

## 日本電子 昭島製作所

70年以上、電子顕微鏡をはじめとする理科学機器を国内外の研究機関や大学へ提供してきた日本電子。世界最高の技術を追求し、品質や生産効率を高めることと、積極的に省エネや環境負荷低減に向き合うことは同社では同一線上にある。重要課題であるクリーンルームでの効率的なエネルギー利用にも、まるで同社製品に求められる役割と同じように“見て・測って・創って”取り組んでいる。(編集部)

## 技術を究める理科学機器トップメーカーが挑んだクリーンルームの省エネ



### 世界の科学技術を、最先端機器の開発・製造で支える理科学機器メーカー

第二次世界大戦後間もない1946年、電子顕微鏡の試作研究を始め、その完成を経て1949年に設立された日本電子光学研究所は、世界トップレベルの理科学機器メーカーである日本電子の前身だ(写真-1)。東京都昭島市に本社を置く同社の開発館には1947年に開発された透過型電子顕微鏡「DA-1」が保存・展示されている。

同社が手掛けているのは、電子顕微鏡や核磁気共鳴装置



写真-1 日本電子 本社・昭島製作所

日本電子の英文社名「JEOL (ジオル)」の語源は設立当初の英文社名「Japan Electron Optics Laboratory Co.,Ltd.」が語源。

などの理科学・計測機器、半導体関連装置などの産業機器、医用機器など幅広い分野の研究開発を支える装置だ。2010年に地球に帰還した小惑星探査機「はやぶさ」が持ち帰った小惑星「イトカワ」の微粒子の分析には同社の走査電子顕微鏡などが使用された。2017年のノーベル化学賞を受賞したのは「クライオ電子顕微鏡法」を開発した欧米の研究者3氏だが、クライオ電子顕微鏡を製造する世界でも数少ないメーカーの1社が日本電子である。C型肝炎ウイルスの発見によって今年のノーベル医学・生理学賞を受賞した3氏のうち、アメリカのチャールズ・ライス博士は同社の透過電子顕微鏡を使用してC型肝炎ウイルス粒子の超微細構造分析についての論文を発表している。テレビニュースや新聞紙上で目にする新型コロナウイルスの画像は電子顕微鏡で撮影される。国内外の科学者、研究者から高い評価を得るこれらの装置を製造しているのが同社 昭島製作所だ。

同製作所は省エネ法の第一種エネルギー管理指定工場等に指定されている。「常に世界最高の技術に挑戦し、製品を通じて科学の進歩と社会の発展に貢献する」という経営理念が創業当時から根付いている当社では、普通の企業以上にエネルギーを使用するからこそ効率的なエネルギーの使用を目指すことも当然であり、使命という大げさですが、省エネルギーや環境配慮への対応も私たちの企業文化

に馴染みやすいのだと思います」と語るのは、同社の執行役員、サプライチェーンセンター長でありエネルギー管理統括者である高橋充さんだ（写真-2）。同社が省エネ推進に力を入れる姿勢は省エネルギー委員会のメンバー構成にも表れている。委員長は高橋さんが務め、委員には執行役員4名を含めて技術、生産、営業、サービス、総務と全社的な組織になっている。運営を担当する事務局メンバー5名を加えた17名からなる同委員会において省エネ目標や達成のための進捗状況も常にトップ層で共有される。意思決定は迅速であり、協議し決定することはトップダウンで各部門に浸透する。1998年の省エネルギー委員会発足時より、このような組織の仕組みが積極的な省エネ活動の展開を後押ししたことは間違いない。

省エネルギー委員会の事務局長を務める下田真開さん（写真-3）は同製作所でのエネルギー使用における特徴について「生産工程で熱を使うことはほとんどなく、使用エネルギーの97%は電気です」と説明する。電気の用途別消費割合の80%以上を占めるのは製造装置・生産設備である。同社での省エネルギーとは省電力と同義であり、生産・技術の現場に踏み込んだ取り組みも自然な流れなのだろう。エネルギー消費原単位、及び電気需要平準化評価原単位を中長期的にみて年平均1%以上低減すること、年間のCO<sub>2</sub>排出量を基準年比（2005～2007年度平均）で30%低減することを目標に掲げ、消費電力量の多い部門には委員会から要請し生産工程での省エネに協力してもらい成果をあげてきた。省エネ法の事業者クラス分け制度では6年連続でSクラスに認定され、関東地区電気使用合理化委員会表彰では最優秀賞を17回受賞している。積み重ねてきた省エネ活動では、高い品質を誇る同社製品の生産に不可欠なクリーンルームも対象になっている。

### クーリングコイルで“温める” フリークーリングを模した冷却システム

昭島製作所には24時間365日稼働するクリーンルーム内に数十の個室（調整用ブース）があり、クリーンルームを加圧するための外調機が複数台設置されている。外調機の役目は取り入れた外気を冷却・加温・除湿・加湿・清浄化して給気すること。これら外調機に冷水を供給するチラーと温水を供給するチラーがあるが「冷水負荷が低下する冬季には冷水チラーの発停回数が増加していました。この状況をなんとか改善できないかと考え、取り組んだのがクリーンルームの外調機を使用したフリークーリングシステムの構築です」と語るのは、総務本部設備管理部の奈須悠君さんだ（写真-4）。



写真-2 執行役員 サプライチェーンセンター長・  
エネルギー管理統括者の高橋 充さん



写真-3 総務本部副本部長 兼 設備管理部長の下田真開さん  
省エネルギー委員会の事務局長を務める

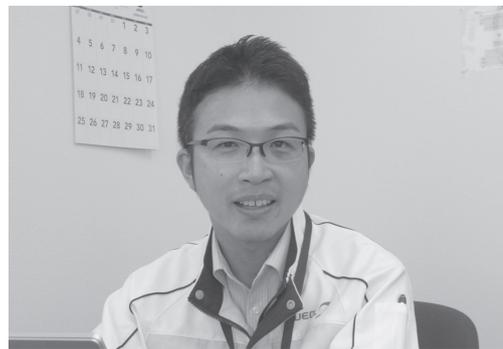


写真-4 総務本部設備管理部 主事の奈須悠君さん  
省エネルギー委員会を運営する事務局メンバー

奈須さんは省エネルギー委員会発足3年目から事務局メンバーとして同社の省エネ活動に携わってきた。通常、フリークーリングといえば、外気を利用して冷却塔でつくる冷水を冷熱源とすることで省エネルギーを図るが、同製作所のクリーンルーム系の設備構成には冷却塔がない。

「コストをかけずに冬季にフリークーリングを導入できないかを検討し、着目したのが外調機内部のクーリングコイル（以下、C/C）です」と奈須さん。外調機には吸い込んだ外気を設定温度まで下げるC/Cと設定温度まで上げるヒータリングコイル（以下、H/C）、設定露点温度まで加湿する加湿ユニットが内蔵されている。夏季は外気を一

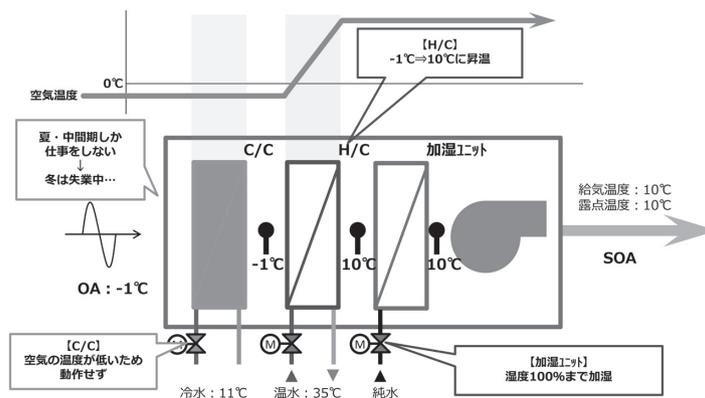


図-1 冬季の外調機動作イメージ

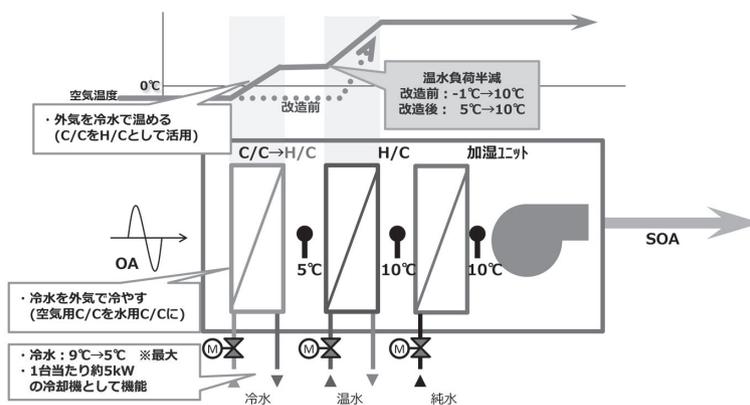


図-2 簡易フリークーリング導入後の冬季の外調機動作イメージ

気に9℃までC/Cで冷やして、冷やした空気をそのままクリーンルームに供給する。H/Cはほとんど仕事をしない。外気温が下がる冬季には夏季に動いていたC/Cは基本的に役目がなくなるためC/C入りの制御弁は全閉となっていて、H/Cが仕事をして一気に昇温させ、加湿ユニットで湿度100%まで加湿した空気を供給している(図-1)。そこで冬季に“失業中”のC/Cに仕事をさせるべく、全閉としていた制御弁を全開にしたそうだ。C/Cを通る冷水の温度は冬季の外気温よりも高い。そのため吸い込まれた外気がC/Cの冷水を冷やし、外気はC/Cによって温められることになる。外気温が-1℃だとしたら、外気を5℃まで温めた冷水は同時に5℃まで冷やされる。これがC/Cが冷水の冷却機として機能する、冷却塔を用いない簡易的なフリークーリングの仕組みだ。奈須さんは「冷水が外気で冷やされるので、冷水チラーの負荷が減り、発停回数を低減させることができました。なんちゃってフリークーリングです」と明かす。当初の目的を果たすとともに、C/Cが予熱の役割をすることにより、温水負荷低減も図ることができた。H/Cはそれまで-1℃から10℃まで一気に外気を温めていたが、C/Cが5℃まで温めているためH/C

は5℃から10℃まで昇温させればよい(図-2)。

冬季でも日中に気温が高くなる日には冷水系の負荷になるため、簡易フリークーリングの開始と解除の基準となる外気温を試行錯誤しながら決定した。既存の冷水制御回路システムを一部改造して、外気温が8℃を下回ったらフリークーリングを開始し、9℃を上回ると解除することとした。外気温が15℃を超えたらチラーで補完する。また、過冷却によるC/Cの破損が懸念されたため、複数台ある外調機のC/Cに順番に水を流して冷水温度を監視しながら、水温が下がりすぎないように5℃程度まで下がったらフリークーリングを解除する台数制御の形をとった。冷水チラーは冷水温度が11℃を下回らない限り停止したままとした(図-3)。

冷水チラーの発停回数は対策前の1シーズン(12月～3月)4800回から、対策後の同時期はわずか10回に激減した。使用電力量は162,474kWhの削減となった。冷水負荷は日平均で20.1kW/h、温水負荷は夜間平均で28.5kW/h軽減した(図-4)。削減した使用電力量を金額に換算すると約243万円の経済効果が得られたことになる。計装改造は設備管理部の内製だったため、投資費用は

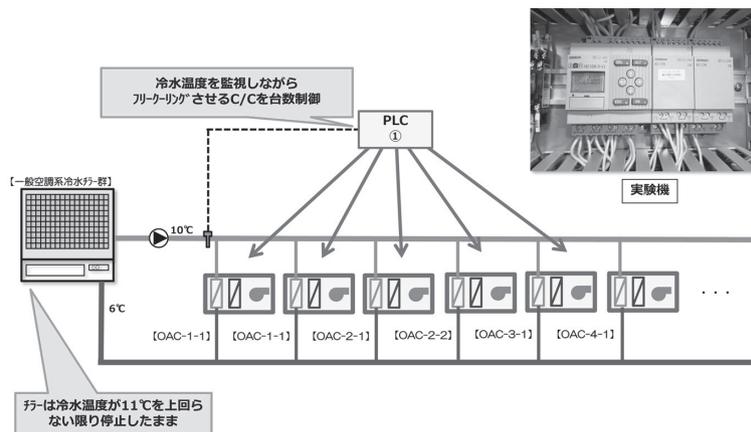
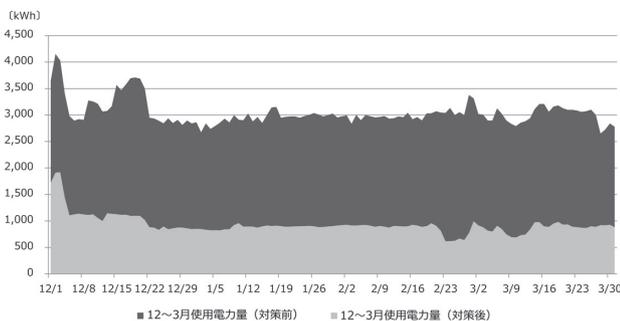


図-3 外調機の台数制御

図-4 簡易フリークリーニング導入前後の使用電力量の比較  
導入前後の12月～3月の使用電力量の差が一目でわかる。

0円だ。当たり前だと思っていた工程を見直し、新たな設備を導入することなく自分たちでできる工夫で改善策を探る、そんな「泥くさい」対策だからこそやりがいを感じる」と奈須さんは笑顔を見せた。

### 加湿器の給水方式を見直し 排出していた純水の供給量を大幅削減

クリーンルームの「泥くさい」省エネ対策は、その後も外調機の加湿給水方式を切り口に実施された。クリーンルーム用の外調機に組み込まれた水気化式加湿器へはつねに純水が供給されている。滴下式の水気化式加湿器は、ろ材に純水を垂らして浸潤させながら通風し、蒸発させて空気を加湿する。メリットは消費電力が少なく不純物を放出しないことだが、滴下量の調整は難しい。季節によっては純水がろ材全体にしみ込む前、ろ材の下部が乾いている状態で蒸発してしまう。そうすると十分な湿度を与えられず、乾燥気味の空気を送ってしまうことになる。

純水の供給は外調機外側に設けた電動二方弁で制御していたが、純水の流量は空気中の湿度に応じて各外調機の手動弁で調整する。純水は生産工程でも使用するため生産の

状況によって純水供給圧力が変わるため、日によって流量が変動してしまう。手動弁は点検担当者が日常的に調整していたが、外気条件と生産条件に左右されるため、その日はよくても翌日は調整し直さなくてはならない。トラブルが発生すれば、事務所から遠く離れた機械室へ走る。設備管理部の負担は大きかった。弁を50%開けても水量は10%ほどしか変わらず、全開に近づくと急激に水量が増える。手動によるバルブの開度調整では水量を細やかに調節することはほぼ不可能に近く、そのうちに、弁は負荷のピークに合わせてつねに全開の状態になった。季節によって、日によっては純水供給が過剰になり、気化しきれなかった純水が排水されている様子を点検中に目にもすることも多かったという。そんな中、生産量増加に伴って生産工程での純水消費量が増加したこと、純水製造装置の精製能力が低下したことにより、加湿器用の純水使用量を縮小する必要性に迫られるようになった。

改めて、加湿器の風量、給気露点温度、外気露点温度、給水量などの条件に基づき必要な純水量の試算をし、実際に外調機へ供給される純水量と気化しきれず排水される量を測定したところ、給水した純水の26%しか使われていないことがわかった。加湿器に供給した純水の74%が排出されているということだ。奈須さんは「試算前は逆の比率を予想していました。7割も捨てていたなんて計算を間違ったのではないかと、何度も計算し直しました。どうすればいいのかを考えたら眠れなくなりました」と振り返る。

湿度を安定して保つには、加湿器のろ材全面を濡らすことが重要であり、そのためにはある程度の純水の供給圧力と流量を維持する必要がある。しかし手動弁の開度で純水流量を調整することは、前述したように不可能だった。工夫できるとしたら供給時間だ。そこで既存の制御系にタイマーを設置して、それまでは連続して供給していた純水を、

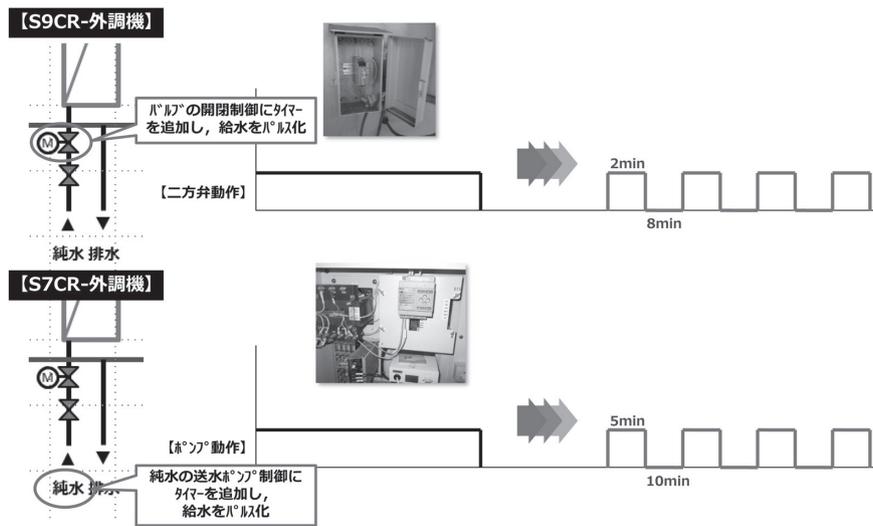


図-5 水酸化式加湿器の純水供給方式の最適化

2分供給したら8分止めて、また2分供給して…を繰り返すパルス状の供給方式に変更する手法にたどり着いた。ろ材全体を十分に湿潤させたら、その状態を保てる間は次の給水を止めるのだ（図-5）。1日中、加湿器の前に張り付いて、ろ材の様子を観察しながらどんな時間設定がいいのか検討したそうだ。外調機的能力にも個体差があるため、調整を繰り返しながら1台1台、設備ごとに、5分給水10分中止などそれぞれに最適な間隔を設定した。容易なことではなかったはずだが、解決への方向が決まれば「やればやるほど楽しくなってきます」と奈須さん。この対策で純水使用量はシーズンで1,200tの削減となった。純水製造には2倍の量の原水が必要だ。純水使用量を削減したことで、水道料金は76万8,000円削減できた。純水製造や搬送動力などに要する電力は210,273kWhを削減、経済効果は368万円だ。かけた費用はまたしても0円。

さらに副次的な効果も得た。昭島市は地下水が豊富な土地柄で、同製作所も敷地内に5本の井戸を持ち原水には地下水を使用している。昭島市の地下水は飲料用として味の良さに定評があるが、美味しさの源である豊富なミネラル分は工業用水として見れば不純物に他ならない。硬度の高い原水は、純水製造装置の高分子膜に負担をかける。原水使用量を減らせれば、高分子膜を取り換える頻度を減らすことにつながる。生産のための付帯設備のメンテナンスにも好影響が及んだというわけだ。

### クリーンルームを使いこなす現場からの省エネと温度の安定性を両立する提案

昭島製作所での省エネ活動は、省エネルギー委員会の事務局がさまざまな改善点をリストアップし、実行できるも

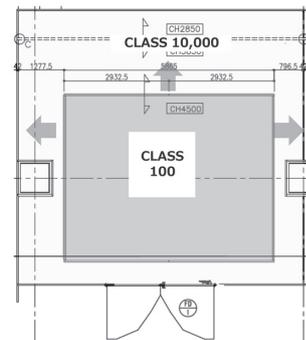


図-6 クリーンルーム調整ブース

装置を置く内側はクラス100。1立法フィート（約30cm四方）の空気に含まれる0.1μmの大きさの粒子が100個以下に保たれている。ISO規格におけるISO5に相当するハイレベルな清浄度だ。

のを見極め、経済効果も考慮しながら着手する優先順位をつけて進めているが、「現場サイドから提案することもあります」と語るのは下田さんだ。じつは下田さんは5年前の異動までは、半導体部門での生産に長年携わっていた。クリーンルームを使用し管理する側にいたのだ。

湿度とともにクリーンルームの安定性に重要なのは温度管理だ。同社が手掛ける装置は大型で、クリーンルームの調整ブース1室に入れられる装置は1台だ。部屋の中心に装置を設置し、その周囲はカーテンで囲んで温度も清浄度もさらに向上させている（図-6）。カーテンの内側の清浄度はクラス100で温度差はプラスマイナス0.025℃に、外側はクラス10000で約0.1℃以内に保っている。照明は部屋によって違いもあるが、おおよそ内側に蛍光灯が15本、外側に10本。外側の照明は作業時以外に消すこともあるが、内側の照明は常に点灯している。照明を消したただけでも温度に影響が出るからだ。室外にある照明のス

スイッチを誤ってオフにし、一晩消したままの状態にすると、中にある装置は約3週間使用できなくなるそうだ。外部からサンプルなどを持ち込む場合も約1週間前からクリーンルームに入れて、温度を安定させてからでないとな作業は始められない。それほど厳密な条件の中で生産に取り組む現場スタッフから出た提案は、内側の蛍光灯15本をすべて消してしまい、外側の照明だけを作業時に点けることだった。

生産スタッフは温度の安定のために極力、内側へは入らずに主に外側から制御用EWS(Engineering Work Station)などを用いて作業している。外側の照明が点いていれば問題はない。内側を消しているのが常態になれば、誤って点けてしまった場合もすぐに気が付き、室内温度に影響が及ばないうちにすぐに消せる。クリーンルームで生産にかかわる側からでないとな、出てこないアイデアだ。クリーンルーム外でも廊下や共用スペースなどで照明を消したり間引いたりできる箇所を探して、合計800本の蛍光灯を削減したそうだ。下田さんが現場にいた頃に当時の仲間と実施した省エネ対策だ。

「生産の現場には、照明にかかる電力とは比べ物にならない大きな電力が必要な設備や装置がたくさんあります。正直、少しくらいの工夫や改善では省エネにはならないと思うときもありますが、それでも現場でできることは、乾いた雑巾を絞るつもりで取り組もうと努めてきました」

その後、照明のLED化が進んでからも残っている蛍光灯は、同様の対策を続けているそうだ。下田さんにとって半導体部門の幹部から設備管理部長・省エネルギー委員会事務局長へ、現場から省エネを推進する側へと、省エネに向き合う立場が変わったことは、現場の事情も人もよく知ったうえで円滑に取り組みを推進する強みになっているに違いない。

## 重要なのは定量化とデータの積み重ね 本業も省エネも方向性はかわらない

図-7は、昭島製作所のエネルギー消費原単位の推移だ。エネルギー原単位は着実に低減している。2019年度も目標を達成した。契約電力も当初の6000kWから2015年には5500kWに、2018年には5200kWに下げて、今年は5000kWに挑んでいるそうだ。

設備管理部の業務である日常の点検では対象箇所だけでなく全体を見て気づきを得ること、省エネルギー委員会の活動では、見込まれる効果を定量的に示すことで周囲の理解を得ることを心がけているという奈須さん。クリーンルームのリニューアルのタイミングで順次、室内で使用され

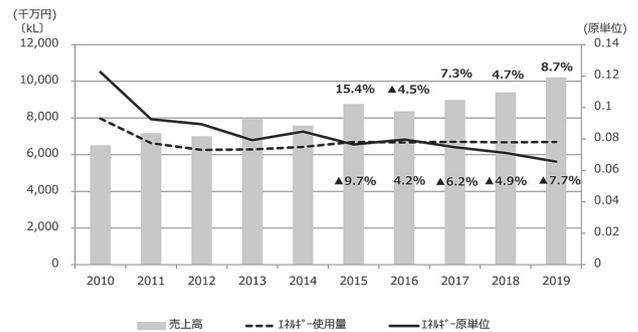


図-7 昭島製作所のエネルギー消費原単位の推移

クリーンルーム対策をはじめ、さまざまな努力の積み重ねで、エネルギー消費原単位を年平均1%以上低減するという省エネ目標を達成し続けている。

るエネルギーを見える化してきた。その部屋の装置・機器の系統図とそれぞれの使用エネルギー量、トータルの使用エネルギー量とその金額を示すモニターの設置だ。「みんなに能動的に省エネに取り組んでもらえるツールを整えることも事務局の役割です」と話す奈須さんに、「私が30年以上取り組んできた半導体の世界もデータを積み重ね、実績値、ログで判断する世界でしたから、省エネのための見える化も当社の本業の方向性と合っているのだと思います」と下田さんがうなずく。今後は、季節ごとの機器や設備の細かい設定変更などに人手をかけずに済むようにAIの活用にも意欲を見せる。

高橋さんは「どの部門のスタッフも世界の科学技術を支えている自負がありこだわりを持ちながら開発や生産に取り組んでいます。生産と設備管理は不可分であることも共通の認識として浸透していますし、事務局が我慢の省エネではなく、みんなが納得できる形にして展開しようと思恵を出し技術を駆使しているからうまく進んできたのだと、私はみえています」と信頼を寄せる。日本電子が今後も世界最高の技術に挑戦し続けていくかぎり、同社の省エネ活動も止むことなくステップアップしていくことだろう。

### 【事業者概要】

日本電子株式会社

所在地 (本社・昭島製作所)：東京都昭島市武蔵野3-1-2

設立：1949年5月

敷地面積：64,189m<sup>2</sup> 延床面積：78,705m<sup>2</sup>

事業概要：理科学計測機器（電子光学機器・分析機器、計測検査機器）、半導体関連機器、産業機器、医用機器の製造・販売・開発研究、及びそれに付随する製品・部品の加工委託、保守・サービス、周辺機器の仕入・販売

従業員数：3,165名（連結、2020年3月31日現在）