

主力電源としての太陽光発電技術

ー カーボンニュートラル社会の実現に向けてどのような太陽電池が必要となるか？

Photovoltaic Power Generation Technology as a Main Power Source

- What kind of solar cell is necessary for the realization of a carbon-neutral society?

東京都市大学 総合研究所 小長井 誠

Advanced Research Laboratories, Tokyo City University

E-mail: mkonagai@tcu.ac.jp

1. 2030 年、太陽光発電が一番安い電源になる

資源エネルギー庁によると 2030 年、太陽光発電(PV, Photovoltaics)が電源別発電コストで一番安くなる。2030 年には事業用 PV で 12.9 円/kWh、住宅用で 17.7 円/kWh と見積もられており、火力、原子力と比較しても一番安い電源になる。

2. 太陽光発電による CO₂削減効果

化石燃料を用いた火力発電の場合、発電量あたりの温室効果ガス排出量は、519~975 g-CO₂/kWh であるのに対して、従来の PV で 31~48 g-CO₂/kWh、最新の PV では、17~31 g-CO₂/kWh と非常に低くなっている。化石燃料火力の平均排出量を 690 g-CO₂/kWh、PV の排出量を 30 g-CO₂/kWh とすると、1kWh あたりの温室効果ガス削減効果は、660 g-CO₂/kWh となる。年間日射量を 1,000h と仮定すると、100GW (1 億 kW)の PV の発電量は、1000 億 kWh/年となる。これに PV による温室効果ガス削減量 660 g-CO₂/kWh を掛算すると年間 0.66 億トンとなる。これは日本の年間温室効果ガス排出量 11~12 億トンの 5~6 %相当である。

3. Si 太陽電池からタンデム構造へ

現在、電力用太陽電池の生産統計に表れる太陽電池材料は、単結晶 Si、多結晶 Si、アモルファス Si、CdTe と Cu(InGa)Se₂ (CIGS)である。2020 年の統計によれば、単結晶 Si の年間生産量は 120.6 GW、多結晶 Si が 23.3 GW、CdTe 6.1 GW、a-Si 0.2 GW、CIGS 1.5GW となっている。Si 太陽電池の変換効率の現実的な限界は 27%~28%くらいではないかと思われる。変換効率の飛躍的な向上のためにタンデム太陽電池が開発されつつある。タンデム太陽電池とは、禁制帯幅が広い太陽電池（トップセル）と禁制帯幅が狭い太陽電池（ボトムセル）を組み合わせた太陽電池のことを指す。トップセルにはペロブスカイト、ボトムセルには Si や CIGS などが開発対象となっている。理論的には変換効率 32%~36%が期待される。

4. 新しい用途開発と太陽電池開発

今後は、単に太陽電池を開発するのではなく、まず応用分野を特定し、その応用に相応しい太陽電池開発が求められる。新しい応用分野にはビルの壁、工場の屋根、車載、営農型、洋上設置などが考えられており特徴ある研究開発が展開されている。

5. 太陽電池開発における応用物理の貢献

1974 年にサンシャイン計画が始まってから太陽電池開発は応用物理学会を中心に議論されてきた。太陽電池変換効率向上のキーとなるのは、表面や界面などの 1 分子層の領域での制御である。太陽電池材料が変わっても界面制御技術が最重要課題となっている。