インタビュー

人工硝子体

—眼科医療材料の開発を
目指して—

Artificial Vitreous Body

山内愛造

YAMAUCHI Aizo
(財)日本産業技術振興協会

今から30年ほど前、横浜にあった織高研（現・物質研）に奈良県立医科大学眼科の神谷貞義教授が尋ねてこられた。筆者の研究が新聞で紹介されたのを読んだと言われて、親水性表面グラフトや透明なPVAゲルを眼科医療材料に使いたいから共同研究をしようという突然のお申し出である。一緒に奈良医大に行って相談しようとのことで、漠然とコンタクトレンズには使えるかなと考えていた矢先の提案に少々戸惑ったが奈良に訪れた。早速、家兎眼を摘出し、これが角膜、水晶体、硝子体（ショウシタイ、Vitreous body）と手渡して下さる。初めて手にするが、なるほど透明な美しいゲルである。当時高分子医用材料の研究が始まったばかりの頃だったが「よしやってみよう」と決心した。その後、壺坂寺で失明した方々が牡丹の花を手で触って愛でているのを見て、材料研究の興味だけでなく、一人でも多くの方が光が得られるように手伝えればとの強い意識をもった。

角膜、水晶体はご存知でも、硝子体は知らない読者が多いと思う。水晶体の後方であって眼の大部を占め、コラーゲンとヒアルロン酸の複合体が99%もの大量の体液を包含する透明なゲル状組織で、ラテン語の *Vitrum* を語源とし、ポルトガル語のビードロ (*Vidro*) と同じくガラスを意味し、中国語でも玻璃体^{はりだい}と呼ばれる。その構造はいくつかのモデルが提案されているが定説はなく、機能は眼球の形態と眼圧の維持、房水（体液）の循環による養分供給と貯留などといわれているが明確ではない。生体にはいまだによくわからないことが多いことも驚きである。

感覚の中でも視覚は最も重要で、角膜、水晶体、硝子体の三者を眼透光体と呼び、それらの混濁による失明には、古くから治療法や機能回復への多くの試みがなされてきた。現在、角膜混濁は角膜移植で、白内障は混濁水晶体の摘出とPMMA製眼内レンズ（人工水晶体）の挿

入で治療が可能となった。なお、眼内レンズはコンタクトレンズと共に世界で最も普及している医療用具として合成系高分子材料が医療に貢献している典型例である。

一方、硝子体混濁、網膜剥離など硝子体に関わる疾患の治療法として、多くの生体材料や合成物が置換・充填材料として試みられたがいずれも成功していない。

われわれは公立の医大と国の研究機関との共同研究なので長期展望に立って、いちばん難しい硝子体置換材料に取り組むことに決めた。素材は従来から筆者が取り組んでいたポリビニルアルコール (PVA) 架橋ゲルが組織適合性に優れ、極めて透明なことに着目して選択した。臨床側からは眼球を切開せずに注射針を通して注入できること、長期に眼球の内圧を維持でき、透明性を保つこと、滅菌（可能な限りオートクレーブ加熱滅菌）が可能なが要請された。

人工血管、人工弁など生体置換材料は、通常、血液適合性が求められる。また、一般に生体内置換後、摘出するまでは材料と周辺組織の状態を継続して評価することができない。しかし角膜、水晶体、硝子体の眼透光体組織には血液が存在しないため、医用材料として血液適合性の難関を避けて材料選択の幅が広がる。また、眼底カメラなどの臨床機器を用いて、置換した人工材料の状態と周辺組織への影響を外部から光学的に経過観察できるという大きな利点がある。

PVAのゲル化は化学品である架橋剤を用いず、水溶液をγ線照射することで水とPVAだけから安全性の高い人工硝子体をつくることとした。多くの実験から架橋点が局在化せず透明性に優れ、実験対象となる家兎の硝子体に類似の屈折率をもち、注射針を通る流動性のPVAゲルを得ることができた。

動物実験は共同研究者の奈良医大の眼科医と共に家兎眼を用いて行い、多数の家兎について術直後から1年半にわたり、定期的に眼球外部から眼科の臨床検査による生体内での評価と、摘出眼の標本による病理学的評価を行った。家兎眼による実験では初期の要求性能は満たされたものと評価したが、その後、サルを用いた実験で網膜上に炎症が観察され、残念ながらわれわれの人工硝子体はまだ臨床への適用には至っておらず開発段階にある。

共同研究を始めてから教授は三代になる。この30年の間、手術室にも入り、企業の研究所も経験し、医療現場で患者に少しでも良い治療をと頑張っている医師達と共に仕事をして多くのことを学んだ。特に故人となられた神谷名誉教授からは、生体系ではデータだけにとらわれず広い視野から評価することの重要性を教わった。

近い将来の患者への福音を信じ、人工硝子体を完成するつもりである。

((財)日本産業技術振興協会国際研究交流センター・所長、医博。専門＝高分子ゲル、医用材料)