

## 論文内容の要旨

論文題目 天井放射パネル空調の設計手法に関する研究

氏 名 伊藤 清

地球温暖化の防止に向けて建物運用時の CO<sub>2</sub> 削減が求められている昨今、日本政府が 2020 年までに公共建物の ZEB 化を目標とするなど、実効性の高い省エネルギー技術が必要となってきた。天井放射パネル空調は、省エネルギーで快適性の高い空調システムとして認知されており、建物の ZEB 化のためにも有効な技術として考えられる。ただし、以下の課題があり、設計手法が確立しておらず、普及には至っていない。

### (1) 天井放射パネルの性能の把握

信頼性の高い空調システムの構築のためには天井放射パネルの性能を正確に把握する必要がある。天井放射パネルの性能の把握には、実験施設等での試験により、確認する方法がある。試験方法については、既存の基準で規定されているものの、試験により得られた性能が適用された建物において確認された研究例は少なく、試験方法を確立するためには、実験と実測の両方からの性能検証が必要となる。試験方法が確立しても、天井放射パネルの敷設方法は建物ごとに異なる。設置条件に合わせた性能の補正方法など、敷設条件の影響を考慮した天井放射パネルの性能の把握が必要である。

### (2) 天井放射パネル空調に即した負荷計算手法

国土交通省が監修する建築設備設計基準において、天井放射パネル空調の設計に際しての手順が示されているが、負荷計算に関しては一般的な対流空調を前提としたものが示されているのみである。一方で、天井放射パネル空調は対流空調よりも空調負荷が大きくなるという報告もある。天井放射パネル空調の設備仕様を適正なものとして設計するには、天井放射パネル空調に即した負荷計算方法の確立が必要である。

### (3) 天井放射パネル空調に即した設計フロー

上記の課題を踏まえ、天井放射パネル空調の設計方法を確立する必要がある。

### (4) 省エネルギー性能評価手法

省エネルギー基準の適合性を判定するツールにおいて天井放射パネルが考慮できるようになっているが、上記の課題で示した天井放射パネルの敷設条件などが考慮できず、不十分である。設計により決定した設備仕様で実際に目指す省エネルギー性能が実現できているかを評価するには、天井放射パネル空調の実態に即した精度の高いエネルギー消費量の計算手法が必要である。

本研究では、上記の課題を解決し、天井放射パネル空調の設計手法の確立に向けて、以下に取り組んだ。

「第1章 はじめに」では、既往研究の問題点と現在の実務設計上の問題点を整理する。これにより、本論文の位置づけを明確にした。

「第2章 実大モックアップを用いた天井放射パネル冷却能力検証実験」では、様々な実験を通して、天井放射パネルの能力把握方法を示し、パネルの形状の違い、敷設条件が天井放射パネルの能力に及ぼす影響に関して明らかにした。給気の影響や天井の開口条件、天井放射パネル以外の天井材の設置条件により、天井放射パネルの冷却能力が10%程度増減することを示した。天井放射パネルを対流熱伝達が促進される形状とすることで、 $120 \text{ W/m}^2$ の冷却能力が確保できることを示した。

「第3章 適用建物における天井放射パネル冷却能力検証」では、天井放射パネル空調システム適用建物における空調性能検証実測の結果を示し、第2章で示した冷却性能検証実験での天井放射パネルの冷却性能との比較を示し、実験方法の妥当性の検証を試みた。これにより、実験で得られた能力線図の傾向が実績データでも得ることができ、第2章で示した実験方法が妥当であることを示した。

「第4章 天井放射パネル空調熱収支モデル」では、天井放射パネル空調システムの熱収支式によるモデル化方法の提案を行った。さらに熱収支式の妥当性の検証のための基礎実験を行い、天井裏と居室の負荷の比率により、天井放射パネルの冷却能力が変化することを示した。さらに、天井放射パネル熱収支モデルの伝熱係数の同定方法を示し、種々の放射パネルに熱収支モデルを適用できることを示した。これにより、天井放射パネルの敷設条件や天井裏と居室間の熱の移動の影響などの考慮が可能とした。

「第5章 天井放射パネル空調性能予測手法」では、第4章の熱収支モデルを応用して、天井放射パネルの種類や敷設条件を入力条件として、冷水入口温度やパネル表面温度、処理熱量を算出することができる手法について提案した。これにより、天井放射パネル空調システムにおける設備仕様を適切な設備容量で設計することが可能となる。また、既存の能力線図では参照することができない、パネル表面温度などを明示する能力線図を同種することができることを示した。

「第6章 天井放射パネル空調の熱負荷計算手法の提案と熱負荷特性の把握」では、第5章と同様に、第4章の熱収支モデルの考え方を用いた天井放射パネル空調の熱負荷の計算方法を提案した。熱負荷計算は、熱回路網モデルによる計算をベースとしつつ、天井と居室間の熱移動を考慮することと、天井放射パネルの冷水とパネル表面間の伝熱性能値を用いる。さらにケーススタディを行い、一般空調と天井放射パネル空調の熱負荷特性の違いについて明らかにした。天井放射パネル空調のほうが一般空調より熱負荷が大きく、これは、天井放射パネルの天井裏への放熱が大きな要因となっていることを示した。これにより、天井裏の考慮の重要性を示した。

「第7章 設計手法の提案と省エネルギー性能評価」では、第5章、第6章で提案した各計算手法を用いた設計フローを提案した。実際に提案したフローを試行し、天井放射パネル空調の設備仕様を適正に設計できることを示した。実際に設計した天井放射空調システムの省エネルギー性能評価を行い、省エネルギー性能を確保するための天井者パネルの設置条件、設計の在り方を明確化した。特に放射パネルの敷設率の低い条件において、電力消費量が大きくなる傾向があり、補助顕熱処理設備の空気搬送の設計が重要であることを示した。

「第8章 おわりに」では、本論文の総括を行い、今後の課題を示した。今後の課題としては、建物の規模、省エネルギー技術との組合せ、制御・運用方法についての上げ、結びとした。

以上