

小長井 誠 「太陽電池の先駆的研究」

KONAGAI Makoto “Pioneering Research on Solar Cells“

1．略歴

生年月日	1949 年 9 月 19 日
1972 年 3 月	東京工業大学工学部卒
1974 年 3 月	東京工業大学理工学研究科 修士課程修了
1977 年 3 月	東京工業大学理工学研究科 博士課程修了（工博）
1977 年 4 月	東京工業大学工学部助手
1981 年 5 月	東京工業大学工学部助教授
1991 年 4 月	東京工業大学工学部教授
2000 年 4 月	東京工業大学大学院理工学研究科 電子物理工学専攻 教授（半導体物性）
2001 年 10 月	東京工業大学 副学長総括補佐、研究戦略室室長補佐 兼務（2008 年 3 月まで）
2008 年 4 月	東京工業大学 評議員 兼務（2010 年 3 月まで） 同太陽光発電システム研究センター長 兼務
2012 年 10 月	同環境エネルギー機構長 兼務
2015 年 3 月	東京工業大学 定年退職
2015 年 4 月	東京都市大学総合研究所特任教授
2020 年 4 月	東京都市大学総合研究所特別教授



（小長井 誠）

2．受賞

1978 年	手島記念研究賞奨励賞
1982 年	電気学会学術振興賞、論文賞
1988 年	手島記念研究賞、著述賞（著書、半導体超格子入門）
1999 年	PVSEC Award
2008 年	応用物理学会フェロー表彰
2009 年	文部科学大臣表彰科学技術賞研究部門、 「薄膜太陽電池の高効率化に関する研究」
2013 年	紫綬褒章
2014 年	HAMAKAWA Award

3. 要約

太陽電池研究の先駆的な基礎研究と実用化ならびに学術面・産業面での牽引役としての太陽電池コミュニティの発展に大きく貢献してきた。太陽電池の研究に着手したのは1972年で、ちょうど第1次石油危機の頃であり、世の中では石油の枯渇が心配され、国策として石油代替エネルギー源開発がスタートした時期である。

1980年、新エネルギー総合開発機構(旧 NEDO)が設立され、これを機に太陽電池研究の分野において、通産省から大学研究機関への委託事業が始まった。1980年から2014年まで NEDO からの受託研究を受けて研究を実施してきた。1980年代、太陽電池産業を牽引してきたのは、アモルファス太陽電池を主流とする民生用太陽電池と独立電源システム用シリコン太陽電池であった。1990年になると、地球温暖化と二酸化炭素の排出量の関係が議論され、地球環境問題を解決するには、再生可能エネルギーの導入が不可欠との考えから、特に太陽光発電への期待がいっそう高まった。

1980年以降、わが国は、薄膜太陽電池を中心として長期に亘って研究開発を推進してきたこともあり、小長井の得意とするシリコン薄膜太陽電池、 $\text{Cu}(\text{GaIn})\text{Se}_2$ 薄膜太陽電池、シリコンヘテロ接合太陽電池の分野などでその技術的な強さを発揮するに至っている。

2011年3月11日の東日本大震災以降、原子力に替わるエネルギー源としての太陽光発電技術開発の加速化が求められている。小長井は、文部科学省の福島復興事業に参画し、福島県郡山市にてコンソーシアム事業「FUTURE-PV」の代表を務めた(2012-2016)。



4．研究業績概要

4．1 創成期における薄膜太陽電池の基礎的研究

太陽電池のエネルギー変換効率を大幅に高めるため GaAs に注目し、1970 年代には 20% を超すエネルギー変換効率を得るに至った。しかし GaAs ウェハは非常に高価であるため、住宅用には適していないとの判断から、GaAs 太陽電池の値段を桁違いに減少させる技術「はく離薄膜法」の提案を行い、その有効性を実証した。具体的には、GaAs ウェハ上に、GaAlAs という材料を挟み込んで GaAs 太陽電池を形成し、その後、GaAlAs のみを選択的に取り除いて、GaAs 薄膜太陽電池を剥ぎ取る技術である。このようにすると、GaAs ウェハを何回も使用することができるので、大幅なコストダウンが可能となる。この技術は GaAs 太陽電池の値段を下げる切り札となるものであったが、1980 年代になると石油危機が回避されたこともあり、GaAs 太陽電池の研究は宇宙用途へと変化して行った。ところが、2000 年代になると、地球温暖化を緩和するため二酸化炭素の排出削減が叫ばれ、再び環境にやさしい太陽光発電へ寄せる期待が高まってきた。そうした背景のもとで、産業界では、GaAs を用いた多接合超高効率太陽電池で 30~40% の実用化するに至っているが、これらの太陽電池では、低コスト化のため「はく離薄膜法」が採用されている。

4．2 高効率アモルファス Si 太陽電池の研究開発

1980 年から 2000 年の間、国プロを推進する中で、現在のシリコン薄膜太陽電池の基礎技術開発に大きく貢献した。1984 年、世界で初めてアモルファス太陽電池の変換効率は p/i 界面で制限されていることを見出し、その解決法として界面にグレイディッドバッファ層を挿入することを提案した。アモルファス太陽電池におけるバッファ層技術は、すでに広く実用化されている。一方、アモルファス太陽電池の動作理論が従来のシリコン太陽電池とは大きく異なることから、局在準位やテール準位を考慮した詳細なシミュレーション法を世界で初めて開発した。その後、この流れを汲むシミュレーション法は、世界の研究機関でも開発が進み、現在では、多くのグループがフリーソフトとして公開している。

4．3 高効率光閉じ込め型薄膜太陽電池の研究

シリコン薄膜太陽電池の周辺技術開発としては、SnO₂、ZnO の透明導電膜開発が世界をリードする先駆的研究として評価されている。特に、光閉じ込めのためには、透明導電膜の最適な凹凸化が必須であり、世界ではじめて凹凸構造とセル特性の関係を公表した。1991 年、MOCVD 法による凹凸構造を有する ZnO 透明導電膜の低温(130) 製膜技術開発とアモルファス太陽電池における実証(世界初)を行った。ZnO は薄膜太陽電池用透明導電膜の本命と目されている。これらは、すべて 1990 年から 1998 年頃までに小長井が開発した技術をもとにしている。

4.4 次世代化合物薄膜太陽電池の研究

1985 年、太陽電池応用を目指した $\text{Cu}(\text{InGa})\text{Se}_2$ (CIGS)の研究をわが国で最初に開始した。古くは、Encapsulated Selenization 法や気相セレン化法の提案・開発を行ったが、もっとも大きな貢献は、Cd を用いない Zn をベースにしたバッファ層の開発である。特に ZnInSe 、 InSe をバッファ層にもちいた CIGS 太陽電池の発表の後で、Zn 系バッファ層開発が世界的に活発化した。必ずしも同一技術ではないが、ソーラーフロンティア社は、Zn 系バッファ層を用いた CIGS 太陽電池を製造している。

4.5 革新型太陽電池の研究

40 年以上に亘る太陽電池研究の経験、数々の成果をもとに、小長井は画期的な二つの提案を行い、大型の産学連携コンソーシアム方式により研究を実施した。その内の一つは、薄膜フルスペクトル太陽電池というコンセプトであり、二つ目がナノワイヤー太陽電池である。前者に対しては、波長スプリットティングという新方式を編み出しエネルギー変換効率 30%以上を達成している。一方、後者に関しては、平成 24 年、文部科学省福島復興事業「革新的エネルギー研究開発拠点形成事業」として、小長井の提案による「ナノワイヤー太陽電池」が採択され、シリコン太陽電池でエネルギー変換効率 30%を達成するため、産学官の連携体制のもとで研究活動が展開された。

4.6 Researchmap、KAKEN 等データベース

Researchmap

<https://researchmap.jp/read0008282>

Researchmap に掲載の論文数 420 件、国際会議等 523 件、書籍等出版物 17 件
講演・口頭発表等 689 件

KAKEN

<https://nrid.nii.ac.jp/ja/nrid/1000040111653/>

研究課題 32 件

特許

発明者/研究者検索・分析

https://patentfield.com/inventors/%E5%B0%8F%E9%95%B7%E4%BA%95%20%E8%AA%A0?type=inventors&comparison_source=%E5%B0%8F%E9%95%B7%E4%BA%95%20%E8%AA%A0&comparison_type=apm_inventors

67 件

5．特記事項

小長井は研究や啓蒙活動に積極的に従事してきたばかりでなく、大学における教育・管理運営に関しても多大なる貢献をしてきた。小長井の育成した博士研究者は、52 名に上り、その内、留学生は 21 名となっている。

学外では、応用物理学会会長（2012-2013）を務めた。また 2004 年には、日本学術振興会産学協力研究委員会「次世代の太陽光発電システム第 175 委員会」を設立し、16 年間に亘り委員長を務めるなど太陽光発電分野の発展に貢献した。また、2020 年には日本太陽光発電学会を設立した。

6．参考文献

[1] 『アモルファス太陽電池』（昭晃堂、1983 年）

世界最初のアモルファス太陽電池に関する著書であり、当時の研究者のバイブルとなった。また、この本は、英国の出版社 NORTH OXFORD ACADEMIC PUBLISHERS からの依頼により、1986 年、英語版訳本『Amorphous Silicon Solar Cells』として 1986 年に出版された。

[2] 『薄膜太陽電池の基礎と応用』（オーム社、2001 年）

小長井誠氏の編著による薄膜太陽電池の基礎と応用に関する出版物で、若手研究者のバイブルとなった。その後、中国語に翻訳されて、中国でも出版されている。

(2022-3-31)