

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、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情報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。

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。