

談話室

近代表面科学のパイオニア ファーンズワース教授

島岡五朗

元ブラウン大学教授，静岡大学名誉教授

〒193 八王子市めじろ台 1-58-5

(1996年2月7日受理)

Professor H.E. Farnsworth — A Pioneer of Modern Surface Science —

GORO SHIMAOKA

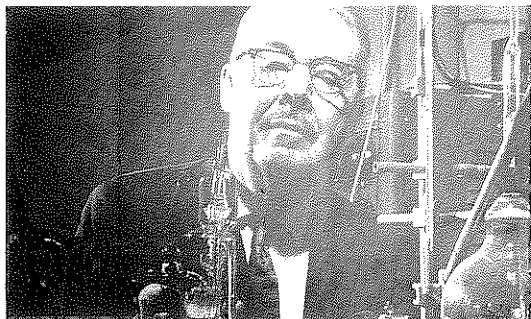
Formerly Professor of Brown University,
Professor Emeritus, Shizuoka University
1-58-5 Mejirodai Hachioji 193

(Received February 7, 1996)

古くから物質の表面に関する膨大な研究が積み重ねられて来たが、我々の住んでいる地球は、空気や水蒸気によってとり巻かれているため、物質は酸化や腐食を受けその表面はふつう、物質の内部と異なった組成や構造をもち、したがって今世紀の半ば頃まで、物質表面に関する実験データは再現性が乏しく、余り信頼性が無いものと考えられていた。ところが現在はどうかであろうか？ 今日ではそれ程苦勞しなくても、金属で、半導体で、あるいは触媒で、原子的にまったく汚れていない表面(いわゆる Atomically Clean Surface)を作り出すことができるようになったのではないか。この時点で表面の研究は初めて、今日の新しい物質科学の一領域として、また物理学、化学および工学にまたがる学際的な科学としての基礎を確立するに至った。このきわめて興味深い研究分野を開拓したが、ファーンズワース教授その人である。教授は1989年11月アリゾナ州Tucsonで93歳で亡くなられたが、そのほぼ70年に渡る研究生活のすべてを Atomically Clean Surfaceの研究に捧げた、際立って傑出した科学者であった。

ファーンズワース教授の研究の出発点は、1922年に Physical Review 誌に発表した彼の PhD 論文から始まっている。第一次世界大戦終結直後の1919年、彼はウィスコンシン(マディソン)の大学院学生として、ある特別な事情で表面物理を研究テーマに選んだ。

この最初の論文で彼はNi結晶表面からの2次電子放出



実験室におけるファーンズワース教授

の実験結果を報告している。彼は若干の2次電子は入射電子と同じエネルギーをもって、(エネルギーの損失なしに)“反射”されること、また入射電子のエネルギーが約9eV以下の場合にはほとんどすべての入射電子は弾性的に散乱されることを発見している。また1925年に Physical Review 誌に発表した論文では、Cuの結晶について、2-25eVの低速電子線によるいくつかの反射強度のピークも観察している。これらの実験結果は古典力学では説明できず、まさに低速電子回折(LEED)の発見そのものであったが、電子の波動性に関するド・ブローイの理論が発表される(1924年)以前のことであり、彼がそれに気付かなかったことはまことに不運であった。また、皮肉なことに、当時ベル研にいたC.J.デヴィッソンは最初の論文で発表された2次電子の弾性散乱には否定的であった。

しかし、1927年にはデヴィッソン・ガーマーの見事な LEEDの実験が発表され、ド・ブローイの理論は証明され、その結果デヴィッソンはG.P.トムソン(高速電子回折: HEED)とノーベル賞を共有することになる。

このようなドラマがあって、1926年にはファーンズワースはブラウン大学(プロビデンス)に移った。この当時の研究設備とくに真空装置などは現在のものとは比較にならないほど非能率的で多大の労力を要するものであった。したがってガーマーなど多くの研究者がより実験の容易な HEED の分野に転向するなかで、ファーンズワースは一貫して LEED の研究を続けた。彼は LEED による表面研究は必ず重要な新しい科学を創造するであろうことを信じていた。彼の研究室では LEED やイオン衝撃と加熱処理を組み合わせた新しい技術を用いた金属単結晶の Atomically Clean Surface の研究が進められ、大きな発展を遂げた。

1950年には、単体の半導体の Si や Ge の単結晶の Clean Surface の原子配列はバルクのものとは異なり、再配列した構造 [例えば Si(111) 面の 7x7 構造の発見は有名] をと

るというきわめて重要な発見が行われた。この発見は最初表面のcleaning処理によって生じた特別な構造かと疑われたが、その後本質的なものであることが確認され、またほかにも次々と表面再配列の例が報告されるにいたり、ついに表面科学の基礎としての新しい研究分野がここに開拓された。表面科学のパイオニアとしてのファーンズワース教授の業績はこのほか、金属単結晶の仕事関数、表面酸化、吸着、触媒、真空劈開面、低速電子の非弾性散乱など、驚くほど広い範囲に渡っている。

私が初めてファーンズワース教授にお目にかかったのは1960年の秋で、当時私は科学技術庁の金材研に勤めていたが、アメリカでの国際会議に出席することとアメリカの大学や研究所の研究状況を勉強してることが目的で、初めて外国出張の機会に恵まれた時のことであった。

最初ロサンゼルスに着き、ヒューストンとフィラデルフィアでの会議に出席しその後アイビーリーグの一つであるブラウン大学を訪れた。そこで初めてお目にかかったのがファーンズワース教授とデイルン教授(金属単結晶清浄面の仕事関数の研究で有名)であった。ファーンズワース教授はLEEDの研究でベル研のガーマー博士とともに当時世界の二大権威として知られていたが、謹厳そのものの紳士で、40年以上もこの厳しい実験物理の分野で研究一筋に打ち込んでこられた、まさに実験の神様ともいべき感じであった。この訪問は強烈に印象に残っている。しかし、その後2年ほどたって、その時の訪問がきっかけとなって、ブラウン大学に招かれ、1962年から72年までの10年間、同大学の教授として過ごすことになろうとは、当時夢にも思わなかった。

その後、私はアメリカに住み、ブラウン大学で表面物理関係の研究をすることになった。赴任当時の真空装置は、現在のようにステンレス製のものはまだ十分普及してなくて、多くはガラス製でLEEDの実験もファーンズワース教授お手製のガラス製の装置で行われていた。また真空ポンプも現在のようにターボ分子ポンプもイオンポンプも十分に普及していなかった時代であるから、排気方法も大部分はガス出しとゲッター法に頼らざるを得なかった。したがって、 10^{-8} Torr より良い超高真空を得て、原子的に清浄な固体表面の研究をすることは、並々ならぬ努力と忍耐を必要とするものであった。このような

環境の下でのファーンズワース教授のすさまじい研究態度と、大学院学生や研究員に対する教育の厳格な指導と実行力は、千万言の訓話よりも終生忘れることのできない教訓を私は得たように思う。ファーンズワース教授の研究室からはこのような試練を経て、幾多の英才が育って行き、現在も世界の第一線研究者として表面科学やその関連分野で活躍中である。

ファーンズワース教授は1970年の学期末にブラウン大学を退官されたので、私は約8年間ご一緒させていただいたことになる。その間研究以外にもいろいろと教えて頂いた数々の思い出がある。1963年夏には世界で初めての表面科学の国際会議が、ファーンズワース教授によってブラウン大学で開催された。この会議には、世界各国から、ノーベル賞受賞者をはじめ、物性物理、表面物理、表面化学、半導体、結晶成長など色々の分野の超一流の研究者が参加した。会議の懇親会がニューポート(日本の開国と馴染みの深いペリー提督の生誕地)で行われ、バンケットではアメリカ東海岸ニューイングランド地方に古くから伝わる本格的なクラムベークがあるまわられた。この会議では固体表面の科学というものが新しい学際分野として如何に重要視されているかを教えられた。

1965年の夏にはゴードン・コンファレンスでニューハンプシャーのプロクターアカデミーでファーンズワースご夫妻と約1週間ご一緒する機会があった。日頃の厳しい研究生活から解放されて、教授は色々といつに富んだお話を聞かせて私と家内を楽しませて下さったのも、今は懐かしい思い出である。

1970年の夏に、ファーンズワース教授はブラウン大学を去ってアリゾナ州のTucsonに移り、アリゾナ大学でさらに研究を続けられた。1981年には教授のAtomically Clean Surfaceのパイオニア的研究に対し、アメリカ真空学会からメダード・ウエルチ賞が贈られた。教授は1989年に亡くなるまで、最後は研究室を自宅に移してまで、最期まで研究を続けられたという。

文 献

- 1) H.E. Farnsworth: J. Vac. Sci. Technol. **20**, 271 (1982).
- 2) R. Park and R.T. Beyer: Physics Today **44**, 86 (1991).