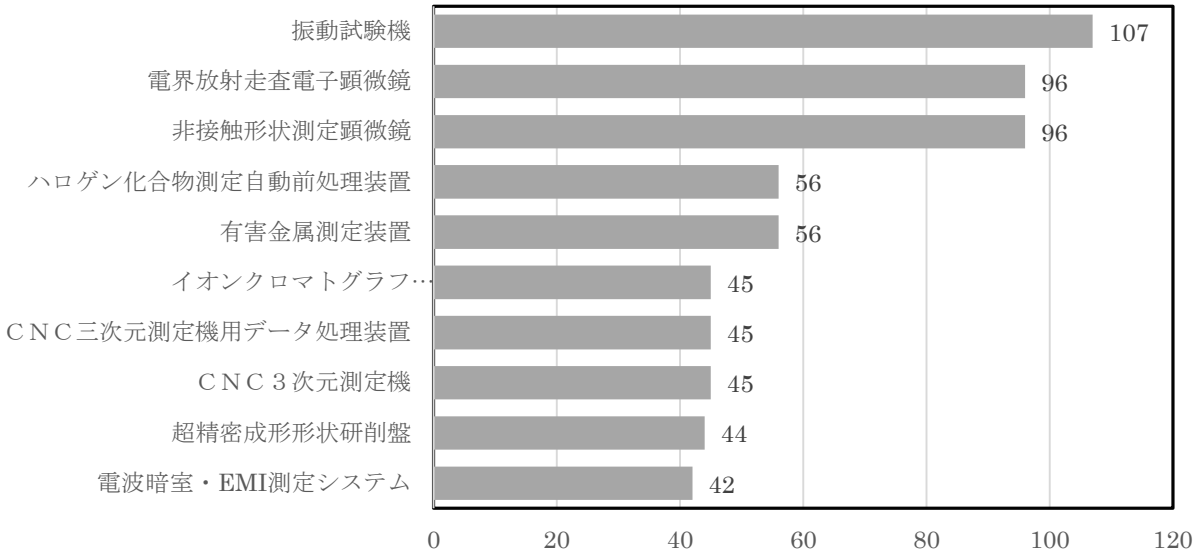


図　利用件数の高い設備

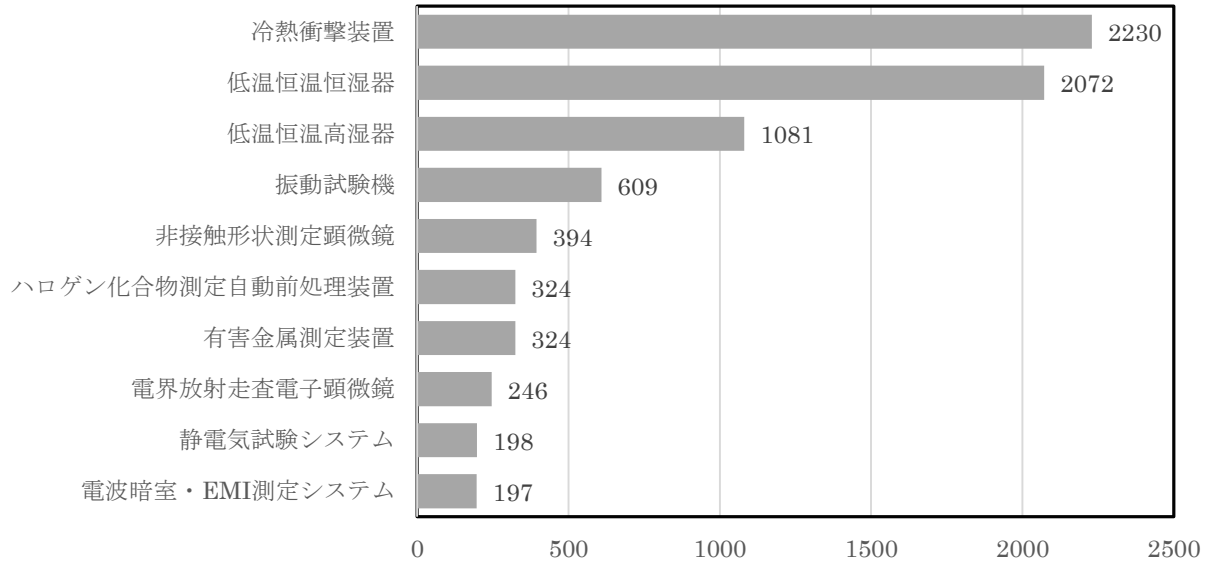


図　利用時間の高い設備

４．　技術研究会活動

４－１ 秋田県非破壊検査技術研究会

実施年月日	事業名	内　　容	会　場	人員（人）
平成 25 年 5 月 16 日	通常総会	1. 平成 24 年度事業実施報告及び収支決算の承認 2. 平成 25 年度事業計画及び収支予算の審議並びに承認 3. 役員改選 4. その他	第一会館 （秋田市）	17
平成 25 年 6 月 14 日	講習会	超音波探傷装置の性能測定方法講習会（講義・実習） 溶接検査㈱ 代表取締役社長 木村 武美 氏 秋田出張所 金谷 貴志 氏	産業技術センター	12
平成 25 年 7 月 19 日	研究発表会（共催：秋田県生産技術研究会）	(1)「建築鉄骨溶接部の品質確保に関して（その３）」 ～建築構造物の破壊形式と溶接欠陥発生防止及びフェイズドアレイについて～ 溶接検査(株) 金谷 貴志 氏 (2)「ポンプ製造の現状と課題」 (株) 増田鉄工場 取締役専務 寺内 良夫 氏 (3)「螺旋水車による小水力発電機の実現可能性調査」 秋田県産業技術センター 研究員 井上　真 氏	第一会館	26
	新会員の会社紹介（〃）	(1)「(株)東洋ドリル秋田工場」 (株)東洋ドリル秋田工場 取締役工場長 佐藤 富男 氏 (2)「（有）瀬谷工作所」 （有）瀬谷工作所 代表取締役 瀬谷　昇 氏	〃	26
	講演会（〃）	「秋田高専の地域共同テクノセンターの取り組みと精密位置決めの研究」 秋田工業高等専門学校 機械工学科 教授 宮脇 和人 氏	〃	26
平成 25 年 7 月 24 日	講習会	超音波探傷技術入門講習会（座学・実技） 秋田県産業技術センター 上席研究員 木村 光彦	産業技術センター	5
平成 25 年 8 月 27～ 29 日	講習会(共催 秋田県鐵構工業協同組合)	浸透探傷試験講習会レベル２（座学・実技） マークテック㈱　鈴木　尚美 氏	産業技術センター	6
平成 25 年 9 月 10 日 ～11 日	講習会(共催：秋田県鐵構工業協同組合)	超音波探傷試験[レベル 1,2]資格取得のための講習会（座学） 元あきた企業活性化ｾﾝﾀｰ　副参事 浅利 孝一 氏 秋田県産業技術センター 上席研究員 木村 光彦	産業技術センター	6
平成 25 年 10 月 23 日 ～24 日	工場見学会（共催：秋田県生産技術研究会，秋田県機械金属工業会）	株式会社板垣鉄工所 山形県東田川郡三川町大字神花字前外川 476-1 ティービーアール株式会社 山形県鶴岡市宝田１丁目 11-16 株式会社永瀬留重十郎工場　櫛引工場 山形県鶴岡市丸岡字鳥飼 37-3		22
平成 25 年 11 月 26 日 ～27 日	講習会(共催：秋田県鐵構工業協同組合)	超音波探傷試験[レベル 1,2]資格取得のための講習会（実技） 元あきた企業活性化ｾﾝﾀｰ　副参事 浅利 孝一 氏 秋田県産業技術センター 上席研究員 木村 光彦	産業技術センター	7

４－２　秋田県高分子材料研究会

実施年月日	事業名	内　　容	会　場	人員（人）
平成 25 年 6 月 7 日	役員会	平成 25 年度 通常総会提出議案の審議	第一会館 本館 （秋田市）	10
	通常総会	平成 25 年度 提出議案審議		13
平成 25 年 5 月 9,10 日	成形スクール 中級編	座学 「金型基本講習」 講師：日精樹脂工業（株）　飯島　彰氏 「成形基本講習」 講師：日精樹脂工業（株）　桜田　喜久男氏 実技 「金型と取り付け・準備」 「成形実習」、ほか 講師：日精樹脂工業（株）　桜田　喜久男氏	座学会場 産業技術 センター 実技会場 （株）セーコン （大仙市）	24
平成 25 年 7 月 12 日	技術講演会 （生産技術研究会との共催）	「金属光造形複合加工機の活用と事例紹介」 (株)松浦機械製作所　加藤　直人氏 「品質問題解決のための材料分析の進め方」 （公財）神奈川科学技術アカデミー　阿久津　康久氏	第一会館 本館 （秋田市）	37
平成 25 年 6 月 27, 28 日	射出成形講習会	射出成形機　取扱　講習会	産業技術 センター	16
平成 25 年 10 月 18 日	技術講演会	「グラスウールの樹脂強化フィラーコンパウンド化」 ナノダックス（株）　藤田　鉦則氏 「-Heat よるウエルドレス成形と金型内ソリ制御技術」 山下電気（株）　吉野　隆治氏 「射出成形における CAE の活用事例」 サイバネットシステム（株）　小澤　和夫氏 「樹脂可塑化装置による高付加価値成形技術」 東洋機械金属（株）　澤田 靖丈氏	第一会館 本館 （秋田市）	39
平成 26 年	特別講演会	「竹内宏の”ものづくり”」 （株）新興セルビック　竹内　宏氏 「地域におけるこれからのものづくり」 （公財）山形県企業振興公社　成澤　郁夫氏	第一会館 本館 （秋田市）	27

４－３　秋田県生産技術研究会

実施年月日	事業名	内　　容	会　場	人員(人)
平成25年 5月28日	通常総会	平成25年度通常総会提出議案の審議・承認等について 1. 平成24年度事業実施報告 2. 平成24年度収支決算の承認について 3. 平成25年度事業計画（案）の審議について 4. 平成25年度収支予算（案）の審議について 5. 役員・事務局員の変更について	第一会館 本館 (秋田市)	24
	特別講演会	「生産現場におけるコスト削減」 ～「電気の見える化」によるコスト削減～ 講師：三菱電機㈱福山製作所　鈴木　健司　氏 菱明三菱電機機器販売㈱　村越　敦　氏	第一会館 本館 (秋田市)	41
平成25年 7月3日	機械加工分科会講習会	「大物加工・大型加工の基礎と活用技術セミナー」 講師：新日本工機㈱　足立　博和　氏 新日本工機㈱　田中　和也　氏	秋田県産業技術センター	30
平成25年 7月12日	技術講演会 （秋田県高分子材料研究会共催）	・技術講演 ①「金属光造形複合加工機の活用と事例紹介について」 講師：㈱松浦機械製作所　加藤　直人　氏 ②「品質問題解決のための材料分析の進め方」 講師：（社）神奈川科学技術アカデミー 阿久津　康久　氏	第一会館 本館 (秋田市)	35
平成25年 7月19日	事例研究発表会(秋田県非破壊検査技術研究会共催)	・事例研究発表 ①「建築鉄骨溶接部の品質確保に関して-3-」 溶接検査㈱　金谷　貴志　氏 ②「ポンプ製造の現状と課題」 ㈱増田鉄工場　寺内　良夫　氏 ③「螺旋水車による小水力発電機の実現可能性調査」 秋田県産業技術センター　井上　真 ・新規会員の会社紹介セッション ①㈱東洋ドリル秋田工場　佐藤　富男　氏 ②(有)瀬谷工作所　瀬谷　昇　氏 ・特別講演 「秋田高専の地域協同テクノセンターの取り組みと精密位置決めの研究」 講師：秋田工業高等専門学校　宮脇　和人　氏	第一会館 本館 (秋田市)	26
平成25年 8月1日	機械加工分科会講習会	「切削加工の高付加価値化を考えるセミナー」 講師：日進工具㈱　永沼　勝美　氏 ㈱C&Gシステムズ　中田　雄司　氏	秋田県産業技術センター	30
平成25年 10月10日	素形材技術分科会講習会	「発光分析セミナー」 「発光分析のノウハウと測定上の留意点」 講師：㈱島津製作所　湯浅　周治　氏	㈱東北機械製作所（秋田市)	14
平成25年 10月23日 ～24日	合同企業見学会(秋田県非破壊検査技術研究会･(社)秋田県機械金属工業会共催)	・合同企業見学会 ①㈱板垣鉄工所（山形県東田川郡） ②ティービーアール㈱（山形県鶴岡市） ③㈱永瀬留十郎工場櫛引工場（山形県鶴岡市）	山形県内企業	22

実施年月日	事業名	内　　容	会　場	人員(人)
平成25年 11月8日	技術講演会 （秋田県硬質工具材料研究会共催）	・技術講演 「切削工具用硬質材料の特徴と最近の開発事例」 講師：三菱マテリアル㈱筑波製作所 谷内　俊之　氏	秋田県産業技術センター	20
平成25年 12月7日	技術講演会 (研究会協賛)	公益社団法人精密工学会2013年度東北支部学術講演会 ・技術講演会：40件の発表 ・企業フォーラム：14社のパネル展示と5社の技術PR	たざわ湖芸術村温泉ゆぽぽ (仙北市)	100
平成26年 2月7日	素形材技術分科会講習会 （秋田県産業技術センター共催）	「最新の非接触測定技術の動向と測定事例」 「最新の非接触測定技術の動向」 講師：東京貿易テクノシステム㈱ 近藤　基成　氏 「パターン投影式三次元形状測定器の測定事例と実演」 講師：秋田県産業技術センター　内田　富士夫	秋田県産業技術センター	20
平成26年 2月24日	先端加工技術セミナー （秋田県産業技術センター共催）	・技術講演 「輸送機産業における最新の加工技術」 ～CFRPなどの難削材加工の最前線～ 講師：東京電機大学　松村　隆　氏	秋田県産業技術センター	18
平成26年 2月25日	機械加工分科会講習会(高度加工技術WG)	「難削材の加工技術セミナー」 講師：オーエスジー㈱　今泉　悦史　氏 ブラザー・スイスループ・ジャパン㈱ 安達　潤　氏	タルイシ機工㈱ （秋田市）	32

４－４　北東北ナノ・メディカルクラスター研究会

実施年月日	事業名	内　　容	会　場	人員（人）
平成 25 年 8 月 9 日～ 10 日	研究会	サマーキャンプ 基調講演 ①　「ものづくりから見た再生医療―再生治療と再生研究―」 京都大学再生医科学研究所　田畑 泰彦 氏 ②　「病理医から見た工学との接点」 秋田大学医学部附属病院　南條 博 氏 研究発表 ①　「電界撹拌技術を用いたメディカルイノベーション」 秋田県産業技術センター　中村 竜太 ②　「電気メスのこげつき防止に関する研究」 名古屋大学　野老山 貴之 氏 企業紹介 ①　株式会社斉藤光学製作所 伊賀 美里 氏 ②　株式会社 K Engineering 金野 正史 氏	駒ヶ岳温泉 （仙北市）	19
平成 25 年 12 月 25 日 ～26 日	研究会	ウインターキャンプ 基調講演 ①　「医療最前線からものづくりへの要望」 社会医療法人 青嵐会 本荘第一病院　柴田 聡 氏 ②　「秋田発　迅速免疫染色技術への期待」 秋田大学医学部附属病院　南條 博 氏 研究発表 ①　「マイクロ加工技術が担う医療技術の進展」 東京電機大学 工学部　松村 隆 氏 ②　「燃料電池への期待」 ローム株式会社 燃料電池事業ユニット　三浦 弘 氏 ③　「水不溶性シクロデキストリンポリマーの機能性」 秋田大学工学資源研究科 濱田 文男 氏 ④　「自動化による術中高速組織診断のための新型免疫組織染色装置の開発」 秋田県産業技術センター　中村 竜太	駒ヶ岳温泉 （仙北市）	18
平成 26 年 3 月 14 日～ 15 日	研究会	スプリングキャンプ 基調講演 ①　「病理の世界とものづくりとの融合そして展開」 一般財団法人 厚生会 仙台厚生病院 遠藤 希之 氏 ②　「R-IHC が拓く病理のあたらしい世界と展開」 秋田大学医学部附属病院病理部 南條 博 氏 研究発表 ①　「機能表面 ナノドットアレイ メタマテリアル」 東京工業大学 吉野 雅彦　氏 ②　「電界砥粒制御技術を応用した電界研磨技術」 秋田県産業技術センター　池田 洋 ③　「電界砥粒制御技術を応用した電界撹拌技術」 秋田県産業技術センター　中村 竜太 企業紹介 ①　秋田 EPSON 株式会社 鈴木 洋一 氏 ②　株式会社 K Engineering 金野 正史 氏 ③　有限会社 さとう技研 佐藤 六広 氏 ④　株式会社 斉藤光学製作所 齊藤 高留 氏 ⑤　株式会社 ヤマダフーズ 山田 伸祐 氏 ⑥　エーピーアイ株式会社 佐々木 則和 氏　石川 幸雄 氏	駒ヶ岳温泉 （仙北市）	21

４－５　秋田県硬質工具材料研究会

実施年月日	事業名	内　　容	会　場	人員（人）
平成 25 年 11 月 8 日	技術講演会	①「切削工具用硬質材料の特徴と最近の開発事例」 三菱マテリアル株式会社 筑波製作所 材料開発部 部長 谷内俊之 ②「レアメタル代替材料の開発と最近の技術動向」 （独）産業技術総合研究所 サステナブルマテリアル研究部門　グループ長 尾崎公洋　氏	秋田県産業技術センター（秋田市）	29
平成 25 年 12 月 11 日	総会・講演会	東北航空宇宙産業研究会総会　及び　第 1 回東北航空宇宙産業広域連携フォーラム 2013（共催）	秋田ビューホテル（秋田市）	75

４－６　その他

（１）あきた輸送機コンソーシアム

実施年月日	事業名	内　　容	会　場	人員（人）
平成 25 年 12 月 11 日	総会・講演会	東北航空宇宙産業研究会役員会・総会及び 第 1 回東北航空宇宙産業広域連携フォーラム 2013（共催）	秋田ビューホテル（秋田市）	75
平成 26 年 2 月 19 日	講演会・見学会	東北航空宇宙産業研究会 第 2 回東北航空宇宙産業広域連携フォーラム 2013（共催）	TKP ガーデンシティ仙台（仙台市）	66

（２）東北航空宇宙産業研究会

実施年月日	事業名	内　　容	会　場	人員 （人）
平成 25 年 10 月 2 日 ～4 日	ブース出展	ASET2013(東京国際航空宇宙産業展 2013)	東京ビックサイト （東京都）	3,000 (ブース見学者)
平成 25 年 12 月 11 日	総会・講演会	東北航空宇宙産業研究会役員会・総会及び 第 1 回東北航空宇宙産業広域連携フォーラム 2013 総会 （1）新体制の承認 （2）東京国際航空宇宙展（ASET2013)等の報告 講演会 「航空機製造・整備の現状と課題について」 徳永 俊二　様　(株)ニック　技術顧問 元(株)JAL エアロコンサルティング 情報提供 1.「自治体連携による宇宙産業のすそ野の拡大について」 三保 和之　様　(JAXA 産業連携センター成果活用促進グループ長) 2.「各地のコーディネーターと協力した新たな産業創造の仕組み eEXPO」 加福 秀亙　様　(東経連ビジネスセンター) 3.「航空機産業への期待」 井元 尚充　様 （東北経済産業局自動車産業室　企画係長） 4.「ICR の広域連携活動と航空宇宙産業分野の取り組み」 坂本 敏昭　様 ((株)インテリジェント・コスモス研究機構代表取締役副社長) 5.「複合材料修復技術研究会の紹介」 杉山 和夫　様 (NPO 法人リサイクル材料技術研究所　理事長) 6.「航空機産業の拡がりを目指した産学官連携「みやぎ航空機 BZ 研究会」」 齋藤 一彦　様　(丸繁(株)　代表取締役) 7.「秋田県での宇宙開発産業の可能性と秋田宇宙開発研究所の取り組み」 和田 豊　様 (秋田大学大学院工学資源学研究科付属ものづくり創造工学センター　所長) 8.「地域新産業創出基盤強化事業」 斉藤 耕治 （東北経済産業局地域新産業創出基盤強化事業コーディネータ)	秋田ビューホテル (秋田市)	75

実施年月日	事業名	内　　容	会　場	人員（人）
平成 26 年 2 月 19 日	講演会・見学会	東北航空宇宙産業研究会 第 2 回東北航空宇宙産業広域連携フォーラム 2013 講演会 ①「飛行機はこうして作られる -複合材部品」 榊　達朗 様　川崎重工　社友 ②「複合材部品の修理（B787 の事例）」 小塩 国次 様　元 川崎重工 見学会：㈱ジャムコエアロマニュファクチャリング	TKP ガーデンシティ仙台 （仙台市）	66

（３）東北再生可能エネルギー研究会

実施年月日	事業名	内　　容	会　場	人員（人）
平成 25 年 7 月 24 日	幹事会・講演会	講演会 １．「再生可能エネルギーを巡る最近の動向について」 東北経済産業局 エネルギー対策課　課長　柏　芳郎氏 ２．「小型バイナリー発電装置『ヒートリカバリー“HR シリーズ”』について」 （株）ＩＨＩ　回転機械セクター開発部バイナリー発電システムグループ 部長　高橋　俊雄氏 ３.「木質バイオマス直接燃焼／バイオマスガス化発電の技術とその経済性（再生可能エネルギー固定価格買取制度利用の課題）」 中外炉工業（株）開発推進室 バイオマスグループ長　笹内　謙一氏	産業技術総合研究所東北サテライト （仙台市）	59
平成 25 年 8 月 21 日	見学会	１．東北福祉大学エネルギーセンター ２．南三陸処理区 バイオマス発電焼却炉・木質バイオマスガス化発電設備	左記センター等（仙台市/南三陸町）	31
平成 25 年 12 月 4 日	見学会	１．東北大学　未来科学技術共同研究センター ２．東北大学　青葉山キャンパス　エコラボ	東北大学 （仙台市）	21
平成 26 年 3 月 4 日	幹事会・講演会	１．「水素エネルギーの大規模貯蔵輸送技術 水素エネルギーの大規模貯蔵輸送技術」 千代田化工建設（株） 水素チェーン事業推進ユニット技師長 岡田 佳巳氏 ２．「アンモニアを用いた水素エネルギーキャリア」 広島大学 先進機能物質研究センター長 教授 小島 由継氏 ３．「地中熱交換方式の概要と長期運転実績値」 三菱マテリアルテクノ（株） 資源・環境エネルギー事業部 ドリング部 係長　石上 孝氏 ４．「地中熱や温泉を利用したヒートポンプの納入事例」 ゼネラルヒートポンプ工業　（株） 営業本部長　谷藤 浩二氏	秋田ビューホテル （秋田市）	91

５．　技術コーディネート活動

５－１　目的

新産業創出に向けて産学官連携による研究体制構築支援や、国等の競争的研究資金を獲得するための支援を行い、大学・公設試との共同研究等による県内中小企業等の新製品・新技術の研究開発に対する取組みを活発化することにより、自立型の産業や企業の創出及び育成を促進し、県経済の活性化と雇用創出に貢献することである。

５－２　手段等

経験豊富な民間企業出身者等の技術コーディネーターを配置、県内企業訪問により開発ニーズを探索し、その実現化のために、大学・公設試とのマッチングを図った事業策定プランを構築し、国等の競争的研究資金を活用した産学官共同研究プロジェクトの企画・提案に向けた支援を行う。

５－３　今年度実績

今年度、４名の技術コーディネーターを配置し、県内企業約１２０社、のべ５００回程度の企業訪問を行った。その内容は、各種技術相談対応、産学官あるいは産産のマッチング、生産プロセス・生産管理等の指導など多岐にわたる。

特に、企業による国等の研究開発資金支援事業への提案・申請についての支援を重要業務と位置づけており、今年度は、支援を行った案件の中から、「ものづくり中小企業・小規模事業者試作開発等支援補助金」など、計４５件が各種事業に採択されている。

６．　人材育成

６－１ 技術者の育成・受託研修

指　導　内　容	期　　間	研修員所属人員
セラミック材料の合成とキャラクタリゼーション技術の取得	H25.4.15～ H26.3.31	国立大学法人秋田大学大学院工学資源学研究科、工学資源学部、計 13 名
高真空スパッタ成膜装置の使用技術習得	H25.5.1～ H26.3.31	秋田工業高等専門学校物質工学科、計 2 名
高機能薄膜・多層膜の作成に関する研修	H25.5.1～ H26.3.31	国立高等専門学校機構 秋田工業高等専門学校、物質工学科、計 1 名
セラミックス熱電材料の製造プロセスおよび材料評価法	H25.8.5～ H26.3.31	国立大学法人秋田大学大学院工学資源学研究科、工学資源学部、計 7 名
新規レアメタル抽出剤に関する研究開発	H25.9.9～ H26.3.31	国立大学法人秋田大学大学院工学資源学研究科、工学資源学部、計 4 名
プレス付き真空熱処理装置、万能試験機	H25.11.5～ H26.3.31	国立大学法人秋田大学大学院工学資源学研究科、工学資源学部、計 2 名

６－２ 講師及び審査員の派遣

名　　称	派　遣　先	回数	部　署
インターンシップ・進路懇話会	秋田大学工学資源学部	１回	電子光応用開発部
情報産業活性化事業費補助金審査	商業貿易課	１回	電子光応用開発部
技能検定（機械系保全）　検定委員 技能検定（工場板金）　　検定委員 技能検定（CNC タレパン）検定委員 技能検定（金属熱処理）　検定委員	秋田県職業能力開発協会	２回 ２回 ２回 １回	素形材ﾌﾟﾛｾｽ開発部
講義「バイオマス利用と県内の廃棄物リサイクル」	あきたアーバン開発マイスター養成コース	１回	素形材ﾌﾟﾛｾｽ開発部
技能検定（プラスチック成形）検定委員 技能検定（化学分析）検定委員 技能検定（手積み積層成形作業）検定委員	秋田県職業能力開発協会	５回 １回 ３回	素形材ﾌﾟﾛｾｽ開発部
秋田県溶接技術競技会　審査員	秋田県溶接協会	１回	素形材ﾌﾟﾛｾｽ開発部
溶接技能者評価試験　評価員	東北地区溶接技術検定委員会	12回	素形材ﾌﾟﾛｾｽ開発部
全鉄評鉄骨製作工場性能評価　評価員	全国鉄骨評価機構	３回	素形材ﾌﾟﾛｾｽ開発部
社会人講話	秋田県立秋田北高等学校	１回	技術ｲﾉﾍﾞｰｼｮﾝ部

７．　その他

社会人入学

大 学 名	氏 名	部 署
秋田大学大学院 博士課程	櫻田 陽	電子光応用開発部

Ⅲ　研究成果・広報活動

１．平成２５年度研究成果報告会の概要

○標　題：秋田県産業技術センター 平成２５年度成果報告会
○日　時：平成２５年７月２６ 日（金）１３：００～１７：００
○会　場：秋田県産業技術センター
○参加者：１１６名

《 成果報告 》

1. 素形材プロセス開発部	座長	部長	赤上 陽一
○超臨界発泡プラスチックによる軽量化と高強度化		研究員	野辺 理恵
○降雪地向け太陽光発電パネルフレームの強度解析		研究員	井上 真
○電界撹拌技術を用いたメディカルイノベーション		研究員	中村 竜太
2.電子光応用開発部	座長	部長	小笠原 雄二
○省電力を目指した電照栽培用照明の開発		主任研究員	佐々木 大三
○液晶光学デバイスの開発		主任研究員	梁瀬 智
○自動車産業における生産技術の高度化に対応した産業ロボット用硬さ試験グリッパの開発		主席研究員	森 英季
3. 先端機能素子開発部	座長	部長	高橋 慎吾
○先端計測関連技術および磁性材料・デバイスの開発		主席研究員	山川 清志
○半導体スピンデバイスの基盤技術開発状況		上席研究員	鈴木 淑男
4. 技術イノベーション部	座長	部長	佐藤 明
○コーディネート活動について		上席研究員	千葉 隆
○輸送機関連事業の活動報告		主任研究員	斉藤 耕治
○自立型植物工場検証事業の概要について	地域産業振興課	主査	山平 路春
○エネルギー関連事業の活動報告		主任研究員	松倉 和浩
5. 報告総括	産業技術センター所長		齋藤 昭則

《 技術商談会 》

1. ポスターセッション （本館研修棟2階 第1研修室・第2研修室）
　※展示ポスターについては次ページの一覧を参照ください。
2. 企業ブース展示　（本館研修棟1階 ロビー）

ポスター一覧

No.	発表者	タイトル
1	木谷、田口、内田、伊勢	超高密度ストレージの研究開発 ～ヘッドデバイス～
2	新宅、近藤	超高密度ストレージの研究開発 ～薄膜形成・解析技術～
3	千葉、経徳、田口	超高密度ストレージの研究開発 ～ナノインプリント～
4	森、櫻田	高速・高精度アクチュエーターの開発
5	梁瀬、葉、内田、 王、佐藤、高橋	「液晶」材料を応用した光学デバイスの開発
6	鈴木、経徳、木谷、神田	スピン応用デバイスの開発
7	丹、黒澤	電磁波計測・ノイズ評価・EMC 対策技術
8	山根	フォトニックデバイスの研究
9	木村	レーザー焼入れ技術の開発
10	杉山、加藤、進藤	環境調和型高機能耐磨耗材料の開発
11	進藤、沓澤、内田	耐熱金属材料の開発・評価に関する研究
12	進藤、沓澤、木村、工藤、菅原、杉山、加藤、内田、斉藤	輸送機 ～輸送機産業コンプレックス形成事業～
13	沓澤、進藤、内田	次世代輸送機向け高熱伝導軽量合金
14	木村	生産性向上と省エネ性を両立したレーザー熱処理技術
15	木村、成田、工藤、加藤	複合材料の新しい加工・評価法
16	鎌田、斉藤	コンポジットセンター
17	遠田、佐藤	炭素系廃棄物を利用した環境調和型機能性水質浄化材の開発
18	遠田	STOP THE 地球温暖化に関する技術調査
19	小笠原、近藤、佐々木、熊谷	音声主導型医療看護システム
20	小笠原、近藤、佐々木、熊谷	IC タグ利用技術に関する研究開発
21	加賀谷、佐藤、赤上	電界非接触攪拌技術を用いた薬剤多型検出技術の創出
22	久住、佐藤、赤上	次世代情報家電向け研磨システムの開発
23	赤上、斉藤	電界砥粒制御技術を用いたパイプ内面仕上げ技術
24	千葉、岡田	技術相談・支援事例
25	－	産業技術センター紹介
26	－	産業技術センターの経営戦略
27	－	成果事例紹介１
28	－	成果事例紹介２

２．研究成果概要

２－１　特許

【平成２５年度出願分】

※９件

No.	名　　称	権利の別	出願番号
1	ドリル	特許	特願 2013-184400
2	切削工具仕上げ装置及び切削工具仕上げ方法	特許	特願 2014-4940
3	電界撹拌向けインジケータ付きはっ水リング	特許	特願 2014-9629
4	電界洗浄方法	特許	特願 2014-9634
5	細胞内生体分子の検出に用いる標準試料及び細胞内生体分子の検出方法	特許	特願 2014-30808
6	自動電界免疫組織染色装置及び、自動電界免疫組織染色方法	特許	特願 2014-30179
7	ドリル及び穿孔の形成方法	特許	PCT/JP2013/80126
8	並進機構を用いたアクチュエータの減衰方法およびアクチュエータ	特許	US 14/162,562
9	研磨材料・研磨用組成物および研磨方法	特許	申請中

【平成２５年度登録分】

※８件

No.	名　　称	権利の別	出願番号
1	核酸マイクロアレイ、その製造方法および核酸マイクロアレイ用基材	特許	特願 2007-510586
2	低電圧駆動液晶レンズ	特許	特願 2009-160358
3	スピン注入電極構造、スピン伝導素子及びスピン伝導デバイス	特許	US13/216,965
4	平面位置決め装置およびこれを備えた検査装置	特許	US13/206,554
5	核酸検出方法及び核酸検出キット	特許	特願 2008-505198
6	強磁性積層構造及びその製造方法	特許	US13/323,869
7	空間光変調器	特許	特願 2009-114082
8	作動変換型変位拡大装置	特許	特願 2008-181801

【平成２５年度実施許諾分】

※１０件

No.	発明の名称	期間
1	電界砥粒による刃先研磨仕上げ方法、及び刃先を有する微細部品の作成方法	H16～
2	工事用絶縁監視装置	H16～
3	アクチュエータの減衰方法およびアクチュエータ	H16～
4	生分解性樹脂を用いた打ち揚げ花火用玉皮、及びその製造方法	H17～

5	粒子分散型誘電流体を用いた加工法	H17～
6	高硬度、高ヤング率、高破壊靭性値を有する WC-SiC 系焼結体	H24～
7	液晶レンズ	H24～
8	抵抗器、その製造方法	H25～
9	点滴モニタ装置および点滴監視システム	H25～
10	迅速免疫染色等の技術並びに装置及びその周辺技術並びに装置	H25～

２－２　誌上・論文発表

No.	テーマ	著者	掲載誌名	年月
1	Tandem-ring mill pulverization benefits for enzymatic saccharification of biomass	Takahashi, T., Ito, K., Ito, A., Enda, Y., Gochi, M., Mori, H., Kobayashi, J.	Renewable Energy 65 PP. 146 - 151 (2013)	H25.7 月
2	Supercritical water gasification of residue from ethanol production from japanese cedar	Sato, O., Yamaguchi, A., Murakami, Y., Takahashi, T., Enda, Y., Shirai, M.	Energy and Fuels 27 (7) PP. 3861 - 3866	H25.7 月
3	Fabrication of Titanium Oxide-Based Composites by Reactive SPS Sintering and Their Thermoelectric Properties	K. Fuda, T. Shoji, S. Kikuchi, Y. Kunihiro and S. Sugiyama	Journal of Electronic Materials, Vol. 42, No. 7, pp2209-2213, (2013)	H25.7 月
4	Grain-Oriented Ca3Co409 Thermoelectric Oxide Ceramics Prepared by Solid-State Reaction	K. Obata, Y. Chonan, T. Komiyama, T. Aoyama, H. Yamaguchi and S. Sugiyama	Journal of Electronic Materials, Vol. 42, No. 7, pp2221-2226, (2013)	H25.7 月
5	Ferromagnetic-Paramagnetic Patterning of FePtRh Films by Fe Ion Implantation	T. Hasegawa, Y. Kondo, H. Yamane, S. Nagamachi, S. Ishio	IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 49, pp. 3604-3607 (2013)	H25.7 月
6	Towards an understanding of microstructure of patterned FePt dots by magnetometry using pulse fields	Z. J. Yan, S. Takahashi, T. Hasegawa, S. Ishio, Y. Kondo, J. Ariake	Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Vol. 349, pp. 5-8 (2014)	H25.8 月
7	精密研削，平坦化の加工条件設定と研磨剤，パッドの選定・使用方法	池田洋	精密加工と微細構造の形成技術（出版：技術情報協会）	H25.9 月

8	Micromagnetic Model Analysis of Planar-Type Write Head Field Response and Dependence on Pole Tip, Return Yoke, and Shield Structure	Yasushi Kanai, Hidekazu Tamura, Kiyoshi Yamakawa, Kazuetsu Yoshida, Simon J. Greaves, and Hiroaki Muraoka	IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 49, NO. 9, pp. 4970-4976 (2013)	H25.9 月
9	二次元周期構造を有する Co-Pt 反強磁性結合積層体の磁気特性	山根治起，小林政信	日本金属学会誌（第 77 巻，第 10 号，pp.419-423)	H25.10 月
10	超臨界発泡射出成形による軽量化と高強度化	野辺理恵、工藤素、木村光彦、亀田英一郎	型技術，Vol. 28, No.12, 62-63, (2013)	H25.12 月
11	Switching field distribution and magnetization reversal process of FePt dot patterns	S. Ishio, S. Takahashi, T. Hasegawa, A. Arakawa, H. Sasaki, Z. Yan, X. Liu, Y. Kondo, H. Yamane, J. Ariake, M. Suzuki, N. Kawamura, M. Mizumaki	Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Vol. 360, pp. 205-210 (2014)	H26.2 月
12	光学的変調散乱素子を用いた高周波電界計測システム	黒澤　孝裕，　駒木根　隆士	電子情報通信学会論文誌（B），Vol. J97-B, No. 3, 279-285, (2014)	H26.3 月

２－３　口頭発表

No.	テーマ	発表者	発表会名	年月日
1	Simulation Study of Switching Field and Its Applied Field Angle Dependence of three-layer Exchange Coupled Composite Dots	Naoki Honda, Kiyoshi Yamakawa	The 11th International Conference on Ferrite	H25.4.17
2	Magnetic Properties of Antiferromagnetically Coupled CoPt Stacked Films with Hexagonal 2D Array Structures	H. Yamane, T. Hasegawa, S. Ishio	The 8th International Symposium on Metallic Multilayers(P-24)	H25.5.20
3	バインダーレス WC 硬質セラミックスの機械的性質に及ぼす NbC の影響	仁野章弘，森村かおり，杉山重彰，泰松斉	粉体粉末冶金協会平成 25 年度春季大会講演概要集，218，(2013)	H25.5.29
4	炭素繊維複合材料の特性をいかに評価するか	藤嶋基	平成２５年度第１回炭素繊維複合材料フォーラム	H25.5.31
5	Thermoelectric properties and microstructure of CuO ceramics dually doped with Lithium and transition metals	T. Kemuyama, Y. Chonan, T. Komiyama, H. Yamaguchi, T. Aoyama and S. Sugiyama	The 32nd International Conference on Thermoelectrics	H25.7.2
6	The effect of CuO addition on thermoelectric properties of Ca3Co4O9 ceramics	K. Obata, Y. Chonan, T. Komiyama, H. Yamaguchi, T. Aoyama, K. Abe and S. Sugiyama	The 32nd International Conference on Thermoelectrics	H25.7.2

7	生産性向上と省エネ性を両立したレーザ熱処理技術	木村光彦	平成２５年度第２回産学官交流プラザ	H25.7.17
8	[001] L1_0 -FePtRh 薄膜への Pt 照射による強磁性 - 反強磁性パターンと Fe 照射による強磁性 - 常磁性パターンの作製	長谷川崇，近藤祐治，石尾俊二	第 37 回日本磁気学会学術講演会	H25.9.6
9	反応性SPS焼結による還元型酸化チタン焼結体の調整と熱電特性	布田　潔，石川美里，菊池就人，昌子智由，菅原　靖，杉山重彰	第十回日本熱電学会学術講演会予稿集，28（2013）	H25.9.8
10	通電加圧焼結による TiO2-TiC 混合系の反応と焼結体の熱電特性	菅原　靖，杉山重彰，布田　潔	第十回日本熱電学会学術講演会予稿集，66（2013）	H25.9.8
11	液晶マイクロレンズアレイにおける光拡散効果とレンズ特性の関係	梁瀬 智，内田 勝，葉茂，王 濱	2013 年日本液晶学会討論会(PB22)	H25.9.8
12	アクチュエータ高精度化のための圧電素子の振動解析	荒川亮，櫻田陽，森英季，長縄明大，渋谷嗣，大日方五郎	日本機械学会 2013 年度年次大会	H25.9.11
13	積層型圧電素子を用いたアクチュエータにおける位置決め精度による縦真直への影響	櫻田陽，荒川亮，森英季，長縄明大，渋谷嗣，大日方五郎	2013 年度精密工学会秋季大会学術講演会	H25.9.13
14	電界非接触撹拌技術を用いた抗原抗体反応の迅速メカニズムの解明	中村竜太、加賀谷昌美、赤上陽一、池田洋、南谷佳弘、南條博	2013 年度精密工学会秋季大会学術講演会	H25.9.14
15	電界砥粒制御技術を活用した硬脆材料向け砥粒作用性促進化手法の開発	池田洋，中村竜太，久住孝幸，赤上陽一	2013 年度精密工学会秋季大会学術講演会	H25.9.14
16	Nano-Motion Stage of Precise Positioning on In-Plane Motion	Akira Sakurada, Shigeki Mori, Akihiro Naganawa, Yotsugi Shibuya and Goro Obinata	SICE Annual Conference 2013	H25.9.17
17	Modeling and Control of a Precise Positioning Device with a Damper	Ryota Sakamoto, Akihiro Naganawa, Akira Sakurada, Shigeki Mori, Yotsugi Shibuya and Goro Obinata	SICE Annual Conference 2013	H25.9.17
18	Piezoelectric Actuator Applied to Precise Positioning with Large Inertial Mass	Ryo Arakawa, Akira Sakurada, Shigeki Mori, Akihiro Naganawa, Yotsugi Shibuya and Goro Obinata	SICE Annual Conference 2013	H25.9.17
19	ＬＥＤを用いた低消費電力照明の応用開発	佐々木大三	第３回産学官交流プラザ	H25.9.18
20	液晶マイクロレンズアレイによる照明光の拡散効果	梁瀬 智，内田 勝，葉茂，王 濱	2013 年第 74 回応用物理学会学術講演会 (18p-P1-3)	H25.9.18

21	バインダーレス WC-NbC 硬質セラミックスの組織と機械的性質におよぼすC添加の効果	仁野章弘，森村かおり，杉山重彰，泰松斉	（社）日本金属学会 2013 年秋期大会講演概要集，308，(2012)	H25.9.19
22	常圧焼結による(W, Mo)C-SiC 硬質セラミックスの作製	泰松　斉，瀏　超，仁野章弘，菅原和久，杉山重彰	（社）日本金属学会 2013 年秋期大会講演概要集，602，(2013)	H25.9.19
23	マイクロストリップラインの近傍界を利用した 光学的変調散乱素子の空間分解能評価	黒澤　孝裕	電子情報通信学会 2013 年ソサイエティ大会	H25.9.19
24	Magneto-optical Properties for Antiferromagnetically Coupled CoPt Stacked-Films with Hexagonal Anti-dot Lattices	H. Yamane, M. Kobayashi	2013 JSAP-MRS Joint Symposia(19p-PM1-25)	H25.9.19
25	省電力を目指した電照栽培用照明の開発	佐々木大三	第１８回産学イブニングサロン秋田	H25.9.26
26	東北再生可能エネルギー研究会の報告	遠田幸生	平成 25 年度　産業技術連携推進会議　東北地域部会 秋季資源・環境・エネルギー分科会	H25.10.3
27	新エネルギー関連製品の開発に関する企業支援について	松倉和浩	平成 25 年度　産業技術連携推進会議　東北地域部会 秋季資源・環境・エネルギー分科会	H25.10.3
28	降雪値向け太陽光パネルの開発	近藤康夫	産技連東北地域部会秋季情報通信・エレクトロニクス分科会	H25.10.25
29	ダンパを有する圧電素子型 XY ステージの制御系設計	大澤諒，櫻田陽，長縄明大，渋谷嗣，森英季	計測自動制御学会東北支部第 283 回研究集会	H25.10.25
30	Fabrication of ferromagnetic-paramagnetic pattern by Mn ion implantation into [001]-oriented L10(Fe1-xMnx)50Pt50 film	T. Hasegawa, T. Yamazaki, K. Sasaki. Y. Kondo, S. Ishio	The 58th Magnetism and Magnetic Materials Conference	H25.11.6
31	TiO2 と TiN の通電加圧焼結による不定比酸化チタン焼結体の作製と熱電特性	菅原　靖，杉山重彰，布田　潔	日本セラミックス協会東北北海道支部第 21 回北海道地区セミナー2013	H25.11.7
32	グローワイヤー試験について	近藤康夫	第３LED 研究会	H25.11.14
33	秋田県産業技術センターにおけるものづくりと IT との融合化技術について	内田富士夫	産技連第１回製造プロセス部会設計・製造支援技術分科会	H25.11.21
34	東北再生可能エネルギー研究会活動報告	遠田幸生	平成 25 年度　産業技術連携推進会議　環境・エネルギー部会 環境・エネルギー分科会　エネルギー研究会　講演会	H25.11.25

35	Si[100](100)基板における MgO[110](100)薄膜のエピタキシャル成長	鈴木淑男	第 33 回表面科学学術講演会	H25.11.26
36	MgO/Si(100)構造における仕事関数の MgO 膜厚依存性	鈴木淑男	第 33 回表面科学学術講演会	H25.11.27
37	Si3N4-ZrC セラミックスの微細組織と機械的性質	笹子綾子，仁野章弘，杉山重彰，泰松　斉	粉体粉末冶金協会平成 25 年度秋季大会講演概要集，218，(2012)	H25.11.28
38	超臨界発泡射出成形による軽量化と高強度化	野辺理恵、工藤素、木村光彦、亀田英一郎	第 19 回型技術ﾜｰｸｼｮｯﾌﾟ 2013 in きたかみ	H25.11.28
39	通電加圧焼結による TiC-SiC 複合セラミックスの合成とその機械的性質	杉山重彰，菅原　靖，白　賢君，仁野章弘，泰松　斉	第 18 回 SPS 研究会講演要旨集，22-23，(2013)	H25.12.5
40	電界非接触撹拌技術を用いた迅速免疫組織染色方法	中村竜太、加賀谷昌美、赤上陽一、池田洋、南谷佳弘、南條博	2013 年度精密工学会東北支部学術講演会	H25.12.7
41	電界非接触撹拌技術を応用した酵素免疫測定法の高速化技術の開発	加賀谷昌美、中村竜太、赤上陽一、南谷佳弘、小松国夫	2013 年度精密工学会東北支部学術講演会	H25.12.7
42	電界砥粒制御技術の研磨効率向上メカニズムの基礎検討	久住孝幸，池田洋、佐藤安弘，赤上　陽一	2013 年度精密工学会東北支部学術講演会	H25.12.7
43	電界砥粒制御技術を活用したガラス基板向け高効率研磨技術の開発	池田洋，中村竜太，久住孝幸，赤上陽一	2013 年度精密工学会東北支部講演会	H25.12.7
44	ナノドット磁気デバイスの開発戦略と放射光活用	近藤祐治	東北大学金属材料研究所共同利用ワークショップ（依頼講演）	H25.12.10
45	3 層 ECC ドットビットパターン媒体への高密度記録特性のシミュレーション解析	本多直樹、山川清志	電子情報通信学会　磁気記録・情報ストレージ研究会	H25.12.13
46	熱アシスト磁気記録用磁気ヘッドの記録磁界解析	田村英和、金井　靖、山川清志、吉田和悦、Simon Greaves、村岡裕明	電子情報通信学会　磁気記録・情報ストレージ研究会	H25.12.13
47	反射型光学系を用いた磁気光学効果の顕微計測	近藤祐治	東北大学多元物質科学研究所先端計測シンポジウム（依頼講演）	H26.1.29
48	次世代ガラス研磨用精密研磨の実現へ「代替砥粒及び革新的研磨技術を活用した精密研磨向けセリウム低減技術の開発」	赤上陽一，池田洋	nano tech 2014 国際ナノテクノロジー総合展(東京ビックサイト)	H26.1.29～31
49	環境エネルギー関連活動を通した地域企業活性化への取り組み	松倉和浩、遠田幸生	平成 25 年度　産業技術連携推進会議　環境・エネルギー部会 分科会・研究会合同総会	H26.1.30
50	高衝撃粉砕による秋田スギからのバイオエタノール製造プロセスの効率化	遠田幸生，竹村卓也，沓名潤子，佐藤和美，高橋武彦,伊藤　新	第 6 回廃棄物資源循環学会東北支部研究発表会	H26.2.4
51	CFRP の機械加工技術について	加藤勝、沓澤圭一	山形県金型・精密加工技術研究会講習会	H26.2.6

52	東北地域再生可能エネルギー事業化推進 WG」の活動	三石安、遠田幸生、阪口圭一、柳澤教雄	第 54 回産業技術連携推進会議総会	H26.2.26
53	複合材料（CFRP）の切削加工技術	加藤勝、沓澤圭一	次世代ものづくり基盤加工技術調査事業成果報告会	H26.3.7
54	電界非接触撹拌技術を用いた抗原抗体反応の迅速メカニズムの解明（第 2 報）	中村竜太、加賀谷昌美、赤上陽一、池田洋、南谷佳弘、南條博	2014 年度精密工学会春季大会学術講演会	H26.3.18
55	スリット電極型液晶シリンドリカルレンズアレイによる光偏向効果	内田勝，梁瀬智，王濱	2014 年第 61 回応用物理学会春季学術講演会（18p-PA10-2）	H26.3.18
56	積層型圧電素子を用いた並進機構における効果的な放熱方法	荒川亮，櫻田陽，森英季，江藤真人，長縄明大，渋谷嗣，大日方五郎	2014 年度精密工学会春季大会学術講演会	H26.3.20

２－４　一般公開

平成２５年７月２６日：　２４名

２－５　イベント・セミナー

No.	名称	主催者	場所	年月日
1	ナノ・マイクロ ビジネス展 （小間 No.A-31）	一般財団法人マイクロマシンセンター	東京ビッグサイト	H25.7.3～5
2	青森・岩手・秋田新技術・新工法展示商談会 in デンソー	青森・岩手・秋田新技術・新工法展示商談会 in デンソー実行委員会	デンソー(刈谷市)	H25.7.25,26
3	理数探究体験セミナー	秋田県教育委員会	秋田県産業技術センター	H25.8.9
4	THE KAGAKU	秋田市自然科学学習館	秋田県産業技術センター	H25.8.22
5	EDA セミナー	あきた組み込み技術研究会	産業技術センター	H25.10.1
6	超低消費電力マイコンセミナー	あきた組み込み技術研究会	産業技術センター	H25.11.8
7	自然科学学習館 with すイエんサー	秋田市自然科学学習館	秋田市民交流プラザ（秋田市）	H26.2.15

２－６　新聞・一般誌掲載・テレビ放映等

No.	掲載年月日	掲載紙（誌）名	掲載見出し
1	H25. 4.25	秋田魁新報	「エレモ-アキタ」号　路線初、秋田市内を運行
2	H25. 5.29	秋田魁新報	トヨタとの取引支援　県単独で商談会
3	H25. 6 月号	化学と工業	秋田県産業技術センター　コンポジットセンターと地域活動の紹介
4	H25. 7. 3	秋田魁新報	エネルギーハーベスティング　“電池不要”製品開発へ
5	H25. 7. 3	日本経済新聞	熱・振動などを活用し発電を　秋田の産学官研究会
6	H25. 7.30	秋田魁新報	「売れる研究開発」に力
7	H25. 8.23	産経新聞	手術中のがん判定迅速化　トップインタビュー
8	H25. 8.29	日刊工業新聞	全国の公設試験場　中小の試作・開発を支援
9	H25.10. 8	日刊工業新聞	あきたの技術をここに結集　あきた EV バス実証コンソーシアム特集
10	H25.10. 9	日刊工業新聞	グッドデザイン賞　LED 電球が受賞
11	H25.10.11	秋田魁新報	電気バス秋田オリジナル本格運行
12	H25.11.25 ～12.30	秋田魁新報	シリーズ時代を語る　大内一弘　　（全３５回）
13	H25.12. 5	秋田魁新報	航空機産業に参入　降着装置の部品を製造

３．所内見学

３－１　一般見学

平成 25 年度計：241 名

３－２　一般公開

平成 25 年 7 月 26 日：24 名（再掲）

Ⅳ　研究報告

Ⅳ-1　産業新生技術イノベーション事業

輸送機産業集積化事業

－（１）難削材料の機械加工に関する研究 －

工業材料グループ　加藤　勝、沓澤　圭一

Transportation Equipment Industry Clustering project
- (1) Study on Machining of Difficult-to-cut Materials -

Industrial Technology Development Group
Masaru KATO, Keiichi KUTSUZAWA

抄録

近年、航空機や自動車の軽量化を目的とし、その構造材として炭素繊維強化プラスチック（CFRP）やそれらを組み合わせた複合材料が多く使用されている。これらの材料は軽量で強度が高い特性を持つが、加工が困難な難削材として知られている。特に CFRP の切削加工では、工具寿命が短いだけでなく、層間剥離（デラミネーション）やバリの発生という問題がある。本研究では、複合材加工用として市販されている切削工具を用いて CFRP の穴あけ加工実験を行い、工具の性能評価を行った。また、バリを抑制する加工法について検討し、バックアップ材が有効であることを確認した。

［キーワード：CFRP、難削材、複合材料、ドリル加工、層間剥離、バリ］

Abstract

Recently, lightweight materials such as Carbon fiber reinforced plastic (CFRP) or titanium alloy are widely used as structural materials in airplane and automobile for the purpose of mass reduction. Although these materials have characteristics of lightweight and high strength, they are regarded as difficult-to-cut materials. In particular the cutting of CFRP, tool life is not only short, but there is a problem that de-lamination and burrs. In this study, we experimented drilling of CFRP by using a cutting tool which is commercially available as a composite material processing, and evaluated the performance of these cutting tool. We also examined suppressing processing method burrs, it was confirmed that the back-up material is effective.

[Key words: CFRP, difficult-to-cut material, composite material, drilling, de-lamination burr]

１．はじめに

複合材料である炭素繊維強化プラスチック（CFRP）は、その軽くて強い特性によって省エネルギーを実現するものとして、航空機のみならず自動車や家電等に更なる応用が期待されている。しかしながら、CFRPの切削加工（穴あけ、トリミング等）では、工具摩耗が激しいこと、層間剥離（デラミネーション）やバリ等が発生することが課題となっており、高能率・高品質に加工することが求められている。また、CFRPはその炭素繊維や成形方法の相違によって特性に違いがあり、加工形態にも相違が見られる材料である。

近年、各工具メーカから CFRP 加工用と称される工具が販売されるようになってきた。そこで本報では、現状最もニーズが多い穴あけ加工を対象に、数種類のドリルを用いて穴あけ加工実験を行い、工具摩耗や CFRP の加工状態について調査したのでその一部を報告するとともに、バリを抑制する加工法について報告する。

２．CFRP の穴あけ加工実験と工具性能評価

市販の CFRP 材（穴織カーボン製：厚さ 5mm、両面平織クロスタイプ、両面つや無し）を対象に、ダイヤモン

ド一体焼結ドリル 1 種類、ダイヤモンドコーティングドリル 4 種類、特殊コーティングドリル 1 種類、超硬ソリッドドリル 3 種類の計 5 社 9 種類のドリルを用いて、マシニングセンタ（日立精機製 VKC45Ⅱ）で G81 のノンステップ送りによる穴あけドリル加工実験を行った。主な加工条件として、切削速度はダイヤ系ドリルは約 94m/min、超硬ソリッド系ドリルは約 47m/min、送りはすべて 0.05mm/rev とし、ドライ加工（掃除機吸引）で行い、各ドリルとも時間の関係上 30 穴まで加工した。

図 1 に、主な工具の 30 穴加工後の工具摩耗及び CFRP の出口側の加工状態を示す。今回の実験では、一体焼結ダイヤモンド工具が優れた耐摩耗性・切削性能を示した。

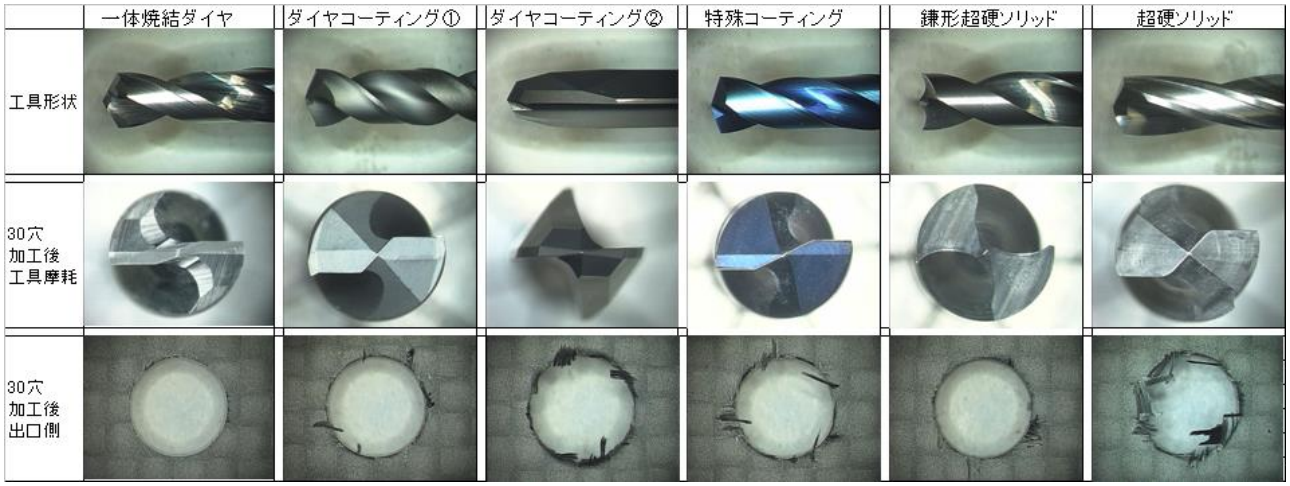


図 1　主な工具の工具摩耗及び CFRP の加工状態

３．バリを抑制する加工法

当センターで成形した CFRP（厚さ 3mm、表面 UD プリプレグ:裏面クロスプリプレグ使用）の下側に、アルミ板（A5052、厚さ 3mm）のバックアップ（B/U 材）を添えてバイスに固定し、一体焼結ダイヤ 1 種類、ダイヤコーティング 2 種類、超硬ソリッド 1 種類の計 4 種類の工具を用いてドリル加工実験を行った。図 2 に CFRP 材の加工状態を示す。2 項で示した一体焼結ダイヤと鎌形超硬ソリッド工具は、B/U 材の有無にかかわらず、比較的良好な穴加工状態であったものの、ダイヤコーティング①と②は、B/U 材の効果により出口側バリが非常に抑制されているのがわかる。従って、B/U 材は高品質な加工を行う上で大変有効であると言える。

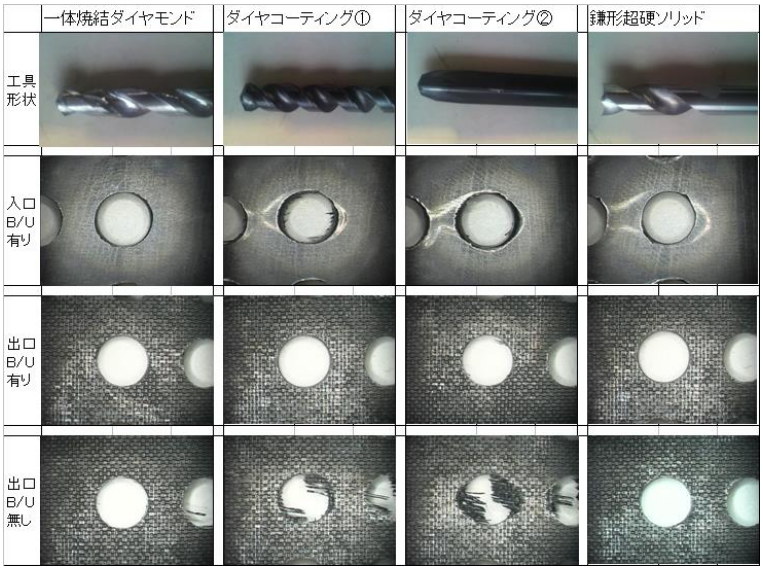


図 2　B/U 材の有無による CFRP の加工状態

４．まとめ

複合材加工用として市販されているドリル工具の性能評価を行い、CFRP 材の穴加工における加工データの蓄積を行った。また、ドリル加工における出口側のバリを抑制する加工法について示した。今後も複合材や難削材の加工データの蓄積を図っていく予定である。

輸送機産業集積化事業

－（２）CFRP 等複合材料 －

複合材料グループ　木村　光彦、工藤　素、藤嶋　基、野辺　理恵

Transportation Equipment Industry Clustering project
- (2) CFRP Composite Material -

Composite Material Technology Development Group
Mitsuhiko KIMURA, Makoto KUDO, Motoi FUJISHIMA, Rie NOBE

抄録

炭素繊維強化プラスチック（CFRP）はその優れた特性により最新鋭の航空機に使用されており今後は自動車といった大量生産製品に使用されつつある。中でもパイプに代表される中空構造物は、製品を構成する要素としては非常に重要な部品の一つである。そこで、本研究ではプリプレグによる CFRP パイプを成形し、3 点曲げ試験による強度評価を行った。

［キーワード：CFRP、複合材料、プリプレグ、パイプ、3 点曲げ］

Abstract

Carbon fiber reinforced plastic (CFRP) has been used in state-of-the-art aircraft due to its excellent properties, it is being used for mass production and automotive products in the future. Hollow structure represented by a pipe is one of the very important parts as elements that make up the product. In this study, we performed a strength evaluation by three-point bending test for CFRP pipe.

[Keywords: CFRP, composite material, prepreg, pipe, three point bending]

１．はじめに

CFRP 等の複合材料は金属材料と比較し高比強度、高比剛性といった優れた特徴を有していることから航空機の機体や自動車などの利用が急速に拡大している次世代の材料である。複合材料による航空機や自動車の車体軽量化は燃費向上による CO2 排出量削減といった地球温暖化対策に有効な省エネルギー技術の一つである。そこで、当センターでは利用が急速に拡大しつつある複合材料において CFRP 等複合材料の試験供試体の成形から物性評価試験、開発研究に対応する体制をコンポジットセンターを中心として整備している。

本報告では、中空構造体の基礎データ収得を目的としてプリプレグよる CFRP パイプ成形を行い、3 点曲げ試験による物性評価にて積層構成と強度の関係について検討を行った結果について報告する。

２．CFRP パイプ成形と強度特性評価

２．１　CFRP パイプ成形

CFRP パイプはプリプレグをマンドレル（芯金）に巻き付け、熱収縮フィルムによる加圧を行うシートラップ製法により成形した。使用したプリプレグは平織が東レ(株)製 F6343B-P05、一方向材が東レ(株)製　3252S-25

表１　CFRP パイプ積層構成

	積層構成		
	Fabirc	+45/-45	0/90
4ply	(0/90)4	(+45/-45)s	(0/90)s
6ply	(0/90)6	(+45/-45/+45)s	(0/90/90)s
8ply	(0/90)8	(+45/-45)2s	(0/90)2s

である。マンドレルはアルミパイプ（φ24×650mm×t1mm）を使用し、パイプ成形長さは 450mm とした。加加熱プロファイルは 80℃：60 分＋130℃：60 分とした。積層構成を表 1 に示す（積層角はパイプの長手方向を 0°とした）。使用したプリプレグは平織材、一方向材共に厚みが 0.24mm であるため積層数を揃えることで成形厚みが同じになるようにした。

２．２　3 点曲げ試験

3 点曲げの試験条件は次の通りである。

・圧子半径：φ5、支点半径：φ2

・支点間距離：300mm

・変位速度：5mm/min。

試験は変位が 25mm に達した時点で終了とした。

２．３　強度特性

図 1 に 3 点曲げ試験結果を示す。4ply では積層構成による差は小さいが 6ply、8ply と積層数の増加に伴い最大荷重の差が明確になっている。その際、平織材の 6ply と 8ply は最終変位に到達する前に破断しているが、その他の供試体は破断することは無かった。

（+45/−45）材の最大荷重が他の積層構成物より低い値となっている。試験後の供試体を観察するとクラックが繊維方向である 45°で進展していた（図 2）。これは繊維層を裂く方向であるため荷重が分散し数値が低くなったものと考える。それに対して（0/90）積層の場合、最外層が 0°であるがクラックが繊維を切断する方向で進展していた（図 3）。繊維層に対して切断と裂く場合では切断エネルギーが比較的高く、これが最大荷重が大きくなった要因と考えている。また、平織材の場合はクラック進展方向の繊維量が（0/90）積層より少ないため若干荷重が低くなったものと思われる。破断原因については、縦糸と横糸が相互に拘束しているためクラックを進展させながら荷重を緩和させることが出来ず試験終了前に破断したものと推定している。

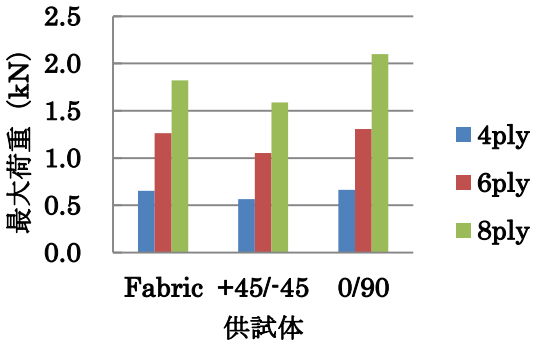


図 1　3 点曲げ試験結果

図 2　(+45/-45)s 試験後供試体のクラック進展方向

図 3　(0/90)s 試験後供試体のクラック進展方向

３．まとめ

今回の試験では比較的単純な積層のパイプについて比較を行ったが、今後は複雑な積層についても比較する必要がある。さらに、熱硬化だけではなく大量生産向きの熱可塑樹脂による比較検討も必要でありデータを蓄積する予定である。また、コンポジットセンターでは、秋田大学のハイブッドロケットのボディとしてφ150、長さ：700mm のパイプも提供しており、打ち上げ実験を行いながらノウハウを蓄積している最中である。今後は県内企業に対して複合材料という新しい軽量化技術の普及に努めていく予定である。

輸送機産業集積化事業

－ 輸送機関連産業の新規参入と取引拡大支援 －

企画・事業推進班　　斉藤 耕治
技術コーディネート班　田口 香

Transportation Equipment Industry Clustering project
- Business development of aerospace industry -

Business Planning Group　　Koji SAITO
Technology Coordinate Group　Kaori TAGUCHI

抄録

東京国際航空宇宙産業展出展と、近畿と中部での川下企業とのマッチング事業が本年度実施の主たる事業で、東北航空宇宙産業研究会を基盤として活動した。産業集積の目的は付加価値の集積であり、製造に掛かる全ての工程が域内でできるようにすること、即ちサプライチェーンを形成することによって実現される。航空機部品は多品種少量であることから広域連携が必須であり、この意味でも東北航空宇宙産業研究会を基盤としたことは有効であった。これらの活動は、東北経済産業局の支援を得た。

［キーワード：航空宇宙産業、TAIF、展示会、サプライチェーン、バリューチェーン］

Abstract

Tokyo international aviation service space industry exhibition and the matching business with the major manufacture in Kinki and Chubu region were active as a base in Tohoku aerospace industry forum, TAIF, meeting main business of the enforcement in this fiscal year. The purpose of the industrial accumulation is value-added accumulation and is realized by forming it being possible for all processes that production requires in a level namely a supply chain. Because many kinds were small amount as for the plane parts, wide area cooperation was required, and it was effective that even this meaning did TAIF with a base. These activities got the support of the MITI Tohoku bureau.

[Keywords: Aerospace, TAIF, exhibition, supply chain, value chain]

１．はじめに

航空宇宙産業は、日本製造業の潜在力を生かす次世代産業として注目され、全国各地で新規参入を窺う中小企業を連携させた所謂地域コンソーシアムがみられる。秋田県においても 2006 年に秋田県産業技術総合研究センター(当時)が中心となって秋田輸送機コンソーシアムが結成され活動を始めたが、多品種少量で複雑な工程の必要なものも多い航空機部品の特性から広域連携の必要性を理解し、2007 年に公設試の連携組織である産技連(産業技術連携推進会議)の東北地域部会の下に東北航空宇宙産業研究会を設立し、東北地域一帯での活動を進めている。

本年度は、東京国際航空宇宙産業展への出展と、東北経産局が近畿経産局と中部経産局とそれぞれ連携して進めてきた川下企業とのマッチング事業が主たる事業で、これら事業を核に、東北地域における航空宇宙産業の集積を進めてきた。地域に付加価値を集積させより大きな雇用を創出することが最終的な目的であり、この観点から域内へのバリューチェーンを内包させるべく、機械加工だけでなく表面処理や熱処理などの特殊工程を含んだサプライチェーンの形成を念頭に事業を遂行した。また、次世代モデルにおいて先導的な受注ができるように、複合材料技術の域内育成を目的とする東北複合材料研究会の準備にあたった。

２．事業とその結果

２．１　国際マッチング新事業展開支援事業

東北域内のサポイン企業を中心とした 24 社と東北大学などが、東北パビリオンとして東京国際航空宇宙産業展(ASET2013) 出展した。東北経産局の支援を受け、(株)ICR、TAIF、東北大学が連携して出展した。事業スキームを図 1 に示す。

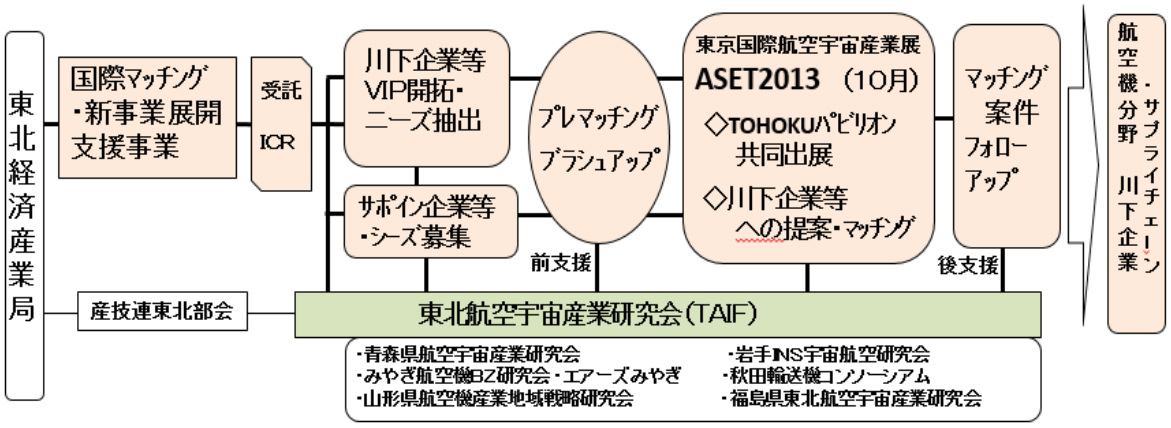


図 1 平成 25 年度国際マッチング・新事業展開支援事業のスキーム

ビジネスマッチングの成果は、総額 1 億 4,530 万円に及んだ(内訳は、成約：16 件、成約金額：5,240 万円、成約見込件数：48 件、成約見込金額：9,290 万円)。岩手大学、JAXA、産総研東北センター、東北経産局、TAIF がブース内でポスター展示し、東北地域の産学連携を訴求した。

２．２　マッチング事業および域内技術基盤強化

平成 22 年から東北経産局と TAIF の連携事業として、地域新成長産業創出促進事業「次世代加工技術等」の事業名で推進してきた。近畿経産局と中部経産局とそれぞれ連携して進める川下企業とのマッチング事業、東北各県の航空宇宙関係の専門家と TAIF が集まって地域の航空宇宙産業戦略を語るコーディネータ連絡会が推進されてきた。本年度から、これに加えて東北複合材料技術調査会が始まり、地域の将来における成長を加速する新技術として複合材料の研究とそれに係る事業化を促進する取り組みを始めた。

本年度のマッチング事業では、新明和工業に 1 社と住友精密工業に 2 社が書類審査を経て面談に進んだ。住友精密工業案件は、受注に向けて進展している。コーディネータ連絡会では、東北地域の競争力を高めるうえでサプライチェーンの形成が重要であり、それを視野に入れた支援体制が重要であるとの意見が出された。複合材料技術調査会では、東北地域にある複合材料技術を複合材料のライフサイクル上に展開し(図 2)、域内での全行程を完結できるように各研究単位との連携を図る。

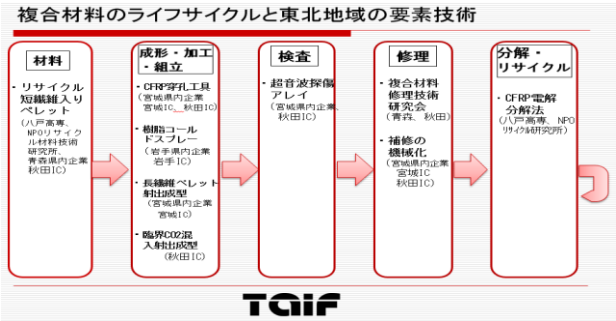


図 2 東北地域の複合材料技術

３．まとめ

出展事業などで、東北地域の航空宇宙産業に対する認知度が高まってきていることを感じる。また、川下企業においても、主要な産学官連携体として扱ってもらえるようになってきた。航空宇宙工業会にお願いして、同協会役員から TAIF 会長を戴くことにもなった。航空機需要が高まるなか、地域企業の一層の発展を図りたい。

環境共生エネルギー産業化事業
～２燃料ディーゼルエンジン発電機の開発～

工業材料グループ　遠田幸生
斎藤昭則

Industrialization of Environmental symbiosis energy
～Development of dual fuel diesel engine generator～

Industrial Technology Development Group　Yukio ENDA
Akinori SAITO

抄録

平成 20 年度から 5 年間、農林水産省の事業（秋田県ソフトセルロース利活用モデル地区）で、大潟村の稲作で発生した稲わらを原料にしたバイオエタノール製造実証プラントが潟上市の工業団地内に建設され、製造実証が行われた。これに関連し、バイオエタノールの地産地消を実現する方法として、市販のディーゼル発電機を改造してエタノールを共焼することのできる 2 燃料エンジン発電機を開発した。軽油換算で 20%程度までエタノールを供給し、問題なく運転できることを確認した。ただし、供給したエタノールの全量が燃焼して発熱することはできず、半分程度の発熱量で留まってしまうことが分かった。

［キーワード：バイオエタノール、地産地消、2 燃料エンジン、発電］

Abstract

5 years from fiscal 2008, project of the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (Akita soft cellulose utilization model area), bio-ethanol production demonstration plant which used as materials the straw generated in the rice crop of Ogata-mura was built, and manufacturing demonstration was performed. In relation to this, to achieve local consumption of bio-ethanol, a dual fuel engine generator, which can be used ethanol with light oil, is developed to make modifications to diesel generator commercially available. It was confirmed that the supplied ethanol up to about 20% in terms of light oil, and can be operated without problems. However it turned out that the whole quantity of the supplied ethanol cannot burn and generate heat, but remain in the heating value of approximately half.　.

［Keywords: Bio-ethanol, Local production for local consumption, Dual fuel engine, Power generation］

１．はじめに

平成 20 年度から 24 年度まで、農林水産省の事業（秋田県ソフトセルロース利活用モデル地区）により、大潟村の稲作で発生した稲わらを原料にしたバイオエタノール製造実証プラントが潟上市の工業団地内に建設され、バイオエタノールの製造実証が行われた。この事業に関連し、平成 22 年度に生活環境部温暖化対策課の事業として、軽トラックをベースにしてガソリンの一部（約 20%分）をバイオエタノールで置き換える「2 燃料自動車」を開発した。この改造軽トラックを用いて、平成 22 年 11 月から平成 23 年度末にかけて大潟村の「ソーラースポーツライン」で走行実証試験を行った。約 8,000km を走行し大きなトラブルもなく実証試験を終えることができた。この結果は平成 25 年 5 月に開催された 2013 年度自動車技術会春季学術講演会において発表した [1)]。

この改造軽トラックを車両登録しようとしたが、エタノールは一般道路での使用が許可されていない、との理由で登録ができなかった。そのため、平成 25 年度からエタノールの使用許可が不要の定置式発電機に利用することを試みた。ヤンマー製ディーゼル発電機をベースにして、エタノールを供給するための改造を行い、市販エタノール（トレーサブル 99　１級　日本アルコール販売（株）製）を用いて軽油との共焼実験を行った。

２．市販ディーゼル発電機の改造

市販ディーゼル発電機（ヤンマー製 YDG250VS 型、出力 2.5kW）にバイオエタノールを供給する装置として、前節で述べた改造軽トラックで使用したエタノール供給装置（図 1）、エタノールタンク、ポンプを追加した。エタノールインジェクタの駆動装置は、当センター電子光応用開発部電子・通信グループが製作した駆動周期と駆動期間を手動設定できる装置を用いた。

エタノール供給装置（図 1）は、ディーゼル発電機のエンジン吸気通路の蓋に穴をあけ、配管具を介して接続ゴム管をはめ込んで取り付けた。エタノール供給装置をディーゼル発電機に取り付けた状態を図 2 に示す。

３．実験方法

エタノール供給量を増加させながらディーゼル発電機の運転状況を確認した。この発電機では負荷一定制御が行われるので、供給したエタノールの発生熱量分に等価な軽油噴射量が自動的に減少する。これを確認するために、ディーゼル発電機の燃料タンクと燃料フィルタ間にビュレットを挿入して軽油の消費量を測定し、エタノール供給量に対する軽油燃費向上率を算出した。

４．実験結果

このエタノール供給方法では燃料（ガソリンや軽油）にエタノールを直接混合しないので、含水エタノールを使えるのが特徴である。エタノールは濃度 100%、93%、80%の 3 種類を用いた。これらのエタノールを軽油熱量換算で 20%程度まで増加させてエンジンの運転状況を確認したが、特に問題は発生しなかった。

同時にエタノール供給量の増加に対する軽油消費量を測定して軽油燃費向上率を算出した。代表的な結果を図 3 に示す。この図で期待値として示した値は、供給したエタノールが全て燃焼し熱量が発生した場合での軽油燃費向上率を算出した値であるが、これに対し実測値はほぼ 1/2 であった。これは気化したエタノールが希薄混合気となり燃焼できなかったためと考えられる。

５．まとめ

市販ディーゼル発電機にエタノール供給装置を追加した 2 燃料ディーゼル発電機を開発し運転状況を確認した。

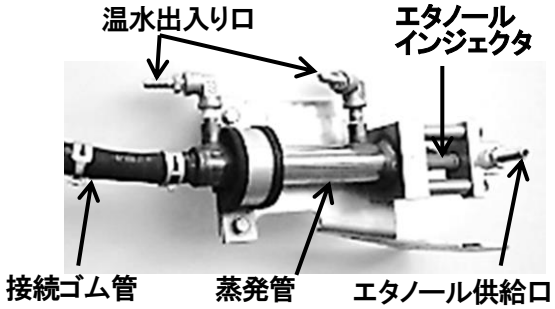


図１　エタノール供給装置

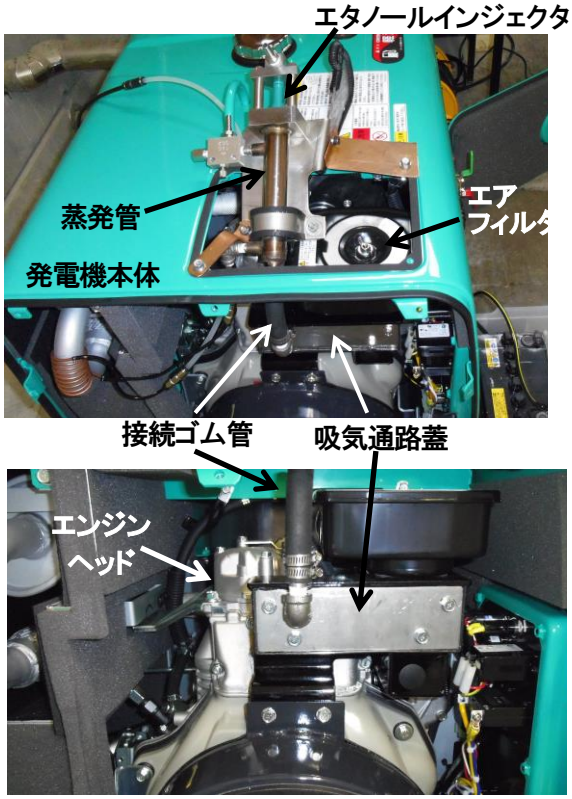


図２　エンジンへの取付状況

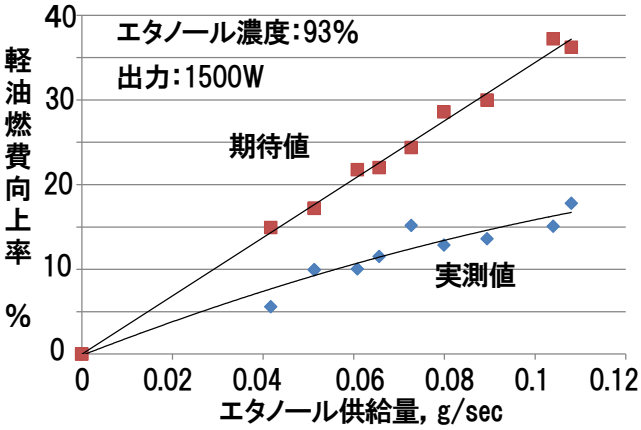


図３　軽油燃費向上率

引用文献

1) バイオエタノール使用 2 燃料自動車の開発（第 1 報、第 2 報）；斎藤昭則、湯瀬栄一郎、長野進、芹沢毅、2013 年度自動車技術会春季学術講演会、論文 No. 12-20135067 および No. 12-20135068

環境共生エネルギー産業化事業
～未利用エネルギー利用技術の開発～

先端加工グループ　杉山重彰、菅原靖、伊勢和幸、村田初美、佐藤雅也
秋田大学　昌子智由、布田　潔

Industrialization of Environmental symbiosis energy
～Development of effective use technology for unused energy resources～

Advanced Processing Technology Group　Shigeaki SUGIYAMA, Yasushi Sugawara, Kazuyuki ISE, Hatsumi MURATA, Nasaya SATO
Akita University　Tomoyoshi SYOJI, Kiyoshi FUDA

抄録

TiO_2粉末と TiC 粉末を原料として、通電加圧焼結装置を用いて熱電変換材料の焼結体を作製し、その結晶相と熱電特性を評価した。TiC が 5 mol %の組成で無次元性能指数 *ZT* が最大値を示した。この組成の焼結体を用いて熱電発電モジュールを試作し、その評価を行った。
［キーワード：熱電材料、無次元性能指数、熱電発電モジュール］

Abstract

The phase and thermoelectric properties of the compacts by spark plasma sintering using starting powder mixtures of TiO_2 and TiC were investigated.　The dimensionless figure of merit, *ZT*, was showed maximum value at 5 mol % of TiC to TiO_2. By using this material, thermoelectric power generator module was assembled and investigated.
[Keywords：Thermoelectric material, Dimensionless figure of merit, Thermoelectric power generation module]

１．はじめに

温泉、工場や焼却炉の排熱、さらには自動車のエンジンやマフラーからの排熱など、生活の身近なところに未利用の熱エネルギー資源は豊富に存在し、その総量は全熱エネルギーの 2/3 にも達する。秋田県という地域性を考えた場合、温泉や地熱による熱資源は全国でもトップクラスである。従って、未利用エネルギー資源の中でも特に熱資源の有効活用は、秋田県独自の強みのある新産業創出や県民生活向上への寄与が大いに期待される。熱電変換技術は、タービンなどの可動部などを必要とせずに熱を直接電気に変換する技術であり、メンテナンスフリーで長期間安定に運用できる技術として注目されている。その一方で、一般的な熱電材料として普及している BiTe 系などの熱電材料は、希少金属を使用しているなどの資源面や価格面での課題のあるものが多く、環境負荷の小さな新しい熱電材料の開発・改良が望まれている。

本事業では、安全・無害で資源的にも豊富であり、低温から高温までの広い温度領域で利用できる酸化物系材料に着目し、その材料開発からモジュール化までを一貫で行うことを目標としている。本年度は、TiO_2 粉末（ルチル型）と TiC 粉末を原料として、TiO_2 - *x* mol % TiC 焼結体の作製検討を行った。この焼結体の物性特性について評価を行うとともに、熱電発電モジュールの作製並びに評価に関しても検討を行った。

２．実験方法

２.１　試料作製と物性評価

TiO_2粉末（ルチル型）と TiC 粉末を TiO_2 - *x* mol % TiC 組成（x = 1~ 40）になるよう秤量及び混合を行った。そ

の後、混合粉末をグラファイト型に充填し、通電加圧焼結装置を用いて、焼結温度 1000 ℃で焼結を行った。焼結体の結晶相同定には X 線回折装置を用いた。熱電材料の性能を示す無次元性能指数 ZT は、定義式 $ZT = S^2 \sigma T / \kappa$（$S$：ゼーベック係数、$\sigma$：電気伝導率、$T$：温度、$\kappa$：熱伝導率）から算出した。また、モジュール評価には、温度特性評価装置を用いた。

２.２　TiO_2-TiC 焼結体熱電材料の特性

図 1 に、焼結温度 1000 ℃で作製した直径 20 mm の焼結体における無次元性能指数 ZT の温度依存性を示す。ZT はいずれの組成においても温度上昇とともに増加する傾向が見られた。特に x = 5 の組成では、測定温度 800 ℃においておよそ 0.2 の最大値が得られた。TiC の割合が多い x = 20 や 40 などの組成の結晶相には、Ti_3O_5 や Ti_4O_7 相のマグネリ相が確認された一方で、ZT が最大となった x = 5 の組成では Ti_9O_{17} のマグネリ相の生成が確認された。これらの知見は TiO_2 系熱電材料の開発指針になるものと考えられる。

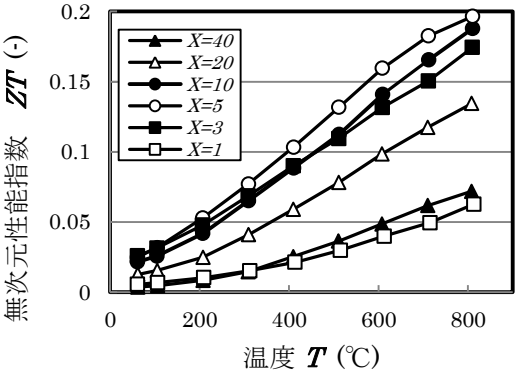


図１　無次元性能指数の温度依存性

２.３　熱電発電モジュールの試作及び評価

従来の熱電発電モジュールの作製においては、ガラス層や電極などの形成に、スクリーン印刷と高温での焼き付けなどの工程を数回繰り返して用いていた。今年度の作製工程においては、電極部における熱流ロスを軽減するために、スパッタ法による電極の薄層化工程などを取り入れた。熱電材料には、上記の x = 5 mol % TiC 組成の焼結体を用い、これを 8 mm ×8 mm×3.8 mm の寸法に機械加工を行った。その後、スパッタ法により絶縁層や電極を形成した後、導電性接着剤を用いて熱電素子を 5 個接着したものを 2 列に組み合わせ、これらを熱伝導に優れたアルミナ基板（1 インチ角、厚さ 0.6 mm）で挟むことで、図 2 に示す熱電発電モジュールを作製した。モジュール温度特性評価装置を用いて発電特性の評価を行ったところ、低温側に 30 ℃弱の循環冷却水、高温側に最大 150 ℃までヒーター加熱した条件において、最大 4.3 mW の出力を得ることができた。

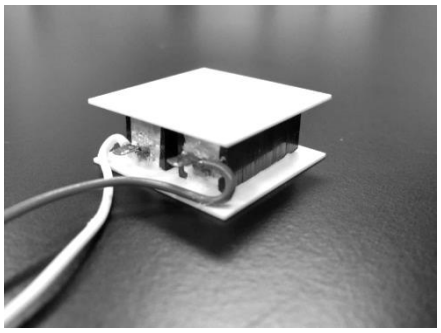


図２　試作熱電発電モジュール

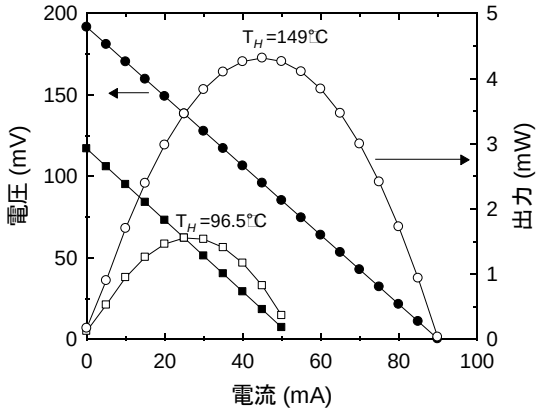


図３　試作モジュールの発電特性

４．まとめ

一般的な熱電材料よりも、環境負荷が少なく、広い温度領域で使用できる熱電材料の開発とそのモジュール化を検討した。その結果、TiO_2 系材料を開発し、測定温度 800 ℃において無次元性能指数 ZT は 0.2 の値が得られた。この熱電材料を 10 個組合せ、スパッタ法による薄膜電極を取り入れたモジュール作製を行い、高温側温度 150 ℃で最大 4.3 mW の出力を得ることができた。これにより、バイナリー発電等では利用の難しい 150 ℃以下の未利用熱エネルギーを有効活用する県産の熱電発電モジュールの可能性を示すことができた。

環境共生エネルギー産業化事業

−小水力発電実用化のための技術開発−

工業材料グループ　井上 真

Industrialization of Environmental symbiosis energy

～Small hydropower generation technology development for practical application～

Industrial Material Group　Makoto INOUE

抄録

再生可能エネルギーとして期待されている小水力発電方式の一つとして螺旋水車がある。螺旋水車は低流量・低落差でも発電が可能である事から今後の需要が伸びると期待されている。本報告では、0.26m サイズの螺旋水車の数値解析と発電実験を実施した。従来は螺旋羽の断面形状は直立型であった。これを円弧型に改良することで最大発電量は約 40%増加した。

［キーワード：小水力発電、マイクロ水力発電、螺旋水車、断面形状、スクリュー、農業用水路］

Abstract

The spiral water wheel are expected as one of the small hydropower generation methods. The spiral waterwheel has high potential, because power generation is possible in the condition of the low flow quantity and low head. The numerical analysis and generation experiment of the spiral waterwheel of the 0.26m size were carried out. In general, the spiral screw cross-section was a vertical type. In this study, the spiral screw cross-section was improved by making an arc shape type. As a result, power generation efficiency of the spiral screw cross-section with the arc type increased approximately 40% in compared with that of the vertical type.

[Key words: small or micro hydropower generation, spiral waterwheel, cross-section, screw, agricultural water channel]

１．はじめに

秋田県は豊かな水資源と広大な農地を有しているために、小水力発電活用の高い潜在力がある。農業用水路を利用した小水力発電として多種の電源利用が想定される。例えばビニールハウスの照明や貯蔵庫、有害動物から農作物を守るために防虫灯やサイレン、また非常用電力源などである。螺旋水車は自然エネルギーを容易に活用できるといった観点で見直され、大学や研究団体などで発電利用の研究が行われている。[(1)] 螺旋水車の利点をまとめると以下となる。[(1)(2)]

①低流量・低落差でも発電が可能であることから農業用水路に適しており多くの需要が見込める。

②重力による水の位置エネルギーを利用するために効率は高い。従来のマイクロ水力発電の効率は 10～40%であるのに対して螺旋水車による発電効率は 50~70%が期待できる。

③小水力発電はシステムにゴミが絡まると安定稼動しないが螺旋水車の場合はゴミに強い。

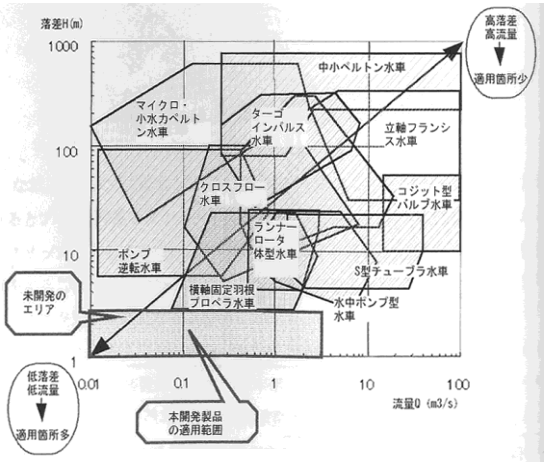


図１　開発エリア[(1)]

２．螺旋水車の技術的課題と研究目的

螺旋水車の基本的動作特性や発電実験などのデータは僅かしかない。これまで動作解析などが行われていなかったために、羽形状は昔からの経験則に基づいたものである。また文献によると「流速が水車内を通過する流速よりも大きくなると水車羽が水流をキャッチすることができない」ことが指摘されている。[(1)]　螺旋水車のエネルギー損失の主な原因として考えられる点が螺旋羽と流体との間のスリップ現象である。螺旋羽が流体の動きに追随できずに流体の持つエネルギーを効率良く変換できない。また流れを堰き止めてしまうことで圧力上昇し、螺旋羽の動きが鈍り効率低下する。

そこで本報告では、螺旋水車についての動作特性における数値解析を行った。また上記のスリップ現象を低減するために羽形状の改良実験も同時に実施した。

３．螺旋水車の数値解析

螺旋水車の数値解析プログラムを FORTRAN にて作成し、理論値は螺旋水車の流路に沿い線積分することでエネルギー解析を行った。解析は角運動量保存則、エネルギー保存則、速度水頭、ベンド損失ヘッド、流体加速度の理論に基づいて行い、図２に示すように、羽傾き角度φ deg の最適化についても解析を行った。羽傾き角度の最適値は流量や設置傾斜により異なり、55deg～65deg が適しているとの解析結果が得られた。

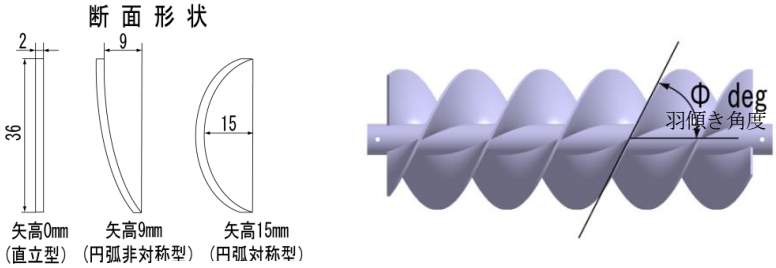


図２ 螺旋羽の形状と羽傾き角度

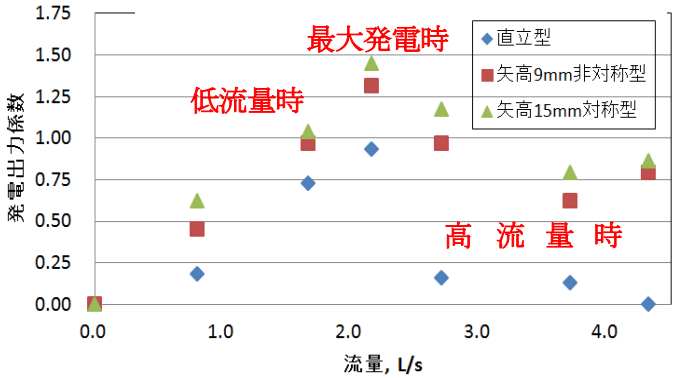


図３ 発電実験

４．螺旋水車の断面形状の違いによる発電実験

螺旋羽と流体との間のスリップ現象を低減するために、図２で示すように螺旋羽の断面構造に湾曲を持たせた。弦長からの円弧の高さを矢高と呼ぶが、矢高を設けた螺旋羽と直立型の螺旋羽の比較実験を行った。その結果を図３に示す。実験条件は有効落差 0.11m、流量 0.8～4.3L/ｓ、羽傾き角度 67deg、設置斜面角度 25deg、螺旋水車サイズは直径 0.1m 、全長 0.26m である。羽の材質は ABS 樹脂であり軽量化が施されている。超低速用モーターを使用し回転数計測機構を設けた。実験結果としては、直立型に比べ、高・低流量時に数倍の発電量の増加、最大発電時は約 40%の増加となった。特に高流量時の発電特性が飛躍的に改善されることが本実験で明らかとなった。

５．今後の課題

①高効率な螺旋羽の設計･製造･実験、そして流路と螺旋羽のクリアランス発電特性の検討をする。

②CFRP 螺旋水車発電機の設計･製造とその大型化時に相似則･フルード数に近づけた設計をする。

６．参考文献

(1)甦るらせん水車（マイクロ水力発電への可能性を探る）　瀧本裕二 著

(2)「農業用水を利用したマイクロ水力発電システムの開発」石川県立大学　瀧本 准教授　博士（農学）

グリーン・エレクトロニクス産業創生事業

−高機能薄膜材料の創製と応用開発−

ナノデバイスグループ　新宅一彦

Project of Creating Green Electronics Industries
- Invention and Applied Development of High-functional Thin Film Materials -

Nano Device Group　Kazuhiko SHINTAKU

抄録

次世代高性能磁石の開発を目指して、エピタキシャル法による $L2_0$FeCo 膜の作製を行った。磁歪の効果による磁性体の磁化制御を目指して、誘電／磁性エピタキシャル薄膜の開発を行った。

［キーワード：次世代高性能磁石、$L2_0$FeCo、誘電／磁性エピタキシャル薄膜］

Abstract

$L2_0$FeCo films were prepared for developing a next-generation high-performance magnet by using an epitaxial method. Ferroelectric/magnetic epitaxial films for controlling magnetization by magnetostriction were developed.

[Key words: high-performance magnet, $L2_0$FeCo, Ferroelectric/magnetic epitaxial films]

１．はじめに

高度技術研究館のクリーンルーム内にあるスパッタ装置により、垂直磁気記録媒体にはじまり、これまで種々の機能性薄膜を作製してきた。そのうち、最近の磁性薄膜材料の開発状況について報告する。スパッタ装置を利用した薄膜作製のその他の課題については、他者の報告を参照されたい。

２．高機能薄膜材料の創製と応用開発

２．１　次世代高性能磁石の開発

昨年度より、JST 研究成果展開事業「産学共創基礎基盤研究プログラム」（研究グループ代表者：秋田大石尾教授）により、次世代高性能磁石の開発を行っている。NdFeB 磁石の発表から 30 年が経過した。この間、NdFeB 磁石の特性を越える新磁石の探索や製造が試みられてきたが、これを越える新磁石の開発には至っておらず、次世代磁石の開発が強く望まれている。また、磁石性能に加えて資源的な観点からも既存磁石の飛躍的特性改善や新磁石の開発が必要とされている。高結晶磁気異方性と高飽和磁化を有する $L2_0$FeCo 系金属合金並びに $L1_0$FePt-bccFeCo 系金属合金に着目して、希土類元素フリーで高エネルギー積を有する革新的な永久磁石材料を、産学共創の場を活用して開発することが研究グループの課題である。$L2_0$FeCo は NdFeB に比べて磁気異方性や飽和磁化が 50% 大きいと予測されている。研究期間 4 年の 2 年目。本年度は中間評価があり、引き続き研究を認められるかどうかの判断がなされる重要な時期であった。当センターの担当課題はエピタキシャル法による $L2_0$FeCo 膜の作製と永久磁石特性の評価である。超高真空スパッタ装置を用いて、IrMn/Pt 下地膜上に作製された各層が単原子層程度の Fe/Co 多層膜（交互積層膜）は、XRD 測定により、単結晶的なエピタキシャル FeCo 膜が得られ、結晶方位関係は、膜垂直方向が

MgO(100)//fcc-Pt(100)//bct-FeCo(100)、膜面内方向がMgO(100)//fcc-Pt(100)//bct-FeCo(110)であることが確認された（図 1)。下地膜とのエピタキシャル関係と多層膜の手法を用いることにより、低温での作製が可能となり、界面での拡散を抑制しながら、原子層レベルでの結晶配向や組成が制御された高品質な FeCo 膜が得ることが可能となった。正方晶歪みの大きさ c/a は，膜厚が薄くなると大きくなり、5nm で 3～4%程度、3nm 以下では 5～8%程度である。磁化測定からは、保磁力が数 Oe 程度の面内軟磁性膜になっている。大きな異方性を出すためには、理論値に近い 20%以上の歪みを与えることが重要と思われる。大きな歪みを得るために、下地膜の改良や添加元素などの検討を行った。また、理論値前後の大きな歪みを生じた報告のある FeCo/Pt 多層膜の検討を当方が主導して秋田大と共同で行った。単層膜、多層膜とも膜厚が薄い（2nm）ところでは大きな磁気異方性の兆候があり、さらに大きな歪みを与える製膜条件、材料の探索を進行中である。エピタキシャル法と多層膜による FeCo 膜の作製は、原子層レベルで高度に制御された高品質な単層膜を得る強力な手法であることが示された。格子歪みや組成依存性などの $L2_0$ 型 FeCo 合金の基本特性を探索することは、材料設計の指針となる理論計算との整合性を検討する上でも極めて重要である。また、第３元素の可能性など、新規な材料を探索するモデル物質としての役割を担うことが期待され、応用的な観点からも重要であると考える。また、中間評価の結果、最終年度までの継続が決定した。JST からは産業界の要請に応える方向に注力するように要望があり、第 1 原理計算と実験検証の相互フィードバックの強化、貴金属を含まない下地層の導入、厚膜化による歪の緩和対策、バルク化に繋がる材料設計指針の提示などを今後の研究指針とする。

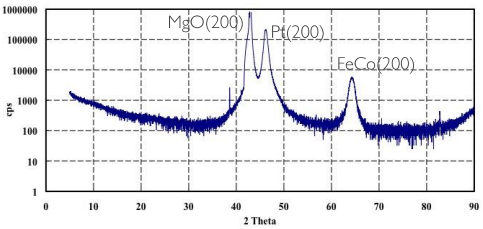


図１　エピタキシャル FeCo 膜の XRD パターン

２．２　誘電／磁性エピタキシャル薄膜の開発

秋田高専との共同研究の準備として、当センターの高真空スパッタ製膜装置を用いて、新規な薄膜試料作製技術を構築することを目指して検討を行った。研究の概要は以下である。誘電体と磁性体の界面で、誘電体に電圧を印加することで、誘電分極（あるいは圧電性）により伸縮し，磁歪の効果により磁性体の強磁性転移を誘起し、磁気的な交換力による磁化配列の伝搬を引き起こす（本原理は、秋田高専において、素子の構造制御と光学的な計測技術の確立によって実証され、特許取得中である）。別端の誘電体と磁性体の界面から，反対に電圧を取り出すこともできる。新たな情報伝達およびエネルギー伝送技術となる可能性がある。これを実現するためには、圧電性強誘電体と磁歪性強磁性体のヘテロ構造界面を有する積層膜を作製しなければならない。本年度は、候補となるそれぞれの材料に対して、エピタキシャル成長するための要因を決定することとを目的とし、磁歪性強磁性体としては $CoFe_2O_4$ を選択した。単結晶基板，貴金属下地膜を用いてエピタキシャル成長させた $CoFe_2O_4$ 膜では 10kOe 近い保磁力と角形の良い垂直磁化膜が得られるようになった。今後、圧力誘起型の新規デバイス材料の開発を目指して、この特性を維持しながら、圧電性強誘電体薄膜との積層化を目指すことになる。

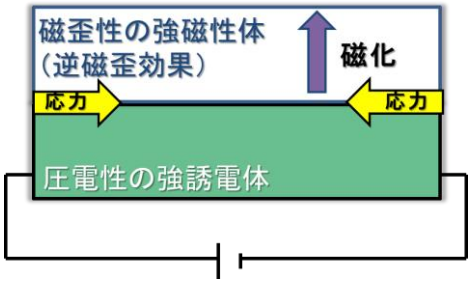


図2　誘電体／磁性体積層膜による磁化の原理

３．まとめ

次世代磁石の開発を目指して、エピタキシャル法による $L2_0$FeCo 膜の作製技術を検討した。磁歪の効果による磁性体の磁化制御を目指して、誘電／磁性エピタキシャル薄膜の開発を行った。本年度の成果として、単層膜および多層膜での FeCo 膜の大きな磁気異方性の兆候の確認、大きな保磁力と角形の良い $CoFe_2O_4$ 垂直磁化膜の開発が挙げられる。

グリーン・エレクトロニクス産業創生事業

−ナノデバイスの開発−

ナノデバイスグループ　山川　清志

Project of Creating Green Electronics Industries
- Development of Nano Device -

Nano Device Group　Kiyoshi YAMAKAWA

抄録

ナノオーダーの超高分解能を有する磁気力顕微鏡システムへの組み込みを想定した小型交流電磁石の開発を行った。3 次元有限要素法を用いた磁界計算により磁路構造の最適化設計を行い、実際に試作・評価を実施した。100 Hz、12 A の電流印加により 5.2 kOe の強磁界が得られることを確認した。

［キーワード：電磁石、磁界、磁気力顕微鏡、周波数変調、渦電流］

Abstract

An alternating current electromagnet was developed for a magnetic force microscope (MFM) which has extremely high resolution on the order of nanometer. Optimization of the electromagnet design was performed by using 3D finite element method (FEM) calculation. The electromagnet was fabricated and tested, which exhibited magnetic field as high as 5.2 kOe for an input current of 100 Hz, 12 A.

[Key words: electromagnet, magnetic field, magnetic force microscope, frequency modulation, eddy current]

１．はじめに

秋田大学の齊藤 準教授をチームリーダーとする JST 先端計測分析技術・機器開発プログラム「ベクトル磁場検出・高分解能・近接場磁気力顕微鏡の開発」（H23-26）において、新原理（特許第 4769918 号）に基づいて世界最高分解能（5 nm より優れる）を目指した磁気力顕微鏡システムの開発が進められており、本システムの構成要素の一つである交流電磁石の開発を秋田県産業技術センターが担当している。本システムは、図 1 に示すように、ソフト磁性探針に交流磁界を印加して磁化反転を生じさせ、永久磁石や磁気記録媒体などの磁性試料との間の交番磁気力を発生させ、これが誘起する探針振動の周波数変調現象を利用して試料表面近傍の静磁界分布を高感度・高分解能に観察可能とするものである。電磁石は、観察試料の下側に配置して磁性探針の磁化反転を誘起させるための交流磁界の発生に用いられる。

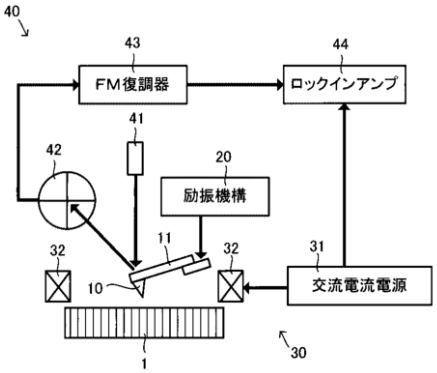


図 1 計測システムの模式図
（特許第 4769918 号、齊藤、吉村）

２．電磁石の開発

２．１　設計・試作

観察試料からの磁界に抗して探針の磁化反転を実現するために電磁石には大きな発生磁界が求められ、6 kOe を最終目標値として開発を進めている。これまでの垂直磁気記録用単磁極ヘッドの設計

で培った知見を活用して、3 次元有限要素法を用いた計算機シミュレーションにより電磁石磁気回路の最適化設計を行った。装置試料ステージ機構等からの制約条件（外径 190 mm 以下、磁極先端を 10 mm 突出）を満たして強い磁界の発生が可能な電磁石として、図 2 に示すような磁気回路を設計した。センターコア先端高さに合わせてリターンコアも突出させて磁路効率を高めているところが特徴である。実際に試作した電磁石を図 3 に示す。主な仕様は以下の通りである。

外寸	：直径　170 mm、高さ　136 mm
磁極先端寸法	：6 mm × 6 mm
コイル巻数	：384 ターン（2 分割）
コア材料	：積層鋼板（センターコア） 珪素鋼（センターコア以外）
冷却機構	：水冷方式

渦電流損失の軽減を考慮して、最も磁束密度の高くなるセンターコアには積層鋼板を採用し、その他のコア（ベースコア、アウターコア、リターンコア）には 1～4 カ所のスリットを導入した。また、観察試料への熱的影響を抑制するため、コイルの水冷に加えてセンターコア先端部に水冷ブロックを配置して冷却能力を強化した。

２．２　性能評価と改良設計

図 4 に直流電流に対する発生磁界強度（センターコア先端中心から 2 mm 上空の位置におけるセンターコア軸方向成分）の関係を示すように、設計における計算通りの磁界強度が得られた。100 Hz、12 A(0-p)の交流電流印加により、5.2 kOe(0-p)の磁界強度を得た。

89 Hz、12 A の通電により、センターコア先端部の温度が 50℃、ベースコア下面中心の温度が 87℃に達し、更なる冷却性能強化の必要性が明らかになった。渦電流分布の解析から、図 5 に示すように、ベースコア中心部以外にもリターンコア中心部やアウターコア開口部周辺の発熱が予想され、実際にもこれらの領域が他に比べて温度上昇が高いことを確認している。これらの評価結果を踏まえて、改良試作に向けた検討を実施した。アウターコアの面積の大きな開口部を廃止して、代わりにベースコアに小面積の開口部を分散して設置すること、ベースコアとリターンコアの中心部にスリットを追加設置すること、積層鋼板の適用コアを増やすこと等の低発熱化対策を講じた改良型電磁石の設計を行った。

３．まとめ

新原理に基づく磁気力顕微鏡システムに組み込む電磁石の開発を行い、計測評価に供することが可能な磁界強度を実現した。実用上の課題として判明した低発熱化に関して、渦電流低減設計を行った。今後は、冷却機構の性能改善について検討を行う。

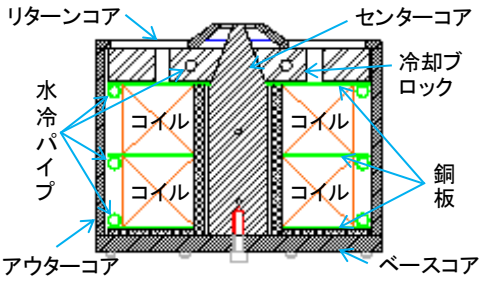


図 2 電磁石の模式図

図 3 試作電磁石の外観

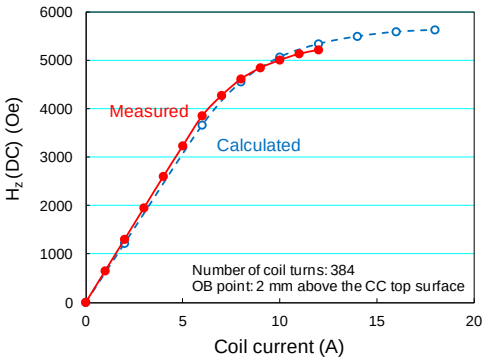


図 4 電磁石の直流電流-磁界特性

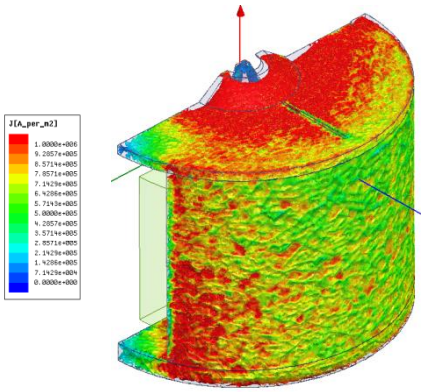


図 5 渦電流分布の解析結果

グリーン・エレクトロニクス産業創生事業

−センサ及びエネルギーデバイスの開発−

ナノデバイスグループ　黒澤孝裕

Project of Creating Green Electronics Industries
- Development of Sensor and Energy Device -

Nano Device Group　Takahiro KUROSAWA

抄録

ポータブル機器などの小電力機器に内蔵する 2 次電池の充電用途に向けたワイヤレス給電システムを開発した．ワイヤレス伝送部では送電電力約 5W，DC-DC の総合伝送効率 65%を達成した．また，容量 400mAh の Li-ion 充電池を 1 時間 8 分で満充電可能な性能を達成した．高周波電界センサに関しては，一般的な実験室環境で使用可能なシステムを試作した．また，マイクロストリップラインの近傍電界計測および数値計算によって空間分解能を評価し，2mm の空間分解能を得た．

［キーワード：ワイヤレス給電，Li-ion 充電池，高周波電界計測，変調散乱，EMC］

Abstract

Wireless power transfer system with battery charger for small electric devices is developed. The DC-DC transfer efficiency of this system was 65 % with the transfer power of 5W. Full charge time of the Li-ion battery (capacity 400 mAh) was 1 hour 8 minutes. Spatial resolution of the electric field measurement system based on the modulated scattering technique with semiconductor as the optically modulated scatterer was examined. From the comparison between the measured field and calculated field, spatial resolution depends on the diameter of the illuminated light. The minimum resolution was 2 mm.

[Key words: wireless power transfer, Li-ion battery, electric field measurement, modulated scattering, EMC]

１．はじめに

携帯電話や小型情報端末，その他携帯型の電子機器が普及している．これら小型電子機器には，利便性等の観点から，ワイヤレス給電技術を応用した無線充電機能の搭載が進められている．一方，ワイヤレス給電は高周波電磁界を利用してエネルギーを伝送しており，この電磁界を生成するための大電力インバータから発生する不要電磁波ノイズや伝送電磁界自体により，機器に通信障害等の問題を引き起こす懸念がある．こういった障害を防ぐためには，機器周辺の電磁界を計測し，その分布を特定できるとよい．電磁界分布を計測する際には，測定プローブによる被測定電磁界の乱れを抑えることが重要である．特に遠距離伝送を目指した共振型ワイヤレス給電方式は，システムの Q 値が高く，伝送状態が周辺環境の影響を受けやいため，低擾乱な電磁界計測技術が必要となる．

今年度は，小型電子機器の内蔵電池充電を指向した，伝送電力数 W のワイヤレス給電システムの技術開発および低擾乱な電磁界計測技術として，誘電体散乱を利用した高周波電界計測システムの技術開発を行った．

２．センサ及びエネルギーデバイスの開発

２．１　ワイヤレス給電技術

電磁誘導方式を用いて，共振回路の最適化や高効率回路の設計，磁界解析によるコイル設計を行い，ポータブル機器などの小電力機器に内蔵する 2 次電池の充電用途に向けたワイヤレス給電システムを開発した．試作したワイヤレス充電システムの受電コイル，充電制御回路，および，充電池の外観を図 1 にそれぞれ示す．受電コイルは外寸 25mm×50mm，充電池は容量 400mAh の Li-ion 電池である．ワイヤレス伝送部では送電電力約 5W，DC-DC の総合伝送効率 65%を達成した．このシステムを用いた電池の充放電特性を図 2 に示す．充電時間は 1 時間 8 分となり，放電電流 400mA(いわゆる 1C 放電)での放電時間は 58 分となった．従って，このシステムによって満充電を可能とした．

図 1 試作ワイヤレス充電システム外観

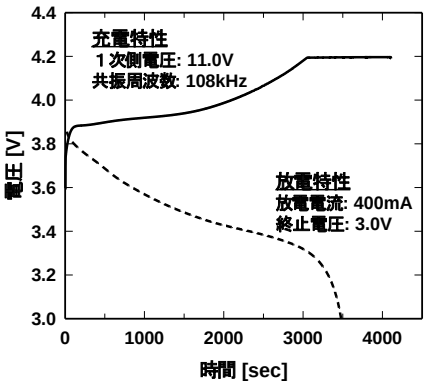


図 2 充放電特性

2．2　高周波電界センサの開発

半導体を散乱体とし，そのバンドギャップより大きなエネルギーの光を入射すると誘電損失が増大するため，散乱体の散乱効率を変化させることができる．この現象を利用して散乱体からの散乱波に振幅変調を与え，遠方で散乱波を受信して復調することで，散乱体位置の電界強度を推定できる．

昨年度はこの原理を利用した測定システムを構築し，その感度や周波数特性等を評価した．今年度は，電波暗室外の一般的な実験室環境で計測可能なシステムの開発，および，散乱体照射光の寸法と空間分解能との関係について検討した．電磁波源にマイクロストリップライン(線幅 3mm)を用い，照射光径を 0.8mm～14.5mm の範囲で変化させて近傍電界強度を測定した結果および電界強度のっす値計算結果を図 3 に示す．

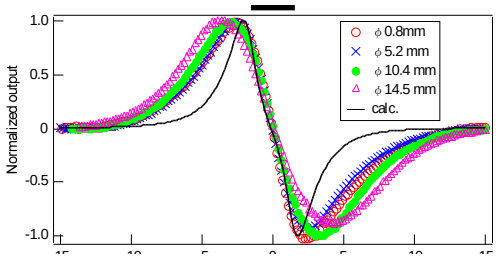


図 3 近傍電界分布計測値の光照射径依存性

実測でライン両端に観測された極大―極小値間の距離は計算値より大きくなり，ラ イン端部より外側の減少傾向も計算値より緩やかとなった．これは測定系の空間分解能が有限なことに起因すると考えられ，実測値と計算値との差違に基づいて空間分解能を半値幅として評価した．結果を図 4 に示す．

照射光径が小さくなるに従って空間分解能は向上する．照射光径 10mm 以下ではほぼ一定の値となり，半値幅約 2mm の空間分解能が得られた．今後，照射光分布の広がり等，空間分解能に影響する要素について検討し，空間分解能の向上を図りたい．

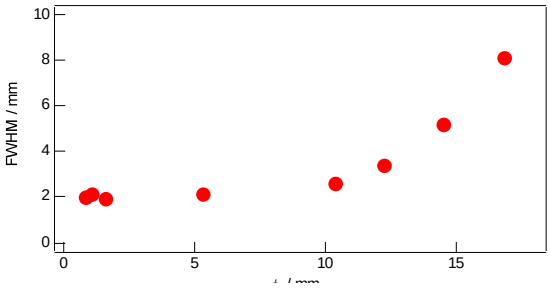


図 4 空間分解能の光照射径依存性

なお，本研究の一部は科学研究費助成事業(23560430)の助成を受けて実施した．

3．まとめ

小型電子機器の内蔵電池充電を指向した，ワイヤレス給電システムの開発，および低擾乱な電磁界計測技術として，誘電体散乱を利用した高周波電界計測システムの技術開発を行った．ワイヤレス給電システムは寸法，伝送容量等，用途に応じたカスタマイズが可能であり，今後技術移転を図っていきたい．電界センサに関しては，今後，空間分解能の向上や測定周波数の広帯域化を進めるとともに試作システムを完成させ，実用化を目指したい．

グリーン・エレクトロニクス産業創生事業

−計測システムの開発−

ナノデバイスグループ　近藤祐治，山川　清志

Project of Creating Green Electronics Industries
- Development of Measurement System -

Nano Device Group　Yuji KONDO, Kiyoshi YAMAKAWA

抄録

微小な磁気デバイスの開発に有用な微小領域の磁気特性計測技術として，Schwarzschild 光学系を用いた顕微磁気光学効果計測技術の開発を継続している．回折限界集光を実現するために，高精度な Schwarzschild 光学系の開発を行なった．波面収差計測法を用いて光学系の組立て・調整を行なった結果，18 nm（rms）の波面収差に抑えることができ，可視光領域において回折限界集光が可能な光学系の作製ができた．また，顕微磁気光学効果計測システムに搭載し，knife-edge 法により集光性能を評価した結果，2 μm 以下の集光ビームサイズが実現できた．
［キーワード：顕微磁気光学効果計測，Schwarzschild 型対物鏡，磁気デバイス］

Abstract

A high precision and compact Schwarzschild objective was developed for realization of microscopic magneto-optical Kerr effect magnetometry which has high spatial resolution. The objective was aligned so that achieved the wave error below 18 nm (rms) by measurement of a wave front aberration. The focused beam size was found to be about 2 μm by knife-edge method.
[Key words: microscopic magneto-optical Kerr effect magnetomery, Schwarzschild objective, magnetic device]

１．はじめに

ビットパターン媒体や磁気抵抗ランダムアクセスメモリなどの強磁性ナノ構造体の磁気特性評価技術として，反射型対物鏡として Schwarzschild 型対物鏡を用いた顕微磁気光学効果計測を開発してきた．これまでに 1 μm 以下の空間分解能を目標に，東北大学多元物質科学研究所と日東光器株式会社との共同研究で，高性能かつコンパクトな Schwarzschild 型反射対物鏡の作製に関わる基盤技術を構築した．今年度はこの基板技術を基に，磁場中で使用可能な保持・調整機構を持つ対物鏡の作製を行ない，さらに，顕微磁気光学効果計測システムへの搭載を試みた．

２．計測システムの開発

２．１　磁場対応型反射対物鏡の作製

反射光学系は，2 枚の球面鏡のみで構成される単純な構造の Schwarzschild 光学系を採用し，電磁石磁極間に配置できるような寸法条件で，かつ，3 次以下の球面収差をゼロになるように設計された（平成 24 年度業務年報参照）．凹面ミラーは東北大学多元物質科学研究所技術室，凸面ミラーは外注で研磨を行なった．ミラー表面には可視光領域で高い反射率が得られるようにアルミニウム膜をマグネトロンスパッタによってコートした．ミラーの保持には非磁性材料（アルミニウム）で構成され，2 軸のみ可動する簡単な構造で，凹・凸面ミラー球心の光軸方向ずれと光軸垂直方向ずれを調整できる機構を用いた．

Schwarzschild 型対物鏡の光軸調整は波面収差計測法を用いた．透過波面収差はフィゾー干渉計を用いて計測した．干渉計の光源は He-Ne レーザーで波長が 633 nm である．最終的には図 1 に示すような波面収差分布となり，面内で 18 nm（rms）の波面収差に抑えた．この値は可視光（λ=633 nm）に対して 0.028λであり，回折限界集光が可能であることがわかった．また，この波面収差を Annular Zernike 多項式に展開したところ，非点収差とコマ収差の成分が主成分であることから，前者から球面ミラー単体の形状誤差が，後者から 2 枚の球面ミラーのアライメント誤差が若干残っていることがわかった．

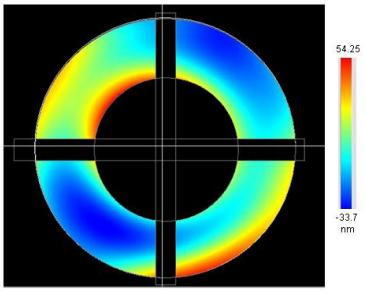


図 1. 作製した Schwarzschild 光学系の透過波面収差.

２．２　磁気計測システムの性能評価

次に本研究で作製した Schwarzschild 型対物鏡を顕微磁気光学効果計測システムに搭載した．システムの概略を図 2 に示す．光源には波長が 633 nm の He-Ne レーザーを用い，偏光子によって直線偏光にした後，Schwarzschild 型対物鏡によって試料表面に集光した．さらに，試料からの反射光を偏光ビームスプリッタと二つのフォトダイオードから構成される差動型検出器に導くことで磁気カー回転角を計測した．

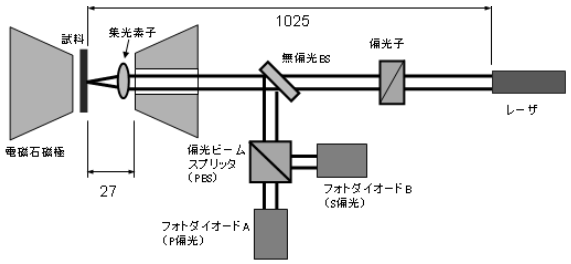


図 2. 顕微磁気光学効果計測システムの概略図.

集光ビーム径は Knife-edge 法を用いて評価した．試料はガラス基板上に垂直磁化膜である $Co_{80}Pt_{20}$ 薄膜を成膜した後，電子線リソグラフィーで 75 μm ハーフピッチに加工した細線（メッシュ）を用いた．集光ビームプロファイルを図 3 に示すが，ビームサイズは約 2 μm（FWHM）となり，従来の 4.7 μm（平成 23 年度業務年報参照）に比べると大幅に空間分解能を向上させることができた．しかし，図 3 の結果は波長 633 nm に対する回折限界集光ビームサイズを達成できていないが，これは用いたレーザーの波面誤差または入射光路の途中に配置されているビームスプリッタまたは偏光子による波面誤差と考えられる．

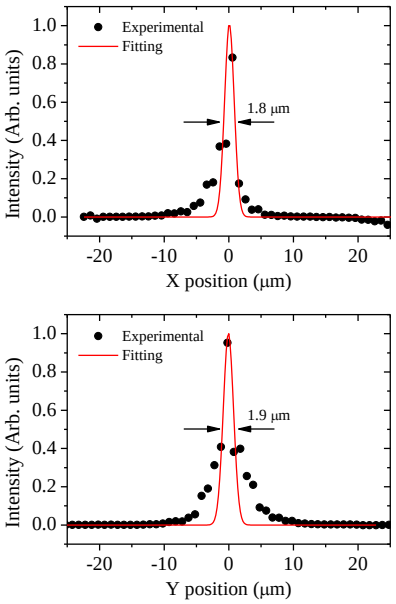


図 3. 試料上における集光ビームプロファイル.

また，Knife-edge 測定で用いた $Co_{80}Pt_{20}$ 薄膜細線を用いて磁気カー効果による磁化曲線を計測し，ファラデー回転が低減していることを確認した．

３．まとめ

可視光領域における回折限界集光が可能な Schwarzschild 型対物鏡の作製を行ない，18 nm（rms）の波面精度を実現した．この対物鏡を顕微磁気光学効果計測システムに搭載し，集光ビームサイズを評価したところ，約 2 μm のビーム径が得られた．なお，本研究は，平成 25 年度から秋田県産学官連携促進事業重点分野開発プロジェクトに採択され，高精度な Schwarzschild 型対物鏡の実用化に向けた開発を開始した．

グリーン・エレクトロニクス産業創生事業

-新エネルギー利用効率向上化技術-

電子・通信グループ　近藤　康夫

Project of Creating Green Electronics Industries
- Technique to improve use efficiency of the new energy -

Electronics & Communication Group　Yasuo KONDO

抄録

降雪地でも冬期間の発電効率が低下しにくい、太陽光パネル表面の滑雪性能を向上させた、業界初の降雪地向けメガソーラー用の大型太陽光発電パネルを開発し、製品化の目処が付いた。応力解析シミュレーションを実施し、現状のパネルと同等以上の強度が確保されている事を確認した。塩害対策試験や耐候性試験などの信頼性試験も実施し、良好な結果が得られた。

［キーワード：太陽光発電、ソーラーパネル、降雪地、応力解析］

Abstract

We developed a large size panel for the snowfall place mega solar system. We carried out stress analysis simulation and confirmed that the present panel and strength with more than of same class were secured. And we also carried out the reliability examinations such as damage from salt breeze measures examination or the weatherproof examination, and a good result was provided.

[Key words: Photovoltaic power generation , solar panel, Snowfall place, stress analysis simulation]

１．はじめに

降雪地では、冬期間は太陽光パネルの上に雪が積もって、どうしても発電量が低下する傾向にある。昨年度は、滑雪の障害となっているフレームの短辺側のツバ部分を無くした業界初の降雪地向け家庭用のソーラーパネルの製品化に成功したが、メガソーラー用大型パネルにも同様な降雪地向けのパネルの開発が期待されている。パネルが大型化すると、従来の構造では必要とする強度が得られないので、再度構造を工夫する必要がある。また信頼性の実証の為に、各種試験も実施した。

写真１　展示発表した試作パネル

２．降雪地向け大型太陽光パネルの開発

２．１　降雪地向け大型太陽光パネルの応力解析

昨年度家庭用に共同研究にて開発した降雪地向けソーラーパネルの定格出力は 180W と小型で、大きさも 1308mm×1013mm であった為、従来のパネルと同程度の強度を維持するためには、裏面に補強

材１本を追加するだけで従来の強度を維持出来たが、今年度開発したメガソーラー用の大型パネルは、定格出力が240W で、大きさも 1636mm×1017mm と一回り大型となっている為に、従来と同じ構造ではなく補強材を工夫して、従来と同等以上の強度を得る為に、応力解析シミュレーションを実施し、補強部分の最適化と強度を確認した。

２．２　応力解析の結果と、製品試作パネルの荷重試験結果

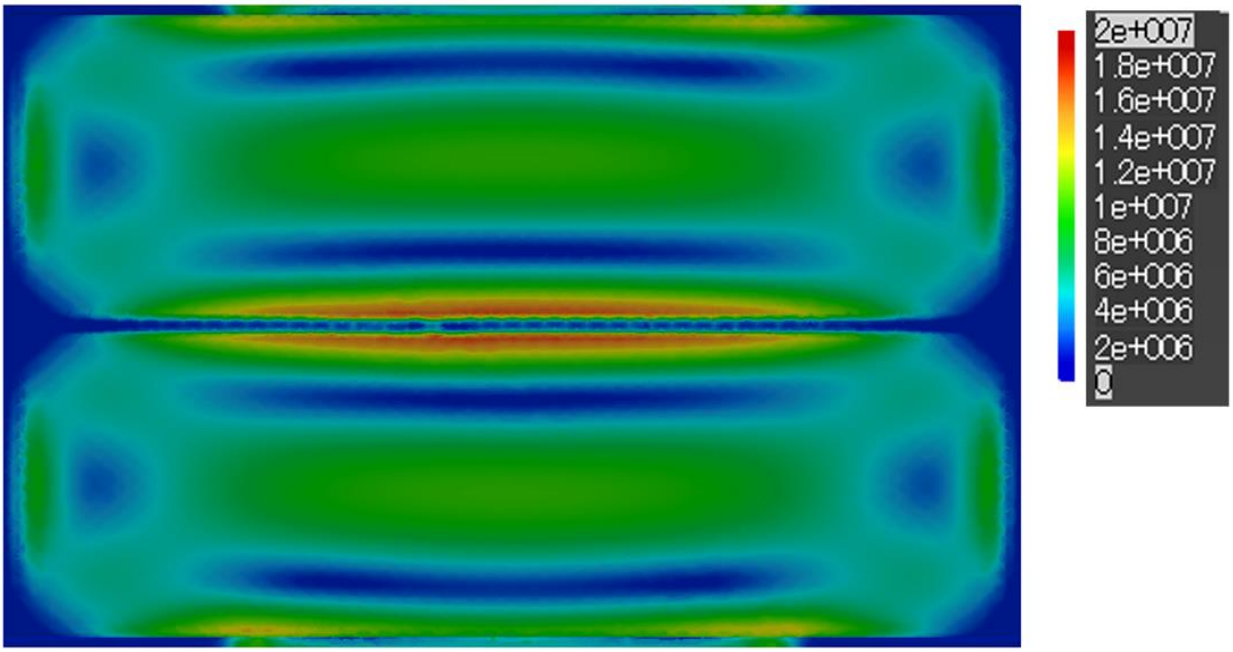


図１　表面荷重 5400Pa を印加した場合の、パネル表面の応力解析結果　(Unit ： Pa)

パネルの要求仕様である表面に荷重が 5400Pa 印加された場合における解析結果を、図１に示す。ソーラーパネルにおける最大ミーゼス応力は約 30MPa となり、昨年度開発した家庭用小型パネルの 26MPa より若干増加したが、材料強度的から要求される強度を満たしている事が確認できた。また同様に、パネルの要求仕様である裏面に荷重 2400Pa が印加された場合でも、材料強度から十分に強度を満たしている事が確認された。実際の試作パネルに荷重を印加した荷重実試験でも、シミュレーション結果どおり問題ない事が確認された。

２．３　各種信頼性試験の実施

降雪地向けパネルという事で荷重強度だけではなく、今年度は重塩害地域での設置を想定した塩水噴霧試験と、野外設置１５年分を想定した耐候性試験の信頼性試験も、併せて実施した。塩水噴霧試験レベル６と、耐候性試験４０℃／８０％にて、紫外線強度 150mW/㎠にて 750 時間の試験を実施したが、どちらも問題なく終了した。

３．まとめ

昨年度開発した、家庭用の業界初の降雪地向け太陽光パネルの、メガソーラー用の大型降雪地向けパネルの製品試作パネルを製作し、専門展示会にて展示発表を実施した。各社から引き合いもあり、反響は大きかった。また各種信頼性試験も実施し、重塩害地域相当のレベル６の塩水噴霧試験と、１５年分相当の耐候性試験も完了し、良好な結果が得られた。また実際の試作パネルにて荷重試験も実施したが、要求する荷重試験もパスし、現在形式認定を取得中である。認定が取れれば正式に、業界初の大型メガソーラー用降雪地向け太陽光発電パネルとして量産を開始し、発売の予定である。またこの降雪地向けのパネルは、一冬の累積総発電量が従来品の約３割以上多かった事も確認されており、秋田を含む降雪地帯での太陽光発電の普及に、今後おおいに貢献するものと期待される。

グリーン・エレクトロニクス産業創生事業

-エネルギーマネジメント・パワーデバイス-

電子・通信グループ　　佐々木大三

Project of Creating Green Electronics Industries
- Energy Management and Power Device -

Electronics & Communication Group　　Daizo SASAKI

抄録

電力消費量削減のために、現状値と目標値を簡易に確認するシステムを開発した。本システムは、サーバと PC と PHS によって構成されている。サーバは データ収集機能、電力値しきい値判定機能、アラームメール送信機能、PHS 用アラームメッセージ機能、Web ページグラフ表示機能、蓄積データ開示機能から構成されている。職員は、現在の電力値および電力警報を PC や PHS で確認することができ、電力消費ピーク値の低減に貢献している。

［キーワード：省エネ、エネルギーマネジメント、電力デマンド］

Abstract

For reducing energy consumption, Electrical Power Demand monitoring system was developed to check current demand and margin of alarm threshold.　This system is consisted of a server, PC and PHS. The server has 6 functions; a collector of data, a comparator of power threshold, a sender of alarm mail, a messenger of alarm for PHS, a drawer of plots for a web page and an interface of staged data. All staff of AITC can check a current demand and alarms using PC or PHS. These solutions are contributing to reduce peak of energy consumption.

[Key words: Energy Saving, Energy Management, Electrical Power Demand]

１．はじめに

日常業務における電力消費量を人為的に低減するには、現状と目標の比較を常に行うことが必要である。平成２３年度に秋田県産業技術センター本館に電力デマンドの見える化システムを導入した。しかしながら、 操作が複雑であり個々の PC で手軽にモニタリングできない、といった課題があった。そこで、さらなる電力見える化と、それに伴う警告システムと、個人端末で確認可能な電力モニタを構築した。

２．電力モニタシステムの開発

平成２３年度に導入した電力デマンド見える化システムは、電力測定部分とデータ収集部分より構成されている。図 １に、今回開発した電力モニタシステムを示す。データ収集部分にメインサーバを TCP/IP 接続してある。メインサーバには、所内のクラウドサーバに Linux ベースの OS である ubuntu を搭載した仮想マシンを用いた。

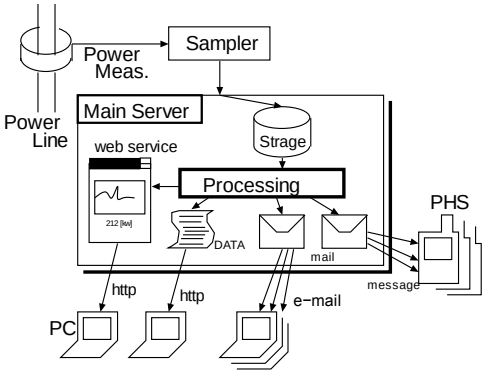


図 1: 電力モニタシステム

メインサーバに、次の６機能を実装した。

1）データ収集機能、2）電力値しきい値判定機能、3）アラームメール送信機能、4）PHS 用アラームメッセージ機能、5）Web ページグラフ表示機能、6）蓄積データ開示機能

電力しきい値は３種類あり､それぞれ異なる条件で判定し所定の処理を行う。

i)　瞬時値　250kW　：その日の最初に 250kW を超えた場合、電力アラームメッセージ＃１を１回のみ出力する

ii)　瞬時値　270kW　：分毎に確認し 270kW を超えている場合、電力アラームメッセージ＃２を出力する

iii)　平均値 230kW： 現在から過去 30 分間の平均値を毎分算出し、その値が 230kW を超えている場合、電力アラームメッセージ＃３を出力する

これらのしきい値判定とメッセージ出力は概念を図 2 に示す。館内総電力上限目標である 286kW に対して決定した。判定ルーチンは高速処理を求められるため C 言語で記述しネイティブコード化した。

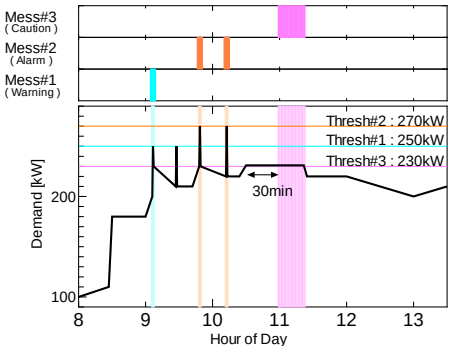


図 2: 電力しきい値判定の概略

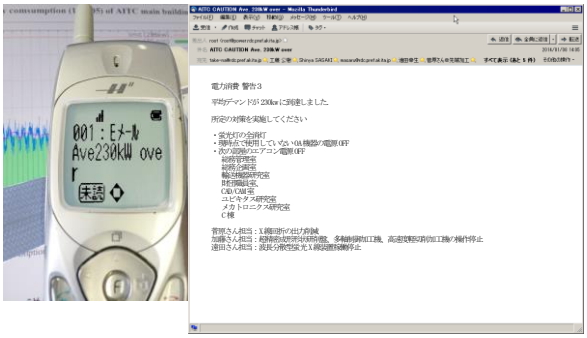


図 3: 警報メッセージ(PHS 用、e-mail 用)

電力アラームメッセージが発生されると、PHS 用と e-mail 用の２つのアラーム送信タスクが起動される。本館職員は PHS を携行しているため、どこに居ても電力アラーム発生を知ることが可能である(図 3 左)。また e-mail には対処方法を記載しており、電力削減するための行動の参考にすることができる(図 3 右)。　これらの実装は、可読性と保守性を重視しシェルスクリプトで記述し、cron によって定期実行される。

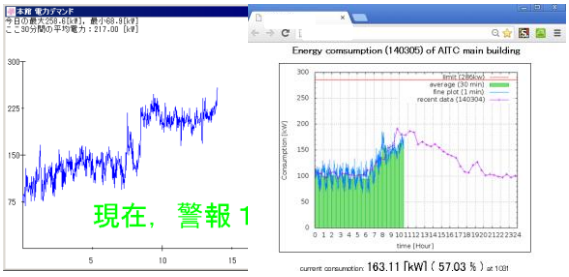


図 4: 電力モニタ表示（PC 用、web 用）

現在のデマンド値は所内からアクセスできる Web ページで確認可能である（図 4 右）。ページ中のグラフ作成は 30 分毎に実行する。ただし、電力アラーム発生時は、例外処理としてグラフ作成する。これにより、PHS でアラームを受け取ったメンバが、所内のネットワークを通じてタブレット等で現在の電力状況を把握することが可能である。グラフ作成は gnuplot を用い､データ通信量を軽減するため PNG 形式で出力したものを web ページに利用している。

各職員の PC で毎分電力デマンドを把握できる windows 用常駐アプリも作成した（図 4 左）。データはサーバのデータログ開示機能で毎分取得する。しきい値判定には、サーバのものと同じアルゴリズムを実装しており、アプリでも警報状況を表示される。また、windows の音声出力機能を利用しており、警報メッセージは音声で出力される。このアプリケーションは　可読性の高い日本語プログラム言語「なでしこ」を用いて作成し、利用者には実行コードと共にソースコードも同梱し配布した。

３．まとめ

電力モニタシステムを稼働したことで容易に館内の電力デマンド値が確認できるようになった。また、電力アラームのメッセージによって、電力消費量の大きい装置を停止するきっかけとなり、電力消費ピークの低減が図られている。今後は、これらのシステムを汎用化し、県内企業における電力消費量削減に貢献していく予定である。

グリーン・エレクトロニクス産業創生事業
−無線通信制御技術に関する研究−

電子・通信グループ　佐々木　信也

Project of Creating Green Electronics Industries
-Research on Wireless Communications Control Technology-

Electronics & Communication Group　Shinya SASAKI

抄録

電力や環境計測の要求が高まってきている昨今、これらの計測データをクラウドに集約し、ビッグデータとして様々な解析を加えて、省エネや安心・安全のためのソリューションとして活用しようとする動きが活発化してきている。これらの要求に応えるため、数年来のセンシング技術と通信技術の蓄積を基盤として、WiFi や ZigBee などの無線通信、および IEEE1888:ユビキタスグリーンコミュニティ制御ネットワークプロトコルを用い、無線の初期設定も簡便化した次世代のセンサノードシステムとしての無線 M2M 技術を開発してきた。今年度は、IoT(Internet of Things)を更に加速させるために、既存のセンサノードを IEEE1888 ネットワークに適合させる為のゲートウェイ装置開発や、低コストとプロビジョニングを容易にする為の、新たな WiFi モジュールの利活用についての研究開発を行った。

［キーワード：WiFi、ZigBee、電力計測、環境計測、M2M、IEEE1888、IoT］

Abstract

The Requirements of Electric power and Environmental measurements are increasing, and measurements data (as BIG DATA) are collected to Internet Cloud. These BIG DATA are analyzed variously on the Internet, and analysis results are used for Energy Saving and Safety of our Life.

We researched Next Generation Wireless M2M Technology for these measurements and developed “Easy to Use and Easy First Time Configuration(Plug and Play)” Sensor Node System which uses WiFi ,ZigBee and IEEE1888 technologies.

In order to accelerate use of IoT(Internet of Things), we developed IEEE1888 Gateway unit for fitting the legacy existing sensor node to IEEE1888 network and researched about the utilization of new WiFi modules for the ease of low cost and provisioning.

[Key words: WiFi, ZigBee, Electric power and Environmental measurement, M2M, IEEE1888,IoT]

1. はじめに

一昨年度からグリーン・エレクトロニクス産業創生事業として、数年来の研究開発により蓄積してきたセンサ応用技術や情報通信技術を用いて、電力や環境計測に必須となる M2M(Machine to Machine)技術の応用開発を行なっている。昨年度までに、IEEE1888 プロトコルを実装した通信システムを完成させているが、今年度は既存のプロプライエタリなセンサシステムの相互接続性と可用性向上を目的とした IEEE1888 ゲートウェイを県内企業と共同開発した。また、無線通信、特に WiFi 通信用として、これまで組み込み用の通信モジュールを多用していたが、今年度は SD カードストレージに WiFi 機能が付加された民生品を通信モジュールと等価に扱うことで、低コスト化や未接続状態からのプロビジョニングの容易さを実現させるための研究開発を行った。

2. 次世代通信技術に関する研究

2. 1 IEEE1888 ゲートウェイ

昨年度までに開発実証を行ってきた IEEE1888 プロトコルの技術普及として、今年度は県内企業との共同研究開発案件として、IEEE1888 ゲートウェイと、これを利用したクラウドシステムの開発を行った。既に多種の既存 M2M 機器が導入可能となってはいるが、機器メーカー毎にプロプライエタリな通信方式を採用しており、多メーカーのセンサノード装置等をインテグレートして統合サービスを提供しようとした場合、統一された通信プロトコルによってクラウド側にデータを送信するシステムとした方がスケーラビリティの点で非常に有利に働くことがわかっている。そこで統一された通信プロトコルとして汎用的に用いる事が出来る IEEE1888 に変換するゲートウェイシステムを開発することとなった。組み込み用 CPU ボードに Linux と JavaVM、SQLite データベースを実装したものを準備し、プロプライエタリな通信手順で入力されたデータを一度データベースキューに格納し、これを逐次 Java によって開発したゲートウェイソフトウェアプロセ

スによって IEEE1888 に変換し、IEEE1888 ストレージに送信していく方式とした(図 1)。変換プロセスは Java によってプラグイン的に追加実装が可能であり、M2M 機器毎に変換部を開発する必要はあるものの、ゲートウェイの機能は容易に拡張出来るようになっている。また、IEEE1888 ストレージおよびユーザインタフェースとして機能するアプリケーションは、全てクラウドサービスとして実装し、即時商用サービス可能なレベルに仕上げることが出来た。

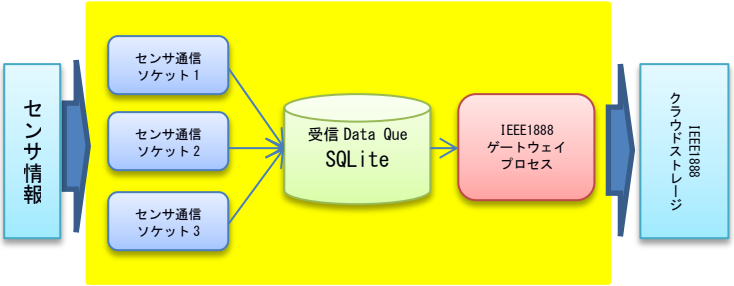


図 1 IEEE1888 ゲートウェイ装置

2．2 WiFi 対応 SD カードストレージの応用による低コスト無線センサノード

一般的な WiFi 対応の IoT/M2M 機器開発では、大量生産が前提では SoC(System on Chip)を採用することで非常に低コストな機器開発が可能ではある。しかしニッチなマーケット向けの製品や中小企業が手がける少量生産品では、そのコストメリットを活かす事が不可能である。これは電波を扱うが故の高周波部分の開発負荷や法的認証などのコスト増が支配的になってくるからである。その為に、組込み機器向け通信モジュールをアドオンすることで手軽に無線機能を追加出来る手法が選ばれてきた。我々も昨年までは同様の手法で開発してきたが、魅力的な製品に仕上がっているかと問われると疑問点が多く残る結果となった。それは、全体コストの中で、通信モジュールの占める割合が極めて高いことと、無線通信が開始可能になるまでのプロビジョニングを考慮した場合、初期設定専用のハードウェアやファームウェアの追加が必ず必要になってくるからである。初期設定を容易にする手段として、昨年までに On The Air 設定手法の検証を行ったが、ファームウェアに頼る比重が大きく、小規模・低価格マイコンへの容易な実装を阻害する結果となっていた。

今年度は、これらの欠点を払拭すべく、組込み用 WiFi モジュールではなく、民生品である WiFi 機能付き SD カードストレージの活用を探ってみた。類似したものは数社からリリースされているが、小規模マイコンで利用が可能であることを前提に、SPI モードでのカード制御が可能で、かつ、SDK や応用開発情報が容易に得られる製品として唯一の存在であった(株)東芝の FlashAir(図 2)を選定した。従来利用していた無線モジュールよりも安価で、かつ、8GB～32GB という M2M 機器に内蔵するには広大すぎるほどのストレージも同時に利用する事が可能である。また、プロビジョニングの容易さという点では、SD カードを PC に差し替えて内部設定ファイルを書き換えるだけで良く、また、無線制御部分は全て SD カード内で完結している為、マイコンファームウェアに対する通信制御比重を極めて小さくすることが出来た。100 円程度で入手可能な小規模マイコンでも容易に制御が可能であり、極めて簡易かつ低コストに M2M 機器を仕上げる事が可能になる。実証目的で、プロトタイピングボードとして広く用いられている Arduino に FlashAir カードを実装した試験モデルを開発した(図 3)が、予め設定用 PC で FlashAir 内部を STA モード(子機モード)にし、既知の WiFi SSID とセキュリティキーを保存した後、マイコン実装状態に戻すだけで、WiFi に容易に接続出来る M2M 機器に仕上げる事が可能であった。また、FlashAir 内部をインターネット同時接続モード(親機と子機モードを同時に実現するモード)とし、On The Air 的に WiFi 接続設定を実現する事も可能であった。本来の目的であるフラッシュストレージ部分は、センサノード使用時のロギング領域や、センサノードマイコンの初期設定ファイル格納用等、極めて有用に使うことが出来るため、一切の無駄が生じない点も利点である。

図 2 FlashAir

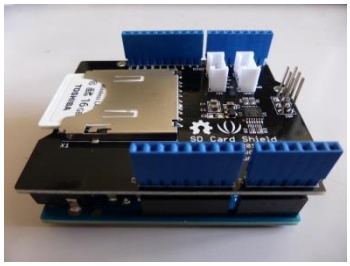


図 3 Arduino による試験モデル

3．まとめ

昨年まで開発を行った IEEE1888 は、今年度県内企業への普及を開始し、アプライアンス開発を実現するに至った。無線通信についても、中小企業が着手しやすいソリューションを提示することが出来た。

来年度以降は、今回得られたシーズをインテグレートし、魅力的な製品開発に結びつく研究開発を継続して進捗させる予定である。

グリーン・エレクトロニクス産業創生事業

−磁気センシング技術−

電子・通信グループ　丹健二

Project of Creating Green Electronics Industries
- Magnetic Sensing Technology -

Electronics & Communication Group　Kenji TAN

抄録

癌転移の診断を目的に、センチネルリンパ節生検が広く実施されている。これには、安全、簡便、且つ高精度なセンチネルリンパ節同定の手法が求められている。これを実現する手段として、センチネルリンパ節に滞留する性質をもつ磁性流体を注入し、これにより発生する磁場の利用が提唱されている。しかし、センチネルリンパ節に滞留する磁性流体の量が微量であることから、高感度な磁気検出器が必要となる。今回、磁性流体検出用磁気スキャナーの試作機を作製、評価した。

［キーワード：磁気スキャナー、磁性流体、癌、センチネルリンパ節］

Abstract

In order to know if a cancer has spread to other parts of the body, sentinel lymph node biopsy is widely performed. Therefore, safe, simple, and accurate method for sentinel lymph node identification is required. It is suggested as the identification method to detect magnetic field of magnetic fluid injected into the body and accumulated in sentinel lymph nodes. Because sentinel lymph nodes contain only small amounts of the magnetic fluid, a highly sensitive magnetic detector is required. In this study, a prototype of a scanner for detecting magnetic fluid was built and evaluated.

[Key words: magnetic scanner, magnetic fluid, cancer, sentinel lymph node]

１．はじめに

癌転移の有無を判断する手段として､センチネルリンパ節と呼ばれるリンパ節の癌の有無を診断する手法が広く用いられている。これを実現するためには、センチネルリンパ節を正確に同定し、摘出する必要がある。秋田大学により提唱された磁気を用いたセンチネルリンパ節同定法は､臓器の色に対する制約がない、放射性物質を必要としないことから放射線管理区域外での使用が可能､患者及び医療従事者の被爆の懸念がないなどの特長を有している。また、体内に注入する磁性流体として、MRI 用造影剤などとして既に医療現場で使用され、その安全性が確認されているものを利用することができる。これらのことから、磁気を用いたセンチネルリンパ節同定法は、将来的に有望な手法と考えられている。しかし､検出対象である磁性流体が微量であるのみならず､自発磁化をもたない。自発磁化をもたないことは、外部からの磁場印加がない状態では磁場を発しないことを意味する。このことから、磁気によるセンチネルリンパ節中の磁性流体を検出するためには、高感度であることのみならず、自発磁化をもたないものに対応した磁気検出システムの構築が必要となる。

２．磁気スキャナーの検出特性

これまの検討を基に選定した最適なセンサタイプを用い磁気スキャナーを構成し、その性能評価を行った。センチネルリンパ節のサイズは数 mm 程度である。磁性流体を含有するセンチネルリンパ節の正確な位置特定のためには高い空間分解能が必要となるが、鋭すぎる空間分解能スキャナーの場合、測定対象の極めて近い位置でのみでしか信号が得られず、センチネルリンパ節の位置把握に時間を要するデメリットがある。これらのことから目的に合わせた磁気検出部の設計において、磁気スキャナーの空間分解能の把握が非常に重要となる。図１に磁気スキャナー感度の空間分布を示す。図中の Gap はスキャナー先端と測定対象磁性体のスキャナー軸方向の距離を意味し、Shift はスキャナー先端と測定対象磁性体のスキャナー軸に垂直な方向の距離を意味する。Shift 量ゼロで測定対象から 2.5 mm 離れるとスキャナー出力は 1/10 になるなど、スキャナー出力は Gap に極めて敏感である。このことから、磁気的な感度に関してはスキャナー先端のカバーの厚みは非常に重要な要素となる。また狭 Gap での使用においては、スキャナー出力が Shift 量に対しても極めて敏感で、Gap ゼロの場合、2.5 mm の Shift 量で 1/100 程度の出力減となる。これらの結果は、検出対象から離れたところから検出対象の位置を追い込んでいくためには、磁気検出において広いダイナミックレンジが必要であることを示す。

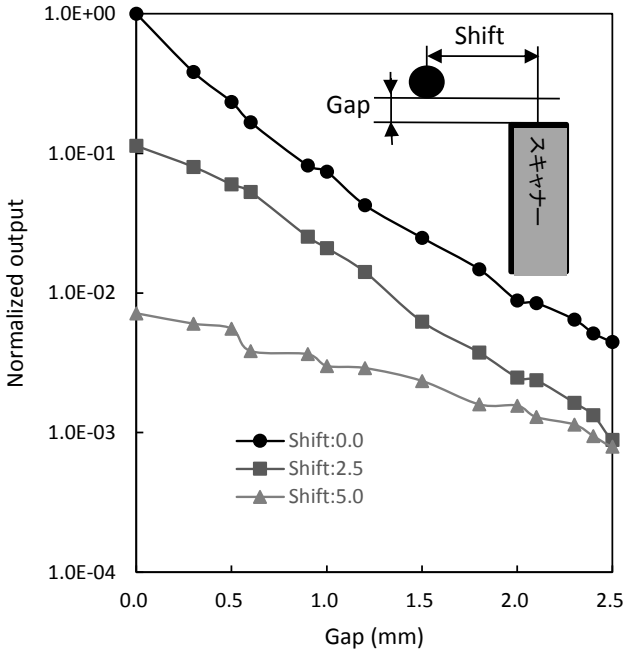


図１　磁気スキャナー感度の空間分布

３．磁気スキャナー試作機

医療機器においては、主目的に対する性能以外に、洗浄への対応、薬事法などの種々のクリアすべき厳しい条件がある。また、ミスの許されない医療現場においては、医療従事者の負担軽減の観点から使い勝手の良さは極めて重要となる。これらを考慮し、作製した磁気スキャナー試作３型機を写真１に示す。

写真1　磁気スキャナー試作３型機

４．むすび

磁気スキャナーの重要な性能の一つである感度の空間分布について検証を行った。本稿では触れなかったが、感度の空間分布に影響を及ぼすいくつかの要因を見出した。今回得られた知見を今後のスキャナー改良に反映させる。

最終的な性能判断基準は、実際の医療現場でのセンチネルリンパ節の同定率である。今後は実際の同定率との相関の強い実験室での評価尺度を見出し、これによる性能の数値化を行うことで、具体的な仕様を策定する。

産学官連携イノベーション顕在化事業

−医工連携による医療機器開発−

先端加工グループ　中村 竜太、加賀谷昌美、池田洋、佐藤　安弘、赤上 陽一

Project for Innovational Collaboration among Business, Academia and Government

- Development of medical equipment by Medical-Engineering collaboration -

Advanced Processing Technology Group

Ryuta NAKAMURA, Masami KAGAYA, Hiroshi IKEDA, Yasuhiro SATO, Yoichi AKAGAMI

抄録

免疫組織染色法は，がんの微小転移の有無を調べる上で必須な技術である．我々は，電界非接触撹拌技術（電界撹拌技術）と呼ばれる高電圧電界をμLオーダーの液滴に与えて撹拌する技術を提案している．本技術を用いることで抗体の種類に関わらず免疫組織染色の短時間化と安定な発色が可能になり，がんの個別化治療の実現に向けて大きく前進することが期待できる．

［キーワード：がん、抗原抗体反応、電界非接触撹拌技術、免疫組織染色法］

Abstract

Immunohistochemical staining method is necessary technology in order to detect the presence or absence of micrometastasis. We have proposed the μL-order droplet stirring technology under a high voltage electric field, so called electric field noncontact stirring technology (E.N.S.). It became possible that shorten processing time of many types of antibodies. We have expected the introduction of this technology, a significant step towards of the realization of individualized treatment of cancer.

[Key words: cancer, antibody-antigen reaction, electric field noncontact stirring technology, immunohistochemical staining]

１．はじめに

近年，がん治療は進行度や悪性度に応じて，最適な個別化医療を行う傾向にある．その際に用いられる術中病理診断は現状，HE（ヘマトキシリン・エオジン）染色が中心である．しかし，HE 染色ではリンパ節微小転移の見逃しが生じる限界を有していることが知られている．このリンパ節微小転移を見逃さずに診断するには免疫染色法が有効であることが知られている．しかし，この方法における抗原抗体反応の機序はブラウン運動があり，染色に 2 時間以上を要してしまうため，術中病理診断には適用できないという課題があった．そこで，我々が開発してきた電界非接触撹拌法[2)]を適用し，手術中に免疫組

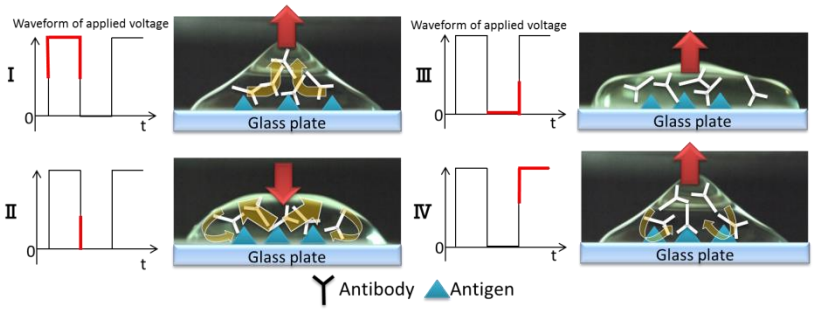


Fig.1　Schematic diagram of electric field noncontact stirring technology (E.N.S.)

織染色を可能とする実験を行ってきた[3]．本年度は，電界非接触撹拌法が免疫組織染色の抗原抗体反応を迅速化させるメカニズムについて検討したのでその概要について述べる．

2. 電界非接触撹拌技術

我々は砥粒分散型機能性流体を開発し，交流高電圧電界を印加することで流体の配置制御技術を開発している[4].この技術を免疫染色における抗原抗体反応に適用することで，良好な撹拌挙動が得られ，その反応時間を短縮できることを見出し，本技術を電界非接触撹拌法[2]と称した．印加電界波形に対応する液滴の撹拌振動挙動イメージ図を図 1 に示す.

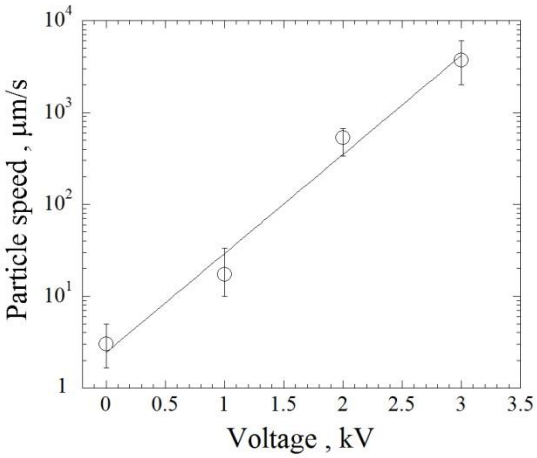


Fig.3 Relationship between particle speed and applied voltage

3. 電界非接触撹拌法による免疫染色メカニズム

3.1 抗体模擬粒子による電界非接触撹拌の挙動観察

電界非接触撹拌法による免疫染色メカニズムを解明するために，はじめに抗体を模擬した微粒子である炭酸カルシウムを用いた挙動観察実験を行った．挙動観察結果より算出した粒子速度と印加電圧との関係を図 2 に示す．これより電界による撹拌により粒子速度は加速され，抗原と抗体の接触頻度が向上し，その反応が加速する機序を明らかにした.

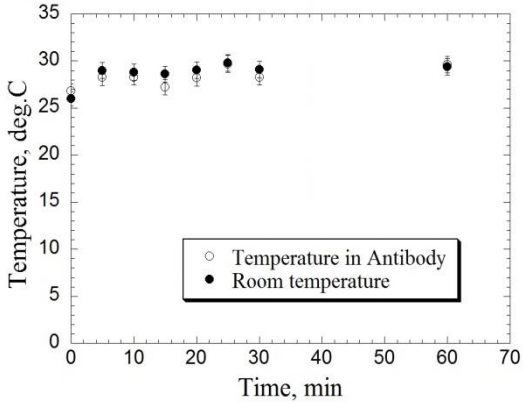


Fig.4 Relationship between temperature and time in antibody diluent

3.2 電界非接触撹拌法が温度に及ぼす影響

電界非接触撹拌法は電界印加により液滴が振動する技術である．この振動によって液温が上昇すると，試料となるタンパク質や組織が変性し，非特異的な反応が生じる恐れがある．そこで，電界非接触撹拌法が試料液温に及ぼす影響について評価した．図 3 に測定結果を示す．この図より，抗体液の温度は，室温とほぼ同値になることがわかる．したがって，電界非接触撹拌法による試料液温の上昇現象が無いことを明らかにした.

3. まとめ

電界非接触撹拌技術が免疫組織染色の抗原抗体反応の迅速させるのか、そのメカニズムと特徴を調査し，電界非接触撹拌法による免疫染色反応の加速メカニズムは，溶液内粒子速度が向上し，抗原と抗体の接触頻度が増加するメカニズムであること．また，電界非接触撹拌法の特徴は，試料溶液温度の上昇は生じないことであるという結論を得た．今後は，得られたメカニズムを基に，更なる染色品位向上のための電極形状の検討を行う．また，抗体等のタンパク質に電界印加が直接及ぼす影響についても調査する.

４．参考文献

1) Takuma Sagawa, et al. Dynamical regulations of protein–ligand bindings at single molecular level, *Biochemical and Biophysical Research Communications* 355 (2007) 770–775, available online 15 February 2007
2) 特開2010-119388
3) Hiroshi Toda, Yoshihiro Minamiya, Masami Kagaya, Hiroshi Nanjo,Yoichi Akagami et al. A Novel Immunohistochemical Staining Method Allows Ultrarapid Detection of Lymph Node Micrometastases While Conserving Antibody, *Acta Histochem Cytochem*.2011 Jun 29 ; 44(3):133-139.
4) 赤上，粒子分散型誘電流体を用いた加工法 特許第359521

Ⅳ-2　研究推進

ユビキタス組成次世代超硬材料の開発（第２報）

先端加工グループ　杉山重彰、菅原　靖、村田初美
工業材料グループ　加藤　勝、菊池徳美
秋田大学　橋本林娜、仁野章弘、泰松　斉

Development of a next-generation hard material with ubiquitous composition [2]

Shigeaki SUGIYAMA, Yasushi SUGAWARA, Hatsumi MURATA
Masaru KATO, Tokumi KIKUCHI
Rinna HASHIMOTO, Akihiro NINO, Hitoshi TAIMATSU

抄録

金属無添加の比較的破壊靭性値に優れる緻密な TiC-SiC 基複合セラミックスを作製するために、(1-y)TiC-ySiC-$x$$TiSi_2$（$x$ = 0.03, 0.05, 0.1, 0.15、y = 0.3, 0.5, 0.7）混合粉末を用いて反応性通電加圧焼結により TiC-SiC-Ti_3SiC_2 セラミックスを作製した。得られた焼結体について、組織及び機械的性質を調べた。TiC-SiC-Ti_3SiC_2 複合セラミックスは x = 0.05、y = 0.5 の時に、ヤング率 435 GPa、ビッカース硬さ Hv＝ 20.3 GPa、破壊靭性値 6.7 MPa･$m^{1/2}$ と優れた特性を示した。

[キーワード：通電加圧焼結、炭化チタン、炭化ケイ素、チタンシリコンカーバイド、機械的性質]

Abstract

To obtain metal-free TiC-SiC based ceramics with high fracture toughness, TiC-SiC ceramics were prepared by the reactive resistance-heated hot pressing of (1-y)TiC-ySiC-$x$$TiSi_2$($x$ = 0.03, 0.05, 0.1, 0.15, y = 0.3, 0.5, 0.7) powder mixtures. Sintered bodies were characterized for microstructure and mechanical properties. A ceramic at an x value of 0.05 and an y value of 0.5 showed the good mechanical properties of Young's modulus 435 GPa, Vickers hardness 20.3 GPa and fracture toughness 6.7 MPa･$m^{1/2}$.

[Key words: Reactive hot pressing, Titanium carbide, Silicon Carbide, Titanium Silicon Carbide, Mechanical properties]

１．はじめに

TiC と SiC は高硬度、高耐食性、高融点、そして化学的に安定といった優れた性質を持ち、WC よりも資源的な制約が少なく軽量である。そのため、耐摩耗性が要求される部材への応用が期待される材料である。TiC は WC よりも硬さに優れるが、強度と熱伝導性において劣っている。それに対して、SiC は強度の点では WC よりかなり劣るが TiC よりは優れており、熱伝導率においても TiC より 4 倍以上優れる極めて高熱伝導性の材料である。熱伝導率は、複合則による加生成がある程度成り立つので[1]、20 vol%以上の SiC を含有させることができれば、WC 系に匹敵する熱伝導性が得られると考えられる。昨年度は、TiC と SiC を原料として、通電加圧焼結によって TiC-SiC 複合セラミックスを合成し、その組織及び機械的性質を調べた。

Ti_3SiC_2 は、セラミックでありながら金属に似た機械的性質を有する材料として近年注目されている[2]。特

に、高温下では塑性変形能を有するため、加圧焼結のバインダーに用いれば、緻密化に寄与するとともに、靭性を向上させる可能性が高い。我々はこれまでに、金属無添加の比較的破壊靭性値に優れる緻密な Ti 基複合セラミックスを作製するために、反応性通電加圧焼結により Ti_3SiC_2 を生成させることで金属無添加の TiB_2-TiC-Ti_3SiC_2 硬質セラミックスを合成し、その組織及び機械的性質を調べ、Ti_3SiC_2 の効果を検討してきた[3]。

本年度は、TiC-SiC セラミックスの焼結性と機械的性質の向上を図るため $TiSi_2$ を添加し、焼結中に反応により Ti_3SiC_2 を生成させ、これを TiC-SiC セラミックスの加圧焼結のバインダーとして応用することを試みた。

２．実験方法

出発原料として、TiC粉末（日本新金属、平均粒径1.60 μm、純度99.25%、化学組成(wt%)：TC 19.33, FC 0.07, Fe 0.12, O 0.56）、SiC粉末（IBIDEN Co. Ltd., 平均粒径0.31 μm, 純度98.3%）、$TiSi_2$粉末（日本新金属、粒径1.73 μm、純度97.69%、化学組成(wt%)：Si 52.05, C 0.14, O 2.09, Fe 0.08）を使用した。これらの粉末は、(1-y)TiC-ySiC-$x$$TiSi_2$（$x$ = 0.03, 0.05, 0.1, 0.15、y = 0.3, 0.5, 0.7）になるように秤量し、乳鉢で混合した。焼結は、昇温速度50 ℃/min、焼結温度1500-1800 ℃、加圧力50 MPa、真空中で行った。断熱のためにグラファイト型の周囲をグラファイトウールで囲んだ。粉末と接する部分には、グラファイトシートを設置した。この際の焼結温度は、グラファイト型の表面から内側に深さ10 mmの小さな穴を開け、その穴の中を放射温度計で測定した値とした。得られた焼結体の生成物と組織はX線回折装置（理学電機、RINT-2500VHF）及びEPMA（日本電子、JXA-8200）を用い、密度はアルキメデス法を用いて測定した。焼結体の機械的性質の評価は、ヤング率、ポアソン比、ビッカース硬度、及び破壊靭性値の測定によって行った。ヤング率及びポアソン比は、高温動弾性率測定装置（東芝タンガロイ、UMS-HL）、探触子5MHzを用い、超音波パルス法により測定を行った。ビッカース硬度及び破壊靭性値は、ビッカース硬度計（アカシ、AVK-C2500）を用い、硬さは9.8 N、15 sの条件で測定し、破壊靭性値は9.8 N、15 sの条件でIF法のEvans - Davisの式[4]により求めた。

３．実験結果および考察

3.1　反応生成物

図 1 に 1650 °C で焼結した 0.5TiC-0.5SiC-$x$$TiSi_2$ の X 線回折パターンの結果を示す。$TiSi_2$ を僅かに添加するだけで、反応により Ti_3SiC_2 が生成している。全ての組成において Ti_3SiC_2 が生成しており、特に y=0.3 の時に Ti_3SiC_2 の生成量が多かった。

3.2　焼結体の密度

図 2 に 1650 ℃で焼結した(1-y)TiC-ySiC-$x$$TiSi_2$（$y$ = 0.3, 0.5, 0.7）焼結体の x と相対密度の関係を示す。0.3TiC-0.7SiC の場合は、$TiSi_2$ が添加していない時に相対密度は 73%であったが、$TiSi_2$ の添加量が増えるとともに密度が増加し、x=0.05 の時に

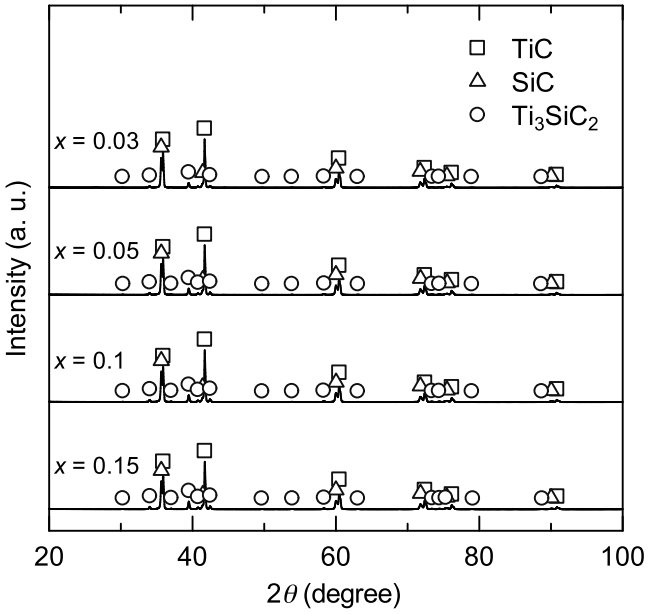


図 1　1650ºC で焼結した 0.5TiC-0.5SiC-$x$$TiSi_2$ の X 線回折パターン。

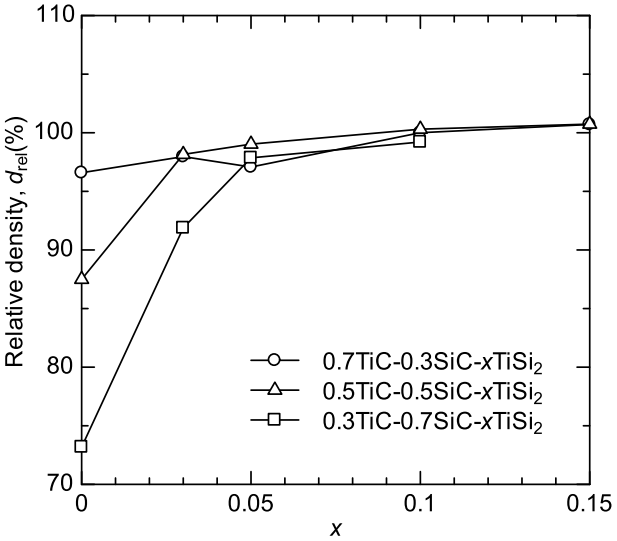


図 2　1650℃で焼結した焼結体の相対密度。

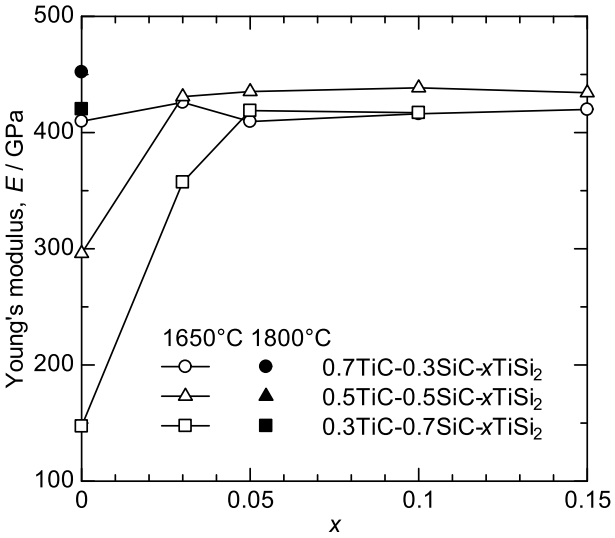


図3　焼結体のヤング率。

97.9%になった。0.5TiC-0.5SiC の場合は、$TiSi_2$ が添加していない時に相対密度は 87.5%であったが、x=0.03 の時に 98.2%になった。0.7TiC-0.3SiC の場合は、$TiSi_2$ が添加していない時に相対密度は 96.6%であったが、x=0.03 の時には 97.4%になった。0.7TiC-0.3SiC-0.1$TiSi_2$ は焼結温度 1500 ℃の時に相対密度 98.2%になった。0.7TiC-0.3SiC は、相対密度 98%以上にするためには、1700 ℃以上の焼結温度が必要である。$TiSi_2$ の添加により焼結温度を 200 ℃以上低下させることができた。焼結体の組織を見ると、Ti_3SiC_2 は主に TiC の周囲に存在していることが観察される。$TiSi_2$ は融点が 1480 ℃であるため、焼結中に TiC の周囲に $TiSi_2$ の液相が入り込み、そこで Ti_3SiC_2 が生成する反応が生じたとことが推察される。

図 3 に (1-y)TiC-ySiC-$x$$TiSi_2$（$y$ = 0.3, 0.5, 0.7）焼結体の x とヤング率の関係を示す。ヤング率と相対密度を比較すると、傾向がよく似ているが、これは、ヤング率と気孔率の間に $E = E_0(1\text{-}kP)$ の関係が成り立つからである。ここで、E_0 は気孔がない時のヤング率 [GPa]、k は定数、P は気孔率 [%]である。この式から明らかなように、焼結体に気孔が存在するとヤング率が低下する。また、ヤング率は、組成にも依存する。ヤング率の低い生成相の体積率が増加すると、それに比例して焼結体のヤング率は低下する。

3-3　焼結体の機械的性質

図 4 に(1-y)TiC-ySiC-$x$$TiSi_2$（$y$ = 0.3, 0.5, 0.7）焼結体の x とビッカース硬さの関係を示す。0.7TiC-0.3SiC-$x$$TiSi_2$ 焼結体については、$TiSi_2$ の添加の増加に伴い、硬さは少し低下した。これは反応で生成された Ti_3SiC_2 は、TiC と SiC に比べてビッカース硬さが非常に低いため、その生成量の増加とともに複合セラミックスのビッカース硬さも 19.2 GPa から 16 GPa まで低下したと考えられる。0.5TiC-0.5SiC-$x$$TiSi_2$ 焼結体、0.3TiC-0.7SiC-$x$$TiSi_2$ 焼結体は、$TiSi_2$ を少し添加することによりビッカース硬さは大きく向上した。これは $TiSi_2$ を添加することにより緻密な焼結体になったためであると考えられる。また、0.5TiC-0.5SiC-$x$$TiSi_2$ 焼結体、0.3TiC-0.7SiC-$x$$TiSi_2$ 焼結体は、$TiSi_2$ の添加量の増加に伴う硬さの減少幅は小さいが、0.7TiC-0.3SiC-$x$$TiSi_2$ 焼結体においては大きかった。これは、Ti-Si-C 3 元系状態図[5]から明らかなように、同じ量の $TiSi_2$ を添加した場合に生成される Ti_3SiC_2 量は、0.7TiC-0.3SiC-$x$$TiSi_2$ 焼結体の方が多いからである。

図 5 に(1-y)TiC-ySiC-xTiSi$_2$（y = 0.3, 0.5, 0.7）焼結体の x と破壊靭性値の関係を示す。TiC-SiC に TiSi$_2$ を添加することで破壊靭性値は向上した。0.7TiC-0.3SiC-xTiSi$_2$ 焼結体は 0.1TiSi$_2$ 添加で最大値 6.5MPa･m$^{1/2}$、0.5TiC-0.5SiC-xTiSi$_2$ 焼結体は 0.05TiSi$_2$ 添加で最大値 6.7MPa･m$^{1/2}$ を示した。0.3TiC-0.7SiC-xTiSi$_2$ 焼結体は 0.03TiSi$_2$ 添加で最大値 5.9 MPam$^{1/2}$ を示した。Ti$_3$SiC$_2$ は破壊靭性値の大きなマシナブルセラミックスと言われており、破壊靭性値は 6 ~ 11.2 MPa･m$^{1/2}$ であると報告されている。そのため、反応により Ti$_3$SiC$_2$ が生成されると、破壊靭性値は増大すると考えられる。

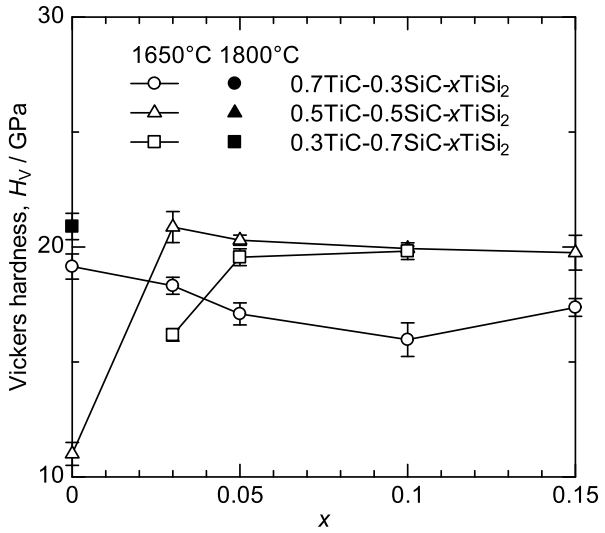


図4　焼結体のビッカース硬さ。

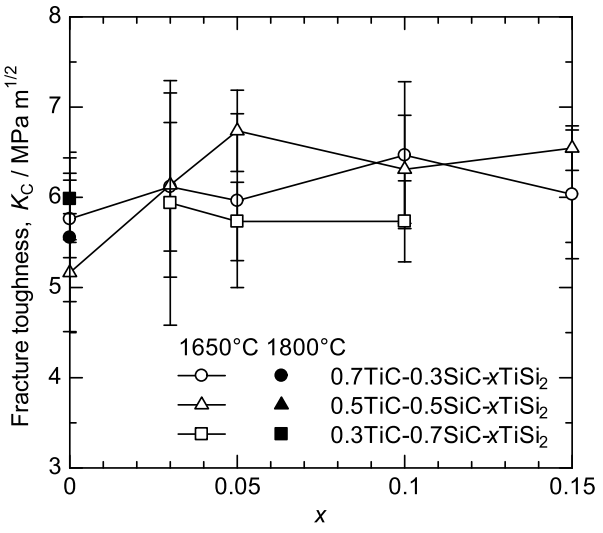


図5　焼結体の破壊靭性値。

４．まとめ

TiC と SiC と TiSi$_2$ 粉末を使用して、通電加圧焼結法により焼結を行った結果、次のことが分かった。

(1) TiC と SiC 粉末に TiSi$_2$ 粉末を加えて，反応性通電加圧焼結すると 1650 ºC で緻密な焼結体が得られた。

(2) 生成相は TiC，SiC，Ti$_3$SiC$_2$ の 3 相で，Ti$_3$SiC$_2$ は常に TiC の周囲に存在していた。

(3) 0.5TiC-0.5SiC セラミックスに TiSi$_2$ を添加した焼結体が最もよい機械的性質を示した。

文　　献

[1] J. Cabrero, F. Audubert, R. Pailler : “Fabrication and characterization of sintered TiC-SiC composites”, *J. Euro. Ceram. Soc.*, **31**, (2011), 313-320.

[2] Z. F. Zhang, Z. M. Sun, H. Hashimoto and T. Abe: “Fabrication and Microstructure Characterization of Ti$_3$SiC$_2$ Synthesized from Ti/Si/2TiC Powder Using the Pulse Discharge Sintering (PDS) Technique”, *J. Am. Ceram. Soc.*, **86** (2003) 431-436.

[3] H. Taimatsu, S. Sugiyama, S. Koseki: “Synthesis of TiB$_2$-TiC-Ti$_3$SiC$_2$ Composites by Reactive Hot Pressing of B$_4$C-SiC-Ti Powder Mixtures”, *Mater. Trans.*, **49**, (2008), 2335-2340.

[4] C. B. Ponton and R. D. Rawlings: “Vickers Indentation Fracture Toughness Test Part 1. Review of Literature and Formulation of Standardised Indentation Toughness Equations”, *Mater. Sci. Technol.*, 5-Spt. (1989), 865-872.

[5] ASM Hand book Vol.3 Alloy Phase Diagrams, H. Baker, ASM International, Materials Park, (1992) 21367.

電界砥粒制御技術を用いた次世代半導体基板研磨システムの開発

先端加工グループ　久住孝幸、中村竜太、赤上陽一
池田　洋、佐藤安弘

Development of the advanced polishing technology for next-generation semiconductor substrates using controlled slurry under AC electric field

Advanced Processing Technology Group
Takayuki KUSUMI, Ryuta NAKAMURA, Yoichi AKAGAMI,
Hiroshi IKEDA, Yasuhiro SATO

抄録

LED 用基板などに用いられる６インチ単結晶サファイア基板のコスト低減を図るために、電界砥粒制御技術を応用した電界ラップ技術と電界高速 CMP 技術を導入した研磨装置と研磨技術の開発を行った。その結果、エピタキシャル成長可能な基板品位を維持したまま、ラップ工程にて 32%、CMP 工程にて 62%の時間短縮できる技術開発に成功した。

[キーワード：ラッピング、CMP、研磨レート、砥粒、交流電界]

Abstract

In order to reduce the cost of 6-inch single-crystal sapphire substrate used for LED devices, we have been developed novel lapping and CMP methods, using controlled slurry fluid under AC electric field. As a result, while maintaining the epitaxial growth substrate capable quality, we have succeeded in the development of technology to shorten the lapping process time of 32% and the CMP process time of 62%.

[Key words: Lapping, CMP, Removal rate, Abrasives, AC electric filed]

１．はじめに

省エネルギー性に優れる LED 照明の普及促進の鍵は、長寿命を担う高度な品位とコスト低減である。LED 用基板は、単結晶サファイア基板に窒化ガリウム（GaN）をエピタキシャル成長させる方式が最も多く採用されている。単結晶サファイアの特徴と課題はビッカース硬度 HV2300（ダイヤモンド、炭化ケイ素に次ぐ硬度）を有する硬脆材、かつ化学的安定性に富む素材であるため、その加工には長時間を要する。このため、コストを抑制するためには、基板サイズの大口径化による取り数を増やす方策が求められている。しかし、加工技術はまだ十分に完成していないという現状がある。そこで、本研究開発の目的は、高い品位を維持しつつ、6 インチサイズの大型基板の加工コストを抑えるためのラップ技術と CMP 技術の開発である。

ラップ技術には電界砥粒制御技術[1] [2]を適用して研磨効率と品位の向上を図るとともに，用いる副資材を見直すことでコスト低減を得るいわゆる「電界ラップ技術」を開発する。CMP 技術においては、高速回転・低荷重研磨技術を開発し、迅速な表面仕上げ技術を可能にする「電界高速 CMP 技術」を開発する。この二つの技術によって、それぞれの加工時間を 30%以上短縮することを目標値とする。

２．電界ラップ技術

単結晶サファイア基板加工におけるラップ工程は、一般的にラップ盤、ラップ工具と呼ばれる軟質の金属定盤が利用される。この軟質金属定盤には、錫や銅が用いられているため、その価格は極めて高価である。（40インチサイズの定盤径にておよそ300万円）これに、ダイヤモンドスラリーを滴下や噴霧後、修正リングと呼ばれる工具でダイヤモンド砥粒を定盤に埋め込み、この砥粒によって基板の形状創出作業を行う。これに対し、電界ラップ技術は、定盤コスト低減を狙い、上記定盤の代替として樹脂パッドを新たに導入した。図１（a）に、開発した電界ラッピング装置の全体図を示す。図１（b）は、高電圧を印加するために各部位に絶縁部材を施してある。樹脂パッド定盤の修正加工（フェーシング加工）の様子を図1（c）に示す。修正後の樹脂パッド定盤に、ダイヤモンドスラリーの滴下を行い、上下定盤間に電界を印加して6インチサファイア基板の研磨実験を行った。ここでは、副資材の最適化検討を行うためにダイヤモンド砥粒種、スラリー溶媒、各種電界印加条件（電圧・周波数・電界波形）の検討を実施し、得られた結果を図2に示す。従来技術の研磨レートから47％向上した17μm/hを得た。これは、32%の時間短縮効果であり、目標とする30％以上の加工時間短縮を達成することができた。また、試料平坦性は従来技術と同程度のGBIR 3μm以下を達成し、ZYGO社製New View6300による表面粗さの評価では、従来技術の半分以下のPV 16nmという優れた結果が得られた。これは、ラッピング工程における表面残留ダメージ層の厚みが、半減したことに起因するものと考えられ、後工程となるCMP工程の研磨除去量も半減することが考えられ、コスト低減に大きく貢献することが期待される。

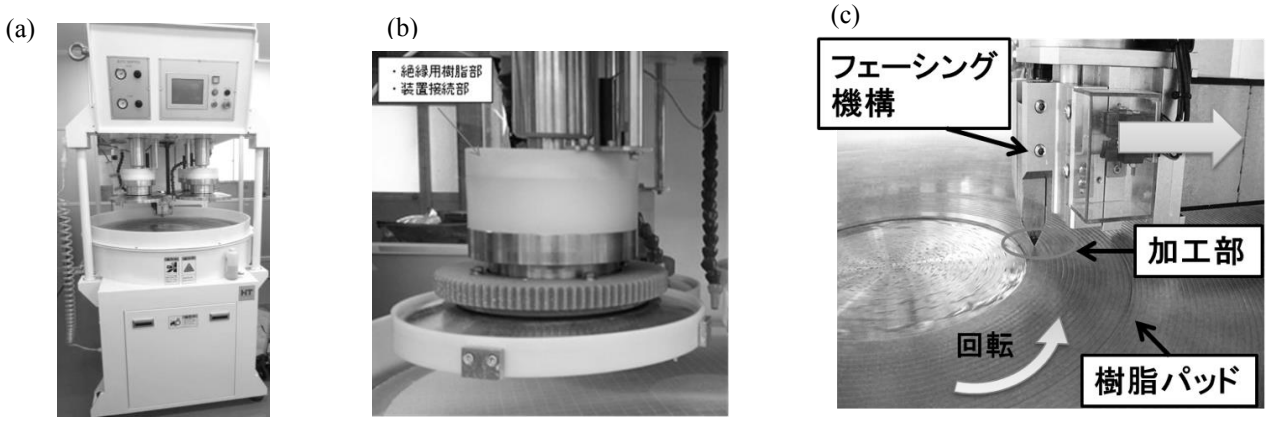


図1　電界ラップ装置：(a）外観、(b）電界アタッチメント部、(c）樹脂パッドのフェーシング機構

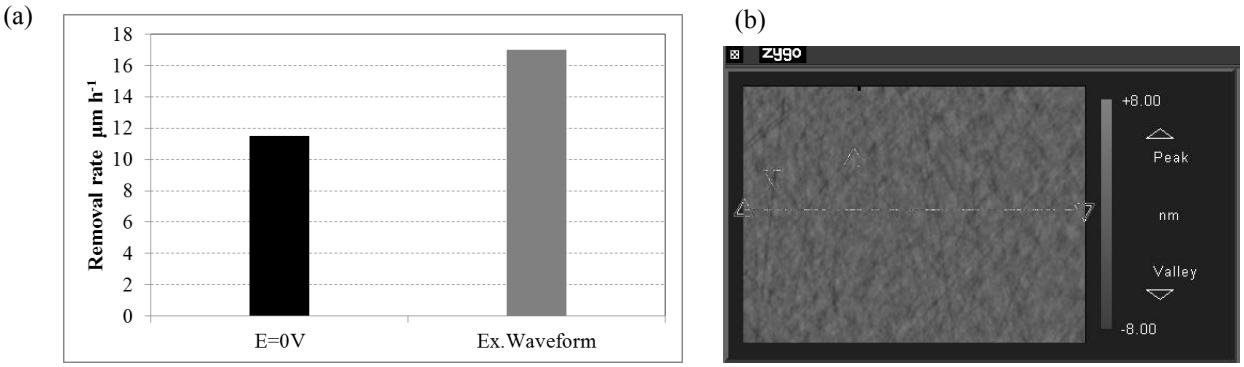


図２　電界ラップ研磨実験結果：(a）研磨レート、(b）表面性状　PV16.0 nm, Ra 1.49 nm

３．電界高速 CMP 技術

CMP 工程は最終研磨工程として試料表面粗さをオングストロームオーダーに仕上げることが求められる。この工程では、ナノオーダの粒径を持つシリカ砥粒を分散させたコロイダルシリカを用いて、化学的作用と機械研磨作用を発揮させて高品位な基盤表面を得る技術である。しかしながら、本研磨法は生産効率が低いという課題を有している。一般に、研磨加工効率は、プレストンの経験則[3]より、（研磨荷重）×（定盤回転スピード）として知られるが、研磨荷重を増加させることによって、研磨試料の表面品位は低下する。一方で、定盤回転スピードの増加は、遠心力の増大につながり、研磨スラリーが研磨領域より散逸してスラリーの配置分布が偏在化するため、こちらも表面品位が低下することが知られている。この問題を解決するために、電界によりスラリーの飛散性を抑制させながら、低荷重・高速回転にて砥粒の化学反応性も加えた研磨を行うことにより、迅速且つ高品位な表面仕上げ方法の実現を図る電界高速 CMP 技術を検討した。

電界高速 CMP 用の研磨装置の基本構成は、図 1 に示した電界ラッピング技術とほぼ同様である。しかしながら、CMP 工程ではスラリーとして，コロイダルシリカに代表されるように分散溶媒に水が用いられる。そのため、電界を印加するための上部定盤として、電極を完全に被覆した試料保持部が必要となる。これまでの研究において、電気的絶縁を保持するためにガラスエポキシ材などを利用していたが、サファイア研磨工程においては、研磨荷重の負荷による変形や、サファイア材料を定盤にワックス貼付する工程における熱膨張の影響があり、平坦度を悪化することが分かった。そこで、この荷重負荷による変形やサファイア試料貼り付け時の熱履歴による影響を防ぎ、エピタキシャル成長可能な平坦度品位を維持するために、アルミナセラミックスを定盤材料として用いた。図 3 に、開発した試料保持プレートを示す。この試料保持プレートを用いて、これに封入する各種電極形状や、電界印加条件（電圧・周波数・電界波形）について、電界高速 CMP 技術による研磨実験を実施した結果、無電界時と比較して 31.7%の研磨レート向上した 2.53 μm/h が得られ、24%の時間短縮効果が得られた。本結果と電界ラッピング工程によるダメージ層の半減効果によって CMP 工程必要除去量は従来の 50 %となることを併せると、従来技術比 62 %の時間短縮が可能となり、本工程時間 30 ％短縮目標を達成した。また、表面性状測定結果は GBIR 3.92 μm であり、LED 向けエピレディ基板としての仕様を満足する良好な平坦性が得られた。

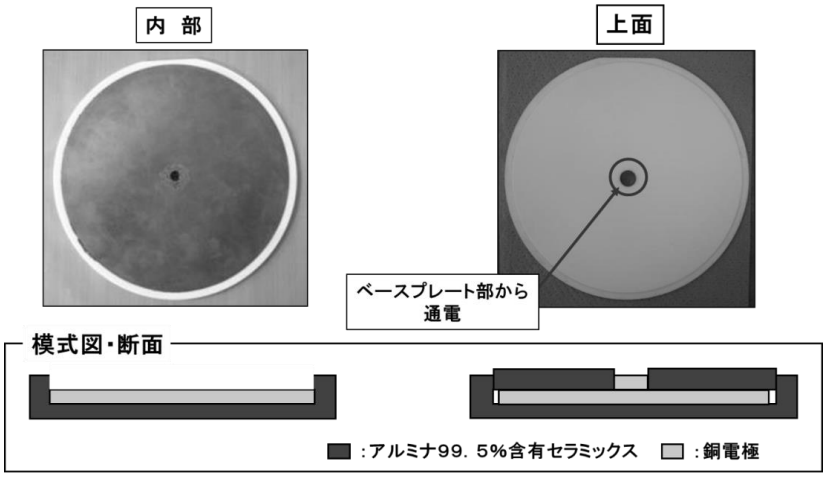


図３　試作した試料保持プレート

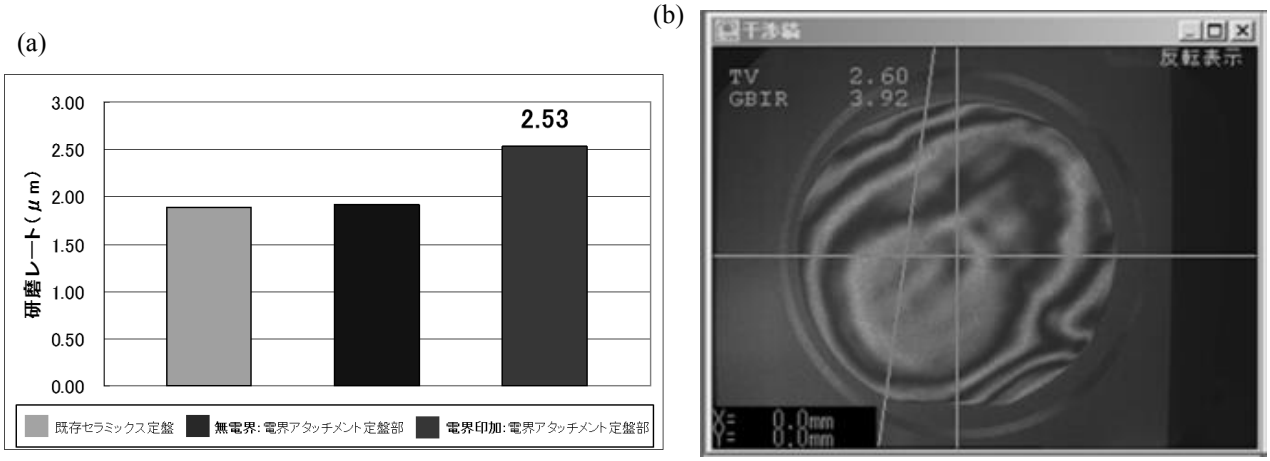


図４　電界高速 CMP 研磨実験結果：(a) 研磨レート、(b) 平坦度　GBIR 3.92μm

４．まとめ

LED 用基板などに用いられる 6 インチ単結晶サファイア基板のコスト低減を図るために、電界砥粒制御技術を適用した電界ラップ技術と電界高速 CMP 技術を導入した研磨装置とその研磨技術の開発を行った。

以下に得られた成果を示す。

(1) 高価な金属定盤に代わって安価な樹脂製定盤を使った電界ラッピング技術を確立し、6 インチウェーハ用片面電界ラッピング装置を構築した。

(2) 電界ラッピング装置による電界印加研磨実験により、従来技術の研磨レートと比較すると 47%向上し 17μm/h を得た。これより 32%の加工時間短縮効果を達成した。

(3) 電界ラッピング装置による研磨品位は、平坦度については従来技術並みであった。一方、表面粗さについては、従来の半分以下の粗さに向上させ、PV 16nm という優れた結果を得た。これより後工程の CMP 工程における研磨除去量を半減することが可能となる。

(4) 電界高速 CMP 技術を導入した 6 インチウェーハ用片面電界高速 CMP 技術を確立した。

(5) 電界高速 CMP 装置による電界印加研磨実験により、従来技術の研磨レートから 31.7%向上した 2.53 μm/h を得、24%の加工時間短縮効果を得た。本結果と電界ラッピング工程によるダメージ層の半減効果によって、その後の CMP 工程として必要な除去量は従来の 50 %になることを併せると、従来技術比 62 %の加工時間短縮効果を得た。

(6) 電界高速 CMP 装置で得られた平坦度は GBIR 値で 3.92 μm であり、LED 向けエピレディ基板としての仕様を満足する良好な結果を得た。

文　献

[1] 赤上陽一，浅利孝一，藤田豊久，B．ジャヤデワン，梅原徳次, "粒子分散型機能性流体を用いた研磨方法の開発," 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 66, No. 649, (2000), pp. 3168-3173.

[2] 粒子分散型誘電体を用いた加工法 特許第 3595219 号

[3] F.W. Preston et al., "The Theory and Design of Plate Glass Polishing Machines," Journal of the Society Glass Technology, Vol. 11, (1927), pp. 214–256.

高速・高精度アクチュエータの多軸化技術の開発

ナノメカニカル制御グループ
森　英季、櫻田　陽、荒川　亮

Development of multi-axial technologies for high speed and highly precise actuator (Effect on vertical straightness for XY stage)

Nano-Mechanical Control Group
Shigeki MORI, Akira SAKURADA, Ryo ARAKAWA

抄録

近年，エレクトロニクス分野の急速な進歩発展の背景には，半導体集積回路等の急速な高密度化がある．それに伴い，ナノメートルオーダーの精度による評価が要求されている．現在，表面観察装置として開発された走査プローブ型顕微鏡(SPM : Scanning Probe Microscopy) は，適用範囲が広がりナノテクノロジーの分野において重要性が一層高まっている．これらに伴い，必要となる駆動源において積層型圧電素子は，高速な動作が可能で大きな推力を有することから，高速で高精度な位置決め動作に適した特性を有していると考えている．また，次世代の走査型プローブ顕微鏡は，従来まで用いられてきた円筒スキャナではなく，高速性と走査範囲の拡大および縦真直の Z 方向の変動を抑制するためにフラットスキャナを呼ばれる，同一平面を走査する XY ステージが導入され始めている．このような XY ステージの駆動源には積層型圧電素子が用いられるが，印加される電圧と変位の関係にはヒステリシスが存在し，測定試料を等速運動に移動させる場合には，位置制御が不可欠となる．今年度は，走査型プローブ顕微鏡における試料台の走査動作を想定し，積層型圧電素子を組み合わせた平行バネとてこ機構で構成されるナノモーションアクチュエータ(NMA : Nano-Motion Actuator) の技術を応用して開発した，同一平面内を高速に走査する XY ステージ(NMS : Nano-Motion Stage)の基本構造と制御性能について研究開発を行った．

[キーワード：積層型圧電素子、アクチュエータ、XY ステージ、精密位置決め、多軸化技術、走査プローブ顕微鏡、高速応答]

Abstract

A stacked piezoelectric element has characteristics which were suitable for highly precise positioning with high speed. We applied the stacked piezoelectric elements to scanning microcopies for an XY stage. The tracking actuator called the Nano-Motion Actuator (NMA) that was consisted of a displacement amplitude mechanism and a stacked piezoelectric element. We propose a new XY plane positioning actuator called Nano-Motion Stage (NMS) that was composed of one pair of NMA, positioning stage, parallel link, directional spring and so on. And, the control performance and the plane positioning accuracy were verified. As a result of the experiment, the gain crossover frequency of 1.0 kHz could be reached, high-speed and highly precise positioning in same XY plane could be realized.

[Key words : Stacked piezoelectric element, Actuator, XY Stage, Precise positioning, Multi-axial technology, Scanning microscopy, High response]

１．はじめに

半導体産業の分野では，描画，露光後の形状検査や欠陥の原因究明のため，走査型プローブ顕微鏡の観察領域の拡大と高速な走査及び位置決め精度の向上が要求されている．しかし，実用化されている一般的な XY 平面内を動作する位置決め機構では，2 つの 1 軸動作のステージを X 軸方向と Y 軸方向に直交させて重ねるか，コラム側とベッド側に各軸を対向に直交させて配置させる形体が主なものとなっている．したがって，同一平面内の移動ではないことから，高精度な位置決めに不可欠なアッベの原理に従うことが構造的に難しい．更に，2 つの軸を重ねた場合は，一方の軸が，もう一方の軸の全重量を支えながら移動するために高速化が困難な上，必然的にステージの重心が各軸の位置で常に変化するので，必然的に制御性が良いとは言えない．本年度は，積層型圧電素子を組み合わせた平行バネとてこ機構で構成されるナノモーションアクチュエータ(NMA : Nano-Motion Actuator) の技術を応用して開発した，同一平面内を高速に走査する XY ステージ(NMS : Nano-Motion Stage)について基礎的検討を行った[1]-[3] ．

２．NMS の構造

Fig.1 に示す NMS は，中央ステージの隣り合った 2 辺の中央部には平行リンクを介し，可動領域 100 μm 仕様の NMA を原型とする 2 つのアクチュエータが X 軸と Y 軸に対して配置されており，走査領域として 100 μm×100 μm を目標としている．その対角にステージを支持しながらステージに与圧を与える四角型支持バネを配している．したがって，各軸の動作にはもう一方の軸に対して，せん断力として働き，ステージを回転させる動作を生じるが，平行リンクによって，せん断力は制御可能な並進運動に変換されるので，X 軸と Y 軸のアクチュエータが連携することで抑制することができる．また，アクチュエータ部は積層型圧電素子(PZT : $PbZrO_3$-$PbTiO_3$， 5×10×20 mm，17.4 μm / 150V，5×10×10 mm，9.1 μm / 150V，NEC TOKIN Corp.)と平行バネに，てこ機構を組み合わせた変位拡大機構で構成されており，平行バネの外側に PZT とてこ機構を配置することで, 変位拡大機構そのものと PZT が, 互いの形状や大きさに制約されない設計となっており，大きな変位量と高い共振角周波数の両立を可能にしている．中央のステージと変位拡大機構との間は，長さ 10.5 mm，幅 0.25 mm，高さ 6 mm のビーム 2 本のリンクで支持され NMA の発生する推力はこのリンクを介して伝達される．四角型支持バネの 1 辺長さは 15.25 mm，幅 0.5 mm，高さ 6 mm のビームにて構成し，中央のステージを支持している．NMS の構造材には，チタン合金(Ti-6A1-4V alloy TAP6400， ρ : 4.43×103 kg/m^3, E : 109 GPa) を用いており，2 つの NMA とリンク機構及び四角型支持バネを含むステージ部は，全て一体にワイヤカット放電加工機と研削加工を用いて製作されている．また，実験時の NMA には共振ピークの振幅を抑制するため，ステンレスの拘束板(SUS304, 厚さ : 50 μm)と粘弾性体(IVY810 改 27, 大協技研工業) で構成される減衰機構が取り付けられている．

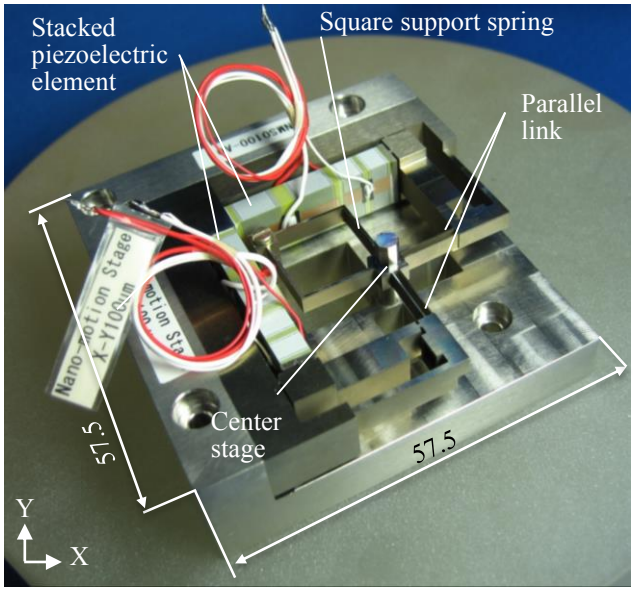


Fig.1 Structure of Nano-Motion Stage (NMS-S100)

３． NMS の周波数特性と制御系設計

NMS のモデル化を行うため，X 軸側 NMA の入力に対するステージにおける X 軸方向の周波数特性と Y 軸側 NMA の入力に対するステージおける Y 軸方向の周波数特性を測定し，それぞれを Fig.2, Fig.3 に示す．X 軸方向の共振角周波数は 5.5 kHz，Y 軸方向は 5.1 kHz で，両軸共に 2 次遅れ要素の周波数特性で表現することができる特性を有している．次に，各軸共に(1)式のようなモデル化を行った．ここで，K ：ゲイン，ζ：減衰係数，ω_n：共振角周波数である．各パラメータは，X 軸において$K_X = 43$，$\zeta_X = 0.17$，$\omega_{nX} = 5500 \times 2\pi$，Y 軸において$K_Y = 43$，$\zeta_Y = 0.15$，$\omega_{nY} = 5100 \times 2\pi$とした時，Fig.2, Fig.3 の破線で示すような特性を示し，各軸の周波数特性と比較して正確にモデル化できていることを確認した．また，試作した NMS の X 軸と Y 軸は，加工誤差等の影響により共振角周波数に 400 Hz の差異があり，両軸を同時に動作させた場合に互いに干渉することが懸念されていた．しかし実際に同時に動作させた場合には，共振角周波数は引き込みと呼ばれる現象が現れ，各軸ともに 5.1 kHz で一致し，制御上の影響はなかった．

$$P(s) = \frac{K\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \qquad (1)$$

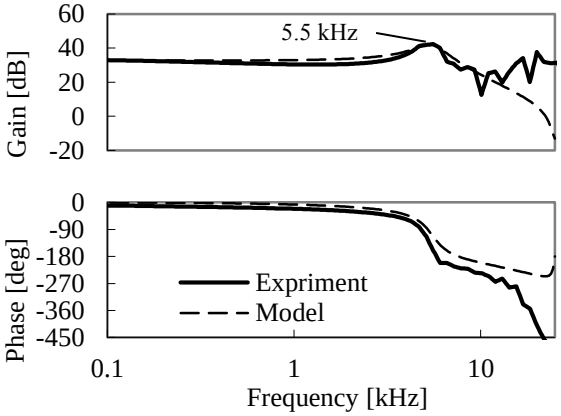


Fig.2 Frequency responses of X-axis direction

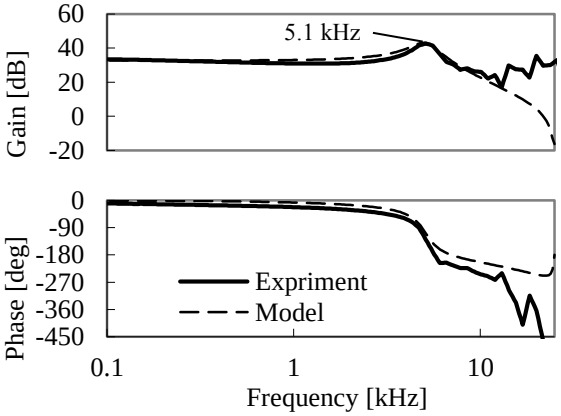


Fig.3 Frequency responses of Y-axis direction

NMS の位置決めには，(2) 式に示される PID コントローラを各軸に対し独立で設計し，ゲイン交差周波数が 1 kHz となるように各パラメータを調整し，コントローラのサンプリング周波数は 50 kHz とした．

$$C(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + \frac{K_D s}{s + \alpha} \qquad (2)$$

ここで，K_p：比例ゲイン，K_i：積分ゲイン，K_D：微分ゲイン，L：定数ゲインを示し，α は微分器のローパスフィルタのカットオフ周波数である．

次に過渡特性を調べるために，各軸に対して 10 nm のステップ応答試験を行った．このステップ応答試験では，もう一方のステップ応答をしない軸に対して，常に現在位置に留まるように位置決め制御を同時に行い，外乱に対する応答を示している．Fig.4 には X 軸，Fig.5 には Y 軸に目標値 10 nm を入力したステップ応答の結果を示す．Fig.5 の X 軸の結果より，オーバーシュート 9 %を許容した場合，立ち上がり時間は 0.25 ms となった．この時，Y 軸は最大 0.57 nm の外乱応答が見られるが，軸間の相互干渉を考慮しなくてもナノメートル以下のレベルで位置決めできることを確認した．また，Fig.5 の Y 軸側の結果でもオーバーシュート 11 %，立ち上がり時間が 0.20 ms であった．また，この時，X 軸は最大 0.65 nm の外乱応答となり，両軸共に同等の特性が得られた．

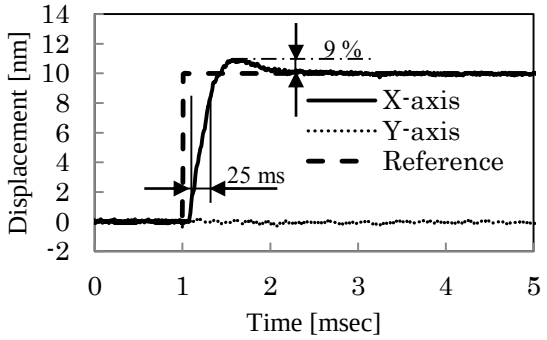


Fig.4 10nm step response of NMS for X-axis direction

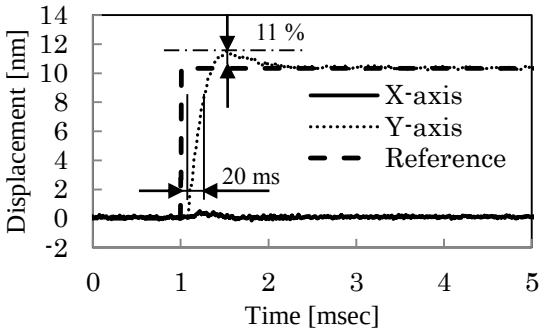


Fig.5 10nm step response of NMS for Y-axis direction

XY 平面内の位置決め性能を評価するため，リサージュ円を描かせる測定を行った．一般にリサージュ円とは，X 軸と Y 軸方向において、それぞれ正弦波と余弦波を目標値として入力し、動作させた場合に XY 平面上に起こる円軌跡を示す．測定時，リサージュ円の直径が 10 nm になるよう 10 Hz の正弦波と同期する余弦波の指令電圧をそれぞれ X 軸と Y 軸に加え，その真円度を評価することで XY 平面内における位置決め精度を調べた．Fig.6 の結果から基準となる真円(白破線)を中心に測定データがほぼ均一に分布しており，XY の同一平面内でナノメートルレベルの位置決め動作が実現できることを確認した．

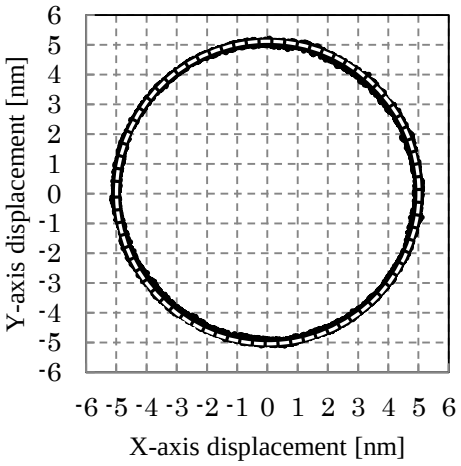


Fig.6 Lissajous circle of 10nm diameter for planar motion

４．まとめ

X 軸と Y 軸で構成される同一平面上において高速で高精度な位置決めを可能とする新しい機構，Nano-Motion Stage について検討した．NMS は，ゲイン交差周波数 1 kHz と高速な応答性を有し，独立して設計された PID コントローラを適用しても各軸の動作によって生じる振動外乱を抑制し，ナノメートルレベルの位置決め精度を高速で実現できることを示した．今後，リサージュ円の描写速度を高め，追従性と 100 μm×100 μm の大きな走査領域を持ちながら位置決め分解能を高めていく．また，走査型プローブ顕微鏡では，XY 方向に走査時の Z 方向変動について重要な技術課題となってきており，開発を継続し，検討を進める．

文　　献

[1] A. Sakurada, S. Mori, A. Naganawa, Y. Shibuya and G. Obinata : “Nano-Motion Stage of Precise Positioning on In-Plane Motion”, Proceedings of SICE Annual Conference 2013, pp.2136-2137, (2013).

[2] 櫻田陽，荒川亮，森英季，長縄明大，渋谷嗣，大日方五郎: “積層型圧電素子を用いたアクチュエータにおける位置決め精度による縦真直への影響”, 2013 年度精密工学会秋季大会・講演論文集 CD-ROM, I09 pp.449-450, (2013).

[3] 櫻田陽，森英季，長縄明大，渋谷嗣，大日方五郎: “同一平面内を高速位置決めする Nano-Motion Stage”, 第 22 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム・講演論文集，19A2-2, pp.36-39, (2010) .

半導体スピンデバイスの基盤技術開発（第 3 報）

スピン応用グループ　　鈴木淑男、経徳敏明
木谷貴則、神田哲典

Development of Basic Technology for Semiconductor Spin-Devices [3]

Spin-Application Devices Group
Toshio SUZUKI, Toshiaki KEITOKU, Takanori KIYA, Tetsunori KODA

抄録

半導体スピンデバイスにおける基盤技術の研究開発を行っている。昨年度見出した Si 基板表面の清浄化技術により、今年度、MgO/Si 界面で初めて格子整合したエピタキシャル構造の形成に成功した。また、イットリウム鉄ガーネット薄膜のスピンデバイスへの応用を目指し、その薄膜作製と磁気抵抗効果について検討を行った。

［キーワード：スピントロニクス、スピン注入、シリコン、イットリウム鉄ガーネット］

Abstract

The research and development of basic technology for semiconductor spin-devices has been carried out in the 3rd year of the five years project. In this annual, an epitaxial growth of MgO has been successfully achieved for the first time on the Si(001) with the clean surface prepared by the purification method developed in the last annual. Aiming at the application of an $Y_3Fe_5O_{12}$ (YIG) thin film to spin-devices, preparations and magnetoresistance effect of the film were investigated.

[Key words: Spintronics, Spin injection, Silicon, $Y_3Fe_5O_{12}$]

１．はじめに

巨大磁気抵抗効果(GMR)の発見と室温トンネル磁気抵抗効果(TMR)の発見に端を発し、スピンエレクトロニクス(別称、スピントロニクス)と呼ばれる研究分野が注目を集めている [1]。産業としても、ハードディスクドライブ用の再生ヘッド、高感度磁気センサー、磁気ランダムアクセスメモリー(MRAM)へと応用範囲を広げ、市場のさらなる成長が期待されている。また、半導体技術における微細化限界や消費エネルギー問題を打破する新現象の宝庫としても期待され、アクティビティーの非常に高い分野となっている。

本政策研究は、平成 18 年度から 22 年度の間に実施したスピンエレクトロニクスデバイス技術の研究開発を半導体分野に展開させるものである。既に、企業と大学との連携により、Si への室温スピン注入を世界に先駆け成功している [2, 3]。この技術の応用範囲を広げるとともに基盤技術として深化させ、延いては秋田県の産業経済基盤の再構成戦略に貢献することを目指し、研究開発を進めている。

今年度は、昨年度見出した Si 基板表面の清浄化技術を用いる Fe/MgO/Si 基板の積層構造の作製について検討を行った。また、県内企業の材料シーズを生かすスピンデバイスを目指しイットリウム鉄ガーネット薄膜の作製と磁気抵抗効果について検討を行った。前者については鈴木、後者については神田が検討結果をまとめる。

２．″Fe/MgO/Si 基板″積層構造の作製

半導体スピンデバイスにおいて最も基本的でかつ重要な技術は、半導体にスピンを注入する技術である。

理論的にはトンネル障壁層を介することで磁性膜から半導体にスピンを注入できることが示されているが [4]、トンネル障壁層と半導体界面で起こるスピン緩和を抑制することは容易ではない。必要となる技術は、原子レベルの平坦性と清浄性を実現する半導体表面の形成技術と電子のコヒーレンシィを維持する積層膜の設計技術である。

昨年度、Si基板の表面処理に関する基礎的な検討を行い、再現良く優れた清浄面を形成できる新しい表面処理法を見出した。この表面処理法を用い、今年度、スピン注入源となるFe/MgO/Si基板構造の作製について検討した。

図1は、通常のHF処理により作製したSi表面にMgO、Feを順次積層した試料の面内X線回折測定の結果である。また、図2は新処方により作製したSi表面上に同じ層構造で積層した試料の結果である。これらの回折パターンから判明したMgO/Si界面における面内原子配列を図4に示す。MgO/Si界面においては、cubic on cubicと呼ばれる成長により-22.4%と大きな格子不整合を示す図4(a)の配列になることが知られており [5]、図1のHF処理したSi表面上のMgO膜はこの面内原子配列（非整合配列）となる。一方、新処方により得られたSi表面上のMgO膜は図4(b)の面内原子配列（整合配列）となる。すなわち、新処方を用いることにより、界面で格子が整合するエピタキシャル構造が実現できることを見出した。なお、表面処理法によっては、図3に示すように、非整合配列と整合配列が混在した構造となる。整合配列の実現のための条件としては、図1,2,3に対する試料の透過電子顕微鏡による観察の結果から、Siの表面平坦性が重要な因子の一つであると考えている。

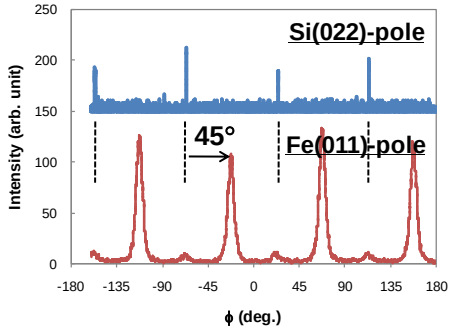


図 1　HF 処理 Si 上の Fe/MgO/Si 積層

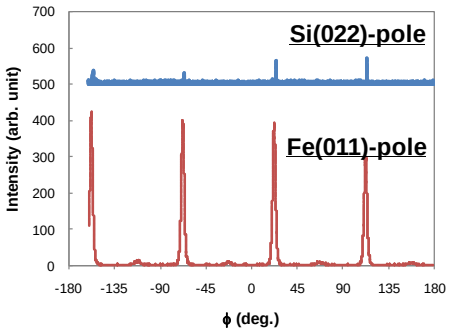


図 2　新処方による Fe/MgO/Si 積層膜

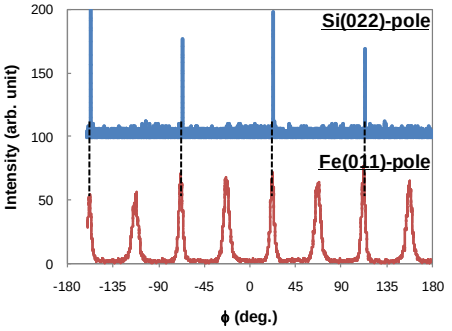


図 3　条件検討中の Fe/MgO/Si 積層膜

上記のような界面における原子配列の違いは界面準位に大きな影響を与え、ひいてはスピン注入効率にも影響すると予想される。昨年度からMBE装置内で試料の表面ポテンシャルを測定する検討を行っているが、この測定により、整合配列表面と非整合配列表面で表面ポテンシャルに有意差が観測されている。さらに表面ポテンシャルのMgO膜厚依存性が異なるとの結果も得ている。今後、この結果の解析を進めると同時にスピン注入特性への影響を明らかにし、高効率のスピン注入するための積層膜の設計技術を開発したいと考えている。

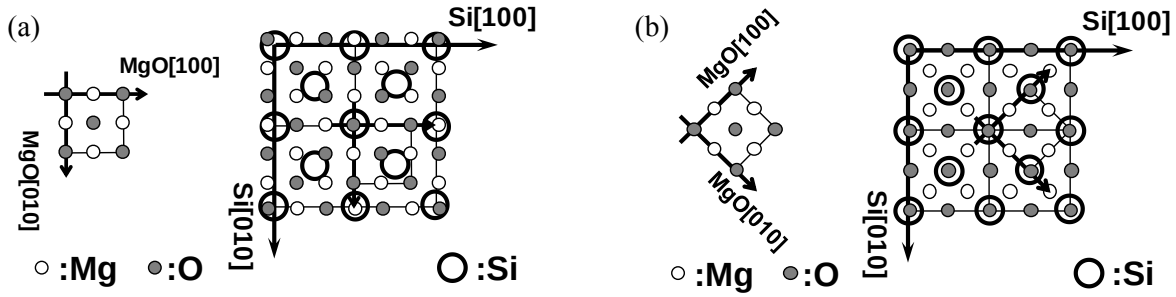


図 4　MgO/Si 基板界面における面内原子配列の模式図。(a)：MgO[100](100)/Si[100](100)構造（非整合配列）、(b)：MgO[110](100)/Si[100](100)構造（整合配列）。

３．イットリウム鉄ガーネット薄膜の検討

強磁性絶縁体であるイットリウム鉄ガーネット（$Y_3Fe_5O_{12}$ 以下 YIG と称す）は赤外領域において大きな磁気光学効果を持つことが知られており、この特徴を利用して光サーキュレーター等の光通信用途に利用されている。また、この材料の磁気ダンピング定数は、強磁性遷移金属・合金よりも数桁低いという特徴がある。この長所を活かして強磁性共鳴現象を用いたスピンポンピングによるスピン注入、スピン波を利用した絶縁体でのスピン情報の伝達等の興味深い現象が近年報告されており [6]、スピントロニクス分野においても注目されている材料である。さらに、この材料は高いスピンフィルター効果を示す可能性があることが電子構造の理論計算から指摘されているが [7]、YIG を磁気抵抗素子の強磁性層に用いた試みは報告されていない。YIG を用いた磁気抵抗素子が実現すれば、YIG の特徴である低磁気ダンピング定数を活かした発振素子として高周波デバイスへの展開も期待できる。そこで、このような応用を念頭に、今年度 YIG 薄膜を検討した。

試料は水素終端化処理を施した cz-Si 基板上に DC 及び RF マグネトロンスパッタ法を用いて作製された。基本膜構造は、YIG/MgO/Cu/Si 基板とした。試料の構造解析を X 線回折法（XRD）により評価した。多層膜における電気伝導特性を、フォトリソグラフィー法と Ar ミリング法を組み合わせた微細加工プロセスで作製した試料を用いて 4 端子法により評価した。

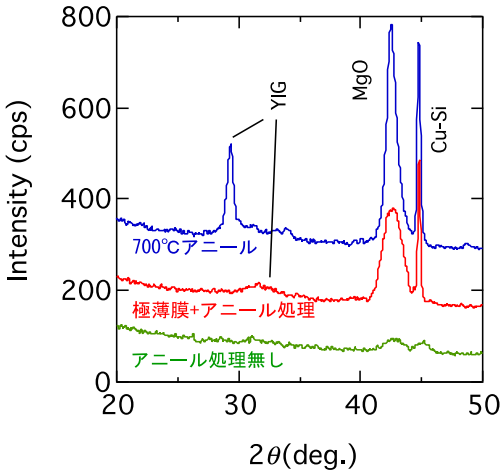


図 5　YIG 薄膜における XRD パターン

図 5 に幾つかの成膜条件及び膜構造の XRD パターンを示す。薄膜プロセスで作製された YIG は非晶質であることに起因して非磁性体である為、YIG を強磁性体にする為の結晶化アニール処理が必要となる。本検討では、使用したスパッタ装置の基板加熱機構における最高到達温度である 500℃で成膜中あるいは成膜後のアニール処理を実施した。膜厚 30nm の YIG を成膜した後にスパッタ装置内で 500℃のアニール処理を施した試料の XRD パターンはアニール処理前と同様に YIG が非晶質であることを示し、本作製条件で得られた YIG においてはアニール処理温度が不充分であることがわかった。そこで、極薄膜で下地膜の結晶性を反映する固相エピタキシャル成長による結晶化を検討する為、MgO 下地膜上に YIG を 1-3nm 成膜し 500℃で 2 時間アニール処理を施すプロセスを繰り返し実施しながら YIG の総膜厚が 25nm になるまで成膜を繰り返す試料を作製した。図 5 に示すように、この手法では YIG の結晶化の兆候を示すピークが確認され、この手法が結晶化を促進する方法として有効であることが示唆された。一方、成膜後にスパッタ装置から取り出して真空均温熱処理炉を利用して 700℃でアニール処理を実施した試料の XRD パターンでは、図 5 に示すように、YIG に起因する明瞭なピークが確認される。即ち、アニール処理温度が 700℃程度であれば充分に結晶化することが本検討から明らかになった。

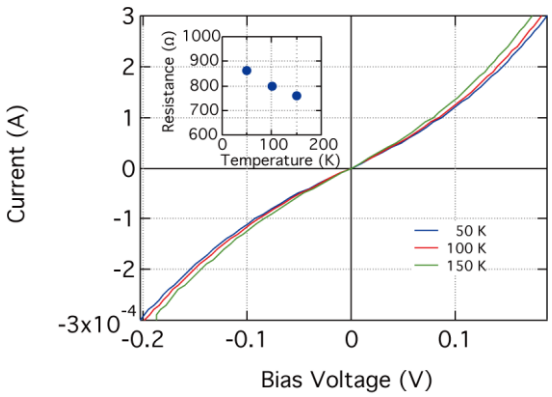


図 6　YIG をトンネル障壁層に用いた TMR 素子の電気伝導特性の温度依存性

次に、磁気抵抗効果を評価する為、TMR 評価用の多層膜を作製した。素子膜構造は、Ta/Cu/YIG(3nm)/MgO(1nm)/Fe/MgO/Cu/Si 基板とした。TMR 評価用の試料には、YIG を成膜した後に 500℃で 10 時間アニール処理を施した多層膜を用いた。図 6 にはこの多層膜から作製した TMR 素子の電気伝導特性の温度依存性

を示す。トンネル障壁層である MgO と YIG（強磁性トンネル障壁）の総膜厚が 4nm と厚い事に起因して素子抵抗は数 kΩ と高く、トンネル伝導の特徴である非線形な特性を示す。これは、図 6 の挿入図のように、温度の上昇と共に素子抵抗が下がることもわかる。図 7 には、このような電気伝導特性を示す試料の 50K における磁気抵抗測定結果の一例を示す。残念ながら本年度作製した試料において、磁気抵抗効果は観測されなかった。YIG のスピンフィルター効果が低い可能性もあるが、アニール処理温度不足に起因して YIG が強磁性になっていないことが原因と考えている。ごく最近、酸素プラズマ処理によって極薄非晶質酸化物薄膜を結晶化する方法が報告されており [8]、このような新規プロセスを今後検討し、低温での YIG 結晶化を実現したい。あわせて、単層の YIG を結晶化させる条件は本検討で得られているので、単層での用途展開も図りたい。

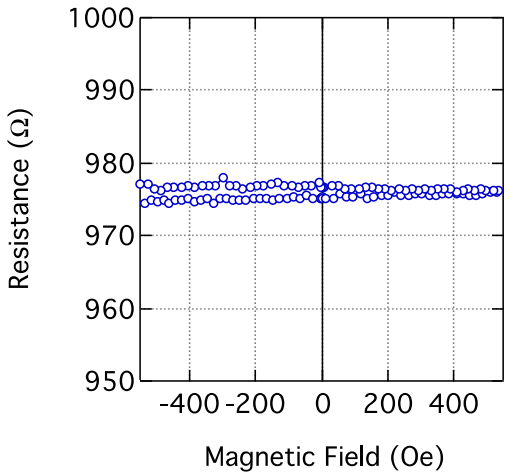


図 7　YIG をトンネル障壁層に用いた TMR 素子の 50K における磁気抵抗曲線

謝辞

本研究を実施するに当たり、真空均温熱処理炉使用に際して、秋田大学理工学部物質科学科石尾研究室のご支援を頂きました。また、電気伝導特性の評価は東北大学金属材料研究所全国共同利用制度を利用して実施されました。ここに厚く感謝の意を表します。

文　献

[1] http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2007/
The 2007 Nobel Prize in Physics goes to Albert Fert and Peter Grünberg "for the discovery of giant magnetoresistance".

[2] T. Suzuki, T. Sasaki, T. Oikawa, M. Shiraishi, Y. Suzuki, and K. Noguchi, “Room-Temperature Electron Spin Transport in a Highly Doped Si Channel”, *Appl. Phys. Express*, **4** (2011) 023003.

[3] 秋田魁新報, “電子「スピン」の情報伝達, 世界初 常温でも実証. 県産総研や TDK, 阪大”, 第 1 面, 2011 年 3 月 11 日.

[4] A. Fert and H. Jaffres, “Condition for Efficient Spin Injection from a Ferromagnetic Metal into a Semiconductor”, *Phys. Rev.* B **64** (2001) 184420.

[5] S. Kaneko, H. Funakubo, T. Kadowaki, Y. Hirabayashi, K. Akiyama, “Cubic-on-cubic growth of a MgO(001) thin film prepared on Si(001) substrate at low ambient pressure by the sputtering method”, *EPL*, **81** (2008) 46001.

[6] Y. Kajiwara, K. Harii, S. Takahashi, J. Ohe, K. Uchida, M. Mizuguchi, H. Umezawa, H. Kawai, K. Ando, K. Takanashi, S. Maekawa, and E. Saitoh, : “Transmission of electrical signals by spin-wave interconversion in a magnetic insulator”, *Nature*, **464** (2010) 262-266.

[7] J. Inoue : “Spin-transfer torque in magnetic junctions with ferromagnetic insulators”, *J. Appl. Phys.*, **111**, (2012) 07C902.

[8] S. Mitani, J. Koo, and H. Sukegawa : “Plasma-assisted crystallization of tunnel barriers: A new route for fabricating epitaxial magnetic tunnel junctions”, The 8th symposium on metallic multilayers, P-75.(2013).

液晶マイクロレンズアレイによる配光制御デバイスの開発

オプトエレクトロニクスグループ　梁瀬 智、内田 勝、葉 茂、王 濱
ナノデバイスグループ　近藤祐治

Development of a light distribution control device using liquid-crystal

Opto-electronics Group　Satoshi YANASE, Masaru UCHIDA
Mao YE, Bin WANG
Nano Devices Group　Yuji KONDO

抄録

液晶レンズの新たな応用分野の開拓の一つとして、電極サイズを数百ミクロンオーダー以下にした”液晶マイクロレンズ”を用いた配光制御デバイスの開発を行っている。マイクロレンズによる可変拡散効果を目指し、円形電極を規則配置することで実現される液晶マイクロレンズアレイを作製した。光学特性と拡散角の評価を行った結果、電極径 150 μm でレンズパワー2000 1/m が得られ、6.8 度の拡散角を示した。また光偏向デバイスの実現を目指してスリット電極を用いた液晶シリンドリカルレンズアレイを作製した。その干渉縞観察から一方向に傾いた光学位相差分布の形成が確認できた。また駆動条件により勾配をさらに大きくできることがわかった。これらいずれの液晶デバイスも駆動条件の制御によって拡散角や偏向角が連続的に変化することも確認できた。

[キーワード：液晶、マイクロレンズアレイ、シリンドリカルレンズアレイ、配光制御、光拡散、光偏向]

Abstract

Development of a light distribution control device using a liquid-crystal (LC) micro-lens-array (MLA) has started as a new application of the LC lens. In order to obtain variable light diffusion control, the LC-MLA has been fabricated with hexagonal-lattice-like hole-patterned electrode. As the results of the measurements, in the case of the LC-MLA with pattern diameter of 150 μm, it is obtained the lens power of 2000 1/m and the diffusion angle of 6.8 degree. For realization of a light deflection device, a LC cylindrical lens-array with slit electrodes has also been prepared. Optical phase retardation distribution with the gradient of one direction was shown in the interference fringe observation. The gradient of the optical phase retardation became large due to control of the driving condition of the LC lens. It was confirmed that each LC device can work the light diffusion or the deflection angle continuously with the driving condition of the LC device.

[Key words: liquid crystal, micro-lens-array, cylindrical lens, light distribution, diffusion, deflection]

１．はじめに

連続的な焦点変化が可能である液晶レンズは、近年 3 Vrms 程での電圧駆動が実現され小型撮像デバイスへの応用･搭載が期待されている[1]。また、レンズ径が数百ミクロン以下の “液晶マイクロレンズ” [2-3] に関しても、液晶レンズと同様に高抵抗層と第３電極を用いた構造とすることでレンズ特性の劣化を抑えながら

実用的な焦点可変範囲を拡大する提案と実証が行われている[4]。スリットパターン電極を用いた“液晶シリンドリカルレンズ”[5]についても、近年では 2D/3D 切替え素子への応用を目指した報告もされている[6]。液晶レンズでは撮像デバイスを中心とした応用が展開されてきたが、目的や用途に応じたサイズやデザインのレンズ・光学デバイスに展開していくことで、液晶光学素子の応用範囲を広げていくものである。

当センターでも、これまで撮像デバイスへの応用を目指しレンズ径がφ2 mm 程度の液晶レンズを中心に研究開発を行ってきた。今年度は液晶レンズの応用分野を広げる試みとして、レンズ径が数百ミクロン以下である”液晶マイクロレンズ”を照明分野へ応用するための検討を始めた。液晶マイクロレンズはレンズ径が小さいため大きなレンズパワーを持ち、アレイ配置による大面積化も容易であることから、照明光の拡散や偏向などを実現する光制御デバイスとしての応用を目指す。今回は２種類の液晶レンズデバイスについてサンプルの作製･評価を行った。一つは高抵抗層と第３電極を持つ液晶マイクロレンズアレイ（以降 LC-MLA）である。レーザ光の散乱効果に関する報告はされているが[7]、一般照明光の拡散効果についてはまだ検証結果がないので、これらの駆動条件によるレンズ特性と拡散効果の基礎特性の評価を行った[8]。また、もう一つのデバイスとして２組のスリット電極アレイによる液晶シリンドリカルレンズアレイを作製し、光偏向効果を検討するための基礎評価を行った[9]。

２．液晶マイクロレンズアレイによる光拡散

(1)試作・実験方法

高抵抗層と第３電極を有するLC-MLAの電極構成を図１に示す[4]。一方にCr膜、他方にITO膜を持つガラス基板を用い、Cr膜上に150 μm径の円形パターンを180 μmピッチで六方格子状に並べて形成し、絶縁層(SiO_2)及び高抵抗層(ZnO-Cu_2O)を積層成膜してパターン電極基板とした。ITO膜はそのまま第３電極として用いた。対向電極のITO基板とパターン電極基板の間に50 μm径のボールスペーサを挟み、屈折率異方性Δn: 0.3のネマティック液晶を注入してセルを作製した。

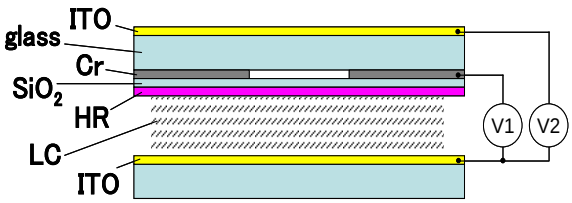


図１　高抵抗膜と第３電極を持つ液晶マイクロレンズアレイの構造.

矩形波電圧の駆動周波数および電圧を変えて透過光の干渉縞パターンの観察を行うことで高抵抗膜の効果を評価した。He-Neレーザ(λ:632.8 nm)とビームエキスパンダを用いた平行光を光源とした。また、LC-MLAによる拡散効果を調べるために、ライトガイドを使ってハロゲンランプの光をLC-MLAへ入射し、その透過光をCMOSカメラで観察した。ここでLC-MLAの直前にφ1mmのピンホールを置くことでライトガイドからの入射光を制限し、観察領域が明瞭になるようにした。

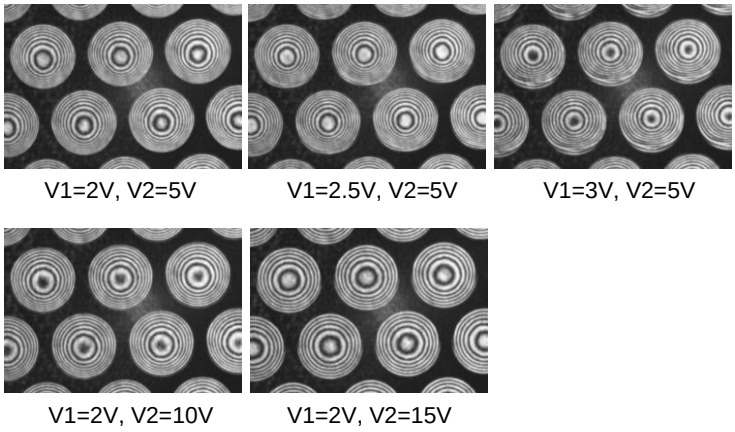


図２　種々の駆動電圧での LC-MLA の干渉縞パターンの様子

(2)結果と考察

試作したセルでは 2 kHz での駆動が最適

であると判断された。種々の駆動電圧で得られた LC-MLA の干渉縞パターンの様子を図２示す。ここで V1 よりも V2 の値が比較的高めであるのは、ITO 電極と液晶層の間にガラス基板を介しているためである。V1= 3 V_{rms}, V2= 5 V_{rms} では、画面上でパターン電極の下側に干渉縞の歪みが生じている様子が観察できる。同じ傾向が V1= 2.5 V_{rms}, V2= 5 V_{rms} でも見られるが、高い V1 電圧の印加により、基板配向と電界方向の関係からディスクリネーションが発生したものである。一方、より印加電圧が低い V1= 2 V_{rms}, V2= 5 V_{rms} では上下方向での非対称性は見られるものの、著しい歪みは見られない。V2 を増加することで干渉縞の次数は減るが対称性は改善されることが確認できた。これらの干渉縞パターンからレンズパワーと RMS 誤差を算出して評価して、その関係を図３にまとめた。Fig. 2 の干渉縞パターンを観察した傾向が顕著に示されているが、この様に極端な特性を示すのはディスクリネーションの発生の有無によってレンズ特性が大きく変わるためと思われる。パターン電極電圧 V1= 2 V_{rms} として V2 を制御すればレンズパワー2000 1/m まで収差が小さい状態でレンズパワーを可変できることが示されている。

次に得られた駆動条件でレンズパワーを変化させて､LC-MLA を通る白色光の透過光のパターンを観察した。入射光の偏光方向はラビング方向に合せた。図４にはレンズパワーに対する観察パターンの FWHM (Full Width Half Maximum) と拡散角の関係を示す。電圧無印加で観察されるパターンの FWHM が約 1 mm であるが、LC-MLA を機能させてレンズパワーを増加すると FWHM が大きくなる様子が確認できた。またレンズパワーが 2000 1/m 程で FWHM が 5 mm 以上に広がり、拡散角として約 6.8° が得られた。レンズ径を縮小することでレンズパワーを大きくすれば、拡散角もさらに増加すると推定される。

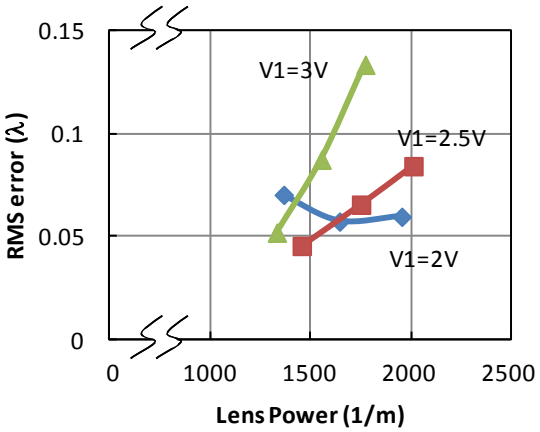


図３　LC-MLA のレンズパワーと RMS 誤差の関係

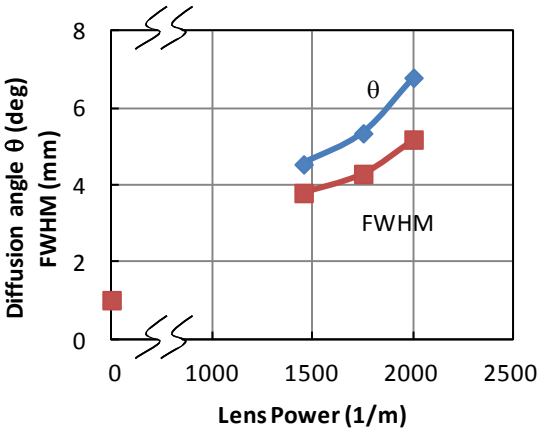


図４　LC-MLA の拡散角および FWHM のレンズパワー依存性

３．スリット電極型液晶シリンドリカルレンズアレイによる光偏向

(1)試作・実験方法

スリット電極は Fig. 5 に示すように電極 V_A と V_B からなり、電極線幅 10 μm、スリット開口幅 50 μm、ギャップ 10 μm、ピッチ 80 μm とした。ITO 基板にこれらのパターンを形成し、その上に絶縁層（SiO_2）と高抵抗層（ZnO-Cu_2O）を積層成膜してスリット電極基板とした。対向電極には平板 ITO 基板を用いて液晶層厚 38 μm（MLC-6080）のセルを作製した。ラビング方向はスリット長手方向とした。

(2)結果と考察

He-Ne レーザ(λ:543.5 nm)を光源に用いた干渉縞パターンの観察から図５の光学位相差分布を得た。スリット開口の中心位置が横軸のゼロ、電極 V_B が左端、V_A が右端の位置に相当する。V_A と V_B に同じ電圧を印加した場合（図６(a)、駆動条件；26 kHz、V_A= V_B = 3 V_{rms}）は通常のレンズ特性を示す分布が得られ、レンズパワーは約 4800 1/m であった。V_A と V_B に異なる印加電圧（1.3 kHz、V_A = 8.1 V_{rms}、V_B = 0 V_{rms}）を加えると、光学位相差分布は図６(b)に示すように開口の端（V_B）からもう一方（V_A）に至るまで単調変化となった。さらには、駆動電圧の位相差を 180° に設定する（1.3 kHz、V_A = 8.1 V_{rms}、V_B = 2.7 V_{rms}）ことで、光学位相差分布の勾配を大きくすることができた（図６(c)）。

この液晶シリンドリカルレンズアレイにハロゲンランプ光を入射して偏向特性を確認したところ、偏向角は光学位相差分布とほぼ比例の関係にあることがわかった。また図６(b)の駆動条件で約 4.4 度、図６(c)の駆動条件では 9.5 度の偏向角が確認できた。

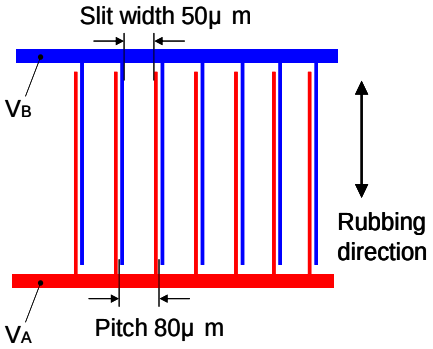


図５　液晶シリンドリカルレンズアレイのスリットパターン電極構造

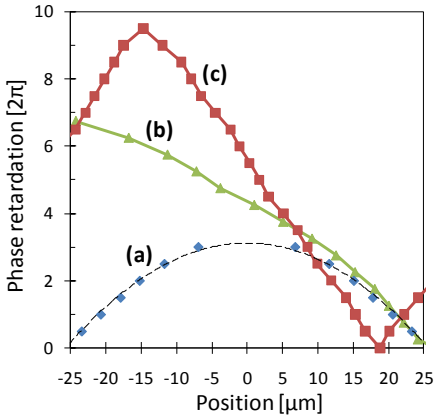


図６　駆動条件(a), (b), (c)での光学位相差分布

４．まとめ

高抵抗層と第３電極を有する液晶マイクロレンズアレイを作製し、最適な駆動条件を調べた。また白色光に対する拡散特性を観察し、レンズパワーが大きいほど拡散効果も大きくなることがわかった。またスリット電極型液晶シリンドリカルレンズアレイにおいて一方向に傾いた光学位相差分布が得られ、光偏向デバイスとしての動作も確認できた。

まだ期待される効果に対して、デバイスの変化量が小さく、さらなる変化量の増大が必要である。また LED 光源等との組み合わせにより、配光特性を可変制御できる照明装置の実現に向けた検討も行う予定である。

文　　献

[1] M.Ye, B.Wang, M. Uchida, S.Yanase, S. Takahashi, M. Yamaguchi and S. Sato: Jpn. J. Appl. Phys. 49, 100204 (2010).

[2] T. Nose and S. Sato: Liq. Cryst. 5, 1425 (1989).

[3] S. Masuda, S. Fujioka, M. Honma, T. Nose and S. Sato: Jpn. J. Appl. Phys. 35, 4668 (1996).

[4] 梁瀬, 内田, 葉, 王, 高橋, 佐藤：第 73 回応用物理学会学術講演会予稿集 , 13p-F3-6 (2012).

[5] Z. He, T. Nose and S. Sato: Jpn. J. Appl. Phys. 33, 1091 (1994).

[6] 梁瀬, 内田, 葉, 王, 高橋, 佐藤：第 60 回応用物理学会春季学術講演会予稿集 , 30a-PA1-2 (2013).

[7] 能勢, 佐藤：テレビジョン学会論文誌 , 47, 88-93 (1993).

[8] 梁瀬, 内田, 葉, 王：2013 年日本液晶学会討論会予稿集, PB22 (2013).

[9] 内田, 梁瀬, 王：第 61 回応用物理学会春季学術講演会予稿集 , 18-PA10-2 (2014).

超臨界発泡成形による長炭素繊維補強プラスチックの次世代輸送機への適用に関する研究（第２報）

複合材料グループ　　木村　光彦、工藤　素、藤嶋　基、野辺　理恵

Study on Application of Next Generation Transport of Long-Carbon-Fiber Reinforced Plastic on Microcellular Injection Molding [2]

Composite Material Technology Development Group

Mitsuhiko KIMURA, Makoto KUDO, Motoi FUJISHIMA, Rie NOBE

抄録

超臨界発泡射出成形は、超臨界状態の高圧ガス（超臨界流体）を樹脂に溶解させ、微細な発泡成形品を得る。これにより、軽量化、寸法安定性、形状安定性が向上されるが、力学特性、外観性の低下が課題となっている。一般的に熱可塑性プラスチックの補強はガラス繊維や炭素繊維を用いており、繊維長が長いほど補強効果は高い。しかし、射出成形時に繊維が破断されることから長繊維を保持したまま成形体を得ることは難しい。そこで本報では、繊維補強ナイロンの超臨界発泡射出成形において、成形条件が軽量化率、力学特性および発泡構造に与える影響について検討した。その結果、超臨界流体の添加によって軽量化が可能となり、引張強さは低下するが、シャルピー衝撃強さは低下を抑制できることが分かった。

[キーワード：超臨界発泡成形、繊維補強プラスチック、軽量化率、力学特性、発泡構造]

Abstract

Microcellular injection molding uses high pressure gas in supercritical state as a foaming agent. Thus, it improves characteristics such as light weight, dimensional and morphological stability. However, there are also problems about mechanical properties and appearance. Generally, glass-fiber and carbon-fiber are used for reinforcement of thermoplastics. The longer fibers provide higher mechanical properties. Although it is difficult to maintain fiber length because long fibers are chopped in molding process. Therefore, in this study, effects of microcellular injection molding conditions on weight reduction rate, mechanical properties and foam morphology were investigated, using fiber-reinforced polyamide. As a result, the addition of supercritical fluid made weight reduction, tensile strength decrease and inhibition of charpy impact strength decrease.

[Key words: microcellular injection molding, fiber reinforced plastic, weight reduction rate, mechanical properties, foam morphology]

１．はじめに

昨今の地球温暖化防止に向けた CO_2 削減対策や原油価格の高騰等により、自動車の燃費向上技術は大幅な改善が必要とされている。自動車の燃費向上技術に限らずエネルギー効率を改善するためには、構成部材の軽量化技術は重要な研究課題と考える。自動車の軽量化によって得られる燃費効果は、エンジンの効率改善、あるいは次世代自動車 HV/PHV/EV におけるモーターのロス低減などに大きな効果が期待される。

炭素繊維強化プラスチック（CFRP）は比強度や比剛性が高く、軽量化が可能となることから航空機や自動車等への利用が拡大してきている。しかし、一般的にエポキシ樹脂系等の熱硬化性プラスチックの硬化・成形時間が長く自動車部材のような量産性を求められる部材に使用することは難しいことが課題となっている。一方、熱可塑性プラスチックは、自動車部材として広く利用されているが、その利用率は10%から大きく上がらないのが現状である。新たな部材として利用拡大を図るためには軽量化、力学特性、電気的特性、耐熱性等の付加価値をより高めることが必要と考える。

熱可塑性プラスチックの成形加工技術の一つである超臨界発泡射出成形法は、超臨界状態の高圧ガス（超臨界流体 SCF：Supercritical fluid）を樹脂に熔解させ微細な発泡成形品を得る。これにより、軽量化、寸法安定性、成形安定性が向上されるが、力学特性、外観性の低下が課題となっている。一般的にはガラス繊維や炭素繊維（チョップドファイバー）を用いて補強している。この繊維が長いほどその補強効果は高いが、射出成形時に繊維が切断されるため長繊維を維持した成形品を得ることが難しいことが課題となっている。

そこで本研究では、量産性に優れた射出成形技術の向上を目的に超臨界発泡成形法と長炭素繊維補強による軽量化・高強度となるプラスチック成形加工技術の確立を図り、さらに CFRP 成形部材と複合化（熱可塑性プラスチック材料／CFRP・ハイブリッド複合化）した次世代自動車へ適応する補強部材の複合化技術開発を行う。本報では、繊維補強ナイロンの超臨界発泡射出成形において、成形条件が軽量化率、力学特性および発泡構造に与える影響について検討した。

２．実験方法

２．１　材　料

成形材料は短ガラス繊維強化ナイロン66（GF/PA、東レ（株）製　アミラン　CM3001G30）および短炭素繊維強化ナイロン66（CCF/PA、東レ（株）製　トレカ　3101T30）とし、いずれも繊維含有量は30wt.%である。

２．２　超臨界発泡射出成形機および成形条件

超臨界発泡射出成形機は、射出成形機（日精樹脂工業（株）製　電動射出成形機NEX180Ⅲ-25E型、型締力180t）とSCF供給システムMuCell（Trexel 社製　SII-TRJ-10A型）で構成されている。超臨界発泡射出成形において微細発泡体を得るためには、発泡剤であるSCF濃度および気泡核生成を促す射出速度の最適化が重要である。そこで、SCF濃度（0.1～0.3%）と射出速度（30、50、70mm/s）を変化させ繊維補強ナイロンの超臨界発泡射出成形を行った。また、SCFは少量の添加で微細な気泡構造を形成できるため、一般的に広く使用されているN_2とした。

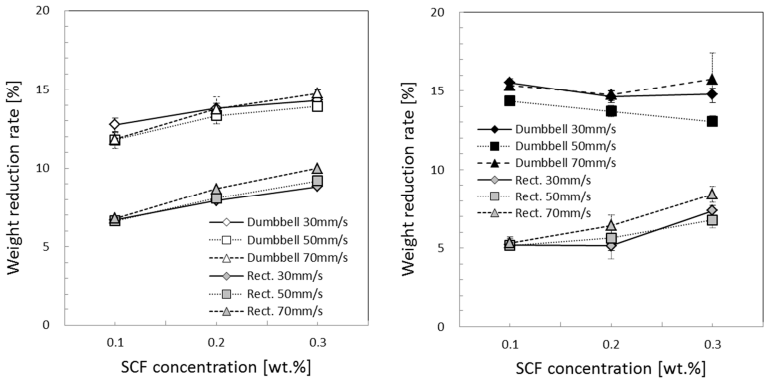
２．３　評　価

成形条件が軽量化率、力学特性および発泡構造に与える影響を検討するため、重量測定、引張試験、シャルピー衝撃試験および断面観察を行った。重量は電子天秤（メトラー・トレド（株）製　XS205DUV）で測定し軽量化率を算出した。引張試験はJIS K 7161に準じて万能材料試験機（インストロン社製　5967型）、シャルピー衝撃試験はJIS K 7111に準じてシャルピー衝撃試験機（上島製作所（株）製　U-F衝撃試験機）、断面観察はオプトデジタルマイクロスコープ（オリンパス（株）製　DSX500）を用いて行った。

３．実験結果および考察

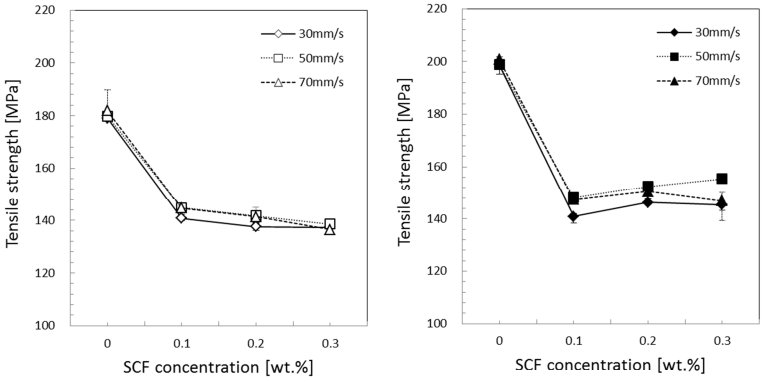
３．１　軽量化率

図 1 に SCF 濃度と軽量化率の関係について示す。GF/PA はダンベル形（引張試験用）および矩形（シャルピー衝撃試験用）ともに SCF 濃度の上昇とともに軽量化率が上昇した。一方、CCF/PA は SCF 濃度の上昇とともにダンベル形の軽量化率は低下したのに対し、矩形の軽量化率は上昇した。また、どちらの材料においても矩形よりもダンベル形の軽量化率が高かった。このように、成形品形状による流動長および繊維の種類による流動性の違いが軽量化率に影響を及ぼすことが分かった。今後、SCF 溶解度に対するシリンダ内圧の影響を調査し、軽量化率と成形条件の検討を行う予定である。



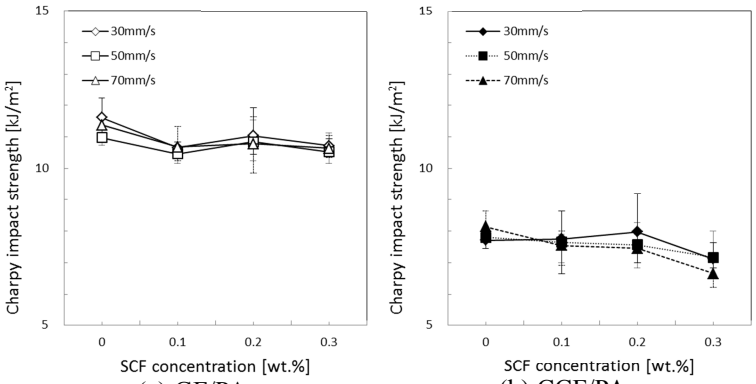
(a) GF/PA　(b) CCF/PA

図 1　SCF 濃度と軽量化率



(a) GF/PA　(b) CCF/PA

図 2　SCF 濃度と引張強さ



(a) GF/PA　(b) CCF/PA

図 3　SCF 濃度とシャルピー衝撃強さ

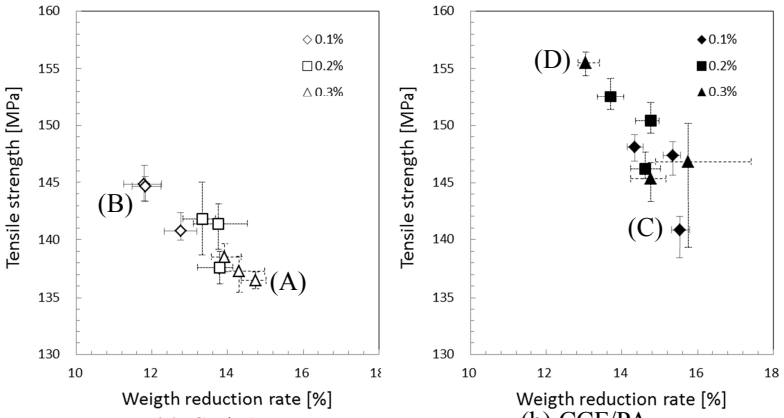
３．２　引張特性

図 2 に SCF 濃度と引張強さの関係を示す。GF/PA、CCF/PA ともに SCF を注入することでソリッド（未発泡体）と比較して強度が低下している。GF/PA は SCF 濃度の上昇とともに引張強さがわずかに低下したが、CCF/PA は SCF 濃度を上昇させても強度の低下はみられなかった。GF/PA は軽量化率が上昇したことから、気泡数の増加や気泡径の増大などの発泡構造の影響により引張強さが低下したと考えられる。一方、CCF/PA は軽量化率が低下したため、引張強さの低下が抑制されたと思われる。繊維の種類が SCF 溶解度および発泡構造に影響を及ぼしていることが示唆された。また、一般的に射出速度は気泡成長に影響を及ぼすとされているが、本報の条件では軽量化率、引張強さともに射出速度による影響はみられなかった。今後、引張特性と SCF 溶解度の関係について検討を行う。

３．３　衝撃特性

SCF 濃度とシャルピー衝撃強さの関係について図 3 に示す。GF/PA は SCF 濃度を上昇させても強度の変化はほとんどなかった。GF/PA は軽量化率が上昇しており、成形体内の気泡が衝撃を吸収して衝撃強度の低下

を抑制できたと考えられる。一方、CCF/PA は SCF 濃度 0.2%までは変化はみられないが、0.3%ではわずかに低下した。これは、SCF 濃度が適正値を超えたために発泡構造が変化し、衝撃強度の低下が起きたと考えられる。繊維の種類が SCF 溶解度および発泡構造に影響を及ぼしていることが示唆された。今後、SCF 溶解度について検討し、SCF 濃度と発泡構造および衝撃特性の関係について検討する。

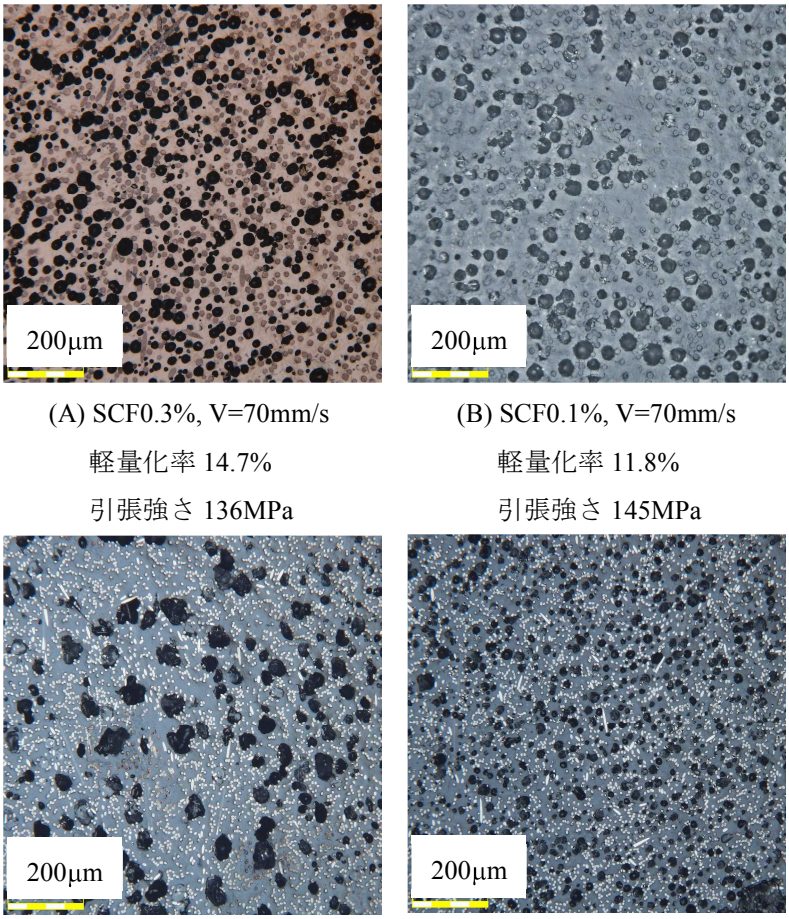


(a) GF/PA　(b) CCF/PA

図 4　軽量化率と引張強さ

３．４　発泡構造

図 4 に軽量化率と引張強さの関係を示す。GF/PA、CCF/PA ともに軽量化率の上昇に伴って引張強さが低下していることが分かる。図 4 の(A)、(B)、(C)および(D)における断面写真を図 5 に示す。軽量化率が高く、引張強さが低い発泡構造は、GF/PA では気泡径が小さく気泡数が多いが、連続気泡も確認でき、発泡が不均一であった。また、CCF/PA では気泡径が大きく不均一で、気泡数が少ない構造であった。このことから、不均一な気泡が引張強さ低下の要因と考えられる。また、気泡径、気泡数などの発泡構造はフィラーの種類によって異なることも示唆された。今後、発泡構造が力学特性に及ぼす影響について、さらに検討を加える。



(A) SCF0.3%, V=70mm/s
軽量化率 14.7%
引張強さ 136MPa

(B) SCF0.1%, V=70mm/s
軽量化率 11.8%
引張強さ 145MPa

(C) SCF0.1%, V=30mm/s
軽量化率 15.5%
引張強さ 141MPa

(D) SCF0.3%, V=50mm/s
軽量化率 13.1%
引張強さ 155MPa

図 5　断面写真

４．まとめ

超臨界発泡射出成形による GF/PA および CCF/PA の力学特性を評価した。今後、シリンダ内圧と SCF 溶解度について検討し、力学特性および発泡構造に及ぼす影響を調査する。また、発泡成形体の課題である外観性の向上について、金型温度制御による効果を検証する。

高度光計測技術の先端農業分野への応用

オプトエレクトロニクスグループ　山根治起
秋田県立大学 システム科学技術部　石井雅樹

Optical measurement and imaging technologies for advanced bio-agriculture

Opto-electronics Group　Haruki YAMANE
Akita Prefectural University　Masaki ISHII

抄録

高度の光計測技術を農業分野へ応用することで、農作物の品質管理の向上に繋がる新たな基盤技術の確立を目的とする。色彩測定あるいは可視・近赤外分光法により、農作物の観察(モニタリング)を行うことで、生育状況や成熟度合、さらには、生理機能を把握して、経験や勘に頼らない客観的かつ効率的な栽培手法に繋がる技術基盤(農作物の生産支援システム)を構築する。また、残留農薬などの極微量有害物質の検出や、高精度でのアレルギー検査が可能な新たな高感度バイオセンサを開発する。本研究の成果は、県内農業の持続的な発展、ならびに、県民の安全・安心・健康を支える技術基盤の確立に繋がるものと期待できる。
[キーワード：光計測技術、先端農業、可視・近赤外分光法、バイオセンサ]

Abstract

Optical measurement and imaging tools are useful for the development of advanced bio-agricultural technologies which promote a high quality agricultural production. For example, optical instrumentations such as colorimetric and visible/near-infrared (Vis-NIR) spectroscopic measurements suggest what the agricultural products are in the growing and the maturation conditions, and we can comprehend also the physiology function of the agricultural products. We will be able to propose an agricultural production support system, in which objective and efficient cultivation methods that require little experience and intuition are established. Furthermore, we investigated a new high sensitivity biosensor which can detect the ultralow volume toxic substances, such as residual agricultural chemicals, and can examine the allergens in high precision. These technological bases will support the continuous development of agriculture, and will ensure the safety, security and health of the people of our prefecture.
[Key words: Optical measurement and imaging, Advanced bio-agriculture, Vis-NIR spectroscopy, Biosensor]

１．はじめに

経済のグローバル化や人口減少、少子高齢化が進行する中にあって、農業経営においては、農産物の価格低迷による所得の低下、担い手の高齢化、さらには、耕作放棄地の増加など、様々な問題が深刻化しており、先行き不安や不透明感の増大は、農村の活力を低下させる要因となっている。さらには、世界的な穀物需給の逼迫や、食の安全・安心に対する関心の高まり、地球温暖化対策としての農地保全など、農業と農村を取り巻く状況は日々大きく変化している。県民さらに国民の生命を育む食料の安定生産、ならびに、豊かな自然環境の保全に繋がる農業の持続的な発展を支える技術の開発は、国内有数の食料供給県である秋田県が取

り組むべき極めて重要な研究課題と言える。

このような状況のもと、本研究課題では、高度の光計測技術を農業分野へ応用することで、農作物の品質管理の向上に繋がる新たな技術基盤の確立を目的として、以下の２項目に関する研究開発を実施している。

（１）光計測(モニタリング)技術による農作物の生産支援システムの構築

（２）表面プラズモン共鳴を利用した新たな高感度バイオセンサの開発

農作物の生産支援システムの構築では、色彩測定あるいは可視・近赤外分光法を用いることで、農作物の生育状況や成熟度合、さらには、植物の生理機能を把握することによって、経験や勘に頼らない客観的かつ効率的な農作物の栽培方法の提案に繋がる新たな技術基盤の確立を最終的な目標としている。一方、高感度バイオセンサの開発では、磁気光学効果を利用することで検出感度の向上を可能とする新規技術の提案を目指している。残留農薬などの極微量有害物質の検出や、高精度でのアレルギー検査が可能な新たなデバイスを開発し、県内企業等への技術移転を図ることを最終的な目標とする。

本研究課題での成果は、県内農業の持続的な発展、ならびに、県民の安全・安心・健康を支える技術基盤の確立に繋がるものと期待できる。

２．農作物の生産支援システム

2.1　光計測による農作物のモニタリング

農作物の価格低迷による所得の低下や担い手の高齢化など、本県を含めて国内の農業経営の先行きに対する不安が増大している現状にあって、経験や勘に頼ることなく高品質あるいは付加価値の高い農作物を生産できる栽培手法の確立が求められている。これに対して、光計測技術を用いることで農作物生産に係わる様々な観測(モニタリング)を行うことにより、農作物の生育状態や品質を高精度に評価・管理できるシステムを構築することが可能となる(図１)。収穫物一個から、圃場、さらには、地域全体の農業生産状態を把握することで、農作物の状態を観察しながらリアルタイムで栽培方法の最適化を図ることが可能となる。

本年度は、県果樹試験場の協力のもと（１）色彩測定によるりんごの収穫適期の判定、ならびに、（２）分光イメージングによる植物の光活性状態評価に関する検討を行った。

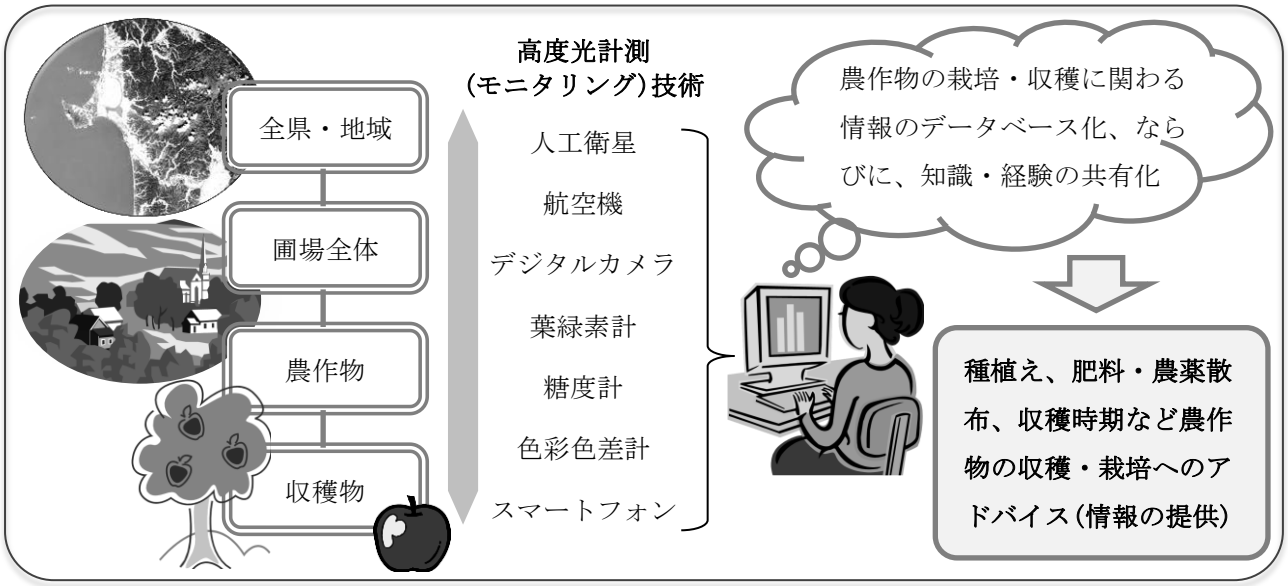


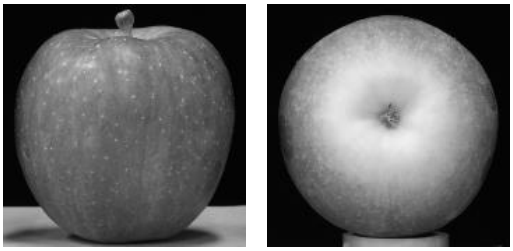
図１　光計測(モニタリング)技術による農作物の生産支援システム

2.2　色彩測定によるりんごの収穫適期判定

一般に、りんご等の果実の収穫適期は、果実の着色状態を品種ごとに用意されたカラーチャートと比較することで、目視によって判定される。これは官能検査であり、色の感じ方には個人差があるため、統一された判断基準とは言えない。果実の着色状態についての色彩情報を数値解析することにより、収穫適期の定量的な判定が可能となるものと考えられる。本研究では、専門家によって階級づけされたりんご（品種:やたか、図２）をデジタルカメラにより撮影し、通常のRGB色空間から、L*a*b*色空間[1]あるいはHSV色空間[1]に表色系変換して撮影画像の色彩解析を行うことで、客観的な収穫適期の判定手法の確立を試みた。

図３に、色彩測定によるりんごの成熟度合の解析結果を示す。一般に、赤色系のりんごでは、りんご下部の着色状態（地色）をカラーチャートと比較することで収穫適期が判定される。解析の結果、りんご側面の着色状態（表面色）と成熟度合とは相関係数（R^2）は0.6以下であり、判定指標としては不十分であったが、下部の地色とは、色度: a*および色相: Hに関して、成熟度合と比較的高い相関（$R^2 \sim 0.7$）が得られており、収穫適期の判断基準として利用可能であることが分かった。

今後、判定精度の向上、ならびに、圃場での判定性能の確認を行うことで、実際の収穫作業での利用を想定した携帯型の判定機器を開発していく予定である。



（a）表面色　　（b）地色

図２　りんご（品種：やたか）の表面色と地色

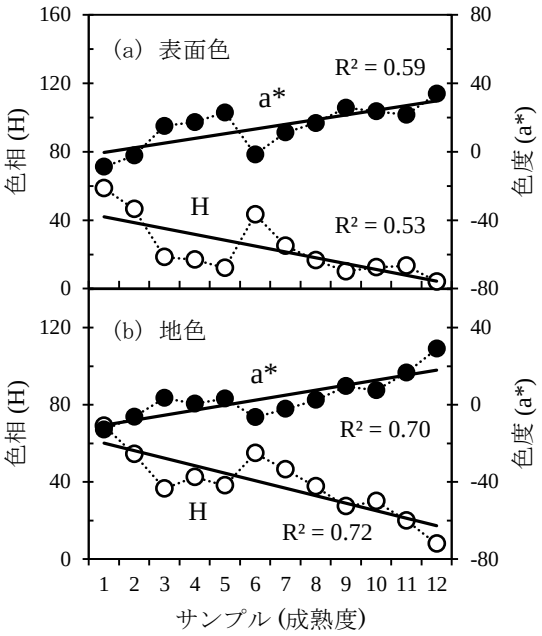


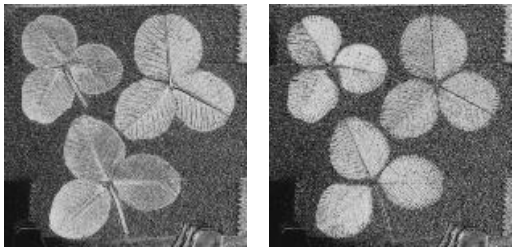
図３　色彩測定によるりんご（品種：やたか）の成熟度評価

2.3　分光測定による植物の光活性状態評価

植物は、葉の細胞中のクロロフィル（葉緑素）が青（440 nm 周辺）と赤（680 nm 周辺）の可視光を吸収することで光合成を行っている。一方、この２つの中間（550 nm 周辺）に少しだけ反射率が高い波長域があり、この波長が緑色のため、葉は緑色に見える。葉から反射される光強度を波長ごとに正確に数値情報として把握することができれば、植物の生育状態や生理情報を非破壊かつ客観的に評価することが可能となる。本研究では、冷却型・高感度カメラ（BITRAN BQ-73LN）と狭帯域のバンドパスフィルタを用いることで、植物の光活性状態を画像として捉えることが可能なシステムの構築を試みた。

分光植生指標[2]の一つである PRI（Photochemical reflectance index）を用いることで、三つ葉のクローバーの光活性状態の画像化について検討した。PRI は、植物のグリーンピークの両側（531 nm & 570 nm）の反射率の正規化差分を使って計算される。採取後、時間の経過に伴って光活性状態が低下する様子を確認することができた（図４）。

今後、マルチバンドの同時撮影機器の開発により、屋外での計測が可能なシステムへと発展させていく予定である。



（a）採取直後　　（b）163 時間後

図４　分光イメージングによる植物（三つ葉のクローバー）の光活性状態の評価

３．高感度バイオセンサ

保健・医療・福祉の充実、ならびに、生活上の安全・安心の確保は、我が国における政策上の最重要課題の一つと言える。国民の健康への関心は、単なる寿命の長さだけでなく、生活の質をも考慮に入れた、いわゆる「健康寿命」に向けられるようになってきており、病気の早期発見および早期治療に係る医療技術の進歩が特に望まれている。医療における早期診断では、金銭的な負担が少なく、手軽に全国どこでも受けられることが基本条件であり、本研究課題で開発を目指している「表面プラズモン共鳴[3]を利用した高感度バイオセンサ」は、そのような早期診断技術の代表例である。

表面プラズモンを利用したバイオセンサでは、金などの金属膜を蒸着した平面基板とプリズムとを Kretschmann 配置した全反射減衰法が用いられる。金属膜に入射した光(p 偏光)は、その入射角を変化させた場合に表面プラズモンの共鳴角度で反射率が急激に減少する。この共鳴角は、金属膜の表面の物質の有無に非常に敏感であり、この現象を利用することでバイオ分子を高感度で検出する。この場合、測定光に何らかの変調を付与することで更なる検出感度の向上が可能である。本研究課題では、図５に示すように、磁性材料に交流磁場を印加することで、磁気光学効果による信号光の変調を利用した新たな高感度バイオセンサの開発を目的としている。本年度は、微細加工を用いて作製した磁性ナノ構造体(ホールアレイ)における磁気光学特性について検討を行い、反強磁性結合体に二次元周期構造を付与した磁性フォトニック結晶において、磁気光学性能の向上を見出した(図６)。

今後、実際にバイオ分子を検出するなどしてバイオセンサとしての性能確認を行う予定である。

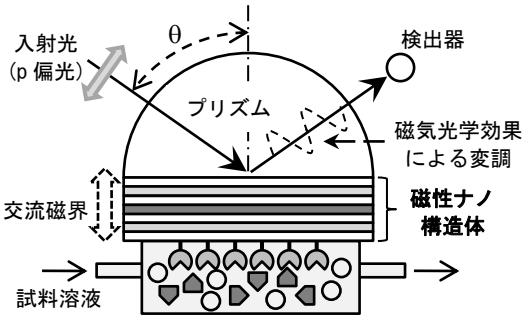


図５ 磁気光学式バイオセンサのモデル図

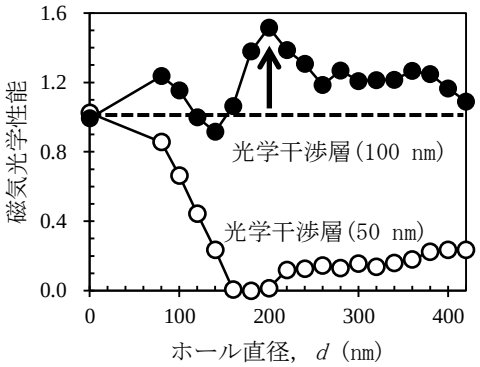


図６ 磁性ナノ構造体(ホールアレイ)における磁気光学性能の向上

４．まとめ

高度の光計測技術を農業分野へ応用することで、農作物の品質管理の向上に繋がる新たな基盤技術の確立を目的として研究を行った。りんご(品種：やたか)の成熟度評価においては、りんご下部(地色)の色彩解析により収穫適期が判定可能であることが分かった。また、分光イメージング法を用いることで、植物(葉)の光活性状態を画像化することができた。これらの成果は、経験や勘に頼らない客観的かつ効率的な農作物の栽培方法の提案を可能とする新たな技術基盤(農作物の生産支援システム)の確立に繋がるものと期待できる。さらに、表面プラズモン共鳴を利用した高感度バイオセンサの開発を目的として、磁性ナノ構造体の磁気光学効果に関する検討を行い、検出感度の向上に繋がる磁気光学性能の改善を見出すことができた。

文　　献

[1] 高木幹雄, 下田陽久 :“新編 画像解析ハンドブック”, 東京大学出版会, (2004) .

[2] 中路達郎 :“葉群の分光反射と分光植生指数”, 低温科学 **67**, 497-506 (2009).

[3] 岡本隆之, 梶川浩太郎 :“プラズモニクスー基礎と応用”, 講談社, (2010).

Ⅳ-3　その他連携事業

植物工場検証事業（第二報）

技術イノベーション部　佐藤　明

Verification of the plant factory system

Technology and Innovation Department　Akira SATO

抄録

県内製造業の製造技術（電気電子、機械金属、IT）と新エネルギー技術（発電、蓄電、省エネ）を活用する植物工場の技術展開を進めることで、工業分野と農業分野の融合による新たな成長産業の育成を図った。

［キーワード：植物工場、LED 照明、小水力発電、太陽光発電］

Abstract

We aimed at a new growth industry by the fusion in the field of industry and agriculture. We developed the technology of a plant factory which utilizes production technology (electricity/electron, machine/metal, IT) and new energy technology (power generation, accumulation of electricity, energy saving) .

[Key words: plant factory system , LED lighting , small scale hydropower, photovoltaics]

１．秋田県を取り巻く環境変化への対応

秋田県は農業立県として県内外に多くの農産物を供給する一方で､電子デバイス製造業を基幹的産業として位置づけ、県内雇用の確保・維持を図ってきた。しかし、農産物輸入の自由化やＴＰＰと言った外部環境の変化と、就農人口減少・高齢化といった内部環境の変化が県内農業に重い陰を落としており、また、製造業ではリーマンショック以降の受注減少、中国等アジア諸国との競争激化、若者の製造業離れが県内でも顕著となっている。

これらの環境変化に対応するため、秋田県では新たな成長産業の育成が急務となっており、その解決策のひとつとして、秋田県の強みである工業分野と農業分野の融合による農工連携を積極的に推し進めている。県内製造業の製造技術（電気電子、機械金属、IT）と新エネルギー技術（発電、蓄電、省エネ）を活用する植物工場の技術展開は、秋田県が推し進める農工連携のコアとなる事業である。

２．秋田県内での植物工場への挑戦

２．１　秋田県内での多様なアプローチ

県内製造業の製造技術（電気電子、機械金属、IT）と新エネルギー技術（発電、蓄電、省エネ）の農業活用を目指す我々のプロジェクトでは、閉鎖型の完全人工光型植物工場だけではなく、太陽光併用型やビニールハウス等での温度･光･水･炭酸ガスなど植物の生育に必要な環境を制御する管理農業もアプリケーションとして捉えている。

秋田県内でも、ここ数年で多様な植物工場が登場してきており、例えば、プリント基板アッセンブリーの専業メーカーである鹿角エヌ・シー・エル(株)では、これまでの事業で培ってきた製造業のノウハウを生かし、コンピュータ管理される２基の最新型育苗装置により漢方薬に使われる「甘草」を栽培している。また、(株)りょうめい秋田は、廃校となった河辺町立赤平小学校の空き校舎を障害者就労施設として再活用し、ＬＥＤ光源利用型植物工場として運営し､農業と福祉の連携を目指しレタスやルッコラを栽培している｡第一報でも報告したが､横手精工(株)は、プリント基板実装から製品組立まで一気通貫型の事業展開に加え、半導体製造関連装置の組立事業を行う電子デバイス製造業であるが、近年は植物工場メーカーとしても著名であり、自身でも平鹿植物工場でアイスプラントの栽培・販売を行っている。ローソンファーム秋田も羽後町の小学校跡地で植物工場建設に乗り出している。

２．２　空き工場での省エネルギー型植物工場による先端アグリビジネスシステムの実証プロジェクト

「空き工場での省エネルギー型植物工場による先端アグリビジネスシステムの実証プロジェクト」は、ＴＤＫ(株)にかほ工場を実証フィールドとし、平鹿植物工場（横手精工(株)平鹿工場を実証フィールドとした「自立型植物工場プロジェクト」）の研究成果を技術移転するとともに、(株)十和田ソーラーの太陽光発電を使ったＴＤＫ(株)によるパワーコンデショニングの実証試験を行うプロジェクトである。栽培環境については秋田県立大学小峰准教授から指導を受けるとともに、生育作物として低カリウム野菜をターゲットに秋田県立大学の小川准教授の参画を得た。

写真１　空き工場内の全景

写真１に実証フィールドを設置する空き工場の全景を示したが、１階部分のうち、約 630m^2(約 18m×35m)を植物栽培区域として整備し、同区域内に写真２に示すようなビニールハウス(1 基あたり 6m×17m)を４基設置した。４基の内訳は、出荷調整作業ブース、低カリウム葉菜栽培ブース、イチゴ栽培ブス、高糖度トマト栽培ブースである。１階屋にビニールハウスを設置することで、温度調整(暖房、冷房)の対象空間を限定することができ、また、植物栽培空間を細かく区画できるので対象作物毎に適した環境管理を可能としている。

写真２　実証フィールドの外観

低カリウム葉菜栽培は写真３に示すような棚栽培であるが、イチゴ栽培および高糖度トマト栽培では、14mスパン２本を栽培ベットとして設置している。

写真３　栽培棚の外観

収穫した低カリウム野菜(写真４)は、外部の評価を聞くため無償でサンプル出荷し試食してもらった。主だった感想としては、アクがなく食べやすい、エグミがなく子供が食べやすい、など好評であったが、もう少し硬さが欲しい、など改良の余地を指摘する意見もあった。

写真４　栽培中の低カリウム野菜

栽培プラントの商品化という観点からは、県内製造業による水耕栽培システムや育成用照明システムの商品化、管理農業用センシングシステムの商品化、ビニールハウスを活用した植物工場の最適システム設計などがあげられる。一定の屋内スペースが確保できれば、多大な資金を必要とせずに比較的簡便に栽培プラントの導入が可能である。

３．秋田県が目指す農工連携事業

既に実施しているプロジェクトの成果を県内に広く展開するだけでなく、農工連携による新たなニーズの発掘を行い、各機関が連携して県内企業との共同研究を実施することで、県内企業による商品開発を支援していくことが求められている。農工連携の推進にあたっては、県立大学、農業試験場、果樹試験場、総合食品研究センター、そして産業技術センターが連携する、いわゆる「横連携」を実践していかねばならない。

その他連携事業

－（２）EV バス技術力向上事業 －

企画・事業推進班　　斉藤 耕治

Other collaborative project
- (2) Electric bus ELEMO project -

Business Planning Group　　Koji SAITO

抄録

電気バス ELEMO は、地域の実績のある製品が、実績を積んで輸送機分野に進出するための実証プラットホームとなるべく進められてきた。本年度 10 月から、秋田市内の路線で営業運転に投入され、実証プラットホームとして本格的運用が開始された。これにより、産総研と進めている走行データの蓄積も始まった。この機能に注目して、電池材料メーカーが電池を ELEMO に供用し実証試験をする準備が進んでいる。ELEMO 事業を広報し、搭載している地域企業のプロダクトを宣伝するため、他地域への ELEMO の貸出事業もスタートさせた。電気バスの導入を検討している自治体に、電気バス運用に掛かるコンサルティングも含んで提供したい。以上の事業は、収益事業として発展させ ELEMO の維持と改善に資するものとしていきたい。

［キーワード：電気バス、営業運転、開発プラットホーム、データ収集、貸出事業］

Abstract

Electric bus ELEMO has been pushed to be the development platform for to acquire the product with the local enterprises to go into the car market. It was equipped to a route in Akita city from October in this year by commercial operation, and full-scale use was started as a proof platform. Herewith, the accumulation of the run data under the collaboration with AIST also moved on. A battery materials maker pay attention to this function offers the battery to ELEMO and demonstrates it and examines advance. Also the rental business of ELEMO to other areas was started which advertise ELEMO business and the product of the local company which it amounted. It includes the consulting to hang in the electric bus operation in the local government examining the introduction of the electric bus and want to provide it. These new projects scheme to develop it as profit business, and the above-mentioned business contributes to maintenance and improvement of ELEMO.

[Keyword: Electric bus, commercial operation, development platform, data collection, rental business]

１．はじめに

本事業は、地域の電子産業の衰退を受けて地域企業に次の製品を作る基盤を提供することを目的として始まった。その目的故、バスは淡々と毎日走り続けることが必須であることから、2012 年 7 月に完工し出発式を終えた後も、1 年間を費やして通年営業運転ができる信頼性を確保するように試験運転を進めてきた。2013 年秋には、いくつかの改良を終えて所望の信頼性が得られたとして、運航会社である秋田中央交通のダイヤ改正に合わせ 10 月から営業路線に投入した。秋田市内の泉ハイタウン線を、月曜から金曜に 1 日 1 便運航している。

輸送機関連技術の開発プラットホームとしての基盤ができたことを受けて、新規のメンバーの受け入れ、データ収集及びその販売、貸出事業が新たに動き出した。

２．各事業および構想

２．１　営業運転投入

10 月より秋田市の泉ハイタウン線に投入した。往復約 6 ㎞のコースを 1 時間弱で走行している。平坦な路線なため電費は 1 ㎞/kWh と良好である。初冬までは特に問題なく走行していたが、積雪が多くなってきてから走行しない日が出てきた。秋田中央交通に質すと、路線上の運航に問題があるわけではなく、路線の起点となる秋田駅前の買い物広場への臨界営業所からの往復に時間が掛かり過ぎ、運転手の交番に支障が生じたため運航停止としたとのこと。次のダイヤ改正では、この点を考慮して再編成する方針。バス本体よりも、その運行ノウハウに価値があることを、図らずも示した形となった。

図 1　ELEMO の降雪時走行

２．２　走行データ収集

営業路線での走行が始まったことにより、産総研のヒューマンライフテクノロジー部門の高橋昭彦氏との共同研究「電気バスの路線運行デデータベース化事業」も本格稼働した。元より ELEMO は、社内の CAN(Car Area Network)データを収集し、これを 3G 回線でサーバーに送っているが、この事業ではこれに加えて図 2 に示すバスの内外の映像データや乗客数などをサーバーに送りデータベース化しようとするもの。収集されたデータは、産総研で研究の対象となる他、外部への有償提供も検討している。電動バスの運行データは、公開されたものがなく、研究者などに一定の需要が見込まれる。

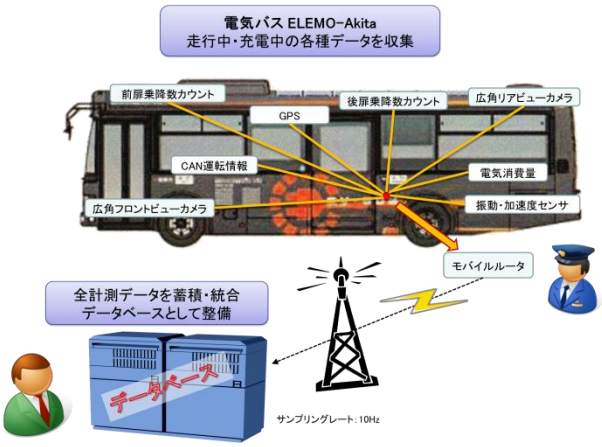


図 2　ELEMO 運行データベース事業

２．３　貸出事業

電気バスの導入を検討している自治体などへ ELEMO を有償で貸し出そうとする事業。要望に応じてコンサルティングも提供する。導入時の諸経費の概算、抑制される CO2 排出量、コース設定、整備士や運転手の訓練、充電器の設置、必要とされる許認可等に関する情報を一括して提供するもの。隣県の市と協議を始めた。

２．４　新規メンバー

Li-on 電池の電極メーカーから、同社の電極を使った電池を ELEMO に供用して性能の評価と、その結果によるプロモーションをしたいとの希望があり、現在仕様を詰めている。電極は、同社の秋田事業所で生産するもので、これによって販促が図られ秋田事業所の生産量が増大すれば、ELEMO 事業本来の目的に適合した非常に望ましいものとなる。

２．５　屋内乗降

電気バスは排気ガスがないことを活用して、屋内でのバスの乗り降りを実現しようとする構想。特に降雪時には有効だと考えられる。静かで排気ガスが無いことにより、従来のバスに比べて人間との間合いを詰めることができる。コンパクトシティーの実現においても、有効で交通環境を大きく変える可能性がある。

３．まとめ

上述の進展は、CHAdeMO 協議会、EST シンポジウム(国交省、秋田市)、EV/PHV シンポジウム(経産省、青森市)で発表され、そこでの論議で構想が深まった。地域産業への貢献とともに、新たな街づくりに一石を投じたい。

新エネルギー事業に関する開発事例

企画・事業推進班　松倉 和浩

Development Case for New Energy Project

Business Planning Group　Kazuhiro MATSUKURA

抄録

秋田県は、地域の産業振興策として、産業の集積化を図り、製造品出荷額の増加と雇用の創出を目標としている。その１つとして、エネルギー分野の産業支援を図り、県内企業の競争力を強化する施策を展開している。本稿では、秋田県産業技術センターと県内企業が連携し、同企業が同分野の商品化開発を実施したことについて述べる。特に、消費電力等の見える化システムに関する開発事例を示す。

［キーワード：見える化、電力、Web、人感センサー、環境センサー］

Abstract

Akita Prefectural Government aims to create jobs and increase the amount of product shipment by integrating the industry and industrial development of the region of the measures policy. As one of the measures, the region is expanded to enhance the competitiveness of companies in the prefecture by promoting industry support of the energy sector. In this paper, It is described the operations that were carried out by Industrial Technology Center and company in the prefecture which company is developing the commercialization of the sector. In particular, it is showed examples of development for visualization system of electric power, etc..

[Key words: visualization system, electric power, Web, motion sensor, environmental sensor]

１．はじめに

日本国内におけるエネルギー消費は、経年ごとに増加し続けている。エネルギー供給量の増加には限界があることから、需給バランスの観点から消費量を抑えることが重要である。そのため、エネルギーと電力コスト削減を目的とした消費電力の見える化を指向したシステムが各メーカー等から出荷されている。しかし、そのほとんどはクローズドシステムであり、計測データ等を取り出すことができない。また、高価なシステムであることからも県内企業等への普及を阻害している現状にある。そのため、県内企業等への導入は停滞している。

そこで、データのアクセスが容易であり、消費電力等の状況を見える化し、他システムとの接続可能なオープンシステムを開発した。同時に、システムの設置が容易で中小企業も導入し易い安価なシステム構成を目指した。また本開発は、県内企業、電子・通信グループおよび工業材料グループ等と連携し行った。

２．開発内容

オープンシステムとするために、IEEE1888 を採用した。同規格は、次世代 Building Energy Management System (BEMS)やスマートグリッド向けに開発され、2011 年に国際標準化されたオープンな通信規格である。機能について、多種のセンサー情報をインターネットネットに接続することが可能であり、HTTP や XML による通信方式を採用している。これにより、オープン系シ

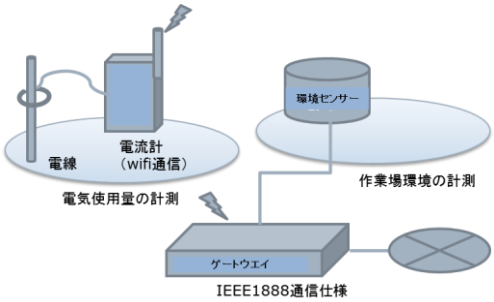


図１　見える化システムの概略

ステムの構築が可能である。また同規格は、電力・施設管理用途を指向しており、商業施設や事業所等での活用を想定している。

図１に開発した「見える化システム」の概略図を示す。本システムは、作業環境内における環境情報と消費電力を計測し、これらのデータをゲートウェイにより配信し、インターネット上での通信を可能とする構成とした。消費電力について、電流クランプ方式により計測し、設置工事不要とした。また環境情報として、温度・湿度・照度・人感（人の所在の有無）を計測する。これらの計測データは、wifi 通信等によりゲートウェイへ配信する。さらに IEEE1888 について、低コストな組み込み用マイコンの採用によりシステムに実装した。

図２、図３、図４に、見える化システムのユーザーインターフェースを示す。Web ブラウザにより、計測情報の視覚化がされており、計測データを数値データとして保存することも可能である。以上の構成により、見える化システムの柔軟性と低コスト化を図った。

現在、開発したシステムの有用性を検証するため、県内企業の事業所（研究開発部門）へ導入し実験中である。

３．まとめ

企業のプロフィットセンターにおいて、消費電力の削減は製品の価格競争力向上に効果的である。今後は、工場でのフィールドテストを実施し検証する予定である。

なお本開発の一部は、秋田県産学官連携促進事業により実施した。

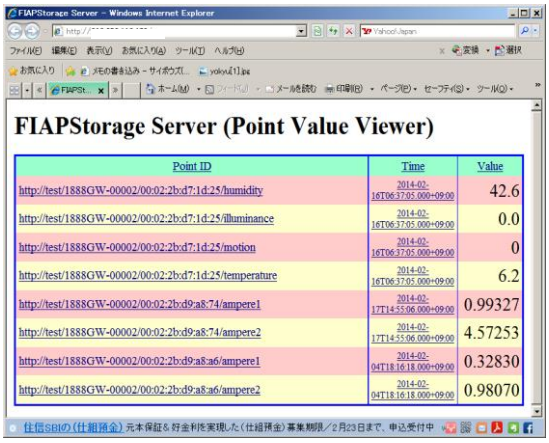


図２　フィールドテストの様子

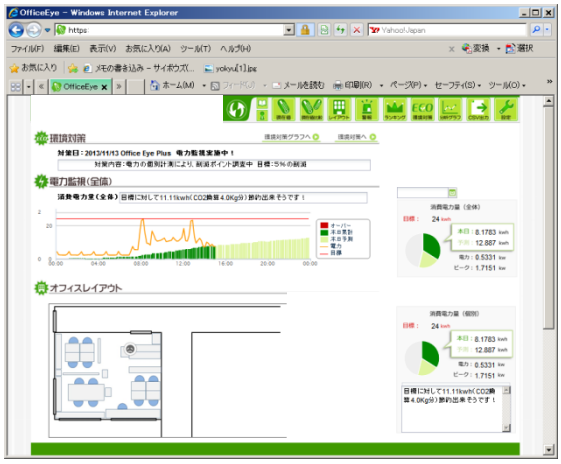


図３　見える化システムのユーザーインターフェース

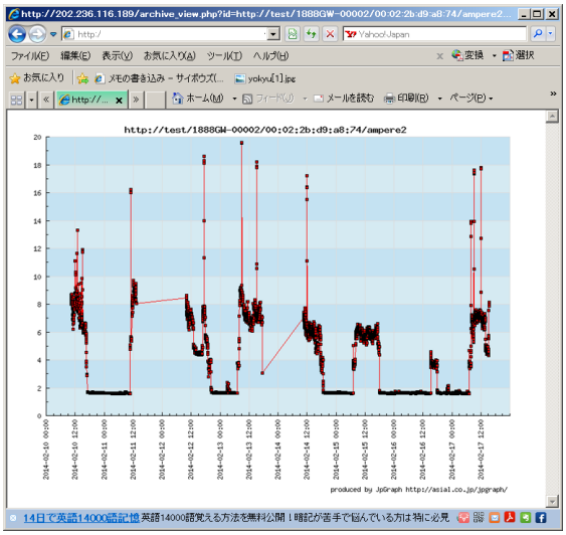


図４　消費電力の経時変化

V　資料

１．沿革詳細

昭和２年４月　商工大臣より工業試験場の設立認可。

昭和３年７月　秋田市土手長町に、秋田県工業試験場工芸部を設置。

昭和 12 年５月　秋田県工業指導所と改称し、秋田市茨島に移転。

昭和 17 年１月　秋田県角館樺工芸指導所設立。

昭和 21 年４月　秋田県川連漆工芸指導所設立。

昭和 30 年９月　秋田県工業試験場と改称。秋田県角館樺工芸指導所、秋田県川連漆工芸指導所の名称を、それぞれ秋田県工業試験場角館指導所、秋田県工業試験場川連指導所と改称。

昭和 36 年６月　秋田県工業試験場に秋田県工業試験場能代指導所、同大館指導所を設置。

昭和 37 年４月　科・係制に組織を改め、庶務係、機械化学科、工芸科、木工科を設置。

昭和 41 年４月　本場に土木試験科を設置。

昭和 41 年７月　本場本館竣工。

昭和 42 年４月　機械化学科を機械金属科、化学科の２科に分離。

昭和 43 年１月　高周波焼入試験工場並びに木材人工乾燥工場竣工。

昭和 43 年３月　工業試験場角館指導所を廃止。

昭和 43 年４月　工芸科をデザイン科と改称、工業試験場大館指導所を秋田県林業試験場へ移管。

昭和 46 年８月　講堂、会議室、非破壊試験室竣工。

昭和 47 年６月　化学科を工業化学科、木工科を工芸技術科と改称。

昭和 48 年４月　工業試験場に技術情報室設置。

昭和 49 年３月　機械金属科実験棟改築工事完成。恒温恒湿室設置。

昭和 57 年 10 月　秋田県工業技術センターと改称し、秋田市新屋町字砂奴寄に新築、移転。

昭和 58 年３月　工業技術センター能代指導所を廃止。

昭和 61 年　県議会高度技術産業・交通対策特別委員会から「本県独自の技術基盤を構築するための高度な研究機関設置の必要性」の提言。

昭和 61 年４月　組織改正、企画管理部を企画室と改称。応用開発室を設置。機械金属部と工業化学部を統合し機械化学部、木材部とデザイン部を統合し木材デザイン部と改組。

平成４年３月　秋田県条例第 34 号により「秋田県高度技術研究所」の設置を公布。

平成４年９月　同研究所の建物完成。（砂奴寄に新築、敷地面積 23,130 ㎡、延床面積 6,500 ㎡（内クリーンルーム 300 ㎡））

平成４年 11 月　同研究所、開設。

平成７年４月　工業技術センター木材デザイン部を廃止。

平成８年４月　工業技術センターの部門で、応用開発室を情報システム開発部とメカトロニクス開発部に、機械化学部を工業材料部と生産技術部にそれぞれ２部に分離。建設技術部を建設・環境システム部と改組。

平成８年４月　工業技術センターに開放研究室を設置。

平成 8 年 8 月　工業技術センターが特許庁から知的所有権センターとして認定。

平成 11 年 3 月　工業技術センター川連指導所を廃止。

平成 12 年 4 月　建設・環境システム部を環境システム部と改称。

平成 14 年 4 月　工業技術センターの組織改編により、部制を廃止しグループ制とする。（情報システム開発部、メカトロニクス開発部、工業材料部、生産技術部、環境システム部をそれぞれ情報システムグループ、メカトロニクスグループ、工業材料グループ、生産技術グループ、環境システムグループと改組。）

平成 15 年 4 月　生産技術グループを生産システムグループと精密加工グループに改称。

平成 17 年 4 月　グループ制を廃止し、チーム制とする。（財）秋田県資源技術開発機構（小坂町）の研究部門を包括。（情報システムグループ、メカトロニクスグループ、工業材料グループ、生産システムグループ、精密加工グループ、環境システムグループの６グループ制から、プロジェクト研究チーム、技術応用化研究チーム、リサイクル技術開発チームの３チーム制。）

平成 17 年 5 月　工業技術センターと高度技術研究所が統合し、産業技術総合研究センターに改称。組織改編により、部門を総務管理部、経営企画部、工業技術センター、高度技術研究所へ改組。

平成 23 年 4 月　産業技術総合研究センターを産業技術センターに改称。組織改編により、総務管理部、技術イノベーション部、電子光応用開発部、素形材プロセス開発部、先端機能素子開発部と部門を改組。

２．特許出願・登録状況

	名　　称	権利の別	発明者(県)	共同出願	出願年度	出 願 日	出願番号	登録年度	登 録 日	登録番号
1	磁気記録媒体の製造方法	特許	大内一弘、本多直樹		H5	1994/3/4	H6-60265			※拒絶査定
2	磁気ヘッド	特許	大内一弘、高橋慎吾、山川清志、本多直樹		H8	1997/3/25	H9-71988			※拒絶査定
3	磁界センサ	特許	江年華、山川清志、本多直樹、大内一弘		H8	1997/3/31	H9-81154	H11	1999/11/12	3001452
4	磁気抵抗効果型磁気ヘッド	特許	山川清志、本多直樹、大内一弘		H9	1997/10/17	H9-285494			※拒絶査定
5	抵抗器、その製造方法、スパッタリングターゲットおよび抵抗体	特許	大内一弘、本多直樹、山川清志	※	H10	1998/12/10	H10-351496	H23	2011/6/3	4752075
6	薄膜抵抗器及びその製造方法	特許	大内一弘、本多直樹、山川清志	※	H10	1998/12/10	H10-351497	H19	2008/2/22	4083900
7	磁気検出装置	特許	高橋慎吾、山川清志、本多直樹、大内一弘	※	H11	1999/9/2	H11-248387	H13	2001/7/6	3206810
8	粒子分散型誘電流体を用いた加工法	特許	赤上陽一		H11	1999/10/15	H11-293558	H16	2004/9/10	3595219
9	TiB2－Ti(CN)系複合体及びその製造方法	特許	浅利孝一、杉山重彰		H11	1999/11/8	H11-317199	H16	2004/12/10	3626378
10	磁気記録媒体	特許	有明順、本多直樹、大内一弘	※	H11	2000/3/27	2000-86979			※取り下げ
11	軽量発砲ガラスタイルの製造方法	特許	片桐忍		H12	2000/4/18	2000-116669	H16	2005/1/7	3634717
12	抵抗器およびその製造方法	特許	山川清志、本多直樹、大内一弘	※	H12	2000/6/2	2000-185306	H19	2008/2/22	4083956
13	高硬度及び高ヤング率特性を有するWC－WB、WC－W2B又はWC－WB－W2B複合体及びその製造方法	特許	浅利孝一、杉山重彰		H12	2000/9/7	2000-271067	H16	2004/12/17	3628601
14	磁界センサおよび磁界センシングシステム	特許	丹健二、山川清志、本多直樹、大内一弘		H12	2000/9/11	2000-275313	H15	2004/2/20	3523834
15	粒子分散型混合機能性流体及びそれを用いた加工法	特許	赤上陽一、島田邦雄(県大)		H12	2000/12/4	2000-368307	H20	2008/6/20	4141634
16	垂直磁気記録用単磁極ヘッド	特許	高橋慎吾、山川清志、大内一弘		H12	2001/3/26	2001-87401	H15	2004/3/12	3532163
17	研磨装置	特許	赤上陽一	※	H13	2001/10/5	2001-309902	H18	2006/11/2	3874340
18	研磨装置	外国特許	赤上陽一	※	H13	2002/1/25		H16	2005/2/22	US6857940B2
19	微細加工方法と微細加工装置	特許	赤上陽一		H14	2002/4/8	2002-105059	H18	2006/11/2	3875907
20	DNAチップ用基盤、DNAチップ、及びそれらの製造方法、並びに解析システム	特許	赤上陽一、小西智一(県大)		H14	2002/5/9	2002-133818			※拒絶査定
21	樹脂材料からなる消失性模型を用いた精密鋳造用鋳型の製造方法	特許	永田新、内田富士夫		H14	2002/5/10	2002-135165	H16	2004/9/17	3597514
22	高飽和磁束密度軟磁性膜	特許	新宅一彦、山川清志、大内一弘		H14	2002/5/10	2002-136065			※取り下げ
23	超音波音速測定方法及びこれらに基づいてヤング率及びポアソン比を求める方法	特許	浅利孝一		H14	2002/7/17	2002-207759	H16	2004/9/17	3597182
24	電界により砥粒の分布及び配列を制御可能な砥石、その製造方法、表面仕上げ工法	特許	赤上陽一		H14	2002/11/18	2002-333677	H17	2005/6/10	3686652
25	電界砥粒による刃先研磨仕上げ方法、及び刃先を有する微細部品の作製方法	特許	赤上陽一	※	H14	2003/2/21	2003-43990	H18	2007/1/19	3906165
26	高飽和磁束密度軟磁性膜	国際特許	新宅一彦、山川清志、大内一弘		H15	2003/5/9	PCT/JP03/05847			※拒絶査定

	名　　称	権利の別	発明者(県)	共同出願	出願年度	出 願 日	出願番号	登録年度	登 録 日	登録番号
27	W－Ti－C系複合体及びその製造方法	特許	杉山重彰		H15	2003/5/19	2003-140470	H20	2008/12/5	4227835
28	磁気記録装置及び磁気記録再生装置	特許	田口香、高橋慎吾、山川清志、大内一弘		H15	2003/6/3	2003-158425			※拒絶査定
29	生分解性樹脂を用いた打揚げ花火用玉皮、及びその製造方法	特許	鎌田悟、工藤素	※	H15	2003/6/24	2003-179193	H18	2007/1/5	3897738
30	厚膜回路基板の製造方法及び厚膜回路基板	特許	高橋慎吾	※	H15	2003/9/24	2003-331601			※取り下げ
31	薄膜単磁極磁気ヘッド	特許	山川清志、伊勢和幸、本多直樹、大内一弘	※	H15	2003/9/24	2003-332010	H19	2008/3/21	4099131
32	高周波用終端抵抗器およびその周波数特性調整方法	特許	丹健二	※	H15	2003/9/25	2003-334046			※取り下げ
33	工事用絶縁監視装置	特許	小笠原雄二、近藤康夫	※	H15	2003/12/12	2003-436531	H21	2009/10/2	4378749
34	アクチュエータの減衰方法及びアクチュエータ	特許	森英季		H15	2004/3/15	2004-073233	H16	2004/11/5	3612670
35	アクチュエータの減衰方法及びアクチュエータ	国際特許	森英季		H16	2004/7/27	PCT/JP2004/011016	H19	米 2008/2/19 独仏 2010/11/3	US7332848B2 EP1737115B1
36	高硬度、高ヤング率、高破壊靭性値を有するWC－SiC系複合体及びその製造方法	特許	杉山重彰		H16	2004/9/27	2004-279279	H21	2010/6/11	4526343
37	磁気記録媒体	特許	千葉隆、有明順、本多直樹	※	H16	2004/10/5	2004-292953			※拒絶査定
38	パターンド磁気記録媒体の設計方法およびパターンド磁気記録媒体	特許	本多直樹、大内一弘	※	H16	2004/11/4	2004-320864			※PCT移行
39	薄膜磁気ヘッド、およびその製造方法	特許	山川清志、高橋慎吾、伊勢和幸	※	H16	2004/12/16	2004-364926	H19	2007/8/3	3992285
40	精密加工技術として用いられる切削加工方法及び切削加工装置	特許	赤上陽一		H16	2005/3/10	2005-066851	H21	2009/8/7	4355669
41	疎水性高分子基板表面の親水性維持方法	特許	赤上陽一、加藤勝	※	H16	2005/3/31	2005-105027			※拒絶査定
42	核酸マイクロアレイおよびその製造方法	特許	赤上陽一、加藤勝	※	H16	2005/3/31	2005-105437	H22	2011/2/25	4691383
43	異方形状パターンド磁気記録媒体	特許	本多直樹、大内一弘	※	H17	2005/6/9	2005-169610			※取り下げ
44	タービンシャフトへのレーザ焼き入れ方法	特許	木村光彦	※	H17	2005/9/13	2005-264577			※拒絶査定
45	小径管の内側面仕上げ加工方法及び装置	特許	赤上陽一		H17	2005/9/26	2005-277534	H21	2010/2/26	4464897
46	活性炭からなる吸着材及びその製造方法並びにリン酸イオン吸着方法	特許	遠田幸生、竹村昌太		H17	2005/9/30	2005-287962	H21	2009/4/17	4292243
47	薄膜磁気ヘッド、およびその製造方法	国際特許	山川清志、高橋慎吾、伊勢和幸	※	H17	2005/12/16	PCT/JP2005/023169	H19	2008/4/29	US7365943B2
48	非公開	特許	梁瀬智、高橋慎吾	※	H17	2006/1/18	2006-010024			※取り下げ
49	核酸検出システム及び核酸検出方法	特許	赤上陽一	※	H17	2006/3/16	2006-072205	H23	2012/2/24	4930872
50	TiB2基Ti－Si－C系複合セラミックス及びその製造方法	特許	杉山重影		H17	2006/3/27	2006-086240	H23	2011/8/26	4809092
51	TiB2基Ti－Si－C系複合セラミックス及びその焼結体製造方法	特許	杉山重彰		H17	2006/3/29	2006-089729	H23	2011/8/26	4809096
52	アクチュエータ	特許	森英季		H17	2006/3/30	2006-095447	H24	2012/9/7	5076063
53	核酸マイクロアレイ、その製造方法および核酸マイクロアレイ用基材	特許	赤上陽一、加藤勝	※	H17	2006/3/30	2007-510586	H25	2013/4/5	5238250
54	車椅子利用者のためのトレーニングマシン	特許	小笠原雄二、宮脇和人、沓澤圭一	※	H18	2006/9/4	2006-239125	H21	2009/11/6	4399569
55	球状ニッケル微小粒子およびその製造方法ならびに、異方性導電フィルム用導電粒子	特許	湯瀬栄一郎	※	H18	2006/10/12	2006-278219	H23	2012/3/9	4942090
56	電磁界計測システム	特許	黒澤孝裕		H18	2006/10/25	2006-289985	H23	2012/2/3	4915565
57	電界下における誘電性砥粒を水に分散させた流体を用いた仕上げ方法及び仕上げ装置	特許	赤上陽一		H18	2006/12/4	2006-326935	H23	2011/7/15	4783719
58	磁気インピーダンス効果素子及びその製造方法 （磁気センサ素子及びその製造方法）	特許	丹健二	※	H18	2007/1/17	2007-7979 2008-4880			※取り下げ

	名　　称	権利の別	発明者(県)	共同出願	出願年度	出 願 日	出願番号	登録年度	登 録 日	登録番号
59	核酸検出方法及び核酸検出キット	特許	赤上陽一	※	H18	2007/3/15	2008-505198	H25	2013/12/13	5429962
60	PCR装置、PCRカセット及びPCR方法	特許	赤上陽一	※	H19	2007/6/25	2007-166177			※取り下げ
61	検出装置	特許	赤上陽一	※	H19	2007/6/25	2007-166303			※取り下げ
62	核酸検出カセット	特許	赤上陽一	※	H19	2007/6/25	2007-166626			※取り下げ
63	平面両面研磨方法及び平面両面研磨装置	特許	赤上陽一	※	H19	2007/7/11	2008-165189	H24	2012/8/17	5061296
64	位置決め機構	特許	森英季		H19	2007/8/24	2007-218965	H24	2012/7/6	5028659
65	人工呼吸器用流量計	特許	小笠原雄二	※	H19	2007/8/31	2007-227137			※拒絶査定
66	使用済み固体酸化物形燃料電池セルから金属を回収する方法	特許	松田光明、松島桂英	※	H19	2007/12/17	2007-324712	H25	2013/7/12	5311811
67	使用済み固体酸化物形燃料電池セルから金属を回収する方法	特許	松田光明、松島桂英	※	H19	2007/12/17	2007-324730	H25	2013/7/12	5311812
68	ビットパターン磁気記録媒体	特許	大内一弘、本多直樹、山川清志		H19	2008/1/31	2008-022052			※拒絶査定
69	磁気センサ素子及びその製造方法	国際特許	丹健二	※	H19	2008/2/5	PCT/JP2008/050537	中国 H23	中国 2011/8/17	中国 ZL2008 8 0002316.7
70	強磁性積層構造及びその製造方法	特許	鈴木淑男		H19	2008/3/31	2008-089702	H24	2013/1/25	5181388
71	W－Ti－C系複合体及びその製造方法	特許	杉山重彰		H20	2008/5/21	2008-133093	H23	2011/10/21	4848394
72	作動変換型変位拡大装置	特許	森英季、宮脇和人		H20	2008/7/11	2008-181801	H25	2014/3/7	5487462
73	液晶光学デバイス	特許	葉茂、(佐藤進)		H20	2008/8/14	2008-209004	H23	2011/11/18	4863403
74	液晶レンズの製造方法及び液晶レンズ	特許	梁瀬智、葉茂、王濱、(佐藤進)		H20	2008/10/30	2008-279076			※拒絶査定
75	平面位置決め機構	特許	森英季、宮脇和人	※	H20	2009/2/10	2009-28029			※PCT移行
76	高周波材料定数測定システム	特許	駒木根隆士、黒澤孝裕	※	H20	2009/2/27	2009-44983			
77	スピン伝導デバイス	特許	鈴木淑男	※	H20	2009/3/31	2009-86019			※拒絶査定
78	スピン注入構造及びそれを用いたスピン伝導デバイス	特許	鈴木淑男	※	H20	2009/3/31	2009-86920			※拒絶査定
79	空間光変調器	特許	山根治起	※	H21	2009/5/11	2009-114082			
80	低電圧駆動液晶レンズ	特許	佐藤進、葉茂、王濱		H21	2009/7/7	2009-160358	H25	2013/8/9	5334116
81	非接触攪拌方法、非接触攪拌装置、それを用いた核酸ハイブリダイゼーション反応方法、反応装置、試料中の核酸を検出する方法、核酸検出装置、試料中の抗体を検出する方法、及び抗体検出装置	特許	赤上陽一、加賀谷昌美		H21	2009/10/22	2009-243468			
82	非接触攪拌方法、非接触攪拌装置、それを用いた核酸ハイブリダイゼーション反応方法、反応装置、試料中の核酸を検出する方法、核酸検出装置、試料中の抗体を検出する方法、及び抗体検出装置	特許	赤上陽一、加賀谷昌美		H21	2009/10/23	12/604.640（米国）	H24	2012/10/9	US8283120B2
83	液晶光学デバイス	特許	佐藤進	※	H21	2009/11/6	2009-254804			※拒絶査定
84	高硬度、高ヤング率、高破壊靱性値を有するWC-SiC系複合体及びその製造方法	特許	杉山重彰		H21	2010/1/15	2010-007009	H22	2010/6/11	4526343
85	基板接合方法および基板接合装置	特許	木村光彦	※	H21	2010/1/19	2010-009498 2011-8905			
86	平面位置決め装置およびこれを備えた検査装置	国際特許	森英季、宮脇和人	※	H21	2010/2/9	PCT/JP2010/51900			国内・米国移行
87	菜種油粕由来のリン回収用又は肥料用組成物、及びその製造方法	特許	遠田幸生	※	H21	2010/2/10	2010-28238			
88	平面両面研磨方法及び平面両面仕上げ装置	特許	赤上陽一	※	H21	2010/2/22	2010-35989			
89	低電圧駆動液晶レンズ	特許	佐藤進、葉茂、高橋慎吾	※	H21	2010/3/1	2010-44352			
90	水平加振機構、および水平加振機構を使用した突起付リング型粉砕媒体利用振動ミル	特許	遠田幸生	※	H22	2010/7/1	2010-151023			

	名　　称	権利の別	発明者(県)	共同出願	出願年度	出 願 日	出願番号	登録年度	登 録 日	登録番号
91	免疫組織染色方法および免疫組織染色装置	特許	赤上陽一、加賀谷昌美	※	H22	2010/7/2	2010-151695			
92	砥粒の回収方法、及び回収装置	特許	赤上陽一、久住孝幸、池田洋		H22	2010/7/9	2010-156485			
93	スピン注入電極構造、スピン伝導素子及びスピン伝導デバイス	特許	鈴木淑男	※	H22	2010/9/3	2010-198159			
94	平面トライボ研磨方法、およびその装置	特許	赤上陽一、久住孝幸、池田洋	※	H22	2010/10/7	2010-227347			
95	点滴モニタ装置および点滴監視システム	特許	小笠原雄二、佐々木信也、近藤康夫、熊谷健	※	H22	2010/12/16	2010-280437			
96	強磁性積層構造及びその製造方法	特許	鈴木淑男	※	H22	2010/12/20	2010-283253			
97	液晶光学デバイス	特許	佐藤進、高橋慎吾、葉茂		H22	2010/12/27	2010-291221			
98	液晶シリンドリカルレンズアレイおよび表示装置	特許	佐藤進		H22	2011/1/6	2011-1217			
99	WC基W－Mo－Si－C系複合セラミックス及びその製造方法	特許	杉山重彰	※	H22	2011/3/24	2011-66045			
100	超音波流量計を用いた酸素濃度計	特許	小笠原雄二	※	H23	2011/5/20	2011-113374			
101	磁気光学効果計測装置	特許	近藤祐治、山川清志		H23	2011/5/31	2011-122769			
102	免疫組織染色方法および免疫組織染色装置	外国特許	赤上陽一、加賀谷昌美	※	H23	2011/6/2	13/151730			
103	平面位置決め装置およびこれを備えた検査装置	特許	森英季	※	H23	2011/7/14	2010-550522			
104	平面位置決め装置およびこれを備えた検査装置	外国特許	森英季		H23	2011/8/10	13/206554	H25	2013/7/23	US8495761B2
105	スピン注入電極構造、スピン伝導素子およびスピン伝導デバイス	外国特許	鈴木淑男	※	H23	2011/8/24	13/216965	H25	2013/7/23	US8492809B2
106	液晶光学レンズ	特許	佐藤進、葉茂		H23	2011/10/31	2011-239597	H24	2012/12/21	5156999
107	強磁性積層構造およびその製造方法	外国特許	鈴木淑男	※	H23	2011/12/13	13/323869	H25	2013/11/19	US8586216B2
108	木質系バイオマス微粉砕装置、および含水率調整と並行した木質系バイオマス微粉砕方法	特許	遠田幸生	※	H23	2012/1/17	2012-007462			
109	酸化セリウム砥粒再生方法	特許	赤上陽一、久住孝幸	※	H23	2012/3/21	2012-063494			
110	マトリクス駆動液晶光学素子及び装置	特許	佐藤進		H24	2012/6/26	2012-143369			
111	並進機構を用いたアクチュエータの減衰方法およびアクチュエータ	特許	森英季		H24	2013/1/25	2013-011990			
112	複合工具及び該複合工具の使用方法	特許	斉藤耕治、加藤勝	※	H24	2012/11/9	2012-247210			※取り下げ
113	電界洗浄方法	特許	赤上陽一、加賀谷昌美、中村竜太	※	H24	2013/1/22	2013-009321			※取り下げ
114	電界撹拌向けインジケータ付きはっ水リング	特許	赤上陽一、加賀谷昌美、中村竜太	※	H24	2013/1/22	2013-009322			※取り下げ
115	研磨装置及び研磨装置に用いられるアタッチメント	特許	赤上陽一	※	H24	2013/3/15	2013-052876			
116	ドリル	特許	斉藤耕治、加藤勝	※	H25	2013/9/5	2013-184400			
117	ドリル及び穿孔の形成方法	特許	斉藤耕治、加藤勝	※	H25	2013/11/7	PCT/JP2013/080126			
118	切削工具仕上げ装置及び切削工具仕上げ方法	特許	赤上陽一	※	H25	2014/1/15	2014-4940			
119	電界撹拌向けインジケータ付きはっ水リング	特許	赤上陽一、加賀谷昌美、中村竜太、池田洋	※	H25	2014/1/22	2014-9629			
120	電界洗浄方法	特許	赤上陽一、加賀谷昌美、中村竜太、池田洋	※	H25	2014/1/22	2014-9634			
121	並進機構を用いたアクチュエータの減衰方法およびアクチュエータ	特許	森英季		H25	2014/1/23	US14/162,562			
122	自動電界免疫組織染色装置及び、自動電界免疫組織染色方法	特許	赤上陽一、加賀谷昌美、中村竜太、池田洋	※	H25	2014/2/20	2014-30179			

	名　　称	権利の別	発明者(県)	共同出願	出願年度	出 願 日	出願番号	登録年度	登 録 日	登録番号
123	細胞内生体分子の検出に用いる標準試料及び細胞内生体分子の検出方法	特許	赤上陽一、中村竜太	※	H25	2014/2/20	2014-30808			
124	研磨材および研磨方法	特許	赤上陽一、久住孝幸、中村竜太	※	H25	2014/3/18	2014-54845			

３．各研究会の概要

○非破壊検査技術研究会　　代表者：佐々喜興業（株）　佐々木　一喜

非破壊検査、及び溶接・接合に関する技術水準の向上普及を図り、工業の発展に寄与することを目的とし、講演会、講習会、研究成果発表会、視察会、情報交換会などを実施。

会員：企業４６社、大学・支援機関等６機関８名　　事務局：素形材プロセス開発部 木村 光彦

○表面処理技術研究会　　代表者：東電化工業（株）　若泉 孝治

表面処理（電気めっき、無電解めっき、溶融亜鉛めっきなど）に関する技術の向上をはかるとともに会員相互の研鑽と融和をはかることを目的とし、講演会、講習会、研究成果発表会、視察会、情報交換会などを実施。

会員：企業２３社、大学・支援機関等３機関４名　　事務局：秋田県資源エネルギー産業課 湯瀬 栄一郎

○光エネルギー利用技術研究会　　代表者：秋田大学名誉教授　菅原 拓男

光エネルギー技術に関する技術交流を図るとともに、光触媒等の光エネルギー利用技術を用いた製品開発等を目指し、会員企業の発展に寄与することを目的とする。

会員：企業１８社、大学・支援機関等５機関８名　　事務局：素形材プロセス開発部　菅原 靖

○高分子材料研究会　　代表者：睦合成工業（株）　高橋　輝年

高分子材料及びその成形加工技術に関する技術の向上を図るとともに会員相互の研鑽を図ることを目的とし、講演会、講習会、研究成果発表会、視察会、情報交換会などを実施。

会員：企業２３社、大学・支援機関等２機関４名　　事務局：素形材プロセス開発部　工藤 素

○生産技術研究会　　代表者：小林工業（株）　小林 憲一郎

工業の生産技術に関する研修、試験研究等を通して、新技術の開発、技術力の向上、人材養成を図るとともに産・学・官の連携強化等により本県工業の発展に資することを目的とし、（１）分科会方式による新技術の開発、共同研究の実施、（２）技術講習会、講演会、研修会の開催、（３）研究成果・事例発表会、企業見学会等の開催、（４）技術交流および技術情報の交換などを実施。

会員：企業５２社　大学・支援機関等８機関１０名　　事務局：素形材プロセス開発部　沓澤 圭一

○北東北ナノ・メディカルクラスター研究会　　代表者：岩手大学大学院　岩渕 明

精密加工技術・界面制御技術・医療技術を融合させた次世代医療システムづくりの進展を目指し、北東北の産業創出に貢献することを目的する。

会員：企業１０社、大学・支援機関等１４機関　　事務局：素形材プロセス開発部　赤上 陽一

○硬質工具材料研究会　　代表者：秋田大学工学資源学部　泰松 斉

産学官が協力して硬質工具材料技術に関する技術交流を図り、硬質工具材料技術を利用した新材料開発や新製品開発などを目指すことで、この分野における技術の高度化を図るとともに、会員相互の啓発と親睦を図り、本県の工業の発展に資することを目的とする。

会員：企業５社、大学・支援機関等２機関６名　　事務局：素形材プロセス開発部　杉山 重彰

○秋田・精密機器研究会　　代表者：（有）小野寺工作所　小野寺 信雄

産学官のネットワーク構築と情報交流を目的に平成１１年度から活動してきた「オプトエレトロメカニクス研究会」から「精密位置決め」をテーマとして試作開発に関わる企業・機関により結成され、商業化を前提としてSub-nanometerの超精密位置決め機構制作などに取り組んでいる。

会員：企業１０社、
大学・支援機関等５機関２２名　　事務局：電子光応用開発部　森 英季

○真空製膜研究会　　代表者：国立大学法人秋田大学　石尾　俊二

真空製膜技術は「ものづくり」のための基盤技術の一つであり、多くの要素技術を含有しています。本研究会では、県内企業の現場ニーズに対応した要素技術を研鑽するとともに、企業、大学、公設試等の持つ技術を基に新たな事業を創出することを目標とし、材料・加工分野、制御分野、計測分野などにおける個別技術力の向上を目指しています。

会員：企業１６社、大学・支援機関等４機関５８名　　事務局：秋田県学術振興課　有明 順

Ⅵ　当センターのご利用について

１．秋田県産業技術センターの所在とアクセス

（１） 所　在

秋田県産業技術センター　本館
　住　所　〒010-1623　秋田県秋田市新屋町字砂奴寄４番地の１１
　連絡先　Tel　018-862-3414　　Fax　018-865-3949

秋田県産業技術センター　高度技術研究館
　住　所　〒010-1623　秋田県秋田市新屋町字砂奴寄４番地の２１
　連絡先　Tel　018-866-5800　　Fax　018-866-5803

ホームページ
　http://www.rdc.pref.akita.jp/

（２） 公共交通機関によるアクセス

◎バス　　秋田中央交通　秋田駅西口発『県立プール』線
　　本館：『工業技術センター前』停留所下車※
　　高度技術研究館：『県立プール前』停留所下車※
　　※両建屋間は徒歩２分ほど離れていますのでご注意ください。

◎タクシー　　秋田駅より約７キロ、20 分。運賃 3,000 円程度

２．ご利用案内

秋田県産業技術センターでは、秋田県産業の活性化と持続的な発展を目指し、研究業務のほかにも、県内企業の皆様のためのさまざまな活動を行っております。技術相談、共同研究、受託研究、人材育成、設備利用など、各種のサポートメニューをご用意し、県内企業をはじめとする皆様のご利用をお待ちしております。

詳細については以降をご確認いただき、各担当窓口までご相談ください。ご不明な点などもお気軽にお問い合わせください。

（１） ご相談窓口について

秋田県産業技センターでは、ご相談窓口は技術イノベーション部となっております。はじめて当センターをご利用される方、新たなご相談のある方は、下記電話へご連絡ください。また当センターホームページの技術支援室のページからは、メールによるご連絡も可能です。

ＴＥＬ ０１８－８６２－３４２０

ホームページ http://www.rdc.pref.akita.jp/

継続してご利用されている方は、引き続き、担当の研究員へ直接ご連絡ください。

◎共同研究

・企業の皆様と当センターが共同で研究開発に取り組みます。
・秋田県産業技術センターで使用する消耗経費をご負担いただきます。
・共同研究契約を締結していただきます。秘密保持契約も可能です。
　詳しくは技術支援室までお問い合わせくださいますようお願いいたします。

◎研　修

・企業の皆様の技術力向上や新技術の習得のために研修制度を用意しております。
・研修費用は無料ですが、必要な消耗品についてはご負担願います。
・学生の皆さんのインターンシップも受入可能です。

◎設備機器利用

・試作加工、分析評価等に利用できる当センター設備機器を開放しております（有料）。
・使用料のほか、必要な消耗品についてはご利用者様にご負担いただきます。
・設備機器の使用方法については、当センター研究員がサポートします。
　詳しくは次項「設備機器利用について」をご参照ください。

◎研究会の紹介

・当センターが活動を支援している研究会を紹介します。
・講演会、講習会、研究発表会、情報交換会、工場見学会などを開催しております。
・企業間連携、産学官連携の場としてご活用ください。

（２） 設備機器利用について

秋田県産業技術センターでは、研修会や会議等に利用できる当センターの研修室や会議室を、また試作、加工、分析評価等に利用できる当センターに設置されている設備機器の一部を、有料で開放しています。機器設備のご利用案内と、ご利用いただける機器の一覧を次ページより収録してありますのでご参照ください。なお、これら設備機器につきましては、ご利用の可否、ご利用条件、料金などに変更が生じる場合がございます。予めご了承ください。

秋田県産業技術センター施設・設備利用のご案内

秋田県産業技術センターでは、試験研究、技術支援・相談、技術者養成、研究会活動、研修会・講習会の開催、技術情報の提供などの業務を行っております。

当センターには、県内企業をはじめ外部の方に施設や設備機器を次のとおり開放しております。

ご利用の留意事項

（１）利用者

特に制限はありません。

（２）利用対象施設、設備機器及び使用料金

「施設及び設備使用料」に記載しているとおりです。

（３）利用日時

原則として、当センターの休業日を除く午前９時から午後５時までです。

（４）利用・申し込み方法

あらかじめ電話等により、対象設備、利用日時等をご連絡の上、当日まで申請手続きが必要です。

使用が可能な場合は、許可書を交付します。

（５）使用方法の指導

設備機器の使用方法については、必要に応じて当センター職員が指導します。

（６）支払方法

当センターで発行する納入通知書により、指定金融機関に納付することになっています。

（７）ご利用にあたっての順守事項

① 会議室、講堂、展示室の使用に際しての机、椅子の準備及び現状回復は、使用者の責任において行うことになっています。

② 茶器は無償で貸し付けしますが、消耗品は持ち込みとなるほか、後片づけは使用者の責任において行って下さい。

③ 禁煙場所での喫煙はご遠慮下さい。

④ 設備機器のご利用にあたっては、原則として危険物及び有害物質の持ち込みを禁止いたします。

⑤ 当センターの施設及び設備機器をき損した場合は、直ちに届け出願います。

故意または過失によると認められる場合には、損害賠償の責任が生じることになりますので注意してご利用下さい。

（８）申込・照会先

〒０１０－１６２３　秋田市新屋町字砂奴寄４番地の１１

秋田県産業技術センター総務管理部

ＴＥＬ０１８－８６２－３４１４

ＦＡＸ０１８－８６５－３９４９

施設使用料及び設備使用料

１．開放研究室

開放研究室には、備品としてＯＡテーブル、ＯＡチェア、キャビネット、ロッカー、作業台などが備え付けられており､LANの端子が設けられておりますので、コンピュータを持ち込むことにより、電子メール等を利用できます。

（１）本館

区分	面積（m^2）	室数	使用料金（円／月）
開放研究室Ａ	５９	２	６７，９００
開放研究室Ｂ	４６	６	６４，８００
開放研究室C	４０	２	４３，２００

（２）高度技術研究館

区分	面積（ｍ２）	室数	使用料金（円／月）
高機能開放研究室	６１．４４	６	９５，１００

２．講堂、研修室、会議室、展示室

（１）本館

区　分	使　　用　　料			収容人数
	9:00-12:00	13:00-17:00	9:00-17:00	
講　堂	3,500円	4,600円	8,100円	100人
研修室B	1,000円	1,450円	2,450円	20人
展示室	（１日）　1,300円			

また、次の付属備品が使用できますので、施設の使用申込の段階でお申し込み下さい。
なお、これらについては、使用料はかかりません。

備　品　名	備　品　名
液晶プロジェクタ	オーバーヘッドプロジェクタ
VHSビデオデッキ	黒板
スクリーン	ワイヤレスマイク
ホワイトボード	

（２）高度技術研究館

区分	使　用　料			収容人数
	9:00-12:00	13:00-17:00	9:00-17:00	
視聴覚研修室	9,450円	12,600円	22,050円	100人
研修室Ａ	3,450円	4,600円	8,050円	24人

３．機械設備の使用料について
次頁以降に示します。

（注１）使用時間が１時間未満である時、または当該時間に１時間未満の端数がある時は、１時間として計算した使用料です。
（注２）施設及び設備使用料には、消費税が含まれています。

秋田県産業技術センター
業務年報

2013年（平成25年度）

編集・発行： 秋田県産業技術センター

〒010－1623
秋田県秋田市新屋町字砂奴寄4番地の11
あきたけん　あきたし　あらやまち　あざ　さぬき

TEL　018－862－3414
FAX　018－865－3949
E-mail ： soudanshitu@rdc.pref.akita.jp
Home page ： http://www.rdc.pref.akita.jp/