

## 私の最初の研究—ガラス繊維の強度

京都大学名誉教授

作花 済夫

### My first research work—Strength of glass fiber

Sumio Sakka

Professor Emeritus, Kyoto University

#### 1. はじめに

筆者は昭和27年(1952年)から42年間大学(京都大学, 三重大学, 米国レンスレア工科大学)の研究室でガラス科学の研究ならびに研究指導に従事した。後半の約20年間は, ゴルゲル法による材料合成も研究対象に加えた。以下には, 論文(作花済夫, ガラス繊維の強度に及ぼす再加熱の影響, 窯業協会誌, 65, 190-192 (1957))として発表した私の最初の研究を中心に研究の動機, 題目の選定, 進め方, 研究環境, 論文発表の効果を紹介する。

#### 2. 卒業研究—与えられた研究題目

無機化学に興味を抱いていた私は京都大学工学部工業化学科四回生の卒業研究の場として澤井研究室(研究室の専門は珪酸塩工業)を選んだ。昭和27年のことである。この研究室配属により私は一生ガラスと付き合うことになった。私の卒業研究は田代先生(田代仁助教授)の下でステンレス鋼板に融着する耐熱珪瑯を見つけることであった。珪瑯釉薬は乳濁剤の $\text{CaF}_2$

や $\text{TiO}_2$ 微粒子を含むガラスである。この研究では $\text{V}_2\text{O}_5$ が融着を促進することを発見し, その結果, 投稿論文を作成することができた。与えられた題目であるが, 無から有を創り出すという楽しみがあった。実験の間には珪瑯に関するあらゆる話題, たとえば, 珪瑯の欠点, ガラスと金属の接着, 化学的耐久性を扱った文献を読みあさったが, そのため澤井先生の著書「ほうろう」執筆のお手伝いできた。また, 卒業研究に役立つロシア語の文献を見つけて和訳し, 田代先生にお渡ししたが, 今となっては生意気なことをしたものである。卒業研究を始めて3ヶ月, 7月末に田代先生から思いがけなく助手にならないかと誘われ, 喜んでお受けした。

#### 3. 研究者となって—ガラスの分野に参入

昭和28年3月に大学を卒業, 4月1日から京都大学化学研究所(当時大阪府高槻市)に助手として就任した。研究室は京大本部構内の工業化学科の研究室と同じ名前の澤井研究室である。研究所なので私の仕事は研究に専念することと理解し, 田代先生の下で研究することを楽しみにしていた。ところが, 間もなく, 突然田代先生が留学のためアメリカに渡航され, 私は独りで, しかし, 自由に研究に従事することに

なった。このことが私の研究人生に大きな影響を及ぼしたことは言うまでもない。いずれにしても私は澤井研究室にいるのだからガラスの分野の研究をしなければならないのだと自分に言い聞かせた。

#### 4. 題目探しとガラスの勉強—孤軍奮闘と自由の満喫

ガラスの何を研究するかを決めるために、ガラスに関する内外の成書についてガラスの形成、原子配列、組成と物性の関係を勉強するほか、J. Am. Ceram. Soc. (米), J. Soc. Glass Tech. (英), Glastech. Ber. (独), Verres et Refrac. (仏), 窯業協会誌などに発表されるガラスの論文を読み、またガラスに関する国内の研究機関の報告集にも目を通した。独りなので、悠々と好きなように知見を広め、高めることができた。論文を読んで最初に惹きつけられたのはガラス中のイオンや原子の拡散の問題であったが、当時の乏しい研究費では測定は不可能だと判断した。その後、「ガラス繊維の強度は繊維になる前の融液の温度が高い方が大きい」とするOttoの論文<sup>1)</sup>と「ガラス繊維の強度は150℃以上で再加熱すると著しく低下する」という宗像らの論文<sup>2)</sup>が私の目を惹き、このような強度現象がガラスの構造変化によるのか、板ガラスなどで行われているガラス表面のきずによるのか調べたいと思った。そこで、再加熱で弱くなった繊維の表面を1~2μm程度フッ酸で除去した後の強度を測定して再加熱で弱くなる理由を明らかにする研究を始めた。

#### 5. 実験測定—研究室の歴史に助けられて

この研究を進めるためにはガラス繊維を自分で作り、処女繊維について強度を測定する必要があるが、助手の身分で新しい装置をつくるだけの研究費はない。ところが、幸いなことに、澤井研究室では昭和14年頃に日本で初めてのことであるが、ガラス繊維の製造実験をしていた。それを知って技術職員に頼んで倉庫から繊

維を巻きとるドラム、ドラムを回転させるインダクションモーターを探しだして線引き装置を組み立ててもらった。引張り強度の測定にはこれも倉庫で見つけた高分子繊維用のセニメーターを使用した。運がよかったと言える。ただ、下部にノズルの付いた白金製のガラス融液コンテナーだけは外注した。線引きの最中にドラム近くで繊維を切断してノズルから垂れ下がった繊維を採取し処女繊維試料とした。

#### 6. 測定結果—簡単明瞭な結論

処女繊維(径20~30μm)について再加熱の前後、フッ酸で表面を除去した後の引張り強度を測定した。強度は再加熱によって著しく低下するが、フッ酸で表面を1~2μm除去すると、加熱前の高い強度が戻ってきた。このことは、再加熱による強度低下がガラス構造の変化によるのではなく、繊維の表面が損傷を受けて微小な傷ができるのが原因であることを示している。このような結果を得て研究経過をまとめた。

実験方法も結論も、明快ではあるがあまりにも単純なので、これが研究論文として認められるのだろうかというのが正直な気持ちであった。若かったので、将来研究者を続けて行くためや昇任のために論文が必要だという意識もなく、そもそも論文を発表したいとの欲もなく、ただ、良い研究をしたいという気持ちだけであった。このような私を救ってくれたのが田代先生であった。

3年間のアメリカ留学を終えて帰国した田代先生にガラス繊維の研究の話をしたところ、是非論文にするようにとの強い要請を受けた。そこで、論文の体裁を整えて日本語版を窯業協会誌に、英語版を京大化学研究所の論文集(Bulletin)に発表した。また、英語版を米、英、露の関連研究者約20名に送った。意外に反響は大きく、10人以上の外国人研究者から返事が来た。返信の多くに、結論が明快で繊維の強度にたいする重要な知見を与えており、興味深い

と記されていた。また、結論は面白いが、強度測定で3試料の平均を強度値とするのは試料の数が少なすぎるとの指摘をした手紙があったが、その後の研究の参考となり、有難かった。さらに良い研究をしたいとの意欲が湧いたものである。

この体験は後に卒研究生、院生、留學生の研究を指導する立場になったときに指導のポリシーになった。たとえ卒業研究であっても研究と名づけるならば、新しい結論が得られる研究題目を選び、研究雑誌に投稿して早い時期に最初の論文を見ることができるようするのが一番好い指導だと考えた。事実、自分の名の入った論文を手にして喜び、研究意欲の高まりを見せた学生が大勢いた。このことは、企業の技術者、研究者にもあてはまるはずである。技術成果は、経営上差し支えなければ、できるだけ論文あるいは特許として発表させることが、若い人の意欲の向上に役立つと思われる。私は企業に勤めたことがなく、企業の考え方をよく知らないが、自分でも研究し、多数の学生の研究指導に経験のあるものの言葉と受け取っていただきたい。

## 7. ガラス繊維後日譚—ゾルーゲル法超伝導繊維

ガラス繊維の研究を終えて40年近くガラスの生成、構造、物性について広く、深く研究を続けたが、“繊維”という言葉が私の頭から離れることはなかった。その重要な例は、ゾルーゲル法にある。1970年代にゾルーゲル法を取り上げた時真っ先に想いついたのは常温でシリカ繊維を引くことであった。これに成功し、1980年代後半には酸化物超伝導体繊維のゾルーゲル法による作製に成功した。研究者となった最初にガラス繊維を取り上げたこと、さらにその際、物質の種類によらず溶液や液体の曳

糸性発現の条件を夢中で勉強したことが20年、30年以上も後になって役に立ったと思うと感慨深い。

数年前にスエーデンのある会社から「あなたの論文を見て、加熱で弱くなったガラス繊維をフッ酸処理で強くしようと考えている。あなたの意見とその後の研究を知らせて欲しい」という内容の手紙を受け取った。念のため日本のガラス繊維会社の友人に尋ねると、やはりフッ酸処理をおこなっているとのことであった。50年以上も前の私の最初の研究が今でも注目されることがあることを知って驚くと同時に嬉しく感じた。

## 8. まとめ—始めを大切に

研究者としての最初の研究にガラス繊維を取り上げ測定結果を論文に仕上げ、別刷りを世界の研究者に送ったところ、大きな反響を得て、さらなる研究への意欲を強くした。題目選定から結果を出すまですべてを独りで行ったが、一方、精神的にも、時間的にも自由であったので、題目を選ぶときも、測定を続けているときも、ガラスはもちろん高分子や金属など材料に関する書物、文献を読みあさった。最初に独りで考え自由に勉強したことに加えて、論文として発表するようにとの指導を先生から受けたお蔭で私の研究人生が成り立ったと思っている。研究環境は個人個人で大きく異なり、画一的なアドバイスはできないが、この小文が研究者・技術者ならびに指導者の参考になれば、幸いである。

### 文献

- 1) W. H. Otto, J. Am. Ceram. 38 [3] 122 (1955).
- 2) 宗像元介・河村励, 電気試験所彙報, 18 [2] 116 (1954).