

「空調設備の施工技術」の技術概要

1.はじめに

保存した雪や氷の利用ではなく、人為的に作り出す冷熱の利用は 19 世紀前半の英国における密閉サイクル製氷機の特許成立、そしてこれに続く 19 世紀中ごろのフランスにおけるアンモニア冷凍機的设计と商用開始に始まったと言われている。日本で最初に機械によって氷が作られたのは 1870 年とされているが、因みにこれは病気で高熱の福澤諭吉のために、実験室用のアンモニア吸収式冷凍機で氷を作ったとのことである。

空気調和装置としては、1915 年にアメリカ合衆国で冷凍機と空気輸送を組み合わせたシステムが開発されたのが世界で最初の実用化と言われており、我が国では早くも 1917 年に、現在に続くある電機メーカー創業者の私邸で炭酸ガス圧縮機による冷房をしたのが最初とされている。そして、世界で最初のヒートポンプ式全館冷暖房装置が 1937 年に国内電力会社の本社ビルに設置されるなど、我が国においても世界の技術進歩と歩調を合わせて空気調和設備の導入が進んできた。

そして、1930 年にアメリカ合衆国でクロロフルオロカーボン（CFC）の合成に成功し、その安全性と冷媒としての高性能が圧縮式冷凍機や空気調和装置の発展に大きな影響を与えた。我が国では 1935 年に家庭用エアコン（当時は冷房専用機）が商品化され、高温多湿の気候とも相俟って技術開発と導入が進められ、今日に至っている。

本標準技術集はこのような歴史を持つ「空調設備の施工技術」について、機器の搬入、設置、接続から試運転、冷媒回収に関する技術をまとめたものであるが、極めて広範囲の技術にわたるため、下記の技術は割愛した。

- ・施工技術と直接関係しない空調設備（装置）自体に関する技術
- ・電気工事、計装工事に関する技術
- ・回収した冷媒の破壊、あるいは再生処理の技術
- ・配管の溶接接続やフランジ接続など、広い分野に共通して使用される技術

一方、例えば躯体蓄熱方式や置換空調方式など、施工技術そのものではないが、建築躯体と密接に関わる技術は対象に含めた。

また、空調の目的は温度、湿度、清浄度、気流の 4 要素をその部屋の目的に合致する快適な状態にすることであるが、本標準技術集では温度調整に関わる技術の施工に重点を置いた。

以下に、空調設備の施工技術の概要を述べる。

2.空調設備の施工技術における世界の動向と我が国の状況

前述のように、我が国では世界からさほど遅れることなく、空調設備の導入が開始され、高温多湿の気候という事情もあり、活発に技術開発が行われてきた。2005 年の世界のエアコン（家庭用、ビル用）需要は約 6,200 万台であったが、その 60%弱が日本と中国を含むアジアであり、日本の需要はアジア地域全体の需要の約 1/4 を占める（(社)日本冷凍空調工業会ホームページによる）。また、日本メーカー等による現地生産が盛んになる 1980 年代までは、アジア地域のエアコン市場は日本とアメリカ合衆国のメーカーによる独占状態であったと言われており、日本のエアコンメーカーの「空調技術」はアメリカ合衆国と並んでトップレベルにあると考えられる。

一方、業務用ビル等における空調設備の「施工技術」に関しては、従来は欧米が先行していた。例

例えば、ダクト製作における「共板フランジ工法」や「スライド・オン・フランジ工法」、また配管接合におけるメカニカル継手など、それ以前の技術に比べて省力化を可能とし、現在では必須の技術が何れも欧米から導入されたものであることがこれを物語っている。このように、以前の我が国における施工技術が非生産的、非効率的なものであったことは否定できず、これは当時の我が国における人件費の安さと、受注生産、単品生産、屋外作業、現地作業という建設ビジネスの特徴によるものと考えられる。

しかし、1980年代のバブル経済期の工事量急増と人件費の急騰は、建設ビジネスにおける施工の「工業化」による生産性向上を強く推し進めることとなった。更にバブル経済後の価格破壊や少子高齢化に伴う労働人口の減少、急激に進展している経済活動などもあり、建築におけるコストダウン、省力化と短工期化へのニーズはますます高まっている。これを反映して、空調設備の施工技術においてもプレハブ工法やユニット工法の採用を始めとする「工業化」が強力に進められ、現在では欧米に比肩するレベルに到達している。

3.空調方式の分類

3.1.空調方式の分類

空調設備は熱源による分類や放熱方式による分類など、様々な観点から分類することが可能であるが、施工技術への影響が大きいという観点から、熱源機の配置形態と熱搬送媒体に着目する分類が考えられ、一例を下の表に示す。本標準技術集では個別分散方式に重点を置いて作成した。

表 空調方式の分類

熱源機配置形態	熱搬送媒体	代表的方式
個別分散 (個別空調)	冷媒	ルームエアコン
		パッケージエアコン (ビル用エアコン)
中央集中 (セントラル空調)	空気	単一ダクト方式
		二重ダクト方式
	水-空気	各階空調機ユニット (AHU ^(*)) 方式
	水	ファンコイルユニット方式

出典：本標準技術集のために作成

(*)AHU：エアハンドリングユニット

3.2.個別分散方式 (個別空調方式)

個別分散方式は分散配置した複数の熱源機から冷媒を媒体として熱を搬送する方式で、その気化と凝縮の潜熱を利用するため、空気や水を搬送媒体とする顕熱のみを利用する場合に比較して体積流量を小さくできるという特徴があり、搬送系においては中央集中方式に比較して効率が高い。

この分類におけるルームエアコンとパッケージエアコンは基本的には同じものであるが、家庭用等の小容量のものをルームエアコン、業務ビル用等の比較的大容量のものをパッケージエアコンと分類した。JISでは定格冷房消費電力が3kWを超え、定格冷房能力28kW以下のものをパッケージエアコンと定義している。しかし、最近は家庭用エアコンでも8kWほどの大容量のものがあり、またエアコンメーカーでは、家庭用エアコンにはきめ細かい制御や空気清浄化、クリーニングなどの機能を持たせるなど、ビル用のエアコンとは設計思想が異なる。そこで、本標準技術集ではJISのような容量による分類ではなく、使用場所 (家庭用、またはビル用) による分類とした。

また、パッケージエアコンの別の定義として「工場で組立て済の空調装置」(「冷凍空調実用講座」、(社)日本冷凍空調設備工業連合会、平成13年) というものがあるが、この意味ではルームエアコンも

パッケージエアコンである。そこで、本標準技術集ではビル用等の室外機1台に対して室内機が複数台のシステムを「ビル用エアコン」とし、室外機1台に対して室内機1台のものを「パッケージエアコン」と表記することとする。

従来、ビル用エアコンは小規模のビルに用いられるだけであった。しかし、個別分散であるために小さな区画ごとの運転/停止、および温度制御が可能で省エネルギー性と快適性が向上するほか、テナントへの課金が明確、更新・追加設置が容易、安価などにより、機器性能の向上と共に、最近は大規模ビルでも採用されている。

快適性の向上に関しては、個別分散方式における冷暖房同時運転も行われるようになっている。これは3本の冷媒配管（液管、吐出ガス管、吸入ガス管）を設置し、専用の装置で室内機ごとに使用する配管を切替えて実現するもので、従来は4管式の中央集中方式などでしか可能でなかった冷暖房同時運転を個別分散方式でも可能としたものである。

なお、以下では「個別分散方式」ではなく、空調設備分野で一般的に用いられる「個別空調」という語を使用する。

3.3.中央集中方式（セントラル空調）

中央集中方式は大容量の熱源機（冷温水製造機、ボイラー等）を設置する機械室から、水、蒸気、空気等を熱媒として各空調機器類に熱を搬送する方式である。

空気方式は中央機械室に設置された空調機（エアハンドリングユニット）で冷却または加温した空気をダクトを介して各部屋に送るもので、劇場や体育館などの大空間の空調に適する。空調機を集中配置するため、保守が容易という特徴がある反面、ダクトスペースが大きくなる問題点もある。

この方式には、季節に応じて冷却または加温した空気を1本のダクトで送る単一ダクト方式と、冷風と温風をそれぞれのダクトで送り、各部屋でそれらを混合して温度調整を行う二重ダクト方式などがある。ただし、最近では二重ダクト方式は使われなくなった。

水-空気方式はビルの各階までは水で熱を搬送し、各階の機械室で空気と熱交換して各部屋に温度調節された空気を送る方式である。各階までは熱容量の大きい水で熱搬送するため、その分のダクトスペースを省略できることが特徴であり、大規模ビルによく用いられる。

水方式は各室に設置した空調機（ファンコイルユニット）に温水または冷水をおくり、そこで室内空気と熱交換を行う方式である。この方式は室内空気の温度調整のためのダクトを省略できるという特徴があるが、換気が不可能なため、送風機や換気のためのダクトが別途必要となる。

なお、以前はファンコイルユニットではなく、加圧した一次空気をノズルから噴出してエジェクタ効果で室内空気を誘引し、熱交換器を通す誘引ユニットが用いられた。この方式ならば換気も可能であるが、空気加圧動力が大きいため、省エネの観点から現在は使われていない。

中央集中方式の温熱源機としてボイラーもあるが、最近ではガス直焚きの吸収式冷温水発生機やヒートポンプチラーが主流であり、暖房に蒸気や高温水を使うことはまれであるため、本標準技術集では割愛した。

なお、以下では「中央集中方式」ではなく、空調設備分野で一般的に用いられる「セントラル空調」という語を使用する。

4.施工技術

4.1.調査対象技術の樹形図

着眼点に応じて様々な樹形図が考えられるが、前述の空調方式の分類と同様に、施工技術への影響が大きいという観点から、本標準技術集では大分類を熱源機配置形態とした。すなわち、「個別空調」と「セントラル空調」に大きく分ける。ただし、大型機器の搬入やそれらの設置（実際の作業としての設置）など、共通的な技術を集めた「共通技術」を大分類として設けた。また、蓄熱方式や放射冷暖房など、通常の空調とは異なる設備や技術を用いる方式に対して「特殊空調」という大分類を設けた。したがって、大分類は4項目である。

中分類は「特殊空調」を除き、各大分類における施工の工程による分類とした。すなわち、大分類により異なるが、「設置」、「配管工事」、「改修・更新」、「試運転」等である。「特殊空調」では方式により、「蓄熱方式」とそれ以外の方式に分けた。

小分類は各中分類内のまとまり毎に分けた。

なお、「機器設置・取付」が「特殊空調」以外の3つの大分類に現れているが、その相違は以下の通りである。

「共通技術」における「機器設置・取付」は具体的作業における設置技術であり、例えばアンカーボルトによる固定や、防振のためのばねやゴムを介した設置の技術をまとめた。これらの技術は機器の種類によらず共通のものである。

これに対して「個別空調」や「セントラル空調」における設置は、機器の機能を十分に発揮させるための設置技術である。エアコン室外機や冷却塔の設置を例にとると、アンカーボルトによる固定やゴム等による防振対策の技術は「共通技術」であるが、他の機器や壁などとの離隔距離のように、十分に機能を発揮させるために必要な配置上の技術は「個別空調」や「セントラル空調」に配置されている。機器の種類（および機種）によって異なるからである。

また、「ダクト工事」は「個別空調」でも用いられる場合があるが、その技術のウェイトが大きい大分類として、本標準技術集では「セントラル空調」に配置した。このように分類をまたがって使用される技術は他にもあり、それらは「技術対応表」で明確にした。

以下に、空調設備の施工技術に関し、主要な分野技術の概要を述べる。

4.2.機器設置

4.2.1.搬入、設置

空調設備だけでなく、ビルの設備工事全般に共通のことであるが、ある段階からビルの躯体建設工事と設備工事が同時並行で進むため、搬入路と作業スペースの確保やクレーンのスケジューリングが重要であり、躯体工事との十分な打合せが必要である。

また、セントラル空調におけるターボ冷凍機、吸収式冷温水発生機などの大型機械の搬入を考慮し、ビルの設計段階から仮設も含め、搬入路と搬入口を考慮することが必要である。十分な搬入口が確保できない既設ビルの空調設備更新などでは、分解した機器の人力搬入を考慮しなければならないことがある。

エアコンの室外機、室内機の設置については各メーカーによる詳細な設置要領書が作成されている。その技術に関する基本的差異はないが、メーカー毎に工夫されている部分でもあり、本標準技術集では各社の設置要領図を並列的に並べた。

4.2.2. 「工業化」工法

前述のプレハブ工法やユニット工法は機器の搬入、設置においても省力化、工期短縮に役立っている。これらの工法によって現場での作業スペースと作業量を最小限としたり、クレーンでの揚重回数を大幅に削減することが可能となり、コスト低減や工期短縮が可能となる。更に、工場や地上での作業が中心となるため、高層階での無理な姿勢による作業などを大幅に削減でき、安全性の向上だけでなく、品質の向上も図ることができる。

このような「工業化」工法は機器の設置だけでなく、配管工事やダクト工事でも導入が進んでいる。

4.2.3. 振動・騒音対策

空調設備の設置において重要なことのひとつが振動や騒音の対策を考慮することである。空調設備には圧縮機やポンプ、送風機など、振動や騒音の原因となる回転機が多く、直下階や近隣に対する配慮が必要である。特に、屋上に設置するビルエアコン室外機や冷却塔の騒音対策などが重要である。

騒音については単なる遮蔽だけでなく、冷却塔や空冷室外機の吸入、吐出部に消音器を取り付けるなどの対策が必要な場合がある。この時、冷却塔や室外機的能力を確保するため、消音器の抵抗を考慮して選定する必要がある。

機器の振動対策では、防振材（ばねまたはゴム）と耐震ストッパー、取付金具を一体とした防振ユニットが使用され、設置作業の効率化が図られている。また、例えばビル用エアコンの室外機設置の場合、従来の固定箇所ごとにばねやゴムシートを用いる個別の防振に代わり、室外機を取付けるだけの専用の防振架台が使用されるようになった。防振架台には、各機器種類ごとの加振力の大きさや周波数特性に応じた各種のものがあり、これによって防振性能が向上すると共に、施工も容易になるなどの効果がある。

振動対策とはやや異なるが、機器の地震対策も重要であり、移動や転倒を防止する固定を「建築設備耐震設計・施工指針」により施工する必要がある。

また、配管やダクトにおいても、流れに伴う振動による騒音を防止するための対策が必要である。

4.3. 配管工事

4.3.1. 配管工事全般

配管工事は後述のダクト工事と並んで手間のかかる作業であり、配管接合の省力化などの様々な工夫や、プレハブ化、ユニット化が進められている。

プレハブ化の進展には、配管の加工と組立てに必要な精度の高い3次元情報の入手がCAD/CAMの導入によって容易になったことが寄与している。

ユニット化では、例えば、地上で鉄骨の床ユニットを組み立てる際に配管、ダクト類も組込み、床ユニットと一体でクレーンで吊上げるユニットスラブ工法や、立て配管を地上で組立てて順次引上げていくリフトアップ工法、パイプシャフト内の立て配管を鉄骨と同時に設置していくライザ工法などは、高層ビルでは普遍的に用いられるようになってきた。これらは、従来は建築躯体工事の後で行っていた空調設備工事の一部を、躯体工事と並行で進めるものであり、工期の短縮に大いに貢献している。

配管工事において考慮しなければならない重要な点の一つとして地震対策がある。設備や機器を地震に耐えるように施工、設置するのは当然であるが、その他に免震建築に対する配慮が必要である。

地震が多い我が国では免震構造の建築物が増加しており、特に阪神大震災以後はその増加が著しい。

空調設備の配管では、例えば建物とは異なる基礎や地上に設置した機器と建物内の設備を結ぶ場合に免震配管工法が必要となる。地震の際、建物の免震部とそうでない部分との相対変位は大きく、この大きな変位を小さい反力で吸収可能なことが免震配管の要件である。したがって、通常の防振対策や温度変化に対する伸縮対策とは異なる対策が必要であり、種々の免震配管工法が開発され、使用されている。

4.3.2.冷媒配管

冷媒配管の材質は銅が一般的であり、その接続は小口径ではフレア接続を用いるのが普通であるが、室外機近くのガス管など、管径が大きい場所ではロウ付が用いられることが多い。ただし、最近では管径が大きくても使用できるフレア継手やメカニカル継手が開発され、「火なし」接合が採用される例もある。

位置によって異なるが、冷媒配管内には冷媒のガスと液および冷凍機油の三相が存在し、施工における配管ルートの決定ではこれを考慮する必要がある。

ビルマルチ空調では1台の室外機に複数の室内機が接続されるが、冷媒配管の分岐・合流が必要になり、冷媒の液とガスが共存する可能性のある場所では両相を均等に分岐させるために、水平面、または垂直面（ただし、条件付）で分岐させなければならない。その際、分岐の上流側に曲がりがある場合には分岐までに所定の直管長を確保し、偏流のある部分での分岐を避ける配慮が必要である。また、停止時における潤滑油の溜りを防ぐために、冷媒配管の勾配や配管の形状（特にアップダウン）に注意が必要である。これらはメーカーの設置要領書に示されており、それに従って施工する必要がある。

4.3.3.ドレン配管

ドレン配管の基本は流れ方向に向けて下り勾配（一般に1%以上）とすることである。しかし、室内機の設置状況によっては十分に勾配を確保できない場合もあり、そのような場合にはドレンアップポンプが使用される。特にドレン配管設置に制約のある天井取付け型の室内機などでは、予めドレンアップポンプが内蔵されている場合がある。

これに代わる方式として、機械室などに設置する真空ポンプによるドレン吸引方式もある。これを使用することにより、ドレン配管の制約がなくなり、施工が容易になるメリットがある。

4.3.4.冷温水配管

配管工事における省力化施工の一環として、従来の溶接やねじ、フランジによる接合に代わり、メカニカル継手が多用されるようになってきた。これは溶接のように熟練を要する作業を減らすことができるほか、「火なし」工法とすることで現場の防災にも役立つメリットがある。特に、既設ビルの設備更新では火災防止のために「火なし」工法が望ましい。

メカニカル継手にはフレア接合に類似したものや、ハウジング形継手など、様々な方式や種類がある。「3.3.2 冷媒配管」で述べたように、最近では比較的大径の管でも使用できるメカニカル継手が開発され、施工の省力化に役立っている。

メカニカル継手ではないが、ルーズフランジを使用する冷間ツバ出し接続も火なし工法の一つとして使用される。

4.4.ダクト工事

4.4.1.ダクト製作、接続

従来の長方形ダクトは亜鉛メッキ鉄板製が大部分であり、素材を現場に搬入し、寸法取りから裁断、はぜ加工、組立てまでの全ての工程を現場で行い、所定の位置に設置していた。このような建設現場における手作業のダクト製作、施工に対し、プレハブ化が昭和 40 年代から始まった。その後、自動切断機の実用化と配管工事と同じく CAD/CAM の導入により、プレハブ化が浸透している。

工場で製作したダクトは重量の割に体積が大きく、輸送回数が増加する問題があるが、これを解決するために折りたたみ式ダクトが考案されるなど、プレハブ化に即した工夫が進められている。

ダクト接続方法の面では、従来のアングルフランジ工法に代わり、米国から導入された共板フランジ工法が昭和 60 年代から急速に普及するようになった。これは、ダクト鋼板自体を専用の成形機械で折り曲げてフランジを形成し、組立て時にはコーナー金具を取付けるだけでフランジと一体化したダクトが完成するもので、接続はコーナー部のボルト留めの他はクリップ状の押え金具で留めるだけのため、ダクト工事の工期短縮を可能とするものである。

4.4.2.ダクトの種類

従来は亜鉛鉄板製の長方形ダクトや円形のスパイラルダクトが大部分であったが、最近は様々な種類のダクトが開発され、使用されている。

亜鉛鉄板にナイロン等の短繊維を植毛した植毛ダクトは、ある程度の保温性と結露防止機能を有しており、保温施工の省略が可能となった。

スパイラルダクトは、はぜによる剛性の強さと生産性の高さが特徴であるが、従来は断面形状が円形のものだけであった。その結果、断面積の割には大きな設置スペースを必要とすることが難点であったが、最近断面形状が楕円形のほか、長方形や三角形のスパイラルダクトも製作されるようになり、限られたスペースにも設置できるようになった。

材質の面ではグラスウールダクト、ダンボール製ダクト、軽量不燃材（不織布等）製ダクトなど、様々なものがあり、一般に植毛ダクト以上に断熱性を有するため、保温施工が不要である。その他、種々の材質のフレキシブルダクトがあり、ダクト施工の省力化に寄与している。

4.4.3.ダクト施工

配管工事にも共通することであるが、建築躯体の様々な場所に簡単に取付けられる各種の吊金具が市販され、以前に比較してダクト設置が容易となってきた。また、様々な材質によるダクトの軽量化に伴い、コンクリートへの鉋止めや接着剤などによる簡易吊工法も開発され、ダクト工事の工期短縮に役立っている。

フレキシブルダクトの採用もダクト工事の省力化の大きな要因である。従来は、固定された剛なダクトと固定機器（エアコン室内機や吹出し口等）を接続する部分にキャンバス製のたわみ継手を用いる程度であったが、次第に長い区間に対してフレキシブルダクトが採用されるようになってきた。これにより、ダクト寸法や位置決め精度の許容幅が広がり、施工が容易になる。フレキシブルダクトには保温材付きのものもあり、施工の合理化につながる。

4.5.改修、更新

4.5.1.冷媒回収

オゾン層破壊の防止に向けたモントリオール議定書が 1987 年に採択されたのを受け、関連する国内法整備が進んできたが、2002 年に「特定製品に係るフロン類の回収及び破壊の実施の確保等に関する法律」（いわゆる、フロン回収破壊法）が施行され、業務用エアコン、冷凍機などからの冷媒の回収が義務付けられた。（家庭用エアコン等については、2001 年に施行された「特定家庭用機器再商品化法（いわゆる、家電リサイクル法）」で規定）これに伴い、空調設備の改修、更新に伴い、エアコンや冷凍機を廃棄する時には冷媒の回収が必要となった。

冷媒回収では、回収率の向上、高速化（回収所要時間短縮）、コストダウン等が必要である。また、冷媒回収は主として機器の廃棄時の作業であり、その後の撤去工事、あるいは更新工事に支障とならないよう、冷媒と共に冷凍機油の回収も重要である。

冷媒回収には圧縮方式、冷却方式などがあり、冷媒の種類（具体的には常温における圧力等）に応じて様々な回収機が開発され、実用化されている。これらは気化した冷媒を圧縮、または容器を冷却して吸引し、液化してポンペに回収する方法である。冷凍機油と混合したままの冷媒液を吸引する方式や液体のままの冷媒を回収する方式も実用化されている。なお、高圧冷媒（常温における圧力が高い冷媒）の場合は、回収して圧縮した冷媒を冷凍機で冷却して液化し、ポンペで回収する。

4.5.2.冷媒変更

前述のモントリオール議定書に基づく規制スケジュールによれば、現在は消費が認められている HCFC（先進国では 1996 年に全廃された CFC よりもオゾン破壊係数が小さい冷媒）も、先進国では 2020 年に全廃されることになっており、最近では空調設備の改修、更新時に、オゾン層を破壊しない HFC 系冷媒への変更が行われている。我が国や EU 諸国では変更の大部分が完了しているが、アジア地域の冷媒変更がこれからの課題となっている。

設備改修、更新時に冷媒を変更する際にはエアコン（または冷凍機）の交換は当然であるが、同時に冷媒配管も更新することが理想である。しかし、特に個別空調の場合は既存冷媒配管の撤去と新規冷媒配管の再敷設工事には費用と時間がかかり、作業スペースなどの面で困難な工事であるため、既存の配管を継続使用することが望ましい。この場合、交換前の旧冷媒が残留して新冷媒と混合すると、機器の不具合や性能低下のおそれがある。また、HCFC 系冷媒で使用していた冷凍機油は HFC 系冷媒には溶解しないため、残留していると異物となって膨張弁やキャピラリチューブを閉塞するおそれがある。そこで、冷媒を HFC 系に変更した後も既存冷媒配管を使用する場合には、配管の洗浄が必要となる。

冷媒配管の洗浄方法には、大きく分けて洗浄剤を使用する方式（洗浄剤洗浄）、使用していた冷媒と同じ冷媒で洗浄する方式（冷媒洗浄）、および窒素等で配管内にスウィーパーを通して残留冷媒等を押出す方式（機械式洗浄）などがある。これらの内、冷媒洗浄方式、その中でも循環洗浄方式が最も旧冷媒と冷凍機油が残留しにくく、かつ作業も容易であると言われている。

4.5.3.ダクト清掃

1990 年代後半から、室内空気環境の向上に向けたダクト清掃に関する技術基準や評価方法の議論が世界的に活発化してきた。これに先立ち、我が国では 1984 年にビル管理法が改正され、ダクトの維持管理に関して「風道の内部についても可能な限り清掃すること」なる項目が加えられ、その必要性の認識が高まってきた。1985 年に建設省（当時）がダクト清掃工法の公募を行い、審査の結果 1987 年には 4 工法に対して大臣による建設技術評価書が交付された。

ダクト清掃の方式には様々なものがあるが、圧縮機による送風や空気吸引、あるいは両者の組合せなど、空気流を用いる方式が一般的である。多くの方式において、ダクト内に自走式のブラシや点検・清掃ロボットを走行させ、それらによるダクト壁面の物理的清掃と気流によるゴミの排出を併用している。

4.5.4.個別空調化

個別分散方式（3.1の1）で述べたように、従来は冷暖房同時運転は4管式（温水往還、冷水往還）で行われていたが、ファンコイルユニットと水熱源ヒートポンプを複合した空調機が開発され、2管式の中央集中方式でも個別にヒートポンプを設置することで冷暖房同時運転が可能となった。これは2管式の冷温水切替時期に室内の冷暖房同時要求を満足するために開発されたもので、中央の熱源機からファンコイルに供給する冷水、または温水を熱源として各室のヒートポンプを運転し、その部屋の居住者の好みの室温を提供する方式である。

これにより、2管式の中央集中方式の空調設備に最小限の改造を加えるだけで個別空調と同様の快適性を実現可能であり、冷暖房切替え期の快適性向上に資する。今後、中央集中方式で空調を行うホテルや集合住宅での空調設備の更新において導入が進む可能性がある。

4.6.特殊空調

4.6.1.蓄熱方式

蓄熱方式の冷暖房は、空調熱負荷の一部または全部を空調時間帯以外（一般に深夜）に蓄えておき、空調時間帯には必要に応じて冷熱、または温熱を取出して各室に供給する方式である。一般に蓄熱は深夜電力を利用するため、利用者側にとってはランニングコストの低減が可能であり、電力供給者側にとっては電力負荷の平準化に資するというメリットがある。

蓄熱媒体としては水を用いることが多く、水（温水、冷水）蓄熱や氷蓄熱が一般的であるが、そのほかに適切な温度で固液相変化する潜熱媒体（油脂類や水和物等）を用いる場合もある。これらの流体を用いる蓄熱方式では蓄熱槽が必要であり、個別空調の場合には蓄熱槽を備えた室外機を用いることが多く、セントラル空調では建物地下の二重スラブを利用した蓄熱槽や、屋外空地や駐車場地下に設置した蓄熱槽などを用いるのが一般的である。

一方、固体を蓄熱媒体として用いる方式として躯体蓄熱方式がある。これは床や梁のコンクリートを蓄熱体として用いる方式であり、前記の流体を用いる場合における蓄熱槽のような蓄熱専用の設備は不要である。

なお、広義の固体蓄熱として土壌を蓄熱体として用いる方式もあるが、これは蓄熱というよりも土壌の熱伝導率が小さいことによる恒温性を利用する性格が強い。この方式は欧米の寒冷地域で普及が始まっている。我が国では熱交換器を地中に設置するための掘削費が高い等の理由で実施例は少ないが、地中熱ヒートポンプ方式、クールピット・ウォームピット（総称してアースピット）などとして利用され始めた。ただし、本標準技術集ではこれらの技術は割愛した。

4.6.2.放射冷暖房

通常空調が温風や冷風を室内に吹出し、対流によって冷暖房を行うのに対し、放射冷暖房は天井や床からの放射伝熱によって空調を行う方式である。

我が国のように冬は低温低湿、夏は高温高湿の気候風土では、従来の対流による空調では、冬は温風によって室内が更に乾燥し、また夏に冷風で除湿効果を得るためには吹出し温度を15℃程度以下と

する必要があるため、室内温度が低下しすぎるという問題がある。このような従来の対流による空調方式は欧米のように冬は高湿で夏は適湿な地域には適する。

放射冷暖房では温度と湿度を空気自体で調節するのではなく、温度は床や天井のような躯体の熱で、湿度は除湿器で調整するシステムであるため、上記のような問題を解決できる。床暖房は住宅、保育所、老人福祉施設ではよく採用されており、天井・床放射冷暖房は図書館、学校の教室で採用が始まっている。

4.6.3.置換空調

通常のコールド方式では空調した空気と室内の空気を混合して全体をほぼ均一な温度とするため、例えば冷房時には天井付近まで不必要に冷却することになる。また、吹出し風速も比較的早いため、いわゆるドラフト感を感じたり、室内が乾燥するなどの問題がある。

これに対して置換空調とは、空調空気を比較的大きな吹出し面積から低速で室内に供給し、必要な領域（一般に床から2m程度まで）を快適な状態とする方式である。このため、余分な空間を不必要に冷却したり、気流によるドラフトを防止できるなど、省エネルギーと快適性の両方を向上させることができる。置換空調の典型は床吹出し空調であり、オフィスビルなどで採用が進んでいる。劇場や体育館などの大空間では壁面の下部から吹出す方式などもある。

4.6.4.エアフローウィンドウ

エアフローウィンドウは、窓の冷暖房負荷が室内に拡散する前に窓際で処理する方式である。これにより、空調負荷を低減でき、窓近傍の快適性を向上させることができる。

二重窓のガラスの間に空気を流す方式、窓とブラインドの間に空気を流す方式（簡易エアフロー方式）など、いくつかのバリエーションがある。二重窓方式では、その断熱性による冬季の暖房負荷の大幅低減という効果もある。

4.7.試運転

試運転は空調設備の各機器が正常に作動し、目的とする室内環境が構築されていることを確認する重要な工程である。各施工会社等においてチェックリストが整備されており、それに従って進められる。

個別機器の試運転では、まずポンプ、送風機があるが、これらの試運転方法は一般の設備と同様であり、最終的には所要の能力（水量、風量、圧力）を所定の動力内で達成でき、異常な音や振動が無いことを確認する。エアコンの試運転については各メーカーの要領書にまとめられており、それに従って実施し、確認する。

試運転において最も時間を要するのが各吹出し口からの風量調整であるが、これは現在も試行錯誤的に行われている。ただし、反復試行回数を最小とするために、「比率調整法」など、いくつかの手法が用いられている。

これらの個別機器の試運転完了後、室内環境の試験、確認を行う。これは単に温度、湿度だけでなく、浮遊粉塵量や炭酸ガス濃度などの健康に関わる項目の測定や、気流（風速）、騒音のような快適性に関する項目の測定も重要であり、計画した室内環境を実現できていることを総合的に確認する。この総合試験は空調設備工事の完了時の1回限りではなく、最低限、夏・冬の2回行い、その過程で制御系の調整を行う。

さらに年間のエネルギー使用量の実測を行い、計画値との比較と今後の省エネルギー対策の立案等に利用する。

5.おわりに

空調設備の施工技術について、本標準技術集で対象とした技術の概要を述べた。

省力化、コストダウンに向けた空調設備施工に関わる個々の技術の改良、またユニット化やプレハブ化等の拡大を通じて、第2章で述べた施工技術の「工業化」が今後も強力に推進されると考えられる。今後は建設現場を「組立工場」と位置づけ、製造業における生産システムを現場に取込む動きが活発化すると予想される。

ところで、従来の試運転調整は機器の動作確認が主体で、居住者が満足する快適な環境の構築が良否の判定基準であった。これに対して、近年、「コミッショニング」の考え方が取り入れられようとしている。コミッショニングは一般に「性能検証」と訳されており、この訳語からは従来の試運転調整との差異が明確ではないが、現在議論されているコミッショニングは、空調設備の効率も考慮し、所望の環境を構築するのに必要なエネルギーの最小化を図る最適化調整を行うこととされている。最近では BEMS (Building and Energy Management System : ビル・エネルギー管理システム) と組み合わせで行われ始めている。

このように、これまでは快適な環境を実現する空調設備を安く、早く設置する方向に技術が進んできたが、今後はそれに加えて、その快適な環境を効率よく、かつ LCCO₂ も含めた小さい環境負荷で実現する方向にも進み始めていると考えられる。