

新任教員紹介

光画像工学科・教授 前田秀一

略歴

1987.3 慶應義塾大学理工学部応用化学科 卒業
1989.3 慶應義塾大学大学院理工学研究科応用化学専攻修士課程 修了
1989.4 王子製紙株式会社中央研究所 研究員
1994.11 (英国) サセックス大学大学院高分子研究科博士課程 修了
1994.12 (英国) サセックス大学 博士研究員
1995.2 王子製紙株式会社情報用紙開発研究所 研究員
2004.8 王子製紙株式会社基盤技術開発研究所 上級研究員
2010.4 現職



担当科目

光化学, 画像マテリアル論, 入門ゼミナール, 光工学基礎実験 I, 光工学基礎実験 II

研究活動内容

1. はじめに

プラスチックの長所の一つは腐らないことである。ところが著者の研究生活は、腐る(微生物によって分解される)「生分解性高分子」にはじまる。そして、本来絶縁体であるプラスチックに電気を通すようにした「導電性高分子」へと続く。社会人となってからは、紙会社の研究所で「電子ペーパー」や「泡塗工紙」を研究してきた。紙の地位を奪おうとする「電子の紙」の実用化に取り組んだり、紙パルプ産業では除去すべき対象である泡を利用したりしてきた。こうして振り返ると、自分のアマノジャクな性格が研究テーマにまで反映していることに気づく。

ただ、研究当初は変わり者の自己満足のように思われていたテーマでも、「生分解性高分子」「導電性高分子」「電子ペーパー」は、多くの研究者や技術者の努力により一般に認知されている。そこで本稿では、ほとんどの読者には馴染みがないと思われる「泡塗工紙」を紹介したい。著者自身が光・画像工学科の一員となったという背景を鑑みても、画像をテーマとする「泡塗工紙」にここでフォーカスするのは妥当だと考える。

2 泡塗工紙

現職に転進する前、著者は紙パルプメーカーの研究者であった。紙パルプ産業では、泡は取り除くべきいわば天敵と考えられていた。紙に泡が混入すると、混入した部分が欠陥(孔)となり、製品として成り立たないからである。

しかしアマノジャクな著者は、人が欠陥と認識できないくらい泡を十分に小さくすれば問題にならないと考えた。人間の目の分解能は、一般に明視野で80 μmと言われている。したがって、これより小さい孔であれば欠陥とは認識されないはずである。泡は、軽量化、低コスト化、断熱性やインク吸収性の向上などが期待できるので、むしろ積極的に利用すべきであり、泡を含む塗料を紙に塗工することを提案した。

実際、プラスチック産業では、気体の混入、攪拌によって塗料中で泡を分散し、これを塗工することによってプラスチックフォームを形成する気体混入攪拌法がさかんに行われている。しかし、気体混入攪拌法における泡径は一般に数100 μmと大きく、断熱壁やカーペット用途ではよくても、紙では問題になる。

そこで泡を微細化するための条件を鋭意検討した。そして脂肪酸系界面活性剤の利用が効果的であり、中でも疎水基の炭素鎖が長く、親水基がNH₄⁺を対イオンとする下式のカルボン酸型界面活性剤(ステアリン酸アンモニウム)が最適であることを見出した。



これは以下の一般論とも整合する。①直鎖状の界面活性剤において泡立ちに関係のある炭素鎖長はC₈~C₂₀であって、炭素鎖が長いほど微細で均一な泡を形成しやすい。②カルボン酸塩の気液界面への飽和吸着量は、スルホン酸塩や硫酸塩よりも大きい。③結合性の強い対イオン(NH₄⁺など水和半径の小さいもの)を持つイオン性界面活性剤は、結合性の弱い対イオン(Na⁺, Li⁺)よりも効果的に気液界面に吸着する。

しかし、界面活性剤の工夫だけでは、十分に泡を微細化することはできなかった。気体混入攪拌法では、(塗工、乾燥後に骨格成分となる)樹脂に界面活性剤を加えた系に空気を送入しながら攪拌することで、泡を含む塗料を調製する。界面活性剤が多いほど気/液界面の表面積が広がり小さな泡ができるわけだが、界面活性剤の配合量は樹脂成分とのバランスから全体の10%程度までが限界である。

そこで、界面活性剤をこれ以上添加できないなら、いっそのこと樹脂そのものを界面活性剤にしてしまえ、とアマノジャク的に考えた。図1に概念図を示すように、化学修飾により樹脂に界面活性機能を付与したのである。

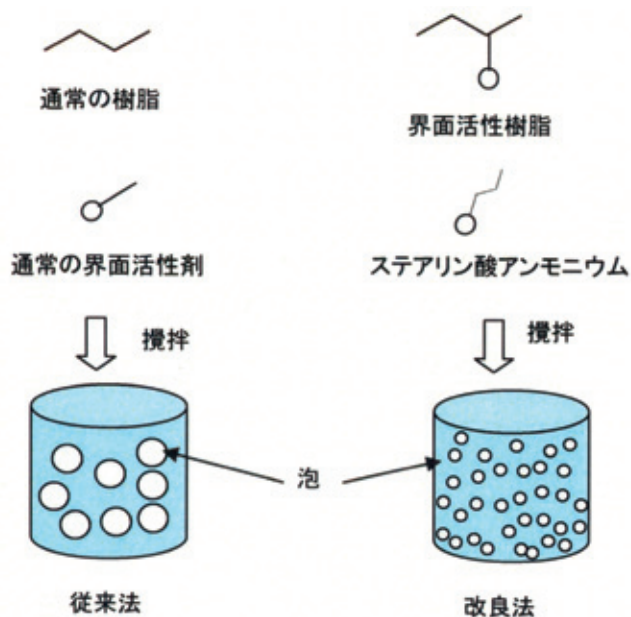


図1 樹脂の界面活性化による泡の微細化の概念図

具体的には、樹脂成分であるポリウレタンの骨格中に親水基としてカルボキシレートを導入した(図2)。通常、ポリウレタンはイソシアネートとジオールの共重合によって合成される。このジオール部分に親水基を導入し、他の疎水性の部分とのバランスをとることにより、樹脂成分そのものに界面活性を付与したわけである。

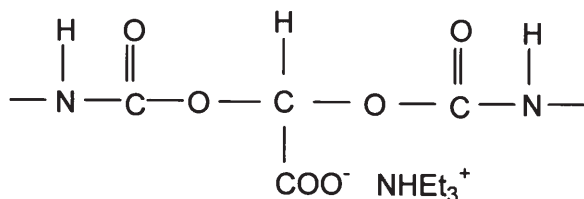


図2 界面活性を有する樹脂成分の分子構造

そして、ついに泡径が5μm以下の小さな泡からなる塗料を調製することができた。その塗料を紙の表面に塗工することにより、目には見えない多孔層を有する泡塗工紙を作製した。拡大した表面構造を図3に示す。

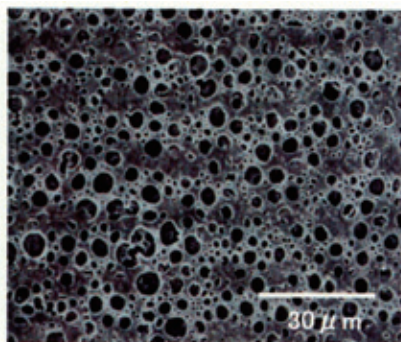


図3 泡塗工紙の表面

さらに、泡塗工紙を情報記録紙の一種である溶融熱転写記録に用いると、通常の上質紙に比べ優れた転写適性を示した。図4から明らかなように、泡塗工紙ではドットの抜けがほとんどなく形状も整っている。紙表面の孔由来の毛細管現象によるインクの高い吸収性、空隙構造由来の高い断熱性およびクッション性などが、記録性能の向上に寄与したと考える¹⁾。泡塗工紙は、現

在溶融熱転写記録紙やカラーコピー用紙として商品化されている。



図4(a) 泡塗工紙へのプリント

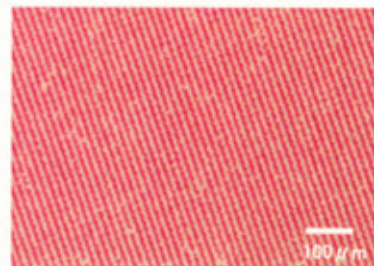


図4(b) 上質紙へのプリント

3. おわりに

企業の風土は二種類に大別できると考える。一つは生産合理化を徹底的に進めて強い競争力を持つタイプであり、もう一つは独創技術を武器に付加価値の高い製品を次々と生み出すタイプである。前者は上司の指揮下で目標に向かって邁進する同質の集団、後者は個性に富んだ異質の集団から成ることが多い。

著者の属していた紙パルプ産業は、生産合理化タイプの典型である。その中で、例外的に独創的な対応をせまられるのが、情報記録紙の分野である。昨今の携帯電話やインターネットにみられるように、新しい情報媒体の立ち上がりやデジタル化の流れは急激である。プリンターを介してこの流れの中にさらされている情報記録紙は、独創技術で差別化していかなければ生き残れない。泡塗工技術は、そのような情報記録紙を応用分野とする。

泡塗工紙の研究部隊は、リーダーである著者を含め個性派で構成されていた。結果的にそれがよかったと思う。単に個性派がいたからよかったと言うわけではない。個性派が協力しあったからよかったのである。異質なパワーが交わって、独創的な製品として結晶化したと考える。

これから研究室を立ち上げていくわけであるが、メンバーはアマノジャクでもよい、願わくは個性派に集まってほしい。メンバー同士の異質なパワーが火花を散らすような研究室であれば、きっととんでもない研究成果を生み出すことができると信じる。

もちろん、個性派を集めて研究成果を求めるだけでなく、研究や教育活動を通して、それらの個性を伸ばしていくのが自分の使命だと考えている。一人でも多く、変化の中で時代の波に乗って大躍進していく人材を育てて行きたい。

4. 参考文献

1) S. Maeda, T. Nakai, A. Nakamura, M. Hakomori, M. Kato, *J. Imaging Sci. Technol.*, **44**, 410-417 (2000)

以上