

平成24年度 戦略的基盤技術高度化支援事業

ポリウレタン塗布成形皮膜の
高機能化・高性能化に関する研究開発

研究開発成果等報告書

平成25年5月

委託者 近畿経済産業局

委託先 学校法人龍谷大学

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	2
1-2 研究体制	4
1-3 研究成果の概要	8
1-4 当該プロジェクト連絡窓口	10
第2章 本論	
2-1 新規複合塗布成形材料の研究開発	12
2-1-1 無機・有機複合技術の研究開発	12
2-1-2 ポリマーアロイ技術の研究開発	14
2-2 塗布成形技術の研究開発	17
2-2-1 塗布成形ガンの研究開発	17
2-2-2 塗布成形技術の研究開発	18
2-3 特性評価	19
2-3-1 基礎特性の評価	19
2-3-2 応用特性の評価	21
2-4 市場性の確認	22
2-4-1 粉体機器実機への塗布による実用化実証試験	22
2-4-2 法規制に対応した試験の結果	22
2-4-3 展示会等での市場性の確認	23

第3章 研究成果のまとめと今後の課題および事業展開	
3-1 研究開発成果のまとめ	25
3-1-1 サブテーマ1 「新規複合塗布成形材料の研究開発」	25
3-1-2 サブテーマ2 「塗布成形技術の研究開発」	26
3-1-3 サブテーマ3 「特性評価」	26
3-2 研究開発後の課題と今後の事業展開について	27
3-2-1 研究開発後の技術的課題.....	27
3-2-2 事業化へのステップ.....	28

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

ポリウレタン樹脂は、プラスチック材料の中でも耐摩耗性、耐油性、耐薬品性、断熱性、他素材との密着性、柔軟性、ゴム弾性、消音性、吸音性などに優れ、コストと性能のバランスが取れた材料であり、さらに塗料としては、常温硬化型で、常温での塗装が可能である大きな特徴を持っている。

これらの特徴を生かして建築物・公共建造物・木工・船舶の上構部、自動車の中塗りを始めとし、電気、機械、金属など多くの産業分野での表面コーティング処理に利用されている。

例えば自動組み立てラインでのパーツフィーダーの内面に塗布成形されたポリウレタン皮膜は、ワーク移送の効率化と傷・騒音の防止に、部材搬送部のポリウレタン皮膜は、ワークの滑りを良くし、傷の防止に役立っている。ロボットの指先へ塗布成形されたポリウレタン皮膜は、高摩擦係数により物を掴むときの滑り防止、ゴム弾性により掴んだ物の破損防止に効果が高い。また、pH4～10の範囲で使用される化学機器装置の内面への塗布成形による耐蝕性向上等々で役立っている（図1-1-1）。

<パーツフィーダーへのポリウレタン皮膜の施工例>



<粉体用パイプへのポリウレタン皮膜の施工例>



図1-1-1 ポリウレタン皮膜の施工例

最近では、このポリウレタンの特徴を利用して、様々な産業分野で利用される工業用機材・装置などの表面に厚さ数ミリの皮膜を塗布成形して利用することが進められており、特に粉粒体を扱う機器・装置に応用するニーズが高くなっている。

応用分野の多様化に伴い、川下製造業者の課題及びニーズは、低摩擦化と耐熱性に

おける新機能の付与と、耐摩耗性、耐蝕性などの特性向上、更に環境への配慮であり、これらの高い機能と特性を持った表面皮膜を高精細に効率よく創ることができるポリウレタン塗布成形技術の開発が望まれている。

本研究開発は、ポリウレタン樹脂の塗布成形技術に的を絞り、塗布成形のみによる皮膜で基材と異なる表面を創出し、様々な表面機能を発現する技術を開発するものである。

具体的には、ポリウレタン塗布成形皮膜の高性能化と、新たに摺動特性と耐熱性の新機能を付加し、塗布成形のみで高性能・高機能な表面を創る技術を開発し、特に粉粒体機器・装置を製造あるいは使用する川下製造業者の課題及びニーズに応えるものである。

ターゲットとしては、粉粒体機器・装置の製造あるいは使用する川下製造業者の製造プロセスの効率化、省エネルギー化、環境保全に役立つ技術の実用化を目指すもので、次のようなサブテーマを設定し、目標達成を図る。

【サブテーマ1】新規複合塗布成形材料の研究開発

本サブテーマにおいては、単一ポリマーで様々な機能を満足させることは困難であり、ポリウレタンと無機・有機材料の複合技術やポリマーとポリマーのポリマーブレンドあるいはポリマーアロイ技術により、新規複合ポリウレタン塗布成形材料を開発し、目標を達成する。具体的には、以下の項目に細分化し研究開発を進める。

- ①-1 無機・有機複合技術の研究開発
- ①-2 ポリマーアロイ技術の研究開発

【サブテーマ2】塗布成形技術の研究開発

本サブテーマにおいては、新規複合塗布成形材料に最適で、施工現場の環境にも配慮し、しかも様々な形状の機器・装置への塗布成形に適用できる塗布成形ガンと塗布成形技術を開発し、目標を達成する。具体的には、以下の項目に細分化し研究開発を進める。

- ②-1 塗布成形ガンの研究開発
- ②-2 塗布成形技術の研究開発

【サブテーマ3】特性評価

良く品質管理された製品を川下製造業者に提供することが重要で、原料や塗布成形皮膜の基礎物性や応用特性を評価し、研究の上工程へのフィードバックを行い、研究の進展を図る。また、製造工程中での品質管理手法も検討する。

- ③-1 基礎特性の評価
- ③-2 応用特性の評価

また、技術的目標値等については、粉粒体機器・装置を製造および使用する川下製造業者のニーズに沿って、技術的目標値を表 1-1-1 に示す。

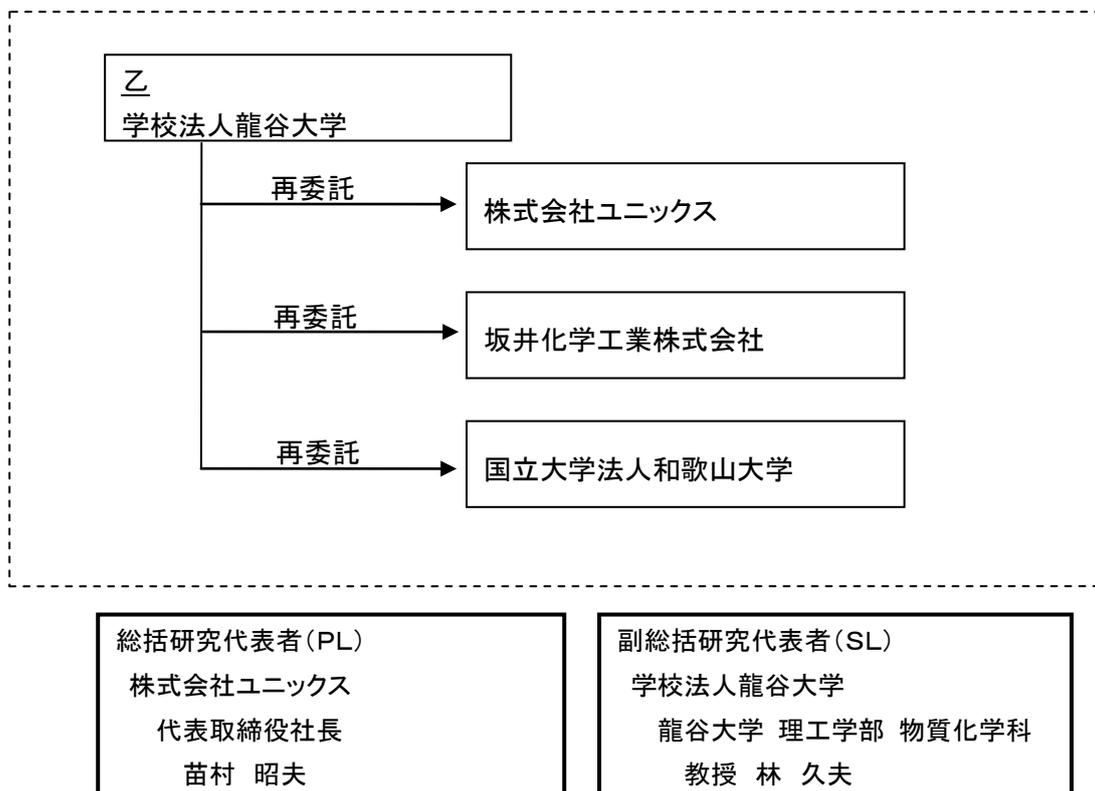
表 1-1-1 技術的目標値

項目	既存ポリウレタンでの現状	目標値	備考
①摺動特性(摩擦係数)	0.75~1.15	0.07~0.08	JIS K7218 等に準拠
②耐磨耗性(摩耗量)	30~50mg/N/km	10~25mg/N/km	JIS K7204 等に準拠
③耐熱性(耐熱温度)	75℃程度	180℃	JIS K7206 等に準拠
④密着力	3~4kg/cm 程度	5kg/cm 以上	180 度ピーリング試験

(評価試験は、JIS に準拠して評価する)

1-2 研究体制 (研究組織・管理体制・研究員等氏名・アドバイザー)

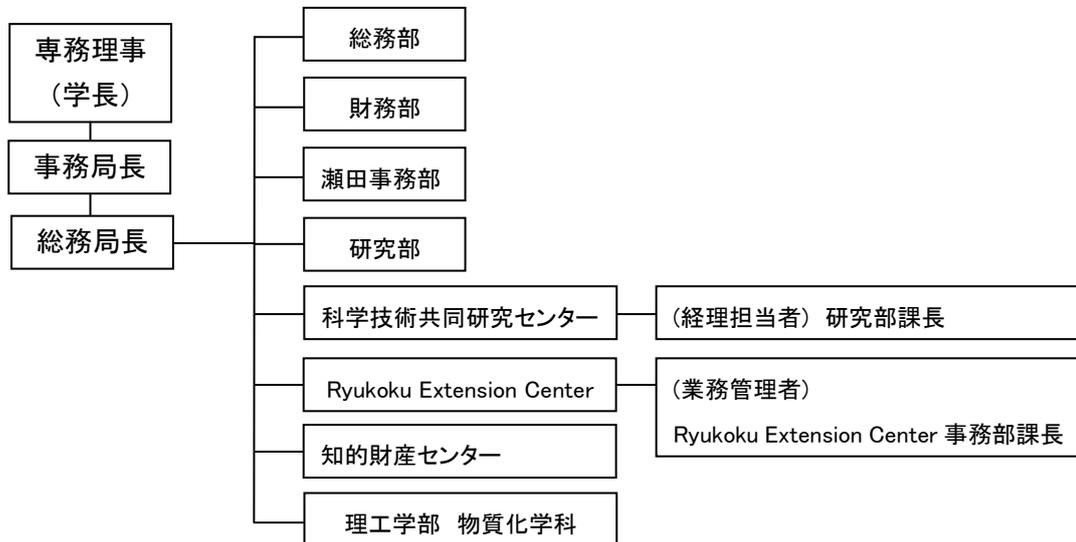
1-2-1 研究体制



1-2-2 管理体制

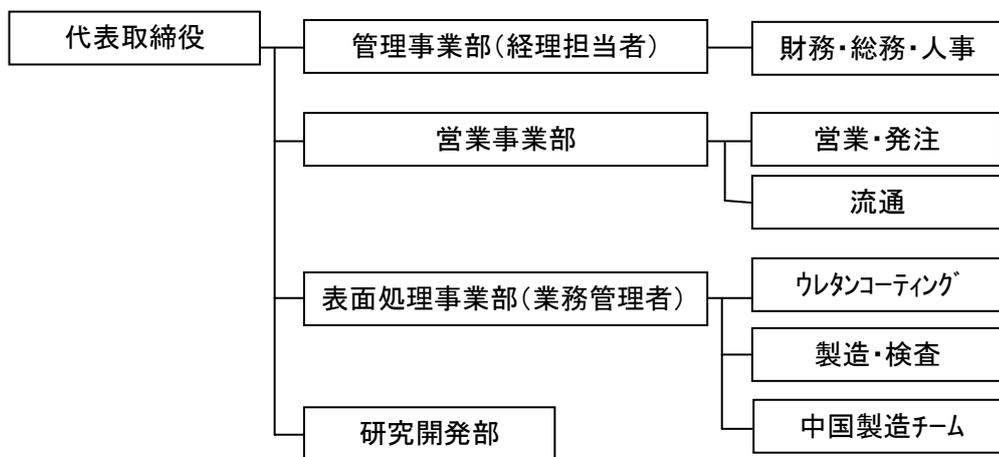
1) 事業管理機関

[学校法人龍谷大学]

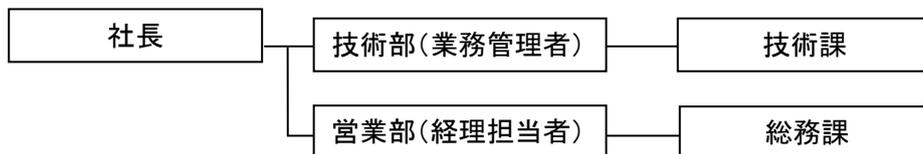


2) 再委託先

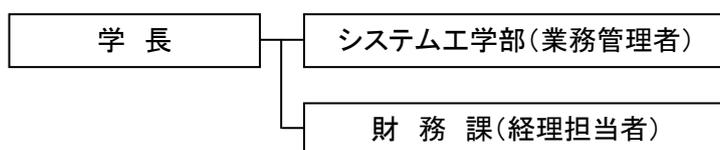
① [株式会社ユニックス]



② [坂井化学工業株式会社]



③ [国立大学法人和歌山大学]



3) 所在地

①事業管理機関（及び研究実施場所）

学校法人龍谷大学（最寄り駅：JR 琵琶湖線瀬田駅）

〒520-2194 滋賀県大津市瀬田大江町横谷 1 番 5

②研究実施場所（再委託先）

株式会社ユニックス（最寄り駅：JR 片町線住道駅）

〒578-0901 大阪府東大阪市加納 4 丁目 14 番 31 号

坂井化学工業株式会社 明石工場（最寄り駅：JR 神戸線西明石駅）

〒651-2128 兵庫県神戸市西区玉津町今津 145 番地

国立大学法人和歌山大学（最寄り駅：南海電鉄南海線和歌山市駅）

〒640-8510 和歌山県和歌山市栄谷 930 番地

1-2-3 研究員等氏名

1) 【事業管理機関】

学校法人龍谷大学

①管理員

氏名	所属・役職
林 久夫	理工学部 物質化学科 教授
鶴野 善久	Ryukoku Extension Center 事務部 次長
藤原 道夫	Ryukoku Extension Center 事務部 課長
志水 章人	研究部 課長
安東 大介	Ryukoku Extension Center 事務部 課員
真部 永地	Ryukoku Extension Center 産学連携コーディネーター
土田 浩平	研究部 課員

②研究員

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
林 久夫	理工学部 物質化学科 教授	①-1、③
石井 大輔	理工学部 物質化学科 助教	①-1、③

2) 【再委託先】

株式会社ユニックス

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
苗村 昭夫	代表取締役	①-1、②、③
池田 和久	表面処理事業部 課長	①-1、②、③
瀧本 圭人	表面処理事業部 課長代理	①-1、②、③
町田 泰久	表面処理事業部 リーダー	①-1、②、③
三宅 勇気	表面処理事業部	①-1、②、③
芝本 忠司	営業事業部 部長	①-1、②、③

坂井化学工業株式会社

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
浦谷 剛	技術部 技術課 グループ長	①、②-2
花房 賢一	技術部 技術課	①、②-2
岸田 英樹	技術部 技術課	①、②-2
長澤 和哉	技術部 技術課	①、②-2
小野 政弘	技術部 技術課	①、②-2

国立大学法人和歌山大学

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
坂本 英文	システム工学部 精密物質学科 教授	①、③

1-2-4 アドバイザー

氏名	所属等	役割
藤本 信司	株式会社 栗本鉄工所 機械事業部 粉体システム技術部 粉砕グループ グループ長	粉粒体機器の応用に関するアドバイス
伊藤 義博	日本ニューマチック株式会社 化工機部 次長	各種粉粒体の粉砕ミル、分級器を中心とした表面処理の現状問題点及びニーズについてのアドバイス
三原 孝夫	一般社団法人ネオマテリアル創成研究会 専務理事	事業化に向けてのアドバイス
鈴木 義彦	国立大学法人和歌山大学 産官学連携フェロー	技術開発全般及び事業化に向けてのアドバイス

1-3 研究成果の概要

本研究開発の結果、表 1-3-1 に示す通り、提案時に示した技術的目標値をすべてクリアする成果が得られた。

表 1-3-1 技術的目標値に対する達成状況

項目	既存ポリウレタンでの現状	目標値	研究成果
①摺動特性(摩擦係数)	0.75~1.15	0.07~0.08	0.076
②耐摩耗性(摩耗量)	30~50mg/N/km	10~25mg/N/km	最少 20mg/N/km
③耐熱性(耐熱温度)	75°C程度	180°C	最大 245°C
④密着力	3~4kg/cm 程度	5kg/cm 以上	最大 7kg/cm

ここで新規に開発されたポリウレタン組成物(品種 US3000 系)に有機系添加剤を添加した複合ウレタン試料は、技術目標の摺動特性と耐熱性をクリアするとともに、ポリウレタン組成物の摩耗性評価の結果から耐摩耗性の技術目標も含め、困難であった三つの技術目標を同時に達成できた。

ここで開発され耐摩耗性に優れたポリウレタン組成物は既に「高耐摩耗性ポリウレタン US3000」として、実用化に向けた実機での実証実験を行っている。

多くの産業分野の機器・装置への応用展開を図るには、様々なニーズに対応することが重要で、耐摩耗性に優れたポリウレタン US3000 の1品種のみで対応することは困

難であることから、耐熱性に優れた品種として「耐熱性ポリウレタン US3500」を設定し、商品化を目指した活動を行っている。

これらの成果は、既に国内外（東京・上海など）の展示会や日本台湾のビジネス商談会にも出展するなどして普及活動に努めている。

更に、川下企業であるN社の協力により、同社の金属不純物を極度に嫌う粉粒体処理装置ラインの内面に、耐摩耗性と耐熱性にも優れた US3000 系のポリウレタンを新規に開発した塗布成型技術（プライマー処理も含む）で塗布し、生産実機での実用化実験を平成23年度から進めてきた。その結果、膨れ・剥離などのトラブルもなく、おおよそ1年以上にわたり順調に稼働していることが確認され、実用化を目指し継続した実験を進めている。

本研究開発は三つのサブテーマをそれぞれに専門家が分担し、有機的な連携を計りながら進めてきた結果であり、表 1-3-2 にサブテーマ毎に成果の概要を示した。

表 1-3-2 サブテーマ毎の研究成果の概要

サブテーマ		研究成果の概要
①新規複合塗布成形材料の研究開発	①-1 無機・有機複合技術の研究開発	耐摩耗性と耐熱性の目標値をクリアーした開発ポリウレタン US3000 に、有機系添加剤を添加した複合材料で摩擦係数が 0.076 を示し、目標値をクリアーできた。 有望な添加剤として無機系・有機系でそれぞれ数種が選定された。また、添加剤の表面修飾による化学結合型を目指した無機・有機複合技術の研究も行った。
	①-2 ポリマーアロイ技術の研究開発	主剤並びに硬化剤の組成を分子オーダーでポリマーアロイ化する研究開発を行い、摩耗量において 20mg/N/km、耐熱温度において最高 245℃で、目標値をクリアーできた。また、新規に開発した組成物を架橋剤として添加した試料は、高温域で熔融しない現象を見つけた。この効果を追求することで、更なる耐熱性の向上が期待される。
②塗布成形技術の研究開発	②-1 塗布成形ガンの研究開発	2 分割式で多段式衝突混合室方式の混合器を開発し、特許 2 件を出願、スプレーガンと一体化した新型塗布成形ガンを開発した。この新型塗布成形ガンに主剤と硬化剤を規定配合比で同じ圧力で脈動なしに供給できる精密配合装置を開発し、均一で滑らかな継ぎ目のない塗膜が形成できることが確認された。無駄な原料の削減に大きな効果が期待される。
	②-2 塗布成形技術の研究開発	基材と密着性の良い塗布被膜を造ることが重要で、基材のサンドブラスト処理、ウレタン原料の脱泡処理、接着剤(PC-U2)によるプライマー処理、ウレタン原料に新規組成物の少量添加など密着性向上策につき研究し、目標値(5kg/cm以上)以上の7kg/cmの密着強度が確認された。

③特性評価	③-1 基礎特性の評価	<p>ポリウレタン塗膜の耐熱性評価法を研究した結果、動的粘弾性測定法が適していると判断され、開発したポリウレタン塗膜の耐熱性評価を行った。目標値を大幅に上回る最高 245℃まで耐熱性の向上が達成された。</p> <p>また、塗膜の硬化時間を定量的に評価する方法を開発し、従来品に比較して開発品の US3000 は 3~4 倍と硬化時間が短く、塗布成形時の垂れ防止に効果的であることが確認された。</p>
	③-2 応用特性の評価	<p>実用化時に重要な、硬化時の収縮率、耐熱水・耐熱油試験、塩水試験、屋外暴露試験、実機による実証実験などの研究開発を行い、所期の目的を達成した。</p> <p>補修やリサイクルのため塗膜を積層する場合、層間剥離強度が課題で、特殊プライマー(PC-U2)を塗布することで 7kg/cm の層間密着強度が得られた。</p>

1-4 当該プロジェクト連絡窓口

【学校法人龍谷大学】

龍谷大学 Ryukoku Extension Center 事務部

水野 哲八

TEL : 077-544-7279

FAX : 077-543-7771

e-mail : rec@ad.ryukoku.ac.jp

第2章 本論

2-1 新規複合塗布成形材料の研究開発

サブテーマ1として「新規複合塗布成形材料の研究開発」を掲げた。本サブテーマにおいては、単一ポリマーで様々な機能を満足させることは困難であることから、ポリウレタンと無機・有機材料の複合技術やポリマーブレンドあるいはポリマーアロイ技術により、新規複合ポリウレタン塗布成形材料の開発による目標の達成を目指した。

具体的には、「無機・有機複合技術の研究開発」と「ポリマーアロイ技術の研究開発」の項目に細分化し研究開発を進めた。

2-1-1 無機・有機複合技術の研究開発

ポリウレタン材料に無機あるいは有機材料を複合化する技術を開発し、摺動特性と耐摩耗性の目標値を達成することを目指した。

(1) 実験に供した基材並びに添加剤

ベースとなるポリウレタン基材は、耐摩耗性と耐熱性が技術目標値を凌駕している新規開発の US3000 系を用いた。この主剤は開発に成功した KX-A2036 で二成分系のウレタンプレポリマー（ポリマーアロイ）であり、硬化剤は新規に開発した KX-A2028 である。複合材はこれまでの研究で絞り込まれた、無機系 3 種、有機系 2 種を選定した。

(2) 複合化試料の作製手順

作製手順は、溶剤に複合材を超音波分散器で分散させたのち、主剤、硬化剤を配合比で加え、10 分間棒で手混合した。真空脱泡を行った後、フッ素樹脂製の型（80×5mm、および 10×50×2mm）に流し込むとともにガラス板表面にも薄く垂れ流したのち室温で放置養生した。脱型とガラス板から剥離した試料は 40℃の乾燥機で 6 時間乾燥し、摩擦係数、硬さ、粘弾性の測定試験に供した。

(3) 摩擦係数の測定法

摺動相手材として主にアクリル板を用い、複合化試料に重錘を載せ、バネ秤で水平に引張り滑っているときの引張り荷重を測定し、動摩擦係数を算出した。

JISに制定されたプラスチック・フィルムおよびシートの摩擦係数試験法

(JIS K7125) の概念図を図2-1-1-1 に示した。ここでは荷重は200gに固定されているが、本研究では荷重を94 g～522 g の範囲で変えて荷重依存性も検討した。

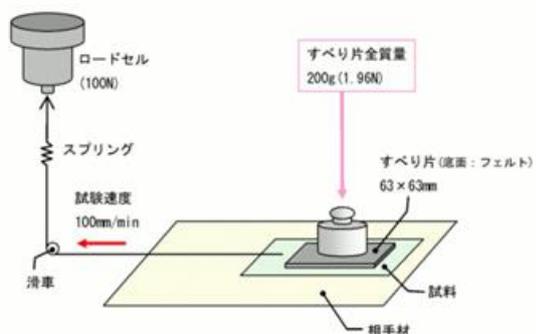


図 2-1-1-1 摩擦係数測定法の概念図

(4) 摩擦係数の結果

荷重を変えそれぞれ摩擦力を測定し荷重と摩擦力の直線の勾配から摩擦係数を算出した。その結果、有機系添加剤を添加した複合試料において荷重 300 g 以下で摩擦係数が 0.076 を示した。JIS では、「滑り片の全質量は、200g±2g でなければならない」と規定されており、この規定に従えば、実験結果は本研究の目標値を達成しているといえる。

(5) 実験結果の考察

摩擦に関する一般的な法則として、①摩擦力は見かけ上の接触面積に依存しない、②摩擦力は垂直抗力に比例する、③動摩擦力は静摩擦力より小さく、速度に依存しないことなどが知られており、実験結果もこの法則に沿った結果である。

しかし摩擦力は垂直抗力に比例するが、単純な比例関係でなく、プラスチックにおいては垂直抗力に依存した摩擦係数を示すことが分かった。

一般に、粘弾性を持つ高分子材料の摩擦力は、①異なる物体同士の接触で、分子間力に由来する凝着力と、②粘弾性を持つ高分子の場合 垂直荷重で変形する変形力との合力で、高分子の摩擦力 = 凝集力 (表面エネルギー) + 変形力 (粘弾性特性) の式で示されることが良く知られており、高分子材料に特有な結果であるといえる。

一方、粘弾性特性において、大きな差が見られなかったことは、添加剤の分散性とウレタン母材との親和性 (相溶性) に起因するものと考えられ、ナノ分散性の向上と添加剤の表面改質による親和性 (相溶性) の向上が課題である。

(6) まとめ

無機・有機複合技術により摺動特性と耐摩耗性並びに耐熱性の優れたポリウレタン材料を開発し、技術目標値達成を目指す研究を行ってきた。その結果、本プロジェクトで開発したウレタン基材 (品番: US3000系) に有機系添加剤を配合した複合材において、摩擦係数の目標値0.07~0.08 に相当する0.076 を達成している。また粘弾性特性から見た耐熱温度は、目標値を超える245~250°Cを示している。

これらの結果から、新規に開発したウレタン組成物 (品番US3000系) を基材にした複合化ウレタン試料は、技術目標の耐熱性・摺動特性をクリアするとともに、被膜の摩耗性評価の結果から、耐摩耗性の技術目標も含め、困難であった三つの技術目標を同時に達成できたことが明らかになった。

(7) 今後の課題

一連の複合化実験で成績の良い結果を得た添加剤のナノ分散化とポリウレタンとの親和性 (相溶性) を高める表面改質法の検討により、無機・有機複合ウレタン材料の更なる特性向上に寄与することが期待され、今後の大きな技術課題である。

2-1-2 ポリマーアロイ技術の研究開発

複数の異なるポリマーが分子次元で分子分散している分子状複合材（ポリマーアロイ）を開発し、耐摩耗性並びに耐熱性の目標値達成を目指した。二成分系のポリマーの組み合わせと配合によるポリマーアロイ技術に引き続き三成分系ポリマーアロイ技術を開発し、初期の目標を達成できた。

2-1-2-1 プレポリマーの作成と評価

本プロジェクトに於いては、ポリウレタン塗布被膜の機械的特性、耐摩耗特性および耐熱性の向上を目指し、ポリオール（以下 OH）基を含む成分 A とイソシアネート（以下 NCO）基を含む成分 B の化学構造・成分・分子量などを様々に組み合わせで変性・高分子量化したプレポリマー（以下主剤）を開発した。更に開発されたプレポリマーに最適なアミン（以下 NH₂）基を含む硬化剤を開発した。開発されたプレポリマーと硬化剤を様々に配合してポリウレタン塗布被膜を作成し特性評価を行い、組成・配合比などの最適化を行い、技術的目標値達成を目指した。ここで開発した試作品は KX-A2000 シリーズとして番号で管理してきたので、以下管理番号で表示する。

(1) 二成分系プレポリマーの開発

二成分系で開発を進めてきた結果、主剤 KX-A2036 と硬化剤 KX-A2028 で配合比を最適化したときに最も融点（215℃）が高いものとなった。耐摩耗性評価で摩耗量が目標値を超える 17mg/N/Km を示した。KX-A2036 を暫定的に実用化学品番 US3000 として実用評価を進めることとした。

更に KX-A2036 と同等の機械的特性と耐摩耗特性を保持したまま「耐熱性」の向上を目指し、様々な構造を持つプレポリマーの作成を行った。

KX-A2036 のソフトセグメント成分は、エーテル系であり一般に機械的特性には優れるが熱的性質は劣るとされている。

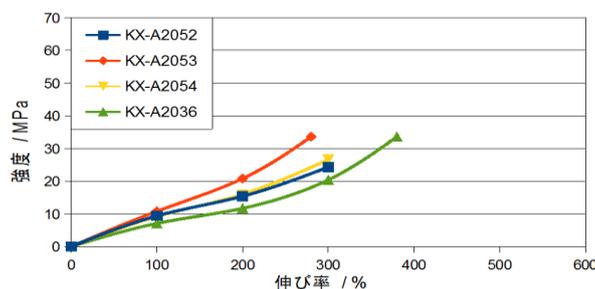


図 2-1-2-1-1 ウレタンフィルムの機械的特性

この欠点を解決するために一般的に耐熱性、機械的強度、耐加水分解性等に優れるとされている三種類のポリオールを用いてプレポリマーの作成と諸物性の確認を行った。

作成したプレポリマーと硬化剤である KX-A2028 を混合して作成したウレタンの機械特性を図 2-1-2-1-1 に示した。結果から、従来の KX-A2036 と比較すると 3 種類とも高い強度を示した。3 種類の中では KX-A2053 が最も高い強度を示しており、これはプレポリマーのソフトセグメントの結晶性に起因していると考えられる。

表 2-1-2-1-1 試作ウレタンの融点

試料番号	融点 (°C)
KX-A2036	214.4
KX-A2052	220.3
KX-A2053	213.8
KX-A2054	183.4

これらのウレタンフィルムの融点測定の結果を表 2-1-2-2-2 に示す。

ウレタンの強度は高まるが、融点の向上は見られなかった。

(2) 三成分系プレポリマーの開発

更なる耐熱性の向上を目指して、今まで成分 A と成分 B の二成分系でのプレポリマー

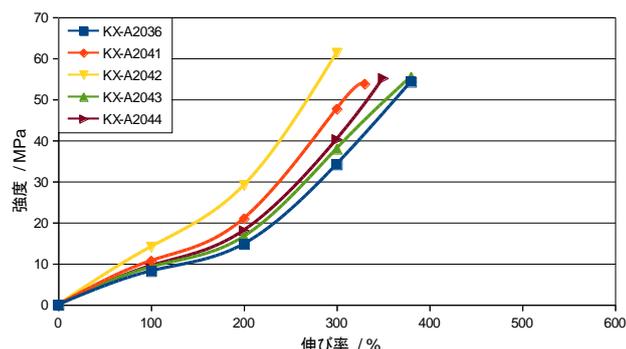


図 2-1-2-1-2 ウレタンフィルムの機械特性

に替り、第三成分 C を加えた三元系のプレポリマーについて検討した。

第三成分は、ウレタン分子を網目状の構造にすることで耐熱性の改善を狙い選定した。

作成したプレポリマーと硬化剤 (KX-A2028) を混合して得たウレタンフィルムの機械的特性を図 2-1-2-1-2 に示す。エーテル系のポリオールのみを用いた KX-A2036 と比較して、今回のウレタンフィルムはいずれも高い強度を示した。中でも KX-A2042 が最も高い強度を示したが、これは広い範囲で網目構造が形成されたことに起因するものと思われる。

表 2-1-2-2-4 は KX-A2042 の融点測定の結果を示す。

表 2-1-2-1-2 KX-A2042 の融点

試料番号	融点 (°C)
KX-A2036	214.4
KX-A2042	232.2

以上の結果より、KX-A2042 は KX-A2036 と比較して機械的強度および耐熱性に優れたものであり、さらなる性能向上が期待される。成分 C の分子量が異なることでプレポリマ

一の分子量に差が生じ、ウレタンの物性にも影響を与えること、網目構造の割合を増やすことで機械的特性の向上が期待されることから、成分Cの分子量を代えて同様の検討を行った。

開発されたプレポリマーと硬化剤 KX-A2028 とを混合して作成したウレタンフィルムの機械的特性を図 2-1-2-1-3 に示す。比較として KX-A2042 の物性も示しているが、KX-A2062 をはじめとしていずれも KX-A2042 よりも高強度なものになった。これは KX-A2042 と比較してハードセグメント量の増大、ウレア結合成分の増大、また剛直な構造を有する硬化剤の成分が多くなることによると思われる。また、成分Cを増量した

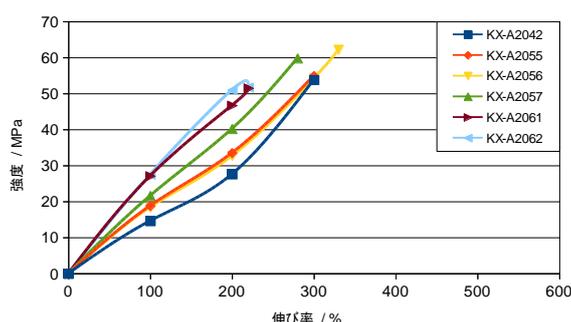


図 2-1-2-1-3 ウレタンフィルムの機械特性

3種に関しては架橋密度が増加し、より広い範囲で網目構造が形成されたためと思われる。また、分子量が小さくなるほど強度が増していく傾向にあった。これは、分子量が小さいほどソフトセグメントが減少し、ハードセグメントの割合が増えたためであると考えられる。

これらの機械的特性の向上したウレタンフィルムの融点測定の結果を表 2-1-2-1-3 に示す。

結果より、KX-A2057 以外は KX-A2036 と比較して高い融点を示すことが分かった。成分Cの割合を増やし、主剤と硬化剤の配合比を最適化することで、それぞれ耐熱性が向上し、両者を組み合わせた KX-A2061 では今まで作成した中で最も高い 244℃という結果が得られた。これは KX-A2036 と比較して機械的特性、耐熱性の両方を上回っており、目標を達成することができたといえる。

表 2-1-2-1-3 架橋させたウレタンの融点

試料番号	融点 (°C)
KX-A2036	214.4
KX-A2055	233.8
KX-A2056	241.8
KX-A2057	217.9
KX-A2061	244.8
KX-A2062	240.6

2-2 塗布成形技術の研究開発

新規複合塗布成形材料に最適で、施工現場の環境にも配慮し、しかも様々な形状の機器・装置への塗布成形に適応できる「塗布成形ガンの研究開発」と「塗布成形技術の研究開発」に細分化し、新型ガン開発と共に「精密配合技術の開発」にも着手、目標達成に向けた研究開発を進めた。その結果初期の目的を達成できた。

2-2-1 塗布成形ガンの研究開発

塗布直前に主剤のプレポリマーと硬化剤を混合し、直ちに吹き付け塗布成形が出来る新塗装ガンの研究開発を行った。塗布成形ガンに係る特許調査の結果、「多段式衝突混合室方式」と「原料圧送流回転混合方式」の2方式について特許出願を行った。

構造が単純で小型化が可能、塗布作業の改善につながる可能性の高い「多段式衝突混合室方式」を採用し、噴射ノズル方式の**新塗装ガン**の試作検討を行った。

試作品の現物写真を**写真 2-2-1-1**に示した。



写真 2-2-1-1 新塗装ガンの現物写真

2-2-1-2 精密配合技術の開発

新型混合器を含む新塗装ガンに主剤と硬化剤を一定圧力で混合比率を正確に供給することが重要で、精密配合技術の開発を行った。配合比率を精密に制御するには、一定圧力で高粘度の液体を脈動無く定量的に吐出できる定量供給ポンプが必要で、市販品を探し、モノポンプを選定した。装置の**写真 2-2-1-2-1**に示した。

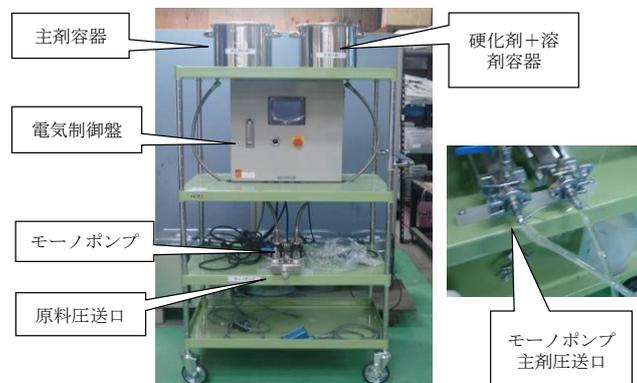


写真 2-2-1-2-1 原料供給装置の外観

この原料供給装置を新塗装ガンに取り付け、新原料を含めた他の二液混合型の塗料で塗布実験を行い、安定した塗布成形ができることが実証できた。

塗布実験の様子を**写真 2-2-1-2-2**に示した。



写真 2-2-1-2-2 新塗装ガンの塗布実験

2-2-2 塗布成形技術の研究開発

ポリウレタンは、二液化学反応で収縮を伴いながら硬化していく特性があり、基材との密着強度が確保できていない場合、ポリウレタンは塗布基材から剥離する。そこで、塗布基材表面をサンドブラスト処理、ポリウレタン原料の脱泡処理、塗布基材へのプライマー処理などの前処理を行い密着強度の確保が行われている。

本開発では、実用的な観点からこれら前処理工程の最適化を検討し、塗布被膜の基材への密着強度の目標値達成を目指した。密着強度は「ピーリング試験」方式を用いた。

(1) サンドブラスト処理

サンドブラスト処理（アルミナ粒の吹付け）を行うことにより塗布基材表面の清浄化と表面粗化によるアンカー効果による密着強度の向上が図られる。塗布基材の表面粗度と密着強度との相関を求めた。

その結果、サンドブラストを行ったほうが高い密着強度が得られ、新砂（#20番）と古砂（概ね#60番程度に崩れている）でも違いが確認でき、新砂を使ったほうがよいという結果が得られた。しかし、サンドブラストのみの前処理では必要な密着強度を得ることはできなかった。

(2) 真空脱泡処理

真空脱泡装置（写真2-2-2-1-2）を用いて原料の真空脱泡を行うことにより、ポリウレタン原料中に混合されている溶剤を揮発や、原料を混合する際に含まれる空気を除去することができる。脱泡されたポリウレタン原料は硬化速度の促進や、ポリウレタン原料と塗布基材との間にできる空気の層（剥離状態）を減少させ、密着強度増加が期待できる。

真空脱泡処理の効果を実験した結果、真空脱泡を行うことにより密着強度の向上が見られたが、真空脱泡のみでは目標値には達しなかった。



写真 2-2-2-1-2 真空脱泡装置

(3) プライマー処理

プライマーとは塗布基材に直接塗塗布し、ポリウレタンと基材との密着強度の向上に寄与する接着剤である。ここではUS3000と相性が良く密着性に優れたプライマーの選定を行った。

その結果、特にエポキシ接着剤系のプライマーPC-U2が優れていることが確認できた。更に前処理として、基材のサンドブラスト処理、ウレタン原料の真空脱泡、プライマー処理を行うことで、密着力の大幅向上により目標値をクリアできた。

2-3 特性評価

サブテーマ3として、「特性評価」を掲げた。開発した新規ポリウレタン塗膜においては、良く品質管理された製品を川下製造業者に提供することが重要である。

原料や塗布成形塗膜の基礎物性や応用特性を評価し、工程へのフィードバックを行うとともに、製造工程中での品質管理手法の検討も行った。

具体的には、「基礎特性の評価」と「応用特性の評価」の項目に細分化し検討を進めた。その結果初期の目的を達成できた。

2-3-1 基礎特性の評価

ポリウレタン原料（プレポリマー、硬化剤、添加剤）の化学組成（化学構造、組成比など）に関する評価手法および塗布被膜の特性（耐熱性、耐摩耗性、摺動特性など）の評価法を検討し、化学組成分析については初期の目的を達成し完了した。ここでは被膜の耐熱性と原料組成および化学構造との関連を「動的粘弾性試験」を基本に検討した。

2-3-1-1 塗膜の耐熱性評価

ポリウレタン塗膜の機械的特性や耐熱性は、一般にウレタンプレポリマーと硬化剤成分の化学構造および両者が反応して形成される網目構造の幾何学的形状によって制御される。ここでは、JIS K7244-4 準拠の「動的粘弾性測定」により耐熱性を評価した。

(1) 試料は、新規開発した耐摩耗性に優れたプレポリマーである KX-A2036、耐熱仕様の KX-A2042、KX-A2052、網目構造の KX-A2056、KX-A2062 などの主剤に硬化剤 (KX-A2028) を最適配合・混合・成膜し、室温下で約1週間硬化させて作成した。

(2) 動的粘弾性測定装置は、アイティー計測 (株) 製の DVA-200 (図 2-3-1-1-1) を用いた。

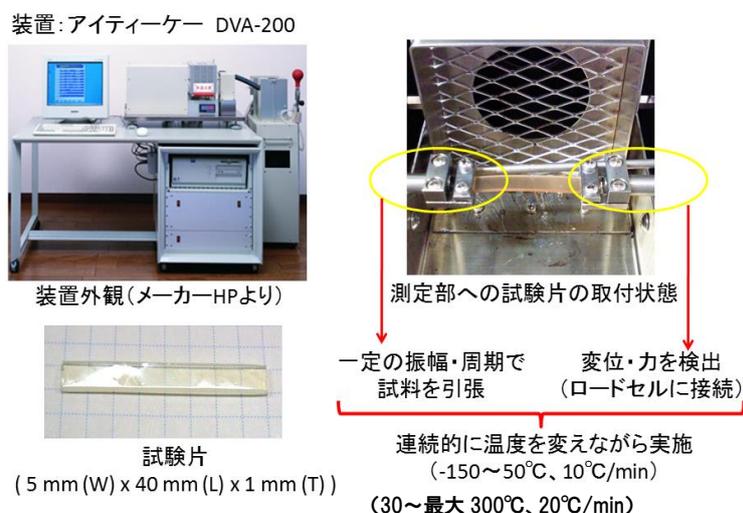


図 2-3-1-1-1 動的粘弾性試験装置

測定条件は表 2-3-1-1-1 の通りである。

表 2-3-1-1-1 動的粘弾性特性の測定条件

モード	スパン長	温度範囲	昇温速度	ひずみ	静的張力
引張	30mm	室温 (30℃) ~ 融解するまで	20℃/分	0.04%	動的張力の 3 倍となるよう自動的に調整

動的粘弾性試験装置で測定した貯蔵弾性率の温度分布曲線において、弾性率が急激に低下する領域の前後で引いた接線の交点における温度を融点として算出した。

実験結果を図 2-3-1-1-2 に示す。

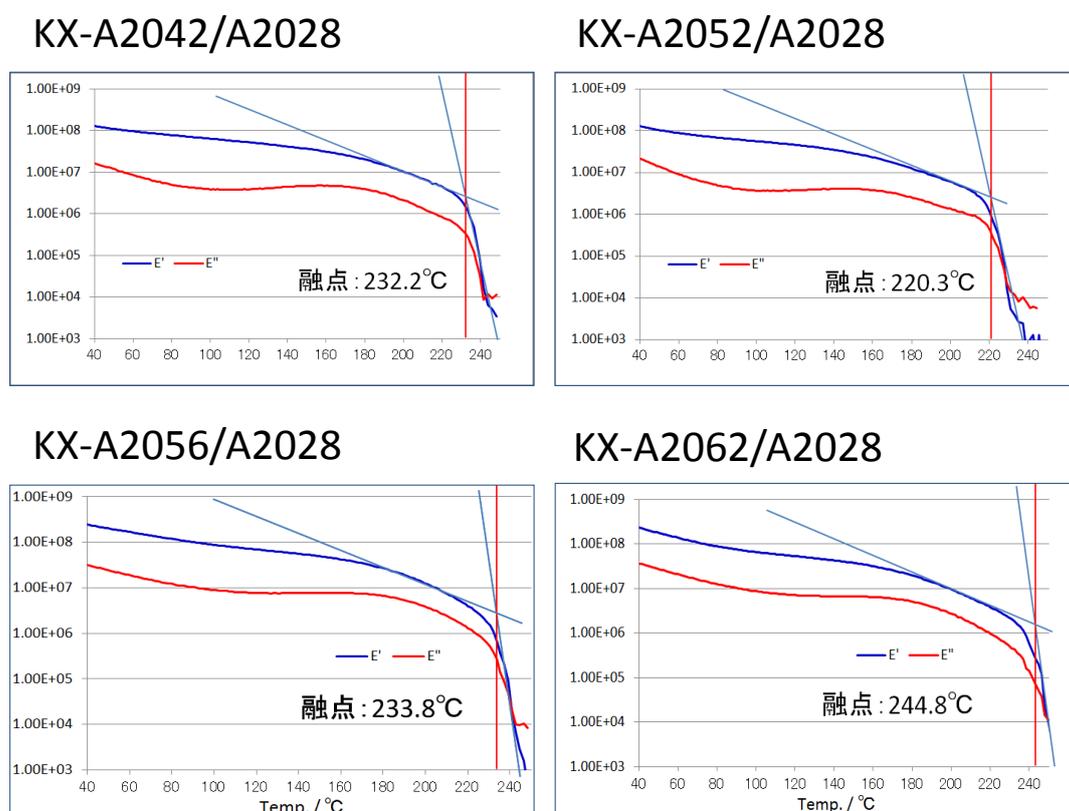


図 2-3-1-1-2 新規開発ポリウレタン塗膜の動的粘弾性測定データ

第三成分を導入することで、融点が US-3000 (KX-A2036) での 214℃から KX-A2042 での 232℃と顕著に上昇した。分子の連鎖が長いほど融点が低下する (KX-A2052 > A2053 > A2054) 傾向が見られたが、第三成分を導入することにより、KX-A2056 での 234℃まで融点を増大させることができた。ただし架橋密度増大により KX-A2057 では融点が 218℃に低下した。さらに主剤中の配合比を最適化することで、最終的に 245℃ (KX-A2062) まで融点を向上させることができた。

2-3-2 応用特性評価

広く多くの産業分野で施工されているポリウレタンコーティングは、その稼働条件や周囲環境条件その他いろいろな要求条件に合った機能・性能を備えておかなければならない。しかし、ポリウレタン一品種のみで求められるニーズの全てに対応することは難しく、個々の機器にあった機能・性能を持った品種を準備する必要がある。本開発では川下企業として「粉粒体機器」に的をおき、開発された US3000 の持てる機能・性能を確認することにより、要求性能に対しての適否や新に保有すべき機能・性能の掌握を行うことで粉粒体機器以外の産業分野にも応用することができる。

(1) 耐熱水・耐熱油試験

塗膜の耐熱性に係る実用評価として耐熱水（98℃）・耐熱油（120℃）試験を行った。試料は、新規開発した摩擦特性に優れた標準仕様品（KX-A2042）と耐熱性に優れた耐熱仕様品（KX-A2055）について高温中でのブリストア（膨れ）の発生状況を比較した。

実験の結果、新規に開発した耐熱仕様の KX-A2055 はブリストアの発生も無く、耐熱用途に適していることが判った。

(4) 浸塩水試験（防錆・継時変化）

浸塩水試験と屋外曝露試験を行い、外観上の変化、摩耗量の変化を既存のポリウレタンと比較検証を行った。

摩耗量は、TP 技研社製「テーバー式摩耗量測定機」（写真 2-3-2-1）を用い測定した。

浸塩水試験は、水に食塩を 5%混合し、基材（SUS 304-2B）に新規開発の標準仕様品（KX-A2042）と耐熱仕様品（KX-A2055）並びに従来品を塗布した試料を投入し、約 2000 時間後に表面観察と摩耗量の測定を行った。

試験の結果、塩分濃度 3~5%程度では耐摩耗性が少し低下するものの、基本的には使用可能であると判断できた。



写真 2-3-2-1 摩耗試験機

(5) 屋外曝露試験

屋外曝露試験で US3000 系の標準仕様品は黄変色が激しかったが、白色顔料を 0.2% 添加したポリウレタンを 1 層目にコーティングした試料は黄変色が殆ど見られなかった。US3000 系の耐熱仕様品は黄変色が見られた。

屋外曝露試験後の摩耗量は、耐熱仕様品では摩耗量が大幅に増加する結果になり、白色顔料を添加した標準仕様品の摩耗量は、白色顔料添加しない場合の摩耗量と差は無かった。

US3000 標準仕様品は、白色顔料を添加することで黄変色が見られず耐候性が改善されており、耐候仕様品として運用することを検討する。

2-4 市場性の確認

ポリウレタンコーティングの応用分野は広くあらゆる産業、公共構造物などに応用されている。例えば電池材料を製造する各種粉粒体製造プラント、自動車・家電等の製造ラインにおけるパーツフィーダー、ロボットなどの機器類、産業廃棄物処理場、発電所の冷却給排水管、原発コンクリート床・壁面、トンネル排気ファン、水門水密ゴム、エレベーター気密ゴム、鉱石砕石・搬送機器等多様化している。

本プロジェクトにおいては各種粉粒体製造プラントに係る機材へのコーティングに焦点を置き、その性能・機能の高度化を推進してきた。その結果、耐摩耗性・耐熱性・摺動性を大幅に向上させることができ、更に実用化においては密着性・耐食性・耐候性等の機能も向上させることができた。

これらの成果を実用化に結び付けるための実証試験の実施、法規制に対応した適合試験、展示会への展示などを行い市場性の確認を進めてきた。その概要を述べる。

2-4-1 粉体機器実機への塗布による実用化実証試験

新規に開発し耐摩耗性と耐熱性に優れた US3000 系の原料を、粉体機器の実機に塗布し実用化実証実験を行ってきた。

(1) N社の粉粒体製造プラント装置へのコーティング

N社が製作する最先端の粉粒体材料を連続的に製造するプラントで実証実験を行った。粉碎・混合・輸送等の機器内面に厚く塗布し、金属摩耗粉の混入を防止するのが目的で、2011年6月に従来品をコーティングし納品したが密着不良が発生、全機材の解体引き取りを行い再コーティングすることとした。

新規開発した耐摩耗性と耐熱性に優れた主剤 KX-A2042 と硬化剤 KX-A2028 の組み合わせで、プライマーに PC-U2 を用いてコーティング、2012年1月より再稼働させた。それ以後1年以上経過したが特に問題はなく連続稼働しており、耐摩耗性・密着力及び収縮率の改良・改善が実証されたものと判断される。

この結果は、今後の粉体機器分野に実用化を進めるために、大きな足がかりとなる実証実験の結果である。

(2) M社のボールミル内面へのコーティング

高温温水中でのボールミル内面へのコーティングであり、KX-A2036 を用いて実証実験を行ったが耐熱性に伴うブリストア（膨れ）が発生し実用に供することができなかった。耐熱水・耐熱油試験（熱水 98℃、加熱油 120℃）の結果から耐熱性が更に改良された KX-A2055 で再度実機コーティングを計画中である。

2-4-2 法規制に対応した試験の結果

本開発研究により、所期の技術的目標値はほぼクリアしたが、実用化販売において

は、使用するポリウレタン原料が「**食品衛生法**」に、また欧州の「**RoHS 指令**」に代表される国際基準に適合していることが求められる。

それぞれの法規に照らした試験を行った結果、新規開発品のいずれもが「**適合**」していることが証明され、内外の法規制に対応した新原料として販売できる体制が整った。試験報告書と証明書を**写真 2-4-2-1**に示した。

2-4-3 展示会等での市場性の確認

開発途中から国内外において展示会や相談会に出展し、直接ユーザーの声を聴いた。東京ビッグサイトでの展示会、海外は上海での展示会に出展し、いずれも粉体機器関係分野のユーザー意見を聴取し、市場性の確認を行った。

また、近畿経済産業局から「サポイン企業による日台ビジネス商談会」にも参加し、実用化に向けた努力を積極的に行ってきた。

(1) 国内展示会

2012年11月28～30日に開催された「国際粉体工業展」(東京ビッグサイト)において、開発品の展示を行った。その結果、開発原料の評価及び表面処理に係る各種ニーズを掌握・確認できた。展示会の様子を**写真 2-4-3-1**に示した。

(2) 中国展示会開催状況

昨年につき、2012年10月17～19日に上海で開催された「国際粉体工業展」に出展した。今回の展示会は、日中間の政治的問題の背景の中での開催であったが、日中両国関係企業の来客による各種要望と引き合いがあった。展示会の様子を**写真 2-4-3-1**に示した。



2012年上海国際粉体工業展 国際粉体工業展・東京2012 日本台湾ビジネス商談会

写真 2-4-3-1 展示会・商談会での様子

(3) 「関西サポイン企業 日台ものづくりビジネス交流ミッション」に参加

株式会社地域計画建築研究所主催、近畿経済産業局協力により、2013年2月19日より台湾で開催された商談会に参加した。この商談会はサポイン事業企業に対して、早期事業化に向けて海外市場の確保のための調査と共に販路の開拓を促進することを目的としている。商談会の様子を**写真 2-4-3-1**に示した。

第3章
研究成果のまとめ
と今後の課題
および事業展開

3-1 研究開発成果のまとめ

本研究開発は、耐摩耗性、耐熱性、摺動特性に優れた高機能性ポリウレタン樹脂ならびに塗布成形技術を研究開発し、特に粉粒体機器・装置を製造あるいは使用する川下製造業者の課題及びニーズに応えることを目的としている。

設定した高度な技術目標を達成するため、三つのサブテーマを設け実施した結果、目標値をすべてクリアーする成果を挙げるとともに、有力な川下企業において実機での実証実験を1年以上にわたり進めるなど、実用化に向けた取り組みも行ってきたので、その成果を以下にまとめて述べる。

3-1-1 サブテーマ1「新規複合塗布成形材料の研究開発」

(1) 無機・有機複合技術の研究開発

塗布被膜の摺動特性（摩擦係数）の目標を達成するため、13種類の無機並びに有機フィラーを選定し、22例について複合化研究を行った。複合化するポリウレタンは、耐摩耗性と耐熱性の目標値をクリアーした新規開発品のUS3000系を用いた。

その結果、無機系で3種、有機系で2種のフィラーを複合化することで目標値（摩擦係数0.08以下）に近い0.09以下の摩擦係数を示した。

更に検討を深めた結果、有機系のフィラー1種を添加した複合系で摩擦係数0.076を示し、目標値をクリアーできた。

フィラーの表面修飾・改質による化学結合型を目指した無機・有機複合技術の研究も行った。今後はフィラーの微粒ナノ化と表面修飾・改質によるポリウレタンとの親和性を高める本格的な研究が重要である。

(2) ポリマーアロイ技術の研究開発

主剤と硬化剤の組成をそれぞれ分子オーダーでブレンドあるいはポリマーアロイ化する研究開発を行い、耐摩耗性（摩耗量）においては20mg/N/km以下、耐熱性（耐熱温度）においては245℃の研究結果で、目標値をクリアーできた。

具体的には、主剤においては、イソシアネートをあらかじめポリオールで変性・高分子化した二成分系あるいは三成分系のプレポリマーを様々な組成と分子量でポリマーブレンドあるいはポリマーアロイ化を図った。また硬化剤においてはアミンの成分組成の組み合わせの調整を行った。主剤と硬化剤の組成比並びに配合比を最適化することで目標達成を目指した。

その結果、耐摩耗性が高く、耐熱温度は215℃であった組み合わせを実用化品種「高耐摩耗性ポリウレタンUS3000」と設定した。

三成分系のプレポリマーを用いたウレタン塗膜は、機械的特性の改善と耐熱温度では245℃と大幅な向上が見られた。これは網目構造が発達し化学的にも架橋して、耐熱性が向上したためだと思われる。この組成を実用化品種「耐熱性ポリウレタン原料US3500」と設定した。

今後は、実用的な面で性能の安定性とコストの低減が大きな課題である。

3-1-2 サブテーマ2「塗布成形技術の研究開発」

(1) 塗布成形ガンの研究開発

ポリウレタンは、二液混合硬化型の樹脂で主剤と硬化剤を混合すると直ちに硬化反応が始まるため、塗布成形直前に必要量のみを正確に混合する技術が求められる。このニーズに沿って多段式衝突混合室方式の混合器を試作し、スプレーガンと一体化した新型塗布成形ガンを開発し2件の特許を出願した。

また、この新型塗布成形ガンに主剤と硬化剤の二液を規定配合比でしかも同じ圧力で供給できるモノポンプを用いた精密配合装置も開発した。

開発した新型塗布成形ガンと精密配合装置を連結して塗布成形を行った結果、均一で滑らかな継ぎ目のない塗膜が形成され、特性の評価から良好な混合状態になっていることが証明され、混合液を残すと無駄の削減に大きな効果が期待される。

今後の課題は、正確な定量供給を目指したモノポンプは高価であることから、安価な供給方式を探すことが課題である。

(2) 塗布成形技術の研究開発

ポリウレタンを塗布成形する基材は、大部分がステンレス（SUS304-2B）であり、基材と密着性の良い被膜を造ることが重要で、特に基材の前処理について研究した。

基材をサンドブラスト処理することは、常識の通り大きな効果があり、ウレタン原料の脱泡処理、接着剤（PC-U2）によるプライマリー処理などが密着性向上に役立つことを明らかにした。この研究により、目標値以上の密着強度 7kg/cm が確認された。

3-1-3 サブテーマ3「特性評価」

(1) 基礎特性の評価

ポリウレタン塗膜の基礎特性として、塗膜の耐熱性の評価方法を開発した。新規に開発されたポリウレタン塗膜の耐熱性は、動的粘弾性測定法（JIS K7244-4 準拠）により評価を行い、耐熱性の目標値である 180℃を大幅に上回る最大 245℃までの耐熱性向上が達成されたことを確認した。

(2) 応用特性の評価

実用化において必要な多くの特性があるが、ここでは補修のため積層する場合の層間剥離強度、硬化時の収縮率、耐熱水・耐熱油試験、塩水試験、屋外暴露試験、実機による実証実験などの研究開発を行い、所期の目的を達成した。

(3) 実用化実証試験

特に実用化に向けた研究として、川下企業の粉粒体機器の実機に新規開発品種（US3000系）を塗布成形し、実用化実証試験を行ってきた。

N社の理解と協力を得て、金属摩耗粉の混入を極度に嫌う粉粒体機器プラント（部材

点数十点)に US3000 系を塗布成形し、昨年から実用に供した。今年度末までの 1 年以上の間、何ら異常なく順調に稼働中であることから、実用化の可能性が高いことが実証できた。

一方、M 社のボールミル内面の金属摩耗を防止する目的では、US3000 系を塗布成形し実証試験を続けてきた。その結果、最大 95℃の熱水下での過酷な試験であり、プライマーの耐熱性やブリストア（膨れ）が発生し課題を残した。

今後は、新しく開発した耐熱型品種 US3500 (KX-A2055) とプライマーの選択、原料の脱泡処理などを小まめに最適化した上で、実証試験を再提案してゆく。

3-2 研究開発後の課題と今後の事業展開について

本研究開発は、機械装置類の表面にポリウレタン樹脂の被膜を被覆して基材と異なる表面特性を創出する技術を開発するもので、具体的には摺動性、耐熱性および耐摩耗性の新機能を付加することで、特に粉粒体機器・装置を製造あるいは使用する川下企業のニーズに応えることを目的に実施してきた。

多くの試験研究を鋭意行い、技術的目標を達成すると共に市場での実証実験も行い、多くの成果が得られた。一方、更に新しい様々な課題も浮かび上がってきたので、その課題について述べる。

3-2-1 研究開発後の技術的課題

(1) ポリウレタン塗布被膜の摺動特性（摩擦係数）は、ポリウレタン樹脂に無機系・有機系の添加剤を複合化する無機・有機複合材料の開発で技術目標を達成できた。

添加剤のナノ微粒化と添加剤（フィラー）の表面修飾・改質によるウレタン樹脂との親和性を確保することで、更なる高性能化・安定化が期待され、今後の課題である。

(2) ポリウレタン塗布被膜は常温硬化型で、現場施工ができて安価であるなどの特徴を持っているが、耐熱性が低い欠点があった。本研究開発により、従来 90℃程度の耐熱性であったポリウレタンを、ポリマーアロイ技術を駆使しておおよそ 245℃まで高める事ができ、応用分野の拡大が期待される。

新規に開発されたウレタン原料は、品質の安定化とコストの低減が、実用化に向けた今後の大きな課題である。

(3) 耐摩耗性においては、ポリウレタンの分子構造におけるハードセグメントとソフトセグメントに注目したプレポリマーの開発により、目標値を達成した。

プレポリマーの更なる調整で耐摩耗性の向上を図ることが、今後の課題である。

(4) 実用的な塗布成形技術においては、塗布成形直前で二液（主剤と硬化剤）を混合することで、ロスを低減することを目指し新塗装ガンと原料供給装置を開発し、実用的に使用できることを実証した。

3-2-2 事業化へのステップ

多くの産業分野の中で特に粉粒体機器関係の顧客ニーズ課題を研究開発目標に研究を進めた結果、多くの成果が得られた。この成果を実用化に結び付けるのは株式会社ユニックスであり、株式会社ユニックスが有する過去 30 年近くの顧客ニーズと課題蓄積を基に、本研究開発で得られた成果を実用化に結び付けることが最重要課題である。

国内、海外輸出を問わず営業展開を開始することに決した。そのために中国人社員 2 名を採用すると共に、英会話に堪能な貿易習熟社員の採用をおこない、また 4 月 1 日より原料販売拠点として大阪市中央区安土町に大阪営業所を開設、拡販への準備を進めている。

(1) 原料品種・品揃い

本研究開発において一番の研究開発目標であった耐摩耗性の向上を図ったポリウレタンの基本原料は、主剤 KX-A2042 と硬化剤 KX-A2045 をもって「高耐摩耗性ポリウレタン US3000」として商品・販売するに決した。

更に耐熱用として研究した主剤 KX-A2055 と硬化剤 KX-A2058 についても「耐熱性ポリウレタン US3500」として商品化を検討中である。

更に摺動特性を有する低摩擦係数原料の添加剤研究において確認できた添加剤の絞込みを行い、「摺動性ポリウレタン原料」として商品化できる目処が立った。

(2) 性能、価格の検討

本研究開発で完成した「高機能・高性能ポリウレタン US3000」は、今後多くの幅広い産業分野で採用され、拡販されることを望み販売計画を立案していく段階に入った。

機能・性能と共にコストが拡販の重要なポイントとなることから、今後の量産過程でのプロセス研究において、性能とコストのバランスを如何にとってゆくかが重要な課題となる。

(3) 新型ガンの商品化

二液混合硬化型ポリウレタンの欠点の一つに、主剤と硬化剤を混合するとゲル化（反応硬化）を止めることができない。したがって混合液を残すと無駄や、塗布作業に時間を掛けすぎるとゲル化が進み塗布面の性能が保証できないため、小刻みな混合作業を行う必要がある。又、主剤と硬化剤の混合比の精度ならびに混合度合も品質を担保する大きい要素であり、専用ミキサーや時間を要することになる。

本新型ガンの開発による試作品試験結果、上記の欠点を全て解消できる「継ぎ目なく滑らかな塗布成形」が実証でき、商品化への目処ができた。今後、原料二液圧送供給装置の簡易装置を検討することと、混合室のクリーニング回路付試作品を製作し最終確認をもって商品化を計画する予定である。

以上