

東京工業大学における終戦後の超遠心機開発

有坂 文雄

1. はじめに：超遠心機について

超遠心分離機は生化学の研究には必須の機器で、細胞内小器官、ウイルス、蛋白質複合体の精製などに用いられる。他方、超遠心分析機は溶質の沈降の様子をリアルタイムで観測できるようにした機械で、分離機よりも早く、1920年代に Svedberg (スベドベリ) によって開発された。超遠心分析はそれ以後、長い研究の歴史を経て、現在では解析の理論的基礎がもっともよく確立された分子量測定法となっており、分子の形に依存せずに溶液中の溶質の絶対分子量が測定できるのが特徴である。超遠心分析機は80年代に一時衰退したが、90年代になって新しい型の超遠心機が開発されたことにより、現在再び注目を集めている。一時衰退した原因や超遠心分析が「ルネッサンス」の時代を迎えた経緯などはここでは述べない¹⁾。

超遠心機 ultracentrifuge の「超 ultra」は「高度な機能」を意味し、「高速」という意味の超遠心機は supercentrifuge と呼ぶべきだと Svedberg は提案しているが、現在では両者併せて超遠心機 ultracentrifuge と呼ばれている。Svedberg の超遠心機は分析専用であったが、米国で1930年代後半に Beams, Pickels らによって分離および分析用の超遠心機が開発された。Pickels は Spinco 社 (Special Instrument Corporation) を設立して Model L (分離用)、Model E (分析用) を市販したが、これは1950年 (昭和25年) のことである。

Spinco 社超遠心機の市販に先立つこと3年の1947年 (昭和22年) の4月、日本で独自に超遠心機を開発する計画が文部省科研費総合研究「超遠心機とそれによる蛋白質及びウイルスの研究」としてスタートした。この超遠心機の開発は東工大・東大・九大の3大学に、日立をはじめとするいくつかの企業が協力して行われたが、東工大が中心となって超遠心機が開発が進められたことを知る人は現在では極めて少ない。筆者はこのことを阪大名誉教授の高木俊夫先生から託された超遠心機関係の資料の中に見いだし、東工大百年記念館展示部門専門委員会のご協力を得て若干の調査を行ったので、これまでに知り得たことを報告したい。

2. 東工大における超遠心機の開発

戦後、復員してきた人達が徐々に大学に復帰し、多くの研究者がこれからの研究の新たな方向を考えていた頃だったという。渡辺格先生 (渡辺門下にはノーベル生理学医学賞の利根川進教授がいる) は分光光学で著名な水島三一郎先生の研究室で分光光学を研究されたが、新しい研究の対象として「ウイルスの増殖機構」を考えておられた。当時医学部におられた兄君の渡辺漸氏に相談されたところ、東大伝染病研究所の川喜田愛郎教授や福見秀雄教授を紹介され、両教授から、ウイルスの単離には超遠心機が極めて有効なはずだが、日本では全く開発が行われていないことを聞き、超遠心機開発の必要性を痛感された。渡辺格先生がこのことを水島三一郎先生に相談されたところ、水島先生はすぐに知人の東工大精密機械研究所教授 佐々木重雄先生に電話で話をして説得され、佐々木教授は超遠心機の開発を研究テーマとすることを承諾されたという。佐々木教授の決断に、水島・渡辺両先生は大喜びだったということである²⁾。

総合研究の代表者は佐々木重雄先生で、総括を引き受けられたが、実際の設計から製作までを行われたのは当時助教授の谷口修先生だった。詳細な文献調査の結果、Beams, Pickels らの設計がもっともよいという結論に達し、空気駆動の懸垂式超遠心機的设计製作が始まった。これは空気タービンの軸を下に向けて真空チャンバー内に導入し、ローターをつり下げた形で回転させるものである。この構造の利点はローターを付け替えるだけで分離用にも分析用にも使える点であった。

第1号機はウイルスの濃縮精製を目的とする分離用超遠心機を製作することになり、試料は最小で40mL、加速度は10万 g を目標とした。総合研究の報告書³⁾には空気駆動タービンや軸受けの設計と製作、回転軸がチャンバーの壁を通して外に出る部分の真空パッキング、ローターの設計、回転速度の計測法、回転の安定性などについて東大工学部との共同研究も含めて詳細な報告がみられ、これらが機械学会で報告されている。なお、遠心管の材質なども当時は使用できる材料が限られていて選択に苦労されたようである。

最終的に、東工大では分離用、分析用各1台の超遠心機が完成し、性能の調査の後、分離機は東大伝染病研究所、分析機は東大理工研に設置された。九大でも分析機が1台完成し、理学部、農学部、医学

部での研究に使用された。

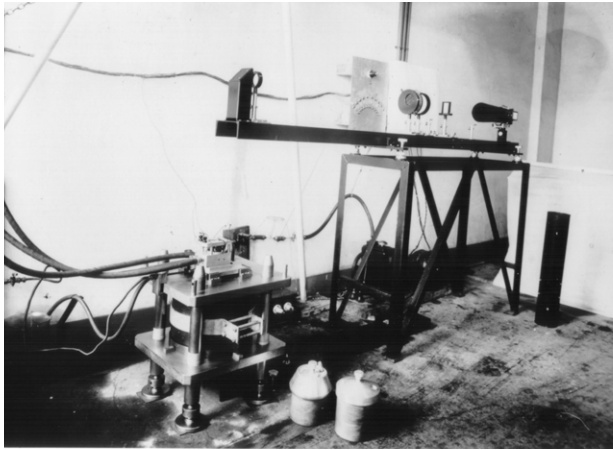


図1 東工大精密機械研究所（大岡山=当時）で開発された超遠心分析機

床に分離用ローターと分析用ローターがそれぞれ1台ずつ見える。中央やや左下の本体から垂直上方に出た光は上部の鏡で90°右に曲げられ、長い光路を経て右側のカメラに達する。

3. 企業の参画

製作に当たってまず直面したのは材料の入手であった。戦争直後のこと故、材料の入手は困難を極め、いくつかの企業の協力が不可欠であった。加わった企業は昭和電工、北辰電気、日立中央研究所などで、それぞれ「ローターの安定（富沢氏）」、「部品製作（野間口氏）」、「電気駆動（河合氏）」の課題で参画している。ローターの材料となるジュラルミンは戦闘機のプロペラの廃材を利用したということである。最終的に機械の性能は米国製のものにひけを取らなかったのにもかかわらず、ローターの強度が米国製のものに達しなかったのは材料の問題もあったものと思われる。

いずれにしても、当時企業の方でも今後の方向を模索していたということがあり、どの会社も採算を度外視して企業間の連携をはかって協力した。渡辺格博士は、このときの企業間の連携がその後の企業の発展に大きな寄与をしたはずだ、と述べておられる。

これらの企業の中で、日立は特に超遠心機を自社製品として開発することに熱心で、日立中央研究所において開発が進められたが、昭和25年にはPickelsらのSpinco社が電気駆動式の機械を開発したという情報が入り、空気駆動式から電気駆動式に切り替え、市販用超遠心機の開発は以後、日立工機那珂工場に移った。

4. 総合研究の成果

上記のように、東工大では分離機1台が昭和23年末に完成し、千葉大学医学部（川喜多愛郎教授の千葉大への異動による）に寄贈されて予防衛生研究所内に設置され、24年には同研究所および伝染病研究所の「ウイルス分科会」の研究者達によってウイルスやバクテリオファージの分離技術の研究に供された。分析機も24年末から25年にかけて完成し、こちらは東京大学の理工研に納入されて生体試料分析の研究に用いられた。九大の分析機は25年9月に一応の完成を見ているが、性能は東工大のものには劣っていた。東工大の超遠心機本体は米国のものに劣らない性能を得たが、ローターは最高回転数において米国のローターの性能には達しなかった。

こうして、「総合研究」は昭和26年3月をもって終了した。「総合研究」の成果を現在の視点から見れば、米国Spinco社のModel EとModel Lには先を越された、とも言える。しかし、 Upsala University（スウェーデン）に遅れること20年、米国に遅れること10年、そしてその間の戦争と戦後の物資、情報両面の不足の中で、ゼロから始めてこれだけ短期間の間に少なくとも本体はModel E、Lに劣らない超遠心機を製作できたことは驚異的といえる。超遠心分離機を海外へ輸出するという夢は頓挫したものの、その後の日立の超遠心機開発の基盤となっていることは確かであり、日本が現在数少ない超遠心機生産国のひとつになっている所以でもあろう。また、既に述べたように、この間に生まれた企業間の連携や開発がその後の我が国の技術の発展において重要な役割を果たした点も無視できない。昭和26年には東工大でSpinco社のModel Eが購入されて構造と性能の比較が行われた。このModel Eは調査後再建されて、東大に納入されたようである。

5. Beams-Pickelsによる米国での超遠心機の開発

Svedbergの超遠心機は蛋白質が高分子であって、しかも一定の分子量を持つことを証明して生命科学の分野に大きなインパクトを与えたが、大変高価なもので世界でも数台しか製造されず、研究室単位はもちろんのこと、大学でもこの機械を備えることは困難だった。そのため、世界の研究者が試料の測定を依頼したり、Upsalaまで出向いてこの機器を使用した。Svedbergの超遠心機は軸を水平にして回転させ、油タービンによって駆動する機械であったため、分析専用で、分離のための使用は不可能であ

った。米国では10年ほど遅れて1930年代に Beams らがフランスの Henriot と Hunegard の装置に想を得て、空気駆動式の垂直型超遠心機の開発を行い、Beams の弟子の Pickels や Bauer がこれを改良した。谷口助教授（当時）らが東工大で採用したのは Beams-Pickels の設計による懸垂式空気駆動型超遠心機である。

これらの開発の過程におけるロックフェラー財団の貢献にも触れておきたい。ロックフェラー財団は Svedberg の超遠心機開発にも多大の援助を行っているが、Svedberg の超遠心機は高価で一研究室が所有できるものではなく、もっと廉価な超遠心機の開発が生命科学の発展に重要であると考えられた。そこで、新しい型の超遠心機を開発していた米国のいくつかの研究者にも助成金を交付して開発を促している。Beams の研究室もその一つであった。ロックフェラー財団は Weaver, Mason など優れた大学教授を専任理事として採用し、助成金の採択に当たっては地域を問わず、研究室を訪れて直接面接を行い、研究者の適性や準備状況を視察していた。

なお、戦前の日本の研究者でウプサラで Svedberg の超遠心機を使用した人がいる。理研の桂井富之助博士で、桂井博士は1927年に始まって2回ウプサラ大学の Svedberg 研究室に留学された。

6. おわりに

数年前に本稿で述べた東工大における超遠心機の開発を知り、何人かの東工大出身の先生方にこの件について伺ってみたが、これを知る方は皆無であった。筆者は現在、百年記念館展示部門専門委員会委員を仰せつけられているが、一年目の最後になって委員会で雑談のつもりでこの話を申し上げたところ、何人かの委員の方が興味を持ってくださり、亀井委員長からこれを委員会としても調査すべきであるというご意見をいただいた。

筆者は大学院時代に超遠心機（上記 Model E）を使用し、現在は新しい型のベックマンコルター XL-I を使用しており、我国で戦後間もない頃に、東工大でこのような開発が行われていたことに感慨を覚えてその経緯などに興味を持った次第である。

なお、最近の「クロニクル」(No.400 (2005))で、超遠心機開発の中心となって尽力された谷口修先生が「すずかけ台」の名付け親であられたことを知った⁴⁾。数年の差で谷口先生にお会いする機会を失ったことを残念に思っている。

<謝 辞>

東工大における超遠心機開発の経緯を知るきっかけを与えてくださった阪大名誉教授高木俊夫先生、電話でのインタビューに快く応じてくださった慶応大名誉教授 渡辺格先生、メールで調査の相談に乗って頂いた筆者の修士時代の指導教官、東大名誉教授の野田春彦先生に感謝致します。

- 1) 有坂文雄 超遠心分析入門「超遠心分析の基礎と新たな展開——いまさら超遠心?」(1) 蛋白質核酸酵素43; 2024-2032 (1998) 共立出版
- 2) 渡辺 格「日本における超遠心機の製作——思い出と反省——」生化学シリーズ2 蛋白質核酸酵素20: 661-665 (1975) 共立出版
- 3) 佐々木重雄編「超遠心機とそれによる蛋白質およびウイルスの研究」文部省科学研究費報告 No.19 日本学術振興会刊 (1954)
- 4) 森谷諒治「すずかけ台キャンパスの今・昔」東工大クロニクル No.400, pp.3-4 (2005)

(生命理工学研究科生物プロセス専攻 助教授)