

扉

扉を開けるとそこは低く唸るような機械音だけが鳴り響き、300mにもおよぶ生産ラインが整然と並ぶ光景が広がっていた。ハンドリングロボットが長い手を駆使し、基盤ガラスを軽快に持ち上げコンベアに載せていく。ガラスが生産工程の最も初期にあたる洗浄・乾燥へと搬送されているのだ。適切な温度・湿度管理、そして清潔に保たれた環境のなかで、ただ人影だけがどこにもなかった。

「装置がCISモジュールをつくりあげるため、一度、生産ラインに載れば我々は誰もタッチすることできない」。

吉田博ヴァイスプレジデント常務執行役員はこう語ったが、自動化生産を追求し常に進化を遂げていく。それが世界最大級のスケールを持ったソーラーフロンティア国富工場の真の姿なのだろう。

彼らがつくるCISモジュールの発電層の厚みはわずかに $2 \sim 3 \mu\text{m}$ 。200 $\sim$ 300 μm とされる結晶系と比べ1/100にもなるため、

日系メーカー
希望の光り、



「使う材料が極めて少なくなる」のだが、薄膜ゆえに表面のホコリをひとつ残らず取る必要がある。この洗浄の際、ガラス一枚一枚にIDマークが打ち込まれる。「IDによっていつ、どこ
の工場のどのラインで、どのような条件でつくられたのか。トレーサビリティを瞬時に把握する」ためだ。

12からなる生産プロセスはサーキット製造工程、モジュール工程この2つに分類できる。電極や発電層などいけば、発電機能をガラス基板に製膜するのがそのひとつ。一方、モジュール工程とはカバーガラスやバックシートをセル基盤とラミネーション、つまり真空パックすることでパネルに耐久性を与えていくもの。

洗浄されたガラスはまず
サーキット工程を駆け抜けていく。最初にガラス裏面にプラス電極をつくるため
モリブデンがコーティングされる。このとき透明だった
ガラスはモリブデンの薄膜によって、光沢を帯びた
鏡のような姿へと変え、次の
パターンニングへと移る。
モリブデン電極をレーザ

ソーラーフロンティア



吉田博

ヴァイスプレジデント 常務執行役員
生産本部長



進化し続ける 巨大工場

まりが低ければ出力、性能も落ちるが、良品率と出力を高めれば、自然とコスト低減が進むのです」。この2つを追求すればするほど、結果的に良い製品が安くつくれるというわけだ。

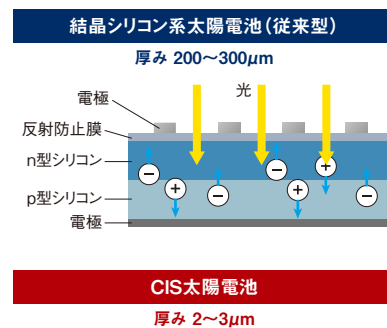
さらに「結晶系はいって
みれば、セルをコネクトす
るだけじゃないですか。だ
とすると誰でも製造でき、
改良余地も少ない。一方、
我々のCISはガラス投入
から完成まで。そのほとん
どが装置でつくられている。
だからこそ装置の最適化が
重要であり、性能を上げる
工夫が一杯あるわけです」。

だが一旦、導入した装置
であっても性能は日々、進
化するのだろうか。

によつて、セルひとつ一つに切斷するのだが、CISである。結晶系とは違い、セルを細長い1本の線のよう加工できるため、部分的な影があつても発電出力の低下を抑える構造ができるわけだ。

そしてCISの基礎となる銅(Cu)、インジウム(In)を積層するプリカーサー層の形成に入る。「モリブデ

セル構造と厚みの違い



800人で24時間、製造を続けている。自動化と無人化によって、人員数だけでも非常に効率的な工場だと思えますよ」。

まだまだ上昇する モジュール出力

11年に稼働した国富工場だが、単一拠点の生産能力としては世界最大となった

大型投資は、他の日系勢がアジアに生産地を求めたその当時、驚きをもって迎えられた。

それもそのはず、日本では、モノづくりをする最大のネ

層に、パターニングまで含めると重要なプロセスは8つある。ただ、ひとつのプロセスでの最適化が、必ずしもほかの工程にマッチングしない場合だってあるわけですよ。たとえば温度上昇によって性能を上げようとしても、ガラスが反って搬送の邪魔になれば、最適化とはほど遠い」。

つまり、装置ひとつ一つの最適化を図り、最大最適化を狙うわけだ。「最適化を図るには、日々の工夫がなきゃダメだ」とも語る。

そして常に進化を遂げ、出力は150から160Wへと進化の最中にある。「厚木(リサーチセンター)が持つモジュール効率17・8%といった技術を移植す

ることによって、進化はまだまだ続く。ただし当然、いまの装置での限界はあるでしょう。だからその次を考え、新たな装置、CZTSなどの新たなアイデアにも動いていますよ」。

極限まで自動化された製造プロセス

話は再び生産ラインへ。

銅とインジウム基板は心臓部のひとつ、光吸収層に移っていく。炉内では搬送されたガラスが、セレン(Se)を含んだ特殊なガスのなかで燃焼される。焼くことでセレンが拡散し、銅とインジウムと化学反応を起こし、3つの物質が混ざり合った合金へと変貌するのだ。

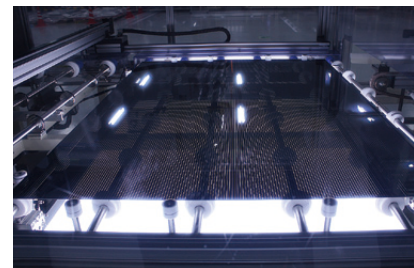
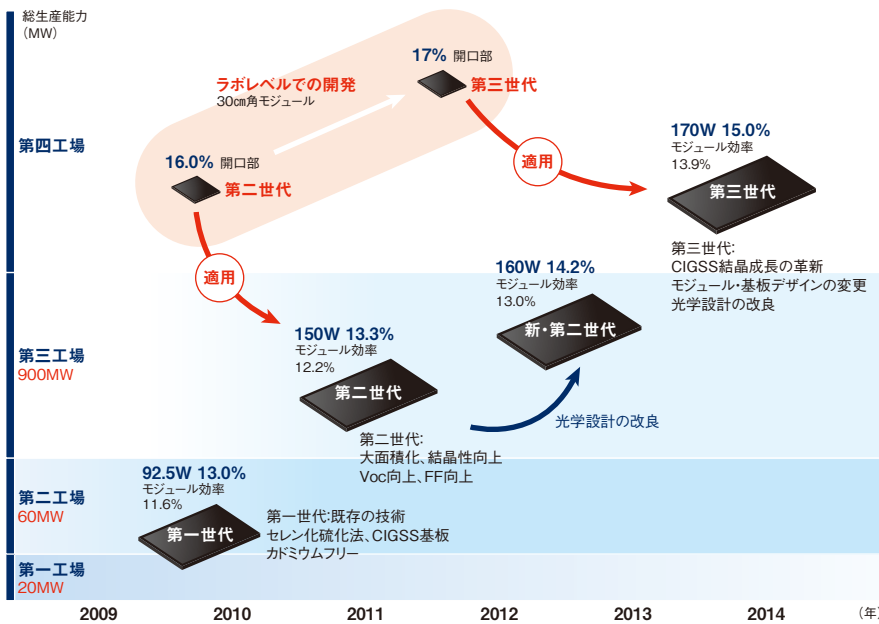
「もうひとつの心臓部が次のバッファ層です。では秘密のベールを少しだけ」。

そう言われ2階に移動するとロボット2台が、「タンク内にあるケミカル溶液に1台のロボットがガラスを投入すれば、残る1台がガラスを抜き、コンベアに戻す」という動作を繰り返す。溶液のなかではバッファ層、プラスとマイナス間に電気を通さない絶縁体の役

割を担った膜が、形成されているという。このバッファ層にファーストソーラーではカドミウム(Cd)を使うのだ。

そして工程は2度目のパターニングへと入る。1回目はレーザ切断だったが、CIS合金へのパターニングは針だ。メカニカルスク

技術開発のロードマップ



コンピュータシステムで制御された自動倉庫(上)。モリブデン電極をレーザパターニングされたガラス基板。細かなセル1つ1つが見える。

ライプ法によって物理的にセルが削られていく。その後、透明導電膜をつくり、3回目のパターニングによって透明電極を線状に削り取ればセルの完成だ。

ついに完成したセル。プロセスはいよいよモジュール工程に突入する。外側はカバーガラス、内側のバックシートでCISをサンドイッチ構造としラミネーション、真空パックにする。

この光景は結晶系とほぼ同じ。ただ唯一、日系の結晶勢と違う点が20年の出力保証だ。「日本じゃあ先端を走る」と自信溢れる。

次にラミネートの際に付いた「パンでいう耳」のような余分な部分をエッジカッターで削ぎ落とし、ロボットがフレームを取り付けていく。

完成までもう一息。ここ

でようやく人間が入り、ジャンクションボックスを取り付ける。「工程が増えるほど、人が触れば触るほど、欠陥率は累積され上がるもの。ご覧の通り、極限まで人の介入を排除したため、耐久性での不安はない」と強調する。

外観などの品質検査も人の目によって最終確認されるが、性能チェックやデータ管理、自動倉庫への搬送、搬入、搬出まで徹底したオートメーション化が図られている。いままも無人の台車が完成したパネルを降ろし、自動倉庫へと収納していく。また別の台車はカバーガラスを積み、製造ラインに搬送していった。

「工場の改善、装置の最適化はトップダウンでは無理です。やはりボトムアップ。ひとり一人が考えてくれて、日々の改善につなげてくれることが良い工場を育んでいく。それには皆、同じ考え方やダメなんだよね。だから光の3原則のようにひとり一人が個性を発揮してその結果、太陽のように輝こう。これが私のメッセージなのです」。