

官庁施設におけるクールビズ／ウォームビズ 空調システム導入ガイドライン

平成21年7月

このガイドラインは、国土交通省官庁営繕部及び地方整備局等営繕部が官庁施設の営繕を実施するための資料として作成したものです。

利用にあたっては、国土交通省ホームページのリンク・著作権・免責事項に関する利用ルール (<http://www.mlit.go.jp/link.html>) をご確認ください。

国土交通省大臣官房官庁営繕部 設備・環境課

技術基準トップページはこちら（関連する基準の確認など）
http://www.mlit.go.jp/gobuild/gobuild_tk2_000017.html

第1章 総則

1.1 目的

このガイドラインは、「官庁施設の基本的性能基準」(平成18年3月31日国営整第56号、国営設第162号。以下「基本的性能基準」という。)に定める性能を確保しつつ、クールビズ／ウォームビズの実施に適した施設を整備するため、クールビズ／ウォームビズに対応した空調システムの導入にかかる技術的事項を示すことにより、官庁施設の省エネルギーを図り、一層の低炭素化を推進することを目的とする。

(解説)

地球温暖化問題は国際的な重要課題のひとつであり、平成20年7月の洞爺湖サミットでは、「2050年までに世界全体の温室効果ガス排出量を少なくとも50%削減するという長期目標を、世界全体の目標として採択することを求める」との合意が形成されている。また、平成20年7月29日には、日本として2050年までの長期目標として、温室効果ガス排出量を現状から60～80%の削減を行うこと等を目標にした「低炭素社会づくり行動計画」が閣議決定されている。さらに、平成21年6月10日には、2020年までの中期目標として、温室効果ガス排出量を2005年比で15%の削減を行うこととした。このような中、我が国の温室効果ガス排出量の約3分の1を建築分野が占めていることに鑑みると、国の建築物である官庁施設において、ライフサイクルにわたる温暖化対策を実施していくことは、民間施設への波及効果も含め、低炭素社会の実現に向けた重要な取り組みのひとつであるといえる。

一方、地球温暖化対策推進本部(*1)は、平成10年に策定した「地球温暖化対策推進大綱」において、夏期の空調温度の28℃設定、冬期の20℃設定(「政府がその事務及び事業に関し、温室効果ガスの排出の抑制等のため実行すべき措置について定める計画」(平成19年3月30日、閣議決定)(以下「政府の実行計画」という。))において、国は冬期:19℃)を推進することを盛り込み、今日では国民の多くにクールビズ／ウォームビズによる当該対策の実施が周知されていることは、「クール・ビズに関する特別世論調査」(平成21年7月9日、内閣府調査)からも明らかである。

官庁施設においては、新築の施設はグリーン庁舎として整備し、既存の施設はグリーン診断に基づくグリーン改修工事を実施するほか、保全実地指導により運用改善の助言を行う等、地球温暖化対策を推進しているところであるが、クールビズ／ウォームビズ等の執務環境の変更を伴う対策については、さらなる検討の余地が残されている。

このガイドラインは、CO₂削減に寄与することができるクールビズ／ウォームビズをより効果的・恒久的に実施するため、平成20年度に官庁営繕部にて開催した「官庁施設のクールビズ空調システム検討会(座長 坂本雄三 東京大学大学院教授)」の検討結果を基に、建物運用時の一般的な事務室の空調設定温度を夏期28℃、冬期19℃とすることを前提としつつ、執務域の適切な温熱環境の確保を目指すクールビズ／ウォームビズ空調システムの計画手法、設計手法、効果の検証手法等を示したものである。

*1 気候変動に関する国際連合枠組条約第3回締約国会議において採択された京都議定書の着実な実施に向け、地球温暖化防止に係る具体的かつ実効ある対策を総合的に推進するため、平成9年12月19日、閣議決定により本部長を内閣総理大臣として、内閣に設置された。その後、平成17年2月16日、京都議定書の発効に伴い、地球温暖化対策の推進に関する法律の改正法が施行され、地球温暖化対策を総合的かつ計画的に推進するための機関として、法律に基づく本部として改めて内閣に設置された。

1.2 用語の定義

このガイドラインで使用する用語の定義は次の通りとする。

(1) 執務域の温熱環境要素

執務域の室内空気温度・湿度・気流・放射温度並びに在室者の着衣量及び代謝量をいう。

(2) クールビズ／ウォームビズ

冷房時の室温を 28℃、暖房時の室温を 19℃にした部屋でも快適に過ごすことを目指す服装をいう。

(3) クールビズ／ウォームビズ設定

空調システムの運用時において、執務域の室内空気温度が夏期 28℃、冬期 19℃になるように設定することをいう。

(4) クールビズ／ウォームビズ空調システム

クールビズ／ウォームビズ設定を実施する場合において、適切な執務環境を確保しつつ、エネルギーの効率的な利用が図れる空調システムをいう。

(解説)

(1) 執務域の温熱環境要素

人体の熱的快適感に影響を及ぼす要素としては、執務者や来庁者が活動を行う領域における室内空気温度・湿度・気流・放射温度や、執務者や来庁者自身の着衣量・代謝量がある。これらの温熱環境要素の程度により、在室者に不快感を与えるのみならず、健康まで影響を及ぼすことがある。

(2) クールビズ／ウォームビズ

チーム・マイナス6%のホームページによると、クールビズは「冷房時の室温を 28℃にした部屋でも快適に過ごすことのできる“ライフスタイル”として位置づけ、これまでのビジネスシーンに限らず、全てのライフシーンで「クールビズ」の実践を呼びかけている」とされているが、このガイドラインにおいては、ライフスタイルという幅広い定義では用いず、温熱環境要素である着衣量について、一般的にクールビズ／ウォームビズとされる服装時では、夏期 0.5clo、冬期 1.0clo 程度であることから、着衣量をこの値とした場合をこのガイドラインではクールビズ／ウォームビズと定義した。

(3) クールビズ／ウォームビズ設定

現在の取り組みにおいては、室内空気温度の設定については一般化された値（夏期 28℃／冬期 19℃）（政府の実行計画）があるものの、具体的にどこの温度を指しているのかは特定されておらず、また、室内空気温度以外の温熱環境要素については言及されていない。そこで、このガイドラインでは、執務域の室内空気温度が夏期 28℃、冬期 19℃になるように設定することをクールビズ／ウォームビズ設定とした。

(4) クールビズ／ウォームビズ空調システム

前述のとおり、現在の取り組みは、室内空気温度及び着衣量以外の温熱環境要素の考え方が示されていないため、結果的に他の温熱環境要素の変化によっては、執務域の体感温度が上昇し、快適性を著しく損なう場合があると考えられる。そこで、このガイドラインでは、執務域の適切な温熱環境を確保しつつ、エネルギーの効率的な利用が図れる空調システムをクールビズ／ウォームビズ空調システムと定義した。

第2章 基本事項

2.1 クールビズ／ウォームビズ空調システム導入の基本方針

官庁施設に求められる各性能の確保及び総合的な調和を考慮しつつ、空調システムの省エネルギー及び執務域の適切な温熱環境の確保に資する技術を積極的かつ効果的に活用することとする。

（解説）

LCEMツール（*2）によるエネルギーシミュレーションによれば、従来の室内空気温度設定（夏期26℃、冬期22℃）で運用することを前提として設計したシステムにおいて、クールビズ／ウォームビズ設定を実施することにより、例えば東京では空調システムの使用に伴うCO₂の排出量を15%程度削減できる場合がある。また、夏期28℃／冬期19℃で運用することを前提として設計したシステムにおいて、クールビズ／ウォームビズ設定を実施した場合は、更に3%程度削減できる場合がある。

一方、クールビズ／ウォームビズ設定を実施すると、特に夏期においては室内空気温度だけでなく湿度も高くなるため、執務域の体感温度が上昇する。CFD（数値流体力学：Computational Fluid Dynamics）を用いた執務域の温熱環境のシミュレーションによれば、クールビズ／ウォームビズ設定を実施した場合には、在室者の服装を軽装にしても、従来の温度設定とする場合に比べて予想平均申告（PMV）（*3）が1程度となり、執務者の予測不満足者割合が20%程度となる場合がある。また、特に日射の影響を受けるペリメータゾーンにおいては、PMVが1.2程度（予測不満足者割合が30%程度）となる場合がある。

このように、これまでのクールビズ／ウォームビズ設定の取り組みは、在室者がある程度の我慢をしている温熱環境となっていると考えられるが、省エネルギーに寄与できることに鑑みると、クールビズ／ウォームビズ設定をより効果的・恒久的に実施するための対策が必要であると言える。

そのためには、クールビズ／ウォームビズ設定を実施した場合においても、執務域の適切な温熱環境の確保を図ることが可能な空調システムを導入することが重要である。執務域の温熱環境要素のうち、在室者の着衣量と代謝量は、建築及び設備の計画・設計により調整できない要素であるが、室内空気温度・湿度・気流・放射温度の4要素は、建築及び設備の計画・設計により調整可能な要素である。

すなわち、クールビズ／ウォームビズ設定を実施する場合において、省エネルギーと執務域の適切な温熱環境の確保を両立させるため、室内空気温度のみならず、湿度・気流・放射温度の調整に配慮した技術を積極的かつ効果的に活用することが必要である。

*2 LCEMツールとは、表計算ソフトを使用してシミュレーションが行えるよう開発したソフト。空調システムに関する機器の使用条件を入力条件とし、機器固有の特性式を入れた表計算ソフト上で計算させることにより運転シミュレートし、機器の状態（例：消費電力、燃料消費量、冷温水温度等）を把握することができる。

（公開ホームページ：http://www.mlit.go.jp/gobuild/sesaku_lcem_lcem.html）

*3 予想平均申告（PMV：Predicted Mean Vote）とは、熱的中立に近い状態の人体の温冷感を予測する指標。
-0.5 < PMV < 0.5 の場合には予測不満足者割合は10%以下、-0.7 < PMV < 0.7 の場合には予測不満足者割合は15%以下となる。

ISO-7730「PMVとPPD指標の算出による温熱快適性の分析及び局所快適性基準」により国際標準化されている。

2.2 クールビズ／ウォームビズ空調システム導入に係る性能の項目

クールビズ／ウォームビズ空調システム導入に係る性能の項目は、省エネルギー及び執務域の温熱環境に関する性能とする。

（解説）

クールビズ／ウォームビズ空調システム導入に係る性能項目は、省エネルギー及び執務域の温熱環境の2項目とする。

2.3 クールビズ／ウォームビズ空調システム導入に係る評価及び検証

クールビズ／ウォームビズ空調システム導入に係る評価及び検証の主な指標は、運用時のエネルギー消費量及び執務域の温熱環境とする。

（解説）

クールビズ／ウォームビズ空調システム導入の目的は、省エネルギーと執務域の適切な温熱環境の確保を両立することにあることから、運用時のエネルギー消費量と執務域の温熱環境を総合的かつ客観的に評価を行う。この場合において、クールビズ／ウォームビズが実施された本来の目的が省エネルギーの推進にあることに鑑みれば、執務域の温熱環境の確保が図られていても、省エネルギー化が図られていなければ意味をなさないことから、少なくとも、夏期 26℃／冬期 22℃の設定を前提としたシステムよりも省エネルギーとなるシステムとする必要がある。

執務域の温熱環境の評価指標である予測平均申告(PMV)は、人体を均一な発熱体としてモデル化しているため、局部的に気流が当たっている場合等の評価することは適さない等の課題があるが、ISO-7730として国際標準化されている温熱環境要素を考慮した指標であり、簡易な計算法として広く知られていることから、クールビズ／ウォームビズ空調システムを評価する指標の一つとして有効であると考えられる。なお、その他の温熱環境の評価指標としては、標準新有効温度(SET*)(*4)等がある。

計画及び整備にあたっては、省エネルギーと執務域の温熱環境の両立が図れる技術を採用すると共に、コストにも配慮しなくてはならない。加えて、ライフサイクル全体のエネルギー消費量の中で、運用に伴うエネルギーに起因するエネルギー消費は大きな割合を占めるため、その低減はライフサイクル全体のエネルギー消費低減にも大きく寄与し、さらに運用コスト縮減にも繋がるものである。

* 4 標準新有効温度(SET*:Standard New Effective Temperature)

湿度 50%を基準として、気温、湿度、気流、放射温度、代謝量、着衣量により計算した指標を新有効温度(ET*)という。ASHRAEでは、着衣量 0.6[clo]、椅位軽作業の 1.0～1.2[met]、気流 0.1～0.15[m/s]、相対湿度 40～60[%]、平均放射温度＝空気温度を標準状態として、その時の ET*を標準新有効温度と定義している。

SET*が約 22～26℃の範囲では中立の温度感覚の範囲としている。

なお、快適に近い温熱環境範囲において、新有効温度と予想平均申告(PMV)の評価値の間に大きな差異はない。

第3章 クールビズ／ウォームビズ空調システム導入に関する水準及び技術的事項

クールビズ／ウォームビズ空調システム導入に当たっては、3.1、3.2に掲げる水準を確保するものとする。

3.1 省エネルギー

省エネルギーに関する水準は、「官庁施設の環境保全性に関する基準」（平成17年3月31日国営環第7号。以下「グリーン庁舎基準」という。）の「省エネルギー・省資源」による。

（解説）

省エネルギーに関する性能については、既にグリーン庁舎基準において定められているところであり、クールビズ／ウォームビズ空調システム導入に当たっても、同様の水準を確保する必要がある。

クールビズ／ウォームビズの推進により、空調稼働時間を減少するためにも、開閉可能な窓を設けたり、自然通風力を活用するシステムを導入したりすることについても積極的に考える必要がある。

3.2 執務域の温熱環境

温熱環境に関する水準は、室内空気温度に加えて、次に掲げる技術を効果的に導入することにより、執務域の適切な温熱環境の確保を図っているものとする。

- (1) 湿度の制御性の高い技術
- (2) 気流の制御性の高い技術
- (3) 放射温度の制御性の高い技術

（解説）

執務域の適切な温熱環境を確保するためには、室内空気温度だけでなく、湿度、気流、放射温度の調整に配慮したシステムとする必要がある。なお、各項目について、対象となる空調システムの例を記載しているが、あくまで例示であり、他の技術についても積極的に検討する必要がある。

(1) 湿度の制御性の高い技術

従来の設計では、夏期の除湿は室内空気温度制御に伴う成り行きとなっていたため、設定温度を高くするクールビズ設定では、除湿量も減り、温熱環境を損なうものとなっていた。クールビズ空調システムでは、28度としても除湿を適切に行って、温熱環境を確保し、かつ、省エネルギーにもつながる工夫をする必要がある。

具体的には、基本的性能基準の熱環境に関する性能において、I類及びII類の温湿度の設定では、冷房時の相対湿度の目標値が50～60%とされているが、クールビズ空調システムにおいては、建築基準法の規定範囲内において、柔軟な対応を検討する必要がある。

また、暖房時においても、適切に湿度を上昇させ、適切な温熱環境を確保する。

対象となる空調システムの例として、大温度差空調システム、顕熱潜熱分離空調（デシカントシステム、ダブルコイルシステム）等が考えられる。

なお、湿度増加の主たる要因である外気負荷についても、CO₂濃度検出器による制御等、積極的に削減の検討をする必要がある。

(2) 気流の制御性の高い技術

夏期には、室内空気温度が高くても、体に風を当てることにより温熱環境を高めることが可能であることから、気流の制御が可能な技術はクールビズ空調システムとして有効である。

対象となる空調システムの例として、床吹き出し空調システム等が考えられる。

なお、従前の天井吹き出し方式の場合においても、シーリングディフューザー等の拡散性のよい吹出口を利用することが、適切な気流を確保する上で有効であることから、積極的に採用を検討する必要がある。

ある。

(3)放射温度の制御性の高い技術

執務域の温熱環境要素の一つである放射温度を制御することは、夏期並びに冬期における適切な温熱環境を確保する上で、有効な技術である。

対象となる空調システムの例として、水式放射空調システム、空気式放射空調システム等が考えられる。

なお、「クールビズ／ウォームビズ空調として期待される技術」として、湿度・気流・放射温度等を考慮した、代表的に用いられている技術について、設計事務所及び建設会社に対して実績調査アンケートを行った結果、以下のような回答が得られた。

表1 クールビズ／ウォームビズ空調として期待される技術

システム
大温度差空調システム
顕熱潜熱分離空調システム
床吹出し空調システム
タスク&アンビエント空調システム
シーリングファン
空気放射空調システム
水放射空調システム
置換空調システム

第4章 クールビズ／ウォームビズ空調システムの計画

4.1 基本事項

クールビズ／ウォームビズ空調システムの計画は、このガイドラインによるほか、建築設備計画基準（国土交通省大臣官房官庁営繕部設備・環境課）による。

（解説）

クールビズ／ウォームビズ空調システムの計画においても、基本的な考え方や留意事項は通常の空調システムの計画と大きく変わるものではない。以下に、基本的な考え方の要点を抜粋する。

(1) 新築の場合

- ・ 立地する地域的条件及び施設の規模・用途に留意のうえ、施設が有すべき性能を確保できるよう計画する。
- ・ システムの環境保全性、安全性、経済性、保全性、耐用性について、総合的に検討する。
- ・ 運転・監視、点検・保守、修繕等の保守性及び維持管理費を考慮して計画する。
- ・ 設備諸室は、設備の機能の確保、管理のしやすさ及び将来の機器の移設、増設若しくは更新について総合的に検討する。
- ・ 工事費概算は、施設の用途、規模、地域性、物価変動、過去の工事实績等を考慮し、算出する。

(2) 既存施設の改修の場合

上記(1)に加えて、以下による。

- ・ 改修工事特有の与条件を管理官署等に確認し、計画する。
- ・ 実態調査、冷暖房負荷データの実績等の既に行われている調査内容を整理し、計画する。
- ・ 図面等を確認し、既存施設の設備内容を整理する。また、確認及び整理した事項を基に現地調査を行い、内容の調整、変更及び再確認をして、計画する。
- ・ 施設全体の残存寿命等を勘案し、全面改修、部分改修、増設等の適切な改修方式を計画する。
- ・ 設備機器スペース、ダクト・配管等のスペース、建築構造条件等を整理し、計画する。

4.2 検討フロー

計画検討の手順は下図による。

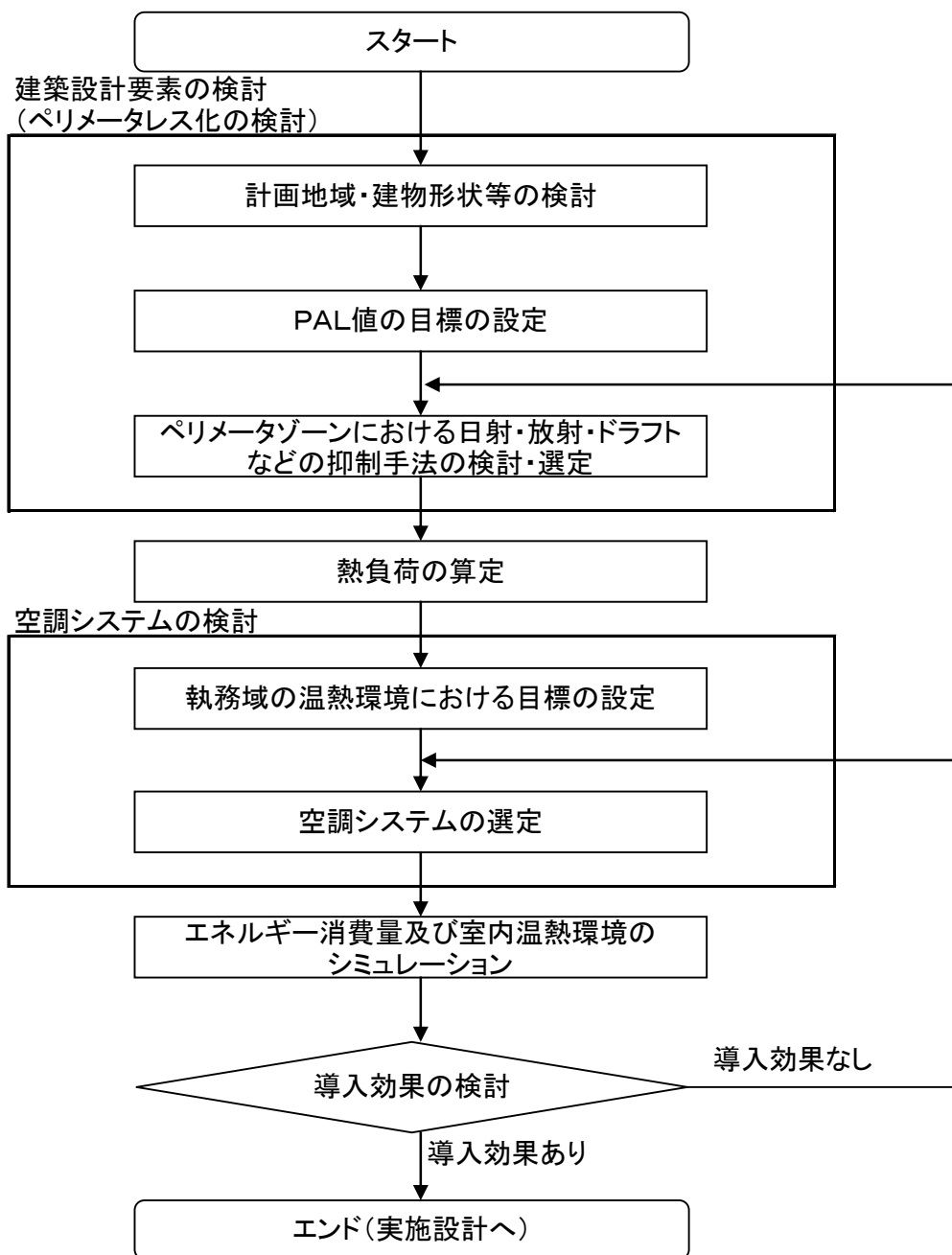


図 クールビズ／ウォームビズ空調システムの計画検討フロー

(解説)

クールビズ／ウォームビズ空調システムの計画検討フローは、基本的に通常の空調システムと変わるものではないが、外気の影響を受けやすく、執務域の適切な温熱環境を確保しにくいペリメータについては、特に配慮することが必要である。そこで、本フローでは、クールビズ／ウォームビズ空調システムの検討の前段階である、計画地域・建物形状の検討やペリメータレス化の検討についても、明記している。

4.3 負荷の低減

グリーン庁舎基準に基づき、外壁及び開口部を通した熱負荷の低減を図る。

（解説）

(1) 計画地域・建物形状等の検討

寒冷地や温暖地または都心や郊外等、計画地域および立地の条件に応じて外気温湿度や日射量等の特性が異なるので、計画初期段階において気象データや計画地の周辺環境等を確認する必要がある。また、建物の形状・方位・平面計画は、年間冷暖房負荷に大きな影響を与えることに留意し、適切に計画することが必要である。（図2、図3）

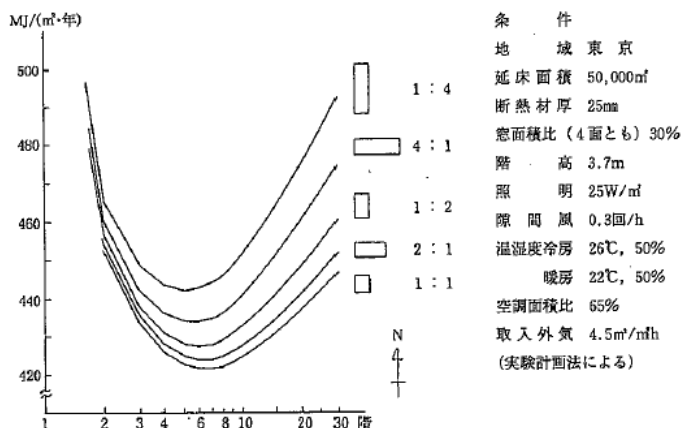


図2 延床面積を一定とした場合の年間冷暖房負荷¹⁾

方位	方位別年間熱負荷 MJ/(m ² ・年)				平均熱負荷 (W/m ²)
	N(S)	NE(SW)	E(W)	SE(NW)	
センターコア	600.0	615.9	603.8	618.4	137%
ダブルコア	437.9	449.2	445.8	444.6	100%
サイドコア	444.6	452.1	441.6	449.2	102%
(反対側の裏は裏のみ)	449.2	463.0	459.6	461.3	126
条件	地 域 東 京 基準延床面積 2,400m ²		温 度 寒 房 299K, 50% 暖 房 295K, 50%		
	階 高 37m		空 調 面 積 比 65%		
	窓 面 積 比 60%		取 入 外 気 4.5m ³ /m ² h		
	照 明 30W/m ²		辺 長 比 1 : 1.5		
	隙 間 風 1回/h		断 熱 フォームポリスチレン		
	人 員 7m ² /人		25mm		

図3 コア配置と年間冷暖房負荷¹⁾

(2) ペリメータゾーンの検討

ペリメータゾーンにおける負荷抑制手法は、以下の事項に留意し計画する。

① PAL 値の目標の設定

「官庁施設の環境保全性に関する基準におけるグリーン化の基本方針について」(平成20年6月23日国営環第2号)において、事務所用途の PAL 値は、270MJ/m²・年を目標とすることが求められている。

②ペリメータゾーンにおける日射・放射・ドラフト等の抑制手法の検討

ペリメータゾーンにおける日射・放射・ドラフト等の抑制手法は、導入コストを検討しつつ、原則として動力を用いない抑制手法を計画する。なお、これによりがたい場合は、エアフロー、エアバリア等の動力を用いた抑制手法も検討する。また、中間期等の低負荷時を考慮し、自然通気を確保することについても検討する。(図4～9、表2～3参照)

表2 ペリメータゾーンにおける日射・放射・ドラフト等の抑制手法に関する事項

断熱性	<ul style="list-style-type: none"> ① ピーク負荷および期間熱負荷の低減、執務域の適切な温熱環境の確保等を踏まえ、屋外条件、建物の目的、使い方等を考慮し、適切な断熱性能を確保する。 ② 屋根や外壁の外部側に断熱材を設ける場合は、耐候性のほか、仕上げや防水層との関係等の工法的な整合も図る。 ③ ヒートブリッジが生じないように梁等の断熱方法に留意する。また、外壁の隅角部は熱損失が大きいので、一般部と比べより高い断熱性能を確保する。隅角部に配管スペース等の非空調部分を設けることも検討する。
屋根・外壁の日射負荷の低減	<ul style="list-style-type: none"> ① 建物の日射遮蔽性能を高めるため、ルーバー等の日射遮蔽対策を検討する。日射遮蔽に効果的でも、平面計画や立地等の条件から、暖房負荷が増加する場合がありますので留意する。 ② 屋根は、屋上緑化や高反射率塗料等の導入や二重化してその間の熱的な干渉帯を通風する等、日射負荷の低減対策を検討する。 ③ 外装の色彩計画では、外装色の明暗により日射吸収率が異なることに留意する。
窓からの熱の流出入の抑制	<ul style="list-style-type: none"> ① 外壁面積に対する窓面積率は、建物形状と方位による熱負荷特性等を考慮し、適切に計画する。 ② 庇、ルーバー、ブラインド等の日射遮蔽装置を計画する。日射遮蔽に有利でも、平面計画や立地等の条件から、暖房負荷が増加する場合がありますので留意する。ブラインドは、日照調整のほか、冬期の夜間に降ろすことでガラス面からの夜間熱損失を軽減できる。 ③ 窓面を東西面とする場合は、日射によるピーク負荷の影響が大きいことから、適切な日射遮蔽装置を計画する。ただし、東西面への深い水平庇の設置は、冷房負荷の低減効果が期待できる反面、暖房負荷を増加させることがあるので、暖房期間の長い寒冷地では留意する。 ④ 窓からの熱損失を抑制するため、複層ガラスや低放射ガラスを検討する。また、寒冷地等では、断熱サッシや二重サッシ等もあわせて行う。 ⑤ 断熱性に優れたガラスは、外壁の断熱強化と同様に期間冷房負荷を増加させることがあるので、必要に応じて自然換気を併用する。 ⑥ 窓からの熱の流出入を抑制する方法は、視界を阻害することがあるので、開放感(眺望)、昼光利用、防災・防犯面等を含め総合的に検討する。
窓からの隙間風の侵入の抑制	<ul style="list-style-type: none"> ① 窓からの隙間風は不要な外気を取り入れることになり、熱負荷の増加につながるため、気密性の高いサッシを計画する。
自然換気を活用	<ul style="list-style-type: none"> ① 防犯性等に留意しつつ、中間期等に執務者が操作可能な窓を検討する。
高機能な窓システムの導入	<ul style="list-style-type: none"> ① 経済性や維持管理性等を含めエアバリア、エアフローウィンドウ、ダブルスキン等の窓システムを検討する。

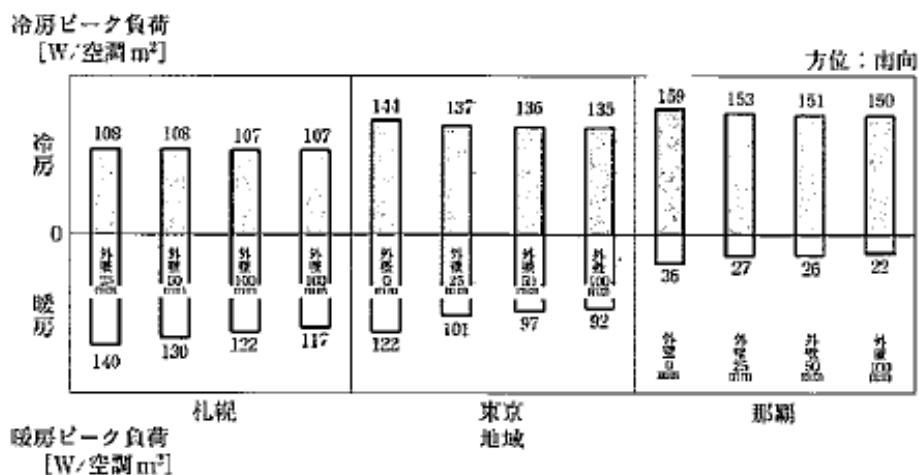


図4 外壁の断熱性能の比較⁷⁾

表3 材料および色による日射吸収率¹⁾

等級	材料(色)	日射吸収率
0	完全黒体	1.00
1	大きな空洞に開けられた小孔	0.97~0.99
2	黒色非金属面(アスファルトスレート・ペイント・紙)	0.85~0.98
3	赤れんが・タイル・コンクリート・石・さびた鉄板・暗色ペイント(赤・褐・緑等)	0.65~0.80
4	黄および鈍黄色れんが・石・耐火れんが・耐火粘土	0.50~0.70
5	白または淡クリームれんが・タイル・ペイント・紙・プラスタ・塗料	0.30~0.50
6	窓ガラス	大部分は透過
7	光沢アルミニウムペイント・金色またはブロンズペイント	0.30~0.50
8	鈍色黄銅・銅・アルミニウム・トタン板・磨き鉄板	0.40~0.65
9	磨き黄銅・銅・モネルメタル	0.30~0.50
10	よく磨いたアルミニウム・ブリキ板・ニッケル・クローム	0.10~0.40

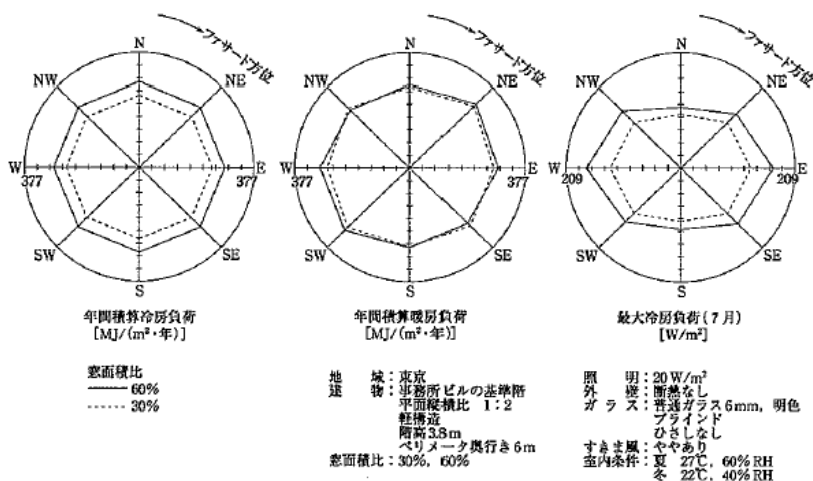


図5 窓面方位の比較⁷⁾

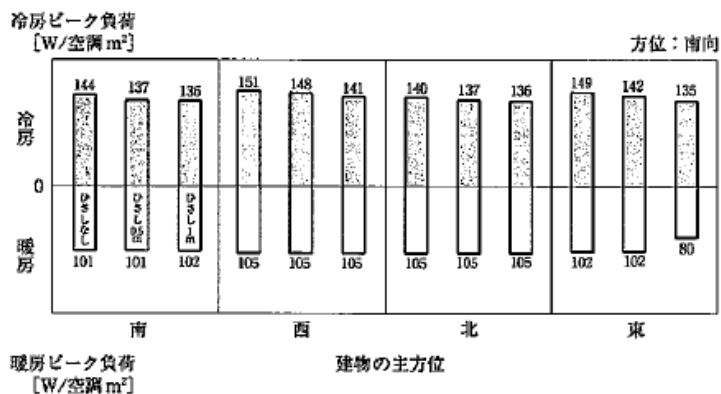


図6 ひさしによる日射遮蔽性能の比較⁷⁾

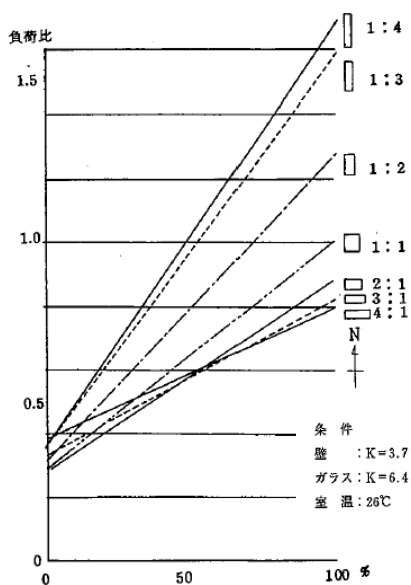


図7 窓面積比と外表面負荷比¹⁾
(最大負荷日16時)

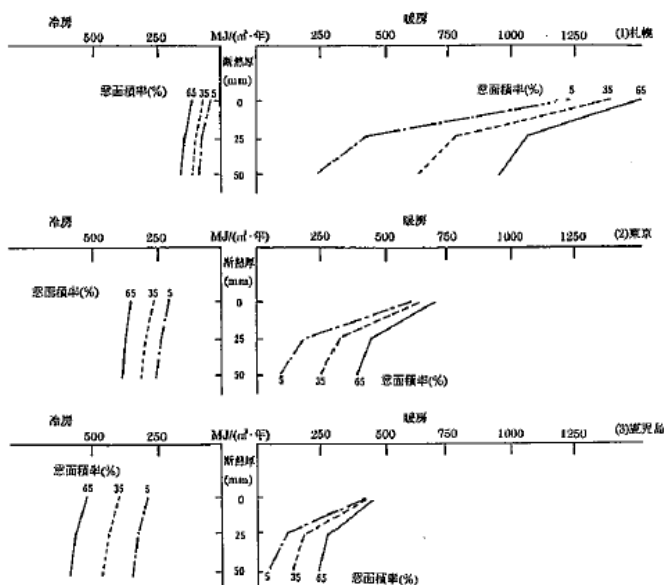


図8 各地における窓面積率および断熱厚と積算冷暖房負荷の関係¹⁾

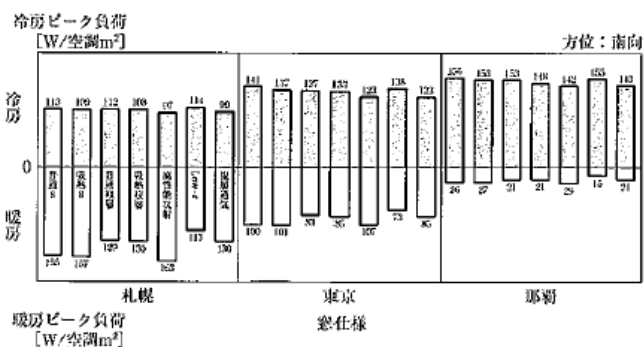


図9 窓仕様の違いによる比較⁷⁾

4.4 熱負荷の算定

熱負荷計算は、建築設備計画基準(国土交通省大臣官房官庁営繕部設備・環境課)等による。

4.5 クールビズ／ウォームビズ空調システムの検討

クールビズ／ウォームビズ空調システムの検討に当たっては、執務域の温熱環境の目標を設定する。

(解説)

(1) 執務域の温熱環境における目標の設定



温熱環境の指標であるPMVにおいては、 -0.5 から $+0.5$ の範囲に収めることが望ましいとされている。一方、これまで官庁施設の一般的な設計室内空気温度(夏期 26°C / 冬期 22°C)と湿度(夏期 50% 冬期 40%)の場合のPMVは、夏期で $+0.5$ 、冬期で -0.7 程度となっていたと考えられる。また、クールビズ／ウォームビズ設定において、PMVは夏期で $+0.85$ 、冬期で -0.8 程度となっており、改善の必要がある。

そこで、執務域の温熱環境の目標は、初期投資の増額を考慮しつつ、当面は前述のクールビズ／ウォームビズ空調として期待される技術により達成が見込める、冷房: $\text{PMV} \leq +0.6$ 、暖房: $\text{PMV} \geq -0.8$ とし、当該目標と省エネルギーの実現を目指していくこととする。

① 着衣量(clo)の考え方

6～9月の夏期に冷房要求、12～3月の冬期に暖房要求がある一般的な官庁施設の在室者の服装は、表4のとおりである。表4における服装の場合の着衣量(PMV)は、クールビズで 0.5clo 、ウォームビズで 1.0clo であり、これを標準とする。

表4 夏期および冬期における服装の例

従来の室内空気温度設定(夏期: 26°C 、冬期: 22°C)下における標準的な服装例		
男性		ブリーフ、Tシャツ、靴下(ふくらはぎの長さ)、ネクタイ、長袖シャツ、ズボン(薄手)、靴
女性		ショーツ、ブラ、袖なしシャツ(インナーを想定)、ストッキング、長袖シャツ、スカート(厚手)、サンダル
クールビズ／ウォームビズの例		
夏期	男性	ブリーフ、Tシャツ、靴下(ふくらはぎの長さ)、半袖シャツ、ズボン(薄手)、靴
	女性	ショーツ、ブラ、袖なしシャツ(インナーを想定)、ストッキング、半袖シャツ、スカート(薄手)、サンダル
冬期	男性	ブリーフ、Tシャツ、靴下(ふくらはぎの長さ)、ネクタイ、長袖シャツ、長袖セーター(薄手)、ズボン(薄手)、靴
	女性	ショーツ、ブラ、袖なしシャツ(インナーを想定)、ストッキング、長袖シャツ、長袖セーター(薄手)、スカート(厚手)、サンダル
クールビズの例		ウォームビズの例
		

※ASHRAE Fundamentals Handbook 及び ISO9920:1995 の clo 値より作成

②相対湿度、気流速度、平均放射温度とPMVの検討

着衣量と代謝量以外の執務域の温熱環境要素については、空調システムを高度化することによりある程度制御することが可能である。表5は、従来空調とクールビズ／ウォームビズ空調システムにおける温熱環境要素の関係を整理したものである。

表5 執務域の適切な温熱環境を確保するために検討すべき温熱環境要素

	冷房		暖房	
	従来空調	クールビズ空調	従来空調	ウォームビズ空調
室温	26℃	28℃	22℃	19℃
相対湿度	50%	検討	40%	検討
気流速度	0.5m/s以下	検討	0.5m/s以下	検討
平均放射温度	未設定	検討	未設定	検討
着衣量	0.7clo	0.5clo	0.7clo	1.0clo
代謝量	1.2met	1.2met	1.2met	1.2met

※1 気流速度は、建築物衛生法による

※2 着衣量は、前述に基づく

※3 代謝量は、事務作業時を考慮し設定（空気調和衛生工学便覧第13版）

図10は冷房時のPMVを+0.5、暖房時のPMVを-0.7とするための「相対湿度・気流速度・平均放射温度の各必要変化量」を算出した結果である。なお、相対湿度・気流速度・平均放射温度の各必要変化量を算出する際は、横軸の室内空気温度を除くその他の温熱環境要素は、図10の注記のとおり一定の条件としている。

経済性を考慮しつつ、図10を用いて執務域の適切な温熱環境の確保を検討する。

この図から、クールビズ空調システムとしては、相対湿度・気流速度・平均放射温度の調整(制御)に適したシステムの検討が必要であること、及び、温熱環境に関する指標の1要素のみを対策するだけでは、従来設定と同様の執務域の温熱環境を確保することが難しいことがわかる。

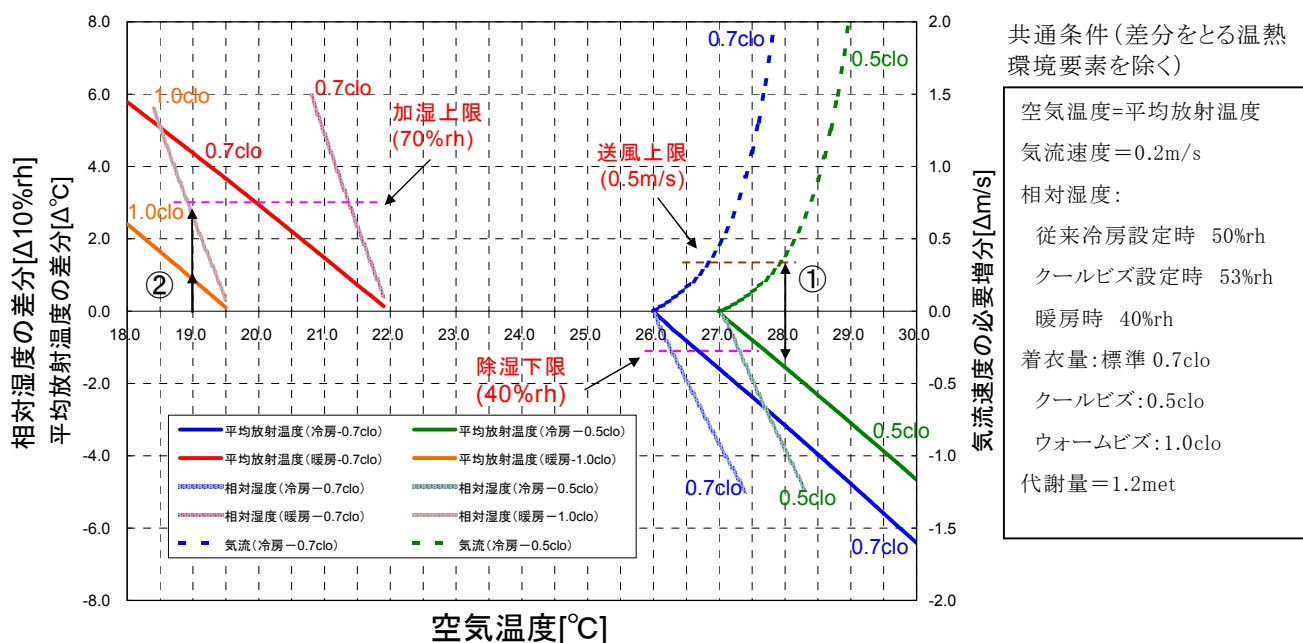


図10 PMV一定とした場合の相対湿度・気流速度・平均放射温度の必要変化量
(冷房時のPMVは+0.5、暖房時のPMVは-0.7)

→ PMVを快適範囲内とするために、気流速度、平均放射温度、相対湿度のいずれか1要素の変化量を図示したものである。平均放射温度および相対湿度は左軸、気流速度は右軸の目盛りとし、相対湿度はグラフ作成の便宜上、目盛り値を1/10として表示している。(例:相対湿度Δ20%の場合、目盛り値は2%と表示)

相対湿度に関しては、クールビズ設定時、ウォームビズ設定時とも建築物衛生法基準(40%rh~70%rh)を維持するための差を大きく超えるため、気流速度あるいは平均放射温度による調整も必要となる。また、冬期における気流速度の増大はPMVの低下を招くので、冬期は気流速度を検討対象外とした。

(2) 空調システムの選定

室内における湿度・気流・放射温度等の制御手法は、表6を踏まえた上で、導入コストを検討しつつ、計画する。

表6 室内における湿度・気流・放射温度の制御手法に関する事項

室内環境性	① 空気清浄度及びを執務域の適切な温熱環境を確保するために、施設の規模、形状、用途、温湿度条件、使用時間、負荷傾向、階層、方位、空調の発停制御単位等を考慮し、合理的な空調ゾーニングおよび空調システムとする。 ② クールビズ／ウォームビズ設定においても、執務域の適切な温熱環境を確保するために、温熱環境の3要素(湿度・気流・放射温度)の制御に適した空調システムとする。
信頼性・安全性	① 空調システムの技術の耐久性、保全性、信頼性等を確保する。 ② OAフロア化された執務域等には、水損事故の危険性等がない空気式の空調システムを基本とする。水配管を伴う空調システムを選定する場合は、適切な水損対策を設ける。
省エネルギー・省CO ₂	① 空気系搬送動力の削減するため、可変風量装置(VAV)と送風機インバータ制御を組み合わせた変風量システムの導入や送風温度差の拡大等を図る。 ② 空調用エネルギー消費量を抑えるため、全熱交換器による排気熱回収や室内CO ₂ 濃度・外気エンタルピーによる外気導入量制御等を検討し、外気負荷の低減を図る。また、外気冷房による冷房負荷の低減等もあわせて検討する。
その他 (熱源システム)	① 定格運転時の効率に加え、部分負荷運転時の効率を確認し、期間成績係数の優れた高効率機器を選定する。 ② 熱源搬送動力を削減するため、負荷に応じた変流量システムや行き還り温度の拡大等を図る。

表7から表10に、クールビズ／ウォームビズ空調システムの一例と、それぞれの目的、概要、特徴、効果的な導入方法を示す。

表7 空調システム(例)①:大温度差空調システム

		改善される温熱環境要素	湿度
目的	冷房時に室内を低湿度環境とすることにより執務域の適切な温熱環境の確保を図ると同時に、空気・水等の搬送系における行き還り温度差を大きくすることによって搬送動力を軽減し、省エネルギーを図る。		
概要	<p>① 大温度差送風システム</p> <p>一般に、冷房時の空気の行き還り温度差は10℃程度である。一方、大温度差送風システムは、冷温水コイルの能力を大きくし、12～13℃程度の行き還り温度差とすることで、低湿度空気を作り、送風量を抑え、空気搬送系の動力削減が可能である。</p> <p>② 大温度差送水システム</p> <p>一般に、冷温水の行き還り温度差は5℃程度である。一方、大温度差送水システムは、冷温水コイルの能力を大きくし、8～10℃程度の行き還り温度差とすることで、循環水量を抑え、水搬送系の動力削減が可能である。直接的には執務域の温熱環境には影響はないと考えられるが、省エネルギーが期待できる。</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>図a 従来空調システムと大温度差空調システムの比較</p>		
特徴	<p>① 執務域の温熱環境:送風温度が低く、除湿量が多いので、室内湿度を設定湿度に維持しやすい。クールビズ設定でも、適切な執務域の温熱環境の確保が期待できる。</p> <p>② 省エネルギー:空調機ファンや冷温水ポンプの動力を抑制し、搬送動力を削減できる。</p> <p>③ コスト削減:搬送動力の削減効果に伴い、ランニングコストを削減できるほか、送風量および循環水量を少なくできるので、設備費も抑えることができる。</p> <p>④ 汎用性:ダクトや配管等も従来と同様の製品・施工方法で対応できる。</p> <p>⑤ 送風量および循環水量が少なく、ダクト寸法や配管寸法を小さくできる。</p>		
効果的な導入方法	<p>① システム選定の優先順位:大温度差送風システム、大温度差送水システムのいずれかを優先的に導入する場合は、水の比熱(約4.2kJ/kg・K)に対して空気の比熱(約1.0kJ/kg・K)が4分の1程度であることを考慮し、大温度差送風システムを選定した方が効果的である。</p> <p>② 空調機の最適化:空調機のコイル列数やコイル通過風速等の最適化により、コイル圧力損失を極力抑える。また、ファン効率の向上を図るため、IPMモーター等の高効率モーターや、モーター直結型のファン等を検討し、より効果的な省エネルギー化を図る。</p>		
留意事項	<p>① 従来の空調機に比べ、風量が減少するため、吹出口の型式、寸法等に配慮する。</p> <p>② (新築の場合)VAVを同時に利用すると、負荷変動に伴い、風量確保ができない場合があるため、空調のゾーニングは温湿度条件、使用時間・用途、負荷傾向、階層、方位等を考慮して計画する。</p> <p>③ (改修工事の場合)空調能力の増強が必要な場合でも、既設のダクト・配管を使用しつつ対応できる利点を有する。しかしながら、空調機から離れた部屋等の静圧条件が不利なゾーンでは、VAVを同時に利用すると、負荷変動に伴い、風量確保できない場合もあることに留意する。また、吹出口周辺の温湿度環境を確認し、結露に対する配慮を行う。</p>		

※9～10℃程度で送風する低温送風空調システムもあるが、このガイドラインにおける大温度差空調システムでは検討対象としていない。

表 8 空調システム(例)②:顕熱潜熱分離(デシカント)空調システム

		改善される温熱環境要素	湿度
目的	冷房時に外気条件や室内負荷の条件等に応じた室内湿度上昇を防止し、室内湿度を安定的に制御することによって、執務域の適切な温熱環境の確保を図ると同時に、省エネルギーを図る。		
概要	<p>一般的な空調システムは、冷却コイルにより空気を冷却し、空気中の水分を凝縮させて除湿する。これに対しデシカント空調システムは、シリカゲル等の吸湿材により水分を吸着除去し除湿する。デシカント空調機は、給排気ファン、除湿ロータ、再生コイル、顕熱交換機、冷却器(または冷却コイル)等から構成される。なお、除湿材の再生のための再生熱が必要であり、再生熱の確保するためのコスト等も考慮する必要がある。冷房期における高温の再生熱の需要は、コスト等を含め、負担となることが多い。今後においては、除湿材の再生熱の低温化や自己再生可能な空調システム等の開発が望まれる。</p> <p>図 b は、デシカント空調機の内部構造を示す断面図である。1:外水、2:給排気ファン、3:除湿ロータ、4:再生コイル、5:顕熱交換機、6:冷却器(または冷却コイル)、7:再生コイル、8:除湿ロータ、9:排気ファン。また、室内より送風、室内へ送風、給排気ファン、除湿ロータ、再生コイル、顕熱交換機、冷却器(または冷却コイル)などの部品が示されている。</p> <p>図 b デシカント空調機の概要³⁾</p>		
特徴	<p>① 執務域の温熱環境:除湿材により、外気条件の変動等に対応した除湿量が確保できるので、室内湿度を設定湿度に維持しやすい。クールビズ設定でも、執務域の適切な温熱環境を確保が期待できる。</p> <p>② 省エネルギー:一般的な空調システムでは、室内を低湿度に維持する際、「過冷却→再熱」のプロセスが必要となる場合が多い。デシカント空調システムは、過冷却・再熱用エネルギーが不要なため、排熱利用等によって省エネルギー効果が期待できる。</p> <p>③ 室内空気質の向上:露点から離れた温度・湿度領域で除湿が行われるので、健康阻害要因としてのダニやカビ等の繁殖を抑制することができる。また、除湿ロータ内は極度な低湿度状態であるので、空気が除湿ロータを通過することによって、菌類を減少させることができる。</p> <p>図 c は、デシカント空調システムにおける空調プロセスの概要を示す psychrometric chart (湿度-温度図) である。縦軸は湿度 [g/kg]、横軸は温度 [°C]、斜め軸は顕熱 [kJ/kg]、上向き斜め軸は相対湿度 [%]。プロセスは 1 から 9 まで示されている。1:再生空気(等相湿線)、2:再生空気(等相湿線)、3:熱交換、4:加湿、5:加湿、6:熱交換、7:加熱、8:加熱、9:再生空気(等相湿線)。また、吸着入口空気と等しい相対湿度線(等吸着量線)と再生出口空気のなり得る相対湿度の上限も示されている。</p> <p>図 c デシカント空調システムにおける空調プロセスの概要³⁾</p>		
効果的な導入方法	<p>低温の熱源がなくても低湿度環境を実現できるので、以下の場合等に効果的に導入できる。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 導入外気が多湿条件の場合 ② 外気導入量が全体風量に占める割合が多い場合 ③ 室内潜熱負荷が大きい場合 ④ コージェネレーション等の排熱が有効利用できる場合 ⑤ 露点温度 10℃以下の低湿度環境が必要な場合 		
留意事項	<ol style="list-style-type: none"> ① 室内負荷処理用の空調機と併設するため、設置スペースに留意して計画する。 ② 除湿ロータの再生用エネルギーを確保することに留意して計画する。 ③ 従来空調システムと比べて空調機が大型化するので、荷重等の建築・構造条件を十分に確認する。 		

表9 空調システム(例)③:顕熱潜熱分離(ダブルコイル)空調システム

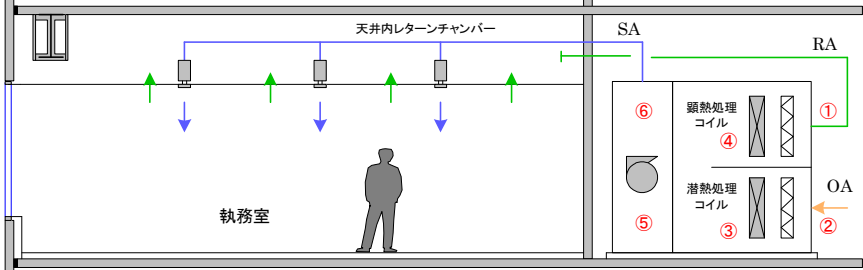
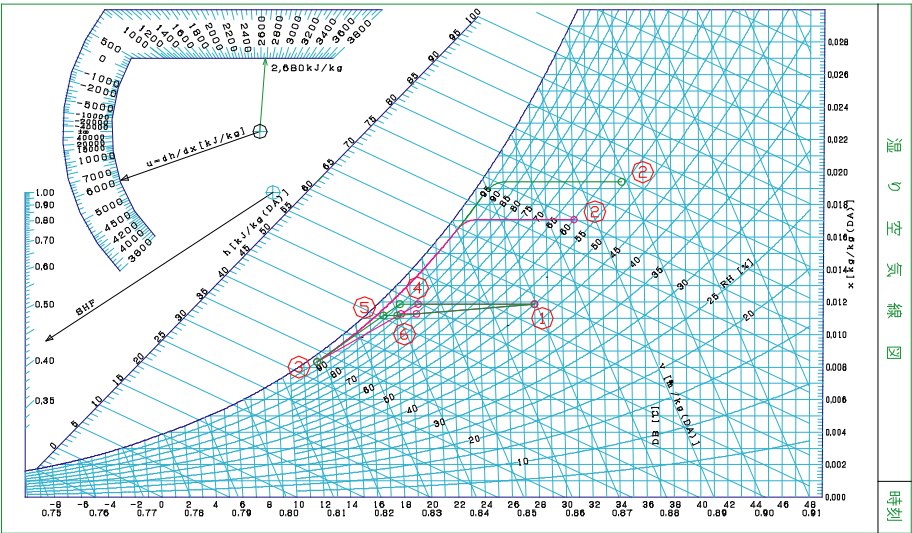
		改善される温熱環境要素	湿度
目的	冷房時に外気条件や室内負荷の条件等応じた室内湿度上昇を防止し、室内湿度を安定的に制御することによって執務域の適切な温熱環境の確保を図ると同時に、省エネルギーを図る。		
概要	<p>1つの空調機内で外気負荷と室内負荷を異なる2つのコイルで処理した後、混合して給気する空調機方式をダブルコイル空調システムという。梅雨時期等の外気湿度が高い場合や、室内負荷の低負荷時に給気温度を上昇させる場合等でも、室内湿度を設定湿度に維持しやすい。</p>  <p>図d ダブルコイル空調システムの概要</p>  <p>図e ダブルコイル空調システムにおける空調プロセスの概要</p>		
特徴	<p>① 執務域の温熱環境: 外気負荷専用コイルと室内負荷専用コイルにより独立した処理を行った後、混合し給気するので、外気条件や室内負荷条件によらず、室内湿度を設定湿度に維持しやすい。クールビズ設定でも、執務域の適切な温熱環境の確保が期待できる。</p> <p>② 省エネルギー: 一般的な空調システムでは、室内を低湿度に維持する際、「過冷却→再熱」のプロセスが必要となる場合が多い。ダブルコイル空調システムは、外気負荷と室内負荷を異なる2つのコイルで処理するため、過冷却・再熱用エネルギーが不要となり、省エネルギー効果が期待できる。</p>		
効果的な導入方法	定風量単一ダクト空調システムは送風量が一定であるので、低負荷時には給気温度を上昇させる給気温度制御が用いられる。したがって、低負荷時には室内湿度が上昇する傾向となり、室内の熱的快適性を阻害する要因となる。このため、新築はもとより、既存施設における変風量単一ダクト空調システムの空調機系統への適用が効果的である。		
留意事項	<p>① 空調機が従来の空調機と比べて大きくなるため、設置スペースに留意して計画する。</p> <p>② 従来空調システムと比べて空調機が大型化するので、荷重等の建築・構造条件を十分に確認する。</p>		

表 10 空調システム(例)④:床吹き出し空調システム

		改善される温熱環境要素	気流
目的	居住域またはタスク域の気流環境および放射環境を高めることによって執務域の適切な温熱環境の確保を図ると同時に、空調給気ダクトの大幅な削減に伴う空調機ファンの動力を削減することにより、執務域の温熱環境と省エネルギーを図る。		
概要	<p>OA 機器の普及に伴い、配線のフレキシビリティを高めるために二重床が設けられる。床吹き出し空調システムは、二重床を空調用搬送スペースとして利用するもので、空調機からの給気をダクトまたは二重床チャンバーにより、床面に設けた吹出口から室内に吹出すシステムである。室内空間を執務域と非執務域に区分し、執務域のみを快適に維持することができる。</p> <p style="text-align: center;">図 f 加圧式床吹き出し空調システムの概要⁴⁾</p>		
特徴	<p>① 執務域の温熱環境: 床吹き出しの上向き気流で冷風は熱を取得して上昇し、温風は上昇気流が生じやすく、熱特性としての適合性が良い。床吹き出しの送風量を個別に調整できる機能を用いると、温冷感の個人差にも容易に対応できるほか、室温と小さい温度差で吹出すので、在室者に適切な気流環境が実現できる。</p> <p>② 省エネルギー: 執務域空調であるため、送風のための搬送動力が低減でき、省エネルギー効果が期待できる。</p> <p>③ 経済性: 一般に、二重床チャンバー内を給気チャンバー、天井内を還気チャンバーとして利用するので、ダクト工事に伴う設備工事費が大幅に削減できる。ただし、OA 機器配線用スペースとしても機能する二重床の計画に応じて階高が大きくなる場合は、建築費が増加するので留意する。また、送風温度差を小さくすると、送風量の増加に伴い搬送動力が増加するので、留意が必要である。</p>		
効果的な導入方法	<p>執務域の適切な温熱環境を確保する上で、ファン付き吹出口等を用いて、在室者の冷暖房要求に応じたきめ細かな空調制御を検討する。また、変风量システムとすることによって省エネルギー性を確保できるほか、低負荷時において給気温度がロードリセットとなる場合を除いて室内湿度の上昇を抑えられるので、検討すると良い。</p>		
留意事項	<p>① 床スラブへの熱損失による結露及び空調立ち上がりの長時間化等の懸念があるため、断熱性に留意して計画する。</p> <p>② 建築のフロア計画に留意して計画する。</p> <p>③ 空調機から吹出口までが、ダクトで接続されず、チャンバーで給気するため、末端吹出口の風量が確保できない場合がある点に留意して、空調ゾーニングを計画する。また、各吹出口の風量を確保するために、チャンバー内に仕切り板等による風道を検討する。</p> <p>④ 給気ダクトや還気ダクト等のダクトスペースの問題が比較的少ない反面、送風温度差によっては送風量が増大する場合があることや、OA フロアがない場合は天井高さに留意し検討する。また、OA フロアの仕様のほか、設置スペースや荷重等の建築・構造条件を十分に確認する必要がある。また、執務室に近い場所に空調機を設置する場合には、騒音についても留意する必要がある。</p>		

4.6 エネルギー消費量及び執務域の温熱環境の確認

従来空調システムよりエネルギー消費量が削減されていること及び執務域の適切な温熱環境が確保されていることを確認する。

（解説）

(1) エネルギー消費量の確認

冷房及び暖房の期間エネルギーシミュレーションを行い、システムのエネルギー消費量等を検討する。シミュレーションを行う際は、ライフサイクルエネルギー管理ツール(LCEM ツール:国土交通省大臣官房官庁営繕部ホームページ参照)等を用いる。

LCEM ツールを用いた場合のエネルギーシミュレーションの流れを図 11 に示す。エネルギーシミュレーションを行うためには、あらかじめ熱負荷を算定し、熱源・空調システムの検討モデルを設定する必要がある。

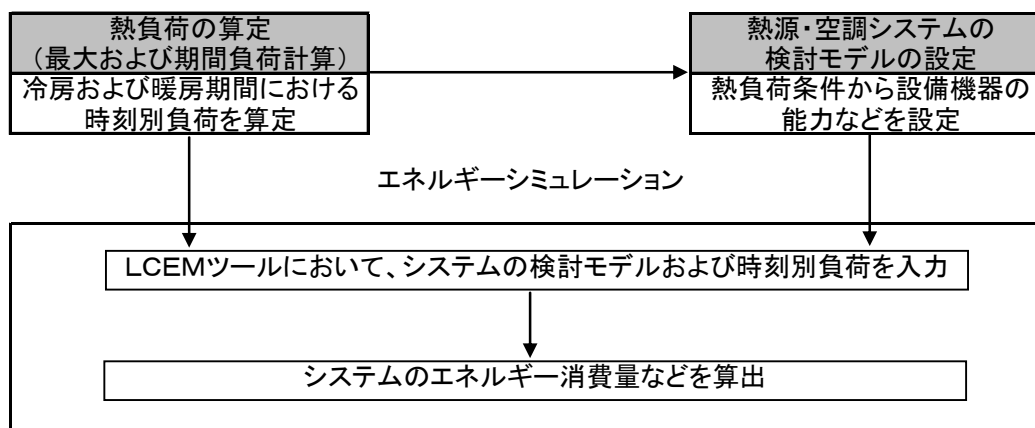


図 11 エネルギーシミュレーションの流れ

(2) 執務域の適切な温熱環境の確保の確認

目標設定した執務域の温熱環境要素を用いて、PMVを以下の式により算出する(*5)。

$$PMV=f(M) \times L$$

$$f(M)=0.303 \times \exp(-0.036 \times M)+0.028$$

$$L: \text{人体の熱負荷} [W/m^2] = M - (C + R + E_d + E_s) - (C_{re} + E_{re})$$

$$M: \text{代謝量} [met] \quad ※1met = 58.2W/m^2$$

以下の3式を収束計算し、C及びRを算出する。

$$C: \text{対流熱損失量} [W/m^2] = f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a)$$

$$R: \text{放射熱損失量} [W/m^2] = 3.96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times \{(t_{cl} + 273.15)^4 - (t_r + 273.15)^4\}$$

$$t_{cl}: \text{着衣外表面温度} [^\circ C] = t_s - 0.155 \times I_{cl} \times (C + R)$$

f_{cl} : 着衣面積増加係数[-]

$$(I_{cl} < 0.78 \text{ の時}) f_{cl} = 1 + 1.29 \times I_{cl}$$

$$(I_{cl} \geq 0.78 \text{ の時}) f_{cl} = 1.05 + 0.645 \times I_{cl}$$

I_{cl} : 着衣量[clo]

t_r : 平均放射温度[$^\circ C$]

$$t_s: \text{平均皮膚温} [^\circ C] = 35.7 - 0.028 \times (M - W)$$

$$W: \text{機械的仕事量} [W/m^2] = 58.2 \times W_{ME} (\text{通常 } 0)$$

h_c : 人体の対流熱伝達率[$W/m^2 \cdot ^\circ C$]

$$2.38|t_{cl} - t_a|^{0.25} \text{ 又は } 12.1\sqrt{v} \text{ の大きいほう}$$

v : 気流速度[m/s]

t_a : 気温[$^\circ C$]

$$E_d: \text{不感蒸せつ量} [W/m^2] = 3.05 \times (5.73 - 0.007 \times M - p_a)$$

$$E_s: \text{発汗による蒸発熱損失量} [W/m^2] = 0.42 \times (M - 58.15)$$

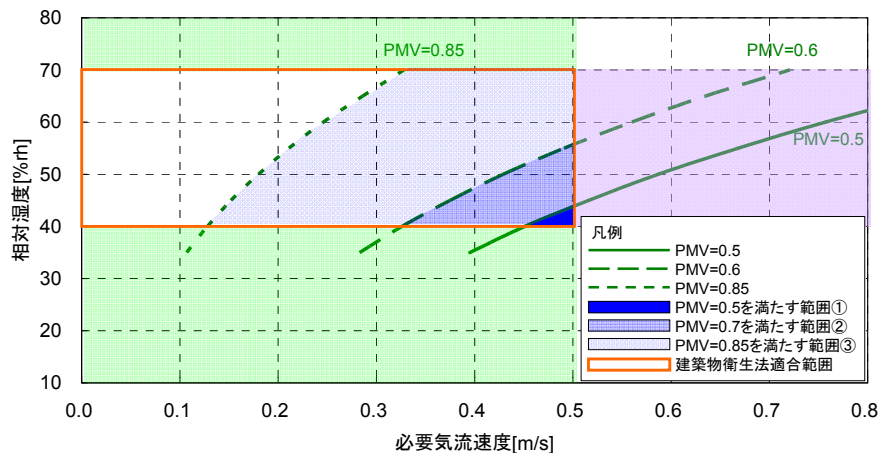
p_a : 水蒸気圧(気温, 相対湿度より算出)

$$C_{re}: \text{呼吸による顕熱損失量} [W/m^2] = 0.0014 \times M \times (34 - t_a)$$

$$E_{re}: \text{呼吸による潜熱損失量} [W/m^2] = 0.0173 \times M \times (5.87 - p_a)$$

*5 参考として、PMVの算出については、早稲田大学創造理工学部建築学科田辺研究室ホームページにおいて、計算ツールを配布している。(公開ホームページ: <http://www.tanabe.arch.waseda.ac.jp/download.html>)

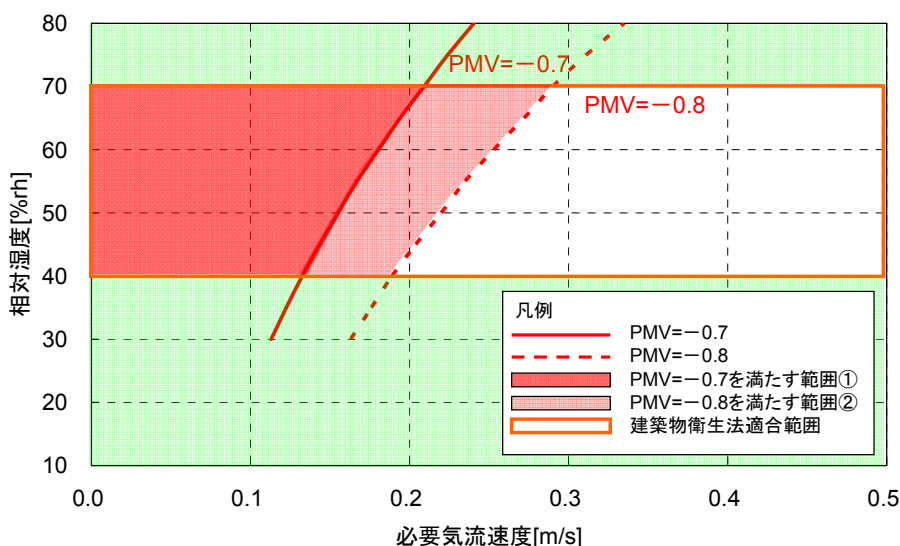
図 12 は、冷房時に室内空気温度、平均放射温度を 28℃設定とし、着衣量を 0.5clo、代謝量を 1.2met とした場合に、 $PMV \leq +0.5 \sim 0.6$ を満たすための、相対湿度及び気流速度の制御範囲を示したものである。 $PMV \leq +0.6$ を満たすためには、凡例②の範囲で相対湿度及び気流速度を制御する必要がある。また、 $PMV \leq +0.5$ を満たすには、凡例①の範囲で相対湿度及び気流速度を制御する必要がある。



※平均放射温度＝室内空気温度＝28℃、着衣量：0.5clo、代謝量＝1.2met

図 12 PMV=0.5 又は 0.6 を確保するための必要気流速度と相対湿度の関係

図 13 は、暖房時に室内空気温度、平均放射温度を 19℃設定とし、着衣量を 1.0clo、代謝量を 1.2met とした場合に、 $PMV \geq -0.8$ を満たすための、相対湿度及び気流速度の制御範囲を示したものである。 $PMV \geq -0.8$ を満たすためには、凡例②の範囲で相対湿度及び気流速度を制御する必要がある。また、 $PMV \geq -0.7$ を満たすには、凡例①の範囲で相対湿度及び気流速度を制御する必要がある。



※平均放射温度＝室内空気温度＝19℃、着衣量：1.0clo、代謝量＝1.2met

図 13 PMV=-0.7 又は -0.8 を確保するための必要気流速度と相対湿度の関係

また、図14、図15のとおり、平均放射温度を改善した場合には、相対湿度、気流速度の制御範囲が広がるため、平均放射温度の制御についても検討する。

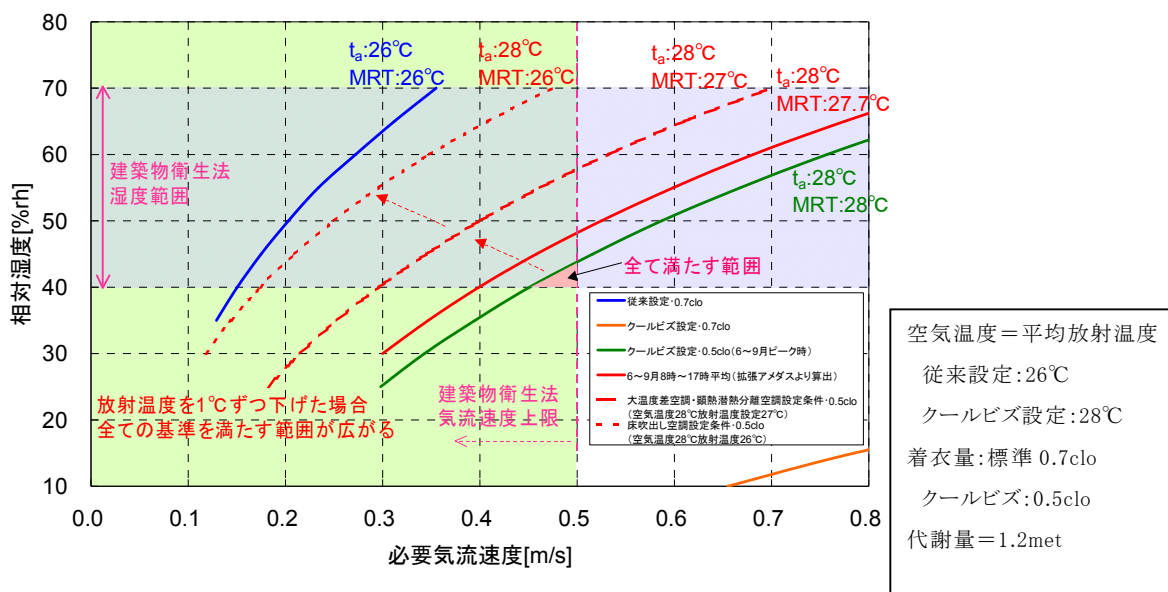


図14 PMV=0.5を確保するための必要気流速度和相対湿度の関係

※各線はPMV=0.5(夏期)を確保するための境界を示す
 ※ t_a :室内空気温度、MRT:平均放射温度(Mean Radiant Temperature)

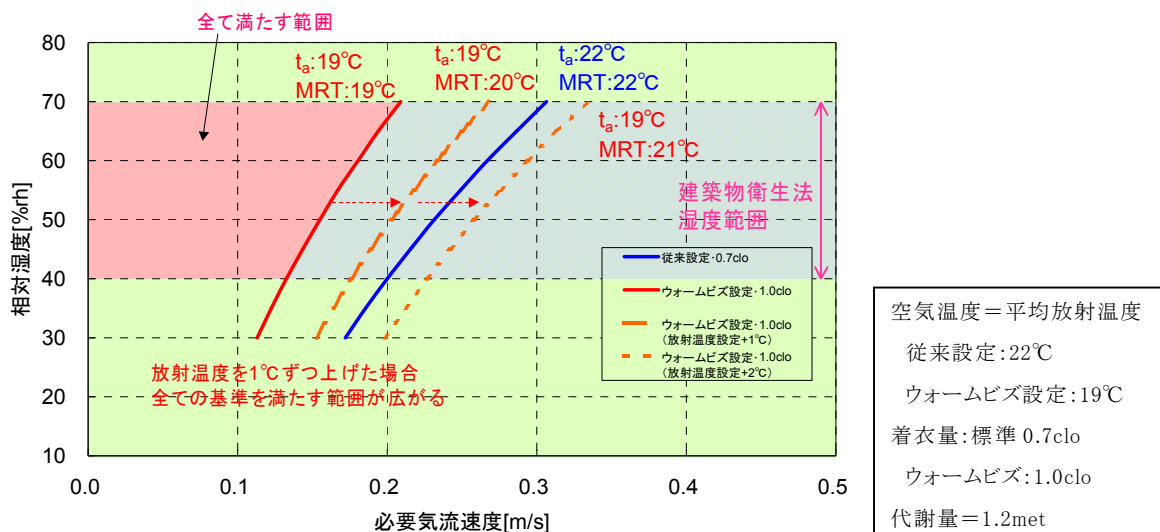


図15 PMV=-0.7を確保するための気流速度の上限値と相対湿度の関係

※各線はPMV=-0.7(冬期)を確保するための境界を示す
 ※ t_a :室内空気温度、MRT:平均放射温度(Mean Radiant Temperature)

温熱環境シミュレーションで効果を確認する場合は、三次元流体解析ソフト等を用いて、執務域の温熱環境(温度、相対湿度、気流等の状態)を算出する。

また、PMV を算出した場合は、以下の式を用いて、予測不満足者割合 (PPD)を確認する。(図 16)

$$PPD = 100 - 95 \times \exp[-(0.03353 \times PMV^4 + 0.2179 \times PMV^2)]$$

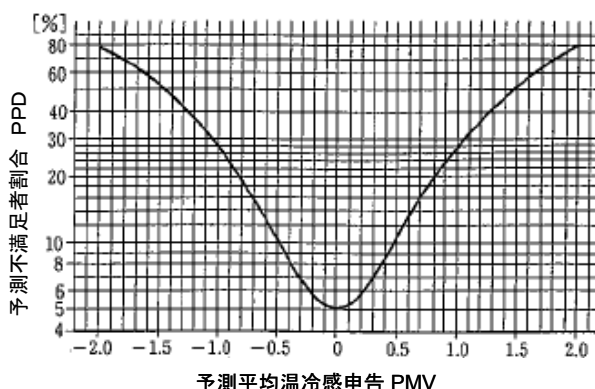


図 16 予想平均温冷感申告 (PMV) と予測不満足者割合 (PPD) の関係²⁾

表 11、図 17 に、クールビズ／ウォームビズ空調システムの一例である、大温度差空調システム、顕熱潜熱分離空調システム、床吹き出し空調システムのインテリアゾーンの PMV の推定値及び期間エネルギー消費量の一例を示す。

表 11 空調システム(例)におけるインテリアゾーンの PMV 推定値(例)

空調方式	運用時 室内温度	冷房時の条件			暖房時の条件			着 衣 量 clo	PMV 冷房／暖房 インテリア ゾーン	PPD
		給気／還気 温度	送風 温度 差	相 対 湿 度	給気／還気 温度	送風 温度 差	相 対 湿 度			
ケース 0-1 従来システム	26℃ /22℃	16℃/26℃	10℃	50 %	22℃/22℃	0℃	40 %	0.7	0.5 / -0.7	10% / 15%
ケース 0-2 CB/WB 設定	28℃ /19℃	18℃/28℃	10℃	53 %	19℃/19℃	0℃	40 %	0.5/ 1.0	0.85 / -0.8	20% / 19%
ケース 1 大温度差空調	28℃ /19℃	16℃/28℃	12℃	45 %	19℃/19℃	0℃	—	0.5/ 1.0	0.6 / -0.8	13% / 19%
ケース 2 顕熱潜熱分離 空調	28℃ /19℃	16℃/28℃	12℃	45 %	19℃/19℃	0℃	40 %	0.5/ 1.0	0.6 / -0.8	13% / 19%
ケース 3 床吹き出し空調	28℃ /19℃	20℃/30℃	10℃	53 %	19℃/19℃	0℃	40 %	0.5/ 1.0	0.6 / -0.8	13% / 19%

※ケース 0, 全ての冷暖房時: 平均放射温度 = 空気温度

ケース 1, 2: 平均放射温度 = 室内空気温度 - 1℃ (冷房時)

(吹出し風速が遅くなることで冷気が床面に滞留しがちとなり、床面が冷える傾向にあるため)

ケース 3 : 平均放射温度 = 室内空気温度 - 2℃ (冷房時)

(床下の空調空気との熱交換が起き、床表面自体が冷える傾向にあるため)

気流速度 = 0.2m/s、相対湿度: 表中値

着衣量: ケース 0 は 0.7clo、ケース 1~3 は 0.5clo (クールビズ) または 1.0clo (ウォームビズ)

代謝量 = 1.2met

PMV 及び PPD は室内 8 地点の平均値

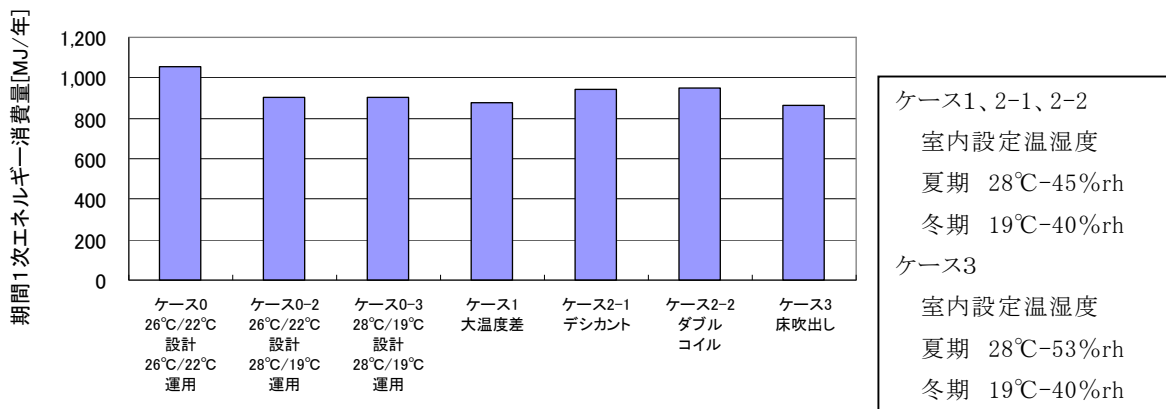


図 17 空調システム(例)における期間エネルギー消費量(例)

4.7 導入効果の検討

クールビズ／ウォームビズ空調システムの導入効果は、信頼性、安全性、保全性、改修更新の容易性、建築計画への影響度、経済性（イニシャルコスト、ランニングコスト、メンテナンスコスト）、省エネルギー（エネルギー消費量）、執務域の温熱環境（PMV、室内温湿度、気流等）、空気清浄度等の項目について、定量的または定性的に比較を行い、評価する。

（解説）

クールビズ／ウォームビズ空調システムの一例である、大温度差空調システム、顕熱潜熱分離空調システム及び床吹き出し空調システムの評価の例を表12に示す。なお、本表はモデル建物における評価の一例であり、実際の計画に当たっては、事案毎の特性を踏まえて、個別に検討する必要がある。

表12 クールビズ／ウォームビズ空調システムの評価例

	大温度差空調	顕熱潜熱分離空調		床吹き出し空調	
		デシカント	ダブルコイル		
概要	空気または冷温水の行き違い温度差を大きくし、送風量または送水量を抑えることで、空気搬送系または水系の搬送動力を削減する。空気搬送系を大温度差送風、水搬送系を大温度差送水と呼ぶ	シリカゲルなどの除湿材により、外気に含まれる水分（潜熱）の吸着除去を行う。また、室内負荷（顕熱）は、別に設けた空調機などで処理する	外気専用コイルを設け、外気に含まれる水分（潜熱）の冷却除湿を行う。また、室内負荷（顕熱）は、別に設けた空調機などで処理する	床面に設けた吹き出しから冷風または温風を吹き出し、冷暖房を行う	
特徴	快適性	大温度差送風の場合、給気温度が12～13℃と低く、室内を低湿度環境にできる。したがって、湿度調節による熱的快適性の向上が期待できる	室内を低湿度環境にできるほか、定風量空調方式において低負荷時であっても室内湿度の上昇を抑えられる。したがって、湿度環境の調節（改善）による熱的快適性の向上が期待できる	2つのコイルの出口空気を混合し室内に送風するので、定風量空調方式において低負荷時であっても室内湿度の上昇を抑えられる。したがって、湿度環境の調節（改善）による熱的快適性の向上が期待できる	床表面温度を調節できる上、吹き出しの開閉率の調整などにより気流感も調節できる。したがって、平均放射温度と気流調節による熱的快適性の向上が期待できる
	安全性	◎	◎	◎	◎
	省エネルギー 省コスト性 (運用費(参考))	○	○	○	○
	経済性 (設備費(参考))	◎	△	△	○
	既存建物への 適用性	◎	△	◎	△
	導入事例 (庁舎・事務所)	◎	△	△	◎

(1) 経済性の検討

表13に示す項目等を参考に公共工事積算基準に基づき導入コストを算出する。

表13 導入時のコストにおける検討項目の例

		従来空調システム	大温度差空調システム	デシカント空調システム	ダブルコイル空調システム	床吹出し空調システム
建築工事	ダクト用梁貫通スリーブ	○φ×○箇所	○φ×○箇所	○φ×○箇所	○φ×○箇所	—
	床材(OAフロア)	H=100mm	←	←	←	H=200mm
	床防塵塗装	なし	なし	なし	なし	あり
	・	・	・	・	・	・
	・	・	・	・	・	・
小計						
設備工事	熱源機器	○台	○台	○台	○台	○台
	冷却能力	○kW	○kW	○kW	○kW	○kW
	加熱能力	○kW	○kW	○kW	○kW	○kW
	搬送機器	○台	○台	○台	○台	○台
	流量	○lit/min	○lit/min	○lit/min	○lit/min	○lit/min
	ダクト工事費(断熱含む)	○m ²	○m ²	○m ²	○m ²	○m ²
	吹出口					
	シーリングディフューザー	○個	○個	○個	○個	—
	ライン	○個	○個	○個	○個	—
	床吹出口	—	—	—	—	○個
・	・	・	・	・	・	
・	・	・	・	・	・	
・	・	・	・	・	・	
小計						
合計						

運用コストは、エネルギーシミュレーションから得られたエネルギー消費量に計画地域のエネルギー単価を乗じて算出する。これにより得られた運用コストと前述の導入コストを判断指標として用いると良い。

第5章 クールビズ／ウォームビズ空調システムの設計

5.1 基本事項

クールビズ／ウォームビズ空調システムの設計は、本ガイドラインによるほか、建築設備設計基準（国土交通省大臣官房官庁営繕部設備・環境課）による。

（解説）

クールビズ／ウォームビズ空調システムの設計する場合においても、基本的な考え方や留意事項は、通常の空調システム設計と大きく変わるものではない。以下に、基本的な考え方の要点を抜粋する。

(1) 基本的な考え方の要因

- ① 良好な室内空気質環境を保持できるものとする。
- ② 空調システムは、施設の規模、用途、経済性、維持管理性等を考慮して適切な方式を選定する。
- ③ 空調ゾーニングは、温湿度条件、使用時間、負荷傾向、階層、方位等を考慮して適切に行う。
- ④ 空気調和設備の外気取入口は、導入外気の空気清浄度が確保できる位置に設ける。また、外気取入口および排気口の位置は、周囲への影響等を考慮して決定する。

(2) 執務域の適切な温熱環境の確保に際しての留意事項

クールビズで低湿度環境を実現しようとした場合、従来空調における温湿度設定よりも、処理しなければならない熱負荷が大きくなる可能性がある。したがって、室内設計湿度条件は地域や室内条件等から、熱負荷が顕著に増大する結果とならないように設定する。例えば、大温度差空調システムの場合は、室内相対湿度を45%より小さく設定すると従来空調システム以上に、エネルギー消費量が増大する可能性がある。（図18）

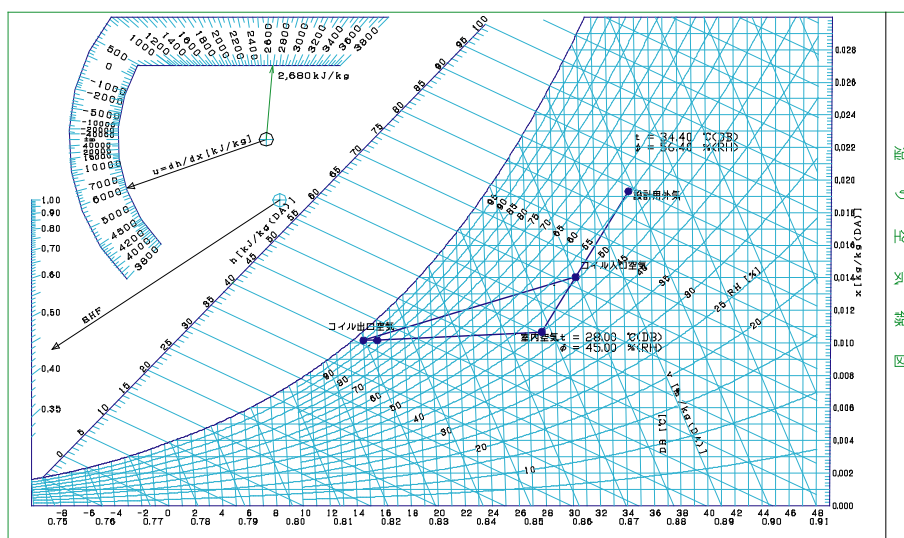


図18 大温度差空調時の温湿度変化(28°C・45%)

5.2 熱負荷の算定

建築設備設計基準（国土交通省大臣官房官庁営繕部設備・環境課）等による。
設計用屋内温度は夏期28°C、冬期19°Cとする。

5.3 クールビズ／ウォームビズ空調システムの実設計

クールビズ／ウォームビズ空調システムの実設計に当たっては、各システムの留意事項を踏まえて設計する。

（解説）

クールビズ／ウォームビズ空調システムは、従来設計と異なる考え方が必要となる場合があるので、個々のシステムの特徴等を十分把握し、制約条件を理解した上で計画する必要がある。以下に、クールビズ／ウォームビズ空調システムの一例である、大温度差空調システム、顕熱潜熱分離空調システム、床吹き出し空調システムを設計するに当たっての留意事項を示す。

（1）大温度差空調システム

①空調機の選定

空調機の選定に際して、冷温水コイルの入口温度や送水温度差等は、空調機のコイル列数や寸法に影響するので、計画条件に応じてコイル圧力損失を極力抑えるよう留意し設定する（**図 19**、**図 20**）。

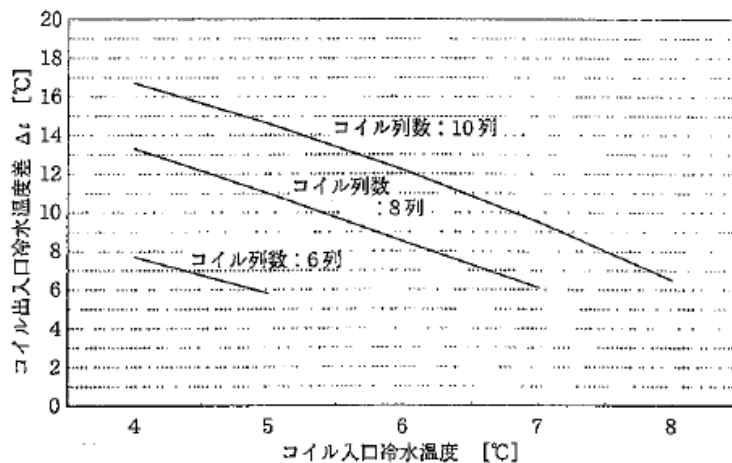


図 19 冷水温度条件と空調機コイル列数⁵⁾

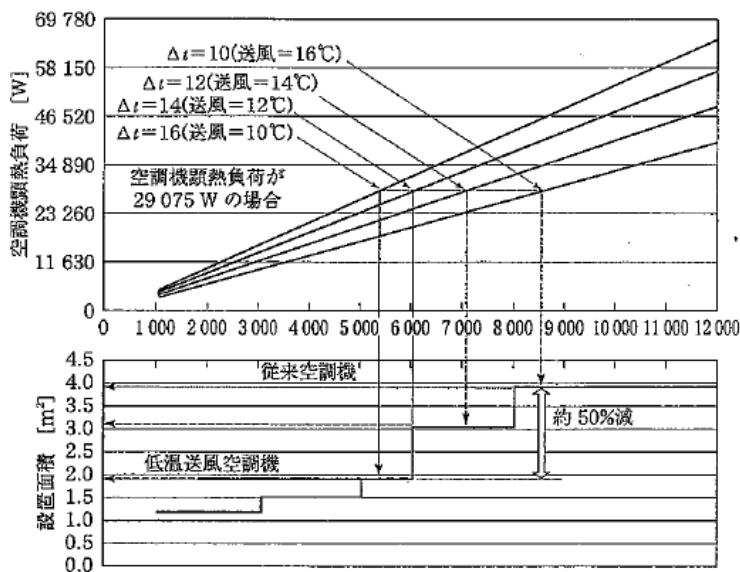


図 20 大温度差送風空調機の縮小効果⁵⁾

(低温送風は、今回の検討の対象外としている)

②吹出口の選定

吹出口における結露に関しては、製造業者から室内温湿度に対応した限界吹出し温度が示されているほか、既往文献においても実験結果が報告されている。吹出口の選定に際しては、こうした資料等を参考にし、計画条件に応じて選定する(表 14)。

また、大温度差送風の変风量(VAV)システムの場合、低負荷時における送风量の低下により、気流拡散性能に優れた吹出口であっても、気流が降下する現象がみられる。したがって、冷風ドラフトによる不快感等を防止するためにも、誘引特性に優れた吹出口を選定することが必要である(図 21)。

表 14 吹出口の結露実験結果⁵⁾(上表:シーリングディフューザー型, 下表:ライン型)

吹出し口種類	风量 [m³/h]	吹出し温度差 10°C			吹出し温度差 16°C		
		室内湿度 [% (RH)]			室内湿度 [% (RH)]		
		40	50	60	40	50	60
高拡散型	250	○	○	○	○	×	××
	100	○	○	○	○	△	×
丸形 (アネモタイプ)	250	○	○	○	○	×	××
	100	○	○	○	○	×	×
角形 (アネモタイプ)	250	○	○	○	○	×	××
	100	○	○	○	○	×	××

吹出し口種類	风量 [m³/h]	結露の発生場所	吹出し温度差 10°C			吹出し温度差 16°C		
			室内湿度 [% (RH)]			室内湿度 [% (RH)]		
			40	50	60	40	50	60
低温送風用	150	吹出し口表面	—	○	○	△	×	××
		誘引フェース	—	○	○	○	○	△
	60	吹出し口表面	—	○	○	○	△	×
		誘引フェース	—	○	○	○	○	△
従来品	150	吹出し口表面	—	○	△	×	×	××
	60	吹出し口表面	—	○	△	○	×	××

凡例 ○：結露は発生しない。
 △：吹出し口表面がうっすらと曇る。
 ×：吹出し口表面に粒状の結露が発生する。
 ××：発生した結露水が落滴する。
 (ただし、開発品は誘引フェースが障害物により吹出しにくい)

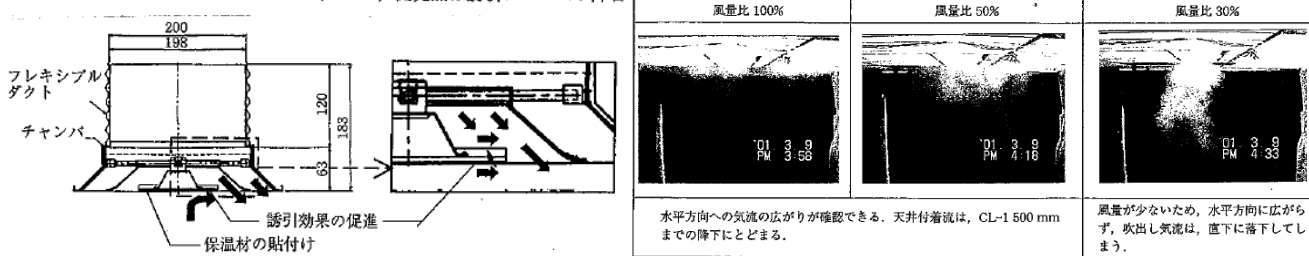


図 21 変风量時(冷房)の気流可視化実験⁵⁾
 (左図は、実験に用いた吹出口を示す)

③大温度差送水

低負荷時の行き還り温度差を維持するため、制御用二方弁を設置する。また、空調機とファンコイルユニット(FCU)を併用したシステムでは、冷温水の行き還り温度差を確保するため、大温度差対応 FCU を使用し、行き還り温度差を 6~8°C とするか、空調機と FCU を直列とし、行き還り温度差を 8~10°C とする、等の工夫が必要である。

④制御システム

空調運転開始時に吹出口部分に結露発生の可能性がある場合は、空調機運転のソフトスタートにより時間をかけて送風温度を下げる等の制御が有効である。

(2) 顕熱潜熱分離(デシカント)空調システム

① 除湿ロータの選定

除湿ロータの能力特性は、吸湿剤の種類、除湿ロータの処理／再生ゾーンの面積比および空気比、厚み、再生温度等によって異なる。導入に際しては、表 15 に示す特性および取り扱いメーカーの能力特性(除湿ロータの除湿能力線図等)を確認の上、計画条件に適したものを選定する。

② 顕熱交換器の選定

処理空気の冷却と再生空気の予熱のために用いる顕熱交換器は、熱交換効率に優れたものを選定する。また、熱交換効率の低下や圧力損失の増加を防止するため、通過風速は2m/s程度に抑えることを基本に選定する(図 22)。

③ 再生温度の検討

一般に、除湿ロータ出口湿度は、外気とほぼ等しいエンタルピ線と再生空気と等しい相対湿度線の交点となる。したがって、デシカント空調機内の流路構成によっては、梅雨時期等の外気湿度が高いときに除湿ロータ出口湿度が上昇し、空調機の冷房能力が低下する場合がある。この対策としては、上記(1)の検討のほかに再生温度を高くする方法がある。

表 15 デシカント空調機の基本特性(1)⁶⁾

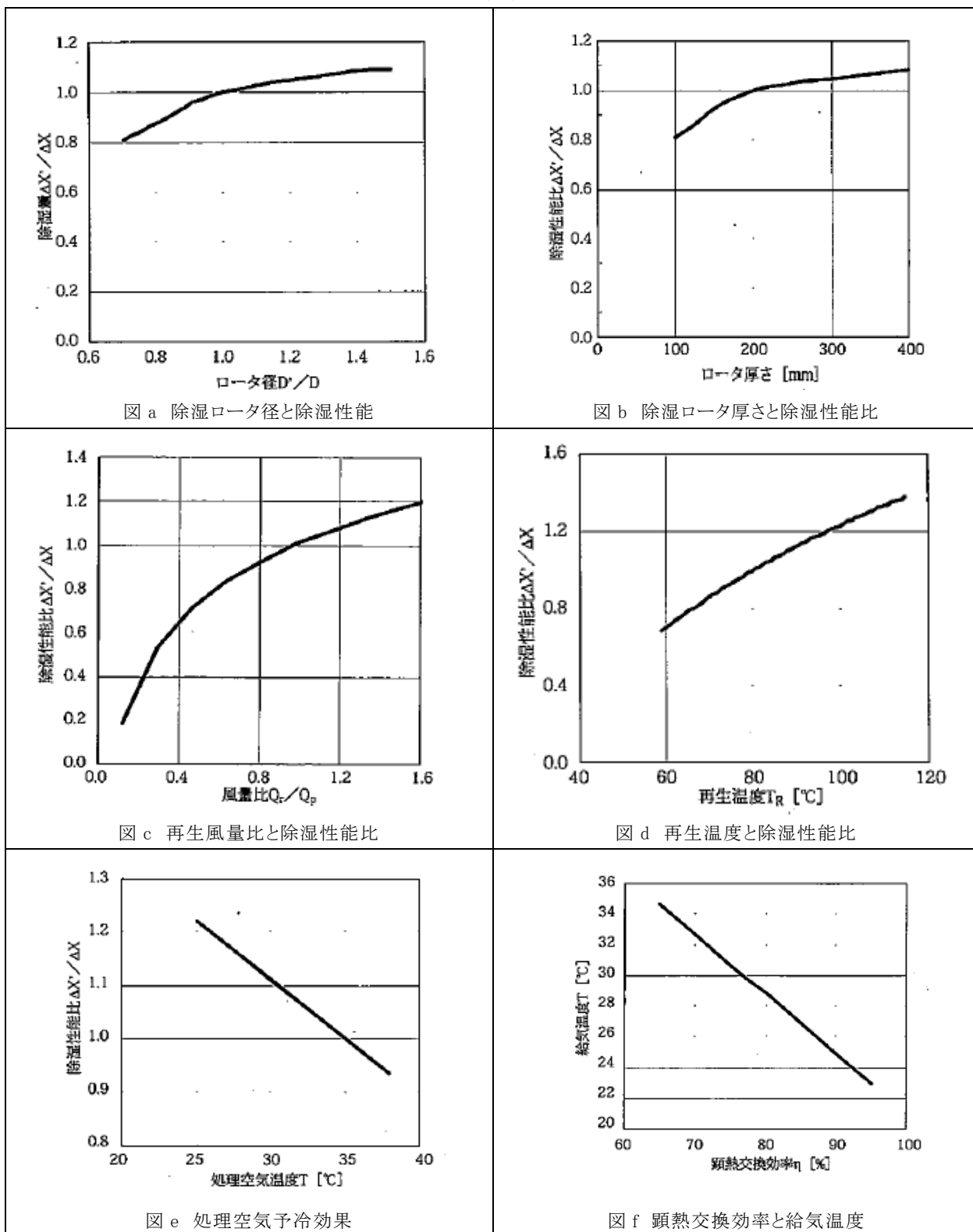
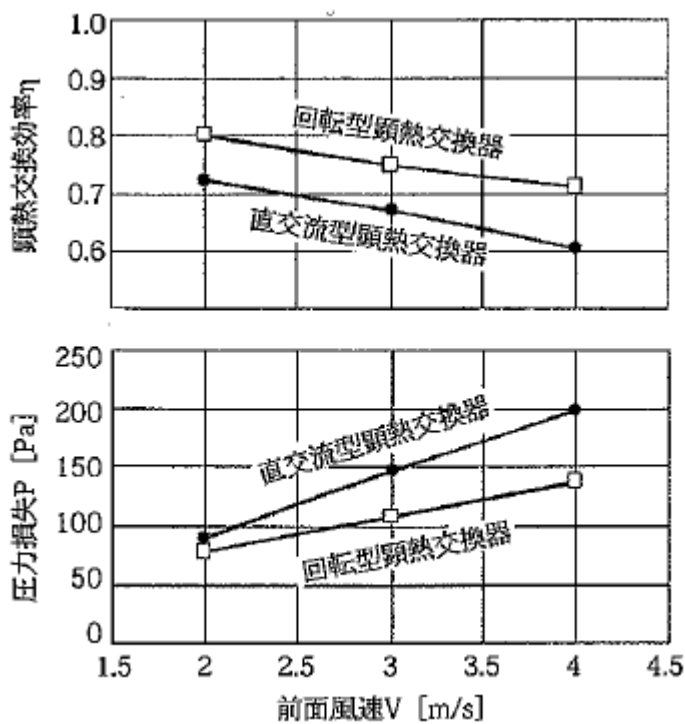
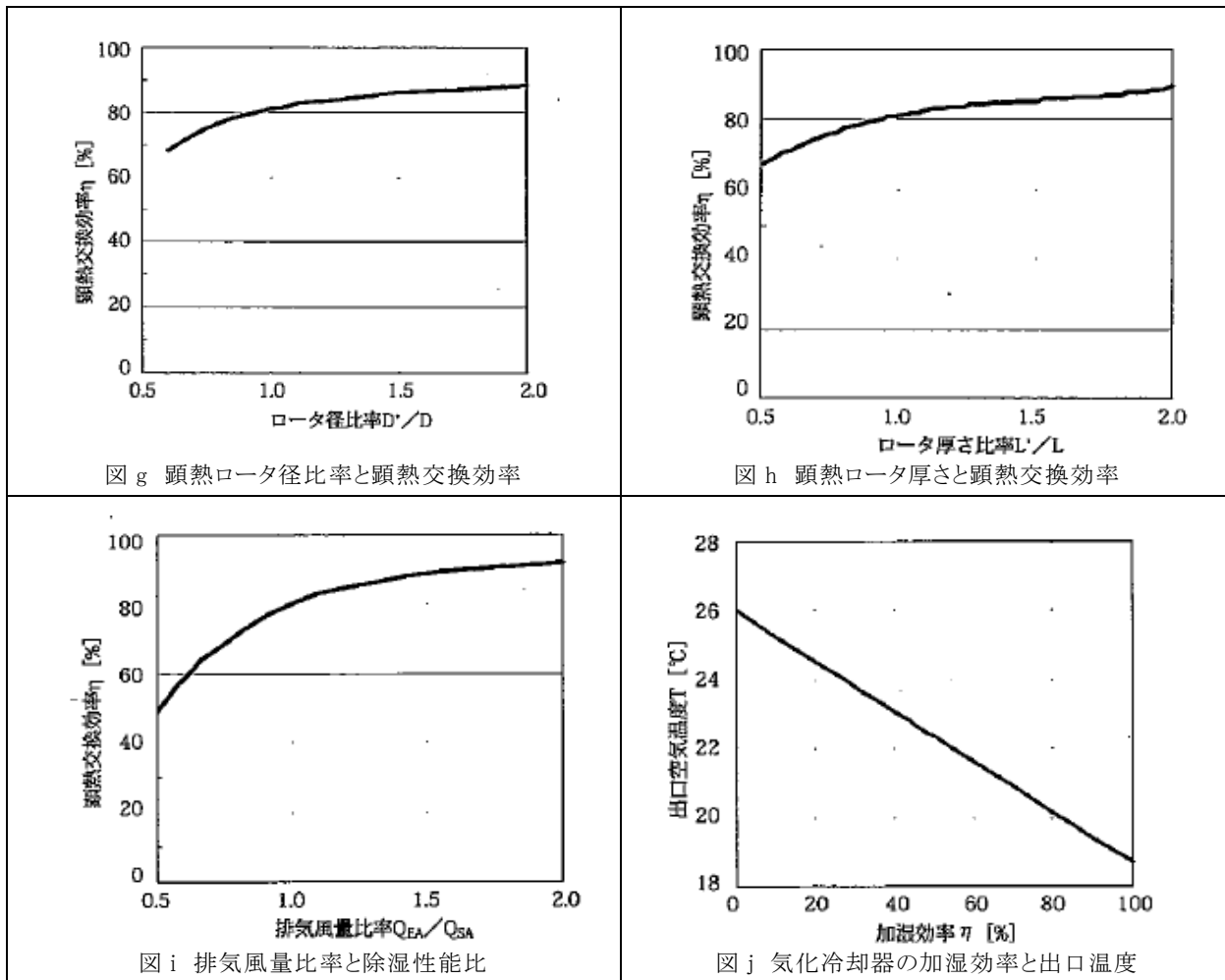


表 15 デシカント空調機の基本特性(2) ⁶⁾



④ 性能指標⁶⁾

デシカント空調機の性能評価には、以下の性能指標等が用いられる。なお、ここでの空気状態変化は図23に基づく。

A) 除湿量

外気①と乾燥空気②の絶対湿度[g/kg]の差で表す。

B) 除湿効率

除湿量を投入熱量(=「空気加熱前後の空気のエンタルピ差」×「再生空気風量」)で除した値[kg/kJ]で表す。

C) 外気基準冷却効果(CE_{OA})

外気①と給気③のエンタルピの差(CE_{OA}=h_{OA}-h_{SA})で表す。

D) 還気基準冷却効果(CE_{RA})

室内からの還気と給気③のエンタルピの差(CE_{RA}=h_{RA}-h_{SA})で表す。

E) 外気基準 COP_{OA}

外気基準冷却効果に給気風量 V を乗じて得られる冷房出力[kW]を投入熱量 Q₁[kW]で除した値(COP_{OA}=CE_{OA}×V/Q₁)で表す。

F) 還気基準 COP_{RA}

還気基準冷却効果に給気風量 V を乗じて得られる冷房出力[kW]を投入熱量 Q₂[kW]で除した値(COP_{RA}=CE_{RA}×V/Q₂)で表す。

G) システム全体の外気基準 COP_{OA,overall}

外気基準の冷房出力[kW]をシステム全体に投入された熱量および電力量の和 Q₃[kW]で除した値(COP_{OA,overall}=CE_{OA}×V/Q₃)で表す。

H) システム全体の還気基準 COP_{RA,overall}

還気基準の冷房出力[kW]をシステム全体に投入された熱量および電力量の和 Q₃[kW]で除した値(COP_{RA,overall}=CE_{RA}×V/Q₃)で表す。

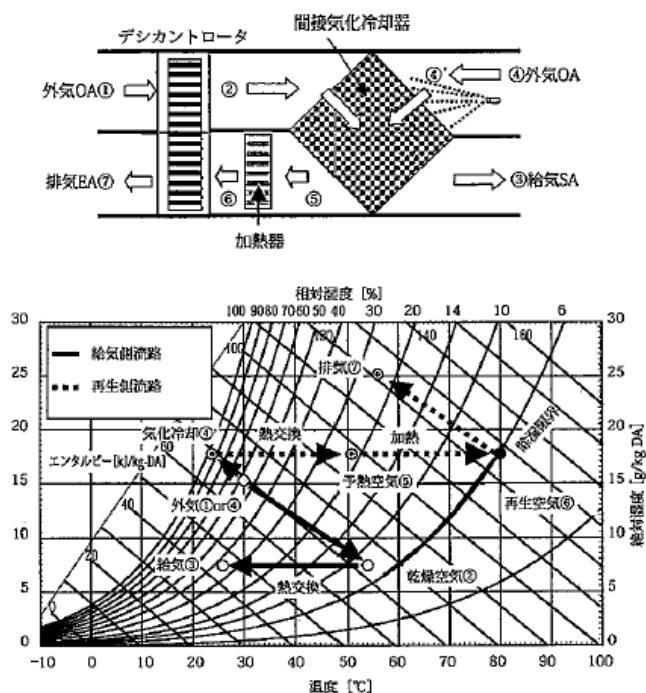


図23 デシカント空調機の空気状態変化(1 ロータ+気化冷却器の場合)⁶⁾

⑤ 制御システム

省エネルギーの向上を図るため、ロータやファンの回転速度をインバータ制御する等の対策を行う。

(3) 顕熱潜熱分離(ダブルコイル)空調システム

①コイル出口空気条件

変風量システムの場合は、外気処理系統の潜熱処理コイルと室内負荷処理系統の顕熱処理コイルの出口空気条件は同じとなる。一方、定風量システムの場合は、低負荷時の室内湿度上昇を防止するため、潜熱処理コイルの出口空気条件を低下させる必要があるため、設計室内条件等に応じて、潜熱処理コイルと顕熱処理コイルそれぞれのコイル出口空気条件を設定する。

②制御システム

変風量システムの場合は、従来の制御方法による。定風量システムの場合は、室内空気温度により顕熱処理コイルの制御用二方弁を比例制御し、コイル出口空気条件を適切に調整した後、潜熱処理コイルの出口空気と混合し、室内に給気する。室内負荷がほとんどない(顕熱処理コイルの処理熱量がほとんどない)場合は、潜熱処理コイルの給気温度を上げる給気温度リセット制御を行う。

(4) 床吹出し空調システム

①吹出し温度

一般に吹出し温度は、足下の冷え込みによる不快感を防止するため、19～20℃程度とすることが多い。これに伴う送風量の増加(ファン動力の増加)を防止するため、吹出し風量は執務域における上下温度差が適正範囲(3℃以内)となる最小風量とする。また、床吹出しの場合、天井面温度が従来システムと比べて高くなる可能性があるため、天井面放射に伴う局所不快感が生じないように留意する。

②床吹出口

吹出し気流の乱れや騒音の発生等を防止するため、二重床内の気流速度が 3m/s を超えるエリアには、床吹出口を設けない。やむを得ず設ける場合は、床吹出口の上流側に遮蔽板等を設置する。

また、綿埃や砂塵のほか、クリップや輪ゴム等の事務用品が床吹出口の開口から落下することがあるので、ゴミ受け機能等があるものが望ましい。

③二重床の有効高さ

空調ゾーニングの1辺の二重床内に接続したダクトから吹出した空調空気による最大全圧損失差を 3Pa 以内にする。表 15 に、空調区画の奥行き寸法と二重床内平均吹出し最大風速の関係を示す。これは、最大全圧損失が 3Pa であるため、床吹出口の設計差圧が 15Pa とした場合に差圧分布を±10% の 13.5～16.5Pa にすることを目標にしたものである。

④制御システム

定風量システムとして加圧式床吹出し空調システムの制御概要図を図 24、変風量システムとしてファン式床吹出し空調システムの制御概要図を図 25 に示す。

床吹出し空調システムでは、天井吹出しよりも送風温度がやや高い場合が多い。そのため、冷房時にはコイルバイパスダンパの比例制御により室内湿度の上昇を抑える等の対策を行う。

図 24 は、室内空気温度と空調機出口温度との温度差を送風温度差とし、差圧を設定して空調機ファンを制御するほか、他のエリアの冷えすぎを防止するために、VAV 機能を有した床吹出口を併用した例である。

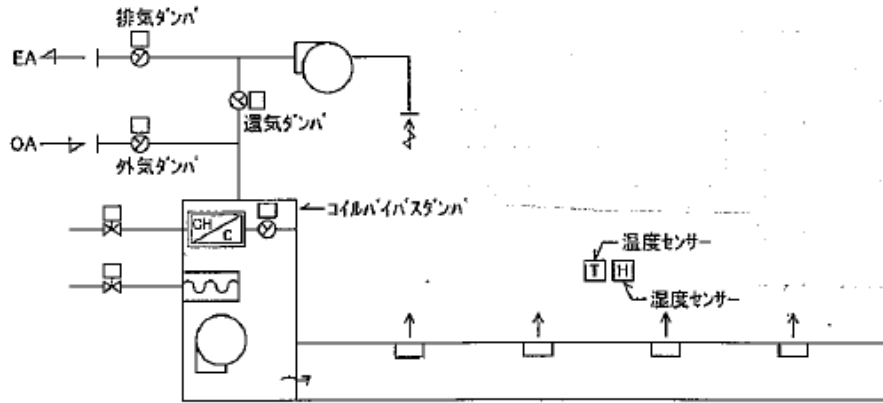


図 24 加圧式床吹き出し空調システムの制御概要図⁴⁾

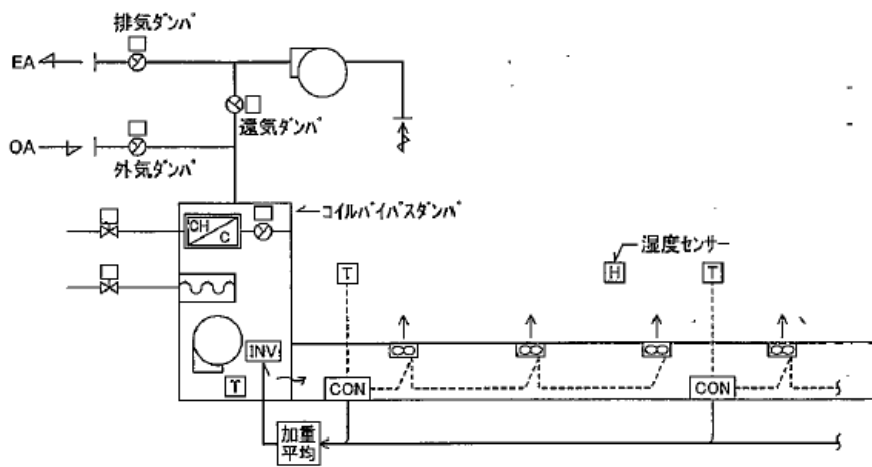


図 25 ファン式床吹き出し空調システムの制御概要図⁴⁾

(2)評価方法

計測データから、一次エネルギー消費量等を算出し、導入時における検討結果(算出値)と比較し、導入効果を検証する。また、執務域の温熱環境については、PMV による評価やアンケート調査等の手法を用いて導入効果を検証する。

執務域の温熱環境に関するアンケート調査票の例を表 17 に示す。

表 17 温熱環境に関するアンケート調査票の例

執務室内の温熱環境に関するアンケート 回答日時 年 月 日(曜日) 午前・午後 時頃

1. あなたの性別・年齢をお答え下さい
 ・私の性別は、(0:男性, 1:女性)です
 ・私の年齢は、(0:20代, 1:30代, 2:40代, 3:50代, 4:60代)です

2. あなたの座席は、ペリメータゾーン(窓から5m程度以内の距離)ですか？インテリアゾーン(窓から5m程度以上の距離)ですか？
 また、窓面からの距離は何mくらいですか？
 ペリメータゾーン どちらかというペリメータゾーン どちらかというインテリアゾーン インテリアゾーン
 窓面から(mくらい)

3. あなたは、この室内の熱環境を総じて(全般的な系統として)どう感じますか？
 -3 -2 -1 0 +1 +2 +3
 寒い 涼しい やや涼しい どちらでもない やや暖かい 暖かい 暑い

5. あなた自身は、いまどう感じていますか？
 -3 -2 -1 0 +1 +2 +3
 寒い 涼しい やや涼しい どちらでもない やや暖かい 暖かい 暑い

4. あなたは、この室内の熱環境に総じて(全般的な系統として)満足していますか？不満がありますか？
 -1 0 +1
 明らかに不満 どちらかという と どちらかという と 明らかに満足
 不満と思う原因は何ですか？
 ()

5. 着衣以外の暑さ/寒さ対策以外に、どのような対策を行ったことがありますか？ ※複数回答可
 (小型)扇風機 扇子 うちわ 洗頭 水分補給 (小型)ヒーター カイロ 膝掛け 其他()

御協力ありがとうございました

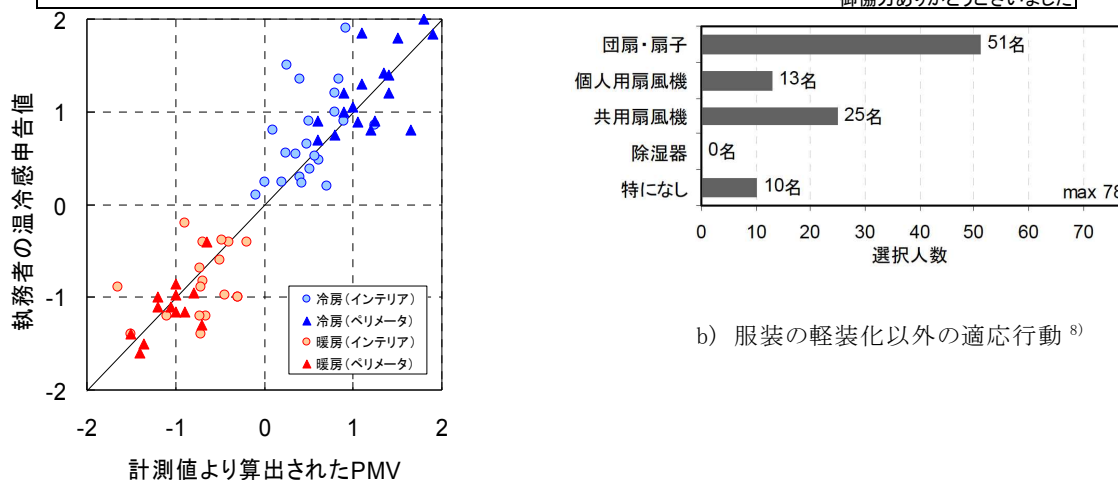


図 26 執務域の温熱環境の評価例

図 26 に執務域の温熱環境の評価例を示す。a)は、計測値により算出された PMV と執務者の温冷感申告値の相関をプロットした例である。設定した室内空気温度の出現頻度(空調制御性の度合)を確認するとともに、執務者の温冷感の傾向を検証する上で有用である。

b)は質問 5 より得られる回答の例である。服装の軽装化以外の適応行動を調査することで、自発的適応行動による許容値の拡大と温冷感申告値との関係性を検証する上で有用である。

なお、既存施設の改修を行う場合は事前調査を行い、改修前と改修後を比較することが望ましい。

【出典および参考文献】

- 1) 建築物の省エネルギー（考え方と基準） 財団法人建築環境・省エネルギー機構
- 2) 快適な温熱環境のメカニズム 豊かな生活空間をめざして 社団法人空気調和・衛生工学会
- 3) 建築設備と配管工事（特集：デシカント空調システム，熱のカスケード利用末端を担うデシカント空調，熊本大学：廣瀬勉・児玉昭雄，2001.10） 日本工業出版株式会社
- 4) 床吹出し空調 Q&A 104 の質問 社団法人建築設備総合協会
- 5) 低温送風空調システムの計画と設計 社団法人空気調和・衛生工学会
- 6) デシカント空調システム 究極の調湿システムを目指して 財団法人ヒートポンプ・蓄熱センター 低温排熱利用機器調査研究会著 日本工業出版株式会社
- 7) 空気調和衛生工学便覧第13版 社団法人空気調和・衛生工学会
- 8) 中村ら：室内温熱環境における知的生産性評価（その6）夏期冷房 28℃設定オフィスにおける執務者の主観申告への影響，p.1697-1700，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，2007.9.12～14（仙台）
- 9) 建築設備計画基準（平成17年版） 国土交通省大臣官房官庁営繕部設備・環境課
- 10) 建築設備設計基準（平成18年版） 国土交通省大臣官房官庁営繕部設備・環境課