

大学における発明研究

大阪府立大学工学部

南 努

Inventive Research in University

Tsutomu Minami

Department of Applied Materials Science
Osaka Prefecture University

1. はじめに

何とも大変な標題の寄稿を依頼されたことに戸惑いだけでなく、困惑もしています。いろいろな出版物に寄稿依頼を受けることがあっても、今まで断り書きを書いたことはありません。依頼を受けることは名誉なことであり、引き受けておきながら断り書きから始めるのは、読者に失礼と思うからです。

しかし今回、「ニューガラス」誌の編集委員会から与えられたテーマは、私の能力を越えているのと、公表しにくい微妙な問題もあるかも知れないので、思い悩んだ揚げ句、断り書きから入るはめになってしまいました。事情ご賢察下さい。

2. 個人的体験

私的なことで恐縮ですが、思い出すことがあります。筆者は、昭和49年7月から一年間、博士研究員としてカリフォルニア大学ロサンゼルス校でお世話になりました。研究テーマの一

つが、高膨張ガラスの開発ということでした¹⁾。化学組成を一定にして、ことにアルカリの濃度を一定にして、アルカリの種類を変えながら、膨張係数の変化を調べていました。アルカリとしては、リチウム、ナトリウム、カリウムだけでなく、ルビジウムやセシウムまでを使って実験していました。ある日ディスカッションのとき先生に、高価なルビジウム、セシウムまで使って実験していることを咎められ、なぜそのような実用性の乏しい実験をしているか説明を求められました。

私としては、系統的な変化を明確にしたいと思っていましたので、そのことを伝えるために、「基礎研究」として必要であると思ったという趣旨のことを答えました。そのとき先生から、「ノーベル賞を取ろうと思うのなら、基礎研究という言葉を使ってもよい。そうでなければ、基礎研究という言葉は使うべきではない。役に立つ研究をすべきだ。」という御意見をお聞きました。「基礎研究」という言葉に、ある種の「逃げ」の感じがあることを戒められたものと思います。

目を見開かされる思いがしました。ご存知の通り、アメリカでは研究費はすべて外部資金でまかなわれますから、研究費の使途や研究テ

マに対するシビアさが日本とは異なると思われる。私自身はそれまで、試薬の値段を真剣に考えたことがありませんでしたし、世の中に役に立つ研究という意識を明確に持ったことがありませんでした。このときの先生の御意見によって、その後の研究テーマの選択や設定に大きな影響を受けたことは間違いありません。少なくとも、開発的研究や発明的な研究を心掛けるきっかけになったと思います。それに年齢という因子も無視できないように思います。一般に若いときは研究そのものの興味にしか価値をおかないのに対して、年齢が進むにつれて、世の中の役に立ちたいという気持ちが強くなって、応用的研究の比重が高くなるのではないのでしょうか。

発明研究の事例を紹介する前に、もう一項目、最近の世の中の動きを見ておきます。

3. 大学の研究環境の変化

景気の低迷が長く続き、ついに経済成長率が連続してマイナスを記録するようになり、未曾有の経済危機に直面しています。このような状況を解決する一つの方法として、「産学共同研究」に期待が寄せられています。昭和40年代の大学紛争の影響で、長い間「産学共同」という表現すらタブーであったことを考えると極めて大きな変化です。

産学共同研究を積極的に推進するための法律までできたことは周知の通りです。「大学における技術に関する研究成果の民間事業者への移転の促進に関する法律」です。この法律ができるもとになった「産学の連携・協力の在り方に関する調査研究協力者会議」という文部省学術国際局の主催する会議が平成8年度と9年度の2年間開かれました。この会議と並行して、科学研究費の基盤研究として「特許など知的所有権の大学などにおける現状およびその有効活用等改善方策」（代表者：東京大学 安井至教授）も設定されていました。前者の会議には平

成9年度の一年間、後者には平成8年～9年の2年間、メンバーに加えて頂き、その進捗を知る機会がありました。欠席がちで、何の役割を果たすこともできませんでした。にもかかわらず会議の進捗の早さに驚きました。あっという間に、先の法律案ができたというのが実感です。このような法的整備によって大学における研究成果（特許権）の効率的な移転を促進し、大学における研究活動の活性化や、新産業の創出を図ろうとするものです。

この法律の施行によって、産学共同研究のお墨付きが与えられたことになります。

実際これまでは、大学教員の特許に対する関心が低いことや、特許出願に対するサポート体制が不十分なために、特許化されず、研究成果が企業に移転されにくい状況にありました。今回、技術移転事業者（TLO）を設けて、移転の促進を図ろうとしています。

平成7年に策定された「科学技術基本計画」を受けて、公務員の兼業規制に対する制限がなくなり、大学教官が中心的役割を果たすベンチャー企業が設立されたとの新聞記事も目につくようになりました。まさに画期的なことのよう to 思えます。

国のこのような動きを受けて、地方公共団体においても、独自の指針作りを行っているところがあります。例えば、大阪府では平成10年3月に、「大阪府産業科学技術振興指針」を策定して大阪府の産業の活性化に向けて、産学連携の積極的推進を目指しています。

大学といえども、真理の追究を錦の御旗にして、象牙の塔にとどまっていることができなくなってきたことを意味しています。

4. 発明研究の事例紹介

本稿を完成させるためには、事例の紹介が必須と思われますが、当然のこととして、筆者の関係したものに限らざるを得ませんので、読者にとって、どれほどの役に立つ情報になり得る

のか判断が付きません。この点御了解をお願い致します。この機会にデータベースで調べてみますと、筆者は、ある程度まとまった数の特許の発明者や、場合によって共願者にもなっていますが、それらの中から特に記憶に残っているいくつかを御紹介します。

4.1 ゾル-ゲル法によるガラス基板の微細パターンニング

プラスチック製のCD-ROMは、プラスチックの耐候性のために、20年位の寿命しかないし、アルミ製のハードディスクは容量がもうそろそろ限界にきているので、次世代の記録媒体として、ゾル-ゲル法を応用して、ガラス製のCD-ROMを共同開発しようという提案が、A社のA₁氏から持ち込まれました。昭和60年頃のセラミックス協会の年会会場であった東京都市センタービルに向かう歩道橋で、A₁氏と出会ったときに、A₁氏からもたらされたのが事のきっかけでした。

かなりの困難はありましたが、図1に断面図を示すような、微細パターンの作製に成功し

ました^{2)~4)}。この方法を適用して、共同研究したA社では、絵も音も出るCD-ROMを開発されました。ゾル-ゲル法で作った全ガラス製のCD-ROMから、絵も音も出るのを確認できたときには、大変感激したことを覚えています。

技術的には完成しましたが、世の中には出ませんでした。寿命保証は300年可能ですが、それ程の寿命を要求する応用分野が見当たらなかったこと、ハードディスクの性能が非常に向上したことが主な理由であると伺いました。

今のところ、一旦終息したように見えますが、この微細パターン技術は、今後必ず復活するに違いないと期待しています。

4.2 ゾル-ゲル法による撥水性コーティング膜の作製

車のフロントガラスから、ワイパーを無くして、ワイパーレス車を作りましょうという提案がB社のB₁氏から提案がありました。早速共同研究に取りかかりました。共同研究員としてB社から派遣されたB₂氏の努力で、約3ヶ月で実験室的には、自動車メーカーの要求するスペックを満足する「撥水コーティング膜」の作製に成功しました^{5),6)}。早速実装車試験も行われましたが、3ヶ月で効力のなくなることがわかりました。撥水剤として使用したフルオロアルキルシラン化合物が、太陽光線によって分解劣化するためであることがわかりました。フルオロアルキルシランの紫外線による分解の防止は、簡単にみえて遂に解決しませんでした。

その後、実用的見地からは、撥水コーティングより親水コーティングがより重要であると認識され、実際、親水コーティングガラスがB社などの努力で自動車のサイドミラーやサイドウィンドウなどに実用化されるに至っています。

筆者らは、固体表面の濡れ性について改めて考え直し、透明で、かつ超撥水性コーティング膜の作製に成功しました^{7),8)}。この「ニューガラス」誌のvol. 12 (1997年)の表紙に採用さ

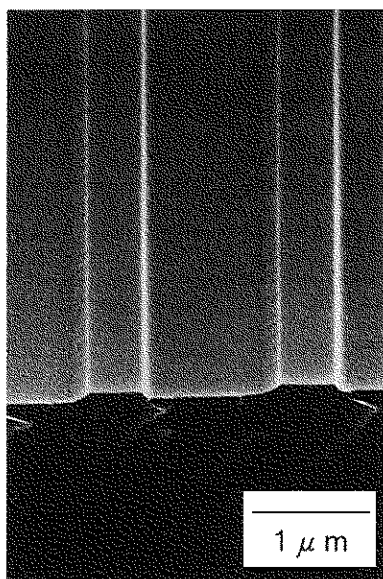


Fig. 1 SEM photograph of cross section of glass substrate pregrooved with a sol-gel coating film.

れていた写真が、その透明、超撥水コーティング膜です。ここに写真を掲載するのは、重複になるので避けます。

この研究成果は、新聞、雑誌などの一般のマスメディアでも取り上げられたお陰で、多数の問い合わせがあって、その応対に悲鳴をあげそうになりました。

4.3 ゾル-ゲル電気泳動電着による厚膜作製

ゾル-ゲル法でコーティング膜を作る際、薄膜（サブミクロンの厚さ）の作製は容易であっても、厚膜の作製が困難であることはよく知られています。一方では、厚膜の要求される分野も少なくありません。金属の防食用コーティングに、厚膜をゾル-ゲルで作らないかという話がC社のC₁氏からもたらされました。いろいろ相談して、ゾル-ゲル法と電気泳動電着を組み合わせてやってみようということになりました。電気泳動なら、複雑な形状のものにも適用できるというメリットがあります。予想した以上に困難もありましたが、30 μm 程度の厚膜の作製も可能になりました^{9),10)}。

このような厚膜は、微粒子の堆積によってできているので、不透明でしたが、最近、出発原料と熱処理の方法を工夫することによって、透明化できることを見出しました¹¹⁾。図2に、フェニルトリエトキシシランを出発原料にして、様々な温度で熱処理したときの可視スペクトルを示します。熱処理温度によって透過率が変化することを示していますが、(e)にありますように、うまく処理すれば透明になります。膜厚は熱処理後まだ3 μm ですが、新しい展開が可能になると期待しています。

4.4 ポリマーフィルムへのゾル-ゲルコーティング膜の作製

ポリマーフィルムは、各種のエレクトロニクス機器の電気絶縁材料や、食品の包装材料として用いられていますが、水分や酸素の透過性が問題になるので、このような気体の透過性を抑制するゾル-ゲルコーティング膜の作製をしようという話がD社のD₁氏からもたらされまし

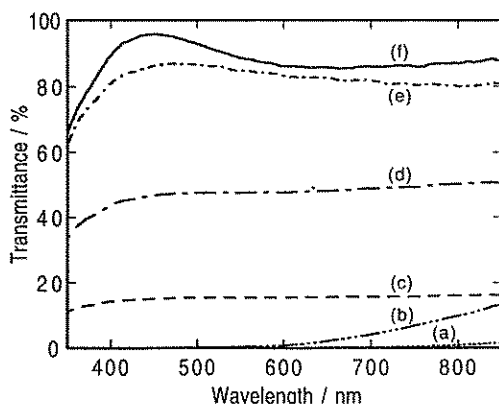


Fig. 2 Optical transmission spectra of ITO-coated glass substrates coated with thick $\text{PhSiO}_{3/2}$ films heat-treated at various temperatures for 2h. (a) as-prepared, (b) 100°C, (c) 200°C, (d) 300°C, and (e) 400°C, (f) is the spectrum for ITO-coated glass substrate without film.

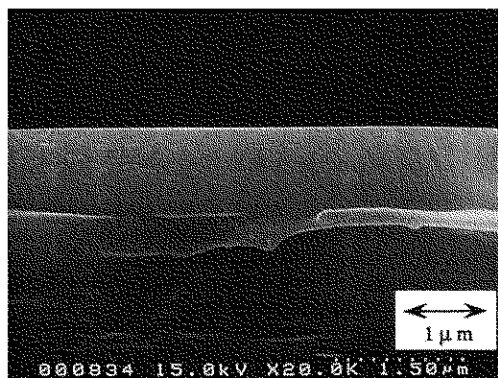


Fig. 3 SEM photograph of cross section of nylon-6 substrate coated with a sol-gel derived film.

た。ポリマーの種類にもよりますが、それなりに、気体の透過性を抑えるゾル-ゲルコーティングが可能になりました^{12),13)}。ゾル-ゲル法で作製した膜がポリマーと強い密着性がえられることを、図3に示します。これは、気体の透過係数を算出するためには膜厚の測定が必須ですが、その膜厚測定のために、コーティング膜をナイロンフィルムから剥がそうとしても剥がすことができず、ナイロンフィルムが破れたことを示しています。

食品包装用フィルムとして、塩化ビニリデンのような、塩素含有ポリマーの利用が問題となりつつありますので、ポリマーフィルムの気体透過性を抑えるゾル-ゲルコーティングは重要なテーマになってくるように思われます。

4.5 ゾル-ゲル法によるプロトン伝導体の作製

ゾル-ゲル法によって得られるゲル体はもろ多孔体であり、乾燥焼成後も、細孔に水分が残留し、プロトン伝導性を示すことがよく知られています¹⁴⁾。さらに積極的に、塩や酸を添加することによって、プロトン伝導性を向上させることができます。このようなプロトン伝導体は、見かけは固体であり、活性炭と複合化することによって、1g当たり44Fという非常に大きな容量をもった全固体のキャパシタが得られます¹⁵⁾。現在実用されている電解液を用いた電気二重層キャパシタに匹敵する値です。このような全固体キャパシタという発想は、E社のE₁氏やE₂氏等との話し合いから得られたものです。

4.6 ゾル-ゲル法によるカラーコーティング

ゾル-ゲル法の一つの大きな特徴は、いうまでもなく、「低温合成」ということです。有機化合物は、様々な機能を有していても、耐熱性に劣ることと、通常粉末としてしか得られないので、いわゆる「材料」として実用化しにくいという問題があります。機能性有機分子をゾル-ゲル法と組み合わせることは、大きな可能性を秘めているように思われます。機能性色素や顔料を研究している学内のF先生をゾル-ゲル分野の研究に誘いました。非常に短時日のうちに、ガラス基板にさまざまなカラーコーティングできることを見い出されました。これを特許化するに当たっては、G社のG₁氏にお世話になりました。

その後、このゾル-ゲルによるガラスの着色コーティングのプロジェクトは発展して、現在、新エネルギー産業技術総合開発機構（NE-DO）の援助を得て、リサイクルに適した着色ガラス瓶の作製を主な目的とする地域コンソー

シアムプロジェクトになっています^{16),17)}。

4.7 イオン伝導ガラスの開発

電解質溶液に匹敵する程の高いイオン伝導性を示すガラスの研究開発を長く続けてきましたが、この分野では特許に関係した仕事は、ゾル-ゲル法ほど多くありません。特許性がどのあたりにあるかの判断が、私自身にもうまくできなかったこと、ゾル-ゲル法ほど多くの企業が研究開発に関与しておられないことなども理由の一つだと思われます。

そんな中で、Cu⁺イオン伝導ガラスを見出したとき¹⁸⁾、H社のH₁氏が、特許を出そうと声をかけてくれました。その後もLi⁺イオン伝導ガラス^{19),20)}について、H社から出願した特許に発明者となっています。

4.8 超急冷装置

通常、ガラスは融液を急冷して作製されますが、冷却速度を極端に大きくすると、思いもよらないものがガラスになります。超急冷によって、LiNbO₃のガラスが得られたというベル研究所からの発表に刺激されて、是非超急冷装置を作りたいと考えました。たまたま、集光加熱炉と双ローラーとを組み合わせると、超急冷装置が作製できることに気がしました²¹⁾。この装置の作製を依頼したI社が、これを特許にしたいということで出願しました。この記事の読者の中に、この装置をI社から購入された方もおられるかも知れません。

5. おわりに

以上ご紹介しましたのは、発明（特許）と関係した私どもの研究の一部です。お読み頂いて明らかなように、特許に関係する研究をするときには、必ず研究室外の多くの方のお世話になっています。ここにご紹介するに当たって、時間的な制約もあって、それらの方々の御了解をとっていませんので、社名も人名も、すべて仮名にしました。同じような理由で、引用も、特許ではなく、学術論文にとどめました。これ

らについて御了解下さい。

このような議論の時に、アメリカの大学ではロイヤリティを大いにかせいでいるのに、日本は全く微々たるものだと、よくいわれます。

例えばスタンフォード大学一校で年間3700万ドル、全米では3億ドル(1994年)のロイヤリティ収入があるといわれています。このような状況に対する反省が、先の法律の制定にもつながったと思います。日本の大学が束になっても、特許収入に関する限り、アメリカの一つの大学にかなわないことは明白です。

こんな統計数字もあります。日本の企業が、日本の大学に援助している金額が、年間778億円、これに対して、外国の大学(主にアメリカ)に対しては、それを上回る795億円を出しているそうです。企業が経済原則に合わない金を出すはずがありませんので、日本の企業が本音のところでは、日本の大学を余り信用していないという見方ができるのかもしれませんが。日本の大学に身を置くものとしては、この事実を深刻に受け止めなくてはならないと思います。

私自身、大学における研究の中心は発明研究であると思っていませんが、第3節に書いたような状況の変化によって、大学における発明研究がどんどん実を結ぶようになることを願っています。

参考文献

- 1) T. Minami and J. D. Mackenzie, *J. Am. Ceram. Soc.*, 60, 232 (1977).
- 2) N. Tohge, A. Matsuda, T. Minami, Y. Matsuno, S. Katayama, and Y. Ikeda, *J. Non-Cryst. Solids*, 100, 501 (1988).
- 3) A. Matsuda, Y. Matsuno, S. Katayama, T. Tsuno, N. Tohge, and T. Minami, *J. Am. Ceram. Soc.*, 73, 2217 (1990).
- 4) A. Matsuda, Y. Matsuno, S. Kataoka, S. Katayama, T. Tsuno, N. Tohge, and T. Minami, *Proc.*
- 5) S. Yamasaki, H. Inaba, H. Sakai, M. Tatsumisago, N. Tohge, and T. Minami, *Proc. XVI Inter. Cong. on Glass*, vol. 7, 291 (1992).
- 6) A. Yuasa, H. Inaba, K. Tadanaga, M. Tatsumisago, and T. Minami, *Proc. XV II Inter. Cong. on Glass*, vol. 4, 445 (1995).
- 7) K. Tadanaga, N. Katata, and T. Minami, *J. Am. Ceram. Soc.*, 80, 1040 (1997).
- 8) K. Tadanaga, N. Katata, and T. Minami, *J. Am. Ceram. Soc.*, 80, 3213 (1997).
- 9) K. Kishida, M. Tatsumisago, and T. Minami, *J. Ceram. Soc. Jpn.*, 102, 336 (1994).
- 10) K. Hasegawa, H. Nishimori, M. Tatsumisago, and T. Minami, *J. Mat. Sci.*, 33, 1095 (1998).
- 11) K. Katagiri, K. Hasegawa, M. Tatsumisago, and T. Minami, *J. Am. Ceram. Soc.*, 81 (1998), in press.
- 12) K. Tadanaga, K. Iwashita, and T. Minami, *J. Sol-Gel Sci. tech.*, 6, 107 (1996).
- 13) K. Azuta, K. Tadanaga, and T. Minami, *J. Ceram. Soc. Jpn.*, 106, 2501 (1998).
- 14) M. Tatsumisago and T. Minami, *J. Am. Ceram. Soc.*, 72, 484 (1989).
- 15) A. Matsuda, H. Honjo, M. Tatsumisago, and T. Minami, *Solid State Ionics*, (1998), in press.
- 16) H. Nakazumi, T. Ikai, K. Tadanaga, T. Minami, M. Ueda, M. Funato, and H. Kanazawa, *Proc. XV III Inter. Cong. on Glass*, vol. 2, 112 (1998).
- 17) H. Nakazumi, K. Ishii, Y. Sakashita, T. Ikai, K. Tadanaga, T. Minami, M. Ueda, M. Funato, H. Kanazawa, K. Natsukawa, and Y. Sakurai, *Proc. 2nd Inter. Conf. on Coatings on Glass* (1998).
- 18) N. Machida, and T. Minami, *J. Am. Ceram. Soc.*, 71, 784 (1988).
- 19) M. Tatsumisago, K. Hirai, T. Minami, K. Takada, and S. Kondo, *J. Ceram. Soc. Jpn.*, 101, 1315 (1993).
- 20) A. Hayashi, M. Tatsumisago, T. Minami, and Y. Miura, *J. Am. Ceram. Soc.*, 81, 1305 (1998).
- 21) M. Tatsumisago, T. Minami, and M. Tanaka, *J. Am. Ceram. Soc.*, 64, C-97 (1981).