

ANNUAL REPORT
OF
THE
INDUSTRIAL
RESEARCH
CENTER
OF
SHIGA
PREFECTURE

令和4(2022)年度 業務報告

滋賀県工業技術総合センター

ANNUAL REPORT
OF
THE
INDUSTRIAL
RESEARCH
CENTER
OF
SHIGA
PREFECTURE

令和4(2022)年度
業務報告
滋賀県工業技術総合センター

目次

I. 運営概要	1
1. 設置の目的	1
2. 沿革	2
3. 敷地および建物	4
4. 組織および業務内容	6
(1) 機能と事業	6
(2) 機構および業務内容	7
(3) 職員	8
5. 決算(令和4年度)	9
(1) 事業別決算	9
(2) 科目別決算	10
(3) 年度別決算	11
6. 工業技術総合センター運営懇話会結果概要	13
7. 設備・機器	16
II. 業務概要	17
1. 重点事業	17
(1) 金属3Dプリンタによる部材の高度化・量産化に向けた開発支援事業	17
(2) 現場力の維持・強化に向けたAI開発支援事業	18
(3) 「近江の地酒」魅力向上支援事業	19
(4) 企業の視点に立ったCO ₂ 削減取組支援事業	20
2. 技術相談支援	21
(1) リサーチサポート制度の利用	21
(2) モノづくり技術力向上のための「技術研修」事業(講習・実習)	22
(3) 海外展開技術支援事業	23
(4) 主な技術相談事例	24
3. 試験・分析	27
(1) 開放試験機器の提供	27
(2) 依頼試験分析	30
(3) 生產品受払	32
4. 研究開発・産学官連携	33
(1) 重点・経常研究	33
(2) 共同研究	34
(3) 研究発表等	37
(4) 重点研究の評価委員会	39
(5) 研究会活動の推進	42
(6) 産業財産権	46
(7) 職員の研修	48
(8) 審査会等への出席	49
5. 人材育成事業	50
(1) 窯業技術者養成事業	50
(2) 信楽窯業技術試験場研修生OB会	51

6. 情報提供等	52
(1) 刊行物の発行	52
(2) 研究成果報告会およびセンター一般公開の開催について	53
(3) ホームページによる情報提供	54
(4) 産業支援情報メール配送サービス「IRCS News」	54
(5) 工業技術情報資料等の収集・提供	54
(6) 見学者等の対応	55
(7) 報道関係機関による掲載件数	56
7. その他	57
(1) 技術開発室『レンタルラボ』の管理運営	57
(2) 企業・大学等訪問事業	58
(3) 薪窯発信プロジェクト	59
(4) 令和4年信楽焼生産実態調査結果	60
III. 研究報告	62
令和4年度研究報告一覧	64
深層学習を用いた動作音解析に関する研究	65
ファインバブルクーラントを用いた機械加工に関する研究開発 —電着ダイヤモンド工具を用いた側面研削における高能率化(第3報)—	70
金属 3D プリントを用いた積層造形技術の高度化に関する研究 —材料開発技術の高度化の検討—	74
金属 3D プリントを用いた積層造形技術の高度化に関する研究 —形状造形技術の高度化の検討—	79
有機複合体の構造制御による貼付フィルムの高機能化に関する研究(第2報)	82
高分子複合材料の物性向上に関する研究 —CNFによる生分解性プラスチック補強の検討(第3報)—	86
水素関連部材への応用に向けた次世代カーボン技術の開発 —バリア機能と機械特性の向上—	91
滋賀の清酒醸造用酵母の醸造条件の検討 —香り成分高生産酵母の小仕込醸造試験—	95
耐熱陶器製品の開発 —予熱調理器の試作—	102
3D 技術を活用した陶製品製造技術に関する研究	104
無機系廃棄物の陶土への活用 —アルミナ砥粒製造時の廃棄物の活用—	108

I. 運営概要

1. 設置の目的

本県の工業は、昭和30年代後半から新規工場立地の進展に伴い大きく発展し、従来は繊維工業が中心でしたが、一般機器、輸送用機器、電気機器等の加工組立型産業が中心を占めるようになり、産業構造は大きく変化してきました。こうした状況の中にあって、本県進出企業と在来中小企業間では技術水準の格差が大きく、また、企業間の連携・協力体制が十分でないこともあり、中小企業の技術力向上がますます重要な課題となってきました。

このように、本県産業の主要な部分が高度で先端・先進的な技術を必要とする電子、機械、精密加工等に転換してきたことや、これら業種や複合技術に関連する協力企業群の技術水準の向上が不可欠となってきたことから、中小企業を中心とした技術力向上を支援する体制を充実することが求められてきました。また、企業相互、産学官の連携により、各分野に蓄積されてきた技術ポテンシャルを結集することの重要性も増してきました。

これまで、本県には繊維や窯業など地場産業の発展を支える機関はありましたが、県内工業の基盤的な分野に深くかかわり、先導的な役割を果たす機関は未整備でした。

こうした時代背景の中で、産業界からの強い要請もあり、工業技術振興の様々な課題に応えるため、電子、機械、化学、食品、材料、デザインなど、広範な分野を対象とする総合的な試験研究指導機関として、また本県工業技術振興の拠点として、昭和60年4月に「滋賀県工業技術センター」が栗東町（現：栗東市）に設置されました。

また、急速な技術革新に対応し、今後、技術立県としての地位を確立するため、「滋賀県工業技術センター」の整備に合わせて、人材育成、技術・人的交流、情報の収集・提供といったソフト部門を受け持つ「(財)滋賀県工業技術振興協会」(現：「(公財)滋賀県産業支援プラザ」)が昭和60年3月に設立されました。

一方、信楽町（現：甲賀市信楽町）には明治36年創設の「信楽陶器同業組合」の模範工場を前身とする「滋賀県立信楽窯業試験場」が昭和2年に創設されて以来、信楽焼をはじめとする県内窯業の拠点として研究開発や技術支援等を行ってきました。

平成9年4月には、近年の時代の要請や本県の特徴を踏まえた行政課題に即応した試験研究を進め、県内大学や他の試験研究機関、地場産業を含む産業界との連携・交流を推進し、その成果を県内産業に移転・普及することを目的として、「滋賀県工業技術センター」と「滋賀県立信楽窯業試験場」を統合し、「滋賀県工業技術総合センター」として業務を開始しました。また、信楽窯業技術試験場については、令和4年10月に老朽化対策として県立陶芸の森の隣接地に新庁舎にて供用を開始し、地域との連携によりさらなる支援に取り組むことができる環境が整いました。

今後とも、効率的で質の高い組織運営を心がけ本県産業支援の中核機関としての役割を果たしていきます。

2. 沿革

年	月	
平成9年	4月	工業技術センターと信楽窯業試験場を統合し、工業技術総合センターと改称
	6月	知的所有権センターを併設
平成10年	3月	ISO14001規格審査登録取得(栗東地区)(～平成22年3月)
		信楽窯業技術試験場福祉環境整備工事により身障者用施設整備
平成11年	2月	「企業化支援棟」竣工
	4月	企業化支援棟技術開発室の入居開始
		研究評価制度導入 (財)滋賀県工業技術振興協会を(財)滋賀県中小企業振興公社等と統合し、(財)滋賀県産業支援プラザ設立
平成12年	4月	グループ制導入 (財)日本発酵機構余呉研究所の解散にともない、食品部門を強化
	8月	産業支援情報メール配送サービス開始
平成13年	3月	ISO14001規格審査登録取得(信楽地区)(～平成22年3月)
平成18年	7月	工業標準化法による登録試験事業者として認定(～平成26年12月)
平成28年	4月	係制導入
平成30年	3月	「日本酒醸造試験施設」を別館(工業技術振興会館)に設置
平成31年	3月	実験棟を改装し、「高度モノづくり試作開発センター」を設置
令和2年	12月	「信楽窯業技術試験場新築工事」着工
令和4年	10月	「信楽窯業技術試験場」供用開始(甲賀市信楽町勅旨2200-5)

付記

* 工業技術センター

年	月	
昭和55年	9月	草津商工会議所会頭から「県立工業技術センターの設置について」の要望書の提出
昭和57年	2月	県立工業技術センター設計・調査予算計上
	5月	滋賀県工業技術センター基本計画検討部内ワーキンググループの設置 「滋賀県工業技術センター基本計画検討会議」の設置および第1回検討会議開催
	6月	第2回検討会議
	7月	第3回検討会議
昭和58年	8月	第4回検討会議
	2月	工業技術センターの施設、規模、用地面積等の方針および予算を内定
	3月	「滋賀県工業技術試験研究所施設整備基金条例」制定
昭和59年	1月	栗東町「県立工業技術センター建設用地の造成工事」起工
	4月	「工業技術センター開設準備室」設置(室長以下6名)
	7月	栗東町「県立工業技術センター建設用地の造成工事」完工 「県立工業技術センター建物建設工事」着工
昭和60年	3月	(財)滋賀県工業技術振興協会設立 「滋賀県工業技術振興基金条例」制定 「県立工業技術センター建物建設工事」完工
	4月	工業技術センターおよび(財)滋賀県工業技術振興協会業務開始
	平成2年	1月
平成4年	11月	別館「工業技術振興会館」竣工、(財)滋賀県工業技術振興協会および(社)発明協会滋賀県支部が入居
平成6年	1月	インターネット(SINET)接続
	8月	ホームページ開設

*** 信楽窯業試験場**

年	月	
大正15年		県議会において滋賀県窯業試験場甲賀郡信楽町設置の件決議され、昭和2年度予算に経常費13,022円臨時建設費51,223円を計上
昭和2年	4月	商工大臣により設置の件認可
	5月	滋賀県告示175号をもって信楽町長野に位置を決定
昭和3年	5月	新築竣工
昭和21年	10月	信楽窯業工補導所を併設
昭和22年	12月	信楽窯業工補導所を滋賀県信楽窯業工公共職業補導所と改称
昭和25年	4月	滋賀県窯業試験場を滋賀県立信楽窯業試験場と改称
昭和33年	7月	滋賀県信楽窯業工公共職業補導所を滋賀県信楽職業訓練所と改称
昭和37年	3月	固形鑄込成形室新築
昭和38年	3月	併設の滋賀県信楽職業訓練所廃止
昭和39年	9月	乾燥試験室新築
昭和42年	2月	本館改築(総工費18,360,000円RC造2階建)
昭和46年	3月	開放試験室ならびに試作成形室新築(総工費28,562,000円RC造2階建)
昭和48年	4月	滋賀県窯業技術者養成制度制定(昭和48年告示第129号)
昭和50年	3月	調土棟、物品倉庫および車庫新築(総工費69,430,000円)
昭和54年	3月	第1・第2焼成開放試験棟新築
昭和55年	9月	第1焼成開放試験棟2階増築(総工費2,950,000円)
平成7年	12月	調土棟、物品1・2階改修(総工費8,137,000円)
平成9年	1月	本館相談室改修(総工費8,858,000円)
	3月	渡廊下新築(総工費4,635,000円)

特記

*** 令和4年度 信楽窯業技術試験場 移転開所経緯**

年	月	
平成27年	9月	公共施設等の老朽化に係る知事との課題協議(旧庁舎の更新・改修方針等)。
平成28年	3月	「滋賀県公共施設等マネジメント基本方針」、「滋賀県県有施設更新・改修方針」の中で、「早期(概ね平成28年～32年度)の事業着手に向けて、具体的な事業内容などの精査・検討を行う」施設となる。
平成29年	6月	第1回「信楽窯業技術試験場あり方懇話会」を開催。
平成30年	5月	信楽経済関係6団体から 早期更新、陶芸の森前移転の要望。
平成30年	6月	第2回「信楽窯業技術試験場あり方懇話会」を開催。
	7月	第3回「信楽窯業技術試験場あり方懇話会」を開催し、意見集約。
平成31年	3月	信楽窯業技術試験場 整備基本計画」を策定。
令和元年	4月	基本設計・実施設計(キタイ設計株)を実施。
令和2年	12月	現場建築工事着工(株桑原組、株中島電業所、株ノセヨ)
令和4年	6月	竣工(工事費:約8.35億円)
	7月	移転作業開始
	9月	1日 業務開始
	10月	7日 開所式開催(近畿経済産業局伊吹局長、甲賀市岩永市長、信楽陶器工業協同組合大原理事長、滋賀陶芸大使松下氏ほか、来賓約30名)



新庁舎全景



テープカット

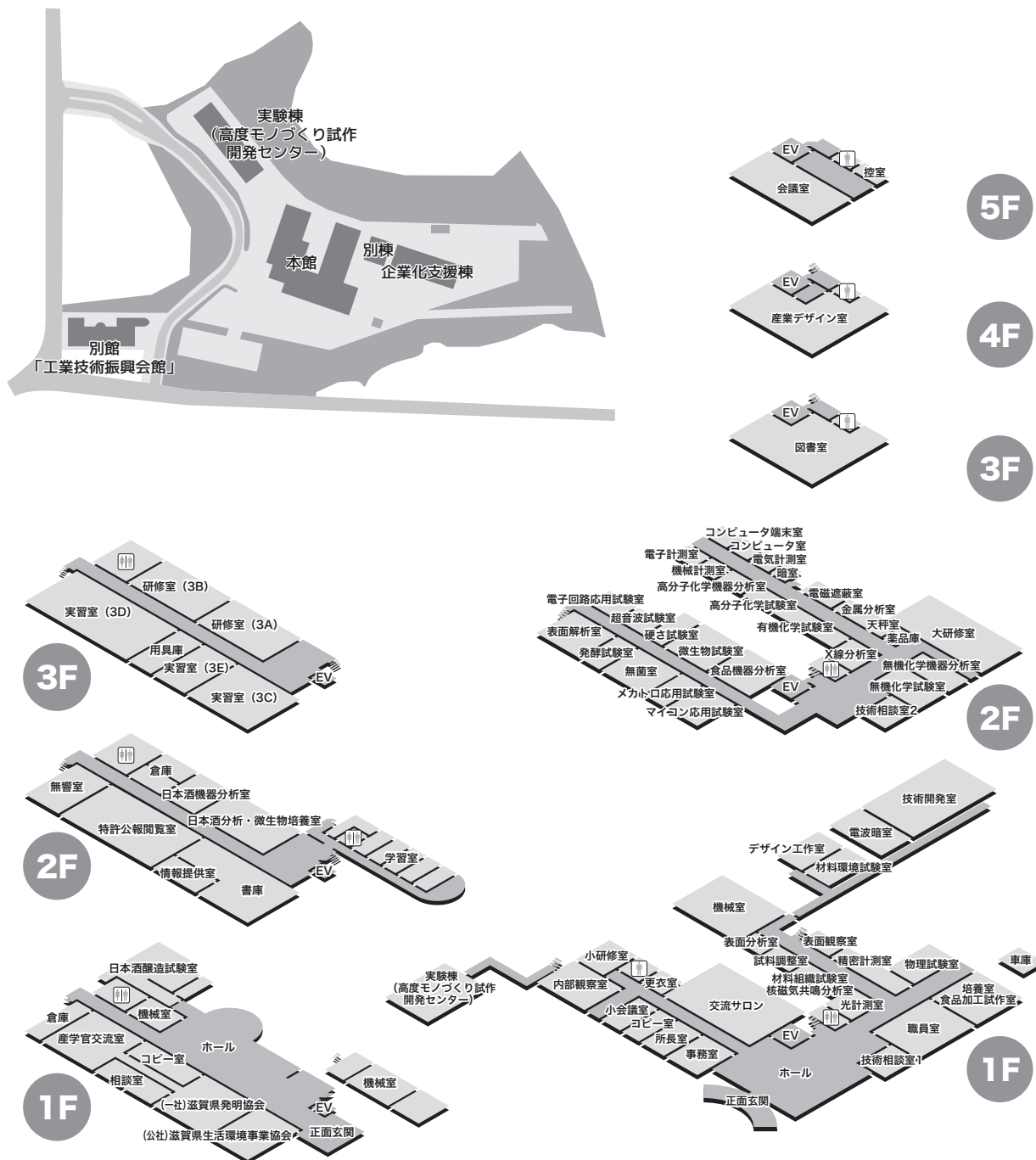
3. 敷地および建物

所在地 〒520-3004滋賀県栗東市上砥山232番地

土地 35,350.14m² (登記面積) (実測面積36,610.88m²)

建物 8,822m²

本館 (研究管理棟)	(鉄筋コンクリート2階建・一部5階)	4,296m ²
実験棟	(鉄筋コンクリート平屋建: 日本自転車振興会補助)	693m ²
別棟 (開放試験室)	(鉄筋コンクリート平屋建: 国庫補助)	154m ²
別館 (工業技術振興会館)	(鉄筋コンクリート3階建)	2,483m ²
企業化支援棟	(鉄筋コンクリート2階建: 国庫補助)	837m ²
その他	(渡廊下、排水処理機械室等)	359m ²



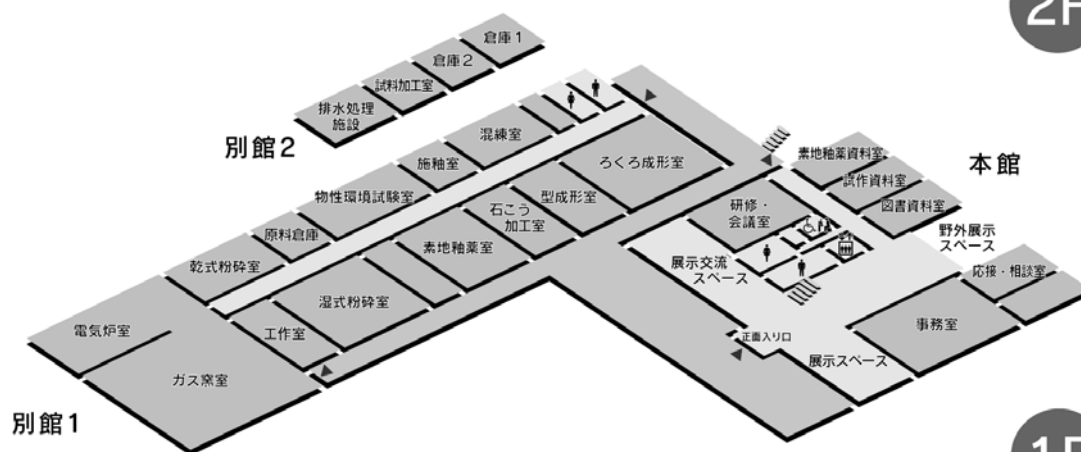
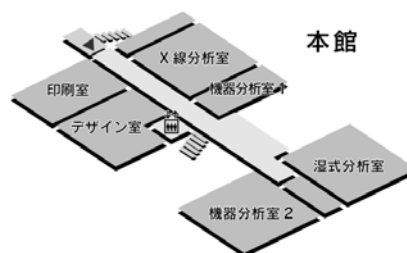
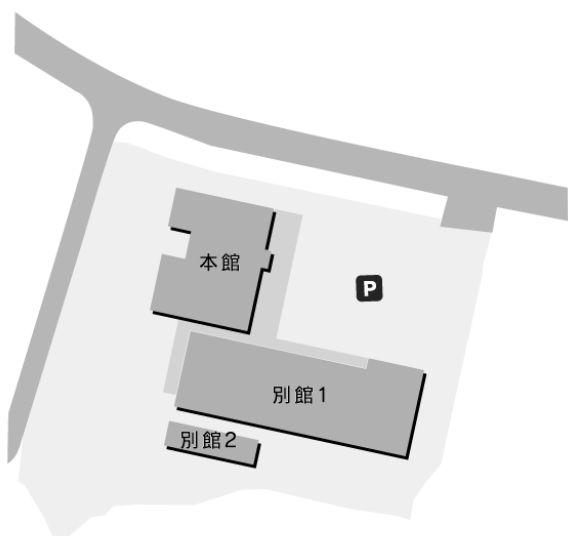
信楽窯業技術試験場

所在地 〒529-1804滋賀県甲賀市信楽町勅旨 2 2 0 0 - 5

土地 5,368.15m² (工事面積)

建物 1,675.32m²

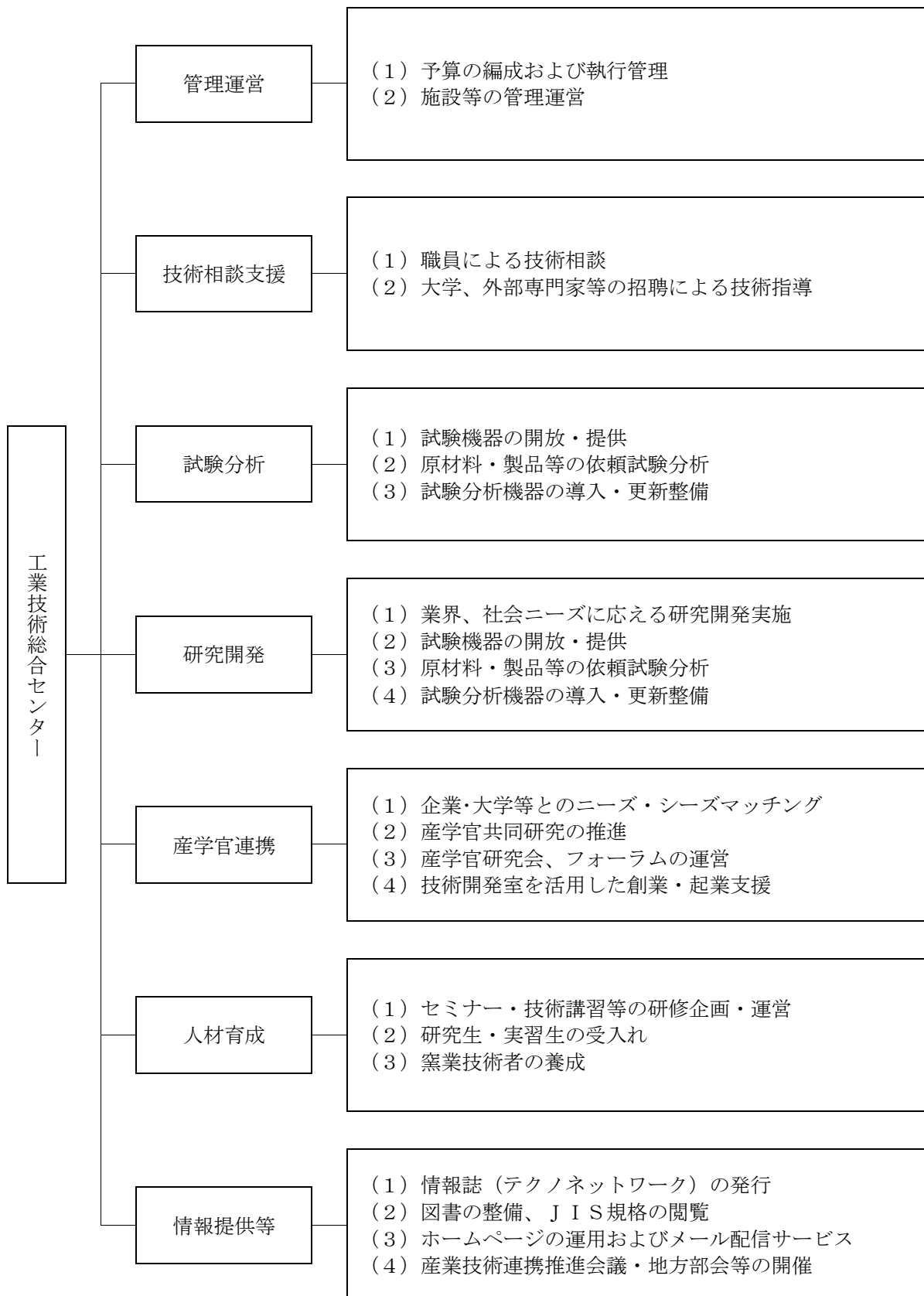
本館棟	(鉄骨造 2 階建)	813.64 m ²
別館棟 1	(木造 1 階建)	771.68m ²
別館棟 2	(鉄筋コンクリート平屋建)	90.00 m ²



4. 組織および業務内容

(1) 機能と事業

(令和5年3月31日現在)

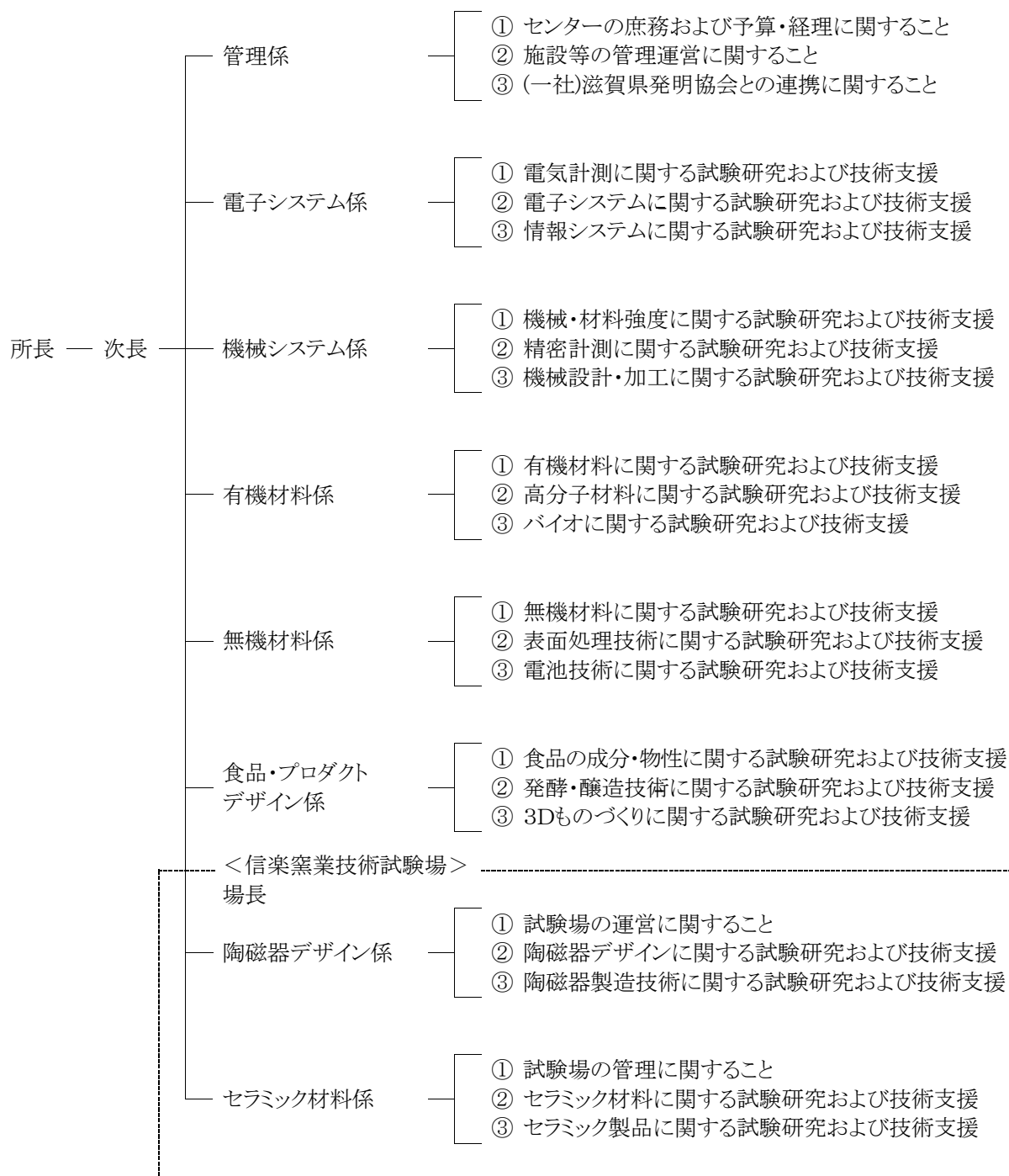


(2) 機構および業務内容

工業技術総合センターは、総合的な試験研究、技術支援・指導、技術研修などを実施するため、管理係、電子システム係、機械システム係、有機材料係、無機材料係、食品・プロダクトデザイン係、陶磁器デザイン係およびセラミック材料係を設けています。

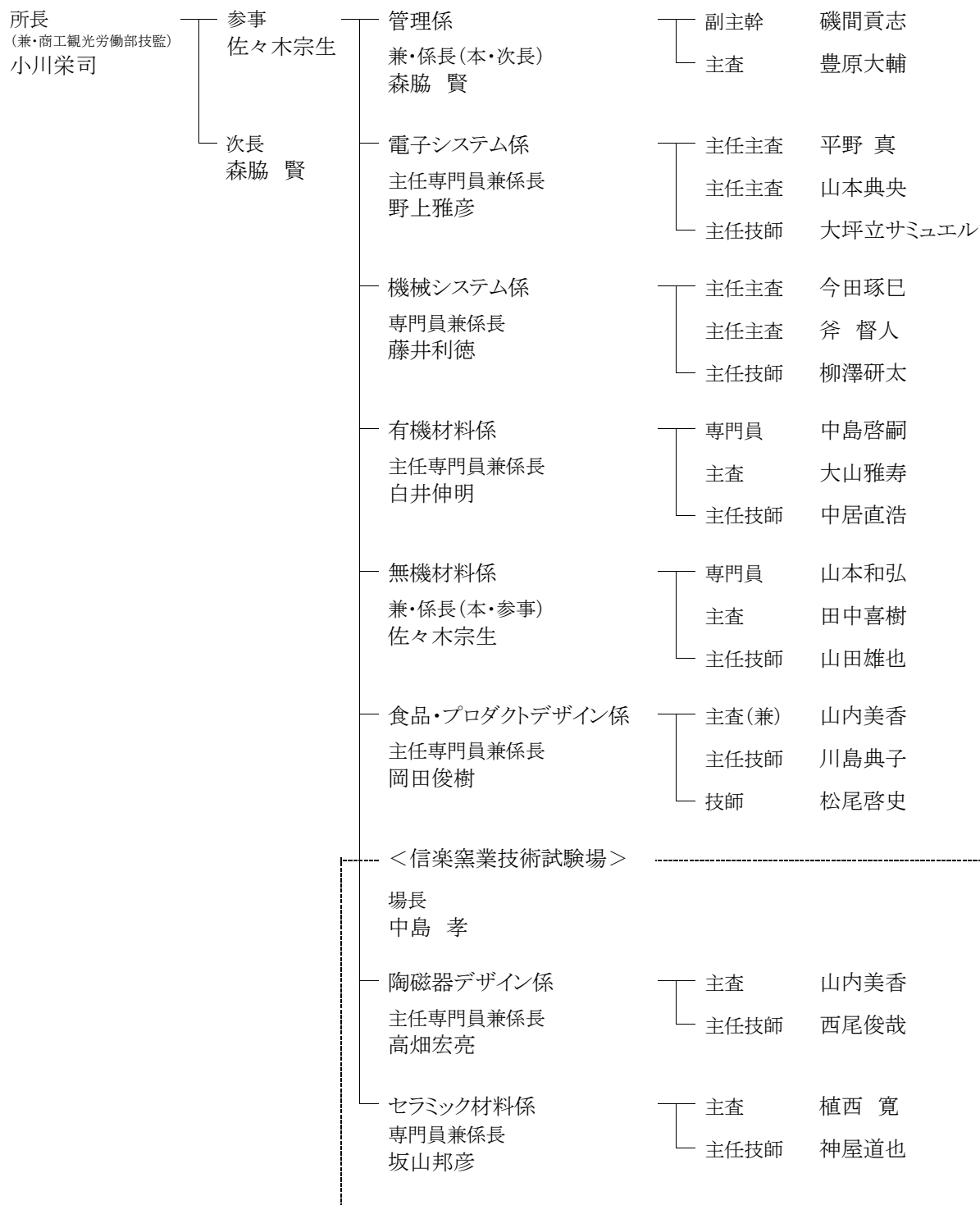
そして、(公財) 滋賀県産業支援プラザ、(一社) 滋賀県発明協会、各経済団体などと連携を図りながら、効果的な活動を推進しています。

(令和5年3月31日現在)



(3) 職員

(令和5年3月31日現在)



職員数 30名
事務 3名
技術 27名

5. 決算（令和4年度）

（1）事業別決算

（単位：円）

概要		決算額
職員費		283,342,161
運営費	企業化支援棟推進費	5,459,500
	【長期保全】庁舎整備費	451,422,130
	庁舎整備費	2,219,773
	全国公設試験機関長協議会開催費	118,000
	無体財産(特許権)維持管理費	828,163
	庁舎管理運営費	66,085,820
	小計	526,133,386
工業技術総合センター費	ものづくり支援開放機器整備推進事業費	29,810,000
	技術相談指導事業費	628,322
	共同研究プロジェクト事業費	1,521,558
	窯業技術研究開発事業費	3,372,875
	地域連携型モノづくり人材育成事業費	989,985
	外部競争的資金導入型研究開発事業費(経済産業省戦略的基盤技術高度化支援事業、経済産業省成長型中小企業研究開発支援事業)	
	(独自の熱膨張層による多段階伝熱コントロール技術でリチウムイオン二次電池の安全性を高める革新的伝熱コントロール材料の研究開発)	803,417
	(液化水素を安定的に封止する革新的構造を備えた水素社会の実現に不可欠な大口径バタフライバルブの研究開発)	872,685
	(次世代パワー半導体用SiC(炭化ケイ素)基板に潜在する通電拡張型欠陥の可視化及び、製品の高信頼性化を実現する高速AI抽出によるスクリーニング技術の研究開発)	932,987
	(世界初・銀ナノインクアンテナを有する感熱紙印字タイプRFIDタグの研究開発)	549,406
	(次世代の高精度・高効率な車体製造用高粘度接着剤塗工技術の開発)	512,787
	(世界初:ドライ・ウェット複合プロセスによる高耐久・高信頼性電磁波遮蔽車載用シールドフィルム技術の開発)	7,397,000
	(印刷製本業界のDXを牽引！世界初枚葉印刷物の高速ロータリーカット装置の研究開発)	681,560
	イノベーション推進設備整備事業費	9,460,000
	「近江の地酒」魅力向上支援事業費	2,284,350
	モノづくり技術力向上のための「技術研修」事業費	292,319
	金属3Dプリンタによる部材の高度化・量産化に向けた開発支援事業	328,920
	現場力の維持・強化に向けたAI開発支援事業費	1,227,922
	感染症対策材料の開発支援事業費	2,073,378
	デジタル技術を活用した陶製品開発人材育成事業費	2,163,818
	技術情報サービス事業費	4,079,720
	ものづくり支援開放機器維持管理事業費	22,178,944
	学会連携事業費	299,800
	一般研究事業費	3,035,565
	地域産業育成指導事業費	919,260
	小計	96,416,578
	工業技術総合センター費 合計	
経費 その他	中小企業技術指導員研修事業費	298,800
	中小企業技術支援情報ネットワーク推進事業費	828,300
	企業の視点に立ったCO2削減取組支援事業	2,606,872
	近江の地場産業の新たな展開支援事業	198,526
小計	3,932,498	
合計		909,824,623

(2) 科目別決算

歳入

(単位：円)

款	項	目	収入額	摘要	
使用料および手数料	使用料	商工観光労働使用料	71,021,406	試験分析機器等設備使用料(栗東、信楽)	63,887,140
				技術開発室使用料	3,709,440
				技術開発室電気料金	829,626
				別館使用料・共益費	2,527,058
				自動販売機電気料金等	66,642
	ケーブルテレビ線用コンクリート柱使用料	1,500			
	手数料	商工観光労働手数料	3,738,320	試験等手数料(栗東、信楽)	3,738,320
国庫支出金	国庫補助金	商工観光労働費国庫支出金	7,375,686	地方創生推進交付金	7,375,686
財産収入	財産運用収入	物品売払収入	134,375	物品売払収入	134,375
		生産物売払収入	115,080	生産物売払収入(栗東)	115,080
繰入金	基金繰入金	工業技術振興基金繰入金	41,818,835	モノづくり技術力向上のための「技術研修」事業ほか	35,008,004
		中小企業活性化推進基金		デジタル技術を活用した陶製品開発人材育成事業ほか	4,237,196
		CO2ネットゼロ社会づくり推進基金		製品ライフサイクルにおけるCO2削減技術の開発支援事業	2,573,635
諸収入	受託事業収入	商工観光労働受託事業収入	0	試験研究事業費受託事業	0
	雑入	雑入	34,441,200	自動販売機納付金	196,900
				借受機器使用料(栗東)	2,173,950
				試験研究事業費補助金	11,687,017
				窯業技術者養成受講料	510,000
		機械工業振興事業費交付金	19,873,333		
合計			158,644,902		

歳出

款	項	目	節	支出額	
商工観光労働費	中小企業費	工業技術総合センター費	報酬	19,516,064	
			給料	133,316,281	
			職員手当等	81,913,174	
			共済費	47,745,542	
			報償費	1,239,480	
			旅費	1,931,870	
			需用費	79,414,715	
			役務費	4,580,743	
			委託料	67,578,409	
			使用料および賃借料	1,402,911	
			工事請負費	413,997,000	
			原材料費	2,273,058	
			備品購入費	50,276,358	
			負担金補助および交付金	665,720	
	公課費	40,800			
				(中小企業費)小計	905,892,125
	商工業費	工業振興費		旅費	88,800
				需用費	1,383,328
				役務費	828,300
				委託料	1,000,000
備品購入費				422,070	
		負担金補助および交付金	210,000		
			(商工業費)小計	3,932,498	
			合計	909,824,623	

(3) 年度別決算

年度別歳入一覧表

(単位：円)

年度	歳入						
	使用料および手数料	国庫支出金	財産収入	繰入金	諸収入	一般財源	計
S59	-	13,897,000	-	350,189,350	58,585,000	2,120,427,000	2,543,098,350
60	1,397,100	12,950,000	-	241,353,330	40,845,000	196,987,904	493,533,334
61	6,818,350	-	16,012,633	261,292,980	33,165,000	218,562,326	535,851,289
62	6,919,850	-	16,656,532	99,886,246	-	226,806,293	350,268,921
63	10,325,100	5,709,000	17,884,599	97,444,000	20,597,000	249,350,601	401,310,300
H1	12,599,050	27,319,000	47,035,361	112,937,776	14,910	*1 563,805,758	763,711,855
2	15,298,300	7,750,000	87,251,224	106,709,703	33,267,995	262,587,852	512,865,074
3	13,941,100	10,400,000	72,563,529	109,026,776	55,874	*2 553,087,119	759,074,398
4	15,552,050	20,125,000	39,589,382	81,776,284	28,183,260	*3 760,733,237	945,959,213
5	17,323,050	-	23,470,114	65,932,463	55,940	*4 349,292,414	456,073,981
6	20,293,650	13,283,000	18,502,868	50,815,200	17,878,270	*5 362,601,330	483,374,318
7	16,278,950	13,448,000	8,273,082	9,986,507	14,567,266	*6 546,326,863	608,880,668
8	18,200,650	21,485,000	6,843,746	-	-	620,168,916	666,698,312
9	25,480,780	*7 301,144,950	161,581	-	30,694,760	*7 859,608,099	*9 1,217,090,170
10	25,144,960	28,336,300	273,705	-	211,498,523	546,685,087	811,938,575
11	35,901,920	48,791,750	178,999	*8 3,000,000	18,290,240	552,321,896	658,484,805
12	39,157,390	47,688,890	196,125	*8 8,033,000	36,668,871	547,965,238	679,709,514
13	39,420,710	23,662,971	114,195	*8 8,008,000	23,215,419	539,138,192	633,559,487
14	41,706,710	14,017,500	144,470	*8 12,660,000	21,420,209	476,393,052	566,341,941
15	40,934,500	5,076,750	101,805	*8 5,653,000	21,187,218	475,868,519	548,821,792
16	46,616,980	-	189,415	*8 10,455,177	23,602,663	511,442,888	592,307,123
17	46,339,430	-	251,595	*10 5,555,000	25,602,430	481,076,549	558,825,004
18	53,789,503	-	179,075	*10 4,408,000	31,828,710	452,483,532	542,688,820
19	51,722,530	-	340,680	*10 4,030,000	30,723,646	438,840,873	525,657,729
20	50,072,697	-	393,805	-	62,816,839	446,733,965	560,017,306
21	56,906,267	*11 29,624,000	249,150	*12 1,711,000	45,967,174	368,235,401	502,692,992
22	62,276,469	14,000,000	239,799	*12 10,478,859	18,745,441	351,525,702	457,266,270
23	61,354,027		268,489	*12 12,537,628	20,159,797	360,510,990	454,830,931
24	*13 65,104,105		291,090		18,001,317	326,338,985	409,735,497
25	74,592,190	21,319,450	312,015	*12 6,621,401	19,702,391	319,033,309	441,580,756
26	78,984,757		262,687		39,617,227	330,394,040	449,258,711
27	76,885,869	*14 1,942,000	249,054	*15 28,107,800	27,543,480	343,376,881	478,105,084
28	71,516,708	*14 13,506,000	238,700	*15 16,000,000	28,983,071	*16 337,346,237	467,590,716
29	63,997,521	*14 13,416,000	267,588	*15 17,067,000	29,787,533	*17 419,395,164	543,930,806
30	62,651,977	*14 360,723,918	353,142	*15 12,558,720	55,000,112	*18 373,602,392	864,890,261
R1	66,611,654	*14 14,244,845	37,240	*15 18,595,120	19,887,946	372,064,322	491,441,127
2	68,495,968	*14 254,952,000	86,472	*15 19,809,349	61,452,714	403,195,245	807,991,748
3	78,641,264	*14 30,652,412	143,800	*15 13,740,633	43,894,164	748,025,226	915,097,499
4	74,759,726	*14 7,375,686	249,455	*15 41,818,835	34,441,200	747,247,223	905,892,125

注 1. 財産収入…工業技術振興基金運用収入他
 2. 繰入金…工業技術センター施設整備基金取崩他
 3. 諸収入…公益財団法人JKA補助金、外部競争的資金他
 *1 寄付金5,100,000円を含む
 *2 寄付金700,000円を含む
 *3 寄付金9,000,000円、県債270,000,000円を含む
 *4 寄付金5,100,000円を含む
 *5 寄付金360,000円を含む
 *6 寄付金360,000円、県債90,000,000円を含む
 *7 平成9年度分には平成9年度繰越分を含む
 *8 緊急雇用特別対策基金繰入金
 *9 平成9年度以降は信楽窯業技術試験場との合計額

*10 県産業廃棄物発生抑制等推進基金
 *11 地域活性化・経済危機対策臨時交付金
 *12 緊急雇用創出事業臨時特例基金繰入金
 *13 関西広域連合に係る減免の適用開始
 *14 戦略産業雇用創造プロジェクト補助金
 地方創生推進交付金
 地方創生拠点整備交付金
 *15 工業技術振興基金、県産業廃棄物発生抑制等推進基金
 中小企業活性化基金
 *16 県債11,300,000円を含む
 *17 県債44,900,000円を含む
 *18 県債36,900,000円を含む

年度別歳出一覧表

(単位：円)

年度	歳出							
	建設費	施設整備費	普及指導費	研究開発費	振興協会助成	運営費	職員費	計
S59	2,188,909,000	350,189,350	-	-	4,000,000	-	-	2,543,098,350
60	-	295,149,000	22,757,930	4,086,000	29,581,481	49,491,557	92,468,366	493,534,334
61	-	301,307,984	34,221,520	9,020,000	30,770,881	50,503,872	110,027,032	535,851,289
62	-	109,987,607	30,549,100	9,192,500	28,807,124	54,414,818	117,317,772	350,268,921
63	-	123,231,000	45,049,000	11,734,000	29,366,778	54,756,318	137,173,204	401,310,300
H1	-	109,991,759	73,718,000	11,780,000	30,812,163	390,510,761	146,899,172	763,711,855
2	2,953,440	110,473,684	84,235,516	14,423,000	30,128,061	108,521,510	162,129,863	512,865,074
3	292,064,790	82,728,956	76,017,591	13,231,000	31,524,168	91,674,784	171,833,109	759,074,398
4	448,900,754	96,191,391	83,229,609	12,441,000	36,760,705	81,326,940	187,108,814	945,959,213
5	-	36,520,813	87,319,210	13,155,000	37,205,434	85,540,268	196,333,256	456,073,981
6	-	64,452,632	81,478,987	15,005,000	37,797,950	85,589,872	199,049,877	483,374,318
7	123,502,270	45,212,721	69,313,996	38,249,726	38,282,681	83,255,664	211,063,610	608,880,668
8	-	131,527,781	129,260,652	53,954,499	47,225,504	83,429,093	221,300,783	666,698,312
9	451,360,350	242,841,391	63,188,639	38,000,533	*1	93,946,369	328,752,888	*2 1,218,090,170
10	-	290,327,728	52,822,893	45,611,212	-	90,433,773	332,742,969	811,938,575
11	-	142,975,492	54,514,531	25,366,277	-	91,243,661	344,384,844	658,484,805
12	-	145,175,564	58,272,588	31,453,835	-	98,023,064	346,784,463	679,709,514
13	-	91,676,504	53,246,218	38,102,625	-	96,987,690	353,546,450	633,559,487
14	-	64,299,000	62,421,948	21,975,202	-	89,736,095	327,909,696	566,341,941
15	-	45,251,750	57,032,250	26,285,512	-	89,850,371	330,401,909	548,821,792
16	-	81,500,972	66,058,831	30,577,446	-	78,556,520	336,162,694	592,856,463
17	-	62,837,486	55,783,378	32,582,531	-	77,095,205	330,526,404	558,825,004
d	-	73,300,315	54,990,906	27,187,301	-	71,958,271	315,252,027	542,688,820
19	-	54,774,450	56,713,475	27,150,556	-	66,571,449	320,447,799	525,657,729
20	-	102,768,614	48,120,204	21,882,574	-	71,914,719	315,331,195	560,017,306
21	-	69,618,841	51,071,307	20,730,002	-	56,860,112	298,717,089	496,997,351
22	-	36,696,464	55,452,808	10,468,804	-	53,621,382	296,810,128	453,049,586
23	-	24,699,790	55,643,694	10,406,612	-	52,163,112	302,901,905	445,815,113
24	-	41,583,149	36,927,996	12,301,568	-	56,800,908	262,121,876	409,735,497
25	-	56,193,033	47,266,926	9,591,919	-	57,357,355	271,171,523	441,580,756
26	-	58,765,074	41,722,146	10,560,107	-	57,063,083	281,148,301	449,258,711
27	-	69,283,547	53,268,777	11,371,630	-	59,630,981	284,550,149	478,105,084
28	-	50,996,000	49,943,417	24,069,775	-	69,721,781	272,859,743	467,590,716
29	87,885,000	41,256,160	51,669,478	26,156,092	-	65,979,528	269,315,382	542,261,640
30	355,012,740	24,485,440	45,730,383	57,889,790	-	111,287,203	270,484,705	864,890,261
R1	-	24,701,000	49,269,690	39,901,361	-	83,766,071	293,803,005	491,441,127
2	-	297,340,147	41,352,885	38,159,332	-	140,817,000	290,322,384	807,991,748
3	385,310,000	23,202,626	34,276,145	51,642,158	-	128,537,067	292,129,503	915,097,499
4	451,422,130	43,507,196	30,945,192	21,964,190	-	74,711,256	283,342,161	905,892,125

注 1. 建設費…調査等事務費を含む
2. 施設整備費…庁舎整備を含む

*1 平成9年度以降は、新産業振興課執行
*2 平成9年度以降は、信楽窯業技術試験場との合計額

6. 工業技術総合センター運営懇話会結果概要

当センターの運営および業務等に関して、適切な評価および意見ならびに提言を得て、センターの効果的、効率的な運営に資するため、滋賀県工業技術総合センター運営懇話会を設置しています。

令和4年度に開催した運営懇話会の概要は次のとおりです。

【開催日時】 令和5年3月13日(月) 10:00～12:00

【開催会場】 信楽窯業技術試験場 研修・会議室

【委員】

座長	和田隆博	龍谷大学 先端理工学部名誉教授
委員	大原耕造	信楽陶器工業協同組合 理事長
	大日陽一郎	一般社団法人滋賀県産業協会 技術委員会副委員長
		山科精器株式会社 代表取締役社長
	二井谷春彦	日本電産マシンツール株式会社 常務執行役員
	牧川方昭	学校法人立命館 理事補佐 立命館大学 名誉教授
	月瀬寛二	公益財団法人滋賀県産業支援プラザ 常務理事
	山根 理	近畿経済産業局地域経済部地域経済課イノベーション推進室長

【次第等】

- (1) 開会
- (2) センターの運営・業務説明
 - ①センターの概要
 - ②業務別の説明
 - ・電子システム係、機械システム系の業務
 - ・有機材料係、無機材料係、食品・プロダクトデザイン系の業務
 - ・信楽窯業技術試験場の業務
- (3) 前回評価に対する対応状況
- (4) 委員からの評価、意見、提言等 [質疑応答]
- (5) 座長総括
- (6) 閉会

その後、信楽窯業技術試験場 見学

【委員からの意見・提言に対する対応状況】

意見・提言	対応状況
<p>信楽窯業技術試験場での研修生受入れによる研修は大変中身の濃い内容となっており感心するところである。そういう取り組みを行ってきた中で、例えば公設試験場で研修した成果として、起業や新製品開発につながったなら、研修に対する対価をもらう等、県もしくは地域内でお金、付加価値を産んでいくエコシステムみたいな計画、絵が描けたら面白いのではないかな。</p>	<p>センターでは研修生、実習生の受入れのほか、各種技術研修事業について、人材育成を担う重要な業務として位置付けているところです。また、信楽窯業技術試験場の研修では、甲賀市の奨学金制度を活用するなど、持続的な地場産業の発展に対し、今後も陶芸の森も含めた地域で一体感を持って支援を進めていきます。また、これらの事業を通して高度な技能を習得した人材が起業、新製品開発により本県産業の発展に寄与いただけるよう取り組む所存です。</p>
<p>信楽窯業技術試験場は対象が明確（窯業）であるが、工業技術総合センターと東北部工業技術センターとの役割分担・棲み分けはどう整理されているのか。</p>	<p>東北部については、その前身である指導所の設立経緯から、繊維（絹、綿、麻）、金属（バルブ）の地場産業分野の支援が相対的に高くなっています。また、栗東では周辺地域、近隣府県の企業立地特性を反映し、機械、電機、電子部品関連分野の利用が高くなっています。加えて将来に向けた技術、基本的な共通技術など、企業ニーズへの対応も進めています。また、令和7年度に東北部の統合移転を控え、両センターの今後についても、再度確認したいと考えています。</p>
<p>試験機器の利用件数が2012年を境に減少が続いている。その原因として最新鋭の機器が古くなったという説明であるが解せない部分もある。例えば事業所が国外等へ流出したとかは考えられないのか。そういう要因分析をされているか。</p>	<p>一因として中小企業向けの補助金の拡充により、設備導入が進んだとも考えられますが、要因の特定は難しいところです。ただ、1件当たりの利用時間、金額は増加していることから、関連する技術、ユーザー（取引先）の品質要求の高度化・複雑化により、製品への評価分析にかかる時間が増えているとも考えられます。企業訪問等により、企業ニーズの把握に努め、利用機会の増加につながるよう取り組む所存です。</p>
<p>窯業で単に土を扱うというより、土の構造（例えば珪藻土等の微細な構造）に着目すれば新材料の提案ができるのではないかな。</p>	<p>信楽では、石灰質原料を使用し構造的にも多孔質になるようなセラミックフィルターや生成する結晶によって低膨張になり、土鍋でリチウムを使わない低膨張耐熱素地などについても検討しています。ご意見を頂きながら、今後も様々な特性を活かした素材開発に取り組みたいと考えています。</p>
<p>過去の大量生産の時代を経てきた分業体制下の窯業事業者にとって、現在は厳しい状況にあり、信楽窯業技術試験場の支援が必要である。しかし、彼らにとって試験場はまだまだ敷居が高い。講習会を開催する等、窯元が気軽に来られるような雰囲気づくりをお願いしたいし、気軽に相談に乗ってあげてほしい。</p>	<p>今後、コトづくりセミナーなど定期的に基礎的な技術の講習会や勉強会を行っていきますので、このような取り組みから更に身近に利用頂けるようになればと考えています。</p>

<p>新庁舎となった信楽窯業技術試験場には、これを機会にできるだけ多くの方、分野違いの方々にも、とりあえず一度来場いただくこと。まずは知っていただくことが重要。</p>	<p>今後は、より多くの方に来場いただき、試験場のシーズや信楽焼の魅力を体感し発信するきっかけづくりとして施設見学や相談、情報交換の場にして参ります。</p>
<p>企業側にとっては機器を利用できるだけでなく試験結果についてセンター職員と議論ができるといい。</p>	<p>センターでは、これまでも設備の利用により得られた試験結果について、そのデータの見方、推測される要因について、利用者との議論を深める取り組みをしております。測定データの提供のみならず、利用者の目的である、「結果をしっかりとユーザーに説明し問題を解決すること」を意識し、満足していただけるよう引き続きサポートして参ります。</p>
<p>現場の人材育成のサポートについてお願いしたい。</p>	<p>センターでは、技術研修によるセミナー、講習会の開催を通じ、企業の技術人材の育成をサポートしております。また、AI活用による研究開発を通じた技術確立、セミナー等による情報発信を通じ、生産現場の自動化や省力化など企業の新たな人材育成に資する取り組みを行っています。なお、高専の開校による連携による新たな取り組みへの可能性についても検討を深めてまいります。</p>
<p>分譲された酵母の評判はどうか。</p>	<p>開発した滋賀県オリジナル酵母は、この冬の酒造期に9社12製造が行われ、各醸造から販売が始まっています。清酒醸造用酵母は、醸造所毎に利用の考え方がありますが、今後は多くの醸造所に利用いただけるように情報提供と技術移転を進め、滋賀に特化した製品作りをサポートして参ります。</p>
<p>コトづくりとして、センター職員と製造業技術者で個人的なつながりができる研究会を一緒になってとりくむことで企業側の技術力の向上とセンター職員の違った外からの目による人材育成が図られると思う。</p>	<p>今年度、信楽窯業技術試験場では、試験場、陶芸の森、甲賀市の3者の連携により、産地の事業者と多様な方々が連携交流し、新たな製品開発や情報発信を目指す「しがらきコトづくり研究会」を立ち上げました。栗東の材料技術フォーラム、デザインフォーラム、酒造技術研究会、滋賀3Dイノベーション研究会ともども、企業の技術力の向上や連携を促す取り組みを行ってまいりたいと存じます。</p>

7. 設備・機器

令和4年度に取得した主な機器は次のとおりです。

試験研究機器類

	機器名	メーカー型式/規格	金額	取得日	摘要
栗東	複合型ガス検知器	新コスモス電機(株)XP-3368II 水素用	194,150	R4.7.25	戦略的基盤機技術高度化支援事業
	小型プラスチック成形システム	Xplore Instruments IM12	9,460,000	R4.8.25	イノベーション推進設備整備事業
	オスミウムコーター	オスミウムコーティングシステム Tenna nt20・TP-0GPS-D	5,291,000	R4.10.5	戦略的基盤機技術高度化支援事業
	薄膜密着評価システム	(株)AntonPaarJapan Step700一式	29,810,000	R4.11.11	ものづくり支援開放機器整備推進事業
信楽	NC編集描画ソフトウェア	CIMCO Edit Professional	88,000	R4.5.31	デジタル技術を活用した陶製品開発人材育成事業
	X線回析装置PSA	0.5deg S 2680F112	329,780	R4.7.26	窯業技術研究開発事業
	電動ろくろ	日本電産シンボ RK-3E (2台)	241,560	R4.8.31	地域連携型モノづくり人材育成事業
	サンドブラスト	ニューマブラスター 不二製作所 SGF-3(B)	1,897,500	R4.12.20	窯業技術研究開発事業

Ⅱ．業務概要

1．重点事業

(1) 金属3Dプリンタによる部材の高度化・量産化に向けた開発支援事業

1. 事業目的

「滋賀3Dイノベーション研究会」におけるこれまでの取組みによって得られたDED方式の金属3Dプリンタに関する知見を活かし、同研究会を基盤に製造プロセスの高度化・量産化に向けた研究開発、および、材料の適材適所の使用による部品の高機能化を支援し、研究会活動をとおして、得られた成果の技術普及により企業のものづくり技術力向上を図る。

2. 事業内容・成果

金属3D積層造形技術による新製品・新技術を創出するため、産学官の研究会による関連技術の情報提供先行試作を実施した。

(1) 滋賀3Dイノベーション研究会による支援

24社の県内企業や県内大学等で構成される「滋賀3Dイノベーション研究会」において、おもにDED方式の金属3Dプリンタによる技術開発支援として、情報提供・先行試作を実施した。

成果

- ・研究会の開催 3回
- ・造形体験会の開催 2回

※詳細は、4. 研究開発・産学官連携 (5) 研究会活動の推進③滋賀3Dイノベーション研究会 (P.44) で紹介

(2) 現場力の維持・強化に向けたAI開発支援事業

1. 事業目的

県内中小企業等へのAI活用の裾野を広げることで、生産性の向上（現場力の維持・強化）を図る。併せて、工業技術総合センターにおけるAI支援体制の強化を図る。

2. 事業内容・成果

AI技術の活用により県内中小企業等の生産性向上を図るため、AI活用人材の育成を図るとともに、AI専門人材の派遣や交流機会の提供など、AI活用支援環境の整備を図る。

(1) 工業技術総合センターにおけるAI支援体制の強化

県内中小企業等に対して、AI支援体制の強化を図るために、AI活用スキルを持つ職員を拡充・育成を図る。

(2) 中小企業向けAI人材育成講習および県内専門人材との交流

県内中小企業等に対して、ものづくりにおけるAI活用について認識を深め、AI技術を事業に活かせる人材育成を目的として研修を実施するとともに、県内専門人材との交流を図る。

(3) 中小企業へのAI専門人材の派遣・指導

県内理工系(情報系)大学やAI関連企業からの専門人材を県内中小企業等へ派遣することで、AI活用に関する技術開発等について指導・支援を実施する。

(4) 中小企業のAIシステムの開発支援

中小企業等と共同でAI活用技術シーズの確立と先進的な技術力の育成を行う。

成果・支援,相談件数：14件・セミナー開催

名称：製造業界のAIヒーローが語る現場駆動ですすめるAIの民主化（参加者：24名） 日程：2022年9月28日(水) 講師：太古無限氏【ダイハツ工業株式会社 DX推進室データサイエンスグループ (兼)東京LABOデータサイエンスグループ グループ長】 岡田隆太郎氏【一般社団法人日本ディープラーニング協会 理事】 方式：Zoom配信方式（ウェビナー）

名称：Jetson Nanoを用いたAI画像検査システム構築実習（参加者：6名） 日程：2022年10月21日（金）、10月24日（月）、10月25日（火） 講師：綿末太郎氏【株式会社tiwaki 取締役】 場所：滋賀県工業技術総合センター

(3) 「近江の地酒」魅力向上支援事業

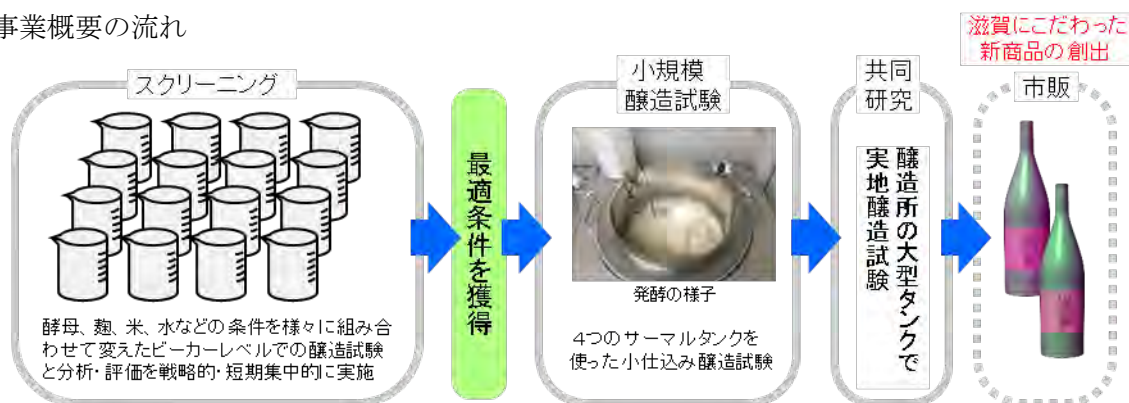
1. 事業目的

滋賀県の日本酒醸造所は、特定名称酒（純米酒や吟醸酒など）の醸造に力を入れ売り上げ減少にブレーキをかけるなど、特定名称酒の醸造に欠かせない潜在能力を有している。

そこで、平成30年に運用を開始した小型の日本酒醸造試験室や整備された酒質分析評価装置を用いて獲得した酒質データ等を基に、県奨励米（吟吹雪、玉栄、渡船）や、香りの高い県オリジナル高香气成分酵母を活用して、香りや旨味と滋賀にこだわった商品開発と安定・高品質な製品を製造するための支援を行う。本事業では、現状から一歩進んだ新製品開発につながる技術支援を戦略的・短期集中的に実施して、コロナ禍で落ち込んでいる「近江の地酒」の消費拡大を技術面からサポートする。

2. 事業内容・成果

事業概要の流れ



①高香气成分（カプロン酸エチル [果実香(リンゴ様・洋ナシ様)]）生産酵母

開発酵母単独使用では香气成分が高く、アルコールの生産が低いことから、相性の良い酵母との混合比率や発酵条件（発酵進め型・発酵抑え型）等をビーカーレベルで試験して、最適な条件を得て小規模醸造試験を実施した。

酒米の精米歩合 60%では、吟吹雪を用いて発酵抑え型の条件で醸造したものが成分値やきき酒評価が良かった。酵母の最適な混合割合を決定し県内醸造所へ分譲を行っている。

②高香气成分（酢酸イソアミル [果実香(バナナ様・メロン様)]）生産酵母

これまでの開発から候補株が4種類選抜できていたことから、奨励品種米や山田錦4種類の酒米、発酵条件（発酵進め型・発酵抑え型）等を試験して知見を得た。

酒米の精米歩合 60%では、玉栄を用いて発酵進め型の条件で醸造したものが成分値やきき酒評価が良かった。令和3年度から小規模醸造試験、実地醸造試験を経て令和4年度から県内醸造所へ新規酵母として分譲を開始した。

(4) 企業の視点に立ったCO₂削減取組支援事業

1. 事業目的

県内製造業者におけるCO₂削減を促進するため、製造品の原料から生産、廃棄に至るまでの製品ライフサイクル全体から見たCO₂削減に向けた先導的な技術開発を実施する。

2. 事業内容・成果

今年度は、製品の生産工程CO₂削減に着目し、CO₂排出量の少ない金属3Dプリンタを活用した金属製品の生産技術に関する研究開発を重点的に実施した。具体的には、ニデックマシンツール株式技社の協力のもと、バインダージェット（BJT）方式の金属3Dプリンタによる金属製品製造を目的とし、県内製造業企業を対象とした講習会を実施した。また、県内企業から試作案件を募集し、BJT金属3Dプリンタによる試作を実施し、形状に関する評価を実施した。

成果

- ・バインダージェット（BJT）金属3Dプリンタ活用講習会 3回開催

第1回 「BJT金属3Dプリンタの概要・特長説明および装置見学」 開催日時：2022年10月5日（水） 開催場所：ニデックマシンツール株式会社 参加人数：11名
第2回 「試作モデルの造形難易度の解説」 開催日時：2022年11月30日（水） 開催場所：ニデックマシンツール株式会社 参加人数：6名
第3回 「試作品のクリーニング体験」 開催日時：2023年2月28日（火） 開催場所：ニデックマシンツール株式会社 参加人数：3名

- ・企業からの試作案件 2件

2. 技術相談支援

令和4年度実績の概要は、次のとおりです。

事業名	実施件数等		
	栗東	信楽	合計
職員による技術相談	5,563件	724件	6,287件
リサーチサポート制度の利用	2件	2件	4件
モノづくり技術人材育成事業	16コース	4コース	20コース

(1) リサーチサポート制度の利用

県内企業や当センター等の実施する技術開発や研究会事業に大学等の専門家をリサーチサポーターとして招聘し、適切な指導助言を得て課題解決を図ることで技術開発や研究会事業等を円滑にすすめる事業です。

【栗東】件数：2件

月日	分野	内容
R4.6.15	無機材料	新成膜・薄膜形成技術について
R5.2.1	無機材料	カーボン材料の表面改質・分析技術について

【信楽】件数：2件

月日	分野	内容
R4.11.22	窯業 (デザイン)	「新しい生活様式のための陶製品開発」に関するデザイン指導
R5.2.21-22		薪窯の窯詰め作業および焼成について

(2) モノづくり技術力向上のための「技術研修」事業（講習・実習）

	講習会名称	年月日	内容	参加者
栗東	講習【プラスチック材料開発のための少量混練から射出成形まで】 実習【小型プラスチック混練機・小型射出成形機】	4.11.25	プラスチック材料開発のための少量混練および射出成形に関する講習と実習	20名 8名
	講習【マイクロフォーカスX線透視装置を用いた内部観察とその方法】 実習【マイクロフォーカスX線透視装置】	4.12.2	マイクロフォーカスX線透視装置の原理や技術に関する講習と非破壊観察実習	8名 8名
	講習【材料強度試験の基本から、ひずみゲージを用いた実物試験まで】 実習【万能材料試験機(50kN)】	4.12.9	材料試験やひずみゲージの基本と測定方法に関する講習とひずみゲージを用いた強度試験実習	12名 6名
	講習【金属3Dプリンタ技術の今を知ろう】 実習【金属粉末積層造形装置(DED方式)】	4.12.19	基本形状である円筒形状造形に関する実習体験と展示会JIMTOF2022における業界動向の報告講演	15名 3名
	講習【薄膜の機械特性評価の基礎】 実習【薄膜密着評価システム】	5.1.19	スクラッチ試験、インデンテーション試験の即手原理や測定例に関する講習と実習	8名 5名
	講習【振動試験における取付治具作製のポイント】 実習【大変位振動衝撃試験機】	5.1.30	振動試験の取付治具の基礎や事例に関する講習と実習	8名 8名
	講習【マルチ検出器GPCシステムによる絶対分子量測定】 実習【マルチ検出器GPCシステム】	5.2.8	4つの検出器の解説や得られる情報など事例を交えた講習と測定解析方法などに関する実習。	25名 7名
	講習【X線回折の測定原理と応用】 実習【高速X線回折装置】	5.2.17	X線回折法における基礎的な原理や測定例、注意点などに関する講習と実習。	12名 6名
	栗東計	16コース		159名
信楽	講習【蛍光X線分析装置の基礎と分析事例】 実習【エネルギー分散型蛍光X線装置】	5.2.14	蛍光X線装置の原理と測定方法に関する講習と試料準備方法や測定に関する実習	9名 9名
	講習【型作製のための3DCADCAM実習】 実習【Fusion 360】	5.3.8	CADソフトの操作方法やモデリングに関する講習とCAMソフトを活用した実習。	4名 4名
	信楽計	4コース		26名
モノづくり技術力向上のための「技術研修」事業合計		20コース		185名

(3) 海外展開技術支援事業

企業の皆さまが自社製品を海外に輸出するとき、製品の安全性や品質を輸出対象国の定める規格へ適合させる必要があります。しかしながら、規格の種類や試験項目は多岐にわたることから、自身で情報を収集して規格適合のための試験を実施することは難しい状況です。そこで、

- ・販売先はどんな規格なのか。
- ・どこで評価するのか。
- ・どうやって製品を評価するのか。
- ・どんな手続きがあるのか。

といった疑問を解決するため、製品輸出を検討される1社の企業に対して1件の個別相談会による支援を実施しました。

登録相談員：5名

相談員	技術分野
吉川保氏	CEマーキング、機械指令
佐々木宏氏	国際規格適合設計（白物家電）、IEC国際規格対応、製品安全試験所の品質マニュアル
古谷武徳氏	RoHS指令、REACH規則
川北日出夫氏	RoHS指令、REACH規則、CEマーキング
今井俊和氏	RoHS指令、REACH規則、グリーン調達

(4) 主な技術相談事例

分野	電子
課題	単結晶固体電解質のインピーダンス測定について
単結晶固体電解質のインピーダンス測定時のナイキストプロットの解釈について知りたい。	
<p>対応</p> <p>単結晶固体電解質の等価回路は、一般的には1つの抵抗と1つのコンデンサの並列回路で表されることが多い。そして、このような等価回路で表現できる試料（単結晶固体電解質）であれば、ナイキストプロットはきれいな半円弧がひとつだけ出現する。しかし、実際に単結晶固体電解質のインピーダンス測定を行うと、必ずしもきれいな半円弧になるとは限らず、若干つぶれた半楕円弧となる場合もある。この原因は、試料の誘電率の周波数分散が影響していると考えられる。このような場合、測定で得られたナイキストプロットの各測定点におけるZ'、Z'' および周波数から、等価回路の抵抗とコンデンサの値を求め、さらに、コンデンサの値から試料の誘電率を算出すると、周波数が高くなるにつれて誘電率が減少していることが分かる。特に高誘電率の固体電解質ではこのような傾向にある。なお、このような試料の場合、等価回路において抵抗の代わりにCPE（Constant Phase Element）という等価回路素子を用い、CPE素子のインピーダンスの式 $Z_{CPE} = 1 / (T \times \omega^P)$ のパラメータPの値を0.9~1の間で調整することで測定結果にフィッティングできる場合が多い。つまり、このパラメータPとは、コンデンサの周波数分散の程度を表しているともいえる。ただし、測定結果にフィッティングした際にパラメータPの値が0.9を大きく下回る場合、試料が単結晶ではない可能性があるため注意が必要である。</p>	
分野	電子
課題	マイクロフォーカスX線透視装置について
マイクロフォーカスX線透視装置に用いる治具について	
<p>対応</p> <p>X線透視装置による内部監察を行う際、観察対象が複数ある場合、観測ごとに試験対象の交換や位置決めなどの条件設定を行うことに多くの時間が要する。また、試験対象によっては汚れが付くことを避けなければならないものもあり、そのため、観測テーブルにテープで試験対象を固定することが不適切な場合がある。そこで、X線を用いた内部監察において影響を及ぼさない発砲スチールを用いて治具を作り、治具に複数の試験対象を固定し、観察するよう指導した。その結果、治具を用いない場合に比べて、試験対象の交換回数が減り、試験対象の位置のずれが最小限になることから位置決めにかかる時間が少なくなった。また、テープを用いず試験対象に固定できたため、汚れが付くことを防ぐことができた。</p>	
分野	機械
課題	金属3D造形について
異種金属材料積層造形における剥離対策のための接合界面傾斜化について	
<p>対応</p> <p>センター既設の粉末DED方式金属3Dプリンタは、必要な箇所に必要な量の異種金属材料の追加積層造形が可能という特徴を有している。さらに、金属粉末供給部を二つ備えているため、NCプログラム上で指定することにより、逐次混合比率を変化させながらの造形が可能である。</p> <p>この特徴を活かし、金型の耐久性改善や航空宇宙分野の新規材料開発を目的とした相談企業が、難接合が予想される異種材料積層造形において、二種金属材料の混合比率の逐次可変による界面傾斜化に挑戦し、界面剥離や割れ発生の大幅な抑制や克服を実現した。</p> <p>この追加積層造形が可能であることを調査した上での相談であった。</p> <p>これらは、材料特性（例えば硬さなど）の緩やかな傾斜化を図るための手法（材料の傾斜化、傾斜機能材料）であり、補修や改良分野への活用が期待されるDED方式金属プリンタの特徴を最大限活かした応用となる。</p>	

分野	機械・計測
課題	材料強度試験について
開発材料の縦弾性係数と横弾性係数、ポアソン比を比較評価したい。	
<p>対応</p> <p>ポアソン比を求めるためには、万能材料試験機(50kN)を用いて縦方向と横方向のひずみを同時に測定しながら材料試験を行う必要がある。試験片に合わせて選定した2軸ひずみゲージを準備し、動ひずみ計を用いてひずみ値の電圧データを材料試験機へ取り込み、圧縮試験を実施した。ひずみゲージで得られたひずみの値と応力との関係から縦弾性係数Eが求まり、また、「横ひずみ／縦ひずみ」によりポアソン比νが求めることができる。また、「$E=2G(1+\nu)$」の関係式より、横弾性係数Gを算出できる。ひずみゲージを正確に測定するためには、目的に合わせたひずみゲージの選定と試験片への正しい接着が必要であり、実際にひずみゲージのセッティングから指導し評価を行った。</p>	

分野	有機材料
課題	赤外分光分析 (IR) 測定について
切削加工部品表面に付着した成分が何か、どの程度付着しているか知りたい。	
<p>対応</p> <p>近年、切削加工部品にはその寸法精度だけでなく、表面に付着した成分についても管理が求められることがある。今後、表面に付着した成分を管理するためにも、その成分が主に何に由来するのか、どの程度の量なのかを評価する必要がある。</p> <p>実際の加工部品に付着した成分は、部品単体では微量なため赤外分光 (IR) 分析での評価ができなかった。そこで、溶媒にて複数の加工部品から洗浄抽出し、得られた液から窒素フローにて揮発性溶媒を取り除いて、分析に足るオイル状サンプルを得た。オイル状サンプルをIRにて分析したところ、工程の一部で用いる成分と非常に近いスペクトルであると判明した。一方、オイル状サンプルの重量を電子天秤にて精密に秤量したところ、部品1個あたりの残留成分の量を算出することができた。今後、表面に付着した微量成分について、本法により成分の定性と定量できる知見を得た。</p>	

分野	有機材料
課題	材料の熱伝導率測定について
熱の伝わりやすさの評価方法を教えて欲しい。	
<p>対応</p> <p>熱伝導率は熱拡散率、密度および比熱の積として表される。当センターには熱伝導率を直接測定する装置はないため、これらの物性値を複数の装置で測定し熱伝導率を算出する必要がある。具体的には、熱拡散率は熱物性システム、密度は密度計、比熱は示差走査熱量計 (DSC) 等で測定する。比熱については熱物性システムで比熱既知の標準試料を測定することで簡易に算出することも可能である。</p>	

分野	無機材料
課題	金属部材表面の変色部の分析について
金属部材表面の変色部の成分を調べたい	
<p>対応</p> <p>まず含まれている元素を把握するために蛍光X線分析装置で測定を行い、正常部に比べて変色部では酸素成分が相対的に多く含まれることがわかった。酸化物等が生じていると考えられたため、化合物としての情報が得られるラマン分光分析装置で測定を行った。その結果、鉄系酸化物由来のピークが観測されたため金属部材の変色は鉄の酸化が主な原因であるとわかった。</p>	

分野	無機材料
課題	リチウムイオン二次電池用部材の評価について
リチウムイオン二次電池用に用いられる部材の評価を行いたい	
<p>対応</p> <p>当センターではリチウムイオン二次電池の評価セルの作製およびその電池性能評価についての装置を導入している。県内企業から、自社開発の部材がリチウムイオン二次電池用として使用可能であるか性能評価を行いたい、との相談を受けた。そこで、当該部材を組み込んだ評価セルを作製し、一連の機器による評価方法や得られたデータの解釈についての指導を行った。</p>	

分野	バイオ・食品
課題	清酒醪の管理について
上槽（搾り）時期を把握したい。	
<p>対応</p> <p>上槽のタイミングは、酒質目標を考慮しながら一般分析値やグルコース濃度、ピルビン酸濃度で管理している。ピルビン酸が多く含まれている状態で上槽を行うとジアセチル等のオフフレーバーの生成につながる。ピルビン酸は発酵過程の中で一時的に増加し、終盤では減少していく。一方で発酵期間が長期になるとアミノ酸度が増加することがある。そのため、実際に醪中のピルビン酸濃度およびグルコース濃度の測定を行い、測定値を上槽の判断基準の一つとして説明した。</p>	

分野	陶磁器デザイン
課題	自社既製品の一部デザイン変更やサイズ変更について
<p>対応</p> <p>はじめに、3Dスキャナーにより既製品の三次元形状を読み取りデータ化した。次に、3DCADや3D彫刻ソフトにより、拡大縮小といったサイズ変更や一部分を切り取る等のデザイン変更をおこなった。完成したデータはモデリングマシンでの原型または型の切削加工に用いることができ、製品開発の迅速化に役立てることができる。</p>	

分野	セラミック材料
課題	吸着材の評価について
<p>対応</p> <p>使用済吸着材の脱離処理条件を検討するため、脱離状況の調査を実施した。熱分析装置（熱重量・示差熱同時分析装置：TG-DTA）を用いて、加熱時の重量減少を調査した。吸着物質により脱離量や脱離温度帯が異なるため、測定した重量減少曲線からこれらの脱離状況を確認し、適切な脱離処理の条件を定めることができた。</p>	

分野	セラミック材料
課題	濁水に含まれる無機粒子の量と粒子径分布の測定について
<p>対応</p> <p>濁水に含まれる無機粒子の量と粒子径分布を測定したいと相談があった。当场で保有するレーザー回折式の粒子径分布測定装置では粒子の相対的な分布を求めることはできるが、液中に含まれる粒子の量を測定することはできない。そのため、濁水を乾燥させ乾燥前後の重量から濁水中に含まれる無機粒子の量を求めた。</p>	

3. 試験・分析

(1) 開放試験機器の提供

新製品の開発や生産技術の改良などに必要な試験分析機器を開放し、地域企業のものづくり活動に利用していただいております。令和5年3月31日現在で、300種余りの設備機器が利用でき、利用時には、職員が試験分析機器の操作方法の説明や分析方法・データ解析方法の相談に応じております。

A 栗東

<令和4年度設備機器利用状況>

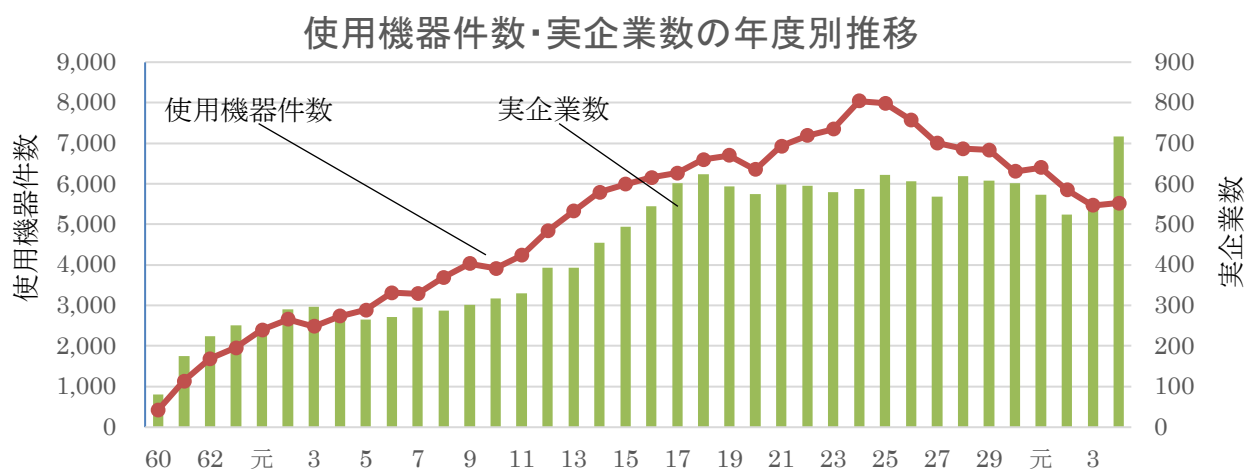
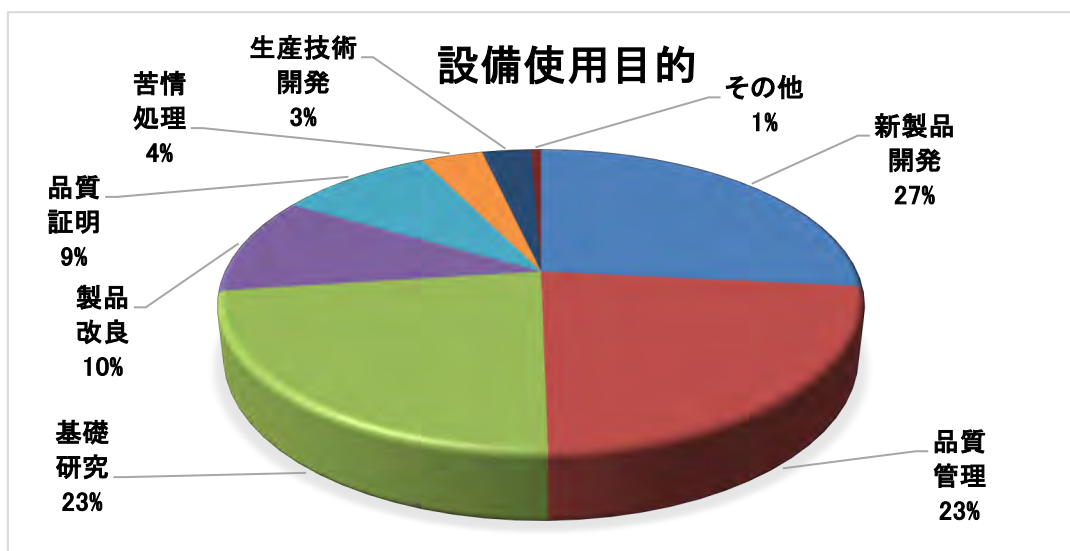
使用機器件数	5,526件
延使用時間数	45,019時間
実企業数	717社

使用目的別件数

使用目的	新製品開発	品質管理	基礎研究	製品改良	品質証明	苦情処理	生産技術開発	その他	合計
件数	1,470	1,277	1,283	577	518	205	162	34	5,526
	26.6%	23.1%	23.2%	10.4%	9.4%	3.7%	2.9%	0.6%	

主な利用機器

No	令和4年度		平成25年度～令和4年度	
	機器名	件数	機器名	件数
1	万能材料試験機(50kN)	328	赤外分光光度計(FT-IR)	3,742
2	マイクロフォーカスX線透視装置	295	走査型電子顕微鏡	2,945
3	分析走査電子顕微鏡	260	万能材料試験機(50kN)	2,736
4	前処理装置	236	前処理装置	2,718
5	高機能赤外分光光度計	229	SEM用分析装置	2,691
6	電子天びん	183	エネルギー分散型蛍光X線分析装置	2,273
7	エネルギー分散型蛍光X線分析装置	182	イオンコーティング装置	2,046
8	三次元測定機	154	電子天びん	1,896
9	大変位振動衝撃試験機	142	マイクロフォーカスX線透視装置	1,746
10	イオンコーティング装置	136	三次元測定機	1,611
11	熱分析装置	120	熱分析装置	1,570
12	ガス透過率測定装置	106	ICP発光分析装置	1,509
13	電波暗室	103	大変位振動衝撃試験機	1,507
14	放射電磁界測定システム	13	放射電磁界測定システム	1,170
15	ICP発光分析装置	91	電波暗室	1,169
16	顕微鏡システム	83	X線光電子分光分析装置	937
17	高感度ガスバリア性測定装置	83	万能材料試験機(500kN)	798
18	高荷重高速摩擦摩耗試験機	80	ガス透過率測定装置	782
19	電磁耐性評価室	74	動的粘弾性測定装置(常温)	751
20	放射イミュニティ測定システム	74	試料研磨機	745



参考年度別使用機器件数・延使用時間数・実企業数（実企業数は、各年度末時点で集計した件数）

年度	使用機器件数	延使用時間数	実企業数	年度	使用機器件数	延使用時間数	実企業数
S60	422	1,721	81	H16	6,157	36,821	545
S61	1,137	6,991	175	H17	6,267	34,083	601
S62	1,685	10,529	224	H18	6,598	39,626	624
S63	1,952	14,825	251	H19	6,696	37,672	593
H元	2,399	17,066	250	H20	6,348	37,937	575
H2	2,656	23,003	291	H21	6,927	36,664	599
H3	2,487	19,135	297	H22	7,191	39,792	595
H4	2,733	19,502	265	H23	7,343	36,301	579
H5	2,884	21,006	266	H24	8,038	46,119	587
H6	3,311	26,447	272	H25	7,983	61,288	622
H7	3,287	18,338	296	H26	7,574	51,076	607
H8	3,694	22,061	288	H27	7,009	56,241	569
H9	4,032	25,194	302	H28	6,865	50,115	619
H10	3,909	24,357	317	H29	6,833	41,453	608
H11	4,239	27,485	330	H30	6,307	44,809	601
H12	4,834	30,501	394	R元	6,398	44,530	573
H13	5,324	28,025	394	R2	5,853	45,585	525
H14	5,791	30,028	455	R3	5,468	48,466	544
H15	5,987	32,418	495	R4	5,526	45,019	717
合計	184,618	1,187,210	-				

B 信楽

主な利用機器

No.	令和4年度		平成25年度～令和4年度	
	機器名	件数	機器名	件数
1	粒子径分布測定システム	112	粒度分析装置	1082
2	電子天びん	49	走査型電子顕微鏡	985
3	走査型電子顕微鏡	47	前処理装置	908
4	熱分析装置	44	SEM用元素分析装置	803
5	エネルギー分散型蛍光X線分析装置	44	電子天びん	513
6	スラブローラー	39	エネルギー分散型蛍光X線分析装置	455
7	前処理装置	32	乾燥機	312
8	SEM用元素分析装置	31	シリコニット電気炉	293
9	高精度ガス/蒸気吸着量測定装置	29	電気炉9キロワット素焼	276
10	電気炉9キロワット素焼	25	粒子径分布測定システム	260
11	シリコニット電気炉	24	熱分析装置	250
12	万能材料試験機(5kN)	22	スラブローラー	231
13	レーザー加工機	21	電気炉9キロワット本焼	230
14	大型5軸モデリングマシン	20	振動フルイ	180
15	電気炉9キロワット本焼	18	万能材料試験機(5kN)	179
16	ポットミル回転台	18	ポットミル回転台	178
17	波長分散型蛍光X線分析装置	17	波長分散型蛍光X線分析装置	172
18	ガス窯0.2立方メートル本焼	15	電気炉20キロワット素焼	166
19	ガス窯0.2立方メートル本焼燃料費	15	ガス窯0.4立方メートル本焼	164
20	電気炉20キロワット(脱脂機能付き)本焼	14	ガス窯0.4立方メートル本焼燃料費	164

参考 年度別使用機器件数・延べ使用時間数・実企業数（実企業数は、各年度末時点で集計した件数）

年度	使用機器件数	延使用時間数	実企業数
H20	940	1,798	169
H21	1,180	2,372	173
H22	967	1,922	176
H23	914	1,738	166
H24	1,103	2,313	204
H25	1,003	2,241	195
H26	1,368	3,674	195
H27	1,528	3,762	205
H28	1,374	3,067	229
H29	1,263	2,657	211
H30	1,195	3,261	190
R1	1,202	3,111	221
R2	1,097	2,763	192
R3	1,212	3,363	211
R4	887	2,574	202
合計	17,233	40,616	-

(2) 依頼試験分析

材料や製品などの成分分析や各種試験について、特に公的機関の証明が必要な場合等に対応するため、企業や団体から依頼を受け分析や測定を行っています。これらの業務に迅速的確に対応できるよう試験機器の整備を図るとともに、試験方法について新しい技術の習得に努めています。

A 栗東

<令和4年度依頼試験分析実施状況>

区分	項目	件数	単位数	単位名
材料試験	強度試験	10	113	試料
定量分析	成分	3	57	成分
デザイン指導	デザイン指導	19	538	時間
合計		32	708	

年度別依頼試験分析実施件数・単位

件数 (単位数)

年度	電気 電子試験	材料試験	精密計測	環境試験	化学分析	食品物性 微生物試験	デザイン 指導	その他	合計
S60	—	16(45)	1(16)	12(21)	20(202)	5(11)	—	7(9)	61(304)
S61	10(39)	63(252)	—	33(2,457)	119(784)	14(45)	—	11(23)	250(3,600)
S62	—	38(170)	1(10)	8(168)	45(491)	15(47)	—	1(1)	108(887)
S63	6(31)	58(202)	—	31(714)	51(433)	9(29)	—	16(45)	171(1,454)
H1	2(83)	72(258)	1(4)	28(421)	42(430)	5(10)	3(106)	18(60)	171(1,372)
H2	7(22)	68(277)	—	18(111)	38(244)	1(2)	7(193)	19(47)	158(896)
H3	12(80)	42(146)	4(27)	23(74)	22(201)	2(9)	7(142)	10(27)	122(706)
H4	8(16)	40(220)	—	11(68)	29(176)	2(4)	6(186)	11(15)	107(685)
H5	17(683)	79(476)	—	33(169)	23(117)	1(4)	9(218)	18(117)	180(1,784)
H6	15(64)	35(83)	—	17(75)	14(93)	—	11(227)	3(3)	95(545)
H7	10(57)	39(269)	1(1)	33(484)	17(124)	—	4(114)	5(10)	109(1,059)
H8	4(31)	39(219)	—	11(42)	17(119)	—	3(64)	6(8)	80(483)
H9	6(71)	46(212)	—	7(313)	7(70)	—	4(67)	7(7)	77(740)
H10	1(4)	20(105)	—	18(127)	8(53)	1(2)	2(13)	1(2)	51(306)
H11	2(3)	37(295)	—	12(55)	5(46)	—	2(4)	2(3)	60(406)
H12	1(10)	27(202)	1(10)	3(26)	7(58)	—	3(55)	2(4)	44(365)
H13	—	32(197)	—	1(2)	15(82)	—	1(1)	1(1)	50(283)
H14	—	39(493)	2(40)	—	6(46)	—	7(62)	4(6)	58(647)
H15	1(10)	32(152)	2(35)	3(7)	2(17)	—	5(28)	3(3)	48(252)
H16	—	32(139)	—	3(13)	—	—	7(182)	1(4)	43(338)
H17	—	24(96)	—	6(89)	5(35)	—	5(79)	—	40(299)
H18	—	36(153)	—	—	5(31)	—	6(92)	1(2)	48(278)
H19	—	46(396)	—	3(3)	2(125)	—	2(9)	3(3)	56(536)
H20	1(2)	64(833)	—	2(10)	15(211)	—	2(27)	13(15)	97(1,098)
H21	—	32(273)	—	9(23)	8(123)	—	2(65)	3(3)	54(487)
H22	2(12)	40(358)	—	6(18)	13(166)	—	4(26)	2(2)	67(582)
H23	1(1)	31(250)	—	15(34)	29(125)	—	20(118)	—	96(528)
H24	—	16(95)	—	39(229)	7(44)	—	41(392)	—	103(760)
H25	—	36(1,265)	—	20(92)	—	—	57(541)	—	113(1,898)
H26	—	27(908)	—	23(220)	2(23)	—	56(454)	—	108(1,605)
H27	—	30(557)	—	—	—	—	52(449)	—	82(1,006)
H28	—	30(240)	—	—	—	—	49(361)	1(1)	80(602)
H29	1(1)	31(144)	—	—	—	—	45(640)	3(3)	80(788)
H30	—	17(159)	—	—	3(59)	—	22(361)	—	42(579)
R1	—	14(104)	—	—	3(14)	—	21(275)	2(2)	40(395)
R2	—	18(177)	—	—	1(6)	—	10(90)	—	29(273)
R3	—	28(241)	—	—	1(14)	—	28(537)	—	57(792)
R4	—	10(113)	—	—	3(57)	—	19(538)	—	32(708)
計	107 (1,220)	1,384 (10,774)	13 (143)	428 (6,065)	584 (4,819)	55 (163)	522 (6,716)	174 (426)	3,267 (30,326)

B 信楽

<令和4年度依頼試験分析実施状況>

試験名称	件数	単位数	単位
デザイン指導	21	57	時間
Pb、Cdの溶出試験	8	17	試料
オートクレーブ試験	5	29	試料
耐薬品試験	5	140	試料
熱衝撃試験	5	27	試料
成績書の英文作成	3	5	通
比重測定	2	5	試料
曲げ強度試験	1	4	試料
吸水率試験	1	4	試料
定量分析（無機物）	1	6	成分
合計	52	294	

年度別依頼試験分析実施件数・単位数

年度	件数	単位数
H25	49	128
H26	27	90
H27	40	150
H28	42	237
H29	19	63
H30	37	91
R1	37	218
R2	45	183
R3	67	169
R4	52	294

(3) 生産品受払

当センターの研究開発品等を県内企業に提供し、滋賀県独自のものづくりに貢献しています。時代の流れに即応するため、研究開発を通じ、品種改良、改善を図っていきます。

<令和4年度生産品受払状況>

清酒

生産品	受払件数	単位
滋賀酵母 KKK-S (A)	6	16
滋賀酵母 KKK-9 (B)	4	7
滋賀酵母 IRCS-YS003 (D)	4	22
滋賀酵母 IRCS-SC9 plus (E)	5	18
滋賀酵母 IRCS-YS003F5 plus	6	21
合計	25	84

※滋賀酵母 IRCS-YS003F5 plus：令和4年度より分譲開始

参考年度別生産品受払件数・単位・実企業数

年度	件数	単位	実企業数
H24	26	88	9
H25	28	95	9
H26	24	75	7
H27	21	80	7
H28	13	62	5
H29	18	71	6
H30	4	14	2
R1	9	26	3
R2	22	63	3
R3	24	104	3
R4	25	84	8

4. 研究開発・産学官連携

当センターでは、令和2年3月に改訂された「滋賀県産業振興ビジョン」に基づき、産学官連携体制の構築と創造型・自律型産業構造への転換を図ることを目的に重点研究および経常研究を実施しています。また、組織目標「産学官連携による新技術開発の促進」に基づき産学官の連携による共同研究を実施しています。

(1) 重点・経常研究

重点研究

研究テーマ	担当者
金属3Dプリンタを用いた積層造形技術の高度化に関する研究 －材料開発技術の高度化の検討および形状造形技術の高度化の検討－	斧督人、柳澤研太、 今田琢巳
水素関連部材への応用に向けた次世代カーボン技術の開発	山田雄也
3D技術を活用した陶製品製造技術に関する研究	植西寛、神屋道也、 坂山邦彦

経常研究

研究テーマ	担当者
深層学習を用いた動作音解析に関する研究	平野真
固体電解質特性評価用インピーダンス測定標準デバイスの開発	山本典央
ファインバブルクーラント液を用いた機械加工に関する研究	今田琢巳
タンパク質の構造状態を評価するための測定技術の開発	白井伸明
有機複合体の構造制御による貼付フィルムの高機能化に関する研究	中島啓嗣
高分子複合材料の物性向上に関する研究 －CNFと生分解性樹脂の複合化と物性向上への検討－	大山雅寿
フロー式反応装置の作製とそれを用いた合成に関する研究	中居直浩
プラズマを用いた窒化炭素系金属表面処理技術の開発	佐々木宗生
薄膜を用いたガスバリア技術に関する研究	田中喜樹
滋賀県オリジナル醸造用酵母の最適醸造条件の検討と酒造特性	岡田俊樹
「近江の地酒」の酒質分析に関する研究	川島典子
新しい生活様式のための陶製品開発	高畑宏亮
地場産品を活かした体験型製品の開発	山内美香
耐熱陶器製品の開発研究	西尾俊哉
窯業系廃棄物の陶磁器素地への活用	神屋道也

(2) 共同研究

	研究機関名	区分	共同研究テーマ	予定研究期間	担当
1	企業1社	新規	産官 地場産品を活かした体験型製品の開発	R5.3.1～ R7.1.31	山内美香
2	企業1社	新規	産官 印刷製本業界のDXを牽引！世界初枚葉印刷物の高速ロータリーカット装置の研究開発 【成長型中小企業等研究開発支援事業】	R4.12.5～ R7.3.31	藤井利徳 今田琢巳 斧督人 柳澤研太
3	企業1社	新規	産官 固体電解質のインピーダンス測定に関する研究	R4.8.1～ R6.3.31	山本典央
4	企業2社	新規	産官 アルカリ耐性セラミックの開発研究	R4.5.1～ R6.3.31	植西寛
5	企業1社	継続	世界初:ドライ・ウェット複合プロセスによる高耐久・高信頼性電磁波遮蔽車載用シールドフィルム技術の開発 【戦略的基盤技術高度化支援事業】	R3.8.6～ R6.3.31	田中喜樹 佐々木宗生 山本和弘 山田雄也
6	企業1社	継続	液化水素を安定的に封止する革新的構造を備えた水素社会の実現に不可欠な大口径バタフライバルブの研究開発 【戦略的基盤技術高度化支援事業】	R3.8.6～ R6.3.31	藤井利徳 佐々木宗生 田中喜樹 山田雄也
7	企業2社	継続	産官 次世代の高精度・高効率な車体製造用高粘度接着剤塗工技術の開発 【戦略的基盤技術高度化支援事業】	R3.7.27～ R6.3.31	今田琢巳 大山雅寿
8	企業1社	継続	産官 ワイン醸造用酵母による清酒醸造特性評価と新製品開発	R3.7.16～ R5.3.31	川島典子 岡田俊樹
9	企業1社 農業技術振興センター	継続	産官 紅ぶどう「竜宝」の醸造適性に関する研究	R3.4.1～ R5.3.31	川島典子 岡田俊樹 松尾啓史
10	組合 企業1社 東北部工業技術センター	継続	産官 鉛フリー銅合金「ピワライト」の産地普及と性能評価に関する研究	R3.4.1～ R5.3.31	今田琢巳
11	企業1社	継続	産官 滋賀県オリジナル清酒醸造用酵母の開発	R3.11.1～ R5.3.31	岡田俊樹 川島典子
12	企業1社	継続	産官 低アルコール清酒の開発	R3.10.1～ R5.3.31	岡田俊樹 川島典子
13	龍谷大学 滋賀県立大学	継続	学官 金属3D造形技術の高度化に関する研究	R2.9.1～ R5.3.31	斧督人 柳澤研太 今田琢巳 藤井利徳
14	企業1社	継続	産官 独自の熱膨張層による多段階伝熱コントロール技術でリチウムイオン二次電池の安全性を高める革新的伝熱コントロール材料の研究開発 【戦略的基盤技術高度化支援事業】	R2.8.17～ R5.3.31	大山雅寿 白井伸明 中島啓嗣

	研究機関名	区分	共同研究テーマ	予定研究期間	担当
15	企業1社	継続	産官 世界初・銀ナノインクアンテナを有する感熱紙印字タイプRFIDタグの研究開発 【戦略的基盤技術高度化支援事業】	R2.8.11～ R5.3.31	佐々木宗生 山本和弘 田中喜樹 山田雄也 大山雅寿 山本典央
16	企業1社	継続	産官 次世代パワー半導体用SiC(炭化ケイ素)基板に潜在する通電拡張型欠陥の可視化及び、製品の高性能化を実現する高速AI抽出によるスクリーニング技術の研究開発 【戦略的基盤技術高度化支援事業】	R2.8.11～ R5.3.31	佐々木宗生 山本和弘 田中喜樹 山田雄也
17	企業1社	継続	産官 単結晶固体電解質を用いたインピーダンス測定標準試料の開発	R2.8.1～ R6.3.31	山本典央
18	企業1社	継続	産官 マクロモノマー法を用いた高性能二次電池向け負極バインダーの開発	R2.4.1～ R5.3.31	田中喜樹 佐々木宗生 中島啓嗣 山田雄也
19	滋賀県立大学	継続	学官 新規ゲル材料の各種物性改質に関する研究	R2.4.1～ R5.3.31	大山雅寿 中島啓嗣
20	滋賀県立大学	継続	学官 CNFを用いたプラスチック複合材料の物性向上に関する研究	R2.4.1～ R5.3.31	大山雅寿 中島啓嗣 中居直浩
21	滋賀県立大学 東北部工業技術センター	継続	学官 新規高分子系ブレンド材料および複合材料等の各種物性改質に関する研究	R2.4.1～ R5.3.31	大山雅寿 藤井利徳 斧督人 中島啓嗣 中居直浩 田中喜樹 山田雄也
22	企業1社	継続	産官 琵琶湖水草を活用したガラス工芸材料の試作開発研究	R2.12.1～ R5.3.31	植西寛
23	産業技術総合研究所	継続	官官 生分解性試料の実海域浸漬試験の実施とその生分解および物性評価試験 【NEDO海洋生分解性プラスチックの社会実装に向けた技術開発事業】	R2.10.20～ R7.2.28	大山雅寿 中島啓嗣
24	龍谷大学 企業1社	継続	産学官 文化財保全のための美観性と不燃性を備えた漆調木工用塗料の開発	R2.10.1～ R5.3.31	白井伸明 中島啓嗣 大山雅寿
25	企業1社	継続	産官 粘膜貼付フィルム製品の上市に向けた研究	H31.4.1～ R5.3.31	中居直浩 白井伸明 中島啓嗣 大山雅寿
26	企業1社	継続	産官 バイオアパタイトを活用した陶磁器製品の開発研究	H31.1.4～ R5.3.31	植西寛
27	企業2社	継続	産官 あおばな色素の安定で高品質な工業的生産技術に関する研究開発	H30.12.25～ R5.3.31	白井伸明
28	龍谷大学 企業1社	継続	産学官 ファインバブルクーラント液を用いた機械加工に関する研究	H29.9.1～ R5.3.31	今田琢巳

	研究機関名	区分		共同研究テーマ	予定研究期間	担当
29	龍谷大学 東北部工業技術センター 企業2社	継続	産学官	マイクロエンドミル工具を用いた微細金型加工技術の高度化に関する研究	H28.4.1～ R5.3.31	今田琢巳 柳澤研太
30	企業1社	継続	産官	ブルーベリー果実からの有用微生物の分離と利用に関する研究	H27.5.1～ R5.3.31	白井伸明 岡田俊樹

(3) 研究発表等

1. 学会誌等発表

発表題名	学会誌等	発表者
酵母スクリーニングからワイン醸造	酵素工学研究会 酵素工学ニュース 第 88 号(2022) p23-27	松尾啓史 他
Structure-Property Correlation of Crosslinked Domain Hydrogels Exhibiting Thermoresponsive Mechanical Toughening and Hybridization with Photoluminescent Carbon Dots	Polym. Chem., 2022,13, 3479-3488	Masatoshi Oyama, Keiji Nakajima et al.
Stochastic Shortest Path Problem on Borel Space Considering Cost Distribution	Proceedings of the 54th ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, pp. 46-55, 2023	Ritsusamuel Otsubo

2. 学会等研究発表

発表題名	主催機関・名称	会場	年月日	発表者
熱に応答して力学特性および蛍光特性が同時に変化する架橋ドメインゲルの創成	第71回高分子学会年次大会	オンライン開催	R4.5.25~27	大山雅寿 中島啓嗣 他
環状および分岐構造を有した高分子が与える結晶化速度への影響	2022年繊維学会年次大会	タワーホール船堀/オンライン	R4.6.8~10	大山雅寿 中島啓嗣 他
Hydrogel with crosslinked domain structure exhibiting thermoresponsive mechanical toughening and photoluminescence change	13th International Gel Symposium	Hoshino Resorts TOMAMU	R4.9.2~4	Masatoshi Oyama, Keiji Nakajima et al.
熱に応答して強靱化するとともに発光特性を変化する架橋ドメイン構造を有するヒドロゲル	第71回高分子討論会	北海道大学	R4.9.5~7	大山雅寿 中島啓嗣 他
Stochastic Shortest Path Problem on Borel Space Considering Cost Distribution	The 54th ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications (SSS '22)	Nara Prefectural Convention Center	R4.10.14~15	Ritsusamuel Otsubo
生物由来合成ハイドロキシアパタイトを用いたセラミックスの開発研究	滋賀県試験研究機関研究発表会	オンライン開催	R4.11.11	植西 寛
ポテンシオスタットを使用しない実電池(LIB等)の交流インピーダンス測定法の提案	電気化学会電池技術委員会第63回電池討論会	福岡国際会議場	R4.11.8~10	山本典央 他
PL および KOH エッチングを用いた SiC の欠陥評価	先進パワー半導体分科会第9回講演会	福岡国際会議場	R4.12.20~21	山田雄也 他
ファインバブルクーラントを用いたアルミナセラミックスの研削加工ー電着ダイヤモンド工具を用いた側面研削における高能率化への適応	2023年度精密工学会春季大会学術講演会	東京理科大学 葛飾キャンパス	R5.3.15	今田琢巳 他

発表題名	主催機関・名称	会場	年月日	発表者
DED金属3D積層造形物における硬さと欠陥の分布に関する検討	日本機械学会関西支部 第98期定時総会講演会	京都工芸繊維大学	R5.3.17	斧督人 柳澤研太 今田琢巳 他

3. 産業技術連携推進会議等発表

発表題名	主催機関・名称	会場	年月日	発表者
琵琶湖水草を活用したガラス工芸品への技術支援について	産技連・第16回ガラス材料技術分科会	北九州国際会議場	R4.11.17	植西 寛
AIを用いた異常検知に対する考察	産業技術連携推進会議 近畿地域部会 情報・電子分科会・研究交流会	和歌山県工業技術センター	R4.12.1	大坪立サミュエル
3Dを活用した陶磁器セラミックス製品の作成技術について	産業技術連携推進会議 近畿地域部会 セラミックス分科会第26回 窯業研究会	(書面開催)	R4.12.19	植西 寛
復刻プロジェクトについて	産業技術連携推進会議 ナノテクノロジー・材料部会 セラミックス分科会 第53回デザイン担当者会議	信楽窯業技術試験場	R5.1.26	西尾俊哉

4. 展示会

展示会等名称	出展内容	会場	日程
産業技術支援フェア in KANSAI 2022	3DスキャナーでVR・ARデータを作成	(オンライン開催・ポスター)	R4.11.04 ～12.09
産業技術支援フェア in KANSAI 2022	高香気成分生産酵母の育種と製品化	(オンライン開催・ポスター)	R4.11.04 ～12.09
IMEC2022(第19回国際工作機械技術者会議)ポスターセッション	指向性エネルギー堆積法による工具鋼製傾斜機能材料の作製	東京ビッグサイト 東7展示ホール	R4.11.8～ 13
第13回微細加工EXPO	簡易3Dプリンターでのセラミックス造形プロセス	東京ビッグサイト	R5.1.24～ 1.26

5. その他職員派遣

派遣先	講座名等	年月日	派遣者
滋賀県酒造組合	GI滋賀(清酒)鑑定会	R4. 5. 11	岡田俊樹
大阪国税局	令和4酒造年度大阪国税局新酒研究会品質評価	R5. 3. 14	岡田俊樹
滋賀県酒造組合	令和4酒造年度 滋賀県新酒きき酒会	R5. 3. 16	岡田俊樹

(4) 重点研究の評価委員会

当センターおよび東北部工業技術センターでは、商工観光労働部試験研究機関研究推進指針(平成11年3月制定)に基づき、重点研究の内容についての部内評価委員会、外部評価会議を開催し、新規の研究企画および終了した研究内容に対するアドバイスをいただいています。

1. 部内評価委員会

- ・研究企画
モバイル検査環境におけるAI活用技術の開発
平野真、山本典央、大坪立サミュエル、○野上雅彦
- ・研究終了
窯業系廃棄物を活用した園芸土木資材の開発
神屋道也、○坂山邦彦

月日	令和4年7月7日(木) 滋賀県大津合同庁舎7-C 議室	
委員 (敬称略)	岡田英基	商工観光労働部・次長
	小川栄司	商工観光労働部・技監
	犬井義夫	商工政策課・課長
	森野実知子	モノづくり振興課・課長
	今道高志	モノづくり振興課・参事
	中島孝	工業技術総合センター信楽窯業技術試験場・場長
	那須喜一	東北部工業技術センター・所長
	佐々木宗生	工業技術総合センター・参事

2. 外部評価会議

- ・研究企画
AI活用の裾野を広げるための現場対応型検査技術の開発
平野真、山本典央、大坪立サミュエル、○野上雅彦
- ・研究終了
窯業系廃棄物を活用した園芸土木資材の開発
○神屋道也、坂山邦彦

月日	令和4年9月6日(火) 滋賀県庁 北新館5-F 会議室	
委員 (敬称略)	山根浩二	滋賀県立大学工学部教授(機械)
	和田隆博	龍谷大学先端理工学部教授(無機化学)
	李周浩	立命館大学情報理工学部教授(ロボット工学)
	石川泰史	成安造形大学空間デザイン領域教授(デザイン)
	中村徳幸	国立研究開発法人産業技術総合研究所 先端フォトニクス ・バイオセンシングオープンイノベーションラボラトリ 招聘研究員
	仙波直一	株式会社オーケーエム商品開発部長 執行役員
	森内幸司	株式会社アイ.エス.ティ 研究開発部 主幹部員
	月瀬寛二	公益財団法人滋賀県産業支援プラザ 常務理事

外部評価会議で出された指導改善事項、総評について以下に示します。

A I 活用の裾野を広げるための現場対応型検査技術の開発

・・・研究企画

指導改善事項

- ① 中小企業が興味をもつ具体的応用分野の選定が重要。
- ② 挑戦しようとしているものがあまりにも抽象的で世界中の研究者が取り組んでいてもなかなか解決できないものである。現在のAIと呼ばれる機械学習は、対象によってデータを最初から学習し直さないといけないし、提案しているように画像や音で以上を検知するというのは実現しにくいと判断する。
- ③ AI活用技術の開発という研究目的は今後のものづくりにおいて非常に重要であり、波及効果や発展性、および企業ニーズなどについても期待できる。ただR2年～R4年度まで行っている活動について、先行研究としての具体的なデータがプレゼンからは見て取れないため、目標の具体性、アウトプットのレベルの設定に懸念が残ります。
- ④ 目標が広範であると感じています。企画の研究内容と体制で実現が見込める目標を初段階として、成果をフィードバックとステップアップしてゆく研究計画が必要ではないかと感じました。
- ⑤ 他の方からのコメントにもあったように、対象が広すぎるのではないかと。具体例はあったが、どの段階でサポートできるかの絞り込みが必要なように思われる。
- ⑥ 多品種少量生産だからこそ発生している問題点が、この取り組みで改善されるか？
- ⑦ 検出する対象の限定などすれば実現の可能性もあると思う。
- ⑧ タブレットを使用すれば手軽に簡易に構築が可能だと思うが、既存技術では検査精度が低くネックになっているが、研究項目の達成で目標値がクリアできますか？
- ⑨ 目標のハードルが高いような気がしました。ステップバイステップの計画が必要かなと感じました。
- ⑩ AIライブラリ利用後の独自性と、どこに挑戦するのかがまだ不明確なような気がしました。
- ⑪ 各研究開発課題はボリュームが大きく、汎用的に実用に耐えうるアプリの提供にはハードルが高い印象を受けます。そこで、検査環境を特定化するために企業と共同で取り組み実用化事例を確立した上で、汎用的なモバイル検査環境を実現することをご検討ください。

総評

- ① 中小企業におけるA I 人材の育成がキーポイント。
- ② 中小企業が抱えている問題を解決しようとする気持ちや試みはいいが、中身があまりにも機械学習分野の現実を勘案していないとしか言えない。もっと機械学習専門の大学先生などと相談をして研究内容を精査することをお勧めする。
- ③ この分野の研究はこれからのものづくりとして欠かせないものなので、段階的に確実に進めていただくのがよいと考えます。
- ④ 中小企業でA I による検査工程の自動化に対するニーズは必要高い。しかし、導入には指摘されている通りいろいろと課題があり克服できないのも実情であり、高い検査制度を求めのではなく、「○」か「×」の大きなくくりで一時選別ができるレベルでも導入するメリットは十分にあると思います。
- ⑤ 現時点で、3年後の見通しは明るいのでしょうか。2年度目、3年度目に負荷が大きくなっていくように感じました。

指導改善事項

- ① 製陶原料のリサイクル化については必要な研究だと思います。
- ② 現状ではリサイクル生産の需要が、廃土の発生量に対して微量であるため、地場内で完結させるのは難しい状況といえます。

総評

- ① 現場への応用を頑張ってほしい。
- ② とても有益な研究であったと判断する。廃棄物を用いた結果が素晴らしくてそのメリットが多いためこの成果を滋賀県に留めず全国、全世界に発信できれば良いと期待する。
- ③ 環境対応は重要なキーワードであり、研究開発することでそれぞれの特徴も認められた。しかし、循環社会の実現に向けては、利用していくサイクルも必要であり、既存商品との差別化（付加価値など）ができれば、なお一層よかったと思う。
- ④ 有効利用を図るすばらしい研究内容と思います。一方で、今後については、最後にご本人から言及ありましたように、高付加価値品を手がけ、単純に安く売らなくてもいいしくみが必要かと思います。
- ⑤ 「産業廃棄物」、「汚泥」等の表現は、みずからがその価値を下げており、避けたほうがよく、工夫が必要と感じました。
- ⑥ 廃棄物である汚泥などを陶土に活用する取り組みは、困難な課題も多かったと思います。本研究の取り組みによって、特徴やメリット、用途などが示されていますが、デメリットも示した上で陶器業界に受け入れられるよう継続的な取り組みをお願いします。

(5) 研究会活動の推進

1. 滋賀材料技術フォーラム

当フォーラムは材料技術の向上と関連産業の振興等を目的として、材料関連メーカーとユーザー、および大学・公設試等が各種の情報を交換し、相互の連携を図るために産・学・官が一体となって運営されている組織です。

令和4年度は昨年度に引き続き新型コロナウイルス感染症拡大防止のため、Web参加と会場参加複合形式で各種事業を実施しました。

月日	事業名	事業内容	参加者	会場
6月13日	第118回 運営委員会	議題: 令和3年度事業報告(案)について、令和3年度決算報告(案)について、令和4年度事業計画(案)について、令和4年度予算(案)について、役員・運営委員の改選について、令和4年度総会・第98回例会について、上半期事業について	会場13名 Web6名	当センター Web会議
	令和4年度総会 第98回例会 (講演会)	議題: 令和3年度事業報告(案)について、令和3年度決算報告(案)について、令和4年度事業計画(案)について、令和4年度予算(案)について、役員・運営委員の改選について 講演: 「二次電池の放射光解析からわかる今後の課題」 立命館大学生命科学部応用化学科教授 折笠有基氏 「県の産業支援施策の概要紹介 -DX・CO2ネットゼロ等について-」 滋賀県商工観光労働部モノづくり振興課 土田裕也氏	総会 会場15名 Web9名 例会 会場19名 Web8名	当センター Web会議
8月30日	第119回 運営委員会	議題: (1)上期の事業報告、(2)下期の事業案内、(3)その他	会場11名 Web5名	龍谷大学 当センター Web会議
	第99回例会 (技術セミナー)	内容: 「ドライプロセスによる薄膜技術の基礎Ⅱ」 講師: 富山大学名誉教授、龍谷大学客員研究員 野瀬正照氏	会場11名 Web12名	当センター Web会議
11月10日 11日	第35回FC関連団 体交流会議	内容: 協議会決算・予算、地域賞の表彰式、特別講演、見学会 等 特別講演: 品川リフクトリーズ株式会社 飯田正和氏 見学先: 帝人ナカシマメディカル株式会社	事務局	岡山理科大学
11月25日	第86回研修会 (技術研修) センターと共催	内容: 「プラスチック材料開発のための少量混練から射出成形まで」 講師: レオ・ラボ株式会社 堀田 栄一郎 氏、伊藤 綾一郎 氏	会場11名 Web9名 実習8名 内会員 6名	当センター Web会議
2月16日	第87回研修会 (見学会)	見学先: 信楽窯業技術試験場 移転新庁舎の紹介、事業紹介	会場17名 Web4名 内会員 4名	当センター Web会議
3月29日	第120回 運営委員会	議題: 令和4年度事業報告(案)について、令和4年度決算報告(案)について、令和5年度事業計画(案)について、令和5年度予算(案)について	会場5名 Web8名	当センター Web会議
その他の事業 後援事業等		・9月17日(土) Web開催(Zoom) 2022年度立命館大学SRセンター研究成果報告会 ・2月28日(火) 大阪産業創造館 ニューセラミックス懇話会 「マテリアルズ・インフォマティクスによるものづくり -基礎と材料・プロセス開発への応用-	-	-

2. 滋賀県酒造技術研究会

県内の清酒製造業者の酒造技術および酒質の向上を図るため、平成13年6月に設立しました。本会は、清酒製造業者および関連する公設試などの機関で組織し、会員相互の研究・技術交流、市場情報の交換の場として勉強会、技術研修会を開催しています。

現在の会員数は、企業会員27社、公設試関係者10名（工業技術総合センター、農業技術振興センターの職員）です。

<活動内容>

令和4年度は次の研修会や情報交流会等を予定していましたが、新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から事業等縮小しました。

月日	事業名	事業内容(概要)	出席者数	場所
4月	第42回運営企画委員会	令和3年度事業と決算報告および令和4年度事業計画、予算案作成等	—	メール等開催
5月12日	第74回例会	(開催中止)	—	—
5月12日	令和4年度総会(第22回)	書面表決書 令和3年度事業・会計報告 令和4年度事業・予算計画、役員の改正等	27社	—
8月	例会	(開催中止)	—	—
—	滋賀地酒の祭典	一般参加による滋賀の地酒のきき酒と需要促進ピーアールイベント等を開催 滋賀県酒造組合主催、滋賀県酒造技術研究会主幹 (開催中止)	—	—
2月	第43回運営企画委員会	令和4酒造年度新酒きき酒会の開催について協議	—	メール等開催
3月16日	新酒きき酒会(例会)	令和4酒造年度新酒きき酒評価会	66名	大津市内

・例会の開催は、研究会会員が部会に所属して各部会で研修内容等を計画し開催運営しています。

3. 滋賀3Dイノベーション研究会

センターでは、平成30年度に最新鋭の指向性エネルギー堆積法（DED方式）金属3Dプリンタ（三菱重工工作機械(株)製型式LAMD A200）を「生産性革命に資する地方創生拠点整備交付金」（平成29年度内閣府補正予算）により整備しました。

これを活用し、金属3Dプリンタなどを活用した3Dものづくりに関連する技術について、情報共有や先行試作などの活動を通じて、県内企業の3Dものづくり技術の向上を図ることを目的に、令和元年度、本研究会を設立し、活動を行っています。

令和4年度は、共同研究（『金属3D造形技術の高度化に関する研究』共同研究者：センター、滋賀県立大学および龍谷大学の官学共同研究）および、次の研究会および関連講習会等を実施しました。

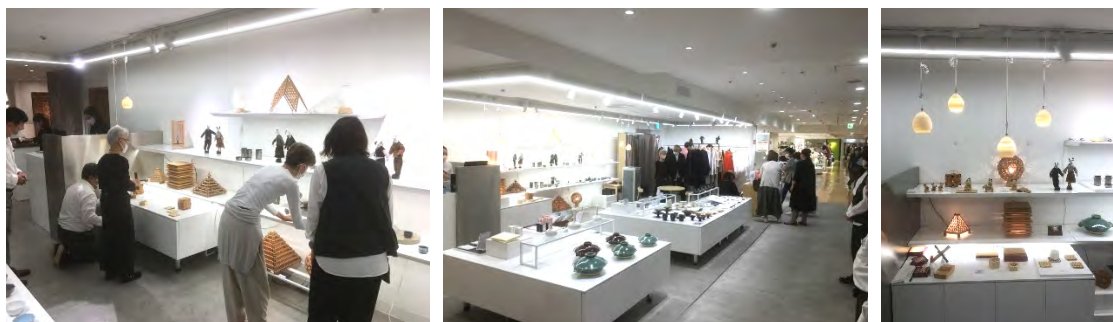
月日	事業名	事業内容	参加者	会場
7月27日	R3年度第1回滋賀3Dイノベーション研究会	事務局報告 「令和3年度事業報告および令和4年度事業計画」報告	28名	書面開催
8月26日	滋賀3Dイノベーション研究会 造形体験会	造形体験会 「金型の補修や改良を見据えた工具鋼の異種材料追加積層造形」	7名	滋賀県工業技術総合センター
12月19日	滋賀3Dイノベーション研究会 造形体験会	造形体験会 「モニタリングシステムを利用した基本(円筒)形状の造形体験」	3名	滋賀県工業技術総合センター
	R4年度第2回滋賀3Dイノベーション研究会 講演会『金属3Dプリンタ技術の今を知ろう』	講演 「JIMTOF2022の動向」 講師：日本電産マシンツール(株) 開発本部開発第4部 田内 拓至氏 講演 「金属積層造形(DDED方式)用CAM「CAM-TOOL AM」のご紹介(JIMTOF2022 AMエリア出展報告)」 講師：(株)C&Gシステムズ 国内営業本部 SI営業部 秋吉 直氏 情報提供 「JIMTOF2002の報告会」 講師：滋賀県工業技術総合センター職員	16名	Web開催
3月2日	R4年度第3回滋賀3Dイノベーション研究会 講演会『金属3Dプリンタの現状や展望と課題』	特別講演 「金属積層造形技術の最新動向と今後の展開」 講師：近畿大学 次世代基盤技術研究所 特任教授 京極 秀樹氏 事業紹介 「滋賀3Dイノベーション研究会の取り組み内容について」 講師：滋賀県工業技術総合センター職員	97名	滋賀県工業技術総合センター大研修室および Web開催

4. TEIBAN商品開発研究会

本研究会は平成28年6月、信楽焼産地および関連業界の定番商品の開発支援と振興に寄与することを目的として設立しました。会員相互の技術交流や勉強会、講演会、展示会等を実施しています。

今年度も専門家の指導のもと、ブランド構築や空間づくりの勉強会を開催しました。また、展示について都市部におけるファンの獲得を目的に、9月21日～10月4日の日程で、松屋銀座にて「それぞれのTEIBAN、滋賀・三重」展を、滋賀県から6社、三重県から5社の参加で開催しました。今回、松屋銀座は経営方針の変革でZ世代・ミレニウム世代をターゲットに7階リビングフロアを改装し、着物など和物に囲まれた空間から、高級なソファやテーブルなど家具置き場が広がっていました。本展示会場は床がグレー、壁と什器が白色のシックな空間での開催となりました。コロナ禍の中、昨年より対策は厳しくないように思われ、マスクのしていない海外のお客さんもちらほらと、少し外国人客が戻って来たように感じました。官民協働により参加企業個々のブランド化を図りました。

令和5年度から、本研究会と屋上緑化開発研究会を発展的に解消し、「しがらきコトづくり研究会」として信楽焼業界の支援を図ります。3月には「しがらきコトづくり研究会」のプレ事業としてコトづくりセミナーを開催しました。



松屋銀座で開催した「それぞれのTEIBAN、滋賀・三重」



「しがらきコトづくり研究会」のプレ事業 コトづくりセミナーの様子

(6) 産業財産権

令和4年度末現在の保有状況は次のとおりです。

特許権 18件（内、令和4年度中新規登録件数 3件）

名称		登録日	登録番号	発明者
栗東				
1	試料中のウイルスを検出する方法およびシステム	H23.6.10	4757103	白井伸明、岡田俊樹、他
2	試料中の蛍光性物質を検出する方法およびシステム	H26.2.14	5473202	白井伸明、岡田俊樹、他
3	生分解性エラストマー及びその製造方法	H25.5.10	5263471	平尾浩一、山中仁敏、 那須喜一、他
4	柔軟性に富む生分解性材料とその製造方法	H25.9.20	5366068	平尾浩一、山中仁敏、 那須喜一、他
5	神経難病の画像診断薬及び対外診断薬	H27.2.27	5699286	白井伸明、平尾浩一、他
6	蛍光一粒子検出方法および検出システム	H27.5.1	5737704	白井伸明、岡田俊樹、他
7	リグノセルロース含有材料からの機能材料の製造方法	H29.3.31	6114935	白井伸明、松本正、他
8	曲げ変形を受ける対象物に貼付して用いる貼付材用フィルム	H28.9.23	6009777	平尾浩一、那須喜一、他
9	曲げ変形を受ける対象物に被覆して用いる被覆材用複合フィルム	H28.11.25	6045892	平尾浩一、那須喜一、他
10	測定システムおよび測定方法	R2.3.13	6675679	山本典央、平野 真、他
11	リチウムイオン二次電池負極用バインダー、リチウムイオン二次電池負極用スラリー組成物、リチウムイオン二次電池負極及びリチウムイオン二次電池	R2.11.17	6795814	田中喜樹、所敏夫、 中島啓嗣、脇坂博之 佐々木宗生、他
12	神経難病の画像診断薬及び体外診断薬	R4.1.13	7008299	白井伸明、平尾浩一、他
13	口腔内粘膜保護フィルム	R4.9.20	7143996	中居直浩、那須喜一、 白井伸明、中島啓嗣、 大山雅寿、谷村泰宏、 土田裕也、平尾浩一、他
14	水用バタフライバルブ	R5.1.13	7209966	深尾典久、今道高志、 山下誠児、井上栄一、 藤井利徳、水谷直弘、 酒井一昭、他
15	インピーダンス測定のための標準試料	R5.3.8	7240669	山本典央、他
信楽				
16	セラミックス多孔質体	H19.8.17	3997929	高井隆三、宮代雅夫、 中島孝、他
17	多孔表面陶磁器	H24.4.20	4976010	川澄一司、高畑宏亮、 中島孝、西尾隆臣、 高井隆三
18	透光性陶磁器用練り土および透光性陶磁器	H25.8.30	5352035	川澄一司

商標権 1件

名称		登録日	登録番号	考案者
信楽				
1	信楽透器	H22.9.10 (R2.10.20更新)	5351665	川澄一司

特許出願中の件数 5件（内、令和4年度中新規出願件数 1件）

発明の名称		出願日	出願番号	発明者
栗東				
1	樹脂組成物	R2.3.5 (H31.3.28)	2020-037368 (2019-062918)	神澤岳史、平尾浩一、脇坂博之、 上田中隆志、他
2	粘膜粘着フィルム	R1.7.22	2019-134762	白井伸明、神澤岳史、大山雅寿、 中居直浩、他
3	樹脂組成物およびポリビニルアセタール樹脂のリサイクル方法	R2.3.10	2020-40743	神澤岳史、平尾浩一、脇坂博之、 上田中隆志、他
4	インピーダンス測定方法、コンデンサユニット、コンデンサユニット保持装置およびコンデンサユニットシステム	R4.11.1	2022-175776	山本典央、他
信楽				
5	焼成体及びその製造方法	H31.2.7	2019-021019	植西寛、他

特許権の実施許諾 10件（内、令和4年度新規契約件数 0件）

発明の名称		契約者数	実施料
栗東			
1	測定システムおよび測定方法	1	61,776円
2	インピーダンス測定のための標準試料	1	37,200円
信楽			
3	セラミックス多孔質体	1	17,550円
4	多孔表面陶磁器	1	1,998円
5	透光性陶磁器用練り土及び透光性陶磁器	6	141,325円
計		10	259,849円

(7) 職員の研修

企業への技術支援力強化のため、職員の資質向上、スキルアップを目指し、外部機関へ派遣研修を実施しました。

① 大学派遣研修

研 修 テ ー マ	派遣先	期間	派遣者名
人工知能を用いた画像処理技術の陶磁器産業への応用	立命館大学	R4.4～R5.3 (週2日)	神屋道也

② 中小企業大学校派遣研修、その他

研 修 テ ー マ	派遣先	期間	派遣者名
小規模企業に対する伴走型支援の進め方	(独法)中小企業基盤整備機構中国本部中小企業大学校広島校	R3.9.27～R3.9.29	白井伸明
小規模企業の目利き力アップ(ものづくり)	(独法)中小企業基盤整備機構中小企業大学校東京校	R4.10.19～R4.10.21	今田琢巳
着地型観光商品のつくり方	(独法)中小企業基盤整備機構中小企業大学校web校	R4.7.1、R4.7.19	山内美香
中小企業が取り組む知財経営の考え方と支援の進め方	(独法)中小企業基盤整備機構中小企業大学校web校	R4.12.2、R4.12.9	大山雅寿
醸造技術習得に向けた実地研修	県内企業	R5.2.13～R5.2.18 R5.3. 5～R5.3.10	松尾啓史

(8) 審査会等への出席

経営革新計画承認審査会等へ委員として職員を派遣しました。

月日	審査会等名称	所管	職員
5月24日	第1回滋賀県経営革新計画承認審査会	中小企業支援課	小川
5月24日	滋賀県ステージ支援事業補助金審査会	中小企業支援課	小川
6月7日	滋賀県中小企業新技術開発プロジェクト補助金審査会 滋賀の新しい産業づくりチャレンジ計画認定審査会	モノづくり振興課	小川
7月1日	中小企業等外国出願・侵害対策支援事業費補助金選考委員会	公益財団法人滋賀県産業支援プラザ	小川
7月7日	滋賀県商工観光労働部試験研究機関研究部内評価委員会	モノづくり振興課	小川 中島 佐々木
7月8日	滋賀の魅力を活用するちいさな企業新事業応援補助金審査会	中小企業支援課	小川
7月8日	製造現場へのAI・IoT導入促進補助金交付審査会	公益財団法人滋賀県産業支援プラザ	佐々木
7月12日	滋賀県近未来技術等社会実装推進事業補助金審査会	商工政策課	小川
7月15日	第2回滋賀県経営革新計画承認審査会	中小企業支援課	小川
8月23日	滋賀県新商品の生産等による新事業分野開拓者認定審査会(書面)	中小企業支援課	小川
8月25日	滋賀県中小企業新技術開発プロジェクト補助金審査会 滋賀の新しい産業づくりチャレンジ計画認定審査会	モノづくり振興課	佐々木
9月2日	製造現場へのAI・IoT導入促進補助金(2次募集)交付審査会	公益財団法人滋賀県産業支援プラザ	小川
9月5日	滋賀県技能者表彰(おうみの名工)に係る懇話会	労働雇用政策課	小川
9月6日	滋賀県商工観光労働部試験研究機関研究外部評価会議	モノづくり振興課	小川
9月7日	滋賀県産業廃棄物減量化支援事業費補助金審査会	循環社会推進課	佐々木
9月15日	第3回経営革新計画承認審査会	中小企業支援課	小川
9月20日	滋賀県児童生徒発明くふう展予備審査会 滋賀県未来の科学の夢絵画展予備審査会	一般社団法人滋賀県発明協会	山内
9月27日	滋賀県児童生徒発明くふう展審査会 滋賀県未来の科学の夢絵画展審査会	一般社団法人滋賀県発明協会	小川
10月14日	滋賀県近未来技術等社会実装推進事業補助金(第2期)審査会	商工政策課	小川
10月20日	滋賀県中小企業新技術開発プロジェクト補助金審査会 滋賀の新しい産業づくりチャレンジ計画認定審査会	モノづくり振興課	小川
10月20日	滋賀県産業廃棄物減量化支援事業費補助金審査会	循環社会推進課	佐々木
10月24日	中小企業等外国出願・侵害対策支援事業費補助金(3次公募)選考委員会	公益財団法人滋賀県産業支援プラザ	小川
10月27日	技術開発室(レンタルラボ)入居審査会	モノづくり振興課	小川
11月10日	滋賀県立テクノファクトリー工場棟使用資格等承認審査会	公益財団法人滋賀県産業支援プラザ	小川
11月16日	第4回滋賀県経営革新計画承認審査会	中小企業支援課	小川
11月28日	しがCO2ネットゼロみらい賞審査会	CO2ネットゼロ推進課	小川
1月18日	滋賀県立テクノファクトリー工場棟使用資格等承認審査会	公益財団法人滋賀県産業支援プラザ	小川
1月24日	第5回経営革新計画承認審査会	中小企業支援課	小川
3月17日	第6回経営革新計画承認審査会	中小企業支援課	小川
3月28日	滋賀県立テクノファクトリー工場棟使用資格等承認審査会	公益財団法人滋賀県産業支援プラザ	小川

5. 人材育成事業

(1) 窯業技術者養成事業

本事業は、県内窯業技術の振興を図り、陶器業界の経営改善に資するために必要な窯業技術者の養成を目的としています。これまでに延べ574名が研修を修了しました。修了生は、県内窯業関連企業に就業し、重要な人材として活躍しています。

令和4年度研修生の選考について

令和3年7月2日 令和4年度滋賀県窯業技術者養成研修選考試験実施公告

秋試験

令和3年10月1日（金）～10月29日（金） 願書受付
 令和3年11月10日（水） 選考試験
 令和3年11月16日（火） 選考委員会
 令和3年11月下旬 結果発表

冬試験

令和4年1月7日（金）～1月28日（金） 願書受付
 令和4年2月9日（水） 選考試験
 令和4年2月15日（火） 選考委員会
 令和4年2月下旬 結果発表

令和4年度研修生の選考試験では、13名の応募のうち13名が受験しました。試験の結果9名を合格としました。令和4年度の研修については、9名が修了しました。そのうち3名が県内陶磁器関連企業に就職し、1名は信楽窯業技術試験場にて研修を受講しています。

過去5年間の進路状況

年度	研修修了	陶磁器関連企業就職		次年度研修	その他
		県内	県外		
H30	8	6	0	2	0
R1	11	8	0	2	1
R2	6	5	0	0	1
R3	5	4	0	1	0
R4	9	4	2	1	2



ロクロ実習

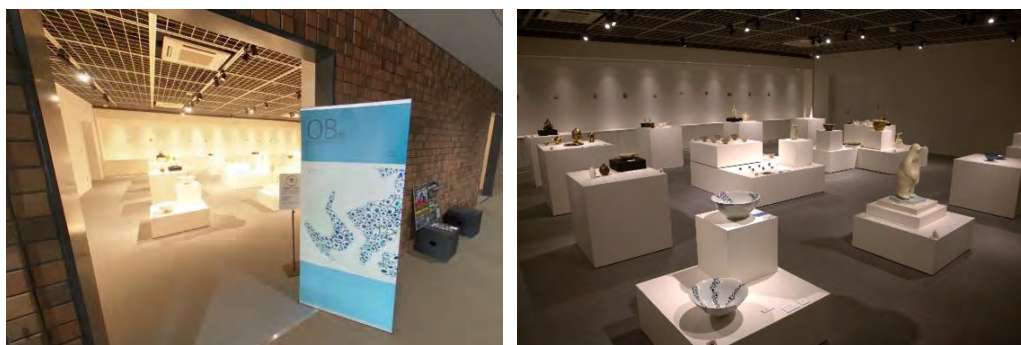


産地見学（信楽町内）

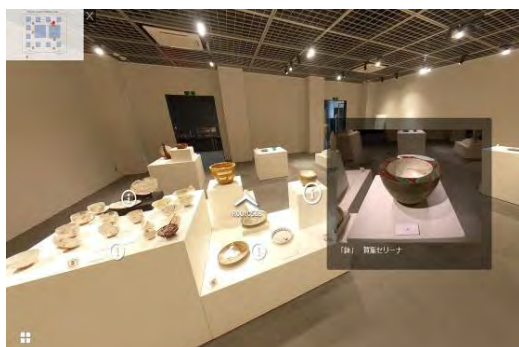
(2) 信楽窯業技術試験場研修生OB会

本会は、窯業技術者養成事業研修を修了した者によって構成され、信楽焼の技術や歴史の勉強、情報交換、作品展などを行っています。

今年度は令和5年1月18日から2月8日までの期間、信楽伝統産業会館にてコロナ感染拡大予防対策を実施しながら「信楽窯業技術試験場研修生OB展」を開催しました。当展には出展者15名、70点のオブジェや食器、花器などが展示され、期間中の来館者は延べ1,144名となり好評でした。展示終了後もVRを利用した展示を実施しており、信楽窯業技術試験場HPよりアクセスできます。期間中には来場者からアンケートを取り、OB賞を選定するとともに、その結果を今後の活動に生かしています。また、勉強会や情報交換などは依然として新型コロナウイルスの影響もあり行いませんでした。



伝統産業会館展示風景



VR展示風景



OB賞受賞作品（水杉幹治）

6. 情報提供等

(1) 刊行物の発行

1. 技術情報誌

① 『テクノネットワーク』

工業技術総合センターの「産学官研究会活動」、「試験研究機器紹介」をはじめ、技術解説や研究紹介をする「テクノレビュー」、そのほか「研修・セミナーのお知らせ」、「センターニュース」などの企業に役立つ新しい情報の提供に努め、県内企業、関係機関および団体等に配布しました。

号数	発行月	発行部数
134	令和4年7月	2,000部
135	令和4年10月	2,000部
136	令和5年2月	2,000部

② 『陶』

信楽窯業技術試験場が実施している事業の成果や様々な窯業関係情報を県内の窯業関係企業、関係機関・団体へ配布しました。

号数	発行月	発行部数
37	令和5年3月	1,000部

2. 業務報告書

令和3年度の工業技術総合センター業務活動の年報として、第36号を発刊しました。内容は、業務概要（技術支援、研究開発等）と運営概要（施設、設備、組織、決算額等）を中心にまとめたもので、主に県内外の行政・試験研究機関、関係団体等へ配布しました。

号数	発行月	発行部数
36	令和4年11月	650部

(2) 研究成果報告会およびセンター一般公開の開催について

令和3年度までに取り組んできた研究成果について、県内企業の方々に広く知っていただき、技術移転や新たな連携を図るため、研究成果報告会を開催しました。令和4年度は、工業技術総合センターと東北部工業技術センター合同の研究成果報告会を開催しました。開催にあたっては新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から、YouTubeを活用した録画動画の配信方式のみで開催しました。

また、センターが保有する設備や技術を県内企業の方や一般の方々に、広く知っていただくことを目的に、平成20年度よりセンター一般公開を開催しています。令和4年度も前年に引き続き新たな試みとして、日頃の分析や評価で利用頻度の高い保有機器を中心とした機器紹介動画を作成し、研究成果報告会と併せて配信しました。

・日時：令和5年3月20日（月）10：00～3月31日（金）12：00

（機器紹介動画は常時配信）

研究成果報告会

工業技術総合センター

東北部工業技術センター

センター一般公開（機器紹介動画）

工業技術総合センター

・場所：YouTube配信方式

○研究発表

「小型コンピュータを利用したAI画像・音響検査について」	電子システム係 平野真
「高分子複合材料の物性向上に関する研究 —CNFによる生分解性プラスチック補強の検討—」	有機材料係 大山雅寿
「3Dデジタル技術を用いた製品開発 —信楽窯業技術試験場が所有する収蔵品の活用—」	陶磁器デザイン係 西尾俊哉
「地域繊維技術を活かした高付加価値繊維製品の開発」	繊維・デザイン係 山田恵*
「シミュレーションとセンシングを使って鋳造工程を見える化」	金属材料係 安田吉伸*

*東北部工業技術センター

○センター一般公開（機器紹介動画）

「恒温恒湿室」	電子システム係
「金属粉末積層造形装置(DED方式)」	機械システム係
「キセノンウェザーメーター」	有機材料係
「薄膜用スクラッチ試験機」	無機材料係
「カッティングプロッター/サンドブラスター」	陶磁器デザイン係

(3) ホームページによる情報提供

当センターの事業内容の紹介をはじめ、各種セミナー・講習会等の案内をホームページにて提供しました。また、情報検索サービスとして整備した試験研究用設備機器のデータベースを随時更新して、最新の情報を提供しました。

ホームページ閲覧数	497, 727ページ/年度
-----------	----------------

(4) 産業支援情報メール配送サービス「IRCS News」

当センター、東北部工業技術センター、(公財)滋賀県産業支援プラザ、(一社)滋賀県発明協会および県商工観光労働部内の関係3課が共同で、平成12年8月からサービスを開始しています。このサービスは、セミナー・研修および講習会などのイベント情報や、産業振興施策に関する情報を、予め登録されたメール配送希望者に電子メールでタイムリーに届ける無料サービスです。随時登録を受け付け、令和5年3月末の登録数は1,342件となっています。

弊所のホームページ<https://www.shiga-irc.go.jp/info/ircsnews/registration/>から登録いただけます。

メールマガジン登録者数	1,342件
-------------	--------

(5) 工業技術情報資料等の収集・提供

工業技術に関する図書、雑誌および資料を備えています。

日本産業規格(旧日本工業規格)[JIS]を公開しています。

所有図書	図書(開架)10,543冊 購読雑誌24種類 日本産業規格(旧日本工業規格)[JIS]全部門
------	--

(6) 見学者等の対応

施設や機器、研修、運営等について、海外を含め県内外から、技術者や経営者、行政関係者等の多数の視察や見学があります。また、信楽窯業技術試験場では、一般市民の観光等の目的で施設見学があります。見学を主な目的とした来所者の内訳は下表のとおりです。

〈栗東〉

所属	見学者数(延べ人数)
行政機関(国、地方公共団体等) 大津市、関西広域連合、中小企業庁	9
産業支援機関(財団、機構、協会、組合等) (公益)滋賀県産業支援プラザ、(一社)滋賀県経済産業協会、 (公財)太平洋人材交流センター	27
県内企業	20
県外企業	1
合計	57

〈信楽〉

所属	見学者数(延べ人数)
行政機関(国、地方公共団体等) 京都市産業技術研究所、愛媛県窯業技術センター、 石川県立九谷焼技術研修所	55
産業支援機関(財団、機構、協会、組合等) (公益)滋賀県産業支援プラザ、滋賀県中小企業団体中央会、 (一社)滋賀県経済産業協会、萬古陶磁器工業協同組合	81
教育文化機関(学校、美術館等) 滋賀県立大学、滋賀大学、京都教育大学、滋賀県立信楽高等学校、 甲賀市立多羅尾小学校、甲賀市立佐山小学校、 滋賀県レイカディア大学、(公財)陶芸の森、三重県立美術館	100
県内企業	41
県外企業	12
県内一般市民	69
県外一般市民	89
合計	447

(7) 報道関係機関による掲載件数

No	年月	掲載等	内容	媒体
1	R4.4.19	京都新聞	美術品3D映像公開、陶芸の森陶芸館 収蔵・展示品	新聞
2	R4.4.30	和楽6・7月号(小学館)	足を延ばして信楽へ	雑誌
3	R4.5.13	産経新聞	国指定「GI滋賀」22酒蔵の29種が認定酒に合格	新聞
4	R4.6.25	伊賀タウン情報ユニー	試験場研修生、大矢明日香さん	機関紙
5	R4.7.12	滋賀県立大学Webサイト	材料科学専攻の奥野敬裕さんが第71回高分子学会年次大会優秀ポスター賞を受賞しました	WEB
6	R4.9.22	京都新聞	陶芸の森陶芸館ギャラリー、試験場移転記念展(ミニチュア干支置物)	新聞
7	R4.9.26	滋賀地酒10,000人乾杯プロジェクト	滋賀地酒10,000人乾杯プロジェクト2022	WEB
8	R4.9.26	共同通信PRWire	～滋賀の地酒で繋がる10,000人の輪～ 滋賀地酒10,000人 乾杯プロジェクト2022	WEB
9	R4.9.28	京都新聞	陶芸の巨匠デザイン「干支の置物」、最新技術で新しく誕生 滋賀で企画展	新聞
10	R4.9.30	産経新聞	信楽の試験場 新庁舎完成	新聞
11	R4.10.1	甲賀市広報「こうか」	信楽窯業技術試験場が移転し新たにオープン	機関紙
12	R4.10.4	中日新聞	12年ぶり甲賀で六古窯サミット 7日、多彩なトークイベント	新聞
13	R4.10.5	滋賀ガイド	現代にリデザインされた干支置物	WEB
14	R4.10.7	京都新聞	滋賀「陶芸の森」隣地にもつくり拠点 信楽窯業技術試験場が開所	新聞
15	R4.10.7	びわ湖放送ニュース	信楽窯業技術試験場 新庁舎開所式	テレビ
16	R4.10.7	NHK	甲賀市に信楽窯業技術試験場の新庁舎が完成	テレビ
17	R4.10.8	中日新聞	信楽窯業技術試験場の新庁舎開所を祝う 松下洸平さんも出席	新聞
18	R4.10.8	毎日新聞	次世代の陶芸、ここから 信楽窯業技術試験場、移転開所	新聞
19	R4.10.10	あいコムこうか「こうか・かわら版」	窯業技術試験場OPEN(有線)	テレビ
20	R4.10.13	滋賀報知新聞	陶器と地場産業の新拠点	新聞
21	R4.10.13	フォトかんさい(近畿経済産業局)	信楽窯業技術試験場開所式に出席しました	WEB
22	R4.10.14	びわ湖放送「オモロしが」(週刊ニュース)	窯業試験場 開所式	テレビ
23	R4.10.19	日刊工業新聞	信楽窯業技術試験場 魅力発信 新庁舎開所	新聞
24	R4.10.20	読売新聞	信楽窯業試験場 新拠点へ	新聞
25	R4.10.15	環境緑化新聞	東京農業大学近藤三雄名誉教授 連載記事「大型信楽鉢盆栽」の紹介	新聞
26	R4.10.28	中日新聞	信楽焼の干支「アニマルトイ」に	新聞
27	R4.11.1	陶業時報	試験場が移転	新聞
28	R4.11.25	日刊工業新聞	新生！信楽焼 ”拠点継承”	新聞
29	R4.12.1	公益財団法人JKA	補助事業PRポスター	その他
30	R4.12.9	びわ湖放送「オモロしが」内「滋賀プラス1」	試験場紹介	テレビ
31	R4.12.20	しが経産協ニュース	信楽窯業技術試験場見学会開催	機関紙
32	R5.1.12	公益財団法人JKA	イベント情報 滋賀県工業技術総合センター 技術研修「薄膜の機械特性評価の基礎」	WEB
33	R5.1.23	毎日新聞	新酵母 個性的な味を産み出せ	新聞
34	R5.1.31	滋賀県生活環境事業協会会報	令和5年度定時総会は令和5年5月25日(木)に開催します	機関紙
35	R5.3.2	日本経済新聞(夕刊)	変遷続ける信楽焼の里(試験場移転)	新聞
36	R5.3.16	NHK 滋賀県のニュース	県内の蔵元どうしが新酒の利き酒会 4年ぶりの開催	WEB
37	R5.3.20	Youtube	【機器紹介・栗東】恒温恒湿室の紹介	WEB
38	R5.3.20	Youtube	【機器紹介・栗東】薄膜用スクラッチ試験機の紹介	WEB
39	R5.3.20	Youtube	【機器紹介・信楽】カッティングプロッター/サンドブラスター	WEB
40	R5.3.20	Youtube	【機器紹介・栗東】キセノンウェザーメータ	WEB
41	R5.3.20	Youtube	【機器紹介・栗東】金属粉末積層造形装置(DED方式)のご紹介	WEB
42	R5.3.20	Youtube	【研究紹介】小型コンピュータを利用したAI画像・音響検査について	WEB
43	R5.3.20	Youtube	【研究紹介】3Dデジタル技術を用いた製品開発 ー信楽窯業技術試験場が所有する収蔵品の活用ー	WEB
44	R5.3.20	Youtube	【研究紹介】高分子複合材料の物性向上に関する研究 ーCNFによる生分解性プラスチック補強の検討ー	WEB

7.その他

(1) 技術開発室『レンタルラボ』の管理運営

本県では、「滋賀県産業振興ビジョン2030」の下、「変化への挑戦 (ChallengeforChange)」をキーメッセージに、県内中小企業が行う新製品の開発や新事業への展開を促進する様々な支援を行っています。その一環として、平成11年2月に当センターに設置した企業化支援棟を活用し、企業の技術力の向上、新産業分野の開拓、さらにはベンチャー企業等の起業化の促進に努めています。

この企業化支援棟には、技術開発室4室と電波暗室(3m法)とがあり、県内企業の技術開発と産業の振興を目的としています。特に、技術開発室は研究スペースを賃貸することにより、独自技術の開発や新製品開発に積極的なフロンティア企業や新規開発者を育成支援しています。

令和4年度の入居率は、100%で、延べ3者の入居利用がありました。

なお、下記の室については、技術開発室から使用形態を変更し、機器利用のための室として開放しています。

2号室……成膜試験室

3号室……試作開発室

7号室……ものづくり高度分析支援室

①技術開発室設備

電気設備 単相100V・3相200V

給排水設備 各室内に流し台設置

L P ガス 各室内に取付口設置

電話設備 各室内に端子盤(外線2、内線1回線)設置

空調設備 個別エアコン設置

防犯設備 警備保障会社連動による防犯方式

昇降装置 機器搬入エレベータ1機

床荷重 1階 9.8 kN/m² (1,000 kgf/m²)

2階 4.9 kN/m² (500 kgf/m²)

②使用者の要件

県内において事業を既に行っている者あるいは開業をしようとする者であって、創業、新分野進出または新技術開発を志向し、具体的な研究開発計画を有する者および知事が適当と認めた者

③使用料

技術開発室	階	面積	使用料/月
1号室	1階	51m ²	93,840円
4号室	2階	51m ²	93,840円
5号室		50m ²	92,000円
6号室		50m ²	92,000円

(令和5年3月31日現在)

(2) 企業・大学等訪問事業

当センターでは、県内企業の実情および技術課題やニーズを正確に把握し、事業の効率的な推進や見直しに活用するため、平成14年度から計画的に企業訪問調査を実施しています。平成19年度からはさらに広く皆様の意見を伺うため、広報誌等を通じて、訪問事業所を随時募集しています。

平成25年度からは、平成25年4月1日に施行された『滋賀県中小企業の活性化に関する条例』第12条で「中小企業活性化施策の策定および実施にあたっては、中小企業等の意見を反映することができるよう必要な措置を講ずるもの」とされ、当センターへの要望やモノづくり現場のニーズの聞き取りの強化を行ってまいりました。当センターへのご相談や機器利用、セミナーや講習会への参加など、多様な要望やモノづくり現場のニーズをお聞きするために引き続き県内事業所への積極的な訪問事業を行いました。

訪問先	地域	市町	件数
企業・事業所 (44件)	大津・南部地域	大津市	4
		草津市	6
		守山市	3
		野洲市	3
		栗東市	10
		湖南市	4
	甲賀地域	甲賀市	2
	湖東地域	東近江市	5
		竜王町	1
		豊郷町	1
甲良町		1	
湖北・高島地域	長浜市	2	
	高島市	2	
合計			44

(3) 薪窯発信プロジェクト

信楽窯業技術試験場と陶芸の森の連携により、地元産の間伐材を活用して薪窯を焼成する県民参加型イベントを開催しました。本イベントは「間伐材の有効活用による森林づくり」、「間伐材の薪窯への活用によるCO₂ネットゼロ」、「木材の地産地消で輸送によるCO₂削減」について広く周知することを目的としており、イベント開催時には、パネル「琵琶湖森林資源の有効活用～薪窯への間伐材利用のしくみ」、「データでみる薪と灰」を展示し、間伐材活用の普及啓発に取り組みました。

① イベント概要

申し込み受付：令和5年1月16日（月）から1月31日（火）まで

作品受付：令和5年2月6日（月）から2月10日（金）まで

（事前に成形した「湯呑み」の乾燥素地もしくは素焼き素地を募集）

焼成日程：[窯詰め] 令和5年2月21日（火）9時から

[窯焚き] 令和5年2月22日（水）8時から17時まで

[窯出し] 令和5年2月24日（金）13時から

場 所：滋賀県立陶芸の森 イッテコイ窯

定 員：約20名

参加費：無料

② 開催結果

焼成作品数：150点

焼成参加者：24名

焼成最高温度：1,260度

使用した間伐材：滋賀県産のスギ、ヒノキ 30束



(4) 令和4年信楽焼生産実態調査結果

令和5年3月14日

調査:信楽陶器工業協同組合

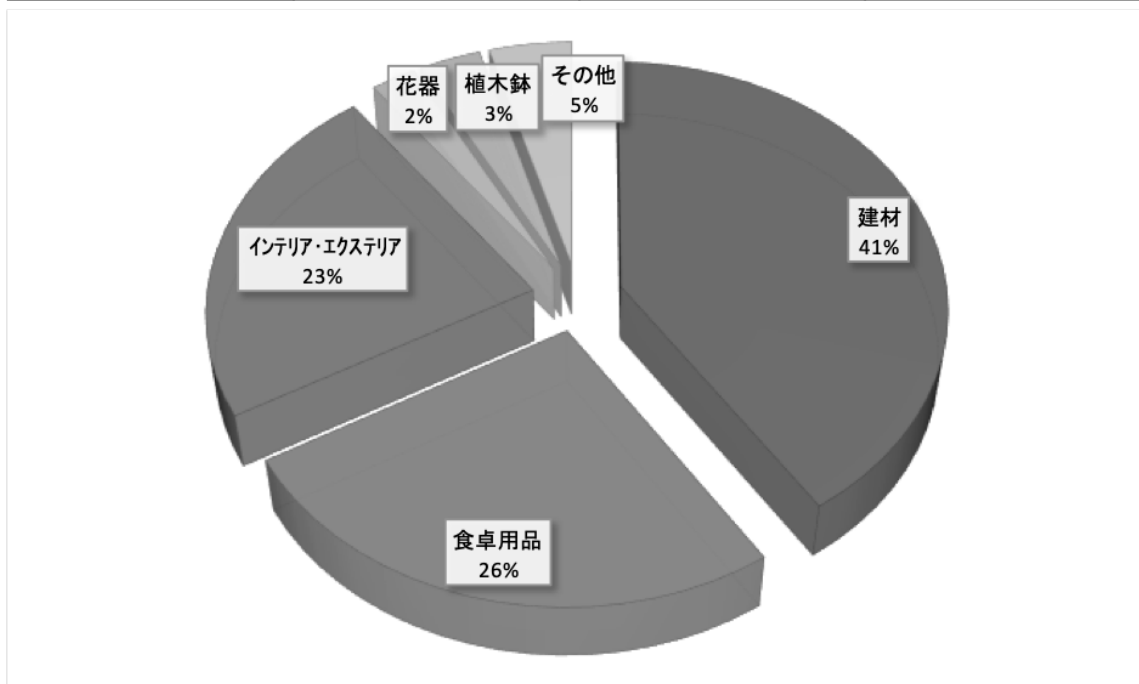
集計:信楽窯業技術試験場

対象期間:令和4年1~12月

調査対象:信楽陶器工業協同組合員(陶器製造業者のみ)

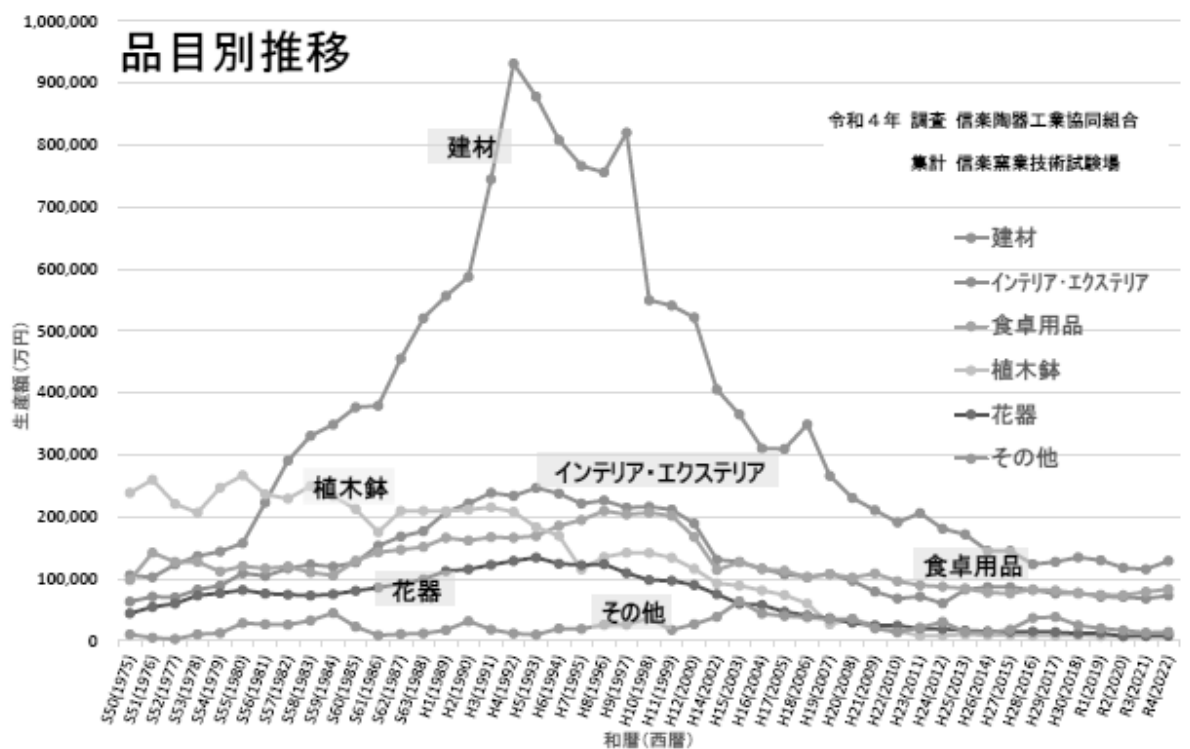
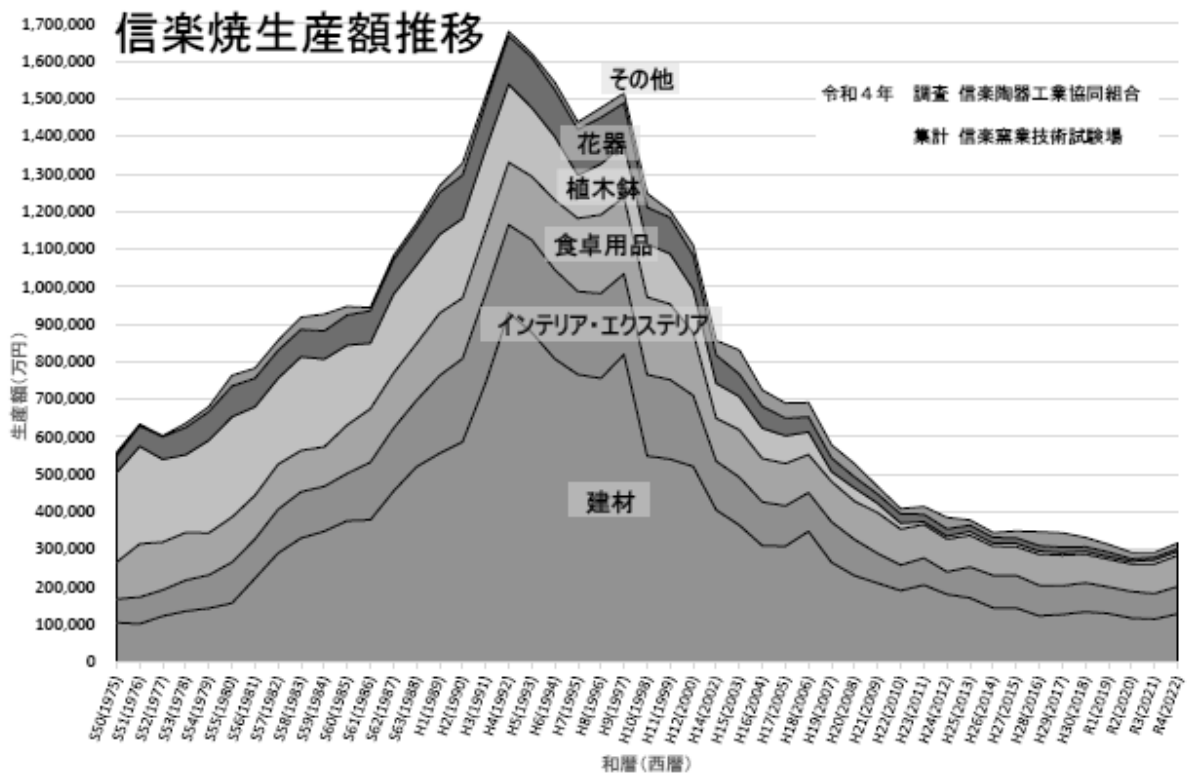
生産額(万円)	令和3年	令和4年	前年比
	292,025	316,734	108%
調査回収企業数	65	66	102%
調査対象企業数	74	72	97%
回収率	87.8%	91.7%	104%

品目(万円)	令和3年	令和4年	前年比
建材	115,084	128,720	112%
食卓用品	78,668	82,861	105%
インテリア・エクステリア	67,744	72,769	107%
花器	7,422	7,615	103%
植木鉢	10,408	10,609	102%
その他	12,700	14,160	111%



従業員数(人)	令和3年	令和4年	前年比
正社員	330	314	95%
パート・その他	107	117	109%
計	437	431	99%

窯の種類・数(基)	令和3年	令和4年	前年比
ガス	137	142	104%
電気	56	63	113%
灯・重油	6	7	117%
トンネル・ローラー	3	3	100%
穴窯	13	15	115%
登窯	4	3	75%
計	219	233	106%



Ⅲ.研究報告

令和4年度研究報告一覧

No.	研究内容	報告者	P
1	深層学習を用いた動作音解析に関する研究	平野真	65
2	ファインバブルクーラントを用いた機械加工に関する研究開発 —電着ダイヤモンド工具を用いた側面研削における高能率化(第3報)—	今田琢巳	70
3	金属3Dプリンタを用いた積層造形技術の高度化に関する研究 —材料開発技術の高度化の検討—	斧督人 柳澤研太	74
4	金属3Dプリンタを用いた積層造形技術の高度化に関する研究 —形状造形技術の高度化の検討—	柳澤研太 斧督人 今田琢巳	79
5	有機複合体の構造制御による 貼付フィルムの高機能化に関する研究(第二報)	中島啓嗣	82
6	高分子複合材料の物性向上に関する研究 —CNFによる生分解性プラスチック補強の検討(第三報)—	大山雅寿	86
7	水素関連部材への応用に向けた次世代カーボン技術の開発 —バリア機能と機械特性の向上—	山田雄也 田中喜樹 山本和弘 佐々木宗生	91
8	滋賀の清酒醸造用酵母の醸造条件の検討 —香り成分高生産酵母の小仕込醸造試験—	岡田俊樹 川島典子 松尾啓史	95
9	耐熱陶器製品の開発 —余熱調理器の試作—	西尾俊哉	102
10	3D技術を活用した陶製品製造技術に関する研究	植西寛 坂山邦彦 神屋道也 山内美香	113
11	無機系廃棄物の陶土への活用 —アルミナ砥粒製造時の廃棄物の活用—	神屋道也	117

深層学習を用いた動作音解析に関する研究

平野 真*
HIRANO Makoto

要旨 設備の異常診断や製品の良否診断方法の一つに、正常音と異常音を聞き分けて判別する音響検査手法がある。従来、人が行っていた音響検査について、コンピュータを利用した自動化を試みる。ここでは特に深層学習による動作音解析について、従来の機械学習の手法と精度を比較して有効性を検討する。モータ音およびコンクリートブロックの打音をターゲットとし、評価を行う。また騒音環境下での性能の劣化についても検証する。

1 まえがき

モータが組み込まれた製品や駆動部分をもつ製品では、ギヤの欠損やベアリングの不良、異物の混入といった機械的な異常が発生した場合、通常の音とは異なる音(異常音)を発生する。このような音を調べることで、製品の良否判定を行うことが求められている。従来、このような検査は熟練したベテラン技術者の耳や勘が頼りの官能検査であり、誰でも簡単に調べることができるものではなかった。また検査員の熟練度や体調によりバラツキが出ることもあり、安定した品質の確保は困難であった。この課題を解決するため、様々な分野で、機械学習を用いた異常音検査の自動化が試みられおり、本研究では特にディープラーニングの適用を検討する。また最終的には小型コンピュータでの実装を想定している。

本研究では、モータの音およびコンクリートブロックの打音を収録し、それぞれについて種々の機械学習手法による精度の比較を行った。

2 動作音解析

本研究では、種々の機械学習の手法¹⁾について比較を行う。教師あり学習と教師なし学習との比較を行うとともに、深層学習と従来の機械学習との比較を行った。異常音検査では一般には正常品に比べて異常品を多数収集することが困難であることが多いため、教師なし学習による有効性も検証する。

まず教師なし学習として、従来の機械学習であるOne Class SVM(OCSVM)と深層学習であるオートエンコーダを利用し、正常品の音のみを学習に使用する。また教師あり学習として、従来の機械学習である決定木(CART)、ランダムフォレスト(RF)、ロジスティック回帰(LR)、k近傍法(kNN)、SVMおよび深層学習であるCNNを利用し、正常品と異常品の両方を学習に使用する。

* 電子システム係

検査対象となる動作音の種類としては、定常音と非定常音の評価を行った。定常音として模型用モータを利用し、非定常音としてコンクリートブロックの打音を利用した。

2.1 収録機材

図1に示すように、Raspberry Pi 4 に単一指向性マイク(サンワサプライ MM0MCU03BK)をUSB接続し、測定対象物を収録した。サンプリング周波数は48kHzとし、マイクと測定対象物との距離を100mmとした。



(a)Raspberry Pi 4 (b)USBマイク

図1 収録機材

2.2 測定方法

モータ音の測定とコンクリートブロック打音の測定を行った。

2.2.1 モータ音の測定

図2のような小型の模型用モータ100個を準備し、半数の50個については、正常品のOK音とは異なるNG音を発生するようにモータ内部に傷を付けた。回転数は約3800rpmで動作させ、1個のモータにつき、3個のデータを収録することで、OK音150個、NG音150個を作成した。



図2 モータ

2.2.2 コンクリートブロック打音の測定

小型のコンクリートブロックにセメントを塗布した物を試験品(図3)とした。コンクリートブロック中央部に空隙を設けることで、中央部と端部とで音質の異なる打音を発生させることができる。打診棒で端部を叩いたときの音をOK音、

中央部を叩いたときの音をNG音とする。それぞれ複数回叩くことで、OK音150個、NG音150個を作成した。

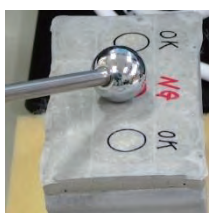


図3 コンクリートブロック

2.3 学習方法

計算機環境としてGoogle社のGoogle Colaboratoryを使用し、TensorFlowを利用したPythonプログラムを作成した。また従来の機械学習の手法ではscikit-learnのコード⁴⁾を利用した。

3 機械学習の手法について

本研究で利用する機械学習の手法について説明する。

3.1 教師なし学習

教師なし学習の手法として、オートエンコーダおよびOCSVMを比較した。それぞれOK音のデータのみを学習させた。

3.1.1 オートエンコーダ(時間波形・AE1)

オートエンコーダはエンコーダ、デコーダ部分を全結合層で構成した。使用するデータは、時間波形データである。判定方法としては、再構成エラーより閾値を設定し、閾値以下であればOK、閾値より大きければNGと判定する。

モータ音の原波形と再構成波形について、OK音の例を図4に、NG音の例を図5に示す。

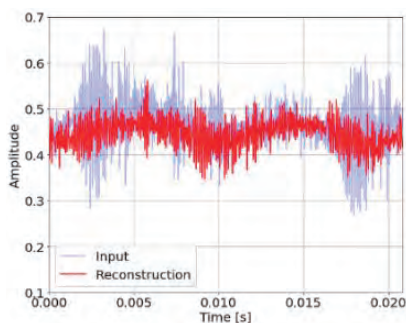


図4 モータ音(OK音)の時間波形

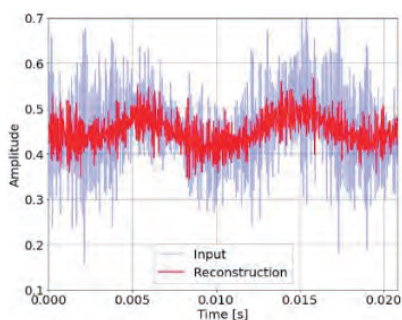


図5 モータ音(NG音)の時間波形

同じくコンクリートブロック打音の原波形と再構成波形について、OK音の例を図6に、NG音の例を図7に示す。

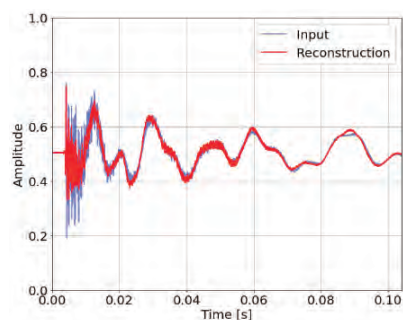


図6 打音(OK音)の時間波形

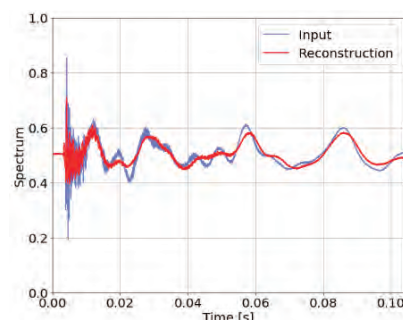


図7 打音(NG音)の時間波形

3.1.2 オートエンコーダ(スペクトル・AE2)

オートエンコーダはエンコーダ、デコーダ部分を全結合層で構成した。使用するデータは、時間波形のFFT処理によるスペクトルである。判定方法としては、再構成エラーより閾値を設定し、閾値以下であればOK、閾値より大きければNGと判定する。

モータ音の原スペクトルと再構成スペクトルについて、OK音の例を図8に、NG音の例を図9に示す。ただし、原スペクトルは前処理として加算平均処理を行った。

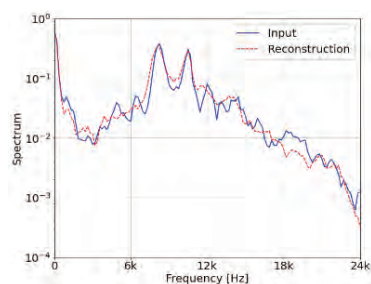


図8 モータ音(OK音)のスペクトル

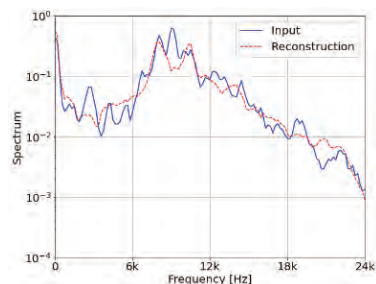


図9 モータ音(NG音)のスペクトル

同じくコンクリートブロック打音の原スペクトルと再構成スペクトルについて、OK音の例を図10に、NG音の例を図11に示す。ただし、原スペクトルは前処理として最大値処理を行った。

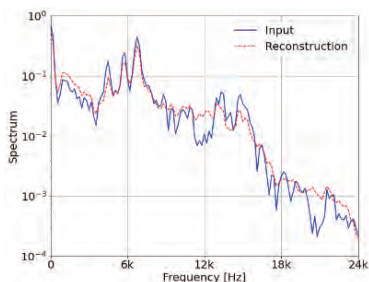


図10 打音(OK音)のスペクトル

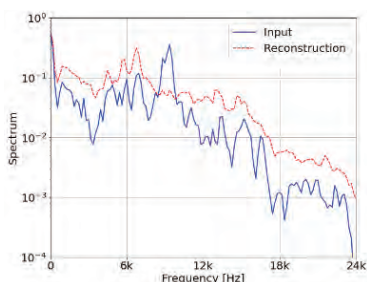


図11 打音(NG音)のスペクトル

3.1.3 オートエンコーダ(スペクトログラム・AE3)

オートエンコーダはエンコーダ、デコーダ部分を全結合層で構成した。使用するデータは、時間波形の短時間フーリエ変換によるスペクトログラムである。判定方法としては、再構成エラーより閾値を設定し、閾値以下であればOK、閾値より大きければNGと判定する。

モータ音の原スペクトログラムと再構成スペクトログラムについて、OK音の例を図12に、NG音の例を図13に示す。

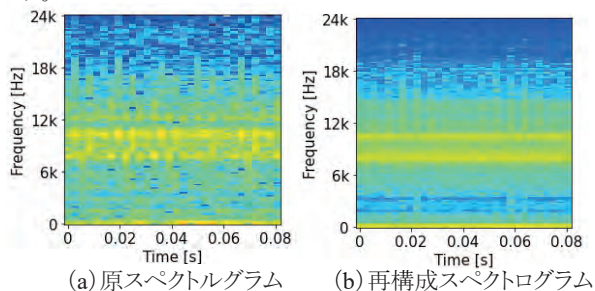


図12 モータ音(OK音)のスペクトログラム

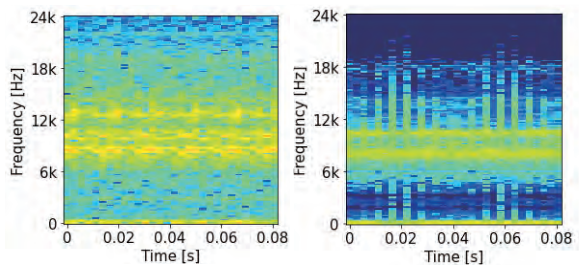


図13 モータ音(NG音)のスペクトログラム

同じくコンクリートブロック打音の原スペクトログラムと再構成スペクトログラムについて、OK音の例を図14に、NG音の例を図15に示す。

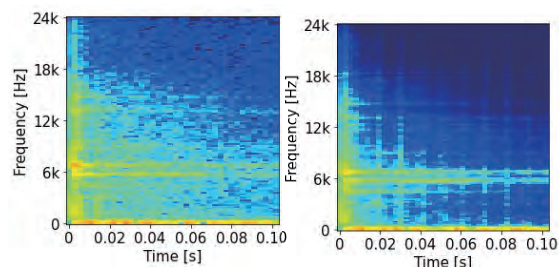


図14 打音(OK音)のスペクトログラム

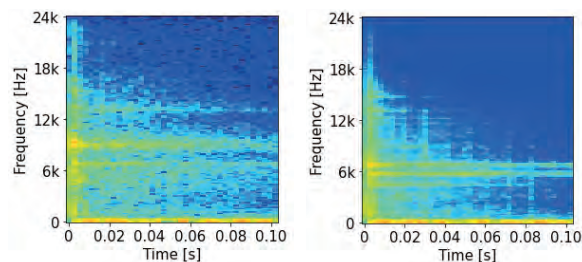


図15 打音(NG音)のスペクトログラム

3.1.4 従来の機械学習

従来の機械学習の手法としてOCSVMを利用した。使用するデータは、時間波形のFFT処理によるスペクトルである。

3.2 教師あり学習

教師あり学習の手法として、CNN、VGG、決定木、ランダムフォレスト、ロジスティック回帰、k近傍法、SVMを比較した。それぞれOK音とNG音のデータを学習させ、2クラス分類を行う。

3.2.1 CNN

CNNはTensorFlowのチュートリアルに記載されているシンプルな音声認識:キーワードの認識²⁾の単純な畳み込みニューラルネットワークを利用した。使用するデータは、時間波形の短時間フーリエ変換によるスペクトログラムである。

3.2.2 VGG

Kerasを用いて、ImageNetで事前学習した重みを利用可能なVGG16モデル³⁾による転移学習を行った。使用するデータは、時間波形の短時間フーリエ変換によるスペクトログラムである。

3.2.3 従来の機械学習

従来の機械学習の手法として、決定木、ランダムフォレスト、ロジスティック回帰、k近傍法、SVMを利用した。使用するデータは、時間波形のFFT処理によるスペクトルである。

4 実験について

モータ音およびコンクリートブロック打音の実験結果について説明する。

4.1 モータ音判定モデルの汎化性能評価

汎化性能を評価するため、交差検証としてk-分割交差検証(k=10)を用いた。評価値としては、適合率(Precision)と再現率(Recall)の調和平均であるF値を利用することとし、結果を表1に示す。

表1 F値の比較

教師なし学習	AE1	0.946
	AE2	0.943
	AE3	0.957
	OCSVM	0.884
教師あり学習	CART	1.00
	RF	1.00
	LR	0.950
	kNN	1.00
	SVM	1.00
	CNN	0.990
VGG	0.993	

教師なし学習に比べて教師あり学習の方がやや精度は高い傾向であるが、教師なし学習のOCSVM以外は全て高精度の結果となった。

4.2 モータ音判定モデルの耐ノイズ評価

全300個のデータのOK音NG音を同数ずつ組み合わせ、180個のデータを訓練用(教師なし学習はOK音90個のみ)、60個のデータを検証用、60個のデータをテスト用とした。このとき、テストデータにホワイトノイズを加えることで、雑音環境下での検査を模擬した。ホワイトノイズ有無のときの、F値の結果を図16に示す。

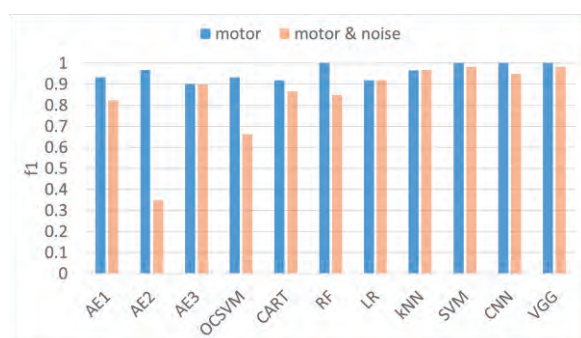


図16 F値の比較

全体的にノイズによる精度の低下が見られるが、SVMとVGGで高精度の結果となった。

4.3 コンクリートブロック打音判定モデルの汎化性能評価

汎化性能を評価するため、交差検証としてk-分割交差検証(k=10)を用いた。F値の結果を表2に示す。

表2 F値の比較

教師なし学習	AE1	0.876
	AE2	0.945
	AE3	0.790
	OCSVM	0.830
教師あり学習	CART	0.997
	RF	1.00
	LR	0.986
	kNN	1.00
	SVM	0.997
	CNN	1.00
VGG	1.00	

教師あり学習に比べて教師なし学習の方が精度は精度が劣る傾向であると言える。

4.4 コンクリートブロック打音判定モデルの耐ノイズ評価

全300個のデータのOK音NG音を同数ずつ組み合わせ、180個のデータを訓練用(教師なし学習はOK音90個のみ)、60個のデータを検証用、60個のデータをテスト用とした。このとき、テストデータにホワイトノイズを加えることで、雑音環境下での検査を模擬した。ホワイトノイズ有無のときの、F値の結果を図17に示す。

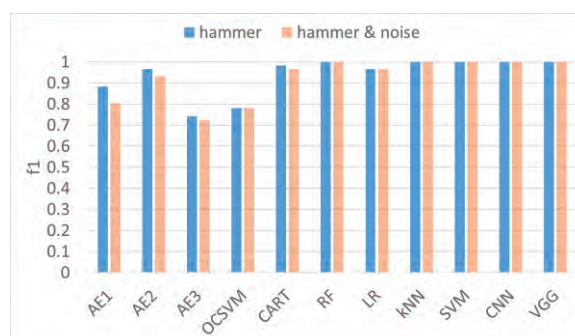


図17 F値の比較

ノイズによる精度の低下はあまり見られず、ランダムフォレスト、k近傍法、SVM、CNN、VGGで高精度の結果となった。

5 小型コンピュータへの実装

モータ音およびコンクリートブロック打音の検査についてRaspberry Pi 4への実装を行い、動作確認を行った。

5.1 モータ音検査

Raspberry Pi 4で動作するモータ音検査のソフトウェアを作成した。スペクトルを入力とするオートエンコーダを利用した。Raspberry Pi 4の画面を図18に示す。

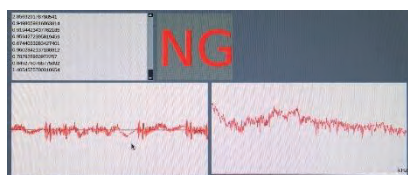


図18 モータ音検査画面

再構成エラーの値、時間波形およびスペクトルをリアルタイムで表示させ、再構成エラーの閾値によりOK/NGの判定結果を出力させることができた。

5.2 打音検査

Raspberry Pi 4で動作する打音検査のソフトウェアを作成した。処理時間の関係から、スペクトルを特徴量とするSVMを利用した。Raspberry Pi 4の画面を図19に示す。

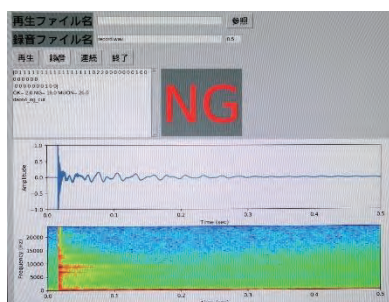


図19 打音検査画面

時間波形およびスペクトログラムを表示させ、設定した収録時間に対してFFT処理を行い、SVMによりOK/NGの判定結果を出力させることができた。今後はCNNでも短時間で処理できるようにプログラムを工夫したい。

6 まとめ

本研究は、ディープラーニングの有効性を検証するものである。

- (1) 今回の測定条件と計算条件ではモータ音、打音ともに、CNN (VGG)、SVMはノイズ環境下でも安定した性能が得られた。
- (2) 実際の製造現場のように NG 品が少ない場合は、教師なし学習のオートエンコーダが有効な手法の一つであるが、ノイズ環境下での性能劣化が懸念されるため、何らかの対策が必要である。

- (3) 手法については、小型コンピュータ、モバイル機器での実装を見据えて選択する必要がある、いかに軽量なモデルを作成するかが今後の課題である。

参考文献

- 1) A. Geron, “scikit-learn, Keras, TensorFlowによる実践機械学習第2版”, オライリージャパン, p9-11, (2020)
- 2) Google . "Simple audio recognition: Recognizing keywords" . TensorFlow.https://www.tensorflow.org/tutorials/audio/simple_audio/ , (参照 2023-03-06)
- 3) Keras . <https://keras.io/ja/applications/> , (参照 2023-03-06)
- 4) scikit learn . <https://scikit-learn.org/stable/> , (参照 2023-03-06)

ファインバブルクーラントを用いた機械加工に関する研究開発

— 電着ダイヤモンド工具を用いた側面研削における高能率化（第3報） —

今田 琢巳*
IMADA Takumi

小川 圭二**
OGAWA Keiji

西尾 康明***
NISHIO Yasuaki

要旨 直径 100 μm 以下のファインバブルは、その特異な泡の特性を活かし、農業や環境分野の他、切削や研削加工といった機械加工の分野においても活用されている。一方、セラミックス材料は、優れた材料特性を活かし、半導体デバイス製品など需要が拡大している。セラミックス材料は高価で、また、硬くて脆い材料特性のため、加工現場では安全側の加工条件に設定され、加工に過度の時間を要しており、加工能率の向上と高精度化との両立が課題となっている。そこで、電着ダイヤモンド工具を用いたアルミナセラミックスの研削加工において、クーラント液中にファインバブルを内包させたファインバブルクーラント（以下、FB クーラント）を用いて、高能率加工や工具寿命の向上、仕上げ面品質の向上について検討を開始した。前報では、加工現場の条件を参考にした標準条件において、FB クーラントを用いることで工具寿命が向上することを確認した。本報では、セラミックス部品のさらなる高精度かつ高能率な研削加工の実現を目的に、前報実施した標準条件に比べ、材料除去率 MRR が 8 倍である高能率研削加工条件下における FB クーラントの効果について検討を行う。

1 はじめに

直径 100 μm 以下の泡の特異な機能を活用したファインバブル（FB）技術は、近年、産業界での利用が拡大している。例えば、土壌改良や水質改善などの環境分野や、野菜・果物などを効果的に成長促進させる農業・養殖分野、トイレの洗浄や洗濯機などの洗浄分野など、様々な分野で FB 技術は利用されている。一方、切削や研削加工といった機械加工の分野においても、ファインバブルを切削油剤（クーラント）に内包させて用いる加工法が提案され、種々の金属材料に対して、穴あけ、旋削加工、エンドミル加工、研削加工での加工性向上の事例が報告されている。特に、難削材である超硬合金などを高能率に研削する加工法として提案されている。

ファインセラミックス材料は、優れた機械的特性、耐薬品性、電気的特性、生体親和性などを有し、半導体デバイス、自動車用部品、医療用部材など広く活用されている。今後も、ファインセラミックス材料は、その優れた材料特性から需要の拡大が見込まれている。これらの部材は、セラミック粉末を原料に、成形・焼成した加工品を所定の製品形状に仕上げるため、マシニングセンタなどが用いている。ファインセラミックス材料は高価であり、硬くて脆い材料特性から、切込み量を小さく設定せざるをえず、過度な切込みを加えると容易にチッピングや欠損し、加工上の課題がある。

そのため、加工現場では安全側の加工条件に設定する 경우가多く、加工に過度の時間を要している。

そこで、我々は、電着ダイヤモンド工具を用いたアルミナセラミックスの研削加工において、クーラント液中にファインバブルを内包させた FB クーラントを用いて、セラミック研削加工における高能率加工や工具寿命の向上、仕上げ面品質の向上について検討を開始した。

前報では、ジプコム合同会社製のファンバブル発生装置を用いて FB クーラントを生成し、ダイヤモンド砥粒#100 の荒加工用電着ダイヤモンド工具とダイヤモンド砥粒#400 の仕上げ用電着ダイヤモンド工具を用いて、アルミナセラミックスの側面研削を実施し、荒加工および仕上げ加工においても、FB の効果により工具寿命が約 30%程度向上することがわかった。

本報では、セラミックス部品のさらなる高精度かつ高能率な研削加工の実現を目的に、前報等で実施した標準加工条件に比べ、材料除去率 MRR が 8 倍である高能率研削加工条件下における FB クーラントの効果について検討を行う。

2 ファインバブル発生装置

図 1 に、実験で使用したジプコム合同会社製 FB 発生装置の写真、また、図 2 に本装置で発生した FB のマイクロスコープ写真を示す。本装置は、主に、加圧吸引ポンプ、加圧タンク、エア吸入バルブ、FB 発生

* 機械システム係

** 龍谷大学

*** ジプコム合同会社



図1 実験に用いたFB発生装置

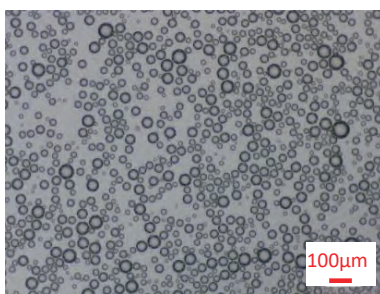


図2 FBのマイクロスコップ写真

部、ノズルから構成される。本装置のFB発生原理は加圧溶解法で、工作機械のクーラントタンクからクーラント液をポンプで吸引し、液中に取り込んだ空気を加圧タンク内で溶解し、加工点近傍で大気開放することで大量のFBを空中に噴射させることができることを特徴としている。図2に示した通り、FBの直径が1~100 μm程度の泡が比較的多く存在していることがわかる。さらに、レーザ回折・散乱式粒子径分布測定装置(マイクロトラック・ベル製 SYNC)と動的散乱式ナノ粒子径測定装置(同社製 NANOTRAC WAVE 2)を用いて泡分布測定を実施した結果、粒径が約80 μm程度のマイクロバブルが大多数を占め、粒径が約400nm程度のナノバブルも存在していることを確認している。

3 実験方法

3.1 工具および実験装置

実験で用いた円筒型電着ダイヤモンド工具(SD#10 0P)は、電着部の直径が約φ10 mm、電着部の軸方向長さが14 mmとした。工作機械には、立形マシンングセンタ(DMG 森精機製作所製 NVD1500)を用いた。工作物は、アルミナセラミックス板材(厚さ10 mm、幅35 mm)とし、3成分動力計(キスラー製 91 19AA1)上に固定した。図3に加工実験風景および工具と工作物との模式図を示す。図に示す通り、工具先

端を工作物下面から2 mm突き出した状態で側面研削加工を繰り返した。

3.2 加工条件および評価方法

高能率研削加工条件を決定するため、前報³⁾⁴⁾の実験条件を標準条件とし、予備実験として、工具送り速度、半径方向切込み量、工具回転数の各種加工条件を変化させ、研削抵抗の変化や砥粒の脱落、目詰まりの発生有無、表面粗さなどを確認しながら実験可能な高能率条件について検討した。予備実験の結果を参考に、本実験の実験条件を表1の通り決定した。表に示す通り、標準条件に比べ、工具送り速度を8倍に設定し、研削能率を8倍に高めた高能率加工条件となっている(工具回転数は2倍)。なお、加工負荷を高めた際のFBクーラントの効果を検証するため、意図的に高能率条件に設定しており、MRRが320mm³/mm・minと一般的な鉄系金属材料の切削加工並みの条件となっている。また、実験では、FBを含まない通常クーラントとFBクーラントを比較するため、それぞれのクーラント条件で研削加工点付近へ吐出圧力約0.6 MPaで噴射させながら側面研削加工を実施した。

研削量3.5 cc(半径方向総切込み量=10mm、合計25パス)毎に研削加工中における研削抵抗の送り方向成分 F_x および法線方向成分 F_y をそれぞれ測定した。また、電着ダイヤモンド工具の工具摩耗量を評価するため、ポリウレタン樹脂製ケミカルウッドを研削加工し、摩耗後の工具プロファイルを転写させ、未加工部と摩耗部との段差を工具摩耗量として求めた⁷⁾。さらに、加工誤差について比較評価するため、研削量3.5 cc毎に加工前後の研削加工面の位置をタッチセン

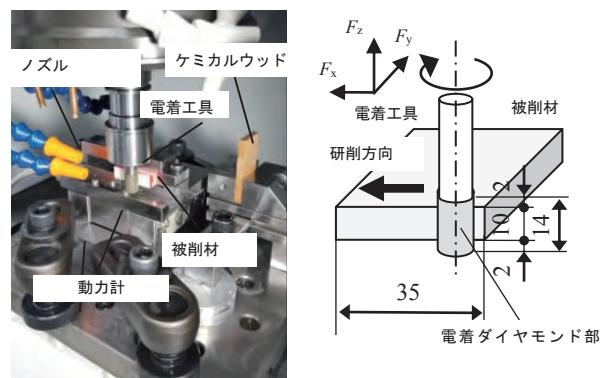


図3 実験風景及び実験模式図

表1 研削加工条件

	高能率条件	標準条件
主軸回転数 N_s min ⁻¹	20,000	10,000
送り速度 F mm/min	800	100
半径方向切込み量 R_d mm	0.4	
軸向切込み量 A_d mm	10	
MRR mm ³ /mm・min	320	40
研削方向	Down cut	
冷却方向	①Normal ②Fine bubble	

サ（大昭和精機製 POINT MASTER PRO）を用いて機上で座標計測した。

4 実験結果および考察

4.1 研削抵抗の推移

図 4 に研削抵抗の工具送り方向成分 F_x と切込み方向成分 F_y の推移を示す。研削抵抗 F_x と F_y 共に研削量が 35 cc に至るまでは、FB 有無に無関係にほぼ同様の値で推移しているが、研削量が 35 cc 以降では通常クーラントの F_y が急激に増加している。図 5 に研削量が 14 cc と 35 cc になる直前の 5 パス分の研削抵抗 F_y を示す。図より、14 cc 加工時も 35 cc 加工の場合も FB クーラントの F_y は、通常クーラントに比べ 1 パス加工内における研削抵抗の変動幅が小さい。また、5 パス間の研削抵抗を比較すると、各パス間での研削抵抗値の変動も小さく、FB クーラントの効果により加工が安定化していることがわかる。

4.2 工具摩耗の推移

電着ダイヤモンド工具の工具摩耗量の推移を図 6 に示す。図より、FB クーラントの場合、通常クーラントに比べ工具摩耗の進行が抑制できている。通常クーラントの場合、研削量が 35 cc 以降に急激に工具摩耗が進行しており、工具摩耗量 ΔR が約 11 μm で工具寿命に至ったと考えられる。一方、FB クーラントでは研削量が 45 cc で工具寿命に至ると想定され、その場合、約 30% 程度、工具寿命が向上すると考えられる。なお、前報で報告した標準条件で加工した場合でも、

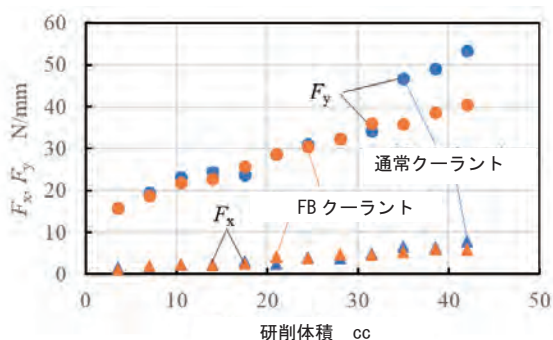


図 4 研削抵抗 F_x 、 F_y の推移

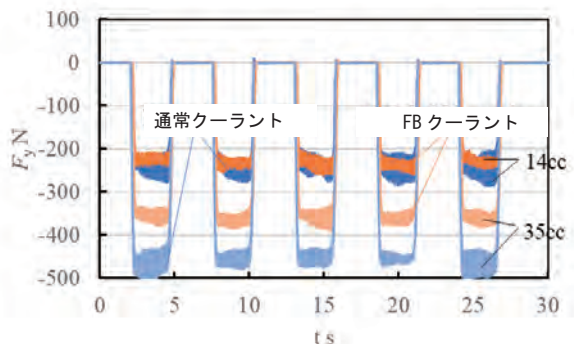


図 5 5 パス間の切削抵抗波形 F_y

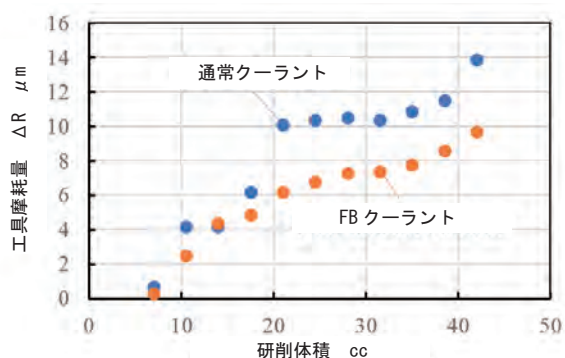


図 6 工具摩耗の推移

本実験と同様に約 30% の寿命向上効果が確認できており、高能率条件においても同等程度の工具摩耗抑制効果を確認できた。

4.3 加工誤差および加工面品質について

図 7 に 3.5cc 加工毎の研削加工面の加工誤差を示す。図より、通常クーラントの場合は、切残しが最大約 13 μm 発生しており、加工誤差の変動幅が約 14 μm と比較的大きく、加工が不安定化している様子がわかる。一方、FB クーラントの場合は加工誤差の平均が約 7 μm で、その変動幅も約 4 μm と小さい。したがって、高能率加工条件において、FB クーラントにより通常クーラントに比べ高精度かつ安定的に研削加工できる効果を確認できた。

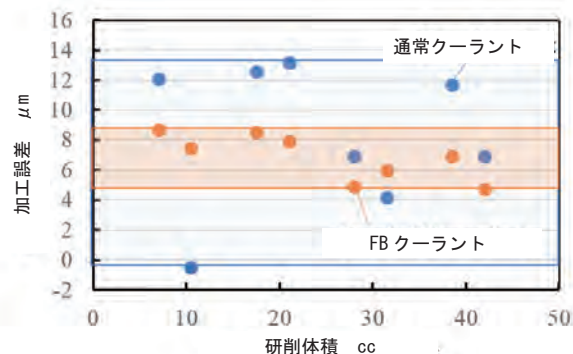


図 7 加工誤差

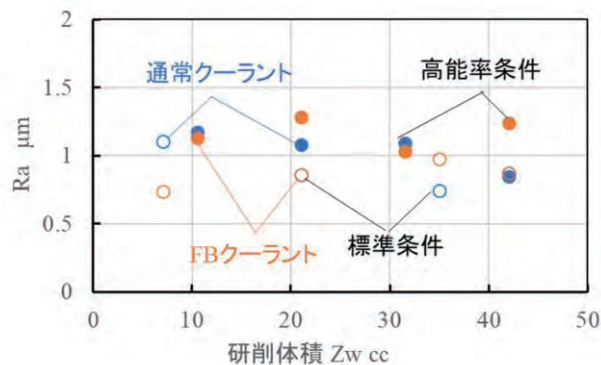


図 8 表面粗さ R_a

4.4 加工面品位

FB クーラントおよび通常クーラントで加工した加工面の表面粗さ Ra を図 8 に示す。図より高能率条件下における通常クーラントと FB クーラントの表面粗さ Ra は両条件共に約 1.1 μm で推移している。一方、標準条件の場合は、約 0.7~1.0 μm で推移しており、高能率化による極端に表面粗さは悪化していない。また、加工面観察を実施したが、チッピングや欠損のような加工面品位の低下は見られなかった。

4.5 標準条件と高能率加工条件との対比

先に述べた通り、高能率加工条件で FB クーラント加工をした場合、工具寿命($\Delta R=11\mu\text{m}$)時の研削量は約 45 cc と想定できるが、標準条件の場合は、約 70 cc で ΔR が 11 μm に至った⁷⁾。したがって、高能率加工条件により工具寿命が半分程度となるものの、研削加工量は 8 倍となっており、FB クーラントを活用し高能率加工条件で加工の方が合理的な加工方法であることが示唆される。

4.6 FB による工具摩耗抑制効果のメカニズム検討

次に、FB クーラントによる工具摩耗の低減効果のメカニズムについて検討するため、接触角計（協和界面科学製 DropMaster DM500）を用いて接触角及び表面張力を測定した。その結果を図 9 および図 10 に示す。図より通常クーラントに比べ FB クーラントはセラミックスに対し接触角および表面張力ともに低い結果が得られた。従って、クーラント液中に FB を含有することにより、クーラント液が被削材や電着砥粒表面への濡れ性が向上し、クーラント中の潤滑成分等が被削材表面に被覆された状態で加工されることで、工具摩耗の抑制効果が得られた可能性があると考えられる。

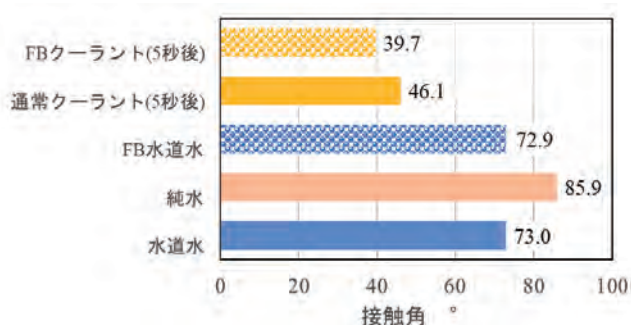


図 9 接触角

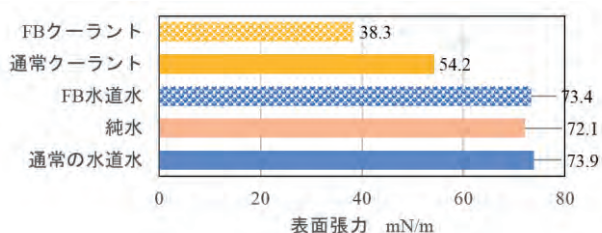


図 10 表面張力

5 まとめ

電着ダイヤモンド工具を用いたアルミナセラミックスの側面研削加工において、高能率加工条件下における FB の効果について検討した。その結果、以下のことが明らかになった。

(1) 標準加工条件と同様に、高能率加工条件においても、FB クーラントにより工具寿命が約 30%向上することがわかった。

(2) 高能率条件において、通常クーラントでは加工が不安定化するが、FB クーラントの効果により研削抵抗の変動を抑制でき、加工が安定化することで加工精度の向上効果も見られた。

参考文献

- 1) 新井 喜博：加速するファインバブル技術の産業化、ARC レポート(2016)
- 2) 九州経済産業局：ファインバブル活用事例集 (2017)
- 3) 稲澤 勝史ほか：ファインバブルクーラントが研削加工に及ぼす影響 (第 1 報)、栃木県産業技術センター(2018)
- 4) 今田琢巳ほか：ファインバブルクーラントを用いた機械加工に関する研究開発、滋賀県工業技術総合センター研究報告書(2021)
- 5) 今田琢巳ほか：ファインバブルクーラントを用いた機械加工に関する研究開発、滋賀県工業技術総合センター研究報告書(2022)
- 5) 小川圭二、今田琢巳、西尾康明、右川太一郎：ファインバブル含有切削油剤を用いたアルミナセラミックスの研削加工ー電着ダイヤモンド工具による側面研削での基礎的検討ー、精密工学会 2018 年度関西地方定期学術講演会講演論文集、(2018),36-37
- 6) 佐賀一樹、中川平三郎、小川圭二：電着ダイヤモンド工具によるセラミックスの研削加工に関する基礎的研究、砥粒加工学会学術講演会講演論文集、(2006),147-148
- 7) 今田琢巳、小川圭二、西尾康明：ファインバブルクーラントを用いたアルミナセラミックスの研削加工ー電着ダイヤモンド工具を用いた側面研削に関する基礎的検討ー、2021 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集(2021),443-444
- 8) 今田琢巳、小川圭二、西尾康明：ファインバブルクーラントを用いたアルミナセラミックスの研削加工ー電着ダイヤモンド工具を用いた側面研削における高能率化への適応ー、2023 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集(2023),186-187

金属 3D プリントを用いた積層造形技術の高度化に関する研究

—材料開発技術の高度化の検討—

斧 督人*
ONO Masato

柳澤 研太*
YANAGISAWA Kenta

要旨 指向性エネルギー堆積法を用いた金属 3D プリントは、既存部品に対して、同種や異種材料を追加で積層造形可能であるという、他方式の金属 3D プリントでは実現が難しい、大きな特徴を有している。このため、例えば、金属素形材産業の企業が、既存金型の特性向上が必要な箇所のみ積層造形を行い、補修や耐久性向上のための改善を図るという活用方法が、この指向性エネルギー体積法金属 3D プリントにおいて期待されている。本研究では、昨年 R3 年度において、金型鋼 SKD61 上への同種 (SKD61) や耐摩耗性/靱性改良を目的とした異種 (SKH40) 追加積層造形を検討し、その接合性や剥離課題に対する接合界面の材料傾斜化の有用性を明らかとした。ここで、金型や工具を活用する産業において、欠けや損傷を抑制する長寿命化の観点から、超硬合金を用いた改善を期待する声が寄せられている。そこで本研究では、鋼材上への超硬合金造形を検討し、欠陥形成や接合様相におよぼす造形条件について明らかとした。さらに、欠陥形成を克服する手段として材料の傾斜機能化を検討し、課題の明確化とその改善手法の検討を行った。

1 はじめに

金属 3D プリントを用いた金属積層造形においては、粉末床溶融結合法 (以下、PBF 方式)、指向性エネルギー堆積法 (以下、DED 方式)、バインダージェット法 (以下、BJT 方式) など様々な方法が存在し、それぞれの特徴を活かしながら活用されている。

金属 3D プリント造形において、従来の一般的な印象は、PBF 方式を活用して、中空構造造形による部品の軽量化や内部に冷却水管を設け冷却性能を向上させた金型等、従来の切削加工では構造上実現が難しい複雑形状の造形に有用性を見出してきた。しかしながら、PBF 方式は、複雑形状を含めた造形を行うことが可能である反面、単一材料の造形が一般的である。一方、DED 方式は、レーザー照射と同時に同じノズルから搬送用ガス (以下、キャリアガス) を介して金属粉末を吐出し、併せて造形箇所の酸化を抑制する不活性ガス (以下、シールドガス) を用いながら、肉盛り溶接のように積層造形を行う手法である。レーザーによる造形箇所の溶融地形成が必要なため、ラティスや中空構造などの複雑形状の造形は不可能である反面、DED 方式は PBF 方式とは実現し難い異種材料の追加積層造形、複数の粉末供給部 (パウダーフィーダー) の同時稼働により実現する複合材料や傾斜機能材料 (接合) の造形などが行えることが大きな特徴として挙げられる。

このように DED 方式は既存製品に対して追加で積層造形可能であるという大きな特徴を有していることから、例えば既存金型の形状修正、割れや剥離箇所の補修、異種材料による硬さや靱性特性の改良に関する活用が期待されている。

ここで、金型に一般的に用いられている工具鋼において、大別される合金工具鋼や高速度工具鋼などの種類の他、冷間金型用、熱間金型用など様々な分類の下、多くの材料が金型本体や溶接補修などに活用されている。このように既存分野や手法で活用されている工具鋼だが、さらなる長寿命化が期待される超硬合金については、DED 方式金属 3D プリントを活用した積層造形・異種材料接合積層に関する検討例は極めて少ない。

そこで本研究では、金型補修の観点から鋼材上への超硬合金の異種材料追加積層造形を検討し、観察や評価を通じて課題を明らかとした。さらにこの課題を材料面から克服する手段として傾斜機能化を検討し評価を行ったので、報告する。

2 実験方法

2.1 金属 3D プリント装置の概要

センターでは、技術研究組合次世代 3D 積層造形技術総合開発機構 (TRAFAM) より開発された日本電産マシントール株式会社製のパウダ DED 方式 3 次元金属積層造形機 LAMDA200 の商用初号機を、平成 30 年度に「生産性革命に資する地方創生拠点整備交付金」(平成 29 年度内閣府補正予算) により整備した。本

* 機械システム係

研究では、この DED 方式の金属 3D プリントを用いた。

図 1 に装置外観写真を示す。装置は、造形部本体、粉末供給部（パウダーフィーダー）、レーザー発振器、チラー、集塵装置より構成されている。積層時は、造形物を静置させるテーブルが X および Y 軸方向に稼働し、レーザー照射や粉末が吐出されるノズルが Z 軸方向に稼働する。最大造形サイズは 200 x 200 x 200 mm、レーザー出力の最大値は 2000W、パウダーフィーダーは 2 つ備えており、同時稼働が可能である。

2.2 使用材料および主な積層造形条件

積層造形に用いた金属材料は、全てガスアトマイズ法で作製された粉末であり、本研究では超硬合金（WC/17Co）粉末（株式会社フジミインコーポレーテッド製 DAM-W60-53/15（粒径 15~53 μm）、インコネル 718 相当粉末（山陽特殊製鋼株式会社製 PI718 粒径 45~150 μm）を用いた。また、積層造形は SS400 材もしくは SKD61 相当材（HRC53 調質）のプレート（約 75mm x 75mm x 5mm）上で行った。

表 1 に主要な造形条件を示す。主にレーザー出力と走査速度（稼働速度）を変化させ、造形およびこれら因子の影響を検討した。ビードの幅に影響をおよぼすスポット径は φ2mm とし、粉末のキャリアおよび積層箇所のシールドには Ar ガスを用いた。なお、後述する傾斜機能材料（材料の傾斜機能化）においては、混合吐出する各粉末の吐出量の制御を行った。また、図 2 に造形形状の概略図を示す。造形サイズに影響をおよぼす積層回数などは、全ての造形サンプルにおいて共通のプログラムを利用し、約 20mm x 10mm x 5mm サイズの造形サンプルを評価の対象とした。

2.3 評価方法

積層造形物の観察・評価は、デジタルマイクロスコープ（株式会社キーエンス製 VHX-6000）を用いた。また、硬さ測定は、マイクロビッカース硬さ試験機（株式会社ミットヨ製 HM-221）を用いた。

3 実験結果

3.1 超硬合金の単一積層造形

図 3 に、SS400 基板上に造形した超硬合金（WC/17%Co）の断面写真を示す。積層造形条件は、レーザー出力 800W、走査速度 800mm/min である。観察箇所は、図 2 に示すように、走査方向に対して垂直な切断面である。造形部全体にわたって、大小の空孔とみられる黒色部が散見され、貫通に近いき裂も生じていることが明らかである。これら点状の空孔については、WC が液相に達する直前に分解を起こし、気化する炭素が放出する前に、急速な冷却により、炭素の一部が造形内部に空孔として残留すると考えられている⁽¹⁾。また、観察されたき裂は基板と造形部界面から造形上部にまで伸びていることから、造形終了後の急速な冷

却により、生じたものと推測される。このように、超硬合金造形物において、内部欠陥（き裂や空孔）は、各々別の要因から生じたものと考えられる。ここで、これら内部欠陥の発生を抑制可能な造形条件の検討を行った。

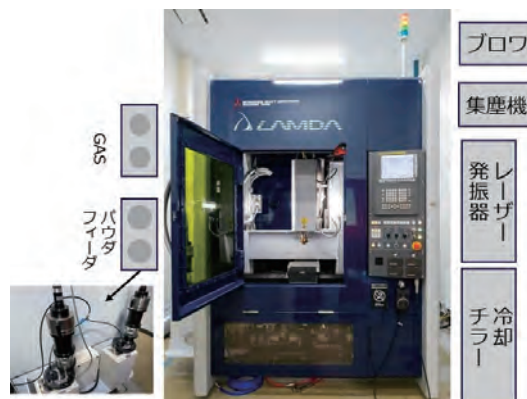


図 1 DED 方式金属 3D プリント LAMDA200 の外観写真

表 1 主要な積層造形条件

レーザー出力 (W)	走査速度 (mm/min)	スポット径 (mm)	インナーガス (L/min)	アウターガス (L/min)	ハッチピッチ (mm)	Zピッチ (mm)
400~1600	200~1400	2	15	20	1	0.5

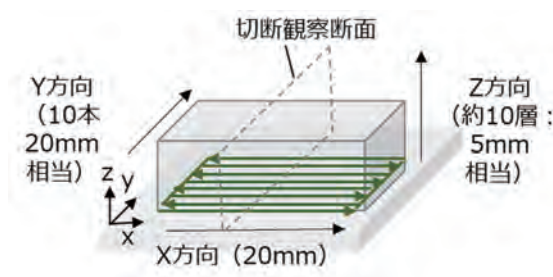


図 2 造形形状概略図

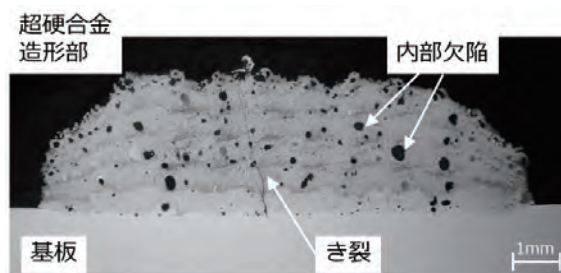


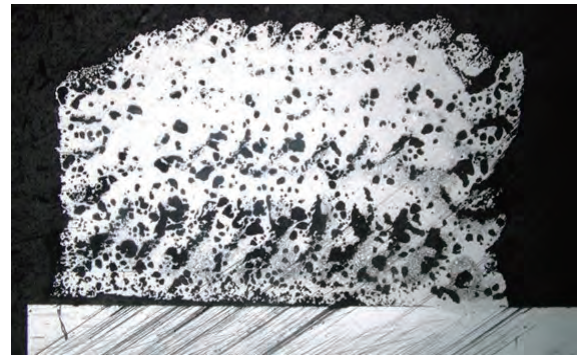
図 3 超硬合金造形断面観察写真（基板 SS400、造形部 WC/17%Co）

図4に、内部欠陥の発生におよぼすレーザー出力と走査速度の影響について、プロセスマップとして示す。掲載している写真は、各条件で積層した造形物断面観察結果である。き裂に関しては殆どの条件において大小の差異はあるもの生じていた。ここで、黒色を呈している空孔欠陥の分布や大きさに着目すると、レーザー出力が大きく走査速度も速い条件が、空孔減少につながる傾向として明らかとなった。

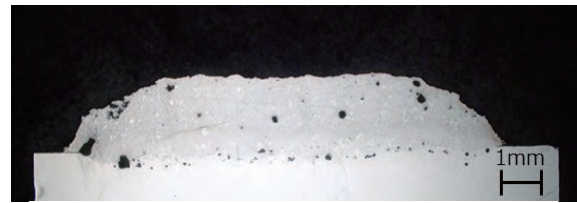
図5に、内部欠陥形成の差異が顕著なサンプル事例(a:レーザー出力400W、走査速度200mm/min、b:同1600W、同1400mm/min)を示す。これらの結果および前記した過度な入熱によるWC分解が要因であろう空孔欠陥形成と併せると、大きな熱入力や蓄熱を避ける高レーザー出力、高速造形が欠陥減少につながったと考える。

このように、内部欠陥である空孔の発生抑制を実現する造形条件の方向性について明らかとなったが、図4の多くの条件で大小問わずき裂が生じた。また、空孔減少の目途はたったものの、未だ空孔形成の可能性は避けられない。

そこで、これら内部欠陥（空孔やき裂）発生課題を克服する手段として、別材料を添加した傾斜機能材料化を検討した。



(a)



(b)

図5 超硬合金造形断面観察写真：

(a) レーザー出力 400W

走査速度 200mm/min

(b) 同 1600W、同 1400mm/min

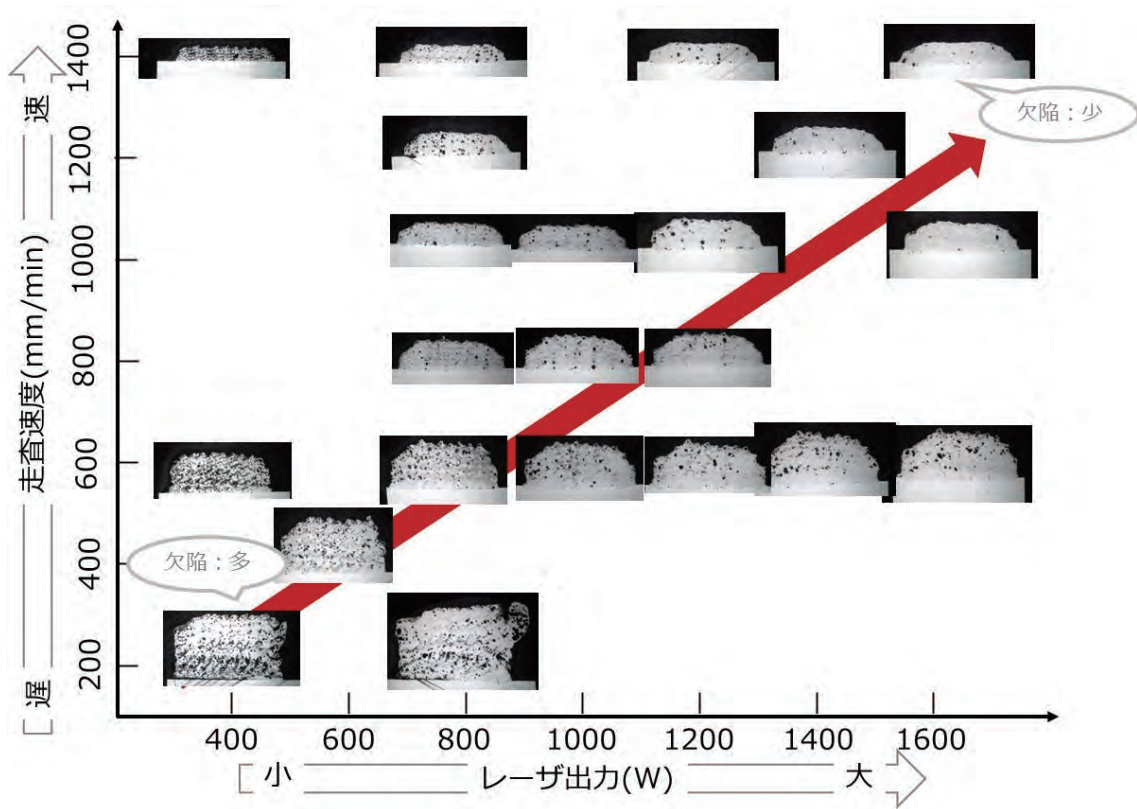


図4 内部欠陥形成状況におよぼすレーザー出力および走査速度の影響
(超硬合金造形断面写真：基板 SS400、造形部 WC/17%Co)

3.2 インコネルを用いた超硬合金傾斜材料化

傾斜機能材料とは、異なる特性を有する複数の材料の混合比率等を連続的に変化させることで、単一物内で材料機能の緩やかな傾斜を図り、部材の信頼性を向上させた材料である。金属材料に限らず応用可能な考え方であり、特に異種材料同士の接合界面における信頼性向上のための活用が期待されている。本研究では、一般的な異種材料間の接合信頼性の向上（本研究において鋼材基板－超硬合金接合性）だけではなく、様々な条件を検討し克服傾向にはあるものの未だ解消されない超硬合金内の空孔やき裂の抑制を図るため、超硬合金とニッケル系合金であるインコネル 718 を用いた傾斜化を検討した。

インコネル 718 はタービンディスクや航空宇宙部品にも活用されている耐熱性や耐食性に優れたニッケル系の超耐熱合金である。本研究では、超硬合金の積層造形対象先としての鋼材と接合性が含有成分から良好であること、インコネル本来の特性から金型の耐熱性維持・向上が期待できること、さらにニッケル系合金としての自溶性による造形時の再溶融による無欠陥化などを期待し検討を行った。

粉末 DED 方式金属 3D プリンタを活用した傾斜機能材料作製においては、本研究においても先年より報告している。図 6 に、造形装置に付随している独立した 2 つの金属粉末供給部を示す。異なる材料を各々にセットし、粉末搬送用ディスクの回転数をプログラム制御することで、造形ノズルから任意の割合で混合粉末を吐出することが可能である。

表 2 に、全 9 層からなる超硬合金－インコネル 718 傾斜機能材料の各材料の体積割合（Vol.%）を示す。この体積割合制御は、前記した粉末搬送用ディスクの回転数制御することで実現している。造形対象先である鋼材製基板近傍においては、インコネルの体積比率が大きく、超硬合金の特性が求められる造形上部表面では超硬合金の体積比率が大きくなるよう設計した。

図 7 に、超硬合金（WC/17%Co）－インコネル 718 傾斜機能材料造形物の断面観察写真を示す。造形条件は、超硬合金単一造形において掲載した図 3 の条件と同じレーザー出力（800W）、走査速度（800mm/min）である。超硬合金の混合比率が大きい積層上層部においていくつかの内部欠陥およびき裂が散見されるが、インコネルを混合する前である図 3 と比較しても、インコネル添加による欠陥減少の効果は大きいことが明らかである。

図 7 に、ビッカース硬さ分布を重ね合わせた超硬合金－インコネル傾斜機能材料の断面写真を示す。ビッカース硬さ測定時の圧痕が写真中央高さ方向に観察されている。この硬さ分布からも明らかのように、一定間隔に変化させた本傾斜機能材料は、基板界面から上部まで緩やかな硬さ特性の傾斜が実現しており、これが、き裂発生抑制につながったものと考えられる。

以上のことから、本研究で検討した超硬合金へのイ

ンコネル 718 添加傾斜機能化は、異種材料間の接合性改善への期待の他、克服が難しい超硬合金造形物の内部欠陥解消に大きく寄与することが明らかとなった。ところで、造形方式問わず、金属積層造形分野において、内部欠陥がほとんど存在しない WC/Co 系超硬合金を「造形まま」で作製することは非常に困難であり、例えば造形後の HIP 処理により欠陥の無害化が試みられているのが現状である。本研究で検討した傾斜機能化が、超硬合金のような高硬度低靱性な金型・工具系材料の積層造形において、有用な一手段であると思われる。

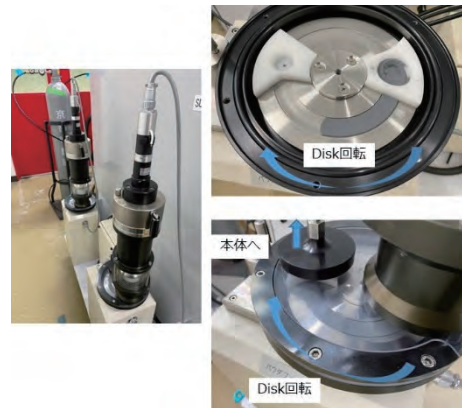
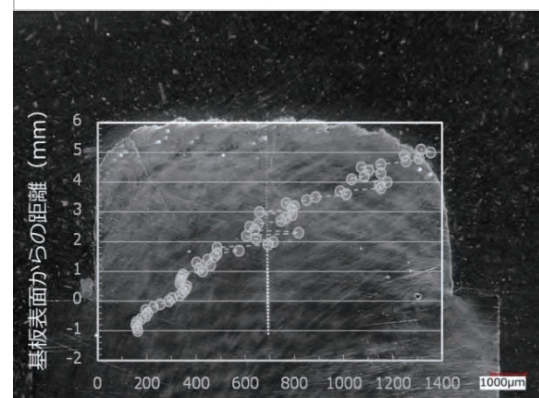


図 6 粉末供給部

表 2 超硬合金－インコネル傾斜混合比率

層数	材料	パウダフィーダ回転数(rpm)		体積割合(Vol%)	
		Inco	WC/Co	Inco	WC/Co
9	INCO:WC/Co	0.05	0.45	15.21	84.79
8	INCO:WC/Co	0.10	0.40	28.75	71.25
7	INCO:WC/Co	0.15	0.35	40.89	59.11
6	INCO:WC/Co	0.20	0.30	51.83	48.17
5	INCO:WC/Co	0.25	0.25	61.74	38.26
4	INCO:WC/Co	0.30	0.20	70.77	29.23
3	INCO:WC/Co	0.35	0.15	79.02	20.98
2	INCO:WC/Co	0.40	0.10	86.59	13.41
1	INCO:WC/Co	0.45	0.05	93.56	6.44

基板:SS400



ビッカース硬さHV

図 7 超硬合金－インコネル傾斜機能材料造形断面観察写真（基板 SS400、造形部）

4 まとめ

DED方式金属3Dプリンタは異種材料を追加で積層可能という大きな特徴を有するため、金型補修の分野での活用が期待されている。本研究では、金型補修における更なる耐久性向上を目的とした汎用金型鋼 SK D61 上への WC/Co 系超硬合金の追加積層造形を想定し、難積層造形材と言われる超硬合金の造形特性を検討するため、SS400 鋼材基板上に超硬合金単体での造形を試みた。観察や考察を通じて明らかとなった課題とその克服手段として、超硬合金の傾斜機能化の検討を行った。

- (1) 汎用金型の更なる耐久性向上を目的に、難積層材である WC/Co 系超硬合金単体について、レーザー出力 400~1600W、走査速度 200~1400mm/min において様々な組み合わせ条件下で造形を行った。その結果、各条件において差異はあるが、造形部全体に、大小の空孔とみられる黒色部が散見され、き裂も生じていた。
- (2) 点在する空孔については、WC が液相に達する直前に分解を起こし、気化する炭素が放出する前に、急速な冷却により、炭素の一部が造形内部に空孔として残留すると考えられている。また、き裂は造形終了後の急速な冷却により生じたものと推測される。
- (3) 空孔やき裂など内部欠陥形成を克服するために、

超硬合金にニッケル系合金であるインコネル 718 を混合させながらの傾斜材料造形を行った。超硬合金の積層造形対象先としての鋼材と接合性が含有成分から良好であること、インコネル本来の特性から金型の耐熱性維持・向上が期待できること、さらにニッケル系合金としての自溶性による造形時の再溶融による無欠陥化などを期待し検討を行った。傾斜化を試みた。

- (4) 超硬合金-インコネル傾斜材料化により、超硬合金の混合比率が大きい積層上層部においていくつかの内部欠陥およびき裂が散見されるが、超硬合金単体造形と比較すると、傾斜材料造形により、特に空孔の大幅な欠陥減少につながる事が明らかとなった。
- (5) 傾斜材料化により、造形内部の硬さ分布の緩やかな傾斜が実現された。これらは、き裂の発生抑制に大きく貢献するものと推測される。

参考文献

- (1) “超硬合金粉末を用いたレーザー積層造形の微視組織形成過程”, 伊部 博之, 加藤 雄太, 山田 純也, 加藤 正樹, 鈴木 飛鳥, 高田 尚記, 小橋 眞 株式会社フジミインコーポレーテッド, あいち産業科学技術総合センター, 名古屋大学, 「粉体および粉末冶金」第 67 巻大 6 号, 313-319

金属3Dプリンタを用いた積層造形技術の高度化に関する研究

—形状造形技術の高度化の検討—

柳澤 研太*
YANAGISAWA Kenta*

斧 督人*
ONO Masato*

今田 琢巳*
IMADA Takumi*

田邊 裕貴**
TANABE Hirotaka**

小川 圭二***
OGAWA Keiji***

要旨 本研究では次世代のAM (Additive Manufacturing)技術であるDED (Directed Energy Deposition)方式の金属3Dプリンタを用いた積層造形技術を確立し、県内企業への技術普及を目指している。本年度は、SUS316L粉末を用いて異なる走査パスにより造形し、造形物の機械的特性の変化について調査を行った。また、薄壁形状の造形物の形状評価を行った。

1 はじめに

近年、3Dプリンタの技術は急速に発展しており、樹脂の3Dプリンタは一般にも普及してきているが、金属の3Dプリンタは、航空・宇宙産業など一部の業界ではすでに実用化が進められ、新しいモノづくりとして期待されているものの、一般の企業までは中々普及が進んでいないのが現状である。

金属3Dプリンタの中で現在主流となっているPBF(Powder Bed Fusion)方式に対し、当センターで平成30年度に導入したDED (Directed Energy Deposition)方式の金属3Dプリンタは次世代のAM技術であり、技術の蓄積等がPBF方式と比べるとまだ多くない。本研究において他県に先駆けてこの技術を確立することにより、機械・金属系の産業への波及効果が期待される。

金属3Dプリンタで機械部品などの実製品の造形を目指す際には、問題点や課題が存在する。例えば、造形物における内部欠陥の発生や造形物の機械的特性の不足などが挙げられる。空孔や亀裂などの内部欠陥が造形物に存在すると、荷重が加わった際に、それらの欠陥を起点として、破損してしまう可能性もある。また内部欠陥が無くとも強度や伸びなどが不足していれば実用において問題となり得る。そのため、3Dプリンタと聞いてまざイメージされる外観や造形コストの面だけでなく、造形物が必要とする性能を保有しているかどうか非常に重要になる。そこで、今年度は昨年に引き続き異なる走査パスで作成した試験片の強度などの機械的特性の調査を実施した。また、薄壁形状のテーバー付き円筒を対象とした形状評価を実施した。

2 実験方法

2.1 装置概要

当センター保有の金属3DプリンタLAMDA200（日本電産マシンツール株式会社製）を用いて造形を行った。この装置は、図1のようにガスで噴射した金属粉末をレーザーで熔融させて積層造形していく構造である²⁾。また、アウターガス（シールドガス）により、酸化を抑制することが可能となっている。特徴としては、「造形速度が速い・既存の製品や機械部品に追加造形することが可能・異なる材料の接合が可能」といったこと等が挙げられる。

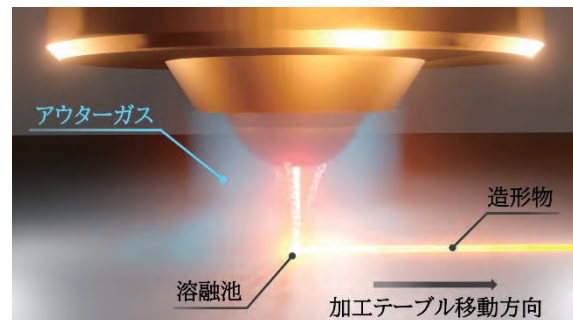


図1 DED方式の造形イメージ

2.2 引張試験(異なる走査パスで造形)

4種類の走査パスで作成した試験片で引張試験を行った。そのイメージを図2に、造形条件を表1に示す。これらの条件は一昨年実施した研究結果より、内部欠陥が少ない条件を選定した³⁾。なお、サンプル名90および45のサンプルは昨年度実施した実験結果を用いている。⁴⁾ また、比較としてバルク材も用意した。

試験片はまず、直方体のブロックを造形し、フライス盤でダンベル形状（平行部30mm）に加工し、ワイヤ放電加工で約2mm厚にスライスして作成した。ひずみの測定は三次元DIC（Digital Image Correlation）解析により標点間距離25mmで算出した。

* 機械システム係

** 滋賀県立大学

*** 龍谷大学

サンプル名

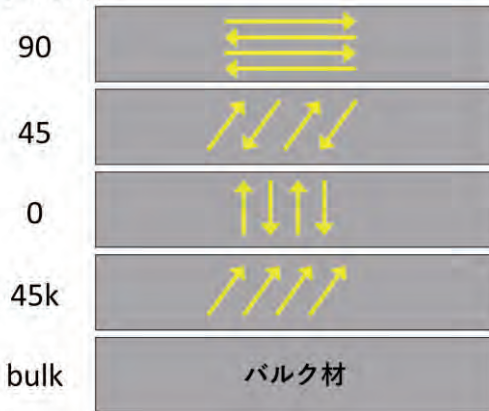


図 2 試験片造形イメージ

表 1 造形条件

金属粉末	PSS316L (山陽特殊製鋼製SUS316L相当粉末)
走査速度	800 mm/min
レーザースポット径	φ2mm
レーザー出力	1000 W
キャリアガス流量	4 L/min
粉末吐出量	約11g
走査ピッチ	1.0mm
積層高さピッチ	0.6mm

2.3 DIC解析

2.2においてひずみの算出に使用したDIC解析について説明する。DIC解析はDigital Image Correlationの略称であり、まず図3のようにスプレー等でサンプル表面にランダムパターンを作成し、そしてそのパターンの時間変化を画像で解析することで表面のひずみを算出する手法のことである。ひずみゲージや接触式の伸び計と異なり、サンプル表面のひずみを分布として算出することが可能であることなどがメリットとして挙げられる。加えて、非接触式であるため、破断までのひずみを取得しつづけることも可能となっている。

撮影センサATOS Core 200、撮影ソフトGOM Snap、解析ソフトGOM Correlateを用いて行った。



図 3 ランダムパターン作成後の試験片

2.4 テーパー付き円筒形状評価

最下層外径40mm、高さ20mm、テーパ片側角度を「0度、10度、20度、30度」を設計値とした薄壁のテーパ付き円筒形状造形を行い、その形状の評価を行った。造形パスは螺旋パスを使用しており、壁の厚みは1パス分としている。また、造形の際にはレーザー出力と走査速度を自動調整するモニタリングシステムを使用している。そのほかの造形条件は表2のとおりである。

表 2 造形条件

金属粉末	PSS316L (山陽特殊製鋼製SUS316L相当粉末)
初期走査速度	800 mm/min
レーザースポット径	φ2mm
初期レーザー出力	1000 W
キャリアガス流量	4 L/min
粉末吐出量	約12g
積層高さピッチ	0.5mm

3 実験結果および考察

3.1 引張試験(異なる走査パスで造形)

引張試験を行った結果を図4に示す。データは各種サンプルで大きなばらつきは見られなかったため、ここでは各種1本ずつのデータを記載している。

これらの結果より、積層パスにより、引張強さ・耐力・伸びに違いが発生することが明らかとなった。しかしながら、図4中の点線・鎖線はSUS316L圧延材のJISの値となっており、いずれの走査パスで造形した場合でも十分な強度と伸びが得られていることが分かる。そのため、内部欠陥の少ない条件で造形した場合には強度等において問題となる可能性は低いと考えられる。

なお、異方性を抑制したい場合は、各層ごとに積層方向を変えることにより対応でき、逆に異方性を利用して特定の方向に強度を持たせるといったことも出来るのではないかと考えられる。

また、各種積層パスによる違いよりもバルク材と積層物との違いのほうが大きい結果となった。

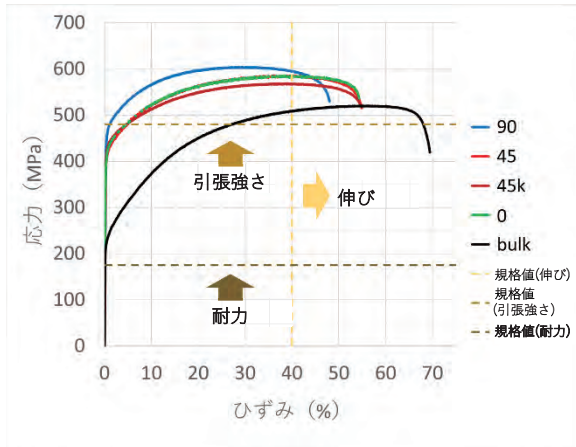


図4 引張試験結果

3.2 テーパー付き円筒形状評価

各設計値で造形したサンプルの外観写真を図5に示す。片側角度30度の造形では途中で形状が崩れ、最後まで積層出来なかった。そのため、その他3つについて設計値との誤差評価を行った。誤差の評価方法は造形物を3Dスキャナ(ATOS Core 200)で撮影し、CADデータとの照合することで行った。その結果を図5に示す。図5(d)の誤差評価はベースからの高さ1mmと15mmの位置で行っている。

これらの結果から、内側への誤差が発生していることが分かった。これの原因として、誤差の値が大きいことから造形中の精度面ではなく、熱変形による影響が大きいのではないかと推測される。このように薄壁形状のものは特に変形が大きくなりやすいことが予想されるため、それを踏まえた設計を行う必要があることが分かった。

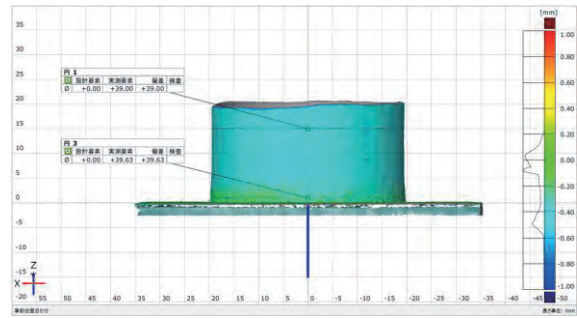
4 まとめ

本年度は、昨年度に引き続いてSUS316Lを用いて異なる走査パスにより造形したサンプルの機械的特性の変化の調査を行ったところ、異方性はあるもののいずれのパスにおいても十分な強度を有する造形物が出来ていることが分かった。

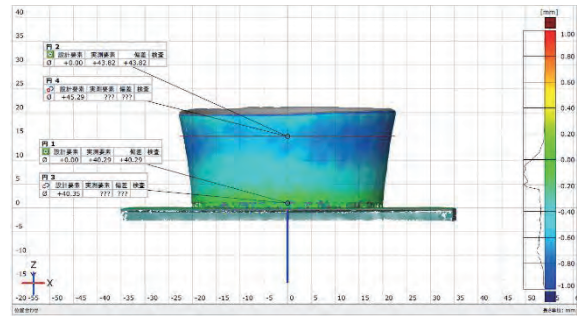
薄壁のテーパ付き円筒を対象として形状評価をおこなったところ、造形物の変形の傾向が分かった。

参考文献

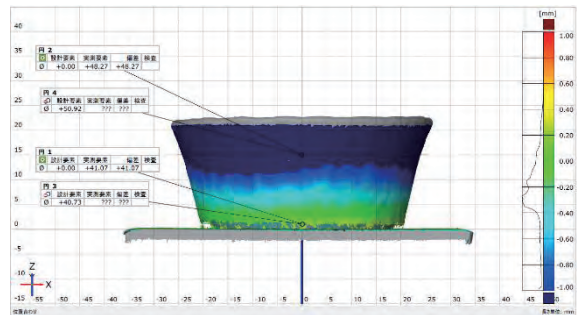
- 1) 滋賀県工業技術総合センター令和元年度(2019年度)業務報告 p85-88
- 2) 三菱重工技報 Vol.55 No.3 (2018) インダストリー&社会基盤特集
- 3) 滋賀県工業技術総合センター令和2年度(2020年度)業務報告 p82-85
- 4) 滋賀県工業技術総合センター令和3年度(2021年度)業務報告 p75-77



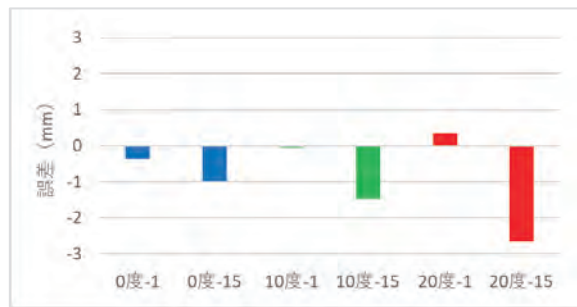
(a)



(b)



(c)



(d)

図5 形状評価結果

(a) 0度、(b) 10度、(c) 20度、(d)各サンプルまとめ

有機複合体の構造制御による 貼付フィルムの高機能化に関する研究（第二報）

中島 啓嗣*

NAKAJIMA Keiji

要旨 生体組織への接着を目的とした貼付フィルムの構造制御による機能性付与を目的とし、2種類のセルロース誘導体のエタノール・水混合溶媒への溶解挙動を調べた。その結果、両方の材料とも一定以上のエタノールが含まれる混合溶媒に溶解した。溶液を加熱すると、溶解した中でもエタノール比率が高い溶液は透明を保ったが、エタノール比率低い溶液は加熱時に白濁した。白濁が生じた際のポリマー濃度および混合溶媒比をカールフィッシャー水分計により調べたところ、一方の方が他方に比べて高エタノール比で白濁することがわかった。白濁が生じた溶液を乾燥固化した試料について SEM 観察を行ったところ 1~2 μm 程度の微小粒子が観察されたことから、溶液を加熱して生じる白濁は溶媒組成の変化により析出した微粒子によるものであると推察された。

1 はじめに

ポリマーフィルムを得る方法の一つである溶液キャスト法は、溶媒に溶解・分散可能であれば様々な材料に適応でき、別基材の上に積層する多層化も可能である。また、他の材料を同じ溶媒に溶解・分散させることで材料の複合化も比較的容易にできる。

溶液キャスト法において2種類以上の溶媒で構成される混合溶媒を用いると、各溶媒の揮発性の違いから乾燥時に溶媒構成が連続的に変化し、複雑な凝集・析出挙動を示すことが予想される。これらの凝集・析出挙動を詳細に調べ、最終的なフィルムのマクロな構造が制御できれば、単一材料であっても多様な物性を示すフィルムが製造できると考えられる。

そこで本研究では、生体組織への接着を目的とした貼付フィルムを対象とし、構造制御によるフィルムへの機能性付与を目的とする。

前報では、疎水性セルロース誘導体の1種についてエタノール・水混合溶媒への溶解挙動を調べた。その結果、混合溶媒中のエタノール比率が高い場合は溶解することがわかった。また、溶液を加熱すると、溶解した中でもエタノール比率が比較的高い溶液は透明を保ったが、エタノール比率が低い溶液は加熱時に白濁することがわかり、白濁を引き起こす因子について調べた¹⁾。

本報では、他のセルロース誘導体等についても同様の実験を行い、加熱時の溶液挙動について調べた。また、ポリマー溶液を乾燥させた固体試料について観察を実施したのでその結果について報告する。

2 実験

2.1 ポリマーおよび試薬

ポリマー材料として、3種類のセルロース誘導体と1種類の多糖類を用いた。溶媒にはエタノール（富士フィルム和光純薬(株) 特級）とイオン交換水を用い、ポリマー溶液調整時のエタノールは精製せずそのまま用いた。溶液中の水分定量試験で抽出溶媒として用いたエタノールはモレキュラーシーブ 3A 1/8（富士フィルム和光純薬(株) 特級）で24時間以上脱水したものをを用いた。

2.2 作製方法

ポリマー溶液の作製方法については前報¹⁾と同様とし、以下、溶媒の混合比は、[エタノールの体積] / [水の体積]で表記する。混合溶媒の混合比は 9/1~1/9とした。また、エタノール、水それぞれ単体も溶媒として用いた。溶媒 20mL にポリマー材料を添加し、マグネチックスターラーを用いて24時間以上攪拌した。ポリマー量は 0.5g とした。

2.3 評価

水分量測定にはカールフィッシャー水分計 AQ-2200 A（平沼産業株式会社）を用い、電量滴定法で定量した。

乾燥試料の観察には、走査型電子顕微鏡（SEM）FlexSEM1000II（株式会社日立ハイテク）を用いた。試料には金蒸着を施し、加速電圧 5 kV で観察した。

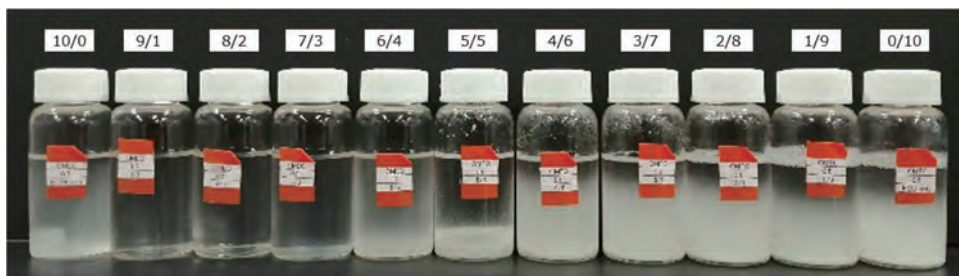


図1 溶媒組成の異なる混合溶媒におけるポリマー溶解性の違い

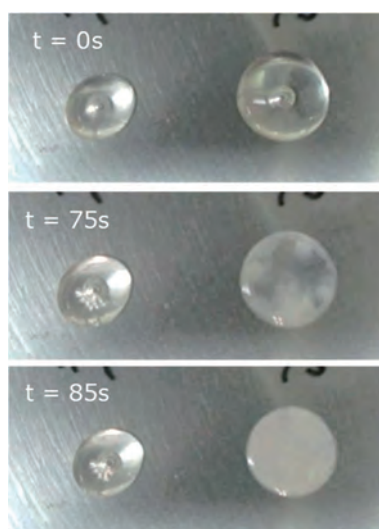


図2 溶液の60°C加熱時における外観変化
(混合溶媒比(エタノール/水)左:9/1、右:7/3)

3 結果および考察

3.1 溶液の外観および加熱による変化

各種セルロース誘導体および多糖を異なる混合比の混合溶媒に添加、攪拌し、溶解性を観察した。

セルロース誘導体2種についてはエタノール比が低い混合溶媒では非常によく溶解し、高粘度の透明な溶液が得られた。多糖も同様にエタノール比が低い領域で良好な溶解性を示した。エタノール比が高い領域では、これらのいずれも完全には溶解しなかった。

一方、セルロース誘導体1種は、混合溶媒比が6/4よりもエタノール比が高い領域では溶解し、それよりも低い領域では溶解しなかった。溶/不溶の混合比の境界は若干異なるものの、前報で報告したセルロース誘導体と同様の挙動を示した(図1)。以下、この材料を用いて実験を行った。なお、前報および本報のセルロース誘導体をサンプルA、サンプルCと表記する。

比較的均一に溶解したサンプルC溶液のうち、混合溶媒比が9/1と7/3の溶液約50 μ Lをホットプレート上に置いたスライドガラス上に滴下し、溶液の加熱時

における外観変化を観察した。加熱温度60°Cにおける経時変化を図2に示す。エタノール比が高い溶液(図2(左))は透明度に大きな変化はなかったのに対し、エタノール比が低い溶液(図2(右))は一定時間経過後に白濁した。以上より加熱時の挙動についてもサンプルAと同様の挙動を示すことがわかった。

3.2 白濁に及ぼす溶媒組成およびポリマー濃度の影響

加熱し白濁した溶液におけるポリマー濃度 $C_{p,2}$ を式(1)、(2)より算出した。

$$W_p = W_{total,1} \times \frac{C_{p,0}}{100} \quad (1)$$

$$C_{p,2} = \frac{W_p}{W_{total,2}} \times 100 \quad (2)$$

ここで $C_{p,0}$ は溶液の初期ポリマー濃度、 W_p は溶液中のポリマー重量、 $W_{total,1}$ は加熱前の溶液重量、 $W_{total,2}$ は白濁時の溶液重量とする。

また、白濁時の溶液中の水分重量 $W_{H_2O,2}$ を抽出溶媒として用いたエタノールの水分をカールフィッシャー水分計で測定することで求めた。同溶液中のエタノール重量 $W_{EtOH,2}$ は次式(3)で算出した。

$$W_{EtOH,2} = W_{total,2} - W_{H_2O,2} - W_p \quad (3)$$

同様の方法で、加熱前のポリマー溶液中のポリマー濃度 $C_{p,1}$ 、水分重量 $W_{H_2O,1}$ およびエタノール重量 $W_{EtOH,1}$ を算出した。

加熱前の透明性の高い溶液の水とエタノールの重量比 $W_{H_2O,1} / W_{EtOH,1}$ とポリマー濃度 $C_{p,1}$ を図3(a)にまとめた(○)。同様に、加熱により白濁を開始した時点の溶液の $W_{H_2O,2} / W_{EtOH,2}$ とポリマー濃度 $C_{p,2}$ を記した(●)。前報では水の重量パーセントとポリマー濃度をまとめたが、本報では、水とエタノールの重量比とポリマー濃度とした。前報のサンプルAの結果についても改めて水とエタノールの重量比とポリマー濃度と

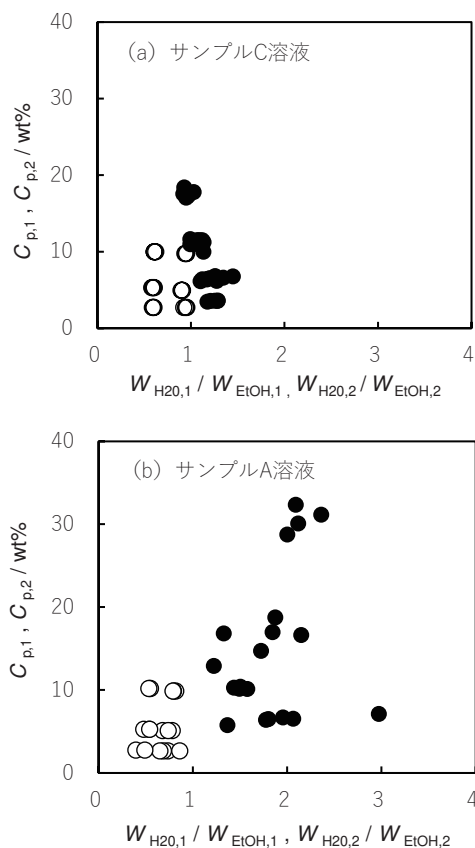


図3 混合溶媒比-ポリマー濃度による溶液の状態
 (○:透明 ●:白濁)
 ((a):サンプルC溶液、(b):サンプルA溶液)

して図3(b)に示す。

サンプルC溶液は、いずれのポリマー濃度においても溶液の水分比が高くなるのに伴い溶液が白濁しサンプルA溶液と同様の挙動を示した。また、白濁時の結果はサンプルAに比べてばらつきが少なかった。

また、同一ポリマー濃度の溶液において、透明から白濁する境界はサンプルAに比べてサンプルCの方が若干ではあるが低水分率側つまり高エタノール比側となった。この結果は、図1および前報に示したサンプルC、サンプルAの異なる混合溶媒比溶液におけるポリマーの溶解性観察結果と傾向は一致した。

サンプルCとサンプルAの結果のばらつきの違いおよび白濁する境界の違いは、置換基の種類、置換基の親水・疎水性の違いに起因するものと考えている。

3.3 乾燥固化試料の混合溶媒比の影響

エタノール比が高く比較的透明なサンプルC溶液をガラス板に展開し、40℃で加熱乾燥した結果を図4に示す。9/1の溶液は透明性を保ったまま乾燥し、透明な膜が得られた。8/2、7/3および6/4溶液については加熱により白濁が生じた後、白色を保持したまま固化した。7/3および6/4溶液を乾燥して得られたものはガ

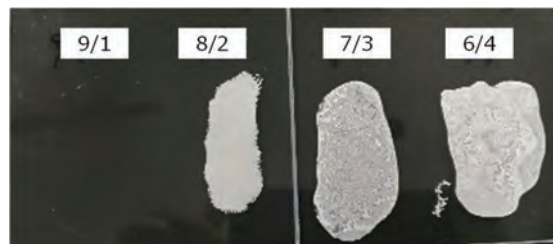


図4 サンプルC溶液乾燥試料の外観

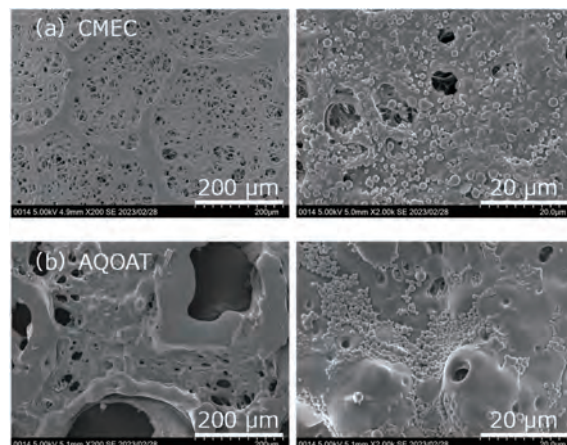


図5 乾燥試料のSEM観察画像
 ((a):サンプルC、(b):サンプルA)

ラス板から剥がす際に粉々になり膜の状態を保たなかった。一方、8/2溶液を乾燥して得た試料は膜の形状を保ち、白色膜状試料を得た。

混合溶媒比8/2のサンプルC溶液を乾燥固化した白色試料の大気面をSEMで観察したところ、10~20μm程度の微細な空孔と1~2μm程度の微小粒子が多数観察された(図5(a))。このことから、溶液を加熱して生じる白濁は、溶媒組成の変化により析出したサンプルCの微粒子に起因するものであると考えられる。また、空孔を形成する骨格に微粒子と同程度の凹凸が見られることから、空孔を形成する骨格は加熱により生じた微粒子が複合化することで形成されたものと推察できる。

混合溶媒比7/3のサンプルA溶液を乾燥固化したものについて同様にSEM観察を行ったところ、10μm程度の微細な空孔と1~2μm程度の微小粒子が多数観察された(図5(b))。このことからサンプルAについてもサンプルCと同様の析出挙動を示していると考えられる。また、サンプルAについては上記の微細な空孔の他に100μm程度の粗大な空孔も観察された。粗大な空孔の形成については詳細に考察できていないが、加熱工程で析出した微粒子が凝集しネットワ

ーク構造を一定形成した後に、ネットワーク構造から離水した水が比較的大きな液滴となり粗大な空孔を形成するのではないかと考えている。

先にも述べたが混合溶媒比が 9/1 のサンプル C 溶液は加熱しても白濁せず透明性を保ったまま乾燥乾燥固化した。また、ここには示していないが、サンプル C 溶液の内加熱により白濁が生じた混合比 (8/2、7/3 および 6/4) の混合溶媒 20mL にサンプル C 1.0g、2.0g を添加して作製した高濃度のサンプル C 溶液は加熱しても白濁は生じずに透明なまま固化し、サンプル A 溶液でも同様であった。

エタノールは水に比べ揮発性が高いため、混合溶媒を加熱すると加熱初期に比べ混合溶媒のエタノール比が連続的に低下しつつ乾燥すると予想され、混合溶媒比が 9/1 のサンプル C 溶液においても同様と考えられるが、乾燥過程で白濁は生じなかった。

今回結果を示した加熱により白濁を生じる系 (混合溶媒 20mL (混合比 8/2) ・ポリマー量 0.5g) についても、加熱乾燥時に両溶媒が揮発することでポリマー濃度が高くなり最終的に乾燥していると考えられるが、加熱過程に生じた白濁は解消されずに固化した。

以上のことから、溶液の白濁は、ポリマー濃度が低く粘性が低い状態でポリマーが析出・凝集することで生じていると考えられる。一方、ポリマー濃度が高く溶液粘度が高い系では溶液の高い粘性によりポリマー分子の運動が制限されるため析出・凝集が起らず均一に濃縮・乾燥固化されるため、加熱時および乾燥固化時に透明性が保たれたと予想される。

4 まとめ

生体組織への接着を目的とした貼付フィルムの構造制御による機能性付与を目的とし、2 種類のセルロース誘導体のエタノール・水混合溶媒への溶解挙動を調べた。その結果、両方の材料とも一定以上のエタノールが含まれる混合溶媒に溶解した。溶液を加熱すると、溶解した中でもエタノール比率が高い溶液は透明を保ったが、エタノール比率低い溶液は加熱時に白濁した。白濁が生じた際のポリマー濃度および混合溶媒比をカールフィッシャー水分計により調べたところ、一方の方が他方に比べて高エタノール比で白濁することがわかった。白濁が生じた溶液を乾燥固化した試料について SEM 観察を行ったところ 1~2 μ m 程度の微小粒子が観察されたことから、溶液を加熱して生じる白濁は溶媒組成の変化により析出した微粒子によるものであると推察された。

参考文献

- 1) 中島啓嗣：滋賀県工業技術総合センター業務報告, 78-81 (2022)

高分子複合材料の物性向上に関する研究 — CNFによる生分解性プラスチック補強の検討 — (第三報)

大山 雅寿*
OYAMA Masatoshi*

要旨 生分解性樹脂の物性向上を目的に、ポリブチレンアジペートテレフタレート(PBAT)にアジピン酸変性セルロースナノファイバー(ACNF)を加え、さらに硬質材料であるポリブチレンサクシネート(PBS)を加えた複合材料を作製して物性評価を行った。PBSに無水マレイン酸を導入することで、PBAT/CNFのみの材料と比較して硬くて強い材料へ変換することができた。無水マレイン酸変性PBSの効果は、CNFと比較してACNFのほうが大きかった。

1 緒言

「プラスチック」という言葉は使用される文脈によって定義が異なる曖昧な単語であるものの、日常生活において用いる広義の意味で言うところのプラスチックとは、石油化学によって人工的に合成された樹脂材料と考えて差し支えない。我々の生活にもはや必要不可欠となったプラスチックの始まりは諸説あるが、石油由来の材料より生み出されたという視点で考えるならば、アメリカの化学者であったベークランドが20世紀初頭に発明したフェノール樹脂であると言える。電気絶縁性に優れたフェノール樹脂は、まず家電製品の絶縁材料に用いられ、続いて建築材料や日用品の構成材料として広く普及していった。そしてこのプラスチックの工業的成功を皮切りに、現在に至るまで世界中で様々な機能を有するプラスチックが生み出され、そして従来の材料にとって代わってきた。例えば、木や金属でできた容器や構造材はプラスチック製になることで軽くて丈夫かつ腐食しないものとなり、合成繊維によって天然繊維では成しえなかった多様な肌触りや機能を持つ衣料が登場した。また、包装フィルムによって食品衛生の大幅な改善がなされたほか、天然ゴムの弱点を克服した合成ゴムの活用分野は多岐に渡っている。

このように、発明から現在に至るまでプラスチックは我々の生活の質を大いに向上させてきた。しかしながら、高い機能性や物性値を目標に石油から人工的に生み出されるプラスチックは得てして自然環境下において分解しづらい。この特徴は、使用量が少ない時代においては大きな問題とならなかった。ところが、プラスチックの普及拡大に伴って適切に廃棄処分されないプラスチックが大幅に増加した結果、その影響が無視できない規模の問題となってきた。特に近年、地球規模の環境変動の顕在化に呼応する形で、この「自然環境中で残り続ける」というプラスチックの問題を解決するための早急な対応が求められている。

ここで、自然環境中への散逸時に長期間に残りうるという問題点を解決するために、近年バイオプラスチックが再び脚光を集めている。バイオプラスチックはバイオマス原料

から作られたバイオマスプラスチックと生分解性を有する生分解性プラスチックを合わせた総称であって、前者はカーボンニュートラルの性質を持つことから主に地球温暖化に、後者は環境中で分解されることから廃棄物問題に寄与すると考えられている。

以上の状況をふまえ、本研究では生分解性プラスチックと、生分解性素材であるセルロースナノファイバー(CNF)の複合材料を開発し、工業利用に耐えうる生分解性コンポジット材料の可能性を調査する。生分解性プラスチックを用いた工業製品は徐々に普及しつつあるものの、従来のプラスチックと比較してコストが高いことに加え物理特性にやや劣る側面があることから、本格的な普及にはまだ研究の余地がある。他方、CNFはセルロース単繊維(マイクロフィブリル)の束より構成される生分解性素材である。地球上に広く存在する植物は、主にセルロース、ヘミセルロース、リグニンより構成されている。植物の40%を占めるセルロースは β -グルコース分子が直鎖上に重合した高分子であり、数十本の分子鎖が水素結合によって並列に配置することで、幅数ナノメートルのマイクロフィブリルを形成する。このマイクロフィブリルがさらに幅数十ナノメートルに集合したものがCNFである。CNFは我々の身近にある植物材料から製造可能である一方で、鋼鉄の5倍の比強度を持ちながら5分の1の軽さという工業素材として特筆すべきポテンシャルを有することから、国土の65%以上が森林である日本にとって極めて有望な素材である。そこで、本研究では生分解性樹脂の物性向上による使用範囲の拡大を目標に、生分解性素材同士を組み合わせた複合材料の開発を試みる。

既報¹⁾において、生分解性樹脂としてポリブチレンアジペートテレフタレート(PBAT)を用い、アジピン酸およびテレフタル酸を用いて化学修飾を施したCNFとの複合化、および本材料に硬質材料であって生分解性を有するポリ乳酸(PLA)に加え、植物由来材料であるエポキシ化亜麻仁油を添加剤として加えたときの影響を報告した。本報では、PLAに代わり生分解性樹脂であるポリブチレンサクシネート(PBS)を用い、さらにCNFとの相溶性向上を目的に

* 有機材料係

PBSの有機酸変性も行ったものを加えたときの物性を調査したので、以下に報告する。

2 実験

2.1 化学修飾CNFの作製

CNFの原料として、市販の微小繊維状セルロース水溶液(ダイセルファインケム株式会社製 KY-100G)を用いた。CNF水溶液をガラス容器に入れ、アセトン(富士フィルム和光純薬株式会社製 特級)を加えて攪拌後、一日静置した。吸引ろ過をしながらアセトン、トルエン(富士フィルム和光純薬株式会社製 特級)で洗浄後、ある程度CNFが湿った状態になった時点でガラス容器に移し、そこにトルエンを加えて一日静置した。ここに、アジピン酸ジクロリド(Sigma-Aldrich Co. LLC製)およびトリエチルアミン(富士フィルム和光純薬株式会社製 特級)を、[CNF]:[アジピン酸ジクロリド]:[トリエチルアミン]=10mol:1mol:2molとなるように加え、75℃で攪拌した。6時間後に加熱を止め、反応物をトルエン、アセトン、エタノール(富士フィルム和光純薬株式会社製 特級)/イオン交換水混和溶液で吸引ろ過をしながら洗浄後、さらにアセトンで置換することで、アジピン酸変性CNF(以下ACNFと称す)/アセトン溶液を得た。

2.2 無水マレイン酸変性PBSの作製

80℃設定の恒温槽中6時間乾燥させたPBS(PTT MCC Biochem社製 BioPBS FZ91)を小型混練機(Xplore instruments社製 MC15HT)に投入し、ここに無水マレイン酸(富士フィルム和光純薬株式会社製 特級)を1phr、ジクミルパーオキシサイド(DCP:日油株式会社製 パークミルD)を所定量加えて反応を行った。小型混練機の設定温度は160℃、スクリー回転数100rpmとした。混練後、反応物をストランドとして回収し、ペレタイザ(株式会社井元製作所簡易ペレタイザ)を用いてペレット化した無水マレイン酸変性PBS(MA-g-PBS)を得た。

2.3 PBAT/ACNFマスターバッチの作製

2.1.にて調整したACNF/アセトン溶液について、ACNF含有量が10gとなるように採取し、吸引ろ過を行いながらクロロホルム(富士フィルム和光純薬株式会社製 特級)で溶媒置換を行い、これをPTFE製シャーレに移した。PBAT(BASF社製 エコフレックス)10gおよびクロロホルムを加え、スターラーで1時間攪拌後、自然乾燥させることでキャストフィルムを作製した。得られたキャストフィルムを細断することでPBAT/ACNFマスターバッチを得た。

2.4 PBAT/PBS/ACNF複合材料の作製

PBAT/ACNFマスターバッチおよびPBAT、PBS、MA-g-PBSを恒温槽中80℃で6時間乾燥させた。複合材料中のPBATとPBSの合計量に対してACNFが10wt%、MA-g-PBSが所定の割合になるように調整しつつ、PBATとPBSの重量比が7:3となるよう計量し、160℃に加熱した小型混練

機を用いて100rpmで10分間混練した。なお、MA-g-PBSはDCP添加量0.2phrの水準を用いた。混練物をストランド形状で回収し、ペレタイザでペレット形状に加工後、卓上熱プレス機(株式会社テクノサプライ製 G-12型)を用いてシート厚みが約200 μm となるようシート化した。成形温度は160℃、余熱時間2分、成形時間1分とし、成形後のフィルムは25℃のアルミプレートで挟み込むことで急冷した。なお、ACNFの影響、MA-g-PBS添加の影響を調べるため、CNFを用いたものおよびMA-g-PBSを添加しない複合材料も調整した。

2.5 作製物の評価

2.5.1 PBAT/PBSの相溶性評価

PBATとPBSの相溶性を評価するため、2.4.で作製したPBAT/PBSフィルムを用い、フーリエ変換赤外分光光度計(FT-IR:株式会社パーキンエルメージャパン Spectrum3)を用いて赤外吸収スペクトルの測定を行った。測定はATR1回反射ジグを用い、積算回数4回で行った。

また、2.4.で厚み約1mmのMA-g-PBSシートを作製し、応力制御型レオメータ(TA Instruments社製 DHR-2)を用いて周波数分散測定を行った。測定プレートは上下とも直径8mmのアルミニウム製パラレルプレートを用い、温度160℃、測定ギャップ1mm(160℃時点)、周波数範囲0.1~100rad/sとした。なお、測定中の材料劣化を避けるため、0.1~1 rad/sの区間ではサンプリング間隔等の諸条件を調整している。また、印加する歪はあらかじめ各サンプルに対し周波数1rad/sで歪分散測定を行って線形範囲を確認後に決定した。

2.5.2 MA-g-PBSの反応調査

PBSへの無水マレイン酸反応性を調査するために、2.2.でえられた反応物のFT-IR測定およびレオメータ測定を行った。諸条件は2.5.1.と揃えた。加えて、反応物のGPC測定を行った。2.2.でえられたMA-g-PBSのペレットの一部を切り出して概ね10mg計量後、10mlメスフラスコに入れてクロロホルム(富士フィルム和光純薬株式会社製 GPC用)を加えた。0.2 μm のフィルターで未溶解物を除去したのち、マルチ検出GPC/SECシステム(Malvern Panalytical社製 OMNISEC Resolve Reveal)を用いて測定を行った。

2.5.3 PBAT/PBS/ACNF複合材料の物性評価

2.4.で得られたシートを用い、引張試験機(株式会社島津製作所製 EZ-S)にて強度測定を行った。試験片は幅5mmの短冊状、つかみ具間隔20mm、引張速度50mm/minとし、各水準5回測定し、その平均値をデータとして採用した。また、弾性率は曲線の最大傾きをもって算出した。

3 結果および考察

3.1 PBAT/PBS複合化について

まず、2.5.1.で測定したFT-IRの結果について、1680-1780 cm^{-1} 近傍のグラフを図1に示す。PBATとPBSは残触媒を介したエステル交換反応によって生じた生成物が相溶化剤として働くとともに、生じた生成物によってカルボニル基由来のピークがシフトすることが報告されている²⁾。しかし、PBAT/PBS複合材料の1720 cm^{-1} 近傍のピーク位置はPBAT単体のピーク位置とほぼ一致しており、シフトはほぼ観測されなかった。したがって、本実験系においては報告にあるエステル交換反応は起こっていないか、もしくはFT-IRで検出不可能な程度の生成量であったと考えることができる。

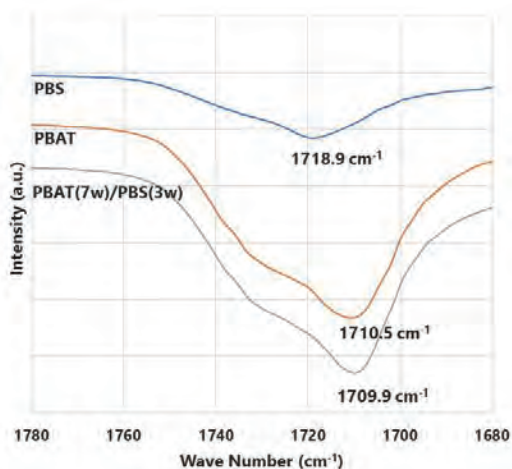


図1 PBAT/PBSブレンド系のFT-IRスペクトル

次に、図2にレオメータの結果を示す。PBATおよびPBSともに典型的な熔融ポリマーの挙動、つまり低周波数側に向けて G' 、 G'' ともに低下していく挙動が確認できる。一方PBAT/PBS複合材料では、 G'' は各ポリマー単体と同様に低周波側に向けて低下しているのに対して G' では0.1rad近傍で低下が収まっている。この結果より、PBAT/PBS複合材料には低周波領域においてエネルギーの緩和を妨げる機構が存在する、例えばPBATとPBS間での相互作用が働いているものと考えられる。この機構が相溶性の向上にどの程度寄与するかは不明であるものの、昨年度に検討を行った非相溶のPBAT/PLA系と比べて物性的に優位なマトリクスとなることが期待できる。

3.2 MA-g-PBSの反応性について

2.2の実験を行うにあたり、DCP \rightarrow MAHの順に添加するとDCP添加の時点で小型混練機の回転トルクが一気に上昇したことから、DCPの添加によってPBSが架橋していることが予想された。これは、昨年度実施したPLAと異なり、DCPによってPBSにラジカルが生じた際に共鳴構造が無いことからPBSラジカルの反応性が非常に高く、その結果PBS同士の反応が優先されてMAH投入前に架橋したものであると考えることができる。そこでMA-g-PBSの作製では、PBS末端によるMAH消費は免れないものの、熔融したMAHによる可塑化作用とPBSラジカルとの会合確率を高めること

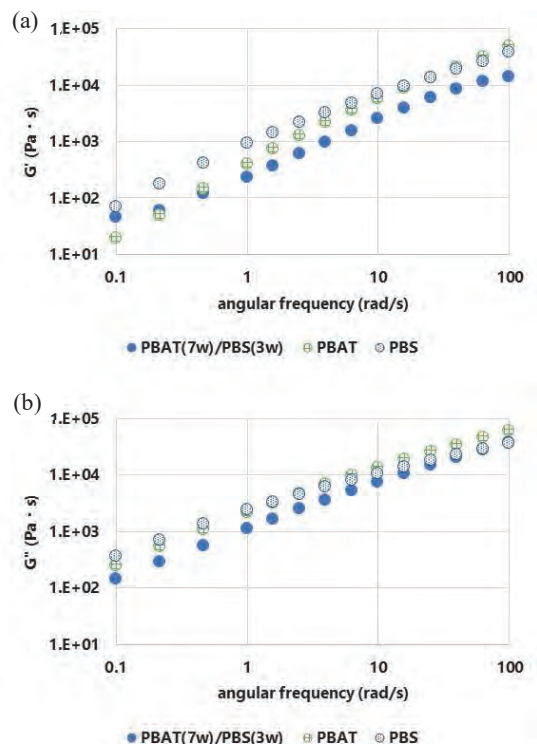


図2 PBAT/PBSブレンド系のレオメータ測定結果
(a)貯蔵弾性率、(b)損失弾性率

を目的に、MAH \rightarrow DCPの順で投入することで反応を行った。

2.5.2.で測定したFT-IRの測定結果について、COO伸縮振動ピーク近傍を拡大したものを図3に示す。各スペクトルのCOO伸縮振動ピーク(1787 cm^{-1})を確認すると、DCP添加量が0.2phr以上でピークが明確になっていた。これにより、狙いどおりPBSに無水マレイン酸が導入されていることが分かった。一方で、GPCの測定を行ったところ、0.1phrまでは測定できたものの、0.2phr以降は測定前のろ過フィルターが通らず、また0.3phr以降ではメスフラスコ内に未溶解物が存在していたことから、GPCによる分子量測定は一部の反応物のみにとどまった(表1)。測定することができたPBSとDCP量0.1phrを比較すると、 M_n の約1.8倍の変化に対し M_z が約2.6倍と大幅に増加している。 M_n が低分子量成分、 M_z が高分子量成分の変化を敏感に反映することを考えると、わずかなDCPの添加量であったにもかかわらず

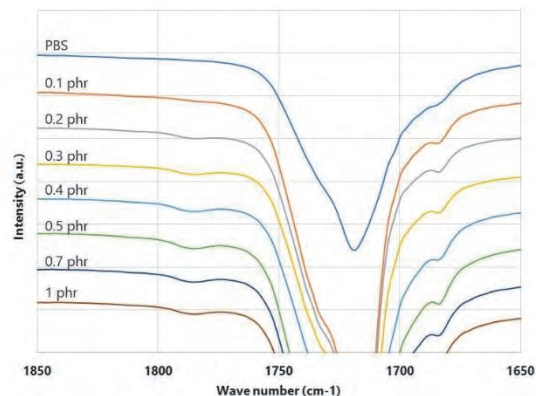


図3 MA-g-PBSのFT-IRスペクトル

ず、PBS間の架橋反応が過度に発生している状況が予想される。

表1 MA-g-PBSのGPC測定結果

DCP	0	0.1	0.2~
Mn	27,258	48,421	(not dissolve)
Mw	91,774	146,998	
Mz	245,101	649,459	
Mw/Mz	3.367	3.036	
Rg	9.74	24.22	

次に、レオメータによる測定結果を図4に示す。FT-IRのATR1回反射ジグでは定量的な議論が難しく、GPC測定では溶媒への溶解の問題からDCP添加量に対する知見が得られなかったものの、レオメータによる測定結果ではDCPの添加量が増えるにしたがって、特に低周波数の G' が増加する傾向がみられた。これは、PBS間の架橋が進むことで長時間緩和成分が増加していることを表している。この効果はDCP添加量0.3phr以上で弱まり、0.7phr以降では G' がほぼ一致していることから、0.7phr以上では架橋効果が頭打ちになると考えられる。

以上より、DCPを添加することでPBS間の架橋が進み、また過度の添加で架橋が進むとPBAT/PBS中への分散能が低下する恐れがある。したがって、DCPの添加量は極力減らしたいものの、一方でFT-IRの結果を見るとCOO伸縮振動ピークは0.2phr以上からでないとい明確にならない。これを踏まえ、ACNFとの複合化を行うにあたり、DCP添加量0.2phrのMA-g-PBSを用いることとした。

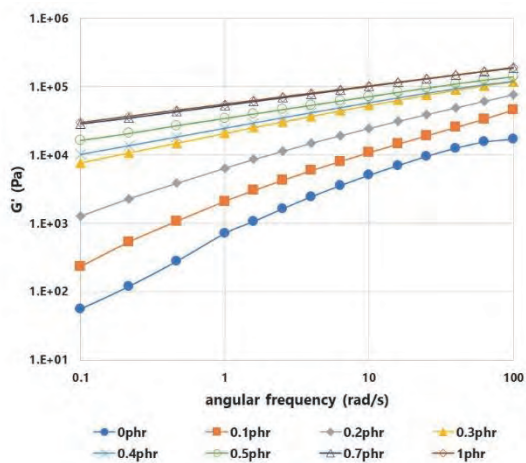


図4 MA-g-PBSのレオメータ測定結果

3.3 PBAT/PBS/CNF複合材料の力学強度について

2.5.3.で測定した結果を図5に示す。まず、PBAT/PBSにMA-g-PBSのみを添加した場合の効果を確認すると、降伏応力および弾性率いずれにもほぼ変化は見られない。このことから、MA-g-PBSを加えることによるマトリックス樹脂への影響は大きくないものと判断できる。ここにCNFを添加した場合、MA-g-PBSを加えるに伴い降伏応力および弾性率ともに低下して5wt%で底を打ったあと、10wt%の添加

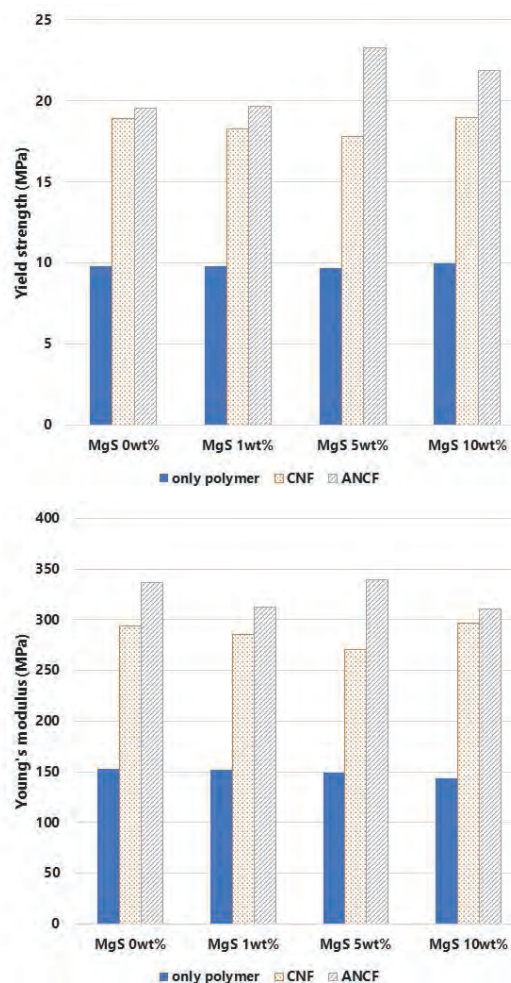


図5 PBAT/PBS/CNF複合材料の引張強度測定結果
(a)降伏応力、(b)弾性率

で再び増加に転じた。一方で、ACNFを添加したときの変化を確認すると5wt%が降伏応力および弾性率の両者が5wt%の際に最も高く、それ以降では値が低下する傾向がみられた。一般的に、フィラーを分散させるための相溶化剤の添加量には最適値が存在する。CNFと比較してPBAT/PBSとなじみのよいACNFの方が、MA-g-PBSの添加による影響が大きかったものと考えられる。

4 まとめ

PBATとPBSおよびCNFを複合化させた複合材料の力学特性を調べるため、まずPBATとPBSをブレンドした際の影響を調査した。その結果、両ポリマーのエステル交換反応生成物の確認は明確に確認できなかったものの、レオメータの測定結果より相互作用が働いていることが確認できた。次に、ポリマーとCNFの相溶性向上のため、PBSへの無水マレイン酸グラフト反応を試みた。ラジカル開始剤としてDCPを用いると、少量の添加であってもPBS間の架橋反応が進むことが判明した。材料の投入順序を調整して作製したMA-g-PBSへのMAH導入はFT-IRを用いて確認した。また、レオメータ測定を用いることで、PBSの架橋反応が起こる上限値を見つけることができた。

市販のCNFに対しアジピン酸ジクロリドを持って化学修飾を行い、アジピン酸変性CNF (ACNF)を調整した。ACNFおよびCNFを用い、PBATおよびPBSをマトリックスとした複合材料を調整したところ、MA-g-PBSの添加量に対する降伏応力および弾性率の影響に差がみられた。具体的には、ACNFのほうがMA-g-PBSの少量添加で大きな物性見られた。これは、化学変性によってACNFとPBAT/PBS界面のなじみがよくなっているためであると考ええる。

参考文献

- 1) 滋賀県工業技術総合センター 令和3(2021)年度研究報告 p.82-86
- 2) R. Muthuraj.; M. Misra.; A.K. Mohanty. Biodegradable poly (butylene succinate) and poly (butylene adipate-co-terephthalate) blends: Reactive extrusion and performance evaluation. J. Polym. Environ. 2014, (22), p.336–349.

水素関連部材への応用に向けた次世代カーボン技術の開発

—バリア機能と機械特性の向上—

山田 雄也* 田中 喜樹* 山本 和弘* 佐々木 宗生*
YAMADA Yuya TANAKA Yoshiki YAMAMOTO Kazuhiro SASAKI Muneo

要旨 樹脂や金属の部材に対して、水素バリア性および摩擦摩耗特性を向上させるカーボン薄膜を開発する。本年度は、スパッタ法によりカーボン膜を作製し、水素ガス透過率および摩擦係数の測定を行い、バリア機能と機械特性の評価を行った。また、窒素および水素の添加による膜の物性への影響について調査した。

1 はじめに

近年、燃料電池やガスタービン、ボイラー等の水素利用技術が進展しており、水素のエネルギー用途への活用が拡大しつつある¹⁾。水素インフラの整備が進められ、それに合わせて水素関連部材の研究開発が盛んになっている。水素環境下で使用される部材の課題としてガスバリア性や耐久性(脆化、摩耗等)があり、長寿命・高品質化に向けた取り組みが行われている²⁾。水素分子が各種部材に使用される樹脂や金属材料に侵入することにより、樹脂内部での気泡発生や金属の脆化等を引き起こし部材の破壊につながる。そのため例えば、水素ステーションや水素貯蔵タンク等に用いられるシール材では水素ガス漏洩を抑制するための高い水素バリア性と合わせて水素侵入に対する耐久性が要求されている³⁾。また、シール機構やバルブ等の摺動部においては摩耗により劣化が起こるため、低摩擦・耐摩耗性が求められる⁴⁾。したがって、水素関連部材の長寿命・高品質化にはバリア機能や機械特性に優れた製品を開発する技術が必要である。

部材のバリア機能および機械特性を高める方法として、それらの特性を有する薄膜材料で部材表面をコーティングすることが有効である。そのような特性をもつ材料の一つにカーボン材料がある。ダイヤモンドライクカーボン(DLC)や窒化炭素等のカーボン薄膜は組成や構造に応じてガスバリア性や耐摩耗性、平滑性等の特徴をもつため、幅広い分野で活用されている^{5,6)}。

本研究では、カーボン薄膜を用いて部材のバリア機能や機械特性を向上させる技術の開発を行う。樹脂、金属材料に対して DLC や窒化炭素等のカーボン薄膜を成膜し、性能向上に適した薄膜の成膜条件を検討す

る。また近年、DLC の構造・物性の評価方法について国際標準化に向けた動きが活発になっている。膜の分類や機械特性の評価に関する ISO 規格(20523 : 2017)が発行され、あいまいであった DLC の分類・評価方法の統一が進んでいる。そこで本研究では国際標準化に対応した評価にも取り組む。

昨年度は、スパッタ法により DLC 膜、窒化炭素膜を作製し、ISO に準拠した膜の分類に対応する評価方法、および膜構造の評価方法の検討を行った。

本年度は、作製したカーボン膜の水素ガス透過率および摩擦係数の測定を行い、バリア機能と機械特性の評価を行った。また、窒素および水素の添加による膜の物性への影響について調査した。窒化炭素は硬質、低摩擦な膜として知られており⁷⁾、また、DLC は水素添加により摩擦係数が低減する場合があることが報告されている⁸⁾。窒素、水素の添加により、水素バリア性および機械特性の向上を試みた。

2 実験方法

2.1 薄膜作製

薄膜は RF マグネトロンスパッタリング装置を用いて作製した。炭素ターゲットを使用し、Ar ガスを導入してスパッタを行った。ガスの導入条件を表 1 に示す。Ar ガスに加えて N2 ガス、CH4 ガスを導入することにより窒化炭素や水素含有 DLC の形成も検討した。また、主な成膜条件を表 2 に示す。

表1 ガス導入条件

	A	B	C
Ar ガス流量	8 sccm	5 sccm	5 sccm
N2 ガス流量	-	4 sccm	-
CH4 ガス流量	-	-	4 sccm

* 無機材料係

表2 成膜条件

ターゲット	炭素
基板	Si ウエハー、PET フィルム
RF 出力	150 W
成膜時間	3 h

2.2 薄膜の評価方法

2.1 で Si ウエハー上に作製した薄膜の構造をラマン分光法 (Raman)、X 線光電子分光法 (XPS)、グロー放電発光分析装置 (GDS)、電界放出型走査電子顕微鏡 (FE-SEM) により評価し、インデンテーション試験、往復摺動試験により表面の機械特性の評価を行った。PET フィルム上に作製した薄膜を用いて水素ガス透過率の測定を行った。Raman はナノフoton RA MANtouch VIS-ICS-S を用い、532 nm のレーザーを照射することで結晶性を評価した。GDS はリガク G DA750 を用いて深さ測定を行い、化学組成を評価した。測定条件は DC の 900 V、20 mA とした。XPS はアルバック・ファイ PHI5000 VersaProbeII を用いて表面測定を行い、化学状態を評価した。X 線源には A K α 線を用い出力 25W とし、測定中は Ar イオン銃、電子銃により帯電中和を行った。Ar イオンスパッタを 500V で 1min 行い表面の汚染層を除去した後に測定した。インデンテーション試験はアントンパール N HT3 を用い、押し込み硬さを測定した。稜角 115 度のパーコピッチ圧子を使用し、0.4 mN~60 mN の荷重範囲で荷重を変えて測定を行った。往復摺動試験は新東科学トライボギア TYPE14 を用い、摩擦係数を測定した。 ϕ 10 mm のアルミナボール圧子を使用し、荷重 300 g、摺動距離 10 mm、摺動速度 3000 mm/min、往復回数 1500 回とした。FE-SEM は日立ハイテック Regulus8220 を用い、切断した薄膜の断面を観察した。ガス透過率測定は GTR テック-3000XASK を用い、水素ガス透過性を評価した。

3 結果と考察

ガス導入条件 A、B で作製した薄膜 (以下 A 膜、B 膜) の構造については Raman、XPS、SEM で評価した結果を昨年度報告した⁹⁾。A 膜は a-C に分類される DLC 膜と考えられ、膜厚は 100 nm 程度であった。B 膜は 15%程度の窒素原子を含み、CN 結合を有することが確認されており、一部窒化した膜であることがわかっている。膜厚は 150 nm 程度であった。

ガス導入条件 C で作製した薄膜 (以下 C 膜) の Raman スペクトルを図 1 に示す。1360cm⁻¹ (D バンド)、1560cm⁻¹ (G バンド) 付近にピークが観測されたため、アモルファス状態の膜が形成されたと考えられる。

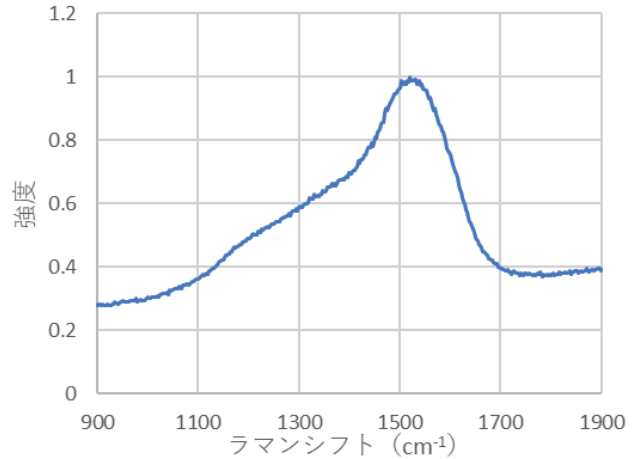


図1 C膜のラマンスペクトル

C 膜の XPS 測定結果を図 2 に示す。得られた C1s スペクトルを波形分離した結果、sp³ : sp² は 7 : 93 であった。

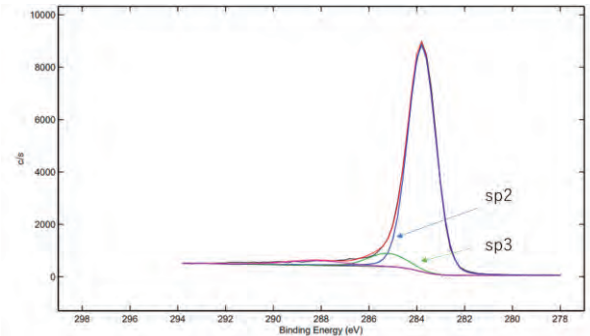


図2 C膜表面のC1sスペクトル

Raman 測定および XPSC1s スペクトルの波形分離の結果から、C 膜はアモルファスで sp² による結合が主であることがわかった。ISO20523 : 2017 に規定されている分類において a-C もしくは a-C:H に相当する膜であると考えられる。

A 膜、C 膜の GDS 測定結果をそれぞれ図 3、図 4 に示す。

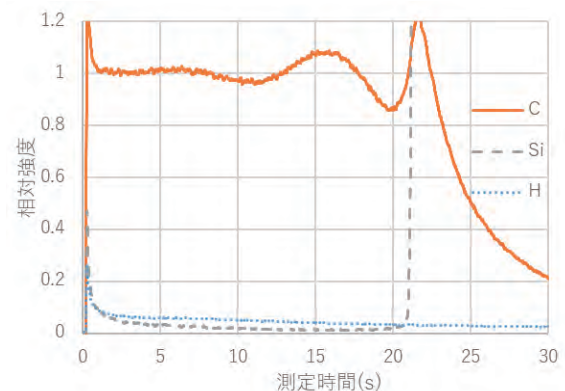


図3 A膜の深さ測定結果

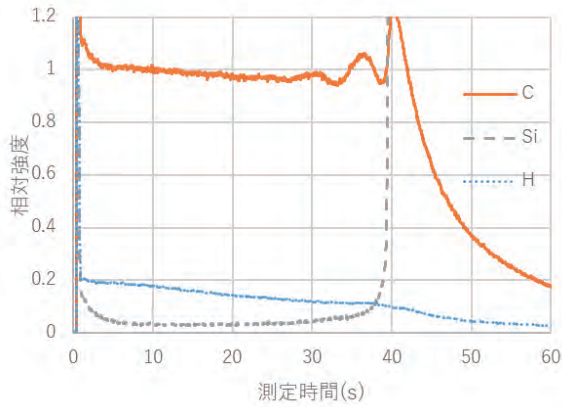


図4 C膜の深さ測定結果

A膜に比べて、C膜では水素の強度が高くなっており、膜中に水素が含まれていると考えられる。この結果から、スパッタ時にCH₄ガスを導入することで膜中の深さ方向に一定の割合で水素を含む膜を形成できることが確認された。

C膜の断面のSEM観察結果をそれぞれ図5に示す。図5からSiウエハー上に膜が形成されていることが確認できた。断面から観察された膜厚は300nm程度であった。

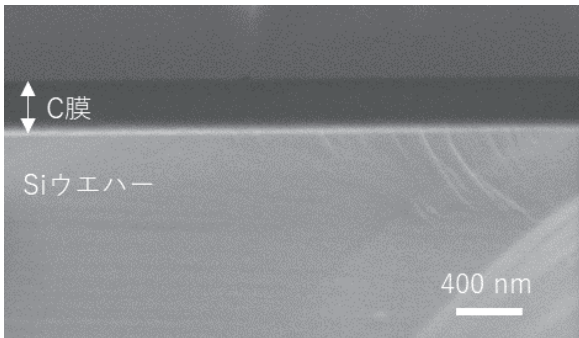


図5 C膜断面のSEM像

各膜のインデンテーション試験結果を図6に示す。また、Siウエハーの押し込み硬さはおよそ13GPaであった。いずれの膜の押し込み硬さにおいても押し込み深さが大きくなるにつれて、Siウエハーの押し込み硬さに近づいていった。このことから、押し込み深さが大きくなると基材の影響が大きくなることがわかった。一方で押し込み深さが小さい領域では膜によって挙動が異なり、基材よりも膜の物性の影響が大きくなることが確認できた。A膜、B膜の押し込み硬さは基材の押し込み硬さよりも大きく、C膜は小さくなった。このことからA膜、B膜は比較的硬質な膜であることがわかった。DLCの水素含有量が増加すると、よりポリマーライクな物性に変化し軟質化することが知られており^{8,10}、C膜は水素を添加したことにより軟質化したと考えられる。

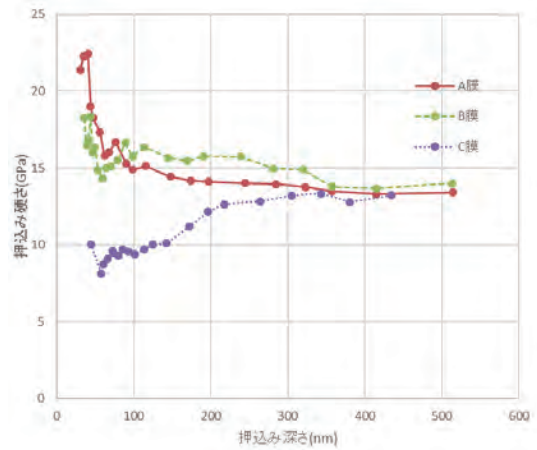


図6 インデンテーション試験結果

各膜の摺動試験結果を図7に示す。いずれの膜においても摺動回数が大きくなるにつれて、比較的変動が小さくなった。摺動回数1000回~1500回での摩擦係数を平均した結果を図8に示す。Siウエハーに比べていずれの膜も摩擦係数が低下しており、低摩擦な膜が形成されていることがわかった。A膜が最も低く、0.1を下回る結果となった。

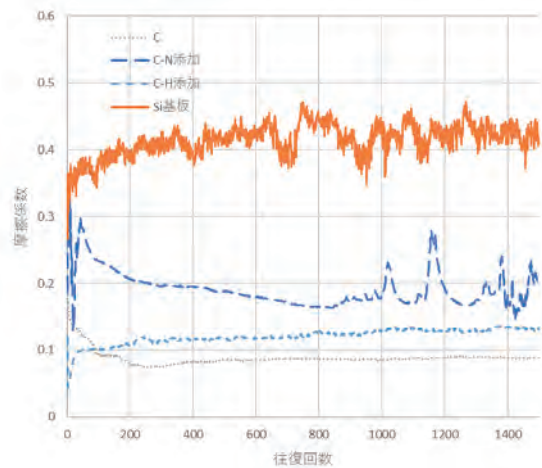


図7 摺動試験結果

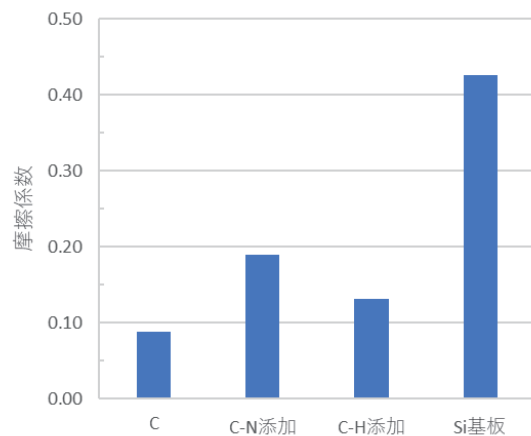


図8 各膜とウエハーの摩擦係数

各膜を成膜した PET フィルムの水素ガス透過率を測定した結果を図 9 に示す。リファレンスとして PET フィルムのみでの測定も行った。いずれの膜においても水素透過係数は基材の PET フィルムよりも小さくなった。特に A 膜では基材に比べて水素透過係数が 2 桁近く小さくなるのが分かった。このことから、今回作製した膜はいずれも水素ガスバリア機能向上に有効であることが確認できた。

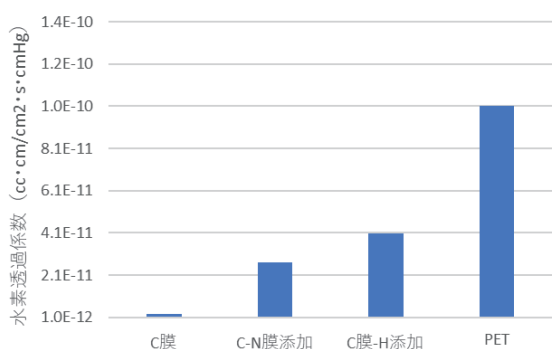


図 9 ガス透過率測定結果

これらの結果から、いずれの膜においても水素透過係数および摩擦係数が低減し、ガスバリア特性および機械特性の向上に有効であることがわかった。また、添加剤なしの A 膜がガスバリア性、機械特性の両方で最も良い結果となった。しかし、DLC への水素添加により摩擦係数が低減した例もあるため、添加量による影響をより詳細に調査することで、さらに特性を向上できる可能性がある。

4 まとめ

今年度研究でスパッタ法により作製したカーボン膜の水素ガス透過率および摩擦係数の測定を行い、バリア機能と機械特性の評価を行った。また、窒素および水素の添加による膜の物性への影響について調査した。作製カーボン膜により、バリア機能と機械特性の両方が向上できることが確認できた。また、成膜中に N₂ ガスや CH₄ ガスを導入することにより膜に窒素および水素が添加され、硬度や摩擦係数等の物性が異なる膜を形成できることがわかった。

参考文献

- 1) 経済産業省：NEDO 水素エネルギー白書 (2015)
- 2) 高橋良, 土井迪子：日本ゴム協会誌, 89-10,302-306 (2016)
- 3) 木村太郎, 野見山加寿子 他：福岡県工業技術センター 研究報告, 13-16 (2017)
- 4) 木村太郎, 野見山加寿子 他：福岡県工業技術センター 研究報告, 5-8 (2020)

- 5) 熊谷正夫：DLC 技術資料 (2014)
- 6) 中東孝浩：表面技術, 53-11 (2002)
- 7) 城谷友保, 坂本幸弘 他：千葉工業大学研究報告, 62, 9-14 (2015)
- 8) 藤巻康人, 中尾節男 他：東京都立産業技術研究センター研究報告, 5, 112-113 (2010)
- 9) 山田雄也, 田中喜樹 他：滋賀県工業技術総合センター 研究報告, 87-90 (2021)
- 10) 伊藤弘高, 山本兼司：神戸製鋼技報, 66, 2, 58-62 (2017)

滋賀の清酒醸造用酵母の醸造条件の検討

— 香气成分高生産酵母の小仕込醸造試験 —

岡田 俊樹*
OKADA Toshiki

川島 典子*
KAWASHIMA Noriko

松尾 啓史*
MATSUO Yoshifumi

要旨 県内清酒醸造所の新規県酵母開発ニーズに対応するため、当センター保有の香气成分高生産酵母の醸造特性を調べるとともに、醸造所が利用しやすくするために醸造条件（酒米や発酵形式、酵母の混合割合）の検討を行った。これまでの試験と併せて、酢酸イソアミル高生産酵母は湧進め型の配合と発酵条件、酵母の添加混合割合等を決定することができた。

1 はじめに

県内の清酒製成数量は、吟醸酒や純米酒等の特定名称酒の製成数量が増加している。ここ 10 年で特定名称酒の製成割合は 10%程度増加していて、特定名称酒の半分以上は純米吟醸酒を含む吟醸酒であり、特に純米吟醸酒はここ 10 年で 1.5 倍以上伸びている¹⁾。これは消費者の多様な食生活と本物志向、探求心や差別化商品への感心の高まりによるものと考えている。造り手は味や香りに特徴を持たせるなど、個性豊かな商品の開拓が活発で、今後ますます加速するものと思われる。

しかしながら、県内の清酒生産量は、特定名称酒よりもこれ以外の清酒の比率が高い。そのため、滋賀県の特色やオリジナル性を活かした清酒の開発が県内清酒醸造所の課題となっている。

令和 4 年 4 月に滋賀県内で決められた条件で造られた清酒が、地域の風土と結びついた特産品を保護する国の制度に GI「滋賀」として指定を受けた。今後ますます地域に特化した商品開発が活発になるものと思われる。

吟醸酒等の製造は、華やかな香りを呈するカブロン酸エチルを主に生産する酵母の使用が多く、当センターでも開発に取り組んできた²⁾。一方で本県は、もう一つの吟醸香とされる酢酸イソアミルを高生産する酵母の開発の要望が多くある。県内醸造所のニーズにあった醸造用酵母の提供を進めるため、これまで選抜してきた中から今回は、酒米 15kg での小仕込醸造試験を行い醸造特性を検討した。

2 実験方法

2.1 供試菌株

酢酸イソアミル高生産酵母のYS003F5、YS003F11、酢酸イソアミル生産系でアルコール耐性および低温耐性の高い酵母 IRCS-YS003を用いた。

2.2 供試酒米

精米歩合60%の滋賀県奨励品種の玉栄と吟吹雪を用いた。

2.3 小仕込醸造試験（総米15kg）

各供試菌株をYPD液体培地（1%酵母エキス，2%ペプトン，2%デキストロース）で前培養と本培養を行い、普通速醸酒母を製造してから3段仕込の小仕込醸造試験を行った。

仕込配合は表1に示した。酒母は、経過分析を考慮して表1に示した数値の2.5倍量で製造して初添え時に使用量を調整した。掛米は、洗米後吸水率129%前後を目指し、蒸煮装置で50分間蒸煮して冷却後掛米とした。麴は、県内醸造所で事前に製麴後冷凍保存したものをを用いた。麴の酵素力価（ α -アミラーゼ(AA)、グルコアミラーゼ(GA)、酸性カルボキシペプチダーゼ(ACP))の測定は、醸造分析キット(キッコーマンバイオケミファ株式会社製)を用いて行った。酒母の製造は、8Lのステンレス製容器を用いた。

本仕込は、66リットルのステンレス製サーマルタンクを用いた。掛米と麴米は酒母と同様で行った。仕込温度は、初添10℃、仲添8℃、留添6℃とし、留添翌日から1日1℃ずつ昇温し、品温が12℃に達してから保持し、後半は9℃まで降温した。発酵管理は、醪の状貌、日本酒度、アルコール濃度、酸度、アミノ酸度の測定値を見ながら行い、アルコール濃度17%以上、日本酒度+3以上、酢酸イソアミル8ppm以上の純米酒の製造を試みた。なお、上槽は、2℃の環境で専用の酒用搾り袋に入れ、人力で緩やかに加圧して24時間程度で試験原酒を得た。

各試験の使用酵母は、タンク①はIRCS-YS003(100%)、タンク②はYS003F5(75%) + IRCS-YS003(25%)、タンク③はYS003F11(100%)、タンク④はYS003F5(75%) + IRCS-YS003(25%)で、タンク①～③の酒米は玉栄で、タンク④は吟吹雪を用いた。

2.4 経過中および製成酒の成分分析

発酵の経過中および上槽時の成分分析は、冷却遠心分離機(3000rpm., 20min.)を用いて行い分析試料を得て、酒類総合研究所標準分析法注解³⁾に従って一般成分分析を行い、香気成分は常法³⁾に従いヘッドスペースガスクロマトグラフで測定した。有機酸の分析は、分析試料を蒸留水で10倍希釈し、0.2 μmのPVDFメンブレンフィルターでろ過したものを液体クロマトグ

ラフ有機酸分析システム(株式会社島津製作所)により測定した。清酒に含まれる有機酸成分のうち、リン酸、クエン酸、ピルビン酸、リンゴ酸、コハク酸、乳酸、酢酸を対象とした。また、試験酒の評価は、醸造所の技術者および当センター職員10名でブラインドによりきき酒を実施した。評価項目は、香り(強弱、品質)、味(濃淡、品質、酸味、旨味)、総合評価を5点法で行い、また短評を求めた。

表1 仕込配合

	酒母	初添	中添	留添	合計	
総 米(kg)	1.12	2.30	4.53	7.06	15.00	
蒸 米(kg)	0.74	1.66	3.60	5.78	11.78	
麴 米(kg)	0.38	0.64	0.93	1.28	3.22	
汲 水(L)	1.20	2.70	5.70	10.00	1.00	20.60
乳 酸(ml)	8.4					
培養酵母(ml)	12					

麴歩合：20.5% 汲水歩合：140% 酒母歩合：7.4%

3 結果と考察

3.1 小仕込醸造試験(総米15kg)

清酒醸造用酵母の醸造特性を知るため小仕込醸造試験を実施した。これまでの酒米1kgでのピーカー試験(精米歩合60%の山田錦、吟吹雪、玉栄を用い、湧進め型および湧抑え型の仕込配合の組み合わせ)から、YS003F5酵母は、酒米が玉栄で湧進め型での試験酒の評価が高かった。しかしながら、IRCS-YS003と比較して、酢酸イソアミルは2倍程度生産される一方で、イソアミルアルコールが50%以上と高いことから、YS003F5酵母とIRCS-YS003の比率(YS003F5酵母に対して10~100%)を変えて酒母と本仕込を製造することで低減を試みてきた。分析値と官能評価の結果から、YS003F5酵母(75%)とIRCS-YS003(25%)での割合の評価が高かったことから、今回総米15kgにスケールアップして試験を行った。なお、県内で使用量の多い酒米の吟吹雪を併せて試験を実施した。

3.2 供試麴

供試した麴の酵素力価を表2に示した。玉栄と吟吹雪では、全体的にみて玉栄の方が酵素力価が高く、グルコアミラーゼは玉栄が201 U/g・麴に対し吟吹雪が148 U/g・麴と低かったが、特に麴の添加量等の調整

等を行わず試験に使用した。

3.3 酒母

酒母の製造試験は、酒母総米2.8kg、汲水3Lで行った(図1)。暖気操作は、容器を55℃のウォーターバスに90秒浸けて時折攪拌して、20℃の部屋に60分放置する操作により4回(日)実施して湧付きを目指した。

使用前の酒母の各成分分析値を表3、4に示した。また、タンク①の品温経過を図2に示した。温度経過は、他のタンクも同様の傾向だった。

今回、データを示していないが、経過分析として炭酸ガスの重量減少を毎日測定して、2日毎に測定したアルコール生成量と比較したところ両者はよく一致していた。

各成分分析値は、タンク①とタンク②はよく一致していて、予定よりもボーメが減少しアルコール生成されすぎたことから本仕込で注視した。また、タンク④の吟吹雪での試験は、各成分分析値は目指していた数値であり、同じ使用酵母であるタンク②と比較して酒米の溶け方によることや、吟吹雪の酵素力価(GA)の低かったことによるものかと考えられた。なお、タンク③の酵母は、これまでの小仕込試験からリンゴ酸の生産量がIRCS-YS003に比べて2.5倍以上高く酸度が高い酵母で、今回酒母製造では特に異同は見られなかった。

表 2 麴の酵素力価

	AA	GA	ACP
玉 栄	821	201	3,028
吟吹雪	722	148	2,584

U/g・麴

AA: α-アミラーゼ
 GA: グルコアミラーゼ
 ACP: 酸生加味キジハフチナーゼ



図 1 酒母製造時の様子 (6 日目)

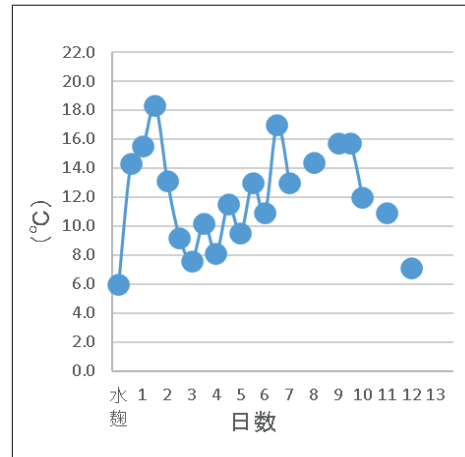


図 2 酒母製造過程の品温経過 (タンク①)

表 3 酒母の成分分析値

	酒米	CO2の減少 (g)	アルコール (%)	Be' 酸度 (ml)	アミノ酸度 (ml)	エキス分	グルコース濃度 (%)	
タンク① IRCS-YS003 (100%)	玉 栄	253	13.1	3.3	7.3	1.9	9.2	2.8
タンク② YS003F5 (75%) + IRCS-YS003 (25%)	玉 栄	259	13.3	3.1	7.3	1.8	9.1	2.8
タンク③ YS003F11 (100%)	玉 栄	203	10.2	5.8	7.1	1.9	13.9	7.0
タンク④ YS003F5 (75%) + IRCS-YS003 (25%)	吟吹雪	237	10.5	7.0	7.1	1.7	16.6	6.2

表 4 酒母の香気成分分析値

	酒米	酢酸イソamil	イソamilアルコール	カブロン酸エチル	酢酸エチル	n-プロピルアルコール	イソブチルアルコール
タンク① IRCS-YS003 (100%)	玉 栄	3.6	177	0.2	32	85	135
タンク② YS003F5 (75%) + IRCS-YS003 (25%)	玉 栄	7.0	288	0.2	38	80	104
タンク③ YS003F11 (100%)	玉 栄	5.2	365	0.1	16	59	53
タンク④ YS003F5 (75%) + IRCS-YS003 (25%)	吟吹雪	3.8	249	0.1	15	61	76

(PPM)

3.4 本仕込

本仕込の製造試験は、総米15kg、酒母歩合7.4%、麴歩合20.5%、汲水歩合140%の三段仕込で行った(図3)。各タンクの経過分析値を図4～7に、上槽時の各分析値を表5～表7に示した。

3.4.1 アルコール生成と日本酒度

アルコール生成は、醗日数が異なるが上槽時に17.6(タンク①)～17.9%(タンク③, ④)に達し、ポーメ、日本酒度の切れ方もスムーズだった。タンク①と②のアルコール生成、最高ポーメと値と日数は類似していた。タンク④の吟吹雪での試験は、最高ポーメがタンク②に比べ1高く、BMDは61.2と15以上高いことから酒米がよく溶けていて、アルコールの生成も順調だった。吟吹雪の酵素力価で特にGAが低い影響は見られなかった。タンク③は、タンク②と比べポーメの切れ方が少し遅くアルコール生成も遅れていた。

3.4.2 酸度・アミノ酸度

タンク①と②の生成は類似していて上槽時はほぼ同じ値だった。一方、タンク④はタンク②に比べ遅れて上昇し上槽時の酸度、アミノ酸度は若干低かった。タンク③の酵母は、これまでの小仕込試験からリンゴ酸の生成が2.5倍以上高いことから酸度は高いと考えられた。

3.4.3 香気成分

酢酸イソアミルは、タンク①に対し高生産酵母のタンク②、③は、2倍弱程度高く生成されていた。タンク①が6.1mg/Lと予想以上に高かったのは(過去のピッカー試験で4mg/L前後、実施醸造で2～4mg/L)、本試験の環境が低温で温度管理ができていたことと

考えられた。一方、イソアミルアルコールは、タンク①に対してタンク②、④は1.3倍程度高いが、これまでの小仕込試験でYS003F5酵母単独で使用してきた試験よりも軽減ができていた。

3.4.4 有機酸成分

上槽時のピルビン酸量は、タンク③以外は150mg/L以下だった。リンゴ酸生成の高いタンク③の酵母は、今回の小仕込醸造試験では、タンク①の294 mg/Lに対しタンク③の765mg/Lで2.6倍高かった。今後タンク③の003F11酵母は、実地醸造試験をとおして検討していく予定である。

3.4.5 きき酒評価

試験酒のきき酒による総合評価と短評を表8に示した。総合評価は、タンク③④が良く、香りが良いや、バランスが良いコメントが見られた。タンク③は酸度が他よりも高いが、大方のパネラーで受け入れられる酸味で今後の展開に期待した。酒米の違いでは、玉栄がこれまでの小仕込試験では評価が高かったが、スケールアップした今回の試験では吟吹雪の甘さが評価されていた。



図3 本仕込の様子 (10日目)

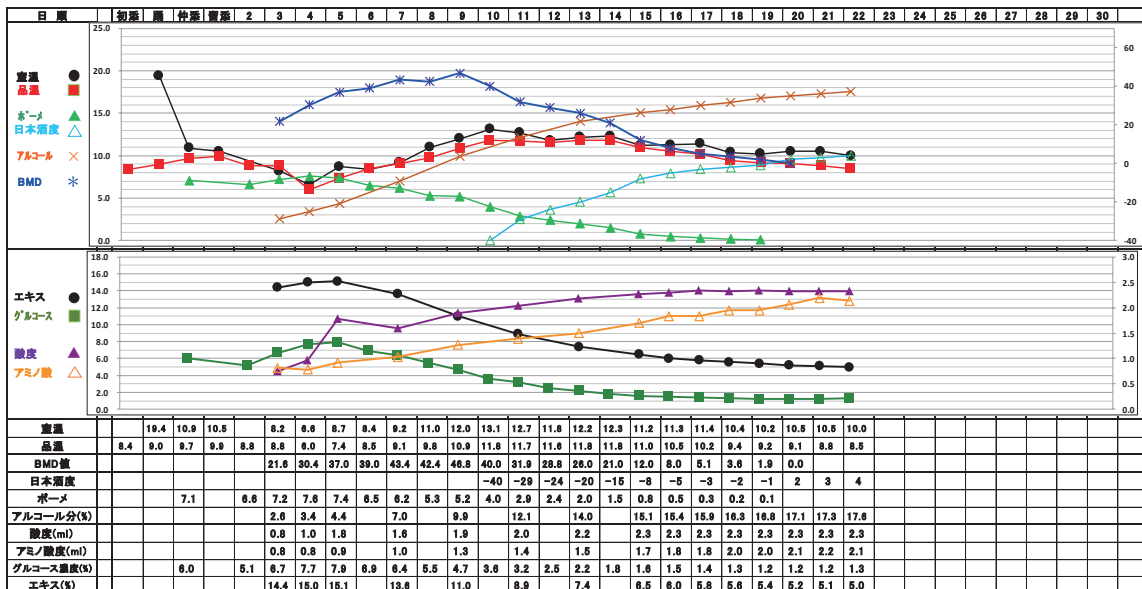


図4 タンク①の分析経過表

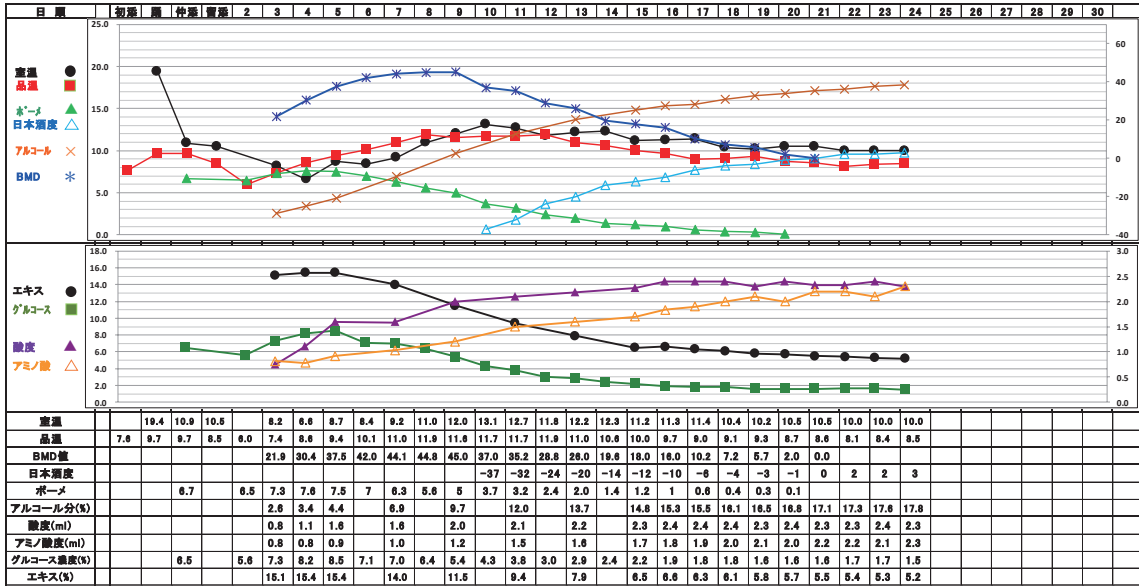


図5 タンク②の分析経過表

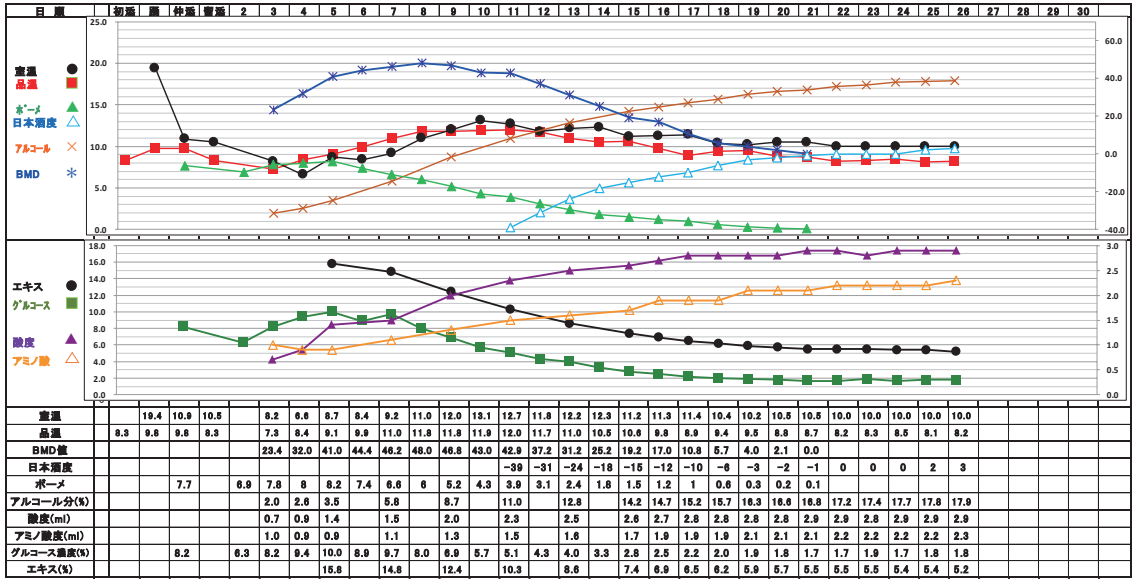


図6 タンク③の分析経過表

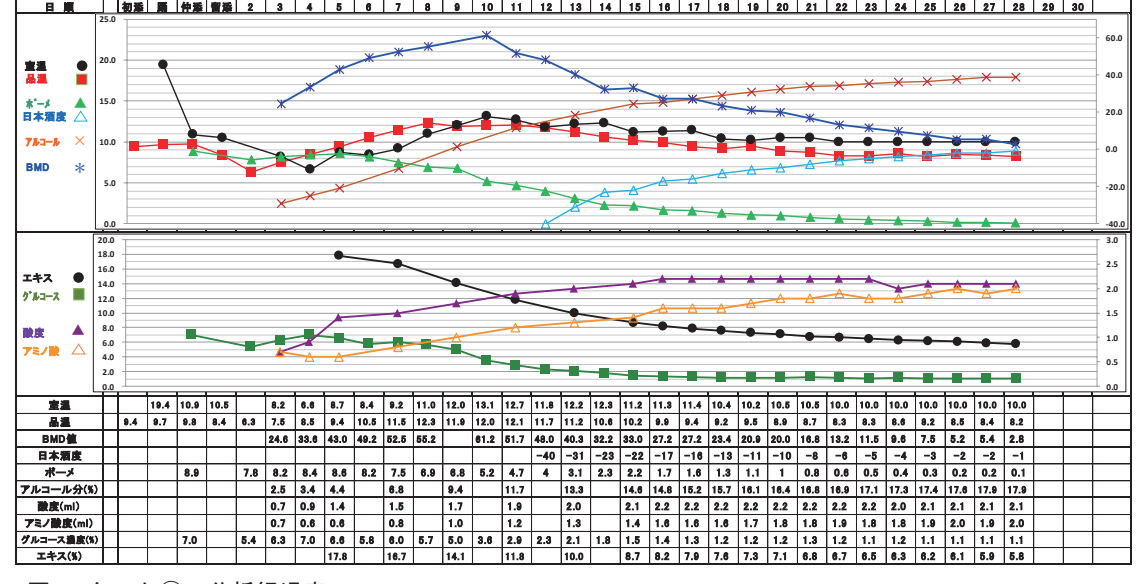


図7 タンク④の分析経過表

表5 上槽時の成分分析値

	酒米	醪 日数	アルコール (%)	日本 酒度	酸度 (ml)	アミノ酸度 (ml)	エキス分	最高Be' 日数	最高BMD 日数
タンク① IRCS-YS003(100%)	玉栄	22	17.6	+4	2.3	2.1	5.0	7.6 [4日]	46.8 [9日]
タンク② YS003F5(75%) +IRCS-YS003(25%)	玉栄	24	17.8	+3	2.3	2.3	5.2	7.6 [4日]	45.0 [9日]
タンク③ YS003F11(100%)	玉栄	26	17.9	+3	2.9	2.3	5.2	8.2 [5日]	48.0 [8日]
タンク④ YS003F5(75%) +IRCS-YS003(25%)	吟吹雪	28	17.9	-1	2.1	2.0	5.8	8.6 [5日]	61.2 [9日]

表6 上槽時の香気成分分析値

	酒米	酢酸 イソamil	イソamil アルコール	カブロン 酸エチル	酢酸 エチル	n-プロピル アルコール	イソブチル アルコール
タンク① IRCS-YS003(100%)	玉栄	6.1	149	0.7	81	112	82
タンク② YS003F5(75%) +IRCS-YS003(25%)	玉栄	9.6	211	0.7	87	115	57
タンク③ YS003F11(100%)	玉栄	>10	299	1.0	79	112	24
タンク④ YS003F5(75%) +IRCS-YS003(25%)	吟吹雪	8.2	196	1.0	76	101	51

(mg/L)

表7 上槽時の有機酸分析値

	酒米	リン酸	クエン酸	ピルピロン酸	リンゴ酸	コハク酸	乳酸	酢酸
タンク① IRCS-YS003(100%)	玉栄	187	124	143	294	384	493	100
タンク② YS003F5(75%) +IRCS-YS003(25%)	玉栄	195	123	124	350	389	488	91
タンク③ YS003F11(100%)	玉栄	181	130	166	765	301	514	87
タンク④ YS003F5(75%) +IRCS-YS003(25%)	吟吹雪	229	114	43	333	392	493	109

(mg/L)

表8 官能評価

	酒米	総合評価	短評
タンク① IRCS-YS003 (100%)	玉栄	2.50	・味がしっかりしている ・標準的な日本酒 ・香りひかえめ ・後味残る
タンク② YS003F5 (75%) +IRCS-YS003 (25%)	玉栄	2.45	・甘い香りと味 ・香り高い ・あっさりで飲みやすい ・後味少し残る
タンク③ YS003F11 (100%)	玉栄	2.10	・香りが良い ・酸味が特徴 ・口当たり良いが味が強い ・少し溶剤的な香り ・酸味が残る
タンク④ YS003F5 (75%) +IRCS-YS003 (25%)	吟吹雪	2.15	・香味のバランス良い ・甘め ・甘さあるも味はすっきり ・ざらつく ・香り高い

(総合評価：1 良い - 3 ふつう - 5 難あり)

4 まとめ

当センター保有の清酒醸造用酵母を用いて吟醸香の一つである酢酸イソアミルを高生産する酵母の醸造特性を知るため小仕込醸造試験を実施した。

その結果、酵母の添加配合割合、発酵形式⁴⁾、酒米での特性が把握できた。現在、県内醸造所での実地試験を進め醸造所が利用しやすいように技術情報の蓄積と技術移転を進めている。

参考文献

- 1) 大阪国税局鑑定官室：酒造懇話会資料
- 2) 岡田俊樹 川島典子：滋賀県工業技術総合センター研究報告, p104-106(2019)
- 3) 公益財団法人日本醸造協会：酒類総合研究所標準分析法注解(2017)
- 4) 岡田俊樹 川島典子：滋賀県工業技術総合センター研究報告, p94-100(2021)

耐熱陶器製品の開発 —余熱調理器の試作—

西尾 俊哉
NISHIO toshiya*

要旨 コロナ禍による生活様式の変化により自宅で料理を行う機会が増えており、調理器具の需要が伸びている。その中で低迷している陶磁器業界のために付加価値の高い製品の開発が求められており、今回多孔質化による保温性の高い素地を使用した余熱調理器を試作提案した。

1 はじめに

コロナ禍の影響により信楽の陶磁器産業が大きな打撃を受け、現在も厳しい状態が続いている。このような状況で陶磁器産業への持続的発展のためには付加価値の高い商品開発が求められている。そこでコロナ禍により自宅で料理をする人が増加し、調理器具の需要が伸びているため、ニーズに対応した製品かつ陶器の特性である保温性や断熱性を活かした調理器具の開発を行った。

今回試作したのは育児や介護などで長時間火を使用できない人に向けた調理器具として省エネも期待できる余熱調理器を試作提案した。一般的な余熱調理器は二重構造など構造的に複雑であり、デザインできる範囲も限られるが、陶器の持つ保温性や断熱性などを利用した調理器具は構造をシンプルにすることが可能であり、デザインの幅を広げることができるため、今後の発展が期待できる。

2 余熱調理について

在宅時間の増加により手間のかかる料理への関心が増加した半面、煮込み料理のような長時間火を使い続ける料理は忙しい人にとっては管理が難しく避けたい料理である。しかし、おでんやシチューなどの煮込み料理は人気があるため、長時間火を使わない余熱調理は経済的、時間的にも有用であると考えられる。

そこで余熱調理器を試作するにあたり、軽量で使いやすく、陶磁器の特性を生かした保温性に優れた土鍋の開発を行った。

3 試作品の作製

3.1 多孔質素材の熱伝導率について

素地の軽量化に用いられるフライアッシュバルーン(以下「FAB」と記す)は無機中空素材であるため添加することで素地を多孔質軽量化させる¹⁾。そのため空気の層が出来ることで熱伝導率を低下させるため、今回ペタライトと木節粘土をベースにFABを20%添加した素地(以下「試作素

地」と記す)を調合し、市販の耐熱素地と熱伝導率を比較した。結果、試作素地の熱伝導率が市販の耐熱素地に比べ低いことが確認できた。(表1)

表1 素地の熱伝導率

素地	熱伝導率(W/m/K)	見かけ比重
市販耐熱素地	0.79	2.4
試作素地	0.56	1.9

3.2 試作品による温度降下時間の比較

試作素地を使用して土鍋を試作した(図1)。また市販の耐熱素地で制作した土鍋とステンレス鍋との温度降下時間の比較試験を行った。



図1 試作品外見1

比較には鍋に水1.5ℓを入れ、沸騰後水温を測定し温度降下時間について比較を行った結果、試作素地で作製した土鍋は他の2つと比較して温度降下時間が緩やかであり保温時間が長いことが確認できた(図2)。また余熱調理において根菜などは70℃で軟化がほとんど止まる温度であるため²⁾³⁾、試験品が70℃に達した時間を比較した結果、沸騰よりステンレス鍋が約23分、市販土が約35分、試作土が約48分となった。

参考

1. 宮代雅夫 ほか : 滋賀県工業技術総合センター平成8年度研究報告, 軽量陶器の開発79-81(1996)
2. 佐藤瑤子: 日本調理科学会誌, 根菜類の調理過程の物性変化と調味に関する研究6-10(2019)
3. 香西みどり ほか : 日本家政学会誌vol.49, 非等温加熱における最適加熱時間の予測 43-49(1998)

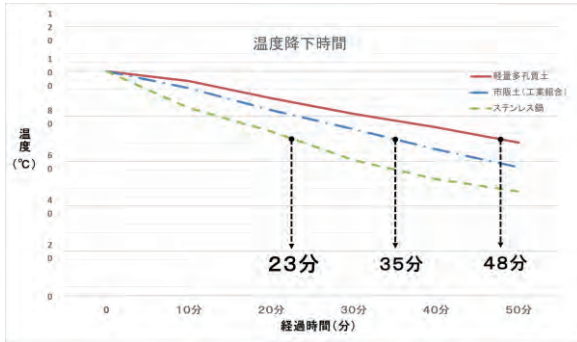


図2 温度降下比較グラフ

また試作品を実際を使用してジャガイモと鳥肉の煮込み料理を調理してみたところ、材料と調味料、水をすべて鍋に入れ、沸騰するまで火にかけて後、火を消し1時間余熱調理を行った結果、ジャガイモは煮崩れなく十分に柔らかくなり、他の食材に関しても十分に加熱されている状態であった。(図3)



図3 試作品使用風景

4 まとめ

今回試作した土鍋はステンレス鍋や市販の耐熱土による土鍋よりも保温時間が長いことが確認できた。一方、多孔質化により保温性が上がった反面、素地の断熱性やFABによる吸水率の高さにより、沸騰に時間を要した。今後は素地や釉薬による低吸水性や構造の検討が必要と考える。また近年、低膨張原料であるベタライトの入手が困難であるため、新たな調合や原料の置き換えによる素材開発も急務と考える。

3D 技術を活用した陶製品製造技術に関する研究

植西 寛*
UENISHI Hiroshi

坂山 邦彦*
SAKAYAMA Kunihiko

神屋 道也*
KAMIYA Michinari

山内 美香**
YAMAUCHI Mika

要旨 本研究では 3D 技術を活用した商品開発やプロセス・イノベーションによる省コスト化や生産性の向上を図るべく、3D プリンタや CNC 切削加工機をはじめとするデジタルファブリケーション¹⁾を活用した新しい陶製品製造技術の確立を目指している。本年度は取り扱い時の重量が課題となっている石膏原型の代替として、材料価格が安価なペレット溶融積層式 3D プリンタで出力した造形体を用いた軽量原型の作製技術の開発に取り組んだ結果、ABS 樹脂原型は石膏原型の代替として使用可能であり、石膏比 60 %以上の軽量化が可能であることが確認できた。

1 はじめに

陶磁器製品市場の減少にともない、産地内の陶磁器生産額は最盛期の 5 分の 1 以下となっている²⁾。新規市場の開拓に向けた製品開発に取り組むためには多くの時間と労力が必要となるため、小規模事業者が主体の産地内企業には負担が大きい。また、少子高齢化等による後継者不足や職人のもつ技術の継承も課題となっている。これらの課題解決の手段として、3DCAD をはじめとする 3D 技術を活用した商品開発やプロセス・イノベーションによる省コスト化や生産性の向上を提案し、設備の導入やこれらを活用できる企業人材の育成を進めており、徐々に活用される場面が広がっている。当センターでは、主に 3D プリンタと CNC 加工機を単独もしくは複合して活用した新しい陶製品製造技術の確立と、その技術を産地内に普及することによる、産地の課題解決と競争力の向上を目指している。

陶磁器の鋳込み成形や機械ろくろ成形、たたら成形などには石膏製の型が使用される。成形用の石膏型は使用型と呼ばれ、通常は原型となる石膏型から作製される場合と、ケース型と呼ばれる使用型作製の石膏型から作製される。ケース型は原型から捨て型を経て作製されるが、作業工程が長い³⁾ため、1 つの型を作製するまでに長い時間を要する。また、信楽焼産地のように、比較的大型の製品の多い産地では、取り扱う石膏型も大型で重量があるため、作業者の負担が大きい。素材の石膏をアルミニウムや樹脂に置き換えることで、軽量化を図ることは可能であるが、バルク体からの削り出しとなるため、入手やコスト面での負担が大きく、切削くずの廃棄も多いといった問題がある。

一方、近年は 3D プリンタを活用した型作りが陶磁器やその他の分野で活用が進んでいるが、最終形状に近い状態で出力する場合、高精細な 3D プリンタでは問題にならないことがあるが³⁾、材料費が比較的安価な熱溶融積層式 3D プリンタでは積層痕が目立ってしまうため、そのままでは実用には向かない。

そこで、本年度はこの石膏原型の軽量化を目的に、熱溶融積層式 3D プリンタによる造形と CNC 加工機による切削加工を複合した、軽量原型の作製技術の開発に取り組んだ内容について報告する。

2 実験方法

2.1 樹脂原型の造形

3D プリンタにはペレット溶融積層式 3D プリンタ (エス.ラボ株式会社製 GEM550D) を用い、ペレットとして ABS 樹脂 (東レ株式会社製 トヨラック 70 0 314 U) を用いた。ABS 樹脂ペレットは 80℃で 24 h 乾燥したものを⁴⁾用いた。

3DCAD (Autodesk 製 Fusion360) により図 1 のような直径 : 60 mm、高さ : 60 mm (いずれも成形寸法) の増埴作製用原型の 3D データを作成した。3D プリンタ出力用にはこれを 10 %拡大したデータを用い、スライサー (Simplify3D 製 Simplify3D) にて NC データを出力した。



図 1 増埴作製用原型の 3D モデル

* セラミック材料係

** 陶磁器デザイン係

造形条件はアウトライン：4周、インフィル：50%、造形速度：1500 mm/min とし、底面に1層のラフトを設けた。

造形時のノズル径はΦ3 mm、シリンダ温度は1：120°C、2：160°C、3：200°C、4：230°C、Table 温度は80°Cとした。

2.2 樹脂原型の切削加工

CNC 加工機には5軸モデリングマシン（株式会社岩間工業所製 MM1000R-5）を用いた。図1の3Dデータから Fusion360 のCAM を用いて NC データを作成した。荒加工にはΦ10 mm フラットエンドミルおよびΦ6 mm フラットエンドミルを用い、仕上げ加工にはΦ6 mm ボールエンドミルおよびΦ6 mm フラットエンドミルを用いた。各刃物の切削条件を表1に示す。

表1 切削条件

	刃物径 mm	切削送り 速度 mm/min	軸方向 切込 mm	深さ方向 切込 mm
負荷制御	Φ10 flat	2500	4	0.5
負荷制御	Φ6 flat	2000	2.4	0.5
スキヤロップ	Φ6 ball	3000	0.25	-
等高線	Φ6 flat	2000	0.25	-

2.3 樹脂原型の評価

作製した樹脂原型の評価は陶磁器型材用石膏（サンエス石膏株式会社製 一般用）を用いた使用型の作製とアルミナ泥漿を用いた鋳込み成形によりおこなった。なお、鋳込み成形体は乾燥後、1600°Cで焼成した。

3 結果と考察

3.1 樹脂原型の造形

3D プリンタで作製した造形体にはリトラクションによる表面の凹み（図2）や外周造形時の射出幅不足による隙間（図3）が発生した。リトラクションによる表面の凹みはペレット溶解積層式 3D プリンタのスクリューの応答性の問題もあり、リトラクションに係る設定値の変更だけでは完全に解消することはできなかった。

一方で、外周造形時の射出幅不足による隙間については射出量を1.2倍にすることで解消した。通常、射出量を増加するとノズルから吐出する樹脂量が増加するため造形物が若干幅広となるが、後述の後工程で切削加工により仕上げるため、問題となるものではなかった。

3.2 樹脂原型の切削加工

射出量を1.2倍にして作製した造形体を表1に示す切削条件で加工した結果を図4に示す。加工高さはボトムから15 mmまでの位置とした。



図2 リトラクションによる表面の凹み



図3 射出幅不足による隙間



図4 切削加工後の樹脂原型

次に、図 2 の造形体を 5 軸モデリングマシンで切削加工した結果を図 5 に示す。切削加工は表 1 の上から順番におこなった。造形体の表面にリトラクションに起因する凹みがあったとしても、凹みが発生していた箇所は切削代の部分のみであり、切削後の造形体には影響はみられなかった。



図 5 表面に凹みのある造形体の切削加工後の表面

続いて、図 3 の造形体を 5 軸モデリングマシンで切削加工した結果を図 6 に示す。切削加工は同様に表 1 の上から順番におこなった。射出量不足による隙間が見られた造形体においては、切削後も隙間が残る結果となった。また、造形時に問題がみられなかった造形体においても、切削後に XY 方向の樹脂の密着性が原因となる不良が見られたため（図 7）、実用化に向けては造形時の樹脂の吐出量や積層時の温度条件などの検証が必要と考えられる。



図 6 隙間ある造形体の切削加工後の表面



図 7 樹脂の密着性が原因となる不良群

3.3 樹脂原型の評価

3DCAD 上で算出した図 1 のモデルの体積は 399 cm^3 であった。型として使用する石膏の密度は 2.7 g/cm^3 、ABS 樹脂の密度は 1.05 g/cm^3 であり、内部が詰まっている条件で計算すると、石膏で作製した場合の型重量は 1077 g 、ABS 樹脂で作製した場合は 419 g となり、ABS 樹脂型は石膏比で 39 % となった。一方、図 4 に示した樹脂原型の重量は 418 g であった。図 8 に示すように内部は一部空洞になっているが、これには切削加工残とラフト分の重量増を含んでいる。今回の造形体は全てインフィル : 50 % で造形をおこなったため、使用上の強度に問題はみられなかった。インフィルの減少と切削加工代の見直しにより、原型のさらなる軽量化は可能であると思われる。

続いて、作製した樹脂原型から石膏で図 9 のような使用型を作製した。石膏原型から使用型を作製する場合に必要な不可欠であるカリ石鹼の塗布などの原型表面の疎水処理は本樹脂型においては不要であった。

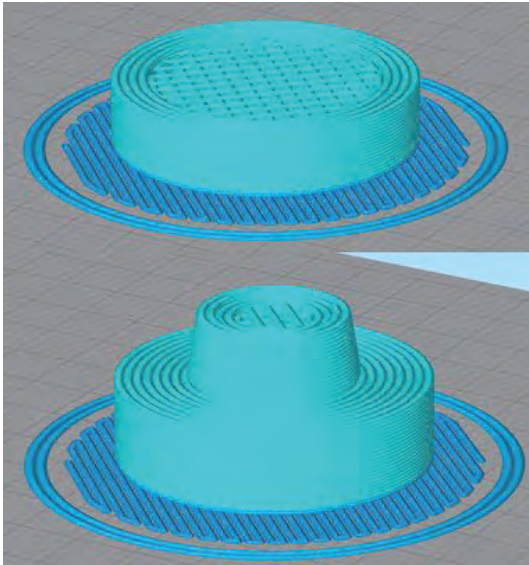


図8 造形体の内部構造



図9 樹脂原型から作製した使用型

また、作製した使用型の鑄込み成形性に関しても、問題となる点は見られず、従来の石膏原型から作製した使用型と同様の成形が可能であり、焼成体にも問題は確認されなかった。

コスト面での評価については当センターでの入手価格を基準としたモデル用材料費での概算となるが、本研究で使用したペレット材料は、当センター所有の高精細な熱溶融式 3D プリンタ (Stratasys 社製 Fortus 4 50mc) 用フィラメント材料比で 1/100 以下の価格となった。

4 まとめ

ABS 樹脂によるケース原型の造形ならびにその切削加工を実施した結果、造形条件には課題が残るものの、切削加工により作製した ABS 樹脂原型は石膏原型の代替として使用可能であり、インフィル：50%での造形では石膏比 60%以上の軽量化が図れることが確認できた。

本研究ではペレット溶融積層式 3D プリンタを使用した。一般に広く普及している比較的廉価なフィラメント溶融積層式 3D プリンタであっても、材料コストは劣るものの、同様の樹脂原型は作製可能である。

また、本研究の樹脂型は板状の粘土を石膏型に押し付けて成形する、所謂たたら成形用の型の代替としても可能であると考えられるため、引き続き検証を進めたい。

参考文献

- 1) 総務省：情報通信白書, 229-230 (2016)
- 2) 滋賀県工業技術総合センター業務報告, 59 (2021)
- 3) 野上雅彦、大谷哲也他：IPJS SIG technical reports 2003 (59), 81-88 (2003)

無機系廃棄物の陶土への活用

—アルミナ砥粒製造時の廃棄物の活用—

神屋 道也*

KAMIYA Michinari

要旨 本研究は砥粒製造時の廃棄物を陶磁器原料として活用し、廃棄物を削減することを目的とする。砥粒製造時に発生する3種類の廃棄物を市販陶土に添加し、物性の変化を測定した。その結果、平均粒子径が $3\mu\text{m}$ 程度の廃棄物を添加することで3倍程度曲強度が向上し、平均粒子径が $300\mu\text{m}$ 程度の廃棄物を使用することで全収縮率が30%程度低減することが分かった。また、砥粒製造時の廃棄物を赤土に添加することで色味が変化することが確認された。

1 はじめに

アルミナ砥粒を粉砕・分級を行う際に、砥粒としては使用できない微細な粒子（アルミナ系廃棄物）が発生する。本研究はこれらのアルミナ系廃棄物を陶磁器の原料として活用し、特徴的な陶土を作製することで廃棄物を削減することを目的とする。

本研究では以下の3種類のアルミナ系廃棄物をあつかう（図1）。それぞれ、湿式粉砕・分級時に発生する泥（アルミナ汚泥）、褐色のアルミナ粉末を乾式粉砕・分級時に発生するアルミナ砥粒を乾式粉砕する際に発生する粉末（アルミナ粉末1）、白色のアルミナ砥粒を乾式粉砕する際に発生する粉末（アルミナ粉末1）である。

これらのアルミナ系廃棄物を信楽で市販される大物陶土粉末に添加し、物性に与える影響を確認した。



図1 無機系廃棄物

2 実験方法

2.1 アルミナ系廃棄物の分析

アルミナ系廃棄物の成分分析および粒子径分布測定を行った。

1050℃で強熱減量（LOI）を測定した。強熱後の試料を使用して、ガラスビード法により作製した試料を波長分散型蛍光 X 線装置（株）リガク ZSX Primus IV）により測定することで成分分析を行った。

粒子径分布測定は、レーザー回折・散乱式粒子径分布測定装置（マイクロトラック・ベル（株） SYNC）を用いて測定した。

2.2 陶土への添加試験

乾燥させた廃棄物を大物陶土粉末に添加し、水を加えて陶土を作製した。これを酸化雰囲気 1250℃において焼成した。焼成した試料の曲げ強度や吸水率そして全収縮率を測定した。

2.3 素地の色味への影響の調査

先行研究において鉄分の多い陶土にアルミナ汚泥を添加することで還元焼成時の色味が変化することが確認された¹⁾。今回はアルミナ系廃棄物3種を赤土に7%、14%添加し、還元焼成（1180℃）し色味に与える影響を調査した。色味の違いを定量的に評価するために、分光色差計（有）東京電色 TC-1800）により測定を行った。

*セラミック材料係

3 結果と考察

3.1 廃棄物の分析結果

3種類のアルミナ系廃棄物の成分分析結果を表1に示す。3種類ともに主成分は Al_2O_3 であり、85%以上含まれている。アルミナ汚泥は Al_2O_3 以外に SiO_2 、アルミナ粉末1は TiO_2 、 Fe_2O_3 など、アルミナ粉末2は Na_2O を比較的多く含むことがわかる。 TiO_2 や Fe_2O_3 は色味に影響を及ぼすことが予想された。

3種類のアルミナ系廃棄物には粒子径分布に大きな違いがあった(図2)。平均粒子径はそれぞれ約 $2.77\mu m$ 、約 $29.6\mu m$ 、 $238\mu m$ であった。

表1 無機系廃棄物の成分分析結果 (wt%)

	アルミナ汚泥	アルミナ粉末1	アルミナ粉末2
Al_2O_3	85.6	90.8	92.4
SiO_2	9.6	5.2	5.6
TiO_2	1.4	4.3	0.0
CaO	0.3	0.9	0.0
MgO	0.2	0.4	0.0
Fe_2O_3	0.2	1.0	0.1
ZrO_2	0.2	0.6	0.0
Na_2O	0.1	0.0	2.2
K_2O	0.1	0.1	0.0
その他	0.5	0.1	0.0
LOI	1.6	0.0	0.0

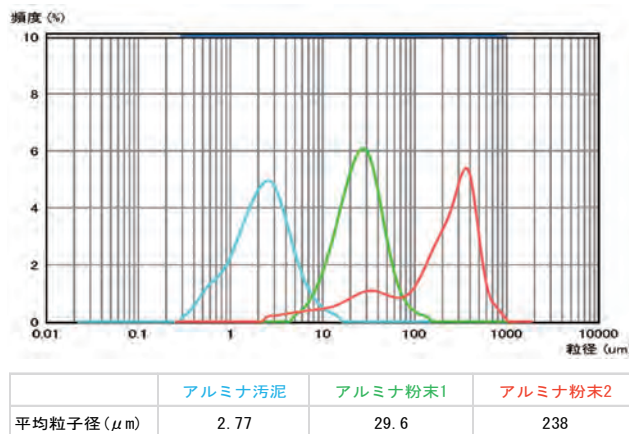


図2 粒子径分布

3.2 陶土への添加効果

市販の大物土へアルミナ系廃棄物を添加した試料の物性測定結果について説明する。アルミナ汚泥とアルミナ粉末1については添加量の増加に伴って、曲げ強

度は増大している(図3)。30%添加においてアルミナ汚泥では曲げ強度が添加前の約3倍、アルミナ粉末1では曲げ強度は添加前の約1.5倍であった。アルミナ粉末2添加による曲げ強度向上の効果は見られなかった。アルミナを使用した強化磁器において、添加するアルミナの粒子径に依存して強度が変化することが報告されている²⁾。今回のアルミナ系廃棄物についても粒子径の大きさが影響を与えていると考えている。

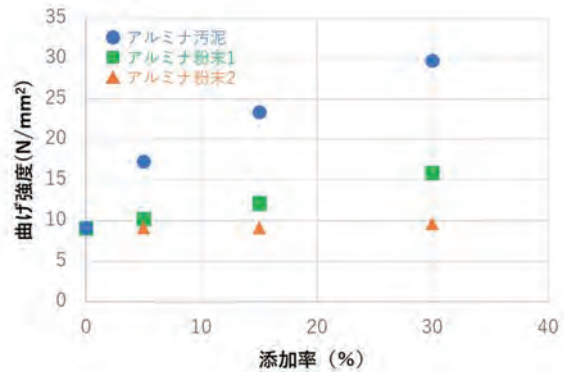


図3 曲げ強度に対する無機系廃棄物添加の効果

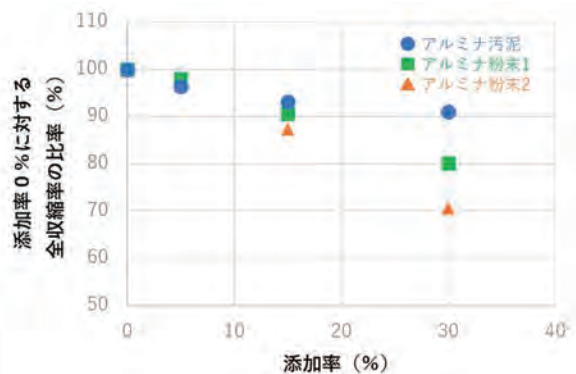


図4 全収縮率に対する無機系廃棄物添加の効果

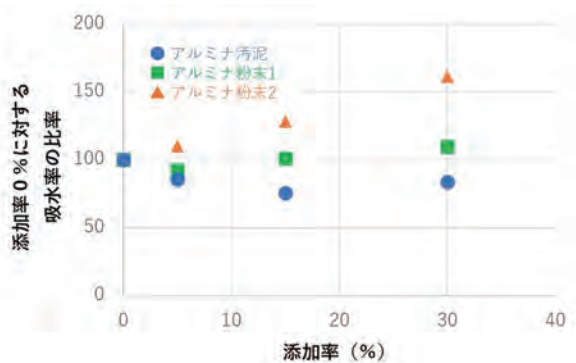


図5 吸水率に対する無機系廃棄物添加の効果

全収縮率と吸水率については、使用した大物陶土粉末の生産ロットにより、添加前の値が上下したため、アルミナ系廃棄物を添加していない大物陶土（添加率0%）の値を100%として、その値に対する比率を示している（図4、5）。

全収縮率についてはいずれのアルミナ系廃棄物の添加によっても低下した（図4）。アルミナ系廃棄物30%の試料について比較すると、全収縮率がアルミナ汚泥添加で約10%低下、アルミナ粉末1の添加で約20%低下、アルミナ粉末2の添加で約30%低下している。

吸水率については3つのアルミナ系廃棄物で異なる効果が出ている（図5）。アルミナ汚泥については吸水率を低下させる効果が見られた。アルミナ粉末1については吸水率を下げる効果はほとんど見られず、アルミナ粉末2については吸水率が增大していた。成分分析結果からはNa₂Oが含まれるアルミナ粉末2を添加することで吸水率が下がることが予想された。しかし、粒子径が大きいことにより焼き締まりが悪くなる影響の方が大きかったために吸水率が上昇したと考えられる。

結果としては、粒子径が小さなアルミナ汚泥を加えることで3倍程度まで強度が上昇することが分かった。また、粒度が大きなアルミナ粉末2を添加することで収縮率が30%程度低下することが分かった。

3.3 赤土地の色味への影響



図6 赤土への無機系廃棄物添加による色の变化

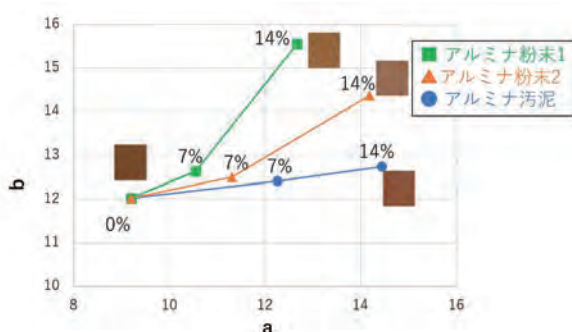


図7 無機廃棄物添加による色調の変化

赤土にアルミナ系廃棄物を14%添加し1180℃で還元焼成した試料を（図6）に示す。添加前の試料と比較して、アルミナ汚泥添加試料は赤みが強く、アルミナ粉末1添加試料は黄みが強い。アルミナ粉末2添加試料はアルミナ汚泥添加とアルミナ粉末1添加の中間的な色である。色調測定装置を使用して測定した結果を図7に示す。ここでaは赤みの強さを示し、bは黄みの強さを示している。アルミナ汚泥添加試料（14%）が最もaが大きく赤みが強いことがわかる。アルミナ粉末1添加試料（14%）が最もbが大きく黄味が強いことがわかる。添加量による違いに注目すると、添加量7%の試料は添加量14%の試料と添加前の中間的な値を示しており、添加量に応じて色味に与える効果の大きさも変化していることがわかる。このように添加する廃棄物の量や種類を変えることで色味がコントロールできることが示唆された。

ただし廃棄物を添加することで色味が変化する原因は不明であるため、今後の研究が必要である。

4 まとめ

アルミナ砥粒製造時の3種類の廃棄物（アルミナ系廃棄物）の陶土原料としての性質を調査した。

アルミナ系廃棄物を信楽の市販の大物土に添加し、物性を測定した。測定の結果、アルミナ汚泥は曲げ強度を3倍程度に高め、アルミナ粉末2を使用することで全収縮を30%程度下げられることが確認できた。

曲げ強度の向上効果のあるアルミナ汚泥は食器や植木鉢の陶土に使用することで破損などを防ぐ効果が期待できる。

収縮を低減させる効果があるアルミナ粉末2は大型製品用の陶土に使用することで、変形や乾燥切れなどを起こしにくくなると予想される。

また、その他のアルミナ系廃棄物の利用法として、赤土の色味のコントロールが考えられる。Al₂O₃が主成分であるアルミナ系廃棄物を添加することで黄みや赤みの強さを変化させられることが確認できた。赤土の色をコントロールすることで、より多彩な製品が製作可能になると考えられる。

以上のように無機廃棄物の添加が陶土に与える影響を確認でき、今後、廃棄物を利用するための情報を得られることができた。アルミナは様々な分野で利用されるセラミックである。今後、今回調査した以外のアルミナを含んだ廃棄物を利用する際には今回のデータを踏まえて用途を考えていきたい。

参考文献

- 1) 神屋道也、植西寛、坂山邦彦：滋賀県工業技術総合センター令和3年度（2021年度）業務報告
- 2) 原田隆介、杉山紀幸、進博人、石田秀輝：日本セラミックス協会誌、104、1151-1155（1996）

滋賀県工業技術総合センター業務報告

第37号

令和5年11月印刷発行

発行 滋賀県工業技術総合センター
〒520-3004 滋賀県栗東市上砥山232
TEL 077-558-1500
FAX 077-558-1373

信楽窯業技術試験場
〒529-1804 滋賀県甲賀市信楽町勅旨2200-5
TEL 0748-83-8700
FAX 0748-83-8701