

平成 24 年度 戦略的基盤技術高度化支援事業

「高品位電子写真装置用

高機能クリーニングブラシの開発」

研究開発成果等報告書

平成 25 年 3 月

委託者 近畿経済産業局

委託先 東英産業株式会社

目次

第1章 研究開発の概要

- 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標
- 1-2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）
- 1-3 成果概要
- 1-4 本プロジェクト連絡窓口

第2章 シリカゲル粒子合成技術の開発

- a) 高比表面積シリカゲル材料合成技術
- b) トルエン、ベンゼン、オゾン等を吸着可能なシリカゲル合成技術
- c) トルエン、オゾン等を分解可能なシリカゲル合成技術

第3章 粒子の粉碎分散技術の開発

- a) ブラシ毛の導電化に適したカーボンの分散安定化技術
- b) シリカゲル材料に適した粉碎分散技術

第4章 ブラシ毛の機能化技術の開発

- a) ブラシ毛の表面粗さ改質技術
- b) ブラシ毛の導電化技術
- c) ブラシ毛へのガス除去機能付与技術

第5章 総括

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

(研究背景)

多数本の導電性ブラシ毛をベース部材にパイル織りしたリボン状のブラシ体を、芯棒ローラに巻回した電子帯電装置に使用される回転型ブラシロールを「ブラシ」と呼ぶ。これはトナーを感光体へ静電付着させ転写する仕組みをもつ電子写真複写機にとって、感光体や転写ベルトに残ったトナーや紙粉をブラシによりクリーンにできなければ、製品劣化・印刷不良を招く重大なトラブルとなる為、複写機にとっては生命線となる重要構成部品といえ、その市場規模は約100億円/年に及ぶ。

感光体や転写ベルトに残ったトナーや紙粉をブラシによりクリーンにできなければ、製品劣化・印刷不良を招く重大なトラブルとなる為、高画素化等によるトナー粒径の小径化が日々革新する中でブラシに求められる技術革新はそれ以上の高度化が要求されている。

更に1500万台/年といわれる電子写真複写機市場において、韓国、中国等の競争参入は脅威となっている。国内大手電機メーカー各社はこれに研究開発による技術力を持って対抗しなければならず、ナノマテリアル技術の進化と共に「今こそ」の転換期にきている。ブラシにおいても、開発難度の高さゆえに日本が世界シェアを独占してきたが、最近に至っては中国製のものが見受けられるようになってきた。

このような状況の中でクリーニングブラシの高機能化に対する要求が高まってきている。具体的にはブラシの毛の表面を機能粒子により加工し、捕捉機能を高度化し、ブラシの表面積を上げるためにブラシ毛を細径化、高密度化する事によりクリーニング性能を高度化する事が次世代ニーズとして挙がっている。

更に、電子写真機では感光体の帯電工程でオゾン(O₃)が発生し、定着工程等からはVOC(ベンゼン、キシレン等)が発生する。これまでは防臭フィルター及びファンを取り付けてこれらの除去をしており、製品のコストが高くなるという問題を抱えている。

このような状況の元でブラシが極めて高い表面積であるデバイスである故に川下の大手電子写真機メーカーからは一様に、前述のようなブラシ毛の表面に機能粒子を付することが可能であれば、同時にブラシ毛に吸着剤や触媒を固定化してオゾンO₃、VOCを回収できるようにしてほしいとの強固な要請を受けている。

(研究目的及び目標)

本プロジェクトでは上記課題を解決する為に、次のような形で各機能を高度化したクリーニングブラシを開発する事を目的として行った。

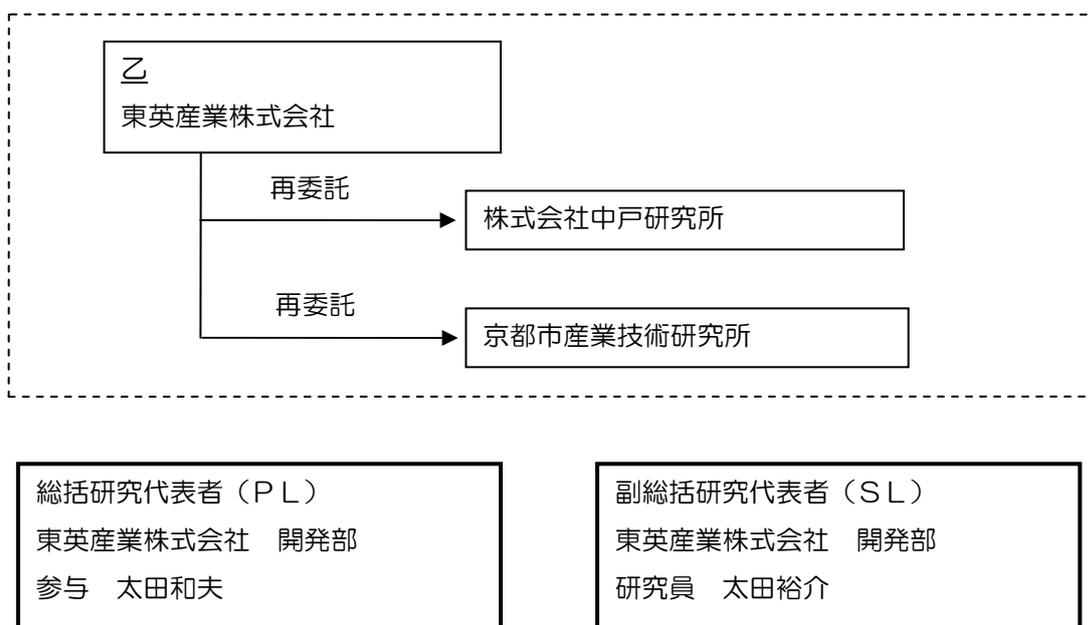
- ・クリーニング機能 : パイル毛の表面物性の高度化による捕捉性能の向上
- ・環境機能 : 独自のガス吸着分解材料のブラシ毛表面への担持によるクリーニングブラシへのガス除去性能の付与
- ・低コスト化 : 絶縁繊維の後処理導電化による原材料費低減
デリバリー短縮、在庫低減

更にこれらの目的を達成する為に、有害ガス除去機能を持つ独自材料の開発としての「シリカゲル粒子合成技術の開発」とブラシ毛に固着させる機能粒子の処理方法としての「粒子の粉碎分散技術の開発」、更に粒子をブラシ毛に固着させブラシを機能化する為の「ブラシ毛の機能化技術の開発」という3つの項目を技術目標に挙げた。

1-2 研究体制 (研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)

(1) 研究組織及び管理体制

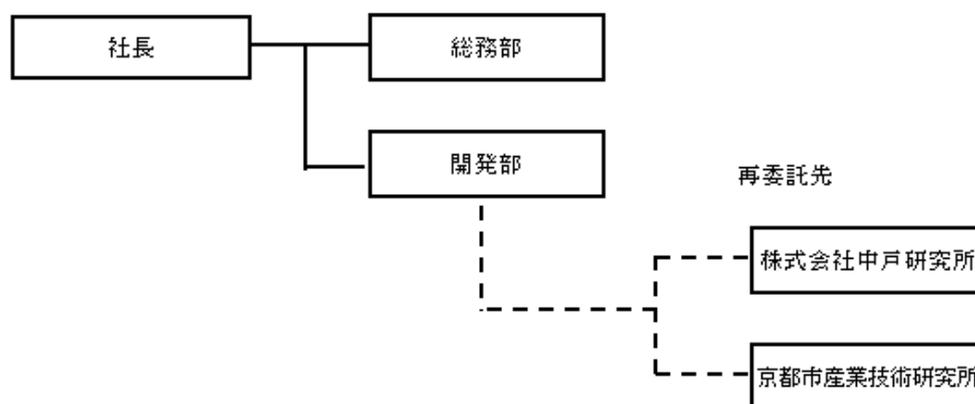
1) 研究組織 (全体)



2) 管理体制

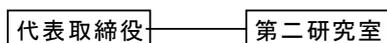
①事業管理機関

[東英産業株式会社]

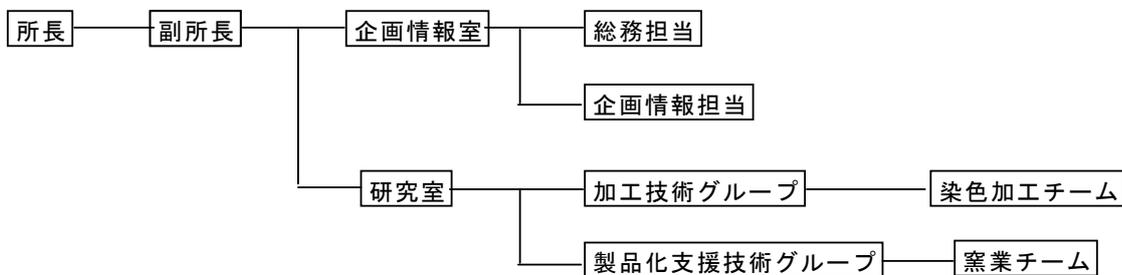


②（再委託先）

株式会社中戸研究所



京都市産業技術研究所



(2) 管理員及び研究員

【事業管理機関】 東英産業株式会社

①管理員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
太田 和夫	開発部 参与	④
西里 尚浩	開発部 部長	④
前田 正典	総務部 マネージャー	④
絹川 諒	総務部	④

②研究員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
太田 和夫(再)	開発部 参与	①～③
太田 裕介	開発部 研究員	①～③
中西 章	開発部 研究員	①～③
吉田 暁史	開発部 研究員	①～③

【再委託先】

株式会社中戸研究所

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
井狩 雅文	代表取締役	①～③
森本 政雄	第二研究室 主任研究員	①

京都市産業技術研究所

氏名	所属・役職	実施内容（番号）
佐藤 昌利	製品化支援技術グループ 窯業チーム 研究担当課長	②
早水 督	企画情報室 研究担当課長	③
向井 俊博	加工技術グループ 染色加工チーム 研究員	③

(3) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理機関)

東英産業株式会社

(経理担当者) 総務部 マネージャー 前田 正典
 (業務管理者) 開発部 部長 西里 尚浩

(再委託先)

株式会社中戸研究所

(経理担当者) 代表取締役 井狩 雅文
 (業務管理者) 代表取締役 井狩 雅文

京都市産業技術研究所

(経理担当者) 企画情報室 総務担当 北山 里美
 (業務管理者) 企画情報室 副室長 山崎 謙二

(協力者)

氏名	所属部署・役職名	指導・協力事項
川瀬 徳三	国立大学法人 京都工芸繊維大学 界面材料学研究室 教授	主に『③ブラシ毛の機能化技術の開発』 に関する指導・協力
岡 建樹	コニカミノルタ ビジネステクノロジーズ株式会社 開発本部要素技術開発センター 要素技術開発センター長	研究全体に対する川下産業の視点で の製品化への方向付けに関する指 導・協力
中嶋 博史	株式会社 松井色素化学工業所 営業部長	『③ブラシ毛の機能化技術の開発』 に関する指導・協力

1-3 成果概要

本プロジェクトでの成果は1-1に記載したニーズに対応したクリーニングブラシのサンプルを客先に提出できるレベルにまで機能化技術を確立した事である。その成果を得る為に、1-1に記載した3つの技術目標に対して研究開発を実施し、それぞれについて以下のような技術を開発した。次章以降に、技術目標毎の成果詳細をまとめる。

1-3-1 シリカゲル粒子の合成技術の開発

- a) 高比表面積シリカゲル材料合成技術
- b) トルエン、ベンゼン、オゾン等を吸着可能なシリカゲル合成技術
- c) トルエン、オゾン等を分解可能なシリカゲル合成技術

1-3-2 粒子の粉碎分散技術の開発

- a) ブラシ毛の導電化に適したカーボンの分散安定化技術
- b) シリカゲル材料に適した粉碎分散技術

1-3-3 ブラシ毛の機能化技術の開発

- a) ブラシ毛の表面粗さ改質技術
- b) ブラシ毛の導電化技術
- c) ブラシ毛へのガス除去機能付与技術

1-4 本プロジェクト連絡窓口

東英産業株式会社 参与 太田和夫

TEL : 0774-98-4141 FAX : 0774-98-4040

E-mail : k.ohata@toeisangyo.jp

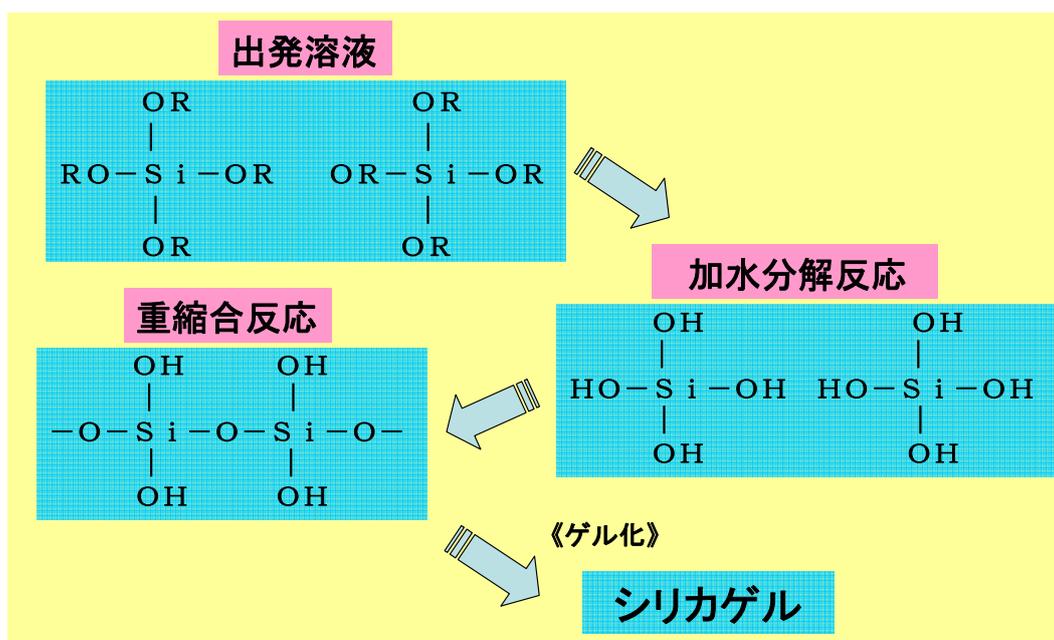
第2章 シリカゲル粒子合成技術の開発

本章のテーマであるシリカゲル粒子の合成は、ゾル-ゲル法により行った。ゾル-ゲル法とはアルコキシドを出発原料として図1-1のような反応によりシリカゲルを合成する方法である。この方法は、以下のような理由から高機能なガス除去材料の合成方法として有用である為、本研究のメイン技術とした。

- ・ 合成条件により形成されるシリカゲルの構造を制御出来る。
- ・ 溶液から粒子材料を合成する方法であり、様々な触媒との複合化が可能である。
- ・ シリカゲルは後処理により表面の親和性を改質できる。

以上のように検討した本テーマの成果を次頁以降に示す。

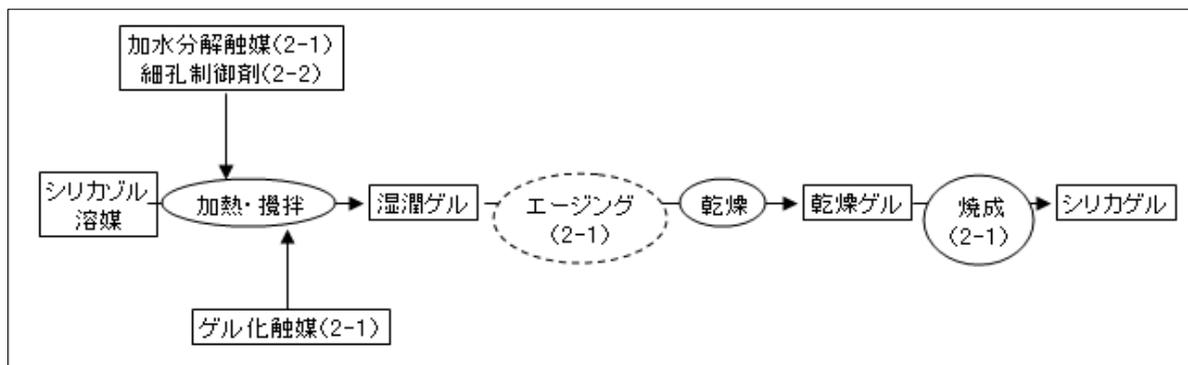
(図2-1：ゾル-ゲル法によりシリカゲル合成)



a) 高比表面積シリカゲル材料合成技術

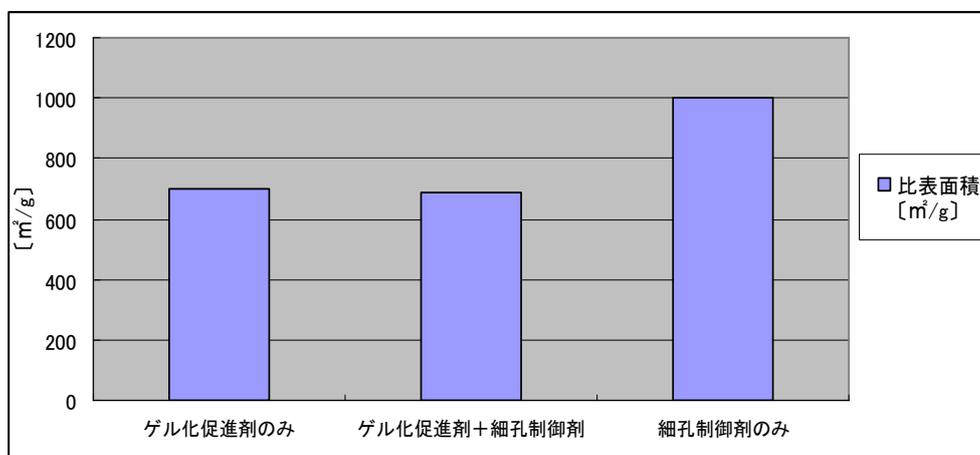
このテーマは比表面積 $1000\text{m}^2/\text{g}$ 以上のシリカゲルの合成技術を得る事を目的として行った。具体的な検討内容としては下図2-2に示すような工程について各種条件を検討した。

(図2-2：シリカゲルの合成工程とパラメーター)



この検討により、シリカゲル内に多くの細孔を形成する事が重要であり、細孔制御剤の添加が大きな影響を与える事が分かった。その結果を示すグラフが図2-3である。

(図2-3：細孔制御剤を使用したシリカゲルの比表面積)



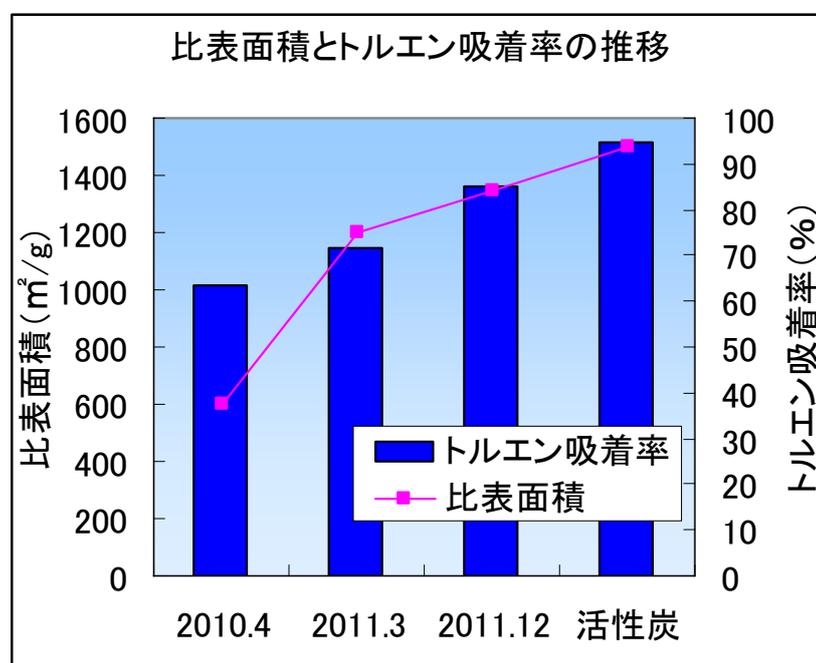
また、更にこの結果を踏まえて細孔制御剤の添加量等を検討する事により比表面積は当初目標を大幅に超えた $1200\text{m}^2/\text{g}$ にまで向上する事が出来た。

b) トルエン、ベンゼン、オゾン等を吸着可能なシリカゲル合成技術

このテーマでは、トルエン、ベンゼン等の疎水性ガスやオゾン等の極性ガスそれぞれについて 10mg/g(/hr)以上の吸着性能を示す多孔質シリカゲル粒子を開発する事を目標にした開発を行った。検討内容としては比表面積の更なる向上やシリカゲル表面の疎水化処理技術の開発である。

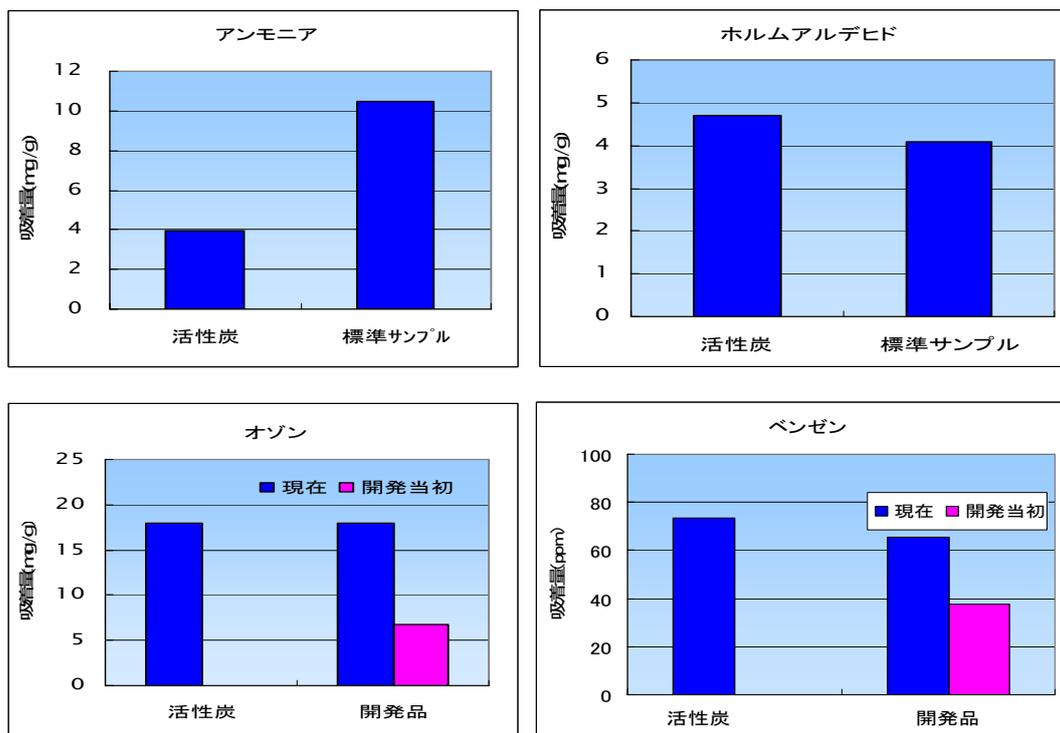
比表面積の向上においては a) に示した技術を元に各種条件の最適化を行い図 2-4 に示す通り、比表面積を 1400m²/g まで向上させ、その結果ガス吸着性能も大きく向上させる事が出来た。

(図 2-4：比表面積の更なる向上とトルエン吸着性能の向上)



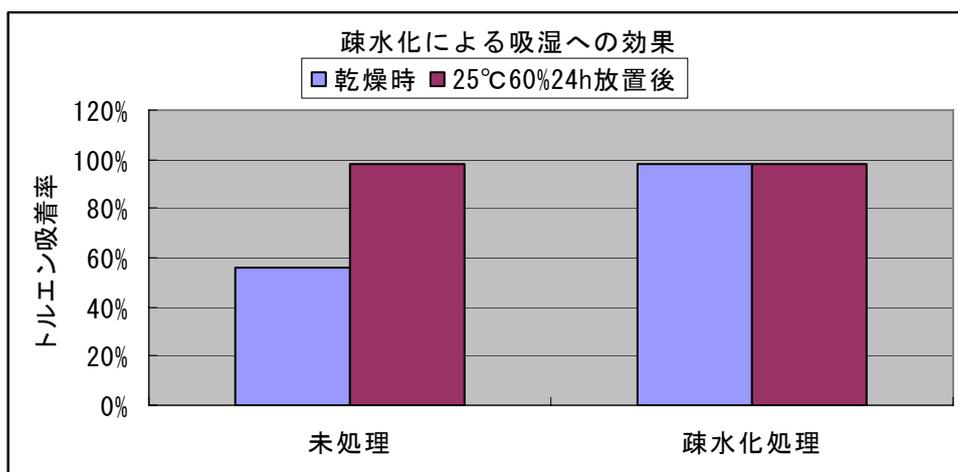
更に、比表面積の向上によって図 2-5 に示すように各種ガスに対する吸着性能も大きく向上させる事ができ、ガス種により目標値も達成する事ができた。

(図 2-5：各種ガスに対する吸着性能)



また、吸着性能について、トルエン、ベンゼン等の疎水性ガスではシリカゲルが吸湿すると吸着性が落ちるという問題点があったが、その課題についても図 2-6 のようにシリカゲル表面を疎水処理する事で解決する事が出来た。

(図 2-6：疎水化による調湿影響の改善)

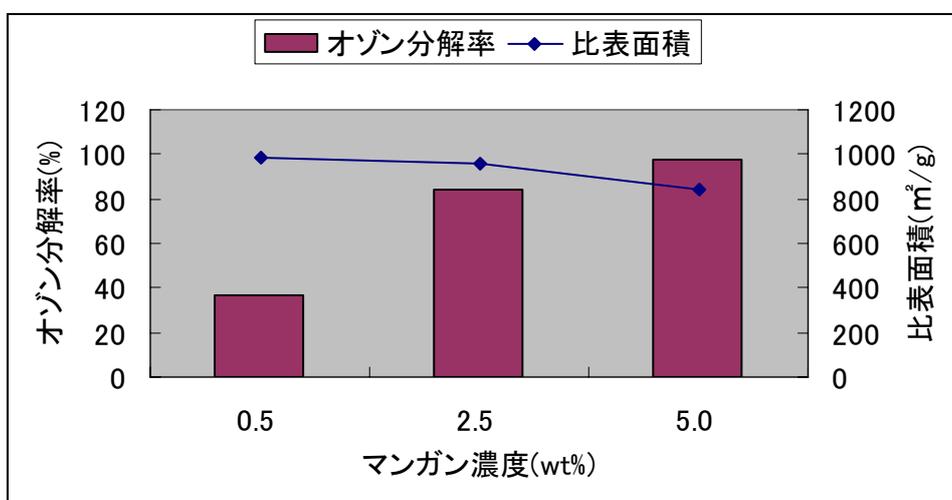


c) トルエン、オゾン等を分解可能なシリカゲル合成技術。

本テーマではトルエン、オゾン等のガスについて 0.5mg/hr(/g)以上の分解性能を示す材料を開発する事を目標として研究を進めた。検討内容は開発したシリカゲルと二酸化チタン触媒や二酸化マンガン触媒等の適正な複合化手法及び条件の適正化である。

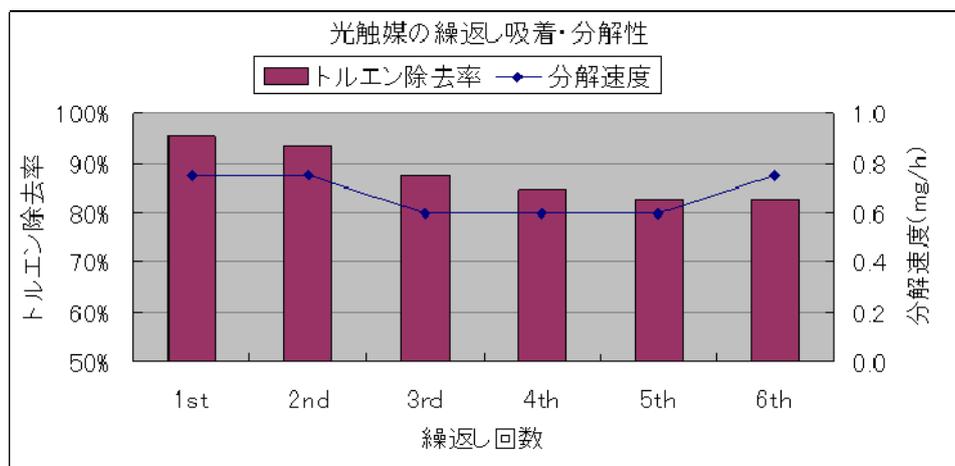
オゾンに関しては、図 2-7に示すように二酸化マンガンとの複合化により分解性能を付与する事が出来た。但し、二酸化マンガンの担持量により分解性能が向上するのに反して比表面積の低下が起こっており、一層のオゾン分解性能の向上に対しては課題を残す結果となっている。

(図 2-7：二酸化マンガン担持濃度と比表面積)



また、トルエン等の有機物質に対しては、図 2-8 に示すように、二酸化チタンとの複合化により当初目標以上の分解性能を付与する事が出来た。

(図 2-8：二酸化チタン複合シリカのトルエン分解性能)



第3章 粒子の粉碎分散技術の開発

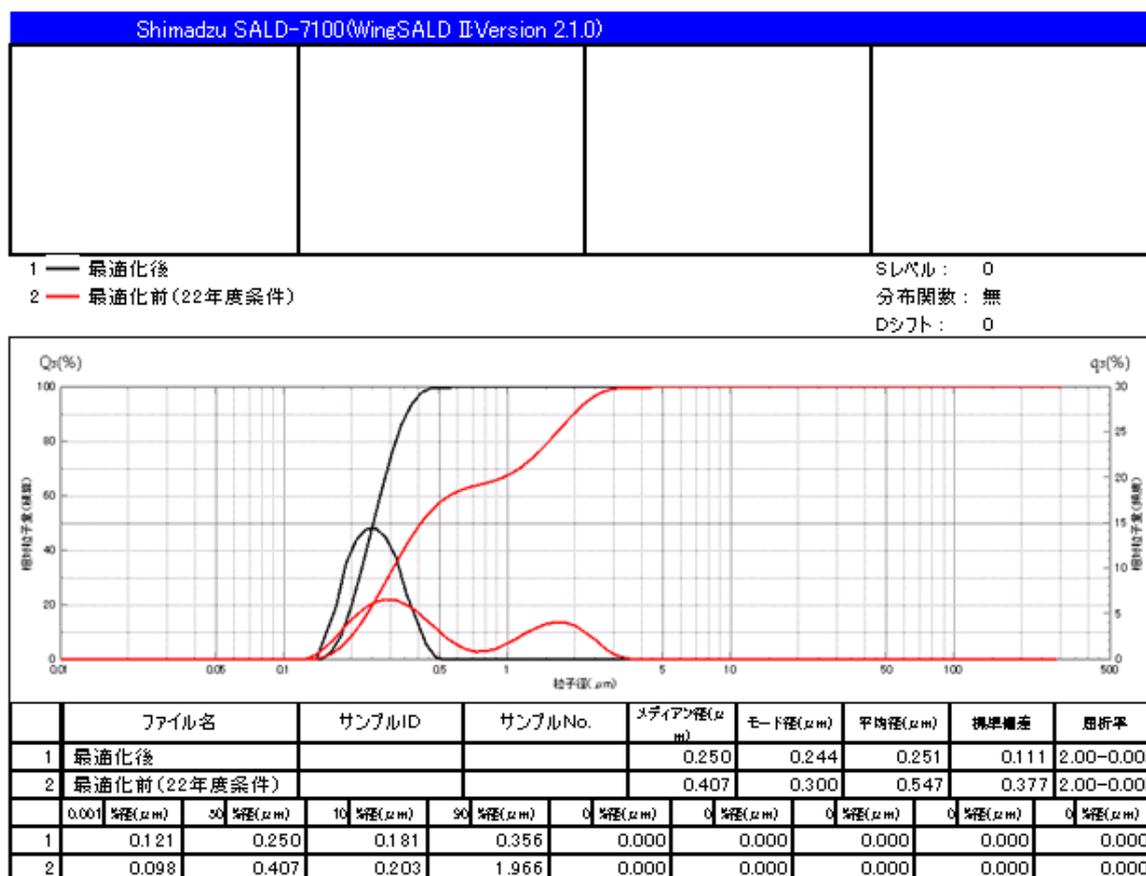
このプロジェクトでは15 μm から30 μm 程度の非常に細い繊維径を持つブラシ毛に機能粒子を固定化する事によりブラシを機能化する為、機能粒子を安定に液中に分散させる事が重要である。この課題に対して本章のテーマである粒子の粉碎分散技術はブラシ毛に固着させるカーボン、シリカゲルの粒子をビーズミル等の装置を用いて粉碎分散する事により検討を進めた。この検討によって得られた成果を以下に示す。

a) ブラシ毛の導電化に適したカーボンの分散安定化技術

カーボンの分散安定化はブラシ毛の導電化において、抵抗値のばらつきを低減する為に非常に重要である。この課題を解決する為、『10%粒子径：0.5 μm 以下、90%粒子径：2 μm 以下』という分散状態のカーボン液を作製出来る技術を開発する事を目標としてビーズミルによる分散条件の最適化を検討した。

この検討の結果、下図3-1のように平成22年度には上記目標をクリア出来る分散条件を得て、最終年度では『10%粒子径：0.12 μm 、90%粒子径：0.35 μm 』という非常にシャープな粒度分布を持つカーボン分散液を得る事が出来た。

〔図3-1：得られたカーボン分散液の粒度分布〕

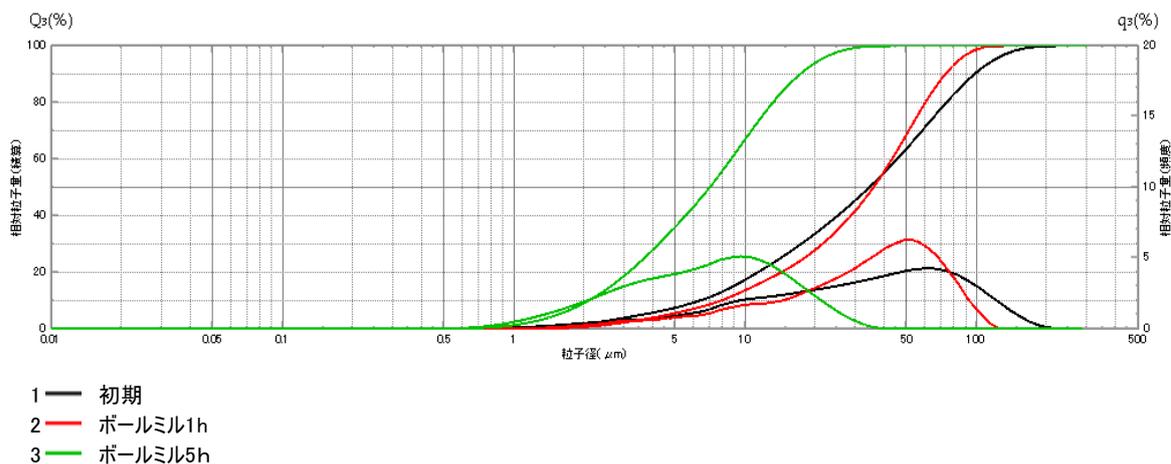


b) シリカゲル材料に適した粉碎分散技術

本テーマでのシリカゲルは第2章で述べたガス除去能を持つシリカゲルであり、粉碎分散により、ブラシに固着可能な『10%粒子径が0.5 μ m以下となり90%粒子径が2 μ m以下』の粒度分布にすると共にガス除去能を失わない条件で粉碎、分散を行う必要があった。この課題を解決する為に、ビーズミルやボールミル、遊星ボールミル等によるシリカゲル粒子の粉碎分散技術を検討した。

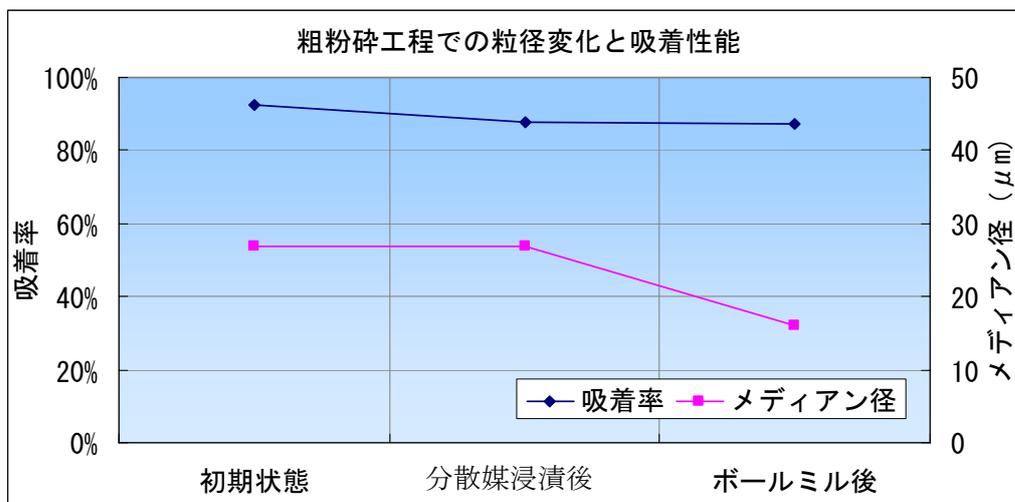
この検討では、第2章での合成過程を終えた粒子が対象となる為、10 μ m程度の平均流刑にする為の粗粉碎工程から検討する必要があった。粗粉碎はボールミルで行い、その粒度分布変化とガス除去性能の変化は下図3-2、3-3の通りであり、ガス除去性能に影響を与えずに粗粉碎が行える事が確認出来た。

〔図3-2：ボールミルでの粒度分布変化〕



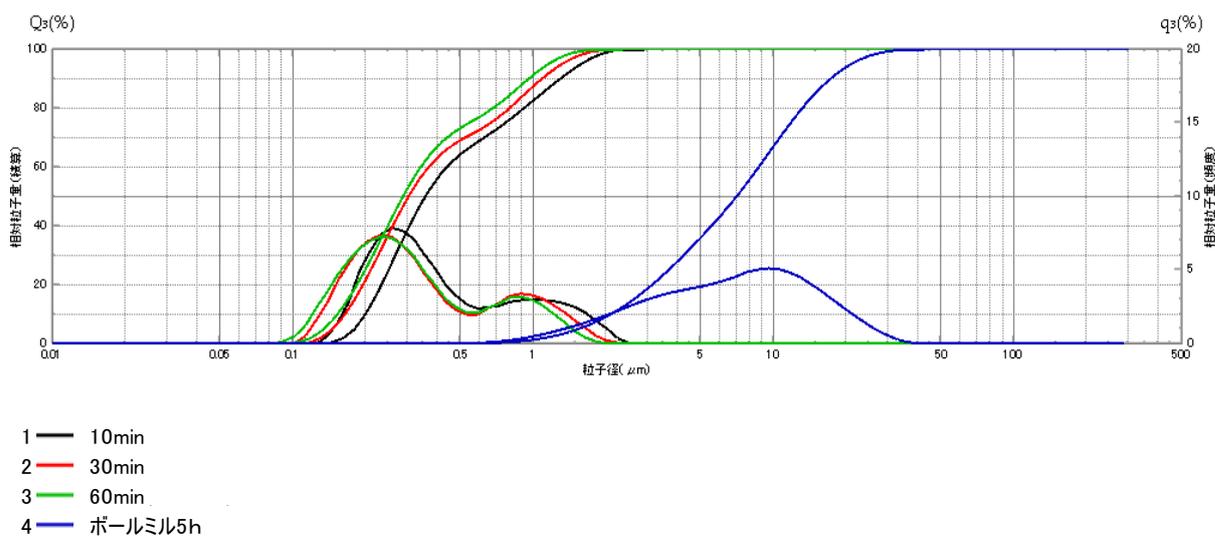
ファイル名	サンプルID	サンプルNo.	メディアン径(μ m)	モード径(μ m)	平均径(μ m)	標準偏差	屈折率		
1 初期			34.156	63.908	28.304	0.467	1.95-0.05i		
2 ボールミル1h			35.531	52.001	28.564	0.386	1.95-0.05i		
3 ボールミル5h			6.981	9.992	6.382	0.352	1.95-0.05i		
	10 %径(μ m)	50 %径(μ m)	90 %径(μ m)	100 %径(μ m)	0.001 %径(μ m)	0 %径(μ m)			
1	6.277	34.156	98.160	243.508	0.516	0.000	0.000	0.000	0.000
2	7.753	35.531	73.334	131.450	0.799	0.000	0.000	0.000	0.000
3	2.089	6.981	17.251	46.666	0.084	0.000	0.000	0.000	0.000

〔図3-3：粗粉碎後のガス吸着性能〕



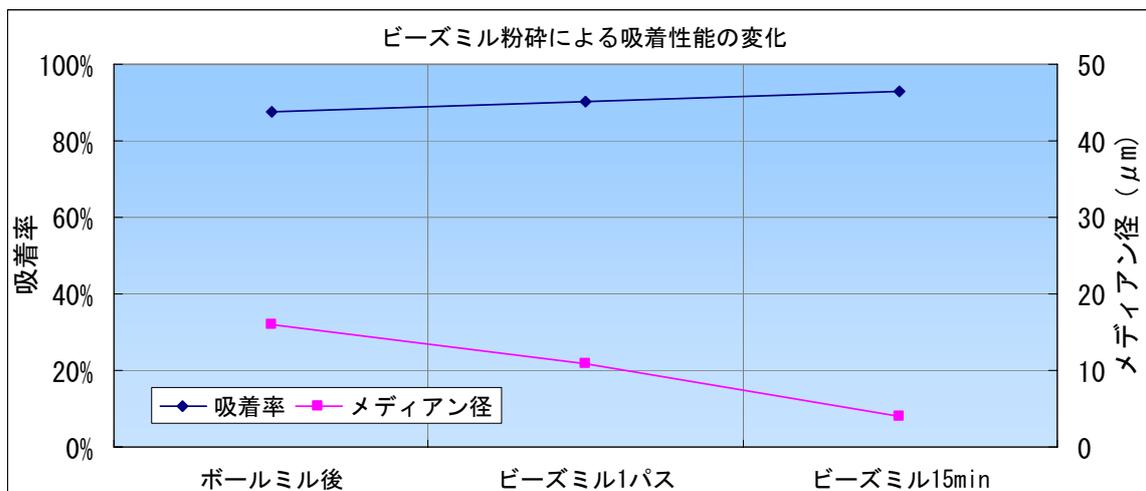
更にビーズミルで目的の粒径まで粉碎を進めた結果が下図3-4、3-5である。

〔図3-4：シリカゲルのビーズミル粉碎での粒度分布の推移〕



ファイル名	サンプルID	サンプルNo.	メディアン径(μm)		モード径(μm)		平均径(μm)		標準偏差		屈折率	
			メディアン径(μm)	モード径(μm)	モード径(μm)	平均径(μm)	標準偏差	標準偏差	屈折率	屈折率		
1 10min!			0.357	0.244	0.433	0.304	1.85-1.00i					
2 30min!			0.304	0.244	0.365	0.307	1.85-1.00i					
3 60min!			0.287	0.244	0.332	0.293	1.85-1.00i					
4 ボールミル5h			6.981	9.992	6.382	0.352	1.95-0.05i					
			10 %径(μm)	50 %径(μm)	90 %径(μm)	100 %径(μm)	0.001 %径(μm)	0 %径(μm)				
1			0.197	0.357	1.295	3.174	0.107	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2			0.162	0.304	1.086	2.609	0.087	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3			0.152	0.287	0.955	2.616	0.071	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4			2.089	6.981	17.251	46.666	0.084	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

〔図3-5：ビーズミル粉碎によるガス吸着性能の変化〕



以上のようにシリカゲルにおいても目的とする粒度分布までガス除去性能を維持したまま粉碎分散が行える条件を開発する事が出来た。

第4章 ブラシ毛の機能化技術の開発

本章のテーマであるブラシの機能化技術はブラシ毛にカーボンやシリカゲル等の機能粒子を固着させ、その機能を発現させる事を目的としている。

本プロジェクトでは、この目的に対する研究を進め、『ブラシ毛の表面粗さの改質』、『ブラシ毛の導電化』、『ブラシ毛へのガス除去機能付与』の3つの機能をブラシ毛に付与する事に成功した。これによって本プロジェクトの最終的な目的である、クリーニング性能の向上、低コスト化、環境対応性能の付与という3つの目標を達成する事が出来た。

各機能付与についての成果を以下に示す。

a) ブラシ毛の表面粗さ改質

本プロジェクトで開発した表面粗さ改質技術では多様な粒子を下図4-1のようにブラシ毛表面に固着させる事が可能な技術である。

〔図 4-1：粒子固着前後のブラシ毛表面のSEM 画像〕

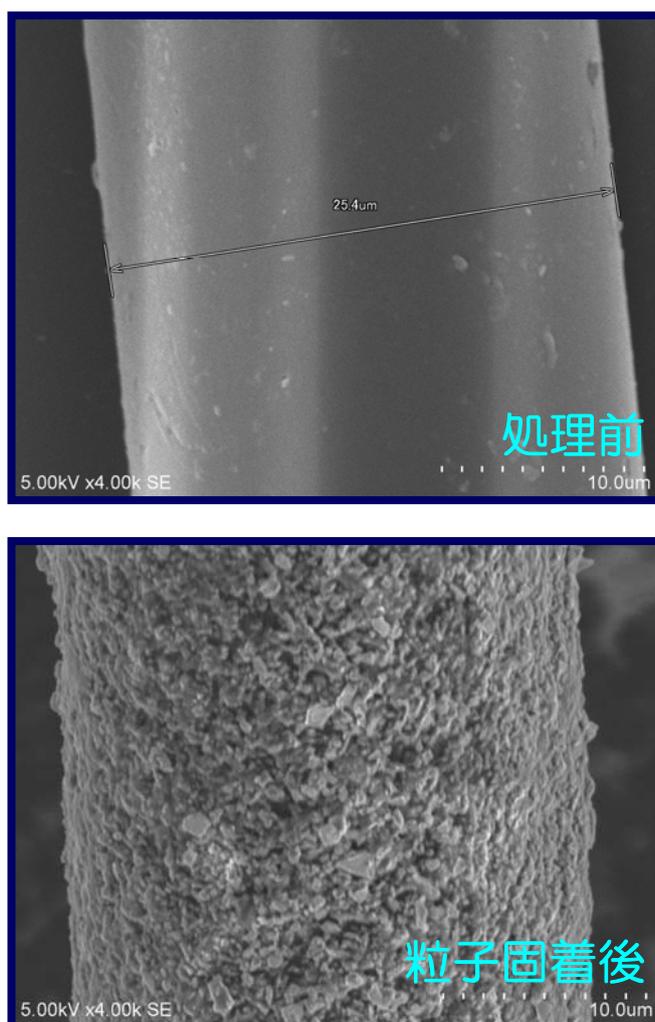
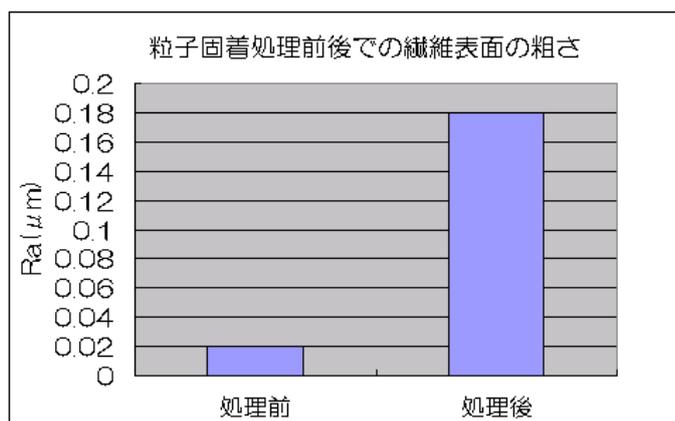


図 4-1 に示した通り、粒子の固着により繊維表面の形状を大きく変化させる事が出来た。この処理による表面粗さの変化は下図 4-2 に示す通り処理前の 9-10 倍程度である。開発当初は 2 倍程度の変化を見込んでおり、目標以上の成果を挙げる事が出来た。

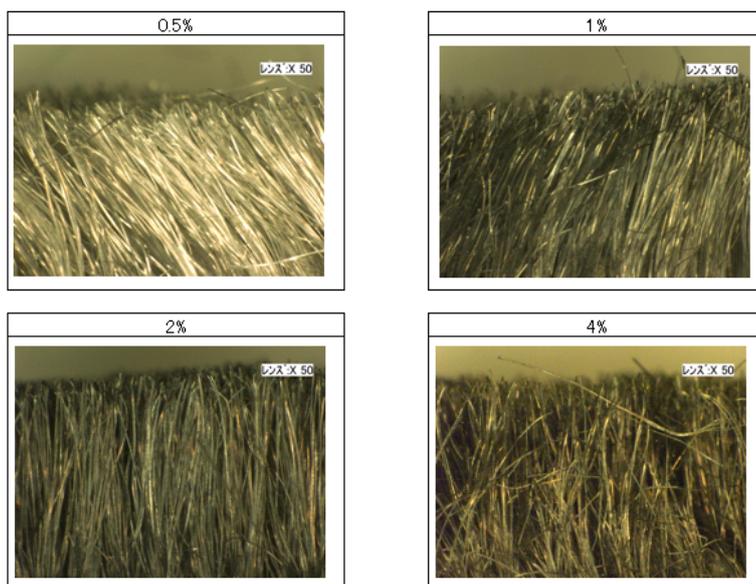
〔図 4-2：粒子固着有無による繊維表面粗さの差異〕



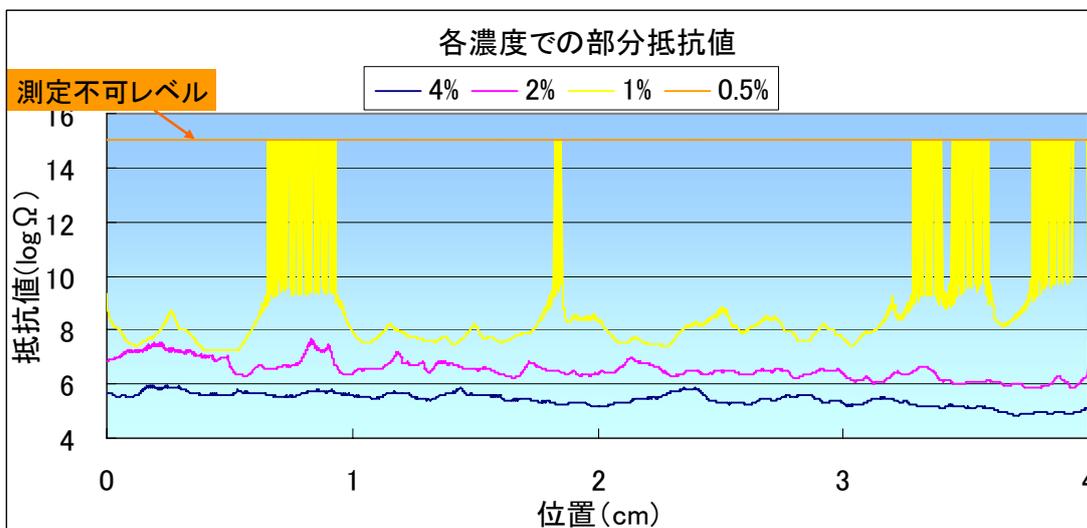
b) ブラシ毛の導電化技術

本章のテーマである導電化技術はブラシ毛にカーボンを固着させる事によりブラシ毛の導電化を実現した。この導電化では、固着方法を検討し、一定濃度以上のカーボン固着させる事により下図 4-3 に示すようにカーボン分散液を均一に固着させる事で、下図 4-4 に示すようにブラシ全体を均一な抵抗値にする事に成功した。

〔図 4-3：カーボン固着後のブラシ画像〕



〔図 4-4：測定箇所毎のブラシ抵抗値〕



この導電化では、当初抵抗値 100MΩ以下の導電性を得る事を目標としていたが、より低い抵抗値のブラシの作製が可能になった。

c) ブラシ毛へのガス除去機能付与技術

本章のテーマであるガス除去機能の付与はブラシ毛に第 2 章に記載したガス除去用シリカゲルのガス除去機能を少なくとも 50%以上残したまま、ブラシに固着させる事が目的である。

本プロジェクトでは、この目的を達成する為、粒子を接着剤等と混合せずを使用してブラシ毛に固着させる特殊な方法を開発した。

その方法により、固着させたブラシのガス除去性能を下図 4-5 に示す。

〔図 4-5：ブラシ固着前後でのシリカゲル粒子量毎のトルエン除去性能〕

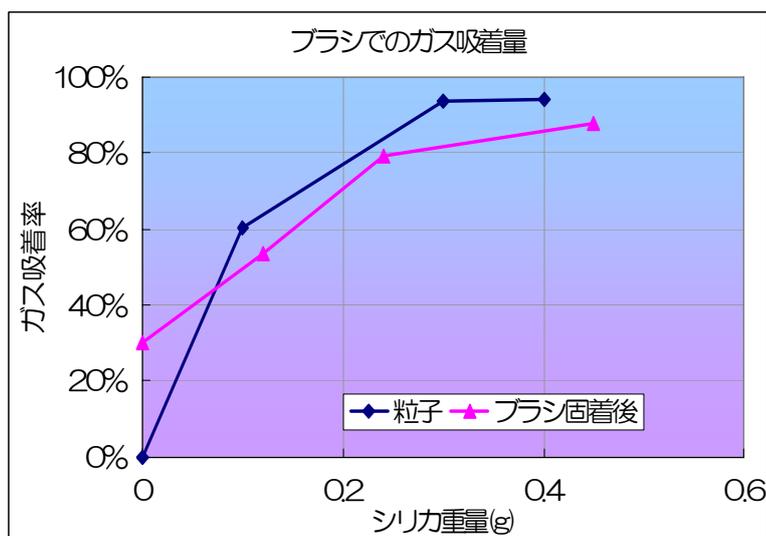


図 4-5 に示したとおり、本プロジェクトで開発した技術によりシリカゲル粒子の性能を殆ど低下させないままブラシ毛に固着させる事が出来た。

第5章 総括

当初目標とした各研究項目について検討を行い、高機能クリーニングブラシを作製する為の材料と製造技術を開発し、当初の数値目標を超えるクリーニングブラシを開発する事に成功した。

事業化に向けた次の課題は、川下企業である電子写真機メーカーに実機テストを要請し、良い結果をおさめる事である。今後、各社に向けたサンプルワークを開始し、実機内での課題を抽出し必要に応じて改善を進める。3年以内に製品化を達成する事を今後の目標としたい。