株式会社半導体エネルギー研究所：知的財産が牽引する半導体のイノベーション

山﨑博士は半導体エネルギー研究所の設立者で、2 万件以上の特許を取得したことによりギネス世界記録に認定されています。以下の記事では「知的創造サイクル」が半導体産業の変革に及ぼす影響について紹介します。



株式会社半導体エネルギー研究所（SEL）は、1980 年、山﨑舜平博士によって、研究開発を通じた社会への貢献を使命として設立されました。SEL は「知的創造サイクル」を基本理念とし、独創的な研究開発による発明を体系的に特許化し、そのライセンス収入を次世代の研究に再投資することで、従来型の製造業にとらわれない持続可能なイノベーションシステムを構築しています。

SEL の技術開発の歴史は太陽電池の研究から始まり、これを礎として薄膜トランジスタ（TFT）、集積回路、そして有機ELディスプレイへと展開していきました。近年、結晶酸化物半導体を用いた液晶ディスプレイ、有機ELディスプレイ搭載等のスマートフォンやテレビなどのデバイスが広く普及しています。それらの多くのデバイスに多数の SEL 特許が活用されています。

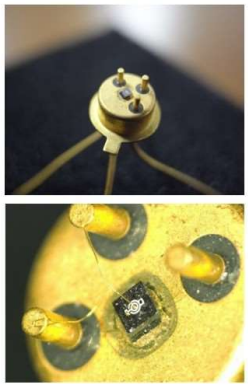
SEL のイノベーションの原点：フラッシュメモリ

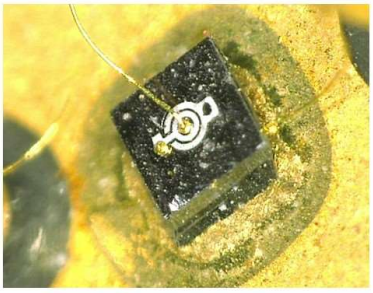
山﨑博士の技術革新の旅は、電子記録媒体に大きな変革をもたらす画期的な発明から始まりました。

1970 年当時、恩師である加藤与五郎博士の指導の下にあった山﨑博士は、不揮発性メモリの基本デバイスとなるシリコンフローティングゲート型不揮発性メモリ（制御ゲート付き）を発明しました。これは今日、フラッシュメモリとして知られています。

この発明により巨大なフラッシュメモリ市場が生まれ、USB フラッシュドライブ分野だけで 2024 年には 98 億 4000 万ドルに達したと推定されています[※1]。1971 年に山﨑博士が作製した不揮発性メモリデバイスは、それから約半世紀後の 2018 年に SEL によって検証され、繰り返しの書き込みと消去操作が可能であることが確認されました。

1970年頃 山崎が作製した不揮発性メモリ





素子部 拡大写真

今でも正常に動作することを検証済です



電極①がゲート
電極②、③の一方がソース、
他方がドレイン

この基本的な発明は、日本特許第 886343 号（公開特許公報 昭 50-36955 号）や米国特許第 3878549 号を含む 41 件の特許を生み出しています。集積化技術や駆動方法など幅広い技術を含むこれらの特許は、大きな商業的影響を与えました。これらの特許を様々な企業にライセンスすることで得られたロイヤルティ収入により、山崎博士は 1980 年に SEL を設立しました。

極低消費電力デバイスを実現する結晶酸化物半導体

SEL は、太陽電池用に開発された薄膜半導体の研究を数十年にわたって重ね、2012 年、c 軸配向結晶構造を持つ独自の CAAC-OS®（C-axis aligned crystal oxide semiconductor）を見出し、この結晶酸化物半導体を用いた電界効果トランジスタ（FET）が、yA/μm（10^{-24} A/μm）という極めて低いオフ状態電流レベルを示すことを発見するという大きなブレークスルーを達成しました。

この値は、現在 VLSI（超大規模集積回路）に広く使用されているシリコン FET のオフ状態における電流よりも桁違いに低く、日本特許第 6697066 号や米国特許第 9478564 号などで記録されるとともに、IEEE International Memory Workshop（T. Matsuzaki et al., Proc. IEEE Int. Memory Workshop, 185 (2011).）でも発表を行いました。

SID ディスプレイ・オブ・ザ・イヤー金賞受賞

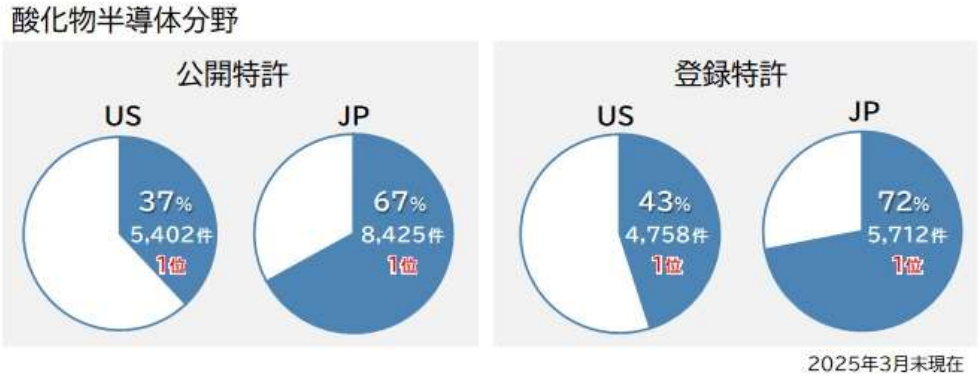
この発見は、早い段階で市場に評価されました。SEL は、シャープ株式会社と共同で、結晶酸化物半導体を用いた液晶ディスプレイの開発を行い、2012 年にはこの技術を搭載した高精細、低消費電力スマートフォンの量産に世界で初めて成功しました。この功績により、シャープ株式会社と SEL は The Society for Information Display（SID）から 2013 年のディスプレイ・オブ・ザ・イヤー金賞を受賞しました。

現在では、結晶酸化物半導体は、液晶ディスプレイ、有機ELディスプレイ搭載等のスマートフォンやテレビ、その他のデバイスにも広く使用されています。酸化物半導体を用いた液晶ディスプレイの市場規模は、2020 年と 2021 年の合計で 96 億ドル（約 1 兆円）に達し※2、SEL の戦略的な技術投資が実を結んだことが示されました。

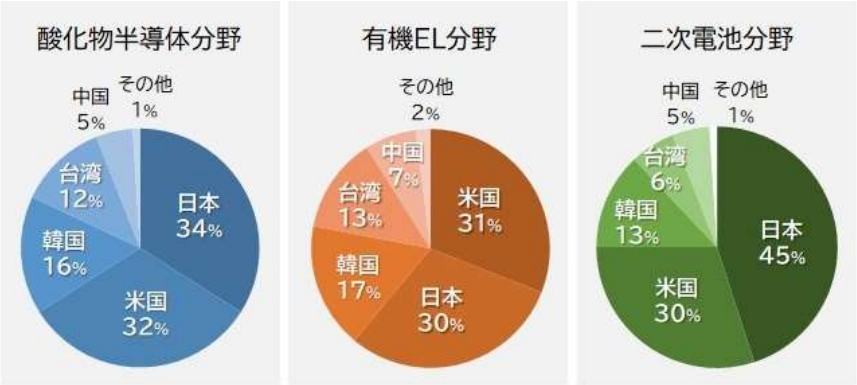
最多特許取得の発明者としてギネス世界記録認定

SEL の強みは、知的財産に対する総合的なアプローチに由来しています。社内の知的財産部門は、特許明細書の作成から出願、複数の管轄区域における特許審査手続きの管理までを一貫して行っています。研究開発から特許取得までのプロセス全体を社内で管理し、知的財産を専門にする社員と研究者が密に連携して発明の全容をとらえることで、競合他社よりも迅速に、質の高い特許を取得しています。

その成果として、酸化物半導体分野では 1 万件以上、有機 EL 関連で 7,000 件以上、二次電池関連で 1,000 件以上の特許を取得しており、世界知的所有権機関（WIPO）の特許協力条約（PCT）に基づく出願を 3,500 件以上行っています。



これらの特許は、日本、アメリカ、中国、韓国、台湾、そしてヨーロッパなどの主要市場において戦略的に登録されており、その一部は PCT 制度を通じて効率的に取得されています。





そして 2025 年 7 月 9 日、山崎博士は 20,120 件の特許取得により、「Most patents credited as inventor（発明者として氏名記載された特許の最多数）」としてギネス世界記録 ™ の 3 度目の更新をしました。
知的財産の強固な基盤が SEL の技術力と競争力を支えるとともに、ライセンス収入を通じて「知的創造サイクル」を推進し、世界の製造業者にとって不可欠なパートナーとしての地位を確立しています。

エネルギー効率に優れた AI 処理のための極低消費電力技術

結晶酸化物半導体は、ディスプレイ以外にも大規模集積回路への応用が進められており（OSLSI®）、AR/VR ディスプレイや次世代メモリ、アナログインメモリコンピューティング（AiMC）などのエネルギー効率の良い AI 処理技術がターゲットになっています。OSLSI 技術の量産化へ向けて、すでに世界で製造パートナーシップが構築されつつあります。
この技術について、まさに今が重要な時期であるといえます。地球温暖化と AI の爆発的な成長により、データセンターでの電力消費量が急増しています。これに対し、SEL は半導体そのものの消費電力を削減することで対応しようとしています。同社の結晶酸化物半導体はオフ時の電流が非常に低く、AI コンピューティング基盤のエネルギー要件を大幅に削減することができます。

現在、SEL は次世代半導体材料の開発に注力しており、「知的創造サイクル」への取り組みを継続しています。20,120 件の特許を取得し、2025 年 7 月にギネス世界記録を更新した山﨑博士は、「2 万件を超える特許は約 60 年にわたる研究の成果です。この記録を励みに、これからも地球温暖化防止につながる極低消費電力 LSI やアナログ AI などの技術開発に邁進します」と述べています。
PCT 制度を戦略的に活用することで、SEL は自分達のイノベーションを国際的な特許網で保護してきました。半導体業界における競争力を維持しながら、世界的な気候変動に立ち向かう技術を提供し続けています。

※1 Emergen Research「USB Flash Drive Market" | Share | Trend | Revenue Report by 2028」, https://www.emergenresearch.com/industry-report/usb-flashdrives-market 参照

※2 富士キメラ総研「2022 ディスプレイ関連市場の現状と将来展望」_Oxide TFT 市場参照。1USD=106.82 円（2020 年平均為替レート）、1USD=109.80（2021 年平均為替レート）として、日本円を US ドルに換算。

※ CAAC-OS、OSLSI は株式会社半導体エネルギー研究所の登録商標です。（登録商標第 5759619 号、第 5698906 号）