

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1081

September 2019

空調・換気設備の自動制御システムを対象とした
エネルギー消費性能試験法に関する検討

住宅研究部 建築環境研究室

Development of functional performance testing methods
for building automatic control system of air conditioning and ventilation equipment

Building Environmental Division

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

空調・換気設備の自動制御システムを対象とした
エネルギー消費性能試験法に関する検討

宮田 征門

*

三木 保弘

**

Development of functional performance testing methods
for building automatic control system of air conditioning and
ventilation equipment

Masato MIYATA

Yasuhiro MIKI

概要

建築物の更なる省エネルギー化を達成するためには、空調・換気設備に対する自動制御システムの導入が重要になるが、気象条件や建物使用条件等によってその省エネルギー効果は変化するため、実態としてのエネルギー消費性能を現場で試験するためには、多くの知識や経験が必要になる。そこで、実際に運用されている非住宅建築物の空調・換気設備を対象として、竣工後にエネルギー消費性能を試験して確認する方法（エネルギー消費性能試験法）を検討し、その結果を本資料に取り纏めた。本資料を活用することで、実建物における性能試験を適切に実施することが可能となる。

キーワード : 建築物、建築設備、省エネルギー、自動制御システム、機能性能試験、コミッションング

Synopsis

In order to achieve further energy savings in buildings, it is important to introduce the building automatic control system for air-conditioning system and ventilation system, but because the energy saving effect by the control system varies depending on weather conditions and building usage conditions, etc., the verification of the actual energy saving effect is difficult and requires a lot of knowledge and experience. Thus, this research project tried to develop a method for testing the actual energy performance for non-residential buildings with the building automatic control system. Because this document summarizes the specific verification process, building engineers can properly perform on-site performance tests according to this document.

Key Words : Building, Building equipment, Energy saving, Building automation control system, Functional performance testing, Commissioning

* 住宅研究部 建築環境研究室 主任研究官	Senior researcher, Building Environment Division, Housing Department
** 住宅研究部 建築環境研究室長	Head, Building Environment Division, Housing Department

目 次

1. はじめに	1
1.1 検討の背景.....	1
1.2 定期報告制度の廃止.....	1
1.3 本資料の内容.....	3
1.4 性能試験を実施する意義.....	5
1.5 本資料の構成.....	5
2. エネルギー消費性能試験法の構成	7
3. 空気調和設備における熱源機器の台数制御	13
3.1 適用.....	13
3.2 引用規格・参考文献.....	14
3.3 用語の定義.....	14
3.4 記号等.....	15
3.5 制御方式.....	15
3.6 性能試験のフロー.....	17
3.7 システムの要求性能に関する情報.....	19
3.8 データ計測.....	22
3.9 試験方法.....	25
4. 空気調和設備における蓄熱式熱源システムの定温蓄熱制御	34
4.1 適用.....	34
4.2 引用規格・参考文献.....	36
4.3 用語の定義.....	36
4.4 記号等.....	37
4.5 制御方式.....	38
4.6 性能試験のフロー.....	43
4.7 システムの要求性能に関する情報.....	43
4.8 データ計測.....	43
4.9 試験方法.....	44
5. 空気調和設備における熱源機器の冷却水温度制御	46
5.1 適用.....	46
5.2 引用規格・参考文献.....	46
5.3 用語の定義.....	47
5.4 記号等.....	47
5.5 制御方式.....	48
5.6 性能試験のフロー.....	51

5.7 システムの要求性能に関する情報	52
5.8 データ計測	55
5.9 試験方法	58
6. 空気調和設備における二次ポンプの変流量制御	68
6.1 適用	68
6.2 引用規格・参考文献	68
6.3 用語の定義	69
6.4 記号等	69
6.5 制御方式	70
6.6 性能試験のフロー	76
6.7 システムの要求性能に関する情報	76
6.8 データ計測	80
6.9 試験方法	83
7. 空気調和設備における送風機の変風量制御	92
7.1 適用	92
7.2 引用規格・参考文献	93
7.3 用語の定義	93
7.4 記号等	94
7.5 制御方式	95
7.6 性能試験のフロー	96
7.7 システム性能要件に関する情報	97
7.8 データ計測	101
7.9 試験方法	103
8. 空気調和設備における空調機の外気導入量制御	109
8.1 適用	109
8.2 引用規格・参考文献	110
8.3 用語の定義	110
8.4 記号等	111
8.5 制御方式	112
8.6 性能試験のフロー	114
8.7 システムの要求性能に関する情報	114
8.8 データ計測	118
8.9 試験方法	120
9. 空気調和設備における空調機の全熱交換器制御	123
9.1 適用	123
9.2 引用規格・参考文献	123
9.3 用語の定義	124

9.4 記号等.....	124
9.5 制御方式.....	125
9.6 性能試験フロー.....	126
9.7 システムの性能要件に関する情報.....	126
9.8 データ計測.....	128
9.9 試験方法.....	130
10. 機械換気設備における送風機のCO濃度制御.....	131
10.1 適用.....	131
10.2 引用規格・参考文献.....	131
10.3 用語の定義.....	131
10.4 記号等.....	132
10.5 制御方式.....	132
10.6 性能試験フロー.....	133
10.7 システムの要求性能に関する情報.....	133
10.8 データ計測.....	136
10.9 試験方法.....	138
11. 機械換気設備における送風機の温度制御.....	139
11.1 適用.....	139
11.2 引用規格・参考文献.....	139
11.3 用語の定義.....	139
11.4 記号等.....	140
11.5 制御方式.....	140
11.6 性能試験フロー.....	143
11.7 システムの要求性能に関する情報.....	143
11.8 データ計測.....	145
11.9 試験方法.....	147
12. おわりに.....	149
謝 辞.....	150

1. はじめに

1.1 検討の背景

本資料は、国土技術政策総合研究所の事項立て課題「建築設備の自動制御技術によるエネルギー削減効果の評価法の開発（平成 28～30 年度）」による研究成果の一部を取り纏めたものである。本課題の目的は、近年の IoT 化等の動きを受けて進展が目覚ましく、今後の建築物の省エネルギー化に大きく貢献することが期待される自動制御技術を対象として、その実態性能の検証を行い、省エネルギー基準におけるエネルギー消費性能評価法（設計時の評価）を構築することである。この目的を達成するために実建物を対象とした実態性能の調査を行ったが、この過程で自動制御技術による省エネルギー効果は気象条件や建物使用条件等に大きく左右されるため、実態としての省エネルギー効果を現場で確認するためには、多くの知識や経験が必要になることが分かった。そこで、本課題において、幾つかの代表的な自動制御技術を対象として、実運用段階においてエネルギー消費性能を計測する方法（エネルギー消費性能試験法）について検討を行った。本資料はこの検討結果を取り纏めたものであり、建築設備に関する高度な専門的知識を持っていない方でも性能試験ができるように、できる限り具体的に方法論を書き込むことを目標に掲げて作成されたものである。本資料は次に示す目的で使用されることを想定している。

- ・ 現状の省エネルギー基準では評価ができない高度な自動制御技術に対して、各個別技術のエネルギー消費性能を評定する制度（任意評定制度）を設けたが、この評定の過程で実物件に対するエネルギー消費性能の実態調査を行う必要があるケースも想定される。このような場合に、本資料で規定した性能試験法が適用可能である。
- ・ 実運用段階において期待通りの省エネルギー効果を確実に得るためには、設計時にエネルギー消費性能を評価するだけでなく、竣工後の運用初期段階において性能が適切に発揮されているかを試験して評価することも重要である。後述のとおり、現状の建築物省エネ法に基づく省エネルギー基準では、従来の省エネ法に基づく省エネルギー基準ではあった定期報告制度は廃止となっているが、将来的にこの制度の運用を再度検討する際には、本資料で規定した性能試験法が参照され得るであろう。

1.2 定期報告制度の廃止

前述の通り、実運用段階において期待通りの省エネルギー効果を確実に得るためには、設計時にエネルギー消費性能を評価するだけでなく、竣工後の運用初期段階において性能が適切に発揮されているかを試験して評価することも重要である。しかし、平成 29 年 4 月に「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律（建築物省エネ法）」に基づく規制的措置が施行された際に、従来の「エネルギーの使用の合理化等に関する法律（省エネ法）」で規定されていた外皮・設備性能の維持保全状況を 3 年毎に報告する定期報告制度（所有者の判断の基準）は廃止となった。

従来の定期報告制度で報告を求められていた項目（報告様式）の一部を表 1.1.1 に示す。大まかな項目しか並んでおらず、かつ、報告するのは「適か不適か」のみである。各項目を具体的にどのように確認するか、どのような状態であれば「適」と判断するかについては明示されていない。このような形になったのは、性能検証にかかるコストや審査の繁雑さの問題から、一律の検証作業や判断基準を設けないという行政判断をしたからであろう。この制度について議論をしたのは平成 17 年であり、当時は性能検証を的確に行える技術者は少なく、計測に要するコストも高かったため、簡単なチェックに限定せざるをえなかったのではないかと推測する。しかし、結果として、本制度の意義が低くなってしまった。平成 20 年の省エネ法改正時に登録建築物調査機関ができ、維持保全状況に関する調査を調査機関に依頼することが可能になったが、簡単な項目だけであるため、あまり活用されなかった。そして、平成 25 年度から 300m²以上の建築物の届出・報告が実質的にスタートして対象となる建築物が激増し、所管行政庁の負担が一気に増えた（3 年毎の報告であるため、出し忘れが多く、頻繁に注意喚起をしなければいけない。省エネ法の「工場等に係る措置」の届け出との混同も多い。改修の届出をすると、そのタイミングで更に定期報告の義務が発生し、段階的な改修工事をすると、毎年のように報告を呼びかけなければいけない。この報告行為は建物が除却されるまで続く、等）。また、負担の割には効果が不明瞭であるため、所管行政庁も消極的というのが当時の状況であった。このような背景から定期報告制度は廃止されることになった。

表 1.1.1 省エネルギー基準「所有者の判断の基準」において
報告が求められていた項目（抜粋）

【ロ、省エネルギー性能の維持保全の状況】

	定期報告項目	確認内容	適/不適
外壁、窓等	<input type="checkbox"/> 室の配置	熱の損失が増大しないように採用した室の配置等に変更がない	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> 外壁、窓等の保全	目視による外壁、窓等の破損がない	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> 窓の清掃等	ガラス等が清掃され、建具周りの気密材に破損がない	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> 日射遮蔽装置の保全	ひさし・屋外日よけの破損がない	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>
ブラインド・カーテン等が正常に作動している		<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
空気調和設備	<input type="checkbox"/> 熱源機器の台数制御	熱源機器の台数制御が正常に作動している	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> 蓄熱空調システムにおける熱源機器の作動	蓄熱空調システムにおける熱源機器が正常に作動している	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> 冷温水の変流量制御	冷温水の変流量制御が正常に作動している	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> 空気調和機の変風量制御	空気調和機の変風量制御が正常に作動している	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> 予冷・予熱時外気シャットオフ制御	予冷・予熱時外気シャットオフ制御が正常に作動している（モーターダンパーの作動）	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> 最小外気負荷制御	最小外気負荷制御が正常に作動している	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> ヒートポンプ方式の空調機	フィルターに汚れや目詰まりがない	<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>
冷媒管に液漏れがない		<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
吹き出し口から適切な風量がある		<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	
温度調節ができる		<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	

定期報告の制度（仕組み）には課題があったが、制度が求めている性能検証自体は重要なものであることは間違いない。特に、運用初期段階における性能試験（Functional Performance Testing, FPT）は重要であると国際的にも認知されている。設計図書に記載されたエネルギー消費性能が実際に発揮されていることを実運用段階において確認をする意義は大きい。FPT はコミッショニング（Commissioning）における重要なタスクの一つとしても位置づけられており、ビルオペレーターのトレーニングにも繋がる。今後、ZEB（Zero Energy Building、ゼロエネルギービル）を目指すハイグレードな建築物が増えるにつれて、先進的でチャレンジングなシステムの導入が増えるため、このような試験の重要度は高まるであろう。また、運用初期段階だけではなく、その後も継続して性能を検証することも重要である。これにより、潜在的な不具合の発見や制御パラメータのチューニング等につながり、より一層の省エネルギー化を達成できる可能性もある。しかし、残念ながら、現実にはこのような検証行為はあまり実施されていないのが実態である。

定期報告制度がうまく機能しなかったことと性能検証自体があまり実施されていないことは別々の現象であるが、これらの根幹にある問題は共通しており、エネルギー消費性能を試験する具体的手法が明確になっていないことであると考えられる。もし「検証の方法（どのように性能を確認するか）」及び「判断の方法（なにをもって「適」と判断するか）」が明確になれば、審査側も検証をしたかどうかを明瞭に判断でき、具体的な指導ができるようになるであろう。また、ある程度の知識（と意欲）をもつ人であれば性能試験を実施できるようになり、性能試験を適切に実施できる技術者を増やすことができるであろう。このように、性能試験法を具体化することにより、時間はかかるが、少しずつ社会は変わるはずであり、実質的な省エネルギー化を図ることができるのではないかと考えている。

1.3 本資料の内容

本資料では、竣工受け渡し段階及び運用初期段階において、建築設備システムが設計図書に記載どおりの機能や性能を有していることを確認する行為を「エネルギー消費性能試験」と定義し、その具体的なプロトコルを示す。特に、建築設備のエネルギー消費量に大きな影響を与える空気調和設備と機械換気設備の自動制御システムにターゲットを絞り、これらの性能を検証するための具体的な手順を示す。特に、既往のドキュメントでは記述が充分ではない次の項目について、具体的かつ明確な記述を行うことを試みた。

1) 性能試験のために必要となる情報の明確化

性能試験に必要な計測データを具体的に明示し、設計段階から具体的な目的を持った計測・計量計画の立案ができるようにした。これは、BEMS（Building Energy Management System、ビルエネルギー管理システム）の計測ポイントの合理化にもつながる。また、システムの仕様に関する情報も年数が経つと入手困難になる場合もあるため、検証に必要な情報、及び、検証には直接的に必要なにはならないが現状の性能をより詳細に分析する際に必要になる可能性がある情報

を明示して、これらの情報だけでも継続して適切に管理するように呼びかけることができるようにした。

2) データ分析・処理方法の具体化

性能試験にはデータの計測、処理、分析が必須となる。データの計測方法については既に学会等で提案されており、例えば空気調和・衛生工学会のマニュアル（SHASE-M 0007-2005：設備システムに関するエネルギー性能計測マニュアル）が有名である。これらのマニュアルを参考にしつつ、専門的な知識を有しなくても計測ができるように、計測項目の明確化や計測方法の具体化を行った。一方、データの処理（データクレンジングなどの前処理を含む）や分析については明文化された資料は少なく、各専門家のノウハウに依るところが大きい。そこで、現場での性能測定の実験を豊富に有する有識者に対してヒアリング調査を行い、データ処理や分析のプロセスを極力具体的に書き込んだ。

一方、次の項目については、本資料では扱わないこととした。

- ・ どのような制御ロジックや制御目標値（圧力や温度等）を採用するかについては、検証行為ではなく設計行為であるため本資料では扱わない。制御ロジックや目標値は既に決定していることを前提とし、これが最適であるかどうかは議論せずに、当初の設計意図どおりに機能し、意図通りの性能を発揮するかどうかを試験する方法を示す。
- ・ 竣工段階における試運転調整（施工完了確認、試験調整、総合調整）の方法については本資料では扱わない。本資料は、試運転調整が完了していることを前提として記されている。なお、試運転調整の考え方については国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「機械設備工事監理指針」にて、具体的方法については空気調和・衛生工学会による「SHASE-G 0022 2016 建築設備の試運転調整ガイドライン」にて纏められている。
- ・ 性能試験の結果、設計時に想定した機能や性能が発揮されていないことが分かった場合において、どのようにこれを解消するかについては、本資料では扱わない。このような解消作業は実務上は必須であり重要であるが、この要因の切り分けはケースバイケースであり、豊富な経験や高度な知識を有しなければ実施困難な場合が多く、現時点で一般化できるほどの知見は有していない。これは今後の課題としたい。
- ・ 設計図書に記載された以上の性能を発揮するよう、システムの小規模な改修（例えばポンプのインバータ化）や制御パラメータのチューニング、システム運用方法の改善等を行う行為については、対象としないこととする。これらは建築物の性能を向上させるうえでは非常に重要な行為であるが、何をどのように最適にするかについては建物毎に様々であり（当初の設計にも依存する）、現時点では、これを一般化出来るほどの体系化された知見がない。また、例えば、エネルギー的には最適になったとしても、室内温熱環境や他のシステムの挙動に悪影響を与える場合もあるなど、何を以て最適と見なすかについては慎重な検討が必要である。これは今後の課題としたい。

1.4 性能試験を実施する意義

建築物が竣工し運用を開始する初期段階（竣工後1年以内を想定）においてエネルギー消費性能試験を実施し、建築物の関係者が建築設備システムの初期性能を検証して把握することは、次のような点で重要である。

① 設計時に意図した性能を確実に発揮する

建築設備システム（特に空気調和設備やその自動制御システム）の性能を確認するには、四季を通じた性能検証を行う必要があるが、建築物引き渡し前の試運転調整だけでは、季節（空調負荷）が限定されるため網羅的な確認は不可能である。このため竣工後の早い段階で、年間を通じた性能検証を行うことにより、不適切な運転をあぶり出し、エネルギーの浪費を防ぐことができる。

② 設計意図をビル管理者等に確実に伝達する

運用初期段階で建築設備の性能検証を行うことによって、ビルオーナーやビル管理者と、設計者・施工者とのコミュニケーションが図られ、設計意図を正しく共有することができる。設計意図がビルオーナーやビル管理者に適切に伝わらなかった故に生じた不具合事例を次に示す。

- ・ 設備管理者がいないビルで、全熱交換器ユニット（ロスナイなど）の使い方がわからず、常時「換気モード」で使用していた。エアコンの能力が十分にあったため、そのまま気づかずに運転され、夏冬に無駄なエネルギーが消費された。竣工初期段階にチェックリスト等でチェックしていれば、正しい運転方法に気づいたはずである。
- ・ 自然換気システムのある建物で、中間期に窓が自動的に開閉するようになっていた。自然換気システムとパッケージ空調機の連動制御がなかったため、自然換気（窓開放）時にパッケージ空調機を止めずに運転し、無駄なエネルギーが消費されていた。
- ・ 外調機+ビル用マルチパッケージ空調機を採用しているビルで、ビル管理者が外調機の使い方が分からず、不使用のままとしていた。ビル使用者は外気が導入されていないことに気づかず、そのまま使用された。

1.5 本資料の構成

本資料の第1章には、資料作成の背景等が記されている。

第2章には、第3章以降の性能試験法において共通で規定される事項について整理がされており、本資料で規定される性能試験法の骨格（各事項について、何を定めるか、定める目的は何か等）が示されている。

第3章から第9章は、空気調和設備に係わる制御の性能試験法が示されている。本資料では、熱源機器の台数制御、蓄熱式熱源システムの定温蓄熱制御、冷却塔温度制御、二次ポンプの流量制御、空調機の風量制御、外気導入量制御、空調機の全熱交換器制御について性能試験法が提示されている。

る。

第10章、第11章は、機械換気設備に係わる制御の性能試験法が示されている。駐車場換気量制御、機械室温度制御について性能試験法が提示されている。

X.3 用語の定義

X.3.1 ○○○○

(説明を書く)

X.3.2 ○○○○

(説明を書く)

目的： 使用する専門用語について、簡潔に解説する。

記載すべき事項：

- ・ 内容を理解するにあたり解説が必要な専門用語の定義を記載する。
- ・ 業界で一般的な用語であっても、いくつかの解釈がある可能性がある用語については積極的に定義を記入する。例えば「熱源システム」という用語は一般的に使用されるが、具体的にどの機器までを「熱源システム」に含めるかが曖昧な場合もある。
- ・ 一般的な用語については解説する必要はない。用語を網羅する必要はなく、特に注記が必要な用語のみを対象を絞る。

X.4 記号等

本章で使用する記号等を表○に定義する。

表○ 記号等の定義

記号	意味	単位

目的：使用する記号等について、簡潔に解説する。

記載すべき図表：

- ・ 記号・意味・単位を整理した表を記載する。

注意：

- ・ 温度は θ 、流量は V 、圧力は P 、熱量は Q 、エネルギーは E 、インバータ出力は F 、開度は O を使用することを基本とする。
- ・ 添え字について、水は w 、空気は a とする。時刻は t とする。

X.5 制御方式

〇〇制御のうち、表〇に示す制御方式を対象とする。

表 〇 対象とする〇〇制御の制御方式

制御方式	定義	システム図
タイプ A		図〇
タイプ B		図〇

X.5.1 〇〇制御方式（タイプ A）

- ・ 各制御方式の狙いと概要、システム図

X.5.2 〇〇制御方式（タイプ B）

- ・ 各制御方式の狙いと概要、システム図

目的：対象とする制御方式を明確に定義する。

記載すべき事項：

- ・ 各制御方式の定義と全体像（どのような機能やサブ制御が付与されているか）
 - 表形式で整理をすることを基本とする。表で整理が難しい制御については、文章で整理をする。
- ・ 各制御方式の狙いと概要（何を目的に、何をセンシングして何を制御するのか）
 - 各制御方式には「タイプ A」「タイプ B」などと名前を付ける。
- ・ システム図（センシングする項目を明記し、その値で何を制御するのが判るようにする）
 - システム図には、後のテストで必要な計測項目についても明示する。

X.6 性能試験のフロー

〇〇制御の性能試験は、次の〇つの試験から構成される。

TEST-1：〇〇の関係の確認

(テストの概要、目的を記載する)

TEST-2：〇〇の関係の確認

(テストの概要、目的を記載する)

目的：「テスト」を「性能試験を構成する最小単位の試験手順」と定義し、各テストの具体的内容とこれらを複合的に組み合わせた性能試験法の全体像を示す。

記載すべき事項：

- ・ 各テストの概要
- ・ 各テストの目的・意図

記載すべき図表：

- ・ 性能検証のフロー図
- ・ 制御方式毎に、どのテストをどのような順番に実行すればよいかを示す。

X.7 システムの要求性能に関する情報

性能試験を実施するために必要な情報として、次の資料を用意する。

X.7.1 設計図書等

X.7.2 納入仕様書等

目的：性能試験を実施するために必要となる情報（設備機器の仕様、制御の仕様、パラメータ設定値等）を示す。特に、自動制御図及びパラメータ設定リストにおいて、後のテストにおいて、どのように動くのが正解かを判断するための資料を明確にする。

記載すべき事項：

- ・ 必要な図面等の名称
- ・ 制御ロジックの記載方法
- ・ パラメータ設定値の記載方法

X.8 データ計測

X.8.1 必要となるデータ

各テストを実施するために必要となるデータを表○に示す。

表○ 性能試験に必要な計測データ

必要データ テスト	A	B	C	D	E
TEST-1:					
TEST-2:					

X.8.2 データ収集

必要となるデータは、次のいずれかの方法で収集を行う。

- ・ 必要なデータを計測するためのセンサーが既に設置されており、中央監視装置等によりデータを自動で収集する。ただし、計測値の確からしさの検証を実施することが必須である。
- ・ 機器等から発信される制御用の信号値を仮設ロガーで収集する。
- ・ 別途計測センサーやロガーを設置して収集する。

X.8.3 計測機器

性能試験に必要なデータは、表に示す計測器を用いて計測する。

X.8.4 計測時間間隔及び計測期間

計測時間間隔及び計測期間は、次のいずれかであることを基本とする。

目的：各テストにおいて、どのようなデータが必要であることを明確にする（これを利用して計測計画が立てられるようにする）。また、必要となるデータをどのように収集するか、どのようなセンサーで計測すべきか、必要となるデータをどの程度の期間計測すべきかを明確にする。

記載すべき事項：

- ・ 各テストについて、どのようなデータが必要になるか
- ・ データ収集方法の例（一般的にはどのように収集をするかを、目安として記す）
- ・ 計測器の条件
- ・ 採用するセンサーの例

X.9 試験方法

X.9.1 TEST-1 ○○○の検証

(テストの概要と目的を記載する。)

STEP1 データの収集

STEP2 ○○の算出

STEP3 ○○の分析

STEP4 あるべき性能の把握

STEP5 性能の判断

目的：テストの具体的方法を示す（専門家ではなくても実施できるように）。

記載すべき事項：

- ・ 各テストの概要と目的
- ・ 各テストの具体的方法（数ステップに分けて記載する）

STEP1 データの収集

どのデータが必要になるかを（改めて）明記する。

STEP2 ○○の算出

計測データの処理方法等を具体的に示す。

STEP3 ○○の分析

動作分析のためのグラフ等の作成方法を具体的に示す。

STEP4 あるべき性能の把握

設計図書等から、制御はどう動くべきかを明らかにする方法を具体的に示す。

STEP5 性能の判断

計測値がどの程度の範囲内に収まれば正常に動いていると判断するかの目安を定量的に示す。

3. 空気調和設備における熱源機器の台数制御

3.1 適用

空気調和設備の自動制御技術のうち、熱源システムを対象とした熱源機器の台数制御の性能試験法を定める。熱源機器の台数制御とは、熱源システムの省エネルギー化を目的として、熱源負荷や熱源流量等に応じて熱源機器の運転台数を変化させる自動制御システムである。

対象とするシステムの範囲を図 3.1.1 に示す。本章では、熱源機器の台数制御のうち、冷温水または蒸気の流量や熱量に応じて冷凍機やボイラなどの運転台数を変化させる制御を対象とし、月や季節に応じて運転台数を変更する制御（スケジュール制御）、ローテーション運転を目的とした発停制御、タイマーやオペレータの操作による発停制御は対象とはしない。また、蓄熱槽を有する熱源システム、ソーラー集熱システム、コジェネレーションシステム等の排熱利用システムにおける熱源台数制御も対象としない。

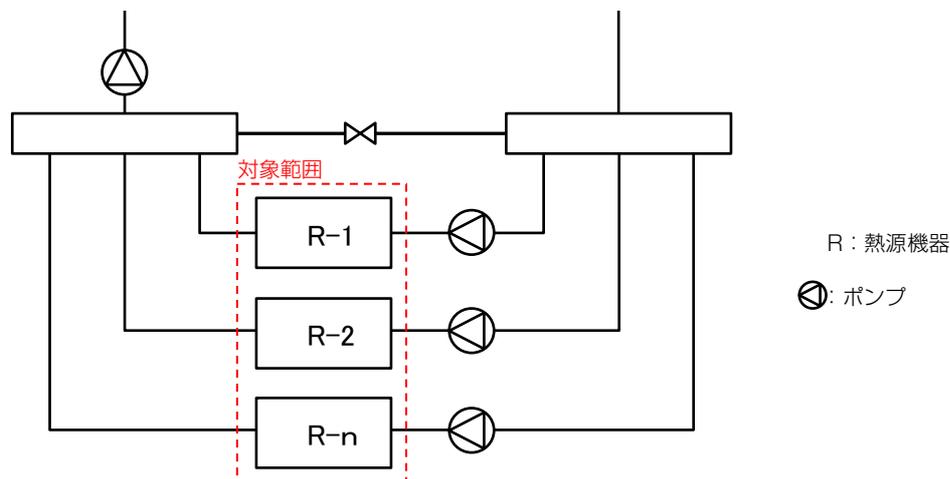


図 3.1.1 対象とする熱源システム

熱源システムを構成する熱源機器として、本章では次に示す熱源機器を想定している。

- ・ ターボ冷凍機（水冷）
- ・ チリングユニット（空冷/水冷）
- ・ ヒートポンプユニット（空冷/水冷）（熱回収型を除く）
- ・ 吸収式冷凍機（直焚/蒸気熱源）
- ・ 吸収式冷温水発生機（冷温水同時取出を除く）
- ・ ボイラ（蒸気/温水）

3.2 引用規格・参考文献

- 1) 空気調和・衛生工学会：設備システムに関するエネルギー性能計測マニュアル
- 2) 空気調和・衛生工学会：空気調和・衛生用語辞典
- 3) 国土交通省 建築基準整備促進事業：『空調・給湯システムの制御に関する分類整理と省エネルギー効果の実測』調査報告書
- 4) 国土交通省 建築基準整備促進事業：『空調・給湯システムの制御に関する運転データの取得とエネルギー消費量予測のための評価値の作成』調査報告書
- 5) NPO 法人 建築設備コミショニング協会：建築設備性能検証マニュアル

3.3 用語の定義

3.3.1 熱源システム

熱源機本体（冷凍機、ボイラなど）と、冷温水ポンプ（2 ポンプシステムの場合は一次ポンプのみ）、冷却水ポンプ、冷却塔（ファン、循環ポンプ、自動ブロー装置、薬注ポンプ、凍結防止ヒータを含む）、ボイラ給水ポンプ、燃料ポンプ、熱交換器、クッションタンクなどの機器を含めたシステム。2 ポンプシステムの場合の二次ポンプや、ボイラ室用の給気ファンなどは熱源システムには含めない。

3.3.2 熱源機器

冷凍機、ボイラなど、冷水、温水を製造する機器。

3.3.3 熱源補機

ある熱源機器に対して、その熱源機器が冷水、温水、蒸気などを供給するために必要な冷温水ポンプ（2 ポンプシステムの場合は一次ポンプのみ）、冷却水ポンプ、冷却塔（ファン、循環ポンプ、自動ブロー装置、薬注ポンプ、凍結防止ヒータを含む）、ボイラ給水ポンプ、燃料ポンプ、熱交換器、クッションタンクなどの機器。

3.3.4 空気調和機（空調機）

エアハンドリングユニット(AHU)、ファンコイルユニット(FCU)など、冷水または温水を使用する機器。尚、本来はパッケージ型空調機等も含まれるが、本節では対象外とする。

3.3.5 台数制御

熱源機器や冷温水ポンプなど複数台設置し、負荷または流量、圧力等に応じて運転台数を調整することで、省エネルギーを図る制御。

3.3.6 製造熱量

熱源機器で製造した冷水または温水の熱量。

3.3.7 負荷流量

空気調和機と通過する冷水、温水、または蒸気の流量。

3.4 記号等

本章で使用する記号等を表 3.4.1 に定義する。

表 3.4.1 記号等の定義

記号	意味	単位
θ_w	水温	°C
V_w	水量	kg/s
V_s	蒸気量	kg/s
P_w	水圧	Pa
dP_w	差圧	Pa
P_s	蒸気圧	Pa
Q_w	熱量	kW
E	消費電力	kW
E_g	ガス消費量	m ³ (N)/s
E_f	燃料消費量	kg/s

3.5 制御方式

熱源台数制御のうち、表 3.5.1 に示す制御方式を対象とする。

表 3.5.1 対象とする熱源台数制御の制御方式

制御方式	検出量			システム図
	流量	熱量	圧力	
タイプA	■			図 3.5.1
タイプB		■		図 3.5.2
タイプC			■	図 3.5.3

3.5.1 流量による台数制御方式（タイプ A）

空気調和機へ流れる冷温水または蒸気の流量（要求水量）に応じて、熱源機器の運転台数を変化させる制御。図 3.5.1 にシステム例を示す。なお、図中の R は冷凍機を意味する。

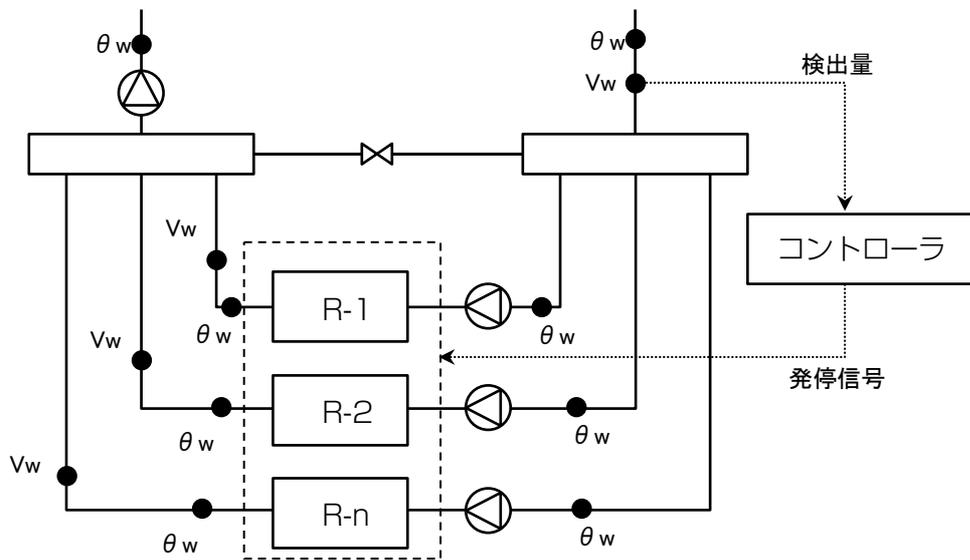


図 3.5.1 熱源機器の台数制御（タイプ A）

3.5.2 熱量による台数制御方式（タイプ B）

空気調和機で処理される冷温水または蒸気の熱量（要求熱量）に応じて、熱源機器の運転台数を変化させる制御。図 3.5.2 にシステム例を示す。なお、図中の R は冷凍機を意味する。

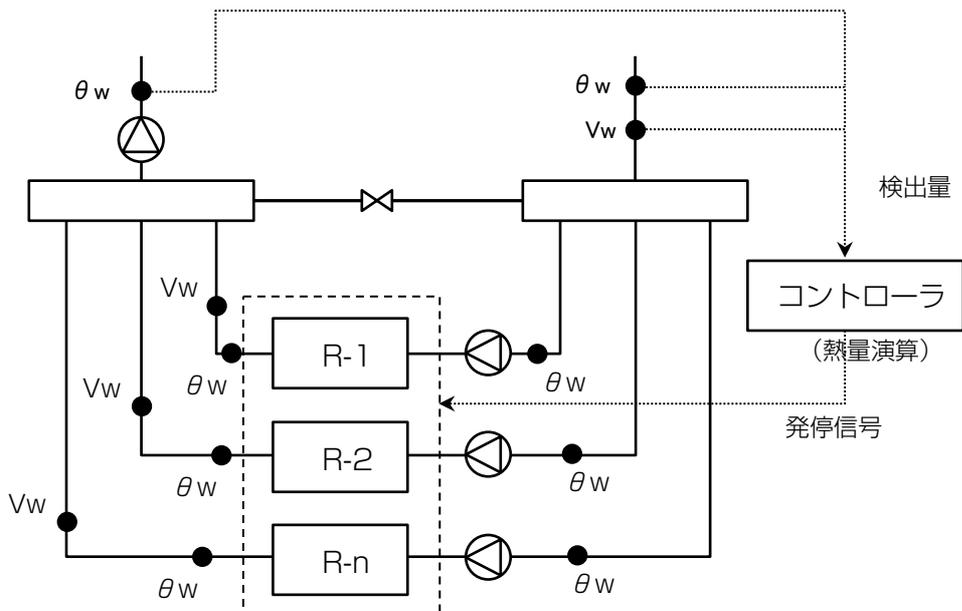


図 3.5.2 熱源機器の台数制御（タイプ B）

3.5.3 圧力による台数制御方式（タイプ C）

空気調和機へ送る蒸気等の圧力（ヘッド圧力）に応じて、熱源機器の運転台数を変化させる制御。

図 3.5.3 にシステム例を示す。なお、図中の B はボイラを意味する。

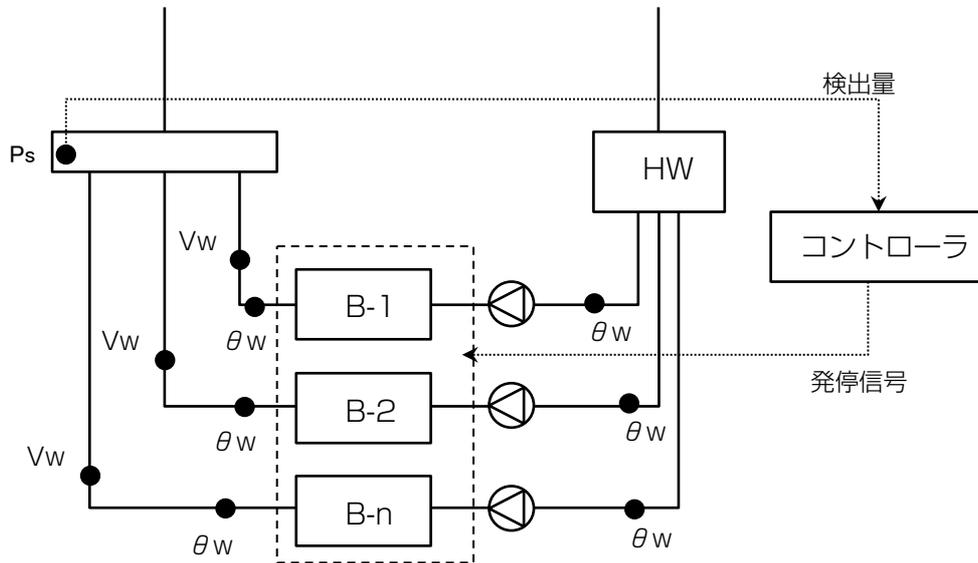


図 3.5.3 熱源機器の台数制御（タイプ C）

3.6 性能試験のフロー

熱源機器の台数制御の性能試験は、次の 3 つの試験から構成される。試験のフローを図 3.6.1 に示す。

TEST-1：流量、熱量または圧力と運転台数の変化の確認

負荷側流量、熱量または圧力と熱源機器の運転台数の変化を時系列データにより確認する。

TEST-2a：流量と運転台数の関係の検証

負荷側流量と熱源機器の運転台数の関係を確認する。

TEST-2b：熱量と運転台数の関係の検証

負荷側熱量と熱源機器の運転台数の関係を確認する。

TEST-2c：圧力と運転台数の関係の検証

ヘッド圧力と熱源機器の運転台数の関係を検証する。

TEST-3：起動優先順位の検証

熱源機器の起動優先順位が設計意図どおりになっていることを検証する。

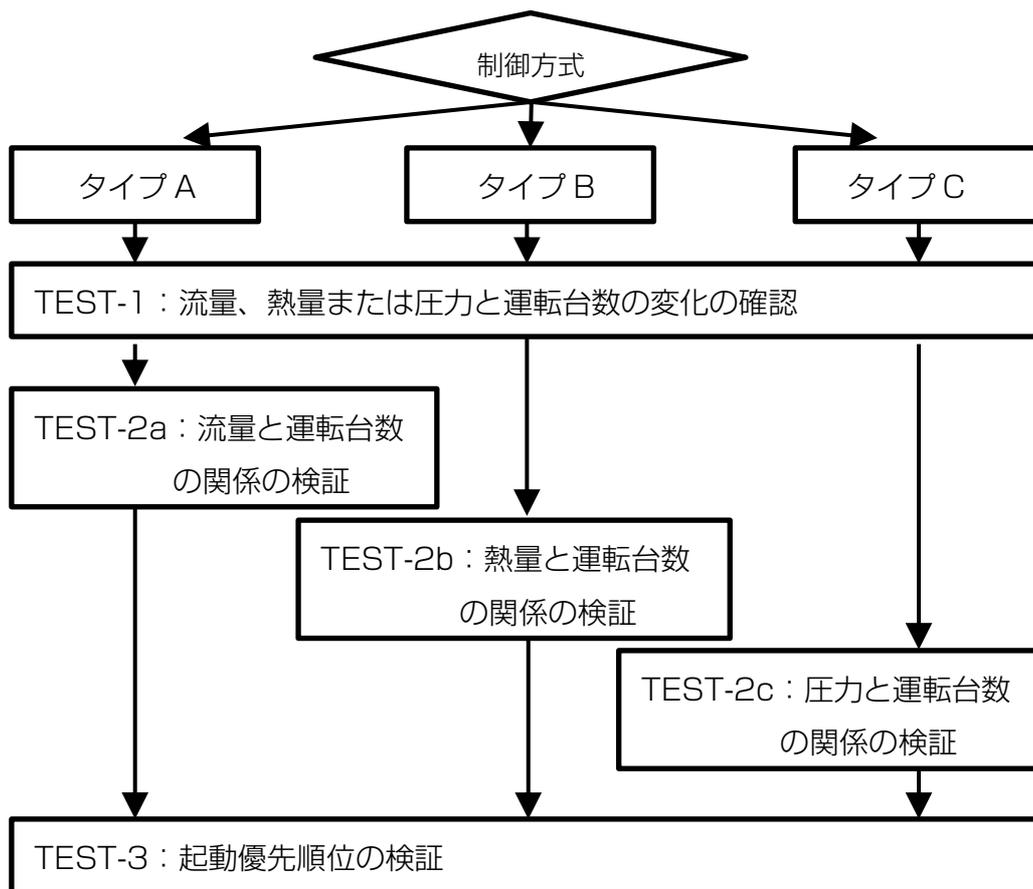


図 3.6.1 性能試験フロー

3.7 システムの要求性能に関する情報

性能試験を実施するために必要な情報として、次の資料を用意する。

3.7.1 設計図書等

- ・ 熱源機器リスト：設置されるべき熱源機器の種類、性能、設計条件等を明確にする。

番号	設置場所	機器名	記号	系統名並機器名	内 容	動 力						台数	備 考		
						KW	V	起動	操作	停止	種類				
1F	冷凍機室	E-R-1	冷凍機	系統名並機器名	蒸気二重効用吸収式冷凍機	6.15	3 ^φ 200	L-S	R	O	O	1	E-GDP-1, E-GP-1		
					冷却能力									とインターロック	
					冷水出入口温度	7°C~12°C	冷水量	1,430 t/h							コンクリート基礎
					冷却水出入口温度	32°C~37.4°C	冷却水量	2,430 t/h							1,400 ^φ x 500 ^φ x 150 ^φ x Z
					蒸気消費量	872 t/h	(蒸気圧力	8 t/cm ² G)							
1F	冷凍機室	E-R-2	冷凍機	系統名並機器名	水冷式冷凍リングユニット				R	O	O	1	E-GDP-2, E-GP-2		
					冷却能力	70 t/h								とインターロック	
					冷水出入口温度	7°C~12°C	冷水量	580 t/h							コンクリート基礎
					冷却水出入口温度	32°C~37°C	冷却水量	870 t/h							2,500 ^φ x 1,200 ^φ x 150 ^φ
					圧縮機				30x2	3 ^φ 200	Δ-Δ				

図 3.7.1 機器リストの例

- ・ システムフロー：各機器の接続関係等を明確にする。

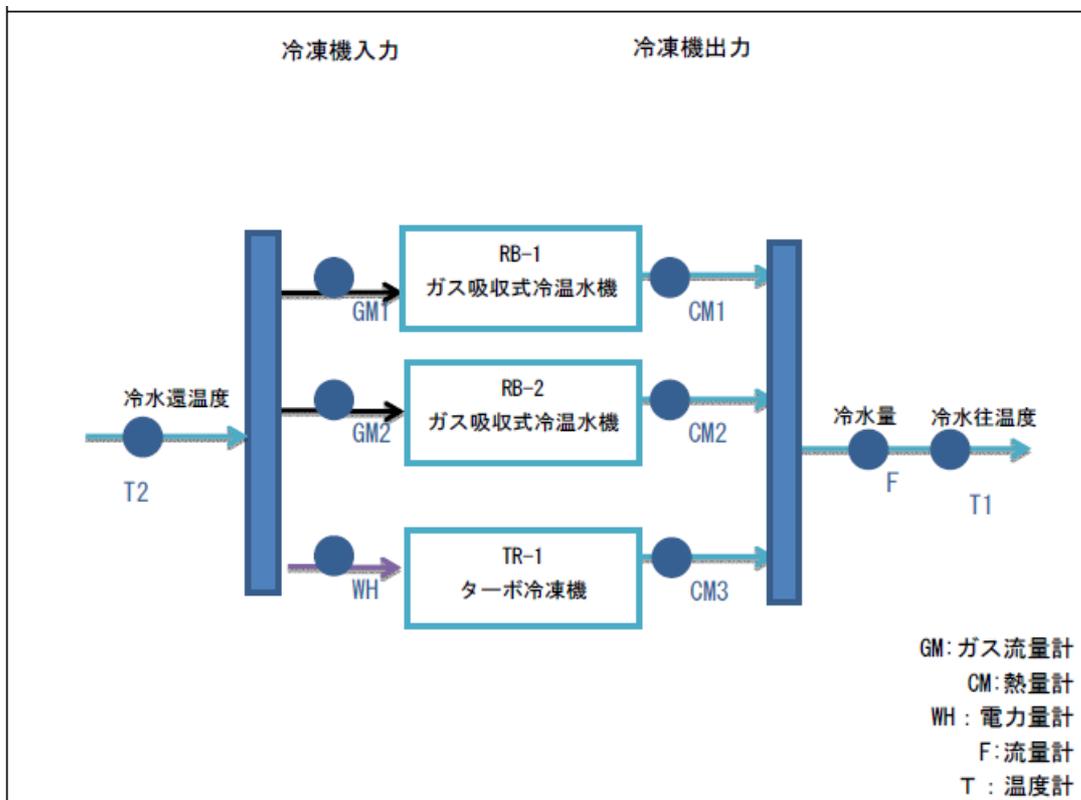


図 3.7.2 システムフローの例

- 自動制御図（制御概要書、特記仕様書等）：どのようなロジックで熱源機器の運転台数は制御されるべきかを明確にする。

Ⅱ. 冷凍機

- （１）負荷熱量により、冷凍機必要台数を判断して冷凍機台数制御を行う。
- （２）故障時は代替機の運転を行う。
- （３）中央との通信を行う。（群発停，状態，警報，監視，計測）

図 3.7.3 特記仕様書の例

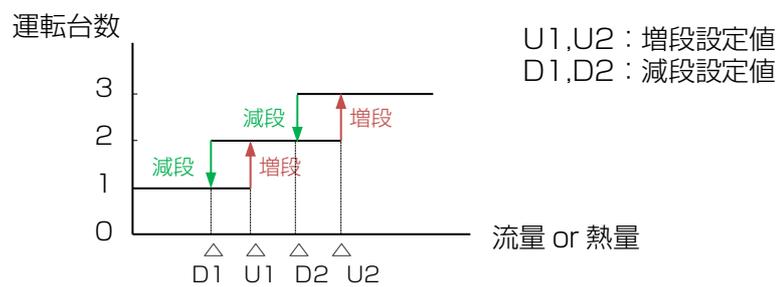


図 3.7.4 熱源機器の制御概要の表示例

3.7.2 納入仕様書等

- 機器納入仕様書、試験成績書：実際に納入された熱源機器の仕様を把握する。また、熱源単体で規定通りの性能が出ているかどうかを確認する。
- 自動制御納入仕様書（制御概要、制御パラメータ設定リスト）：設計図書では規定されていない詳細な制御ロジックや初期パラメータ等を明確にする。

4.1 性能確認

表1に示した冷房/暖房の各条件における冷温水出口温度を合せた試運転を実施しました。設備負荷(冷温水入口温度)、及び外気温度については成り行きとなります。試運転結果の一覧を表2に記します。

表2. 試運転結果一覧

項目	単位	冷房1	冷房2	暖房1	暖房2
冷房/暖房能力	kW	218	146	438	389
	%	41.3	27.8	103.0	91.5
冷温水入口温度	℃	10.3	14.1	36.8	34.6
冷温水出口温度	℃	7.0	11.8	45.1	42.0
冷温水流量	m ³ /h	56.9	57.0	45.8	45.8
乾球温度	℃	18.4	19.4	17.6	16.4
湿球温度	℃	15.0	17.5	15.1	13.6
消費動力	kW	32.1	21.9	107.9	95.9
計測COP	-	6.78	6.69	4.06	4.05
読取COP	-	6.5	6.1	4.1	4.3
誤差(計測/読取)	%	4.33	9.67	1.05	5.70
許容計測誤差	%	15.0	21.6	9.0	10.0
評価 (誤差<許容計測誤差)	-	OK	OK	OK	OK

※ 上表は5分間の平均データを記しております。

※ 消費動力は、パワーメータにて計測。補機の動力も含みます。

※ 計測結果から算出されるCOPが提出済み部分負荷曲線に対して許容計測誤差の範囲内であることを確認し、評価を行いました。

図 3.7.5 試験成績書の例

表 3.7.1 熱源台数制御に関するパラメータリストの例

冷凍機	優先順位		熱量[kW]	負荷率[%]	備考
ターボ冷凍機 (TR-1)	1	増段条件	1,760	100	
		減段条件	-	-	
ガス焚冷温水 発生器 (GAR-1)	2	増段条件	1,760	100	GAR-1 と GAR-2は2台 運転時、耐久性 を考慮して交 互(ローテーシ ョン)運転とす る。
		減段条件	704	40	
	3	増段条件	1,760	100	
		減段条件	939	53	
ガス焚冷温水 発生器 (GAR-2)	2	増段条件	1,760	100	
		減段条件	704	40	
	3	増段条件	1,760	100	
		減段条件	939	53	

3.8 データ計測

3.8.1 必要となるデータ

各テストを実施するために必要となるデータを表 3.8.1 に示す。

表 3.8.1 性能試験に必要な計測データ

テスト \ 必要データ	負荷側流量	冷温水往温度	冷温水還温度	ヘッド圧力	熱源運転台数	熱源流量	熱源入口 冷温水温度	熱源出口 冷温水温度
TEST-1: 流量、熱量または圧力と運転台数の変化の確認	■	■	■	■	■			
TEST-2a: 負荷側流量と運転台数の関係の検証	■				■			
TEST-2b: 負荷側熱量と運転台数の関係の検証	■	■	■		■			
TEST-2c: 圧力と運転台数の関係の検証				■	■			
TEST-3: 起動優先順位の検証						■	■	■

3.8.2 データ収集

必要となるデータは、次のいずれかの方法で収集を行う。

- ・ 必要なデータを計測するためのセンサーが既に設置されており、中央監視装置等によりデータを自動で収集する。ただし、計測値の確からしさの検証を実施することが必須である。
- ・ 機器等から発信される制御用の信号値を仮設ロガーで収集する。
- ・ 別途計測センサーやロガーを設置して収集する

各データについて、データ収集方法の例を表 3.8.2 に示す。

表 3.8.2 データ収集方法の例

	中央監視装置 + 既設センサ —	仮設ロガー + 制御用信 号等	仮設ロガー + 仮設セン サー	代替方法	加工方法
流量	○				
冷温水温度	○		○		配管表面温 度を流体温 度とみなす
ヘッド圧力	○	○		圧力ゲージ を目視で確 認すること でも可とす る。	
熱源運転台数	○		○	電力量また は電流値で も可とする	各熱源の発 停信号から 算出する

3.8.3 計測機器

性能試験に必要なデータは、表 3.8.3 に示す計測器を用いて計測する。

表 3.8.3 計測器の条件

データ項目	単位	センサー精度	レンジ	センサーの例
水温	℃	±0.3℃	0-60℃	熱電対
水量	m ³ /h	±2%	システムによる	電磁流量計 (困難な場合は、超音波流量計などによる)
蒸気量	kg/h	±5%	システムによる	オリフィス流量計
電力量	Wh	計量法に基づく電力量計	システムによる	クランプ式電力量計
ガス量	m ³ /h	計量法に基づくガス量計	システムによる	ガスメータ
水圧	Pa	±1%	システムによる	
蒸気圧	Pa	±2%	システムによる	ブルドン管圧力計

3.8.4 計測時間間隔及び計測期間

計測時間間隔及び計測期間は、次のいずれかであることを基本とする。

- ・ 1 時間間隔のデータを 1 年間連続して計測する。
 - 中央監視装置によるデータが利用できる場合等
- ・ 1 分間隔のデータを、次に示す時期に 1 週間程度連続して計測する。
 - 夏期（7 月下旬などの冷房負荷が大きい時期）
 - 中間期（10 月上旬などの冷房負荷が小さい時期）
 - 冬期（1 月下旬などの暖房負荷が大きい時期）

3.9 試験方法

3.9.1 TEST-1 流量、熱量または圧力と運転台数の変化の確認（タイプ A、B、C）

このテストでは、流量、熱量または圧力と運転台数の時系列変化を確認することによって、計測期間中に熱源機器の台数制御が行われていることを検証する。

STEP 1) データの収集

各熱源機器について、次の項目の時系列データを計測する。

- ・ 負荷側流量、負荷側熱量、またはヘッダ圧力
- ・ 熱源機器の運転状態（ON-OFF）

STEP 2) 運転台数の算出

熱源機器の運転状態信号から、熱源運転台数を算出する。運転状態信号が無い場合は、熱源機器のエネルギー消費量、消費電力などから運転台数を推定する。つまり、エネルギー消費量または消費電力が待機状態の値を上回っている場合にその熱源機器は運転中であると判断する（図 3.9.1）。

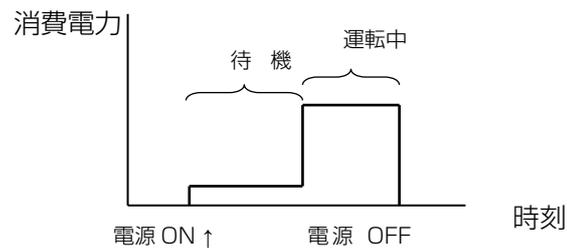


図 3.9.1 熱源機器の運転状態の推定例

STEP 3) 流量、熱量または圧力と運転台数の分析

負荷側流量、負荷側熱量、またはヘッダ圧力と熱源機器運転台数について、図 3.9.2 に示すトレンドグラフ（横軸：時刻、縦軸：流量、熱量または圧力、および運転台数）を作成する。

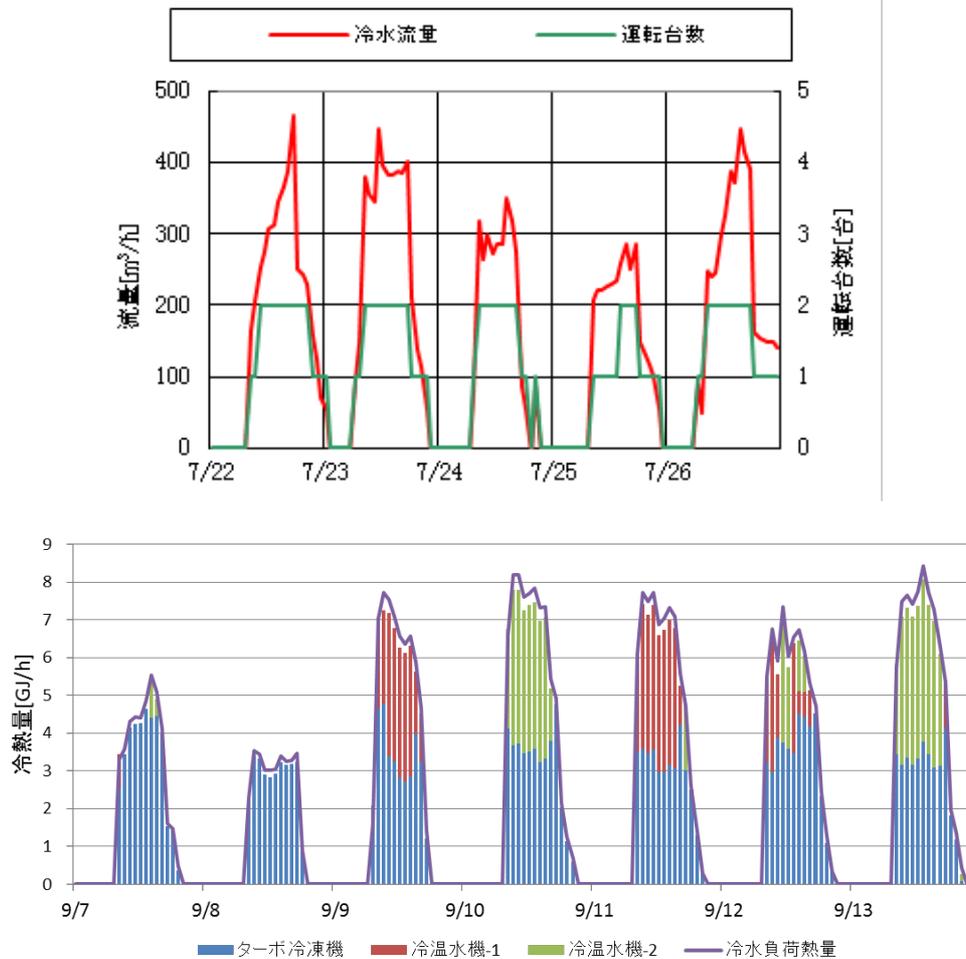


図 3.9.2 負荷側流量・熱量と運転台数のトレンドグラフの例

STEP 4) あるべき性能の把握

流量、熱量または圧力について、制御パラメータ設定リストに記載されているパラメータ「増段設定値及び減段設定値」を確認し、STEP3 で作成したグラフの期間中に流量、熱量または圧力が増減段の設定値をまたいで変化していることを確認する。

STEP 5) 性能の判断

流量、熱量または圧力が変化した際に、熱源の運転台数が変化していれば、測定期間中に台数制御が機能していると判断する。

3.9.2 TEST-2a 流量と運転台数の関係の検証（タイプ A）

このテストでは、冷温水または蒸気の流量に応じて熱源機器の運転台数を増減する制御が正しく行われていることを検証する。

STEP 1) データの収集

各熱源機器について、次の項目の時系列データを計測する。

- 冷温水または蒸気の流量
- 熱源機器の運転状態（ON-OFF）

STEP 2) 熱源機器運転台数の算出

熱源機器の運転状態信号から、熱源運転台数を算出する。運転状態信号が無い場合の扱いは3.9.1と同様とする。

STEP 3) 流量と運転台数の関係の分析

冷温水または蒸気の流量と熱源運転台数から、図 3.9.3 に示すグラフ（横軸：冷温水または蒸気の流量、縦軸：運転台数）を作成する。

複数種類の熱源機器で構成される熱源群で、各種条件（季節や時間帯等）によって優先順位および増減段のタイミングが異なる場合には、当該条件毎にグラフ化を行う。

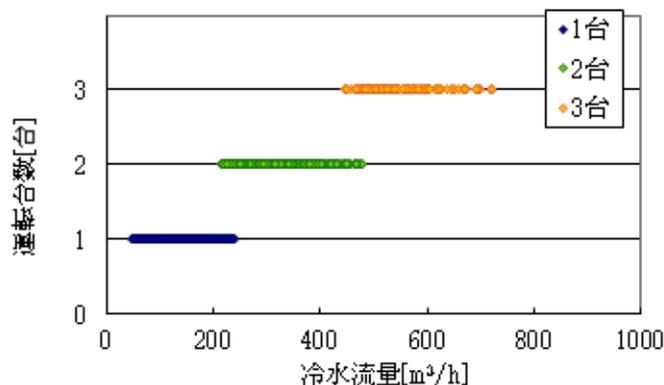


図 3.9.3 流量と運転台数の関係の例

STEP 4) あるべき性能の把握

制御パラメータ設定リストに記載されているパラメータ「熱源増段流量及び熱源減段流量」を確認し、どのように台数が変化すべきかをSTEP3で作成したグラフ上に記入する。

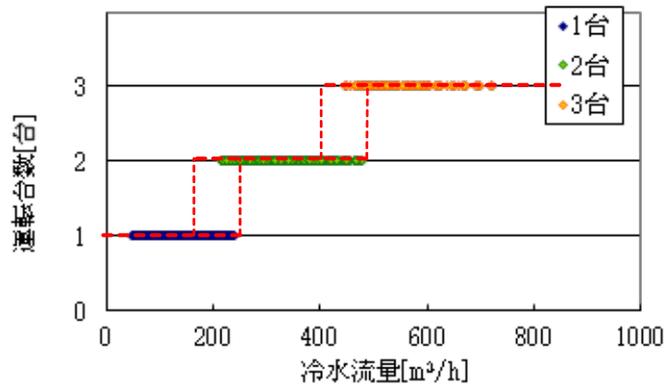


図 3.9.4 流量と運転台数の関係の例（制御パラメータの記載）

STEP 5) 性能の判断

計測データから得られた運転台数の変化と設計時に想定した熱源運転台数の変化を比較して、設計意図通りに動いているかを判断する。特に確認すべき点を以下に示す。

- ・ 各運転台数における冷温水または蒸気の流量が、上位への増段流量を 5 %以上上回っていないか。
- ・ 各運転台数における冷温水または蒸気の流量が、下位への減段流量を 5 %以上下回っていないか。

3.9.3 TEST-2b 熱量と運転台数の関係の検証（タイプB）

このテストでは、冷温水または蒸気の熱量に応じて熱源機器の運転台数を増減する制御が正しく行われていることを検証する。

STEP 1) データの収集

各熱源機器について、次の項目の時系列データを計測する。

- 冷温水または蒸気の熱量
- 熱源機器の運転状態（ON-OFF）

STEP 2) 熱源機器運転台数の算出

熱源機器の運転状態信号から、熱源運転台数を算出する。運転状態信号が無い場合の扱いは3.9.1と同様とする。

STEP 3) 流量と運転台数の関係の分析

冷温水または蒸気の熱量と熱源運転台数から、グラフ（横軸：冷温水または蒸気の熱量、縦軸：運転台数）を作成する。

複数種類の熱源機器で構成される熱源群で、各種条件（季節や時間帯等）によって優先順位および増減段のタイミングが異なる場合には、当該条件毎にグラフ化を行う。なお、熱源起動直後は生成熱量が安定せず、生成熱量と運転台数の関係が想定通りにならない可能性が高い。このような過渡状態（例えば起動後1時間分）のデータは除外してグラフ化をする。

STEP 4) あるべき性能の把握

制御パラメータ設定リストに記載されているパラメータ「熱源増段熱量及び熱源減段熱量」を確認し、どのように台数が変化すべきかをSTEP3で作成したグラフ上に記入する。

STEP 5) 性能の判断

計測データから得られた運転台数の変化と設計時に想定した熱源運転台数の変化を比較して、設計意図通りに動いているかを判断する。特に確認すべき点を以下に示す。

- 各運転台数における冷温水または蒸気の熱量が、上位への増段熱量を5%以上上回っていないか。
- 各運転台数における冷温水または蒸気の熱量が、下位への減段熱量を5%以上下回っていないか。

[判断の例]

設計では、1 台運転時に定格の約 75% (3.7 GJ/h) を超える負荷になると 2 台目が起動すると記されている。しかし、実測データでは定格の 100% (5.0 GJ/h) 程度で 2 台目が起動しており、設計意図通りの設定になっていないことが確認できる。

なお、図 3.9.5 において (1) と記した部分 (1 台運転時に冷水負荷が定格能力を超えている部分) は 2 台から 1 台に減段した直後の残留運転によるものと考えられる。また、2 台運転時に冷水負荷が小さくなっている部分 (図中(2)) は、起動直後で 1 時間未満の運転となっているものと考えられる。前述のとおり、このような過渡状態のデータは除外をして判断すべきである。

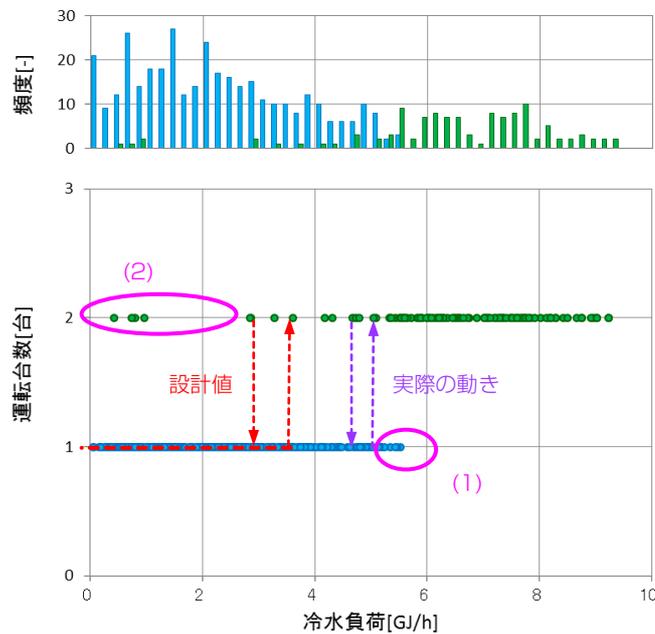


図 3.9.5 積算熱量 (冷熱) と運転台数の関係の例

3.9.4 TEST-2c 圧力と運転台数の関係の確認（タイプ C）

このテストでは、冷温水または蒸気のヘッダ圧力に応じて熱源機器の運転台数を増減する制御が正しく行われていることを検証する。

STEP 1) データの収集

各熱源機器について、次の項目の時系列データを計測する。

- 冷温水または蒸気のヘッダ圧力
- 熱源機器の運転状態（ON-OFF）

STEP 2) 熱源機器運転台数の算出

熱源機器の運転状態信号から、熱源運転台数を算出する。運転状態信号が無い場合の扱いは 3.9.1 と同様とする。

STEP 3) 流量と運転台数の関係の分析

冷温水または蒸気のヘッダ圧力と熱源運転台数から、図 3.9.6 に示すグラフ（横軸：冷温水または蒸気のヘッダ圧力、縦軸：運転台数）を作成する。3.9.3 と同様、過渡状態のデータは除外してグラフ化を行う。

複数種類の熱源機器で構成される熱源群で、条件によって優先順位および増減段のタイミングが異なる場合には、個別に分析を行う。

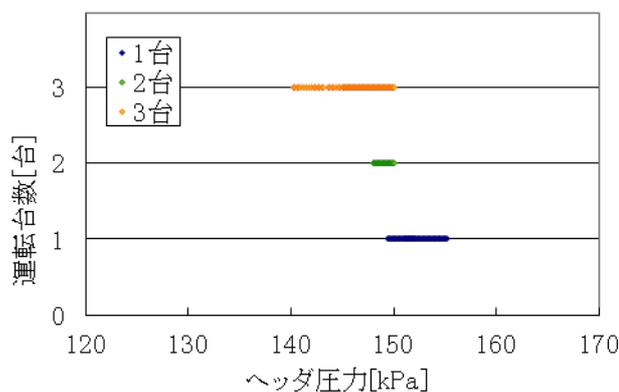


図 3.9.6 ヘッダ圧力と運転台数の関係の例（計測値）

STEP 4) あるべき性能の把握

制御パラメータ設定リストに記載されているパラメータ「熱源増段圧力及び熱源減段圧力」を確認し、どのように台数が増減すべきかを STEP3 で作成したグラフ上に記入する。

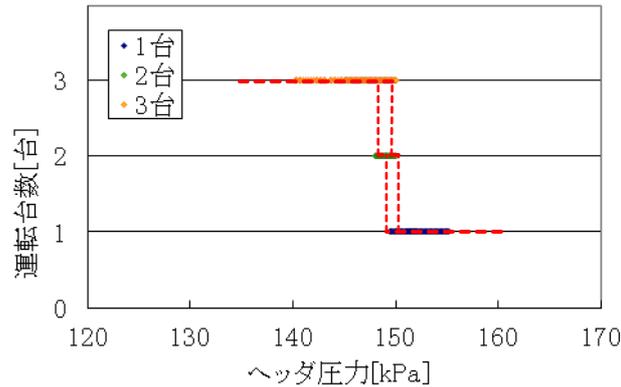


図 3.9.7 ヘッド圧力と運転台数の関係の例（制御パラメータ記載）

STEP 5) 性能の判断

計測データから得られた運転台数の変化と設計時に想定した熱源運転台数の変化を比較して、設計意図通りに動いているかを判断する。特に確認すべき点を以下に示す。

- 各運転台数におけるヘッド圧力が、上位への増段圧力を 10%以上上回っていないか。
- 各運転台数におけるヘッド圧力が、下位への減段圧力を 10%以上下回っていないか。

3.9.5 TEST-3 起動優先順位の検証（タイプ A、B、C）

このテストでは、熱源機器の起動優先順位が設計意図どおりになっていることを検証する。

STEP 1) データの収集

各熱源機器について、次の項目の時系列データを計測する。

- 熱源側流量
- 熱源入口冷温水温度
- 熱源出口冷温水温度

STEP 2) 製造熱量の算出

熱源側流量および熱源出入口温度差から熱源機器別の製造熱量を算出し、合計したものを熱源システム全体の製造熱量とする。

STEP 3) 製造熱量の分析

STEP 2 で算出した製造熱量を降順に整列し、図 3.9.8 に示す棒グラフ（デュレーションカーブ）（横軸：出現順、縦軸：熱源全体の製造熱量）を作成する。優先順位が月別や季節別等で異なる場合は、当該条件毎にグラフを作成する。グラフ化の際、図 3.9.8 に示すように熱源機器別の積み上げ棒グラフとして描くとシステム全体の挙動が把握できる。

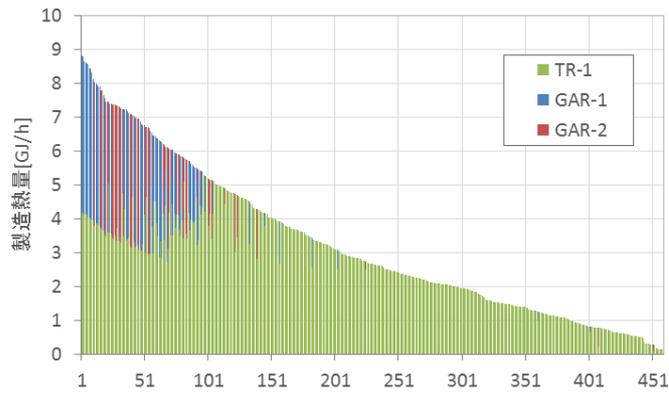


図 3.9.8 熱源全体の製造熱量（デュレーションカーブ）の例
 （凡例の TR はターボ冷凍機、GAR はガス吸収式冷凍機を意味する）

STEP 4) あるべき性能の把握

自動制御納入仕様書に記載されている動作説明を確認し、どのような優先順位で熱源機器が運転されるべきかを確認する。

STEP 5) 性能の判断

製造熱量に対して、設計意図通りの優先順位で熱源機器が運転されているかどうかを判断する。

4. 空気調和設備における蓄熱式熱源システムの定温蓄熱制御

4.1 適用

空気調和設備の自動制御技術のうち、蓄熱式熱源システム（熱源システムの中に蓄熱槽が組み入れられたシステム）を対象とした定温蓄熱制御の性能試験法を定める。ここでは、汎用の現場築造型水蓄熱システムを対象とし、直結循環式熱源との併用、及び蓄熱・直結循環切替利用システムにおける切替運転制御は含まない。また、製品化された氷蓄熱システムはメーカー独自の制御システムが組み入れられており、汎用的な試験法を作成することが困難であるため対象とはしない。

定温蓄熱制御とは、始端槽(層)を二次側限界上昇温度内に収めるために、熱源機器からの流入水の温度を常に設定された温度に保持することを目的とした制御である。具体的には、次のいずれかの方法で対応する必要がある。

- ・ 入口温度を調節するために始端槽(層)水または熱源出口からのバイパス水を混ぜる。
- ・ 変流量型熱源機として水量を調節して温度差を調整する。

対象とするシステムの範囲は図 4.1.1 の一点鎖線で囲んだ部分である。図 4.1.1 は、三方弁制御系を除いて二次側送水方式と空調機の変流量制御のオプション別に描いている。ここで、二次側送水方式オプションとは、熱交換器を経由する場合と直送方式との別を言う。変流量制御オプションとは、通常の二方弁制御方式と、特にファンコイルユニット制御対応の大温度差確保弁を適用した場合の別を言う。

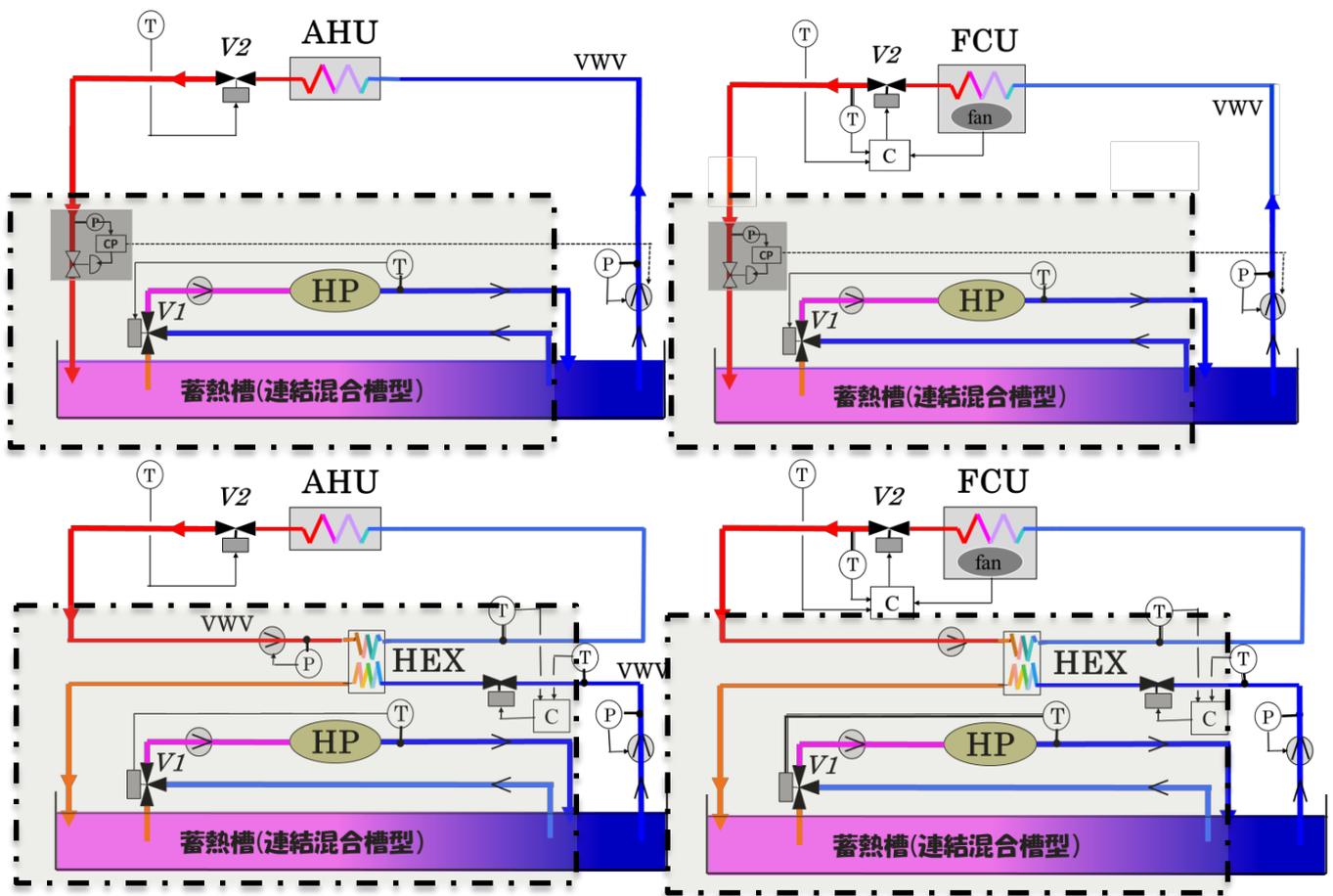


図 4.1.1 蓄熱式空調システム制御オプションの全体像概念図と

検証対象範囲(変流量対応のみ)

上段: 直送方式、下段: 熱交換器経由方式

左側: 通常の空調機二方弁制御方式、右側: FCU に大温度差確保制御弁適用方式

(図中の AHU は空調機、FCU はファンコイルユニット、HP はヒートポンプ、

HEX は熱交換器、VWV は変流量制御、

T は温度、P は圧力、V はバルブ、C はコントローラを意味する)

4.2 引用規格・参考文献

- 1) 中原信生・宮武修編著：蓄熱技術—理論とその応用—第 I 編—「蓄熱技術概論、顕熱蓄熱」、信山社、1996
- 2) 射場本忠彦他：蓄熱式空調システム、基礎と応用、空気調和・衛生工学会、1995
- 3) 空気調和・衛生工学会：SHASE-M 0007-2005、設備システムに関するエネルギー性能計測マニュアル
- 4) ヒートポンプ・蓄熱センター編、蓄熱技術基準
- 5) ヒートポンプ・蓄熱センター編、蓄熱システムの最適化制御 計画・設計マニュアル
- 6) ヒートポンプ・蓄熱センター編、蓄熱式空調システムのコミッショニングガイドブック

4.3 用語の定義

4.3.1 蓄熱式熱源システム

熱源システムの中に蓄熱槽が組入れられ、空調負荷或いは電力負荷のピークカット、ピークシフトにより熱源システムの高効率・経済的運転を達成するように構成されたシステム

4.3.2 水蓄熱システム

蓄熱の媒体として蓄熱槽に蓄えられた水を利用し、その温度差による顕熱を蓄熱(一次側熱源の出力を蓄える)或いは放熱(二次側負荷を処理する)するシステム。蓄熱水はシステムを貫流する熱媒と兼用するが、二次側との関係においては、熱交換器を介して分離する場合と分離せずに蓄熱槽水が直接二次側空調システム系に送られる場合とがある。一次側熱源とは直接接続する 경우가多いが、熱交換器を介する場合もある。

4.3.3 連結完全混合槽型蓄熱槽

建物の地中梁或いはその間に設けられた間仕切り壁、ベースマット並びに上部の床で区切られた空間で作られた水槽(これを単槽と呼ぶ)を直列に連結し、連通管を通して水を蓄え、循環できるようにした蓄熱槽を言う。各単槽内の水は完全に混合することを前提としているので連結完全混合槽型蓄熱槽と呼ぶ。連結槽全体としては端部の槽から反対の端部の槽に向けて押し出し特性(ピストンフロー特性)を持たせて低温水と高温水とを分離させる効果がある。連結槽の数が多いほどピストンフロー特性が強くなる。

4.3.4 温度成層型蓄熱槽

高温になるほど密度が小さくなる水の特性を利用し、槽内水と流入水の関係において冷たい側の水と暖かい側の水が浮力によって分離する現象を利用してピストンフロー特性を実現する蓄熱槽。単一槽から成るのが原則である。密度の温度特性が逆転する 4℃以下では温度成層効果は利用できないこと、流入水の攪乱効果によって流入側に一定の深さの完全混合領域が生じること、4℃以上の領域で上下に温度逆転(下部の温度より上部の温度の方が低温になる)があると重力混合により逆転が解消するまで速やかに均一温度になって温度成層が弱められることなどの特徴がある。

4.3.5 連結温度成層型蓄熱槽

温度成層型蓄熱槽を直列に接続して、全体として温度成層型としてのピストンフロー特性を実現させる蓄熱槽。連結完全混合槽型蓄熱槽にするには槽数が確保できず、温度成層型とするには深さと槽容量が確保できないときに利用される。コストの見地から見て連結温度成層とする限界槽数は10槽程度であり、15槽以上では連結完全混合槽型とするのが良い。連結時に温度成層が解消しないように水流方向逆転が必要であり、その方法としてスリット槽接続(潜り堰接続とも言う)、パイプ接続とがあり、パイプ接続の場合は流入水による完全混合域を小さくするために水の流速を下げ、輻流上に放出させるディストリビューターを設けることが多い。

4.4 記号等

本章で使用する記号等を表 4.4.1 に定義する。

表 4.4.1 記号、単位、略語

記号	意味	単位
T	温度センサー	
P	圧力(水頭)センサー	
F, Q	流量計(瞬時または積算)	
V	弁	
CP, DDC	コントローラー	
P,I,D	制御動作、制御パラメーター(比例、積分、微分)	
R, HP	冷凍機、ヒートポンプ	
t, θ	温度(水温)	°C
V	水量	m ³
P, p	水圧または水頭	KPa, mAq
dP	差圧	KPa
q, Q, H	熱量(瞬時または積算)	kW, MJ/h, kWh, GJ
E	エネルギー消費量	kWh, (k,M,G)J(/d, a)
INV	インバータ周波数 (Inverter Frequency)	Hz
O	バルブ開度	%

4.5 制御方式

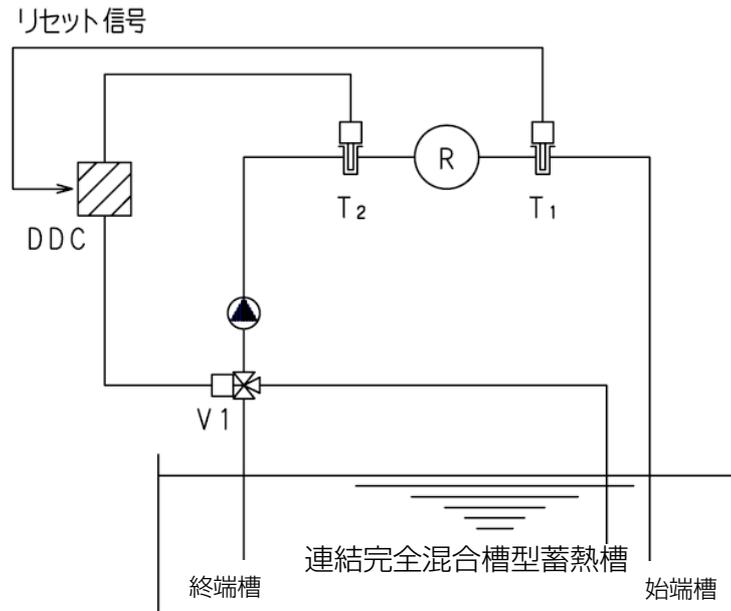
定温蓄熱制御のうち、表 4.5.1 に示す制御方式を対象とする。

表 4.5.1 対象とする定温蓄熱制御の分類

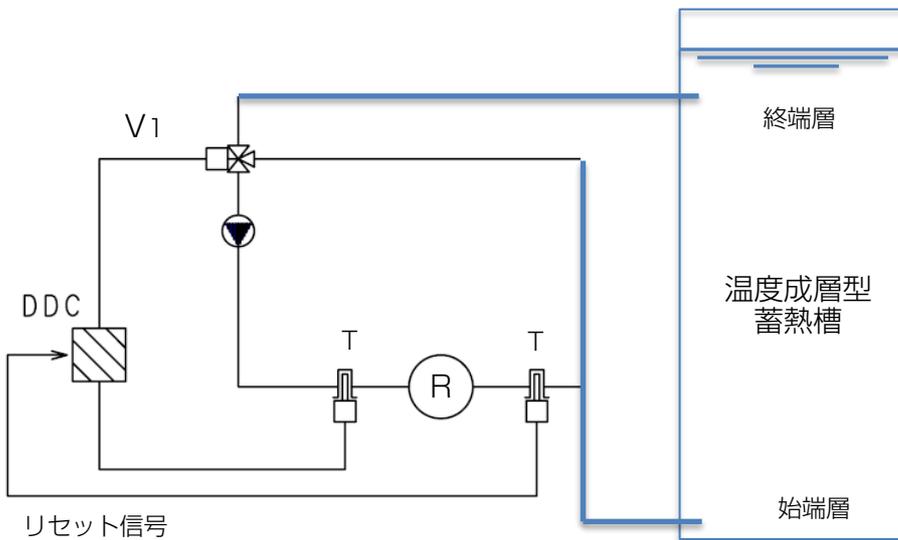
タイプ	吸込み三方弁制御			ポンプ回転数 制御
	熱源出口 温度一定	熱源入口温度一定		熱源出口 温度一定
タイプ A1	■			
タイプ A2		■		
タイプ A3		■	出口温度で補正	
タイプ A4		■	出入口温度差で補正	
タイプ B				■
タイプ C1		■		■
タイプ C2		■	出口温度で補正	■
タイプ C3		■	出入口温度差で補正	■

4.5.1 吸込み三方弁制御方式（タイプA）

入口温度を調節するために始端槽(層)水または熱源出口からのバイパス水を混ぜることにより、熱源機器からの流入水の温度（熱源出口温度）を一定にする方式。混合三方弁(または大口径の場合は二方弁の組み合わせ)を用いるので吸込み三方弁制御と通称される。図 4.5.1 にシステム図を示す。なお、図中の R は冷凍機を意味する。



(a) 連結完全混合槽型蓄熱槽の場合



(b) 温度成層型蓄熱槽の場合

図 4.5.1 吸込み三方弁制御方式（タイプA）（冷水蓄熱時）

どの温度で制御するかによって次の4方式に分類される。

タイプA1：

初期のシステムで採用されたが、制御の応答がすぐ出口温度に現れて、ほぼリアルタイムで偏差が感知され訂正動作が指令されるので、弁のハンチングが起きやすく、それを避けるために比例帯を大きく設定することがあり、定温蓄熱が実現しなくなることが多い。制御精度に限界がある。

タイプA2：

多くの蓄熱システムで採用されている方式であり、制御結果が制御量に直接の影響を与えないのでハンチングは起こらず安定動作をするが、熱源能力と水量の齟齬、ヒートシンク(冷却塔など)の温度の変動による熱源能力の季節変動等によって、目的の出口温度が厳密には定温にならない。

タイプA3：

タイプA2の欠点を除くために、出口温度の目標値からの偏差によって入口温度の設定値を修正するカスケード制御を行うことにより定温蓄熱制御を安定的に実現する。

タイプA4：

タイプA3と同様の効果が有り、汎用メーカーの標準仕様があり実在する実施例に対応するために別記したもの。

なお、タイプA3は、吸込み三方弁制御方式に於いて制御の安定性を求めるために、熱源入口温度を制御量として三方弁制御を行い、さらに熱源出口温度における目標値からの偏差によって入口温度設定値をリセットするカスケード制御とすることによって安定的に定温蓄熱を達成することを意図したものである。

4.5.2 変流量制御方式（タイプB）

熱源機器からの流入水の温度（熱源出口温度）を一定にするために、変流量型熱源機として水量を調節して温度差を高める方式。ポンプにインバータを取り付けて流量を変化させる。ポンプ動力が節減できるが、変動流量割合にはメーカー指定の限度値がある（一般には 50%まで）のでそれを超えるときは前節の吸込三方弁制御を併用するタイプ C となる。図 4.5.2 にシステム図を示す。なお、図中の R は冷凍機を、TIC は温度指示調節計を意味する。

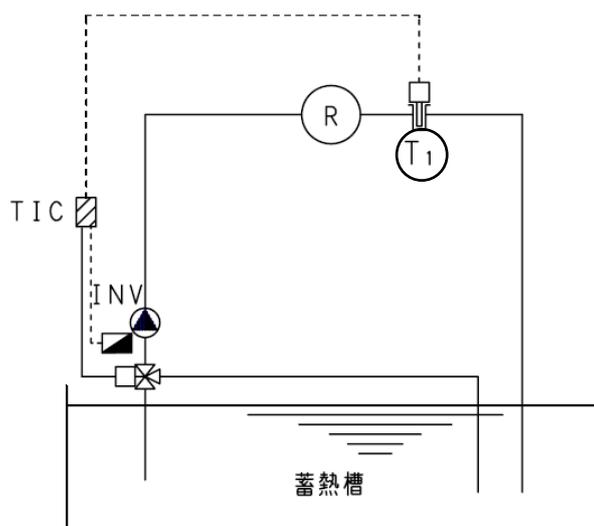


図 4.5.2 変流量制御方式

4.5.3 併用方式 (タイプC)

変流量割合に限界がある場合(一般には 50%程度)において、変流量制御とバイパス制御と併用する方式。例えば 10°C以上の大温度差の場合にこの方式を採る。なお、吸込み三方弁制御と変流量制御では主制御量が切り替わるので、切替時点の熱源入口温度を記憶しておく必要がある。また、変流量制御中は三方弁の始端槽(層)側ポートは全閉となる。図 4.5.3 にシステム図を示す。なお、図中の R は冷凍機を、F は流量計を、TIC は温度指示調節計を意味する。

タイプ C1 :

二次側大温度差による省エネルギー効果と熱源変流量制御による省エネルギー効果を併存させることができるが、出口温度制御とすると前述の通りハンチングし易い。

タイプ C2 :

タイプ C1 で三方弁制御域では入口出口温度制御とするもの。出口温度を制御量とするタイプ C1 の動作域とで切り替える必要が有る。切替は設定温度または設定流量で行う。

タイプ C3 :

三方弁制御のタイプ A4 に対応するもの

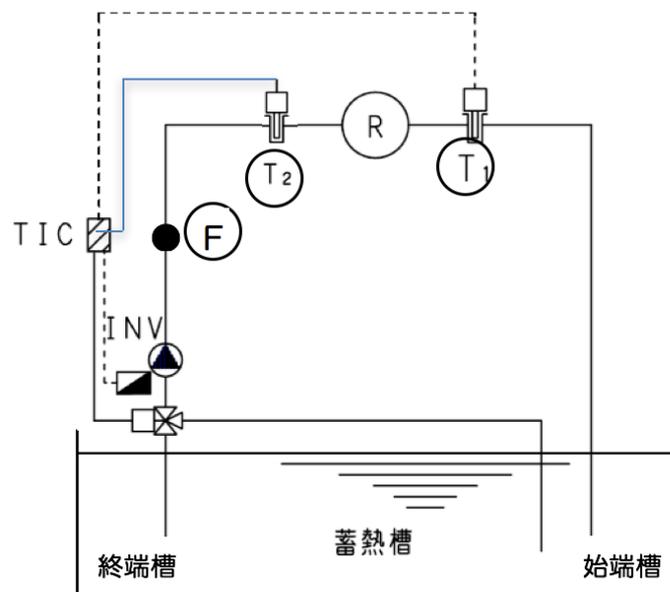


図 4.5.3 併用方式

4.6 性能試験のフロー

蓄熱式熱源システムの定温蓄熱制御の性能試験では、次の試験を実施する。

TEST-1： 熱源出口温度の制御性の検証

熱源出口温度が設定値どおりに運転されていることを検証する。

4.7 システムの要求性能に関する情報

性能試験を実施するために必要な情報として、以下の資料を用意する。具体的な図面の例はヒートポンプ・蓄熱センター編「蓄熱システムの最適化制御 計画・設計マニュアル」を参照のこと。

4.7.1 設計図書

- ・ 機器リスト
- ・ 系統図
- ・ 自動制御図（制御ロジック）
- ・ 台数制御ロジック
- ・ ポンプ回転数制御ロジック

4.7.2 納入仕様書

- ・ 機器納入仕様書
- ・ 自動制御納入仕様書
- ・ 性能試験に必要な各種パラメータをまとめた資料

4.8 データ計測

必要なデータを計測するためのセンサーが既に設置されており、中央監視装置等によりデータを自動で収集されていることとする。ただし、計測値の確からしさの検証を実施することが必須である。具体的なセンサーの例は、ヒートポンプ・蓄熱センター編「蓄熱式空調システムのコミッショニングガイドブック」を参照のこと。

4.9 試験方法

4.9.1 TEST-1： 熱源出口温度の制御性の検証（タイプ A、B、C）

このテストでは、熱源出口温度が設定値どおりに運転されていることを検証する。

STEP 1 熱源機器の起動

次の手順で熱源機器を起動させる。

1. 起動可能条件を確認する。起動可能条件の例を以下に示す。

- ・ 冷水槽高温部(上部)が 15℃ 以上になっていること。
- ・ ヒートポンプ稼働条件が冷水主体モードになっていること。
 - ◇ 凝縮器回路は、外気温度が 10℃以上であれば冷却塔回路を生かし、10℃以下であれば(当該システムが複式蓄熱熱回収方式であるから)温水蓄熱モードに切り替える。温水蓄熱モードの場合は温水吸い込み三方弁制御は生かさず、手動で吸込み温度が 20～30℃になるよう調整して固定する。
- ・ 1 次冷水ポンプ、冷却水ポンプ、冷却塔が何れも支障なく運転可能であること。

2. 熱源機器を起動する。

- ・ 起動スケジュールを優先し、スケジュール時刻を現時刻に合わせて起動条件を与える。
- ・ BEMS 上でトレンド記録を確認し、また三方弁のハンチングの有無を確認する。
- ・ 冷水ポンプが起動、次いでオイルポンプ、その後冷却水ポンプが(夫々30～60 秒の遅れの後) 起動するのを観察する。
- ・ 先発チラーの起動を確認、ベーンが閉止状態で起動し、開き始めるのを確認する。

STEP 2 運転データの計測

次の運転データを計測する。

- ・ 熱源機器の入口温度・出口温度・始端槽温度・終端槽温度
- ・ 三方弁開度
- ・ 各ポートの流量(計量されていれば)、合計流量

STEP 3 制御動作の確認

チラーの入口温度、出口温度の動き、三方弁の動きを観察する。変流量チラーの場合は三方弁制御に先行して冷水ポンプのインバータが駆動し、大温度差により下限水量に達した後は三方弁制御が作動する状態を観察する。

STEP 4 熱源出口温度の分析

熱源出口温度の時系列変化をグラフ化（横軸：時刻、縦軸熱源出口温度）する。

STEP 5 あるべき性能の把握

熱源出口温度の設定値を STEP-4 で作成したグラフの上に描く。

STEP 6 性能の判断

熱源出口温度が設定値 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ の範囲内で運転されていることを確認する。

5. 空気調和設備における熱源機器の冷却水温度制御

5.1 適用

空気調和設備の自動制御技術のうち、熱源システムを対象とした冷却水温度制御の性能試験法を定める。冷却水温度制御とは、熱源機器の保護及び冷却水搬送動力の低減を目的として、負荷等に応じて冷却塔ファンの運転台数やインバータ周波数、バイパス弁開度、冷却水ポンプのインバータ周波数などを変化させる自動制御システムである。

対象とするシステムの範囲を図 5.1.1 に示す。本章では、開放式冷却塔を持つシステムの冷却水温度制御のうち、冷却塔ファンの運転台数やインバータ周波数を変化させる制御、及び冷却水の入口温度に応じてバイパス弁の開度または冷却水ポンプのインバータ周波数を変化させる制御を対象とする。密閉式冷却塔の制御、ローテーション運転を目的とした発停制御、タイマーやオペレータの操作による発停制御は対象とはしない。

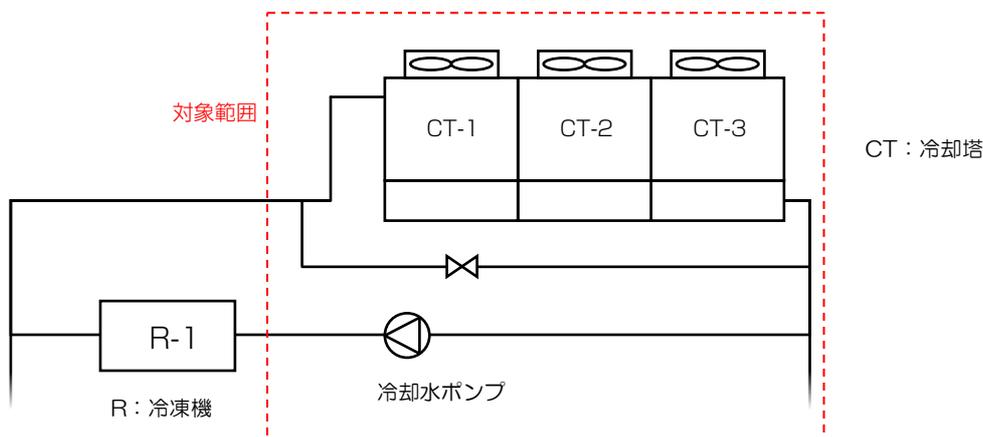


図 5.1.1 対象とする冷却塔システム

5.2 引用規格・参考文献

- 1) 空気調和・衛生工学会：設備システムに関するエネルギー性能計測マニュアル
- 2) 空気調和・衛生工学会：空気調和・衛生用語辞典
- 3) 国土交通省 建築基準整備促進事業：『空調・給湯システムの制御に関する分類整理と省エネルギー効果の実測』調査報告書
- 4) 国土交通省 建築基準整備促進事業：『空調・給湯システムの制御に関する運転データの取得とエネルギー消費量予測のための評価値の作成』調査報告書
- 5) NPO 法人 建築設備コミッション協会：建築設備性能検証マニュアル
- 6) 荏原冷熱システム（株）：技術資料「補給水量」

5.3 用語の定義

5.3.1 セル

冷却塔内をいくつかに分けし、冷却塔の一部だけで単独運転できる最小単位。

5.3.2 バイパス弁

冷凍機の冷却水下限温度を守るために冷却水の一部または全部を、冷却塔を通さずに冷凍機に送るための二方弁または三方弁。

5.3.3 フリークーリングシステム

冬期や中間期に、冷却水を直接または熱交換器を介して冷水として利用するシステム。

5.3.4 冷凍機入口冷却水温度

冷却水が冷凍機に入るときの温度。バイパス弁開度が0%のとき、冷却塔出口温度に等しい。

5.3.5 冷凍機出口冷却水温度

冷却水が冷凍機から出るときの温度。

5.3.6 冷却塔入口冷却水温度

冷却水が冷却塔に入るときの温度。冷凍機が複数ある場合は、冷却水流量を重みとした冷凍機出口温度の加重平均に等しい。

5.3.7 冷却塔出口冷却水温度

冷却水が冷却塔から出るときの温度。

5.3.8 冷却塔の供給熱量

冷却塔が冷却水を冷却する熱量（＝冷却水流量×冷却塔出入口温度差×比熱）。

5.3.9 冷却塔 COP

冷却水の供給熱量を冷却塔で使用したエネルギーに対する比（＝供給熱量／冷却塔消費エネルギー）で表したものの。

5.4 記号等

本章で使用する記号等を表 5.4.1 に定義する。

表 5.4.1 記号等の定義

記号	意味	単位
θ_w	水温	℃
F	インバータ周波数	Hz
O	バルブ開度	%

5.5 制御方式

冷却水温度制御のうち、表 5.5.1 に示す制御方式を対象とする。

表 5.5.1 対象とする熱源台数制御の制御方式

制御方式	目的	検出量	制御対象
タイプ A	冷凍機の保護	冷却水の冷却塔出口温度	冷却塔ファンの発停
タイプ B	冷凍機の保護	冷却水の冷却塔出口温度	冷却塔ファンの INV 周波数
タイプ C	冷凍機の保護	冷却水の熱源機器入口温度	バイパス弁開度
タイプ D	搬送動力の低減	冷却水の熱源機器入口温度	冷却水ポンプの INV 周波数

5.5.1 冷却塔出口温度によるファン運転台数制御方式（タイプ A）

1 セルまたは複数セルで構成される冷却塔において、冷却塔出口冷却水温度に応じて、冷却塔ファンの運転台数を変化させる制御。図 5.5.1 にシステム例を示す。なお、図中の R は冷凍機を、CT は冷却塔を、INV はインバータを意味する。ファンインバータ周波数制御方式（タイプ B）と併用する場合は、インバータ周波数が最小となった時にファンの発停を制御することを基本とする。

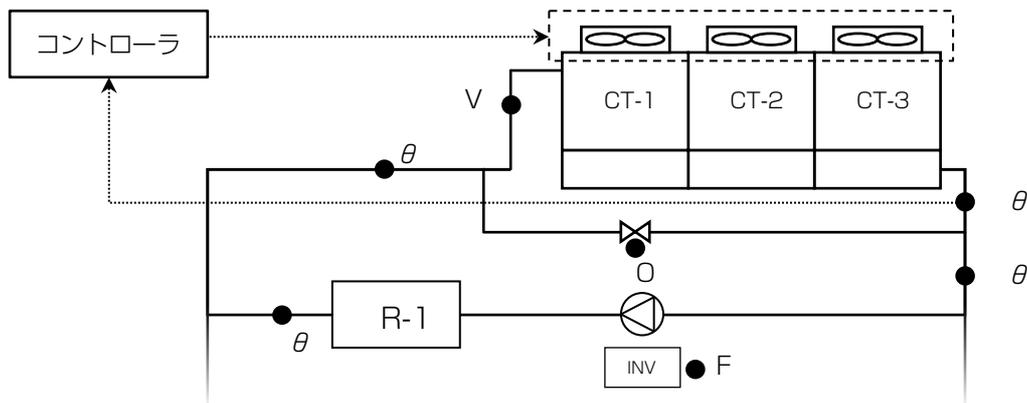


図 5.5.1 タイプ A のシステム例

5.5.2 冷却塔出口温度によるファン INV 周波数制御方式（タイプ B）

1 セルまたは複数セルで構成される冷却塔において、冷却塔出口冷却水温度に応じて、冷却塔ファンのインバータ周波数を変化させる制御。図 5.5.2 にシステム例を示す。なお、図中の R は冷凍機を、CT は冷却塔を、INV はインバータを意味する。ファン運転台数制御方式（タイプ A）と併用する場合は、停止しているファンがあるときは最小周波数で運転し、すべてのファンが運転しているときにのみインバータ周波数を変更することを基本とする。

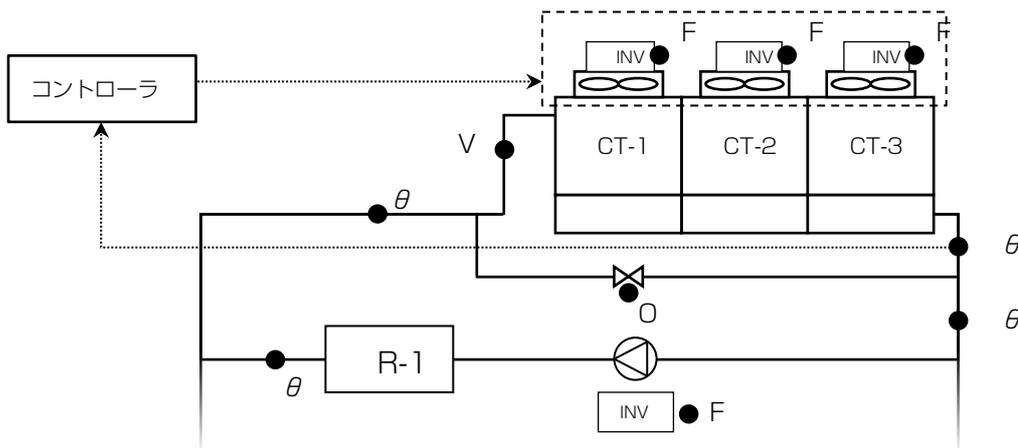


図 5.5.2 タイプ B のシステム例

5.5.3 冷凍機入口温度によるバイパス弁制御方式（タイプ C）

冷却水の一部を冷却塔に送らずにバイパスさせる二方弁または三方弁（バイパス弁）のあるシステムにおいて、冷凍機入口冷却水温度に応じて、バイパス弁の開度を変化させる制御。図 5.5.3 にシステム例を示す。なお、図中の R は冷凍機を、CT は冷却塔を、INV はインバータを意味する。冷却水ポンプインバータ周波数制御方式（タイプ D）と併用する場合は、インバータ周波数が最小になったときにバイパス弁開度を制御することを基本とする。

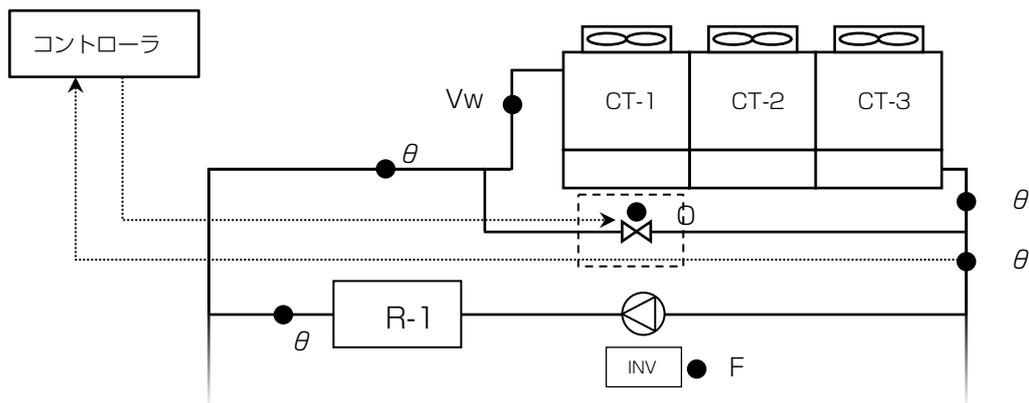


図 5.5.3 タイプ C のシステム例

5.5.4 冷凍機入口温度による冷却水ポンプ INV 周波数制御方式 (タイプ D)

冷凍機出入口冷却水温度差に応じて冷却水ポンプのインバータ周波数を変化させる制御。図 5.5.4 にシステム例を示す。なお、図中の R は冷凍機を、CT は冷却塔を、INV はインバータを意味する。バイパス弁制御方式 (タイプ C) と併用する場合は、バイパス弁が開いているときは最小周波数で運転し、バイパス弁開度が 0% (全閉) のときのみインバータ周波数を変更することを基本とする。

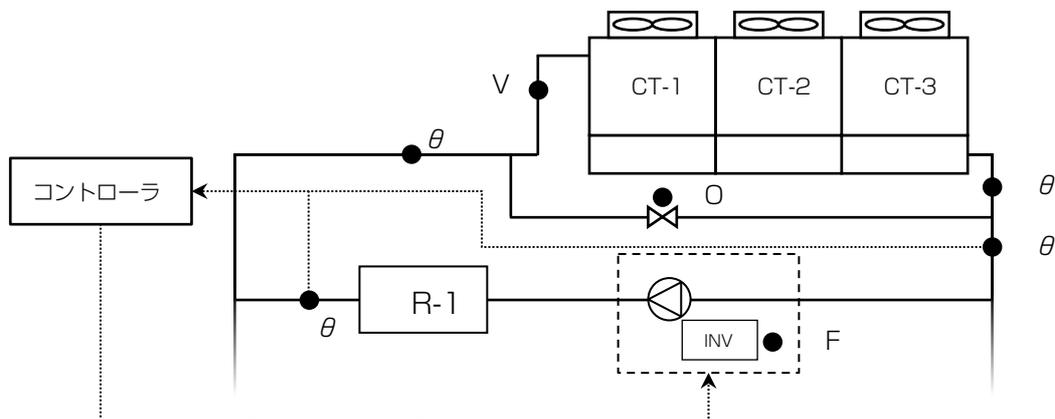


図 5.5.4 タイプ D のシステム例

5.6 性能試験のフロー

熱源機器の冷却水温度制御の性能試験は、次の4つの試験から構成される。

TEST-1：冷却塔出口温度とファン運転台数の関係の検証

冷却水の冷却塔出口温度と冷却塔ファンの運転台数の関係を時系列データにより検証する。

TEST-2：冷却塔出口温度とファン INV 周波数の関係の検証

冷却水の冷却塔出口温度と冷却塔ファンINV周波数の関係を時系列データにより検証する。

TEST-3：冷凍機入口温度とバイパス弁開度の関係の検証

冷却水の冷凍機入口温度とバイパス弁開度の関係を時系列データにより検証する。

TEST-4：冷凍機出入口温度差と冷却水ポンプ INV 周波数の関係の検証

冷却水の冷凍機出入口温度差と冷却水ポンプINV周波数の関係を時系列データにより検証する。

- 計装図（制御ロジック）

制御概要（制御の方式、目的、動作内容等）、特記仕様

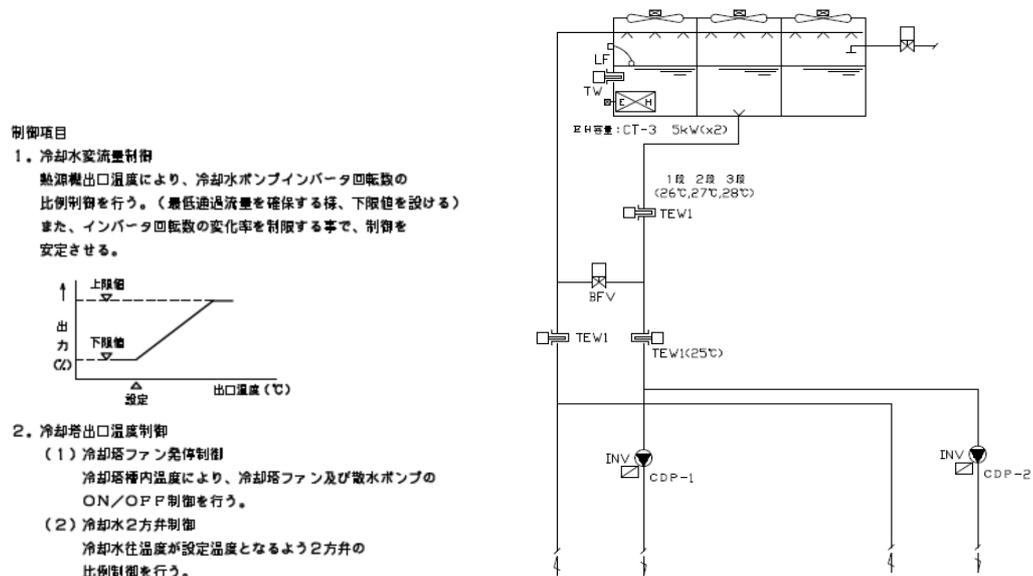


図 5.7.2 制御概要の例

5.8 データ計測

5.8.1 必要となるデータ

各テストを実施するために必要となるデータを表 5.8.1 に示す。

表 5.8.1 性能試験に必要な計測データ

テスト	必要データ	冷却塔出口冷却水温度	冷凍機入口冷却水温度	冷凍機出口冷却水温度	冷却ファン運転状態	冷却塔ファン運 INV 周波数	バイパス弁開度	冷却水ポンプ運転状態	冷却水ポンプ INV 周波数	冷却水流量
TEST-1: 冷却塔出口冷却水温度とファン運転台数の関係の検証		■			■			■		
TEST-2: 冷却塔出口冷却水温度とファン INV 周波数の関係の検証		■				■				
TEST-3: 冷凍機入口冷却水温度とバイパス弁開度の関係の検証			■				■			
TEST-4: 冷凍機出入口冷却水温度差と冷却水ポンプ INV 周波数の関係の検証			■	■					■	■

5.8.2 データ収集

必要となるデータは、次のいずれかの方法で収集を行う。

- ・ 必要なデータを計測するためのセンサーが既に設置されており、中央監視装置等によりデータを自動で収集する。ただし、計測値の確からしさの検証を実施することが必須である。
- ・ 機器等から発信される制御用の信号値を仮設ロガーで収集する。
- ・ 別途計測センサーやロガーを設置して収集する

各データについて、データ収集方法の例を表 5.8.2 に示す。

表 5.8.2 データ収集方法の例

	中央監視装置 +既設センサ —	仮設ロガー +制御用信 号等	仮設ロガー +仮設セン サー	代替方法	加工方法
冷却塔出口 冷却水温度	○		○		配管表面温 度を流体温 度とみなす
冷凍機入口 冷却水温度	○		○		配管表面温 度を流体温 度とみなす
冷凍機出口 冷却水温度	○		○		配管表面温 度を流体温 度とみなす
冷却塔ファン 運転台数	○		○	電力量また は電流値で も可とする	各熱源の発 停信号から 算出する
冷却塔ファン インバータ 周波数	○	○			
バイパス弁 開度	○	○			
冷却水ポンプ インバータ 周波数	○	○			

※ 一般的な方法を ○ で示すが、これに限定はしない。

5.8.3 計測機器

性能試験に必要なデータは、表 5.8.3 に示す計測器を用いて計測する。

表 5.8.3 計測器の条件

データ項目	単位	センサー精度	レンジ	センサーの例
水温	℃	±0.3℃	0-60℃	熱電対
水量	m ³ /h	±2%	システムによる	電磁流量計 (困難な場合は、超音波流量計などによる)
電力量	Wh	計量法に基づく電力量計	システムによる	クランプ式電力量計

5.8.4 計測時間間隔期間及び計測期間

計測時間間隔及び計測期間は、次のいずれかであることを基本とする。

- ・ 1 時間間隔のデータを 1 年間連続して計測する。
 - 中央監視装置によるデータが利用できる場合等
- ・ 1 分間隔のデータを、次に示す時期に 1 週間程度連続して計測する。
 - 夏期 (7 月下旬などの冷房負荷が大きい時期)
 - 中間期 (10 月上旬などの冷房負荷が小さい時期)
 - 冬期 (1 月下旬などの暖房負荷が大きい時期)

5.9 試験方法

5.9.1 TEST-1 冷却塔出口温度とファン運転台数の関係の検証（タイプ A）

このテストでは、冷却塔ファン運転台数が、冷却塔出口温度に応じて設計意図通りに制御されているかを検証する。

STEP 1) データの収集

冷却水と各冷却塔ファンについて、次の項目の時系列データを計測する。

- ・ 冷却塔出口冷却水温度
- ・ 冷却塔ファンの運転状態（ON-OFF）
- ・ 冷却水ポンプの運転状態（ON-OFF）

STEP 2) 運転台数の算出

冷却塔ファンの運転状態信号から、冷却塔ファン運転台数を算出する。運転状態信号データが無い場合は、以下のように運転台数を推定する。

- ・ 冷却塔ファン消費電力がファン個別に計測されていれば、この値から運転台数を推定する。ただし、ファンが停止しているときにも微量の電力を消費するため、停止時でも消費電力は 0 にならない可能性があることに注意する。
- ・ 冷却塔全体でファン消費電力を計測している場合は、ファン 1 台あたりの定格消費電力で除した値を整数で近似値したものを運転台数とする。

STEP 3) 分析対象期間の決定

冷却塔の運転状況をグラフ化し、分析行う期間や、温度等の変動範囲等を絞り込む。具体的には次の 2 点についてグラフ化を行う。

- ・ 冷却塔ファン運転台数の推移の確認
 - 年間の冷却塔ファン運転台数データのグラフ（横軸：日付、縦軸：運転台数）を作成する。
 - グラフより冷却塔が運転している期間を特定し、これを分析対象期間とする。
- ・ 冷却塔出口温度の推移の確認
 - 冷却塔出口冷却水温度データのグラフ（横軸：日付、縦軸：冷却塔出口冷却水温度）を作成する。
 - グラフは、冷却塔が運転している時間帯のみ抽出してプロットする。
 - グラフより、冷却塔出口冷却水温度の推移幅を読み取る。

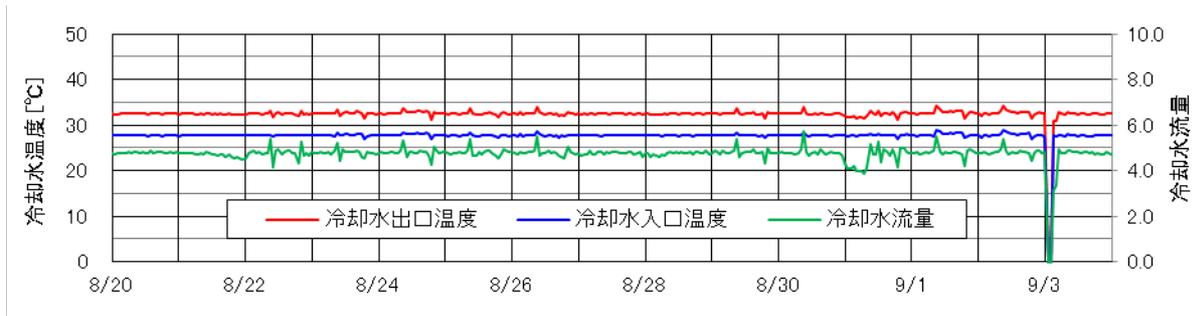


図 5.9.1 時系列グラフの例

STEP 4) 冷却塔出口冷却水温度とファン運転台数の分析

冷却塔出口冷却水温度と冷却塔ファン運転台数から、図 5.9.2 に示すグラフ（横軸：冷却塔出口温度、縦軸：運転台数）を作成する。

- ・ 運転データをそのままプロットすると、冷凍機が停止しているのか、冷却塔ファンだけが停止しているのか区別がつかないため、冷却水ポンプが ON のときのデータだけを抜き出してプロットする。
- ・ さらに、冷却塔出口温度別・運転台数別の年間運転時間がわかるように、頻度分布のグラフも作成する。

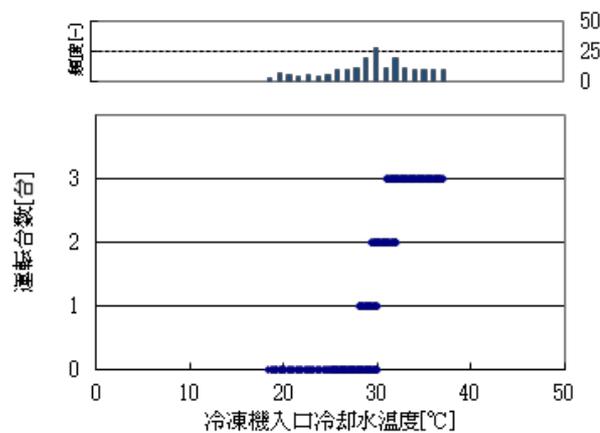


図 5.9.2 冷却塔出口温度とファン運転台数の関係の例（計測値）

STEP 5) あるべき性能の把握

流量、熱量または圧力について、制御パラメータ設定リストに記載されている「冷却塔ファン増減段温度パラメータ」を確認し、どのように台数が変化すべきかをSTEP4で作成したグラフ上に記入する。

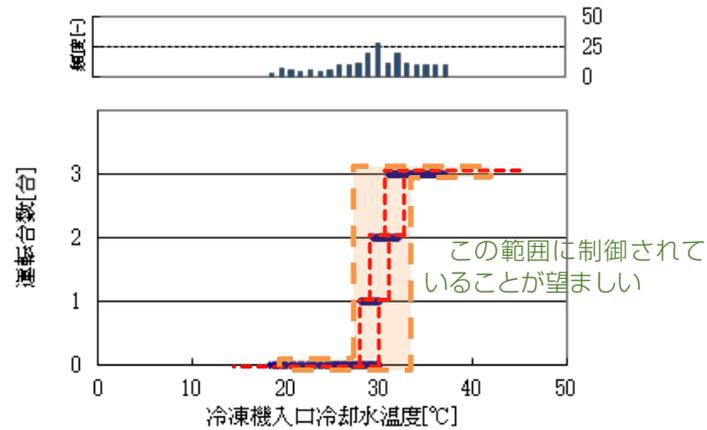


図 5.9.3 冷却塔出口温度とファン運転台数の関係の例（制御パラメータ記載）

STEP 6) 性能の判断

計測データから得られた冷却塔ファン運転台数の変化と、設計時に想定した運転台数の変化を比較して、設計意図通りに動いているかを判断する。特に確認すべき点を以下に示す。

- ・ 冷却塔出口温度が設定温度を上回っているときに、ファン運転台数が最大になっているか。
- ・ 冷却塔出口温度が設定温度を下回っているときに、ファン運転台数が最小になっているか。
- ・ 冷却塔ファン運転台数が、増減段パラメータ通りに増減段されているか。
- ・ 運転台数が増減段パラメータから外れた部分の運転時間の積算値が、年間運転時間の5%であれば「適」と判断する。

5.9.2 TEST-2 冷却塔出口冷却水温度とファン INV 周波数の関係の検証 (タイプ B)

このテストでは、冷却水の冷却塔出口温度に応じて冷却塔ファンのインバータ周波数を増減する制御が正しく行われていることを検証する。

STEP 1) データの収集

冷却水と各冷却塔ファンについて、次の項目の時系列データを計測する。

- ・ 冷却塔出口冷却水温度
- ・ 冷却塔ファンのインバータ周波数

STEP 2) 分析対象期間の決定

5.9.1 と同様の方法で、分析対象期間を決定する。

STEP 3) 冷却塔出口温度と INV 周波数の関係の分析

冷却塔出口温度と冷却塔ファンのインバータ周波数から、図 5.9.4 に示すグラフ (横軸：冷却塔出口温度、縦軸：INV 周波数) を作成する。

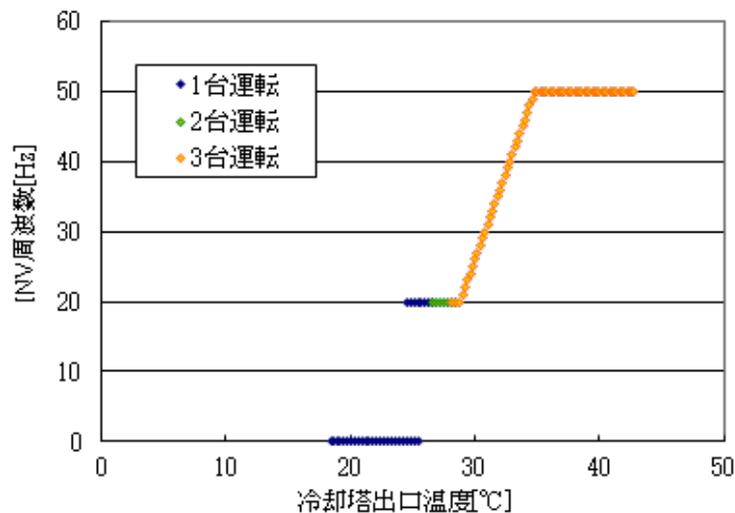


図 5.9.4 冷却塔出口温度と INV 周波数の関係の例 (計測値)

STEP 4) あるべき性能の把握

制御パラメータ設定リストに記載されているパラメータ「冷凍機入口温度に対応する INV 周波数」を確認し、どのようにインバータ周波数が変化すべきかを STEP3 で作成したグラフ上に記入する。

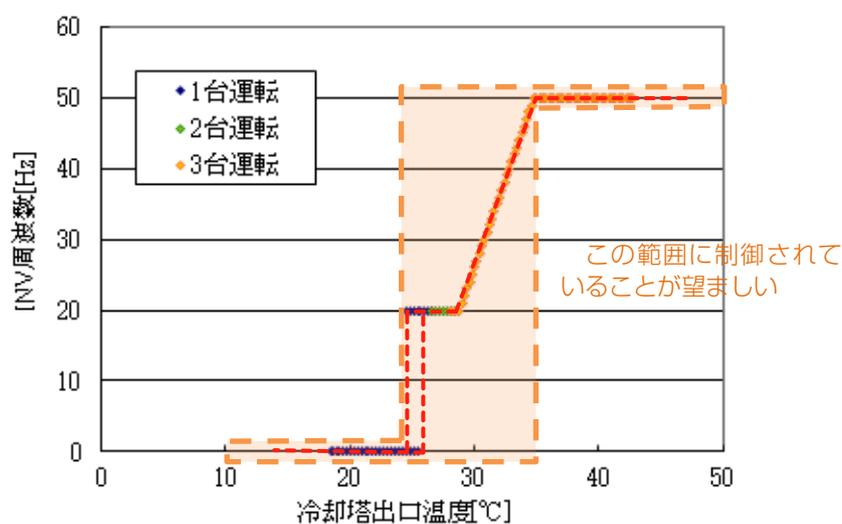


図 5.9.5 冷却塔出口温度と INV 周波数の関係の例（制御パラメータ記載）

STEP 5) 性能の判断

実測データから得られた冷却塔ファンインバータ周波数の変化と設計時に想定したインバータ周波数の変化を比較し、設計意図通りに動いているかを判断する。特に確認すべき点を以下に示す。

- 冷却塔出口冷却水温度が設定温度を上回っているときに、INV 周波数が最大になっているか。
- 冷却塔出口冷却水温度が設定温度を下回っているときに、INV 周波数が最小になっているか。
- 実測による INV 周波数と想定した INV 周波数の差が±5%以内に収まっていれば「適」と判断する。

5.9.3 TEST-3 冷凍機入口冷却水温度とバイパス弁開度の関係の検証（タイプ C）

このテストでは、冷却水の冷凍機入口温度に応じてバイパス弁の開度を調節する制御が正しく行われていることを検証する。

STEP 1) データの収集

冷却水と各冷却塔ファンについて、次の項目の時系列データを計測する。

- ・ 冷凍機入口冷却水温度
- ・ バイパス弁開度

STEP 2) 分析対象期間の決定

5.9.1 と同様の方法で、分析対象期間を決定する。

STEP 3) 冷凍機入口冷却水温度とバイパス弁開度の関係の分析

冷凍機入口冷却水温度とバイパス弁開度から、図 5.9.6 に示すグラフ（横軸：冷凍機入口冷却水温度、縦軸：バイパス弁開度）を作成する。

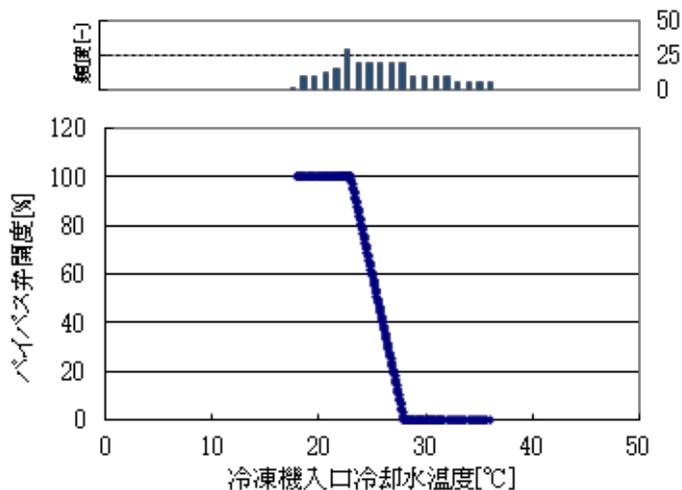


図 5.9.6 冷凍機入口温度とバイパス弁開度の関係の例（計測値）

STEP 4) あるべき性能の把握

制御パラメータ設定リストに記載されているパラメータ「冷凍機入口冷却水温度に対応するバイパス弁開度」を確認し、どのようにバイパス弁開度に変化すべきかを STEP3 で作成したグラフ上に記入する。

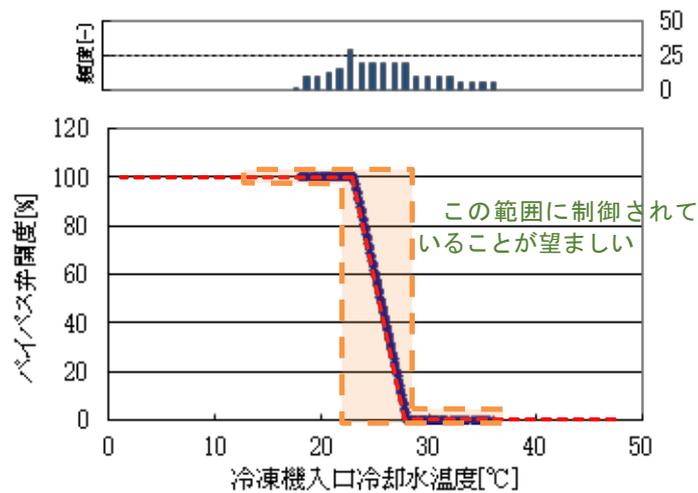


図 5.9.7 冷凍機入口冷却水温度とバイパス弁開度の関係の例（制御パラメータ記載）

STEP 5) 性能の判断

計測データから得られた冷凍機入口冷却水温度の変化と設計時に想定したバイパス弁開度の変化を比較して、設計意図通りに動いているかを判断する。特に確認すべき点を以下に示す。

- ・ 冷凍機入口冷却水温度が設定温度を上回っているときに、バイパス弁開度が最小になっているか。
- ・ 冷凍機入口冷却水温度が設定温度を下回っているときに、バイパス弁開度が最大になっているか。
- ・ 実測によるバイパス弁開度と想定したバイパス弁開度の差が±5%以内に収まっていれば「適」と判断する。

5.9.4 TEST-4 冷凍機出入口冷却水温度差とポンプ INV 周波数の関係の検証（タイプ D）

このテストでは、冷却水の冷凍機出入口冷却水温度差に応じて冷却水ポンプのインバータ周波数を増減する制御が正しく行われていることを検証する。

STEP 1) データの収集

冷却水および冷却水ポンプについて、次の項目の時系列データを計測する。

- ・ 冷凍機入口冷却水温度
- ・ 冷凍機出口冷却水温度
- ・ 冷却水ポンプの INV 周波数
- ・ 冷却水ポンプの冷却水流量

STEP 2) 分析対象期間の決定

5.9.1 と同様の方法で、分析対象期間を決定する。

STEP 3) 冷凍機出入口冷却水温度差とポンプ INV 周波数の関係の分析

冷凍機出入口冷却水温度差と冷却水ポンプのインバータ周波数から、図 5.9.8 に示すグラフ（横軸：冷凍機出入口冷却水温度差、縦軸：INV 周波数）を作成する。

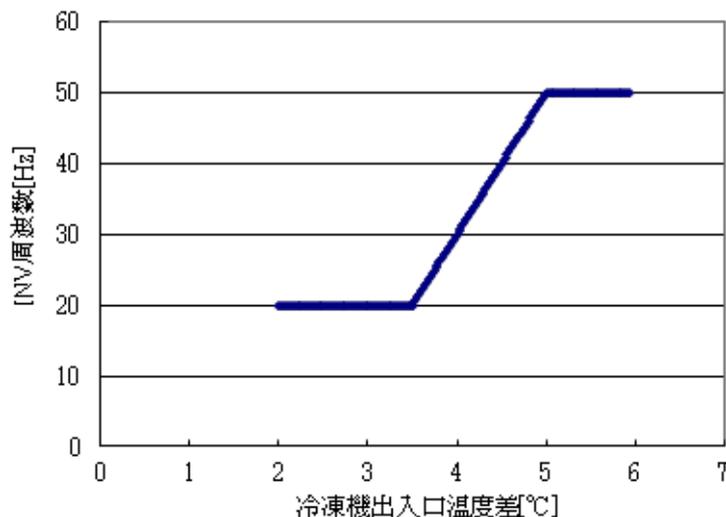


図 5.9.8 冷凍機出入口冷却水温度差と INV 周波数の関係の例（計測値）

STEP 4) 冷凍機出入口冷却水温度差と冷却水流量の関係の分析

冷凍機出入口冷却水温度差と冷却水ポンプのインバータ周波数から、図 5.9.9 に示すグラフ（横軸：冷凍機出入口冷却水温度差、縦軸：冷却水流量）を作成する。

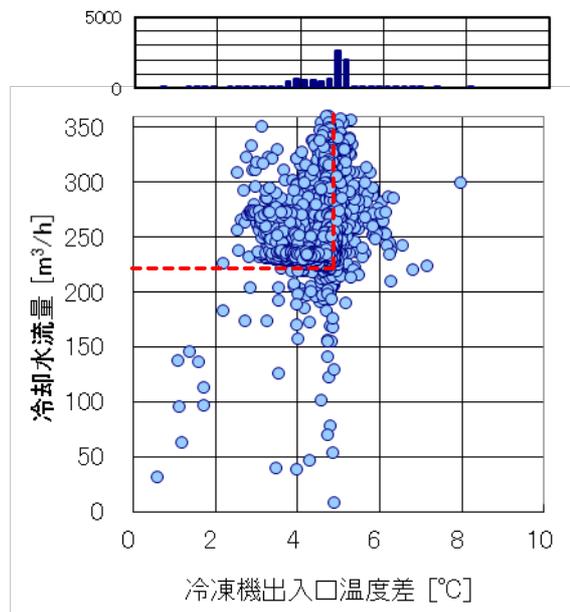


図 5.9.9 冷凍機出入口冷却水温度差と冷却水流量の関係の例

STEP 5) あるべき性能の把握

制御パラメータ設定リストに記載されているパラメータ「冷凍機出入口温度差に対応するインバータ周波数」を確認し、どのようにインバータ周波数が変化すべきかを STEP3、4 で作成したグラフ上に記入する。

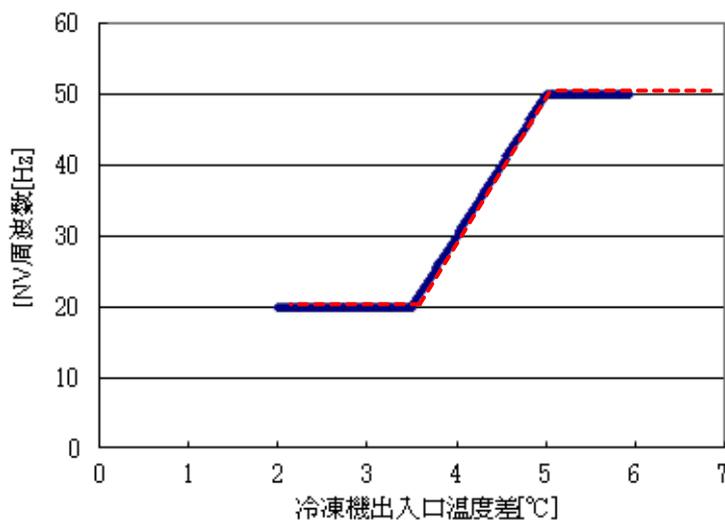


図 5.9.10 冷凍機出入口温度差と INV 周波数の関係の例（制御パラメータ記載）

STEP 6) 性能の判断

計測データから得られた冷却水ポンプインバータ周波数の変化と設計時に想定したインバータ周波数の変化を比較して、設計意図通りに動いているかを判断する。特に確認すべき点を以下に示す。

- ・ 冷凍機出入口温度差が設定温度を上回っているときに、INV 周波数が最大になっているか。
- ・ 冷凍機出入口温度差が設定温度を下回っているときに、INV 周波数が最小になっているか。
- ・ 実測による INV 周波数と想定した INV 周波数の差が±5%以内に収まっていれば「適」と判断する。

6. 空気調和設備における二次ポンプの変流量制御

6.1 適用

空気調和設備の自動制御技術のうち、二次ポンプシステムを対象とした変流量制御の性能試験法を定める。二次ポンプの変流量制御とは、二次ポンプによる搬送動力低減を目的として、負荷等に応じて二次ポンプの運転台数やインバーター周波数を変化させる自動制御システムである。

対象とするシステムの範囲を図 6.1.1 に示す。なお、図中の REF は熱源機を、AHU は空調機を意味する。本章では、圧力等を検知して自動で流量を変化させるシステムのみを対象とし、ローテーション運転を目的とした台数制御や手動によるインバータの調整は対象とはしない。

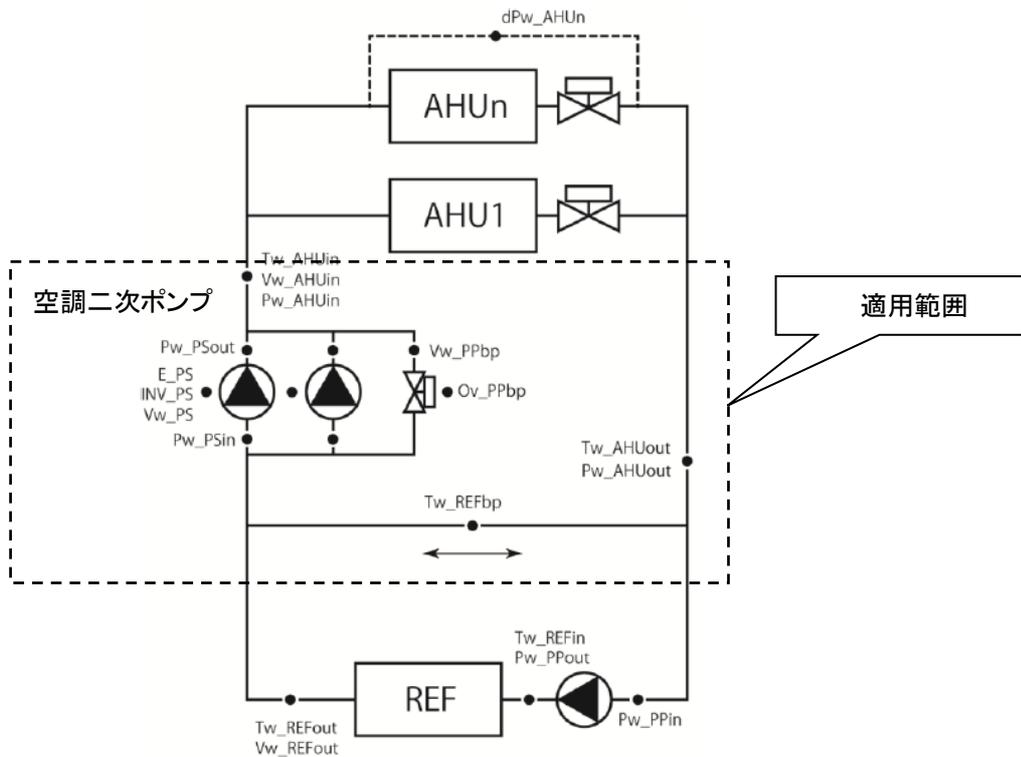


図 6.1.1 対象とする二次ポンプシステム

6.2 引用規格・参考文献

- 1) CIBSE, Industry Code AM3, UK
- 2) ES 5695/2006 = EN 13779/2004
- 3) ES 5821/2007 = EN 13053
- 4) ES 6409/2007 = EN 1886/1998
- 5) ES 6474/2008 = EN 1751

- 6) ES 6481/2008 = EN 13030/2001
- 7) ES 6602/2008 = EN 12792
- 8) ES 7177/2010 = BS EN 12239/2001
- 9) 空気調和・衛生工学会：設備システムに関するエネルギー性能計測マニュアル
- 10) NPO 法人建築設備コミッション協会：建築設備性能検証マニュアル
- 11) 一般社団法人日本ビルエネルギー総合管理技術協会：ビルエネルギー総合管理手法

6.3 用語の定義

6.3.1 二次ポンプシステム

中央熱源方式の空気調和設備の構成要素であり、熱源システムで生成した冷水または温水を空調機やファンコイルユニット等の負荷側機器に搬送するためのポンプの集合体。

6.3.2 二次ポンプの変流量制御

二次ポンプで搬送される冷温水を、二次側の負荷等に応じて自動的に変化させる制御。

6.3.3 ポンプ台数制御

二次ポンプが複数台からなるシステムにおいて、空調機やファンコイルユニット等の負荷機器へ流れる冷温水の流量または熱量に応じて、ポンプの運転台数を変化させる制御。

6.3.4 二次ポンプ回転数制御

二次ポンプの吐出圧力やヘッド差圧が目標値に達するように、インバータ等を利用して二次ポンプの回転数を変化させる制御。

6.3.5 二次ポンプ回転数制御（吐出圧一定方式）

二次ポンプ回転数制御のうち、吐出圧力やヘッド差圧の目標値を一定とする制御。

6.3.6 二次ポンプ回転数制御（吐出圧可変方式）

二次ポンプ回転数制御のうち、システムの末端にある空調機やファンコイルユニット等の負荷機器と制御弁の差圧（末端差圧）等により、吐出圧力やヘッド差圧の目標値を自動的に変化させる制御。

6.4 記号等

本章で使用する記号等を表 6.4.1 に定義する。

表 6.4.1 記号等の定義

記号	意味	単位
θ_w	水温	℃
V_w	水量	m ³ /h
P_w	水圧	Pa
dP_w	差圧	Pa
Q_w	熱量	kW
E	消費電力	kW
F	インバータ周波数	Hz
O_v	バルブ開度	%

6.5 制御方式

変流量制御のうち、表 6.5.1 に示す制御方式を対象とする。

表 6.5.1 対象とする変流量制御

タイプ	台数制御	ポンプ回転数制御		計装図
		送水圧力一定制御	送水圧力可変制御	
タイプ A				図 6.5.1
タイプ B		■		図 6.5.2
タイプ C	■			図 6.5.3
タイプ D	■	■		図 6.5.4
タイプ E	■		■	図 6.5.5

6.5.1 二次ポンプ定流量システム (タイプ A)

二次ポンプの流量制御を行わず、常に定流量とするタイプ。図 6.5.1 にシステム図を示す。なお、図中の REF は熱源機を、AHU は空調機を意味する。

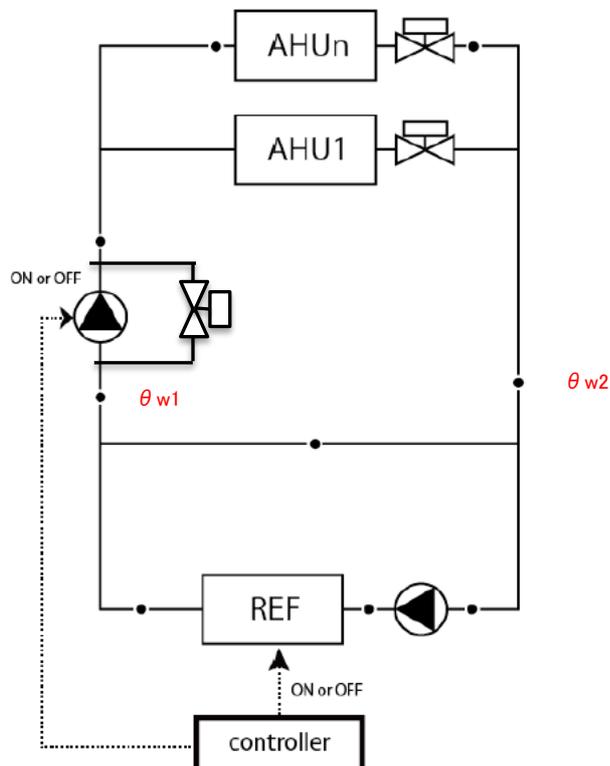


図 6.5.1 二次ポンプ定流量システム (タイプ A)

6.5.2 変流量システム (タイプ B)

二次ポンプの吐出圧力やヘッド差圧が一定となるように、インバータ等を利用して二次ポンプの回転数を変化させる制御。「送水圧力一定制御」という。図 6.5.2 にシステム図を示す。なお、図中の REF は熱源機を、AHU は空調機を意味する。

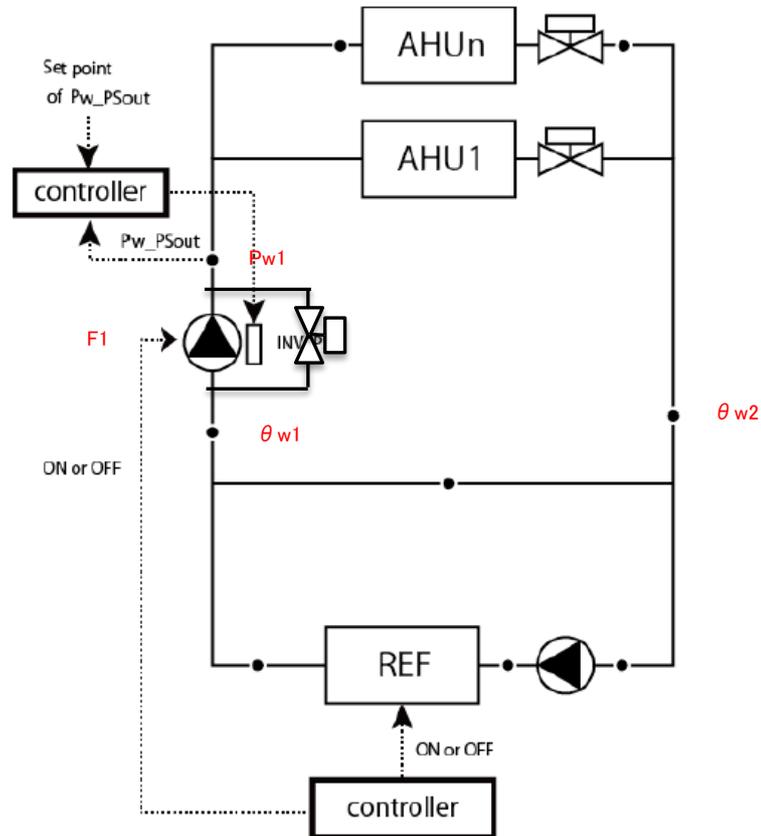


図 6.5.2 二次ポンプ変流量システム (タイプ B)

6.5.3 変流量システム (タイプ C)

二次ポンプが複数台設置される空調システムにおいて、空調機やファンコイルユニット等の負荷機器へ流れる冷温水の流量に応じて、ポンプの運転台数を変化させる制御。「二次ポンプ台数制御」という。図 6.5.3 にシステム図を示す。なお、図中の REF は熱源機を、AHU は空調機を意味する。

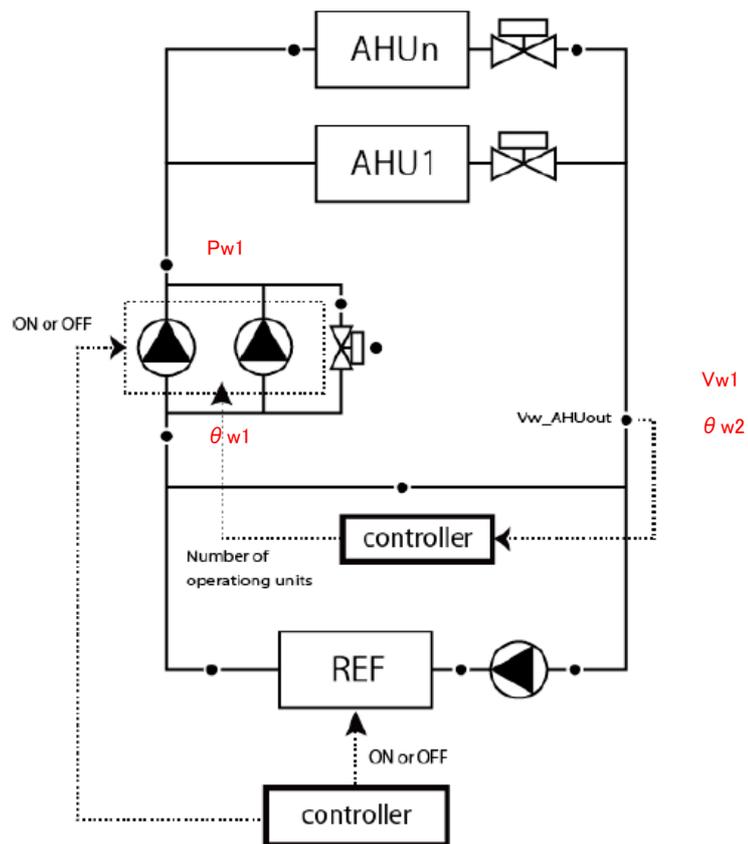


図 6.5.3 二次ポンプ変流量システム (タイプ C)

6.5.4 変流量システム (タイプ D)

二次ポンプ台数制御と送水圧力一定制御を組み合わせたシステム。図 6.5.4 にシステム図を示す。なお、図中の REF は熱源機を、AHU は空調機を意味する。

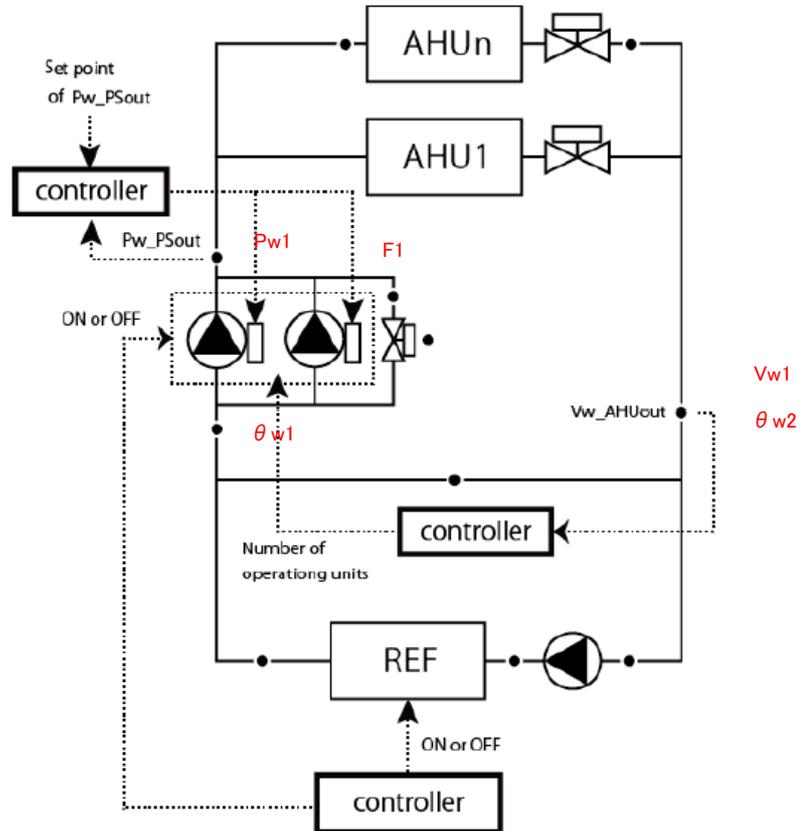


図 6.5.4 二次ポンプ変流量システム (タイプ D)

6.5.5 変流量システム (タイプ E)

二次ポンプ回転数制御のうち、システムの末端にある空調機やファンコイルユニット等の負荷機器と制御弁の差圧 (末端差圧) 等により、吐出圧力やヘッド差圧の目標値を自動的に変化させる制御。この方式を「送水圧力可変制御」という。

本システムは、二次ポンプ台数制御と送水圧力可変制御を組み合わせたシステムである。図 6.5.5 にシステム図を示す。なお、図中の REF は熱源機を、AHU は空調機を意味する。

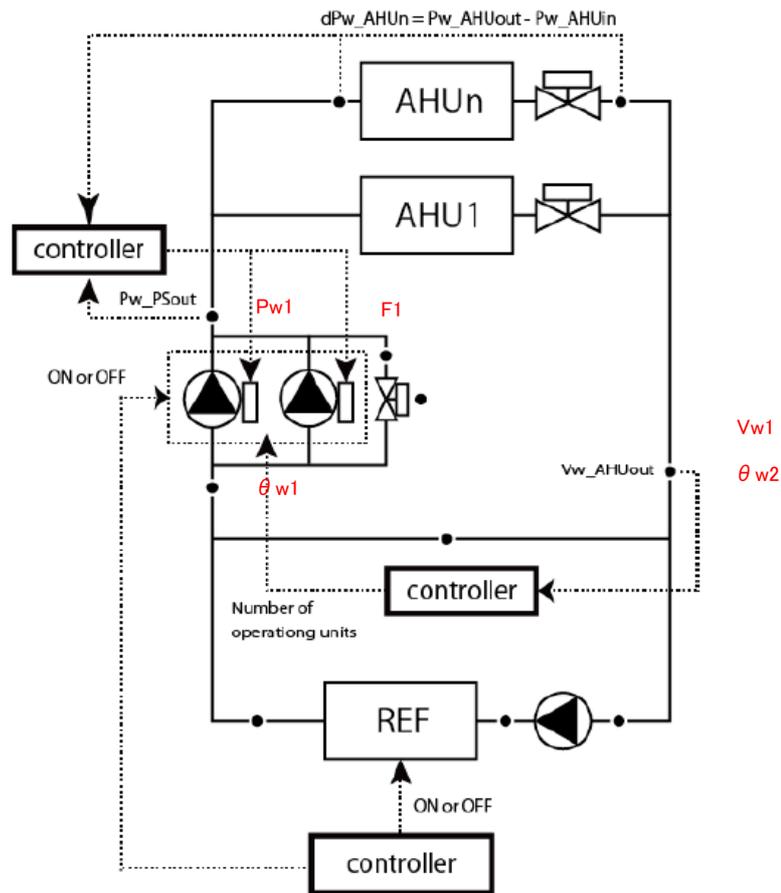


図 6.5.5 二次ポンプ変流量システム (タイプ E)

中央監視盤より冷水ポンプ群指令をONとする事により、冷水ポンプの台数制御を開始します。冷水ポンプの増減段判断は、廻り配管に設置された電磁流量計（FM）で計測された負荷流量によって行われます。台数制御用の負荷流量は、瞬時値に対して5分間の移動平均を行う事により求められます。移動平均値が増段設定値を超えた場合、冷水ポンプを1台運転します。また移動平均値が減段設定値を下回った場合、冷水ポンプを1台停止します。増段判断流量はポンプ定格の60%とします。増段または減段後は一定時間経過するまでは台数制御の判断を行わないものとします。（効果待ちタイマー）

低層冷水ポンプ台数制御

低層冷水ポンプ運転パターン一覧表

グループ	記号	名称	能力 (m ³ /h)	運転パターン毎の運転順序			
				1	2	3	4
1	WL-T-PC-WB1-01	冷水熱交一次ポンプ	224	停止	ローテーション 1台	ローテーション 2台	ローテーション 3台
	WL-T-PC-WB1-02	冷水熱交一次ポンプ	224				
	WL-T-PC-WB1-03	冷水熱交一次ポンプ	224				

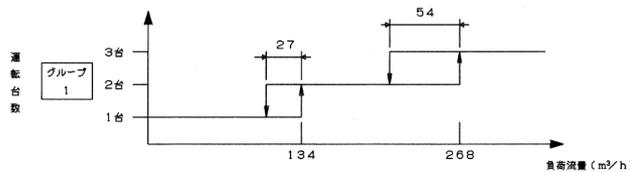


図 6.7.4 制御仕様書(ポンプ台数制御) の例

往還に設置された差圧発信器（dPE1）の計測値が、台数制御器にて設定された値に追従するよう、バイパス弁及び、冷水ポンプのインバータ制御を行います。往還差圧設定値は、負荷流量上昇時は設定を高く、負荷流量下降時は設定が低くなるよう、台数制御器内部にて自動的に変更されます。

往還差圧設定値演算

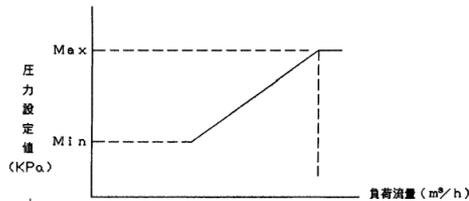


図 6.7.5 制御仕様書(ポンプ回転数制御) の例

表 6.7.1 制御パラメータ設定値一覧表の例

系統名称	冷水・温水 二次ポンプ	制御メーカー 一名
制御方式	差圧一定方式+台数制御	
【ポンプ納入仕様書より】		
ポンプ流量（合計）	m ³ /h	
ポンプ1 流量	m ³ /h 動力	kW 台数 台
ポンプ2 流量	m ³ /h 動力	kW 台数 台
ポンプ3 流量	m ³ /h 動力	kW 台数 台
【自動制御 取扱い説明書より】		
INV 出力	Hz（最大）	Hz（最小）
設定流量	m ³ /h（最大）	m ³ /h（最小）
ポンプ電力量	kW（最大設定流量時）	kW（最小設定流量時）
二次側差圧設定値 （推定末端圧制御の 場合）	k Pa（最大）	kPa（最小）
二次側差圧設定値 （吐出圧制御の場合）	k Pa（最大）	kPa（最小）
末端差圧設定値 （末端圧制御の場合）	k Pa	
バイパス弁差圧設定 値	kPa	
増段（1台→2台）	L/min	増段（2台→3 台） L/min
減段（3台→2台）	L/min	減段（2台→1 台） L/min
冷水温度（設計値）	℃（往）	℃（還）
温水温度（設計値）	℃（往）	℃（還）
WTF（設計値）	WTF = 冷水最大流量 (m ³ /h) × (冷水還温度 - 冷水往温度) ポンプ動力 (kW) / 0.86	

6.8 データ計測

6.8.1 必要となるデータ

各テストを実施するために必要となるデータを表 6.8.1 に示す。

表 6.8.1 性能試験に必要な計測データ

必要データ テスト	負荷側流量	ポンプ消費電力	吐出圧力	冷温水往温度	冷温水還温度
TEST-1: 流量と運転台数の関係の検証	■	■			
TEST-2: 流量と圧力の関係の検証	■		■		
TEST-3: 流量と消費電力の関係の検証	■	■			
TEST-4: 流量と往還温度差の関係の検証	■			■	■

6.8.2 データ収集

必要となるデータは、次のいずれかの方法で収集を行う。

- ・ 必要なデータを計測するためのセンサーが既に設置されており、中央監視装置等によりデータを自動で収集する。ただし、計測値の確からしさの検証を実施することが必須である。
- ・ 機器等から発信される制御用の信号値を仮設ロガーで収集する。
- ・ 別途計測センサーやロガーを設置して収集する

各データについて、データ収集方法の例を表 6.8.2 に示す。

(必要に応じ、データの代替方法、加工方法等を記載する。)

表 6.8.2 データ収集方法の例

(「○」は一般的な方法であるが、これに限定はしない)

	中央監視装置 + 既設セサ-	仮設ロガー + 制御用信号 等	仮設ロガー + 仮設セサ-	代替方法
負荷側流量	○			
消費電力	△ (積算値であ ることが多 い)		○	電流値でも可とする
INV 周波数		○		
送水圧力		○		圧力ゲージを目視で確認 することでも可とする。
ヘッド間差圧		○		
水温			○	表面温度の計測でも可

6.8.3 計測機器

性能試験に必要なデータは、表 6.8.3 に示す計測器を用いて計測する。

表 6.8.3 計測器の条件

データ項目	単位	センサー精度	レンジ	センサーの例
水温	℃	±0.3℃	0-60℃	熱電対
水量	m ³ /h	±2%	システム による	電磁流量計 (困難な場合は、超音波流量計などによ る)
電力量	Wh	計量法に基づ く電力量計	システム による	クランプ式電力量計
水圧	Pa	±1%	システム による	
インバータ 出力	Hz	±3%	0-60Hz	クランプ式電力量計

6.8.4 計測時間間隔及び計測期間

計測時間間隔及び計測期間は、次のいずれかであるとする。

- ・ 1 時間間隔のデータを 1 年間連続して計測する。
 - 中央監視装置によるデータが利用できる場合等
 - 1 分間隔のデータを、次に示す時期に 1 週間程度連続して計測する
- ・ 1 分間隔のデータを、冷水ポンプは年 3 回程度（夏期、中間期、冬期）、温水ポンプは年 2 回（中間期、冬期）、1 週間程度連続して計測する。
 - 夏期（7 月下旬などの冷房負荷が大きい時期）
 - 中間期（10 月上旬などの冷房負荷が小さい時期）
 - 冬期（1 月下旬などの暖房負荷が大きい時期）

6.9 試験方法

6.9.1 TEST-1 流量と運転台数の関係の検証（タイプ C、D、E）

このテストでは、二次ポンプの台数制御が適切に機能することを検証する。従って、ポンプは複数台あることを前提とする。

STEP 1) 運転データの計測

各ポンプについて、次の項目の時系列データを計測する。

- ・ 負荷側流量
- ・ 負荷側熱量（負荷側熱量で制御している場合のみ）
- ・ ポンプの消費電力 又は 電流値 又は インバータ周波数

STEP 2) ポンプ運転台数の算出

各ポンプの消費電力（もしくは、電流値、インバータ周波数）から、各ポンプの運転状態（消費電力の値が0より大きい場合は、ポンプは運転していると判断）を明らかにし、ポンプの運転台数を時系列で整理する。

STEP 3) 負荷側流量と運転台数の関係の分析

負荷側流量と運転台数から、図 6.9.1 に示すグラフ（横軸：負荷側流量、縦軸：運転台数）を作成する。二次ポンプ負荷流量別・運転台数別の年間運転時間がわかるように、頻度分布のグラフも作成する。

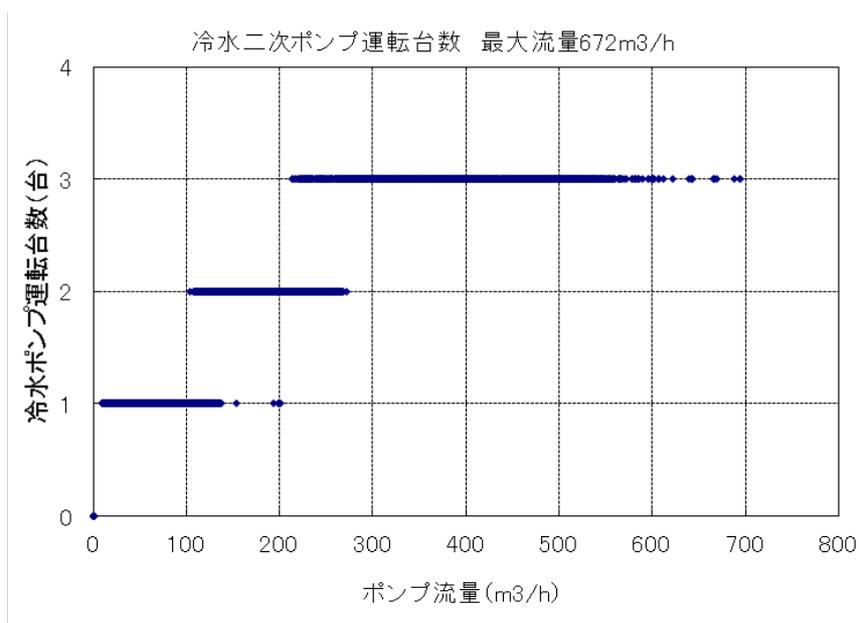


図 6.9.1 ポンプ流量と運転台数の関係の例（計測値）

STEP 4) あるべき性能の把握

「制御パラメータ設定リスト」に記載されている「二次ポンプ増減段流量パラメータ」を確認し、どのように台数が変化すべきかを前 STEP で作成したグラフ上に記入する。また、負荷流量別、運転台数別の頻度分布のグラフも追加する。

STEP 5) 性能の判断

実測データから得られた運転台数の変化と設計時に想定したポンプ運転台数の変化を比較して、設計意図通りに動いているかどうかを判断する。特に確認すべき点を以下に示す。

- ・ 二次ポンプ運転台数が、増減段パラメータ通りに増減段されているか。
- ・ 各運転台数における二次側流量が、上位への増段流量を上回っていないか。
- ・ 各運転台数における二次側流量が、下位への減段流量を下回っていないか。
- ・ 運転台数が増減段パラメータから外れた部分の運転時間が、年間運転時間の 5%以下であれば「適」と判断する。

6.9.2 TEST-2 流量と圧力の関係の検証（タイプ B、D、E）

このテストでは、二次ポンプ吐出圧力が、負荷流量に応じて設計意図通りに制御されていることを検証する。ポンプが複数台ある場合は、回転数制御が導入されているポンプそれぞれについて、この試験を適用する。なお、末端圧力一定制御の場合は、「吐出圧力」を「末端圧力」と読み替えて適用することとする。

STEP 1) データの収集

各ポンプについて、次の項目の時系列データを計測する。

- ・ 負荷側流量
- ・ 吐出圧力（ヘッド間差圧で制御している場合はヘッド間差圧）

STEP 2) 負荷側流量と吐出圧力の関係の分析

負荷側流量と吐出圧力から、図 6.9.2、図 6.9.3 に示すグラフ（横軸：負荷側流量、縦軸：吐出圧力）を作成する。

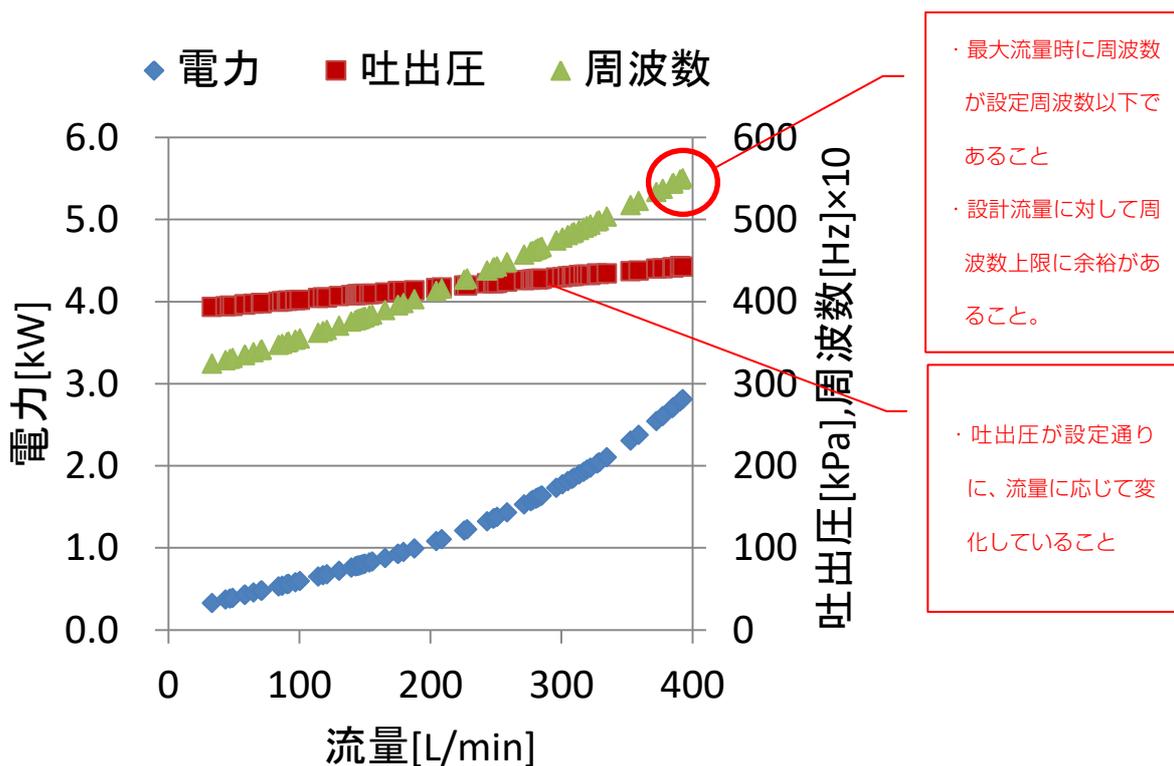


図 6.9.2 ポンプ流量と吐出圧力の関係の例（推定末端圧方式）

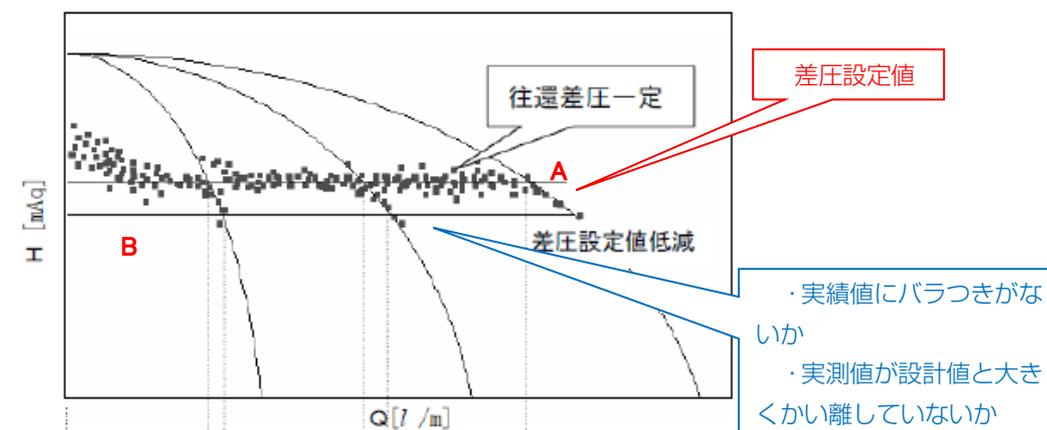


図 6.9.3 ポンプ流量と吐出圧力の関係の例（吐出圧一定方式）

STEP 3) あるべき性能の把握

制御パラメータ設定リストに記載されている「二次ポンプ吐出圧力設定パラメータ」を確認し、どのように吐出圧力が変化すべきかをグラフに記入する。

- ・ 吐出圧力一定方式の場合、吐出圧設定値は負荷流量に関わらず一定になる。
- ・ 推定末端圧方式の場合、吐出圧設定値は通常右上がりの直線になる。
- ・ 末端圧力一定方式の場合、末端圧力設定値は負荷流量に関わらず一定になる。

1) 「吐出圧一定方式」の場合

制御パラメータ「吐出圧力設定値」を確認し、前 STEP で作成したグラフ上に記入する。

2) 「吐出圧可変方式（推定末端圧方式、末端圧力一定方式）」の場合

制御パラメータ「二次側最大差圧、最小差圧設定値」及び「最大流量・最小流量設定値」を確認し、前 STEP で作成したグラフ上に記入する。

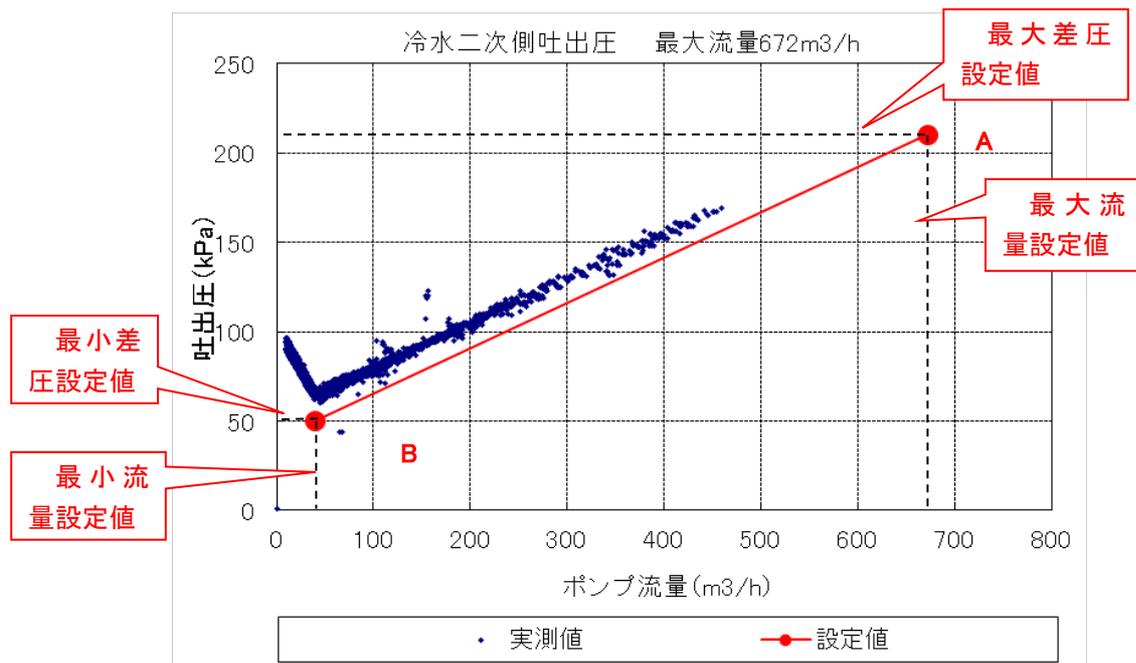


図 6.9.4 ポンプ流量と二次側差圧の関係の例（吐出圧可変制御）

STEP 4) 性能の判断

実測データから得られた圧力の変化と設計時に想定した圧力の変化を比較して、設計意図通りに動いているかどうかを判断する。特に確認すべき点を以下に示す。

- ・ 二次ポンプ吐出圧力の計測値が、設定値通りに推移しているか。
- ・ 計測値の年間積算値と設定値の年間積算値との差が、設定値の年間積算値の5%以下であれば「適」と判断する。

6.9.3 TEST-3 流量と消費電力の関係の検証（タイプ A、B、C、D、E）

このテストでは、二次ポンプ消費電力が、負荷流量に応じて設計意図通りに推移しているかを検証する。ポンプが複数台ある場合は、回転数制御が導入されているポンプそれぞれについて、この試験を適用する。

STEP 1) データの収集

各ポンプについて、次の項目の時系列データを計測する。

- ・ 負荷側流量
- ・ ポンプの消費電力

STEP 2) 負荷流量と消費電力の関係の分析

負荷側流量と消費電力から、図 6.9.5 に示すグラフ（横軸：負荷側流量、縦軸：消費電力）を作成する。また、負荷流量別およびポンプ電力量別の頻度分布グラフも追加する。

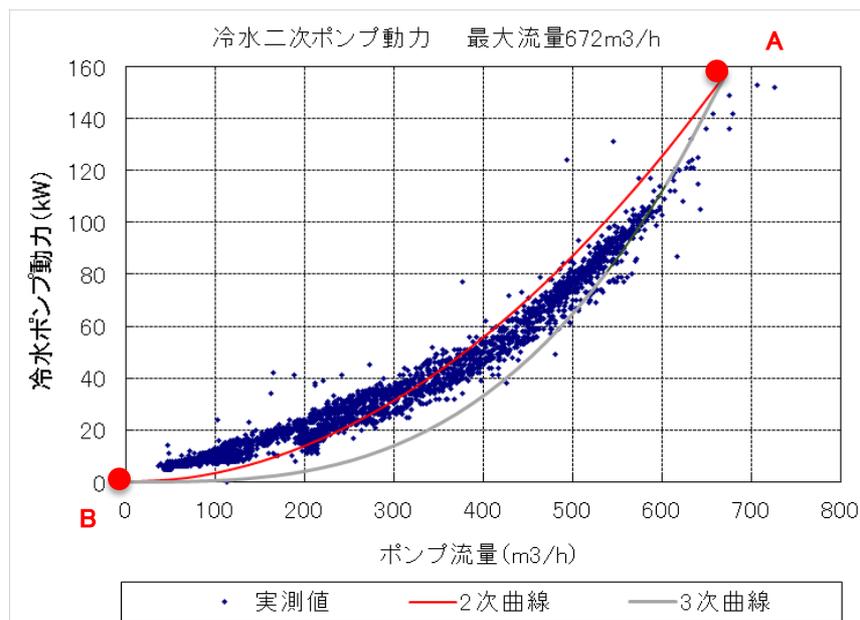


図 6.9.5 ポンプ流量とポンプ動力の関係の例

STEP 3) あるべき性能の把握

納入仕様書等より、「最大流量設定値におけるポンプ消費電力（A点）」及び「最小流量設定値におけるポンプ消費電力（B点）」を確認し、前STEPで作成したグラフ上に次の線を記入する。

- 以下の計算式から、あるべき二次ポンプ消費電力を推計し、グラフ上に記入する。

① 吐出圧力制御、推定末端圧制御の場合

$$\text{消費電力[kW]} = \text{流量[m}^3/\text{s]} \times \text{吐出圧力設定値[kPa]} / \eta_1 / \eta_2$$

$$= 2 \times \text{流量[m}^3/\text{s]} \times \text{吐出圧力設定値[kPa]}$$

(η_1 : ポンプ効率、 η_2 : モータ効率、 $\eta_1 \times \eta_2 = 0.5$ と仮定した場合)

② 末端圧力制御の場合

$$\text{最小消費電力[kW]} = 2 \times \text{流量[m}^3/\text{s]} \times \text{末端圧力設定値 [kPa]}$$

$$\text{最大消費電力[kW]} = 2 \times \text{流量[m}^3/\text{s]} \times (\text{末端圧力設定値} + \text{配管圧力損失}) [\text{kPa}]$$

STEP 4) 性能の判断

実測データから得られた消費電力の変化と想定した消費電力の変化を比較して、設計意図通りの性能を発揮していることを確認する。特に確認すべき点を以下に示す。

- 二次ポンプ消費電力の計測値が、推計値通りに推移しているか。
- 計測値の年間積算値と推計値の年間積算値との差が、推計値の年間積算値の10%以下であれば「適」と判断する。

6.9.4 TEST-4 流量と往還温度差の関係の検証 (タイプ A、B、C、D、E)

このテストでは、往還温度差が、設計意図通りに保たれているかを検証する。

STEP 1) データの収集

次の項目の時系列データを計測する。

- ・ 負荷側流量
- ・ 冷温水往温度
- ・ 冷温水還温度

STEP 2) 往還冷温水温度差の確認

負荷流量と冷温水往温度、還温度の計測データから、図 6.9.6 に示すグラフ (横軸：負荷側流量、縦軸：往還温度差) を作成する。さらに、二次ポンプ負荷流量別・温度差別の年間運転時間がわかるように、頻度分布のグラフも作成する。

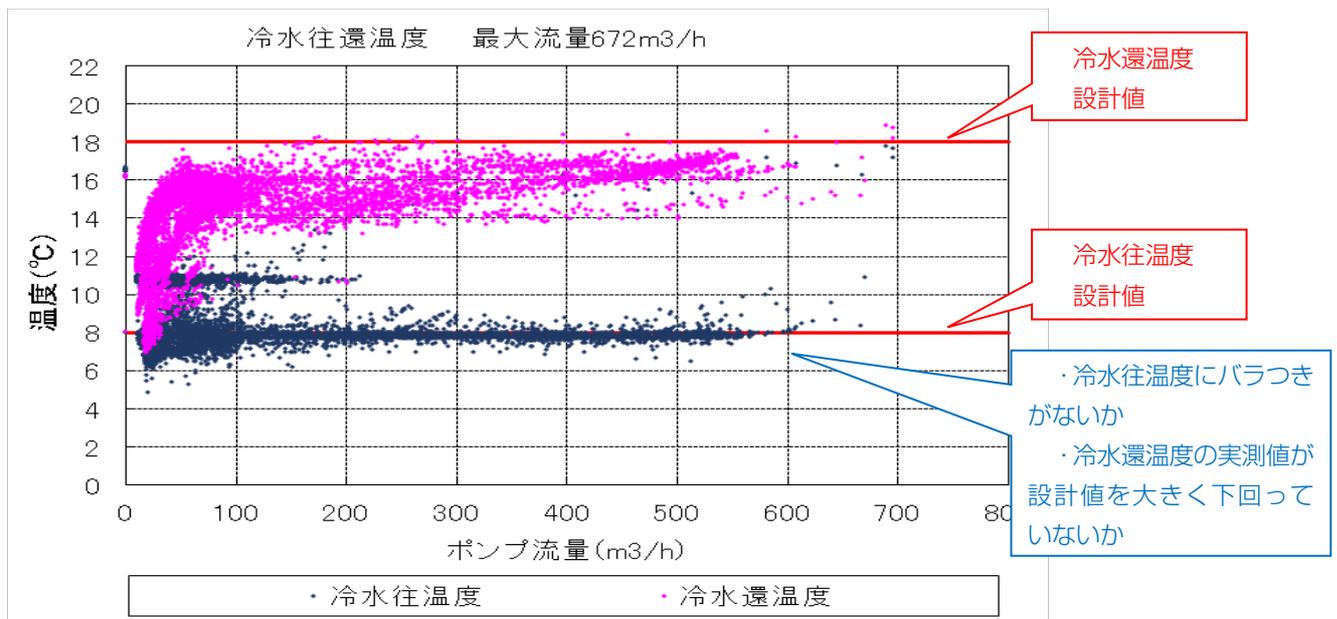


図 6.9.6 ポンプ流量と往還温度差の関係の例

STEP 3) あるべき性能の把握

設計図書に記載されている冷温水往温度設計値及び還温度設計値を確認し、両者の差を往還冷温水温度差の設計時として、前 STEP で作成したグラフ上に記入する。

STEP 4) 性能の判断

実測データから得られた往還温度差の変化と設計時に想定した往還温度差の変化を比較して、設計意図通りに動いているかどうかを判断する。特に確認すべき点を以下に示す。

- ・ 往還温度差の計測値が、設定値通りに推移しているか。

- 往還温度差計測値の年間積算値と設計温度差の年間積算値との差が、設計温度差の年間積算値の10%以下であれば「適」と判断する。

7. 空気調和設備における送風機の変風量制御

7.1 適用

空気調和設備の自動制御技術のうち、空調二次側システム（主に空調機）を対象とした変風量制御の性能試験法を定める。変風量制御とは、空調機の省エネルギー化を主たる目的として、空調を行う室内の熱負荷に応じて、空調機から室内へ供給する風量および温度を変化させ、設定室温に保つ制御である。

対象とするシステムの範囲を図 7.1.1 に示す。本章では、負荷等に応じて自動的に風量に変化する制御のみを対象とし、給気風量を手動インバータで調整する方式は対象とはしない。

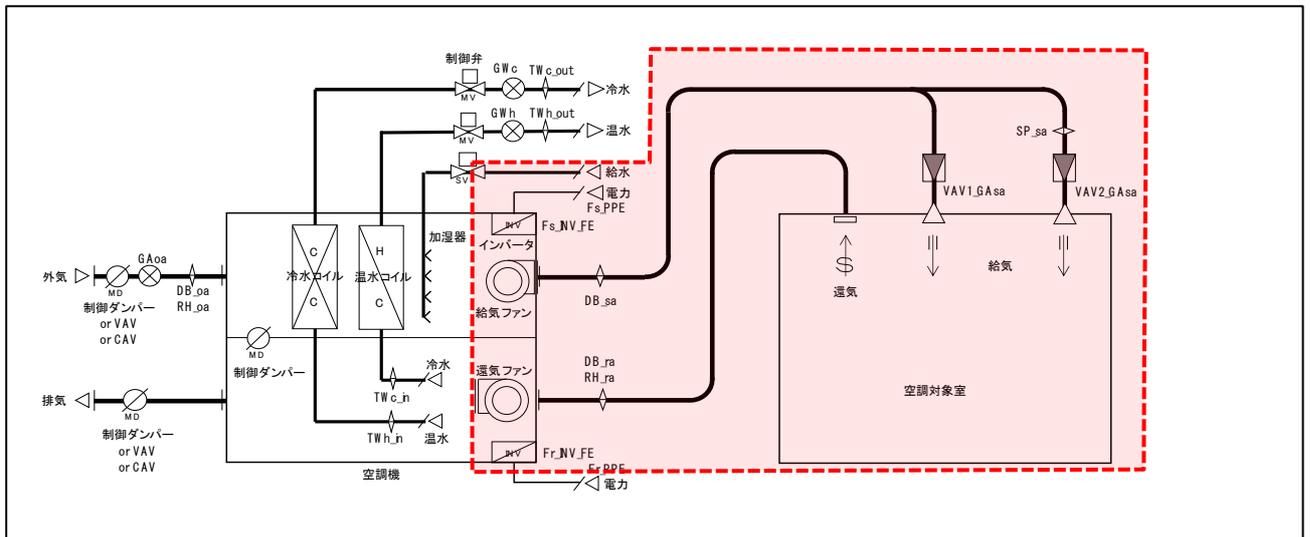


図 7.1.1 対象とする空調二次側システムの範囲

7.2 引用規格・参考文献

- 1) CIBSE, Industry Code AM3, UK
- 2) ES 5695/2006 = EN13779/2004
- 3) ES 5821/2007 = EN13053
- 4) ES 6409/2007 = EN 1886/1998
- 5) ES 6474/2008 = EN1751
- 6) ES 6481/2008 = EN13030/2001
- 7) ES 6602/2008 = EN12792
- 8) ES 7177/2010 = BS EN 12239/2001
- 9) 空気調和・衛生工学会：設備システムに関するエネルギー性能計測マニュアル
- 10) NPO 法人建築設備コミッション協会：建築設備性能検証マニュアル
- 11) 一般社団法人日本ビルエネルギー総合管理技術協会：ビルエネルギー総合管理手法
- 12) 空気調和・衛生工学便覧 3 空気調和設備編（第14版）

7.3 用語の定義

7.3.1 変風量制御（変風量方式、Variable Air Volume System）

空調対象室の熱負荷の変動に応じて、給気風量を変化させる自動制御システム。一つのシステムに複数の VAV（変風量）ユニット、CAV（定風量）ユニットを配置することが一般的であり、ユニットごとに吹き出し風量を制御する。給気風量一定方式に比べ、年間の送風動力を大きく減ずることができる。換気のための最小給気量を確保することが必要である。

7.3.2 VAV (Variable Air Volume) ユニット

変風量制御を実現するための風量制御ユニットであり、内蔵されたアクチュエータでモーターダンパを動かし風量を変化させることができる。

7.3.3 CAV (Constant Air Volume) ユニット

通過風量を一定に保つために使用するユニットで、前後の差圧変動にかかわらず風量が変わらない特性を有する。自力式の CAV ユニット専用のもので、風量センサーをもつ VAV ユニットを一定風量として使用したものがある。

7.3.4 MD (Motorized Damper)

ダクトや空調機器に設け、風量を自動的に制御するためにモータを駆動機としたダンパ。

7.3.5 INV (Inverter、インバータ)

可変電圧可変周波数装置で送風機を駆動するモータの回転数を出力周波数により制御する。

7.3.6 ATF (Air Transport Factor)

空調する室の除去熱量と、給気および還気用送風機の入力電力（熱量換算値）との比。送風動力の省エネルギーの指標である。略して ATF と表記する。

7.3.7 室内顕熱負荷

室温を常時一定に保つために必要な供給熱量。透過日射、窓・外壁・内壁貫流熱、すきま風、内部発熱による顕熱負荷が含まれる。

7.3.8 設計最大風量

設計で求められた、冷暖房対象空間の室温を常時一定に保つための室内顕熱負荷を処理するために必要な最大給気量。

7.3.9 最小風量

冷暖房対象空間に必要な換気量を確保するための給気量。

7.4 記号等

本章で使用する記号等を表 7.4.1 に定義する。

表 7.4.1 記号等の定義

記号	データ項目	単位
θ_w	水温 (c : 冷水、h : 温水、in : 入口、out : 出口)	°C
Vw	流量 (c : 冷水、h : 温水)	m ³ /h
θ_a	乾球温度 (sa : 給気、ra : 還気、oa : 外気)	°C
RH	相対湿度 (sa : 給気、ra : 還気、oa : 外気)	%
VAVn	可変風量装置 (CAV : 定風量を含む)	—
GA	風量 (sa : 給気、ra : 還気、oa : 外気)	m ³ /h
E	消費電力量 (Fs : 給気ファン、Fr : 還気ファン)	kWh
F	インバータ周波数 (s_INV : 給気ファン、r_INV : 還気ファン)	Hz
Pa	ダクト内静圧 (sa : 給気)	Pa

7.5 制御方式

変风量制御のうち、表 7.5.1 に示す制御方式を対象とする。

表 7.5.1 対象とする空調機风量制御の種類

タイプ	VAV ユニット	ファン回転数制御の有無 および方式	給気温度設定値 自動リセットの有無
タイプ A		■	■
タイプ B	■	■ (静圧一定方式)	
タイプ C	■	■ (静圧一定方式)	■
タイプ D	■	■ (VAV ユニット要求风量方式)	
タイプ E	■	■ (VAV ユニット要求风量方式)	■

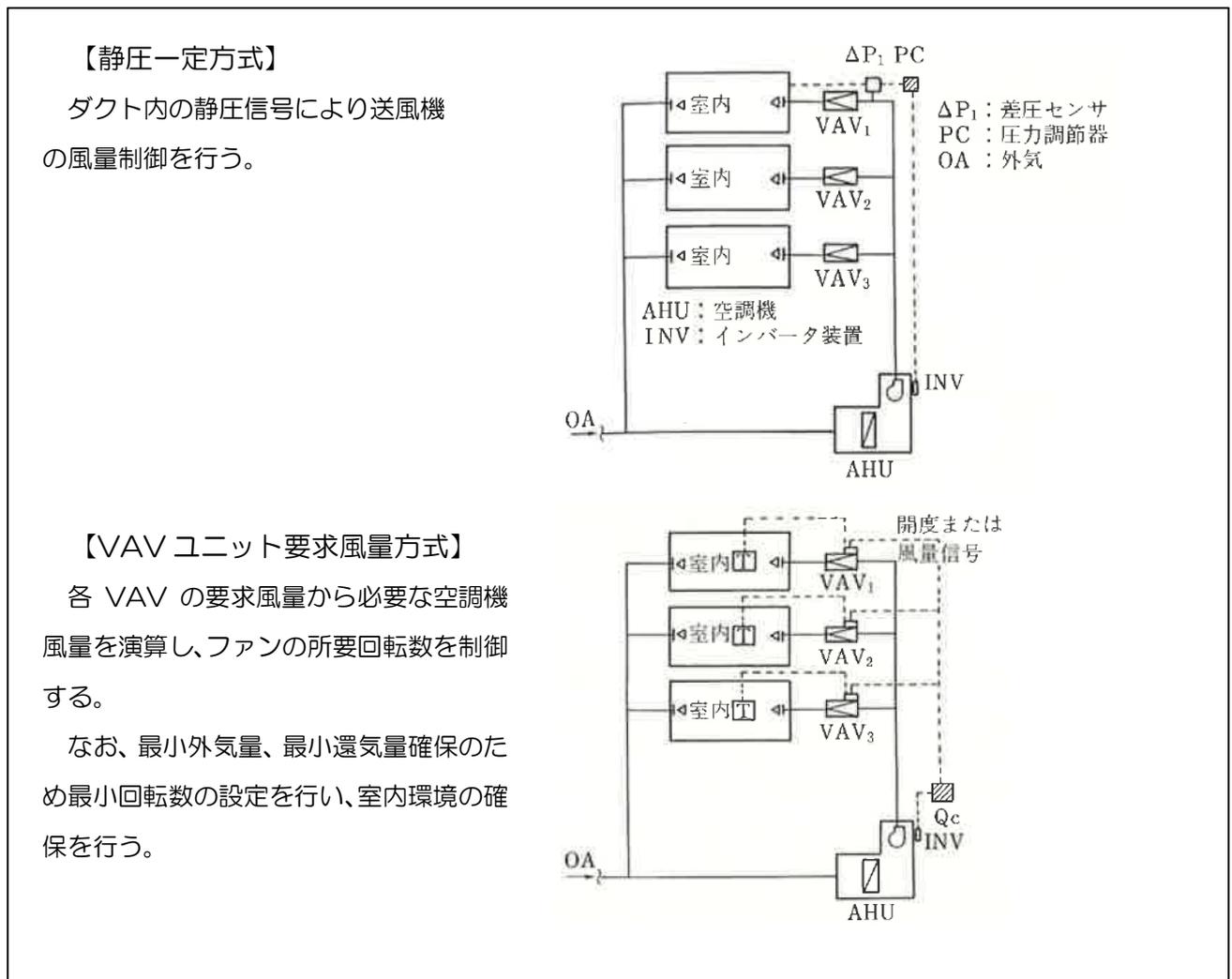


図 7.5.1 ファン回転数制御の方式 [参考文献 12]

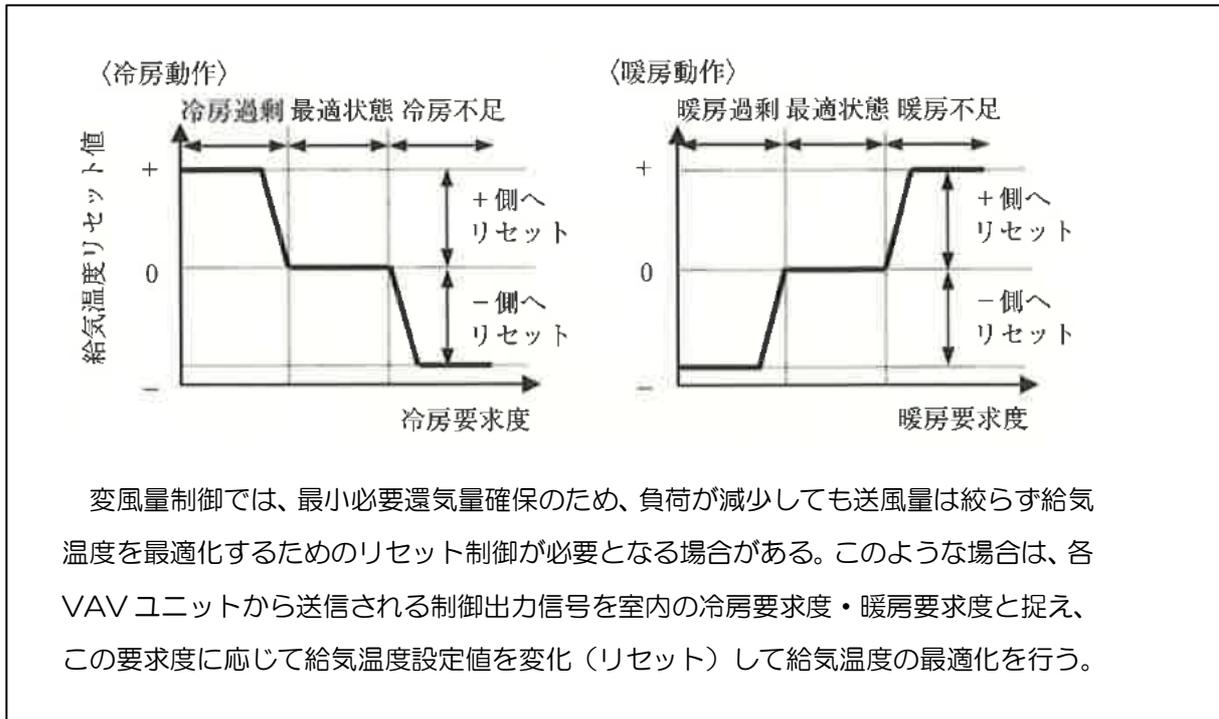


図 7.5.2 給気温度設定値の自動リセットの方式 [参考文献 12]

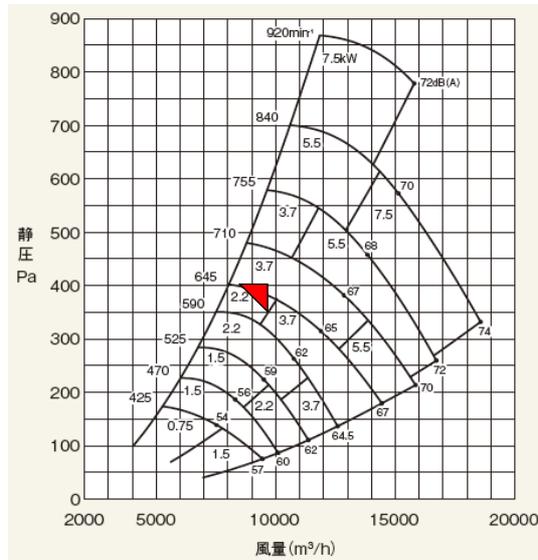
7.6 性能試験のフロー

空調機の変風量制御の性能試験は、次の3つの試験から構成される。

TEST-1：給気ダクト静圧と送風量との関係の検証

TEST-2：VAV ユニット要求風量と送風量との関係の検証

TEST-3：送風量と給気温度との関係の検証



代表性能曲線
PERFORMANCE CURVE

機名 31/2SRM4 MODEL NO. 31/2SRM4 周波数 50 Hz 出力 3.7 kW
 電動機定格 200 V, 15.6 A, 1460 min⁻¹ MOTOR RATING 400 V, 7.8 A, 1460 min⁻¹ 形式 全部扇形 Type 1, 2, 3, 4 本図はEPA標準電動機を使用した場合のデータです

番号 TEST NO.	送風機 FAN				三相誘導電動機 MOTOR								騒音 (1.5m) NOISE LEVEL	
	風量 CAPACITY m³/min	静圧 STATIC PRESS. Pa	全圧 TOTAL PRESS. Pa	効率 EFF. %	電圧 VOLTS (200V)		電圧 VOLTS (400V)		出力 OUTPUT kW		騒音 SUBJ.ION dB(A)	周辺 AMBIENT dB(A)		
					電流 CURRENT A	入力 INPUT kW	効率 EFF. %	電流 CURRENT A	入力 INPUT kW	効率 EFF. %	出力 OUTPUT kW			
1	0.0	547	547	0.0	8.44	0.928	80.6	4.225	0.928	80.6	0.748	75.0	65.0	
2	55.0	421	427	42.0	8.69	1.117	83.4	4.347	1.117	83.4	0.932	70.0	60.0	
3	110.4	408	435	57.3	9.43	1.602	87.3	4.718	1.602	87.3	1.398	70.5	61.0	
4	166.1	372	435	57.5	10.85	2.341	89.3	5.426	2.341	89.3	2.091	73.0	64.0	
5	221.6	247	359	46.8	12.69	3.142	89.7	6.348	3.142	89.7	2.821	75.5	66.0	
6	272.5	55	222	27.4	15.25	4.115	89.4	7.625	4.115	89.4	3.679	81.0	70.0	

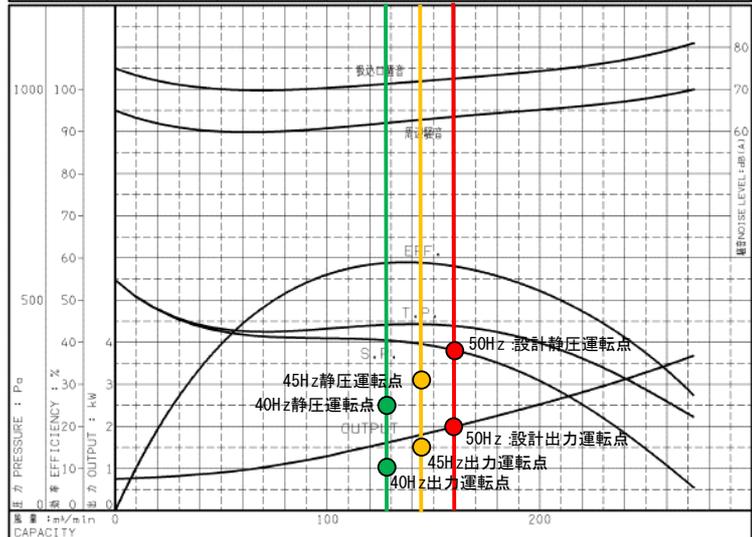


図 7.7.3 空調機ファン特性の例

7.7.2 納入仕様書等

- ・ 機器納入仕様書
- ・ 自動制御納入仕様書
- ・ 制御パラメータ設定リスト

表 7.7.1 制御パラメータ設定値一覧表の例

設計最大送風量	送風量		CMH
	給気送風機	動力	kW
		NV周波数	Hz
	還気送風機	動力	kW
NV周波数		Hz	
設計最小送風量	送風量		CMH
	給気送風機	動力	kW
		NV周波数	Hz
	還気送風機	動力	kW
NV周波数		Hz	

	名称 (対象室名)	制御装置	設計 最大)風量 (CMH)	最小風量 (CMH)
制御装置 1		VAV CAV MD		
制御装置 2		VAV CAV MD		
制御装置 3		VAV CAV MD		
制御装置 4		VAV CAV MD		
制御装置 5		VAV CAV MD		
制御装置 6		VAV CAV MD		
制御装置 7		VAV CAV MD		
制御装置 8		VAV CAV MD		
制御装置 9		VAV CAV MD		
制御装置 10		VAV CAV MD		
制御装置 11		VAV CAV MD		
制御装置 12		VAV CAV MD		

7.8 データ計測

7.8.1 必要となるデータ

各テストを実施するために必要となるデータを表 7.8.1 に示す。

表 7.8.1 性能試験に必要な計測データ

必要データ テスト	空調機運転状態	給気ダクト静圧	給気風量 (ファンINV 周波数)	VAV ユニット要求風量	給気温度
TEST-1：給気ダクト静圧と送風量との関係の検証	■	■	■		
TEST-2：VAV ユニット要求風量と送風量の関係の検証	■		■	■	
TEST-3：送風量と給気温度の関係の検証	■		■		■

7.8.2 データ収集

必要データは、計測計量計画に基づく計測器または仮設計測器を通じて収集する。

- 給気風量：INV 周波数設定信号から送風機回転数を求め、送風機性能曲線（機器完成図書）より送風量を読み取る。あるいは、対象空調機系統の全 VAV ユニット風量、CAV ユニット風量の合計値とする。
- 送風機動力：該当送風機の電力量計の出力信号より積算電力量データを収集し、計測時間間隔に合わせその時間間隔での電力量とする。
- 給気温度、還気温度：中央監視盤からの瞬時値を読み取り、計測時間間隔に合わせその時間間隔での平均値を算出する。
- 給気ダクト静圧：中央監視盤からの瞬時値を読み取り、計測時間間隔に合わせその時間間隔での平均値を算出する。
- VAV ユニット風量：対象空調機系統の全 VAV ユニットの計測風量を中央監視盤からの瞬時値を読み取り、計測時間間隔に合わせその時間間隔での平均値を算出する。この風量には対象空調機系統の全 CAV ユニットの風量を加え、その風量は、中央監視盤からの瞬時値を読み取るか、中央監視での計測がない場合は完成図書の風量とする。
- VAV ユニット要求風量：対象空調機系統の全 VAV ユニットの要求風量を中央監視盤から

の瞬時値を読み取り、計測時間間隔に合わせその時間間隔での平均値を算出する。この風量には対象空調機系統の全 CAV ユニットの要求風量を加え、その風量は、中央監視盤からの瞬時値を読み取るか、中央監視での計測がない場合は完成図書風量の風量とする。

- ・ 空調運転の運転開始状態の立上り運転モード、運転終了状態の停止運転モード時の計測データは評価対象としない。

7.8.3 計測機器

各テストを実施するために必要となるデータを表 7.8.2 に示す。

表 7.8.2 計測器の条件

測定項目	単位	センサー精度	レンジ	センサーの例
温度	℃	±0.3℃	0~50℃	熱電対
湿度	%	±5%RH	0~100%	簡易湿度計
ダクト静圧	Pa	±1%	0~1000Pa	微差圧計（ダクト内と大気圧の差圧）
電力量	kWh	±2%	機器の定格消費電力による	クランプ式電力量計
風速	m/s	±3%	0.1~50m/s	簡易型熱線式風速計

7.8.4 計測時間間隔期間及び計測期間

計測時間間隔及び計測期間は、次のいずれかであるとする。

- ・ 1 時間間隔のデータを 1 年間連続して計測する。
 - 中央監視装置によるデータが利用できる場合等
- ・ 1 分間隔のデータを、次に示す時期に 1 週間程度連続して計測する。
 - 夏期（7 月下旬などの冷房負荷が大きい時期）
 - 中間期（10 月上旬などの冷房負荷が小さい時期）
 - 冬期（1 月下旬などの暖房負荷が大きい時期）

7.9 試験方法

7.9.1 TEST-1 給気ダクト静圧と送風量との関係の検証 (タイプ B、C)

このテストでは、空調機の給気風量と給気ダクト静圧の関係を検証する。

STEP 1) データの収集

各空調機について、次の項目の時系列データを計測する。

- ・ 空調機運転状態 (ON-OFF)
- ・ 給気ダクト静圧
- ・ 空調機の給気風量
 - 風量の計測がされていない場合は、ファンインバータ周波数から推定する。

STEP 2) 給気風量と給気ダクト静圧の関係の分析

計測した給気風量と給気ダクト静圧の値を使用して、図 7.9.1 に示すグラフ (縦軸：給気ダクト静圧、横軸：送風量 (給気風量)) を作成する。

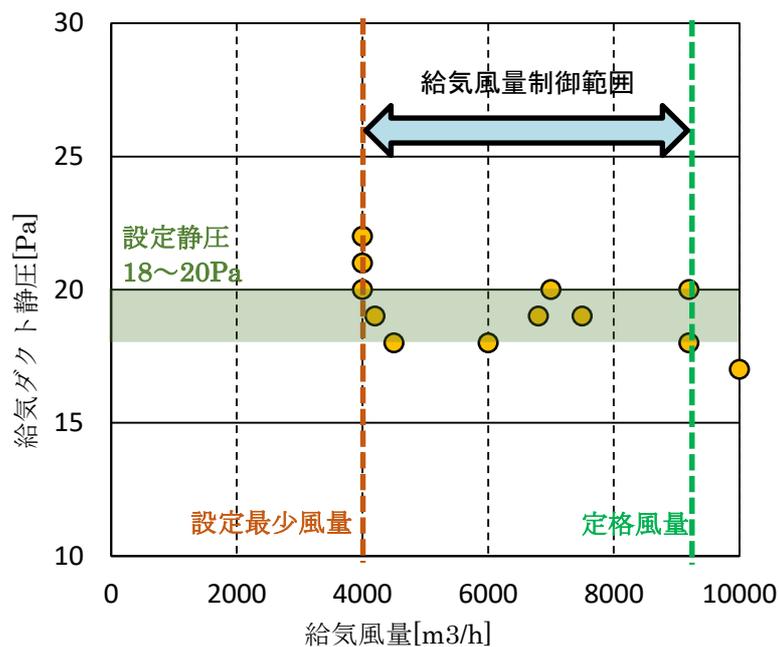


図 7.9.1 給気ダクト静圧と送風量の関係の例

STEP 3) あるべき性能の把握

「制御パラメータ設定リスト」に記載されている設定静圧を確認し、前 STEP で作成したグラフ上に記入する。

STEP 4) 性能の判断

実測データから得られた給気ダクト静圧の変化と設計時に想定した設定値を比較して、設計意図通りに動いているかどうかを判断する。特に確認すべき点を以下に示す。

- ・ 給気風量が定格風量から設定最小風量の範囲内において、給気ダクト静圧が設定静圧範囲内で制御されているか。
 - 給気風量が設定最小風量と等しい場合は、これ以上風量を絞ることができなくなり、給気ダクト静圧が設定範囲を超えて大きくなる可能性がある。従って、給気風量が設定最小風量と一致する場合のデータを除いて、計測データの 95%以上が設定静圧範囲内に収まっていれば「適」と判断する。

7.9.2 TEST-2 VAV ユニット要求風量と給気風量との関係の検証 (タイプ D、E)

このテストでは、空調機の給気風量が要求風量どおりに制御されているかを検証する。

STEP 1) データの収集

各空調機について、次の項目の時系列データを計測する。

- ・ 空調機運転状態 (ON-OFF)
- ・ 空調機の給気風量
 - 風量の計測がされていない場合は、ファンインバータ周波数から推定する。
- ・ VAV ユニット要求風量 (対象空調機系統の全数)
 - CAV ユニットがあれば、その風量 (計測されていない場合は完成図書の設定風量とする) も収集する。

STEP 2) VAV ユニット要求風量と給気風量の関係の分析

VAV ユニット要求風量と CAV ユニット風量の和を求め、図 7.9.2 に示すグラフ (縦軸: VAV ユニット要求風量と CAV ユニット風量の和、横軸: 空調機の給気風量) を作成する。

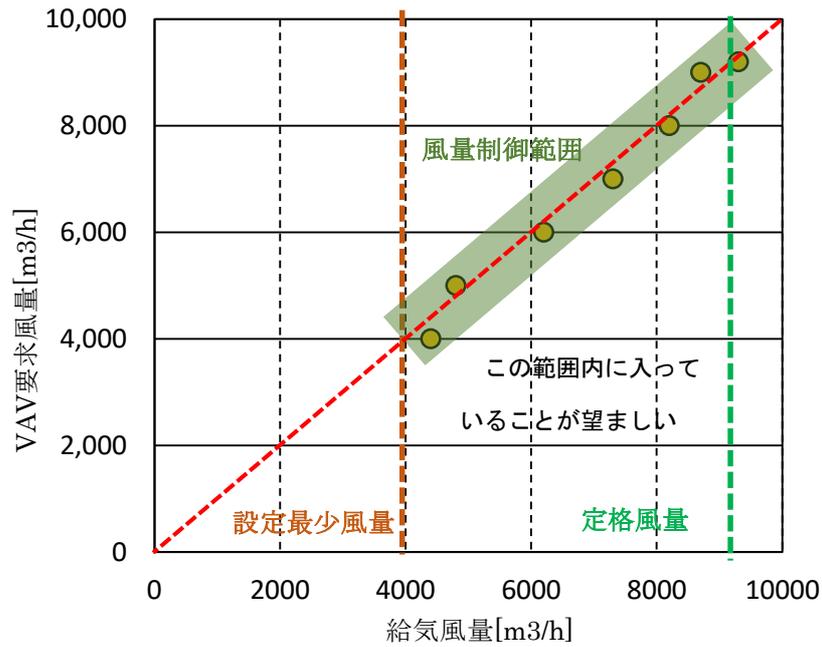


図 7.9.2 VAV ユニット要求風量と CAV ユニット風量の和と空調機の給気風量の関係の例

STEP 3) あるべき性能の把握

制御パラメータ設定リスト等に記載されている風量制御範囲、定格風量、設定最小風量を前STEPで作成したグラフ上に記入する。

STEP 4) 性能の判断

実測データから得られた要求風量と給気風量を比較して、両者に著しい差が無いことを確認する。特に確認すべき点を以下に示す。

- 空調機の給気風量が、VAV ユニット要求風量と CAV ユニット風量の和と一致しているか。
- 給気風量と要求風量の差の最大値が、定格風量の±5%以下であれば「適」と判断する。

7.9.3 TEST-3 給気風量と給気温度との関係の検証（タイプ A、C、E）

このテストでは、給気設定温度の自動リセットを行った際の空調機の給気風量と給気温度の関係を検証する。

STEP 1) データの収集

各空調機について、次の項目の時系列データを計測する。

- ・ 空調機運転状態（ON-OFF）
- ・ 給気温度
- ・ 給気風量
 - 風量の計測がされていない場合は、ファンインバータ周波数から推定する。

STEP 2) 給気風量と給気温度の関係の分析

給気風量と給気温度の計測値より、図 7.9.3 に示すグラフ（縦軸：給気温度、横軸：給気風量）を作成する。

- ・ 起動後 1 時間のデータ、休日のデータは分析対象外とし除外する。
- ・ 夏期と冬期では VAV ユニットの動きが異なるので、別々に作成する。（例：夏期 7～9 月、冬期 12～2 月）

また、夏期・冬期・中間期の代表日における VAV 風量と給気温度の時刻別推移を示すグラフ（縦軸：VAV 風量、給気温度、四時軸：時刻）を作成する。さらに、VAV 風量と室温偏差（室温計測値－室温設定値）の関係を示すグラフ（縦軸：室温偏差、横軸：VAV 風量）を作成する。

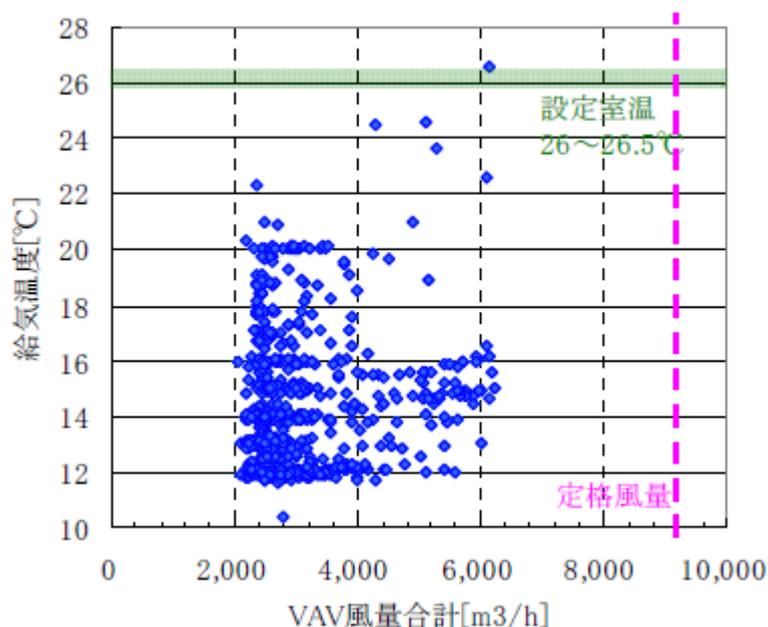


図 7.9.3 給気風量と給気温度の関係の例（冷房時）

STEP 3) あるべき性能の把握

制御パラメータ設定リスト等に記載がある給気温度最小設定値、給気温度最大設定値、定格風量、設定最小風量、室温設定値を前 STEP で作成したグラフ上に記入する。

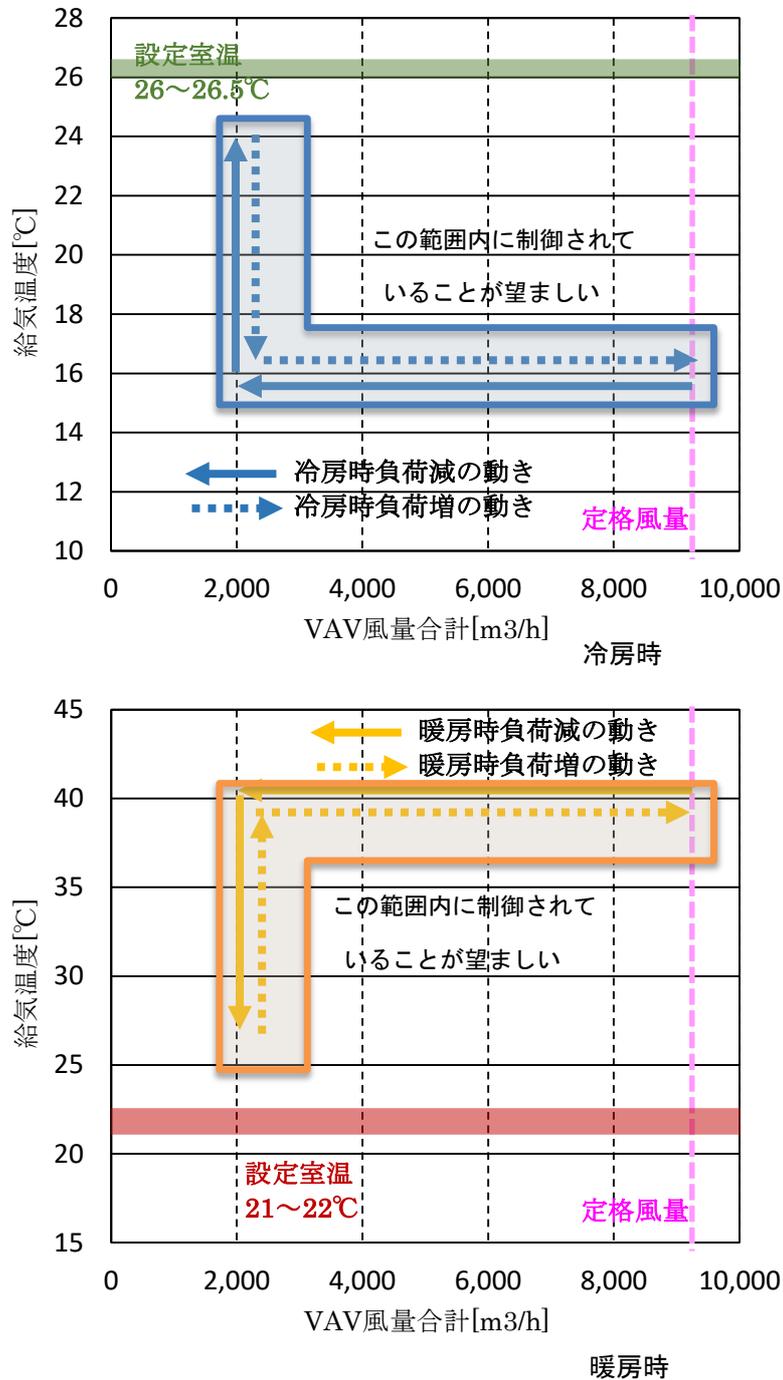


図 7.9.4 VAV 風量合計と給気温度の関係の例

STEP 4) 性能の判断

一般的に、給気設定温度の自動リセット制御が適切に機能した場合は、図 7.9.4 に示す L 字の範囲内にデータが収まるはずである。特に確認すべき点を以下に示す。

- ・ 実測データから得られた給気風量と給気温度は、図 7.9.4 に示す L 字の範囲内に収まっているかどうか。つまり、冷房の場合においては、冷房負荷が小さくなった場合、まず風量を絞って最小風量に達してから給気温度を上げるという挙動になっているか。
- ・ 定格風量を 100%として、80%~100%風量時の給気温度を抽出し、この給気温度が冷房においては最小設定値 +2°C以内、暖房においては最大設定値 - 2°C以内 に収まっているれば「適」と判断する。

8.2 引用規格・参考文献

- 1) CIBSE, Industry Code AM3, UK
- 2) ES 5695/2006 = EN13779/2004
- 3) ES 5821/2007 = EN13053
- 4) ES 6409/2007 = EN 1886/1998
- 5) ES 6474/2008 = EN1751
- 6) ES 6481/2008 = EN13030/2001
- 7) ES 6602/2008 = EN12792
- 8) ES 7177/2010 = BS EN 12239/2001
- 9) 空気調和・衛生工学会：設備システムに関するエネルギー性能計測マニュアル
- 10) NPO 法人建築設備コミッショニング協会：建築設備性能検証マニュアル
- 11) 一般社団法人日本ビルエネルギー総合管理技術協会：ビルエネルギー総合管理手法
- 12) 空気調和・衛生工学便覧 3 空気調和設備編（第 14 版）

8.3 用語の定義

8.3.1 外気導入量制御

空調対象室の使用状況等に応じて、外気導入量を変動させる自動制御システム。外気導入量を制御する方式として、在室人員に応じた適切な換気量とする室内 CO₂ 濃度制御、外気条件に応じて外気冷房を行う外気冷房制御、空調運転開始の予冷暖時の外気カット制御などがある。

8.3.2 CO₂濃度による外気量調整機能

室内の CO₂ 濃度により必要換気量を制御することにより空調機の外気負荷を低減する制御システム。

8.3.3 外気冷房機能

冷房時の室内条件と外気条件に応じて、外気を直接室内に導入することにより冷房を行い、冷熱源の負荷を低減するシステム。

8.3.4 外気カット機能

空調運転開始の予冷予熱時の在室者のいない際に、空調機への外気導入をスケジュールにより中止し、空調機の外気負荷を低減する制御システム。

8.3.5 VAV (Variable Air Volume) ユニット

変風量制御を実現するための風量制御ユニットであり、内蔵されたアクチュエータでモーターダンパを動かし風量を変化させることができる。

8.3.6 CAV (Constant Air Volume) ユニット

通過風量を一定に保つために使用するユニットで、前後の差圧変動にかかわらず風量が変わらない特性を有する。自力式の CAV ユニット専用のもので、風量センサーをもつ VAV ユニット

を一定風量として使用したものがある。

8.3.7 MD (Motorized Damper)

ダクトや空調機器に設け、風量を自動的に制御するためにモータを駆動機としたダンパ。

8.3.8 INV (Inverter、インバータ)

可変電圧可変周波数装置で送風機を駆動するモータの回転数を出力周波数により制御する。

8.4 記号等

本章で使用する記号等を表 8.4.1 に定義する。

表 8.4.1 記号等の定義

記号	データ項目	単位
θ_a	乾球温度 (sa : 給気、ra : 還気、oa : 外気)	°C
RH	相対湿度 (sa : 給気、ra : 還気、oa : 外気)	%
VAV	可変風量装置	—
CAV	定風量装置	
MD	モーターダンパー	
GA	風量 (sa : 給気、ra : 還気、oa : 外気)	m ³ /h

8.5 制御方式

外気導入量制御のうち、表 8.5.1 に示す制御方式を対象とする。なお、タイプ D の外気カット制御は、タイプ A から C との組合せもあり得るが、ここでは単独で採用されたものと想定して評価を行う。

表 8.5.1 対象とする空調機の外気導入量制御の種類

タイプ	有する機能
タイプ A	CO ₂ 濃度による外気量調整機能
タイプ B	外気冷房機能
タイプ C	CO ₂ 濃度による外気量調整機能＋外気冷房機能
タイプ D	外気カット機能

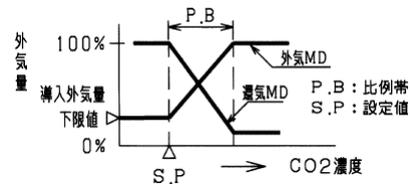
MDまたはVAVの開度

	RA側	OA側	EA側
CO ₂ 制御	比例	比例	比例
外気冷房制御	比例	比例	比例
外気カット制御	開	閉	閉

※外気カット制御の場合は、CAVも含む。

【CO₂濃度による外気量調整機能】

還気のCO₂濃度が一定値以下となるよう外気導入量制御装置（VAV、MDなど）により導入外気量を制御する。

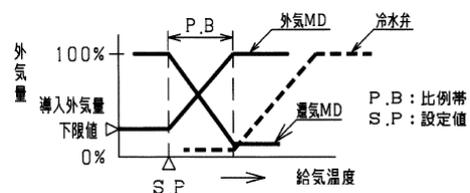
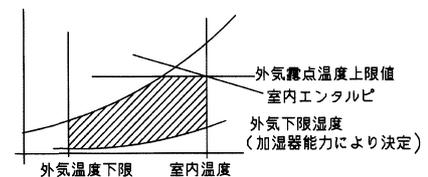


【外気冷房機能】

還気エンタルピーと外気エンタルピーを比較し室内負荷状況により外気を直接導入することにより冷房ができる場合は、給気を全量外気とし、還気は全量排気することにより冷熱源負荷を低減する。

外気冷房条件

- 外気エンタルピー < 室内エンタルピー
- 外気下限温度 < 外気温 < 室内温度
- 外気露点温度 < 外気露点温度上限値
- 外気湿度下限値 < 外気湿度



【CO₂濃度による外気量調整機能＋外気冷房機能】

前述のCO₂制御と外気冷房制御の組合せたもの。外気冷房制御を優先させ外気冷房実施時はCO₂制御は行わない。

【外気カット機能】

スケジュール（予冷・予熱時等）により導入外気量を抑制する制御。

空調機運転開始直前の外気温度を確認し、外気カット運転が有効性であるかを判断する。

外気カット運転実施判断基準例

冷房運転の予冷時：（設定室温－5℃） < 外気温

暖房運転の予熱時：常時

図 8.5.1 空調機外気制御の方式

表 8.7.1 制御パラメータ設定値一覧表の例

CO ₂ 制御	設定 CO ₂ 濃度		ppm
	外気量 (下限値)		m ³ /h
	外気量 (最大値)		m ³ /h
外気冷房制御	外気温度		°C
	外気湿度		RH%
	外気温度 (下限値)		°C
	外気湿度 (下限値)		RH%
	還気温度		°C
	還気湿度		RH%
	室内温度		°C
	室内湿度		RH%
外気カット制御	設定時間		時間

8.8 データ計測

8.8.1 必要となるデータ

各テストを実施するために必要となるデータを表 8.8.1 に示す。

表 8.8.1 性能試験に必要な計測データ

必要データ テスト	室内 CO ₂ 濃度	外気温・湿度	還気温度・湿度	給気温度	外気導入量	外気冷房状態	外気カット状態	空調運転状態
TEST-1：CO ₂ 濃度による外気量調整機能の検証	■				■			
TEST-2：外気冷房機能の検証		■	■			■		
TEST-3：外気カット機能の検証		■					■	■

8.8.2 データ収集

必要データは、計測計量計画に基づく計測器または仮設計測器を通じて収集する。

- ・ CO₂ 濃度：中央監視盤からの瞬時値を読み取り、計測時間間隔に合わせその時間間隔での平均値を算出する。
- ・ 外気温・湿度：中央監視盤からの瞬時値を読み取り、計測時間間隔に合わせその時間間隔での平均値を算出する。
- ・ 還気温度・湿度：中央監視盤からの瞬時値を読み取り、計測時間間隔に合わせその時間間隔での平均値を算出する。
- ・ 給気温度：中央監視盤からの瞬時値を読み取り、計測時間間隔に合わせその時間間隔での平均値を算出する。
- ・ 外気量：VAV 装置の風量データあるいは外気ダンパ開度信号による場合は、外気ダンパ開度と外気量の相関図を完成図書に含め、その相関図より外気量を求める。
- ・ VAV ユニット・CAV ユニット開度、MD 開度：VAV ユニット・CAV ユニットの開度あるいは外気ダンパ（MD）開度により最大外気量導入状態か最少外気導入状態かを確認する。中央監視盤の状態信号を計測する。中央監視盤にその信号がない場合は、現場で開度状態を確認する。
- ・ 外気冷房状態：中央監視盤の状態信号を計測する。中央監視盤にその信号がない場合は、現

場で外気冷房状態となるダンパ開度状態などを確認し、外気冷房状態を判断する。

- ・ 外気カット状態：中央監視盤の状態信号を計測する。中央監視盤にその信号がない場合は、スケジュール設定を確認し外気カットの実施状態を判断する。
- ・ CO₂制御および外気冷房制御では、空調運転の運転開始状態の立上り運転モード、運転終了状態の停止運転モード時の計測データは評価対象としない。

8.8.3 計測機器

- ・ CO₂濃度：CO₂濃度計
- ・ 外気温・湿度：ダクト挿入温度計・湿度計あるいは屋外設置の温度計・湿度計
- ・ 還気温度・湿度：ダクト挿入温度計・湿度計
- ・ 外気冷房信号、外気カット信号：中央監視より

表 8.8.2 計測器の条件

データ項目	単位	センサー精度	レンジ	センサーの例
CO ₂ 濃度	ppm	±5%	0~4000ppm	簡易CO ₂ 計測器
気温	℃	±0.3℃	0~50℃	熱電対
温度	℃	±0.5K	0~50℃	熱電対
湿度（相対湿度）	%	±5%RH	0~100%	簡易湿度計

8.8.4 計測時間間隔期間及び計測期間

計測時間間隔及び計測期間は、次のいずれかであるとする。

- ・ 1時間間隔のデータを1年間連続して計測する。
 - 中央監視装置によるデータが利用できる場合等
- ・ 1分間隔のデータを、次に示す時期に1週間程度連続して計測する。
 - 夏期（7月下旬などの冷房負荷が大きい時期）
 - 中間期（10月上旬などの冷房負荷が小さい時期）
 - 冬期（1月下旬などの暖房負荷が大きい時期）

8.9 試験方法

8.9.1 TEST-1 CO₂濃度による外気量調整機能の検証（タイプ A、C）

このテストでは、空調機のCO₂濃度による外気量調整機能が適切に動作しているかを検証する。

STEP 1) データの収集

各空調機について、次の項目の時系列データを計測する。

- ・ 室内CO₂濃度
- ・ 外気導入量

STEP 2) CO₂濃度と外気導入量の関係の分析

計測したCO₂濃度と外気導入量の時間平均を演算し、図 8.9.1 に示すグラフ（縦軸：CO₂濃度、横軸：外気導入量）を作成する。外気冷房機能が併用されている場合は、外気冷房が OFF の期間のみを抽出する。

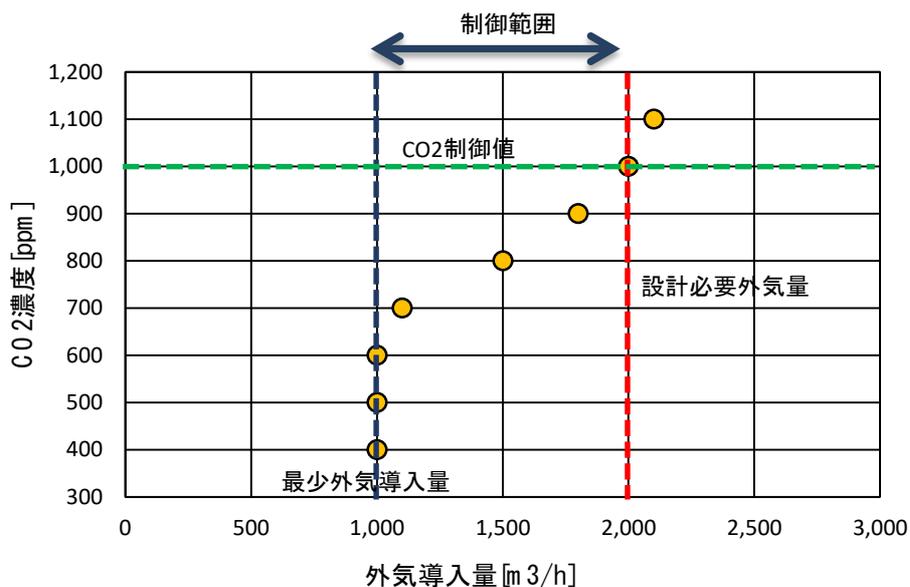


図 8.9.1 CO₂濃度と外気導入量の関係の例

STEP 3) 性能の判断

CO₂濃度に応じて外気導入量が適切に変化しているかを確認する。特に確認すべき点を以下に示す。

- ・ CO₂濃度が設定値を下回った際に外気導入量が低下するか。
- ・ 外気導入量が最小外気導入量を下回ることではないか。

8.9.2 TEST-2 外気冷房機能の検証（タイプ B、C）

このテストでは、空調機の外気冷房機能が適切に動作しているかを検証する。

STEP 1) データの収集

各空調機について、次の項目の時系列データを計測する。

- ・ 外気冷房状態
- ・ 還気温湿度
- ・ 外気温湿度

STEP 2) 還気エンタルピーと外気エンタルピーの関係の分析

計測した還気温湿度、外気温湿度より還気エンタルピーと外気エンタルピーを算出し、1時間平均値を演算してから、図 8.9.2 に示すグラフ（縦軸：外気エンタルピー、横軸：還気エンタルピー）にプロットする。この際、外気冷房状態を判別し、外気冷房機能が OFF のときのエンタルピーと ON の時のエンタルピーを区別してプロットする。

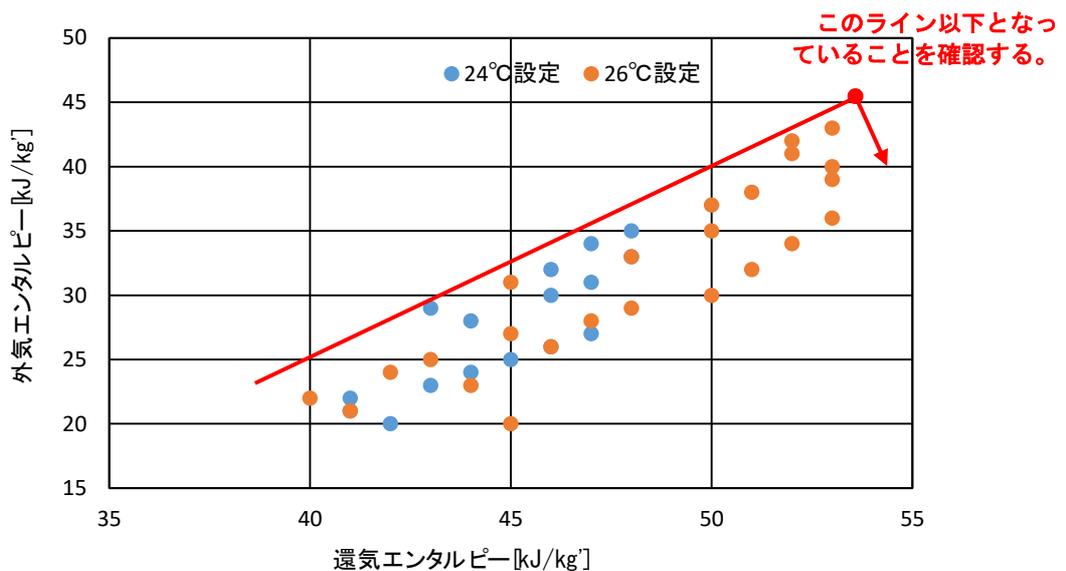


図 8.9.2 還気エンタルピーと外気エンタルピーの比較と外気冷房運転との関係の例

STEP 3) 性能の判断

還気エンタルピーと外気エンタルピーの関係に応じて外気冷房が適切に機能しているかを確認する。

8.9.3 TEST-3 外気カット機能の検証（タイプD）

このテストでは、空調機の運転開始時の外気カット運転（ウォーミングアップ運転）を検証する。

STEP 1) データの収集

各空調機について、次の項目の時系列データを計測する。

- ・ 外気カット運転状態
- ・ 空調機運転状態
- ・ 外気温度

STEP 2) 外気カット運転時間と空調機運転時間との関係の確認

計測した空調機運転状態と外気カット運転状態について、時系列データをグラフ化する。また、表 8.9.1 に示す表に、外気カット運転が実施されたどうかを記入する。

表 8.9.1 外気カット運転時間の確認の例
(予冷時の外気冷房効果確認のため空調機運転開始直前の外気温を併記)

日付		外気カット運転実施の有無							
		●月1日	●月2日	●月3日	●月4日	●月5日	●月6日	●月7日
空調機運転開始直前の 外気温度 (°C)		22.5	24.0	24.1	23.2	24.5	24.6	24.4	
空調機 系統	AHU-1	○	○	○	○	○	○	○	
	AHU-2	×	○	○	×	○	○	○	

なお、空調機運転開始直前の外気温度の確認は、外気カット運転の有効性の判断に用いる。

外気カット運転実施判断基準例

- ・ 冷房運転の予冷時：(設定室温 - 5°C) < 外気温
- ・ 暖房運転の予熱時：常時

STEP 3) 性能の判断

各日の運転において、外気カット機能が適切に実施されていることを確認する。特に確認すべき点を以下に示す。

- ・ 空調起動時に外気カット機能が適切に有効になっているか。
- ・ 一定の時間が経過した後、外気カット機能が適切に無効になっているか。

9. 空気調和設備における空調機の全熱交換器制御

9.1 適用

空気調和設備の自動制御技術のうち、空調二次側システム（空調機）における全熱交換器制御の性能試験法を定める。全熱交換器は、空調機の排気と取入外気との間で熱交換を行い、排気から顕熱および潜熱を回収して外気の予冷予熱を行う装置である。

対象とするシステムを図 9.1.1 に示す。

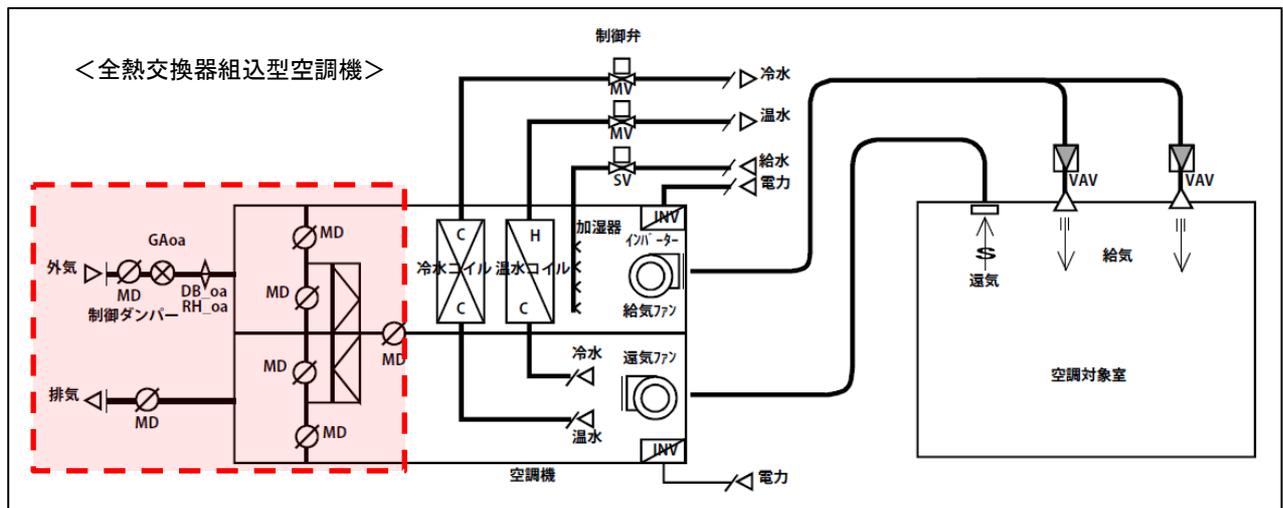


図 9.1.1 対象とする全熱交換システム

9.2 引用規格・参考文献

- 1) CIBSE, Industry Code AM3, UK
- 2) ES 5695/2006 = EN13779/2004
- 3) ES 5821/2007 = EN13053
- 4) ES 6409/2007 = EN 1886/1998
- 5) ES 6474/2008 = EN1751
- 6) ES 6481/2008 = EN13030/2001
- 7) ES 6602/2008 = EN12792
- 8) ES 7177/2010 = BS EN 12239/2001
- 9) 空気調和・衛生工学会：設備システムに関するエネルギー性能計測マニュアル
- 10) NPO 法人建築設備コミショニング協会：建築設備性能検証マニュアル
- 11) 一般社団法人日本ビルエネルギー総合管理技術協会：ビルエネルギー総合管理手法
- 12) 空気調和・衛生工学便覧 3 空気調和設備編（第 14 版）

9.3 用語の定義

9.3.1 回転型全熱交換器

吸湿性を持った回転するハニカム状のローターを介して排気と外気間で熱交換を行う。夏季では外気は冷却・減湿され、排気（室内空気）は反対に加熱・加湿される。冬季は低温低湿の外気は夏季と逆に加熱、加湿され室内に供給される。中間期や冬期などに外気冷房を行う場合は、バイパスダンパを設けて、全熱交換器を通さないようにする。バイパスダンパを設けずに回転速度を変化させることやタイマーによりローターの運転を断続運転することにより、外気を熱交換せずに取り入れる方法もある。

9.3.2 静止型全熱交換器

直交流型のプレートフィンを介して、室内空気と室外空気の熱交換が行われる。一般的には、バイパスダンパを設けて、外気冷房できるようにする。

9.3.3 バイパスダンパ

全熱交換が不要な中間期などに室外空気がバイパスするようにしたダンパのこと。空調機内に設けられる場合や、空気が空調機を迂回するようにバイパスダクトを設ける場合がある。

9.3.4 自動換気切替機能

熱交換換気と、全熱交換エレメントをバイパスするかエレメントの回転停止（回転数制御含む）する普通換気とを、外気や室内の温度や湿度から判断し自動で切替えて、空調負荷を削減する機能。

9.4 記号等

本章で使用する記号等を表 9.4.1 に定義する。

表 9.4.1 記号等の定義

記号	データ項目	単位
θ_a	乾球温度 (oa: 外気)	℃
RH	相対湿度 (oa: 外気)	%

9.5 制御方式

全熱交換器制御のうち、表 9.5.1 に示す方式を対象とする。

表 9.5.1 対象とする全熱交換器制御の種類

タイプ	形式	自動換気切替機能
タイプ A	回転型	無
タイプ B	回転型	有
タイプ C	静止型	有

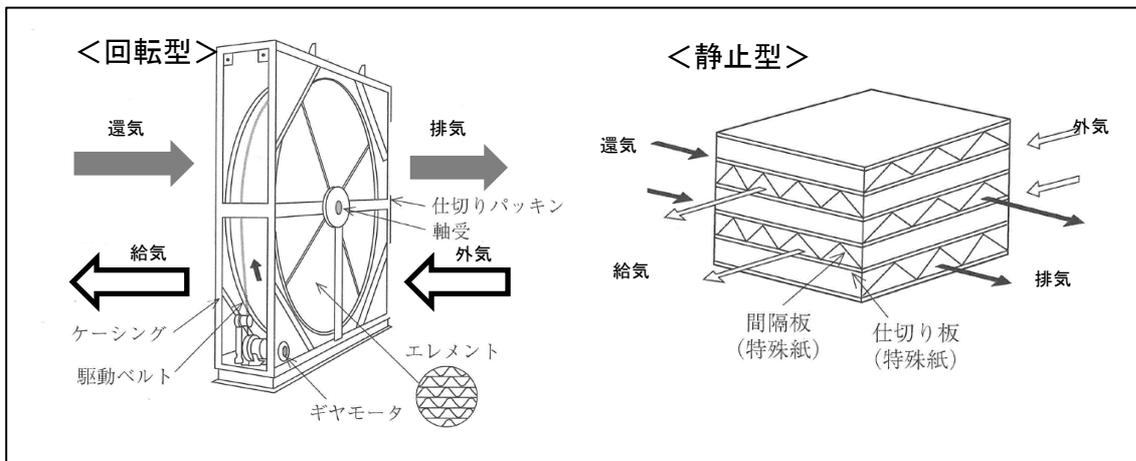


図 9.5.1 全熱交換器の形式 (回転型、静止型)

タイプ B のシステム図を図 9.5.2 に示す。

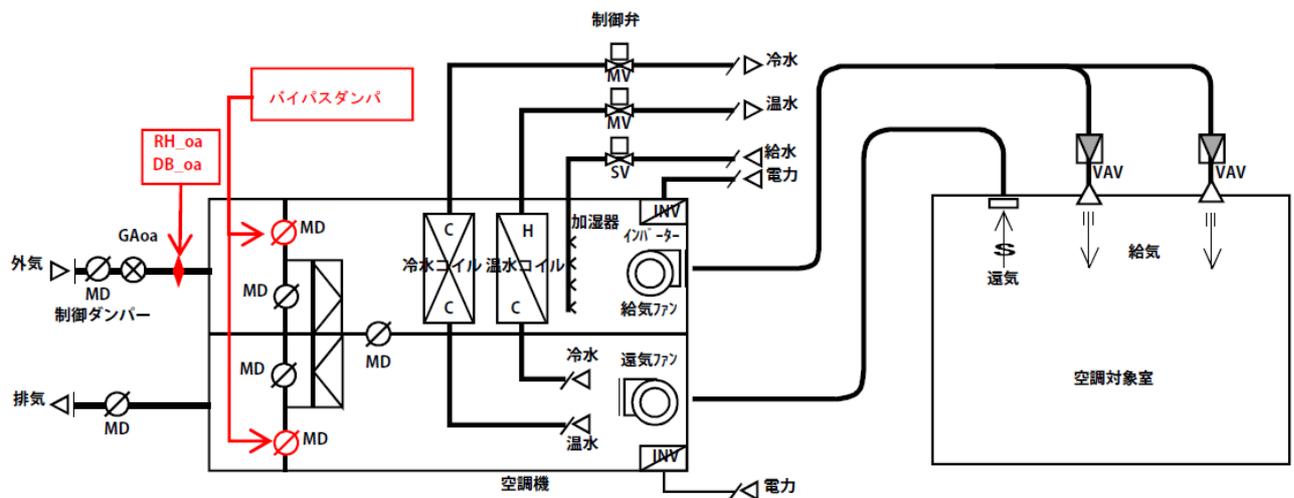


図 9.5.2 システムの例 (タイプ B)

9.7.2 納入仕様書等

- ・ 機器納入仕様書
- ・ 自動制御納入仕様書
- ・ 制御パラメータ設定リスト

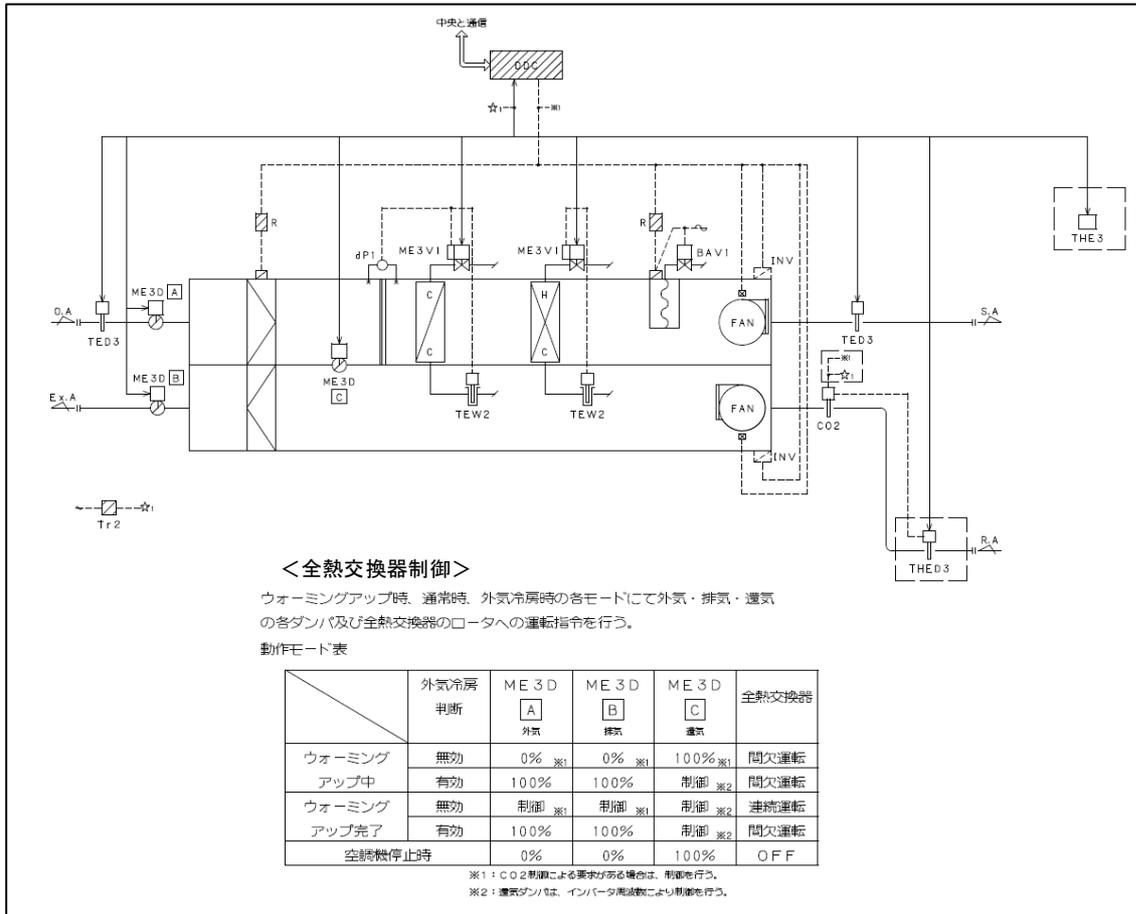


図 9.7.3 制御仕様書の例（全熱交換器制御）

表 9.7.1 制御パラメータ設定値一覧表の例

外気	温度		℃
	湿度		RH%
	絶対湿度		kg/kg(DA)
全熱交換器	運転モード（回収/パス）		—
バイパスダンパ	開閉状態		—
室内	温度		℃
	湿度		RH%
	絶対湿度		kg/kg(DA)

9.8 データ計測

9.8.1 必要となるデータ

各テストを実施するために必要となるデータを表 9.8.1 に示す。

表 9.8.1 性能試験に必要な計測データ

テスト	必要データ	外気温度・湿度 (全熱交換器入口側)	全熱交換器運転状態	バイパス状態
TEST-1: 全熱交換器の自動換気切替機能の検証		■	■	■

9.8.2 データ収集

必要なデータは、計測計量計画に基づく計測器または仮設計測器を通じて収集する。

- ・ 全熱交換器運転状態：中央監視盤からの運転信号、または、外気冷房信号・外気カット信号の読み取り。
- ・ バイパス信号：中央監視盤からの運転信号の読み取り。または、バイパスダンパの開閉状態を直接目視確認する。
- ・ 外気温度・湿度：中央監視盤からの瞬時値を読み取り、計測時間間隔に合わせその時間間隔での平均値を算出する。

表 9.8.2 データ収集方法の例

(「○」は、一般的な方法であるが、これに限定しない)

	中央監視装置 +既設センサ —	仮設ロガー +制御用信号 等	仮設ロガー +仮設センサ —	代替方法	加工 方法
全熱交換器運 転信号	○			ローターの電流値	
バイパス信号	○			開閉状態の目視確認	
外気温度・湿度	○				

9.8.3 計測機器

各データについて、センサーの設置位置及び必要精度に関する留意点を表 9.8.3 に示す。

表 9.8.3 計測器の条件

データ項目	単位	センサー精度	レンジ	センサーの例
温度	℃	±0.3℃	0~60℃	熱電対
湿度	%	±5%	0~100%	簡易湿度計

9.8.4 計測時間間隔期間及び計測期間

計測時間間隔及び計測期間は、次のいずれかであるとする。

- 1 時間間隔のデータを 1 年間連続して計測する。
 - 中央監視装置によるデータが利用できる場合等
- 1 分間隔のデータを、次に示す時期に 1 週間程度連続して計測する。
 - 夏期（7 月下旬などの冷房負荷が大きい時期）
 - 中間期（10 月上旬などの冷房負荷が小さい時期）
 - 冬期（1 月下旬などの暖房負荷が大きい時期）

9.9 試験方法

9.9.1 TEST-1 全熱交換器の自動換気切替機能の検証（タイプ A、B、C）

このテストでは、全熱交換器の自動換気切り替え機能が適切に動作することを検証する。

STEP 1) データの収集

空調時間帯における全熱交換器について、次の項目の時系列データを計測する。

- ・ 全熱交換器入口側の外気温湿度
- ・ 全熱交換器運転状態
- ・ バイパスダンパ開閉状態

STEP 2) 全熱交換器運転状態と外気温湿度との関係の分析

空調時間帯の外気温湿度の 1 時間平均値を、バイパスダンパの開閉状態別に、図 9.9.1 に示すグラフのようにプロットする。ただし、空調運転開始状態の立上り時、運転終了状態の運転停止時の計測データは評価対象としない。

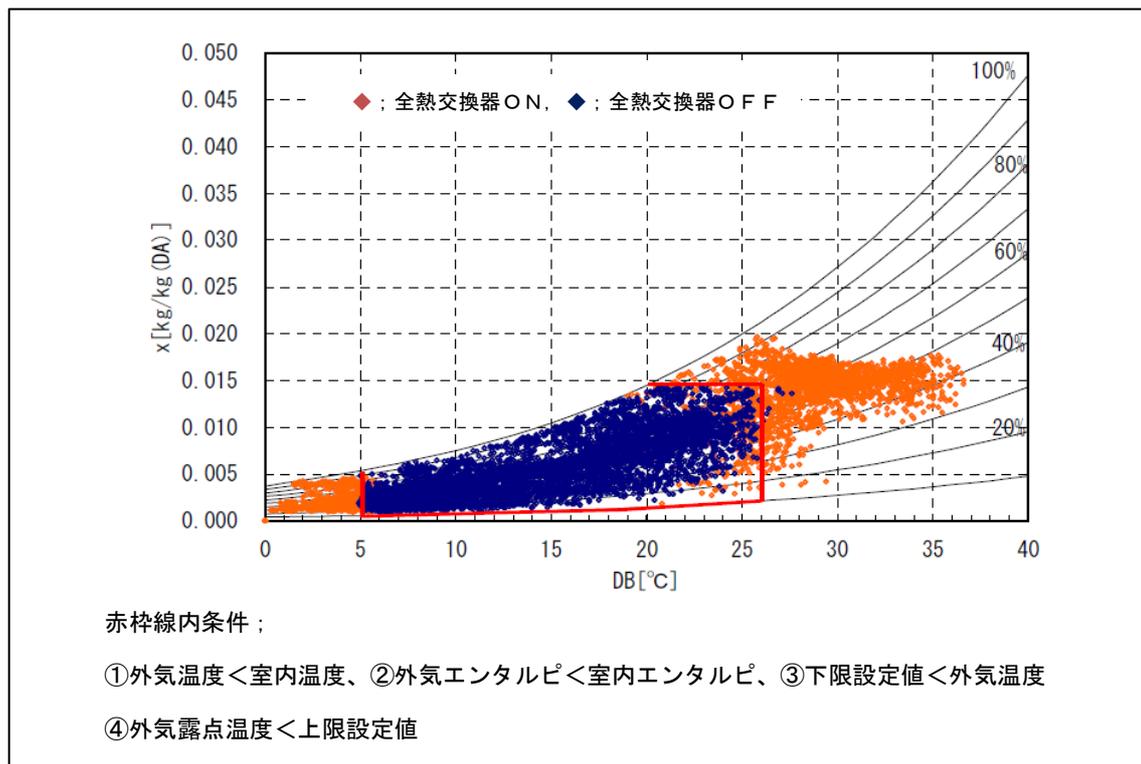


図 9.9.1 全熱交換器運転状態と外気温湿度との関係の例（計測値）

STEP 3) 性能の判断

納入仕様書等に記されている意図通りに、適切に全熱交換器の自動換気切替機能が行われていることを確認する。

10. 機械換気設備における送風機のCO濃度制御

10.1 適用

機械換気設備の自動制御技術のうち、駐車場等のCO濃度制御の性能試験法を定める。

対象とするシステムを図10.1.1に示す。CO濃度制御とは、主に駐車場などの送風機を対象として、自動車からの排気ガスに含まれる一酸化炭素(CO)濃度を計測することで送風機の運転台数や風量を制御する自動制御システムである。COの代わりに二酸化炭素(CO₂)濃度とすることも可能である(以降、COをCO₂と言い換え可能とする)。

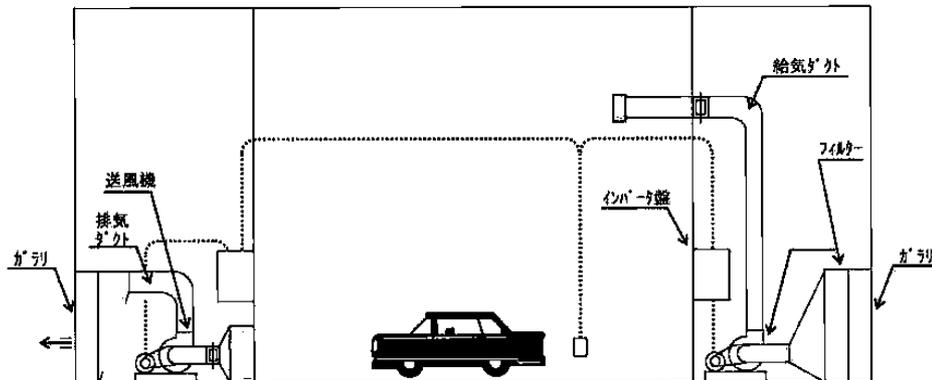


図 10.1.1 対象とする機械換気システム (駐車場)

10.2 引用規格・参考文献

- 1) 空気調和・衛生工学会：設備システムに関するエネルギー性能計測マニュアル
- 2) NPO 法人建築設備コミッション協会：建築設備性能検証マニュアル
- 3) 一般社団法人日本ビルエネルギー総合管理技術協会：ビルエネルギー総合管理手法
- 4) 空気調和・衛生工学便覧 2 機器・材料編 (第14版)
- 5) 一次エネルギー消費量算定用 WEB プログラムの解説 (H25 年省エネルギー基準(非住宅建築物))

10.3 用語の定義

10.3.1 CO濃度制御

CO濃度の計測値に応じて、送風機の運転台数やインバータ周波数を変更して、送風機の風量を調整する制御。

10.4 記号等

本章で使用する記号等を表 10.4.1 に定義する。

表 10.4.1 記号等の定義

記号	データ項目	単位
INV	インバータ周波数	Hz

10.5 制御方式

CO 濃度制御のうち、表 10.5.1 に示す方式を対象とする。

表 10.5.1 対象とする CO 濃度制御の種類

タイプ	風量制御
タイプ A	台数制御
タイプ B	インバータ制御

10.5.1 台数制御 (タイプ A)

複数のファンを並列に運転し、必要風量に応じて運転台数を変化させる制御方法で、風量は段階的に変化する。

10.5.2 インバータ制御 (タイプ B)

インバータにより周波数を変えて電動機の回転数を変化させることにより風量を変化させる制御方法。

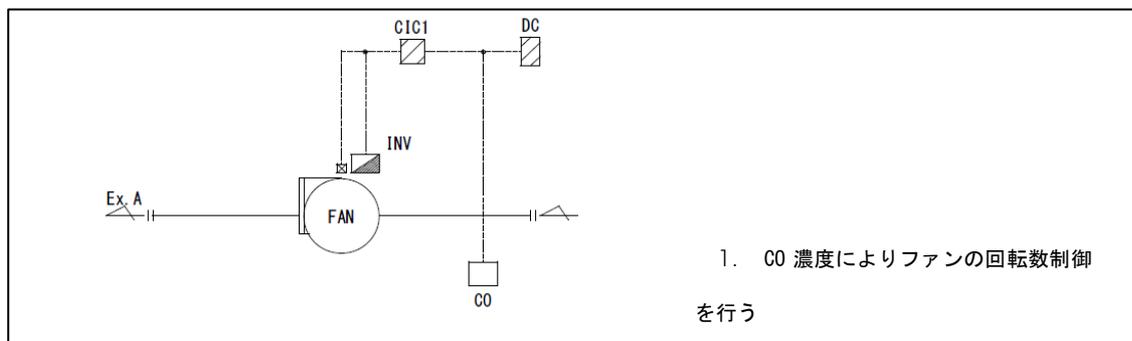


図 10.5.1 インバータ制御のシステム例 (タイプ B)

10.6 性能試験フロー

CO 濃度制御の性能試験では、次の試験を実施する。

TEST-1：送風機発停状況と CO 濃度の関係の検証

送風機発停状況と CO 濃度の関係を、時系列データにより検証する。

10.7 システムの要求性能に関する情報

性能試験を実施するために必要な情報として、以下の資料を用意する。

10.7.1 設計図書等

- ・ 機器リスト
- ・ 系統図
- ・ 自動制御図（制御ロジック）

機 番	機器名称 (系統名)	機 器 仕 様	台数	動 力			設 置 場 所	備 考
				50Hz		駆動 方式		
				V	kW			
FS-B1-2	送風機 (B1階 駐車場)	型式 片吸込V0a7カ 床置型 スプリング防振 No.4×12,600m ³ /h×150Pa インバータ本体工事	1	3φ-200	2.2	インバータ	B1階 ファンルーム	FE-1-5と連動
FE-1-5	排風機 (B1階 駐車場)	型式 片吸込V0a7カ 床置型 スプリング防振 No.3-1/2×12,600m ³ /h×295Pa インバータ本体工事	1	3φ-200	3.70	インバータ	1階 ファンルーム	

図 10.7.1 機器リストの例（駐車場換気ファンのみ抜粋）

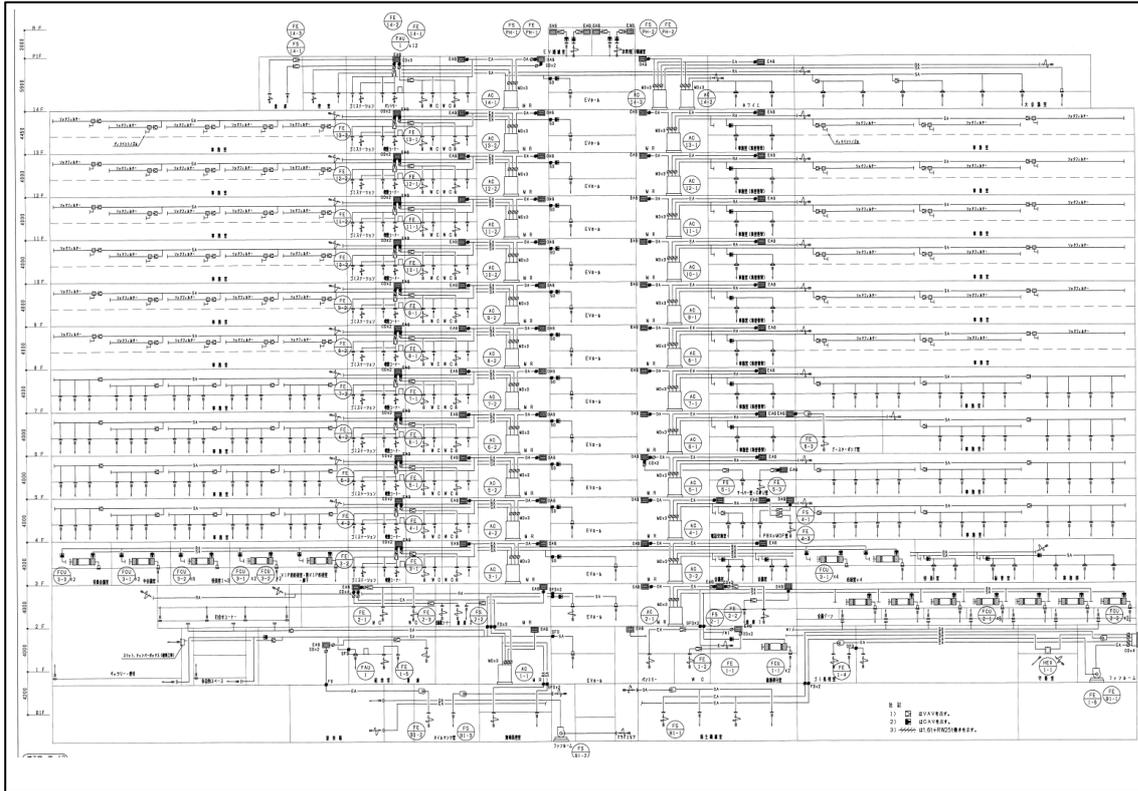


図 10.7.2 ダクト系統図の例

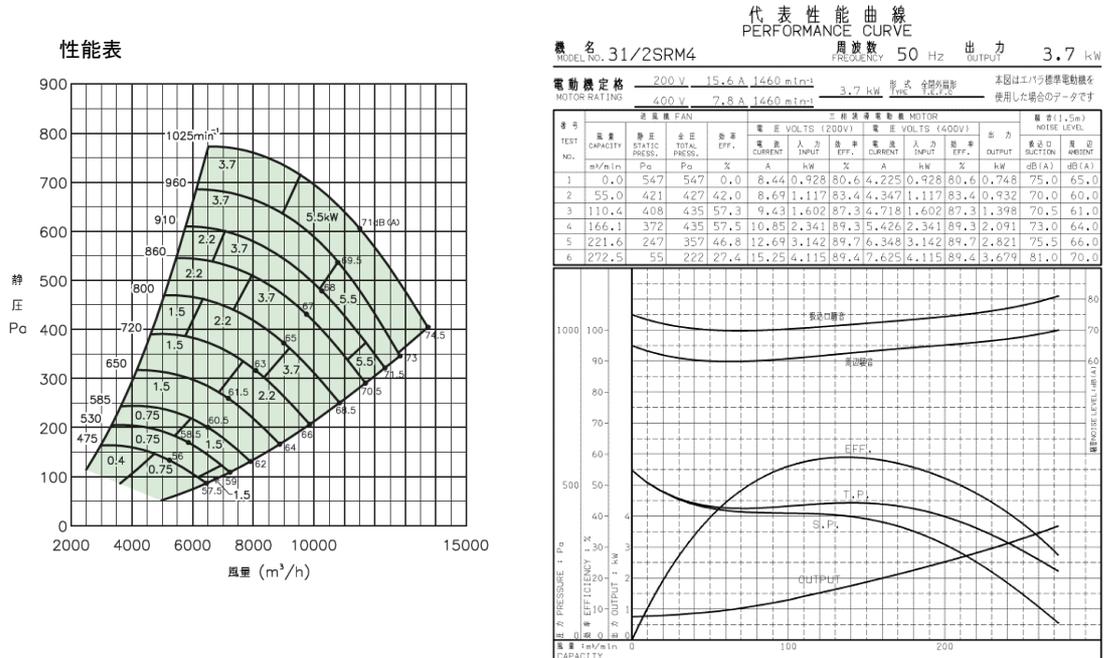


図 10.7.3 換気ファン特性の例

10.7.2 納入仕様書等

- ・ 機器納入仕様書
- ・ 自動制御納入仕様書
- ・ 制御パラメータ設定リスト

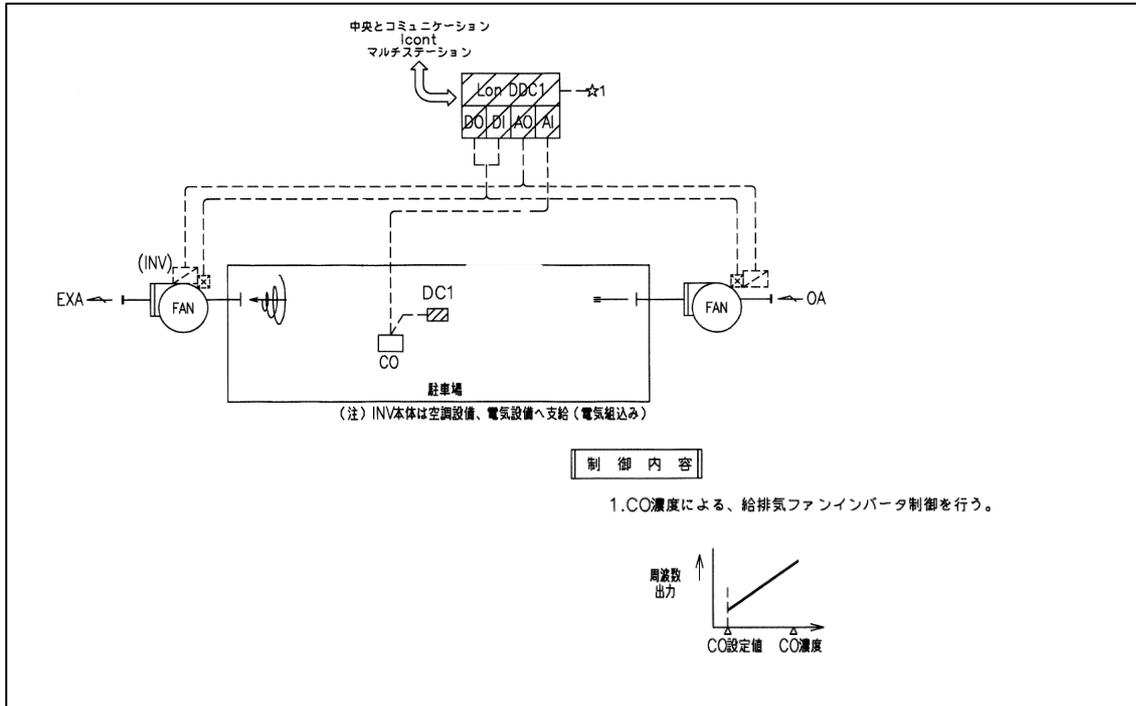


図 10.7.4 制御仕様書の例(CO制御)

表 10.7.1 制御パラメータ設定値一覧表の例

室内	設定 CO 濃度 (CO ₂ 濃度)		ppm
----	-------------------------------	--	-----

10.8 データ計測

10.8.1 必要となるデータ

各テストを実施するために必要となるデータを表 10.8.1 に示す。

表 10.8.1 性能試験に必要な計測データ (■：必須、□：任意)

テスト	必要データ	送風機の運転状態	インバータ出力	CO 濃度
TEST-1: 送風機発停状況と CO 濃度の関係の検証		■	□	■

10.8.2 データ収集

必要となるデータは、次のいずれかの方法で収集を行う。

- ・ 必要なデータを計測するためのセンサーが既に設置されており、中央監視装置等によりデータを自動で収集する。ただし、計測値の確からしさの検証を実施することが必須である。
- ・ 機器等から発信される制御用の信号値を仮設ロガーで収集する。
- ・ 別途計測センサーやロガーを設置して収集する

各データについて、データ収集方法の例を表 10.8.2 に示す。

表 10.8.2 データ収集方法の例

(「○」は一般的な方法であるが、これに限定はしない)

	中央監視装置 +既設センサ -	仮設ロガー +制御用信号 等	仮設ロガー +仮設センサ -	代替方法	加工方法
送風機運転信号	○			電流値	
インバータ出力	○			分電盤の出力計を目視	
CO 濃度	○			簡易 CO 濃度計	

10.8.3 計測機器

必要データは、表 10.8.3 に示す計測器を用いて計測する。データロガー機能があるものが望ましい。

表 10.8.3 計測器の条件

データ項目	単位	センサー精度	レンジ	センサーの例
CO 濃度	ppm	±5%	0~60	
CO ₂ 濃度	ppm	±5%	0~4000	

10.8.4 計測時間間隔及び計測期間

計測時間間隔及び計測期間は、次のいずれかであるとする。

- ・ 1 時間間隔のデータを 1 年間連続して計測する。
 - 中央監視装置によるデータが利用できる場合等
- ・ 1 分間隔のデータを、次に示す時期に 1 週間程度連続して計測する。
 - 夏期（7 月下旬などの冷房負荷が大きい時期）
 - 中間期（10 月上旬などの冷房負荷が小さい時期）
 - 冬期（1 月下旬などの暖房負荷が大きい時期）

10.9 試験方法

10.9.1 TEST-1 送風機発停状況と CO 濃度の関係の検証 (タイプ A、B)

このテストでは、CO 濃度による送風機発停制御の省エネ性能を検証する。

STEP 1) データの収集

送風機について、次の項目の時系列データを計測する。

- ・ 送風機発停状況
- ・ インバータ出力 (タイプ B のみ)
- ・ CO 濃度

STEP 2) 送風機発停状況と CO 濃度の関係の分析

送風機と CO 濃度から、図 10.9.1 に示すグラフ (横軸：時刻、縦軸：CO 濃度、送風機発停状況) を作成する。

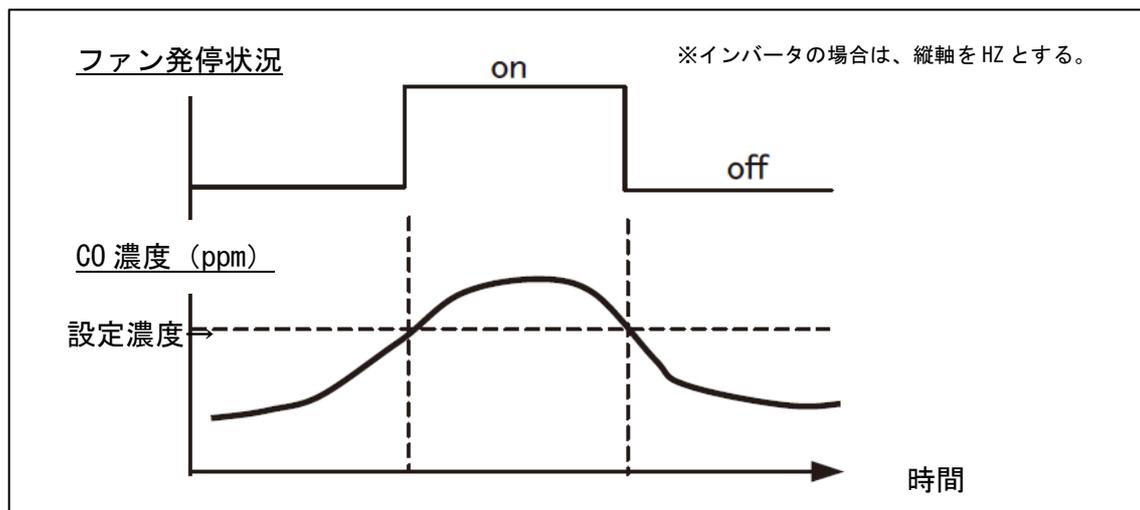


図 10.9.1 送風機発停状況と CO 濃度の関係の例

STEP 3) 性能の判断

設計図書に記載されている制御パラメータ (CO 濃度設定値) を確認し、実測データから得られた CO 濃度と設計時に想定した CO 濃度を比較して、設計意図通りに動いているかどうかを判断する。

11. 機械換気設備における送風機の温度制御

11.1 適用

機械換気設備の自動制御技術のうち、電気室等の温度制御の性能試験法を定める。

対象とするシステムを図 11.1.1 に示す。機械換気設備の温度制御とは、主に機械室や電気室などの送風機を対象として、室内温度に基づき送風機の発停もしくは風量を制御する自動制御システムである。

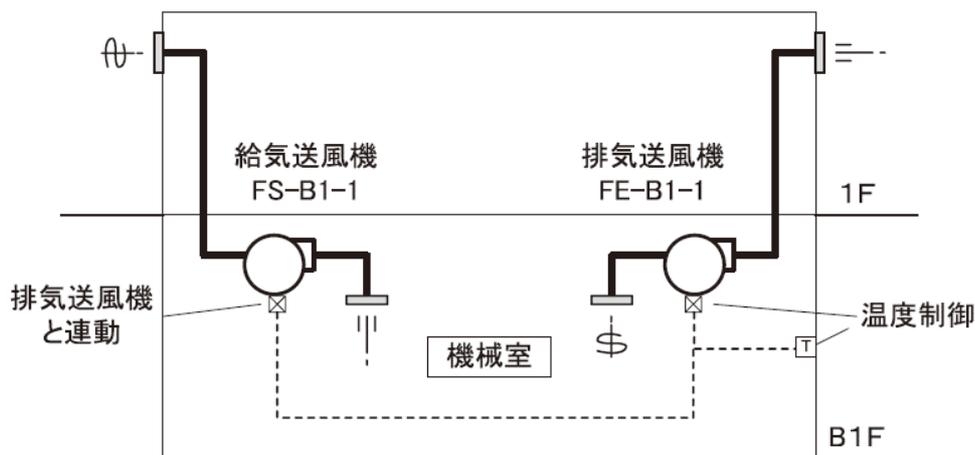


図 11.1.1 対象とする機械換気システム（機械室）

11.2 引用規格・参考文献

- 1) 空気調和・衛生工学会：設備システムに関するエネルギー性能計測マニュアル
- 2) NPO 法人建築設備コミッショニング協会：建築設備性能検証マニュアル
- 3) 一般社団法人日本ビルエネルギー総合管理技術協会：ビルエネルギー総合管理手法
- 4) 空気調和・衛生工学便覧 2 機器・材料編（第 14 版）
- 5) 一次エネルギー消費量算定用 WEB プログラムの解説（H25 年省エネルギー基準（非住宅建築物））

11.3 用語の定義

11.3.1 温度制御

室内温度に応じてファンまたは空調機の出力を調整する制御。

11.4 記号等

本資料で使用する記号等を表 11.4.1 に定義する。

表 11.4.1 記号等の定義

記号	データ項目	単位
θ	乾球温度 (ea : 排気、oa : 外気)	°C

11.5 制御方式

温度制御のうち、表 11.5.1 に示す方式を対象とする。

表 11.5.1 対象とする温度制御の種類

タイプ		室内温度制御	外気温度制御
タイプ A : 送風機 (室内温度制御)	送風機	○	—
タイプ B : 送風機 (室内・外気温度制御) + パッケージ空調機	送風機	○	○
	空調機	—	—
タイプ C : 送風機 (室内・外気温度制御) + 空調機・FCU またはパッケージ 空調機 (室内温度制御)	送風機	○	○
	空調機	○	—

11.5.1 送風機（室内温度制御）（タイプ A）

送風機は室内サーモにより発停する。

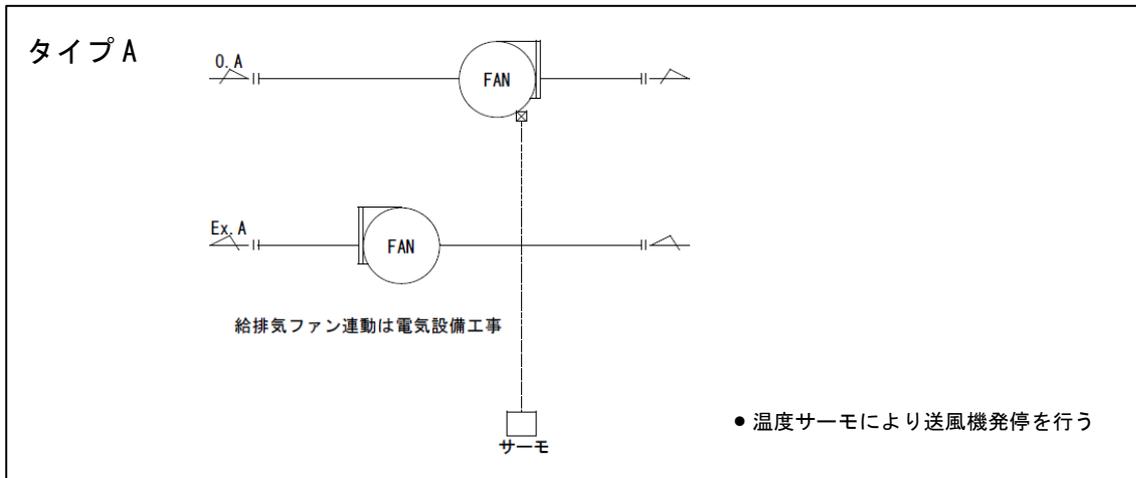


図 11.5.1 送風機（室内温度制御）のシステム例（タイプ A）

11.5.2 送風機（室内・外気温度制御）+パッケージ空調機（タイプ B）

送風機は、室内・外気温度により発停する。空調機はボディサーモなどにより冷房を行う（ファンは常時運転）。

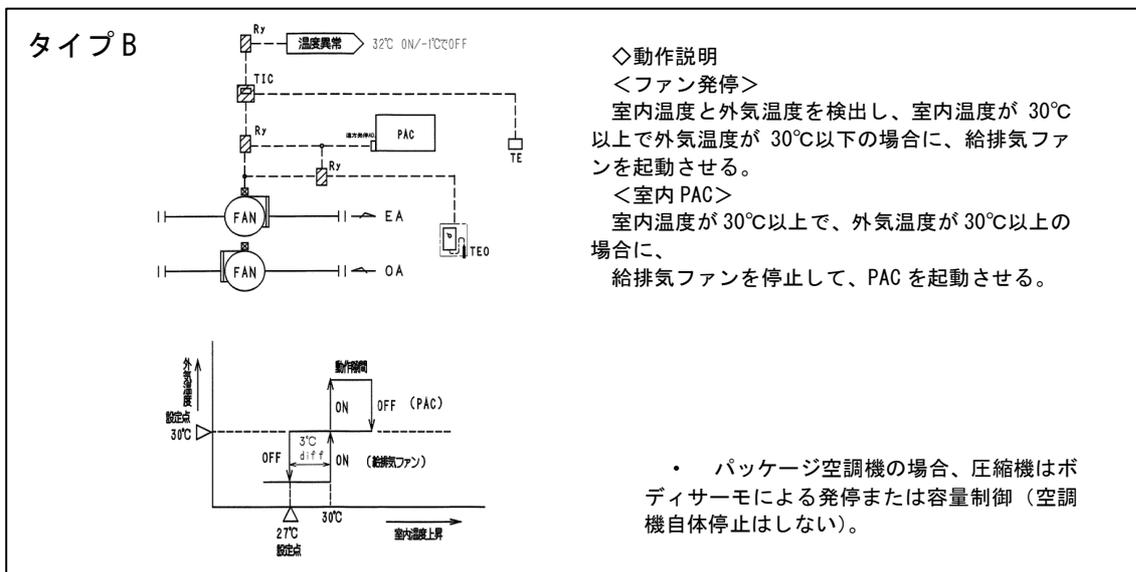


図 11.5.2 送風機（室内温度制御）+空調機のシステム例（タイプ B）

11.5.3 送風機（室内・外気温度制御）＋空調機・ファンコイルユニットまたはパッケージ空調機（室内温度制御）（タイプ C）

送風機はタイプ B と同様に室内・外気温度により発停する。空調機も室内温度に応じて出力を制御する（パッケージ空調機の場合は、コンプレッサーとファンも発停制御）。

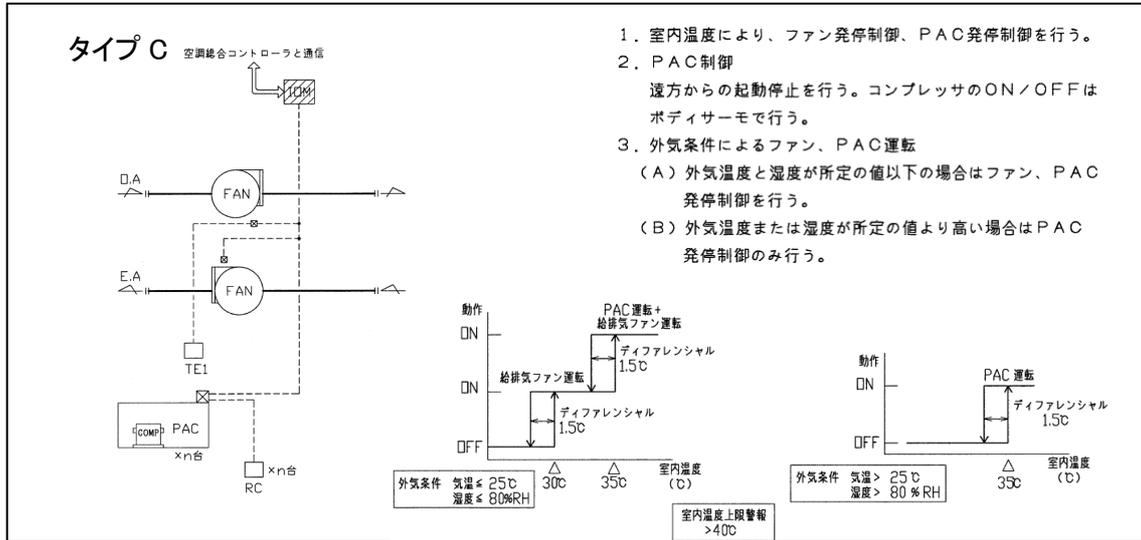


図 11.5.3 送風機（室内・外気温度制御）＋空調機（室内温度制御）のシステム例（タイプ C）

11.6 性能試験フロー

温度制御の性能試験では、次の試験を実施する。

TEST-1：送風機発停状況と室内温度の関係の検証

送風機・空調機の発停状況と室内温度の関係を、時系列データにより確認をする。

11.7 システムの要求性能に関する情報

性能試験を実施するために必要な情報として、以下の資料を用意する。

11.7.1 設計図書等

- ・ 機器リスト
- ・ 系統図
- ・ 自動制御図（制御ロジック）

機 番	機器名称 (系統名)	機 器 仕 様	台数	動 力			設 置 場 所	備 考
				50Hz		起 動 方式		
				V	kW			
FS-PH-1	送風機 (PH階 EV機検査)	型式 Δ 070 天吊型 ゴム防振	1	3 ϕ -200	0.226	L-S	PH階 EV機検査	FE-PH-1と連動
		No.3-1/2 \times 1,000 \rightarrow h \times 145Pa						
FS-PH-2	送風機 (PH階 非常用EV機検査)	型式 Δ 070 天吊型 ゴム防振	1	3 ϕ -200	0.226	L-S	PH階 非常用EV機検査	FE-PH-2と連動
		No.3-1/2 \times 500 \rightarrow h \times 130Pa						
FE-PH-1	排風機 (14階 EV機検査)	型式 Δ 070 天吊型 ゴム防振	1	3 ϕ -200	0.226	L-S	PH階 EV機検査	
		No.3-1/2 \times 1,000 \rightarrow h \times 145Pa						
FE-PH-2	排風機 (PH階 非常用EV機検査)	型式 Δ 070 天吊型 ゴム防振	1	3 ϕ -200	0.226	L-S	PH階 非常用EV機検査	
		No.3-1/2 \times 500 \rightarrow h \times 130Pa						

図 11.7.1 機器リストの例（換気ファンのみ抜粋）

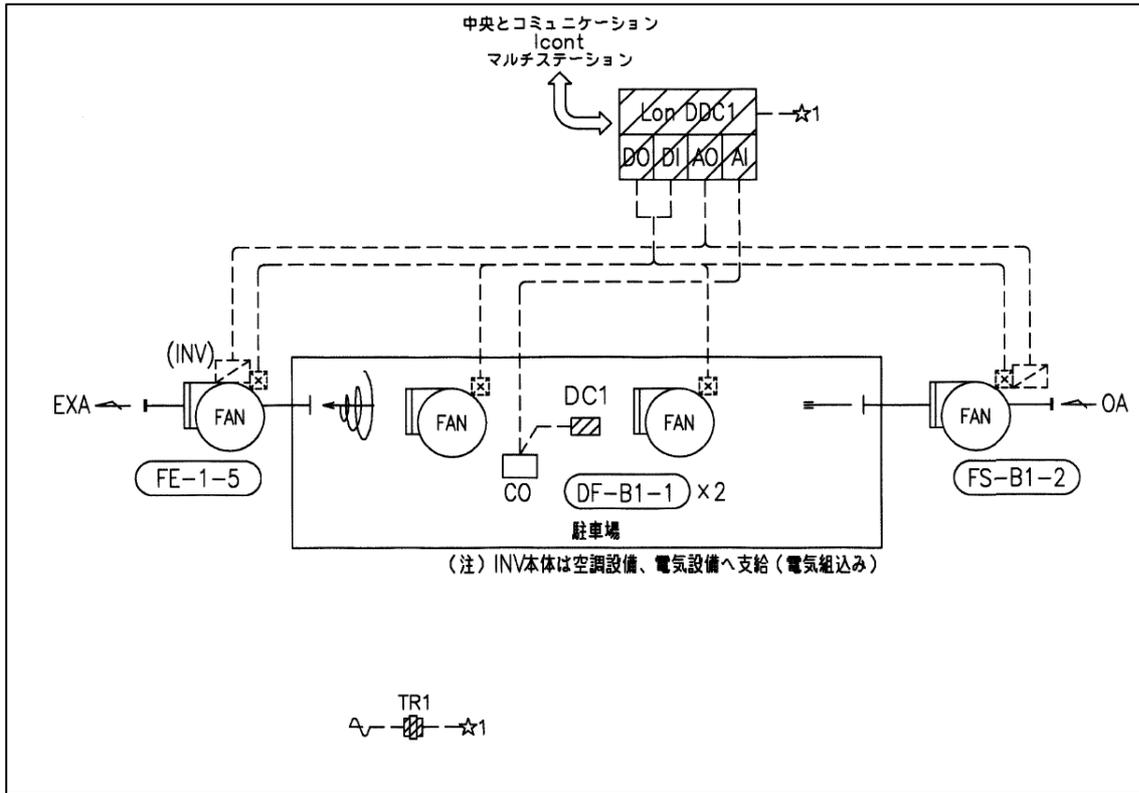


図 11.7.2 ダクト系統図の例

11.7.2 納入仕様書等

- ・ 機器納入仕様書
- ・ 自動制御納入仕様書
- ・ 制御パラメータ設定リスト

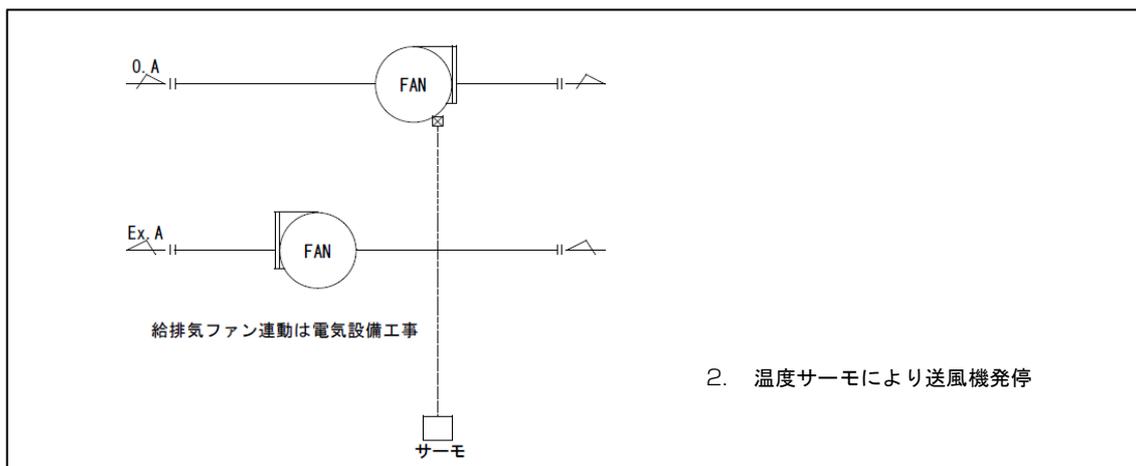


図 11.7.3 制御仕様書の例(温度制御)

表 11.7.1 制御パラメータ設定値一覧表の例

外気	設定温度		°C
室内	設定温度		°C

11.8 データ計測

11.8.1 必要となるデータ

各テストを実施するために必要となるデータを表 11.8.1 に示す。

表 11.8.1 性能試験に必要な計測データ

テスト	必要データ	送風機の運転状態	空調機の運転状態	空調機の吹出温度	室内温度	外気温度
TEST-1: 送風機発停状況と室内温度の関係の検証		■	■	■	■	■

11.8.2 データ収集

必要となるデータは、次のいずれかの方法で収集を行う。

- ・ 必要なデータを計測するためのセンサーが既に設置されており、中央監視装置等によりデータを自動で収集する。ただし、計測値の確からしさの検証を実施することが必須である。
- ・ 機器等から発信される制御用の信号値を仮設ロガーで収集する。
- ・ 別途計測センサーやロガーを設置して収集する

各データについて、データ収集方法の例を表 11.8.2 に示す。

表 11.8.2 データ収集方法の例

(「○」は一般的な方法であるが、これに限定はしない)

	中央監視装置 +既設センサ —	仮設ロガー +制御用信号 等	仮設ロガー +仮設センサ —	代替方法	加工方法
送風機の運転 信号	○			電流値	
冷水弁開閉信 号	○			冷水弁開閉状 況の目視確認	
空調機吹出温 度			○	熱電対または 館温度計	
室内温度	○			熱電対または 館温度計	
外気温度	○			熱電対または 館温度計	

11.8.3 計測機器

必要データは、表 11.8.3 に示す計測器を用いて計測する。データロガー機能があるものが望ましい。

表 11.8.3 計測器の条件

データ項目	単位	センサー精度	レンジ	センサーの例
温度	℃	±0.3℃	0~50℃	熱電対

11.8.4 計測時間間隔期間及び計測期間

計測時間間隔及び計測期間は、次のいずれかであるとする。

- ・ 1 時間間隔のデータを 1 年間連続して計測する。
 - 中央監視装置によるデータが利用できる場合等
- ・ 1 分間隔のデータを、次に示す時期に 1 週間程度連続して計測する。
 - 夏期（7 月下旬などの冷房負荷が大きい時期）
 - 中間期（10 月上旬などの冷房負荷が小さい時期）
 - 冬期（1 月下旬などの暖房負荷が大きい時期）

11.9 試験方法

11.9.1 TEST-1 送風機発停状況と室内温度の関係の検証

このテストでは、タイプ A の温度制御が適切に機能していることを検証する。

STEP 1) データの収集

送風機について、次の項目の時系列データを計測する。

- ・ 送風機の運転状態
- ・ 空調機の運転状態
- ・ 空調機の吹出温度
- ・ 室内温度
- ・ 外気温度

STEP 2) 送风量と室内温度の関係の分析

タイプ A については、送風機の発停状況と室内温度から、図 11.9.1 に示すグラフ（横軸：時間、縦軸：発停状況と室内温度）を作成する。

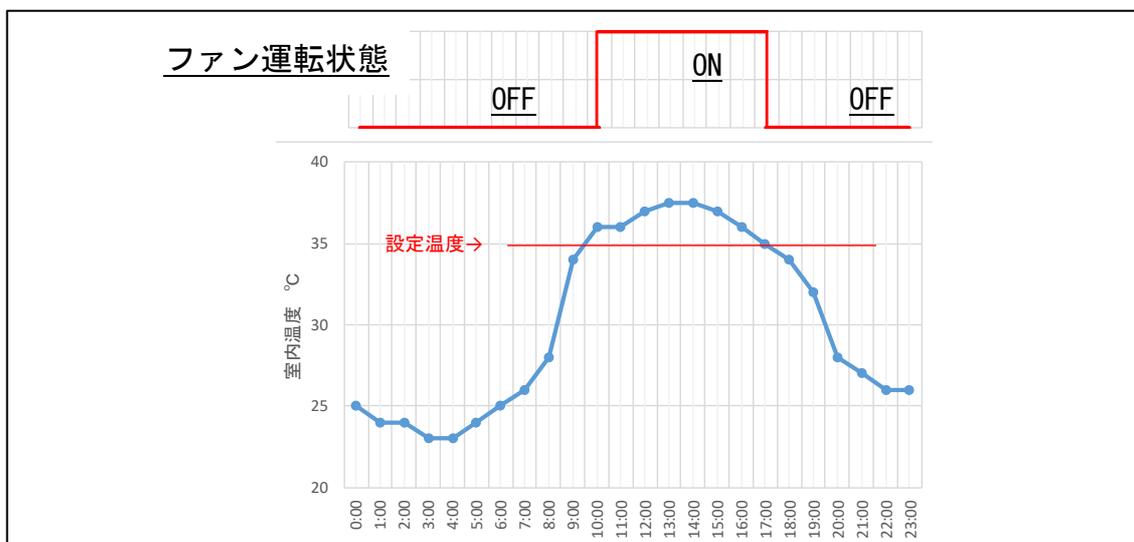


図 11.9.1 タイプ A の送風機発停状況と室内温度の関係の例（計測値）

タイプBについては、外気温度と室内温度から、図 11.9.2 に示すグラフ（横軸：外気温度、縦軸：室内温度）を作成し、送風機とパッケージ空調機の運転状況を確認する。パッケージ空調機の運転状態は、ファンの発停だけでなく、圧縮機が発停しているかの確認も必要のため、パッケージ空調機の吹出温度も確認する。

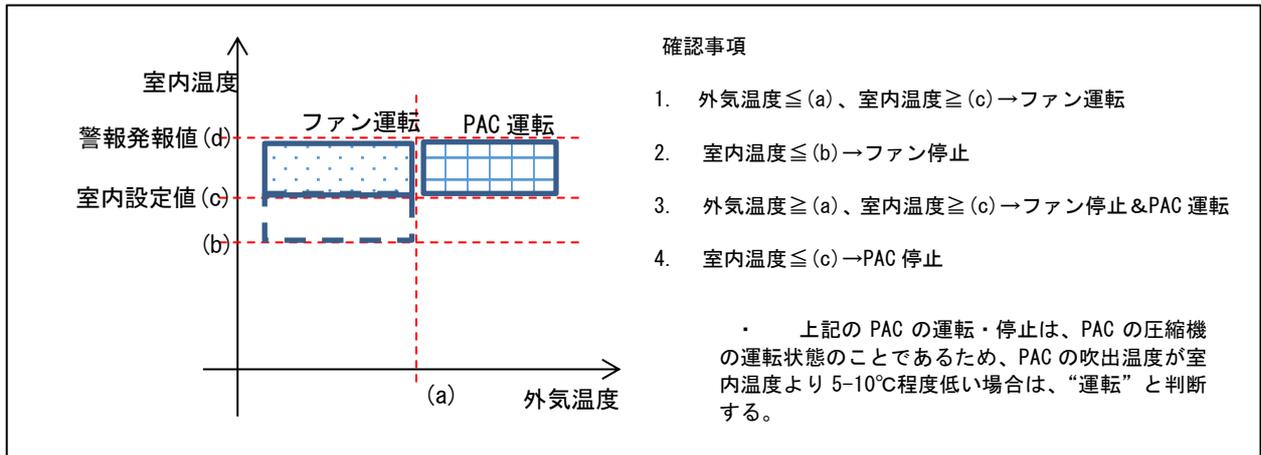


図 11.9.2 タイプBの送風機・パッケージ空調機の発停状況と室内温度の関係の例

タイプCについては、外気温度と室内温度から、図 11.9.3 に示すグラフ（横軸：外気温度、縦軸：室内温度）を作成し、送風機と空調機の運転状況を確認する。

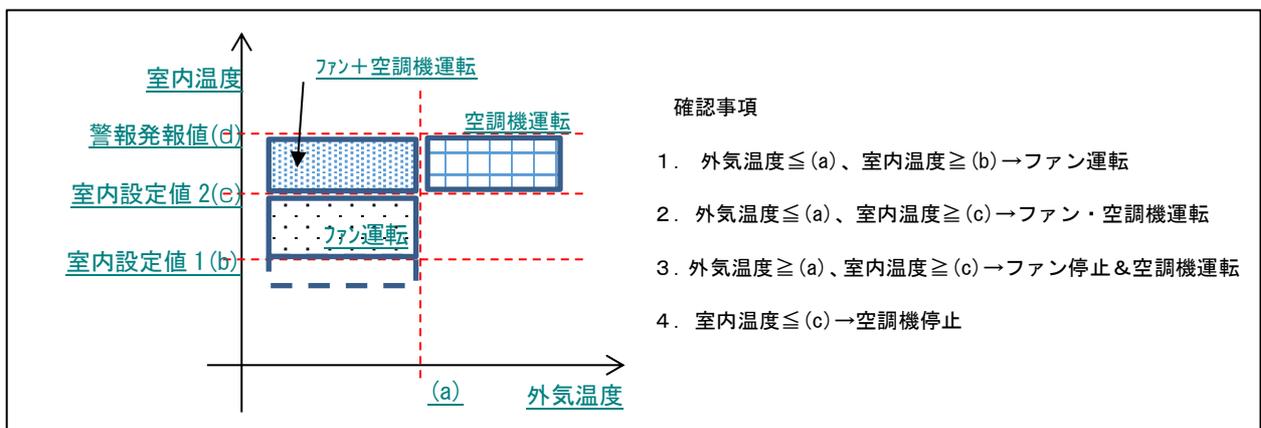


図 11.9.3 タイプCの送風機・空調機の発停状況と室内温度の関係の例

STEP 3) 性能の判断

設計図書に記載されている制御パラメータ（室内温度設定値）を確認し、実測データから得た室内温度と設計時に想定した室内温度を比較して、設計意図通りに動いているかどうかを判断する。

12. おわりに

本資料では、建築設備の性能検証の普及を願い、代表的な設備機器及び制御について具体的な性能試験法を示した。本資料は、建築設備に関する高度な専門的知識を持っていない方でも性能試験ができるように、できる限り具体的に方法論を書き込むことを目標に掲げた。しかし、まだ完璧ではなく、一部不明瞭な箇所も残っている。今後も本資料は継続して更新していかなければいけないが、その際の議論に資するように、残された課題を以下に列記する。

- ・ 建築物のエネルギー消費量に大きな影響を与える照明設備の制御については未検討である。
- ・ 各制御における一般的な方式について性能試験法を規定したが、全ての制御方式を網羅しているとは考えられず、抜けている方式は多々あるであろう。制御方式について調査を行い、特殊なものは除き、代表的な制御方式については網羅できるように拡張を図る必要がある。
- ・ 運転データの処理方法について、本資料では単に「計測し、データを整理する」と記されている場合が多いが、この「整理」には高度なノウハウが必要となる場合があり（例えば、運転状態が安定していない時間帯のデータを削除して分析する、頻繁に状態が切り替わる場合は 15 分程度の平均値で分析するなど）、この具体的な処理について更に書き込む必要がある。
- ・ 計測について、必ずしもセンサーを設置する必要はなく、別の計測値から推測する方法もあり得る。例えば、配管内流量は、ポンプのインバータ値と消費電力から推定することができる。計測コストを下げられるためにもこのような方法による推定は重要であり、この具体的方法について明記する必要がある。
- ・ 真に省エネルギー化を達成するためには、性能試験だけではなく性能向上のための作業（最適化や不具合検知）も必要であり、これらについての方法論も規定する必要がある。

謝 辞

本資料は、国土技術政策総合研究所の事項立て課題「建築設備の自動制御技術によるエネルギー削減効果の評価法の開発（平成 28～30 年度）」による研究成果の一部であり、また、自立循環型住宅プロジェクト（事務局：一般財団法人建築環境・省エネルギー機構）のフェーズ 5（平成 27～29 年度）にて設置された「設備の性能検証プロセス検討委員会」における議論を基に作成されたものである。ここに記して関係各位に謝意を表する。

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of N I L I M

No. 1081 September 2019

編集・発行 © 国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675