

グローバルな顧客要求に対応する ビル用マルチエアコンシステム“SMMS-eシリーズ”

"SMMS-e Series" Multiple Air-Conditioner Systems for Building Use Meeting Global Market Requirements

北野 竜児 山根 宏昌 稲田 裕治

■KITANO Ryuji ■YAMANE Hiromasa ■INADA Yuji

ビル用マルチエアコンシステムはグローバル市場での需要拡大が続いているが、更に市場を増やすためには、各地域独自の顧客要求に積極的に対応していくことが重要である。

東芝キャリア(株)は、“SMMS-eシリーズ”をグローバル共通の要求であるトップクラスの省エネ性能と省資源化技術を備えたプラットフォームとして、地域競争能力を高めた製品を開発している。欧州向け機種には連続暖房機能を搭載し、中東向け機種では冷房運転可能外気温度の上限を従来の43℃から52℃に拡大するなど、各地域の顧客要求に応えている。

In line with the expansion of the global market for multiple air-conditioning systems for building use, it has become necessary to actively meet specific customer requirements in each region.

Toshiba Carrier Corporation has been developing the "SMMS-e series" multiple air-conditioning systems for building use optimizing the specifications for each region based on a common platform incorporating the world's top-class technologies for energy saving and reduction of the burden on the environment. In order to enhance the competitiveness of these products in each region, we have incorporated a continuous heating technology into our European models and a technology to raise the upper limit of outside air temperature from 43°C to 52°C into our Middle Eastern models.

1 まえがき

ビル用マルチ空調などの個別分散空調方式^(注1)は、セントラル空調方式^(注2)に比べ、必要とする部屋だけ空調することによる省エネ性の高さと、水配管を必要としないことによる空調設計及び施工の手軽さにより、グローバル市場での需要が拡大している。

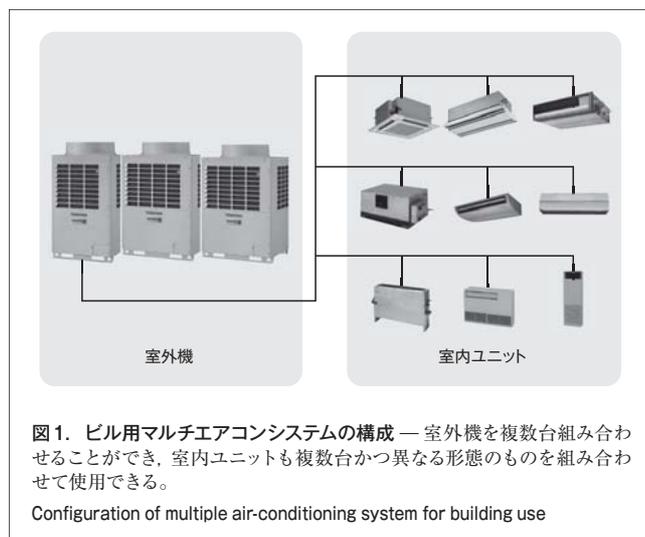
普及地域とその普及率が年々拡大及び増加していくにつれて、これまでのような国内市場向けのモデルを主体に開発して、同じモデルをグローバルに展開するという製品開発方法では、各地域の顧客要求や法規制に対応して市場を拡大することが難しくなっている。いっそうの市場拡大のためには、各地域独自の顧客要求に積極的に対応していくことが重要である。

“SMMS-eシリーズ”(以下、SMMS-eと呼ぶ)は、電源電圧がAC(交流)400Vの機種を対象に開発し、アジア向け機種を海外向けのベースモデルと位置づけ、特定地域向けに機能を追加して、欧州、中東、及び豪州地域の市場に展開している。更に今後は、中国及び北米地域や、AC200Vの機種へと展開する。

ここでは、省エネ・省資源化技術とともに、各地域向けに対応した特徴的な技術について述べる。

(注1) 空調を必要とする部屋ごとに空調機を分散設置する方式で、主に冷媒を使用する空調機が使用される。

(注2) 熱源機と空調機とを組み合わせて集中設置する方式で、熱源機から冷温水を空調機に送水して空調する。



2 機器構成

ビル用マルチエアコンシステムの構成を図1に示す。一つのシステムに、室外機を複数台設置でき、室内ユニットも異なる種類を複数台組み合わせることができる。また、室内ユニットどうしの間、又は室内ユニットと室外機の間の高さや、室内ユニットと室外機の間配管長さなどは、仕様範囲内で顧客が自由に選ぶことができる。室外機は、室内ユニット機1台の小容量運転から室内ユニット全数運転までの幅広い負荷や設置条件の違いに対応する必要がある。

3 省エネ・省資源化技術

トップクラスの省エネ性はグローバル共通の要求であり、重要な開発目標である。更に、設計、据付け、使用、及びメンテナンスのそれぞれで省資源化することを、もう一つの開発目標として位置づけた。そこでSMMS-eでは、ベース（プラットフォーム）モデルとなるアジア向け機種に、それらを改善する技術を織り込んだ。

3.1 省資源化設計

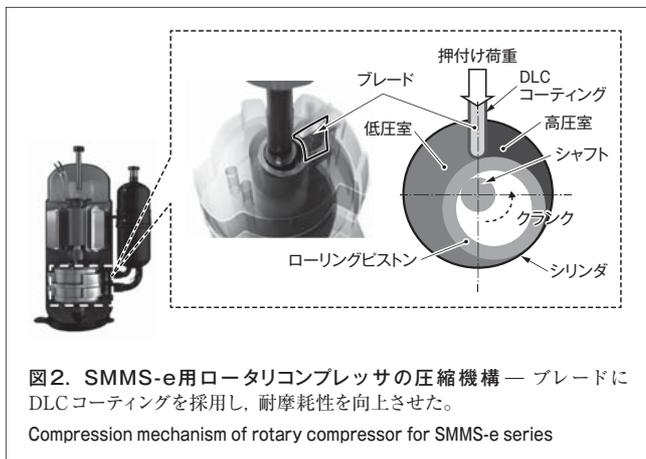
ビル用マルチエアコン室外機の部品コストの約80%は、コンプレッサ、熱交換器、及びインバータである。特にコンプレッサは、ビル用マルチエアコンの特徴である室内ユニット1台運転から全数運転までの幅広い使用に対応するため、従来品では最大3台を搭載しており、この部品を駆動させるインバータも含めると部品コストの50%以上を占めている。そこでSMMS-eでは、従来は3台使用していたコンプレッサを2台にするために、排除容積を従来の42 mlから64 mlへ大容量化した。

ロータリコンプレッサは、低圧室と高圧室を仕切るため、ブレードに背圧を作用させ、ローリングピストン外周とシリンダ溝の側面に押し付ける構造となっている。ブレードは、その先端とローリングピストンとの接触面が厳しい摺動（しゅうどう）部になっており、室内ユニット1台の小容量運転から全数運転まで幅広い負荷へ対応した信頼性確保が必要であるため、耐摩耗性に優れたDLC（Diamond-Like Carbon）コーティングを採用した（図2）。今回の設計変更により、運転回転数の可変幅を従来の24～93 s⁻¹から15～115 s⁻¹に大きく拡大できた。

3.2 据付け時の省資源化

SMMS-eでは、これまで着目していなかった据付けでの省資源化施策として、室外機のビル屋上へのクレーン積上げ回数削減、現地で施工される接続冷媒配管の細径化、及び電源線の細径化による銅使用量削減を検討した。

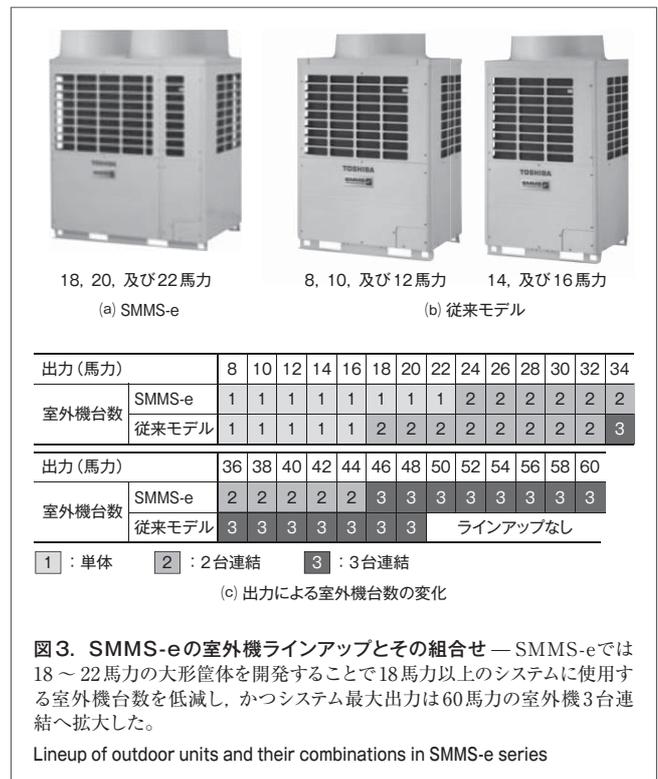
欧州内の地域によってはクレーン1回の積上げ作業に室外



機製品コストと同等の費用が発生するため、クレーン積上げ回数削減は欧州地域からの強い要望である。SMMS-eではこれまでの8～12馬力向けの小形筐体（きょうたい）と14～16馬力の中形筐体に加え、18～22馬力の大型筐体を開発することで18馬力以上のシステムに使用する室外機台数を低減し、かつシステムの最大出力の構成は、従来の48馬力の室外機3台連結から、60馬力の室外機3台連結へ拡大した。これにより、ビル全体の空調システムの室外機台数を少なくすることができ、クレーン作業の回数も減らすことができた（図3）。

接続冷媒配管径（ガス側）は冷房運転時の室内ユニットから室外機へ流れる冷媒流量によって決定されるため、その細径化には冷媒流量を低減することが必要であった。SMMS-eでは、室外機内の室外熱交換器と接続液配管用バルブとの間に過冷却熱交換器を設置した。冷房時の室外熱交換器から流出して室内ユニットに流入する液冷媒の一部を分離して気液二相化させ、他の室内ユニットへ流入する液冷媒を、気液二相化した冷媒と熱交換して更に冷却することで、冷房能力を維持しながら室内ユニットへの冷媒流量を低減させた。

電源線の細径化は、次のようにして実現した。従来機では400 V系機種と200 V系機種のファンモータを共通化するために200 V駆動のモータを採用し、400 V系の機種ではライン（L）-ニュートラル（N）間の単相200 Vからファンモータ用の電源を得ていた。SMMS-eでは200 V系機種との共通化はやめて400 V駆動のモータに変更し、三相400 Vから電源を得ることで電流を低減し、電源線を細径化した。



3.3 使用時の省資源化(省エネ性改善)

省エネ性を改善するために、室外熱交換器、アキュムレータ及びプロペラファンを開発した。

室外熱交換器は、伝熱管を従来の外径8 mmから7 mm管へ細径化し、高密度に配置することにより伝熱性能の改善を図った。また従来、特定用途だけに使用していた補助熱交換器を空調負荷が大きい場合にも使用することにより、いっそうの伝熱性能向上を図った。条件に応じて主熱交換器と補助熱交換器の稼働配分を変えることによって、外気温度や室内ユニット運転状態などが変化した場合であっても適切な冷凍サイクル状態を維持できるようにした(図4)。

アキュムレータには、コンプレッサに液体状態の冷媒を流入させないために気体と液体の冷媒を分離する機能がある一方で、アキュムレータ内にたまった冷凍機油を排出する機能も必要である。気体の冷媒をコンプレッサに流入させるための配管の最底部に油戻し用の穴を設け、配管の内外の圧力差により油を吸引し、気体の冷媒とともにコンプレッサへ排出している。この圧力差が大きすぎると、コンプレッサ吸込み圧力が下がり冷媒循環量が減少して能力が低下するため、配管の形状を見直して、適切な圧力差にした。

プロペラファンは、4枚の翼全てを異なる後縁形状にすることにより、翼の後縁に発生する渦の定常化を阻止して騒音を抑えた。更に、正圧面側の翼端にリブを設けることにより、ベルマウスと翼端によって発生する渦を抑制し騒音を低減させた。

近年、各国の性能規制は、定格性能ではなくシーズンを通じたトータル性能へと変遷している。シーズンを通じた性能では最大定格での運転性能よりも空調負荷の小さいときの運転性能が重視される。これらの技術の搭載により、全ての機種がEurovent(欧州冷凍空調工業会)により策定された欧州冷

房期間消費効率ESEER(European Seasonal Energy Efficiency Ratio)で7を上回る値を達成した(図5)。

3.4 メンテナンス時の省資源化

メンテナンス作業の省資源化として、現場での作業時間の短縮を検討した。室外機とスマートフォンを通信させることで、室外機のキャビネットを開けることなく必要な情報を収集するために、Android^(注)スマートフォンのNFC(Near Field Communication)を利用した通信機能を標準搭載した(図6)。

近年、スマートフォンの普及やネットワーク環境の充実に伴い、Wi-Fi^(注)やBluetooth^(注)などの無線技術が普及しつつある。しかしこれらの方式は、通信する機器を特定し、個々に通信の設定をする必要があるため、集中して複数台設置されるビル用

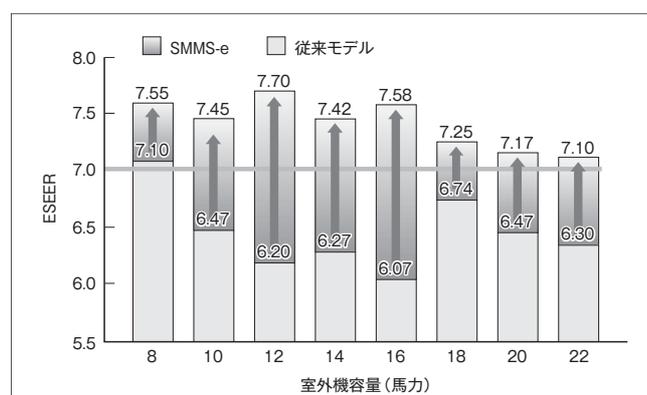


図5. ESEERの比較 — 種々の省エネ性改善により、SMMS-eのESEERは、全ての室外機で従来機よりも改善し、かつ7を上回る値を達成した。

Comparison of European seasonal energy efficiency ratio (ESEER) of conventional and newly developed products

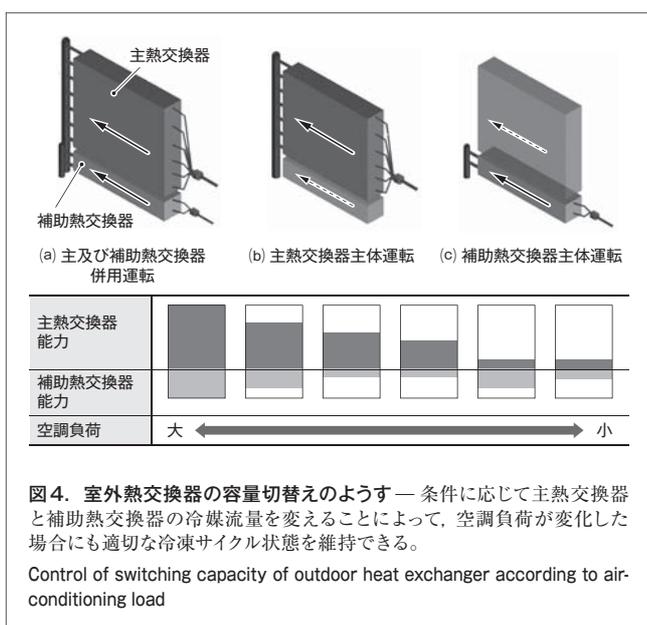


図4. 室外熱交換器の容量切替えのようす — 条件に応じて主熱交換器と補助熱交換器の冷媒流量を変えることによって、空調負荷が変化した場合にも適切な冷凍サイクル状態を維持できる。

Control of switching capacity of outdoor heat exchanger according to air-conditioning load



図6. NFCを利用した通信機能 — 対象となる室外機の受信部にスマートフォンを近づけることで、室外機のキャビネットを開けなくても必要な情報を収集できる。

Communication functions using near-field communication (NFC)

マルチエアコンへの採用は不向きである。NFCは数cm程度の至近距離での無線方式であるが、対象の室外機の受信部に近づけることで、通信設定作業は必要なく、スマートフォンの画面での直観的な操作が可能である。集中して複数台設置されたビル用マルチエアコン室外機の近くでの効率的な操作が主目的である場合では、他の方式より優れている。

4 欧州向け連続暖房運転

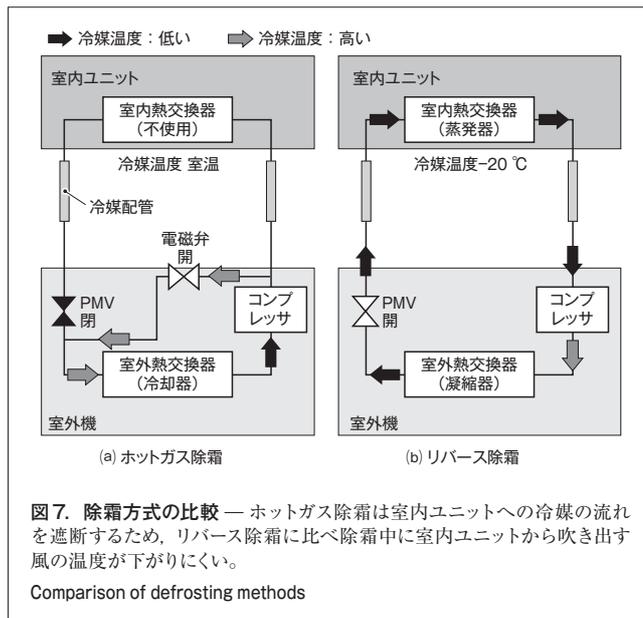
欧州は成熟市場であるが、市場規模が大きい。いっそうの市場拡大には、欧州特有の訴求が必要であり、その中でも、近年、途切れない暖房運転の要望が高まっている。エアコンは暖房時に、室外の熱交換器に付着した霜を溶かすために除霜運転をするが、このとき、いったん暖房運転を停止してリバース除霜^(注3)を行うという本質的な問題を持っている。これを解消するために除霜のための蓄熱槽を採用したメーカーもあるが、機能が高価になるデメリットがある。

欧州のベンダーと情報交換した結果、欧州の広義な意味での暖房ないしは暖房感がわが国とは異なり、吹出し温度の低下よりも、風量が少なくなることのほうが問題視されることがわかった。また、霜が着いていない状態で除霜運転が行われることがあり、顧客からのクレームにつながるため、これをしないようにしてほしいとの要望も抽出できた。そこで、室内ユニットの吹出し温度が下がりにくいホットガス除霜を採用し、欧州市場に適した暖房連続性の高い方式を開発した。

ホットガス除霜とリバース除霜の比較を図7に示す。ホットガス除霜は、暖房時に室外熱交換器へ冷媒を流入させる流量調節弁(PMV)を閉弁し、更にコンプレッサ吐出配管と室外熱交換器とのバイパス部に設置した電磁弁を開弁する。これにより、コンプレッサ吐出ガスだけを室外熱交換器へ流入させ、室外機内で循環させる。この方式は、除霜のための熱量を全てコンプレッサから得るので除霜能力は小さいが、冷たい冷媒が室内ユニットに流れるのを遮断するので室内ユニットからの送風温度が室温以下には下がらないため、暖房運転時と同じ風量を維持してもよいと考えた。ただし、これは暖房時に多少の温度変化ではあまりドラフトを感じない欧州地域特有の対応方法であり、他の地域では別の対応が必要な場合もある。

ホットガス除霜の除霜熱量が小さい問題には、除霜間隔を短くすることで対応し、着霜量が多いときは連続暖房より除霜を優先しリバース除霜へ切り替えることにした。ホットガス除霜とリバース除霜を切り替えるためには、着霜量の検知が必要である。ビル用マルチエアコンのように室内ユニットの運転状

(注3) 一時的に暖房運転を停止して、暖房運転とは逆に熱を移動させることにより、室外機の熱交換器を高温にして霜を融解する除霜方式。室内ユニットに低温の冷媒が流れるため、ファンの運転を停止することが一般的である。



態が変化する場合、設置した圧力センサ、温度センサ、及びアクチュエータから着霜量を推定することは極めて難しく、従来、一定間隔でリバース除霜を行ってきた。SMMS-eでは、ホットガス除霜機能を着霜量センサとしても利用することで、ホットガス除霜後の着霜量に応じてリバース除霜への切替えの要否を判断し、双方の除霜の特長を生かして、連続暖房領域を拡大させた。

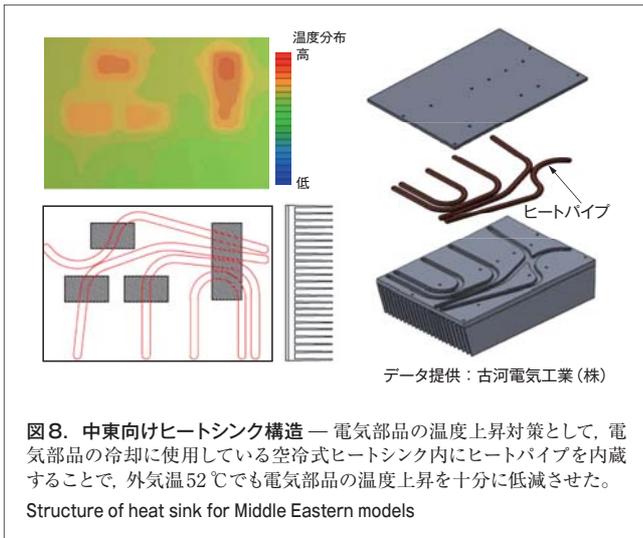
今後は、完全な連続暖房運転を実現するため、引き続き研究開発を進めていく。

5 中東向け冷房運転可能外気温度の拡大

中東地域は新興市場であるが、これまでの地域よりも外気温度が高く、外気温度46℃の条件でも冷房運転できることが重視される。ベンダーからは、冷房運転可能外気温度をクウェートの法律(Requirements for approval of new A/C (DX) units)の要件である52℃に拡大することが強く要望された。

これに対応するため、まず冷媒が流れる部品の耐圧を見直し、設計圧力を3.73 MPaから4.15 MPaに上げることでアジア向けベースモデルの冷房運転可能外気温度範囲を43℃から46℃に広げた。

更に、電気部品の温度上昇対策として、電気部品の冷却に使用している空冷式ヒートシンク内にヒートパイプを内蔵した部品を採用した。ヒートパイプの本数及び形状を熱流体解析により検討した結果、発熱の大きいパワー半導体素子部に4本のヒートパイプを設けることにより、外気温52℃でも電気部品の温度上昇を十分に低減できることがわかった(図8)。このヒートパイプ内蔵のヒートシンクを採用することにより、冷房運転可能外気温度範囲を46℃から52℃に拡大した。



また、これらの対応により、外気温46℃時では、35℃時の冷房能力の80%以上を確保し、更に、クウェートの法律要件である外気温52℃時の連続冷房時間2時間以上を達成した。

6 あとがき

SMMS-eは、設計段階から省エネや省資源化を行い、据付け時、使用中、及びメンテナンス時にも省資源化ができるよう配慮した。また、欧州向け連続暖房運転の要望には、ホットガス除霜とリバース除霜を着霜量に応じて切り替える方式で対応し、中東向け冷房運転可能外気温範囲の拡大の要望には、ヒートパイプ内蔵のヒートシンクなどで対応した。

ビル用マルチエアコンは、同じモデルで各地域の顧客要求や法規制に合わせる事が難しくなっている。いっそうの市場拡大のため、今後も、各地域の特性にきめ細かく対応できる当社独自の技術を開発し、顧客要求に応え続けていく。

文 献

- (1) 木口行雄 他. ビル用マルチエアコン “スーパーモジュールマルチ冷暖フレックスTM” シリーズ. 東芝レビュー. **59**, 10, 2004, p.27-30.
- (2) 奥田健志 他. インバータと高効率ロータリコンプレッサを用いたヒートポンプ給湯機. 東芝レビュー. **64**, 11, 2009, p.8-12.
- (3) 伊藤安孝 他. エアコン用ロータリコンプレッサの圧縮機構部における混合潤滑シミュレーション. 東芝レビュー. **63**, 8, 2008, p.35-39.
- (4) 渡辺吉典. 多管式熱交換器. 冷凍. **75**, 874, 2000, p.682-685.

- Androidは、Google Inc.の商標又は登録商標。
- Wi-Fiは、Wi-Fi Allianceの登録商標。
- Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc.の登録商標。



北野 竜児 KITANO Ryuji

東芝キャリア(株) 富士工場 空調設計部参事。
ビル用マルチ空調システムの設計・開発に従事。日本機械学会会員。
Toshiba Carrier Corp.



山根 宏昌 YAMANE Hiromasa

東芝キャリア(株) 富士工場 空調設計部グループ長。
ビル用マルチ空調システムの設計・開発に従事。
Toshiba Carrier Corp.



稲田 裕治 INADA Yuji

東芝キャリア(株) 富士工場 空調設計部長附。
ビル用マルチ空調システムの設計・開発を経て、2015年11月から欧州顧客向け技術支援業務に従事。
Toshiba Carrier Corp.