

プラズマと太陽電池

市 川 幸 美

地球環境問題、化石燃料の枯渇などから最近とみにクリーンエネルギー、石油代替エネルギーの必要性が叫ばれるようになってきた。むろん、こうした夢のエネルギー源を目指し、1950年代より核融合の研究が本格的に推進されてきたことは言うまでもない。このプラズマをベースにした発電技術が21世紀の主要なエネルギー源になることは間違いのないと思うが、ここではもう少し違った視点からエネルギー問題とプラズマの関わりを論じさせていただく。それはアモルファスシリコン（以下、a-Si と略記）太陽電池である。以下に述べるようにこの太陽電池を作るためにはプラズマが最も重要な役割を果たしており、言わばプラズマを使ったもう一つのエネルギー源が太陽電池である。

著者は、学生時代（1970年代）よりグロー放電を中心とした弱電離プラズマの研究を行ってきた。その当時、プラズマというと核融合を目的とした強電離プラズマの研究が主流であり、放電プラズマは日本でも極少数のグループが研究しているだけであった。しかし丁度その頃、米国ではプラズマとまったく関係のない半導体デバイス研究者により、 SiH_4 ガスをグロー放電させ、解離反応で生成したラジカルをガラス基板上に堆積させた a-Si 薄膜を用いて太陽電池を創るという研究が行われていた。1976年に RCA から発表されたこの研究は、太陽電池実用化のネックとなっていた「値段が高い」という課題に対しブレークスルーとなる可能性を秘めていた。

上述の通り放電プラズマを利用して作製するため、太陽電池という本質的に大きな面積が要求されるデバイスを創るのに、原理的には電極面積を大きくして放電すればよい。しかも、結晶 Si に比べて厚みも数百分の1（約 $1\mu\text{m}$ ）で済むことから、原理的には格段に安い太陽電池の製造が可能になる。当初はこれによりすぐにも太陽電池の普

及が促進されると考えられ、多くの企業がこの研究に飛び付いた。日本でも多数の企業がこの研究に着手し、1980年には富士電機や三洋電機が世界に先駆けて電卓に搭載することに成功した。

ところが、太陽光発電に利用するような電力用 a-Si 太陽電池の開発については、種々の技術的課題のために（プラズマの専門家が最も苦手とする SiH_4 のようなダークなガスを用いたプラズマを扱わなければならないことも大きな問題の一つ）当初の予想より大幅に遅れて、現在も実用化を目指して開発が進められている。そうは言っても、今では日本が中心となって効率10%を超す電力用太陽電池モジュールが実験室レベルではできており、数年の内に量産化を目指した製造技術の開発が完了するところまできている。

a-Si の成膜に関しては、プラズマの制御性も大幅に改善され、約 0.5m^2 の基板上に均一にデバイス形成できる技術が開発されている。また、より高品質の a-Si 系膜の実現を目指し、成膜機構のモデル、あるいはそこでのプラズマの役割などを調べる精密な研究も進んでおり、将来は変換効率を現在の2倍程度に引き上げることも夢ではない。

本格的な量産が始まると各家庭に日常生活に必要な電力（3kW 程度）を賄える太陽光発電システムを数十万円で設置することが可能となる。既存の商用電源と連系するための法的な整備もほぼ終了し、昼間は余剰発電電力を系統に返しピークカット用に使い、夜は逆に系統から電力をもらうという利用方法も可能になった。このように太陽光発電の実用化は目前に迫っており、本紙が20周年特集号を組む頃には多くの家庭にこうしたシステムが設置されているものと信じている。

著者は現在企業の研究所で a-Si 太陽電池の開発に従事している。同じプラズマとは言っても、この世界ではマイナーな分野に属する弱電離プラズマを研究生生活の出発点に持つ著者にとって、こうした弱電離プラズマも全く別のアプローチでエネルギー問題を寄与でき、しかもそれに当事者として直接関わる機会に恵まれたのは大変幸運であると考えている。