

ANNUAL REPORT
OF
THE
INDUSTRIAL
RESEARCH
CENTER
OF
SHIGA
PREFECTURE

令和3(2021)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3(2021)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3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)	3Dイノベーション創出支援事業	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
2.	技術相談支援	20
(1)	リサーチサポート制度の利用	20
(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)	21
(3)	海外展開技術支援事業	22
(4)	主な技術相談事例	23
3.	試験・分析	26
(1)	開放試験機器の提供	26
(2)	依頼試験分析	29
(3)	生產品受払	31
4.	研究開発・産学官連携	32
(1)	重点・経常研究	32
(2)	共同研究	33
(3)	研究発表等	35
(4)	重点研究の評価委員会	38
(5)	研究会活動の推進	41
(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.....	53
(4) 産業支援情報メール配送サービス.....	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.....	54
(7) 報道関係機関による掲載件数.....	55
7. その他.....	56
(1) 技術開発室『レンタルラボ』の管理運営.....	56
(2) 企業・大学等訪問事業.....	57
(3) 令和3年信楽焼生産実態調査結果.....	58
Ⅲ. 研究報告.....	62
令和3年度研究報告一覧.....	63
製品動作音の音質評価技術に関する研究.....	64
ファインパブルクーラントを用いた機械加工に関する研究開発.....	67
—電着ダイヤモンド工具によるアルミナセラミックス研削への適用(第2報)—	
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.....	71
—材料開発技術の高度化の検討—	
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.....	75
—形状造形技術の高度化の検討—	
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1報).....	78
高分子複合材料の物性向上に関する研究.....	82
—CNFによる生分解性プラスチック補強の検討(第2報)—	
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.....	87
—バリア機能と機械特性の向上—	
電池デバイスの評価技術の検討.....	91
—内部抵抗評価およびその活用について—	
滋賀の清酒醸造用酵母の醸造条件の検討.....	94
—高香気成分生産酵母のビーカーレベルでの醸造条件の検討—	
「近江の地酒」の酒質分析に関する研究(第2報).....	101
新しい生活様式のための陶製品の開発.....	104
コンピューショナルデザインを活用した陶製品開発(第2報).....	107
耐熱陶器製品の開発—耐熱素地を使用した燻製器の試作—.....	111
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(第3報).....	113
窯業系廃棄物を活用した園芸土木資材の開発Ⅲ.....	117
—アルミナ汚泥および樹脂製造時副産物の陶磁器への活用—	

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性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。

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まいります。

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
平成12年	4月	(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
		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

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)

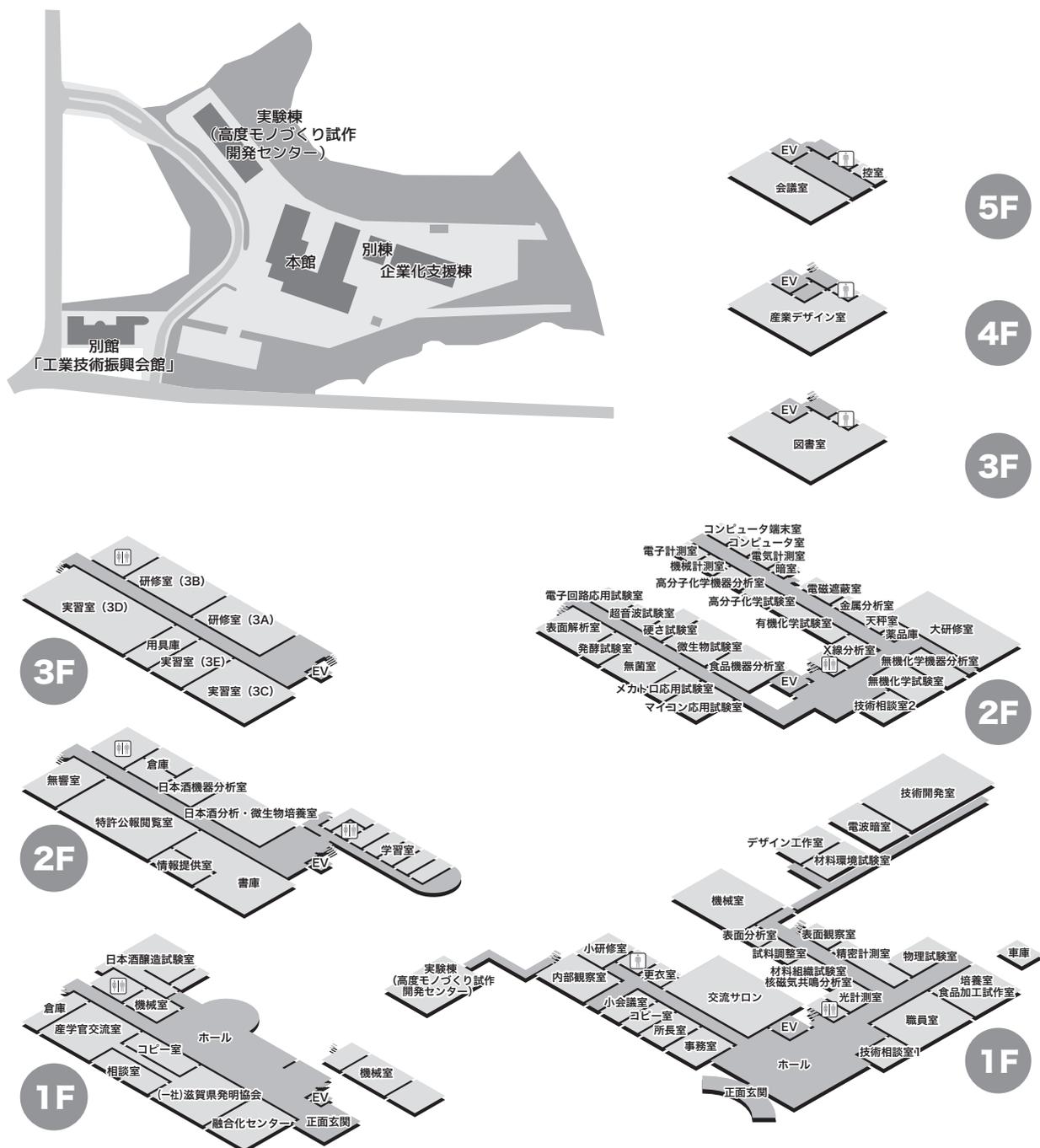
3. 敷地および建物

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



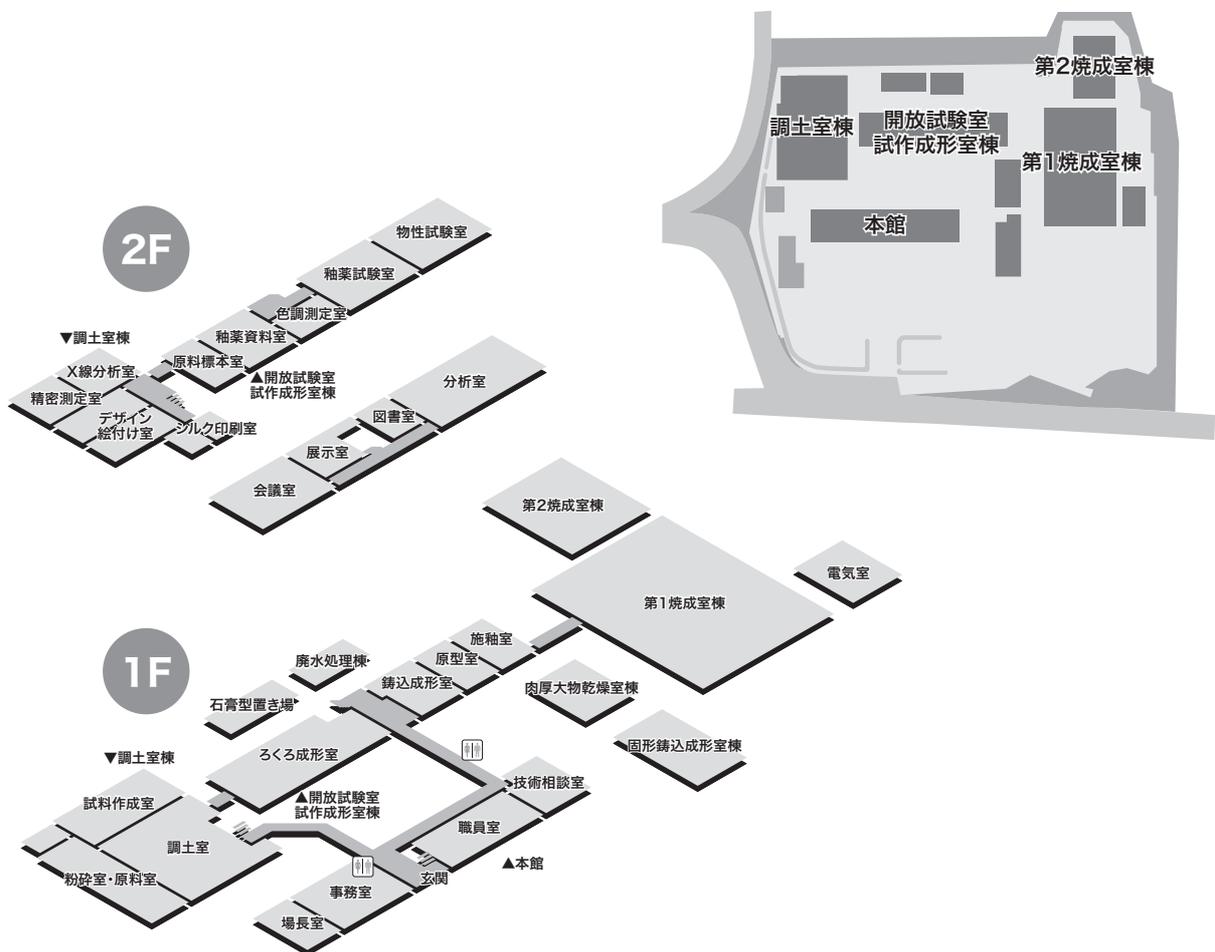
信楽窯業技術試験場

所在地 〒529-1851滋賀県甲賀市信楽町長野498番地

土地 7,561.23m²

建物 3,244m²

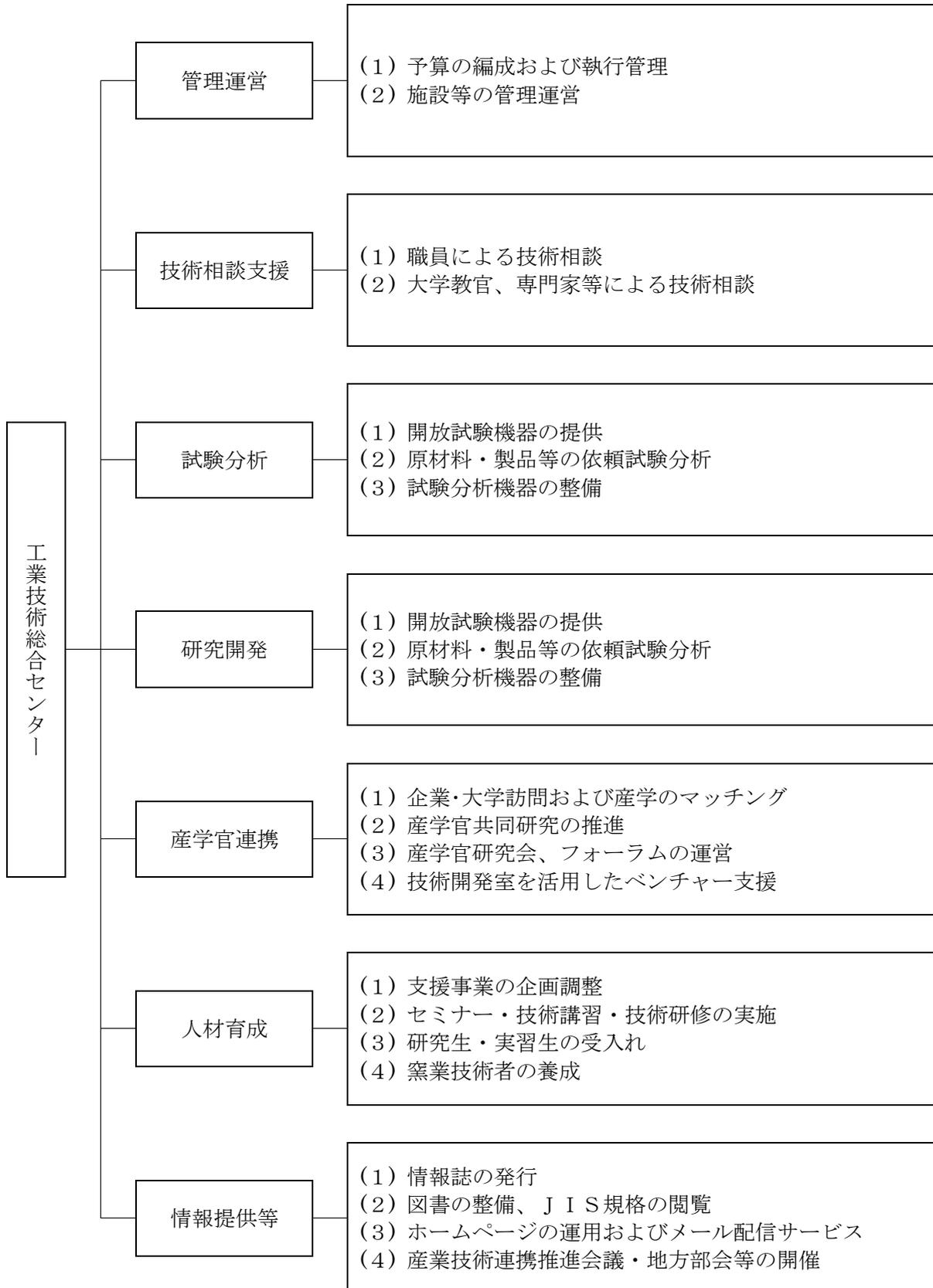
本館	(鉄筋コンクリート2階建)	608m ²
開放試験室・試作成形室棟	(鉄筋コンクリート2階建)	576m ²
固形鑄込成形室棟	(鉄筋コンクリート平屋建)	91m ²
肉厚大物乾燥室棟	(鉄骨スレート平屋建)	63m ²
調土室棟	(鉄筋コンクリート2階建)	698m ²
第1焼成室棟	(鉄骨スレート平屋建：国庫補助)	612m ²
第2焼成室棟	(鉄骨スレート平屋建：国庫補助)	201m ²
その他	(車庫、電気室等)	395m ²



4. 組織および業務内容

(1) 機能と事業

(令和4年3月31日現在)

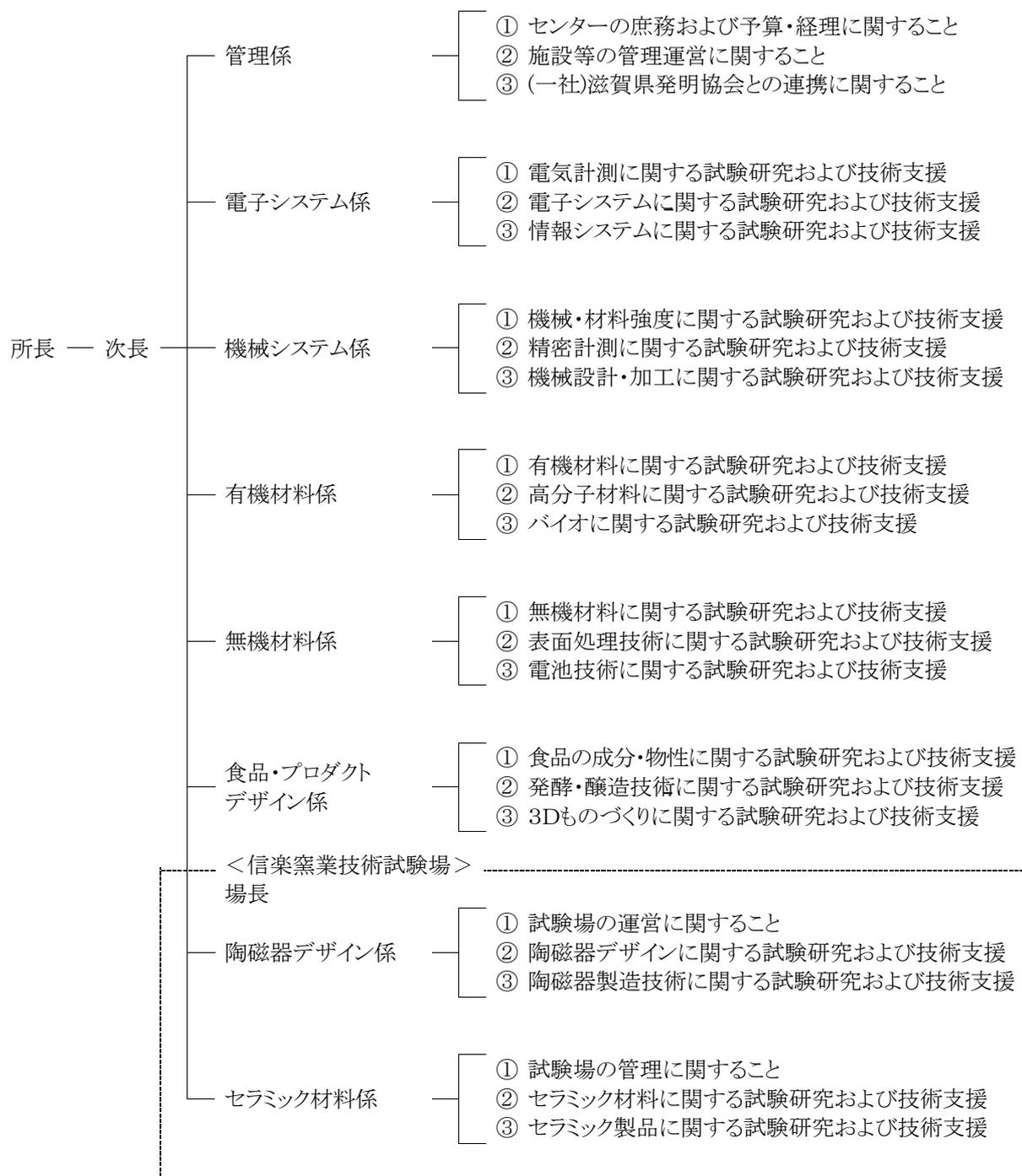


(2) 機構および業務内容

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4年3月31日現在)



5. 決算（令和3年度）

（1）事業別決算

（単位：円）

概要		決算額
工業技術総合センター費	職員費	292,129,503
	運営費	
	企業化支援棟推進費	5,532,294
	【長期保全】庁舎整備費	385,310,000
	庁舎整備費	30,499,260
	工業技術総合センター衛生環境改善事業	38,707,900
	無体財産（特許権）維持管理費	1,642,000
	庁舎管理運営費	52,155,613
	小計	513,847,067
	ものづくり支援開放機器整備推進事業費	6,820,724
	技術相談指導事業費	900,810
	共同研究プロジェクト事業費	3,231,780
	窯業技術研究開発事業費	2,201,909
	地域連携型モノづくり人材育成事業費	733,294
	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） （世界一の超低NOx・低CO2高運転効率を実現するAI運転制御機能付SDGs達成小型蒸気ボイラ（スーパー10JAFIボイラ）の研究開発）	182,124
	（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）	9,966,264
	（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）	1,036,070
	（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）	8,677,573
	（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）	7,713,706
	（次世代の高精度・高能率な車体製造用高粘度接着剤塗工技術の開発）	514,236
（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）	13,000,000	
イノベーション推進設備整備事業費	12,100,000	
「近江の地酒」魅力向上支援事業費	2,244,720	
モノづくり技術力向上のための「技術研修」事業費	280,712	
3Dイノベーション創出推進事業費	101,760	
現場力の維持・強化に向けたAI開発支援事業費	1,028,310	
感染症対策材料の開発支援事業費	2,183,217	
デジタル技術を活用した陶製品開発人材育成事業費	2,098,685	
技術情報サービス事業費	3,611,489	
ものづくり支援開放機器維持管理事業費	26,322,996	
学会連携事業費	310,884	
一般研究事業費	2,873,776	
地域産業育成指導事業費	985,890	
小計	109,120,929	
工業技術総合センター費 合計		915,097,499
経費その他	中小企業技術指導員研修事業費	617,012
	中小企業技術支援情報ネットワーク推進事業費	830,500
小計		1,447,512
合計		916,545,011

(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	74,922,544	試験分析機器等設備使用料(栗東、信楽)	70,668,720
				技術開発室使用料	3,427,920
				技術開発室電気料金	586,371
				別館共益費	220,633
				自動販売機電気料金	17,400
	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	3,718,720	試験等手数料(栗東、信楽)	3,718,720
国庫支出金	国庫補助金	商工観光労働費 国庫支出金	30,652,412	地方創生推進交付金	10,367,812
				新型コロナウイルス感染症対策対応地方創成臨時交付金	20,284,600
財産収入	財産運用収入	財産貸付収入	1,320	無体財産許諾料	1,320
		生産物売払収入	142,480	生産物売払収入(栗東)	142,480
繰入金	基金繰入金	工業技術振興基金繰入金	13,740,633	モノづくり技術力向上のための「技術研修」事業ほか	11,641,948
		中小企業活性化推進基金		信楽焼商品開発のための3Dモデル活用支援事業	2,098,685
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	43,894,164	自動販売機納付金	76,545
		借受機器使用料(栗東)		2,426,090	
		試験研究事業費補助金		41,089,973	
		窯業技術者養成受講料		255,000	
		広告掲載料	20,000		
	延滞金	26,556			
合計			167,072,273		

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	16,307,364
			給料	137,274,062
			職員手当	87,450,986
			共済費	50,385,561
			報償費	1,667,400
			旅費	1,612,654
			需用費	114,186,709
			役務費	6,168,116
			委託料	33,620,511
			使用料および賃借料	863,443
			工事請負費	397,729,000
			原材料費	2,439,775
			備品購入費	64,799,058
			負担金補助および交付金	575,860
			公課費	17,000
	(中小企業費)小計			915,097,499
		商工業費	工業振興費	旅費
	役務費			830,500
	負担金補助および交付金			521,148
(商工業費)小計			1,447,512	
(商工観光労働費)小計				916,545,011
合計				916,545,011

(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

- 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
RI	-	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

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3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4年3月9日(木) 10:00～12:00

【開催会場】 工業技術総合センター2階大研修室

【委員】

座長	和田隆博	龍谷大学 先端理工学部教授
委員	阿瀬 太	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
	大原耕造	信楽陶器工業協同組合 理事長
	北村嘉英	草津電機株式会社 代表取締役会長 (欠席)
	月瀬寛二	公益財団法人滋賀県産業支援プラザ 常務理事
	二井谷春彦	日本電産マシントール株式会社 常務執行役員
	牧川方昭	立命館大学 理工学部特命教授・理事補佐

【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

高度モノづくり試作開発センター（金属3Dプリンタ）、自動精算機、精密計測室（非接触三次元測定機）の見学

【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>栗東にはコトづくり支援の概念が抜けているような気がする。ただ、国も企業も次にどうしたらいいのかわからないようであり、このような状況のなか、コトづくりをもう少し取り入れるべきだと思う。</p>	<p>我々も産業界も何らかの旗を立てていくべきとのご指摘かと思う。デジタル化やカーボンニュートラルの取り組みは、産業界がこれから避けて通れないスタンダードな取り組みになっていくと考えている。令和4年度以降、産業支援プラザと共同で、製造工程に着目してどの辺りでCO2を多く排出しているかを把握し、そこに技術的なメスを入れるような取り組みを行っていく予定としている。その中で、金属3Dプリンタの利用は、CO2削減に向けた重要な取り組みになると考えている。また、全固体電池の実用化に向けた評価技術やバイオマス由来のプラスチックの活用などにも重点的に取り組み、情報発信していきたい。</p>
<p>金属3Dプリンタの取り組みには大きな意義がある。今、滋賀では3Dプリンタを3台同時に試験ができる。これは日本では稀な環境だと思うので、データを蓄積いただいてこうした技術が世界展開できるように一緒に取り組んでいきたい。</p>	<p>金属3Dプリンタによる技術開発の取組みを、県内企業や大学、さらにはメーカーといっしょに取り組める環境が滋賀県にあるというのは、他県にない強みと考えている。現在、工業技術総合センターが主導している「滋賀県3Dイノベーション研究会」の活動をより発展させるとともに、研究の成果を広くPRし、滋賀県発の技術として普及を目指していきたい。</p>
<p>最近、窯業技術試験場に通い出した。何を考えているかというのと、機械の構造部材を代替えることができないかということである。 輸入に頼らずとも、今ある山を掘り返せば工作機械ができるかもしれないという大胆な発想で、具体的な取り組みを我が社ではしている。 こういうアイデアを県内の企業全体からどんどん掘り起こしていく必要があり、そのために大事なことはスピード、ネットワーク、情報セキュリティであり、この3つを企業支援で徹底していただくと、企業からのアイデアがどんどん出てくると思う。</p>	<p>情報セキュリティへの十分な対策と産学官ネットワークの活用を推し進めることで、企業の取り組む様々なアイデアの掘り起こしと具体化に向けた技術支援をスピーディに進めていきたい。</p>
<p>信楽産地にとって一番大切な製品開発について、試験場に協力をお願いしたい。得意な大物で何か新しい製品を開発したいと考えている。</p>	<p>これまでも大物陶器として植木鉢や水連鉢、多孔質素材を活用した水琴窟など提案してきているが、今後も産地の特性を活かした製品開発ならびに技術支援を推し進め、産地振興に努めていきたい。</p>
<p>信楽陶器工業協同組合の工場が、かなり老朽化している。土の品質を追求されるため、コンパクトにして対応していきたいと思っている。1台数千万円もするが、組合は資金的に難しい。低価格で対応できる制度的な窓口の紹介などをお願いしたい。</p>	<p>県や国等の支援制度を適時紹介するとともに、原料評価や陶土の製造技術等についても引き続き技術支援を行っていきたい。</p>

<p>サポインの採択数が全国1位であるということが紹介された。素晴らしいことだと思う。研究内容の重要性が認められている証であり、引き続き企業の発展に貢献いただきたい。</p>	<p>今後も滋賀県産業支援プラザと協力して、新技術や新製品開発に熱心な企業の競争的資金を活用した研究開発を支援するとともに、新たに技術開発に取り組む企業の掘り起こしにも注力したい。</p>
<p>信楽窯業技術試験場のコトづくりで、万博でも活動できないかという話があった。万博の会場の中でというのはなかなか難しい状況であるが、周りを盛り上げよう取り組みがあり、滋賀からも発信できるので、アイデアを出していただきたい。</p>	<p>令和4年秋の陶芸の森隣地への移転を機に、甲賀市や陶芸の森との連携を強め、コトづくり支援として信楽焼の魅力づくりや魅力発信を図る予定としている。2025年の大阪・関西万博や海外需要の開拓に繋がるよう努めていきたい。</p>
<p>センターは大変よくがんばっているとも思っている。しかし、なかなか未来が見えない。短期の所では現状しっかり対応されているが、将来的にどのように取り組んでいくのかが分からないため、長期計画を示せば、職員、企業にとって励みになるのではないかと思う。</p>	<p>令和7年度に供用開始を予定している東北部工業技術センターの移転・統合を見据え、工業技術総合センターと東北部工業技術センターの中期的なあり方について、ワーキンググループを立上げて検討している。検討内容をまとめ、両センターの特徴・方向性を明確にすることで、今後のセンターの指針としていきたい。</p>

7. 設備・機器

令和3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	金属3D用設計支援システム	DassaultSystemes/SOLIDWORKSP rofessionallほか	3,179,000	R3.10.5	ものづくり支援開放機器整備 推進事業
	表面微細構造評価装置	(株)アントンパール/AFM原子間力顕 微鏡TOSCA200他	8,489,800	R3.10.6	戦略的基盤機技術高度化支 援事業
	顕微鏡観察システム	(株)ニコン/ECLIPSELV100ND	7,095,000	R3.10.11	戦略的基盤機技術高度化支 援事業
	ラマン分光偏光装置	ナノフoton(株)/簡易偏光セット一式	1,951,950	R3.12.14	共同研究プロジェクト事業
	金属3D造形 モニタリングシステム	日本電産マシツール(株)/ LAMDA200用モニタリング機能	12,100,000	R3.12.21	イノベーション推進設備整備 事業
	水素発生装置	ウインテック株式会社 /WINGG-150B高圧・高純度タイプ	566,500	R3.12.23	戦略的基盤機技術高度化支 援事業
	クロスセクションポリッシャー	日本電子(株)/IB-19520CCP+IB -10500HMS他	12,980,000	R4.1.14	戦略的基盤機技術高度化支 援事業
	ダイヤモンド コンプレッションセル	(株)システムズエンジニアリング /MDC-2011	425,260	R4.1.28	戦略的基盤機技術高度化支 援事業
	リークディテクター	ジーエルサイエンス(株)/LD239	104,280	R4.2.3	戦略的基盤機技術高度化支 援事業
	耐水素脆性評価用 低歪速度引張試験装置	(株)島津製作所他/S348-30266- SSS0I32110700249他	5,875,100	R4.2.10	戦略的基盤機技術高度化支 援事業
	光学特性評価光源	壺坂電機株式会社 /SOL-100-01D06	296,780	R4.2.28	ものづくり支援開放機器整備 推進事業
	醗(もろみ)用 遠心分離装置一式	有限会社ヴァンテック/CS-JL型	3,371,500	R4.3.25	ものづくり支援開放機器整備 推進事業
信楽	大型サイネージ他	アイ・オーデータ機器他 /IWB-651/PC1他	423,610	R3.12.24	庁舎整備
	大物ろくろ他	大物ろくろ、小物ろくろ他	1,416,800	R4.3.25	庁舎整備
	展示什器他	展示台、展示棚他	1,608,200	R4.3.25	窯業技術研究開発事業

II. 業務概要

1. 重点事業

(1) 3Dイノベーション創出支援事業

1. 事業目的

県内のモノづくり産業において、切削加工に代表される除去加工ではなく、材料を積み上げ重ねていく新加工法（付加加工）である3Dモノづくり技術を普及・活用することにより、県内における新たな技術革新の創出を強力にバックアップすることを目的とする。

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、最新鋭の金属3Dプリンタの整備・機能強化をはじめ、産学官の研究会による関連技術の情報提供や先行試作を実施した。

(1) 金属3Dプリンタの機能強化

最新の金属3Dプリンタの利便性向上・機能強化を目的にオプション機器の導入を実施する。

(2) 滋賀3Dイノベーション研究会による支援

23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、最新鋭の金属3Dプリンタによる技術開発支援として、情報提供・先行試作を実施する。

成果

- ・金属3D造形モニタリングシステムの導入
- ・金属3D用設計支援システム（CAD・CAE）の導入
- ・上記導入機器による試作
- ・研究会の開催3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.43）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、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：プロジェクトマネージャーのためのAI活用セミナー（参加者：46名） 日程：2021年9月29日（水） 講師：阮翔氏【株式会社tiwaki 代表取締役社長】 方式：Zoom配信方式（ウェビナー）
名称：現場技術者のための基礎からのAI構築実習（参加者：6名） 日程：2021年10月28日（木）、10月29日（金）、11月1日（月） 講師：綿末太郎氏【株式会社tiwaki 取締役】 中川智博氏【株式会社tiwaki 取締役】 阮翔氏【株式会社tiwaki 代表取締役社長】 場所：滋賀県工業技術総合センター
名称：製造現場へのAI・IoT普及セミナー&令和3年度ものづくりIoT研究会第2回定例会 （参加者：97名）（公益財団法人滋賀県産業支援プラザとの共催） 日程：2022年3月7日（月） 特別講演：機械学習を用いた工業製品の不良品検出-AIの導入で問題はすぐに解決するのか- 藤田和弘氏【龍谷大学先端理工学部教授】 講演：DX導入を成功に導くための秘訣 角淵弘一氏【株式会社オフィスエフエイ・コム西日本事業所】 製造現場のAI・IoT導入事例発表： 高橋金属株式会社、ヘイシンテクノベルク株式会社、山科精器株式会社 場所：コラボしが21

(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気成分酵母を活用して、香りや旨味と滋賀らしさ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



(1) 高香気成分（カプロン酸エチル [果実香(リンゴ様・洋梨様)]）生産酵母
酵母単独使用では香気成分が高く、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。令和4年度はさらに実地醸造試験へ進める予定である。

(2) 高香気成分（酢酸イソアミル [果実香(バナナ様・メロン様)]）生産酵母
これまでに候補株が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4年度は小規模醸造試験、実地醸造試験へ進める予定である。

2. 技術相談支援

令和3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	5,100件	1,078件	6,178件
リサーチサポート制度の利用	6件	10件	16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：6件

月日	分野	内容
R3.4.2	その他	新製品開発にかかる事業計画について(4件)
R3.12.13	食品	試験醸造酒の評価について
R4.2.9	無機材料	照明用部材の品質について

【信楽】件数：10件

月日	分野	内容
R3.7.12	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
R3.7.27		商品開発およびブランド構築について
R3.8.5		陶磁器製品の加飾技術について
R3.9.8		「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
R3.11.19		陶磁器製品の加飾技術について
R4.1.12		収蔵品の活用について
R4.1.17		「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
R4.1.19		収蔵品の活用について
R4.2.28		「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
R4.3.4		陶磁器製品の加飾技術について

(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【最新の赤外分光光度計(FT-IR)を用いた樹脂などの材料評価の原理と実践のコツ】 実習【高機能赤外分光光度計】	3.9.10	赤外分光光度計による材料の構造解析技術に関する講習と実習(デモンストレーション)	39名 26名
	講習【食品の有機酸およびアミノ酸成分分析】 実習【液体クロマトグラフ(有機酸分析、アミノ酸分析)】	3.11.26	液体クロマトグラフによる有機酸とアミノ酸の分析方法に関する講習と実習	14名 4名
	講習【最新のCAD・CAEの活用とその事例】 実習【金属3D用設計支援システム】	3.12.7	3DCADによる設計およびシミュレーション技術に関する講習とデモンストレーション	20名 20名
	講習【マイクロフォーカスX線透視装置の構造と取扱方法】 実習【マイクロフォーカスX線透視装置】	3.12.17	原理・技術に直結する内容の学習および観察の実演・実習	11名 11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】	4.1.28	振動試験における取付治具の概要についての講習および実際の治具を使用した実習	7名 7名
	講習【試料調製の基礎】 実習【試料調製関連装置一式】	4.2.9	顕微鏡観察に用いる試料の作製・調整方法に関する講習と実習	9名 5名
	講習【高感度ガスバリア性測定装置の原理と実践のコツ】 実習【高感度ガスバリア性測定装置】	4.2.21	フィルムのガスバリア性評価の基礎や測定の際の注意点に関する講習と実習	21名 4名
	講習【3Dプリンタ活用の応用】 実習【金属3Dプリンタ用モニタリングシステム】	4.3.3	新規導入した金属3Dプリンタ用モニタリングシステムの特徴についての講義と実習(デモンストレーション)	11名 11名
	栗東計	16コース		220名
信楽	講習【セラミック材料における熱分析基礎講座】 実習【熱分析装置】	3.10.22	熱分析装置によるセラミックス材料特性評価方法に関する講習と実習(デモンストレーション)	8名 6名
	講習【粒子径分布測定の基本】 実習【粒子径分布測定装置】	3.11.25	装置の測定原理や試料調整方法などに関する講習と実習	9名 6名
	信楽計	4コース		29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		249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
石井満氏	CEマーキング、機械指令、低電圧指令、EMC指令、RE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	インピーダンス測定について
高周波数における固体電解質のインピーダンスを正確に測定したい。	
<p>対応</p> <p>高周波数でのインピーダンス測定には、測定したい周波数に対応したインピーダンス測定専用器（インピーダンス・アナライザ、LCRメータ）と、同じく測定する周波数に対応した測定治具が必要。通常、測定器と測定治具は同軸ケーブルで接続するが、ケーブル長が長いほど測定誤差の増加や測定可能な上限周波数の低下等が生じる。そのため、測定器単体の上限周波数まで常に正しく測定できるとは限らないことに注意が必要。また、試料を測定する前に、高周波特性の良いチップ抵抗等を測定することで、使用する測定系（測定器＋測定ケーブル＋測定治具）で正しく測定できる周波数範囲を事前に把握することが可能になる。なお、当センターと企業とで開発した「標準RC回路」（実際の固体電解質の等価回路を模擬した抵抗とコンデンサで構成する測定標準デバイス）を測定することで、使用されている測定系が固体電解質の測定にどの程度適応しているかを容易に把握できる。特にスペックが規定されていない自作の測定治具の場合には、標準RC回路を測定して測定可能範囲を把握しておくことは非常に有用。</p>	

分野	機械・計測
課題	金属3Dプリンタによるアルミ合金の造形および評価
参入分野における将来の金属3Dプリンタ活用を想定し、造形技術や評価手法に関する知見を先行して収集・取得したい。	
<p>対応</p> <p>センター既設の粉末DED方式金属3Dプリンタの特徴である大型および高速造形に着目されたの相談であった。アルミ合金はレーザーの吸収率が小さいために積層が困難な材料であり、センターとしても造形条件の知見は持ち合わせていなかったが、相談企業と共に造形条件の検討を重ねていった。</p> <p>相談企業が求める機械的特性を満たし、かつ粉塵爆発の危険性が低く金属3Dプリンタ積層造形に適したアルミ合金粉末を選定し、造形条件（レーザー出力や速度など）の検討を進めた。レーザーの吸収率（反射率）が一般的な鋼材と比較して大きく異なるため、幅広い条件において、ビード（ライン）造形や小型ブロック造形を検討し、基材との剥離状況、切断後の観察による内部欠陥やき裂の有無、硬さ測定などの評価を交えながら、積層条件を絞り込んだ。選定した条件下で部品形状を想定した複数サイズのブロック造形後、相談企業が熱処理や評価用サンプルの切削加工を行った。その後、熱処理前後の機械的特性や密度などを測定し、アルミ合金積層造形物の製品化を想定した評価を行った。</p> <p>相談企業は、本相談で得られた金属積層造形およびその評価技術に関する新たな知見を元に、部品の試作や特性評価結果をまとめ、新規参入分野に新たな3Dものづくり手法を提案することが出来た。</p>	

分野	機械・計測
課題	金属3Dプリンタによるシャフトへの異種材料追加造形の検討
シャフトへの異種材料追加積層造形を想定した製品形状積層パスおよび造形検討を行いたい。	
<p>対応</p> <p>センター既設の粉末DED方式金属3Dプリンタの特徴を活用することで、異種材料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。基材は積層造形で一般的な板材ではなく、丸棒シャフト側面上への製品形状造形を希望された。</p> <p>複雑な形状であるために、将来想定される材料ではなく、第一段階としてセンターで十分に積層造形条件を把握している材料による試作造形を勧めた。</p> <p>DED方式金属3Dプリンタの付帯設備として整備したロータリーテーブル（既存のX,Y,Zの三軸稼働に加えA軸回転を実現する回転機構）の活用を想定し、同じく整備した金属3Dプリンタ専用CAMソフトウェアを用い、積層パスの作成および造形シミュレーションを進めた。複雑形状であるため、積層部位と粉末吐出ノズルが干渉しないよう、シミュレーションを重ね、造形のための積層パスを作成した。</p> <p>相談企業は、造形サンプルを元に、必要な削り代や造形時の形状崩れ箇所の評価を行い、その結果、金属積層造形に関する知見取得の他、造形に適したモデリング修正など3Dものづくり設計技術力の向上に繋がった。</p>	

分野	有機材料
課題	ゴム製品の摺動部分の摩擦測定
製品に組み込まれる予定のゴム部材の摺動時における抵抗力を測定したい。	
<p>対応</p> <p>当センターで保有する低荷重物性試験機は様々な測定に対応した特殊ジグを多数保有している。実際の製品における摺動に近い動きが可能なジグを選定し、かつ試料の設置方法を工夫するとともに市販の金属部材を活用することで、ゴム部材の摺動を疑似的に再現し、その抵抗力を測定することと提案し、実際に測定が可能となった。</p>	

分野	有機材料
課題	フィラー・樹脂複合材の混合ムラの評価
樹脂（ポリプロピレン）とフィラーを混練したペレット材の混合ムラを評価したい。	
<p>対応</p> <p>複合材中の樹脂とフィラーの混合比を算出するには、有機溶媒で樹脂を溶解後にろ過してフィラー分を定量するか、加熱して樹脂を熱分解し熱分解残渣量からフィラー分を定量するかのどちらかが考えられる。ポリプロピレンは高温の塩素系溶媒にしか溶解せず、前者の方法は危険性が高い。そこで熱分析装置（熱重量示差熱分析装置 TG-DTA）を用いて、加熱時の重量減少曲線から熱分解残渣量を計算することでフィラー分を定量し、ロットごとのペレット材の混合ムラを評価した。</p>	

分野	無機材料
課題	塗膜の成分分析について
塗膜中の原料成分の分散状態を調べたい	
<p>対応</p> <p>成分分析の手法の一つとしてラマン分光法がある。物質にレーザー光を照射すると物質の構造に由来したラマン散乱を生じるため、散乱スペクトルを取得することで分子構造の評価や成分分析を行うことができる。本件では、塗膜のマッピング測定を行って各原料由来の散乱ピークを分析することにより、原料成分の分散状態を評価することができた。</p>	

分野	デザイン
課題	樹脂3Dプリンタによる造形物の内部充填について
造形条件の変更により、造形物の内部充填率を向上させたい。	
対応 FDM方式樹脂3Dプリンタは、通常の描き方では輪郭線と内側を埋める線との間に隙間があいてしまう。そこで、輪郭線を多重に描いて造形する方法を提案し、射出量の調整や始点終点の配置により、内部充填率を向上することができた。また、内部充填の様子についてはマイクロフォーカスX線透視装置や電子顕微鏡による観察をおこなった。	

分野	食品
課題	食品の賞味期限延長について
賞味期限を延長させる製品を検討している。どのような確認試験が必要か。	
対応 賞味期限は「品質が保たれ、おいしく食べられる期限」を示している。通常は次の3点で確認する。①理化学分析（品質劣化を化学的および物理的変化で計測する）、②微生物試験（腐敗や劣化の原因となる微生物の存在と増殖を確認する）、③官能評価試験（人間の味覚、視覚、嗅覚などの感覚を利用して評価する） 食品ごとに必要な評価項目が異なるため、対象となる食品を絞った上で検討することを指導した。	

分野	陶磁器デザイン
課題	陶磁器製品の3Dデータの測定と活用方法が知りたい
3Dスキャナーの活用について	
対応 3Dスキャナーにより、三次元形状および表面の色彩等のテクスチャの読み込みとデータ化できる。データ化により拡大縮小が容易にでき、さらに仮想空間でのシミュレーションが可能になり、このVR/AR効果により製品説明が明確になり製品開発の迅速化や市場開拓に繋がる。	

分野	セラミック材料
課題	室温～1400℃での焼結時の収縮特性の把握
焼結条件を最適化したい	
対応 押し棒式熱膨張測定装置により温度変化時の収縮挙動を確認した。高温域での測定においては装置内部のサンプルが軟化により押し棒やホルダー等に融着する危険性があるため、アルミナスペーサーやPt箔を用いて、装置へのサンプルの融着を防ぎながら測定を実施した。サンプルの収縮特性を把握することで、適切な焼結条件を定めることができた。	

分野	セラミック材料
課題	動的画像解析を利用した特定形状粒子の粒子径分布測定
ガラスビーズと鉍物粒子が混合された粉末中のガラスビーズの粒子径分布を測定したい	
対応 ガラスビーズと鉍物粒子が混合された粉末中のガラスビーズの粒子径分布を測定したいと相談があった。動的画像解析式の粒子径分布測定を行い、粒子画像を撮影した。ガラスビーズがほぼ真球であり、鉍物粒子は非球形であるため、円形度によってそれらの画像の分類を行い、円形度0.99以上の粒子をガラスビーズとして粒子径分布を算出した。	

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3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3年度設備機器利用状況>

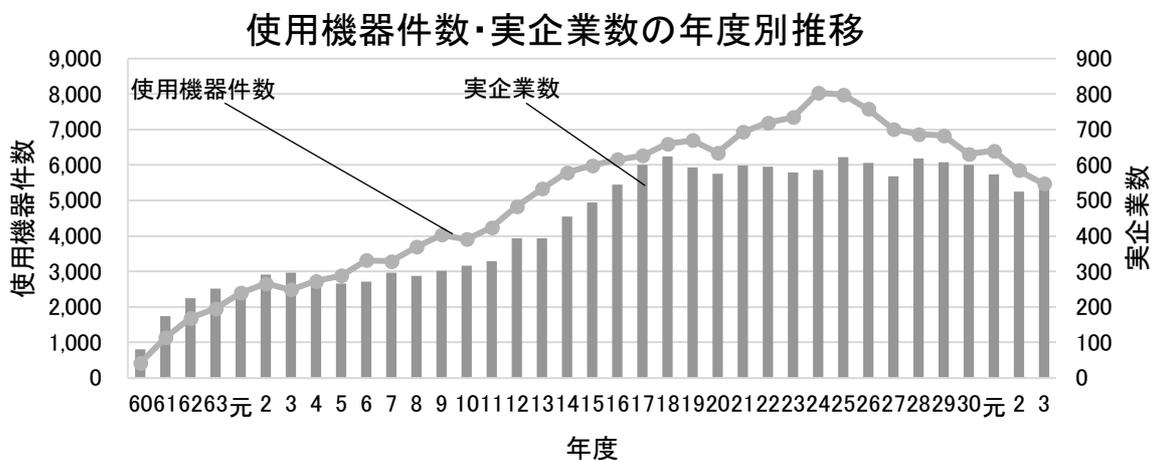
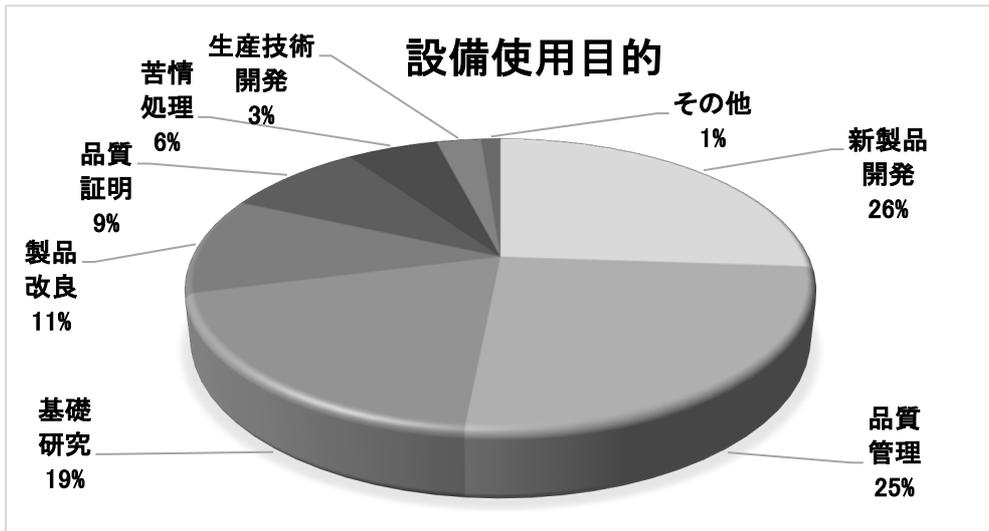
使用機器件数	5,468件
延使用時間数	48,466時間
実企業数	544社

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	1,427	1,390	1,064	592	470	308	151	66	5,468
	26.1%	25.4%	19.5%	10.8%	8.6%	5.6%	2.8%	1.2%	

主な利用機器

No	令和3年度		平成24年度～令和3年度	
	機器名	件数	機器名	件数
1	万能材料試験機(50kN)	364	赤外分光光度計(FT-IR)	4,412
2	マイクロフォーカスX線透視装置	338	走査型電子顕微鏡	3,390
3	高機能赤外分光光度計	255	SEM用分析装置	3,051
4	分析走査電子顕微鏡	250	前処理装置	2,694
5	大変位振動衝撃試験機	187	万能材料試験機(50kN)	2,644
6	前処理装置	186	エネルギー分散型蛍光X線分析装置	2,423
7	イオンコーティング装置	172	イオンコーティング装置	2,067
8	エネルギー分散型蛍光X線分析装置	172	電子天びん	1,928
9	電子天びん	159	熱分析装置	1,688
10	三次元測定機	149	三次元測定機	1,628
11	顕微鏡システム	123	ICP発光分析装置	1,552
12	電波暗室	105	マイクロフォーカスX線透視装置	1,451
13	放射電磁界測定システム	103	大変位振動衝撃試験機	1,365
14	ICP発光分析装置	103	放射電磁界測定システム	1,219
15	熱分析装置	101	電波暗室	1,191
16	X線光電子分光分析装置	96	X線光電子分光分析装置	973
17	湿式切断機	78	万能材料試験機(500kN)	873
18	滅菌用オートクレーブ	76	熱分析ガスクロマトグラフ質量分析装置	833
19	クリーンベンチ	73	非接触三次元測定機	819
20	万能材料試験機(50kN)用恒温槽	73	試料研磨機	796



参考年度別使用機器件数・延使用时间数・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	延使用时间数	実企業数
S60	422	1,721	81
S61	1,137	6,991	175
S62	1,685	10,529	224
S63	1,952	14,825	251
H元	2,399	17,066	250
H2	2,656	23,003	291
H3	2,487	19,135	297
H4	2,733	19,502	265
H5	2,884	21,006	266
H6	3,311	26,447	272
H7	3,287	18,338	296
H8	3,694	22,061	288
H9	4,032	25,194	302
H10	3,909	24,357	317
H11	4,239	27,485	330
H12	4,834	30,501	394
H13	5,324	28,025	394
H14	5,791	30,028	455
H15	5,987	32,418	495

年度	使用機器件数	延使用时间数	実企業数
H16	6,157	36,821	545
H17	6,267	34,083	601
H18	6,598	39,626	624
H19	6,696	37,672	593
H20	6,348	37,937	575
H21	6,927	36,664	599
H22	7,191	39,792	595
H23	7,343	36,301	579
H24	8,038	46,119	587
H25	7,983	61,288	622
H26	7,574	51,076	607
H27	7,009	56,241	569
H28	6,865	50,115	619
H29	6,833	41,453	608
H30	6,307	44,809	601
R元	6,398	44,530	573
R2	5,853	45,585	525
R3	5,468	48,466	544
合計	184,618	1,187,210	-

B 信楽

主な利用機器

No.	令和3年度		平成24年度～令和3年度	
	機器名	件数	機器名	件数
1	粒子径分布測定システム	100	粒度分析装置	1244
2	走査型電子顕微鏡	88	走査型電子顕微鏡	982
3	SEM用元素分析装置	77	前処理装置	898
4	電子天びん	64	SEM用元素分析装置	802
5	前処理装置	51	電子天びん	514
6	スラブローラー	50	エネルギー分散型蛍光X線分析装置	507
7	波長分散型蛍光X線分析装置	41	乾燥機	327
8	エネルギー分散型蛍光X線分析装置	35	シリコニット電気炉	295
9	シリコニット電気炉	29	電気炉9キロワット素焼	277
10	熱分析装置	29	電気炉9キロワット本焼	237
11	X線回折装置	26	熱分析装置	233
12	大型5軸モデリングマシン	22	振動フルイ	205
13	高精度ガス/蒸気吸着量測定装置	21	サンドブラスター	201
14	電気炉9キロワット素焼	19	スラブローラー	195
15	セラミックナー印刷システム	18	ガス窯0.4立方メートル本焼	189
16	セラミックナー転写紙	18	ガス窯0.4立方メートル本焼燃料費	189
17	振動フルイ	18	ポットミル回転台	180
18	電気炉20キロワット(脱脂機能付き)素焼	16	X線回折装置	179
19	ポットミル回転台	16	万能材料試験機(5kN)	176
20	電気炉20キロワット(脱脂機能付き)本焼	16	電気炉20キロワット素焼	174

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
19	849	1,783	160
20	940	1,798	169
21	1,180	2,372	173
22	967	1,922	176
23	914	1,738	166
24	1,103	2,313	204
25	1,003	2,241	195
26	1,368	3,674	195
27	1,528	3,762	205
28	1,374	3,067	229
29	1,263	2,657	211
30	1,195	3,261	190
元	1,202	3,111	221
2	1,097	2,763	192
3	1,212	3,363	211
合計	17,195	39,825	-

(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3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	28	241	試料
定量分析	成分	1	14	成分
デザイン指導	デザイン指導	28	537	時間
合計		29	273	

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)
計	107 (1,220)	1,374 (10,661)	13 (143)	428 (6,065)	581 (4,762)	55 (163)	503 (6,178)	174 (426)	3,235 (29,618)

B 信楽

<令和3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	46	120	時間
Pb、Cdの溶出試験	8	20	試料
熱衝撃試験	3	6	試料
定性分析	3	3	全成分
成績書の英文作成	2	2	通
耐薬品試験	1	6	試料
比重測定	1	3	試料
吸水率試験	1	3	試料
曲げ強度試験	1	3	試料
オートクレーブ試験	1	3	試料
合計	67	169	

年度別依頼試験分析実施件数・単位数

年度	件数	単位数
H24	19	31
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

(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3年度生産品受払状況>

清酒

生産品	受払件数	単位
滋賀県酵母A	6	15
滋賀県酵母B	3	7
滋賀県酵母D	8	51
滋賀県酵母E	7	31
合計	24	104

※滋賀県酵母E：令和2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

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
窯業系廃棄物を活用した園芸土木資材の開発	神屋道也、植西寛、 坂山邦彦、西尾俊哉、 中島孝

経常研究

研究テーマ	担当者
製品動作音の音質評価技術に関する研究	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
超スモールスタートIoTのためのプラットフォーム確立と応用に関する研究	藤井利徳
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
蓄電デバイスの評価技術の検討 －内部抵抗評価およびその活用について－	田中喜樹、山本典央
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、野上雅彦、 西尾俊哉、宮本ルリ子、 津守愛香
コンピューショナルデザインを活用した陶製品開発	野上雅彦
耐熱陶器製品の開発研究	西尾俊哉
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	植西寛

(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
		新規	産官			
1	企業2社	新規	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
2	企業1社	新規	産官	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 山中仁敏 山田雄也
3	企業1社	新規	産官	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
4	組合 企業1社 東北部工業技術センター	新規	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～ R4.3.31	今田琢巳
5	企業1社 農業技術振興センター	新規	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
6	企業1社	新規	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
7	企業1社	新規	産官	固体電解質向けインピーダンス測定のための測定器の特性評価に関する研究	R3.8.2～ R4.3.31	山本典央
8	企業1社	新規	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
9	企業1社	新規	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
10	産業技術総合研究所	新規	官官	円形パターン・直径・真円度持ち回り測定	R3.4.1～ R4.3.31	今田琢巳 柳澤研太
11	滋賀県立大学	新規	学官	新規ゲル材料の各種物性改質に関する研究	R3.4.1～ R4.3.31	大山雅寿 中島啓嗣
12	滋賀県立大学	新規	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	R3.4.1～ R4.3.31	大山雅寿 中島啓嗣 中居直浩
13	滋賀県立大学 東北部工業技術センター	新規	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	R3.4.1～ R4.3.31	大山雅寿 斧督人 柳澤研太 中島啓嗣 中居直浩 田中喜樹 山田雄也
14	企業1社	継続	産官	新規負極材料を用いた高容量リチウムイオン電池の開発	R2.4.1～ R3.4.31	田中喜樹 佐々木宗生 山田雄也
15	東北部工業技術センター 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～ R4.3.31	田中喜樹 佐々木宗生 中島啓嗣 山田雄也

	研究機関名	区分	共同研究テーマ	予定研究期間	担当
16	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 田中喜樹 山田雄也 大山雅寿 山本典央
17	企業1社 東北部工業技術センター	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 【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 田中喜樹 山田雄也
18	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
19	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	R2.8.3～ R6.3.31	山本典央
20	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～ R4.3.31	白井伸明 大山雅寿 中島啓嗣
21	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	R2.10.1～ R4.3.31	白井伸明
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～ R5.2.28	大山雅寿 中島啓嗣
24	龍谷大学 滋賀県立大学 東北部工業技術センター	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
25	関西大学 東北部工業技術センター 企業1社	継続 産学官	世界一の超低NOx・低CO2高運転効率を実現するAI運転制御機能付SDGs達成小型蒸気ボイラ(スーパー10JAFIボイラ)の研究開発 【戦略的基盤技術高度化支援事業】	R1.7.4～ R4.3.31	佐々木宗生
26	公立大学法人大阪 龍谷大学 東北部工業技術センター 企業1社	継続 産学官	ガラス樹脂基板材料による多ピン・狭ピッチ半導体デバイス検査対応の高アスペクトスルホール形成技術の研究開発 【戦略的基盤技術高度化支援事業】	R1.7.3～ R4.3.31	今田琢巳
27	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～ R4.3.31	中居直浩 白井伸明 中島啓嗣 大山雅寿 神澤岳史
28	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

	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 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
30	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
31	企業1社	継続	産学官 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～ R4.3.31	白井伸明 岡田俊樹
32	滋賀医科大学	継続	学官 新規化合物の作成によるMRイメージング等の画像診断技術、体外診断技術、および治療効果確認に関する基礎研究および応用研究	H27.4.1～ R4.3.31	白井伸明

(3) 研究発表等

1. 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
星型ポリマー架橋ゲル：多官能架橋と高密度な刺激応答性自由末端鎖がもたらす特異性	第70回高分子学会年次大会	(オンライン開催)	R3.5.26 ～28	大山雅寿 他
熱応答強靱化を示す温度応答架橋ドメイン含有ゲルへの蛍光物質導入による機能化	第67回高分子研究発表会	(オンライン開催)	R3.7.9	大山雅寿 他
小径エンドミルによるコーナ部加工の基礎検討	2021年度砥粒加工学会学術講演会	(オンライン開催)	R3.9.1	今田琢巳 他
パウダDED方式による金型用合金工具鋼の積層造形に関する基礎的検討	2021年度砥粒加工学会学術講演会 (ABTEC2021)	(オンライン開催)	R3.9.1 ～3	柳澤研太 他
紫外線照射による4HSiCエピ層内積層欠陥の拡張開始点	第82回応用物理学会秋季学術講演会	(オンライン開催)	R3.9.10 ～13	佐々木宗生 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	(オンライン開催)	R3.9.21	今田琢巳 他
環状および分岐構造を有するポリ乳酸の結晶化挙動	レオロジー学会・第69回レオロジー討論会	(オンライン開催)	R3.10.21 ～22	中島啓嗣 大山雅寿 他
Influence of process parameters on porosity in block-shape formation with direct energy deposition method	The 10th International Conference on Leading Edge Manufacturing in 21st Century (LEM21)	(オンライン開催)	R3.11.14 ～18	Kenta Yanagisawa et al.
環状・分岐構造を有する高分子の結晶化速度	2021年繊維学会・秋季研究発表会	(オンライン開催)	R3.11.18～ 19	中島啓嗣 大山雅寿 他
環状・分岐構造を有するポリ乳酸の結晶化挙動	プラスチック成型加工学会・第29回秋季大会成型加工シンポジウム'21	(オンライン開催)	R3.11.30 ～12.1	中島啓嗣 大山雅寿 他
固体電解質のインピーダンス測定に及ぼす要因3	電気化学会電池技術委員会第62回電池討論会	パシフィコ横浜ノース	R3.11.30 ～12.2	山本典央 他

発表題名	主催機関・名称	会場	年月日	発表者
環状・分岐構造が高分子の結晶化挙動へ与える影響	プラスチック成形加工学会関西支部・令和3年度若手セミナー	京都大学桂キャンパス船井哲良記念講堂	R3.12.20	中島啓嗣 大山雅寿 他
環状・分岐構造が高分子の結晶化挙動へ及ぼす影響	日本材料学会高分子材料部門委員会・第106回高分子材料セミナー	(オンライン開催)	R3.12.22	中島啓嗣 大山雅寿 他
オオウズラタケ腐朽試験体からの極微弱化学発光ならびにフェントン反応関与の可能性について	第72回日本木材学会大会(名古屋・岐阜大会)	(オンライン開催)	R4.3.15 ～17	白井伸明 他

2. 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
小仕込み試験による酵母の特性評価	第19回産総研・産技連LS-BT合同研究発表会	(オンライン開催・ポスター)	R3.5.25 ～26	岡田俊樹 川島典子 他11機関、 24名
窯業系廃棄物の陶磁器原料としての活用	産業技術連携推進会議ナノテクノロジー・材料部会第56回セラミックス技術担当者会議	(オンライン開催)	R3.11.10	神屋道也
NHK連続テレビ小説「スカーレット」に対する技術指導	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52回デザイン担当者会議	三重県工業研究所窯業研究室	R3.11.30	高畑宏亮
窯業系廃棄物の陶磁器原料としての活用	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25回窯業研究会議事録	(書面開催)	R3.12.20	神屋道也

3. 展示会

展示会等名称	出展内容	会場	日程
2021年度砥粒加工学会学術講演会(ABTEC2021) 公的研究機関・大学高専研究室・専門委員会の研究紹介	・DED方式金属3Dプリンタによる積層造形ー粉末DED方式による複合材料開発と積層造形技術ー ・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研削の基礎的検討	(オンライン開催・ポスター)	R3.9.1 ～3
2021年度滋賀県立大学工学部研究交流会	・窯業系廃棄物を活用した園芸土木資材	(オンライン開催・ポスター)	R3.11.8
産業技術支援フェア inKANSAI2021	・DED方式金属3Dプリンタによる積層造形ー粉末DED方式による複合材料開発と積層造形技術ー	(オンライン開催・ポスター)	R3.11.12 ～12.17
(国研)産業技術総合研究所、(地独)大阪産業技術研究所、関西広域連合他3機関産業技術支援フェア inKANSAI2021	・廃棄物を使用して陶磁器の性能を向上	(オンライン開催・ポスター)	R3.11.19

4. その他職員派遣

派遣先	講座名等	年月日	派遣者
大阪国税局	令和3酒造年度大阪国税局新酒研究会品質評価	R4. 3. 11	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

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、野上雅彦

・研究終了

「近江の地酒」の酒質向上に向けた小規模試験醸造による実証研究

○岡田俊樹、川島典子

月日	令和3年7月21日(水) 滋賀県大津合同庁舎7-C議室
委員 (敬称略)	松田千春商工観光労働部・次長 小川栄司商工観光労働部・技監 宮田善弘商工政策課・課長 飯田朋子モノづくり振興課・課長 三宅肇モノづくり振興課・参事 川澄一司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 今道高志東北部工業技術センター・参事

2. 外部評価会議

・研究企画

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、野上雅彦

・研究終了

「近江の地酒」の酒質向上に向けた小規模試験醸造による実証研究

○岡田俊樹、川島典子

月日	令和3年10月1日(金) オンライン開催
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関西センター 研究業務推進部 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。

3D技術を活用した陶製品製造技術に関する研究

・・・研究企画

指導改善事項

- ① キャッチアップの要素技術開発なので難しい面もあるが、それだからこそ、具体的な製品を目標にして、技術開発した方が良いのではないかと思う。
- ② 3番目の研究内容でセラミックスと樹脂を混ぜたペレットを用いて陶磁器を製作することだったのですが、果たして純粋なセラミックス製品と同じ特性のものを製作することは可能でしょうか？まったく同じものを特性のものを作ることができないのとなればどの程度のものを陶磁器・セラミックス製品と言えるのかに対する基準は定めていますか？独自性に関してはほかの内容とどのように差別化されているかを明示してほしいです。研究内容の現実性と研究予算に関しては、研究費が少なく少し現実性がないと思った判断のためです。
- ③ 「目的」・「目標」においては、多品種少量生産なのか省力化なのか時短、精度向上なのか、造形デザインの質的転換なのか、どれか主となる視点を絞ったほうが良いと思います。「研究内容」においては、おそらく共同研究先に即してのことだとは思いますが、陶土への直接切削技術なのか、大物の原型製作技術なのか、製品を直接プリンティングする技術なのかについても同様で広汎になりすぎているように感じられます。具体的な対象物を決めて絞ったほうが良いのではと思いました。
- ④ 先生方からも質問がありましたが、取り組み案件が多岐にわたり、難易度にも大きな差があるように思われます。達成水準などもう少しご説明いただければ理解しやすかったかと思えます。

総評

- ① 多岐にわたっているなので、目的をもう少し絞って進めて頂きたい。
- ② 早急な技術のキャッチアップが望まれる。
- ③ とても興味深い研究内容ですが、三つの研究テーマを独立で行っているように見えるのでうまく三つのテーマの結果を融合するようになっていただくともっとオリジナリティの高い研究成果が得られると思います。例えば、3番で製作した陶磁器を1番で追加加工するなどです。
- ④ ものづくりへのデジタル技術の導入は避けて通れない必然性があり、それ自体は非常に重要なことであり、その分野の研究は是非進めていただきたいと思います。ただ、デジタル技術を導入することで信楽の産地の強みをどうすれば向上できるかという視点がオリジナリティを担保するのではないかとも思います。プレゼンテーションの中で「大きな製品」が多いとお話もありましたので、まずはこの部分に研究資源を集中させるのも手だと思います。
- ⑤ それぞれの研究内容における確率を目指す技術等や解決すべき技術的課題が明確になっている。技術の展開例については、欲張らず適切な時期に見直すことも必要かと思われます。
- ⑥ 滋賀の伝統産業ですので、新たな需要創出につながる研究と思います。3年後の成果を楽しみにしています。
- ⑦ 地域のニーズに沿う発展性、波及効果の高い研究であると感じました。特に大物を狙うのは良い考えだと思います。今後、本研究開発を通じて少し独自性を出されていくとさらに良いと思います。
- ⑧ 3D技術を活用した「ものづくり」については、陶器製造業界においても、HPで調べる限りでも多くの取組が行われています。3D技術の普及に向けて、技術的課題解決への取り組みを行う計画ですが、他産地等で数多くの取組が行われていることから、スピード感のある取り組みを行い、信楽焼業界での活用が促進されることを期待します。

指導改善事項

- ① 小規模で評価実験できることは良いことですが、量によってどのように差が表れるのかのスケールビリティ効果が調べられれば小規模で評価した結果を正確に分析することができると思います。今後の研究課題としてこの調査を行うのはどうでしょうか？

総評

- ① 成果も十分に上がっていると思います。今後の波及をたのしみにしています。
- ② 新しく導入した研究設備を活用して、着実に研究成果をあげられていると感じた。
- ③ 滋賀県メーカの要望を受け入れてしっかり成果を出して要望に答えており成功的に研究が終了できたと感じました。滋賀県の地酒の全国展開につながることを期待します。
- ④ センターに試験醸造設備ができたことで、これまで感に頼っていた醸造を実証的に確かめることができ、製品化の判断が正しく行えるようになった部分は素晴らしいと思います。こうした醸造におけるデータ活用の傾向は近年の趨勢でもあるが、最終的には風土にあった製品のオリジナリティをどう育てるか（どんな味にしたいか）という判断は別のところでなければならないということも念頭におきたいと感じました。
- ⑤ 実証研究への取り組みご苦労様でした。県独自の酒米と酵母を使用した日本酒の醸造された新酒を楽しみにしています。
- ⑥ 試験場、試験装置を整備され、かなり短期間だったと推測しますが、その中で大きな成果が得られていると感じました。今後の地域の発展への貢献が強く期待され、独自性にも期待したいと思います。
- ⑦ 日本酒醸造試験設備の設置から実証醸造に至るまで、多くの労力をかけられお疲れさまでした。小規模試験醸造によって、酒質向上に向けた実証データが得られることが明らかとなり、多くの醸造所で活用され、最終的に滋賀の日本酒の酒質レベルが向上することを期待します。

(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3年度は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
4月14日	第114回 運営委員会	議題: 令和2年度事業報告(案)・決算報告(案)について、令和3年度の会費に関する特別措置(案)について、令和3年度事業計画(案)・予算(案)について、役員・運営委員の交代について	14名	Web会議
6月28日	第115回 運営委員会	議題: 令和2年度事業報告(案)・決算報告(案)について、令和3年度事業計画(案)・予算(案)について、役員・運営委員の交代について、令和3年度総会・第96回例会について、上半期事業について	会場12名 Web9名	当センター Web会議
	令和3年度総会 第96回例会 (講演会)	議題: 令和2年度事業報告(案)・決算報告(案)について、令和3年度の会費に関する特別措置(案)について、令和3年度事業計画(案)・予算(案)について、役員・運営委員の交代について 講演: 「機能性金属ナノ構造体の設計・創生に向けた非水溶液合成技術開発の現状と展望」 滋賀県立大学工学部材料科学科教授 バラチャンドランジャヤデワン氏 「工業技術総合センターAI・IoT関連事業のご紹介」 滋賀県工業技術総合センター 電子システム係深尾典久氏	総会 会場12名 Web15名 例会 会場15名 Web15名	当センター Web会議
9月10日	第84回研修会 (技術研修) センターと共催	内容: 「最新の赤外分光光度計(FT-IR)を用いた樹脂材料評価の原理と実践のコツ」 「赤外分光分析測定の基本から測定における注意点まで」 株式会社パーキンエルマージャパン 新矢哲康氏 「高機能赤外分光光度計による実習(デモ)」 株式会社パーキンエルマージャパン 新居田恭弘氏	講習会 39名 実習 26名 内会員 14名	Web会議
11月5日	第33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	事務局	Web会議
1月24日	第116回 運営委員会	議題: 令和3年度事業進捗状況について、第97回例会(技術セミナー)について、第85回研修会(技術研修)(案)について、運営委員・会員の異動について、	会場10名 Web7名	当センター Web会議
	第97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」 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12名 Web15名	当センター Web会議
2月21日	第85回研修会 (技術研修) センターと共催	内容: 「ガス透過率測定の原理と実践のコツ」 講師: GTRテック株式会社企画開発部 石田恭弘氏	会場17名 Web4名 内会員 4名	当センター Web会議
3月30日	第117回 運営委員会	議題: 令和3年度事業報告(案)・決算報告(案)について、令和4年度事業計画(案)・予算(案)について	19名	Web会議
その他の事業 後援事業等		6/26(土)2019年度・2020年度 立命館大学SRセンター研究成果報告会	事務局	Web開催

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3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40回運営企画委員会	令和2年度事業と決算報告および令和3年度事業計画、予算案作成等	—	メール等開催
5月13日	第74回例会	(開催中止)	—	—
5月13日	令和3年度総会(第21回)	書面表決書 令和2年度事業・会計報告 令和3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)	—	—
—	滋賀地酒の祭典IN東京	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41回運営企画委員会	令和3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	新酒きき酒会(例会)	令和3酒造年度新酒きき酒評価会 (開催中止)	—	—

・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 A 200）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3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
9月2日	R3年度第1回滋賀3Dイノベーション研究会 『金属3Dプリンタの現状や展望』	特別講演 「金属積層造形技術の基礎と応用」 講師：東北大学金属材料研究所加工プロセス工学研究部門千葉晶彦教授 講演 「バインダージェット方式金属3DプリンタDMP2500のご紹介」 講師：日本電産マシンツール(株)技術本部微細加工グループプレーザーチーム倉本博久氏 個別検討会	37名	当センターおよびWeb開催
12月7日	R3年度第2回滋賀3Dイノベーション研究会	報告 「パウダDED方式による金型用合金工具鋼の積層造形に関する基礎的検討」 報告 「積層造形物の引張試験およびDIC解析」 担当：センター職員 個別検討会	25名	Web開催
	関連講習会 モノづくり技術力向上のための「技術研修」事業 『最新CAD・CAEの活用とその事例』	講演 「3次元CADのメリット/設計者が解析をするべき理由」 講師：ソリッドワークス・ジャパン(株)西日本営業部テリトリーセールスマネージャー七田浩一氏 講習会・デモ 「SOLIDWORKSSimulationで実現する設計最適化」 講師：ソリッドワークス・ジャパン(株)営業技術部プロダクトテクニカルセールス課課長島村知子氏		
3月3日	R3年度第3回滋賀3Dイノベーション研究会	先行試作報告「金属3Dプリンタを用いたアルミ合金材料の積層造形」 報告者：能勢鋼材株式会社ご担当者	22名	日本電産マシンツール(株)本社・工場(栗東市)
	関連講習会 モノづくり技術力向上のための「技術研修」事業 『3Dプリンタ活用の応用～モニタリング・フィードバック機能による積層造形の安定化について～』	講習会 「日本電産マシンツールの金属3Dプリンタとモニタリングシステムの紹介」 講師：日本電産マシンツール(株)開発本部開発第4部倉本博久氏 見学：日本電産マシンツール製DED方式金属積層造形装置LAMD A 講習会 「Sonic-IR法による各種欠陥の非破壊検出について」 講師：滋賀県立大学工学部田邊裕貴教授		

4. 屋上緑化用陶製品開発研究会

○会員数：企業14・大学1・公設試1

屋上緑化用陶製品開発研究会では、平成28年度から信楽窯業技術試験場と信楽陶器工業協同組合が進める海外展開支援事業に参加し、東京農業大学名誉教授近藤三雄氏の指導の下、信楽焼による坪庭製品「信楽坪庭」の開発を行ってきました。

今年度は日本を代表する公園「日比谷公園有楽門」の入り口にも、近藤氏の監修による和風モダンをイメージとした「信楽焼大型プランター」が6基設置されました。



日比谷公園「有楽門」

5. 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。そして東京都市部におけるファンの獲得を目的に、松屋銀座において9月22日～10月5日の日程で、展示会「それぞれのTEIBAN、滋賀・三重」を、滋賀県から6社、三重県から6社の参加で開催しました。官民協働により参加企業個々のブランド化を図っています。



松屋銀座で開催した「それぞれのTEIBAN、滋賀・三重」

(6) 産業財産権

令和3年度末現在の保有状況は次のとおりです。

特許権 15件（内、令和3年度中新規登録件数 1件）

名称		登録日	登録番号	発明者	備考
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	
信楽					
13	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	
14	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*	
15	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	

*は元職員

商標権 1件

名称		登録日	登録番号	考案者	備考
信楽					
1	信楽透器	H22. 9.10	5351665	川澄一司	

意匠権：バタフライバルブの弁体2件（281616077、281616078）は、H30.9.28に登録され、東北部工業技術センター管理

特許出願中の件数 8件（内、令和3年度中新規出願件数 0件）

発明の名称		出願日	出願番号	発明者	備考
栗東					
1	樹脂組成物	H29.11.14 H30.11.13	218720 41970	神澤岳史、他	国内優先 権主張
2	口腔内粘膜保護フィルム	H30.1.19	006890	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	
3	バタフライバルブ	H30.3.7	040274	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	東北部工業技術センターで出願
4	焼成体及びその製造方法	H31.2.7	021019	植西寛、他	
5	樹脂組成物	H31.3.28	62918	神澤岳史、平尾浩一、脇坂博之、上田中隆志、他	東北部工業技術センターで出願
6	インピーダンス測定のための標準試料	R1.6.21	046350	山本典央、他	
7	粘膜粘着フィルム	R1.7.22	134762	白井伸明、神澤岳史、大山雅寿、中居直浩、他	
8	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	40743	神澤岳史、平尾浩一、脇坂博之、上田中隆志、他	東北部工業技術センターで出願

特許権の実施許諾 10件（内、令和3年度新規契約件数 0件）

発明の名称		契約者数	実施料	備考
栗東				
1	測定システムおよび測定方法	1	156,860円	
2	インピーダンス測定のための標準試料	1	11,940円	
信楽				
3	セラミックス多孔質体	1	13,500円	
4	多孔表面陶磁器	1	10,593円	
5	透光性陶磁器用練り土及び透光性陶磁器	6	127,754円	
計		10	320,647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
金属3D造形技術の高度化に関する研究	龍谷大学	R3.4～R4.3 (週2日)	柳澤研太

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
公設試験研究機関研究職員研修	(独法)中小企業基盤整備機構中小企業大学校	R3.11.9～R3.11.12	斧督人
公設試験研究機関研究職員研修	(独法)中小企業基盤整備機構中小企業大学校	R3.11.9～R3.11.12	西尾俊哉
「事業継続力強化計画」策定支援の進め方	(独法)中小企業基盤整備機構中小企業大学校 web校	R3.12.10、R3.12.17	岡田俊樹
小規模事業者のIT導入支援の進め方	(独法)中小企業基盤整備機構中小企業大学校 web校	R3.6.23、R3.6.30	平野真
伴走型支援に役立つロジカルライティング	(独法)中小企業基盤整備機構中小企業大学校 web校	R3.8. 18、R3.8.25	川島典子

(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31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
6月2日	滋賀県市場化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9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
6月14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
6月16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14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	小川
7月16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16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	白井
7月20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
7月21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 川澄
7月28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
9月9日	中小企業等外国出願・侵害対策支援事業費補助金(2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
9月9日	滋賀県技術開発関係補助金交付審査会(滋賀県コロナ対応モノづくり研究開発補助金審査会) 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21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24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28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1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
10月11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
10月19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
10月29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
11月4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
11月15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
12月21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
12月24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	中小企業支援課	小川
1月26日	第5回経営革新計画承認審査会	中小企業支援課	小川
2月14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
3月15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24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565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3年度研修生の選考について

令和2年7月3日平成2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2年10月1日（木）～10月30日（金） 願書受付
令和2年11月11日（水） 選考試験
令和2年11月20日（火） 選考委員会
令和2年11月下旬 結果発表

冬試験

令和3年1月8日（金）～1月29日（金） 願書受付
令和3年2月10日（水） 選考試験
令和3年2月12日（金） 選考委員会
令和3年2月下旬 結果発表

令和3年度の選考試験では、13名の応募のうち13名が受験しました。試験の結果8名を合格としましたが3名の辞退がありました。令和3年度の研修については、5名が修了しました。そのうち4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		
H29	8	5	0	3	0
H30	8	6	0	2	0
R1	11	8	0	2	1
R2	6	5	0	0	1
R3	5	4	0	1	0



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4年1月29日から2月28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「研修生OB展」を開催しました。当展には出展者16名、21作品のオブジェや食器、花器などが展示され、期間中の来館者は延べ1028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 1



伝統産業会館展示風景 2



VR展示風景



OB賞受賞作品（今西泰起）

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
131	令和3年7月	2,000部
132	令和3年10月	2,000部
133	令和4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
36	令和4年3月	1,000部

2. 業務報告書

令和2年度の工業技術総合センター業務活動の年報として、第35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
35	令和4年3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2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3(2021)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、Zoom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3年度は、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4年3月10日（木） 13：30～15：30
- 研究成果報告会
- 工業技術総合センター 13：35～14：20
- 東北部工業技術センター 14：50～15：20
- センター一般公開（機器紹介動画）
- 工業技術総合センター 14：20～14：40
- 東北部工業技術センター 15：20～15：25
- ・場所：Zoom配信方式
- ・参加者：15名

○研究発表

「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」	セラミック材料係 植西寛
「金属3D造形における内部欠陥発生について」	機械システム係 柳澤研太
「近江の地酒」の酒質分析に関する研究」	食品・プロダクトデザイン係 川島典子
「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*
「ポストコロナにおける生産現場の製造自動化支援事業」	機械システム係 間瀬慧*

*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）

「大変位振動衝撃試験機」	電子システム係
「3Dスキャナ」	機械システム係
「高機能赤外分光光度計」	有機材料係
「試料調整」	無機材料係
「大型樹脂3Dプリンタ」	食品・プロダクトデザイン係
「デジタル技術を活用した陶器用石膏型の作製」	陶磁器デザイン係
「粒子径分布測定システム」	セラミック材料係
「3Dニットマシン」	繊維・デザイン係*
「簡易鋳造システム」	金属材料係*

*東北部工業技術センター

(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。

(4) 産業支援情報メール配送サービス

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。従来から県内の企業に対しては、技術情報誌やダイレクトメールにより各種の情報を届けていましたが、このサービスはこれまでの方法と並行して、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サービスです。随時登録を受け付け、令和4年3月末の登録数は1,352件となっています。

(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)約10,500冊 雑誌約50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

センター開設以来、施設、機器、運営等について、海外を含め、県内外から、技術者、経営者、行政関係者等の多数の視察、見学があります。この他にも、県内外の企業からの試験機器の見学対応を行っています。令和3年度の見学者数は延べ125名で、主な見学者の内訳は下表のとおりです。

〈栗東〉

所属	見学者数(名)	見学日
県内企業	1	R3.4.8
滋賀県酒造組合	1	R3.4.8
(公財)産業支援プラザ	12	R3.4.12
県内企業	8	R3.4.21
滋賀県立大学・龍谷大学	2	R3.5.7
(公財)産業支援プラザ	11	R3.5.11
県内企業	6	R3.7.13
県内企業	1	R3.12.9
県外企業	1	R3.3.7
合計	65	

〈信楽〉

所属	見学者数(名)	見学日
(公財)陶芸の森	3	R3.4.8
滋賀県立信楽高等学校	4	R3.5.11
滋賀県レイカディア大学	6	R3.5.26
県内企業	4	R3.6.24
甲賀市立多羅尾小学校	17	R3.9.1
(公財)陶芸の森	3	R3.9.15
京都教育大学	2	R3.10.14
甲賀市立佐山小学校	21	R3.10.26
合計	60	

(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	R3.4.1	かんさいラボサーチ	研究者紹介	WEB
2	R3.4.1	かんさいラボサーチ	成功事例紹介 ふたつの異なる測定器を使いバルク抵抗と界面抵抗の分離を可能に!	WEB
3	R3.4.4	中日新聞	俳優・松下さん 滋賀陶芸大使に	新聞
4	R3.4.6	京都新聞	清酒酵母 香り華やか	新聞
5	R3.4.15	SQUARE 染 textile	草津あおばなの今～地獄と呼ばれた花～	WEB
6	R3.4.19	毎日新聞	数量限定県酵母の三連星	新聞
7	R3.4.21	Kansai-3D実用化プロジェクト	日本初の「3D積層造形によるモノづくりプロセスのモデル化」成果発表会(第2弾)	WEB
8	R3.5.14	共同通信電子版 ほか39紙	散逸の陶片、1世紀ぶり再会 シカゴ万博入賞作品	新聞
9	R3.5.14	岐阜新聞県内版	1893年万博入賞作陶片発見	新聞
10	R3.5.15	神戸新聞	かけ橋	新聞
11	R3.5.21	産経新聞滋賀地域	散逸の陶片110年ぶり再会	新聞
12	R3.5.23	京都新聞一面	散逸陶片 滋賀で”再会”	新聞
13	R3.5.24	毎日新聞滋賀版	「陽明門」陶片を発見	新聞
14	R3.5.26	日本放送協会 滋賀630	明治時代の名工の作品の一部と判明「陶芸の森」で特別公開	テレビ
15	R3.5.30	読売新聞滋賀版	「陽明門」陶片信楽に	新聞
16	R3.6.12	中日新聞文化芸能	「超絶技巧」明治の陶工 散逸の陶片、滋賀で発見	新聞
17	R3.8.1	陶説2021年8月号	成瀬誠志の「陶製・陽明門」と信楽	雑誌
18	R3.9.1	おうみの風	日光東照宮陽明門陶片信楽收藏	機関紙
19	R3.5.25	産総研関西センター	P016小仕込み試験による酵母の特性評価_LS-BT2021	WEB
20	R3.5.28	Youtube	青少年のための科学の祭典・滋賀大会_クラッカー	WEB
21	R3.5.28	Youtube	青少年のための科学の祭典・滋賀大会_拡大鏡アプリで観察	WEB
22	R3.5.28	Youtube	青少年のための科学の祭典・滋賀大会_金属3Dプリンタ	WEB
23	R3.5.28	Youtube	青少年のための科学の祭典・滋賀大会_顕微鏡でミクロの世界	WEB
24	R3.5.28	Youtube	青少年のための科学の祭典・滋賀大会_樹脂3Dプリンタ	WEB
25	R3.5.28	Youtube	青少年のための科学の祭典・滋賀大会_信楽焼	WEB
26	R3.6.7	日刊工業新聞	滋賀で機運高まる金属積層造形機の導入	新聞
27	R3.7.13	毎日新聞	近江の地酒酒質特性分析	新聞
28	R3.7.20	日刊工業新聞	滋賀アフターコロナ見据え	新聞
29	R3.9.1	おうみの風	日光東照宮陽明門陶片信楽收藏	雑誌
30	R3.9.2	国立民族学博物館図録	ユニバーサルミュージアム	雑誌
31	R3.9.27	Web長浜経済新聞	「滋賀地酒10,000人乾杯プロジェクト」	新聞
32	R3.10.1	婦人画報11月号	うつわのあるいい時間	雑誌
33	R3.10.2	Youtube	滋賀地酒10000人乾杯プロジェクト2021	WEB
34	R3.11.7	京都新聞	信楽のまちと試験場展	新聞
35	R3.11.17	読売新聞	信楽焼試験場歩みと時代	新聞
36	R3.11.23	中日新聞	技術試験場の役割を紹介	新聞
37	R4.2.1	中日新聞	窯業試験場修了生OB展	新聞
38	R3.7.22	読売新聞	濃紺 都市庭園に品格	新聞
39	R4.3.1	中小企業庁	サポイン好事例_ソナーセンサー	WEB
40	R4.3.4	Facebook	琵琶湖彩還元色ブルーお披露目	WEB
41	R4.3.29	毎日新聞	花まる企業葉面散布の植物栄養剤	新聞

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業者を育成支援しています。

令和3年度の入居率は、75%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

LPG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 9.8kN/m² (1000kgf/m²)

2階 4.9kN/m² (500kgf/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4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きました。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 (16件)	大津・南部地域	大津市	2
		草津市	3
		守山市	1
	甲賀地域	甲賀市	3
	湖東地域	彦根市	1
		東近江市	1
		竜王町	2
豊郷町 愛荘町		1 1	
湖北・高島地域	高島市	1	
合計			16

(3) 令和3年信楽焼生産実態調査結果

令和4年3月15日

調査: 信楽陶器工業協同組合

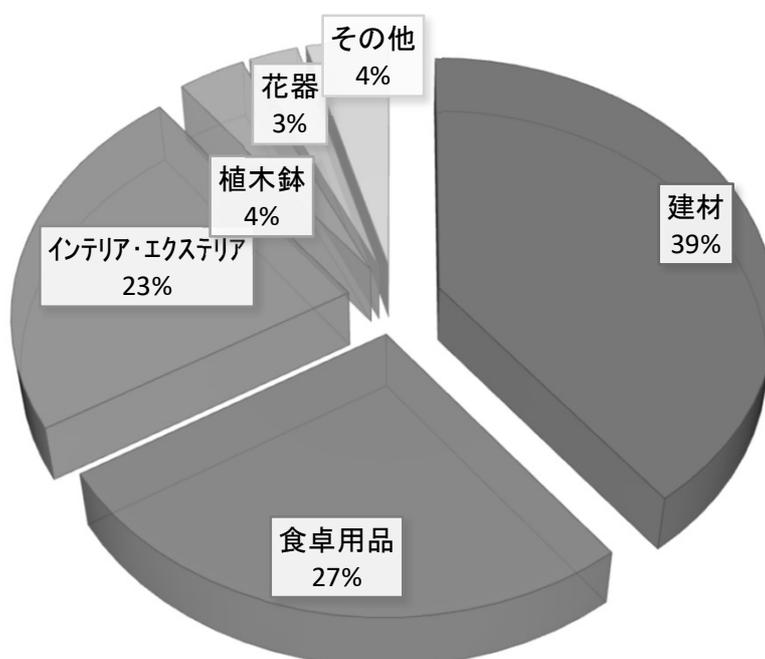
集計: 信楽窯業技術試験場

対象期間: 令和3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)

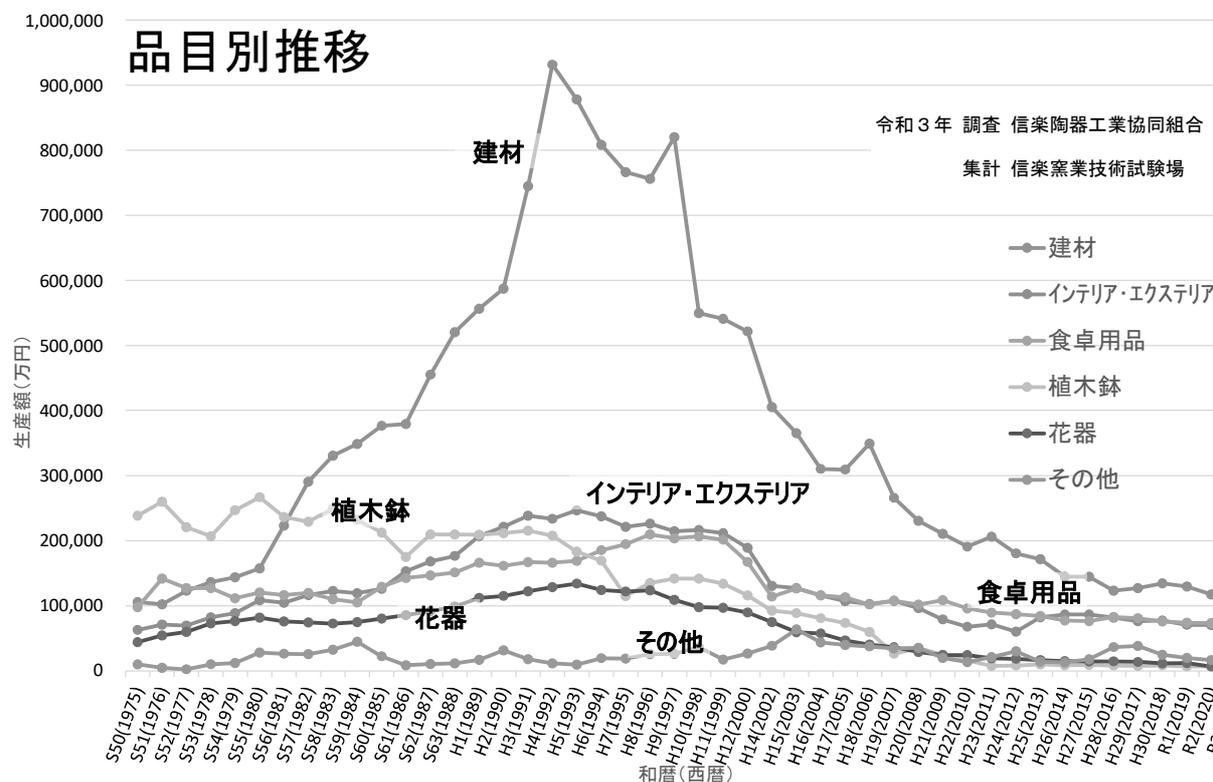
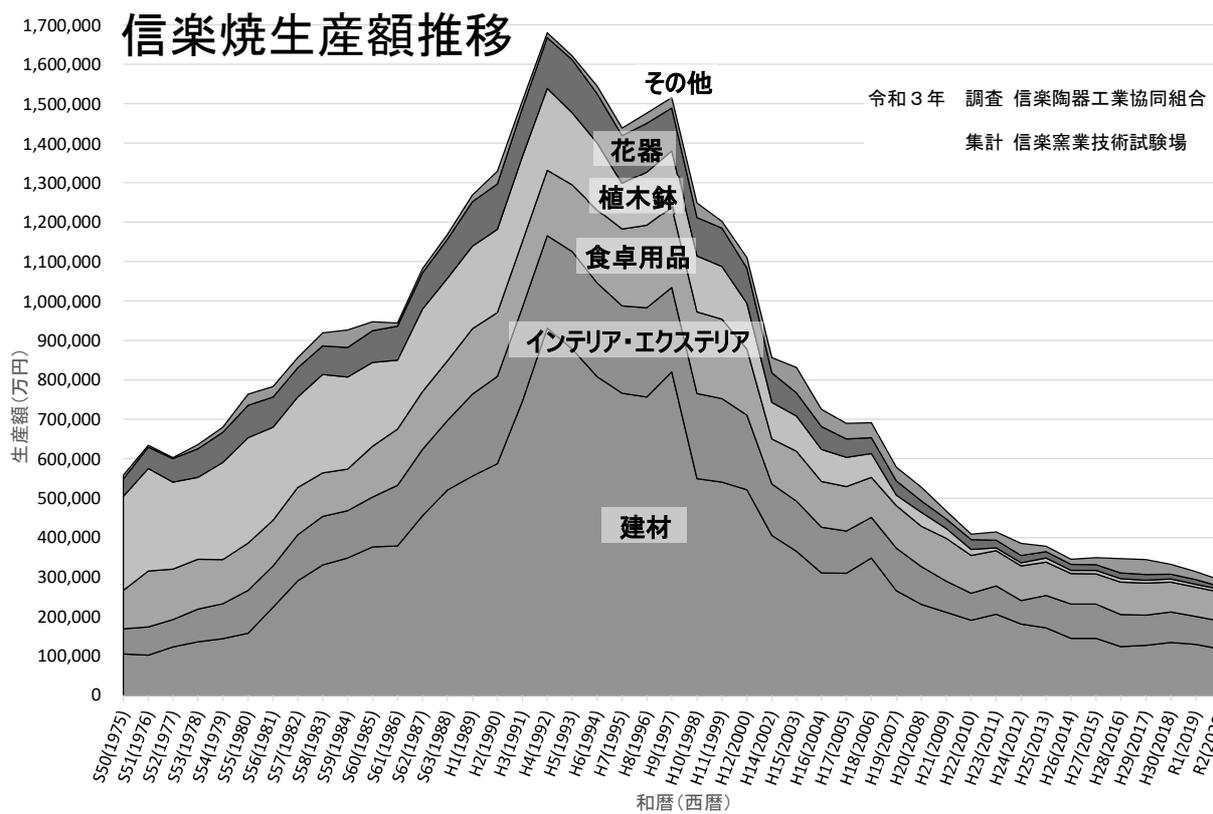
生産額(万円)	令和2年	令和3年	前年比
		292,250	292,025
調査回収企業数	68	65	96%
調査対象企業数	76	74	97%
回収率	89.5%	87.8%	98%

品目(万円)	令和2年	令和3年	前年比
建材	117,444	115,084	98%
食卓用品	73,480	78,668	107%
インテリア・エクステリア	70,564	67,744	96%
植木鉢	7,191	10,408	145%
花器	6,894	7,422	108%
その他	16,677	12,700	76%



従業員数(人)	令和2年	令和3年	前年比
正社員	307	330	107%
パート・その他	106	107	101%
計	413	437	106%

窯の種類・数(基)	令和2年	令和3年	前年比
ガス	146	137	94%
電気	58	56	97%
灯・重油	7	6	86%
トンネル・ローラー	3	3	100%
穴窯	15	13	87%
登窯	4	4	100%
計	233	219	94%



III. 研究報告

令和3年度研究報告一覧

No.	研究内容	報告者	P
1	製品動作音の音質評価技術に関する研究	平野真	64
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によるアルミナセラミックス研削への適用(第2報)—	今田琢巳	67
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	71
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	75
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(第一報)	中島啓嗣	78
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(第二報)—	大山雅寿	82
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 山中仁敏 佐々木宗生	87
8	電池デバイスの評価技術の検討 —内部抵抗評価およびその活用について—	田中喜樹 山本典央	91
9	滋賀の清酒醸造用酵母の醸造条件の検討 —高香気成分生産酵母のビーカーレベルでの醸造条件の検討—	岡田俊樹 川島典子	94
10	「近江の地酒」の酒質分析に関する研究(第2報)	川島典子 岡田俊樹	101
11	新しい生活様式のための陶製品の開発	高畑宏亮 野上雅彦 西尾俊哉 宮本ルリ子 津守愛香	104
12	コンピューテーショナルデザインを活用した陶製品開発(第2報)	野上雅彦	107
13	耐熱陶器製品の開発 —耐熱素地を使用した燻製器の試作—	西尾俊哉	111
14	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(第3報)	植西寛	113
15	窯業系廃棄物を活用した園芸土木資材の開発Ⅲ —アルミナ汚泥および樹脂製造時副産物の陶磁器への活用—	神屋道也 植西寛 坂山邦彦	117

製品動作音の音質評価技術に関する研究

平野 真*
HIRANO Makoto

要旨 製品を開発する上で音による評価は非常に有効である。製品の騒音対策を行う場合、騒音計を利用して騒音レベルの測定をする場合が多いが、実際には騒音レベルの大小では評価できないことも多い。この場合、音質評価が重要になる。音質評価として、主観評価および客観評価について考慮する必要があるが、本研究では客観評価から主観評価を推測する手法を検討する。

1 まえがき

製品の動作音を評価する場合、一般的には騒音レベルの大小を評価基準とすることが多く、製品の騒音対策を行う場合、騒音計を利用して、騒音対策の前後で騒音レベルの大小を比較することにより低減効果を評価する場合がある。この際、人が聞いて静かに感じたとしても、騒音レベルとしてはあまり変化が見られないことがあり、逆に騒音レベルが下がったにも関わらず、人が聞いた聴感上はあまり静かに感じない場合がある。このような場合は、騒音レベルの大小だけでは評価できないため、音質評価が重要になる。音質評価には、人が実際に音を聞いて評価する主観評価と、評価量を数値化することにより行う客観評価の2種類がある。最終的には主観評価が重要となるが、製品開発のプロセスにおいて、頻繁に主観評価実験を行うことは手間がかかり難しいため現実的とは言えない。そこで本研究では、主観評価実験を行わずに製品音が使用者にどのような印象を与えるかについて、客観評価から推測する手法を検討する。

本研究では、主観評価としてSD法を実施し、心理音響評価量であるラウドネス、シャープネス、変動強度、ラフネスとの相関を調べた。

2 主観評価

音響の研究では、主観評価の際に一対比較法やSD法を利用することが多い[1]。これは人が実際に試聴用の音源を聞きながらアンケートに回答する形式である。特にSD法は「明るい・暗い」など反対の意味を持つ形容詞を対にして並べ、評価対象の印象を評価する手法で、平均値よりプロフィールを作成することで、音源毎の違いを比較し易い。またSD法は、因子分析を行うことで物理量との関連の分析を行うことが可能であることから、本研究ではSD法を利用して実験を行う。

2.1 無響室における測定

例として、メーカーの異なる3種類の掃除機S1, S2, S3について、無響室において騒音レベルの測定および録音を行った。騒音計と掃除機との距離は約1mで、全てがおおよそ74.5dB前後の騒音レベルになるように、掃除機の置き方を調整した。

2.2 音源データ作成

2.1で測定したそれぞれの音源S1, S2, S3について、高音をカットした音源S1lpf, S2lpf, S3lpf、メインのピークをカットした音源S1notch, S2notch, S3notch、全体を-10dBした音源S1-10dB, S2-10dB, S3-10dBを作成し、オリジナルの音源を含めて12種類の音源を準備した。それぞれのラウドネスL、シャープネスS、変動強度F、ラフネスRを表1に示す。

表1 音源データの心理音響評価量

番号	種類	L	S	F	R
1	S1	32.3	1.72	0.120	0.654
2	S2	29.0	2.13	0.119	0.626
3	S3	30.4	1.73	0.154	0.831
4	S1lpf	28.3	1.53	0.137	0.747
5	S2lpf	24.1	1.89	0.135	0.707
6	S3lpf	26.5	1.56	0.168	0.903
7	S1notch	29.9	1.80	0.124	0.676
8	S2notch	27.4	2.22	0.129	0.676
9	S3notch	27.4	1.87	0.152	0.823
10	S1-10dB	17.2	1.71	0.126	0.663
11	S2-10dB	15.2	2.13	0.125	0.658
12	S3-10dB	16.0	1.73	0.163	0.855

2.3 SD法による実験ソフト

SD法のアンケート調査に関しては、2.1の12種類の音源をPCのヘッドホンで試聴する形式で行うものとする。アンケート調査の実験用ソフトをLabVIEWを使用して作成した。ソフトの画面を図1、2に示す。

* 電子システム係



図1 SD法による実験ソフト（アンケート入力画面）



図2 SD法による実験ソフト（音源再生画面）

被験者は30代～60代の男女10名の職員である。図1で、評価対象となる掃除機を選択し、表示されている形容詞対に対して5段階評価で点数付けをする。選択された評価対象となる音は、図2の音源再生画面で随時聞くことができる。表2に形容詞対を示す。ここでは音響分野の研究におけるSD法の実験で使用されることの多い形容詞対を採用している。

表2 形容詞対

記号	形容詞1	形容詞2
A	やさしい	かたい
B	はっきりした	ぼんやりした
C	騒々しい	静かな
D	深みのある	金属性の
E	澄んだ	濁った
F	力強い	弱々しい
G	落ちついた	甲高い
H	融け合った	割れた
I	美しい	汚い
J	迫力のある	ものたりない
K	つやのある	つやのない

3 因子分析

SD法による実験結果のデータをもとに、フリーの統計ソフトRを用いて因子分析を行う。

3.1 データについて

10名のデータの平均値からプロフィールを作成し、固有値を計算したところ、固有値が1より大きいものが2個存在したため、因子数を2として因子分析を行った。

3.2 因子分析の計算

最尤法、プロマックスにより計算を行った際の因子負荷量を図3および図4に示す。

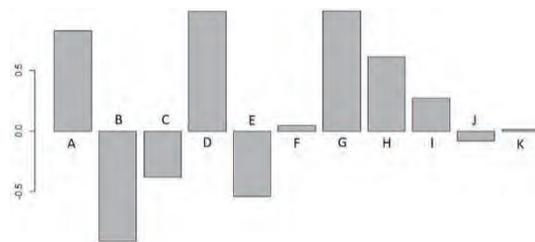


図3 第1因子

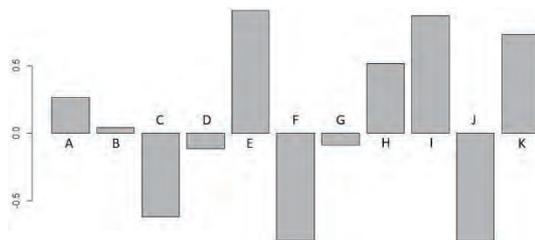


図4 第2因子

第1因子の中でA, B, D, Gの値が大きいことより、第1因子は金属性因子であると考えられる。また第2因子の中でC, E, F, I, Jの値が大きいことより、第2因子は迫力因子であると考えられる。

また形容詞対とラウドネスL、シャープネスS、変動強度F、ラフネスRとの相関係数および因子負荷量をまとめたものを表3に示す。

表3 因子分析のまとめ

形容詞	因子1	因子2	L 相関	S 相関	F 相関	R 相関
A	0.831	0.263	0.693	0.289	-0.435	-0.378
B	-0.909	0.039	-0.569	-0.258	0.254	0.214
D	0.989	-0.117	0.208	0.533	-0.501	-0.489
G	0.992	-0.092	0.424	0.396	-0.343	-0.313
C	-0.382	-0.621	-0.930	0.013	0.189	0.106
E	-0.538	0.905	0.605	-0.178	-0.080	-0.029
F	0.047	-0.795	-0.845	0.258	-0.026	-0.101
I	0.269	0.866	0.787	0.076	-0.472	-0.397
J	-0.080	-0.798	-0.854	0.104	0.108	0.033
K	0.015	0.730	0.551	0.116	-0.455	-0.419
H	0.612	0.516	0.589	0.311	-0.402	-0.361

これから迫力因子はラウドネスとの相関が高いことがわかったが、金属性因子とシャープネスとの相関関係は見られなかった。

3.3 心理音響評価量との相関関係

例としてラウドネスと形容詞対「騒々しいー静かな」の相関を図5に示す。またシャープネスと形容詞対「深みのあるー金属性の」の相関を図6に示す。

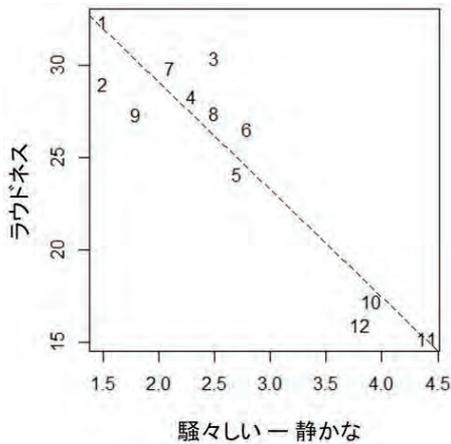


図5 ラウドネスとの相関関係

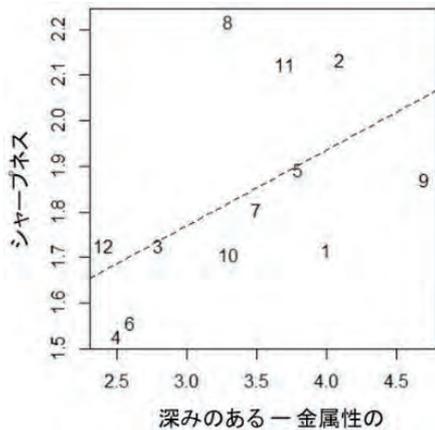


図6 シャープネスとの相関関係

図5において相関係数は-0.930、図6において相関係数は0.533である。ラウドネスと形容詞対「騒々しいー静かな」とは高い相関があり、シャープネスと形容詞対「深みのあるー金属性の」とは相関が低いことがわかる。つまり客観評価であるラウドネスの値の大小から「騒々しいー静かな」などの印象を推測することができるが、シャープネスの値から「深みのあるー金属性の」などの印象を推測することは難しかった。

4 まとめ

本研究は、騒音の低減効果を評価するため、主観評価と同様の結果を客観評価から推測する手法を検討し、実験を試みるものである。

- (1) 3機種の掃除機の音をもとに12種類の音源を作成し、SD法による主観評価実験を実施した。

- (2) 因子分析の結果。金属性因子と迫力因子が抽出され、迫力因子とラウドネスとの相関が高いことがわかった。
- (3) 金属性因子とシャープネスに相関があると予想していたが、実験結果から相関が見られなかったため、データの作成方法を含め実験方法に問題がなかったかを検証する必要がある。

参考文献

- 1) 難波 精一郎, 桑野 園子, “音の評価のための心理学的測定法,” コロナ社, pp.86-132, 1998.

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によるアルミナセラミックス研削への適用（第2報）—

今田 琢巳*
IMADA Takumi

小川 圭二**
OGAWA Keiji

西尾 康明***
NISHIO Yasuaki

要旨 直径 $100\mu\text{m}$ 以下の泡であるファインバブルは、その特異な特性を活かし、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、優れた材料特性を有し、半導体デバイス製品などに需要が拡大している。セラミックス材料は硬くて脆い材料特性から加工に時間を要し、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。

そこで本研究では、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。本報では、FB クーラントによる仕上げ加工時の効果を検証するため、#400のダイヤモンド砥粒を電着した電着ダイヤモンド工具を用いて、FB クーラントによるアルミナセラミックスの側面研削実験を実施し、FB クーラントによる研削効果について検討を実施した。また、FB クーラントの効果発現メカニズムを解明するため、目詰まり抑制効果の検証実験も行った。

1 はじめに

近年、直径 $100\mu\text{m}$ 以下の泡であるファインバブル技術が産業界での利用が拡大している。ファインバブル技術は、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高能率な研削を実現する加工法として提案されている。

セラミックス材料は、優れた機械的物性、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、医療用部材などに広く活用されている。今後も、ファインセラミックスは、その優れた材料特性から需要の増加が見込まれている。これらの部材は、一般的に所定の形状に仕上げ加工するために、マシニングセンタなどを用いて電着ダイヤモンド工具で仕上げられるが、ファインセラミックスは硬くて脆い材料特性から、切込み量は非常に小さく、過度な切込みを加えると容易にチップングや欠損する加工上の課題がある。そのため、加工時間が相当要するため、加工コストが高いという問題があった。

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研削加工において、クーラント液

中にファインバブル（FB）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。

本報告においては、ジプコム合同会社製のファインバブル発生装置によりFBクーラントを生成し、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加工を実施し、仕上げ加工時におけるファインバブルの効果について検討を実施した。

2 ファインバブル発生装置

図1には、ファインバブルの発生原理が加圧溶解法を採用したジプコム合同会社製ファインバブル発生装置を示す。本装置は、クーラントタンクのクーラント液を加圧ポンプにより吸引し、同時にエアを負圧により液中に混合させ、加圧タンク内でエアを液中に溶解させた後、エアが溶解したクーラント液を大気開放することでファインバブルを発生させる。本装置の特徴として、加工点近傍で一定の噴出圧力を維持したまま、直接、加工点に大量のファインバブルを噴射できる仕様となっている。図2には、発生したファインバブルのマイクロスコープ写真を示す。ファインバブルの粒径は $10\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 程度であることが分かる。

* 機械システム係

** 龍谷大学

*** ジプコム合同会社

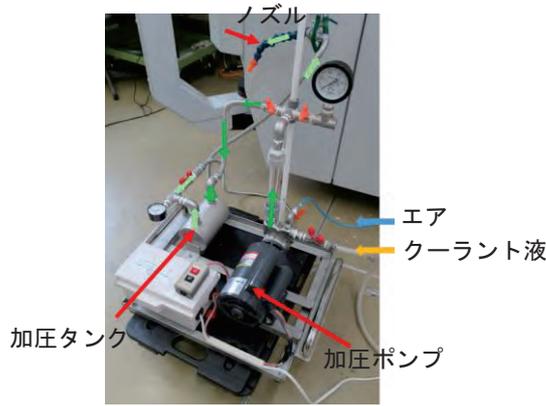


図1 ファインバブル発生装置

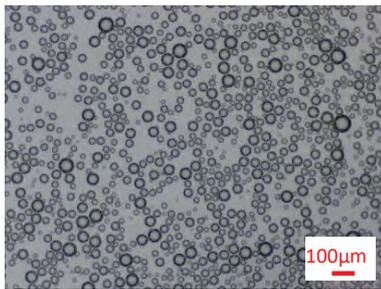


図2 ファインバブルの拡大写真

3 実験方法

3.1 仕上げ加工を想定したアルミナセラミックスの側面研削実験

工作機械には、立型マシニングセンタ（DMG 森精機製作所製 NVD1500）を用い、ダイヤモンド砥粒の粒度が#400（平均粒径 $37\mu\text{m}$ ）である $\phi 10\text{mm}$ 円筒型の電着ダイヤモンド工具（図3）を用いた。被削材にはアルミナセラミックス（厚さ 10mm ）を用いた。吐出圧力を 0.6MPa に設定し、FB クーラントを吐出させた。実験ではアルミナセラミックスの側面研削加工を実施し、ファインバブルの有無による影響を検討した。また、研削加工時は、3成分キスラー動力計（キスラー製 9119AA1）を用いて、研削加工中の研削抵抗の研削送り方向成分 F_x 、法線方向成分 F_y 、軸方向成分 F_z を測定した。また、電着ダイヤモンド工具の工具摩耗量を測定するため、工具摩耗後の工具を用いて 7cc 研削毎にアクリル樹脂板を研削し、摩耗後の工具プロファイルをアクリル樹脂に転写させた。そのアクリル転写面のプロファイルを表面性状測定機 C S-5000H（ミツトヨ製）を用いて取得し、工具プロファイルの未使用部と研削加工部との段差を求め、その差分を工具摩耗量として求めた。また、加工後の加工面の表面粗さの測定も同測定機を使用した。研削加工条件を表1に示す。

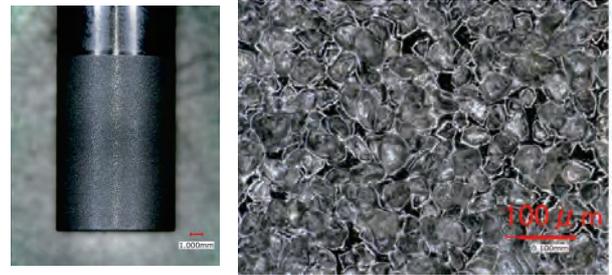


図3 電着ダイヤモンド工具 SD400P (#400)

表1 研削加工条件

水準	①
主軸回転数 $N_s \text{ min}^{-1}$	10,000
送り速度 mm/min^{-1}	100
半径方向切込み量 $R_d \mu\text{m}$	0.4
軸方向切込み量 $A_d \mu\text{m}$	10
除去体積 cc	0~42
切削方向	Down-cut
クーラント液	①通常クーラント ②ファンバブルクーラント



図4 加工実験風景

3.2 ファインバブル効果発現メカニズム検証のためのモデル実験（目詰まり抑制効果の検証）

FB クーラントによるダイヤモンド砥粒への目詰まり抑制効果を検証するため、目詰まりの発生具合を比較評価できるようにモデル実験を検討した。まず、ダイヤモンド砥粒#400を $\phi 60\text{mm}$ 金属円盤（材質：SUS630）に $\phi 40\text{mm}$ の範囲に電着加工し、電着ダイヤモンド円盤をクーラント液中に浸漬しながら、主軸に把持したアルミナセラミックス丸棒 $\phi 10\text{mm}$ を $10,000\text{min}^{-1}$ で回転させ、ヘリカルパスにて液中で研削させることで、ファインバブル有無による目詰まりへの影響について検討を行った。これにより、ファインバブルが砥粒と砥粒の間や、アルミナ丸棒と電着面との間隙にファインバブルが存在する状態を再現し、ファインバブル有無により研削時における目詰まりへの影響について評価を試みた。なお、目詰まり評価の際の加工条件を表2に示す。

表2 目詰まり評価加工条件

水準	①
主軸回転数 N_s min^{-1}	10,000
送り速度 $\text{mm}/\text{min}^{-1}$	100
ヘリカル公転直径	10
軸方向切込み量 A_d $\mu\text{m}/\text{rev}$	5
加工量 mm	1
切削方向	Down-cut
クーラント液	①通常クーラント ②ファンバブルクーラント

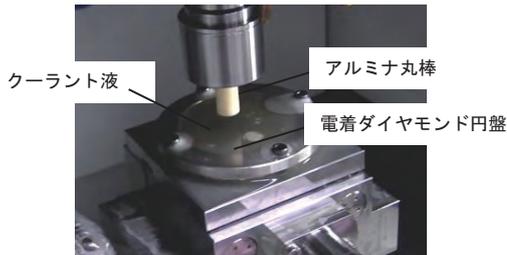


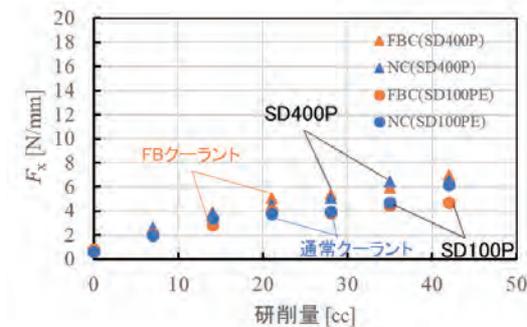
図5 目詰まり評価実験風景

4 実験結果および考察

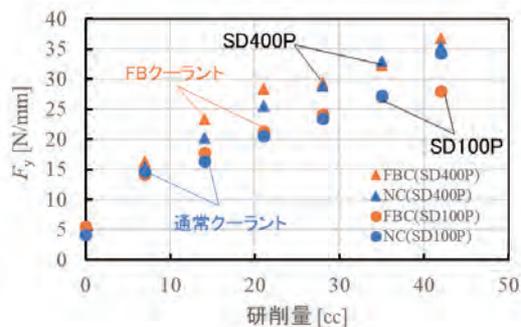
4.1 仕上げ加工を想定したアルミナセラミックスの側面研削実験

4.1.1 FB有無による研削抵抗

図6には、FBクーラント及び通常クーラント時における研削抵抗を比較するため、図6(a)には研削送り方向成分、図6(b)には法線方向成分の研削抵抗を示す。なお、比較として電着ダイヤモンド砥粒の粒度が#100（平均粒径 $147\mu\text{m}$ ）の加工結果も同時に表示



(a) 研削送り方向成分



(b) 法線方向成分

図6 研削抵抗

している。図より、加工量が 42cc 研削するまでの研削方向成分と法線方向成分の研削抵抗は、FBクーラントと通常クーラントにおいて大きな差は見られなかった。一方、ダイヤモンド砥粒の違いで比較すると、砥粒が細かい工具 SD400Pの方がSD100Pに比べ、研削抵抗がやや高く推移した。これは、SD400Pの方が砥粒の直径が小さく、実質的に電着砥粒の密度が高く、研削に関与した砥粒が多いためと考えられる。また、SD100Pでは比較的粗い砥粒のため、脆性的な破壊を伴うような加工となっているため、研削抵抗は低めに推移したと考えられる。

4.1.2 FB有無による工具摩耗への影響

電着ダイヤモンド工具の工具摩耗量の推移を図7に示す。図より、研削初期からFB有の方が砥石の摩耗を平均約 $1.4\mu\text{m}$ 程度抑制できていることが分かる。SD400Pの工具の場合、工具突き出し量が約 $20\mu\text{m}$ 程度であり、約 8%程度の工具寿命の向上効果を確認できた。

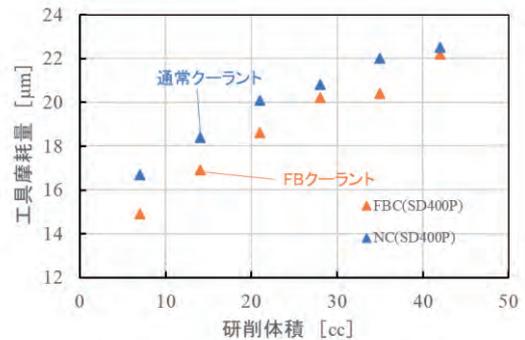


図7 工具摩耗の推移(SD400P)

4.1.3 FB有無による表面粗さへの影響

図8には、SD400P工具で側面研削した際の研削送り方向における表面粗さ R_a の推移を示す。図より、FBクーラント及び通常クーラントにおいて、表面粗さ R_a に大きな差は見られなかった。

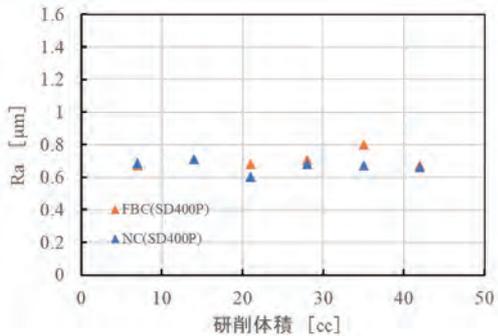
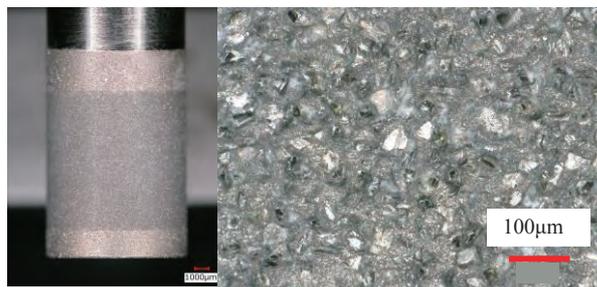


図8 表面粗さ R_a

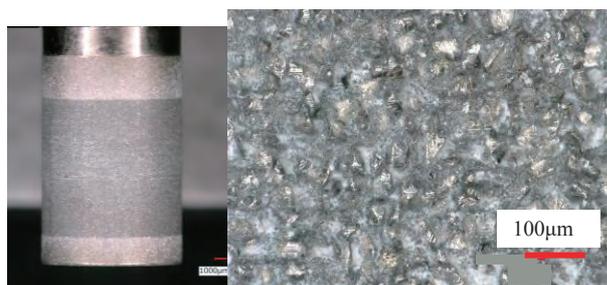
4.1.4 FB有無による工具への目詰まりへの影響

図9には、42cc研削加工後の工具表面の写真を示す。FBクーラント(図9(a))に比べ通常クーラント(図9(b))で加工したダイヤモンド砥粒表面は、やや切りくずが砥粒間に付着している量が多い。完全に

目詰まりしてはいないが、FB による目詰まりを抑制したか、あるいは、付着した切りくずの洗浄効果があった可能性がある。



(a)FB クーラント



(b)通常クーラント

図9 42cc 加工後の工具表面観察

4.2 効果発現メカニズム検証のためのモデル実験

次に、FB クーラントによる目詰まり抑制効果についてモデル検証を実施した。アルミナセラミックス丸棒を電着ダイヤモンド円盤に液中でヘリカルパスにより研削加工し、加工後の電着ダイヤモンド面の観察写真を図10に示す。図より、FB クーラント及び通常クーラントともクーラントがノズルから噴射されて加工点に液が供給されている範囲は、目詰まりが見られず差が見られなかった。また、ヘリカルパスにより工具回転と液流の向きで切りくずが排出しにくい範囲は、両条件ともに目詰まりが発生した。このことから、目詰まり抑制には、加工点範囲において切りくずの除去することが最も重要で、一方、液流の向きが切りくず排出しにくい方向では、液中にファインバブルが存在していても、目詰まりが発生すると言える。したがって、ファインバブルが砥粒と砥粒の間隙に存在していたとしても、直接的に目詰まりを抑制する効果は得られないと考えられる。そのため、今後、ファインバブルの洗浄効果について検証実験を進めていく必要がある。



(a)FB クーラント



(b)通常クーラント

図10 目詰まり評価後の電着面の観察結果

5 まとめ

仕上げ加工を想定し、ダイヤモンド砥粒の粒径が細かい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、ファインバブル有無による研削加工への影響について検討した結果、ファインバブルクーラントの場合、電着ダイヤモンド工具の工具寿命を約8%程度、向上できる効果が見られた。

また、ファインバブルによる効果発現メカニズムの解明を目指し、ファインバブルによる目詰まり抑制効果について検証実験を実施した。その結果、ファインバブルが液中に存在しただけでは、目詰まりを解消できないことが分かった。

今後、ファインバブルの洗浄性について着目し、ファインバブル効果発現メカニズムについて検討を進める。

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)

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、金属素形材産業の企業が、例えば補修や耐久性向上を目的とした金型への追加積層造形に活用可能であるなど、既存の素形材産業と組み合わせた 3D ものづくり技術として期待されている。そこで本研究では、金型補修の観点から SKD61 上への SKD61 造形、耐摩耗性/靱性改良の観点から SKD61 上への SKH40 造形を検討し、観察や評価を通じて検討を行った。

その結果、SKD61 造形において剥離等は生じなかったが、SKH40 造形では基板界面近傍の熱影響部の硬化が原因と思われる基板からの剥離が生じた。この課題に対して、基板界面近傍において、SKD61 と SKH40 の比率を変化させた混合粉末の積層により傾斜化を図ったところ、剥離は生じなかった。このことから、金属 3D プリントを活用した金型の補修や改良時の課題となる剥離に対して、接合界面の傾斜機能化は有用であることが明らかとなった。

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、粉末床熔融結合法（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。

従来から一般的な PBF 方式や BJT 方式は、ラティス構造など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一層一層積層造形を行う手法である。レーザーによる造形箇所の熔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 PB 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、DED 方式金属 3D プリントを活用した金型補修・改良という観点からの積層造形・異種材料接合積層に関する検討例は少ない。

そこで本研究では、金型補修の観点から SKD61 上への SKD61 造形、耐摩耗性/靱性改良の観点から SKD61 上への SKH40 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）より開発された三菱重工工作機械株式会社（現、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 L AMDA200 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 2

* 機械システム係

00mm、レーザー出力の最大値は 2000W、パウダーフイダーは 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 SKD61 相当粉末（大同特殊鋼株式会社製 DAPSKD-MOD-HTC50（粒径 53~150 μm）、SKH40 相当粉末（山陽特殊製鋼株式会社製 SPM30 粒径 45~150 μm）を用いた。また、積層造形は SKH61 相当材（HRC41 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。レーザー出力は 1000W、稼働速度（以下、走査速度）は 800mm/min、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。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 40mm x 20mm 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 SKD61 および SKH40 の単一積層造形状況

図 3 と図 4 に、それぞれ SKD61 基板上に造形した SKD61 積層材および SKH40 積層材の外観写真を示す。SKD61 積層材において、造形物上の割れや基板界面からの剥離は目視確認できなかった。しかし、SKH40 積層材においては、造形物上の割れやき裂は目視出来なかったが、基板界面からの剥離が確認された。工具鋼においても、剥離など造形後の様相に差異が生まれることが明らかとなった。

図 5 と図 6 に、それぞれ SKD61 基板上に造形した SKD61 積層材および SKH40 積層材の断面写真を示す。ちなみに、造形ビードがある程度観察されるようエッチングを行った後、観察を行った。SKD61 積層材においては、外観観察結果と同様に造形物内部や基板界面に割れや剥離につながるき裂は確認されなかった。しかし、SKH40 積層材においては、造形物内部にき裂は生じていなかったが、外観観察結果と同様に基板との界面から剥離が生じていることが明らかであった。さらに、この剥離は基材の熔融部から剥離していることが明らかとなった。

この SKH40 積層材の剥離の要因を検討するために、観察断面中央において、基材-熔融部-積層造形部を高さ方向に横断するよう、ビッカース硬さ分布を評価



図 1 DED 方式金属 3D プリンタ 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)	粉末吐出量 (g/min)	ハッチピッチ (mm)	Zピッチ (mm)
1000	800	2	約11	1	0.5

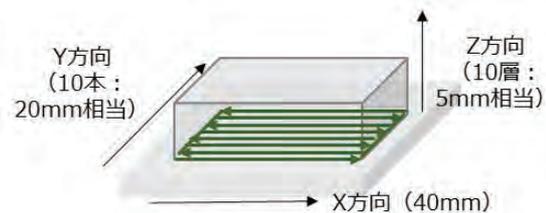


図 2 造形形状概略図

積層材 (SKD61)

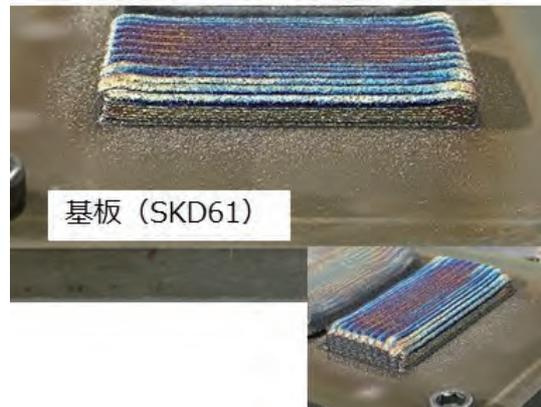


図 3 基板 SKD61 上の SKD61 積層造形物

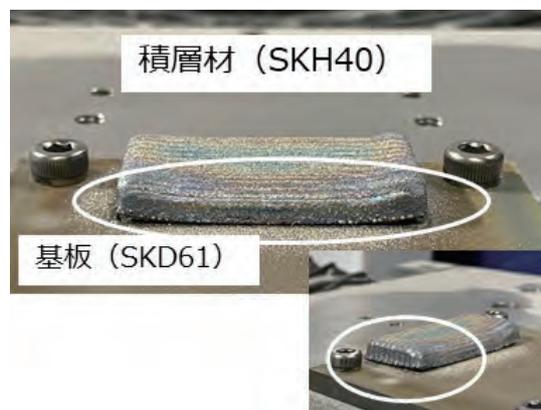


図 4 基板 SKD61 上の SKD61 積層造形物

した。図 7 と図 8 に、それぞれ SKD61 基板上に造形した SKD61 積層材および SKH40 積層材の基板表面からの距離におけるビッカース硬さを示す。図 7 に示す SKD61 積層材の硬さ分布において、基板は HV 約 425 を示し、基板界面近傍の熱影響部において硬さは緩やかな上昇を示し、積層造形部は HV 約 625 を示した。ここで、同種である SKD61 基板上への SKD61 積層造形の硬さにおいて差異が生じる要因は、2.2 項において記したように基材 SKD61 は HRC41 程度の調質材であるのに対し、積層造形部は造形後に HRC50 程度の硬さ特定を発現する粉末材料を本研究では用いたためである。

一方、図 8 に示す SKH40 積層材の硬さ分布において、基板は前述と同様に HV 約 425 を示し、基板界面近傍の熱影響部において大幅な硬さ上昇を示し、積層造形部は SKH40 積層材の硬さである HV 約 1025~1050 を示した。ここで、基板および熱影響部における硬さ分布に注目すると、造形後に生じた熱影響部において大幅に硬さが上昇していることが明らかである。この大幅な硬化は、造形時の旧熱や急冷により熱影響部の硬化を示唆していると思われる。これを踏まえ、造形中の割れ・剥離を克服する方法について検討を行った。

3.2 基材界面近傍の傾斜機能化

溶接業界において、例えば中・炭素鋼や特殊鋼の溶接時の急熱および急冷により、熱影響が硬化し割れを誘発することが知られている。この熱影響部の硬さは、鋼中の炭素量に大きく影響を受ける他、炭素以外の元素の影響も受けることが知られている。この熱影響部の硬化を抑制する方法として、一般的に予熱や後熱が知られているが、本研究では炭素分量の傾斜機能化に着目し、検討を進めた。

図 9 に基板界面近傍の炭素量傾斜機能化を図った積層造形概要を示す。基板は同じく SKH61 材 (HRC41 調質材) を用い、積層 1 層目は wt%換算で SKD61 粉末 : SKH40 粉末 = 3 : 1、積層 2 層目は SKD61 粉末 : SKH40 粉末 = 2 : 2、3 層目は SKD61 粉末 : SKH40 粉末 = 1 : 3 となるよう、基板から積層 3 層分において材料の傾斜機能化を図った。その後の 4 層目以降の 7 層は SKH40 粉末のみを用い造形を行い、前節の単一材料の造形同様に合計 10 層の積層造形物を検討した。

図 10 に、この基材界面の材料傾斜機能化を図った造形物の外観写真を示す。積層造形部の割れや、SKH40 単体積層材の生じた剥離も観察されなかった。図 11 に中央部の切断断面観察写真を示す。造形物内部においても、割れや剥離が生じていないことが伺える。図 12 に、観察断面中央において、基材-熔融部-積層造形部を高さ方向に横断するよう、ビッカース硬さ分布を評価した結果を示す。基板はこれまで同様に HV 約 425 を示し、基板界面近傍の熱影響部において硬さは HV 約 550~700 を示した。傾斜機能化を検討し

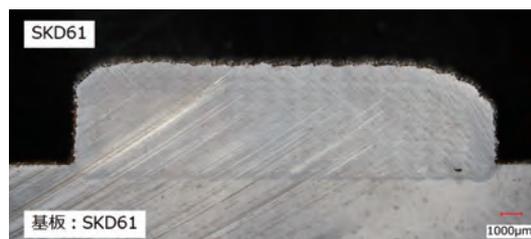


図 5 断面観察写真 (基板 SKD61 上の SKD61 積層造形物)



図 6 断面観察写真 (基板 SKD61 上の SKH40 積層造形物)

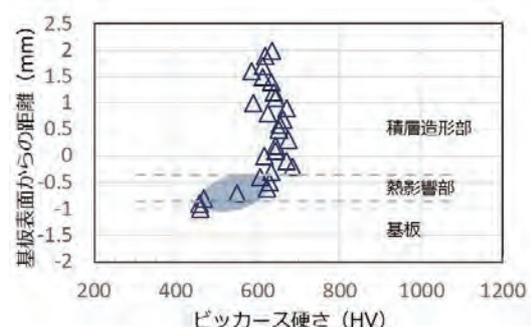


図 7 HV 硬さ分布 (基板 SKD61 上の SKD61 積層造形物)

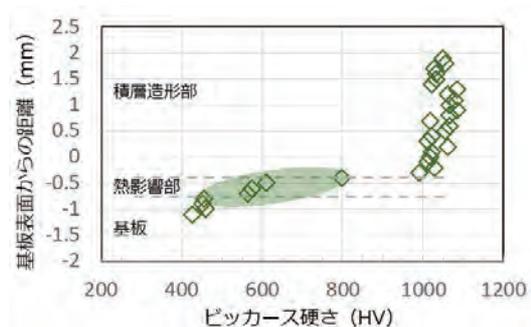


図 8 HV 硬さ分布 (基板 SKD61 上の SKH40 積層造形物)

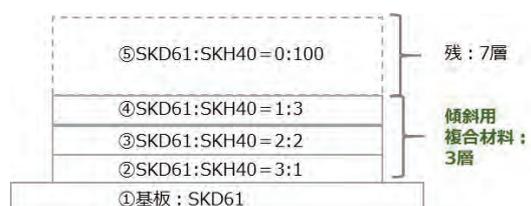


図 9 基材近傍傾斜機能化造形物の概略図

た積層 1~3 層は HV 約 700~900 に連続的に上昇した。以上のように、基板界面最近傍において熱影響部の硬化は生じたが、第 1 層~3 層の材料傾斜機能化により連続的に緩やかな硬さ向上が実現され、残り 7 層に渡る SKH40 材の積層後も割れや剥離が生じなかったものと考えられる。

以上のことから、SKD61 材と SKH40 材の混合粉末を基板近傍に 3 層に渡り積層し、炭素分量の比率の変化による硬さの緩やかな傾斜を実現した、本研究において設計した傾斜機能化は、剥離の抑制に大きく寄与することが明らかとなった。

本研究では、SKD61 金型の耐摩耗性・靱性改善を目的とした SKH40 材の追加造形について基礎的検討を行った。SKH40 単一での追加造形において生じた剥離を抑制する手段には、予熱・後熱や積層パスの方向なども考えられるが、本研究で検討した剥離界面近傍の材料傾斜機能化も有用な手段の一つであると言える。本研究で検討した SKD61 材と SKH40 材の組み合わせ接合以外の様々な材料においても、本研究で検討した傾斜機能化は異種材料接合に有用であり、今後、DED 方式金属 3D プリンタによる様々な材種による金型補修や改良において、活用できると思われる。

5 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。そこで本研究では、金型補修の観点から SKD61 上への SKD61 造形、耐摩耗性/靱性改良の観点から SKD61 上への SKH40 造形を検討した。観察や評価を通じて明らかとなった課題とその克服手段の検討を行った。

- (1) 金型補修の観点から SKD61 (HRC41 調質材) 基板上に SKD61 粉末を用いて積層造形を行った。その結果、基材 (HV 約 425) から熱影響部の緩やかな硬化を経て造形物 (HV 約 625) であった。基板と積層界面での硬化は見られたものの、界面剥離や積層物の割れは確認されなかった。
- (2) 金型改良の観点から SKD61 (HRC41 調質材) 基板上に異種材料である SKH40 粉末を用いて積層造形を行った。その結果、基材 (HV 約 425) から熱影響部において大幅な硬化 (HV 約 800) を経て造形物 (HV 約 1025) であった。この熱影響部の急激な硬化により、基板と積層物との界面剥離による大きな割れが生じた。また、積層物自体には割れは確認されなかった。
- (3) 金型改良の観点 (耐摩耗性や靱性向上) から、SKD61 (HRC41 調質材) 基板上に異種材料である SKH40 粉末を用いて積層造形を行ったところ、剥離が生じた。その一因は、SKD61 材と SKH40 材の炭素成分の大きな違いと考え、炭素分量の傾斜化を図るため、基板と積層物界面間の 3 層において、比率を変化させて傾斜機能材料を

挟んだ。傾斜機能化後、SKH40 材を規定数造形したところ、SKH40 材を直接基板上に造形した際に生じた剥離は解消され、傾斜材料部やその後の SKH40 積層物にも割れは生じなかった。以上のことから、本研究で検討した傾斜機能化は異種材料接合に有用であり、今後、DED 方式金属 3D プリンタによる様々な材種による金型補修や改良において、活用できると思われる。

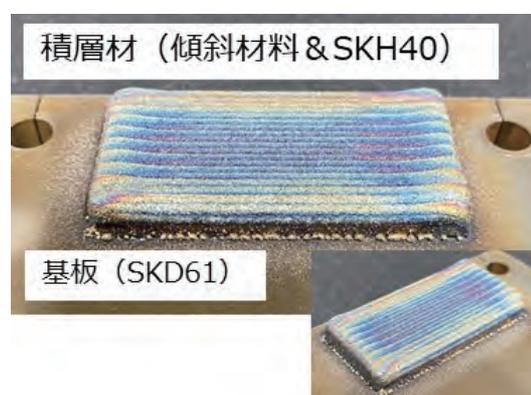


図 10 基板 SKD61 上の造形物 (傾斜材料積層後、SKH40 材積層造形)



図 11 断面観察写真 (基板 SKD61 上に傾斜材料積層後、SKH40 材積層造形)

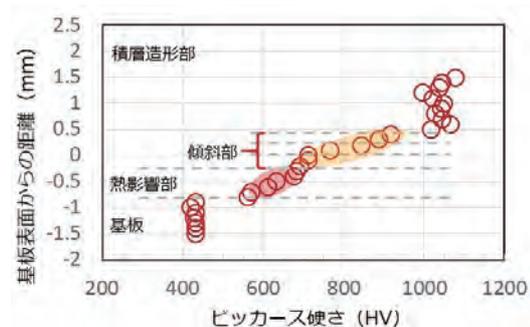


図 12 HV 硬さ分布 (基板 SKD61 上に傾斜材料積層後、SKH40 積層造形)

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レーザー出力や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。

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¹⁾。

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問題となり得る。3Dプリンタと聞いてまず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。そのため、今年度は異なるレーザー出力や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。

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（三菱重工工作機械株式会社製（現：日本電産マシントール株式会社）¹⁾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溶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。

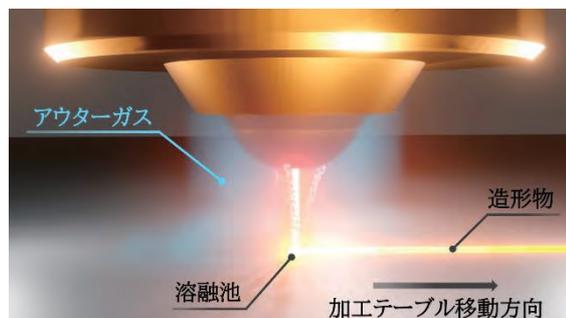


図1 DED方式の造形イメージ

2.2 引張試験(異なるレーザー出力で造形)

3種類のレーザー出力で作成した試験片で引張試験を行った。走査パスは引張（90度）方向積層とし、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⁾。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。サンプル数は各3サンプルである。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

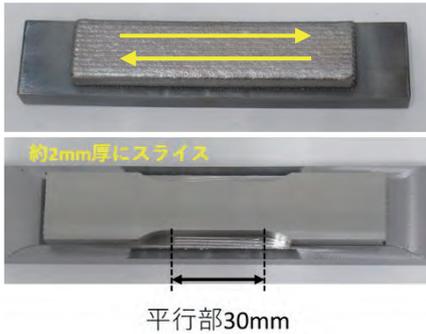


図 2 試験片造形イメージ

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	φ2 mm
レーザー出力	800、1000、1200 W
キャリアガス流量	4 L/min

2.3 引張試験(異なる走査パスで造形)

2種類の走査パスで作成した試験片で引張試験を行った。走査パスは90度方向積層および45度方向積層とし、そのイメージを図3に、造形条件を表2に示す。なお、90度方向積層は2.2において1000Wで造形したサンプルと同一のものであり、45度方向積層も走査パス以外は同様の造形条件としている。また、試験片の加工方法やひずみ算出方法は2.2と同様であり、サンプル数は各3サンプルである。

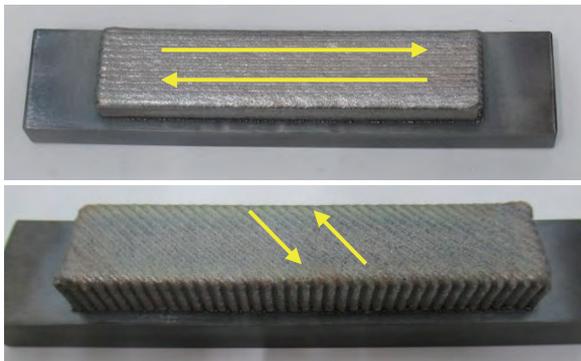


図 3 試験片造形イメージ
(上：90度方向積層、下：45度方向積層)

表 2 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

2.4 DIC解析

2.2および2.3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4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 4 ランダムパターン作成後の試験片

3 実験結果および考察

3.1 引張試験(異なるレーザー出力で造形)

引張試験を行った結果を図5に示す。各レーザー出力で3サンプルの予定であったが、1200Wはサンプルの切り出しに失敗したため、2サンプルとなった。また、今回はレーザー出力の違いによる影響の調査を目的としていたため、大きな内部欠陥が確認された800Wの早期に破断したサンプルは除外して考える。

これらの結果より、レーザー出力が低いほうが僅かではあるが、耐力および引張強さが大きくなる傾向が確認された。そして、伸びについてはレーザー出力の違いは見られず、応力ひずみ曲線は縦軸方向にオフセットするような形となっていた。図5中の点線・鎖線はSUS316L圧延材のJISの値となっており、いずれのレーザー出力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。

他のサンプルに比べて早期に破断した800Wのサンプルについて、DIC解析で引張方向のひずみ分布を算出したものを図6に示す。これを見ると局所的に大きいひずみが発生していることが分かる。その破断面を観察した写真が図7であり、破断の様子が異なっている箇所があることが分かる。この発生原因については現在調査中である。

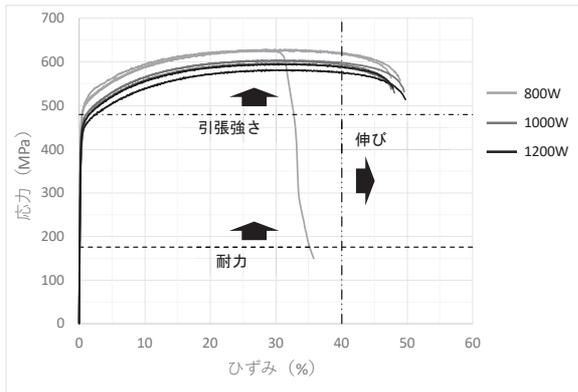


図 5 引張試験結果

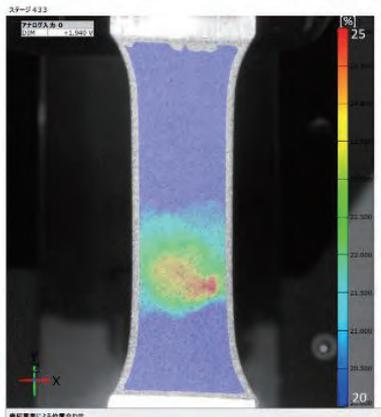


図 6 引張 (y軸) 方向ひずみ分布

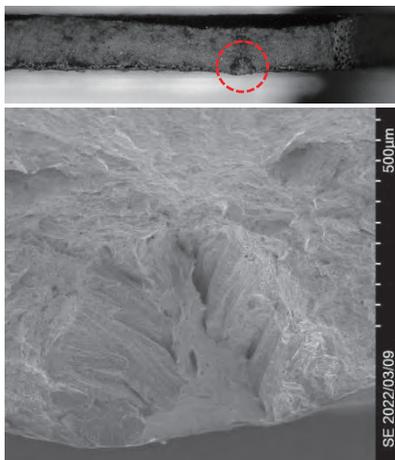


図 7 800-1の破断面観察写真
(上：光学顕微鏡観察、下：電子顕微鏡観察)

3.2 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8に示す。これらの結果より、耐力点と伸びに変化が見られた。90度方向積層のほうが耐力点は高いが、伸びが小さい結果となった。また、引張強さについてもわずかではあるが、90度方向積層のほうが高い結果となった。3.1での異なるレーザー出力で造形した場合との違いとして、応力ひずみ曲線の形状が変化し

ていることが確認できた。耐力点と伸びの違いだけでなく、荷重のピークの発生位置の違いが特徴的である。90度方向積層では破断までの間の中間ぐらいの位置で荷重のピークとなるが、45度方向積層では破断の少し前で荷重のピークとなり、右肩上がりのような曲線を描いている。なお、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。

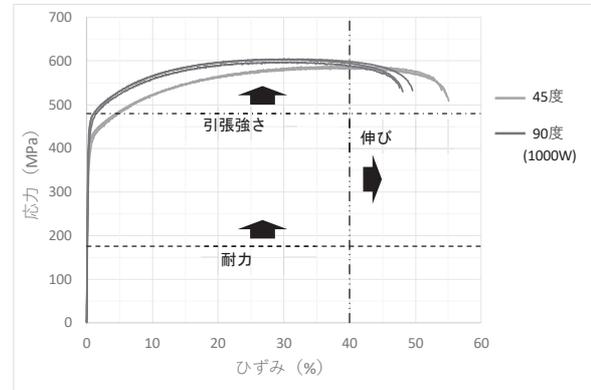


図 8 引張試験結果

4 まとめ

本年度は、SUS316Lを用いて異なるレーザー出力や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。

レーザー出力を変更した場合、レーザー出力が低いほうが耐力および引張強さが大きくなる傾向が見られたが、その変化量は小さかった。伸びはレーザー出力で変化がなく、応力ひずみ曲線は縦軸方向にオフセットするような形で変化していた。

走査パスを変更した場合、耐力点と伸びに変化が見られた。引張強さの値の違いは小さいが、引張強さの発生位置に違いがあり、90度方向積層では破断までの間の中間ぐらいの位置で、45度方向積層では破断の少し前で荷重のピークとなった。

走査パスを変更したほうが、レーザー出力を変更するよりも機械的特性への影響は大きく、実製品を造形する際の異方性の要因となり得ると思われるが、今回の結果ではどちらのパスであっても十分な強度と伸びを有していた。その一方で内部欠陥により早期に破断することはあるため、欠陥を少なくするレーザー出力条件や走査パスの選定に注意する必要がある。

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

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（第一報）

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、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。溶解した溶液を加熱すると、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。白濁を引き起こす因子について温度可変式紫外可視分光光度計およびカールフィッシャー水分計を用いて調べた結果、ポリマー濃度に関係なく水分濃度 45%以上で白濁することが分かった。また、温度の影響はほぼないことが分かった。

1 はじめに

材料を溶かした溶液を塗布・乾燥させてフィルムを得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がフィルム化でき、別基材の上に積層して多層化できるなどの特徴がある。また、複数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。同方法で作製したフィルムの仕上がりには、溶媒中における材料の分散状態や溶液年度などの力学物性、塗工速度や乾燥条件など多くの因子が影響を与える。

2種類以上の溶媒を混ぜた混合溶媒は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する。そのため、溶媒キャスト法で混合溶媒を用いる場合は、液中の材料の溶解・分散状態が随時変化するため、複雑な凝集・析出挙動を示すことが予想される。そのため、これらの現象を明確にすることは溶液キャスト法を用いてフィルムを製造する際、品質管理の面から非常に重要である。一方、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。

2 実験

2.1 ポリマーおよび試薬

ポリマーはセルロース誘導体を用いた。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た。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

エタノールと水を異なる混合比で調整した混合溶媒を溶媒として用いた。以下、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、1.0g、2.0g とした。

2.3 評価

濁度測定には温度可変式紫外可視分光光度計（UV/VIS）V-550-DS（日本分光(株)）を用いた。測定波長は 600nm、昇温速度は 5°C/min. とした。測定中は石英セルのフタをテフロンテープおよびパラフィンフィルムで固定し、溶媒の揮発を防止した。

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。抽出溶媒を針付プラスチックシリンジで約 0.3mL 採取し、カールフィッシャー水分計に投入した。投入前の抽出溶媒を含むシリンジの重量と投入後のシリンジの重量の差を抽出溶媒の投入量とした。

白濁時の水分量の定量試験は以下の手順で実施した。まず、ポリマー溶液 25 μ L を予め重量を秤量した直径 5mm、高さ 2.5mm のアルミ容器に入れ、電子天秤で重量を秤量し、80°C に加熱したホットプレートに設置した。ポリマー溶液の白濁を確認後、速やかに電子天秤で重量を秤量し、アルミ容器ごと抽出溶媒である脱

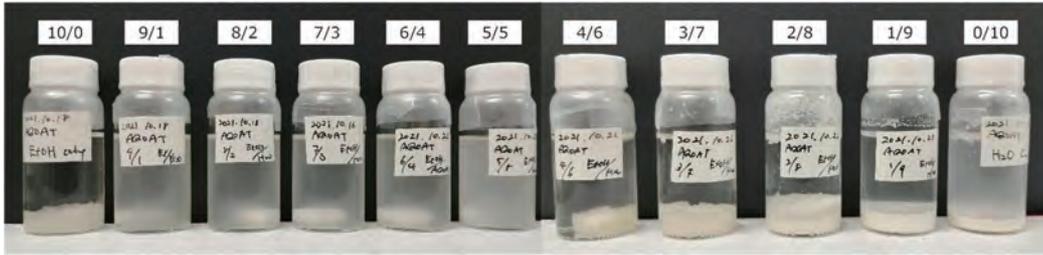


図1 溶媒組成の異なる混合溶媒におけるポリマー溶解性の違い

水処理したエタノール 5mL に浸漬して 12 時間以上静置した。ポリマー溶液の白濁の有無は目視で判断した。重量秤量の際は、溶媒を入れたアルミ容器をガラス製容器で覆うことで秤量中における溶媒の揮発を抑制した。静置後の抽出溶媒の水分量をカールフィッシャー水分計で測定した。同様の操作で加熱前の溶液の水分量についても調べた。

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

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を図 1 に示す。エタノールと水の体積比が 9/1 ~5/5 の混合溶媒において、ポリマーは比較的均一に溶解した。一方、同 4/6~1/9 の混合溶媒においては、ポリマーは若干膨潤したものの溶解しなかった。また、エタノール単体および水単体にもポリマーは溶解せず、特に水単体においてポリマーは膨潤もせずパウダー状を保った。ここには示していないが、9.75/0.25、9.5/0.5、9.25/0.75 の混合溶媒でも溶解性を確認したところ、エタノール比が高くなるほど溶解性は低下する傾向がみられ、混合溶媒比 9/1 が最も溶解性が高いことがわかった。

比較的均一に溶解したポリマー溶液のうち、混合溶媒比が 9/1 と 5/5 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。ホットプレートの温度は、室温、40 $^{\circ}$ C、60 $^{\circ}$ C、80 $^{\circ}$ Cとした。加熱温度 60 $^{\circ}$ Cにおける加熱時の経時変化を図 2 に示す。エタノール比が高いポリマー溶液 (図 2 (左)) は加熱に伴う大きな外観変化はなかった。一方、エタノール比が低いポリマー溶液 (図 2 (右)) は加熱開始から 25 秒経過時点で白濁が観察され、その後急激に白濁した。また、この白濁する現象は室温およびいずれの加熱温度でも起こった。このポリマー溶液の白濁を引き起こす因子を明らかにするため、以下の実験を行った。

3.2 白濁に及ぼす温度の影響

熱により溶液中で溶解・不溶などの可逆的な変化を引き起こすポリマーは温度応答性ポリマーと呼ばれる。温度応答性ポリマーの一つである N-イソプロピルアクリルアミド (NIPAM) の水溶液は、室温付近では水に溶解しているが、加熱により不溶化し白濁する低温臨界共溶温度型 (LCST 型) の相分離挙動を示すことが知られ、この挙動を薬物放出などに利用されている¹⁾。また、側鎖にオキシエチレン鎖を有するビニル

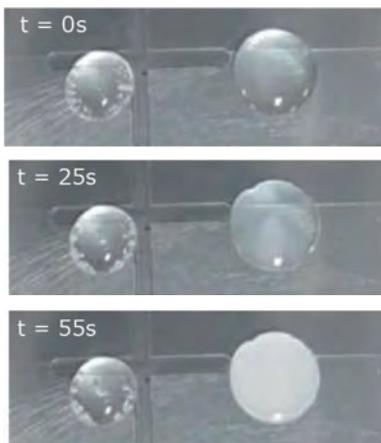


図2 溶液の 60 $^{\circ}$ C 加熱時における外観変化 (混合溶媒比 (エタノール / 水) 左 : 9/1、右 : 5/5)

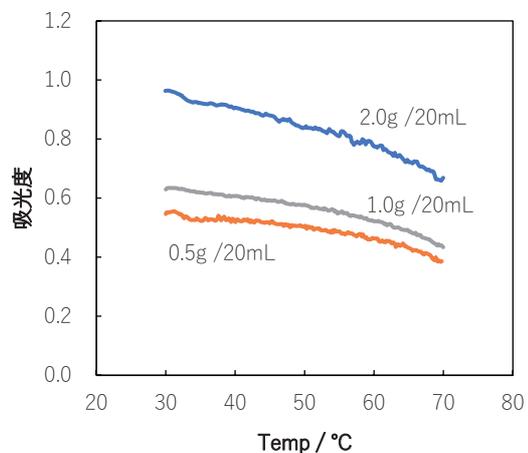


図3 各濃度におけるポリマー溶液の UV/VIS 測定結果 (混合溶媒比 (エタノール / 水) : 6/4)

エーテルポリマーの水溶液も同様の LCST 型の温度応答性を示すことが報告されている²⁾。

有機溶媒/水の混合溶媒においても、一定比で混合したエタノール/水混合溶媒にポリメタクリル酸メチルが高温で溶解し、低温で析出することが報告されている³⁾。我々も、PMMA が 1,4 ジオキサン/水混合溶媒系において、エタノール/水混合系と同様の挙動を示すこと、また 1,4 ジオキサン比が高くなるのに伴い、析出する温度が高くなること明らかにした⁴⁾。

本研究で取り扱うポリマー溶液についても、同様の温度による挙動を示すかどうかを温度可変式 UV/VIS で調べた。

エタノールと水の体積比が 6/4 の混合溶媒における昇温過程における測定結果を図 3 に示す。いずれのポリマー濃度の溶液においても、温度上昇に伴いポリマーの溶解性が高くなることで、吸光度は徐々に低下した。また、測定温度範囲内における吸光度の上昇は見られなかった。このことから、3.1 で観察された溶液の白濁は温度の影響ではないことがわかった。

3.3 白濁に及ぼす溶媒組成およびポリマー濃度の影響

溶液加熱時の白濁した溶液におけるポリマー濃度 $C_{p,2}$ 、水分濃度 $C_{H_2O,2}$ を次の方法で調べた。濃度はすべて重量パーセントとした。

まず、ポリマー溶液を 100°C で乾燥し、乾燥前後の重量より初期のポリマー濃度 $C_{p,0}$ を算出した。また、カールフィッシャー水分計を用いて、抽出溶媒である脱水処理したエタノールの初期水分濃度 $C_{H_2O,0}$ を得た。

加熱処理前のポリマー溶液中のポリマー重量 W_p は、ポリマー溶液の総重量 $W_{total,1}$ を用いて次式 (1) で表せる。

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

続いて、白濁時のポリマー溶液の水分濃度 $C_{H_2O,2}$ は、同溶液中の水分重量 $W_{H_2O,2}$ と同溶液の総重量 $W_{total,2}$ を用いて式 (2) で表せる。また、同溶液のポリマー濃度 $C_{p,2}$ は、白濁時のサンプル溶液の総重量 $W_{total,2}$ を用いると式 (3) となる。

$$C_{H_2O,2} = \frac{W_{H_2O,2}}{W_{total,2}} \times 100 \quad (2)$$

$$C_{p,2} = \frac{W_p}{W_{total,2}} \times 100 \quad (3)$$

水分抽出操作においてポリマー溶液中のすべての水分は抽出溶媒へ移動していると仮定すると、白濁時のポリマー溶液中の水分重量 $W_{H_2O,2}$ は、水分抽出操作後の抽出溶媒の水分濃度 $C_{H_2O,3}$ 、抽出溶媒 5mL の総重量 W_{solv} を用いて、式 (4) で表せる。ここで、ポリマー溶液から抽出溶媒へ移動したエタノールによる抽出溶媒の重量増は微量であるため無視できるものとする。

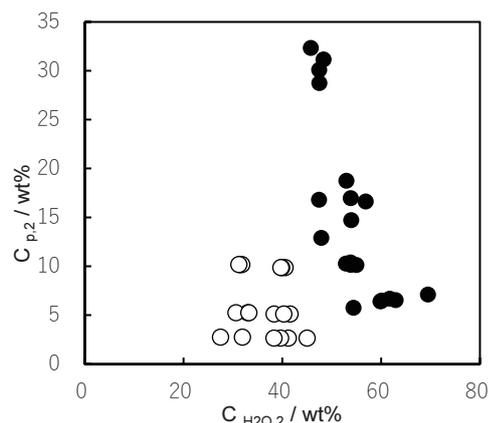


図 4 水分濃度およびポリマー濃度による溶液の状態 (○: 透明 ●: 白濁)

$$W_{H_2O,2} = W_{solv} \times \left(\frac{C_{H_2O,3} - C_{H_2O,0}}{100} \right) \quad (4)$$

以上の式 (1)、式 (3) より白濁した溶液におけるポリマー濃度 $C_{p,2}$ は式 (5) で表せる。また、式 (2)、式 (4) より水分濃度 $C_{H_2O,2}$ は式 (6) となる。

$$C_{p,2} = \frac{W_{total,1}}{W_{total,2}} \times C_{p,0} \quad (5)$$

$$C_{H_2O,2} = \frac{W_{solv}}{W_{total,2}} \times (C_{H_2O,3} - C_{H_2O,0}) \quad (6)$$

同様の操作を、加熱前のポリマー溶液に対しても行い、加熱前のポリマー溶液中の水分濃度 $C_{H_2O,1}$ を算出した。

加熱前の透明性の高い溶液 (○) の水分濃度 $C_{H_2O,1}$ とポリマー濃度 $C_{p,0}$ 、および、加熱により白濁を開始した時点の溶液 (●) の水分濃度 $C_{p,2}$ と $C_{H_2O,2}$ を図 4 にまとめた。

加熱前の白濁していない溶液のポリマー濃度は 2.6 ~ 10.2wt%、白濁開始時の溶液のポリマー濃度は 5.8 ~ 32.3wt%であった。水分濃度が低く、ポリマー濃度が高い試料については調べられていないものの、溶液の白濁に及ぼすポリマー濃度の影響は小さいと判断できる。

水分濃度については、加熱前の溶液は 27.5 ~ 45.0wt%、白濁開始時の溶液は 45.8 ~ 69.5wt%の範囲内にあり、水分濃度 45%付近に明確な境界がみられた。このことから、溶液の白濁には水分濃度の影響が大きいたことが示唆された。水分濃度が高くなるのに伴い溶液が白濁するのは、水に比べて沸点の低いエタノールが加熱操作により主として揮発することで混合溶媒における水分比が相対的に増加し、加熱前の混合溶媒に比較的均一に溶解していたポリマーが凝集・析出した

ためと考えられる。

今回の実験では、サンプル溶液 25 μ L を直径 5mm、高さ 2.5mm のアルミ容器に入れ、アルミ容器の下部から加熱した。また、加熱した際の溶媒の揮発は大気に接している上部から起きる。そのため、ポリマー溶液の量は微量であり、アルミ容器内で溶液の対流は起こるものの、ポリマー溶液上部と下部で溶媒組成は厳密には異なると考えられる。加熱により、ホットプレートに近い下部の溶液中のエタノールは溶液中を上部に向かって移動し液面から気化することから、下部溶液の水分濃度の方が上部溶液に比べ高いと予想できる。つまり、今回観察された白濁はアルミ容器の下部で起きた現象をとらえていると考えられる。今回の実験では、白濁した溶液をアルミ容器ごと抽出溶媒に浸漬することで、アルミ容器内の上部と下部の区別なく、白濁溶液中の水分を抽出しポリマー溶液の水分を平均化して定量した。そのため、白濁が生じる実際の臨界水分濃度は今回の結果よりも高いと考えられる。

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、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。溶解した溶液を加熱すると、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。白濁を引き起こす因子について温度可変式紫外可視分光光度計およびカールフィッシャー水分計を用いて調べた結果、ポリマー濃度に関係なく水分濃度 45%以上で白濁することが分かった。また、温度の影響はほぼないことが分かった。

参考文献

- 1) C. H. Alarcon, S. Pennadam, and C. Alexander, Chem. Soc. Rev., 34, 276 (2008)
- 2) Aoshima S, Sugihara S, J. Polym. Science Part A Polym. Chem. 38, 3962-3965(2000)
- 3) 宇山 浩, 高分子論文集, 67(9), 489-496 (2010)
- 4) 中島啓嗣：滋賀県東北部工業技術センター研究報告, 7-11 (2013)

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 — (第二報)

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乳酸(PLA)およびエポキシ化亜麻仁油(EFO)を加えた複合材料を作製して物性評価を行った。PLAおよびEFOを添加することで、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。EFO添加による物性改善は、樹脂の高次構造やACNFの分散状態改善に起因することが示唆された。

1 緒言

「プラスチック」という単語は使用される文脈によって定義が異なる曖昧なものであるが、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状の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、ニトロセルロースと樟脳を主原料とするセルロイドと言われている。その後、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によって、プラスチックの活躍の場が飛躍的に広がることとなる。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プラスチックの研究開発が盛んに行われるようになる。プラスチックは構成単位であるモノマーの種類や組み合わせ、モノマーの繋がる個数、添加剤などによって様々な機能を発現させることができることから、用途に合わせた様々な特性を有する多種のプラスチックが開発され、それまで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は多岐の分野に渡っている。

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幅に向上させてきた。しかしながら、高い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。この特性は、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。しかし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大量のプラスチックがもたらす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。前報において、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との複合化について報告を行った。本報では、更なる物性向上を目的

* 有機材料係

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調査したので以下報告する。

2 実験

2.1. 化学修飾CNFの作成

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. CNF複合材料の作製

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。

次に、得られたマスターバッチおよびPBAT、PLA(NatureWorks社製 4032D)を恒温槽中80℃で8時間乾燥させた。複合材料中の全ポリマー量に対してACNFが10wt%になるように調整しつつ、PBATとPLAが所定の重量比になるよう調整し、170℃に加熱した小型混練機(Xplore Instruments社製 MC15HT)を用いて200rpmで10分間混練した。なお、添加剤による影響を調査するため、EFO(新日本理化株式会社製 サンソサイザーE-9000H)およびジクミルパーオキサイド(日本油脂株式会社製 パークミルD 以下DCP)を所定量添加した。ここで、EFOは多数のエポキシ基を有する添加剤であることから、複合材料に添加することで、このエポキシ基とACNF、PBATおよびPLA末端の有するアセチル基との反応によるネットワーク構造の形成に伴う力学物性向上が期待できる。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(株式会社テクノサブライ製 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170℃、余熱時間2分、成型時間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。またPBATへのPLA添加効果を確認するため、同様の成形方法を用いてPBAT/PLA複合材料の作製も行った。

2.3. CNF複合材料の評価

2.3.1. PBAT/PLA/ACNF複合材料の引張強度評価

2.2.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15mm、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。

2.3.2. PBAT/PLA/ACNF複合材料の溶融挙動評価

2.2.で得られた複合材料シートを用い、応力制御型レオメータ(TA Instruments社製 DHR-2)を用い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のパラレルプレートを用い、測定ギャップ1mm、温度190℃、周波数0.1~628rad/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、歪についてはACNF添加系で0.1%、未添加系で0.5%とした。加えて、測定に際し、測定プレート径に打ち抜いたフィルムを複数枚重ねて1mmとなるように調整して測定を実施した。

2.3.3. PBAT/CNF複合材料の熱収支挙動評価

2.2.で得られた複合材料シートを用い、DSC(TA Instruments社製 DSC2500)にて測定を行った。容器は標準のアルミニウム製パンを用い、室温から200℃に昇温(1st run)後5分間温度を一定に保ち、その後-60℃まで冷却後、200℃まで昇温(2nd run)した。昇降温速度は10℃/minとした。

また、結晶化速度の調査を目的に等温結晶化測定を行った。200℃で3分保持後に80℃まで急冷し、その温度を保ったまま発熱ピークを求めた。80℃に達してから発熱ピークまでの時間をもって結晶化時間とした。

2.3.4. 混練後のACNFへのEFO反応性調査

2.2.で得られたペレット状複合化合物を円筒セルロースろ紙に入れ、クロロホルムを溶媒としてソックスレー抽出を行った。12時間後、円筒セルロースろ紙より回収したACNFについてクロロホルムを用いて吸引ろ過を行いながら洗浄し、その乾燥物について赤外分光光度計(PerkinElmer社製 Spectrum3)を用いて測定を行った。測定は一回反射ATR、測定波数範囲4000~650 cm^{-1} 、積算回数4回で実施した。

また、同様のサンプルについて、DSC(TA Instruments社製 DSC2500)にて測定を行った。容器はTzero密封パンを用い、-60℃まで冷却後、180℃まで昇温した。昇降温速度は100℃/minで実施した。

3 結果および考察

3.1. PBAT/PLA/ACNF複合材料の力学特性について

2.3.1.で得られた結果を図1に示す。なお、図において「B9L1」との記載は、重量比でPBAT:PLA=9:1で複合化していることを表し、以下同様の標記をしている。まず、PBATへのPLA添加効果を確認すると、PLAが10wt%では降伏応力および弾性率ともPBAT単体からほぼ変化はないものの、30wt%から両者が少し向上し、50wt%では明確な差が見られた。少量添加で物性が改善しない理由としては、PBATとPLAは相溶性に乏しいことから、複合材料の力学特性が含有量の多いポリマーに支配されるためであると考えられる。また、この複合材料にACNFを添加するとそれぞれの割合において降伏応力で1.7倍以上、弾性率で概ね2倍以上の改善が見られた。一方で、PLA量が30wt%から50wt%になるに従いACNF添加による改善効果が低下していることが分かった。この結果をふまえ、以下良好な生分解性の維持と改善効果を考慮し、PLA含有割合30%にて以降検討を実施することとした。また、PBATのみにACNFを加えたときの補強効果は昨年度より低下している。この差異については、昨年度に複合化に用いたニーダーのローター/バレル間距離(数mm)と比較してスクリーとバレルの間隙が狭く(110 μ m)、混練によって繊維切断などのダメージが発生した可能性のほか、昨年度よりも混

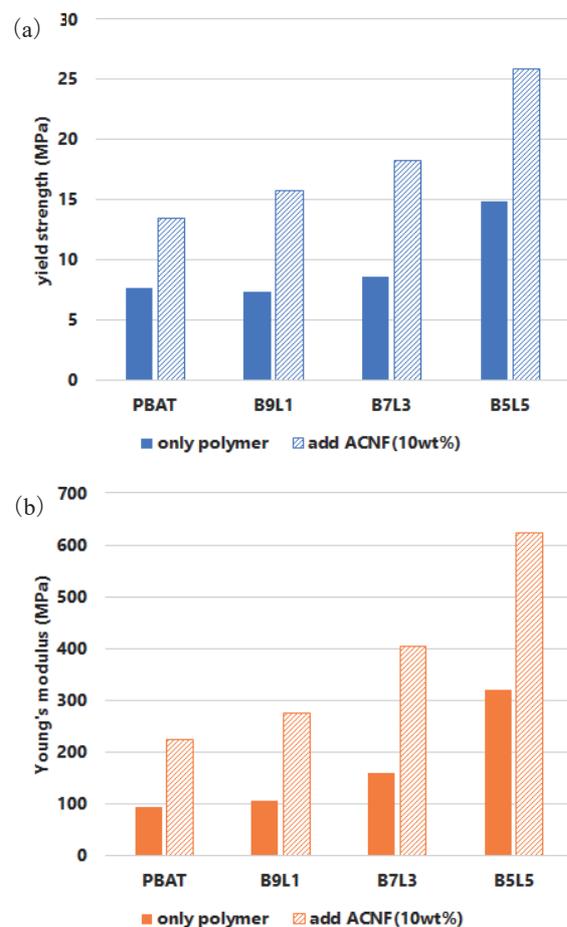


図1 PBAT/PLA/ACNF複合材料の引張強度測定結果 (a)降伏応力 (b)弾性率

練温度が高く局所発熱等により繊維が劣化したといった理由が考えられる。

3.2. PBAT/PLA/ACNF複合材料へのEFO添加効果について

PBAT:PLA=7:3(重量比)にACNFを加えた複合材料に対しEFOおよびEFOとDCPを添加した場合の強度試験の結果を図2に示す。なお、添加量のphrはPBATとPLAの合計に対する重量部である。EFOの添加によって降伏応力、弾性率ともに若干の上昇傾向がある。また、DCPを加えることでさらに物性が改善されることが分かった。

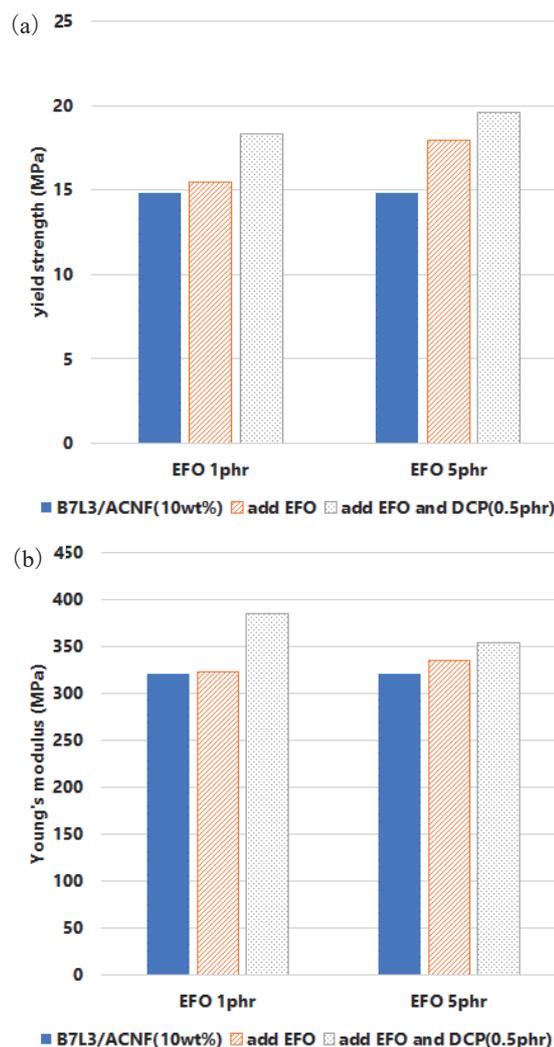


図2 PBAT/PLA/ACNFにEFOおよびDCPを添加した複合材料の引張強度測定結果 (a)降伏応力 (b)弾性率

DCPが複合材料物性を与える影響については、PBATとPLAの反応による相溶性の向上が考えられる¹⁾²⁾。EFOの添加効果については、①EFOの持つエポキシ基と樹脂、ACNFが有するアセチル基が反応して物性が向上、という本来の狙いのほか、②EFOの可塑効果によってACNFの分散性が変化して物性が向上、③樹脂の高次構造変化、といった影響が考えられる。そこで、各可能性を検証するために、複合材料より取り出して洗浄したACNFのFTIR測

定を行ったものの、EFO未添加と添加系いずれもピークに差が見られなかった(図3)。FTIRでの測定感度不足を想定し、同様の試料についてDSCを用いて測定した結果を図4に示す。熱収支挙動はFTIR測定結果同様、3水準とも同一であって、EFO添加量が増加しても変化はない。この結果より、EFOとACNFの反応は狙いどおり進んでない可能性が高いことが判断できた。

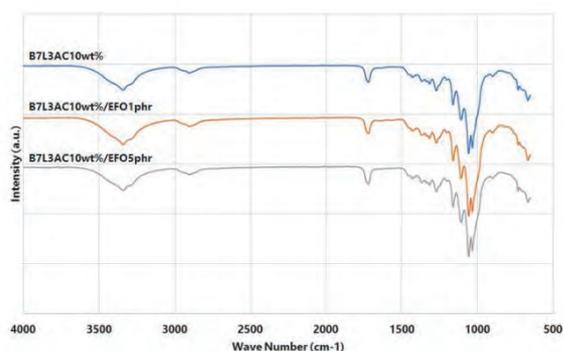


図3 ソックスレー抽出前後ACNFのFTIRスペクトル

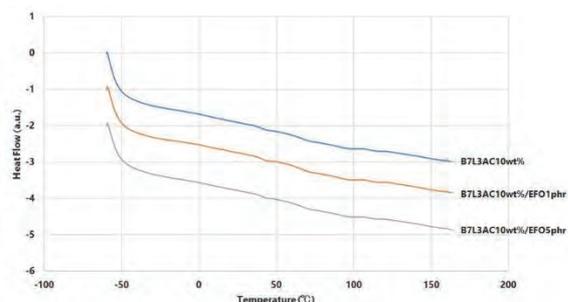


図4 ソックスレー抽出前後ACNFのDSC測定結果

一方で、PBATおよびPLAがEFOのエポキシ基を介して相容化する可能性を見るため、PBAT:PLA=7:3(重量比)にACNFを加えずにEFOを1、5phr添加して作製した複合材料のDSC測定結果を図5に示す。EFOを介してPBATとPLAのネットワーク化が進行すると、DCP添加にみられるように各材料のガラス転移温度および融点が近づく傾向があると考えられるものの、EFO添加系ではその傾向はみられず、5phr添加においては可塑効果が大きく両者が低下する傾向が見られた。これより、今回の条件ではPBAT、PLAとEFOとの化学的な結合が見られないことが考えられる。以上より、前述の①の可能性は低く、②もしくは③の可能性が高いことが分かった。

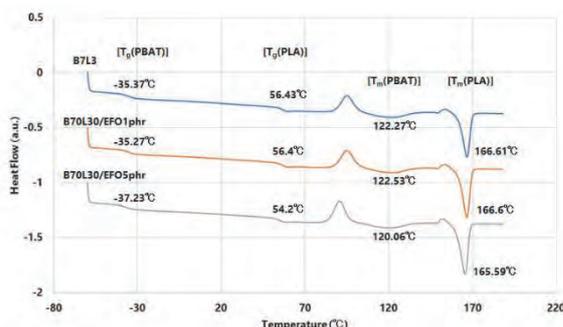


図5 PBAT/PLA/EFO複合材料のDSC測定結果

次に、②の可能性を考察するため、それぞれの材料のに対し応力制御型レオメータを用いて溶融状態の周波数分散測定を行った結果を図6に示す。ACNFを添加することで低周波領域のG'が上昇していることから、ACNF同士のネットワーク構造構築による長時間緩和成分の増加がみられる。また、EFOを1phr添加するとG'は低下し、さらに5phr添加すると上昇した。EFOの本来用途が可塑化剤であることを考えると、EFOのPBATおよびPLAに対する可塑化効果による流動性の向上に加え、ACNF分散性向上などが協奏的に発生している可能性が考えられる。

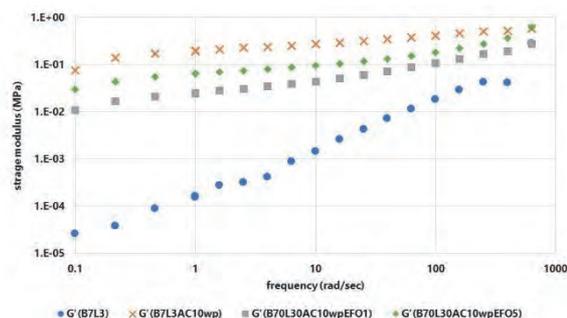


図6 PBAT/PLA/ACNF/EFO複合材料のレオメータによる貯蔵弾性率測定結果

また、③について調査を行うため、PBAT:PLA=7:3(重量比)にACNFを加えた複合材料に対しDSCを用いて結晶化度の解析を試みたものの、PBATとPLAの結晶化温度およびPBATの融点が近いために複合材料の各ピークの分離が困難であったため、非等温におけるDSCのグラフからの解析が難しいことが分かった。また、等温結晶化測定を行ったところ、ACNFの結晶核剤効果によって所定の温度に低下するまでに結晶化が始まっていたことから、結晶化時間を求めることが困難であった。

そこで、ACNFを添加せずPBAT:PLA=7:3(重量比)にEFOのみを加えた複合材料を作製した試料について得られた材料の力学特性の測定結果を表1に示す。EFOの1phr添加によって降伏応力および弾性率が増加して破断伸びが低下する、つまり硬くて脆くなる傾向となり、5phr添加で軟化して伸びが改善された。ポリマーアロイにおける物性にはドメインサイズなどの影響も考えられることから、断面観察やドメインサイズの統計解析が必要であるものの、結晶性の視点のみから考えると、EFOの1phr添加によって結晶性が増加したことで弾性率が向上するものの、5phrまで添加すると可塑剤の影響が強まることから強度や硬さが低下する反面、破断伸びが改善されるということが

表1 PBAT/PLA/EFO複合材料の引張試験結果

Sample	Yield Strength (MPa)	Young's Modulus (MPa)	Elongation at Break (%)
B7L3	8.63	157.73	477.75
B7L3EFO1	10.82	173.73	250.87
B7L3EFO5	10.23	139.45	352.50

予想できる。以上のように、EFOがPBAT/PLA複合材料の高次構造に影響を及ぼしている可能性が示唆された。

4 まとめ

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。これを用い、PBATおよびPLAをマトリックスとした複合材料を調整したところ、ACNF添加によって降伏応力および弾性率の向上が見られた。

また、更なる物性向上を目的にEFOおよびDCPを加えた材料を作製して引張試験を行ったところ、EFOのみ添加したものでは、降伏応力および弾性率に若干の向上が見られ、DCP添加によってさらに各物性値の向上が確認できた。EFOの影響について調査を行ったところ、今回の測定条件ではEFOとACNF、PBAT、PLAとの化学反応は確認できず、添加によるACNFの分散性向上やPBAT、PLAの高次構造変化が示唆された。

参考文献

- 1) P.Ma.; X.Cai.; Y.Zhang.; S.Wang.; W.Dong.; M.Chen.; P.J.Lemstra. In-situ compatibilization of poly(lactic acid) and poly(butylene adipate-co-terephthalate) blends by using dicumyl peroxide as a free-radical initiator. *Polymer Degradation and Stability*. 2014, (102), p.145-151.
- 2) Sirisinha, K.; Somboon, W.; Melt characteristics, mechanical, and thermal properties of blown film from modified blends of poly(butylene adipate-co-terephthalate) and poly(lactide). *Journal of Applied Polymer Science*. 2011, (124), p.4986-4992.

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* 山中 仁敏* 佐々木 宗生*
YAMADA Yuya TANAKA Yoshiki YAMANAKA Masatoshi 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 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。さらに、バリア機能向上に対する有効性を確認するために水素ガス透過率の評価を行った。

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。

本年度は、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。さらに、バリア機能向上に対する有効性を確認するために水素ガス透過率の評価を行った。

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 ガスを導入することにより窒化炭素膜の形成も検討した。また、主な成膜条件を表 2 に示す。

表 1 ガス導入条件

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

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	50 W、150 W
成膜時間	1 h、3 h
基板加熱	室温、600°C

* 無機材料係

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をラマン分光法 (Raman)、X 線光電子分光法 (XPS)、電界放出型走査電子顕微鏡 (FE-SEM) により評価した。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 はナノフォトン RAMANtouch VIS-ICS-S を使い、532 nm のレーザーを照射することで結晶性や窒化状態を評価した。XPS はアルバック・ファイ PHI5000 VersaProbeII を用いて表面・深さ測定を行い、化学状態・組成を評価した。X 線源には AlK α 線を用い出力 25W で測定した。測定中は Ar イオン銃、電子銃により帯電中和を行った。表面測定の際には、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測定を行った。基板成分が検出されるまで 1kV の Ar イオンスパッタと測定を交互に繰り返し、深さ方向の評価を行った。FE-SEM は日立ハイテック Regulus8220 を使い、薄膜表面および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 を使い、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 Raman スペクトルを図 1 に示す。いずれの薄膜においても、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。B 膜では 2230cm⁻¹ 付近に CN 結合のピークが観測され、薄膜中で窒素と炭素の結合が生じていることが確認できた。

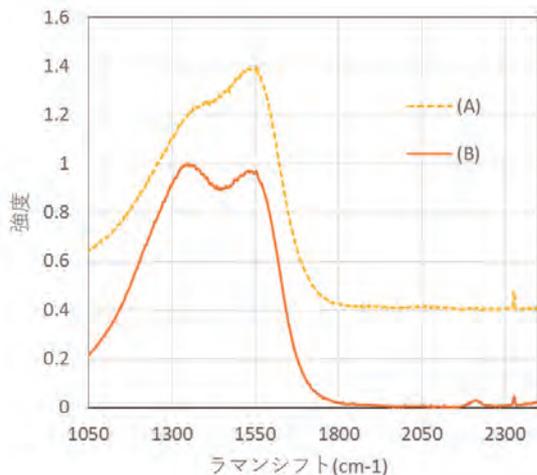


図 1 薄膜のラマンスペクトル

A 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 17:83 であった。

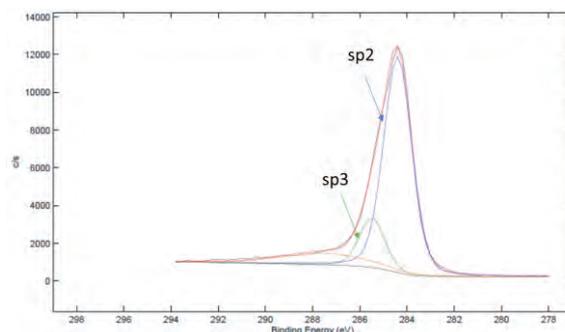


図 2 薄膜表面の C1s スペクトル

Raman 測定および XPS C1s スペクトルの波形分離の結果から、A 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。本実験では水素添加を行っていないため、ISO20523:2017 に規定されている分類において a-C に相当する膜であると考えられる。

XPS で深さ測定を行った結果を図 3 および図 4 に示す。A 膜は炭素のみで構成されているのに対し、B 膜では 15%程度の窒素が含まれていた。この結果から、スパッタ時に N₂ ガスを導入することで膜中の深さ方向に一定の割合で窒化した膜を形成できることが確認された。

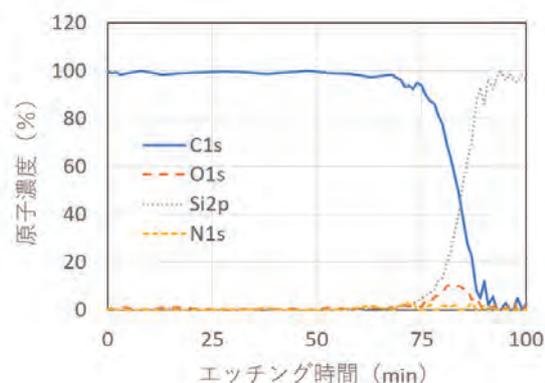


図 3 A 膜の深さ測定結果

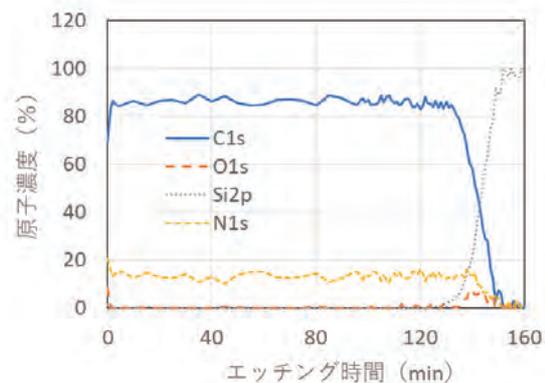


図 4 B 膜の深さ測定結果

A 膜の断面・表面の SEM 観察結果をそれぞれ図 5、図 6 に示す。図 5 から Si 基板の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 RF 出力、成膜時間によって異なっており 10nm~100nm 程度であった。図 5 および図 6 にみられる膜の平滑さや緻密具合は、基板加熱をせず室温条件で成膜した薄膜においては RF 出力、成膜時間によらずいずれも同様な状態であった。

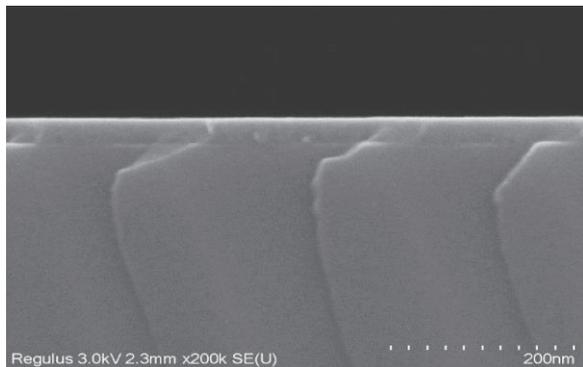


図 5 A 膜断面の SEM 像

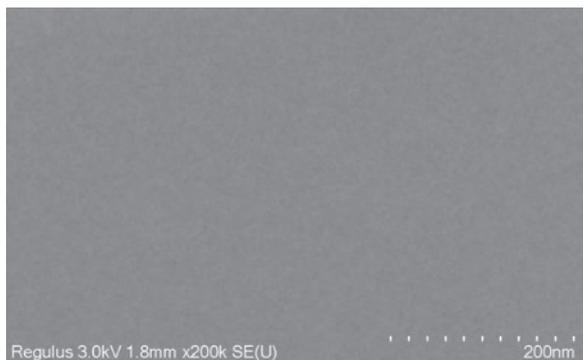


図 6 A 膜表面の SEM 像

断面の観察画像から膜厚を算出した結果を図 7 および図 8 に示す。RF 出力および成膜時間に比例して膜厚が大きくなることがわかった。

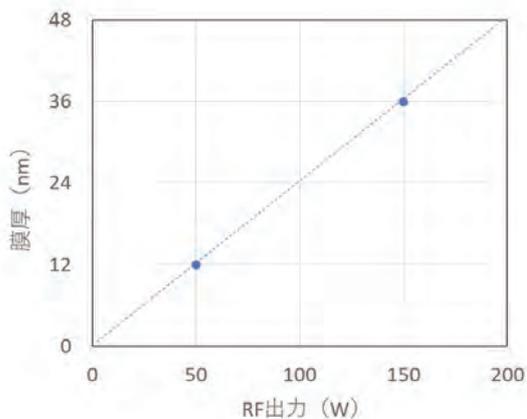


図 7 膜厚と RF 出力の関係

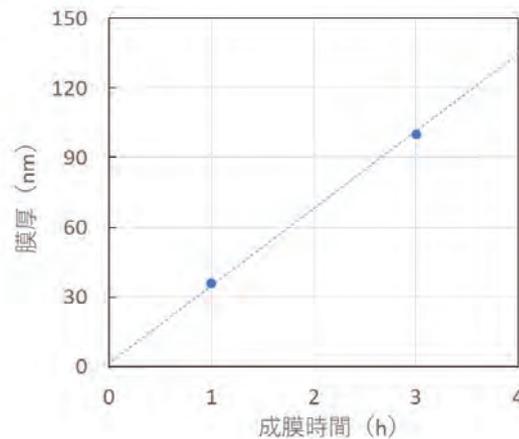


図 8 膜厚と成膜時間の関係

600°Cの基板加熱下で成膜した B 膜の断面・表面の SEM 観察結果をそれぞれ図 9、図 10 に示す。断面観察においては図 6 のように室温では緻密な膜であるのに対し、600°Cで加熱した薄膜は図 1 1 のように膜内で柱状構造となっていることが観察された。表面観察においては図 1 0 のように表面に粒状の凹凸が見られた。スパッタ中に基板を加熱することにより膜の成長に合わせて粒成長し柱状構造になったと考えられる。

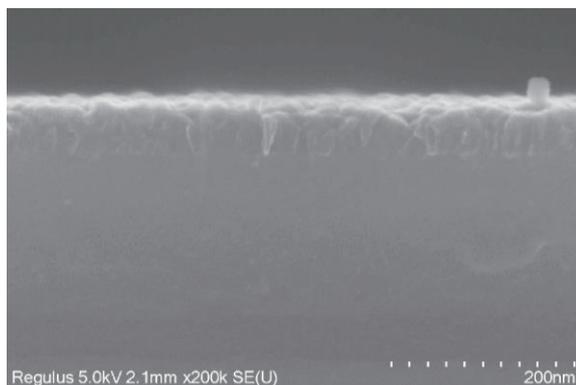


図 9 B 膜断面の SEM 像

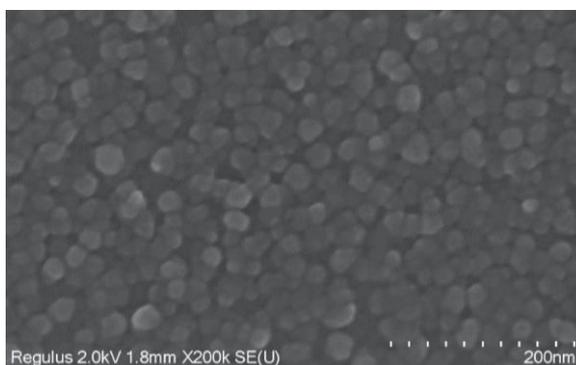


図 10 B 膜表面の SEM 像

XPS の深さ測定で薄膜部分のエッチングに要した時間と断面の SEM 観察より算出した膜厚から、薄膜のエッチングレートを算出した。その結果を図 1 1 に示

す。A 膜では膜厚が大きくなるにしたがってエッチングレートは低下した。B 膜では膜厚によらず 0.5 nm/min 程度であった。図 3、図 4 に示すように薄膜部分の組成は一定であるが、薄膜と基板の境界付近では組成が変化する。このことから、膜厚が小さい場合には組成変化の影響が大きくなりエッチングレートが変化し、膜厚が大きく組成が均一な膜ではエッチングレートは一定になると考えられる。そのため、A 膜の膜厚が小さい膜ではエッチングレートが大きく変化するものの、膜厚が十分に大きくなればエッチングレートは一定になると予想される。また、膜厚を大きくすると、B 膜は 0.5 nm/min でエッチングレートが一定であるのに対し、A 膜は 0.4 nm/min を下回った。これは同じ膜厚であっても B 膜のほうがエッチングされやすいことを意味しており、耐摩耗等の機械特性に違いが現れると予想される。

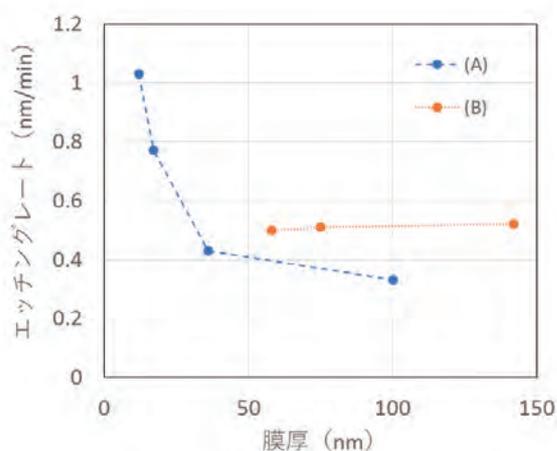


図 1 1 膜厚とエッチングレートの関係

ここまでの結果から、成膜条件のうち RF 出力、成膜時間は主に膜厚に影響し、導入ガス・温度は膜質に影響することがわかった。これらの条件が部材の性能向上に向けて重要なパラメータになると考えられる。

A 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、水素透過係数は $2.4 \times 10^{-12} \text{ cc} \cdot \text{cm} / \text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{cmHg}$ であった。リファレンスとして測定した PET フィルムの水素透過係数は $8.8 \times 10^{-11} \text{ cc} \cdot \text{cm} / \text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{cmHg}$ であった。カーボン薄膜を成膜することで水素透過係数は 10 分の 1 以下となり、ガスバリア機能向上に有効であることが確認できた。

4 まとめ

今年度研究でスパッタ法によるカーボン薄膜を作製し、作製条件と膜の状態との基本的な関係について明らかにした。成膜条件のうち出力・時間は主に膜厚に影響し、導入ガス・温度は膜質に影響することがわかった。また、Raman、XPS により ISO における膜の分類に対応可能であることが確認できた。さらに、カー

ボン薄膜が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。

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)

電池デバイスの評価技術の検討 —内部抵抗評価およびその活用について—

田中 喜樹*
TANAKA Yoshiki*

山本 典央**
YAMAMOTO Norio**

要旨 インピーダンス測定は、リチウムイオン電池の評価方法の一つとして用いられるが、測定環境の影響により誤った判断をする恐れがある。本研究では、測定環境の把握を目指した。

1 緒言

リチウムイオン二次電池(LIB)は、軽量で高容量という特徴を持っている。この特長を生かして携帯電話等のモバイル機器や電気自動車など幅広い製品に用いられている。また、それらの部材開発は盛んに行われている。

電池部材の評価方法として、電池容量を評価する充放電測定などがあり、その一つとして電池内部の抵抗評価に用いるインピーダンス測定がある。LIBは図1に示すように、正・負極、セパレータ、電解液などで構成され、電池の内部抵抗は、電子やイオンの移動に関する過程での抵抗の集合体である。また、イオンや電子が電荷を運ぶ速度はそれぞれの過程によって様々である¹⁾。インピーダンス測定では、周波数を変えながら交流信号を印加し、周波数に対する応答をみる。得られた結果は、複素数平面で示すコールコールプロット(ナイキスト線図)や、横軸を周波数の対数に縦軸をインピーダンスの絶対値および位相差で示すボード線図で表される。ナイキスト線図を視覚的にとらえる(図中円弧の実線から点線のずれや大きさ)定性的な解析方法や、電池構造から抵抗やコンデンサなどを用いて電気回路(等価回路)として置き換えて表現し、フィッティングを行いそれぞれの値を導き出す定量的な解析方法を用いて、内部抵抗の大きさの評価を行う。

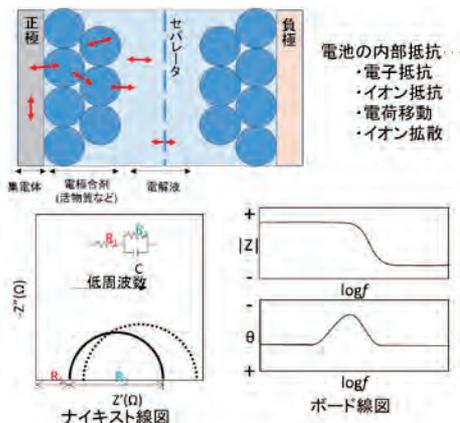


図1 インピーダンス測定について

インピーダンス測定では、特に高周波領域ではケーブルや材料評価時に使用する電池セルの形状などの測定環境で結果に影響すると言われている。影響を受けたままの

測定結果で解析を行うと、電池材料の優劣など性能評価に誤った判断をする恐れがあり、測定環境を把握することはとても重要である。

本研究では測定環境の影響について検討した。

2 実験

本測定では正極にコバルト酸リチウム、負極に黒鉛を用いた電極を、電解液として1M-LiPF₆ EC:DEC=3:7 v/v%を、セパレータとして多孔質ポリオレフィン膜を使用し測定セル(コインセルまたはフラットセル)を組み立てた。25℃の恒温槽中で測定セルを静置し、ポテンショガルバナスタット(Solartron 1287)およびインピーダンスアナライザ(Solartron 1260)を組合せた電気化学測定装置(図2)を用い測定を実施した。



図2 電気化学測定装置

測定条件は、掃引電圧を10mVとし、走査範囲を0.01Hz~1MHzとし、初期充放電後にインピーダンス測定を実施した。

2.1. ケーブル長の影響

電気化学測定装置から測定セルまでのケーブル長さについて検討した。測定セルはコインセルを用い、図3のように1.5mと0.3mでインピーダンス測定を行った。



図3 ケーブル長さの比較

* 無機材料係、** 電子システム係

2. 2. セル構造の影響

次に電池材料評価時によく用いられるセルとして2032型コインセルおよびフラットセルがあるが、それぞれの部材の構造が図4のように異なるため、それぞれで測定セルを組み立て、インピーダンス測定を行った。

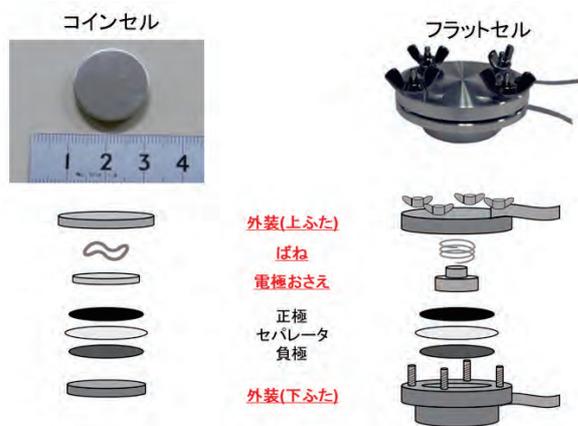


図4 各セルの構造について

3 結果と考察

3. 1. ケーブル長の影響

電気化学測定装置から測定セルまでのケーブル長さの違いによる測定結果(コールコールプロット)を図5に示す。

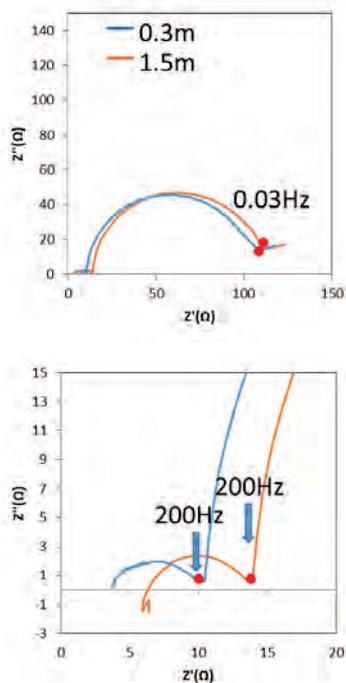


図5 インピーダンス測定結果(ケーブル長の影響)

上段:全体図 下段:高周波側の拡大

高周波側(200Hz~1MHz)および低周波側(0.03~200Hz)の2つの円弧が確認された。それぞれの円弧を図6の等価回路を用いて解析した。なお、低周波側の R_1 には

高周波側の円弧を含んだ値となるため参考値として掲載する。解析結果を表1に示す。

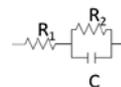


図6 解析に用いた等価回路

表1 等価回路を用いた解析結果

		1.5m	0.3m
高周波側	$R_1(\Omega)$	7.18	4.11
	$R_2(\Omega)$	6.06	5.38
	C(F)	1.88×10^{-6}	1.38×10^{-6}
低周波側	$R_1(\Omega)$	14.13	10.72
	$R_2(\Omega)$	95.66	93.65
	C(F)	5.01×10^{-3}	5.05×10^{-3}

高周波側、低周波側それぞれの解析結果より、ケーブルが長いと高周波側の R_2 およびCの値に影響を及ぼすことが確認された。図5の高周波側のコールコールプロットよりインダクタンス成分を含んだように、虚数軸のプロットが負となっており、ケーブルが長い影響と考えられる。

3. 2. セル構造の影響

測定セルの違いによる測定結果を図7に示す。

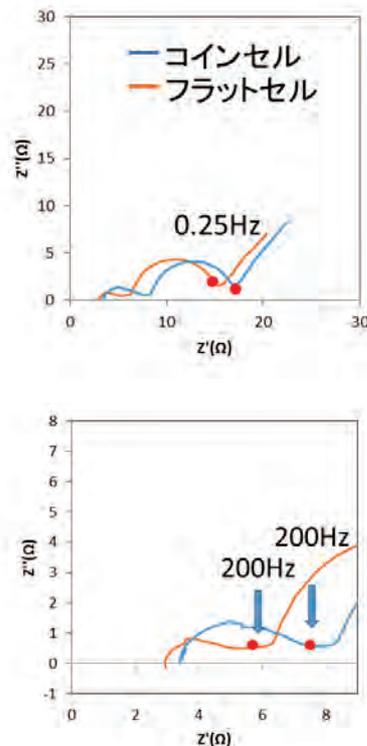


図7 インピーダンス測定結果(セル構造の比較)

上段:全体図 下段:高周波側の拡大

高周波側(200Hz～1MHz)および低周波側(0.25～200Hz)の2つの円弧が確認された。3. 1と同様にそれぞれの円弧を図6の等価回路を用いて解析した結果を表2に示す。

表2 等価回路を用いた解析結果

		コインセル	フラットセル
高周波側	R ₁ (Ω)	3.62	3.06
	R ₂ (Ω)	3.13	1.74
	C(F)	8.51×10 ⁻⁷	1.18×10 ⁻⁶
低周波側	R ₁ (Ω)	8.46	6.42
	R ₂ (Ω)	8.46	8.88
	C(F)	5.32×10 ⁻³	5.58×10 ⁻³

解析結果より、測定セルの違いにより、高周波側に影響を及ぼしていることが確認された。また、高周波側でフラットセルのR₁の値は小さい。フラットセルはニッケルタブをワニ口クリップで接続するのに対し、コインセルはセルホルダを用いて接続端子を設け、そこにワニ口クリップで接続するため、この違いが接触抵抗として、R₁に影響していると考えられる。図7の高周波側のコールコールプロットよりインダクタンス成分を含んでいることが確認された。電極抑えのばねの形状やセルを締め付けるための方法(コインセルではカシメ方式、フラットセルでは蝶ナットで締める方式)が異なるため、これらの違いがインダクタンス成分として影響しているのではないかと考えられる。

4 まとめ

測定環境のインピーダンス測定への影響について検討した。測定装置から測定セルまでのケーブル長さや、測定セルの構造が、インピーダンス測定結果へ影響を及ぼすことがわかった。

参考文献

- 1). 第44回電気化学講習会テキスト 電気化学測定の切り札—交流インピーダンス法の基礎から実例まで—(2014)

滋賀の清酒醸造用酵母の醸造条件の検討

—高香気成分生産酵母のビーカーレベルでの醸造条件の検討—

岡田 俊樹*
OKADA Toshiki

川島 典子*
KAWASHIMA Noriko

要旨 県内清酒醸造所の新規県酵母開発のニーズに対応するため、当所保有のカブロン酸エチル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醸造条件（酒米、発酵形式、酵母の混合割合）の検討を行った。その結果、発酵形式では試験した3種の酒米（山田錦、吟吹雪、玉栄）とも湧進め型より湧抑え型の仕込配合の方が香味のバランスがよく、酒米では吟吹雪の評価がよいなど酵母の醸造特性が示唆された。

1 はじめに

県内の清酒生産量は、吟醸酒や純米酒等の特定名称酒の製造数量が増加している。これは消費者の多様な食生活と本物志向や探索志向、差別化商品への高まりによるものと考えている。造り手も消費者も味や香りに特徴や個性豊かな商品の開拓は活発で、新製品開発の動きは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、滋賀県の特徴・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。

吟醸酒等の製造は、吟醸香であるカブロン酸エチルを主に生産する酵母の使用が多く、当県でも開発に取り組んできた。¹⁾

開発酵母の IRCS-SC9 は、発酵終了時にカブロン酸エチルを 10ppm 前後生産するが、通常の醸造用酵母に比べ増殖速度が遅く、醗後半での切れが鈍くアルコール生産が 15%程度と低い。この性質を補完するためアルコールの生産性が高い酵母を混合することにより安定した醸造を目差すことを試みた。さらに、開発酵母が酒米や仕込配合による発酵形式（湧進め型・湧抑え型）により醸造特性が見られるのか併せて検討を行った。

2 実験方法

2.1 供試菌株

カブロン酸エチル高生産酵母のIRCS-SC9（以下、SC9）、酢酸イソアミル生産系の清酒醸造用酵母 KKK-Sを用いた。

2.2 供試酒米

精米歩合60%の滋賀県産山田錦、滋賀県奨励品種の

吟吹雪、玉栄を用いた。

2.3 小仕込醸造試験（総米1kg）

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、普通速醸酒母を作成してから3段仕込の小仕込醸造試験（総米 1kg）を行った。供試酵母は、SC9[100%]、SC9[75%]+KKK-S[25%]、SC9[62.5%]+KKK-S[37.5%]、KKK-S[100%]の組み合わせで行った。

仕込配合は、湧進め型の発酵形式を表1、湧抑え型の発酵形式を表2に示した。

掛米は、洗米後吸水率 129%前後を目指し、蒸籠で40分間蒸煮して適宜冷却後掛米とした。

麹は、県内醸造所で事前に製麹後、冷凍保存したものをを用いた。麹の酵素力価（ 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)を用いて測定した。

仕込容器は、市販の4リットル容量のガラス製瓶を用いた。仕込温度は、品温で初添 11℃、仲添 9℃、留添 7℃とし、留添の翌日から1日1℃ずつ升温して、品温 12℃に達してから11日目（炭酸ガスの重量減少約 150g を目安）まで保持し、上槽の26日目（湧進め型）、27日目（湧抑え型）までに8℃まで降温した。上槽は、遠心分離(3000rpm., 20min.)を行い濾紙(No. 2)でろ過後製成酒を得た。なお、本試験の試験区分を表3に示した。

2.4 経過中および製成酒の成分分析

発酵期間中は、炭酸ガスの重量減少を測定した。製成酒の分析は、酒類総合研究所標準分析法注解²⁾に従い一般成分分析と香気成分を測定した。

また、製成試験酒の評価は、醸造所の技術者および当センター職員でブラインドによりきき酒を実施した。

* 食品・プロダクトデザイン係

表1 仕込配合 (湧進め型)

	酒母	初添	仲添	留添	合計
総米 (g)	75	153	302	470	1,000
蒸米 (g)	50	110	240	385	785
麴米 (g)	25	43	62	85	215
汲水 (ml)	80	160	360	685	80 1,365
乳酸 (ml)	0.56				
培養酵母(ml)	1				
		11°C	9°C	7°C	
		麴歩合: 20.5%	汲水歩合: 138%	酒母歩合: 7.5%	

表2 仕込配合 (湧抑え型)

	酒母	初添	仲添	留添	合計
総米 (g)	65	137	273	525	1,000
蒸米 (g)	45	100	215	425	785
麴米 (g)	20	37	58	100	215
汲水 (ml)	70	130	320	660	80 1,260
乳酸 (ml)	0.49				
培養酵母(ml)	0.88				
		11°C	9°C	7°C	
		麴歩合: 20.9%	汲水歩合: 127%	酒母歩合: 6.5%	

表3 試験区分

酵母	酒米	発酵形式
IRCS-SC9[100%]	山田錦	湧進め型
	山田錦	湧抑え型
	吟吹雪	湧進め型
	吟吹雪	湧抑え型
	玉栄	湧進め型
	玉栄	湧抑え型
IRCS-SC9[75%] + KKK-S [25%]	山田錦	湧進め型
	山田錦	湧抑え型
	吟吹雪	湧進め型
	吟吹雪	湧抑え型
	玉栄	湧進め型
	玉栄	湧抑え型
IRCS-SC9[62.5%] + KKK-S [37.5%]	山田錦	湧進め型
	山田錦	湧抑え型
	吟吹雪	湧進め型
	吟吹雪	湧抑え型
	玉栄	湧進め型
	玉栄	湧抑え型
KKK-S [100%]	山田錦	湧進め型
	山田錦	湧抑え型
既存酵母[100%]	山田錦	湧進め型
	山田錦	湧抑え型

3 結果と考察

3.1 小仕込醸造試験（総米1kg）

酵母の醸造特性を知るため、酵母の混合割合、精米歩合60%の山田錦、吟吹雪、玉栄を用いて仕込発酵形式（湧進め型・湧抑え型）を変えて検討した。

つまり、山田錦で10試験（湧進め型：5、湧抑え型：5）、吟吹雪で6試験（湧進め型：3、湧抑え型：3）、玉栄で6試験（湧進め型：3、湧抑え型：3）の22試験を行った。試験の様子を図1に示した。

3.2 供試麴および酒母

使用麴の酵素力価を表4に、使用時の酒母の各成分分析値を表5に示した。

使用した麴は、グルコアミラーゼは3種類の酒米とも150 U/g・麴程度で揃っていた。αアミラーゼは山田錦の563 U/g・麴から吟吹雪の854 U/g・麴と開きがあった。酸性カルボキシペプチターゼは玉栄で1000 U/g・麴と低かったが、特に麴の添加量等の調整等は行わず試験に使用した。

製造した酒母は、湧進め型が湧抑え型に比べて炭酸ガスの減少量が高く、ポーメの切れが若干進み、アルコール濃度が若干(0.5%程度以内)高かった。また、KKK-S酵母の添加量が多いほど炭酸ガスの減少量が高く、ポーメの切れが進み、アルコール濃度が高く、酒米の違いでは、玉栄が進んでいる傾向を示していた。酸度、アミノ酸度は、差が見られなかった。

3.3 炭酸ガスの減少量

本仕込発酵期間中の炭酸ガスの減少量（図2）は、湧進め型、湧抑え型とも山田錦が一番高く、次いで吟吹雪、玉栄の順だった。湧進め型と湧抑え型とでは約20g前後の差があり、発酵の強いKKK-Sが混合されると減少量は高い。

3.4 アルコール濃度と日本酒度

上槽時のアルコールの生産濃度（図3）は、発酵形式の違いで、発酵日数1日の違いはあるものの差は見られなかった。SC9酵母単独では、14~15%程度と低く、KKK-Sが混合されると高くなっていて、両発酵形式とも単独では玉栄が高いのに対し、KKK-Sが混合されると山田錦が18%程度、他の酒米は17%程度と1%以内の差が見られた。これは酵母による特性があるものと考えられ今後検討を進める。

日本酒度（図4）は、アルコール生産濃度との挙動に類似し、SC9単独では切れが鈍くKKK-Sが混合されることにより補えているものと考えられた。

3.5 酸度・アミノ酸度

上槽時の酸度（図5）は、酒米間、発酵形式間での

差は見られなかった。SC9単独に比べてKKK-Sが混合されることにより酸度は0.4ml以上高くなり、KKK-S単独の試験と同程度まで上昇を見られた。

アミノ酸度（図6）は、山田錦が吟吹雪、玉栄に比べ若干程度高い傾向で、SC9単独はKKK-Sの混合に比べ高い。これは、SC9単独ではアルコール生産が低くアルコール耐性が弱いものと考えられ長期での醗経過は懸念された。

3.6 香気成分

上槽時の香気成分 カブロン酸エチル（図7）は、SC9単独は10ppm以上と高く、KKK-Sの混合では、2~3ppmと少ない結果だった。目標を5ppm以上としていたので検討が必要である。本試験では、酵母の混合量がSC9 75%、KKK-S 25%で設定して行ったが、さらにSC9の量を多くする必要があった。また、酵母の増殖速度とアルコール耐性の違いがあることから今後検討していく必要がある。

酢酸イソアミル（図8）は、各試験ともそれぞれの酵母の性質を反映していて、SC9単独では1.5ppm程度に対し、KKK-Sの混合では、4.5ppmとKKK-S単独での試験と同程度の値を示していて、発酵経過中の醗では、KKK-Sが優勢である。

3.7 きき酒評価

きき酒評価の結果は、発酵形式では湧抑え型の方が香味のバランスが良く、味は滑らかと評価が良かった。湧進め型は、個性が強い等の意見が見られた。酒米間では、吟吹雪がバランスが良いや飲みやすいコメントが多く他の酒米よりポジティブな意見が多かった。



図1 試験の様子

表4 使用麴の酵素力価

	AA	GA	ACP
山田錦	563	165	3,909
吟吹雪	854	157	4,026
玉 栄	704	148	2,758

AA: α -アミラーゼ
GA: グルコアミラーゼ
ACP: 酸生カルホキシヘプターゼ

U/g・麴

表5 酒母の一般成分分析値

酵母[配合]	酒 米	湧進め型					湧抑え型				
		CO ₂ の 減少(g)	アルコール (%)	Be'	酸度 (ml)	アミ/酸度 (ml)	CO ₂ の 減少(g)	アルコール (%)	Be'	酸度 (ml)	アミ/酸度 (ml)
IRCS-SC9[100%]	山田錦	38.8	10.7	5.2	7.0	2.0	30.7	10.0	6.2	7.0	2.0
	吟吹雪	36.5	10.9	5.0	7.0	2.0	31.6	10.7	4.8	6.6	1.8
	玉 栄	33.9	11.0	4.1	7.3	1.8	31.2	11.2	3.6	6.9	1.9
IRCS-SC9[75%] + KKK-S [25%]	山田錦	43.1	13.0	2.9	7.3	1.8	35.9	12.8	2.9	7.3	1.8
	吟吹雪	42.2	12.8	3.1	7.0	1.8	37.4	12.7	3.0	6.7	1.6
	玉 栄	21.6	13.7	1.1	7.2	1.8	35.6	13.6	1.4	6.9	1.7
IRCS-SC9[62.5%] + KKK-S [37.5%]	山田錦	43.2	13.2	3.0	7.3	1.8	36.8	12.9	3.4	7.3	1.7
	吟吹雪	42.7	12.9	3.1	6.9	1.7	37.6	12.8	2.9	6.7	1.6
	玉 栄	41.2	13.5	1.7	7.1	1.8	38.0	14.0	0.9	6.9	1.6
KKK-S [100%]	山田錦	44.6	13.7	1.9	7.5	1.7	37.7	13.1	3.2	7.3	1.7
既存酵母[100%]	山田錦	40.9	12.4	3.8	6.9	1.9	34.9	12.4	3.7	6.9	1.8

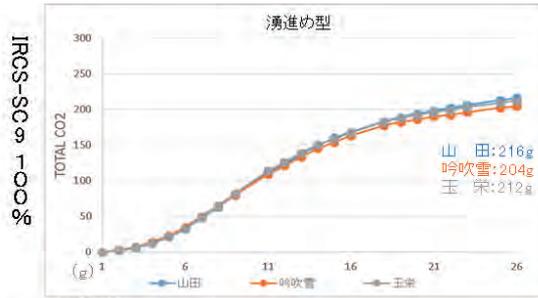


図2-1

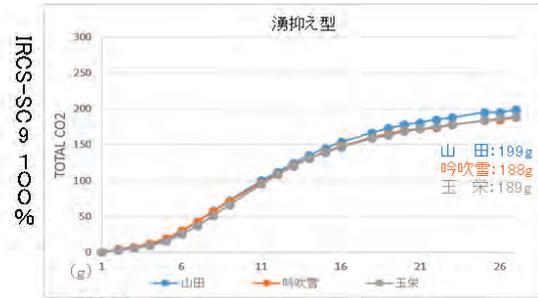


図2-4

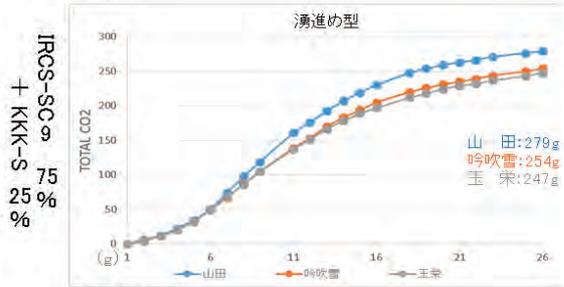


図2-2

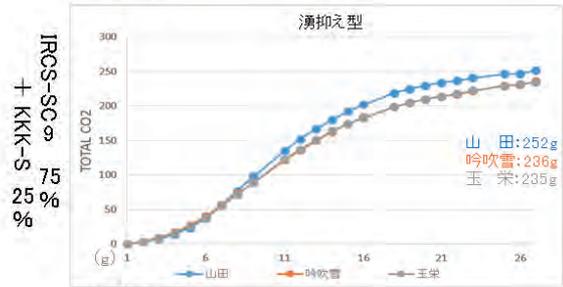


図2-5

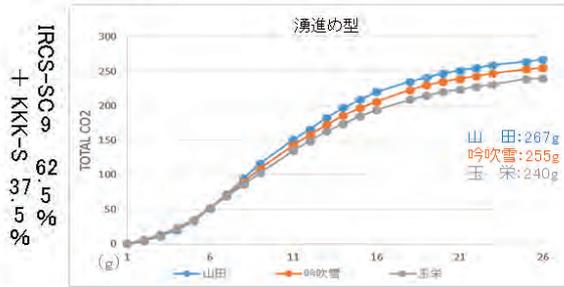


図2-3

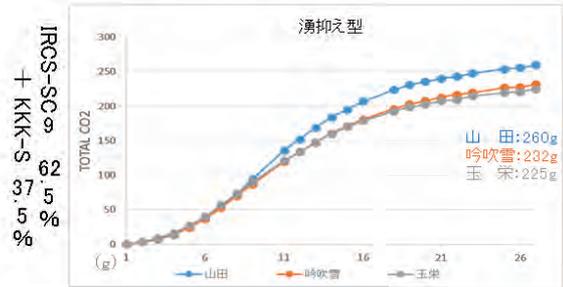


図2-6

図2 CO2の減少量曲線

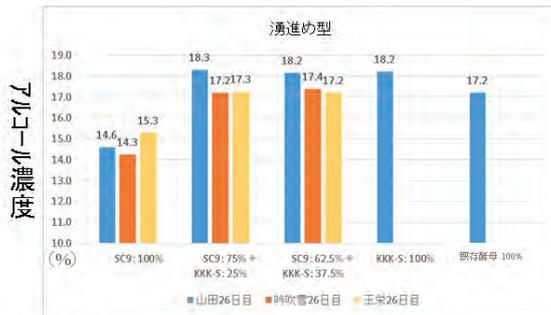


図3-1

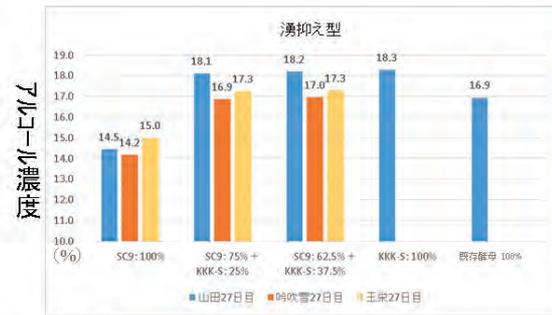


図3-2

図3 アルコール濃度

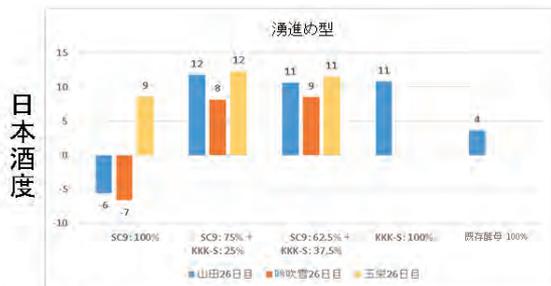


図4-1

図4 日本酒度



図4-2

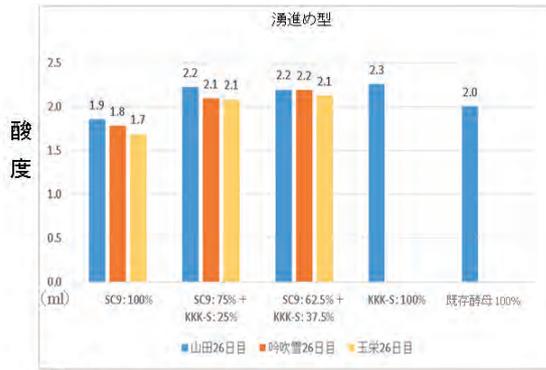


図5-1

図5 酸度

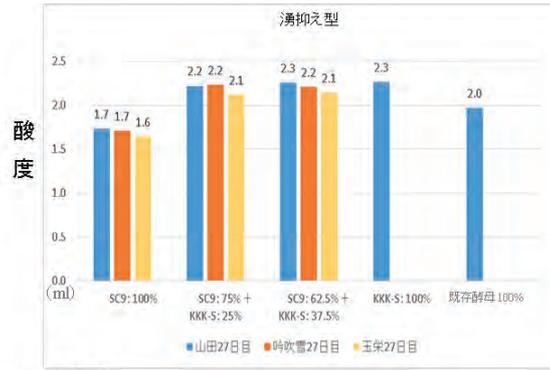


図5-2



図6-1

図6 アミノ酸度

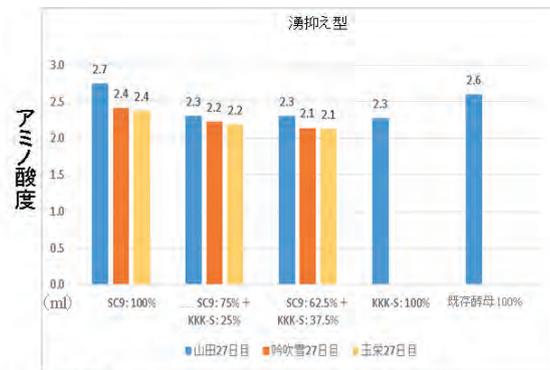


図6-2

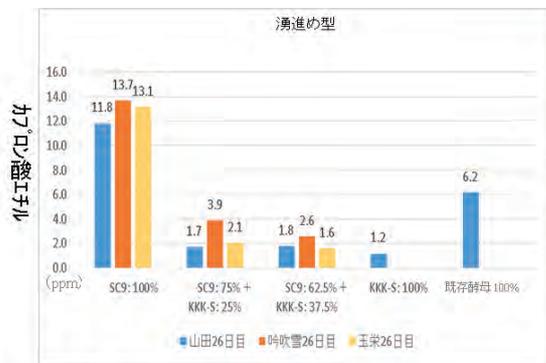


図7-1

図7 カプロン酸エチル濃度

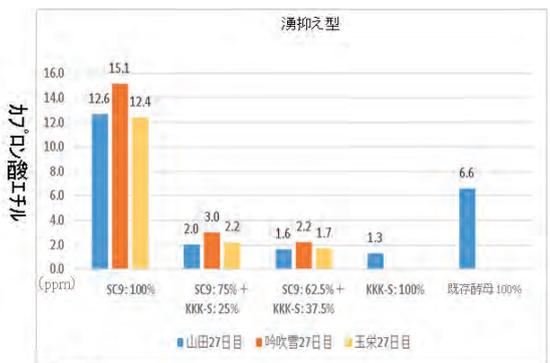


図7-2

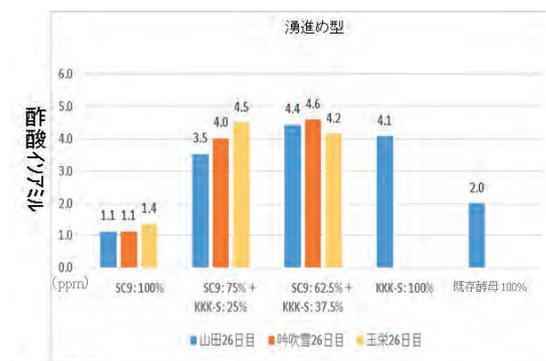


図8-1

図8 酢酸イソアミル濃度

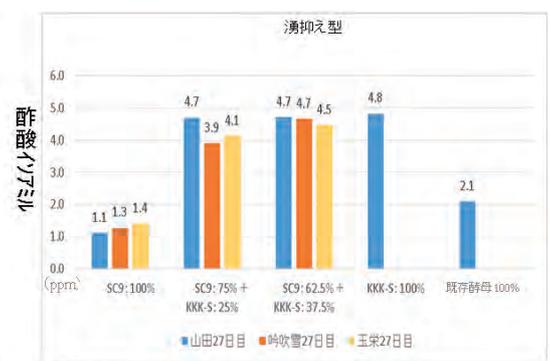


図8-2

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カプロン酸エチ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、酵母の配合割合、発酵形式、酒米での特性が把握できた。現在、総米 15kg での小規模醸造試験を実施するとともに、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情報の蓄積と技術移転を進めている。

参考文献

- 1) 岡田俊樹：滋賀県工業技術総合センター研究報告, p104-106(2019)
- 2) 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)

「近江の地酒」の酒質分析に関する研究(第2報)

川島 典子*
KAWASHIMA Noriko*

岡田 俊樹*
OKADA Toshiki*

要旨 県産清酒の酒質向上に寄与するため、県産純米酒の成分分析と味認識装置による味の評価を行った。供試した令和2年酒造年度の純米酒は昨年度と同様に「濃醇・辛口」の傾向だった。塩味センサーの出力値が濃淡度と相関があり、清酒の濃醇さを示すことが出来た。

1 はじめに

近年酒類の海外への輸出が伸びている¹⁾。特に清酒は特定名称酒を中心に輸出金額および数量とも伸びていて、滋賀県内の清酒醸造所も輸出への取り組みが増えてきている。また、滋賀では地理的表示の認定に向けて積極的に取り組んでいて、近江の地酒の更なるブランド化・高品質化が重要となってきた。酒質を把握することで、良質かつ安定な品質を保つための技術向上や、積極的な販促活動へ繋げることができると考え、前報に引き続き「近江の地酒」の酒質の特徴を見出す検討を行った。

2 試験方法

2.1 供試試料

令和2酒造年度(R2BY)に滋賀県内の清酒醸造所で醸造された市販の純米酒34本を使用した。そのうち純米吟醸酒は8本だった。

2.2 成分分析

前報²⁾と同様に一般成分分析、香気成分分析、有機酸成分分析を行った。

2.3 味覚センサーによる評価

清酒の味の評価は、味認識装置TS-5000Z(株式会社インテリジェントセンサーテクノロジー)を用いた。センサーは食品用の5種類を用いた(表1)。試料は希釈せず室温に戻して測定を行った。測定の基準には全平均値に近い値だった県内で市販されている市販純米酒(アルコール濃度16%、日本酒度+3、酸度1.7 ml)を用い、各味の値を基準として各清酒の値を算出した。

表1 食品用センサーの種類

センサー名	先味	後味
AAE	旨味	旨味コク
CT0	塩味	
CA0	酸味	
C00	苦味雑味	苦味
AE1	渋味刺激	渋味

3 結果および考察

3.1 一般成分分析

県内純米酒のアルコール濃度など一般成分を分析した結果を表2上段に示した。各項目の平均値は、アルコール濃度17.1%、日本酒度+3.1、エキス分5.1、酸度1.8 ml、アミノ酸度2.5 ml、グルコース濃度2.5 g/dLだった。

次に、得られた結果をもとに、甘辛度および濃淡度³⁾を算出し、2次元散布図を作成した(図1)。横軸に甘辛度、縦軸に濃淡度を表している。甘口・辛口および濃醇・淡麗の判定は国税庁の全国市販酒調査⁴⁾の指標を基に行った。つまり、甘辛度の判定は、+0.2以上:甘口、0~+0.2:やや甘口、-0.2~0:やや辛口、-0.2以下:辛口とした。濃淡度の判定は、-0.6以上:濃醇、-0.8~-0.6:やや濃醇、-1.0~-0.8:やや淡麗、-1.0未満:淡麗とした。図1の全国平均は全国市販酒調査結果(令和元年度調査分)⁴⁾の純米酒の全国平均値(甘辛度:-0.47、濃淡度-0.45)をプロットした。

滋賀県の純米酒全34本の平均は、甘辛度が-0.7、濃淡度が+0.1で「濃醇・辛口」となった。各試料を見ると、甘口、やや甘口の判定は2本で、残り32本は辛口、やや辛口となった。前報²⁾と同様に、滋賀県の純米酒は「濃醇・辛口」の傾向だった。

3.2 香気成分および有機酸成分

表2中段に香気成分と有機酸成分の平均値、最大値、最小値、中央値、標準偏差を示した。

酢酸イソアミルとカブロン酸エチルの量を前報と比較したところ、酢酸イソアミルが2.1 ppmで前報と同等の数値になり、カブロン酸エチルが1.5 ppmで前回の0.8 ppmから上昇した。カブロン酸エチル高生産酵母を使用して造られた純米酒が含まれていると考えられる。

* 食品・プロダクトデザイン係

有機酸成分の平均値は、リンゴ酸243 mg/L、コハク酸393 mg/L、乳酸465 mg/Lだった。この3成分は前報の純米酒の平均に比べわずかに増加した。一方ピルビン酸と酢酸は減少した。

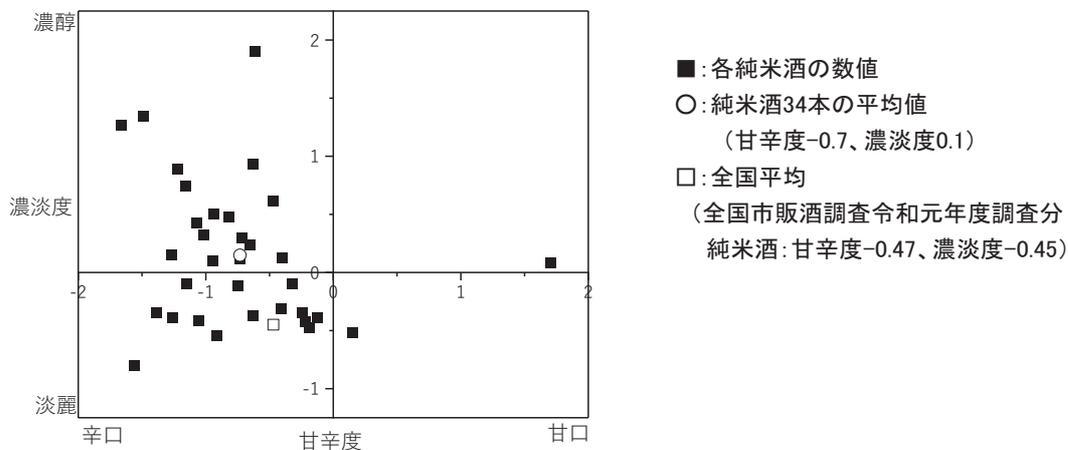


図1 甘辛度・濃淡度マッピング

表2 純米酒34本の分析値

項目	平均値	最大値	最小値	中央値	標準偏差
一般成分					
アルコール濃度(%)	17.1	18.9	14.9	16.9	1
日本酒度	+3.1	+14.9	-16.6	+3.2	+5.3
エキス分	5.1	8.3	2.9	5.1	0.9
酸度	1.8	2.5	1.2	1.7	0.3
アミノ酸度	2.5	4.8	1.4	2.3	0.7
グルコース濃度(g/dl)	2.5	5.1	0.8	2.7	0.8
香気成分					
酢酸エチル (ppm)	64	105	20	66	17
イソブチルアルコール (ppm)	59	87	37	60	13
酢酸イソアミル (ppm)	2.1	3.9	0.9	1.9	0.8
イソアミルアルコール (ppm)	124	159	89	123	16
カブロン酸エチル (ppm)	1.5	6.3	0.4	0.8	1.6
有機酸成分					
クエン酸 (mg/L)	76	148	29	74	21
ピルビン酸 (mg/L)	82	220	-	80	69
りんご酸 (mg/L)	243	498	34	226	83
コハク酸 (mg/L)	393	524	247	396	73
乳酸 (mg/L)	465	760	315	418	117
酢酸 (mg/L)	14	47	-	10	15
味覚項目					
酸味(先味)	-0.13	2.83	-6.82	-0.06	2.03
苦味雑味(先味)	0.03	0.85	-0.86	0.12	0.5
渋味刺激(先味)	-0.05	0.67	-0.58	-0.03	0.26
旨味(先味)	0.26	3.73	-1.1	0.16	0.93
塩味(先味)	0.59	2.3	-3.81	0.71	1.25
苦味(後味)	0.02	0.15	-0.15	0.03	0.07
渋味(後味)	-0.03	0.08	-0.16	-0.03	0.06
旨味コク(後味)	0.16	1.2	-0.49	0.07	0.41

※ 味覚センサーの数値は市販純米酒を基準として測定した際の数値を記載

3.3 味覚センサーによる味の評価

味覚センサーで測定した結果を表2下段に示した。味覚センサーは人工脂質膜と食品が有する呈味成分が反応して起こる電位差応答を利用して、味を客観的に数値化するために開発された装置である⁵⁾。味覚センサーによる測定値に差が1以上あると、人間の舌でもその差を感じることができる⁶⁾とされている。最大値と最小値の差が苦味(後味)、渋味(後味)でそれぞれ0.30、0.24と明確な差が見られなかった。

塩味センサー(CT0)は、有機酸塩に応答し、清酒の「濃醇さ」の評価に活用できるという報告がある⁶⁾。そこで、3.1で計算した濃淡度と塩味センサーの値で相関を求めたところ、相関係数0.66となり、正の相関が見られた。県内産純米酒でも塩味センサーを濃醇・淡麗の尺度として活用できることが確認できた。

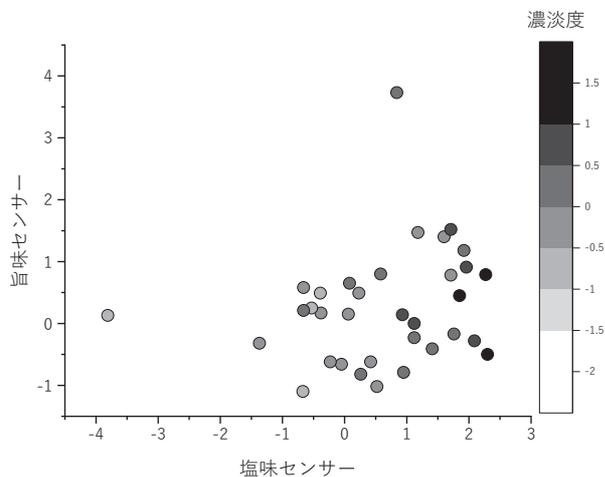


図2 塩味センサーと旨味センサーによる濃淡の評価

4 まとめ

甘辛度・濃淡度の結果から、昨年度と同様に滋賀県の純米酒が「濃醇・辛口」傾向であることがわかった。

味覚センサーを用いた味の評価では、塩味センサーの結果から、濃醇な純米酒が多い結果となった。

前報と本報の結果から、滋賀県の純米酒の特徴として「濃醇」であると考えられる。今後も引き続き酒質分析を実施し、県産酒の酒質向上に向け検討を継続する。

参考文献

- 1) 国税庁:最近の日本産酒類の輸出動向について(2021)
- 2) 川島典子, 岡田俊樹:滋賀県工業技術総合センター研究報告, 106-110(2021)

- 3) 佐藤信, 川島宏, 丸山良光:日本醸造学会誌, 69, 11, 774-777(1974)
- 4) 国税庁:全国市販酒調査結果 令和元年度調査分(2021)
- 5) 株式会社インテリジェントセンサーテクノロジーホームページ, <https://www.insent.co.jp/product/>
- 6) 豊田健太郎, 池崎秀和, 平林和之, 三村昭彦, 那須二, 戸塚昭, 味覚センサーを用いた清酒の後味評価, 日本醸造協会誌, 111, 1, 49-58,(2016)

新しい生活様式のための陶製品の開発

高畑宏亮*
TAKAHATA Hiroaki*

野上雅彦*
NOGAMI Masahiko*

西尾俊哉*
NISHIO Toshiya*

宮本ルリ子**
MIYAMOTO Ruriko**

津守愛香**
TSUMORI Aika

要旨 新型コロナウイルスの拡大影響により、信楽焼業界の生産販売高は大きく落ち込み、感染予防から都市部での営業活動も進まず生産調整とともに事業継続の危機を抱えている。一方、一般家庭ではコロナ禍により密集を控え、家庭内で過ごす時間を大切にする生活様式が広がりを見せている。そこで、信楽焼産地が得意とする大物陶器製造技術および試験場が蓄積してきた製造技術を活用し、衣・食・住の各分野における生活の質を高め、新しい楽しみ方ができる陶製品のデザイン開発と試作を実施した。

はじめに

コロナ禍により三密を避け家庭内や屋外で過ごす新しい時間の過ごし方が広がりを見せている。

本研究では耐久性や耐熱性の陶器の本来機能とこれまでの製品開発で培った技術を活かし、衣・食・住の各分野で新しく家庭で楽しめる陶製品の提案を3年計画として実施する。

1 陶製アクセサリー

デジタル加工技術を利用して製作した樹脂型を活用した製品の開発。

宝石や樹脂にはない、陶器の質感や釉薬による多彩な表情、形状の豊富さをポイントにデジタル加工機を活用した製品提案を行った。

デジタル加工により型製作の迅速化が図れ、またサイズの拡大縮小が安易にできた。



図1 琵琶湖の水のフローチ



図2 3Dプリンターで制作した琵琶湖型

2 冷燻土鍋

コロナ禍によるステイホームにより内食需要が高まった。そこで家庭内での厨房で使える新たな機能を付加した調理器具の提案を行った。

今回は直火対応素材で成形した土鍋に冷燻機能を付加した製品の開発を行った。

試作に使用した素地はペタライト中心の耐熱用素地に多孔質化による軽量化を目的として配合した坯土を使用した。軽量材としてはFAB(フライアッシュバルーン)を20%添加し1180℃で焼成することにより市販されている土鍋土より軽量化することができた。物性表は表1のとおりである。

表1 物性表

	軽量土	市販土
収縮率(%)	5.6	10.0
吸水率(%)	40.3	8.3
見かけ比重(g/cm ³)	1.9	2.4

*陶磁器デザイン係

**デザイン指導支援員

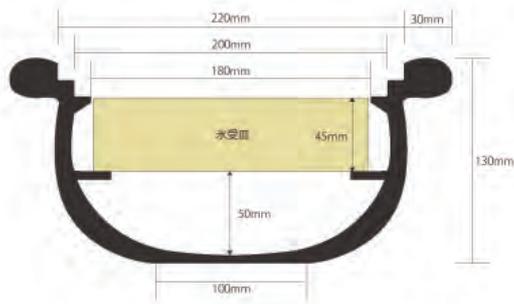


図3 断面図



図6 手洗い鉢



図4 試作品



図5 冷燻土鍋及び調理例(スモークサーモン)

3 手洗い鉢

コロナ禍による感染対策、環境への配慮を特徴とする質の高いものを生活の中に取り込む新たなライフスタイルで使える製品の提案を行った。今回は、素地にリサイクル素材や産地工場内の汚泥を利用し、加飾には伝統技法のロクロによる練り込み技法を使い、環境や伝統を意識した手洗い鉢の提案を行った。

表2 素地の配合表

エコセルベン	木節粘土	信楽長石	ベントナイト	水
500	150	350	10	150

練り込み素地: 上記素地に汚泥を5・10・20%添加

表3 物性表

	リサイクル素地	ロット土
収縮率(%)	5.9	11.1
吸水率(%)	5.7	15.7
曲げ強度(Mpa)	27.5	9.6

4 RE PRODUCT 2022

今回は製品の付加価値を高めるため、過去のデザイン嘱託が開発した製品の復刻版の試作提案を行った。

昭和35年度事業として5月ワシントン州シアトルに於いて開催された第9回ワシントン州国際貿易見本市へ日本貿易振興会の選定により政府ブースに当試験場より出品された「燈籠2点」はシアトル総合美術協会の審査の結果日本代表出品77点の中から2点選ばれ優良デザイン賞を受けた。出品燈籠のデザインは当時嘱託日根野作三氏によるもので昭和35年2月中小企業庁、工業技術院主催による第7回全国試験所作品展に出品したものが日本貿易振興会により認められ海を渡ったものである。

今回、デザイン賞を受賞した燈籠を当時の図面をもとに大物ロクロ成形により試作を行った。

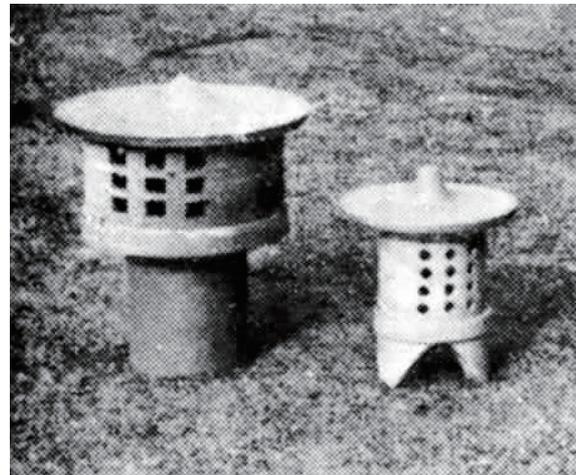


図7 当時の優良デザイン賞を受賞した燈籠

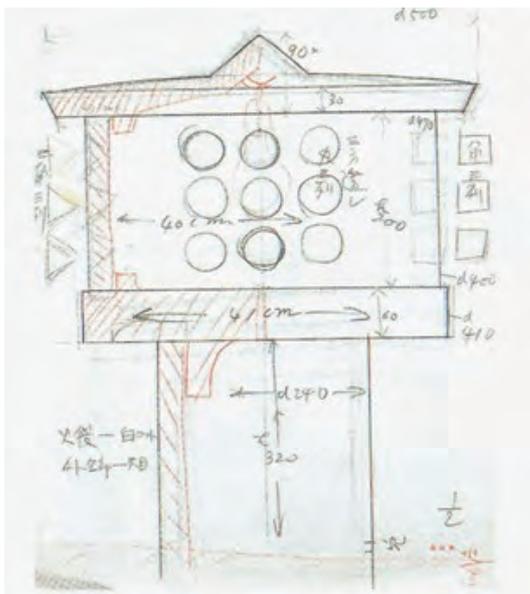


図8 1960年日根野作三氏の図面



図9 試作品

また、1960年代以降、当场囑託の熊倉順吉氏、船津英治氏、八木一夫氏らが開発した干支を3Dスキャナで形状を取り込んだ後、3DCADで型をデータ化し、次にモデリングマシンにより石膏を切削し型を製作した。型起こし成形により干支のミニチュア製品の試作を行った。



図10 3Dスキャナ



図11 モデリングマシンで制作した石膏型



図12 デジタル加工技術を活用して試作した置物

5 まとめ

今年度は、素材開発による物性の検討、またデジタル加工機による技術の検証を行い、計5アイテムの試作を行った。RE PRODUCT 2022 燈籠の試作品は2022年3月5日から6月9日まで陶芸の森主催による「信楽窯業技術試験場移転記念展 信楽・クラフトデザインのあゆみ JAPAN STYLE展」にて展示された。

次年度は、さらに素材の選定、技術の確立、デザインのブラッシュアップを行い開発を進める。

コンピューショナルデザインを活用した陶製品開発(第2報)

野上 雅彦*
NOGAMI Masahiko

要旨 コンピューショナルデザインを活用した陶製品の新たな設計技術のシーズを確立し、陶器産地における新製品開発への応用を促進する。本年度は、石膏型の設計支援ツールの開発とインテリア商品の設計と試作に取り組んだ。

1 はじめに

信楽陶器産地は陶磁器製品の低価格化や、プラスチック製品への置き換えなどにより生産額が低迷するが、従来にない新製品(浴槽、手洗い鉢、照明器具等)を開発し、新市場の創出に積極的に取り組んでいる。しかし、小規模事業者が多くを占める産地のため、新製品開発・新市場開拓に向けた体制が脆弱である。

一方、3D CADや3Dプリンタなどデジタルものづくり技術の進歩は著しく、これらを活用することにより商品開発を効率化・迅速化するだけでなく、これまでにない新しい形状の設計や製造が可能になっている。本研究では、新しいデジタルものづくり技術を活用し、信楽陶器製品の開発・新市場開拓への応用を図る。

2 取組内容

「ジュネレーティブデザイン」や「パラメトリックデザイン」などのコンピューショナルデザインを活用した新たな設計技術のシーズを確立し、陶器産地における新製品開発への応用を促進する。また、従来技術(型による成形)で製造可能な形状だけでなく、3Dセラミックス直接造形技術への応用も図る。

具体的な取組内容は以下のとおりである。

2.1 パラメトリックな設計技術シーズの確立

3D CADソフトウェアである「ライノセラス」は、3Dスキャナーで読み込んだメッシュ(ポリゴン)データの処理能力が高く、多量のメッシュデータをストレスなく加工することが可能である。また、その拡張機能である「グラスホッパー」を活用することで、パラメトリックなモデリングと設計の自動化が可能になり、ライノセラスの用途を大きく拡大することができる。本研究ではこの「ライノセラス」と「グラスホッパー」によるパラメトリックなデザイン技術シーズの確立に取り組んだ。

2.2 新しい設計技術を活用した製品開発への応用

本年度は、確立した設計シーズを活用して、インテリア商品の設計と試作に取り組んだ。

3 パラメトリックな設計技術シーズの確立

3.1 3Dスキャナーを活用した商品開発

すでにある陶製品のサイズバリエーションを作りたいというケースはよくあるが、これまでの手法では、サイズ違いの原型を手作業で作成する以外に方法はなく、多大な時間と労力が必要であった。3Dスキャナーや3D CAD CAM、大型モデリングマシン等を活用することで、原型を作ることなくケース型や使用型を短期間に直接作成することが可能になる。本年度では、3Dスキャナを活用した陶製品開発における石膏型の設計支援ツールの開発に取り組んだ。

3.2 石膏型データ作成手順

3DスキャナーとCAD CAMを活用した石膏型データの作成手順を以下に示す。

1. 3Dスキャナで干支の形状データを読込(図1)
2. モデルデータを修正・縮小し原型データを作成
3. 型の分割面を作成
4. 原型を取り囲むブロックを作成・分割、原型を引き算する
5. 土逃げの溝を作成
6. キーを作成



図1 スキャンした成の形状データ

* 陶磁器デザイン担当

この手順中の4から6のプロセスについて、グラスホッパーを活用した自動化に取り組んだ。

3.3 手押し用の溝付き型データの作成

手押し用の型には、合わせ面の周りに余った土を逃がすための溝を掘る必要がある。今回はこの溝の自動生成機能を持つ型データ作成スクリプトの開発に取り組んだ。

スクリプトのアルゴリズムを以下に示す

1. 原型と分割面のジオメトリ (図2) と型の厚みの数値を入力する
2. 原型のバウンディングボックスを型の厚み分拡大する
3. 原型と分割面の交差線を生成し、溝の幅分オフセットする
4. オフセットしたラインでパイプを作成する (このパイプ形状が土逃がしの溝になる)
5. バウンディングボックスを分割面で分割、原型とパイプをブーリアン演算 (引き算) する



図2 原型と分割面の作成

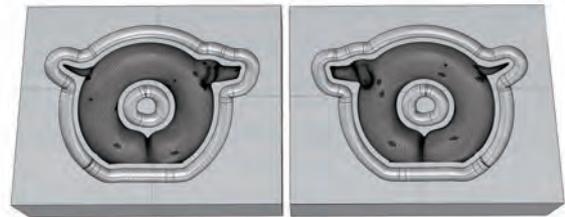


図3 土逃がしの溝付きの型を作成

以上のスクリプトで図3の型が自動的に完成するはずなのだが、原型の形状によっては3のオフセットした交差線が鋭角の曲がり角で自己交差してしまい、そのままでは利用できないケースが発生した (図4)。そこで以下のアルゴリズムを3-4間に挟むことで、自己交差の解消を行った。

1. オフセットライン上に一定間隔で点を生成
2. 交差線との距離がオフセット値より近い点を削除
3. 残った点をつないでオフセットラインを再生成

上記プロセスを追加することで、自己交差の自動的な解消が可能となり、図3に示す溝付きの型データを自動的に作成することが可能となった。スクリプトの全体像を図5に示す。

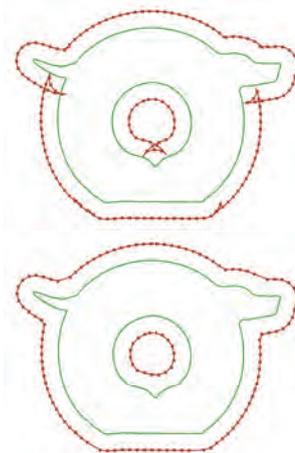


図4 自己交差したオフセットライン (上) と自己交差を解消したオフセットライン (下)

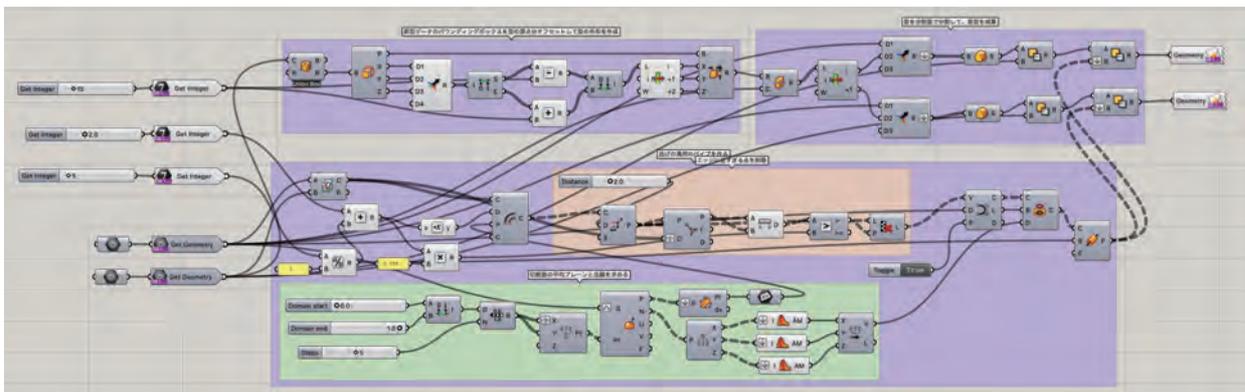


図5 溝付き型データを作成するグラスホッパースクリプト

3.4 キーの作成

陶磁器用の型では、型どうしがずれないように合わせ面に噛み合うような凸凹を作る。この凸凹の呼び名は産地によって違いがあるが、信楽では「キー」と呼んでいる。スクリプトによるキー作成の自動化を行った。

キー作成のアルゴリズムを以下に示す

1. キーの外形を示す閉じたラインのジオメトリ（4個まで）と（図5）、キーの高さの数値を入力
2. キーの外形を切断面に投影
3. 切断面をキーの高さ分オフセット
4. オフセットした面に投影したキー外形を縮小
5. 投影したキー外形と縮小した外形でロフト面を作成
6. ロフト面と切断面、オフセットした切断面で囲まれるキー形状を生成
7. 型の片側にキー形状を結合、反対側の型はキー形状を引き算する

以上のスクリプトにより、外形と高さを入力するだけでキーを自動的に生成することが可能となった。ブーリアン演算では、面が一致する形状同士の演算でエラーになりやすいため、キー形状と型が必ず交差するように大きめに生成している。またキー同士の合わせ面も0.1mmのマージンを自動的に取るようにしている。スクリプトの全体像を図7に示す。

4 インテリア製品の設計と試作

試験場では、昭和の時代の試作品を現代に復刻する「REPRODUCEシリーズ」の試作開発に取り組んでいる。今回、熊倉順吉や八木一夫が制作した干支の置物をミニチュアサイズで再現する製品試作を行った。

（図8）。今回開発した石膏型の設計支援ツールを活用することで、ミニチュア干支の試作開発を効率的に進めることが可能となった。このミニチュア干支は、滋賀県立陶芸の森との共同開発で、来年度秋頃の発売を目標に商品化を進めている。

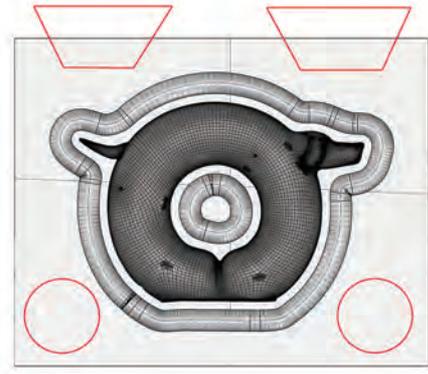


図5 入力したキーの外形

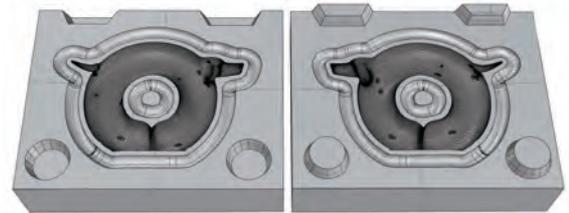


図6 完成した手押し用型データ



図8 ミニチュア干支の試作

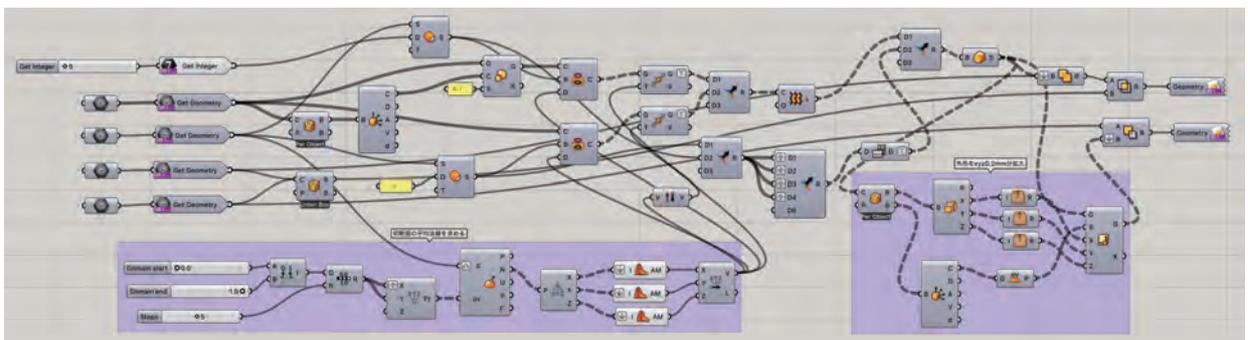


図7 キーを作成するグラスホッパースクリプト

5 まとめ

ライノセラスとグラスホッパーを活用することで、パラメトリックな設計技術シーズの確立を進めることができた。また、石膏型の設計支援ツールの開発により、3Dスキャナーでスキャンしたデータを活用した既存商品のサイズバリエーションの開発を効率的に行うことが可能となった。今後、こうした新技術の啓蒙と普及を進めて、信楽陶器産地の新製品開発・新市場開拓を支援していきたい。

参考文献

- 1) Rhinoceros + Grasshopper 建築デザイン実践ハンドブック第3版, ノイズ・アーキテクト編著, 2019
- 2) Parametric Design with Grasshopper, 石津優子・堀川淳一郎、株式会社ビー・エヌ・エヌ新社、2018)
- 3) 野上雅彦：滋賀県工業技術総合センター研究報告, 114-117 (2020)

耐熱陶器製品の開発

—耐熱素地を使用した燻製器の試作—

西尾 俊哉
NISHIO toshiya

要旨 新型コロナウイルスの影響で在宅時間が増加するなど今までの生活様式が変化しているなかで土鍋などをはじめとした調理用耐熱陶器製品の需要が拡大している。そこで使い方の提案を含めた効率的で機能的なデザインについて研究した。

1 はじめに

令和2年初頭より始まったコロナ禍による生活様式の変化は消費の需要が低迷気味だった陶磁器産業に大きな打撃を与え、滋賀県内の陶磁器産業も同様に厳しい状況にある。また密集することを控える人が増える中、「おうち時間」と評されるように家で楽しみを見つける事や人との距離を取って楽しむことができるキャンプなどの人気が高まっており、関連した商品の需要が伸びている。手間のかかるキャンプや料理などを楽しむ生活様式の変化は本来であれば省くはずの「手間」を楽しむという部分を付加価値と考え、外でも家でも余暇を楽しくさせるような発想の商品開発支援が必要であると考え、効率的で機能的なデザインについて素材及び試作、使用方法について検討した。

2 試作品の作成

2.1 素地の配合

試作に使用した素地はベタライト中心の耐熱用素地に多孔質化による軽量化を目的として配合した坯土を使用した。軽量材としては FAB（フライアッシュバルーン）を20%添加し1180℃で焼成することにより市販されている土鍋土より軽量化することができた。物性表は表1のとおりである。

表1 物性表

	軽量土	市販土
収縮率 (%)	5.6	10.0
吸水率 (%)	40.3	8.3
見かけ比重 (g/cm ³)	1.9	2.4

2.2 燻製器の試作

2.2.1 燻製について

燻製は紀元前からある長期保存の方法であり、木材などから出る煙を食品に定着させることで防虫を行っていたのが始まりとされている。手間のかかる料理の

一つとして挙げられるが、塩と香辛料で付け込んだ食材の凝縮した味と燻したことによる香りが人気となり近年注目を集めている。燻製の調理方法は温度によって3種類に分けられ、それぞれ熱燻（120～140℃）、温燻（50～80℃）、冷燻（15～30℃）と分類し、調理時間や食材により変化させる。中でも冷燻は本来長期間にわたり乾燥と燻しを行う調理方法であったが、家庭でも手軽にできるものとして香りづけ程度のモノも冷燻のジャンルに入っており、ソフトスモークサーモンなどは中でも人気である。しかし小型の燻製器など手軽に短時間で調理できる物が多く存在するが、調理方法は熱燻や温燻が多いため、温度管理が難しい冷燻は調理を行う事ができる器具は少ない。

2.2.2 構造について

燻製器は底部にスモークチップを配置し加熱することで煙を発生させ食品を燻す。調理時間は30分ほどで完成するが、構造上鍋内部の温度が上昇し、加熱中は器内部の温度は100℃を超え、火を止めた状態であっても80℃以上となる。そこで冷燻を行うため、食材を底部の熱源から守り冷却するための氷を入れる受け皿（図1）とそれを設置できる構造（図2）を制作した。



図1 氷受皿

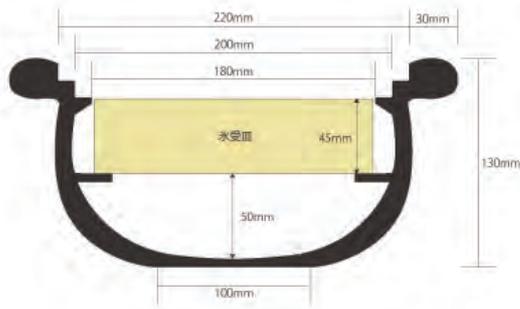


図2 断面図

3 試作品による調理

塩漬けたサーモンを乾燥させ燻製調理を行った。燻製器を火にかけ燻製チップからの煙が発生した時点で火を止め氷を入れた受け皿を投入し食品を設置、蓋をして30分ほど放置した。

本条件では器内部の温度は平均 33.4℃となり一般的な冷燻（15～30℃）より高い数値となったが、取り出したサーモンは生の状態を維持しており、ソフトスモークサーモンなどの調理として十分に機能していることが確認できた。（図3, 4）

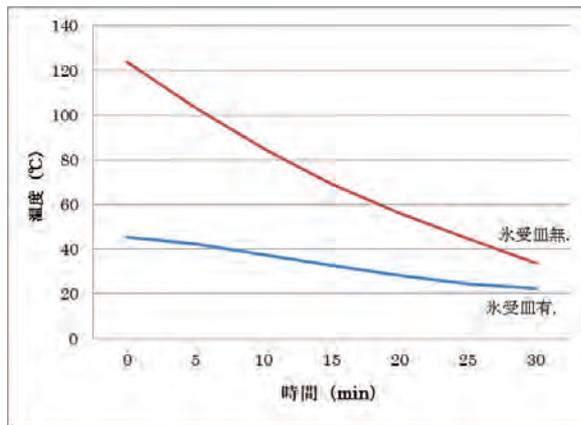


図3 調理時の温度変化



図4 調理後



図5 試作品外観

4 まとめ

手間を楽しむという観点から燻製調理に着眼し、冷燻調理ができる器具を試作した。

今回は受皿に入った氷は冷却効果を発揮したが想定よりも燻製器内部の温度が高くなった。しかし調理したサーモンは表面が乾燥しているものの内部は生の状態を維持しており、調理機能として十分に機能していた。

令和4年度も耐熱陶器製品のデザイン開発に関する取り組みを継続し、開発を続けていく予定である。

参考文献

- 1) 鈴木 明希子：畜肉燻製製品の製造における燻煙成分の拡散挙動, 東京海洋大学院修士論文, 8-10(2010)
- 2) 宮代雅夫他：軽量陶器の開発研究, 滋賀県工業技術総合センター研究報告書 79 - 82(1996)
- 3) 宮代雅夫他：軽量陶器の開発研究, 滋賀県工業技術総合センター研究報告書 58 - 61(1997)

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（第3報）

植西 寛*
UENISHI Hiroshi

要旨 生物由来合成ハイドロキシアパタイトを主原料とした磁器質素地の製品化に向け、本年度は釉薬の検討および、昨年度開発をおこなった可塑成形用坯土の改良に取り組んだ。また、セラミックス分野への用途展開として、自動車排ガス浄化用触媒の担体¹⁾や空調用フィルター素材として用いられることが多いハニカム形状をもつセラミックスについても検討をおこなった。

1 はじめに

生物由来合成ハイドロキシアパタイトは、これまで産業廃棄物として処理されてきた鶏の卵殻由来の炭酸カルシウムを用いて合成される低結晶性ハイドロキシアパタイトである。人間の骨や歯の組成に近く、生体親和性の高い素材であり、医療・化成品・繊維・有毒物除去など健康で安全な生活に貢献できる原料として、様々な業界から注目を集めている²⁾。

これまでに生物由来合成ハイドロキシアパタイトを陶磁器・セラミックス分野において活用できる可能性を調査すべく研究をおこなった結果、リン酸三カルシウム含有率が 50 wt%を超える光の透過率および白色度に優れた素地を開発した。これらの素地は光の透過率、白色度の両方に優れた特性を有しており、市販の磁器質素地等と比較しても同等かそれ以上の数値であった。

本年度は開発した可塑成形用坯土に残る課題解決と、適合する釉薬の検討をおこなった結果について報告する。また、陶磁器以外への用途展開として、ハニカム形状をもつセラミックスについて、生物由来合成ハイドロキシアパタイトを活用したフィルター用多孔質材料として試作をおこなった結果についてもあわせて報告する。

2 実験方法

2.1 試験用素地の調整および成形

釉薬用試験片には既報³⁾と同様に生物由来合成ハイドロキシアパタイト（以下、アパタイト）添加量が 40、50 および 60 wt%の泥漿を調整し、石膏型を用いた鑄込み成形によってΦ30mmの円板を作成したもの

* セラミック材料係

を用いた。試験にはこれらを乾燥した素地と、1260℃および 1280℃で締焼した素地を用いた。焼成した素地の平均線熱膨張係数（100-300℃）を表 1 に示す。

表 1 アパタイト添加素地の平均線熱膨張係数

×10 ⁻⁶ (1/K)	40 wt%	50 wt%	60 wt%
1260℃焼成	7.3	8.7	9.3
1280℃焼成	7.3	8.3	9.1

可塑成形用坯土は、昨年度に調整した坯土 B3⁴⁾を基準に、本年度は坯土の加水量低減を目的として既報の原料に加えて新たに磁器セルベン（0.5 mm 篩下）を用いた B4～B6 を作製した。坯土の調合を表 2 に示す。なお、ベントナイトと解膠剤は外割りで添加している。

試験体は機械ろくろ成形により作製した。坯土の評価はろくろ成形性、乾燥時の亀裂の有無を確認した。

表 2 可塑成形用坯土

wt%	B3	B4	B5	B6
アパタイト	60	60	60	60
福島長石 NZ カオリン 本山木節粘土	40	3	3	15
磁器セルベン	0	37	37	22
ベントナイト	1	1	1	1
解膠剤	2.0	1.7	0.0	1.7
水	50	38	53	39

2.2 釉薬の調整および焼成

フリット釉として熱膨張率の異なる市販フリット 4 種（以下、A～D）、生釉として市販石灰釉 1 種（以下、E）を用いた。使用したフリットの平均線熱膨張係数（100-300℃）を表 3 に示す。

表3 フリットの平均線膨張係数

$\times 10^{-6}$ (1/K)	A	B	C	D
1260°C焼成	11.3	10.8	9.6	7.3

市販石灰釉は単独で、フリット釉はフリットと粘土を重量比で 9:1 の割合になるように混合したものを、水とともに播潰機にて粉碎混合した。市販石灰釉は乾燥済みの試験片に施釉し、1260°Cおよび 1280°Cで酸化焼成した。フリット釉は乾燥した試験片をあらかじめ 1260°Cおよび 1280°Cで締焼したものに施釉し、900°Cならびに 1000°Cで釉焼をおこなった。焼成後の試験片表面に墨汁を塗り、貫入の有無を確認した。生釉については施釉の厚みを変えた 2 種の試験片を作製し、その違いについても比較をおこなった。

2.3 ハニカムセラミックスの作製

ハニカムセラミックス用の坯土は原料粉末としてアパタイト、NZ カオリン、福島長石、粘土およびバインダーとしてセラランダー-YB-131D（ハイケム株式会社）と所定量の水を加え、混合攪拌機（5DM-r 型、品川工業所）により混練したものをを用いた。このときのアパタイトの添加量は 40 および 50 wt%とした。坯土の組成を表 4 に示す。

表4 ハニカムセラミックス用坯土の組成

wt%	HC1	HC2	HC3
原料粉末	100	100	100
(うちアパタイト)	40	40	50
ベントナイト	1	1	1
YB-131D	3	5	5
水	44	40	46

作製した坯土をハニカム成形用ダイス（図 1）と油圧プレス機からなるハニカム成形装置（長峰製作所）を用いて、セル数 15×15 のハニカム構造をもつ成形体を作製し、押出成形の可否、保形性および格子部分の密着性について評価をおこなった。得られた成形体を 1000°Cで焼成後、切断し、表面を走査型電子顕微鏡（JSM-6010LA、日本電子株式会社）により観察した。

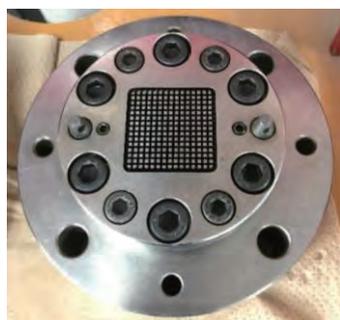


図1 ハニカム成形用ダイス

3 結果と考察

3.1 フリット釉の評価

フリット釉の貫入状況について図 2~5 に示す。なお、試験片の左側半分は二重に施釉をおこなっており、釉層が厚くなっている。フリット釉試験の結果、フリット A \geq B>C>D の順で貫入が入りやすい傾向であった。素地の熱膨張率からフリットの熱膨張率を引いた値を表 5 および表 6 に示す。

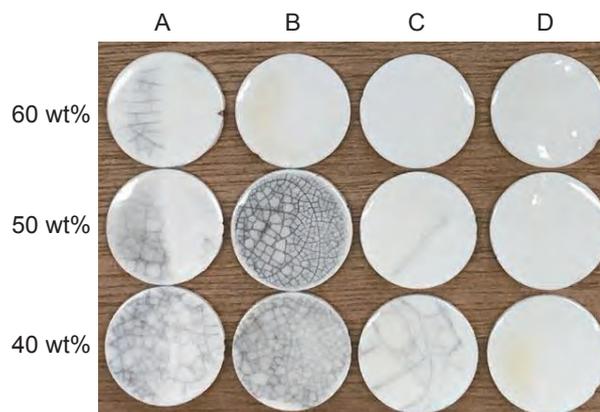


図2 締焼：1260°C、釉焼：900°Cの貫入状況

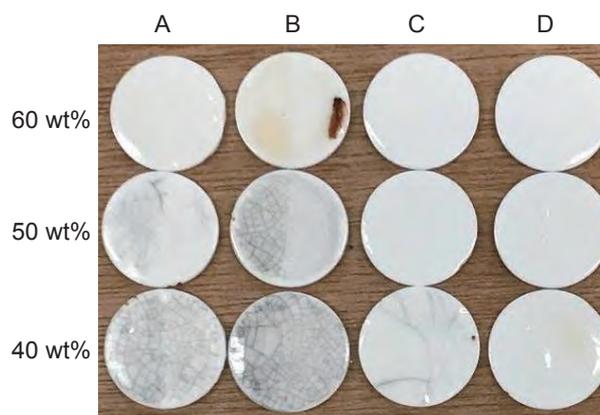


図3 締焼：1280°C、釉焼：900°Cの貫入状況

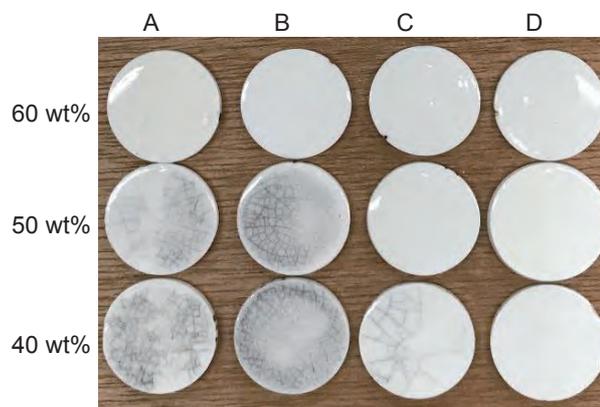


図4 締焼：1260°C、釉焼：1000°Cの貫入状況

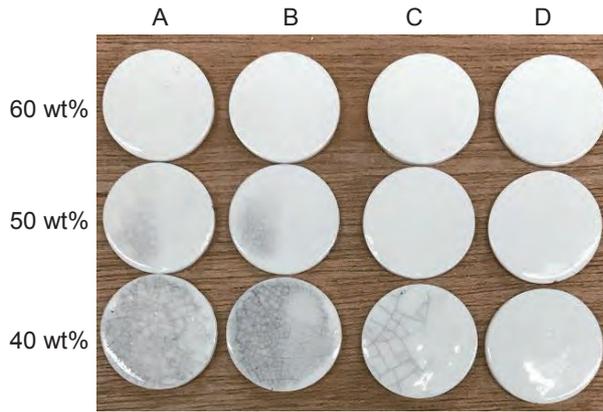


図5 締焼：1280℃、釉焼：1000℃の貫入状況

表5 締焼温度 1260℃における熱膨張差

$\times 10^{-6}$ (1/K)	A	B	C	D
60 wt%	-2.2	-1.7	-0.5	1.8
50 wt%	-3.0	-2.6	-1.3	1.0
40 wt%	-4.0	-3.5	-2.3	0.0

表6 締焼温度 1280℃における熱膨張差

$\times 10^{-6}$ (1/K)	A	B	C	D
60 wt%	-2.0	-1.5	-0.3	2.0
50 wt%	-2.6	-2.2	-0.9	1.4
40 wt%	-4.0	-3.6	-2.3	0.0

いずれの条件も熱膨張差が $-2.0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ よりも大きくなった試験片では、差が大きくなるほど釉に大きな引張応力が加わるため、貫入が多く入る傾向にあった。また、釉層は厚い方が貫入が入りやすい傾向にあった。一方、熱膨張差が $-2.0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ よりも小さい試験片や、フリット D では釉層に変化はみられなかった。なお、図2における、アパタイト 50 wt%素地にフリット C を施釉した試験片の釉に亀裂がみられるものがあったが、熱膨張差による貫入かどうかは判断できなかった。

3.2 生釉の評価

次に、生釉 E の貫入状況について図5～6に示す。全ての試験片で釉がちぢれる傾向にあり、釉層の厚い試験片でより顕著な結果となった。いずれの試験片も釉層に貫入はみられなかったが、図7における、アパタイト 60 wt%素地で釉層が厚い試験片では素地に亀裂が入っていた。表7に素地と釉の熱膨張差を示す。

表7 素地と釉の熱膨張差

$\times 10^{-6}$ (1/K)	1260℃	1280℃
60 wt%	3.6	3.8
50 wt%	2.8	3.2
40 wt%	1.8	1.8

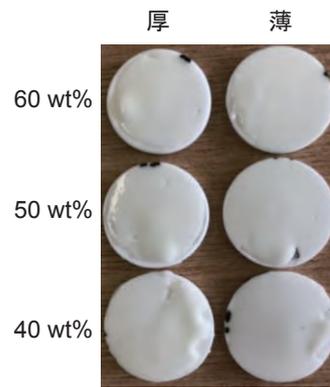


図6 焼成温度：1260℃貫入状況

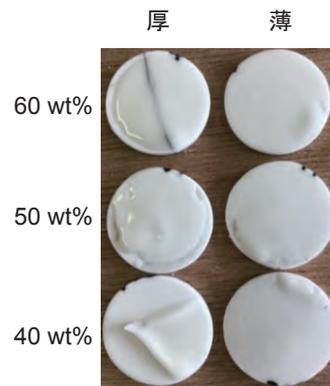


図7 焼成温度：1280℃貫入状況

生釉の場合、素地の熱膨張率が釉のそれよりも大きく、釉に圧縮応力が加わっていることとなる。そのため、差が大きいかつ釉層の厚い試験片では素地に加わる引張応力が過大となり、素地が破断したと考えられる。

3.3 可塑成形用坯土の評価

機械ろくろ成形により直径約 12 cm の小皿を作製した結果を図8に示す。B4、B6 については磁器セルベンへの置換により、加水量を 20 wt%程度低減しても、問題なく成形をおこなうことができた。しかし、



図8 乾燥後の成形体外観（左から B4、B5、B6）

解膠剤を添加していない B5 については B4 や B6 と同様の加水量では練土状にならず、坏土とするためにより多くの水分が必要であった。練土状となった坏土も土の滑りやのびが悪く、機械ろくろ成形においても、高台付近にしわおよびヒビが発生した（図 9）。



図 9 B5 における高台周辺の成形不良

次に B6 の坏土を用いて機械ろくろ成形により直径約 25 cm の中皿を作製したところ、成形性、乾燥ともに問題となる点はみられなかった。磁器セルベンによる加水量低減の効果が確認できたため、今後は本開発素地から作製した同組成のセルベンを用いた検討を実施したい。

3.4 ハニカム成形性について

HC1～HC3 のいずれも、成形時に格子が潰れることもなく、保形性に問題となる点はみられなかった。成形直後は外観上の問題となる箇所は見受けられなかったが、乾燥の過程で格子の接合部の一部に亀裂がみられた。ここでは HC3 について、焼成後の外観および断面を走査型電子顕微鏡にて観察した結果を図 10、

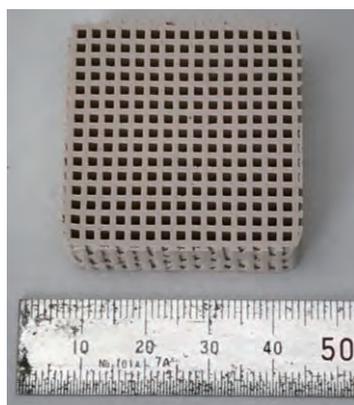


図 10 焼成体の外観写真

図 11 に示す。亀裂については、生物由来合成ハイドロキシアパタイトを用い坏土の性質として、一般的な陶磁器・セラミックス材料の坏土よりも水分量を多く

する必要があるため、乾燥時に発生していると考えられる。今後はマイクロ波を用いる等の乾燥条件の変更によりその効果を検証したい。

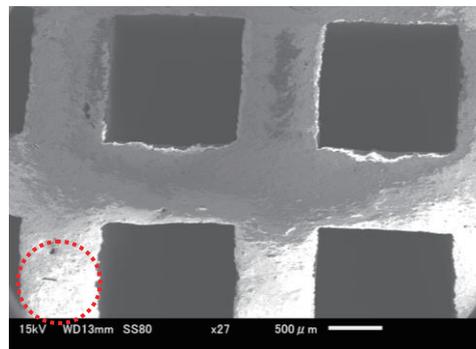


図 11 焼成体の断面写真（○部分が亀裂箇所）

4 まとめ

生物由来合成ハイドロキシアパタイトを用いた素地用の釉薬について検討をおこなった結果、フリット釉の場合は素地との熱膨張差が $\pm 2.0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ のフリットを用いた場合、無貫入となることが確認できた。しかし、生釉については釉ちぢれおよび素地の破断が発生したため、熱膨張率等を調整した釉による再検討が必要である。

可塑成形用坏土に関しては直径 25 cm 程度の皿の作製までが可能となり、磁器セルベンによる加水量低減の効果が確認できた。

生物由来合成ハイドロキシアパタイトを用いたハニカムセラミックス試作の結果、成形性に関する問題は見受けられなかったが、その後の乾燥段階における課題が明らかとなった。

参考文献

- 1) 自動車排ガス浄化用コーディエライトハニカム、セラミックス 42 No. 9、680-682 (2007)
- 2) 株式会社バイオアパタイト HP、<https://bioapatite.jp/>
- 3) 植西寛：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、滋賀県工業技術総合センター業務報告、109-111 (2019)
- 4) 植西寛：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（第 2 報）、滋賀県工業技術総合センター業務報告、118-120 (2020)

窯業系廃棄物を活用した園芸土木資材の開発（第3報）

—アルミナ汚泥および樹脂製造時副産物の陶磁器への活用—

神屋 道也* 植西 寛* 坂山邦彦*
 KAMIYA Michinari UENISHI Hiroshi SAKAYAMA Kunihiro

要旨 本研究は県内の窯業関連企業において生じる廃棄物を陶磁器原料として活用することにより、廃棄物の処分量を減らすことを目的とする。今年度はアルミナ砥粒製造時の汚泥（アルミナ汚泥）および樹脂製造時副産物（PBP）を使用した陶土の開発と試作を行った。アルミナ汚泥を使用することで火色の発生しやすい陶土と低温焼成可能な磁器土を開発した。火色が発生しやすい陶土は薪窯により試作品を焼成し効果を検証した。低温焼成磁器土に関しては一輪挿しを試作し磁器土として使用できることを確認した。PBPは信楽透土に添加することで1100℃という低い焼成温度から吸水率が1%以下となり、透光性も上昇させることが確認できた。

1 はじめに

持続的な開発目標（SDGs）が2015年に国連サミットにおいて採択されて以降環境問題への注目が高まっている。本研究では窯業関連企業から発生する廃棄物を陶磁器原料として活用することで、廃棄物の処分量を減らすことを目的とする。

昨年度までに釉薬製造時に発生する汚泥（釉薬汚泥）を使用することで陶土の吸水率が低下することを

確認し、車止めブロックやピンころブロックなどの園芸土木資材を試作した。またアルミナ汚泥を大物土に添加することで曲げ強度が大幅に上昇すること、焼成時の軟化変形等が起らないことを確認した。

今年度はアルミナ汚泥を使用した大物用陶土以外の陶土の開発および開発した陶土による試作を行った。

また樹脂製造時の副産物（PBP）を陶磁器素地へ添加した際の効果を確認した。

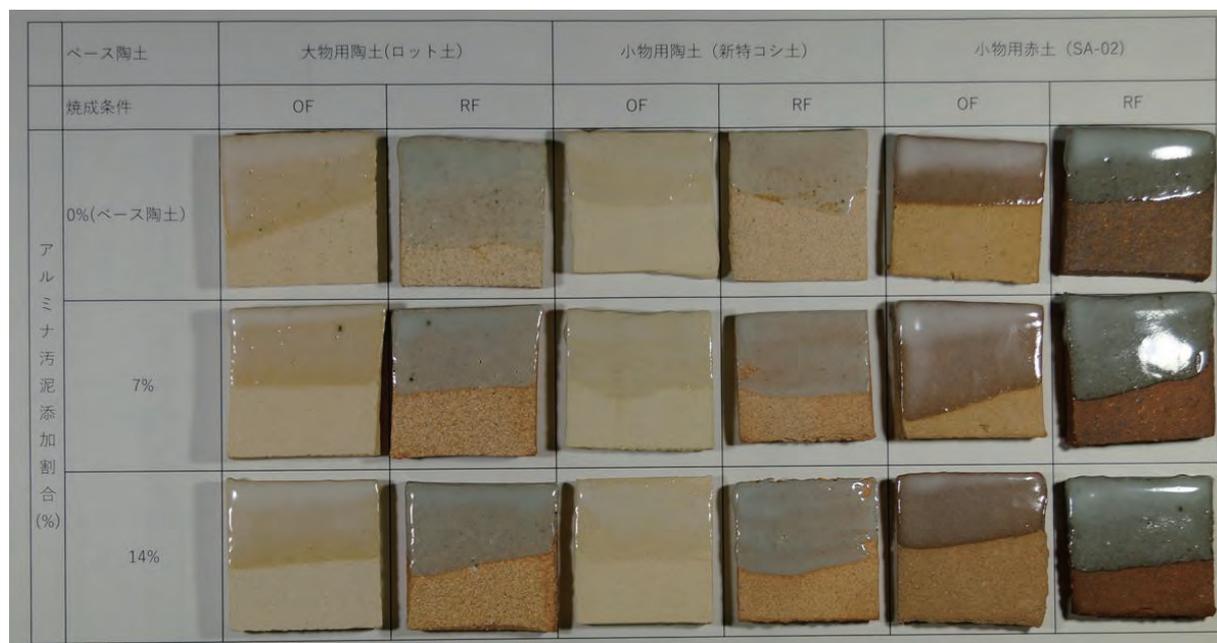


図1 大物用陶土、小物用陶土、小物用赤土へのアルミナ汚泥添加による色味への影響

*滋賀県工業技術総合センター信楽窯業技術試験場セラミック材料係

2 アルミナ汚泥

2.1 火色の発生しやすい陶土

昨年度は大物土にアルミナ汚泥を添加し曲げ強度が向上することを確認した。大物用陶土にアルミナ汚泥を添加した陶土を作製した際、一部の試料で通常は火色が発生しにくい酸化焼成条件において火色が発生した。この結果からアルミナ汚泥には火色を発生しやすくする働きがあると予想された。過去に行われた緋摺の研究においてアルミナのコランダム相からヘマタイトがエピタキシャル成長することで緋摺が発生することが示されている¹⁾。アルミナ汚泥にもコランダム相が含まれるため、コランダム相が核となりヘマタイトが成長し火色が発生した可能性がある。

2.1.1 実験方法

アルミナ汚泥の陶土の色味に対する効果を確認するため、大物土、小物用陶土、小物用赤土にアルミナ汚泥を混練し色味を確認した。添加割合は重量比で7%、14%の2種である。

2.1.2 実験結果

結果を図2に示す。酸化焼成条件(OF)においては、いずれの陶土も素地部分、施釉部分ともに色味に大きな変化は見られなかった。

還元焼成条件(RF)においては素地部分に色味の変化が見られた。テストピースの縁など乾燥が早く進む部分に顕著に変化が現れた。そのため粘土に含まれるわずかな可溶性塩類が乾燥時に集まり、それらとアルミナ汚泥中のコランダム相が共存することで火色が現れていると考えられる。施釉部分に関しては色味に変化は見られなかった。

2.1.3 試作

アルミナ汚泥添加前の小物用白土とそれにアルミナ汚泥を14%添加した素地を、ろくろ成形およびたたら成形により成形した。14%添加した試料の可塑性は添加前の素地と大きく変わらず問題なく成形が行えた。それらを灯油バーナーと薪を用いて焼成した。焼成の結果を図2に示す。添加前と比較して14%添加した試作品は火色が濃くなっていることがわかる。

2.2 アルミナ汚泥を主成分とする低温焼成磁器

2.2.1 実験方法

アルミナ汚泥を多量に使用する素地としてアルミナ汚泥50%、本山木節粘土、信楽産の長石の3種の原料を使用した素地を作製した。本山木節粘土と畑長石の割合を変えた4種の陶土を作製し、1220℃、1250℃の2つの温度で焼成した。調査内容を表1に示す。



ろくろ成形による試作品
添加前(左) 14%添加(右)



たたら成形による試作品
添加前(左) 14%添加(右)

図2 薪窯により焼成した試作品

表1 調査表 (wt%)

試料番号	アルミナ汚泥	本山木節粘土	畑長石
No.1	50	15	35
No.2	50	25	25
No.3	50	35	15
No.4	50	45	5

2.2.2 実験結果

本山木節粘土の割合と曲げ強度の関係を図3に示す。

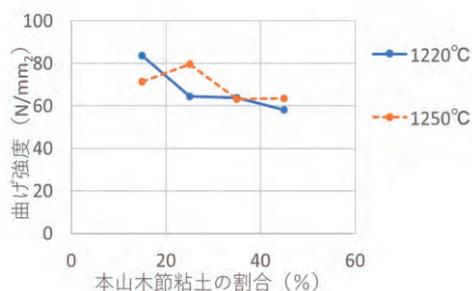


図3 曲げ強度測定結果

3 樹脂製造時副産 (PBP, Polymer By Product)

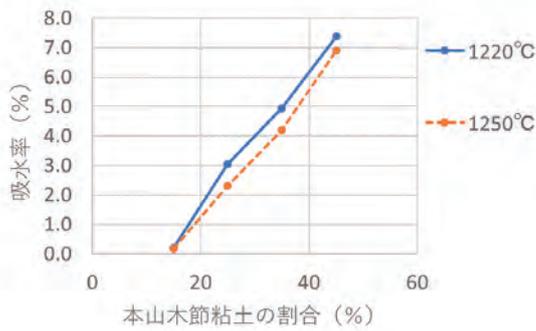


図4 吸水率測定結果

木節粘土の割合にかかわらず 60N/mm² 以上あり、一般的な磁器と同等の強度があることがわかる。本山木節粘土の割合と吸水率の関係を図4に示す。吸水率は本山木節粘土の割合が増えるにつれて上昇した。最も木節粘土の少ない No.1 は焼成温度 1220℃において吸水率がほぼ 0%である。通常の磁器と比較すると低温焼成可能であるため、燃料を節約でき、省エネルギー、CO₂ 削減につながる。また、焼成温度が信楽で一般的に焼成される陶器と同程度になるため、通常の陶器と同時に焼成することも可能である。

2.2.3 試作

吸水率が 0%となった試料番号 1 の陶土を使用し、一輪挿しをろくろ成形により試作した (図5)。一般的な石灰釉である日本陶料の三号石灰釉を施している。貫入は見られず屋外で使用する園芸用小物だけでなく、食器などにも一般的な磁器と同様に使用できると考えられる。



図5 No. 1 の陶土により試作した一輪挿し

3.1 概要

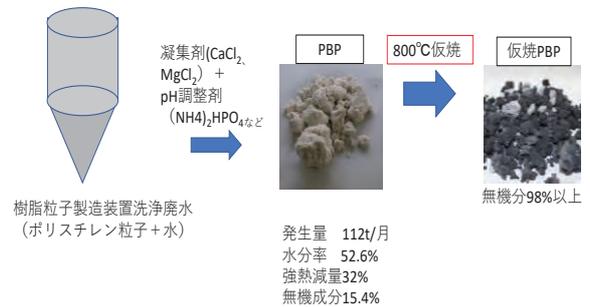


図6 樹脂製造時副産物概要

PBP は発泡スチロールの原料となる樹脂ビーズを製造時に製造装置洗浄廃水から発生する汚泥である。陶磁器に添加する試料ができるまでの流れを図6に示す。毎月 112t 程度発生しており、水分と樹脂そして凝集剤や pH 凝集剤に由来する無機成分が含有される。ポリエチレン粒子は焼成時に匂いのあるガスが発生するため事前に 800℃にて仮焼し、陶磁器素地の原料とした。

仮焼 PBP の成分分析結果を表 2 に示す。P₂O₅ や MgO, CaO など一般的な陶磁素地のガラス化を促進する成分が含まれるため、陶磁器素地に添加することにより焼成温度が低下する効果が得られると予想された。また Fe₂O₃ が 0.1%と少なく CuO や Co₂O₃ などの発色の原因となる成分も含まれないため、白色の陶磁器素地に添加しても色味に影響を与えないと考えられた。

表 2 仮焼 PBP 成分分析結果

成分名	分析値 (wt%)
P ₂ O ₅	54.5
MgO	24.7
CaO	21.2
Fe ₂ O ₃	0.1
その他	0.5

3.2 実験方法

成分分析の結果から白色の素地へ影響を与えず、焼成温度を低下させる効果が期待できたため、白色で透光性の高い素地である信楽透土へ仮焼 PBP を添加し、吸水率や透光性への効果を検証した。信楽陶土に 5%, 15% 仮焼 PBP を添加した試料を作製し、

1100、1150、1200、1250℃の4つの温度で酸化焼成した。15%添加した試料に関しては1250℃において棚板に融着したため、1250℃のデータが測定できていない。

3.3 実験結果

吸水率の測定結果を図7に示す。焼成温度1100℃において添加前試料（添加率0%）では吸水率が10%以上であるのに比べ、添加量が15%の試料では吸水率が1%以下になっており仮焼PBP添加によりガラス化が促進されたことがわかる。添加前の試料では1250℃において吸水率が1%を切っている。このため吸水率が1%を切る温度を比較すると添加前と15%添加試料で150℃の温度差があることがわかる。

また仮焼PBPが透光性に与える影響を確認するために1150℃で焼成した試料の裏面から照明を当て、表面の様子を撮影した。撮影結果を図8に示す。図8に

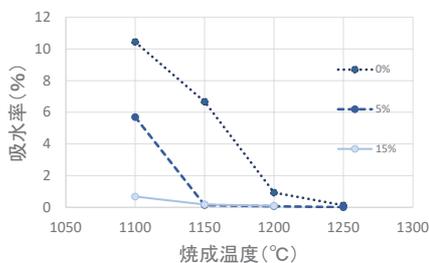


図7 PBP 添加による吸水率の低下

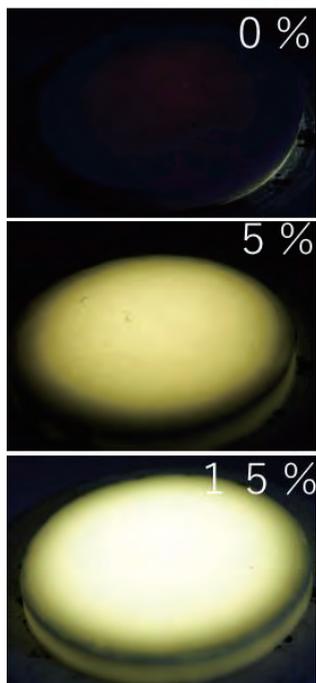


図8 透光性の比較（焼成温度1150℃）

示すように0%、5%、15%と添加率が増加するに従い、透光性も上昇している。これは仮焼PBP添加により素地のガラス化が促され、素地中の空孔が減ることによって光の散乱が低下したためだと考えられる。

このように仮焼PBPを添加することにより吸水率の低下や低い焼成温度での透光性の上昇などの効果が見られた。低温で焼成可能となることで使用する燃料を低減し、発生するCO₂を削減につながると期待される。

5 まとめ

今年度はアルミナ砥粒製造時に発生する微粒子であるアルミナ汚泥およびポリスチレン樹脂製造時の副産物（PBP）という2種の廃棄物を陶磁器素地の原料としての利用を検討した。

アルミナ汚泥を一般的な陶土に添加することで火色が発生しやすい陶土となり、薪窯用の陶土として適していることを確認した。またアルミナ汚泥を50%使用して、磁器土と同程度の物性をもつ低温焼成可能な陶土を開発した。開発した陶土を使用して一輪挿しをろくろ成形により試作した。

PBPについては白色の透光性素地へ加えることで、色味を変えることなく焼成温度を下げる事が可能であることが確認できた。

令和元年度～令和3年度にかけて釉薬汚泥とアルミナ汚泥そして樹脂副産物の3種の廃棄物を利用した陶磁器素地を開発した。その中でも大物用陶土にアルミナ汚泥を添加した陶土は曲げ強度は高く、軟化変形や融着が見られないなどの利点があり最も利用しやすいと考えられる。そのため来年度以降は大物用陶土にアルミナ汚泥を添加した陶土の製造を目指し、最適な製造時の水分率の調整方法や添加方法を探索する予定である。

参考文献

- 1) 草野圭弘, 福原 実: 日本結晶学会誌 56, 179-185(2014)

滋賀県工業技術総合センター業務報告

第36号

令和4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

印刷 株式会社〇〇印刷