

id

住友電工グループ・未来構築マガジン

vol. **16**

Innovative Development,
Imagination for the Dream,
Identity & Diversity

特集

FPC半世紀。

超微細回路と材料技術が
生み出す未来

日本の 電子立国を 支え続けてきた FPC

～時代の要請に応え、
次代を見据える～

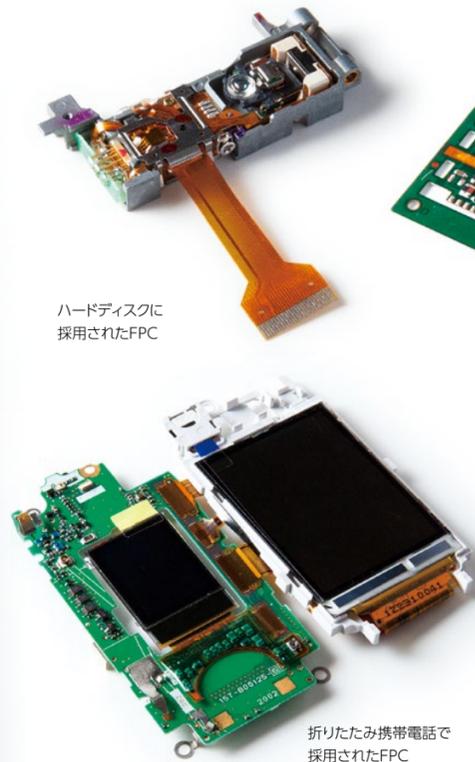
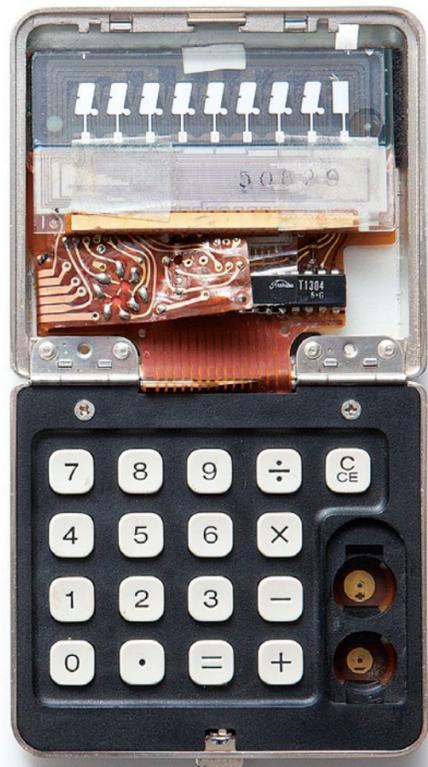
フレキシブルプリント回路（以下、FPC*）は、その名が示すように、自在に曲げたり、変形させたりすることができるフレキシブル（柔軟）な回路配線材である。軽く薄く、自由に曲がることから、エレクトロニクス機器の小型軽量化、薄型化に大いに貢献してきた。耐熱性に優れているため、リフローソルダリング（加熱半田処理）による電子部品実装を可能とし、繰り返し屈曲に耐え得ることからエレクトロニクス機器の可動部の配線材として欠かせない存在となっている。また、機器内部の省スペース化を実現するため、デザイン幅の拡大や高機能化にも貢献している。こうした特長を活かして、たとえばスマートフォンを含む携帯電話やデジタルカメラの内部配線、光学ドライブの可動部配線などに広く採用されている。FPCは、様々なエレクトロニクス機器が進化を遂げるその一翼を担い、日本経済の成長を支えてきた存在の一つなのだ。

住友電工グループは、国内では他社に先駆けて、1960年代半ばからFPCの研究開発に着手、1969年にFPC事業を開始した。以来、時代と市場ニーズに応じて製品を供給し、2000年代に入るとエレクトロニクス機器の軽薄短小化や高機能化の要請に応え、超微細回路であるファインピッチを実現、FPCの進化を加速させてきた。そして今、FPC事業は大きな転換期を迎えている。キーワードは「配線材から機能部品へ」。事業開始から半世紀余りを迎え、住友電工グループのFPCは、次代を見据えた新たな挑戦を開始している。

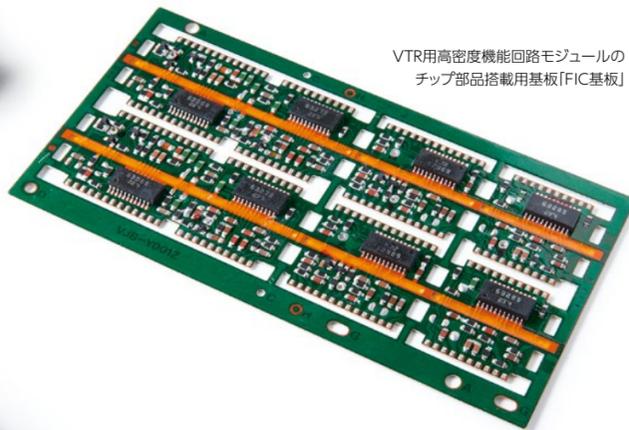
* FPC : Flexible Printed Circuit
極薄の絶縁フィルム上に銅箔の電気回路を形成した配線材



折りたたみ電卓に採用されたFPC



ハードディスクに採用されたFPC



VTR用高密度機能回路モジュールのチップ部品搭載用基板「FIC基板」

FPCの事業を支えた住友電工の企業文化

住友電工グループのFPCの生みの親が岡崎であるならば、中興の祖ともいべき存在が木村壽秀だ。入社後部品材料開発室に配属され、FPCの接着剤の開発に従事。以来、赴任してきた岡崎の厳しい指導の下、日々

折りたたみ携帯電話で採用されたFPC

日本初のFPC開発への挑戦

～住友電工・叡智を結集した半世紀～

手探りの中でFPC開発は始まった

1960年代のはじめ、米国において軽量・小型化を実現する機器配線材料として、主に航空宇宙産業用途向けに開発が始まったのがFPCだ。住友電工グループでは、1965年に新しい機器配線材料としてテープ電線の研究に着手し、さらにその延長線上の究極の電線として、他社に先駆け、FPCの探索研究を開始した。しかし当時は文献や技術資料がほとんどなく、基本的な検討から始めざるを得ず手探りの状態からの出発であった。

FPC事業の黎明期、FPC開発メンバーにアサインされたのが、大阪研究部の部品材料開発室に所属していた岡崎謙である。入社時は「新しいことを手がけたい」という思いから、フッ素樹脂の研究開発に没頭。成果はスミフロン®コートに結実し、調理家電に広く採用された。岡崎がFPCの研究開発に着手したのは、事業開始から数年経っていた時期で、計測器メーカーの一部採用されたものの、事業化にはほど遠い状況だった。

「面白い技術とは感じていましたが、どのアプリケーションに適用できるのかがわかりませ

んでした。一方で、FPCは一品一様、カスタマーデザインが求められる部品のため、当社に体質的に合うかどうかの不安もありました(岡崎) その岡崎が米国での研修で、ある気付きを得た。「米国で生まれ育ったトランジスタやIC(集積回路)の民生用としての展開は、実は日本がリードしている。FPCも同様の道が開くかもしれない。岡崎は技術者として、エレクトロニクス機器の「軽薄短小化」の流れを感じていた。そして試作を重ね、電卓のフラットキー部分に採用が始まり、その後折りたたみ電卓の一体化配線基板として量産化された。これがFPC事業の最初の転機となり、社会が注目する契機ともなった。1975年半ばのことである。

積み重ねたノウハウが大きな強み

ここから、本格的な市場開拓が開始された。カメラ、CB無線トランシーバー、コーステレオ分野などでの採用が急増、1979年にサービスが開始された自動車電話では独占受注に成功した。さらに、CDやフロッピーディ

スクなど「ディスクの時代」の到来が、FPCの存在感を高めた。そして、事業拡大を受けて、手狭となった大阪製作所の研究棟から名古屋製作所に移転、その後受注も順調に増加した。さらに売上増の大きな要因になったのが、1982年に立ち上がった「FIC基板*」である。これはポータブルVTR用基板であり、その開発量産化に成功したことで、大手家電メーカーに採用され、住友電工グループの業界でのプレゼンスを確固たるものとした。

「優位性を確保していたとすれば、それは“失敗の歴史”があったから。試作の失敗が度重なる中で、FPCの知見やノウハウを積み上げてきた。だから問題が起きても、その要因を速やかに突き止め、適切な対応ができる。それが顧客からの信頼確保につながったと思います(岡崎)

1990年には、滋賀県湖南市に生産子会社・住電サーキット(株)が設立され(2000年、同県甲賀市に名古屋から事業集約し本社も移転、住友電工プリントサーキット(株)へ社名変更)、FPC需要は急増し、携帯電話に続くスマートフォンに必要な不可欠な部品として、需要はさらに大きく拡大していった。

*FIC基板：金属補強板付きFPC

FPC半世紀。超微細回路と材料技術が生み出す未来



住友電工 元・顧問 木村壽秀



住友電工 電子ワイヤー事業部 元・次長 岡崎 謙



住友電工 エレクトロニクス営業本部 元・担当主幹 荒牧秀夫

がらない時期にFPC事業は潰れていました。住友電工の企業文化は、本当にありがたかったです(木村)

生産技術と設計の最適化に向けて

同じく岡崎・木村の下で、一貫してFPCの生産技術を担当してきたのが荒牧秀夫だ。「生産の各工程で様々な課題があり、日々それらの解決に取り組みました。銅箔とポリイミドを貼り合わせる接着剤をいかに適正に制御するか、エッチングおよび加熱工程における寸法変化の安定化など、マニュアルが少ない中で格闘し、FPC生産の最適化を追求していきました。印象深く残っているのは、連続でのスクリーンプリント技術を確立したこと。画期的な合理化を実現した印刷技術でした。また、中国・深圳に新工場を立ち上げたことも忘れられません。重圧と緊張感の中、社内関係部署の協力を得て、短期立ち上げを実現しました(荒牧)

荒牧の1年後に入社したのが村本勉である。村本はデザインエンジニアとして、顧客との技術的折衝を担った。

「私はFPCの有効性を訴求しつつ、顧客が

何にどう使いたいのかをヒアリングし、当社のFPCとのニーズのすり合わせを担当しました。プリント基板が曲がるという特性をいかに顧客の製品に最適設計できるか。印象深いのは、携帯電話、スマートフォンの登場です。事業が確実に拡大していく手応えが嬉しかったです(村本)

岡崎に言わせれば、当時FPC事業に関わったメンバーは戦友であり、ファミリー。独特の結束力があつた。FPC生みの親である岡崎に、これまでの50年、そしてこれからの50年について語ってもらった。

「当初、ここまで事業が拡大するとは思っていませんでした。後輩たちには、よくやったと言いたいです。ただし、これからの50年は今までの50年の延長線上にはないと思います。情報を先取りして、先見性を養い、豊かな発想で、新しいFPCの世界を創造していくて欲しいと願っています(岡崎)

同じく木村も後輩たちにエールを送る。「失敗してもいい。大事なのは、失敗したことによって何を学んだかということ。だから、失敗もすごく大事なことです。ピクピクせず、思い切りやって失敗したら、その反省を次に活かせばいい。これからも失敗を恐れず、どんどん挑戦して欲しいです(木村)



住友電工プリントサーキット(株) 元・水口事業所 購買グループ 村本 勉(在籍当時の写真)



大阪製作所時代の仲間たちと。前列右から3番目が岡崎。後列真ん中で腕組みをしているのが木村

ミクロン単位の 微細回路・ファインピッチ

1990年代から爆発的に普及・拡大した携帯電話は、FPCの採用に拍車をかけた。そうした中、FPCは市場から新たな要請を受けることになる。それが「ファインピッチ」だった。一言でいえば微細回路・高密度回路のことである。ファインピッチはL/S（ライン・アンド・スペース）で示されることが多いが、たとえば、1980年代当時であればL/S=100 μ m/100 μ mほどのピッチであり、これは回路幅（ライン）100 μ m/回路間隔（スペース）100 μ mであることを示す（100 μ m=0.1mm）。その後、2000年代初頭にはL/S=50 μ m/50 μ mのファイン化を実現する（50 μ m=0.05mm）。こうしたピッチの微細化は、エレクトロニクス機器に求められた一層の小型化、高機能化に対応するものである。より薄く、軽く、そして高機能を実現するためには、FPCのファインピッチ化は欠かせない要素だったのである。しかし、この要請に終着点はなかった。

「銅エッチング法」から 「銅めっき法」へ

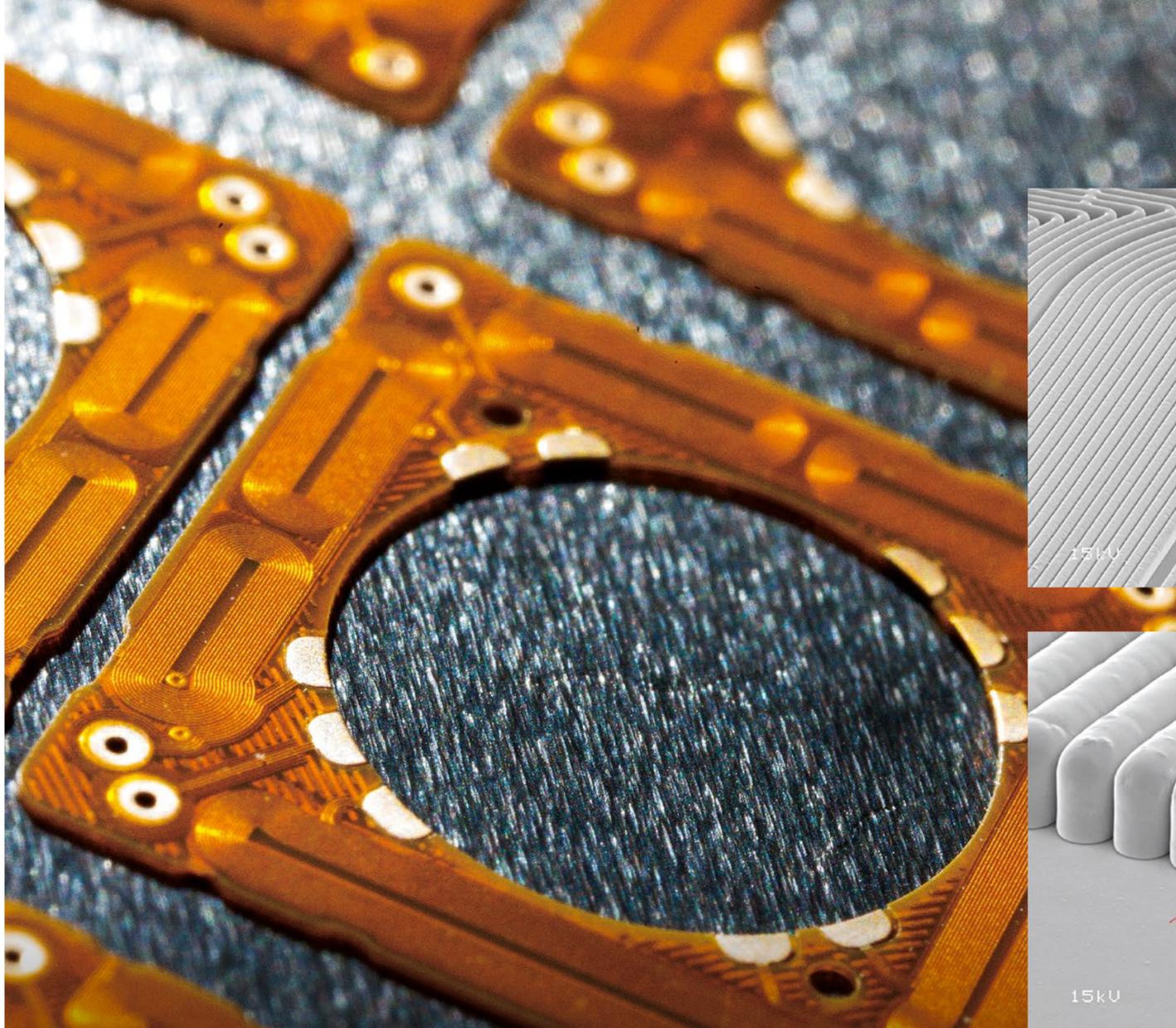
市場からは、さらなるファインピッチ化、すなわち超微細回路が求められていた。だが、すでに従来製法では限界が見えていた。従来FPCの製法は、感光を利用した「銅エッチング法」が採用されていた。しかしこの方法では、さらなる微細回路を構成できない。その状況に対して、開発スタッフは新たな製法を



Sumitomo Electric USA, Inc.
野口 航 (写真は、住友電工プリントサーキット(株)技術部当時)



First Sumiden Circuits, Inc.
上田 信吾 (写真は、住友電工 プリント回路事業部 技術開発部長当時)



ファインピッチという 超微細回路に挑む

～FPCはいま新たなステージへ～

スマートフォンに搭載されているカメラのアクチュエーターコイル。手振れを防止する

模索。その結果から生まれたのが「銅めっき法」だった。セミアディティブ法とも呼ばれているもので、電解銅めっきを使用するところにある最大の長がある。この開発に直接関わったのが、新入社員当時から、技術部でファインピッチ製品の量産化を担当し、現在 Sumitomo Electric USA, Inc. に在籍する野口航だった。「電解銅めっきによって回路パターンを成長

させることがポイントになりますが、基板にめっきを均一に付着させなければ、回路パターンの成長にバラツキが生まれます。回路断面の高さは同一でなければならず、そのためにはめっきの付き具合を決定付けるイオンの供給量を的確に制御する必要があります。試行錯誤の中で最適な条件を見出し、製法を確立していきました」(野口)

画期的転換となった アクチュエーターへの採用

現在では、国内同業他社でも採用されつつあるセミアディティブ法だが、当時は極めて画期的であり、超微細回路の道を切り拓いた製法だった。この製法によって「50 μ m」の壁を突破し「25～20 μ m」を実現。「ファイ

FPC半世紀。 超微細回路と材料技術が生み出す未来

なる配線材とはその目的も存在理由も大きく変わってきているのです」(上田)

ファインピッチ化には、「銅めっき法」という製造技術に加え、新たな技術が投入されている。FPC高機能化のニーズに伴い導体層は両面化しているが、そのキーとなる層間接続でも、ナノ導電ペーストを用いた画期的な技術を開発。また、電源ケーブルを接続することなく電子機器へ給電できる超小型・薄型ワイヤレス給電モジュールを生み出した。

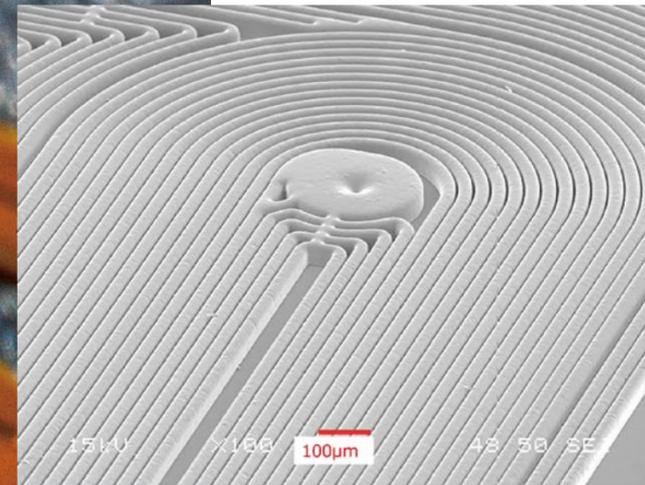
「こうしたファインピッチが生み出す機能を有効に活用できる、新たなエレクトロニクス機器を探索・検討して用途拡大することが、現在の私のミッションです。たとえば、軽く、薄く、小さい特性を活かし、人が身に付ける各種ウェアラブル機器や医療機器での採用など、新たなニーズを自分たちで掘り起こす取り組みを進めています」(上田)

住友電工の総合力が生む FPCの進化

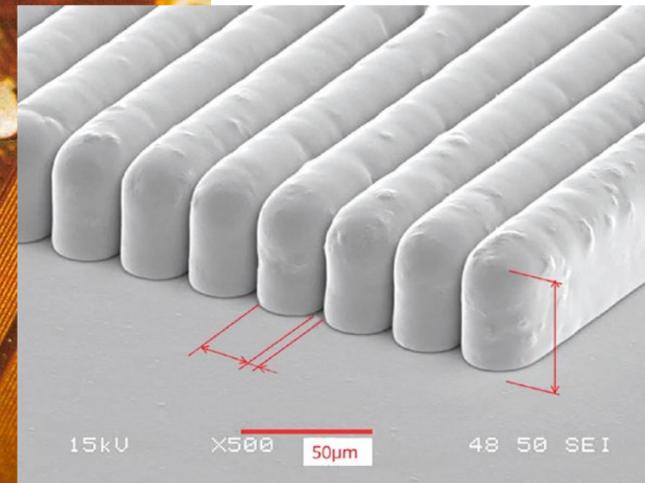
FPC製造拠点は、滋賀県に本社を置く住友電工プリントサーキット(株)をはじめ、国内外に3ヶ所あるが、ファインピッチ製品は国内のみの生産だ。その理由を、同社社長の立田浩は、独自性の確保にあるという。

「ファイン化の製造技術には様々な独自の技術・ノウハウが詰め込まれています。また5G対応の新たなFPCにおいても独自の材料技術が投入されています。これらをグローバルに展開すると、追従あるいは模倣する他社が出てくる可能性は否めません。当社独自の卓越した技術を確認し育成するためにも、新製品は日本のみで対応することとしています。そしてそれら技術力は、当社のみでなく住友電工グループの総合力が発揮されることで生まれており、それが当社FPCの強みの一つだと思っています」(立田)

次章では、グローバルに展開する海外製造拠点の現状について報告する。



走査電子顕微鏡で見たアクチュエーターコイル



回路部の拡大写真

ンピッチの時代」が幕を開けたといっても過言ではない。当初、ハードディスク用途で開発された技術であったが、市場から大きな支持を受け、現在も量産されているのがスマートフォンに搭載されているカメラのアクチュエーターコイルである。ファインピッチの進化に伴うカメラアクチュエーターへの採用は、FPCのあり方そのものの大きな転換を意味することになった。入社以来約30年にわたり、一貫してFPCに取り組んできた技術者、上田信吾は「それは、配線材から機能部品への転換」だと指摘する。

「従来、FPCは配線材として供給してきましたが、アクチュエーターへの採用で機能部品へ進化する道が生まれました。FPCがカメラのアクチュエーターに採用されたのは、ファインピッチによって形成されたコイルが磁力を発生し、その磁力によって「手振れ防止」という機能を発揮するからにはほかありません。単



住友電工プリントサーキット(株) 社長
立田 浩

住友電工のFPCを世界に供給せよ

～最大の生産規模を有するベトナムの未来戦略～

FPC半世紀。
超微細回路と材料技術が生み出す未来



整然と並び多くの現地スタッフが、厳密な品質管理を進めていく



上工程から下工程・部品実装まで、一貫生産体制を持つのがSEEVの強みだ

いかにプレゼンスを
発揮していくか

現在、SEEVの生産は順調に推移しているが、課題も少なくない。一つは、爆発的に伸長したスマートフォン市場の成熟により、今後、売上の大きな伸びは期待できないことだ。さらにスマートフォンは、バージョンアップに伴う設計や品質企画の変更、設備増強など、顧客の意向に最大限に応えつつ高い品質を確保していく必要がある。2018年に着任したSEEVの社長・南部克己は、今後のSEEVの展望として「強い工場」への進化が求められると言う。

「モノを作り込む力を磨いて、より強い工場にしていく必要があります。そのためには、住友電工の経営基盤の指標でもある「SEQCDD（安全、環境、品質、価格、納期、開発）」を的確に、地道にマネジメントしていくことが求められています。その際に、重要なのは人材。教育・訓練の実施や、従業員のモチベーション向上など、高いレベルで人材育成に取り組んでいきたい。また、繁閑差の従業員増減への対応のため、工場の一部自動化への検討も進めています。今後大きな伸びは期待できないものの、スマートフォン自体は確実に進化していくことが予想されます。次世代スマートフォンに対応する独自技術を開発することで、顧客の信頼に応え、着実な収益確保を図っていきたく考えています」（南部）

FPC業界そのものが踊り場に来ているという指摘は少なくない。これまで、スマートフォン需要の追い風とニーズに応える技術力で大量生産体制を構築したSEEVが、今後、最大の生産拠点としてどのような特徴を打ち出し、いかに進化していくのか。正念場の時を迎えている。

国内外、3拠点の生産体制

FPC製造の海外展開は早かった。1988年、営業拠点として設立したシンガポールで生産を開始。FPCの需要拡大に伴い、1994年、中国で委託加工生産開始（松岡電子線製造廠へ製造委託）、1996年にはフィリピンにFPCの製造会社FSCT（First Sumiden Circuits, Inc.）を設立した。2010年には中国・深圳にSEPG（Sumitomo Electric Interconnect Products (Shenzhen) Ltd.）を設立し、従来の松岡電子線製造廠への製造委託より切り替えて生産を開始。さらに2012年にはベトナム・ハノイにSEEV（SEI ELECTRONIC COMPONENTS (VIETNAM), LTD.）を設立。現在、住友電工グループのFPC製造は、滋賀県・甲賀市の住友電工プリントサーキット（株）をマザー工場と位置付け、フィリピン（FSCT）、ベトナム・ハノイ（SEEV）の3拠点で展開されている（SEPGは2021年4月に生産終結）。

国内と海外の製造拠点では、その役割に大きな違いがある。国内の住友電工プリントサーキット（株）は、ファインピッチなどの新製品を担当すると同時に、住友電工グループ各セクションと連携・協働する研究開発拠点でもある。一方で海外は、人手を要する加工や実装などの工程を担う量産拠点という位置付けだ。FSCTは、従来のFPC製造に加え、近年は日本で生産されて送り出されたファインピッチ製品（カメラ用アクチュエーターコイル）の最終加工を担っている。では、FPCの最大製造拠点であるベトナムはどのような状況にあるのだろうか。

スマートフォン搭載のFPC生産拠点

ベトナムの首都ハノイ——ハノイ空港からおよそ20kmのところにある、9割以上が日系企業で占められた「タンロン工業団地」の一角にSEEVはある。2012年、住友グループ

の別会社からFPC事業を譲渡される形で事業を本格的に開始した。現在は敷地面積約12万㎡にF1～F5の5つの工場を有し、約6,800人の従業員が働く、FPC製造の最大拠点である。ここで生産されているのが、今や世界の多くのユーザーに支持されているスマートフォンのカメラとディスプレイに採用されているFPCだ。副社長としてSEEV発足時からガバナンスや工場運営に関わり、現在、住友電工（上海）電子線製品有限公司 総経理を務める大原公彦は生産の特徴を次のように指摘する。

「特徴的なのは、顧客であるスマートフォン



住友電工（上海）電子線製品有限公司 総経理 大原公彦（写真は、SEEV副社長当時）

メーカーの意向・考えが、生産体制に少なくないインパクトを与えることです。その一つの例が、2015年～2016年にかけて、上工程から下工程・部品実装まで一貫生産体制を構築する大規模投資を行ったことです。顧客にとっては品質確保のための要請であり、それによって確実にトレーサビリティを把握したい意向がありました。1機種で多くの台数が作られるスマートフォンに搭載されるだけに、その品質に対する顧客の目は極めてシビアなのです。よって品質確保とその向上は、常に



SEEV 製造部門を統括するゼネラルマネージャー ファ・ノック・ヒエップ (PHAM NGOC HIEP)

追求すべき終わりのないテーマです。品質こそが力であり、我々の生命線なのです」（大原）
そしてその最前線を担っているのが、製造部門を統括するゼネラルマネージャーである、ファ・ノック・ヒエップだ。FPC製造に携わって20年近くのキャリアを持つ技術者。そのミッションは、安全第一を大前提に、モノづくりにおいて常に追求される「品質確保」「納期厳守」「コストダウン」の実現である。

「品質を確保する上で最も重要なのは、従業員それぞれが、製造現場で決められたルールを守ることです。その徹底を図るためには、単にルール厳守を求めるだけでなく、何のためのルールかを理解してもらうことが必要。そのための教育・OJTに力を注いでいます。もう一つ大切なことは品質確保にせよ、納期厳守やコストダウンにせよ、従業員それぞれが目標を持ち、その達成のために一丸となる環境を醸成すること。達成感をモチベーションにつなげていくことが重要だと考えています」（ヒエップ）



SEEV 社長 南部克己



電子回路営業部長 木村哲朗



電子回路営業部 主幹 河西寛樹

新しい技術で、 新たな需要喚起を

FPC 事業を推進するフロントに立つのが営業部門だ。現在、住友電工グループが提供する FPC の販売先は、圧倒的に海外が多い。その販売・マーケティングを担っているのは、米国、欧州、中国に設けられた販売拠点のスタッフ。国内の営業部門は、国内顧客に対応すると同時に、グローバルな受注活動のサポートや製造・納期などのマネジメントを担当している。FPC 営業を率いているのが電子回路営業部長の木村哲朗である。

「半世紀以上の歴史の中で、ブレイクスルーのポイントとなったのは、技術開発の進展によって新しい技術が確立した時でした。たとえば、電子部品を実装してモジュール化したものがハードディスクや携帯電話に採用されたことで、多層板への展開など技術がステップアップしていきました。今後も、顧客との対話を通じてニーズをキャッチし、新たな時代に対応した新たな製品、新しいビジネスを育てていくことが求められています。世の中や社会の変化の中にチャンスがあると確信しています」(木村)

ファインピッチや車載用 FPC で、国内の新たな需要を開拓することをミッションとしていたのが、前市場開発グループ長で現在主幹の河西寛樹だ。

「アクチュエーターコイルへの採用のきっかけは、新技術の PR 活動で顧客と会話する中で、顧客製品への有効性を示唆されたことがきっかけでした。開発技術段階だったので生産も安定せず量産体制を構築するまで苦労しました

が、ファインピッチを世の中に送り出した手応えを実感しました。しかしまだ、スタート地点に立ったにすぎません。重要なのは、そこからどのようにして、さらに新たな需要を喚起していくか。次代の FPC ニーズにキャッチアップすることで、新しい展望を切り拓いていきたいと考えています」(河西)

時代を共に生きる FPC の代理店

FPC の営業拡販で欠かせないのが代理店の存在だ。住友電工と密に連携を取り、顧客のニーズにいち早く対応する。その 1 社として、長年、住友電工の FPC を販売してきたのが、エレクトロニクス製品の商社でモバ

ル・ディスプレイへの拡販では圧倒的な実績を誇るエレマテック(株)である。

住友電工の FPC を採用した 2005 年当時の同社の担当者が、鷹箸亮氏と志賀健太郎氏だ。「きっかけは液晶ディスプレイ。携帯電話で写真を撮ることが流行り出し、携帯電話からスマートフォンに移行するタイミングでした」(志賀氏)

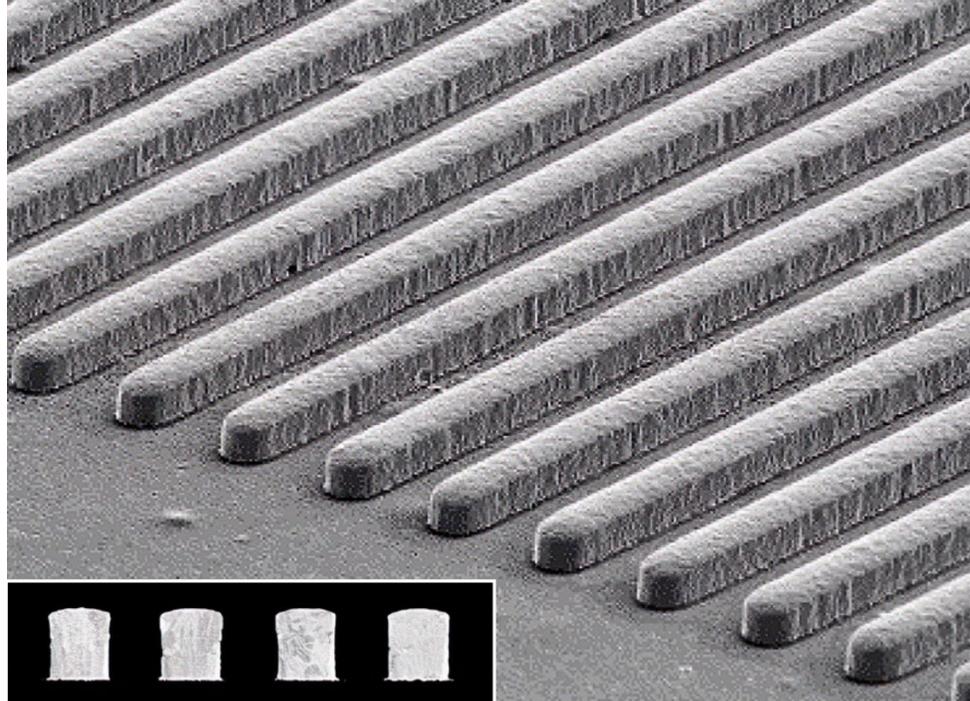
売上を伸ばしていった住友電工の FPC の強みとは何だったのだろうか。

「当時 FPC メーカーは FPC の製造だけで、配線に電子部品を載せる作業は実装メーカーが行っていました。しかし、住友電工はいち早く実装ラインを社内に取り込み、部品実装済み FPC として提供しました。また、反り返りがあり加工しづらい FPC に補強材(液状ポリミド)を塗布することで、形状記憶できるようにしたのも住友電工が初めだったと思います。顧客ニーズにいち早く対応し、革新的な材



エレマテック(株)
本社第四営業グループ グループ長
兼 千葉支店 支店長 志賀 健太郎 氏

エレマテック(株)
本社第三グループ グループ長
鷹箸 亮 氏



断面図

L/S=7μm/7μm (銅厚:8μm)のファインピッチの拡大写真

未来を見据えた FPC の新たな挑戦

～配線材から機能部品への転換～

料開発を行っていた印象は強いです」(鷹箸氏) 顧客からの期待と需要が高まる一方で、FPC の生産が追い付かず、苦労した思い出もある。志賀氏が量産担当として顧客の東西の生産拠点を飛び回れば、鷹箸氏は開発担当として住友電工のフィリピン工場、拡充した中国・深圳工場へと張り付いた。共に苦労した住友電工のメンバーのことは忘れられないと懐かしむ。

「我々は商社なので、モノづくりを知らない。現場に寄り添い、勉強させていただきました。まさに、住友電工に育てていただいて、今があると言えます」(鷹箸氏)

では、今後住友電工に期待することは何か。「環境に対応した製品が一層求められてきているので、その製品展開。あとは微細化に対応した技術に期待しています」(志賀氏)



営業からの市場ニーズを受け、新たな製品開発へと挑む開発チーム

「絶対的な技術力です。他社の手の届かないところまで高めていただけると、我々も提案しやすいですね」(鷹箸氏) 代理店からの住友電工の技術力への期待はますます高まる。

ファインピッチ FPC、 高周波対応 FPC

FPC の今後の展望のカギを握るファインピッチは、さらなるファイン化の研究開発が進められている。2021 年には、エネルギー電子材料研究所で L/S=7μm/7μm (回路幅 7μm/ 回路間隔 7μm) の実現が視野に入っており (7μm=0.007mm)、新たな用途拡大への期待は高い。また、5G の拡大と次世代 6G に備え必要となるのが、フッ素樹脂を適用

した新たな低伝送損失材である。住友電工グループは、古くからフッ素樹脂加工に取り組み多彩な製品を開発してきた経緯がある(前出・岡崎が端緒)。その蓄積された知見から、低伝送損失においても住友電工グループのフッ素樹脂基板が優位性を発揮している。

このフッ素樹脂基板による新しい FPC の採用を期待できるのが、5G 対応のスマートフォンや基地局で採用されるアンテナである。もう一つの有効な分野が車載に代表されるミリ波アンテナ分野。現状の

衝突防止や車間距離制御の目的に留まらず、今後の自動運転技術の進展に伴い、あらゆる方向の車両や歩行者の検知が必要となるため、車両 1 台に搭載されるミリ波レーダの数は確実に増加することが予想される。住友電工グループが提供する、低伝送損失を実現するフッ素樹脂基板を用いた FPC 実用化への期待は大きい。

新しい FPC の 歴史の幕が上がる

2019 年、住友電工グループの FPC 事業は 50 周年の節目を迎えた。長年、FPC 事業を統括してきた前・プリント回路事業部長で、現在導電材料・機能製品事業本部副本部長の



執行役員 導電材料・機能製品事業本部 副本部長
上宮崇文(写真は、プリント回路事業部長当時)

要と考えます。『さすが住友電工』と言われるような技術を開発し、他社が追従できない領域に達しないとならないということです」(早味) さらに、早味は、3本の柱から今後の事業戦略を描く。

「既存の FPC 製品をさらに発展させて、品質、コスト、納期、デリバリーの競争力を高めていくのが 1 つ目の柱。2 つ目がアクチュエーターコイル。コイルという新たな電子部品を FPC の超微細な回路形成技術を使って作るということです。3 つ目が CASE* を含めた高周波に対応する製品の開発。フッ素樹脂の FPC もここに位置付けられます。この 3 本の柱で事業の拡充を図ります」(早味)

すでにアクチュエーターコイルは、収益の柱になりつつあるという。

事業開始から半世紀を経て、FPC 事業は研究開発主導という体制で、新たなステージ、まだ見ぬフィールドへの取り組みを開始した。それは決して安易な道ではない。だが、その果敢な挑戦が、FPC の進化を促し、新たなフロンティアを切り拓いていくことは間違いない。

*CASE : 自動車業界のトレンドを表す言葉で、Connected(つながる)、Autonomous (自動運転)、Shared/Service (シェア/サービス)、Electric (電動化)の頭文字をとったもの



常務執行役員 プリント回路事業部長
早味 宏

目標を宣言し、

そこに向けた努力を惜しまない チームと共に続ける業務改善魂



「どんな難題に対しても常に挑戦し続けたい。なぜなら、そこにモノづくりのプロとしてのプライドがあるから」

藤永 利裕

住電半導体材料(株)
製造部 伊丹工場 AM*掛

1990年 入社 半導体事業部 製造部 第二半導体工場 スライス掛
2001年 半導体事業部 製造部 半導体工場 InP掛 光スライス班 班長
2006年 住電半導体材料(株) 製造部 伊丹工場 光加工掛 主任代理
2012年 住電半導体材料(株) 製造部 伊丹工場 加工掛 主任
2014年 住電半導体材料(株) 技術部 AM生産技術課
2015年 エキスパート認定(InP基板や新規材料のスライスならびに外周成型加工生産技術)：継続中
2018年 住電半導体材料(株) 製造部 伊丹工場 AM掛 主任
現在に至る
* Advanced Material

id
人物特集

数多の改善は、 チームの力あってこそ

「必ず次世代の半導体 InP (インジウムリン) を使った光通信の時代が来る。まだ世の中に出回っていない新しい技術に関わる仕事は、絶対に面白い」

これは、大学時代 InP の研究をしていた兄からのアドバイスです。それに納得した私は、住友電工に入社、化合物半導体である InP に携わる部署を希望し、半導体事業部に配属されました。化合物半導体は身近なスマートフォンや自動車から産業機械にまで幅広く使用されており、私たちの生活に欠かさないものです。その基板となるウエハは、材料の結晶を成長させた柱状の塊(インゴット)を薄くスライスして作られます。私は現在に至るまで、スライスに関わり、新規切断設備の立ち上げ、特殊製品スライスプロセスの開発などを行ってきました。

スライス工程では高価な化合物を扱うため、いかにロスを抑え、安定的に多くのウエハ(基板)を採取するかが難しいところです。若手の頃には上司や先輩、技術スタッフに助けられながら業務と向き合い、ワイヤーを購入する際には営業担当だけでなくエンジニアとも交渉して情報収集をしました。そしてそれらを参考にサンプル加工、データ分析を行い、PDCA*を繰り返すことで、設備・材料の特徴を習得するよう努めてきました。

そんな中、思い出に残っているのは、InPのスライスに高精度な角度が要求された時のことです。その時使用していた機器では、狙った精度を出すことができませんでした。そこで私は新しい機器の導入とプロセス改善を考案し、工場長にぜひ実行させて欲しいと手を挙げたのです。非常に高額な投資を行わなければならない提案でしたが、工場長は翌日にはメーカーを呼び、必要な機器の導入を決めてくれました。

当初は思うような成果が出せず一人で悩んでいましたが、理想とする作業プロセスをチームで共有して、問題点を一つずつ潰していく地道な改良を重ねた結果、ようやく目標とする精度に到達することができたのです。この事例をきっかけに、仲間と協力すればどんなことでもできることを実感。密なコミュニケーションを大切にしながらチームとして、切磋琢磨できる環境を作ることで業務改善も進み、製品の高い品質を保持できると確信しました。

心に刻まれた、 大失敗をした時の上司の言葉

化合物半導体は対象製品により切断する条件・設備が異なってきます。切断にはワイヤーを使ったワイヤーソーという設備を使うことがあり、このワイヤーに求められるのは、製品の特性に合わせて、速く、精密に、安定した切り出しができることです。そのため私はメーカーに求めるワイヤーの条件を詳細に伝え、結果としてまだ成功例のなかった細線ワイヤーでの新規材料の切断技術の開発を成し遂げました。また、最新切断装置による新たなスライス技術の開発にも成功。これらの開発により、素材ロスを減らし、コストの低減を



上) チームメンバーと共に 下) 後進の指導は欠かさない



実現させたことが評価され、重要技能を有するとして 2015 年にエキスパート認定を受けました。

ただ私も、ここまで順風満帆に来たわけではありません。業務改善のため、数多くの開発を行う中では、もちろん失敗もあります。とりわけ記憶に残るのが、材料である特殊結晶の切断機への置き方を誤り、初めて多額の不良損を出してしまったことです。別作業が重なったためのミスであり、これにはかなり落ち込みました。当然上司からのとがめを覚悟していましたが、「前向きに取り組むでの失敗は仕方ない。失敗を恐れて改善意欲を失う方が会社にとって不利益。今後も失敗を恐れず、

どんどん改善に取り組むように」との思いがけない言葉をかけてもらいました。

この言葉は今も私の中にしっかりと根付いており、エキスパートとして後輩育成を行う時なども常に心に留めています。

プロとしてのプライドを持ち、 常に高い目標を定める

前述した上司の言葉もあり、後輩育成において、私は「叱る」ということはしません。うまく作業できなくとも、なぜうまくいかなかったかを納得するまで話し合い、一つずつ課題をクリアしていきます。その際、後輩は、工場作業員だけでなく、技術スタッフなど関係者全員とリアルタイムで情報共有することが必要となります。この過程で彼らが技術を他者に指導できるだけのテクニックと、プロ意識を身に付けていく姿を見ると達成感を感じます。人はそれぞれ違った個性を持っていますから、それを見極め、その人にふさわしい指導を行うことが大事。その意味でも、私は指導者として日々磨かれていると思います。

現在、私は生産を行いつつ業務改善につながる開発を推進し、かつ後進の育成にも努めています。日々、前進できているのは、挑戦するマインドとモノづくりのプロとしてのプライドがあるからです。そして改善目標を常日頃から口に出し、実際の行動につなげ、目標達成のために周囲と協力しながら努力を重ねていくことを自らのモットーとしています。モノづくりは一個人の力でできるものではなく、あくまでもチームで行うものですから、共に働く仲間との関係性は重要です。環境を整えた上で、今後も世の中の進化に対し、柔軟に対応していく心構えを持って技術の世界の限界に挑戦し続けたいです。その過程では悩むことも多いですが、それは自身の技術を高めることにも結び付いており、一種の楽しさを感じることであります。

私は現在も、ある新技術の開発に向けて行動を続けています。その技術を早期に完成させることで、これまで以上のコスト低減と生産性のさらなる向上を実現できる予定です。このように、モノをつくりながら改善を積み重ねていくことが、製造現場の進化につながっていくと確信しています。

*PDCA: Plan/計画、Do/実行、Check/評価、Action/改善の頭文字をとったもの。そのサイクルを繰り返すことで、管理業務を継続的に改善していく手法

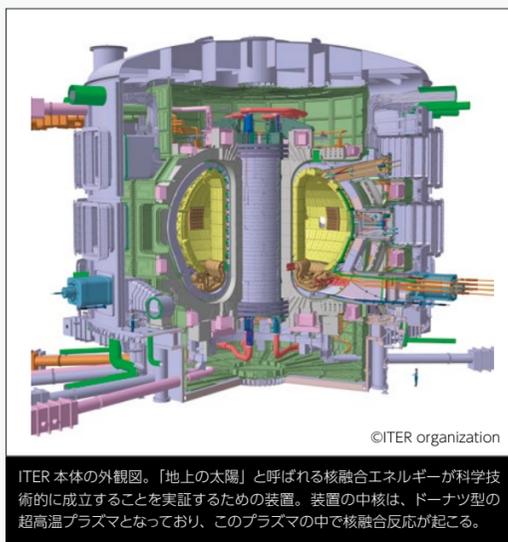
イーター 核融合実験炉ITER向け部品を開発・受注

～エネルギー問題と環境問題解決施策として注目の国際的なプロジェクト～

世界中で脱炭素社会の実現に向けた活動が活発化している中、「核融合発電」が、エネルギー問題と環境問題を根本的に解決する施策として注目されています。核融合とは、軽い原子核同士が結合して重い原子核となる反応で、太陽が生み出すエネルギーの源となる現象のことです。このエネルギーを地上で生み出し、発電に使用することを目指し、核融合発電の研究開発が進められています。核分裂反応を利用する原子力発電に比べ、高レベル放射性廃棄物を出さず、反応を容易に停止できる優れた安全性を有するため、実現が期待されています。

こうした環境の下、我が国を含む7極（日本、欧州、米国、ロシア、インド、中国、韓国）の国際協力により、フランスで核融合実験炉「ITER（イーター）」の建設が進められており、この度、住友電工グループ会社の（株）アライドマテリアルが開発・製造した製品「タングステンモノブロック」が、ITERのダイバータ*と呼ばれる機器の重要構成部品として、採用されました。

発電エネルギー源となる核融合反応は、磁場で閉じ込められた1億℃を超えるプラズマの中で起こり、ダイバータの表面温度は最高で



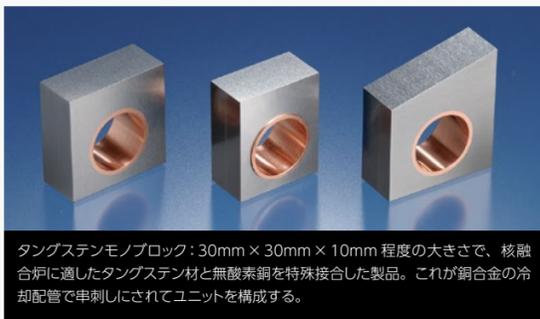
ITER本体の外観図。「地上の太陽」と呼ばれる核融合エネルギーが科学的に成立することを実証するための装置。装置の中核は、ドーナツ型の超高温プラズマとなり、このプラズマの中で核融合反応が起こる。

2,300℃に達するため、核融合炉部品には高い耐熱性が求められます。（株）アライドマテリアルが開発・製造したタングステンモノブロックは、2,000℃を超える熱負荷に耐久し、ITERの設計要求運転サイクル数の3倍以上の期間でも割れないなど、核融合炉に適した素材であることが確認され、今回の採用に至りました。

環境に配慮したクリーンエネルギーの安定的な供給が求められる中、当社グループが開発した「割れないタングステン」が、核融合発電の実現に向けて貢献することが期待されます。

当社グループは今後も製品・技術を通じて社会課題の解決に寄与してまいります。

*ダイバータ：プラズマからの高い熱流や粒子の流れを受け止め、プラズマを維持するうえで不要な不純物を排出、除去するための機器。ITERでは日本が外側ターゲット、欧州が内側ターゲット、ロシアがドームを調達する。



タングステンモノブロック：30mm×30mm×10mm程度の大きさで、核融合炉に適したタングステン材と無酸素銅を特殊接合した製品。これが銅合金の冷却配管で串刺しにされてユニットを構成する。

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 による評価の結果

開発タングステン材は従来タングステン材と比較して、変形による顕著な表面隆起もなく、優れた熱的安定性を確認。

ITER 機構によるプロトタイプ評価の結果

ITERが要求する設計運転サイクル数の3倍以上の評価期間でも割れが観察されず、優れた耐熱衝撃性を示した。

写真提供：国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

QUARTERLY id

未来を築く住友電工グループのトピックスをお届けします

タイ・都市鉄道レッドライン建設プロジェクト向け 電力・通信ケーブルなどを納入

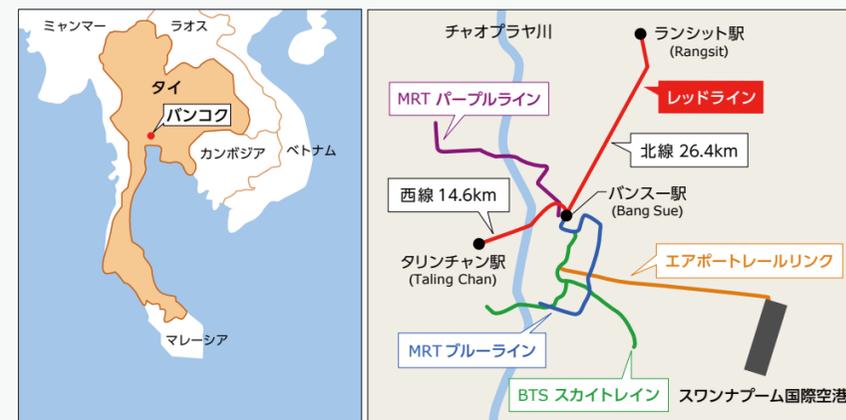
当社は、三菱重工業(株) (以下 三菱重工)より受注した、タイ王国都市鉄道新路線・レッドライン建設プロジェクト向け各種ケーブル類(総計約2,800km)を納入しました。

タイ王国では、バンコク首都圏の交通渋滞緩和および大気汚染の改善、そして増加する輸送需要への対応に向け、政府による「バンコク大量輸送網整備事業」が進められています。

この事業の一環であるレッドライン建設プロジェクトは、バンコク市中心部のバンスー駅 (Bang Sue) を起点とし、北に26.4km (北線)、西に14.6km (西線) 延びる、全線高架の鉄道路線を建設するものです。北線は日本政府からタイ政府へ供与される円借款、西線はタイ政府自己資金にて建設され、2021年8月に全線開通しました。

当社グループは、パンタグラフを通じて鉄道車両に給電するトロリ線をはじめ、電力ケーブル、信号ケーブルなど、鉄道建設には欠かせない幅広い製品を一括して提供できることを強みとしています。

この強みを活かし、本プロジェクトを受



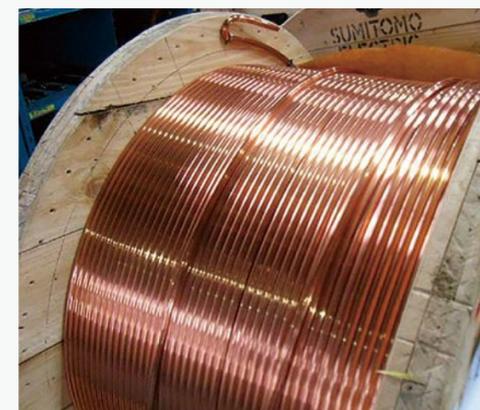
注したコンソーシアムを構成する三菱重工向けに、電車線路用のトロリ線、硬銅撚り線、中低圧電力・信号・通信用の各種ケーブルなど、これまで受注した鉄道建設プロジェクトの中でも、最多品種の製品を納入しました。

当社グループは、1914年にトロリ線の

製造・販売を開始し、以来100年以上にわたり、鉄道網構築事業に欠かせない製品・サービスを世界中に提供しております。特にアジア諸国においては、交通需要の高まりや経済活動の広域化、また環境負荷増大、地球温暖化などへ対処するため、鉄道インフラ整備事業が活発化しており、今後もさらなる増加が見込まれます。現在もインド貨物専用鉄道建設プロジェクトにおいて、当社最大の受注量となるトロリ線の納入に取り組みなど、様々なプロジェクトに製品・サービスを提供してきております。今後も当社グループは、これまで培ってきた経験を活かし、幅広い製品・サービスで、高品質なインフラ構築に貢献してまいります。

■ 本プロジェクトでの納入製品一覧

| 製品 | 納入量 | 製造工場 |
|-------------------------|-----------|---|
| トロリ線 | 約 180km | 大阪製作所 |
| 硬銅撚り線 | 約 170km | 住友電工グループ会社 Sumi Indo Kabel (インドネシア) |
| 鋼心アルミ撚り線 | 約 230km | |
| 硬アルミ撚り線 | 約 200km | |
| 中低圧電力ケーブル (600V ~ 25kV) | 約 1,670km | |
| 信号・通信用ケーブル | 約 360km | |



トロリ線



中低圧電力ケーブル、他Sumi Indo Kabel製造品種

■ ご参考(当社Webサイト)
トロリ線 製品紹介ページ
<https://sei.co.jp/doden/>

住友電工グループ・未来構築マガジン「id」
「インドの経済成長を加速させる貨物専用鉄道建設プロジェクト」特集
<https://sei.co.jp/id/2019/09/project/>

住友電工の1枚——あの日、あの時

1982

世界最大級のダイヤモンド単結晶の合成に成功



直径 12mm・10 カラットを超える大型の高純度ダイヤモンド結晶

1984 年版ギネスブック掲載の認定証

人工ダイヤモンド ギネス世界記録認定

住友電工の主軸製品である電線製造においては、所定の寸法径に仕上げるために「線引きダイス」という工具が使用されていました。1970 年頃、その材料である超硬合金に替わる素材として、住友電工はダイヤモンドに着目。そこから、住友電工の合成ダイヤモンド開発の歴史が始まりました。

当時、米国企業では直径 4～5 mm (～0.75 カラット) ほどの大きさの人工ダイヤモンドの合成に成功しており、既存の特許を回避したダイヤモンドの開発は不可能だと思われていました。当社は新しい合成技術の研究を重ね、1982 年に当時最大級の直径約 6mm (1.2 カラット) ダイヤモンド単結晶の合成に成功し、1984 年

版のギネスブックには「世界一大きい合成ダイヤモンド」として掲載されました。また、1989 年には 1cm 級大型合成ダイヤモンド単結晶の量産化を実現しました。当時の結晶は不純物の影響で黄色い色をしていましたが、より大型で、より無色透明の高純度結晶を作り、適用範囲を広げ、産業技術の発展に寄与していきたいという研究者の熱い想いと粘り強い研究・開発により、現在では高純度で無色透明な直径 11～12 mm (10 カラット前後) の高品質な大型結晶が得られています。

現在では、従来の工具用途のみならず、光学部品や窓材、分光素子などの非工具製品へも用途を拡大させています。

住友電工グループ・未来構築マガジン
id vol.16

『id』特設サイトでは、本誌に掲載されていない情報や動画もお届けしています。ぜひご覧下さい。

<https://sei.co.jp/id/>



発行
企画・発行

編集発行人
編集・制作

2021 年 12 月 (季刊)
住友電気工業株式会社 広報部
大阪市中央区北浜 4-5-33 (住友ビル)
國井 美和
ユニバーサル・コンポ有限公司