

# 通信用光ファイバ量産技術 VAD 法開発経緯

千歳科学技術大学

伊 澤 達 夫

## Early History of an Optical Fiber Fabrication Process

### —History of VAD method—

Tatsuo Izawa

*Chitose Institute of Science and Technology*

#### 1. はじめに

VAD 法が 2015 年 5 月に IEEE Milestone に登録されたのを機会に開発の経緯や現状、将来について報告してほしい旨依頼を受けた。開発の経緯については当時の関係者として書き残す義務があると思ってお引き受けしたが、現状や将来については、十分な知識を持ち合わせておらず、紙数にも限りがあるので簡単に記すことにしたい。

1966 年かその翌年かは定かでないが、東北大におられた喜安善一先生<sup>[1]</sup>が NTT の研究所に C. Kao を呼んで講演会を開き、光ファイバの低損失化の可能性を講演するとともに共同研究を呼びかけた。残念ながら出席者は NTT の研究者も含め光ファイバの低損失化に全く関心を示さなかった。当時、日本の通信技術者はミリ波通信の開発を強力に進めており、光が通信

に使えるとは全く考えていなかったようで、低損失光ファイバ開発の機運は無かった。ごく一部の研究者が、基礎研究として空間伝搬やレンズガイドによる光通信の研究をしていただけである。

筆者は、大学院修了直前、日本板硝子と NEC が開発したセルフロックファイバを見る機会がありガラスに興味を持った。1970 年に NTT 研究所に入所し、平面光回路や光ファイバの研究を始めた。その数か月後にコーニング社から低損失光ファイバ実現の発表があり、光ファイバの研究は諦めてやめようと思ったが、念のため追試を試してみた。発表論文から TiO<sub>2</sub> ドープのシリカガラスであると推定し、ガラスの試作から始めた。そのガラスをコアにして作った光ファイバは、吸収が多く全く光を通さないものであった。ガラスハンドブックに、ガラス中の TiO<sub>2</sub> は、酸素欠陥が発生し薄紫色に着色するという記述があったことを思い出し酸素雰囲気中で熱処理すると、報告通りの低損失の光ファイバが得られた。低損失の光ファイバが実現でき

〒066-8655 北海道千歳市美々 758-65  
TEL 0123-27-6001  
E-mail: t-izawa@photon.chitose.ac.jp

ることは分かったが、熱処理によって光ファイバの表面には小さなクラックが入り大変脆いものになり、通信には使える代物ではないことも分かった。<sup>[2]</sup>

TiO<sub>2</sub>に代わるドーパ材を探索してみると、答えはすぐに見つかった。適切な材料は、GeO<sub>2</sub>など数種の元素の酸化物しかなく、中でもGeO<sub>2</sub>が最も有望であることが分かった。早速試作してみたが、TiO<sub>2</sub>ドーパのガラスと同じ製法では全く作ることが出来なかった。SiO<sub>2</sub>が溶ける温度では、GeO<sub>2</sub>の蒸気圧が高く蒸発してしまうことが分かった。

## 2. VAD 法開発<sup>[3,4]</sup>

GeO<sub>2</sub>の蒸発を抑える方法として、1974年にMacChesneyが石英管の内面にガラス薄層を堆積させるMCVD法<sup>[5]</sup>を発表した。この製法は、再現性良く光ファイバを作ることができる優れた方法であった。NTTでは、MCVD法で光ファイバを作りその特性を明らかにする研究とともに日本独自の製法開発も目標とされた。後者を筆者が担当することになり、MCVD法の課題であった量産性の高い製法を開発することにした。

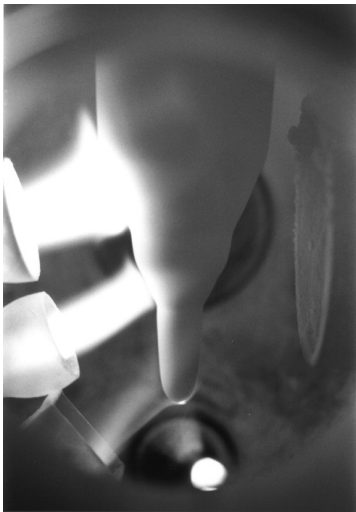


図1 多孔質母材の製造  
(下のバーナはコアガラス用、上2つのバーナはクラッドガラス用)

最終的にまとめた考えは、低温でGeO<sub>2</sub>ドーパシリカガラスの微粒子を作り、これを出発材に棒状に堆積させた後、純シリカガラス微粒子で被覆し多孔質母材を作る。次いでこれをゾーンメルトして透明化するという2段階で光ファイバ母材を作るというものであった。ゾーンメルトする際、純シリカで被覆されているのでGeO<sub>2</sub>の蒸発は最小限に抑えられるだろうと考えた。

製造装置一式を自分で設計試作し実際にやってみると、多孔質母材の外径を一定に制御するのも難しく、反応容器や原料ガスを加水分解する酸水素バーナは、何度も改良を繰り返した。多孔質母材は何とか再現性良くできるようになったが、最も苦労したのは透明化工程であった。ヒータの形状や、多孔質母材の密度などを変えながら150回以上実験を繰り返したが、部分的にうまくゆくことはあっても再現性良く透明化するのには難しかった。

半年以上失敗を繰り返していたある日上司に呼ばれ、開発を諦めて実験をやめろと指示された。この事件をきっかけに、それまでコストが高いので使用しなかったHeガスを透明化炉に導入することにした。ゾーンメルトを効果的に行うためには径方向の温度の均一性が必要になるが、窒素やアルゴンなどでは熱伝導率が低く十分ではないと考えた。Heガスの熱伝導率は水素に次いで高く、その効果は抜群で、再現性良く透明母材を作れるようになった。開発した技術の概要を1977年日本で開かれた国際会議で発表しある程度の評価をいただいたが、通信用光ファイバの製法として認知されるには至らなかった。

## 3. 実用化の障壁

新しい製法を認めてもらうためには、大量の母材や光ファイバを作ることが重要と考え研究所の中にミニプラントを作る計画を立てた。大量の製造をすることにより問題点を洗い出し製法の改良を進める目的もあった。ミニプラント



図2 透明化に失敗した試料

の運営には、当時共同研究していた電線3社から6人の技術者にも来てもらって操業した。

当時、システム研究者は、接続が容易な Graded Index (GI) 型の多モード光ファイバを採用し管路にケーブルを敷設し伝送実験をしていた。しかしながら MCVD 法と違って VAD 法は GI ファイバを作るのは不適であった。原理的にはコアガラスを作るバーナを多くすれば作ることが出来るが、設備を作るのは簡単でない。システム実験に採用されなければ VAD 法の出番もなくなる運命にあった。したがって、電線メーカーの技術者や、システム技術者からは VAD 法は必ずしも評価されていなかった。

幸いなことに、Single mode (SM) ファイバの接続技術がその後向上し、大量の  $\text{GeO}_2$  を使うためコストも高く伝送容量にも限界のある GI ファイバは、SM ファイバに置き換わっていくことになった。SM ファイバの採用を決断した技術者がいなければ、VAD 法は忘れ去られた存在になっていたかもしれない。

#### 4. VAD 法の課題

世界中で作られる通信用光ファイバは、3.16 億 km (2014 年) になるが、その 60% が VAD 法で作られている。量産性に富んでおり大型の母材を容易に作ることが出来ることがその理由の一つと思われる。母材の大きさも直径 150 mm 長さ 2000 mm 以上の大型母材が作られる

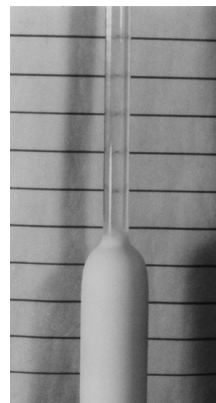


図3 ヘリウムガス雰囲気中で透明化した試料 (上部)

ようになり、一本の母材から 3000 km 以上の光ファイバを作ることが出来るようになっていく。

課題も残されている。最大の課題は He ガスの消費量である。日本の He 消費量の 15% は光ファイバ製造に使われており、MRI などに次ぐ消費量である。かつては、日本の消費量の 25% 最大の用途であったが最近では改善されているが課題としては残っている。

#### 5. おわりに

筆者が VAD 法の開発に直接携わったのは、3 年弱であるが、その後多くの研究者、技術者によって改良が重ねられ今日に至っている。光ファイバだけでなく、光源や受光素子、光回路、電子回路、変調方式など多くの技術者の努力によって今日の光ファイバ通信網が構築されており、その伝送容量は同軸ケーブル網では想像できないレベルになっている。関係者の努力に敬意を表するとともに、さらなる発展を願っている。

VAD 法研究グループを離れて始めたのは、平面光回路の研究であった。1970 年ごろ行った電界イオン交換による光回路は寸法精度が出せないという欠点があったので、VAD 法を応用して、ガラス膜を作り、近くの研究室で開発されたばかりの酸化物厚膜加工技術を利用して

光回路を作った。この技術開発も2年ほどでやめざるを得なかったが、後継者が見事に育ててくれ分岐回路やAWGなどに広く使われている。

#### 参考文献

- [1] 喜安善一 “情報通信の源流を求めて” 三田出版
- [2] Jeff Hecht “City of Light, the Story of Fiber

- Optics”, Oxford Univ. Press (1999)
- [3] T. Izawa and S. Sudo, “Optical Fibers: Materials and Fabrication”, KTK Scientific Publishers (1987)
- [4] Tatsuo Izawa, IEEE J. Selected Topics in Quantum Electronics, “Early days of VAD process”, vol. 6, pp. 1220–1227, Nov/Dec 2000
- [5] J. B. MacChesney, “Preparation of low loss optical fibers using simultaneous vapor phase deposition and fusion”, Proc. 10<sup>th</sup> Int. Congr. Glass, vol. 6, pp. 40–44, 1974