

## (第 105 回) KS クラブ議事メモ

開催日	2020 年 5 月 12 日 (火)	出席者 敬称略	坂下勲・西村二郎・山崎博・松村眞・大谷宏・持田憲秋・小林浩之・宮本公明・飯塚弘・神田稔久 (文責)
時間	15:00~17:00		
場所	TV 会議方式		
資料	種々の塗布方式の歴史と変遷 (宮本公明)		
議題	<p>1 技術課題</p> <p>種々の塗布方式の歴史と変遷</p> <p>化学学会の「塗布乾燥技術の基礎とものづくり」の出版を機に、「温故知新」を実行して、これまでの単純な方式の紹介から一步踏み出した分析を指向した。その成果として、塗布機の持つ機能を 4 機能に分化して、精細な塗布を可能にした。この方法により、全ての塗布方式を一元的に分類することが出来た。また、高精度や多層な塗布品への要求は 4 機能の分化を促進することとなった。多く使われている、ダイ塗布と呼ばれる 3 方式は 4 機能が完全に分化し、各層がそれぞれに機能を持つことで多層化を図ることが可能となった。</p> <p>その間、特許による差別化については、コダックが秘匿路線に転じたのに対し、富士フィルムなどは、プロセス特許の取得など広範な特許取得で対抗した。塗布の研究に関しては、化学学会の塗布技術研究会/材料海面部会が技術センターの役割を果たしている。1990 年台からは、多業種からの参画も得ている。</p> <p>発表者からのコメント</p> <p>温故知新と冒頭で説明しましたが、2000 年に学会発表した後半のダイ塗布 3 種の分類の話の検討で感触を掴んでいました。この時は、「スロット、スライド、カーテン以外に何か方法がないのか」という疑問に特許上、「それ以外の方法が発明されていない」ことを先ず実証しておかねばと思って調べました。その結果、過去にはこの 3 種以外にないということが分かりホッとしました。</p> <p>今回は、「種々の塗布方式の歴史を紐解く」というお題から出発したので、どのような発展の歴史があったのかを分類しながら調べてみようと思った次第です。幸い、今のダイ塗布の機能の順序が、計量→液溜→液膜→転写となっていてダイ塗布以外でも進歩の過程でこれに近付いていることが分かり、ダイ塗布が究極の形態であると分かりました。また、以前から不思議に思っていた「なぜダイ塗布だけが多層塗布を可能にできるのか」について、「各層が計量→液溜→液膜までの機構を個別に持てるから」であると分かりました。</p> <p>発表についての質疑で小林様から質問された「プロセス特許なのに意願が認められたのか」という質問について「海外工場稼働で機密ではなくなるから」という答えは少し形式的なものだったと思います。多くのプロセス特許は、他社が許可なく実施してもわからないという理由で出願許可が下りないというのが通常です。ただ、寡占業界ですので、塗布速度向上技術を実用化すると、通産省の工業統計や環境庁の廃棄物排出量などからすぐにバレることがあり「何かやっている」ことまでは突き止められます。また、そういう特殊な装置の製造も機械メーカーを調べられると隠し通せないという事情があります。さらに、ミネソタ大学卒業後各地の大学で教鞭をとる先生方が国際塗布学会を設立し、秘密主義のコダックに対して技術的な存在感のアピールをいただいたことも特許化の後押しになりました。富士フィルムはコダックに並ぶ技術力をアピールしたかったので、私も多くの発表を行いました。必ず特許出願が義務付けられていました。コダックの友人と学会で雑談をすると、富士の発表のレベルはずっと前に出来ていたのに発表許可が下りなかったのが悔しいと言われた記憶があります。さらに、研究会でお話したように、プロセ</p>		

スを変えることで、より高い機能を実現できるということが実証できたのも特許化の後押しになりました。

このように考えていくと、写真材料製造プロセスは製品の機能とプロセスが密接につながっている点で、多くの材料生産プロセスと異なっていると気づきました。今後、機能性材料の創生は国家としても重要なので、このような戦略も重要と言えると思います。(宮本)

#### 参加者からのコメント

\*新しいプロセスを導入する場合、原理原則に基づいて設計をする。とはいうものの、現実には、時間の制約があるので、「エイヤツ」とばかり作り上げるのが現実だろう。少し、落ち着いてから、原理原則に戻ってプロセスをシミュレートする。そして品質と生産性を上げる条件を見出すわけである。この作業は継続的に行われるが、深く掘り下げる会社と、上っ面を撫でるだけの会社では、技術力に大きな差がでる。

モノづくりの会社では、至るところに解析のネタが転がっている。しかし、一見して「薄汚い」テーマには誰も寄り付かない。こんな分野こそ、化学工学屋が手を付けなくてどうする、といたくなる。

「富士フィルム×宮本さん」の例は、石油化学を失った化学工学屋の進むべき道を示している。(西村)

塗布という一見地味とも言えそうな技術に関して 19 世紀末まで遡り、技術発展の様相を特許出願の図を使って丁寧に説明頂き、有難うございます。中でも、Kodak 社が 19 世紀末にはいち早く関連特許を出願するなどして、早くから世界の写真フィルム業界をリードして来たという事実をも確認出来、産業技術史の観点から大変興味深く拝聴致しました。それにしても Kodak というのは不思議な会社ですね。Kodak 社はデジタル化への対応が遅れ 2012 年には倒産していますが、世界で初めてデジタルカメラを開発したのは Kodak 社の技術者だそうですね！余りにもフィルム事業への執着が強かったことが、同社がデジタル化で遅れた原因とも指摘されていますね。その点、富士フィルムは、見事に脱フィルム事業化に成功し、現在でも一流企業にランクされているのは素晴らしいことです。

産業技術史を紐解いてみると企業や産業の盛衰に関わる色々な話に遭遇します。10 年近く前、私は、日本の繊維産業に再興のチャンスがあるのではないかと思い、捺染技術の事を調べてみたことがあります。日本には京友禅のような素晴らしい伝統的な手捺染技術があるのだから、これを機械化すれば世界に大きなインパクトを与えることが出来るのではないか、と思ったのです。でも、調べてみると捺染機はもうずいぶん昔から使われておりました。又、染料を布に「塗布」という捺染技術分野でも技術革新が起こって居る事も分かりました。そうです。インクジェット技術を使うデジタル捺染です。このデジタル捺染技術については、最近でも、エプソンなどでの技術開発が行われているとの記事を見たことがありますから未だ技術的に改良の余地があるのですが、ある業界通によると、この技術も遠くない将来中国企業に取りこまれてしまい、共産党政府の後押しを受け、又、大テスト市場を有する強みもあり、最終的には繁栄するのは中国企業のみと言う事になるだろうとの予想もあるようです。西村さんの指摘にもある通り、中国は本当に困った国だと思います。苦勞して技術開発をした企業が利益を得るという原則が通用しないと、技術立国日本と言うのは、益々成り立ち難い事になってしまうのでは、と心配しています。(大谷)

■世の中に数多存在している塗布方法をまず塗布機に必要な機能を4つに分け、その上で、様々な塗布方式を過去の特許により具体例でご説明の上、4つの機能がどのように実現されているか、その順番などを説明いただきました。その上で、世の中のニーズである多層化、高精度な膜厚制御には4つの機能の完全な分化と前計量が必要であり、ダイ塗布が最適であると言います。3方式（スロット塗布、スライド塗布、カーテン塗布）が存在するダイ塗布について、3方式の違い、3方式以外が存在するか、流体力学的特徴などをお話しいただきました。塗布方法について色々文献を見ますと、文献ごとに異なった方法が掲載されており、いくつ存在するのか、どう分類されているのかは記載されていなく、専門外の者には取っ付き難い感じです。ところが、宮本氏の発表は長年の経験に基づく独自の体系化、理詰めで非常に分かりやすく、感服致しました。塗布技術の各論の前に共通の概念、理論は重要だと思います。企業の方がここまで整理したのはさすがです。

■宮本氏は「温故知新」という言葉で、過去の特許を塗布機の持つ4機能で整理し技術の変遷を語っていただきました。また同時に、理論的に3つの方法以外に新たなダイ塗布が存在していないことを明らかにすると共に、過去の特許からもそのことを確認しました。ところで、最先端を知っている若い技術者には「温故知新」は必要かどうか、ときたま議論の俎上にあがります。勿論、特許の申請には過去の特許に対する新規性が必要になりますが、時間の無駄ではないかという議論です。技術の歴史を全て知ることが不可能ですし、知識を増やすことより知らないことを想像することが重要であることは論を待ちません。ただ、解決策が過去の情報にはなくてもヒントがあるかも知れません。また、我々は現在の技術が唐突に現れたのではなく、大なり小なり過去の技術の延長線上にあることを知っています。革新的技術を創出する力は学ぶことから生まれると言えます。（飯塚）

塗布技術の幅と奥行きを改めて知りました。製品は、フィルムからお菓子まで、厚みは、ミクロンからセンチまで、歴史は、人類が道具を用いて物を加工するようになってから現代までというようにです。

経験から発達し、一見バラバラに思える技術を、新たな分類法により工学的体系化を行い、化学工学の範疇として整理したことを称えたいと思います。

このことは、現在の多様化し分散化しているように思える工学分野全般に当て嵌まるように思います。今こそ、「統合知」を働かす時であると、それはまた化工屋の得意分野でもあり、その後の革新に繋がると信じます。また「統合知」に関してはシニアの出番でもあります。（神田）

塗布技術の話聞いて、いかに身の回りにこの技術に関連したものが存在しているかと、初めて気づいた次第です。

また、宮本さんの整理の仕方が極めて簡潔でしかも機能的であることが分かりました。昔の特許については、私も何十年（？）も前に、開発に携わっていたときによく調べたことが思い出され、アナログ的な記述のされた特許を懐かしい気持ちで思い出しました。

ある資料を見ていたら、ミネソタ大学の教授が「塗布とは、固体表面の空気を液体で置換する操作である」と書かれていたので「そういうことか」と納得しました。

（持田）

● 宮本さんがおそらく会社生活の大部分携わってこられた仕事の集大成のとなるレポートだろうとそのような思いを含めて拝聴しました。振り返りとは言いながらよくまとめられたレポートと感心しました。  
そこで、気が付くままに記したコメントです。

1. 塗布は温故すべき古い技術と思うが知新というまでもなく、進歩も著しい。進歩はラインスピードアップによる生産性向上、多層化などによる機能向上と思うが、プラスチックのフィルム技術と重なることに思いをはせた。
2. 富士フィルムは塗布機械を売る会社でなく、あくまで塗布を使って物を作る会社であるが塗布技術は目指す製品、ハード、ソフト、オペレーションが密接に重なり、差別化し、競争力のある技術が構成されるのだと思う。その3要素（人まで入れると4要素）を自由に扱える企業として適社度もあって強い会社と認識している。ただ、商品の大衆性を考えると塗布技術だけで市場をリードできたとも思えず、営業の強さの秘密はいまだ理解させてもらってはいない気がする。
3. 特許も、昔はともかく現在は4要素を組み合わせた特許にならざるをえない。でなければ単なるプロセス特許はたくさん出願できるだろうが、私は、それだけでは弱いし、他社に抜けられない特許はないと思う。塗布はノーハウの塊で出願することは技術を開示することに等しいことになると思う。であれば出さないという選択もありうるが、技術輸出などに際して、技術価値は下がる。されど特許は出さざるを得まい。私の経験からいくとどのみち機械メーカーからもハードは漏れるので組み合わせ特許、原理特許、パラメーター特許など同時に自分を守るための特許となり必要となる。オペレーションの要素があれば強くはなるがそれとて抜けられたことを証明する手段がない。
4. 最近の進歩はセンサー、これを使ってのコントロールによってプロセスの差別化がはかれる、AIやビッグデータを取り入れることによって技術寿命を延ばすことが可能になると同時に有利な特許も増やせる。かつて原料の供給者に要求した品質要求も緩くなり、原料購買の優位性を増すことになる。差し当たっての進歩はこの分野に存在することになる。
5. 塗布方式としてまとめられたほかに、ディスクリットプロセス中に組み込まれるバッチ塗布（わからなくて、言葉が出ないが、HDなどの潤滑剤の塗布、固体電池などの絶縁剤、封止剤などの塗工、一般的防錆剤の塗布があるように思うが、）これらは塗布には分類されないか、あるいは別のジャンルか。
6. スライド塗布の最大膜厚は潤滑理論に支配されているという説明があった。トライポロジーという技術分野は半ば理論的に塗布技術もサポートするのではないかという気がした。（小林）

小林さんからのコメントに対する宮本さんからの返答

いくつかいただいたコメントがグッドポイントだったので、返答を書いてみました。こういったやり取りで、日本の産業の特異性や写真ビジネスの特殊性が明らかになると、私にとっても学ぶ点が多く感謝しています。雑駁ですが思ったことを書きました。

## 2. 営業力

過去の営業のやってくれたヒットは、映画フィルムのコダックから富士への転換、米国 Walmart のカラープリントのコダックからの一括転換、X線フィルムのドライ感材化などがありますが、多分 営業一開発一製造の連携プレーが効果を発揮したのではと思います。大口の顧客のニーズに合わせて、塗布のダイを作り直すことや層数を増やすことなども含めよく対応していたと思いますし、クレーム対応で種々の仕事が生産現場に降りてくることも珍しくありません。ただただコダックに勝ちたいというモチベーションは誰しもあったのではないかと思います。

### 3. 特許の開示による技術価値低下の件

米国工場で半分は新規プロセスの立ち上げ（技術者、作業者の教育）、半分は日本では見つからない新規技術や製品の発掘をやっておりました。その中で教育について言いますと、写真製造プロセスの安定操業はメカやソフトで形を持ったもの以外のいわゆる「経験知」の部分が大きく、それは習熟以外に獲得できないのではないかと感じてしまうものであることです。それに守られていたとも言えます。オペレーターが、自分の行った操作（例：塗布のスタート操作：一応マニュアルには書いてあるが）が良品につながったかどうかを品証に確認して誇りにするといった点、それを技術者が聞いて論理的裏付けを与える点など、日本でできて、米国でできない点が多々ありました。こういう、特許としてクレームできないことがあっての話です。

### 5. ディスクリフトプロセス中の塗布

私がお話ししてきたプリンテッドエレクトロニクスの中で、パターンニング塗布（ICの配線をインクのはじき現象で作る技術）などは1工程として製造工程に組み込まれています。この種のことは例えば昔の映画のサウンドトラックでは現像後のフィルムに磁性体を塗布し、音源からの音声を磁気記録することをやっておりました。あまり塗布製品だけに拘らない会社だったと思います。そこでの問題は塗布要素技術部門があたることになっていました。

### 6. トライボロジー

機械屋さんが使われるトライボロジーに近い分野は界面安定性理論ではないかと思えます。私の留学テーマは空気同伴現象（塗布直後に液膜と支持体の間に極めて薄い空気膜が入り込み、乱れや気泡を生じる塗布欠陥）の機構解析でしたが、塗布が界面付近の流体力学を扱うので、流動不安定性が工程失敗につながります。現在、そのような不安定性解析は種々のアプローチがありシミュレーションも行われていますが、統一的な手法はまだないというのが実情です。

#### ○塗布の定義

「固体表面上の空気を液体で置換する操作」と言われたのは、留学時の恩師スクリブン教授です。この定義で、固体表面が出てくるので濡れ性（分子間力）が、液体が出てくるので粘性やレオロジーが、操作なので単位操作が重要ということを示しています。

どうも雑駁で返事になっていませんがとりあえず。（宮本）

19世紀末以降、米国やドイツをはじめ様々な塗布装置の特許が出願されており、特許の歴史を辿りながら、様々な塗布方式を、オリジナルの機能分類により整理して解説されました。また、特許方針をめぐる、秘密主義を取るか、特許化するかなど、会社によつての基本的な考え方のちがいなども興味深い話題でした。

塗布技術については、以前、化工誌(2014.9)で淵上修三氏の「塗布技術を通じて世界へ」を読んだことを思い出し、読み直してみました。氏は富士フィルム足柄工場でカラー印画紙の塗布製造プロセスを経験後、1977年にミネソタ大学のスクリブン教授の研究グループに参加し、現在も同大学のIPrimeフェローをされているようですが、宮本さんも留学されたミネソタ大学化学工学・材料科学科はこの分野のメッカで、多くの企業との連携も強くコンソーシアムを成功させている一方、中国、韓国、インドなどアジア諸国からの優秀な留学生が50%以上と多く、彼らは卒業後、帰国し本国の学会や産業界で活躍するケースが多くなっていると述べています。実際に、日本と中国、韓国などとの国際競争力（特許や論文の質と量、産業力、ビジネス力）の比較はどのようなのでしょうか。

近年、塗布技術は、3D塗布を含めると、有機EL、有機太陽電池、リチウムイオン電池、医療材料、自動車関連など多岐にわたる高付加価値製品の機能を生み出す先端技術に成長してきています。また、最新の化学工学便覧の改訂7版では、第20章

の境界領域の第4節が塗布工学となっています。ちなみに同章の第1節は食品化学工学、第2節は医薬品、第3節は医用化学工学、第5節はエレクトロニクス、第6節はバイオテクノロジー、第7節は環境化学工学、第8節はエネルギー、となっています。これからの化学工学の発展の鍵の一つは、これら境界領域にあるように思います。(山崎)

内容の濃い発表、興味深く受講しました。ありがとうございました。  
発表の一部に、「グラビア式」の説明があり、懐かしく拝聴しました。  
かつて、グラビア印刷による包材の加工を担当したことがあり、グラビア版の摩耗対策に、エッチングした銅版にハードクロム鍍金を施したことなど思い出しました。  
印刷工程は、ミクロの世界からフィルムの高速巻取り、速乾性の印刷インク使用の、静電気による火災対策など、結構やりがいのある仕事でした。  
写真フィルムなど塗布素材そのものに価値がある場合のほか、ペイント、粘着テープ、各種防食ライニング、複合建材など、「複合材」の一般について、現在の技術水準や動向などのお話がありましたら、またお聞かせ下さい。(坂下)

## 2. その他

メタノールからオレフィン誘導体を作る技術について知りたい。(西村)

メタノールからオレフィンという質問がでておりましたが、下記の通りです。  
私が1年ほど前に聞き置いた三菱化学をコアメンバーとするプロジェクトは、人工光合成化学プロセス研究組合

([https://www.meti.go.jp/policy/tech\\_promotion/kenkyuu/saishin/24.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/tech_promotion/kenkyuu/saishin/24.pdf)) で進めているもので、狙いはオレフィンを作るのが必ずしも本来的目的でなく、二酸化炭素と水から太陽エネルギーを用いて基礎化学品製造する革新的触媒の開発、プロセス開発を含む技術開発を行うもので、炭酸ガスの削減につなげるというのが最終目的です。その中にメタンからメタノールを経由してこれも常識をくつがえす異次元の MTO 触媒をつかって、直に低級オレフィンを合成するというものです。現在パイロット段階で2021年には一部工業化を目指すというものです。

構成メンバー

三菱ケミカル、富士フィルム、国際石油開発帝石、三井化学、TOTO、ファインセラミックセンター

プロジェクトの概要

- ① 太陽光下、光触媒による水の分解で得た水素と酸素から
  - ② 水素分離膜等を用いて水素を安全に分離し
  - ③ 合成触媒を用いて水素と二酸化炭素から化学品原料である低級オレフィンを製造する
- 人工光合成型の化学プロセスを確立し、化石資源からの脱却と資源問題・環境問題の解決を目指す。

体制

①TL:東京大学 堂免一成 ②TL:武脇隆彦 三菱ケミカル ③TL:東工大 辰巳敬  
プロジェクトリーダー(全体); 瀬戸山亨 三菱ケミカル Executive Fellow

(小林)

	<p>情報ありがとうございました。欧米主導で ESG 投資なる概念が盛り上がりを見せています。受け売りですが、この考えが本格的になったのはリーマンショック後です。倫理に悖る行為をする企業には倒産リスクがあるので、投資は避けるべきという考えです。2011 年のダボス会議で、地球温暖化による気候変動が最高レベル（インパクト、発生確率）のリスクに挙げられました。企業は ESG 経営をやらなければならなくなりました。日本企業の大部分は、ESG を社会貢献の一環と捉えています。欧米では利益を生み出すための手段と捉える、ニュー資本主義の段階に入った、そうです。この辺りの記述に違和感を感じたので、調べていますが、ことが金融関係者主導で行われているので、事実誤認もあるようです。例えば、彼らは調整電力の必要性など眼中にないようです。光化学反応による水素の製造・メタノール化学の拡大など、開発リスクの大きなテーマに対してどう対処すべきと考えているか定かではありません。資本主義社会は、小さな政府で、規制は最小限にして「見えざる手」に任せておけば物事はうまくいくと考えているように思えてなりません。このままでは、5G のように、エネルギー対策も、石油化学代替も中国が先陣を切るのではないかと危惧しています（中国が君臨する世界には住みたくありません）。これも学際分野が要注意である一例です。（西村）</p> <p>3. 今後の予定</p> <p>6 月は当初予定の見学会を中止し、大谷さんからの技術発表を TV 会議方式で実施する予定。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>6 月 大谷氏</li> <li>7 月 坂下氏</li> <li>8 月 小林氏</li> <li>9 月 松村氏</li> <li>10 月 見学会</li> <li>11 月 持田氏</li> <li>12 月 神田氏</li> <li>1 月 山崎氏</li> <li>2 月 猪股氏</li> <li>3 月 飯塚氏</li> <li>4 月 西村氏</li> <li>5 月 宮本氏</li> </ul>
次回日程	<p>2020 年 6 月 9 日（火）15:00-17:00 TV 会議方式</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 技術課題 大谷氏</li> <li>2. その他</li> </ul>
次々回日程	<p>2020 年 7 月 14 日（火）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 技術課題 坂下氏</li> <li>2. その他</li> </ul>