

平成27年度革新的ものづくり産業創出連携促進事業
(戦略的基盤技術高度化支援事業)

「あらゆるアルミ系素材に適応し、かつ毒物を
使用しない表面処理技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成28年3月

委託者 中国経済産業局
委託先 公益財団法人鳥取県産業振興機構

< 目 次 >

第1章 研究開発の概要

1-1	研究開発の背景・研究目的及び目標	1
1-2	研究体制	5
1-3	成果概要	9
1-4	当該研究開発の連絡窓口	11

第2章 本論

2-1	アルミ鋳物の陽極酸化処理における活性化工程での毒物薬品を使用しない新国内標準手法の実現	12
2-2	アルミ鋳物を含めた全てのアルミ素材へ適応できる新たな表面処理手法の実現	15
2-3	量産化技術の確立	18
2-4	まとめと今後の展開	22

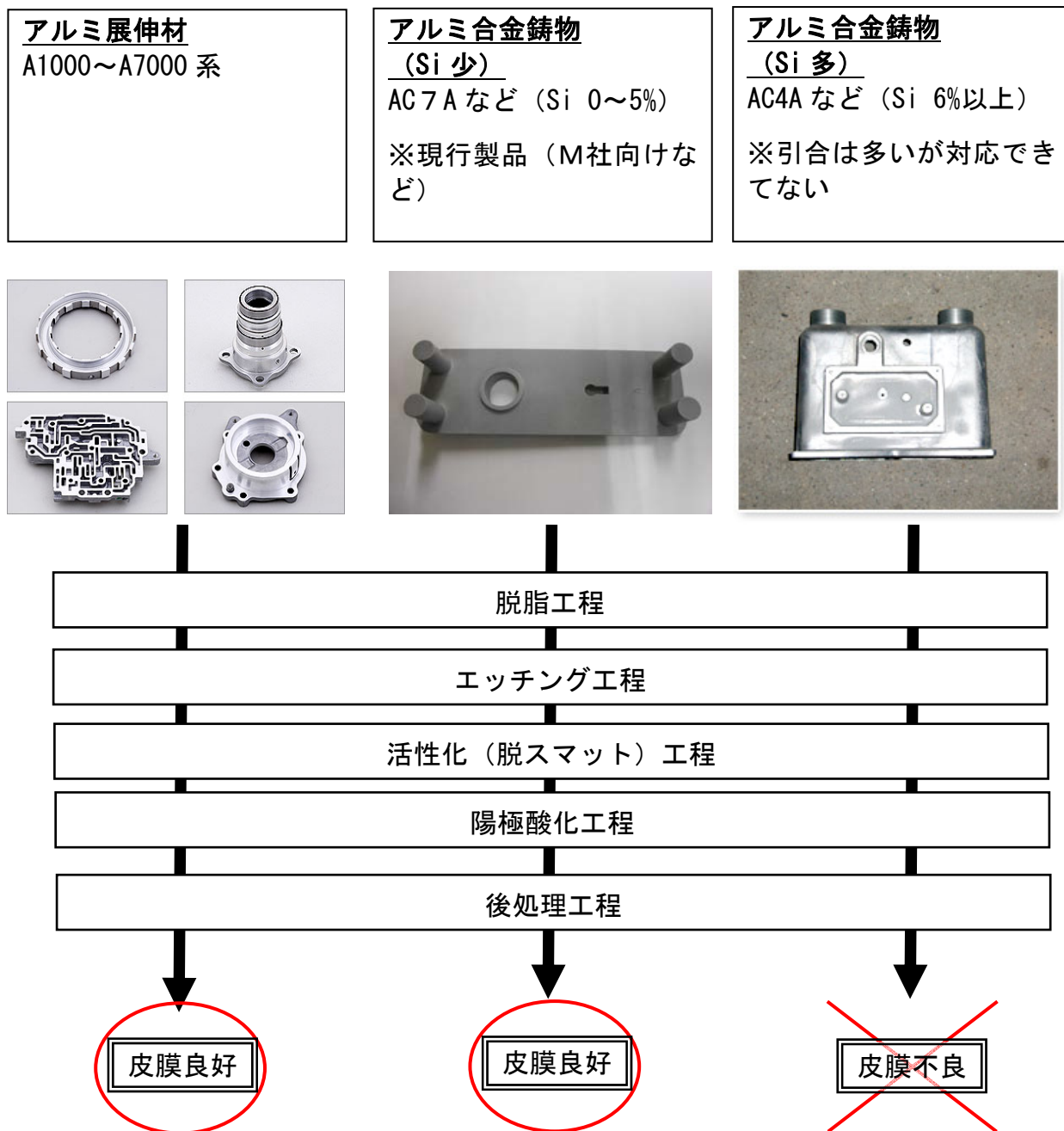
第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1-1-1 研究開発の背景

アルミ鋳物やアルミダイカスト材料は加工しやすく、様々な産業分野の用途として使用される。また、その表面処理も外観色調、耐食性、耐摩耗性、耐強度などの向上を目的に広く活用されているが、材料には高ケイ素アルミ合金が多く、皮膜生成が悪いなど陽極酸化が困難とされてきた。現在、その陽極酸化処理法は一般的に活用されているが、アルミ展伸材の陽極酸化処理工程に比べ、複雑で生産性も悪くなるなど、工程の一元化（アルミ展伸材との陽極酸化処理工程の共用）が難しく、高コスト化の要因となっている。また、一部工程での使用薬品は、高濃度のフッ化水素酸による毒物を用い、環境負荷が高い。これまでの取り組みでは、アルミ合金用工程の陽極酸化前処理における活性化処理工程を工夫することで、一部のアルミ鋳物やアルミダイカスト材料の陽極酸化及び陽極酸化着色仕上げが可能となることを見出している。しかし、アルミ鋳物中のけい素含有量や銅含有量の多いものほど、陽極酸化性が悪く、また着色仕上げも均一な色合いに仕上げられないという課題があり、全てのアルミ鋳物材料に対応ができていない。川下企業からは、製品にフッ素含有の懸念がある、陽極酸化前処理工程の技術的な改善と、高コストの要因となっている工程の複雑化による生産性改善を強く要求されている。これら現在までの課題を克服し、多種多様なアルミ材料に適応、環境に配慮し、低コスト化につながる表面処理技術を開発する。

今回の事業における川下製造業者の主要となる、ムラテックメカトロニクス株式会社は、搬送自動化・ロボット産業において、世界的にも特化しており、世界シェアの約半数を占めている。現状製品は、環境に配慮したものを積極的に採用しており、製品内への環境負荷物質の管理、規制も強化している。これらの状況から、将来的には、毒物含有の懸念があるアルミニウム陽極酸化処理製品について厳しく規制される可能性がある。また、これらに関連する製品・部品は数百点とあり、多種類のアルミ鋳物系材料が主体となっている。この中で弊社が行っている一部のアルミ鋳物製品以外の製品または部品は、工程的に複雑化し、生産性が低下する。さらに毒物薬品（フッ化水素酸）の使用により、作業環境の悪化及び使用後の廃液は排水処理性を悪化させ、高コストとなる為、対応ができていない。従って、これら課題を克服し、多種多様なアルミ材料への適応や環境に配慮しためっき技術かつ低コスト化につながる生産技術が求められている（図 現行技術の問題点と利点）。



上記工程の問題点

- ・ Si 含有量の多いアルミ鋳物の陽極酸化性が悪く、一部のアルミ鋳物にしか対応できない。

上記工程の利点

- ・ 現行アルミ展伸材陽極酸化工程と共用できる簡素化された工程である。
- ・ 毒物薬品を使用せず、環境に配慮している。

図 現行技術の問題点と利点

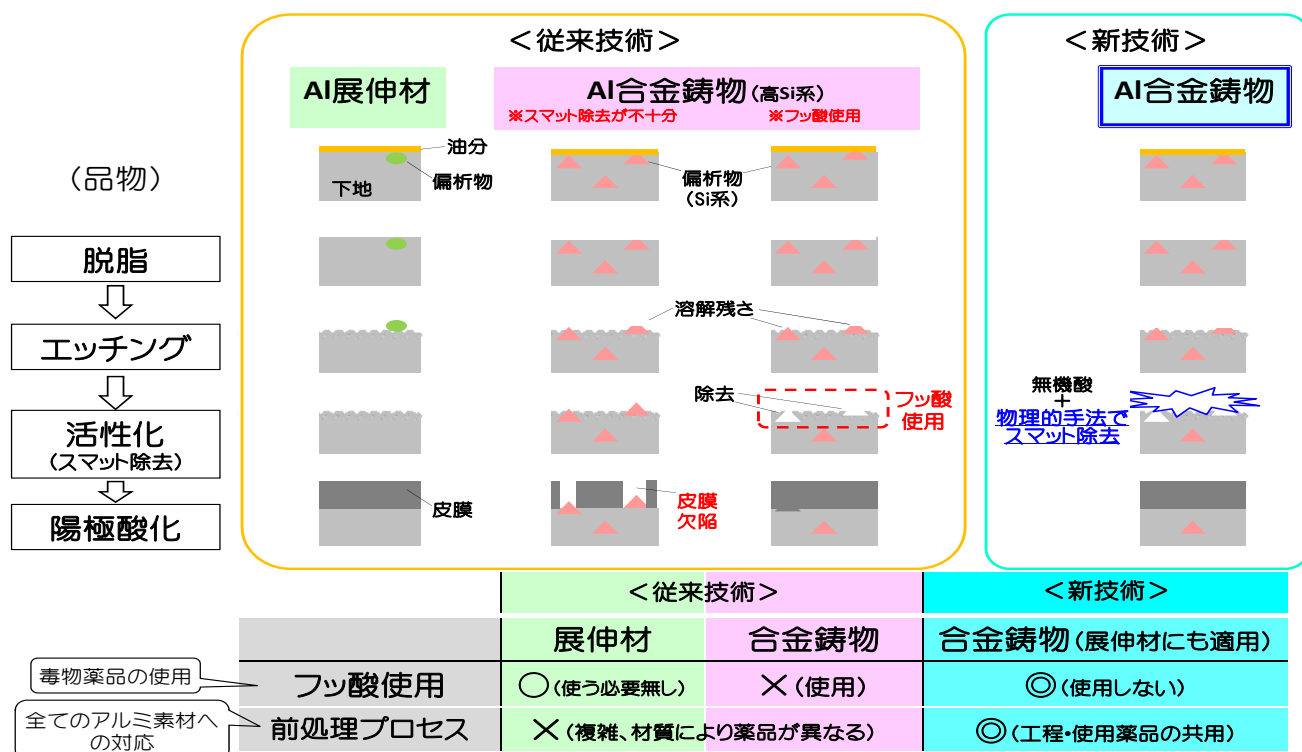
1-1-2 研究目的及び目標

本研究開発期間に得られる最終目標は、次表のとおりとする。

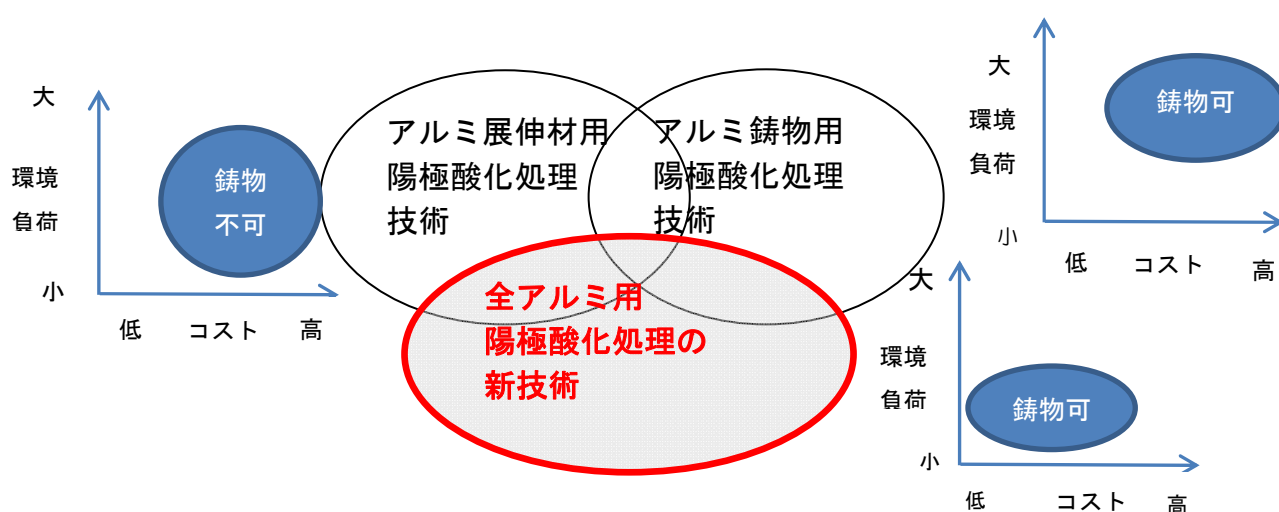
開発テーマ	目標値
①アルミ鋳物の陽極酸化処理における活性化工程での毒物薬品を使用しない新国内標準手法の実現	
①-1 新活性化工程使用薬品の設計	・化学的、物理的手法により、活性化工程内でのフッ化水素酸使用をゼロにする。
①-2 物理的な Si（スマット）除去方法の確立	・化学的、物理的手法により、活性化工程内でのフッ化水素酸使用をゼロにする。
②アルミ鋳物を含めた全てのアルミ素材へ適応できる新たな表面処理手法の実現	
②-1 アルミ鋳物の工程設計と確立	・アルミ展伸材工程との工程共用化と工程の約30%削減。
②-2 アルミ展伸材の工程設計と確立	・アルミ展伸材工程との工程共用化と工程の約30%削減。
②-3 試作製品の評価	・試作製品品質が川下企業要求事項及び JIS 規格を満足させる。
③量産化技術の確立	
③-1 各量産工程条件の確立	・ランニング処理安定性の確保（一日生産量平均表面積3000dm ² に対し、6か月間連続使用において薬液劣化無きこと）
③-2 ランニング処理安定性の確立	・ランニング処理安定性の確保（一日生産量平均表面積3000dm ² に対し、6か月間連続使用において薬液劣化無きこと）
③-3 排水処理安定性の確立	・排水規制基準値内の維持。
③-4 量産試作製品の評価	・量産試作製品品質が川下企業要求事項及び JIS 規格を満足させる。

1-1-3 従来技術と新技術及び研究開発イメージの概要

本研究における従来技術と新技術の概要、研究開発イメージは次図のとおり。



従来技術と新技術の概要

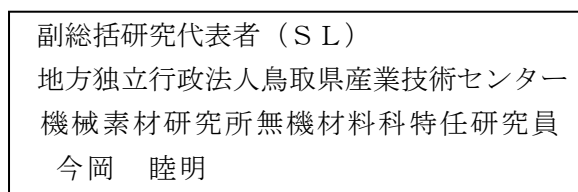
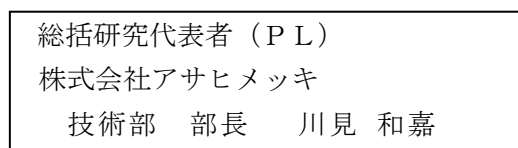
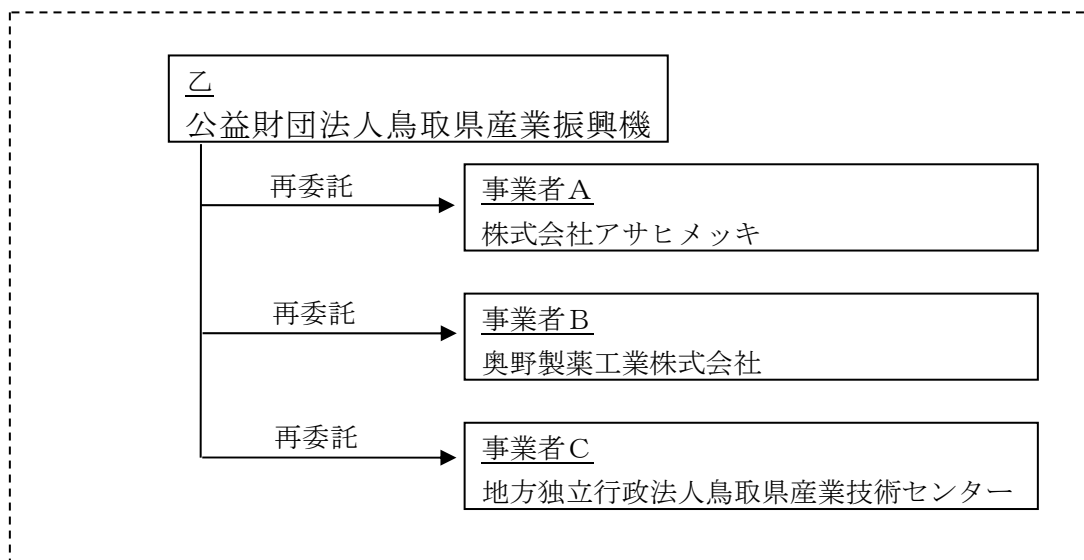


研究開発のイメージ

1－2 研究体制

(1) 研究組織及び管理体制

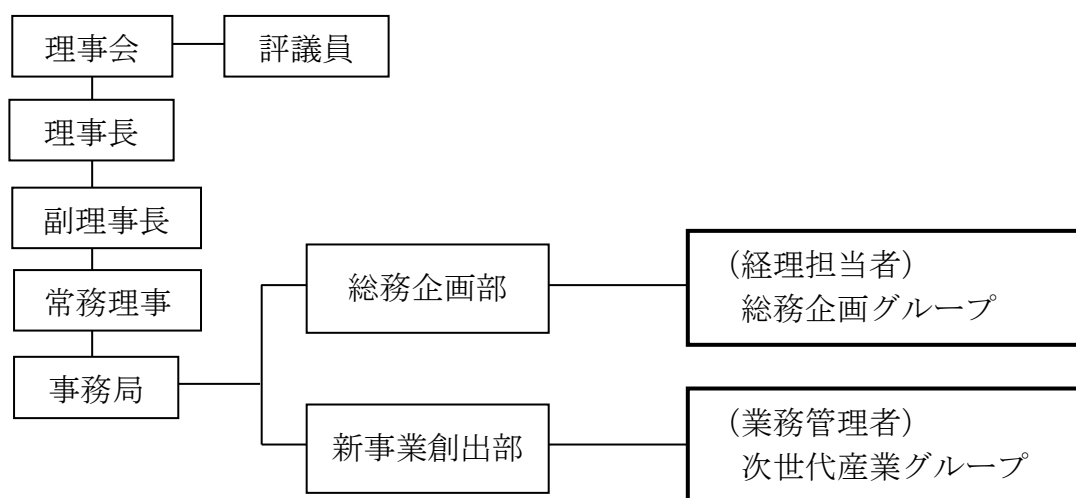
1) 研究組織（全体）



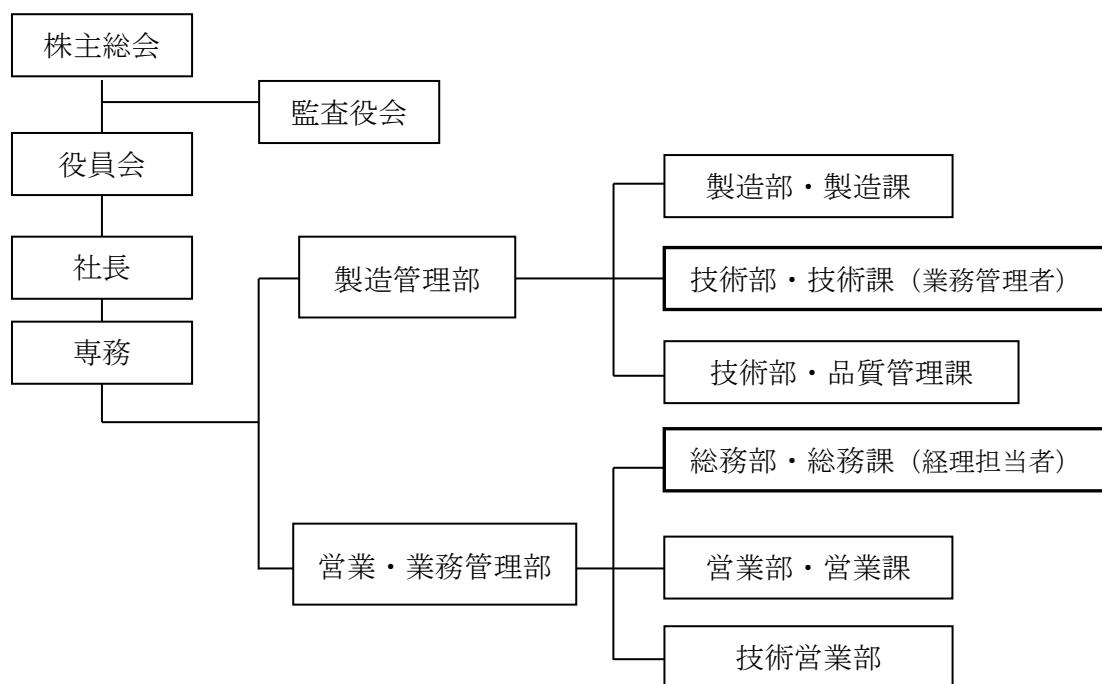
2) 管理体制

①事業管理機関

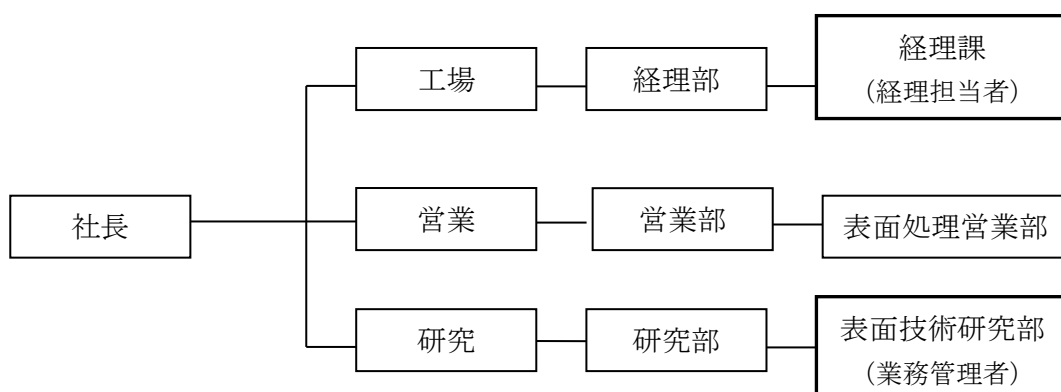
[公益財団法人鳥取県産業振興機構]



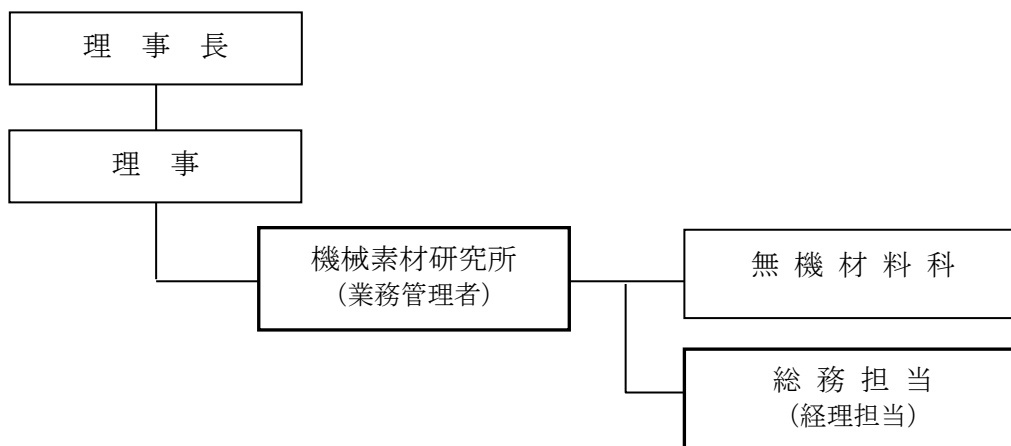
②（再委託先）
株式会社アサヒメッキ



奥野製薬工業株式会社



地方独立行政法人鳥取県産業技術センター



(2) 管理員及び研究員

【事業管理機関】 公益財団法人鳥取県産業振興機構
管理員

氏 名	所属・役職	実施内容 (番号)
山崎 均	新事業創出部長	④-1、④-2
田中 幸一朗	総務企画部総務企画G副グループ長	④-1、④-2
中村 智之	新事業創出部次世代産業グループ主事	④-1、④-2
小坪 一之	新事業創出部次世代産業グループコーディネーター	④-1、④-2
前田 千恵	新事業創出部次世代産業グループ事務員	④-1、④-2

【再委託先】 ※研究員のみ

株式会社アサヒメッキ

氏 名	所属・役職	実施内容 (番号)
川見 和嘉	技術部 部長	①、②、③
神谷 隆弘	営業部営業課 主任	①-1、2、②-1、2、 ③-1、2、3
廣田 昌悟	製造部製造課 主任	①-1、2、②-1、2、 ③-1、2、3
小谷 直樹	営業部営業課 主任	①-1、2、②-1、2、 ③-1、2、3
本城 美涼	技術部品質管理課	①-1、2、②-1、2、 ③-1、2、3
三嶋 千春	製造部製造課	①-1、2、②-1、2、 ③-1、2、3
後藤 典子	製造部製造課	①-1、2、②-1、2、 ③-1、2、3

奥野製薬工業株式会社

氏 名	所属・役職	実施内容 (番号)
中村 要	表面処理営業部 大阪表面処理営業課	①-1、②-1、2、③-1、2
原 健二	表面技術研究部 第4研究室長	①-1、②-1、2、③-1、2
福田 順成	表面処理研究部 応用技術研究室長	①-1、②-1、2、③-1、2

地方独立行政法人鳥取県産業技術センター

氏 名	所属・役職	実施内容 (番号)
玉井 博康	機械素材研究所無機材料科 科長	②-3、③-3、4
今岡 睦明	機械素材研究所無機材料科 特任研究員	②-3、③-3、4

松田 知子	機械素材研究所無機材料科 研究員	②－３、③－３、４
田中 俊行	機械素材研究所無機材料科 研究員	②－３、③－３、４

(３) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理機関)

公益財団法人鳥取県産業振興機構

(経理担当者)	総務企画部総務企画グループ	田中 幸一朗
(業務管理者)	新事業創出部次世代産業グループ	小坪 一之

(再委託先)

株式会社アサヒメッキ

(経理担当者)	総務部 主任	岡垣 緑
(業務管理者)	技術部 部長	川見 和嘉

奥野製薬工業株式会社

(経理担当者)	経理部 経理課	林 淳
(業務管理者)	表面技術研究部 室長	原 健二

地方独立行政法人鳥取県産業技術センター

(経理担当者)	機械素材研究所総務担当主事	遠藤 晴美
(業務管理者)	機械素材研究所長	門脇 互

(４) 他からの指導・協力者

氏名	所属・役職	備考
繁成 良和	ムラテックメカトロニクス株式会社 大分工場調達課	製品材料の提供、最終評価
隈井 正幸	ムラテックメカトロニクス株式会社 大分工場生産技術課	製品材料の提供、最終評価

1-3 成果概要

各開発テーマにおける本年度の研究開発成果の経過を次のとおり、まとめた。

①アルミ鋳物の陽極酸化処理における活性化工程での毒物薬品を使用しない新国内標準手法の実現

①-1 新活性化工程使用薬品の設計

- ・活性化工程でのスマット除去及び陽極酸化性向上に最適な組み合わせ組成は、62.5%硝酸、98%硫酸及び ADD-350（60%酸性フッ化アンモニウム含有化合物）となった。

- ・62.5%硝酸は、600ml/l、98%硫酸は、150ml/l、ADD-350 20g/l にて、スマット除去及び陽極酸化性が良好な結果となった。

①-2 物理的なSi（スマット）除去方法の確立

- ・活性化工程でマイクロバブル発生装置及び散気プロセスを併用することでスマット除去効果が向上した。

- ・散気プロセス流量条件は、100l/min が最適流量であることを確認した。

②アルミ鋳物を含めた全てのアルミ素材へ適応できる新たな表面処理手法の実現

②-1 アルミ鋳物の工程設計と確立

- ・前処理工程、陽極酸化工程、後処理工程は、各工程において 5～20%の範囲条件で工程設計できることを確認した。

- ・従来アルミ鋳物陽極酸化工程 12 工程に比べ、9 工程にまで削減し、20%以上の工程数削減に成功した。

②-2 アルミ展伸材の工程設計と確立

- ・前処理工程、陽極酸化工程、後処理工程は、各工程において 5～20%の範囲条件で工程設計できることを確認した。

- ・活性化工程を含めたアルミ鋳物工程との工程共用化が可能であることを確認した。

②-3 試作製品の評価

- ・外観色調は、外観限度見本を満足させた。

- ・皮膜厚は、8～15 ミクロンを確保し、平均皮膜厚 6 ミクロン以上を満足させた。

- ・皮膜表面及び断面は、均一で正常な陽極酸化皮膜を形成させた。

- ・耐食性は、キャス試験にてレイティング RN9 以上を満足させた。

- ・耐摩耗性は、砂落とし摩耗試験にて素地露出まで摩耗時間 150 秒以上、規定である 150 秒以上を満足させた。

- ・皮膜硬度は、3 種(a)アルミ鋳物材 AC4C 材において HV300（規格値：HV250 以上）により、規格値以上を満足させた。

上記経過より、成果目標値を次表のとおり、まとめる。

③量産化技術の確立

③-1 各量産工程条件の確立

- ・前処理工程、陽極酸化工程、後処理工程は、各工程において 5～20%の範囲条件で工程設計できることを確認した。

- ・従来アルミ鋳物陽極酸化工程 12 工程に比べ、9 工程にまで削減し、20%以上の工程数削減に成功した。

③-2 ランニング処理安定性の確立

- ・1 日生産量平均表面積約 3000dm²に対し、活性化工程使用液の 3 ケ月間連続使用で薬液劣化がなく、処理安定性が確認できた。

③－３ 排水処理安定性の確立

・３ヶ月間の連続流動において、排水処理液の排水規制基準値内の維持が確保できた。

③－４ 量産試作製品の評価

- ・外観色調は、外観限度見本を満足させた。
- ・皮膜厚は、８～１５ミクロンを確保し、平均皮膜厚６ミクロン以上を満足させた。
- ・皮膜表面及び断面は、均一で正常な陽極酸化皮膜を形成させた。
- ・耐食性は、キャス試験にてレイティング RN9 以上を満足させた。
- ・耐摩耗性は、砂落とし摩耗試験にて素地露出まで摩耗時間 150 秒以上、規定である 150 秒以上を満足させた。
- ・皮膜硬度は、３種(a)アルミ鋳物材 AC4C 材において HV300（規格値：HV250 以上）により、規格値以上を満足させた。

上記経過より、成果目標値を次表のとおり、まとめる。

開発テーマ		目標値
①アルミ 鋳物の陽極酸化処理における活性化工程での毒物薬品を使用しない新国内標準手法の実現		
①－ 1 新活性化工程使用薬品の設計	・ 量産安定製造性を想定し、化学的及び物理的手法により、活性化工程内でのフッ化水素酸使用を 1 0 0 %削減した（現行アルミ 鋳物活性化工程使用薬品組成比と比較）。	
①－ 2 物理的な Si（スマット）除去方法の確立		
②アルミ 鋳物を含めた全てのアルミ素材へ適応できる新たな表面処理手法の実現		
②－ 1 アルミ 鋳物の工程設計と確立	・ 量産安定製造性を考慮し、アルミ展伸材工程との工程共用化と工程数の 20%以上を削減した（従来工程 1 2 工程→新工程 9 工程）。	
②－ 2 アルミ展伸材の工程設計と確立		
②－ 3 試作製品の評価	・ 試作製品において、川下企業要求及び JIS規格を満足させた。	

③量産化技術の確立	
③－１ 各量産工程条件の確立	・ランニング処理安定性の確保が確認できた（一日生産量平均表面積 3000dm ² に対し、3 か月間連続使用において薬液劣化無し）。
③－２ ランニング処理安定性の確立	
③－３ 排水処理安定性の確立	・排水規制基準値内の維持が確保できた。
③－４ 量産試作製品の評価	・量産試作製品において、川下企業要求及び JIS 規格を満足させた。

1－4 当該研究機関の連絡窓口

事業管理機関：公益財団法人鳥取県産業振興機構 代 表 者：代表理事理事長 中山 孝一 住 所：〒689-1112鳥取県鳥取市若葉台南7丁目5番1号
連絡担当者名：小坪（新事業創出部） 電話：0857-52-6704 Fax：0857-52-6673
法認定企業：株式会社アサヒメッキ 代 表 者：代表取締役 木下 貴啓 住 所：〒689-1121 鳥取県鳥取市南栄町1番地
連絡担当者名：川見 和嘉（プロジェクトリーダー） 電話：0857-53-4561 Fax：0857-37-4115

第2章 本論

2-1 アルミ鋳物の陽極酸化処理における活性化工程での毒物薬品を使用しない新国内標準手法の実現

量産安定製造性を想定し、毒物を使用しない化学的手法と物理的手法を組み合わせた新活性化工程の確立のため以下の項目に取り組んだ。

2-1-1 新活性化工程使用薬品の設計

(1) 使用実施サンプル材料の選定

本実験にて使用するサンプル材料は、アルミ陽極酸化処理品として、比較的汎用性があり、それぞれ Si 含有量が異なる材料に着目し、3種類の鋳造材料を選定した。それぞれの特徴、用途などについて、以下表にまとめた。

合金番号	成分		特徴
	主な成分	Si 含有量 (%)	
A C4C	Al、Si、Mg	6.5~7.5	鋳造性が良好。耐食性に優れ、耐圧性も良好。油圧部品、ミッションケース、自動車用車輪等に利用。
A C4B	Al、Si、Cu	7.0~10.0	鋳造性に優れ、引張強さも高い材料。電装部品、シリンダヘッド等に利用。
A D C12	Al、Si、Cu	9.6~12.0	強度、鋳造性、切削性に優れる。自動車用部品に利用。

(2) 新活性化液を用いた S i 除去効果の解析

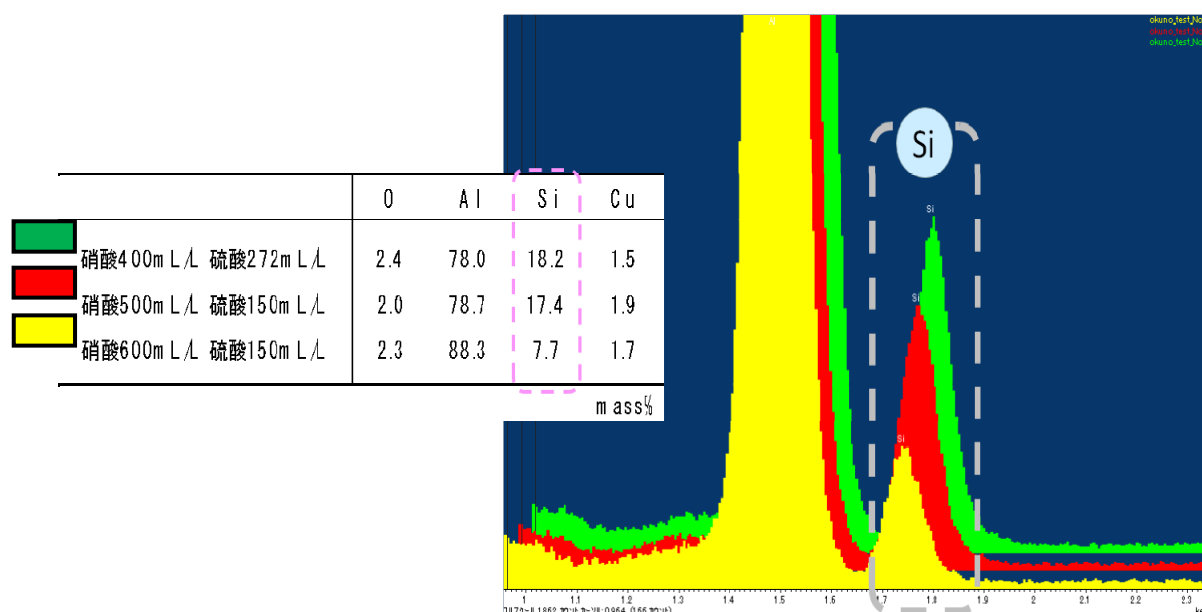
S i 除去効果に適した新活性化工程で使用する化学薬品の種類の検討を行った。その中で最も効果の高い組み合わせとして考えられる硫酸、硝酸、リン酸及び酸性フッ化アンモニウムを使用し、配合率を決定、以下の工程流れで進め、S i 除去効果の結果を次表及び次図に見出した。使用材料は ADC12 材等を用いた。

脱脂 ⇒ エッチング ⇒ 活性化 ⇒ 外観解析 工程の流れ			
No.	活性化	超音波水洗	結果
1	なし	超音波なし、水洗	×
2	ADD-320 ¹⁾	↑	◎
3	62%硝酸：500ml/l 98%硫酸：150ml/l ADD-350 ²⁾ ：20g/l	トップ°アルクリン AD ³⁾ ：50ml/l 化°ター AL-200 ⁴⁾ ：20ml/l	△～○
4	62%硝酸：600ml/l 98%硫酸：150ml/l ADD-350：20g/l	↑	○～◎

1) H F 4%含有 2) 酸性フッ化アンモニウム 60%含有 3) 腐食抑制剤 4) 界面活性剤

上記のとおり、Si 系スマット残さの少ない最適な組成は、62%硝酸、98%硫酸及び酸性フッ化アンモニウムであることを見出した。次図では、EPMA での元素分析を行い、

新活性化液中の硝酸濃度を変化させた、アルミ表面の Si 含有量を把握した。



上記元素分析から、硝酸濃度が 600ml/l、硫酸濃度 150ml/l でアルミ表面の Si 含有量がかなり減少していることを把握した。従って、硝酸、硫酸及び ADD-350 の組成濃度は、硝酸 600ml/l 以上、硫酸 150ml/l、ADD-350 20g/l が最適な結果となった。

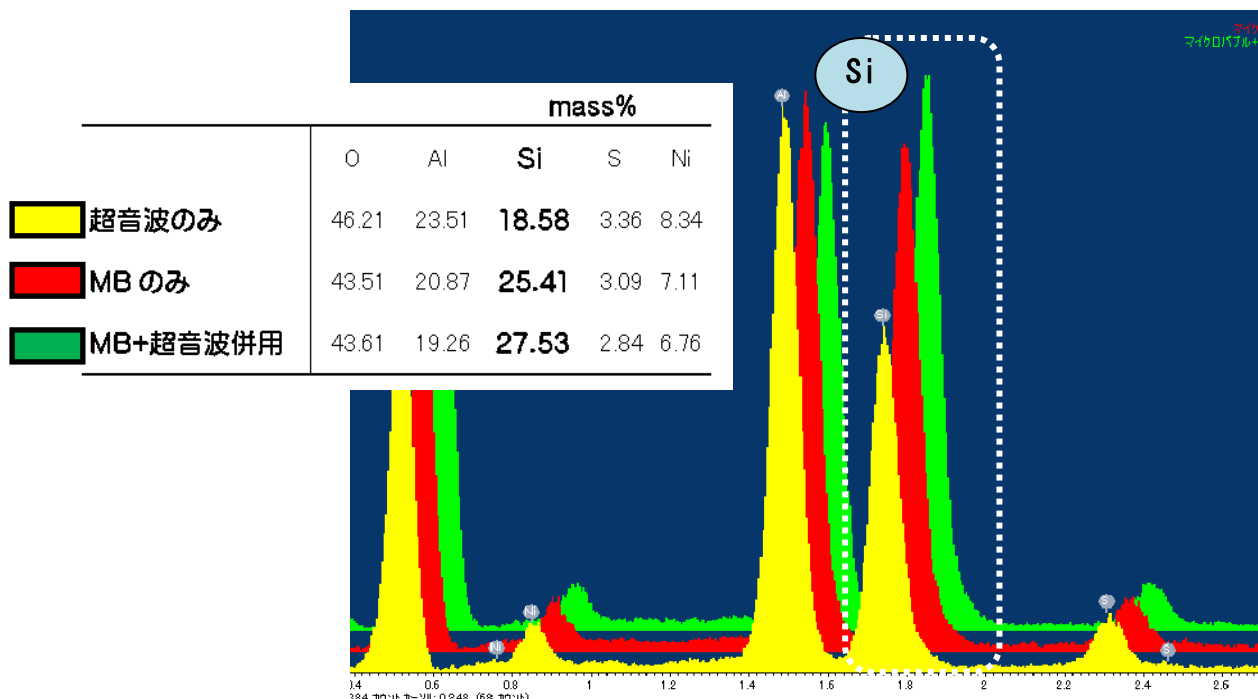
2-1-2 物理的な Si (スマット) 除去方法の確立

(1) 新活性化液と併用可能な物理的 Si 除去方法の効果結果①

新活性化工程と併用可能な Si 除去効果を向上させる物理的手法を検討した。その中で効果が高い見通しを得ている超音波洗浄と除去効果の期待できるマイクロバブル洗浄を併用して、その除去効果を増大するプロセスの検討を行った。以下、ADC12 材を用い、洗浄効果が比較しやすい代表的な工程の流れで処理を進め、スマット洗浄工程での Si 除去効果の結果を次表及び次図に見出した。

脱脂 ⇒ エッチング ⇒ 活性化 ⇒ スマット 洗浄 ⇒ 外観解析 工程の流れ マイクロバブル、超音波有・無			
No.	活性化	スマット洗浄水洗物理的手法 トップアルクリン AD : 50ml/l 添加 化ター AL-200 : 20ml/l 添加	結果
1	62%硝酸 : 500ml/l ADD-350 : 20g/l	超音波	○
2	↑	マイクロバブル	×
3	↑	超音波+マイクロバブル	×

上表から、活性化工程処理後のスマット洗浄において、超音波による物理的手法が Si スマット除去に最適であるとその外観から確認ができた。次図では、EPMA での元素分析を行い、物理的な Si 除去方法の違いによる、アルミ表面の Si 含有量を把握した。



上記元素分析結果から、超音波洗浄方法でアルミ表面の Si 含有量が減少していることを把握した。従って、超音波による物理的手法が Si スマット除去に最適である事を元素分析からも確認ができた。

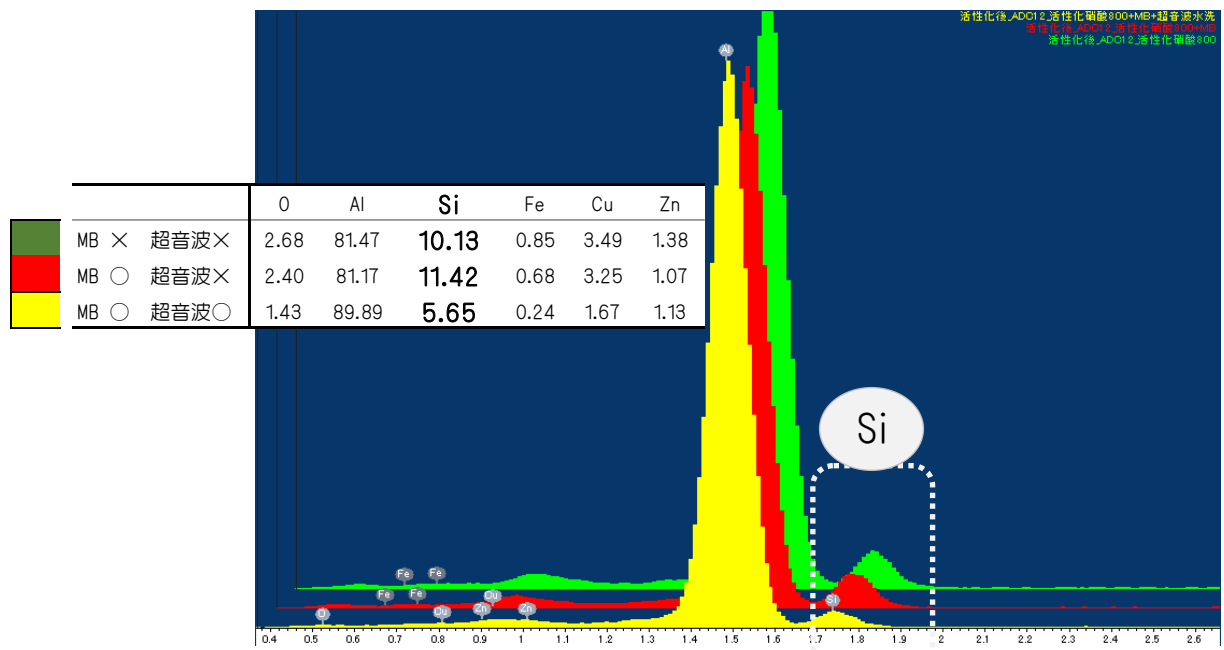
(2) 新活性化液と併用可能な物理的 Si 除去方法の効果解析②

新活性化工程内で併用可能な Si 除去効果を向上させる物理的手法を検討した。除去効果の期待できるマイクロバブル洗浄を併用して、その除去効果を増大するプロセスの検討を行った。以下、ADC12 材を用い、以下の工程の流れで処理を進め、新活性化工程内での Si 除去効果の結果を次表及び次図に見出した。

脱脂 ⇒ エッチング ⇒ 活性化 ⇒ スマット洗浄 ⇒ 外観解析 工程の流れ マイクロバブル有・無 超音波有・無				
No.	活性化組成	活性化 マイクロバブル	スマット洗浄水洗 (超音波) トップアルクリン AD : 50ml/l イビター AL-200 : 20ml/l	結果 (ADC12)
1	硝酸 : 800ml/l ADD-350 : 20g/l	—	—	△～○
2	↑	○	—	○
3	↑	○	○	◎

上表から、新活性化液の硝酸濃度 800ml/l の場合、活性化工程処理後の外観確認において、活性化工程内にマイクロバブルを用いることで Si スマット除去効果が向上することが確認できた。また、その後のスマット洗浄水洗にて超音波を用いることでさらに除去効果が上がり、外観が向上することが確認できた。次図では、EPMA での元素分析を行い、物理的な Si 除去方法の違いによる、アルミ表面の Si 含有量を把握

した。



元素分析結果から、新活性化液の硝酸濃度 800ml/l の場合、活性化工程内でマイクロバブルを用いることでアルミ表面の Si 含有量が減少することを把握した。従って、活性化工程内での物理的手法として、マイクロバブルを併用することが Si スマット除去に効果的である事を元素分析からも確認ができた。

最終的に、化学的、物理的手法を併用することで活性化工程内でのフッ化水素酸使用を目標値 80%に対し、100%削減することに成功した。

2-2 アルミ鋳物を含めた全てのアルミ素材へ適応できる新たな表面処理手法の実現

アルミ鋳物において、フッ化水素酸を用いない新活性化工程及びその他物理的な手法を用いた新たな工程に転換することで複雑な工程の簡素化確立を行うため、以下の項目について取り組んだ。また、アルミ展伸材において、フッ化水素酸を用いない新活性化工程を共用化させるため、以下の項目について取り組んだ。さらに、新工程確立での陽極酸化処理品各種評価の以下項目について取り組んだ。

2-2-1 アルミ鋳物の工程設計と確立

各処理工程にて、標準条件で工程設計できることを確認した。また、従来アルミ鋳物陽極酸化工程に比べ、10%以上の工程数削減に成功した。さらにアルミ展伸材・鋳物工程の共用化が可能であることを確認した。試作を行った製品は、各評価項目を満足した。今年度は、各条件範囲の拡大を目指し、以下の検討を行った。2-1で行った成果を基に、各処理工程の条件（各工程温度、pH、薬液濃度、その他付帯条件）の設計を行った。次表に従来工程と比較したその設計結果をまとめる。

前処理従来工程 7 工程						
脱脂	エッチング	活性化	活性化・スマット洗浄	腐食抑制	バレル研磨	脱脂
前処理新工程 4 工程						

脱脂	エッチング	活性化	スマット洗浄
トップアルクリン 161 20～40g/l 60±5℃ 5 分	アルサテン B 10～15g/l NaOH 50～70g/l 45±5℃ 50 秒	6 2 %硝酸 600ml/l 9 8 %硫酸 150ml/l ADD-350 20g/l 常温 3 分 マイクロバブル + 散気 100L/min	イビターAL-200 20ml/l トップアルクリン AD 10～50ml/l 常温～60℃ 5 分 超音波

(注) 赤字は、省略工程、青字は追加工程。

陽極酸化処理及び後処理従来工程 5 工程				
陽極酸化	表面調整	染色	封孔	粉吹き除去
陽極酸化処理及び後処理新工程 5 工程				
陽極酸化	表面調整	染色	封孔	粉吹き除去
98%硫酸 170～180g/l 溶存 Al 8g/l 19±1℃ 0→16V 3 分 16V 47 分	TAC ソー マ ル 121 50～60g/l 50±5℃ pH : 2.0～2.5 3 分	TAC BLACK415 8～10g/l 55±5℃ pH : 5.0～6.0 15～50 分	H-298 30～50g/l 90±5℃ pH : 5.3～5.8 5 分	トップ シール クリー ン 50～150ml/l 30～50℃ 1 分

上記のとおり、試作製品において各処理工程は、ほぼこの条件で設計可能であることを確認した。また、従来アルミ鋳物陽極酸化処理工程 1 2 工程（前処理 7 工程、陽極酸化処理及び後処理 5 工程）から新工程 9 工程（前処理 4 工程、陽極酸化処理及び後処理 5 工程）に削減可能となり、20%以上の工程数削減に成功した。量産性を考慮し、各工程温度、濃度、時間等の許容範囲を 5～20%に拡大できる事を確認した。

2-2-3 試作製品の評価

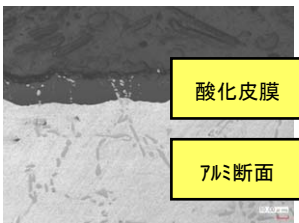
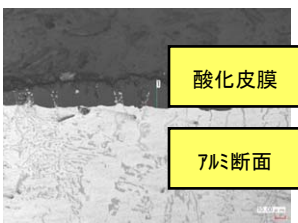
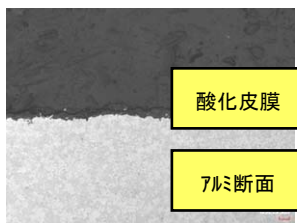
これまで行った条件での新工程確立にて、陽極酸化処理品の各種評価（外観色調、陽極酸化皮膜厚、皮膜性状、着色性及び染色性、耐食性、耐摩耗性、硬度）を以下、評価方法・基準にて行った。

評価項目	評価方法・基準
外観色調	川下企業にて実施し、外観限度見本を満足させる
外観色調（着色仕上げ）	川下企業にて実施し、外観限度見本を満足させる
皮膜厚	渦電流式膜厚計、光学顕微鏡を使用して、平均皮膜厚さ

	6 μ m 以上を満足させる
皮膜表面及び断面	均一で正常な陽極酸化皮膜を形成している事
耐食性	キヤス試験にてレイティング RN は 9 以上を満足させる
耐摩耗性	砂落とし摩耗試験にて素地露出までの摩耗時間 150 秒以上を満足させる
皮膜硬度	マイクロビッカース硬さ試験にて、※1 種材質において、HV400 以上、※2 種 (a) 材質において、HV250 以上、※2 種 (b) 材質において、HV300 以上、※3 種 (a) 材質において HV250 以上、※3 種 (b) 材質においては顧客による要求規格を満足させる

- ※注) 1 種 . . . 2 種 (a) (b) を除く展伸材
2 種 (a) . . . 2000 系展伸材
2 種 (b) . . . Mg を 2% 以上含む 5000 系及び 7000 系展伸材
3 種 (a) . . . 鋳造材のうち、Cu2% 未満または Si8% 未満の合金
3 種 (b) . . . 3 種 (a) を除く他の鋳造材

上表のとおりの評価項目、評価方法・基準にて、以下結果をまとめた。

評価項目	評価結果		
外観色調	A C 4 C 材	A C 4 B 材	A D C 1 2 材
	外観限度見本を満足させた	外観限度見本を満足させた	外観限度見本を満足させた
外観色調 (着色仕上げ)	A C 4 C 材	A C 4 B 材	A D C 1 2 材
	外観限度見本を満足させた	外観限度見本を満足させた	外観限度見本を満足させた
皮膜厚 (皮膜厚 6 μ m 以上)	A C 4 C 材	A C 4 B 材	A D C 1 2 材
	1 0 ~ 1 5 μ m	1 1 ~ 1 6 μ m	8 ~ 1 0 μ m
皮膜表面及び断面	A C 4 C 材	A C 4 B 材	A D C 1 2 材
	 酸化皮膜 アルミ断面 50 倍 均一、正常な陽極酸化皮膜を形成	 酸化皮膜 アルミ断面 50 倍 均一、正常な陽極酸化皮膜を形成	 酸化皮膜 アルミ断面 50 倍 均一、正常な陽極酸化皮膜を形成

耐食性 (レイトン [®] RN9 以上)	A C 4 C 材	A C 4 B 材	A D C 1 2 材
	レイトン [®] RN9 以上	レイトン [®] RN9 以上	レイトン [®] RN9 以上
耐摩耗性 (摩耗時間 150 秒以上)	A C 4 C 材	A C 4 B 材	A D C 1 2 材
	1 5 0 秒以上	1 5 0 秒以上	1 5 0 秒以上
皮膜硬度	種類	硬さ基準	硬さ結果
	3 種 (a) : AC4C 材	H V 2 5 0 以上	H V 3 0 0

上表のとおり各評価項目に対し、川下企業要求及び J I S 規格を満足させた。

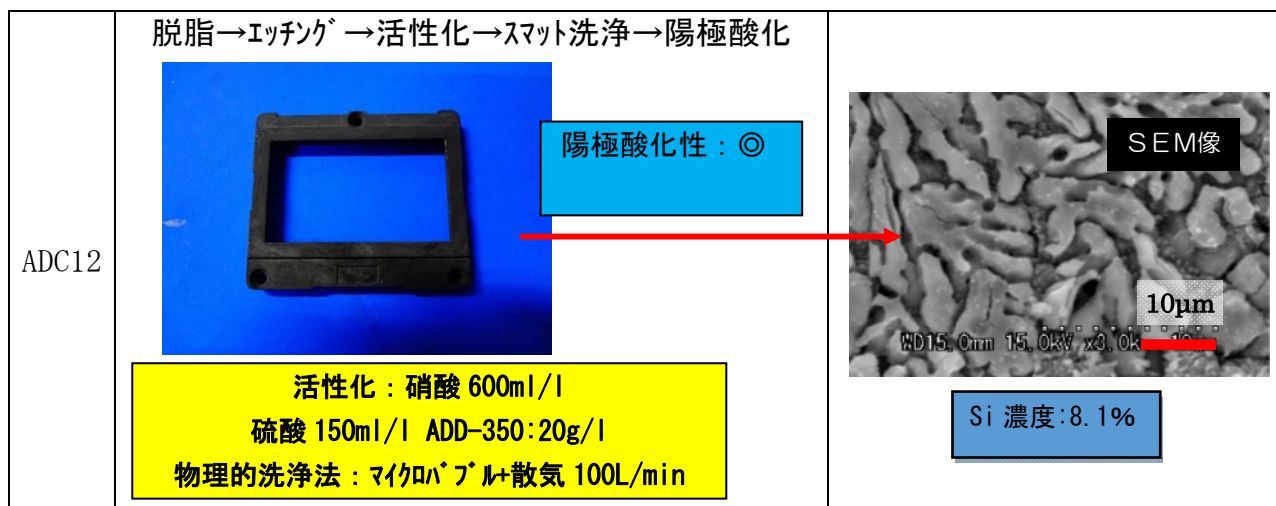
2-3 量産化技術の確立

量産化ラインを想定した設備を使用し、2-2の工程設計結果を基に各工程の量産化可能な条件範囲を検証、確定を行った。また、量産化条件確定後のランニング処理安定性及び不純物の影響の確認を行い、明確な工程条件を検証、確定した。また、量産化条件確定後のランニング処理安定性及び不純物の影響の確認を行う中で発生した廃液が排水処理に与える影響をモニタリングした。その中で排水規制値内を遵守できるよう、影響を及ぼさない方法を検証、確定を行った。さらに、量産試作製品各種評価の以下項目において取り組んだ。

2-3-1 各量産工程条件の確立

2-2で行った成果を基に、各処理工程の条件（各工程温度、pH、濃度、電圧、電流その他付帯条件）を検証、確定した。以下、初期流動時における量産試作製品の仕上がり状況を示す。

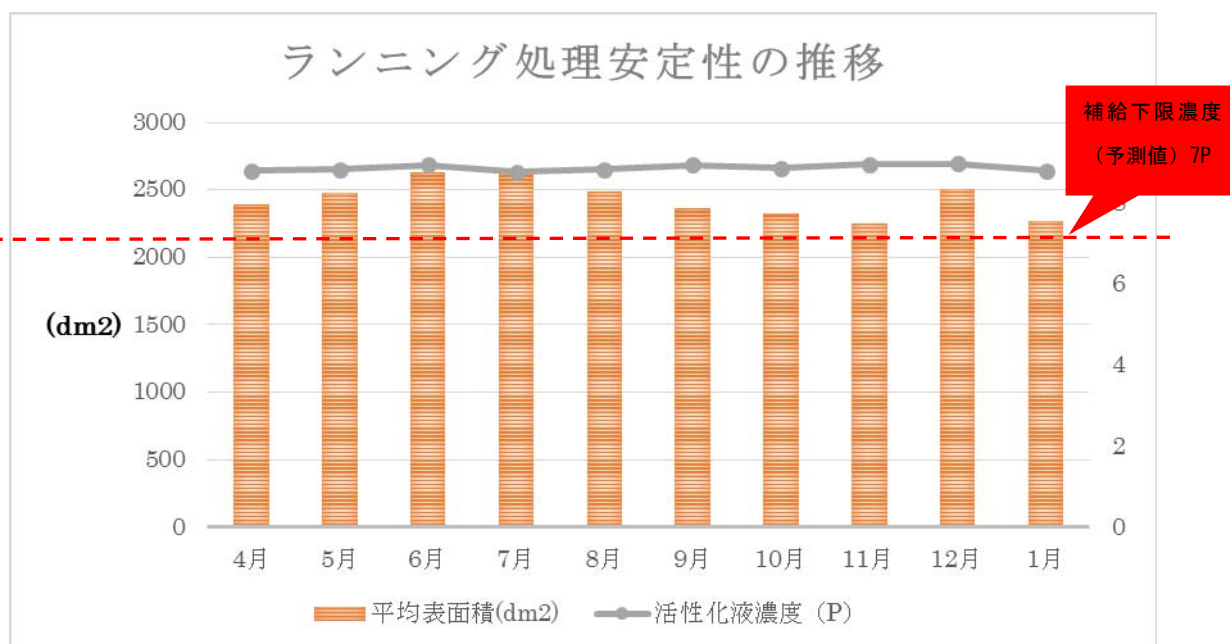
脱脂 ⇒ エッチング ⇒ 活性化 ⇒ スマット 洗浄 ⇒ 陽極酸化 ⇒ 外観解析 工程の流れ マイクロバブル + 散気 100L/min 超音波			
量産試作 合金番号	活性化	スマット洗浄	結果
ADC12	62%硝酸 : 600ml/l 98%硫酸 : 150ml/l ADD-350 : 20g/l	トップアルクリン AD : 50ml/l イビター AL-200 : 20ml/l	◎



上記のとおり、量産試作製品において各処理工程は、ほぼ試作条件と同様の条件で設計可能であることを確認した。また、量産試作製品を用いて、新しいアルミ鋳物陽極酸化処理工程との工程共用化が可能であることを確認した。また、量産性を考慮し、各工程温度、濃度、時間等の許容範囲を5～20%に拡大できる事を確認した。

2-3-2 ランニング処理安定性の確立

アルミ鋳物の量産製品及びアルミ展伸材量産製品を量産時数量を想定し流動させ、ランニング処理安定性に問題がないか検証するため、以下のように取り組んだ。



(単位：千円)

試算項目	従来技術	新技術
設備投資費	51,000	31,000
初期原材料費	1,500	450
原材料補給費	1,800	1,800
排水処理費	8,200	8,000

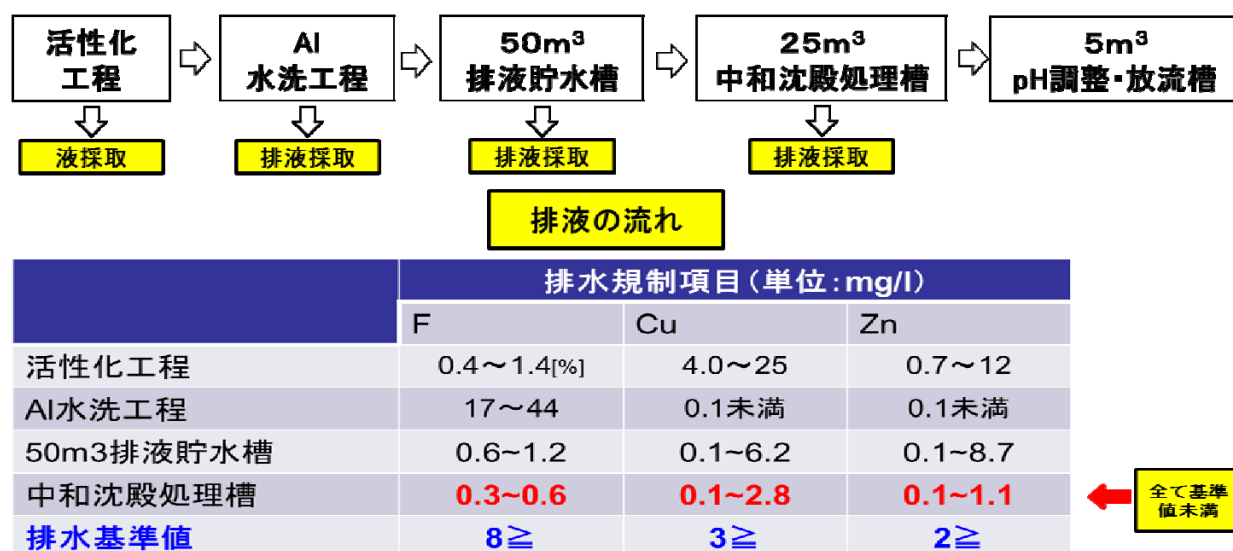
光熱費	1,950	1,950
総コスト	64,450	43,200

上記の中では、約 10 か月経過状況下でのランニング処理安定性確認を行った。グラフは、各アルミ平均処理面積に対し、活性化液濃度の変化などを示しており、その結果、活性化液補給下限濃度予測値 7 p に対し、8.8～9.3 p と大きな低下なく、安定的に推移した。この間、1 ヶ月あたりの平均補給量は、活性化槽浴量 1350L に対し、硝酸 225L、硫酸 56L、フッ化アンモニウム 8kg であった。これは、1 ヶ月間のランニングコストとして現行薬品（展伸材用活性化液）と比較すると、約 83%に相当し、生産コスト削減につながることを予測した。従って、13 ヶ月間経過での連続流動処理性は、安定していると判断した。また上記では、事業化に向けた本研究開発による新技術と従来技術のトータルコスト優位性を調査した。その結果、約 33%の総コスト削減によるメリットがあることが確認された。

アルミの陽極酸化処理を行う国内業者は、現在約 1000 社程度あるが、その内約 150 社がフッ酸を用いた従来技術処理を行っている。従って、それら業者に対し、環境配慮、コスト面において標準となりうる技術であることを予測した。

2-3-3 排水処理安定性の確立

量産時数量をランニングする中で各工程排水処理液を採取、排水規制に準じた項目において測定を行った。排水処理工程への流れは、活性化工程、活性化後の Al 水洗工程、50t 排液貯水槽、25t 中和沈殿処理槽、5m³pH 調整・放流槽の順に進める。

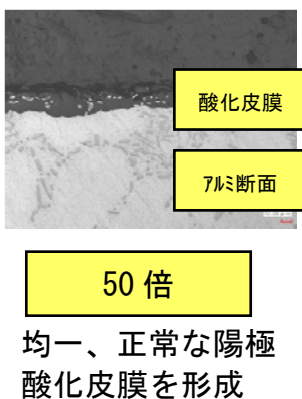
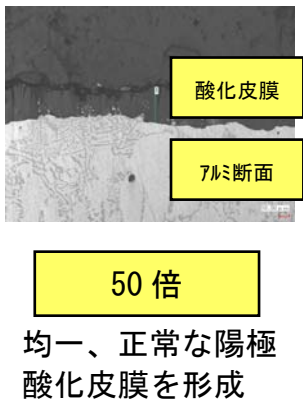
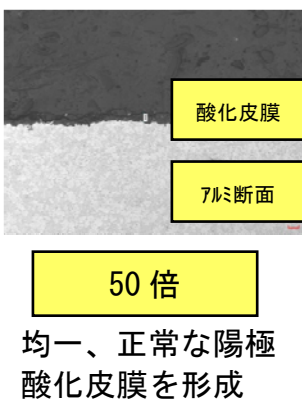


上表のとおり、各工程槽から日々採取した排水をモニタリングした結果、中和沈殿処理槽の排水規制項目は、13 ヶ月経過の連続流動において、いずれも排水規制基準値内を維持していることを確認した。従って、これまでの連続流動処理では、活性化工程使用液による排水処理性に影響はないと考えられる。

2-3-4 量産試作製品の評価

新工程確立にて、量産試作陽極酸化処理品（6 ヶ月経過後）の各種評価（外観色調、陽極酸化皮膜厚、皮膜性状、着色性及び染色性、耐食性、耐摩耗性、硬度）を試作製

品の評価方法と同様な方法にて行い、以下、結果をまとめた。

評価項目	評価結果		
外観色調	A C 4 C 材	A C 4 A 材	A D C 1 2 材
	外観限度見本を満足させた	外観限度見本を満足させた	外観限度見本を満足させた
外観色調 (着色仕上げ)	A C 4 C 材	A C 4 A 材	A D C 1 2 材
	外観限度見本を満足させた	外観限度見本を満足させた	外観限度見本を満足させた
皮膜厚 (皮膜厚 $6\mu\text{m}$ 以上)	A C 4 C 材	A C 4 A 材	A D C 1 2 材
	$10\sim15\mu\text{m}$	$11\sim14\mu\text{m}$	$8\sim10\mu\text{m}$
皮膜表面及び断面	A C 4 C 材	A C 4 A 材	A D C 1 2 材
			
耐食性 (レイトン [®] RN9 以上)	A C 4 C 材	A C 4 A 材	A D C 1 2 材
	レイトン [®] RN9 以上	レイトン [®] RN9 以上	レイトン [®] RN9 以上
耐摩耗性 (摩耗時間 150 秒以上)	A C 4 C 材	A C 4 A 材	A D C 1 2 材
	150 秒以上	150 秒以上	150 秒以上
皮膜硬度	種類	硬さ基準	硬さ結果
	3 種 (a) : AC4C 材	H V 2 5 0 以上	H V 3 0 0

上表のとおり各評価項目に対し、川下企業要求及び J I S 規格を満足させた。

2-4 まとめと今後展開

本研究によって、アルミ鋳物の陽極酸化処理においてフッ化水素酸使用をゼロとするプロセスを確立できた。また、アルミ鋳物陽極酸化工程を従来の 20%以上削減でき、アルミ鋳物を含めた全てのアルミ素材の工程共用化も可能となった。さらに、量産化を想定した連続試験において活性化工程での薬液劣化の状況や排水処理への影響についての調査し、安定した処理が可能であることを確認した。以上の成果（環境配慮、低コスト化、品質安定）を踏まえ、現状の対応材料以外の製品の幅の拡大とコスト競争力強化につなげ、さらなる事業拡大につなげていく予定である。