

審査の結果の要旨

氏名 金秀耿

本論文は、省エネ性と快適性の両立という観点から、日射ダイレクトゲインを住宅の暖房に利用するための研究成果をとりまとめ、論述したものである。日射の暖房利用に関しては既に多くの研究があり、20年前までは日本においても様々なソーラーハウスの研究が行われた。しかし、その後は高断熱・高气密住宅の省エネ性と快適性に注目が集まり、ソーラーハウスの研究はやや衰退した。21世紀に入り、本格的な地球温暖化対策や低炭素社会の創造が叫ばれるようになった今日、太陽エネルギーの利用は太陽光発電として大きな産業を形成しようとしている。しかしながら、太陽熱利用も、初期コストや太陽エネルギーとしての利用効率を勘案すれば、決して捨て去るべきものではなく、より奨励されるべきものである。

本論文は、このような背景と立場から、現在かなり普及し確立された技術と見なされるようになった木造住宅の断熱・気密の技術、温水床暖房の技術、ヒートポンプの技術を前提条件とし、これらにさらに、日射ダイレクトゲイン（以下「DG」という）と潜熱蓄熱材（以下「PCM」という）の利用という要素を加えて、ダイレクトゲインタイプのソーラーハウスを現代流に甦らせるための条件と方法について論じたものである。本論文と本研究の成果は、先進諸国のニーズである温暖化対策と快適性確保に大いに貢献できるものと考えられる。

本論文は2部構成であるが、前半は主に実験により得られた結果について、後半はシミュレーションを用いて得られた結果について論述されている。以下、各章の概要を要約する。

第1章は序論であり、本研究の背景や目的、本システムの概要、特に本システムで用いるPCMについて述べている。第2章から第6章までが実験について記述した部分である。

第2章では、PCMパネルの基礎的な特性を把握するとともに、それらの測定方法に関する検討が行われた。PCMの放熱挙動や床仕上げ材の取得熱量の性状に関する実験が行われ、挙動や性状が確認された。

第3章～第6章では、本論文で対象とした床暖房システムを実際に装備した実験棟を使って行った実験に関して、成果を論述している。第3章は、この実験棟の建築と設備の内容や測定システム、および建物としての基本性能となる断熱性能・気密性能・換気量について述べたものである。

第4章は、実験棟の各部位で取得する日射量の検証について論じたものである。本システムはDGを暖房に利用しており、日射の挙動を精緻に把握することは非常に重要である。ここでは、各部位の日射量に関する予測式を導き、その予測式による予測値を実測値を用いて検証し、予測式の使い方と予測値の妥当性を確認した。

第5章では、日中のDGを無駄なく利用することによって温水ヒートポンプのエネルギー消費を削減する運転方法を検討した。各運転方法における熱量やエネルギーは、「日射蓄熱率」と「日射取得比率」という指標を定義し、それらを用いて評価を行った。その結果、系統数を少なくするほど日射の蓄熱率が高くなり、温水蓄熱量を減らすので、日射をより多く利用できることが分かった。しかし、2系統を通水したケースは昼間の補助暖房が稼動するので、全体の投入熱量が多くなる傾向が見られ、日射予測による適切な通水システムの制御が重要であることも判明した。

第6章では、本システムが冷房負荷に及ぼす影響を検討した。その結果、PCMパネルの有無による冷房負荷の差はあまり無いが、PCMが昼間に熱を吸収し、夕方に再放熱する挙動が確認された。また、日射遮蔽を行うことで、35%程度の冷房負荷を削減できることも分かった。

第7章以降が本論文の第2部であり、数値シミュレーションによる本システムのエネルギー性能について論述されている。本研究では、床面にPCMを持つ蓄熱式床暖房システムの挙動を計算できるシミュレ

ーションツールとして「AE-CAD(拡張版)」を用いた。第7章は、「AE-CAD(拡張版)」による計算結果と実験結果を比較検証し、このツールが本研究におけるツールとして十分な計算精度と妥当な結果を導くものであることを確認した。

第8章では、「AE-CAD(拡張版)」を用いて行ったシミュレーションスタディについて論述した。期間暖房負荷や期間エネルギー消費量を比較することによって、本システムの性能を把握した。その結果、PCMを使用しない場合に比べ、日射の多い東京地域では7~10%の暖房負荷の低減が、長野や札幌では3~5%の暖房負荷の低減が見られた。また、エアコン暖房と本システムの期間消費電力量は同程度であることを確認した。さらに、断熱水準が劣っている住宅ほど、日射の利用による省エネ効果が高いことを確認できた。

第9章では本論文のまとめと今後の展望・課題について示した。

以上、本論文は、日射ダイレクトゲインと温水ヒートポンプを熱源とする、PCM使用の蓄熱式床暖房パネルについて、実験と数値シミュレーションを通してシステムの熱特性やエネルギー性能を明らかにし、当該システムを学術的に評価した。その成果は、環境の時代である今世紀においては、きわめて有意義なものと考えられる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。