



化学遺産の第16回認定 1

認定化学遺産 第068号

戦前に良質な光学ガラスを製造していた高松 亨

本庄孝子 Takako HONJO

光学ガラスは、軍艦の測距儀や潜水艦の潜望鏡等に必須であり、光学兵器と呼ばれた。第一次世界大戦後、輸入が途絶えた光学ガラスの国産化が切望された。大阪工業試験所（現産業技術総合研究所関西センター）は光学ガラスのプロジェクトを1921年に高松 亨を迎えて開始した。高松はそれまでの海外文献の不備を指摘し、光学測定をして独自にガラスの屈折率とアッペ数の関係を明らかにした。徹夜の続く光学ガラスの製造で、良質な光学ガラスを得た。

はじめに

戦後、カメラの輸出が盛んになり始めた頃、なぜ日本のレンズが良いかとなると、あまりよくわかっていなかった。実は戦前のおおさか工業試験所（以下、大工試と略す。現産業技術総合研究所関西センター）で光学ガラス製造技術が高松 亨（図1）らによって確立されて、戦前から良質の光学ガラスの払い下げがなされていたことが本庄の報告にある¹⁾。

第一次世界大戦の折、ドイツは海軍の光学兵器の卓越性で優秀な英国艦隊に手痛い損害を与えた。その後、光学ガラスは光学兵器となり、光学機器産業に関する研究開発などは秘密裏にされ情報は乏しかった。大戦後ドイツの製品は粗悪になり、フランス・イギリスの製品は品質が低く、高品質を求める日本軍の要求を満たさなかった。それゆえに国産光学ガラス製造に対する期待は大きな課題になった。1917年、日本光学工業株式会社（軍産一体の会社。現株式会社ニコン）が設立された。1918年に創立した農商務省の大工試は輸入に頼っていた製品の国産化を目的にしていた。大工試は東京工業試験所から窯業の綿谷政次郎と有機化学の小川 亨を迎え、海軍燃料廠へ移動した小川の後任に



図1 高松 亨

ガラス研究のすぎ えじゅうせい 杉江重誠が採用された。情報の途切れた中、初代所長の莊司市太郎は1921年に九大卒の高松をリーダーに迎えて、光学ガラスのプロジェクトを開始した。

光学ガラス国産化のプロジェクト

プロジェクトのメンバーは杉江（原料の選定等）、高松（窯炉設備と熔融攪拌等の研究）、桑山政武（現場作業）、綿谷（ルツボ）である。高松は入所以来、数ヶ月にわたり日本光学工業（株）などへ技術の習得のため出張し、その後3～4年はドイツ留学した芝田理八が海軍で行った方法、また外国での製法などを参考にして熔融実験を重ね、技術習得に努めた。そして海外論文の不備を指摘した。高松は光学ガラスを製造して、各成分と光学定数の屈折率、アッペ数との関係を明らかにした。光学ガラス製造は技術的、経済的に困難であった。対応できるルツボがなく、長い間、製造の目処が

ほんじょう・たかこ

元産業技術総合研究所関西センター 主任研究員
〔経歴〕1968年大阪教育大学高校課程化学卒業、同年大阪工業技術試験所入所（現産業技術総合研究所）。2005年阪南大学非常勤講師（地球環境科学）、07年大阪産業大学非常勤講師等。環境技術学会理事。

E-mail: auatr921@wombat.zaqa.ne.jp



立たなかった。所長は毎年の予算獲得に苦勞して、「品質の良い光学ガラスを完成させて、その製品を民間企業などに払い下げ、このとき得たお金を国に返納するから」と言い続けた。

300 kg の光学ガラス製造に市販のルツボで熔融すると、炉を開けたときルツボも全部溶けていた。耐食性ルツボの製造がネックになった。高松は1926年に蓄熱式1トン炉を設計、増築した。同年、純良な原料砂の自給をはかるために水中粉碎と水篩あぶの設備も完成した。綿谷は1927年に2重構造ルツボを発案・製造してやっと光学ガラスを製造することができた。

光学ガラスの製造にはかなりの時間と労力が必要で、歩留まりも少なく、多品種必要なため、通常の商業レベルでの製造に向かなかった。ルツボ製造は1ヵ月以上自然乾燥後、炙り、1500℃で焼き締める。日本では純度の高い原料はないので、原料の不純物除去のために、ロールミルで塩酸溶液中数時間粉碎した。そして調合した原料を1350℃になったルツボに挿入して約1600℃まで昇温する。この昇温・熔融工程が大切で、熔融液が均一になるように攪拌し続けなければならない。高松は水冷式攪拌棒を開発した。その後、常温まで冷却してからガラスの塊を得る。そのガラス塊をハンマーで割って良質部分のみを得て（選塊）、型に入れ熔融させた後、アニール（焼きなまし）して不均一な部分のない光学ガラスを得て、両端面研磨して精査する。一連の工程にはかなりの時間を要した。高松の実験ノート3冊（ノートの日付は、1934年11月1日から1937年9月23日にかけてである）と手製の成分表のファイルがある（図2）。実験ノートの見開き



図2 熔融実験ノート3冊と、原料成分のファイル

のページには4つの炉の温度の経過が鉛筆で丁寧に記録されている。1350℃で原料をルツボに投入し、7時間以上かけ攪拌しながら昇温、初めは1時間おきに、1500～1600℃付近では10分おきに温度測定する。徹夜の続く実験で、連続14日間の窯操作である。ファイルには85の原料成分が記載されている。

1927年から光学ガラスの払い下げが始まった。払い下げの広告は1931年から『大阪工業試験所報告』の裏面に載せられ、軍や大学、民間企業に払い下げられた。光学ガラスの種類は年々増加した。1935年にはテッサーレンズ4種を国産化して朝日賞、服部賞を受賞した。1938年には2トン炉を築造し、1939年の払い下げの金額は5万5000円に達した。1936年の高松の論文「光学硝子製造に関する研究 第1報」は、1967年頃までは光学ガラスの唯一のテキストであった。

1940年、富士フイルム株式会社の工場が完成して、高松は顧問で1年間毎月1～2回指導した²⁾（図3）。同社は3名を大工試に派遣し、約1年にわたり山部敬吉らからレンズ設計ならびに製造全般について指導を受けた。高松は理化学研究所や東京工業大学（現東京科学大学）の顧問もした。小西六写真工業株式会社が熔融開始した1941年、村田美穂が出張して指導した。同年に千代田光学精工株式会社（後にミノルタ伊丹工場）も生産開始、この工場は大工試から近いこともあって、立ち上げには多くの所員が援助した。

1940年、大工試から300 m 東の所にて陸軍のガラス



図3 富士フイルムでガラス熔融の指導の高松²⁾

工場が生産を開始した。当時、日本光学があったが、軍の要望に応えることができなかったようで、軍は大工試の技術との連携を考えた。桑山は陸軍技師を兼任し、工場長となる。高松ら数名の研究者も陸軍の嘱託になって援助した。戦前に製造された光学レンズは61種である。陸軍のガラス工場と大工試のガラス工場は不夜城と呼ばれ、学徒動員や徴用で約1000人が働いていた。屈折率の測定は少なくとも4桁の精度が求められ、研究室ではタイガー計算機の音がすごかった。

1943年に高松は所長に昇任し、浅越貫一を長とする光学機械研究部の十数名を加え、部員は150人を超えた。高松はこの年に窯業協会・技術賞を受賞し、また陸軍技術有功賞も受賞した。高松はこの賞金を用いて職場に高松賞を設け、研究に功績あった人を表彰した。大工試は1943年10月に軍需省の管轄になった。高松は光学ガラスの規格を決める会議に出席した。なお、戦時中、ドイツのUボートで光学測定器数種と光学硝子100種以上が運ばれてきて、大工試に届いていた。

田村嘉行はドイツのレンズの分析に携わった。浅越はレンズの反射防止処理の膜形成技術を確立した。

戦後の光学ガラス

敗戦でGHQ科学局のペンロック少佐が抜き打ち的に調査に来て、陸軍のガラス工場は閉鎖され、同規模のガラス工場を備える大工試も廃止の対象になって封鎖された。高松は戦中から「終戦後は光学ガラスを平和産業に活かそう」と思っていた。病気がちな体で何度も上京して本省と協議し、また大柄なペンロック相手に饗応の限りを尽くし、大工試は平和産業と言い続けて、封鎖を解かれ難を免れた。1948年、高松は死去した。戦後、高松の遺族は生活に困難をきたしていたので、大阪の写真材料組合の河原栄一理事長らが高松の貢献に報いて奨学金を募って子息の教育を支えた。高松は生前に「光学ガラスの恩人」といわれた。

1950年、朝鮮戦争でのダンカンの写真がライフ誌に掲載される(ニコンのカメラ)。ニューヨーク・タイムズ紙に日本製カメラとレンズの優秀性を高く評価する記事が掲載された。その後、日本はカメラの輸出が盛んになる。田村は高松が製造した光学ガラスについて「正宗の名刀ふたたび作られずの感がする」と記している³⁾。



図4 「日仏友好のモニュメント」のイメージ図⁴⁾

1964年に国際光学会議が日本で開催され、大工試を見学した外国の光学関係者は幅広い研究(光学ガラスの製造、光学機器、像評価、光学薄膜、測色など)がトータルに取り組まれていることに驚異の目を見張った。

レンズの透過率を向上させる光学薄膜技術は、戦後引き継がれ、1969年に、勝部能之^{かつべのゆき}・倭子^{しずこ}夫妻は液晶表示に不可欠な透明導電膜ITO膜の真空蒸着法での製造技術を世界で初めて発明した。そして、1973年に日本は世界で最初に液晶表示の電算機を発売した。1989年までに国庫に入った特許収入は6.9億円に達した。

1989年にフランス革命200年記念モニュメント、ガラスと炭素繊維と真鍮からなる大きさ500m、高さ100mの宇宙船からも見える門のデザインがフランスから日本に送られた(図4)。「ガラス及び炭素繊維複合材料の大型建造物への適用に関する研究」のプロジェクトメンバーは大工試、兵庫県、ガラスメーカー、炭素繊維メーカー、鉄鋼メーカーである。ガラスの研究と炭素繊維発明の大工試がプロジェクトのメイン担当となる。淡路島に建設予定であった。1995年の鉄入れ式の5日後に、阪神・淡路大震災が起これ、何度も議論を重ねたが、約20年後に建設が中止になった。なお、フランス革命100年記念モニュメントはフランスからアメリカに送られた自由の女神像である。

1) 本庄孝子, 科学史研究 2020, 59, 149.

2) 創業25年の歩み, 富士フィルム, 1960, p. 106.

3) 田村嘉行, 化学 1964, 19, 450.

4) <https://note.com/kobedx/n/n435d7a2a35bf>