

「ブレイクスルーを成功させるために」



職業能力開発総合大学校通信システム工学科客員教授
技能五輪国際大会日本国技術代表

西 澤 紘 一

日本の光ブロードバンド加入者は、2007 年度末で 1000 万世帯に近づくと言われ、世界から驚きの目で見られている。インターネットユーザが増えたことにもよるが、情報通信インフラを支える光ファイバや光通信システムなどの高い技術力の裏づけがあることも見逃せない。

これまで、光通信システムを実用化するために、幾多の壁を乗り越えてきた先輩たちのブレイクスルーの歴史を振り返り、21 世紀の若い研究者の挑戦意欲を喚起するに少しでも役立てばと思い筆を執った。

第 2 次世界大戦が終了し世界が落ち着を取り戻した 1950 年後半から 60 年代にかけて、今日の光通信システムの基礎となる理論やアイデアが数多く出現している。タウンズ、シヨローが提案し実現した Maser, メイマンが世界で始めて発振に成功した固体ルビーレーザー, カオの光ファイバ伝送理論, 小泉等のセルフロックなどが挙げられる。こうした積み重ねの上に 1970 年, 半導体レーザーの室温連続発振と低損失石英系光ファイバが出現するのである。

光ファイバの歴史は、1600 年初頭のスネルから始まったと言われる。いわゆる全反射現象を世に知らしめた原典だからである。その後、全反射を利用した光学繊維（光ファイバ初期のころの名称）が現れ、照明系や医療用像伝送系としての応用が広がった。

一方、通信の世界では、1876 年のグラハム・ベルによる電話の発明以来、対応する電波の周波数領域を広げようという技術開発が盛んに実施されてきた。すなわち、長波から短波、超短波からマイクロ波、ミリ波へ周波数の高い領域、つまり波長が短い領域を開拓する競争の歴史といっても良い。その中で、東北大学の西澤潤一先生が、電波より 1000

倍以上波長の短い光に目をつけ、光をガラスファイバの中に閉じ込めて信号を伝送するアイデアを1964年に提案した。その後、イギリスのSTL（スタンダード研究所）に居たチャールズ・カオがガラス中の不純物を極限まで取り除けば、20 dB/km（1 km 進んで 1 % 伝送する）くらいの光ファイバが実現できて十分実用的な通信線路に使えると提案した。さらに1968年、日本板硝子の小泉等と日本電気の内田等が共同で収束性光伝送体（セルフォック）を発表し光で通信することが現実味を浴びてきたのである。

1970年、米国のコーニング社が、CVD法で20 dB/kmなる石英系光ファイバを実現させ、世界をあっと驚かせた。当時セルフォックファイバも40–50 dB/kmのレベルまで達していたが、20 dB/kmという値はまさに夢のまた夢であった。

CVD法で光ファイバを製作することは決して偶然に出来たものではない。当時、光ファイバの製法はロッドインチューブ法としてコアロッドをクラッドに当たるパイプの中に挿入して熱延伸する方法が普及していた。ただし、この方法は、コアとクラッドの間の泡や不純物が除去できず損失を低減することが極めて困難であった。一方、コーニング社はCVD法によるTiドーパの石英ガラス基板を天体望遠鏡の反射鏡用として製造しており、十分CDV技術の蓄積があったようだ。マウラーらは、コアとクラッドの境界をスムーズにすべくこのCVD技術を応用しようとした。ここで、アイデアの転換が起こる。若いシュルツがコアとクラッドの境界にCVD薄膜をつけるのなら、CVD膜そのものをコアとすれば、どうせ後で熱延伸するのであるから同じことになるとの提案をした。当時、屈折率を高くする材料としてTiが選ばれた。熱延伸で出来たCVD法による光ファイバを最初に測定したのは、ケックであった。彼は、やっとできた200 mくらいのサンプルを慎重に測定した。出てきた結果は、20 dB/kmという値であった。彼は、そのときの実験日誌に、やった!!（Whoopee!!）と書き記している。結果としては、単純なアイデアではあるが、すばらしいブレイクスルーをもたらした。1970年9月、イギリスロンドンで開催された“導波管による幹線系長距離通信会議”の光通信セッションで、20 dB/kmの成果がマウラーにより発表された。ミリ波管の専門家が多かったためか、この数字の意味を知っていたのは、ごく小数であったと聞く。中でも、古河電工から来ていた村田さんは、通信、電機業界では余り知られていなかったコーニング社が、画期的なアイデアを出したことに衝撃を受けたという。これがきっかけとなり、各国の研究機関で追試が行われCVD法による石英系光ファイバの低損失が確認された。

1974年、京都で第10回ICG（国際ガラス会議）が開催された。この会議は、光ファイバ開発の歴史に名をとどめる画期的なものであった。コーニング社の後を追っていたベル研究所がMCVD法で2 dB/km実現したと発表し、これを機に世界で光ファイバの低損失化競争が起こった。私は、大学を出て数年という若い研究者であったが、国際会議

での初発表の機会を得て、この会議に出席することが出来た。この時の熱気ある雰囲気には圧倒されたことを鮮明に覚えている。現在の光ファイバ通信時代を切り拓いた最初の学会が、この国際ガラス会議であったことをガラス工学に携わる者として誇りに思うと共に、若い人に訴えてゆきたいと思う。

あれから 30 余年、光ファイバは、幾何級数的に進歩を遂げて通信分野の米と言われるほどになってきた。ここで我々が学ぶべきは、ブレイクスルーの壁を如何に乗り越えるかであろう。どんなに知識や経験があっても CVD 膜をコアにするアイデアは出てこない。壁にぶつかったとき、何とかしたいという情熱と挑戦意欲が、思考の飛躍をもたらしてくれる。もちろん、知識や経験が少ないとアイデアの核さえ出てこないのも論外である。知識と経験を充分積んで、なおかつ固定観念の壁を飛び越える勇気こそが、新たなブレイクスルーの原点であろうと思う。

もう 1 つのドラマを紹介したい。日本の VAD 技術である。コーニング社の CVD 法やベル研究所の MCVD 法が主流となり、米国が光ファイバ製造のヘゲモニーをとろうとしていたころ、NTT の研究所で伊澤さんたちが、VAD 法という画期的なアイデアの実現に取り組んでいた。プリフォームから光ファイバを熱延伸することは同じであったが、プリフォームの作成法が根本的に異なる。種となる石英ロッドを縦方向に引き上げながら、半径方向にガラススートを堆積させてゆく方法で、連続的に大口径プリフォームが出来る特徴がある。言い換えれば、大幅な低コスト化が可能な技術である。技術的なブレイクスルーは、最後の段階にあった。スートを堆積させた多孔質の母材を作成し、その後焼結させて透明ガラス化するのであるが、どのような条件を設定しても泡が抜けないという課題が残った。何十本と言うプリフォームを作成し、泡の残り具合を測定するがどうしても消えない。最後に、伊澤さんは、すべてのプロセスを見直し問題点を探った。最後の結論は、透明化するときのガスであった。これまでは、手に入りやすいアルゴンガスを使っていた。不活性ガスであればなんでも良いとの気持ちがあったのであろう。あるとき、思い切ってヘリウムガスに代えてみた。ヘリウムガスは、アルゴンガスより高価であり、できれば使いたくないと思いつつ、徹夜してプリフォームを作り、焼結してみた。見事に泡は消えている。VAD 法が誕生したのは、1977 年であった。後付けの理屈としては、脱泡がガラス中におけるガスの臨界空間径に依存することであった。ヘリウムの場合は、 $500\text{ }\mu\text{m}$ 、アルゴンの場合は、 $0.6\text{ }\mu\text{m}$ である。通常ガラス中の泡は、 $1\sim 2\text{ }\mu\text{m}$ 程度であるのでヘリウムガスの臨界空間径より極めて小さい。そこで加熱されるとガラス中の泡は潰されて外部に放出され泡が消える。ここでも、経験と知識を乗り越えた勘とも言うべき不連続な発想があった。この発想の転換は、テーマに真摯に向き合い徹底的に解決を求める強い意志と根性がなければとても出てこなかったに違いない。

研究開発の重要性が叫ばれ、重要テーマには資金的な支援も厚くなってきた。ある意味で研究者は恵まれて来たとも言える。しかし、研究におけるブレイクスルーは、豊富なお金でも広い知識や経験の深さでもなく、研究者のひたむきな気持と一瞬のひらめきである。

さらに付け加えるならば、伊澤さんたちは、VAD法に取り組み数々の壁にぶつかるごとに研究継続の危機に襲われたそうだ。これは、テーマが前人未到の画期的な方法であり、過去の経験や文献が存在しないが故に、テーマの継続が困難だという現実がある。すなわち極めて高いリスクのテーマには、風当たりが強い。過去に例があり、文献からも結果がある程度予測できる低リスク低リターンテーマについてはあまり反対がない。

しかし、研究者という者は、絶えず未知への挑戦意欲を持っているものであり、ハイリスクハイリターンのテーマを実施したいと常に思っている。この意欲を組織の中でも最大限サポートすることが何より大切であると思う。

伊澤さんの例でも組織としての研究所は、見込みが立ちそうにないテーマを中止させようとしたようだが、それとなくカバーしてくれた上司が居たという。

恵まれた環境は、研究者の意欲を掻き立てはするが、それが全てではない。むしろ研究者への動機付け、自己実現や挑戦意欲など、研究者自身の内面に自信をつけてやるのが大事であろう。そのためには、研究者を理解し、励ますリーダーが不可欠である。さらに付け加えれば、研究者は、逆境であればあるほど意地になって未知への挑戦をしたがるものである。彼を、認め、受け入れ、信じ、外圧から守ってやることができれば、研究者は挑戦意欲を持ち続けることが出来る。その結果、とんでもないアイデアが湧き出して、大きな壁を乗り越えてゆく。つまりブレイクスルー成功の確率は少なくとも1桁は上がる。

ガラス工学の分野もニューガラスの波が押し寄せてきている。結晶と異なるアモルファス材料の典型がガラスであり、学問的にも実用的にもまだまだ未知なるポテンシャルが残されている。どんなテーマと取り組んでも、必ずブレイクスルーすべき山が存在する。そのとき、研究者としては、発想の転換ができる心の余裕を持ち続けたいと思う。また、そういう研究者を抱えた時には、すべてを受け入れ信じ、研究者の心を掻き立てられるようなリーダーになりたいものである。