

論文の内容の要旨

論文題目 高断熱住宅における床チャンバー方式による
全館空調システムの設計に関する基礎的研究

氏名 井口 雅登

近年、環境意識の向上に伴い日本の住宅の断熱水準は向上している。住宅の高断熱化が進めば、暖冷房の熱負荷が小さくなるだけでなく、冬期暖房時の室内各面の温度が高くなって上下温度差が軽減され、快適な温熱環境が実現されやすくなる。温暖地域では必要時に必要な部屋のみを空調する部分間欠空調が主流であるが、寒冷地でみられる住宅全体を連続的に空調する全館空調の導入により、飛躍的に住宅の快適性が向上する。また、最近では住宅に居住者の健康面での配慮も求められ、住宅内の温度差が原因で急性疾患を引き起こす、いわゆるヒートショックへの対策も必要とされている。住宅内の温度差を小さくするには、全館空調で住宅全体を快適な温度に維持することが有効である。しかし、全館空調は専用の空調機器や各居室と空調機器を接続するダクトの設置が必要で、スペース面やコスト面で制約がある。また、全館空調は24時間連続して住宅全体を空調するため、部分間欠空調に比べて暖冷房負荷が大きくなるという課題がある。

一方、家庭用の電動ヒートポンプ式エアコンディショナー（以下、単に「エアコン」という）は、近年エネルギー効率が向上している。最近ではエネルギー消費効率（APF）が7を超えるエアコンも登場しており、エアコンは1台の機器で暖冷房の両方が可能で、家電量販店で比較的容易に購入できることから、大変有用な暖冷房方式である。しかしながら、住宅における冷房ではエアコンが用いられるものの、暖房ではエアコンが常に用いられず、石油ストーブや電気ヒーターが用いられることがある。省エネルギーの観点からみれば、エアコンは他の暖房機器に比べエネルギー効率が高いため、暖房でもエアコンが用いられることが望ましい。しかし、エアコンによる暖房は、燃焼式による暖房と比べ吹出温度がさほど高くなく機器自体の放射による熱伝達が少ないため、暖まりにくく上下温度差が大きいという課題が指摘されることがある。このような課題は、断熱性能の良くない住宅における居室内の温度低下に起因していると考えられる。よって住宅が高断熱化されれば、このような問題は軽減され、エアコンによる暖房でも快適な温熱環境を実現できる可能性が飛躍的に向上する。

そこで、住宅を高断熱化し暖冷房負荷を小さくした上で、床下空間を給気経路とする床チャンバー方式を採用すれば、省ダクトで省エネルギーな全館空調システムを構築することが可能となると考えられる。さらに、床チャンバー方式は、床下空間を給気経路とする

ため、居室の床表面温度が暖房時は高く、冷房時は低くなるといった床表面温度の向上も期待でき、大変合理的なシステムと成りうる。

本研究では、高断熱住宅における床チャンバー方式による全館空調を取り上げ、快適かつ省エネルギーな暖冷房方式の構築を目標とし検討を行う。床チャンバー方式に関する研究は、オフィスビルを対象に20年以上前から進められてきた。しかし、住宅ではオフィスビルと違って暖房が中心であり、吹出口の配置や対象室の大きさも異なることから、住宅を対象とした検討が必要となる。住宅におけるエアコンを用いた床チャンバー方式に関する研究は、まだ十分に行われておらず、床チャンバー方式による全館空調の設計法を確立させる必要がある。設計法の構築には、床チャンバー方式における温熱シミュレーション手法の確立が必要不可欠であり、本研究では温熱シミュレーション手法の確立に主眼を置いて次の通り研究を進めた。

- (1) 床チャンバー方式による温熱環境の特徴の整理
- (2) 床チャンバー内の性状分析と温熱シミュレーション手法の構築
- (3) 温熱シミュレーションを用いた設計の流れの作成
- (4) 実住宅における検証

(1) 床チャンバー方式による温熱環境の特徴の整理

測定の結果、通常方式と比べて床表面温度が向上し居室内の風速が小さいことが確認された。しかし、快適性の向上のためには冷房時の上下温度差低減や暖房時の床面付近の温度低下を防止するため、日射遮蔽と断熱強化が必要であることが明らかとなった。さらに、処理熱量が通常方式より15%程度大きいため、処理熱量の面からも断熱強化が重要となることが明らかとなった。

(2) 床チャンバー内の性状分析と温熱シミュレーション手法の構築

実大実験室における床チャンバー内の測定の結果、気流分布や熱橋の影響で水平温度分布があることや、床チャンバー内への給気温度（導入風量）によって温度差が変化すること、床チャンバー内の対流熱伝達率は、面の上下方向や暖冷房時で異なることが分かった。

このことから、温熱シミュレーションを行うには、温度の水平分布を再現するため床チャンバー内を分割すること、床下への給気温度を計算するためエアコン室を設けること、上下面に異なる対流熱伝達率の設定を行うことが必要であることが明らかとなった。実大実験室の熱橋や気流分布を分析した上で、上記をふまえた温熱シミュレーション結果を実測結果と照合した。その結果、両者は整合し、このような温熱シミュレーション手法の妥当性が確認され、設計法確立に有用であることが確かめられた。

(3) 温熱シミュレーションを用いた設計の流れの作成

温熱シミュレーションにより、床チャンバー方式の基本的な熱特性を分析した。計算によって得られた結果から、吹出口の配置、住宅の高断熱化、床下への給気温度、床板の材料が設計上の留意点として挙げられた。吹出口の配置の設計については複雑な CFD による計算が必要で、簡易法の構築が必要となるが、それは今後の課題として別途検討するものとした。住宅が高断熱化されれば室内の温度差が小さくなると想定できるため、その他の点は検証された温熱シミュレーションを用いて設計することが可能となる。よって、温熱シミュレーションを用いた供給風量と温度の設定によって、各室の温度と熱負荷を確認しながら快適性と省エネルギーを目指した住宅を設計することができる。さらに、設計法の検証のため、このような設計法により実際の戸建住宅の設計が行われた。

(4) 実住宅における検証

設計の流れを用いて設計された戸建住宅において、温熱環境とエネルギー消費の年間測定を行った。その結果、床チャンバー方式による全館空調によって、年間を通して室温が小さく室内が快適な温度に維持されることが検証された。また、一次エネルギー消費量は、標準的な断熱の戸建住宅での部分間欠空調に比べて小さくなったことを確認した。

以上の研究により、高断熱住宅における床チャンバー方式による全館空調システムの設計の流れを構築し、実戸建住宅において検証を行った。本研究で示した温熱シミュレーション手法や設計の流れが、快適かつ省エネルギーな住宅の構築の一助になれば幸いである。