

薄膜シリコン太陽電池

技術情報部門

1.はじめに

国家プロジェクトを中核的に推進し、その成果が新市場の創出に貢献した事例として薄膜シリコン太陽電池^{注1)}を調査した。研究成果が太陽電池分野にとどまらずエレクトロニクス分野にも波及し、想定外のアウトカムにつながった事例としても注目される。

1970年代に結晶シリコン太陽電池より安価となる可能性のあるアモルファスシリコン太陽電池がダンディ大学で開発され、RCAで試作された。この流れを受けて、旧工業技術院電子技術総合研究所でアモルファスシリコン太陽電池の研究を開始し、大面積製膜法、微結晶シリコン太陽電池の開発、など多くの成果をあげた。以下、研究開発の経緯を簡単に記す。

1977年：アモルファスシリコン材料チーム編成。

1979年～：サンシャイン計画における中核機関として「アモルファス太陽電池の技術開発」を推進。微結晶シリコン製造法の基本特許などを取得。

1993年～：ニューサンシャイン計画において「アモルファス太陽電池技術開発」を担当。プロセス診断・制御、製膜法などを開発。

国家プロジェクトを進める中で企業連携を積極的に行い、技術指導、共同研究はそれぞれ延べ100件程度に達した。薄膜シリコン太陽電池の研究は現在も継続され、太陽光発電研究センターの設立(2004年)に至っている。同研究センターにおける最近の研究成果の一例を図1に示す。

日本の太陽電池の市場は2002年時点で1300億円に達し、世界一の規模に成長している（主に多結晶シリコン太陽電池）。太陽電池の製造メーカーのほとんどが、国家プロジェクトに関与していたことを考えると、太陽電池の

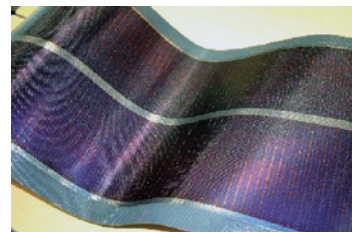


図1 自在に曲げられる薄膜シリコン太陽電池モジュールの例
(提供：産総研・太陽光発電研究センター、富士アドバンステクノロジー社)

事業化に果たした国家プロジェクトの役割は大きい。

2.研究開発のアウトカム

研究開発アウトカムを貢献分野と種類という観点から表1にまとめた。ここでは、アモルファスシリコン太陽電池に直接関係する成果を直接アウトカム、それ以外の成果を間接アウトカムに分類している。

1.研究開発力向上効果

企業など外部関係者の聞き取り調査

表1 アウトプットとアウトカムの分類

アウトプットの整理	アウトカムの整理		
	種類	直接アウトカム	間接アウトカム
	貢献分野	直接的	波及効果のイメージ
1. 技術開発 1-1 アモルファスシリコン膜製造技術 ・プラズマプロセス技術/アモルファスシリコンセルモデル/微結晶シリコン製造法/微結晶-アモルファスタンデム型太陽電池 1-2 プロセス診断・制御技術 ・分光学的診断技術(OES, MASS, CARS) / 光劣化低減法 / 欠陥制御法 1-3 工業的製膜技術 ・高速製膜法(ジシラン法など) / 大面積製膜法	研究開発力向上 (学術貢献)	・太陽電池研究の拡大、進展 ・研究手法の移転による研究加速	・研究開発人材の育成(特に、リーダー) ・委員会の設立(応用物理学会委員会、プラズマ材料科学153委員会、アモルファス・ナノ材料科学157委員会、等)
	技術波及 (産業・経済貢献)	・アモルファスシリコン太陽電池産業化の加速 (高効率化、信頼性向上、低コスト化)	・デバイス技術開発への波及(LCD, FEDなど) ・研究分野の絞り込みによる技術開発の効率化 ・電池研究の加速(評価・診断技術の利用)
	経済効果 (産業・経済貢献)	・アモルファスシリコン太陽電池の上市と販売	
	国民生活・社会レベルの向上 (社会貢献)		・化石燃料消費量の削減 ・化石燃料由来温室効果ガスの削減 ・エネルギー自給率向上
2. 技術基盤 2-1 評価法 ・光音響分光法(PAS) / 等温容量過渡分光法(ICTS) / 変調光電流法(MPS) 2-2 評価機器の開発、整備 ・赤外全反射測定法(FTIR-ATR法) / 広帯域エリブノメトリ(赤外～可視)	政策へのフィードバック (国・自治体への貢献)	・サンシャイン計画における基本計画策定(アモルファスシリコン太陽電池)	・ニューサンシャイン計画の立案への寄与 ・新エネルギー政策の立案への寄与
	特に国際的な波及 (国際貢献)		・国際委員会の立ち上げ、運営(PVSEC) ・招待講演(ICAMSなど)
3. 技術移転 ・産学官連携プロジェクト/共同研究/技術指導			

PVSEC:International Photovoltaic Science Engineering Conference
ICAMS:International Conference on Amorphous and Microcrystalline Semiconductor

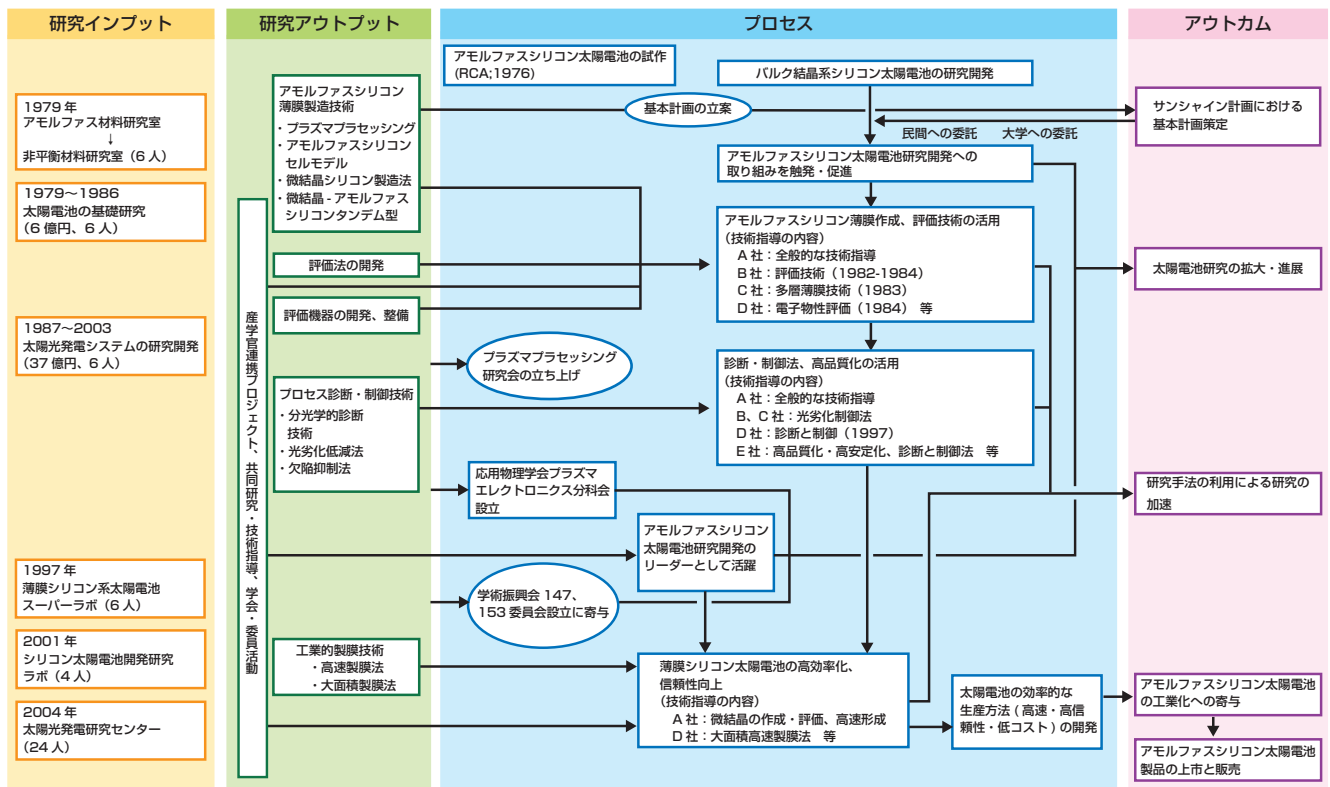


図2 アウトプットから直接アウトカムに至るプロセス

では、人材育成面で大きな貢献が指摘された。研究姿勢も含めて技術指導を受けた若手研究者が、出身企業に戻り研究リーダーとして活躍し企業の技術開発に大きく貢献した。世界の先端を行くプラズマプロセス研究グループの研究視点や研究手法が、企業の技術と融合し、太陽電池研究の加速に大きく寄与している。

2. 技術波及効果

高度な薄膜製造技術、プロセス制御技術は共同研究、技術指導、委員会活動などを経て直接、間接に企業に移転され、太陽光発電の高効率化、信頼性向上、低コスト化などに大きく寄与した。特に、個別の企業では取り組むことが困難な基盤的研究（診断・評価技術、機構解明、など）が、薄膜太陽電池開発に理論的裏付けを与え、研究分野の絞り込みを可能にし、技術開発が加速できたことを指摘されている。

一方、シリコン薄膜製造技術や評価技術は、LCDやFEDなどの表示素子のような異分野にまで波及し、想定外のアウトカムを生み出している。現在の日本のLCD、FEDメーカーと太陽電

池メーカーとがかなり重なる点を考えると、産総研における基盤的、基盤的な研究とその技術移転が想定外アウトカム創出につながった実態が伺える。

3. 経済効果

シリコン太陽電池の市場形成を加速した効果から経済的インパクトを試算し、20年間（2003年まで）の累計として約1400億円という高い経済効果を算出できた。この効果以外にも、民間研究開発費の削減、太陽電池単価の低減、炭酸ガス排出量の削減、などにも寄与しており、全体として大きな経済的インパクトを与えている。なお、これら貨幣換算できる効果以外に大きな社会的インパクトも与えていることに注意する必要がある。

4. 政策へのフィードバック効果

サンシャイン計画（アモルファスシリコン太陽電池開発）における目標値の設定、基本計画案の策定に寄与したことが、最も大きな政策的な貢献となっている。同計画以降、通産省として大学との連携が初めて可能となり、その後の産学官連携プロジェクトのモデルとなった。

また、ニューサンシャイン計画の立案、新エネルギー政策の立案に対しても引き続き寄与している。

3. アウトカムに至るプロセス

アウトプットからアウトカムに至るプロセスの1例を図2に示す。研究開発活動、技術移転マネジメント、政策立案への寄与など多くの活動を通して多様なアウトカムが創出されている実態が明らかになった。

アウトカム創出を促進する主な要因として、(1) 高度な研究アウトプット、(2) 国家プロジェクトの立ち上げと先導、(3) 人事交流、技術移転など積極的な企業連携、(4) 地球温暖化に対する社会意識の高まりとエネルギー政策の変化、の4点を抽出できた。

注1: シリコン太陽電池は結晶性太陽電池(単結晶、多結晶、多結晶薄膜)とアモルファス太陽電池に分類される。ここではアモルファス太陽電池を中心に調査している。

お問い合わせ

技術情報部門

- E-mail : tid-geneaff@maist.go.jp
- URL : <http://unit.aist.go.jp/techinfo/>