

平成23年度第3次補正予算戦略的基盤技術高度化支援事業

「切れ味の持続性に優れた刃物の非粘着処理技術の開発」

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 日東商事株式会社

## 目 次

第1章 研究開発の概要	
1-1 研究開発の背景・研究目的および目標	1 ページ
1-2 研究体制	1 ページ
1-3 成果概要	3 ページ
1-4 当該研究開発の連絡窓口	3 ページ
第2章 開発した技術の報告	
2-1 研究開発の対象技術	4 ページ
2-2 試験方法および試験装置	5 ページ
2-3 技術報告書	
1-① 第2層の粒子径、粒子厚と被覆率の最適化	8 ページ
1-② 第1層の膜厚の最適化	12 ページ
1-③ 第3層シリコンオイルの検討 (100%完了していないため未掲載)	
1-⑤ 第1層の塗布溶液の検討	18 ページ
1-⑥-1 第1, 2層の最適スプレー条件の検討	22 ページ
1-⑥-2 第1, 2層の最適焼成条件の検討	28 ページ
2-① 量産塗布装置の開発 (100%完了していないため未掲載)	
3-① 刃物の寿命の検証 (100%完了していないため未掲載)	
第3章 全体総括	32 ページ

# 第1章 研究開発の概要

## 1-1 研究開発の背景・研究目的および目標

### (1) 研究開発の背景

近年ディスプレイ分野や急成長している電池関連市場など、多くの産業分野で高性能フィルム資材の果たす役割は非常に重要になってきている。

この分野では機能性高分子多層フィルムや粘着シート・テープが多用され、その切断時に、はみだし粘着剤等が多量に発生する。このはみだし粘着剤等の付着による刃物の切れ味劣化等が大きな問題となっている。

この問題を解決する為、刃物に非粘着処理を施し、切れ味が持続する表面処理技術の開発を行う。

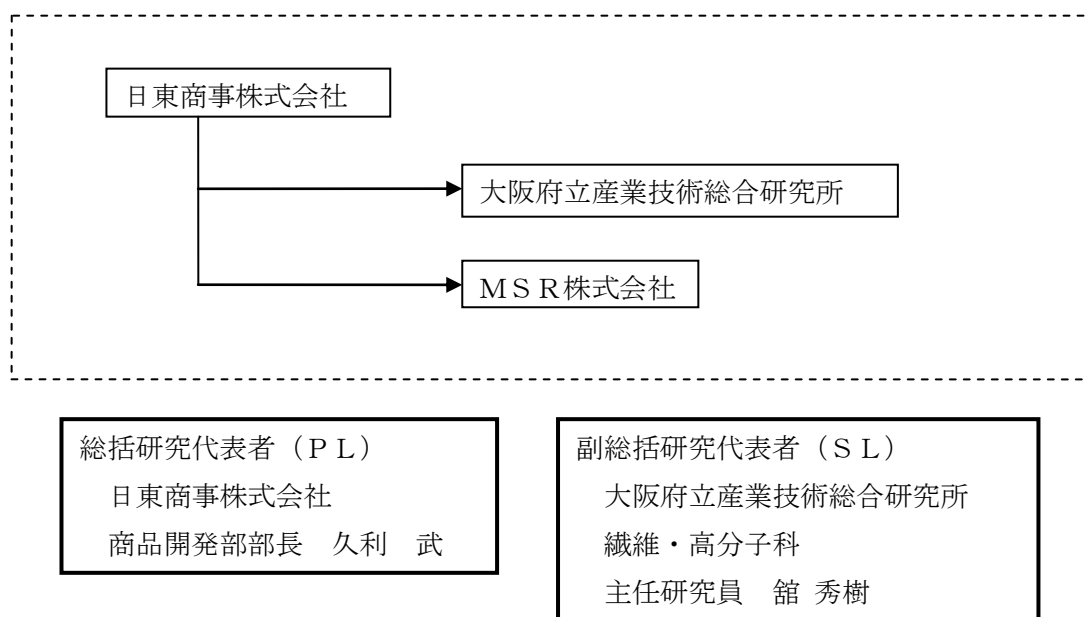
### (2) 研究開発の目的および目標

刃物の切れ味の持続性をアップし、メンテナンスや刃物の交換回数を減少させること、すなわち高効率化（長寿命化）が要請（ニーズ）されている。このユーザーの要請（ニーズ）に応じる“切れ味が持続する刃物”の提供のため、「切れ味の持続性に優れた刃物の表面処理技術（新技術となる3層構造）の開発」を行う。

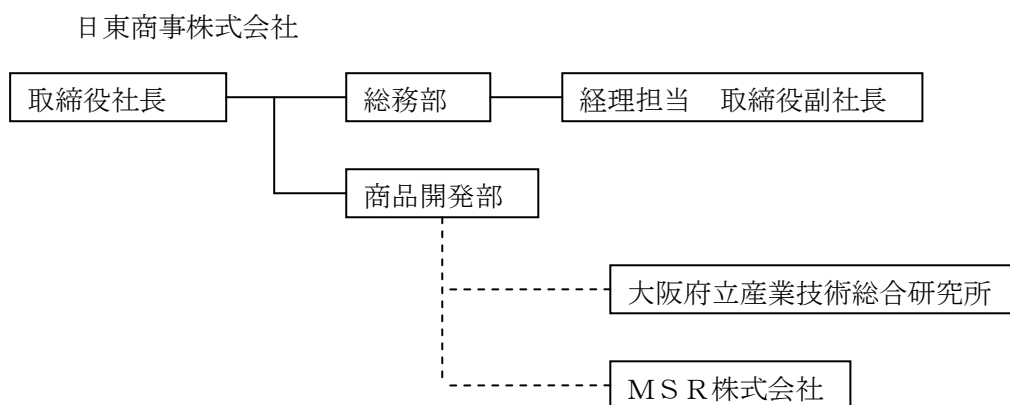
目標としては、3層構造からなる塗膜で処理した刃物の切れ味を、従来技術よりも3倍持続（長寿命化）させることによって、高付加価値の多層フィルムや粘着シート・テープの切断における生産効率を、飛躍的に向上させる（高効率化）こととした。

## 1-2 研究体制

### (1) 研究組織



## (2) 管理体制



## (3) 研究者氏名

日東商事株式会社

氏名	所属・役職
久利 武	商品開発部部长
三田敏生	商品開発部課長
山田俊一	商品開発部研究員
伊藤敏明	商品開発部研究員
羽山 繁	商品開発部技術顧問

### 【再委託先】

大阪府立産業技術総合研究所

氏名	所属・役職
舘 秀樹	繊維・高分子科主任研究員
山元和彦	繊維・高分子科主任研究員
出水 敬	製品信頼性科長
道山泰宏	機械金属部金属材料系主任研究員
井上陽太郎	繊維・高分子科主任研究員

MSR株式会社

氏名	所属・役職
杉山晃一	技術本部長
稲岡正晃	品質管理本部長

### 1-3 成果概要

計画書第 1項(1)3 の実施項 目番号	実施項目名	成果概要	残された課題	技術報告 書番号
1-①	重要な第2層シリカ粒子の粒子径、粒子厚と被覆率の最適化	切れ味の長寿命化には被覆率が大きく寄与しており、最適値があることを確認	—	1-①
1-②	第1層シリカ連続膜の膜厚の最適化	コンベア速度を変えて膜厚を変えて試験し、最適値があることを確認	—	1-②
1-③	第3層皮膜型シリコーン膜厚の最適化	塗布回数を変えて膜厚を振って検討。厚くなると非粘着性が僅かに向上	代替シリコーンオイル性能の見極め	1-③
1-④	トータル膜厚の最適化	第3層は油膜であり、膜厚を管理できないことが判明。第1,2層の検討で代用	—	—
1-⑤	塗布溶液の選定	デカリンを希釈剤として主成分濃度を振って試験し、最適値があることを確認	—	1-⑤
1-⑥	塗布・焼成条件の設定	最適塗布条件（噴霧量、噴霧圧）および最適焼成条件を見出した	—	1-⑥-1 1-⑥-2
2-①	量産塗布装置の開発	天候等の外部要因に左右されず、安定した吐出ができる装置を開発した	気泡等の外乱要因による誤作動への対策	2-①
2-②	第2層の製造技術の開発	最適の被覆率と粒子径を得るための噴霧量、噴霧圧を求めた	—	1-⑥-1
3-①	刃物の寿命の検証	スリッターとスライサーで粘着テープを切断。テープの種類で効果が異なった	第3層を変えて非粘着性能向上を図る	3-①

### 1-4 当該研究開発の連絡窓口

所属 商品開発部 氏名 三田敏生（課長）  
 電話 06-4808-6881 FAX 06-6477-1890  
 E-mail sanda@nittoshoji.co.jp

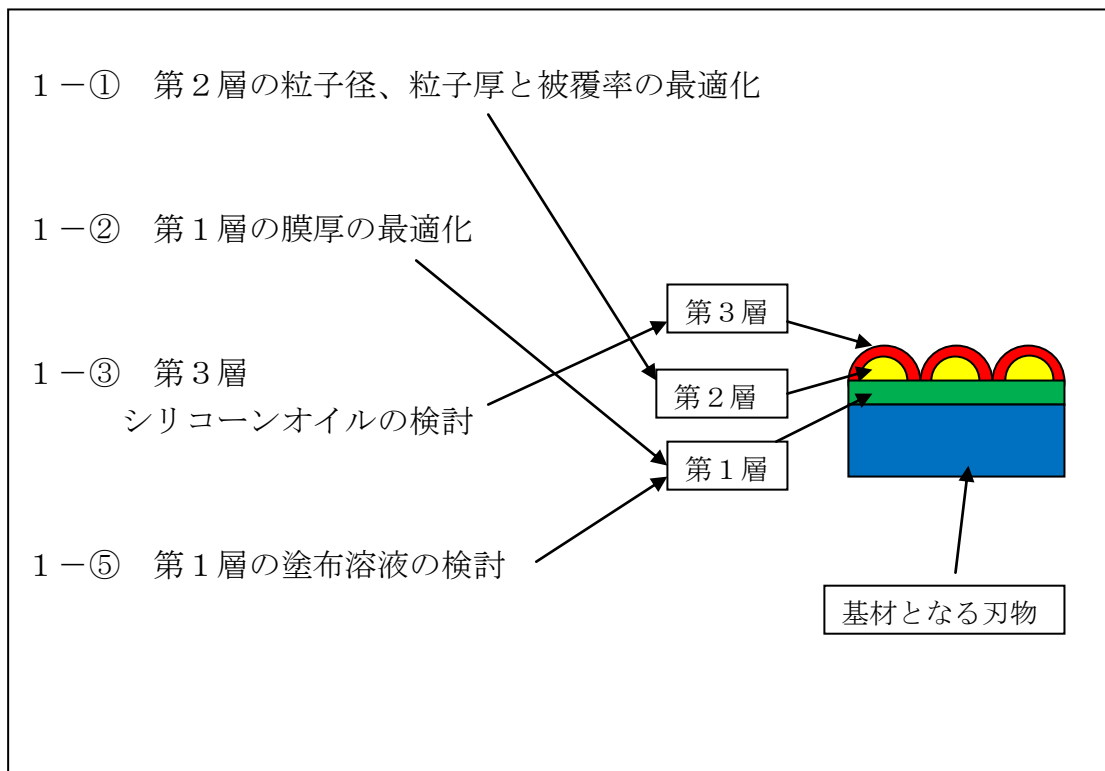
## 第2章 開発した技術の報告

本章では、“平成23年度 第3次補正予算 戦略的基盤技術高度化支援事業「切れ味の持続性に優れた刃物の非粘着処理技術の開発」に係る委託業務実施計画書”（以下計画書と略す）に記載した実施内容に従って進めた研究開発の成果を、技術報告書としてまとめ掲載する。ただし、研究開発の背景は、第1章1-1の「研究開発の背景」で述べているので、記載を省いてある。また、個々の技術報告書に共通する試験方法、および試験装置の説明は、2-2にまとめて記載しており、個々の技術報告書への記載は簡略化してある。

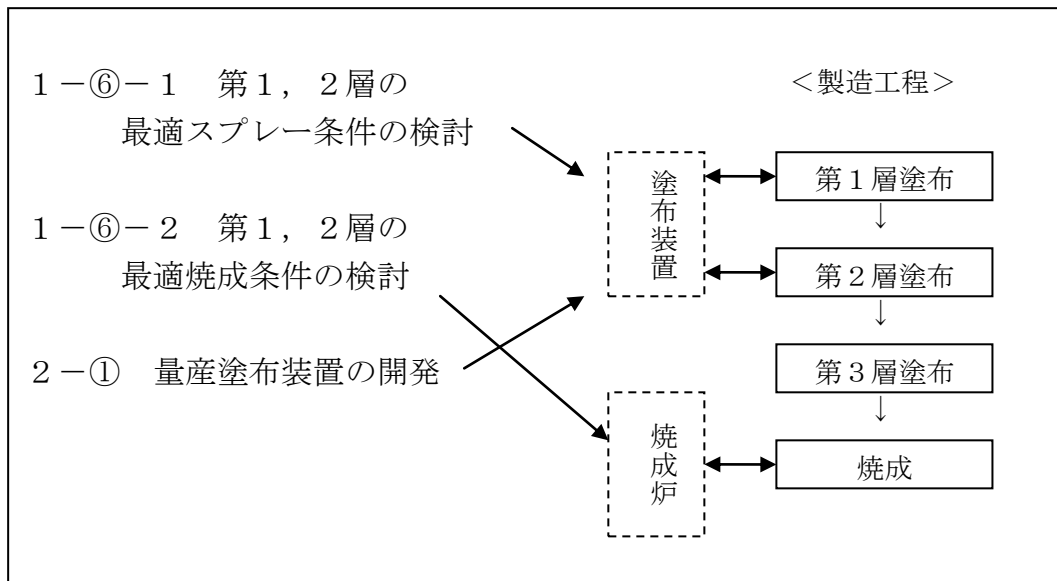
### 2-1 研究開発の対象技術

第2章に掲載する技術報告書が、どの技術を対象として研究開発が行われたかを以下に説明する。以下説明中の番号、およびそれに続く記述は、技術報告書の番号とそのタイトルである。

#### ①非粘着処理層の形成に関する技術



## ②製造工程と生産設備に関する技術



## ③実機（切断機）での性能把握に関する技術

### 3-① 刃物の寿命の検証

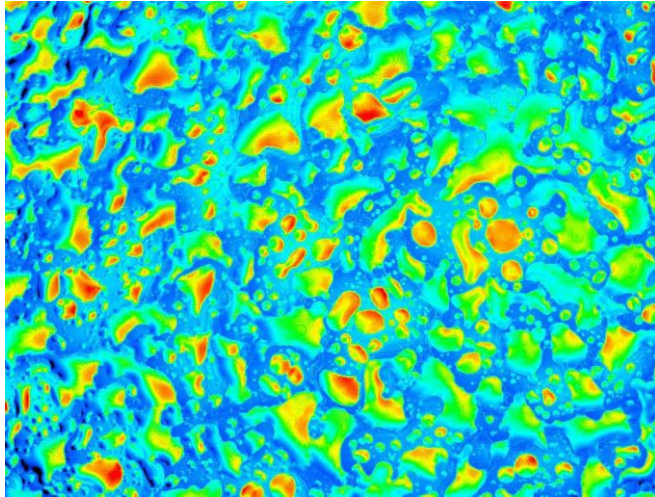
## 2-2 試験方法および試験装置

### ① 粒度分布解析

塗膜を形成したガラス板の塗膜表面を、(株)キーエンス製「形状測定レーザーマイクロスコープ」タイプVK-X210（下の写真を参照）にて写真撮影（400倍）。その画像を、画像解析ソフト Mac-View にかけて被覆率（写真に写っている粒子の占める面積率）および粒子径（正確には平均粒子径）を自動計算させて求める。参考として画像解析ソフト Mac-View にかけた写真を次頁に示す。



形状測定レーザーマイクロスコープ  
タイプVK-X210



粒度分布解析用写真

## ②摩擦試験

塗膜を形成したステンレス板を、新東科学(株)製表面性測定機「TRIBOGEAR」タイプ14FW（下の写真参照）にて摩擦係数を求める。摺動試験後のステンレス板摺動面に、(株)東洋精機製作所製「Strograph」タイプE3-L（下の写真参照）にて行い、剥離強度（N/8mm）を測定した。



TRIBOGEAR  
タイプ14FW



Strograph  
タイプE3-L

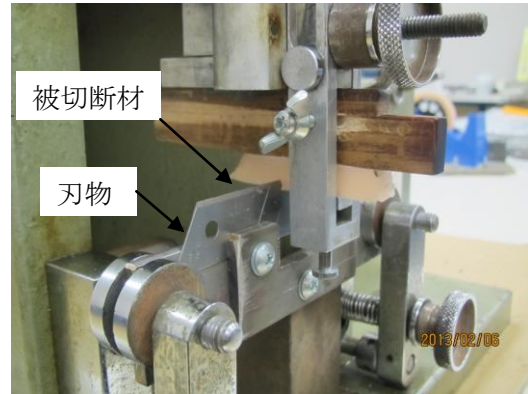


### ③切れ味試験

塗膜を施した刃物を、本多式切れ味試験機（メーカー不明）の試料台に固定し、この状態で切断試験を行い、粘着テープ束が完全に切断されるまでの往復回数を計測する。テープ片を交換しながらこれを繰り返す。切断までの過程は、(株)キーエンス製ハイスピードカメラタイプVW-9000にて撮影して刃物への粘着剤付着状況を記録し、後の解析に活用した。試験機および試験の様子を下に示す。



本多式切れ味試験機



本多式切れ味試験機による試験の様子

なお、試験用刃物は、特に断りのない場合は、オルファ(株)製替刃（大型刃 18×100 mm）を使用している。

## 2-3 技術報告書

以下に各技術報告書を、番号の若い順に掲載する。

## 1-① 第2層の粒子径、粒子厚と被覆率の最適化

日東商事(株) 久利 武  
大阪府立産業技術総合研究所 舘 秀樹

### はじめに

非粘着性を得るための3層構造の塗膜の中で、第2層は滑り性や非粘着性で表わされる切れ味及びその持続性に大きく影響を与える。今回最適な第2層シリカ粒子の粒子径、粒子厚及び被覆率を求めるため、それらを変化させた試料を作成し、摩擦試験や切れ味試験に供したのでその結果を報告する。

### 実施事項

#### 1. 試験用試料の作製

##### 1.1 粒子径、粒子厚及び被覆率を変化させた試料の作製条件

第2層シリカ粒子の粒子径、粒子厚及び被覆率を変化させた試料を作成する方法として、第2層塗布工程での噴霧量、噴霧圧、塗布回数を変える方法を採用した。

##### 1.2 使用した基材

下記<表1>による。

<表1>基材の材質等

番号	基材材質	使用目的
1	ガラス板	粒度分布解析用
2	オルファ刃※	切れ味試験用
3	ステンレス板	摩擦試験用

※市販カッターナイフ用替え刃

##### 1.3 塗布溶液と処理条件

3層各々の処理溶液とその処理条件を<表2>に示す。

<表2>処理溶液と処理条件

項目	第1層	第2層	第3層
塗布溶液(原液)	ケイ素系ポリマー含有液	ケイ素系ポリマー含有液	シリコンオイル
希釈溶剤	デカリン	キシレン	原液使用
塗布方式	スプレー	スプレー	浸透塗布
塗布ブース	旧ブース	旧ブース	—
焼成条件	80℃1時間	120℃3時間	120℃3時間

## 2. 試験評価の実施

下記項目について試験評価を行った。

### ① 粒度分布解析

画像解析ソフト Mac-View にて粒度分布を解析し、被覆率と粒子径を測定。詳細は第2章2-2に記述。

### ② 切れ味試験

本多式切れ味試験機により切れ味寿命を測定。詳細は第2章2-2に記述。

### ③ 摩擦試験

表面性測定機により摩擦係数を測定。詳細は第2章2-2に記述。

## 結果のまとめと考察

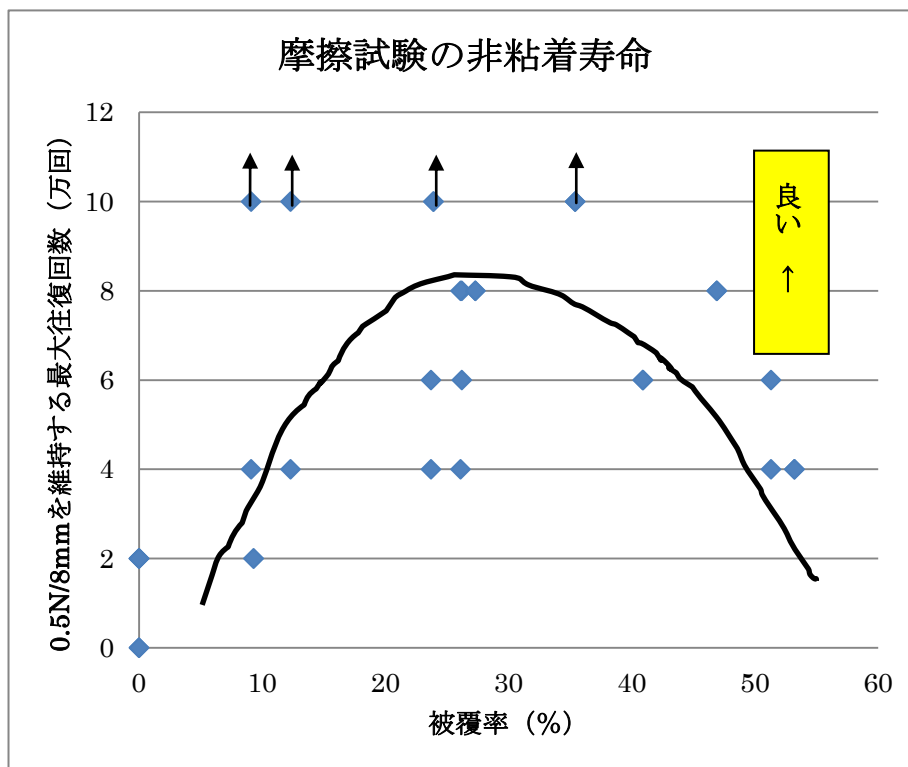
試験結果から得られた知見を以下に整理する。

### ① 摩擦試験

非粘着寿命は第2層シリカ粒子被覆率に密接に依存しており、被覆率が10%未満の場合は非粘着寿命が高々4万回と短い。被覆率が高くなるに連れて寿命は長くなり、30%近辺に最適値があると考えられる。被覆率が50%を超えると寿命は再び短くなってゆく。大まかには、被覆率が10~55%の範囲にあれば、長寿命化に一定の効果を与えると考えられよう（<図1>参照）。

なお、実施した粒子径の範囲では、非粘着寿命と粒子径との相関性は無いようであるが、5~8 $\mu$ mの範囲なら適切な寿命がありそうである（<図3>参照）。

<図1>被覆率からみた摩擦試験の非粘着寿命



②切れ味試験

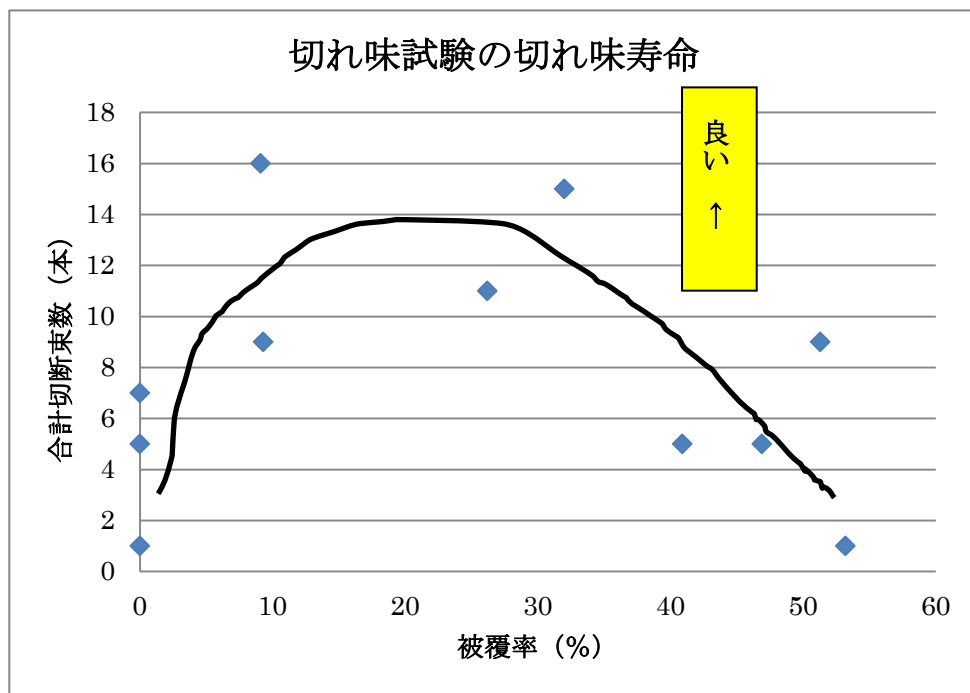
摩擦試験同様、被覆率が低過ぎたり高過ぎたりすると切れ味寿命は短くなる。

切れ味試験においても30%近辺に被覆率の最適値があり、被覆率が10～50%の範囲にあれば、長寿命化に一定の効果を与えられよう（＜図2＞参照）。

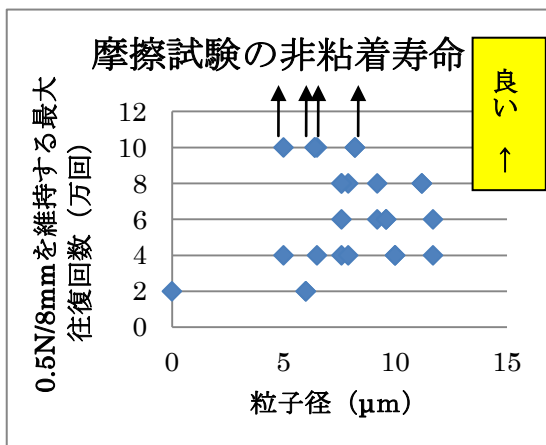
また、被覆率10～50%の範囲内の刃物では、試験終了後のオルファ刃に粘着剤は付着していなかったが、範囲外の刃物には粘着剤が付着した。このことは、刃物の洗滌負担が軽減されるという、現場的なメリットを与え得ると考えられる。

なお、実施した粒子径の範囲では、切れ味寿命と粒子径との相関性は無いようであるが、5～8μmの範囲なら適切な寿命がありそうである（＜図4＞参照）。

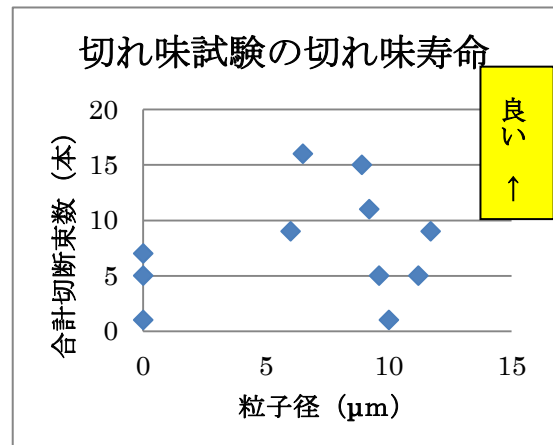
＜図2＞被覆率からみた切れ味試験の切れ味寿命



＜図3＞摩擦試験の非粘着寿命  
(粒子径からみた場合)



＜図4＞切れ味試験の切れ味寿命  
(粒子径からみた場合)



## ② 第1層、第2層の効果

第2層シリカ粒子の粒子厚及び被覆率を変化させた試料の他に、無処理（3層とも無し）、第1、2層無し、第2層無しの試料も作製し、同様の試験を行ったが、摩擦試験の非粘着寿命および切れ味試験の切れ味寿命共に、良い結果が得られなかった。第1、2層、特に第2層は、長寿命に非常に有効であることが分かった。

第2層シリカ粒子の存在が長寿命化に寄与する理由は次のように考えられる。第3層シリコンオイルは粒子と粒子の谷間に塗布されているため、摩擦試験や切れ味試験に際して徐々にしか粒子の頭に移動しない。このため被覆率が10%～55%の範囲外の場合に比べて第3層の減少速度が遅くなり、結果として切れ味の寿命が長くなると推定される。

## 結 論

シリカ粒子被覆率と、摩擦試験の非粘着寿命や切れ味試験における切れ味寿命とは密接に関連することが確認された。

被覆率が10%～55%の範囲にあれば一定の切れ味寿命延長効果があり、30%近辺に最適値があると考えられる。

シリカ粒子径と、摩擦試験の非粘着寿命や、切れ味試験における切れ味寿命とは相関は認められなかった。被覆率を管理していけば、非粘着寿命や切れ味寿命を保証できると思われる。

## はじめに

非粘着性を得るための3層構造の塗膜を構成する第1層は、第2層の密着力を確保するのに重要な役割を担っている。しかし、まだどの程度の膜厚が適しているかの検討は、今まで十分行われていなかった。今回新たに導入した新ブースを用いて、第1層膜厚の最適化検討を行ったので、その結果を報告する。

## 実施事項

## 1. 試験用試料の作製

## 1.1 検討した膜厚

第1層の膜厚を変えるにあたっては、コンベア速度を変える方法を採用した。コンベア速度は、下記<表3>に示した3水準とした。また、第1層は連続膜となっておらず、膜厚としては測定できなかったため、膜厚に代わる指標としてシリカ粒子の最大高さを採用し測定した。

&lt;表3&gt;検討したコンベア速度

試料呼び名	コンベア速度
厚め	1.25mm/秒
現行	2.50
薄め	5.00

## 1.2 使用した基材

下記<表4>による。

&lt;表4&gt;基材の材質等

番号	基材材質	使用目的
1	ガラス板	粒度分布解析用
2	オルファ刃※	切れ味試験用
3	ステンレス板	摩擦試験用

※市販カッターナイフ用替え刃

## 1.3 塗布溶液と処理条件

次頁<表5>による。

＜表 5＞塗布溶液、処理条件等

項目	第1層	第2層	第3層
塗布溶液（原液）	ケイ素系ポリマー含有液	ケイ素系ポリマー含有液	シリコンオイル
希釈溶剤	デカリン	キシレン	原液使用
塗布方式	スプレー	スプレー	浸透塗布
塗布ブース	新ブース	新ブース	—
噴霧量(ml/分)	2.0～2.4	2.0	—
噴霧圧(MPa)	0.2	0.3	—
塗布回数	2	2	1
焼成条件	80℃ 1時間	120℃ 3時間	120℃ 3時間

## 2. 試験評価の実施

下記項目について試験評価を行った。

### ①第1層シリカ粒子最大高さの算出

㈱キーエンス製レーザーマイクロスコプタイプVK-8500の表面粗さ測定機能を利用して計測。粗さを表示するグラフのガラス板表面をベースとして、そこから最大ピークまでの距離を粒子の最大高さとした。

### ②粒度分布解析

画像解析ソフト Mac-View にて粒度分布を解析し、被覆率と粒子径を測定。詳細は第2章2-2に記述。

### ③切れ味試験

本多式切れ味試験機により20本切断往復回数を測定。詳細は第2章2-2に記述。

### ④摩擦試験

表面性測定機により摩擦係数と剥離強度を測定。詳細は第2章2-2に記述。

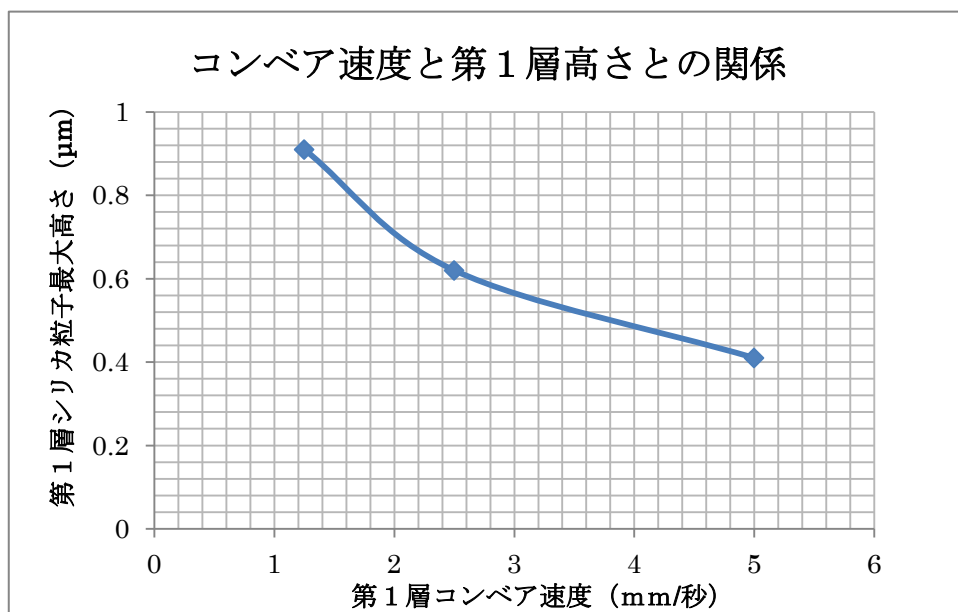
## 結果のまとめと考察

各試験結果から得られた知見を以下に整理する。

### ①第1層シリカの最大高さの算出に関して

第1層シリカの最大高さは、<図5>のようにコンベア速度によく相関していた。

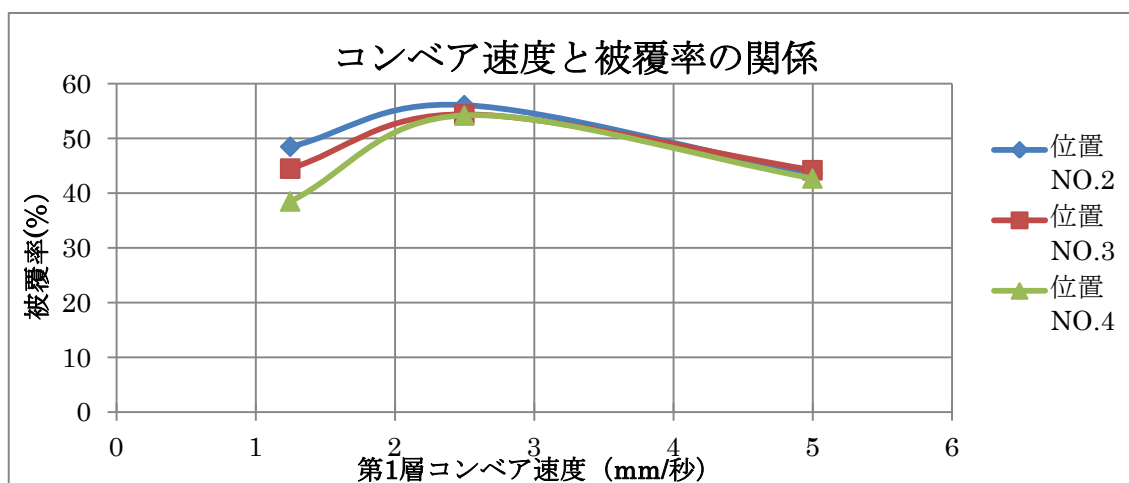
<図5>コンベア速度と第1層高さとの関係



### ③ 粒度分布解析

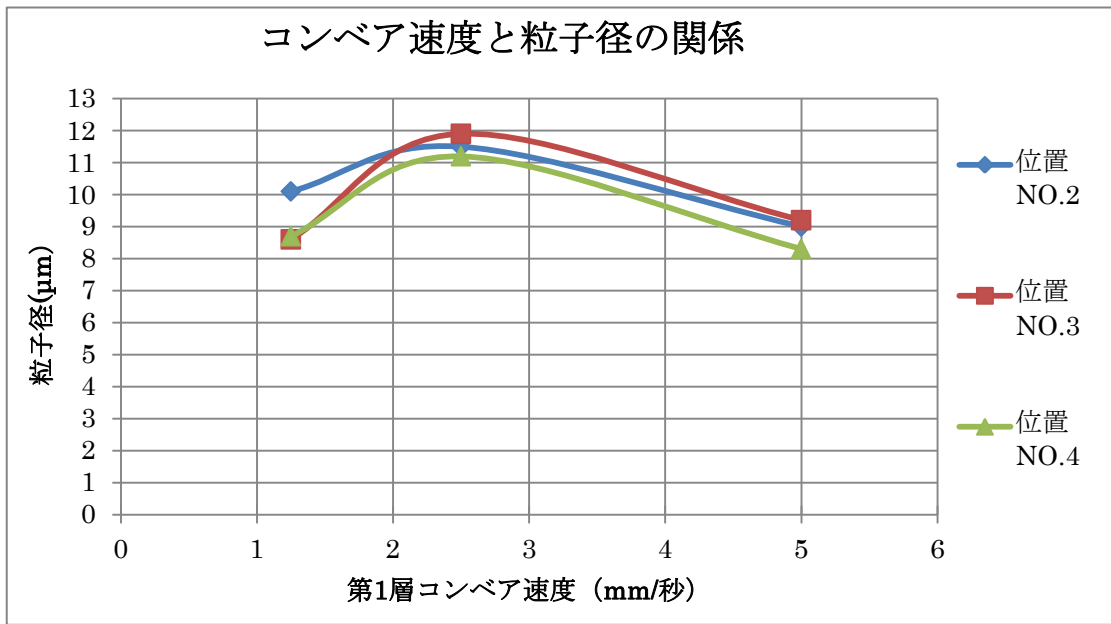
被覆率はコンベア速度による大きな差はないが、現行の2.5 mm/秒が最も高くなっている (<図6>参照)。粒子径も同じような傾向で、現行の2.5 mm/秒が最も粒子径が大きい (<図7>参照)。

<図6>コンベア速度と被覆率





<図7>コンベア速度と粒子径

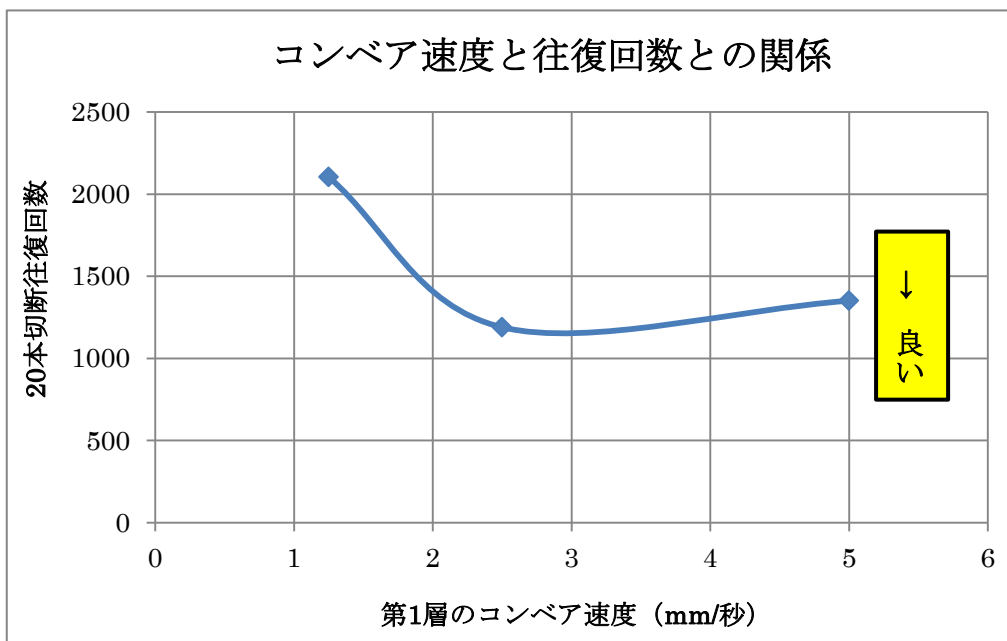


<図6>及び<図7>の中の「位置 NO.3」はコンベア中央を意味する。  
位置 NO.2 は中央右寄り、位置 NO.4 は中央左寄りを意味する。

### ③切れ味試験

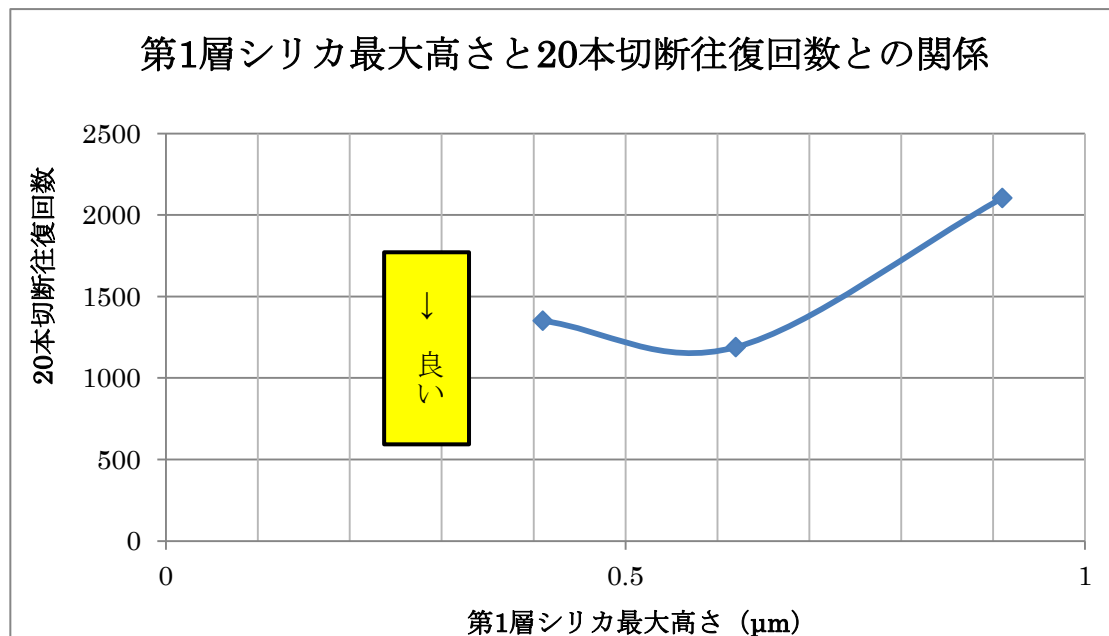
コンベア速度と切れ味の関係を<図8>に示す。現行のコンベア速度が最も切れ味が良いといえる。

<図8>切れ味試験結果



第1層シリカの最大高さと同切れ味との関係を<図9>に示す。最大高さ0.5～0.6 μm（現行コンベア速度の時）のところに極小値があるように見える。

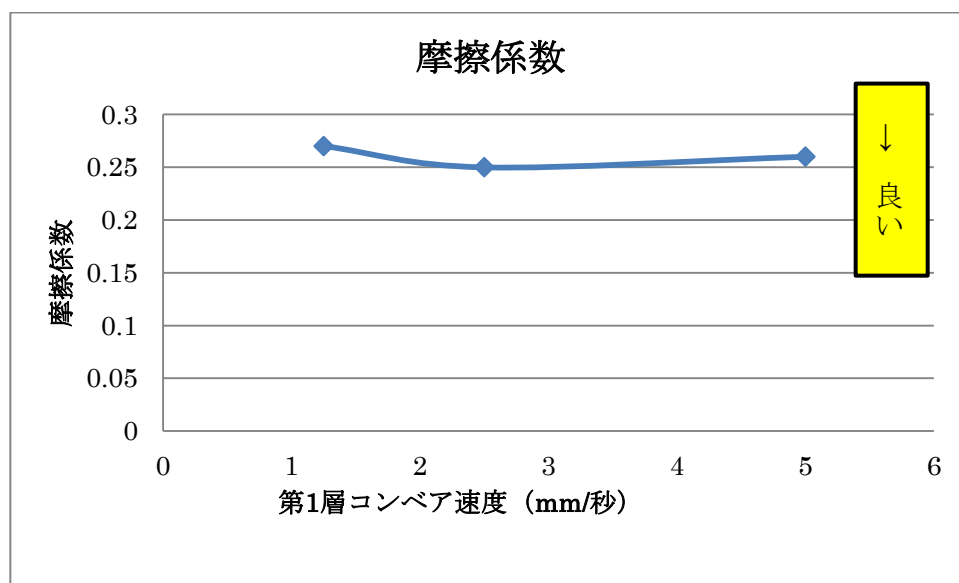
<図9>第1層シリカの最大高さと同切れ味



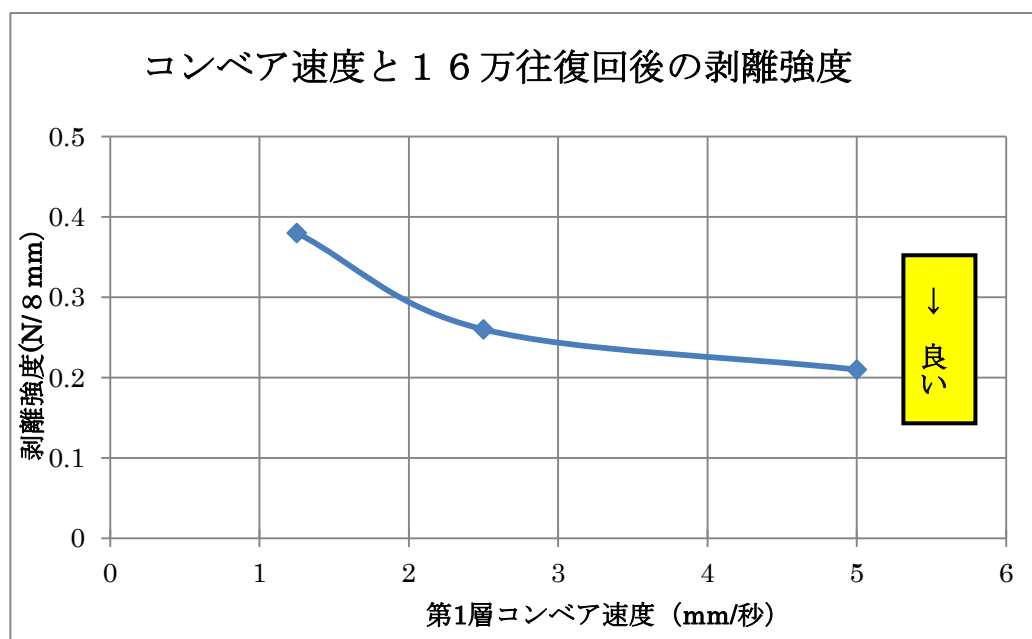
④摩擦試験

摩擦試験の結果得られた摩擦係数と、剥離強度を<図10>と<図11>に示す。現行のコンベア速度が最も摩擦係数が小さい。剥離強度はコンベア速度が増すほど小さくなる傾向がうかがえる。

<図10>摩擦係数



<図 1 1> 剥離強度とコンベア速度の関係



### 結 論

前項の“結果のまとめと考察”で述べた内容の中から、第1層の最適膜厚選定に重要な測定項目に絞って順位を付けた結果をまとめると、<表 6>のようになる。

<表 6> 順位表

粒子最大高さ		厚め	現行	薄め
コンベア速度		遅い	現行	速い
切れ味試験	20本切断往復回数	△	◎	○
摩擦試験	摩擦係数	△	◎	○
	剥離強度	△	○	◎

◎は1位、○は2位、△は3位を示す。

<表 6>から明らかなように、現行のコンベア速度から得られる現行のシリカ粒子最大高さ（膜厚）が、最適な条件と判断する。

## はじめに

非粘着性を得るための3層構造塗膜の第1, 2層は、ケイ素系ポリマー含有液を溶剤で希釈して使用している。希釈の目的は、スプレー工程にて最適な大きさの粒子を発生させること（粘度コントロール）、および被処理物表面で最適な形状の塗膜を形成すること（流動性コントロール）である。

今回第1層の最適主成分濃度を検討したので、その結果を報告する。

## 実施事項

## 1. 試験用試料の作成

## 1.1 検討した原液濃度

下記<表7>による。

<表7>検討した主成分濃度

試料呼び名	主成分濃度	希釈溶剤
濃い	標準の1.8倍	デカリン
現行	標準	デカリン
薄い	標準の0.4倍	デカリン
無し（第1層無し、比較用）	—	—

第2層、第3層は現行の標準条件で塗布した。

## 1.2 使用した基材

下記<表8>による。

<表8>基材の材質等

番号	基材材質	使用目的
1	ガラス板	粒度分布解析用
2	オルファ刃※	切れ味試験用
3	ステンレス板	摩擦試験用

※市販カッターナイフ用替え刃。第2章2-2参照。

## 1.3 各層の塗布溶液と処理条件

次項<表9>による。

<表9>塗布溶液、処理条件等

項目	第1層	第2層	第3層
塗布溶液(原液)	ケイ素系ポリマー含有液	ケイ素系ポリマー含有液	シリコンオイル
希釈溶剤	デカリン	キシレン	原液使用
主成分濃度	前出3水準	標準	—
塗布方式	スプレー	スプレー	浸透塗布
塗布ブース	旧ブース	旧ブース	—
噴霧量(ml/分)	1.5	1.7	—
噴霧圧(MPa)	0.14	0.20	—
塗布回数	4	4	1
焼成条件	80℃1時間	120℃3時間	120℃3時間

## 2. 試験評価の実施

下記項目について試験評価を行った。

### ① 粒度分布解析

画像解析ソフト Mac-View にて粒度分布を解析し、被覆率と粒子径を測定。詳細は第2章2-2に記述。

### ① 切れ味試験

本多式切れ味試験機により20本切断往復回数を測定。詳細は第2章2-2に記述。

### ② 摩擦試験

表面性測定機により摩擦係数と剥離強度を測定。詳細は第2章2-2に記述。

## 結果

結果の一覧を<表10>に示す。

<表10>試験結果

番号	試験項目	測定項目	濃い	現行	薄い	無し
①	粒度分布解析	被覆率(%)	55.8	38.8	56.2	67.1
		粒子径(μm)	12.0	10.0	12.9	15.4
②	切れ味試験	20本切断往復回数(回)	3053	2496	2426	1864
③	摩擦試験	10万回往復摺動後摩擦係数	0.226	0.264	0.297	0.375
		10万回往復摺動後剥離強度(N/8mm)	0.265	0.287	0.825	1.510

## 結果のまとめと考察

以上の試験結果から得られた知見を以下に整理する。

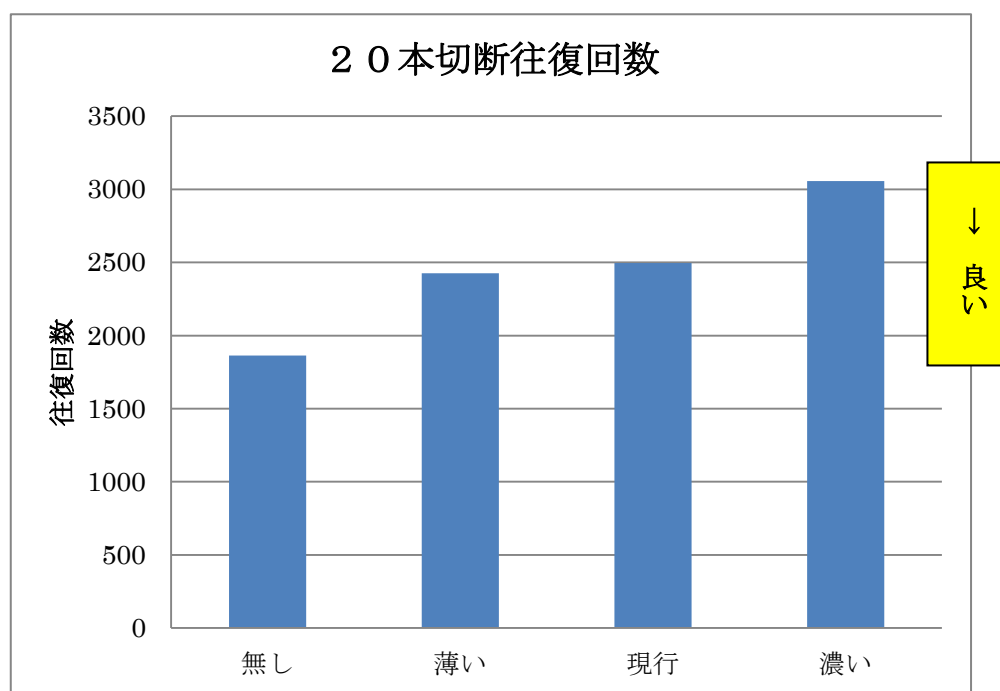
### ① 粒度分布解析

＜表 1 0＞に示すように、被覆率および平均粒子径共にバラツキが大きい。本来被覆率および平均粒子径共に第 2 層に由来するので一定のはずである。このような結果になったのは、第 1 層の影響を受けている可能性がある。今後の研究課題である。

### ① 切れ味試験

切れ味試験結果のグラフを＜図 1 2＞に示す。主成分濃度が低い（薄い）方が切れ味は良い結果となっている。膜厚が薄くなり刃物はその分鋭いためと思われる。ただ第 1 層無しは粘着剤の付着がある。

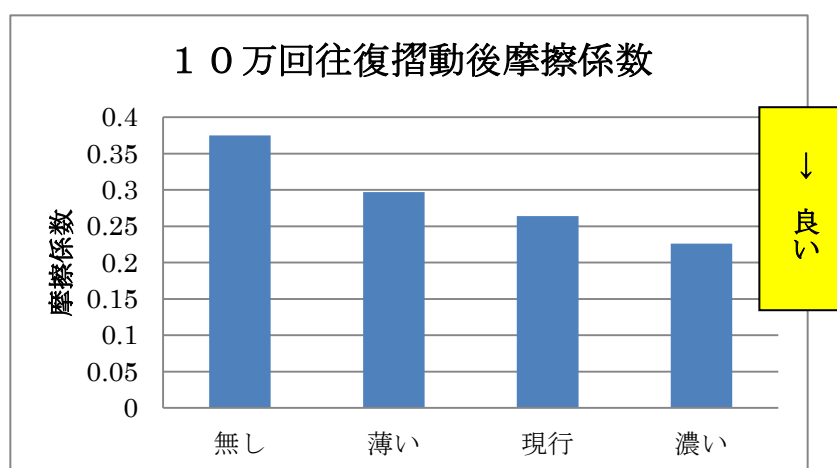
＜図 1 2＞切れ味試験 20 本切断往復回数



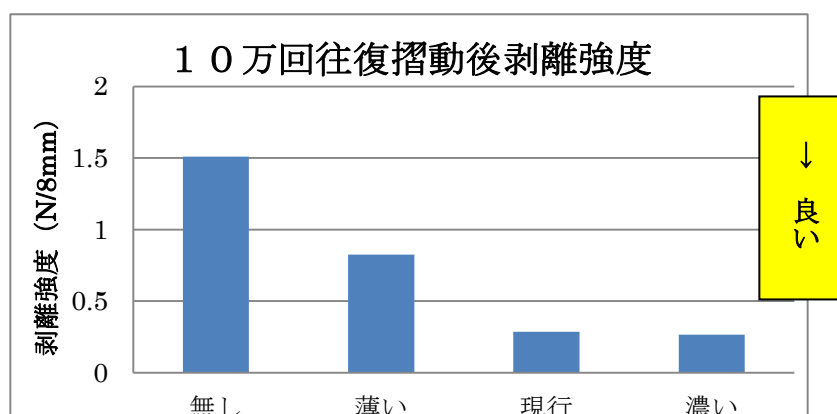
### ② 摩擦試験

10 万回往復摺動後の摩擦係数をグラフ化すると＜図 1 3＞のようになる。主成分濃度が高い（濃い）と摩擦係数は小さくなる傾向が読み取れる。塗膜厚さが増し、滑り易くなるためと考えられる。剥離強度も＜図 1 4＞より同様の傾向がみられるが、現行より濃くなるとサチレートするようにみられる。

<図 1 3> 10 万回往復摺動後摩擦係数



<図 1 4> 10 万回往復摺動後剥離強度



### 結 論

前項の“結果のまとめと考察”で述べた内容の中から、最適主成分濃度の選定に重要な測定項目に絞って順位を付けた結果をまとめると、<表 1 1>のようになる。

<表 1 1> 順位表

◎は 1 位、○は 2 位、△は 3 位を示す。

試験項目	測定項目	濃い	現行	薄い
切れ味試験	20 本切断往復回数	△	○	◎
摩擦試験	10 万回往復摺動後摩擦係数	◎	○	△
	10 万回往復摺動後剥離強度	◎	○≒◎	△

<表 1 1>から明らかなように、順位が交錯しており、どの主成分濃度が最適か判断は難しいが、当面は実績のある現行の主成分標準濃度を選定して進めるのがベターと判断する。

## 1-⑥-1 第1、2層の最適スプレー条件の検討

日東商事(株) 久利 武

### はじめに

非粘着性を得るための3層構造塗膜においては、第1、2層シリカの被覆率や粒子径を適切な数値範囲内に収めることにより、切れ味の長寿命化を図れることが、旧ブース塗布装置での実験で明らかになっている(報告書1-①参照)。

量産に対応するためには、量産体制に対応した新ブース塗布装置にて、旧ブースの標準スプレー条件で得られる被覆率や粒子径と同じシリカ形成状態を得るためのスプレー条件を見出す必要がある。

ここでは後述する開発に成功した、自動流量計が組み込まれている新ブース塗布装置にて、噴霧量及び噴霧圧を変動させてガラス板に塗布し、その被覆率や粒子径を測定して、第1層及び第2層の最適スプレー条件を検討した。

### 実施事項

#### 1. 試験用試料の作成

##### 1.1 検討したスプレー塗布条件

自動流量計が組み込まれている新ブース塗布装置にて、第1層、第2層ともに噴霧量と噴霧圧を各々3水準変化させた組み合わせのスプレー条件で、ガラス板に塗布した。第2層は、第1層を塗布していないガラス板に塗布した。

第1層のスプレー条件を<表12>に、第2層のスプレー条件を<表13>に示す。<表14>と<表15>には、新旧ブースの条件を対比させた。

なお、本実験では、量産時の生産指標となるスプレー時の吐出粒径を測定できる様に導入した日機装(株)製の粒子径分布測定装置 LDSA-1500A を用いて、スプレーガンから噴霧された液滴の粒子径も測定した。

<表12>第1層スプレー条件

検討項目	水準1	水準2	水準3
噴霧圧 MPa	0.13	0.18	0.23
噴霧量 ml/分	1.3	1.8	2.3

3水準×3水準、計9とおりを実施。

<表13>第2層スプレー条件

検討項目	水準1	水準2	水準3
噴霧圧 MPa	0.20	0.25	0.30
噴霧量 ml/分	1.3	1.8	2.3

3水準×3水準、計9とおりを実施。



<表 1 4>新ブースと旧ブースの第 1 層スプレー条件比較

項目	新ブーススプレー条件	旧ブース標準条件
塗布溶液	表 1 6	同左
コンベア速度 (mm/秒)	2. 5	5
往復回数 (回)	1	2
噴霧量 (ml/分)	<表 1 2>	1. 5~1. 7
噴霧圧 (MP a)	<表 1 2>	0. 1 4

(注 1) 上記旧ブース標準条件での第 1 層粒度分布測定値の代表例は、  
被覆率 8 1. 9 %、平均粒径 1 2 8 μm。

<表 1 5>新ブースと旧ブースの第 2 層スプレー条件比較

項目	新ブーススプレー条件	旧ブース標準条件
塗布溶液	表 1 6	同左
コンベア速度 (mm/秒)	2. 5	5
往復回数 (回)	1	2
噴霧量 (ml/分)	<表 1 3>	1. 3~1. 5
噴霧圧 (MP a)	<表 1 3>	0. 2 2~0. 2 4

(注 2) 上記旧ブース標準条件での第 2 層粒度分布測定値の代表例は、  
被覆率 2 0. 8 %、平均粒径 8. 7 μm。

## 1. 2 使用基材

ガラス板を使用。

## 1. 3 塗布溶液

第 1 層及び第 2 層の塗布溶液は<表 1 6>による。

<表 1 6>塗布溶液、処理条件等

項目	第 1 層	第 2 層
塗布溶液 (原液)	ケイ素系ポリマー含有液	ケイ素系ポリマー含有液
希釈溶剤	デカリン	キシレン
主成分濃度 (%)	標準	標準
塗布方式	スプレー	スプレー

## 2. 被覆率・粒子径の測定

各スプレー条件で得られたガラス板表面を撮影して得られた 4 0 0 倍の塗膜表面写真を、画像解析ソフト Mac-View にて解析し、被覆率・粒子径を算出した。詳細は第 2 章 2 - 2 に記述。

## 結果

第1層の試験結果を<表17>に、第2層の実験結果を<表18>に示す。

<表17>第1層の試験結果

噴霧量	噴霧圧 0.13MPa	噴霧圧 0.18MPa	噴霧圧 0.23MPa
1. 3ml/分	D50 = 7.3 μm 被覆率 = 63.2 % 粒子径 = 3.8 μm	D50 = 6.1 μm 被覆率 = 62.4 % 粒子径 = 3.5 μm	D50 = 5.1 μm 被覆率 = 55.0 % 粒子径 = 2.9 μm
1. 8ml/分	D50 = 6.8 μm 被覆率 = 67.5 % 粒子径 = 3.8 μm	D50 = 5.9 μm 被覆率 = 85.6 % 粒子径 = 1.38 μm	D50 = 5.0 μm 被覆率 = 79.5 % 粒子径 = 9.0 μm
2. 3ml/分	D50 = 6.2 μm 被覆率 = 83.0 % 粒子径 = 1.14 μm	D50 = 6.3 μm 被覆率 = 84.2 % 粒子径 = 1.15 μm	D50 = 4.8 μm 被覆率 = 85.4 % 粒子径 = 1.15 μm

<表18>第2層の試験結果。

噴霧量	噴霧圧 0.20MPa	噴霧圧 0.25MPa	噴霧圧 0.30MPa
1. 3ml/分	D50 = 3.48 μm 被覆率 = 23.2 % 粒子径 = 9.0 μm	D50 = 4.14 μm 被覆率 = 23.1 % 粒子径 = 8.7 μm	D50 = 4.58 μm 被覆率 = 29.5 % 粒子径 = 8.5 μm
1. 8ml/分	D50 = 3.92 μm 被覆率 = 33.6 % 粒子径 = 1.1.2 μm	D50 = 4.47 μm 被覆率 = 46.2 % 粒子径 = 1.1.6 μm	D50 = 4.58 μm 被覆率 = 49.2 % 粒子径 = 1.0.2 μm
2. 3ml/分	D50 = 3.82 μm 被覆率 = 60.6 % 粒子径 = 1.6.2 μm	D50 = 4.46 μm 被覆率 = 51.3 % 粒子径 = 1.3.9 μm	D50 = 4.58 μm 被覆率 = 68.4 % 粒子径 = 1.6.5 μm

(注3) D50 : 粒子径分布測定装置で測定した液滴のメディアン径。

## 結果のまとめと考察

上記結果から得られた知見を以下に整理する。

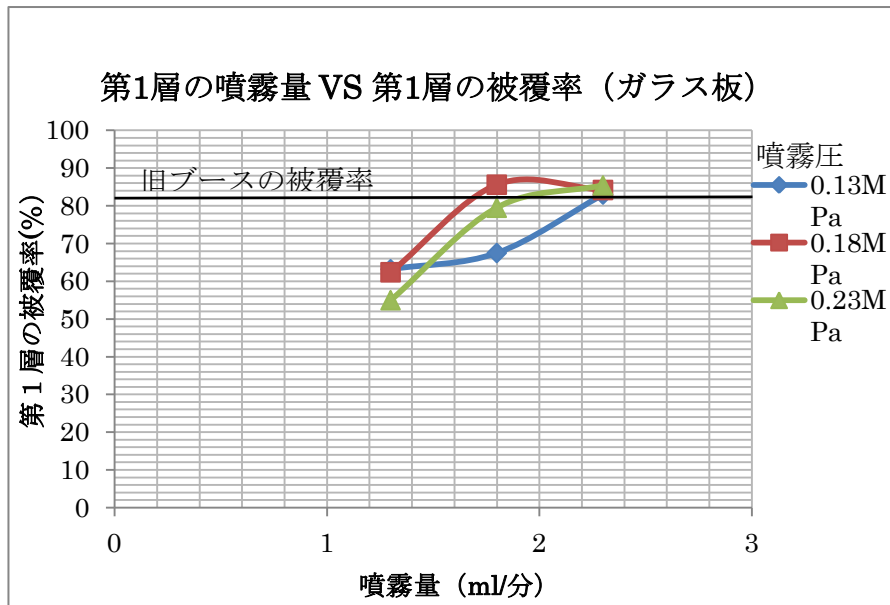
### 1. 第1層

#### ①被覆率

第1層被覆率は噴霧量増加に伴って増加し、1.8ml/分近辺で飽和して80%程度を示す。従って、噴霧量が1.8ml/分以上であれば、旧ブース標準スプレー条件で得られる被覆率80%以上を実現することができる。

噴霧圧には殆ど依存しなかった (<図15>)。

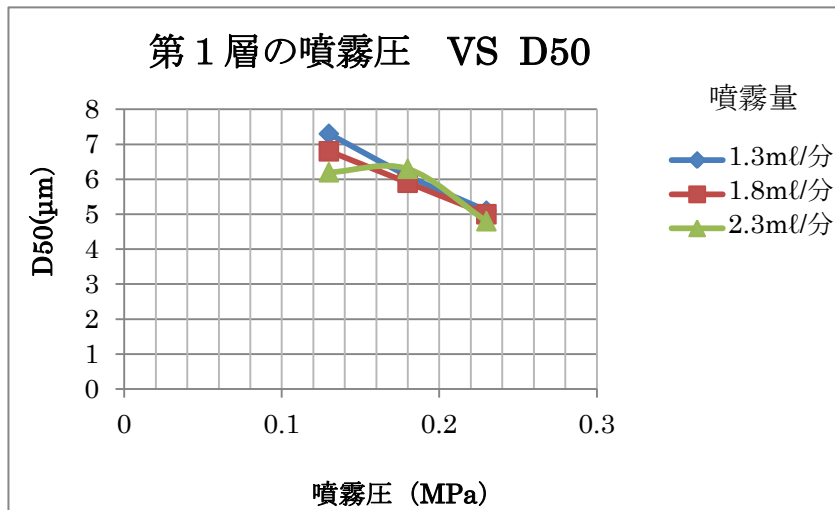
<図15>第1層の噴霧量 VS 第1層の被覆率



②液滴の粒子径D50

噴霧量が変わってもD50は余り変わらず5~7 $\mu$ mであり、噴霧圧が高くなるとD50は直線的に小さくなった (<図16>)。

<図16>第1層の噴霧圧 VS D50



③総合的な第1層シリカの形成状態

旧ブース標準スプレー条件 (噴霧圧0.14MPa、噴霧量1.7ml/分) で得られる被覆率 (約80%以上) を得るための新ブースの最適スプレー条件は、噴霧量1.8ml/分、噴霧圧0.18MPaであった。

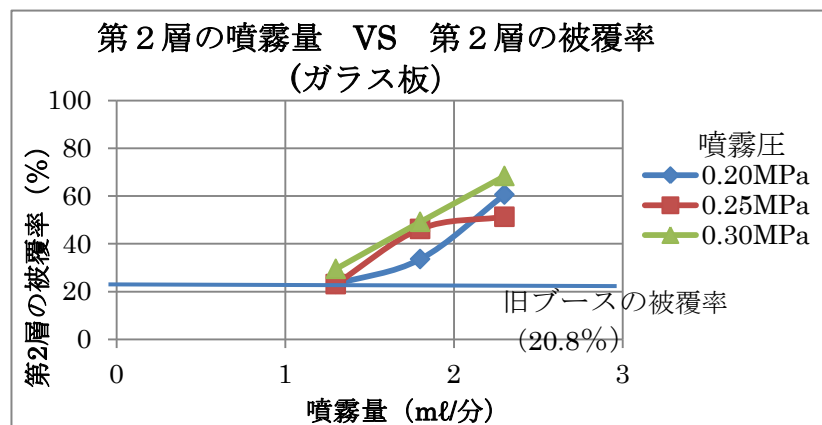
噴霧量2.3ml/分でも高被覆率を得ることができるが、この量では塗布溶液の消費が速くて液の補充頻度が高くなるため、経済性・操作性の点で好ましくない。

## 2. 第2層

### ①被覆率

第2層シリカ粒子被覆率は噴霧量増加に伴って増加し、噴霧圧の影響は小さかった (<図17>)。

<図17>第2層の噴霧量 VS 第2層の被覆率

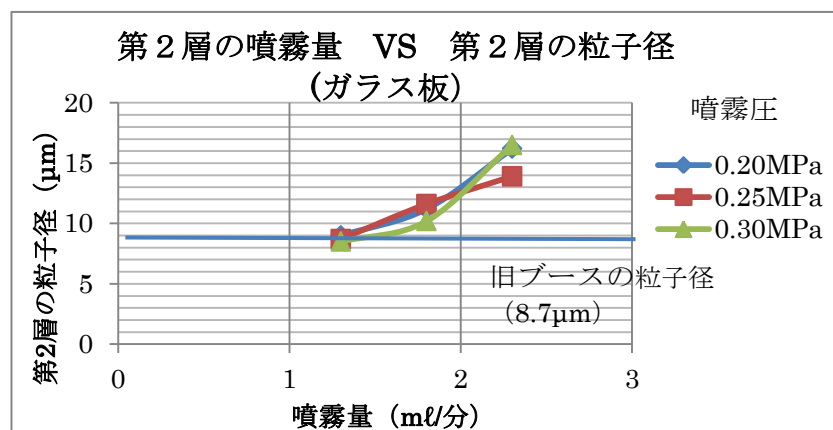


旧ブースでの標準スプレー条件で得られる被覆率約21%を実現するには、新ブースでは噴霧量1.3ml/分、噴霧圧0.20~0.25MPa程度のスプレー条件が良い。

### ② 粒子径

第2層シリカ粒子径は噴霧量増加に伴って大きくなった。これは、着滴粒子同士が重なり合う確率が高くなるためと考えられる。粒子径は噴霧圧には余り依存しなかった (<図18>)。

<図18>第2層の噴霧量 VS 第2層の粒子径



旧ブースでの標準スプレー条件で得られる平均粒径約9μmに合わせるには、新ブースでの噴霧量は1.3ml/分程度であることが必要。

### ③総合的な第2層シリカ粒子の形成状態

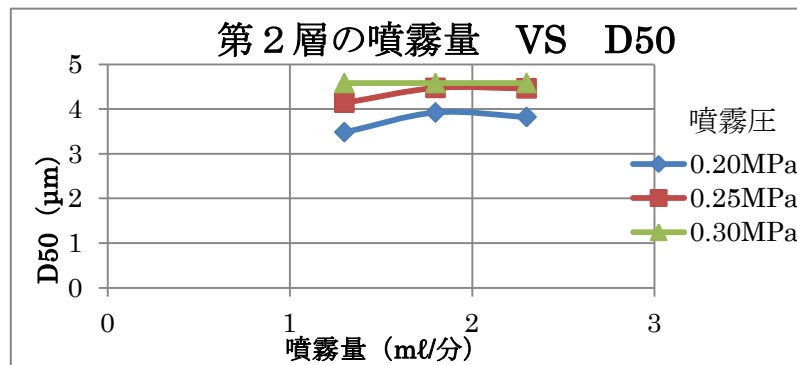
新ブース塗布装置で、スプレー条件を噴霧量1.3ml/分、噴霧圧0.20~

0. 25 MPa に設定すれば、旧ブースでの標準スプレー条件で得られる第2層粒子形成状態（被覆率約21%、粒子径約9 $\mu$ m）を実現することができる。

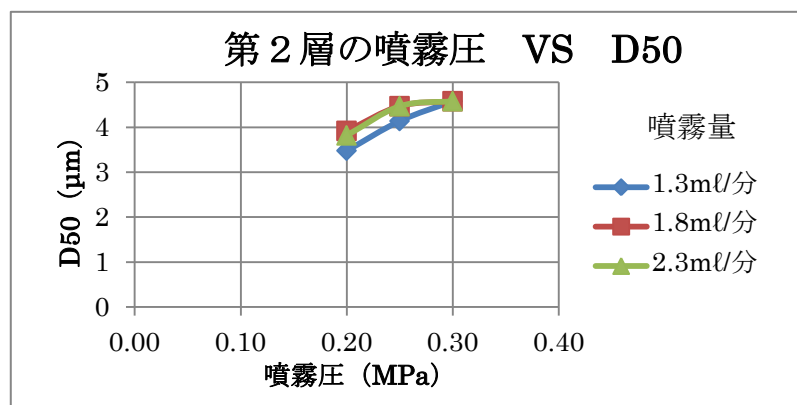
④液滴の粒子径D50

噴霧量が変わってもD50は余り変わらず4 $\mu$ m前後（<図19>）。噴霧圧が高くなるに連れてD50はやや大きくなる（<図20>）。

<図19>第2層の噴霧量 VS D50



<図20>第2層の噴霧圧 VS D50



結 論

新ブースの塗布装置において、スプレー条件（噴霧量や噴霧圧）を変えて、第1層及び第2層シリカの被覆率や粒子径の塗布条件依存性を検討し、各々最適スプレー条件を見出すことができた。

即ち、旧ブースでの標準スプレー条件で得られる第1層シリカ形成状態（被覆率約82%）を実現するには、新ブース第1層スプレー条件を、噴霧量1.8ml/分、噴霧圧0.18MPa程度とすればよいことが分かった。

また、第2層シリカ粒子の被覆率約21%、粒子径約9 $\mu$ mという、旧ブース標準スプレー条件で得られる粒子形成状態を実現するには、新ブース第2層スプレー条件を、噴霧量1.3ml/分、噴霧圧0.20~0.25MPaとすればよいことが分かった。

## 1-⑥-2 第1,2層の最適焼成条件の検討

日東商事(株) 久利 武

### はじめに

非粘着性を得るための3層構造の塗膜の焼成は、従来、第1層が80℃1時間、第2層が120℃3時間、第3層が120℃3時間の条件で行ってきた。今回最適の焼成条件を得ることを目的として、焼成温度と時間を振ったサンプルを作製し、各種評価を行ったので、その結果を報告する。

### 実施事項

#### 1. 試験用試料の作製

##### 1.1 検討した焼成条件

下記<表19>による。

<表19>各層の焼成条件

試料呼び名	第1層	第2層	第3層
低温	80℃1時間	80℃1時間	120℃3時間
現行	80℃1時間	120℃3時間	120℃3時間
高温	150℃0.3時間	150℃3時間	120℃3時間

##### 1.2 使用した基材

下記<表20>による。

<表20>基材の材質等

番号	基材材質	使用目的
1	ガラス板	粒度分布解析用 鉛筆硬度測定用
2	オルファ刃※	切れ味試験用
3	ステンレス板	摩擦試験用

※市販カッターナイフ用替え刃

##### 1.3 塗布溶液と処理条件

下記<表21>による。

<表21>布溶液、処理条件等

項目	第1層	第2層	第3層
塗布溶液(原液)	ケイ素系ポリマー含有液	ケイ素系ポリマー含有液	シリコーンオイル
希釈溶剤	デカリン	キシレン	原液使用
主成分濃度(%)	標準	標準	—
塗布方式	スプレー	スプレー	浸透塗布

塗布ブース	旧ブース	旧ブース	—
噴霧量(ml/分)	1. 5	1. 7	—
噴霧圧(MPa)	1. 4	2. 0	—
塗布回数(回)	4	4	1

## 2. 試験評価の実施

下記項目について試験評価を行った。

### ①粒度分布解析

画像解析ソフト Mac-View にて粒度分布を解析し、被覆率と粒子径を測定。詳細は第2章2-2に記述。

### ③ 筆硬度測定

鉛筆ひっかけ試験法による。

### ④ 切れ味試験

本多式切れ味試験機により20本切断往復回数を測定。詳細は第2章2-2に記述。

### ⑤ 摩擦試験

表面性測定機により摩擦係数と剥離強度を測定。詳細は第2章2-2に記述。

### ⑥ 密着性試験

前期(④)摩擦試験後のステンレス板表面をSEM(※)にて500倍で写真撮影し、その写真を粒度分布解析した。そして摺動部と非摺動部の被覆率の差から、被覆率変化率を求めた。  
※走査型電子顕微鏡

## 結果

結果の一覧を<表26>に示す。

<表26>試験結果

	試験項目	測定項目	低温	標準	高温
①	粒度分布解析	第2層被覆率 (%)	27.6	18.3	25.2
		第2層粒子径 (μm)	14.1	14.6	16.0
②	鉛筆硬度測定		3H	5H	7H
③	切れ味試験	20本切断往復回数(回)	2256	2574	3190
④	摩擦試験	10万回往復摺動後 摩擦係数	0.31	0.25	0.27
		10万回往復摺動後剥離 強度(N/8mm)	0.85	0.74	0.57
⑤	密着性試験	被覆率変化率 (%)	-2.5	-5.0	+9.2

## 結果のまとめと考察

以上の各試験項目の結果から得られた知見を以下に整理する。

### ①粒度分布解析

被覆率40%をねらって資料を作成したが、18.3%、25.2%、27.6%という具合にばらついた。他の試験に影響が出た恐れがあるが、経験的には軽微と判断する。粒子径は15 $\mu$ m前後で安定していた。

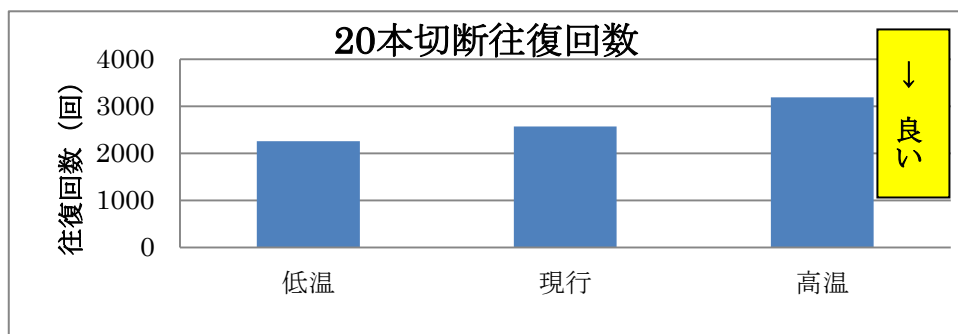
### ②鉛筆硬度試験

推定どおり焼成条件が高温になるのに従って硬度が増すことが確認できた。どの焼成条件も、経験的に必要最小限とされる硬さ3Hは確保できていた。

### ③切れ味試験

焼成条件が高温になるのに従い、20本切断往復回数が増すという、予想と反対の結果が得られた。これは焼成条件が高温になるほど硬度が増すので、高温ほど皮膜が脱落し易いためと推定される。しかし、⑤で述べるように、被覆率変化率に大きな差が無い（密着性に差が無い）ことから、バラツキの可能性が大きい。（<図21>参照。）また、焼成温度条件間の差は小さい。

<図21>切れ味試験 20本切断往復回数

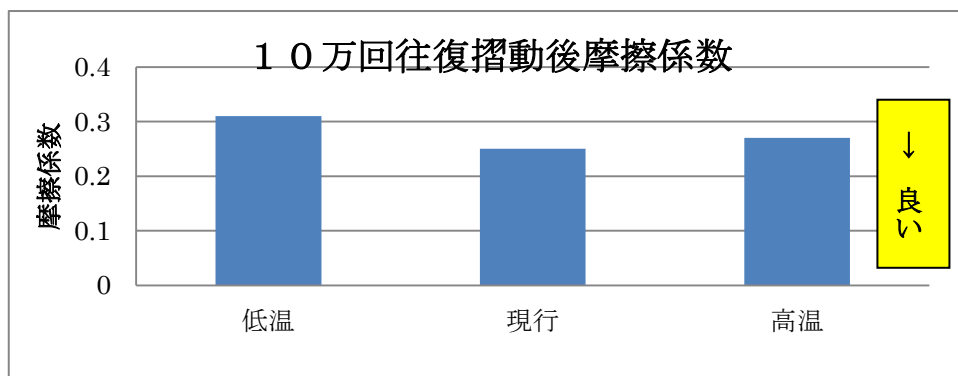


### ④摩擦試験

10万回往復摺動後の剥離強度は、焼成条件が高温になると小さくなるという予想通りの傾向が見られたが、摩擦係数は標準条件が一番小さかった。

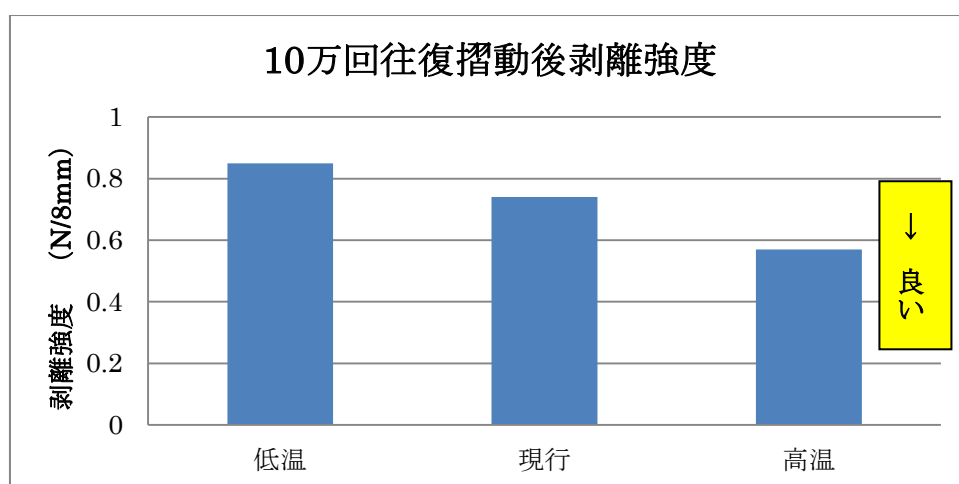
剥離強度、摩擦係数共に、大きな差は無いと言える。（<図22, 27>参照）

<図22>10万回往復摺動後摩擦係数





<図 2 3> 10 万回往復摺動後剥離強度



⑤密着性試験

<表 2 2>から明らかなように、各焼成条件の被覆率変化率は±10%以内である。バラツキを考慮すれば、焼成条件間に密着性の差は無いと言える。

結 論

前項の“結果のまとめと考察”で述べた内容の中から、最適焼成条件の選定に重要な測定項目に絞って順位を付けた結果をまとめると、<表 2 3>のようになる。

<表 2 3>順位表

◎は1位、○は2位、△は3位を示す。

試験項目	測定項目	低温	標準	高温
切れ味試験	20本切断	◎	○	△
	往復回数			
摩擦試験	10万回往復摺動後 摩擦係数	△	◎	○
	10万回往復摺動後 剥離強度	△	○	◎

<表 2 3>から明らかなように、順位が交錯しており、どの焼成条件が最適か判断が難しい。それぞれの測定項目において、焼成条件間の差が小さいことから、焼成条件は、従来から用いてきた条件、すなわち第1層が80℃1時間、第2層が120℃3時間、第3層が120℃3時間で問題ないと判断する。

### 第3章 全体総括

本事業は補正予算であった事から、1年間という短い期間の研究開発事業であった。しかし、ほぼ当初の計画で進める事ができた。

研究開発の成果として、安定的な3層構造の膜を成立させるために必要な、以下の技術を確立することができた。

- 塗布溶液の選定を行い、主成分濃度の最適値を選定できた。
- 第1層の最適膜厚、第2層粒子の粒子径、被覆率の最適値を選定できた。
- 最適な膜、粒子を安定的に生成する為に、塗布装置であるスプレーの噴霧圧、噴霧量、塗布回数最適値を見出し、さらに焼成温度と時間の最適値を選定できた。
- 上記技術を評価する為に、量産時に対応できる適正な性能評価技術を確立できた。
- 第3層のシリコンオイルは、海外からの輸入品であるために、供給、品質に不安定要素があったが、代替品を自社で生産できる目途が付いた。
- 量産時に必要な安定的な噴霧量を制御するために、1ml/分の塗布量制御を可能とする吐出量安定化制御装置を自社開発できた。

今後の課題として下記の事項が残っている。

- 量産化に向けての生産、品質管理に必要な各種管理値を設定するための基礎データの充実を進め、管理値を決定する必要がある。
- 各種フィルム、粘着テープの切断において、塗布処理された刃物による切断時の耐久性及び切断品質データの充実を図り、客先へ提供できる体制づくりが必要である。
- 更なる品質向上を図る為に、第3層シリコンオイルの代替品の評価を進める必要がある。
- 量産化に対応するために、設備、人員の充実を図る。

事業展開は以下のとおりである。

- 事業化を推進するため、商社でもある強みを生かし、客先からのニーズをとらえ試作品の提供する一方、展示会への出展により、より幅広いニーズの取り込み、刃物メーカーとのタイアップによる販売の促進を進める。
- コア技術となる非粘着性、摺動性の良さに着目し、刃物以外の分野（一例として金型分野）への展開を進めていく所存である。
- 装置開発を行った結果、運用可能となった吐出量安定化制御装置の販売を行う予定である。