

昔のガラス・今のガラス（07・06・30）

作花 濟 夫（昭24一修・理）

はじめに

作花でございます。私は昭和二四年三高一年終了後京都大学に入学しました。四回生の卒業研究以来平成六年に京都大学を退職するまで、十一年間の三重大学時代を含めて四二年間にわたって大学でガラスの研究を続けました。このガラスについてお話しする機会を与えていただき、たいへんありがたく思っております。

ガラスの歴史は長く、五千年になると言われています。この間、装飾品および美しい日用品として発展し、現在では私たちの快適な日常生活に欠くことのできないものとなっています。一方、ガラスは科学技術を支えてきました。古代から中世にかけてガラスの製造、加工の技術はそれぞれの時代の先端科学技術そのものでした。中世のガリレイの時代（十

七世紀初め頃）には天体望遠鏡および顕微鏡のレンズとして生物学、医学、その他の自然科学の発展に大きな貢献を果たしてきました。そして、現在のはたとえば遠距離通信用光ファイバーの素材として情報化時代の最先端技術を支えています。

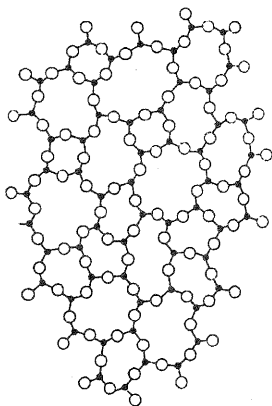
このようなガラスについて歴史と現状を紹介するのが本講演の目的です。

一 ガラスとは

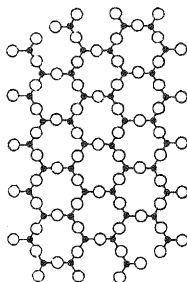
はじめに、ガラスはどのようにしてつくるか、また、そもそもガラスとは何か、についてお話しいたします。少々理屈っぽくなりますので、これをとぼして「二 ガラスの起源」に移っていただいても結構です。

ガラス工房やガラス工場を訪ねるとよく分かるのですが、ガラスを作るにはまず珪砂（成分名はシリカ）、石灰（炭酸カルシウムのこと）、ソーダ灰（炭酸ナトリウムのこと）を混ぜ合わせた粉末原料を坩堝に入れて千数百度の窯の中で加熱して透明で均一な粘り融液にします。この操作をガラス技術者は「ガラスを融かす」と言います。坩堝から融液を取り出して冷やすと、水飴を冷やしたときのように次第に固まって遂には硬いガラスになります。温度が下がるにつれて次第に固まる、言い換えると、次第に粘度が増す振舞いを利用してワイングラスや花瓶を造り、またあるいはガラス細工でガラスの馬を造ること

図1 原子の並び方が規則正しい結晶（左側の水晶）と不規則なガラス（右側の石英ガラス）の比較



水晶（石英結晶）



石英ガラス

ができます。これにたいして、水は摂氏百度と零度の間で温度が変わっても同じようにさらさらの液体です。そして零度で急に固まって氷という結晶になります。氷は無色透明で、見た目はガラスと同じですが、「ガラス」ではなくて「結晶」なのです。このように、ガラスという言葉は結晶に対比して使われるものです。水は温度が下がっても粘くならないのでガラス細工のやり方で氷の馬を造ることはできません。

ガラスは特定の化学成分をもっている物質を意味するものではありません。たとえば、テレビのガラスはガラスびんや窓ガラスと少し違った化学成分からできています。また、化学成分が同じでもガ

ラスになったり、結晶となったりする成分があります。珪砂の主成分のシリカです。化学記号で SiO_2 と表わされるシリカには水晶や石英と呼ばれる結晶もあれば、石英ガラスと呼ばれるガラスもあります。水晶は自然界にもあり、人工合成することもできます。この水晶を二千度まで加熱すると、融解して粘い融液となり、冷やすと石英ガラスになります。水晶と石英ガラスの中の原子の並び方をX線で調べてみると、図1からわかるように、結晶の水晶では原子や分子が規則正しく並んでいるのに対して、ガラスでは原子の並び方が不規則です。この不規則性が加熱したときに次第次第に軟らかくなるというガラスらしさと結びついているわけです。

二 ガラスの起源

ガラスの起源は約五千年前に遡るといわれています。ガラスができるためには千度以上の高い温度が必要であることを考えますと、火を使っているところで偶然にガラスができたと考えられます。起源の一つはローマの大博物学者プリニウスの書物に基づくものです。そこには、「フェニキアのソーダ灰商人がメソポタミアからそれほど遠くない地中海東岸を商用で旅している途中で昼食の時刻になった。そこで、川の砂地に商品のソーダ灰の入った袋を積んで竈を作り、火を焚いて昼食を拵えていた。すると、袋からこぼれたソーダ

灰と砂の混り合った粉が融けて粘い液体となって流れだし、冷えたものが宝石のようにきらきら光るガラスであった」という趣旨の記述があるそうです。紀元前三千年頃の話を紀元前後の書物に書いているので伝説としておくのがよいと思いますが、砂とソーダがよく混ざっていると、強い焚き火でガラスになることは実験で確かめられているようです。もう一つは谷一 尚の記事（谷一 尚「ガラスの道」朝日新聞社編、ガラスの博物誌（一九八五）三五頁）に基づく推測です。メソポタミアには世界で一番早く、今から六千年前頃にすでに青銅器時代に入っていました。従ってガラスが誕生したと思われる今から五千前ほど前には銅の精錬に必要な高温技術、すなわち、窯の構築と燃焼の技術はかなり進歩していたはずです。窯の中で銅を含む鉱物や燃料が燃えてできたアルカリ分を含む灰が窯の天井や側壁の耐火物と接触して融けて透明な融液となり、冷えたらきらきら光る青いガラスになったということはあり得ることです。また、陶磁器の釉薬が偶然に融けてガラスになったかも知れません。

こうして偶然にできた美しいガラスに商人が目をつけて宝石代わりに製品とすることを思いつき、古代ガラス製品が生まれることになったと考えられます。

三 ガラスの歴史

ガラス製品の出現から始まる古代ガラス、それに続く中世のガラスについてお話し致します。これらの時代のガラスはいわゆる工芸ガラスですからガラスの歴史は工芸ガラスの歴史とも見る事ができます。

三―一 古代ガラス

メソポタミア・エジプトのガラス

各種のガラス出土品の調査の結果最も古いガラス製品はトンボ玉と呼ばれる色彩模様のついた美しいガラス玉です。メソポタミアまたはその周辺でつくられたようです。紀元前十五世紀頃にはメソポタミアで鉢やびんのような日用品の形をした装飾ガラス製品がつくられています。同じ頃エジプトでも美しい着色ガラスの飾り板やエジプトの王トトメス三世の銘の付いた杯が造られました。そこで、装飾ガラス製品を先につくったのはエジプトではないかという意見の学者が現れました。それは、当時エジプト王朝が立派に栄えていたからです。メソポタミアが先かエジプトが先かという論争は長い間重ねられました。エジプト製のガラス器にはメソポタミアのガラス技術を引き継いだ跡があると判断された

表1 工芸ガラスの歴史

ガラスの産地 (呼び名)	およその年代	成形法	製品・注
メソポタミア (初期)	前23世紀	鑄造	トンボ玉など
メソポタミア	前16世紀	コアガラス法 ・押型法	鉢・びんなど
エジプト	前15～16世紀		トトメス三世杯
ローマングラス	紀元前後～5世紀	吹きガラス法	ガラス量産
ササン朝ペルシャ	4～6世紀		円文装飾
イスラムガラス	9～13世紀		ガラス技術発展
ヴェネツィアングラス	11～17世紀		ムラノ島で生産
ボヘミアングラス	14世紀より		ガリガラス (透 明度大)
ドイツ, オランダ, フランス, イギリス	16世紀より		ヴェネツィアン ガラスを継ぐ
中国 (戦国時代)	前500年		鉛ガラス
中国 (乾隆ガラス)	18世紀		ソーダ石灰ガラス

結果、今日では一般にはメソポタミアが先だとされていきます。地理的にエジプトはメソポタミアに意外に近く、ガラスづくりの技術がすぐに伝わることは容易に想像できます。

さて、古代から現代に至るまで主要なガラス製品は装飾品(ガラス玉、飾り板、びん、ステンドグラスなど)か美しさを備えた日用品(杯、壺、グラス、びんなど)でした。従って、ガラスの歴史は表1の表題のように工芸ガラスの歴史と言ってもよいでしょう。

古代のガラス成形法

融けたガラス融液を冷やす途中

表 2 古代ガラスの化学組成

成分	成分割合の例	原料
ソーダ (Na_2O)	18%	炭酸ソーダ
石灰 (CaO)	10%	炭酸石灰
シリカ (SiO_2)	62%	珪砂
その他	10%	

(注) 今日の窓ガラスやびんガラスも古代ガラスと同様ソーダ石灰ガラスである。組成も似ている。

でびんや板に形づくることを成形といいます。メソポタミアやエジプトでつくられたガラスの玉、小板、碗、杯などの成形法を紹介します。表1に記したように、ガラス玉や小板の成形には融かしたガラスを型に流し込んで形をつくる鑄造法が使用されました。碗や杯をつくるにはコアガラス法という手法が使われました。これは、たとえば、碗の内側の形をした粘土製のコア(芯)のまわりに融けた粘いガラスを捲きつけて碗をつくり、冷却後粘土のコアを叩いてこわし、ガラスの碗を取り出す方法です。また、粘土製の型を押し付けて内外二つの型の隙間に成形されたガラス器をつくる押し型法も使われました。ガラスの加工成形の周辺技術が発達していない古代ではたいへん難しく、そのためガラス製品は非常に高価で王侯、貴族のステータスシンボルになったものと思われ

ます。

古代ガラスの組成

次にガラスの化学組成について考えてみます。メソポタミ

ア、エジプト、ローマ、ペルシャなどの古代ガラスは組成上はソーダ石灰ガラスと呼ばれるケイ酸塩ガラスです。表2からわかるように、ソーダ石灰ガラスの主要成分はソーダ（酸化ナトリウム）、石灰（酸化カルシウム）、シリカ（酸化ケイ素）で、なかでもシリカは全体の六十〜七十%を占めています。表中「その他」の成分は石灰に似たマグネシアやソーダに似たカリが主なものです。

以上に説明したソーダ石灰ガラスの組成は西洋のガラスに限られるものではありません。中世の工芸ガラス、近代のガラス、さらに、驚くべきことに現在の主なガラス製品の窓ガラスやガラスびん、グラス、花びんのガラスにも組成の似たソーダ石灰ガラスが使われています。四千年もの昔に優れたソーダ石灰ガラスが発明されていたわけです。逆に、四千年前のガラスが今日まで残っているのは当時造られたガラスが風雨に耐え、土中の湿気に耐え得るガラス組成であったからとも言えるでしょう。ガラスの研究室での経験では、表2の成分のうち石灰を除いてつくったソーダガラスは常温で数日間研究室の机の上に置いておくと、空気中の水を吸収して水飴のように軟らかくなったり、炭酸ガスを吸収して表面に白い粉ができていたりして駄目になります。古代人は昔、試行錯誤を繰り返して優れたガラス組成を創り出していたわけです。

ローマンガラス

ローマは優れた文化を花咲かせると同時に強力な軍隊で現在の東西ヨーロッパを征服し、強大な帝国となりました。この征服が成功した原因は征服した土地の住民にローマの文化を享受させたことにあるといわれています。

ガラスの分野では、コアガラス法に代わって吹きガラス法と言う成形法の大発明がローマ時代に実現しました。吹きガラス法には型吹き法と宙吹き法の二通りがあります。型吹き法は鑄型に融けたガラスを注ぎ込み、そこに空気を吹き込んで型通りの碗などをつくる方法です。精巧な表面模様の飾りの付いた花びんなどを造るのに利用されました。宙吹き法では、鉄製のパイプの先に融けた軟らかいガラスの魂まりをつけ、パイプの他端から口で息を吹いてガラスを膨ませる方法です。丸く膨らんだガラスを木かカーボンの平板の上でびんや食器に成形します。第二次大戦の頃に大阪のガラス工場で職人が吹きガラス法で電球やびんを効率よく造っていたのを見た記憶があります。ローマ時代に発明された吹きガラス法はガラス器の大量生産を可能にしました。そのためそれまで極めて高価であったガラス器の値段は下がり、一般の人々もガラス器を買うことができるようになりました。吹きガラス法に加えて複雑な技法を用いて美しいガラス器を量産したのがローマンガラスです。

現代に伝わる古代ガラス成形法

表 3 現在に生きる古代の技術

古代の技術 (製品)	対応する現在の技術 (製品)
鑄造法 (トンボ玉)	鑄造法 (レンズ)
コアガラス法 (花びん, 壺)	ダンナー法管引き機 (蛍光灯の管)
型吹き法 (びん, 碗)	IS 自動製壘機 (ガラス壘)
宙吹き法 (容器, 水差し)	宙吹き法 (電球, 薄手の容器)

これまでに述べた古代のガラス器の成形法は実は現在の成形法の基になっています。表 3 に示すように、古代にトンボ玉をつくるのに使われた鑄造法は現在光学レンズをつくるのに使用されています。メソポタミアやエジプトで使われたコアガラス法はダンナー式管

引き機で蛍光灯のようなガラス管をつくるのに応用されています。もちろん現在はコアの材料が古代の粘土から最高級のセラミックスに変わっています。すなわち、セラミックスに捲きつけた溶融ガラスを連続的に引き伸ばしてガラス管を大量に生産するというのが現在のコアガラス法です。ローマ時代に発明された型吹き法は現在 IS マシン (自動製壘機) に応用され、ガラスびんを一台で一分間に六百本も生産するのに役立っています。

今日、これまでに無かったような新しい成形法、加工法も発明され、使用されているのはもちろんのことです。また、原料粉末を融かしてガラス融液にするための窯も進歩して、現在では坩堝窯に代わってタンク

窯が主流になっています。タンク窯というのは、一方から粉末原料を供給し、他方の端から融けたガラスを引き出す連続ガラス製造窯です。引き出した溶融ガラスを製壘機に供給すると瓶ができますし、平らにして引き出すと板ガラスができます。

三二 中世以降のガラス

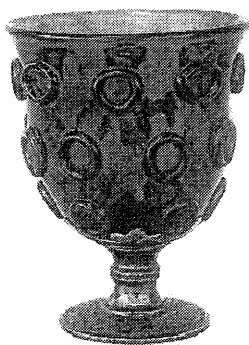
ローマ帝国の分裂後ローマンガラスはササン朝ペルシャのガラスとなり、さらにイラムガラスに引き継がれて発展しました。その伝統を受けついである有名なヴェネツィアンガラスが登場しました。この頃ボヘミアでソーダの代わりにカリを使った透明度の高いガラスが製造されました。その後十六世紀からヨーロッパ諸国で工芸ガラス的な日用品が生産され始め、産業革命に続くこととなります。

ここでは、ササン朝ペルシャのガラスと正倉院のガラスとの関連、ヴェネツィアンガラスの話題、中国清代のガラスを取り上げます。

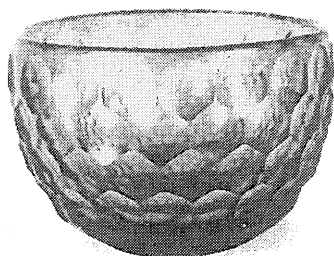
ササン朝ペルシャのガラス

紀元四〜六世紀のササン朝ペルシャで造られた美しいガラスのなかでも特徴的なものに碗に應用された円文裝飾があります。円文というのはおぼじきの玉のような直径一センチくらいのガラス円盤を碗の側面に多数貼りつけるか、あるいは彫刻で切り出した丸い裝飾

図2 正倉院宝物ガラス



紺瑠璃杯



白瑠璃杯

文様です。現在のイラン及びその周辺の地域から出土しています。このペルシャ独特の文様のガラス器が二つ奈良の正倉院に収蔵されています。その写真を図2に示します。一つは青色の紺瑠璃杯、もう一つは無色の白瑠璃碗です。正倉院は八世紀に創建されましたが、その中に多数のガラス玉（トンボ玉）のほかにも六点の碗と皿などのガラス容器が保存されています。上記の二つの碗はそのなかでも逸品で、ペルシャからシルクロードを通って大和に到達したものです。ただ、正倉院にこれら二つのガラス器が収められたのは八世紀より後のことだとされています。

ヴェネツィアンガラス

ヴェネツィアでは八世紀頃からイスラムガラスと技術を取り入れたガラス工芸が発達し、十三

世紀にはヴェネツィア共和国の経済的、政治的な発展と相俟って対外競争に勝てるだけの技術が蓄えられてきたようです。ヴェネツィア共和国は一二九一年にガラス職人およびその関係者をムラノ島に強制的に移住させ、ヴェネツィア独自のガラス技術の秘密が共和国外に洩れるのを防ぐことにしました。ガラス職人は厚遇と引き換えにムラノ島に閉じ込められ、逃亡者には死罪が科せられました。その結果、ヴェネツィアでは、泡などの欠点のない良質なガラスが製造され、透明度の高い無色のガラス器、精巧な彫刻文様の大皿、レースガラスなどが生産され、地中海沿岸はもとよりヨーロッパの高級ガラス品市場を独占する状態が十六世紀まで続きました。

一方、厳しい規制を逃れてムラノ島外に脱出をはかり成功した職人はフランス、ドイツ、オランダ、オーストリアなどの各国で厚遇をうけ、その後のヨーロッパでの工芸ガラス産業の基をつくりました。

中国清代のガラス

中国のガラスとしては戦国時代の紀元前五世紀の鉛ガラス製トンボ玉が知られています。ソーダ石灰ガラスでなくて鉛ガラスであることから、この古代ガラスは中国独自のガラスという意見もありますが、メソポタミアやエジプトで始められたガラス技術が伝わったのだという考え方が支配的です。

中国のガラスで世界的に有名なのは時代が遥かに下がった清代の乾隆ガラスです。清朝（一六一六〜一九一二年）は中国最後の王朝ですが、その最盛期の乾隆時代（一七三五〜一七九五年）のガラスが乾隆ガラスです。清朝のガラス技術は西洋のガラス技術を輸入したもので、ガラスは中国で昔からよく造られてきた鉛ガラスと違ってソーダ石灰ガラスでした（表2参照）。西洋の技術に中国独特の美のセンスが加わって特徴のあるガラス器が乾隆時代に造られました。とくに、被せガラス（きせガラス）手法による浮き彫りの技術を使った着色模様付きの壺は西アジアやヨーロッパのびんには見られない独自の趣を持っています。私は如何にも中国風だという印象をうけました。

ガラスの歴史を振り返ってみますと、美しいガラスをつくる技術は文明の発展とともに、進歩し、また国が栄えたときに新しいガラス技術が生まれ、優れた特徴のある工芸ガラスが製造されてきたということができます。

四 今のガラス

古代から始まった工芸ガラスは現代も人々の心を惹きつけています。日本各地でガラス工房が生まれ、工芸ガラスの教室が開かれているのがその証拠です。また、紙数の都合で

表4 ガラスの特性：優れた素質

- ・透明：透明で光を透す
- ・耐久性：水や薬品に溶けない
- ・耐熱性：燃えない。500度まで硬い
- ・不透過：空気や水を透さない
- ・成形・加工：色々な形に作ることができる

(欠点)

脆い：硬いが割れやすい

表5 身近かにあるガラス

- ・日用品：
食器、花びん、色々なびん、蛍光灯の管
- ・建築材料：
窓ガラス、ガラス戸
- ・車両用ガラス：
自動車、電車の窓

省略しましたが、ガラスはガリレイの時代から天体望遠鏡や顕微鏡のレンズとして科学の進歩に貢献してきました。その延長線上にカメラのレンズがあります。

これにたいして、ここでは現在のガラスを身近かの日常生活に結びついたガラスと情報化時代を担う先端ガラスの二つに分けて紹介し、関連する話題を取り上げたいと思います。

ガラスは表4に記す特性を持つ優れた素質の材料です。最も重要な特性は透明性ですが、このほかに、金属と違って錆びない、プラスチックより高い温度に耐える、空気を通さない、色々な形に成形できるという特徴があります。そのため役に立つ美しい材料として身近かで使われ、また、先端材料としても利用されているわけです。

しかし、脆くて割れやすいという重大な欠点があるので使用するときには、強度を保つように工夫する必要があります。

四―一 身近にあるガラス

私達の身のまわりには、表5に示すように、各種のガラス製品があつて生活を便利で快適なものにしています。ガラスのない近代生活は考えられないと言えるでしょう。日用品には食器、花瓶、各種食品びんなど美しい容器があります。ガラスびんは透明で中身が見えますし、空気や水分を透さないので食品の腐敗や変質を防止します。

建築材料の窓ガラスは板ガラス製品ですが、太陽光を取り入れながら風雨から部屋の中の人や物を守ってくれます。自動車、電車の窓ガラスのお蔭で、私たちは外の景色を楽しみながら風雨を避けて旅行することができます。最近では、自動車用のガラスとして雨粒が付きにくい撥水性ガラスや水分を吸収することによってガラスが曇るのを防ぐ防曇ガラスも使われるようになっていきます。

四―二 表面が平らなフロートガラス

住宅やビル、自動車や電車の窓ガラスから外を眺めるとき景色はひびくことなくきれい

表6 映像・情報用ガラス

①	テレビブラウン管 (2006年3月製造中止)
②	液晶テレビの表示面
③	プラズマテレビの表示面
④	パソコンの表示面
⑤	携帯電話の表示面
⑥	光ファイバー

に見えます。現在ではこれは当然のことですが、私たちが小学生や中学生であった六〇年ほど以前には電車で外を眺めると景色や建物がひずんで見えました。これは板ガラス表面にうねりとも言えるゆるい凹凸があったからです。その後表面を研磨してうねりをなくしたガラスが一部使われるようになりました。しかし板ガラスの両面を研磨するのはコストと時間がかかるので磨き板ガラスはたいへん高価でした。これにたいし、英国のピルキンソン社によってフロート法が発明され、三十年ほど前から窓ガラスはすべてフロート法で造られるようになりました。フロート法では、まだ軟らかい板状のガラス融液を液体の金

属錫の上に乗せて平面にします。錫の面は水平面で平面ですから錫に接している面は完全な平面になり、融けたガラスの上面はガスに接しているフリー面であるために完全な平面になるわけです。現在は窓ガラスにもテレビの画面にもすべてフロートガラスが使われています。

四―三 映像・情報通信を担うガラス

ガラスはテレビや携帯電話の映像を写し出し、また情報を音声や映像の形で伝えることによって情報化社会を発展させ

るのに大きな役割を果たしています。このような先進材料として使われているガラスの種類を表6に示します。①から⑤までは画像や文字を見せる表示板のガラスです。①のテレビブラウン管はこれまで長い間テレビに使われてきましたが、テレビが②の液晶テレビや③のプラズマテレビと言った平板テレビに変わったので、ブラウン管の製造はわが国では二〇〇六年三月に中止されました。ブラウン管は前面の表示面を含む全体がガラスでできていました。平板テレビに変わっても表示面はガラスですからテレビにとってガラスが重要であることに変わりはありません。④のパソコンおよび⑤の携帯電話の表示面はガラスです。次項でお話しする⑥の光ファイバーもガラスからできています。

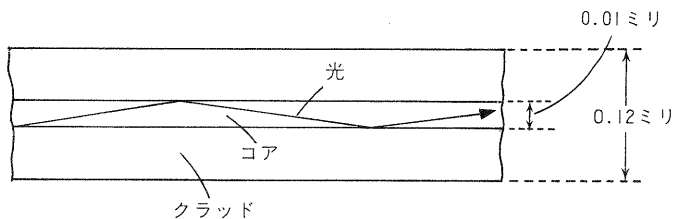
四―四 光ファイバー

現在の情報化社会は一九八〇年代に始まった光通信によって支えられております。固定電話、携帯電話、インターネット、電子メール(Eメール)あるいは画像の送信、受信など現在のあらゆる情報通信は光通信が中心です。光通信の主役である光信号を伝える重要な役割を担っているのが光ファイバーです。光ファイバーは石英ガラスからできています。光ファイバーを使う光通信では、銅の電話線を使うこれまでの電気通信に比べて一本の線あたり極めて多量の情報を同時に送ることができます。従って、超高速、超多量の通信

が可能になりました。そのため電話もファックスもEメールもインターネット通信も待ち時間なしにできるわけです。これまで実現するとは思ってもよらなかった個人の間の動画の送受信ができるのも光ファイバーというガラスのお蔭です。日本中に何千万台もある携帯電話を同時に使用できるのは大体二十キロメートル毎に置かれている基地局どうしが光ファイバーで結ばれているからです。光ファイバーなので、情報が最寄りの基地局に正確に伝わり、正確な情報を電波で受信者に送ることができます。光ファイバー通信網は国中に張りめぐらされています。日本とアメリカを何重にも結ぶ海底ケーブルも光ファイバーです。

光ファイバーの役割は信号の担い手の光を遠くまで伝えることです。その開発は光を何キロメートル、何十キロメートルもの先までよく透すガラスの開発から始められました。窓ガラスを見ると、ガラスは光を透すではないかと言いたくなりますが、実は窓ガラスの厚さを一メートルあるいは二メートルと厚くすると光は殆ど全く通らなくなります。これは光を吸収する不純物がガラスに含まれているからです。この不純物を徹底的に取り除くことに成功し、一キロメートル進んでも九五パーセンの光が残るような光の伝送損失の少ない石英ガラスが実現しました。その石英ガラスから造られた光ファイバーが現在活躍しております。従来の電気通信では数キロ〜十キロごとに信号の増幅器を設置しなければ

図3 光ファイバー中の光の伝わり方



ばならなかったのにたいし、光ファイバーを使う光通信では二五キロごとでよいと言われています。信号の伝送速度は電気通信では一本の通信線で一秒あたり一〇〇〇メガビットであったのにたいして、光通信では現在その一万〇〇万倍の一秒あたり一テラビットの伝送速度が得られています。

次に光ファイバー中の光の伝わり方を説明します。図3に示すように、大部分の実用されている光ファイバーは直径〇・〇一ミリのコア（芯）とそれより屈折率の低いガラスからできた直径〇・一二五ミリのクラッド（被覆層）からできています。光は境目で全反射しながらコアの中を進みます。このようなファイバーでは、極く僅かづつ発信時間をずらして送った信号が受信側で、重なることなく受信できます。そのため多量の光信号を高速で送ることができるわけです。

五 おわりに

ガラスは古くて新しい材料です。その美しさ故に人々を楽し

ませてきました。現在は私たちの身の回りにあつて日常生活を快適なものにしています。また、映像を写す画面や光ファイバーとして情報化社会を支えています。このようなガラスについて歴史を説明し、今日のガラスの話題を紹介しました。ガラスが昔も今も人類にとって魅力があり、また重要な材料であることを理解していただけたと思います。

(参考文献)

本講演にあたっては各種文献を参考、参照させていただきました。著者に感謝いたします。文献の主なものを以下に記します。

由水常雄、ガラスの道、徳間書店（一九七三）

朝日新聞社編、ガラスの博物誌、朝日新聞社（一九八六）

山崎一雄、古代ガラス、ガラスハンドブック、朝倉書店、一〇四五～一〇四八頁（一九七五）

作花済夫他編、ガラスの百科事典、（朝倉書店二〇〇七）

（京都大学名誉教授）