顧客

業界

再生可能エネルギー

組織プロファイル

- **2001年創設**
- **2006年ナスダック上場**
- **カナダ・オンタリオに本社**

事例概要

課題

世界的な大手太陽光発電技術および再生可能エネルギー企業は、製造した窒化ケイ素膜の一部の厚みが社内基準に満たないことに気づき、太陽電池表面のエネルギー効率を高めるために厚みを管理する必要がありました。

ソリューション

Minitab® Statistical SoftwareとMinitab Engage™に含まれている強力なグラフ作成・分析ツールを使用して、膜厚の差の原因を特定し、是正することができました。最終的に太陽光パネルのエネルギー効率を81%から88%へと、7%高め、総売上高を年間10万米ドル強増やしました。

大手太陽光発電会社が、Minitabでエネルギー効率を高め、売上高を年間100,000ドル増に

Minitab®のこのお客様は、世界的な大手太陽光発電技術および再生可能エネルギー企業です。20年以上、太陽光発電モジュールのリーディングメーカー、太陽光エネルギーソリューションのプロバイダーとなってきました。競争力のある、低公害の電力を、大手のエネルギー購入者に供給し、サステナビリティに取り組んでいます。2006年、ナスダックに上場し、2020年にはブルームバーグ・ニュー・エナジー・ファイナンス(BNEF) からNo. 1バンカブルマニュファクチュアラと評価されました。

強力な統計分析に基づいて品質管理を導入

製造工程のどこかで窒化ケイ素膜の膜厚のバラツキが発生していることに気づき、Minitab Statistical SoftwareとMinitab Engageを使用して、厚みを管理しました。特性要因図（魚の骨図）やその他のブレインストーミングツールであるMinitab Engageを使用して、考えられるバラツキの原因を絞り込むことを可能にしました。次に、能力分析と管理図を使用して、製造の理想的な条件を素早く割り出しました。Minitabの強力な統計分析を用いて、膜厚の問題を是正する、的を絞った正確な対策を講じることができ、最終的に太陽光パネルのエネルギー効率を81%から88%へと、7%高め、総売上高を年間10万米ドル増加させることに成功しました。

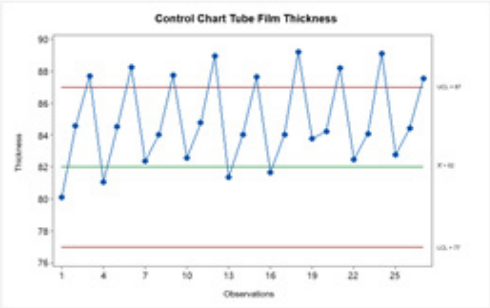
「前は継続的盲検を実施していましたが、仮説を定量的に試験できるようになりました。Minitabにはとても助けられました。」

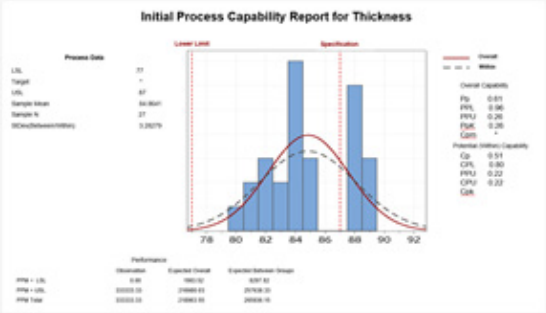
技術改善・新製品開発担当研究開発マネージャー

課題

製造工程の原因不明の非一貫性。

太陽光発電企業の中国における拠点である上海では、研究開発マネージャーが問題を抱えていました。現地のチームが、製造工程で、窒化ケイ素膜の膜厚に許容不可能なバラツキを見つけたのです。太陽電池の表面エネルギー効率を高め、社内基準である利用的な膜厚,77〜87nmを満たせるよう、膜厚を制御する必要がありました。





上の図に示されているように、最初の工程で膜厚が上限を超えていることに気づきました。工程に問題がありました。ほとんどのデータが平均を上回り、工程能力は比較的低かったのです。結果として、工程の不良率がとても高くなっていました。

MINITABツールを使用

Minitab®

現在と過去のデータを調べて傾向を発見し、パターンを見つけて予測し、変数間の隠れた関係を明らかにするのが目的です。

Minitab Engage™

視覚的なブレーンストーミングツールを使用して、バラツキの原因の仮説を立て、可能性を絞り込みました。

ソリューション

プロジェクトチームは、膜厚の大きなバラツキの理由を分析し、考えられる要因を排除する必要がありました。

製造ラインの根本原因を探す

チームは、測定システムまたは工程エラーのどちらが膜厚の非一貫性の原因かを割り出そうとしました。業界標準の検査機器Topcon測定システムを使用して、膜厚と屈折率を測定しました。

次に、MinitabのGAGE R&R測定システム分析を使用して、バラツキが測定システムそのものによって生じたのかを確認しました。

ゲージ評価

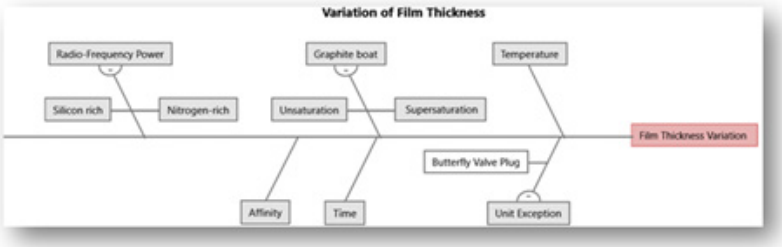
要因	標準偏差 (SD)	基準変動 (6×SD)	%基準変動(%SV)
合計ゲージR&R	0.0002956	0.0017737	9.16
繰り返し性	0.0002694	0.0016166	8.35
再現性	0.0001216	0.0007298	3.77
オペレーター	0.0001216	0.0007298	3.77
部品間	0.0032140	0.0192842	99.58
全変動	0.0032276	0.0193656	100.00

知覚区分数 = 15

ゲージR&R測定の分析値は9.16すなわち10%未満で、Topcon測定システムが要件を満たしているので、問題を引き起こしてはいないことが示されました。

MINITABブレーンストーミング ツールで可能性を絞り込む

さらに影響を与えそうな要因を探し、Minitab Engageの特性要因図（魚の骨図）を使用してブレーンストーミングを行いました。



結晶Si太陽電池の背景

- 製造工程では、太陽電池の表面の反射を減らし、太陽電池のケイ素面を不活性化することが不可欠です。
- 結晶Siの屈折率は通常3.8です。滑らかなケイ素面を屈折率1の空気中に置くと、反射率は30%に達する可能性があります。
- 製造工程では、ケイ素面と空気の間に光透過誘電体膜を挿入することで、表面反射を減らします。正しい膜厚を割り出すのが、このケーススタディの一番大切なところです。

単純な仮説検定で一因を特定

チームは、特性要因図（魚の骨図）とリーダーの経験に基づいて、窒化ケイ素膜の膜厚のバラツキを引き起こしているのは、機械の誤動作か、工程の問題かの2つにまで絞り込みました。

- 膜形成装置の流体を調整するバタフライ弁が洗浄される頻度
- 炉の温度と炉内のケイ素の相対的位置

まず、膜形成装置のバタフライ弁洗浄が問題かを調べました。バタフライ弁の洗浄頻度で膜厚に大きな差が出るのかを確認するため、Minitabで2標本t検定を作成しました。

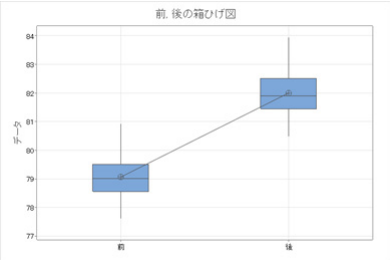
差の推定

差	差に対する95%信頼区間
-2.929	(-3.388, -2.470)

検定

帰無仮説 $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
対立仮説 $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

t値	自由度	p値
-12.82	49	0.000



分析後、p値が0.05未満であるとわかりました。これは、バタフライ弁の洗浄前後で膜厚に有意な差があることを意味します。つまり、バタフライ弁の洗浄も、膜厚に大きな影響を及ぼすことを発見しました。

回帰分析で理想の温度を特定

次に可能な原因（炉の温度と炉内のケイ素の相対的位置）を検定するため、炉内の3か所 i) 炉の前金具、ii) 炉の真ん中、iii) 炉の底の、実際の温度と膜厚を記録しました。

分散分析

要因	自由度	調整平方和	調整平均平方	F値	p値
回帰	3	250.471	83.490	3556.84	0.000
相対温度	1	202.861	202.861	8642.25	0.000
位置	2	106.088	53.044	2259.78	0.000
誤差	14	0.329	0.023		
不適合	10	0.144	0.014	0.31	0.939
純誤差	4	0.185	0.046		
合計	17	250.800			

チームは、上のMinitabの回帰分析を使用して、異なる位置と温度、その相対関係を検定しました。

回帰式

位置	
炉の前金具	厚み = -129.43 + 0.41367 相対温度
炉の底	厚み = -116.54 + 0.41367 相対温度
炉の真ん中	厚み = -116.54 + 0.41367 相対温度

上の回帰モデルから、炉内のケイ素の温度と位置が重要な要因であることがわかります。そのため、炉の前金具、真ん中、底の温度と、実際の温度の間の値を探して、因子間関係を検定することにしました。

発見事項

チームは、Minitabの分析と管理図機能を使用して、理想的な窒化ケイ素膜厚の生成に必要な条件を特定しました。

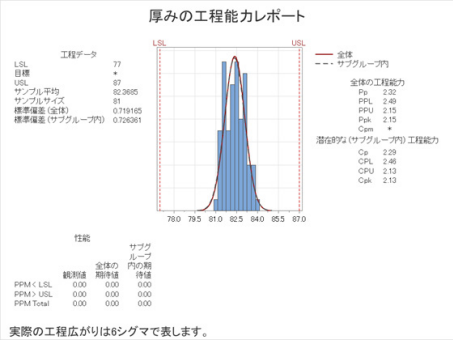
- バタフライ弁は1日2回洗浄する
- 適切な炉の温度。工程出力で示されたのは、炉の3か所の理想的な温度設定が炉の前金具で500°C/932°F、真ん中で480°C/896°F、底で472°C/881°F

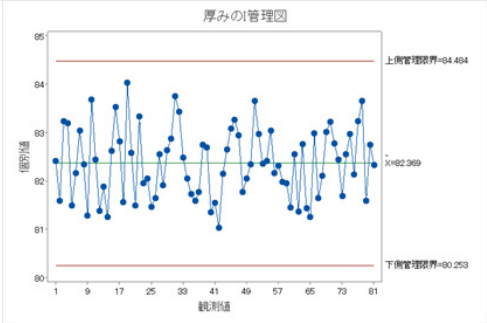
「調査、仮説検定、確認、問題解決のさまざまな段階で、Minitab Statistical Softwareを使ったことで、問題解決までの時間を短縮できただけでなく、チームメンバーの決定の信頼性も高まりました。」

技術改善・新製品開発担当研究開発マネージャー

結果

チームは、統計分析を使用して、理想的なプロセスパラメータを素早く見つけました。Minitabの回帰モデル内で、プロセスパラメータが調整され、窒化ケイ素膜厚の出力が安定しました。チームは調整されたパラメータを使用して検証分析を行いました。プロセス出力で示されたのは、3か所の温度はそれぞれ500°C、480°C、472°Cが最も理想的だということです。同時に、Cpkの値は1.67超で、工程能力指数は高く、事前の目標をはるかに上回っていました。





Minitabの強力な統計分析を使用して、チームは的を絞った正確な測定を行うことができました。「前は継続的ブラインドテストを実施していましたが、仮説を定量的に試験できるようになりました。Minitabにはとても助けられました。調査、仮説検定、確認、問題解決のさまざまな段階で、Minitab Statistical Softwareを使ったことで、問題解決までの時間を短縮できただけでなく、チームメンバーの意思決定の信頼性も高まりました。」と研究開発マネージャーは話します。チームは、窒化ケイ素膜厚を把握し、制御可能にすることで、太陽光パネルのエネルギー効率を81%から88%へと、7%高めることができました。現在、1日あたり約6,048本の単管製造能力があるので、この対策で総売上高は年間650,000人民元（101,400米ドル）増えました。

革新を加速：

MINITAB STATISTICAL SOFTWAREとMINITAB ENGAGE

Minitab Statistical Softwareには、データを最大限に利用し、傾向を見つけ、パターンを探して予測し、変数間の隠れた関係を明らかにし、優れた視覚化を行って、手ごわい難題やビジネスチャンスにも対処し得る、業界で最も信頼されているデスクトップまたはクラウド用の統計分析ツールがあります。

Minitab Engageは、実証された強力な問題解決方法論とブレーンストーミング、ダイアグラム、マッピングツールを活用することで、アイデアや革新プロジェクトの割り当て、監視、管理、視覚化を可能にし、実行を成功に導くことができる最適なソリューションです。

統計、業界をリードするデータ分析、動的な視覚化のパワーがあれば、可能性は無限に広がります。

MINITAB情報

Minitabは包括的かつクラス最高のデータ分析ツールやプロセス改善ツールを提供することで、データからトレンドを特定し、問題を解決し、貴重な知見をもたらすことができます。他に例のない使い易さで、Minitabはデータから深い知見を非常に簡単に導き出すことができます。さらにユーザーの皆様は、優れたエキスパートとサービスを持つチームによるデータ分析を最大限に活用でき、より良くより正確な決定を、より早く行うことができます。

ほぼ50年にわたり、Minitabは独自のソリューションを通じて、組織がコストの抑制、品質の向上、顧客満足度の向上、効率性の向上を実現するのを支援してきました。世界中の何千もの企業や機関がMinitab® Statistical Software、Minitab Connect™、Salford Predictive Modeler®、Minitab Workspace®、Minitab Engage™、Quality Trainer®を使用して、自社の工程の欠陥とビジネスチャンスを見つけ出して対応しています。Minitab Solutions Analytics™は、組織がソフトウェアやサービスを使用してより良い判断を下し、ビジネスの卓越性を高められるようお手伝いする、Minitab独自の統合アプローチです。

Minitabの詳細は、www.minitab.comをご覧ください。

Minitab® とMinitab® ロゴは米国その他の国におけるMinitab, LLC の登録商標です。
詳しくは、minitab.com/legal/trademarksをご覧ください。©2021, Minitab, LLC.All Rights Reserved