

技術開発成果報告書

<p>事業名</p> <ul style="list-style-type: none">・住宅等におけるエネルギーの効率的な利用に資する技術開発・住宅等に係る省資源、廃棄物削減に資する技術開発・住宅等の安全性の向上に資する技術開発 <p>以上の中から選択してください。</p>	<p>課題名</p> <p>蒸暑期にも有効な超高断熱・高気密住宅 (パッシブハウス)に関する技術開発</p>
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要</p> <p>この技術開発の目的は、ヨーロッパや北米で普及しつつある、暖房負荷を限りなくゼロに削減するための木質系の超高断熱・高気密外皮設計技術に着目し、蒸暑期の冷房・除湿負荷削減にも効力を発揮する外皮構成を創造するとともに、暖房と冷房・除湿負荷の平準化や削減に有効な設備システムの組み合わせを探ることである。主な検討内容としては、不燃の無機系相変化部材や材料の曝される環境(雰囲気)の相対湿度に応じて透湿抵抗が可変する高分子系気密膜材を木質系超高断熱・高気密外皮に組み込み、高効率顕熱回収換気システムと組み合わせ、建物全体での熱・湿気性能を数値予測と実証実験の両面からチューンアップし、冷・暖房・除湿負荷を可能な限りゼロに近づけ、同時に負荷パターンを可能な限り平準化する組み合わせを探り出すことである。</p> <p>(2) 実施期間 (平成 21 年度～平成 23 年度)</p> <p>(3) 技術開発に係った経費 (3 年間の合計) (技術開発に係った経費 70,047 千円 補助金の額 33,535 千円)</p> <p>(4) 技術開発の構成員 ハイシマ工業株式会社 (代表取締役 靄島一弘) 京都工芸繊維大学 (工芸科学研究科造形科学域准教授 芝池英樹) 摂南大学 (理工学部住環境デザイン学科教授 森山正和) 神戸大学 (工学部建築学科准教授 竹林英樹) 株式会社ヤノ技研 (代表取締役 矢野直達)</p> <p>(5) 取得した特許及び発表した論文等 取得した特許 なし。 発表した論文 1. 平成 2 2 年 9 月 日本建築学会大会 (神戸大学大学院工学研究科 博士前期課程 松村享洋) タイトル: 超高断熱・高気密住宅における潜熱蓄熱型空調機の導入効果に関する研究 2. 平成 2 3 年 3 月 空気調和・衛生工学会近畿支部 (神戸大学大学院工学研究科 博士前期課程 三浦貴弘) タイトル: 蒸暑地域における高断熱高気密住宅の有効性に関する研究 3. 平成 2 4 年 6 月 日本建築学会近畿支部 (神戸大学大学院工学研究科 博士前期課程 吉田尚人) タイトル: 実測調査に基づく潜熱蓄熱型空調機の蓄熱槽熱収支モデルに関する研究 4. 平成 2 4 年 9 月 日本建築学会大会 (神戸大学大学院工学研究科 博士前期課程 吉田尚人) タイトル: 実測調査に基づく潜熱蓄熱型空調機の蓄熱槽熱収支モデルに関する研究 5. 平成 2 4 年 9 月 第 6 回独日都市気候学会議 (京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科 准教授 芝池英樹)</p>	

タイトル: Cooling effect for the nocturnal urban atmosphere provided by the reduced heat capacity of exterior finishes on buildings and pavements

6. 平成25年3月 空気調和・衛生工学会近畿支部（京都工芸繊維大学工学部 生脇日出海）

タイトル: 外断熱による UHI 緩和効果に関する研究

（その2）外断熱された加硫ゴムシート防水改修の効果実測と検証

7. 平成25年9月 日本建築学会大会（京都工芸繊維大学大学院工学科学研究科 准教授 芝池英樹）

タイトル: 外断熱による UHI 緩和効果に関する研究

（その1）外装材熱容量削減の夜間外気冷却効果と性能評価

2. 評価結果の概要

（1）技術開発成果の先導性

この技術開発成果の以下の3項目からなり、各々で概説するような先導性を有している。

（A）外皮熱・湿気性能および耐久性性能と室内温熱快適性の検証

外皮内に設置した各種センサー（温度、熱流、湿度、および含水率）の連続計測データを整理し、数値予測と照らし合わせるにより、所期の性能が確保できていることを確認した。赤外線画像を猛暑期、厳寒期に撮影し、少ない1次エネルギー消費量で、より高レベルの室内温熱環境が実現できることを実証した。また、市場に広く流通している最上位の高断熱・高気密住宅との熱画像比較を実施し、実験住宅の提供性能の高さを確認した。米国では今年10月から商業建築物に対する連続断熱層の義務化を求める法制度が施行され、また顕著な冷房・除湿負荷が発生する地域では、屋内熱・湿気性能の数値予測に基づく超高断熱・高気密外皮の設計が始まろうとしている。これは、本技術開発の方向性と完全に一致し、検証した外皮システムの先導性を肯定する事実である。

（B）熱回収換気システムの温度・エンタルピー差・CO₂濃度による風量制御

外気・還気の乾球温度差やエンタルピー差を感知して、熱回収の為に熱交換経路を選択的に通過させ熱回収量や外気・排気風量を二段制御すると共に、室内CO₂濃度も複合判断する制御論理の確立とその有効性を実験的に検証した。室内CO₂濃度による外気・排気風量の二段制御法の有効性検証は、外気導入路での高性能防塵フィルタの利用と共に、福島第一原子力発電所の爆発事故以降、南東北・北関東エリアに飛散・再浮遊する放射性塵埃の室内侵入を最小限に抑え、健全な室内空気質維持に貢献することを、限定的測定結果ではあるが実証した。隣国からのPM_{2.5}飛来や火山噴火による噴煙被害が憂慮される状況にあり、FprEN779:2011規格によるF9クラスの外気フィルター（0.4μm粒子の平均捕集率≥95%、最低捕集率70%）が直ぐに利用できる熱回収換気システムの性能モニターが達成できたことは、極めて先導性が高いと言える。

（C）蓄熱空調システムの制御論理改修と性能評価

様々な条件を想定して潜熱蓄熱型空調機の運転状況と電力消費量、ピークシフト効果の関係を考察し、定量的な性能評価を実施した。建設地（気象条件）が変わった場合の、潜熱蓄熱型空調機の最適運転方法を、住宅用熱負荷計算プログラムSMASH for Windowsにより求めた冷暖房負荷を用いて考察をした。運転条件を気象条件に応じて調整することで、電力消費量削減およびピークシフトに効果があることを示した。適正規模の空調機利用により、電力消費のピークシフトと平準化が可能であることを示し、これを集積できれば夏期猛暑日の最大電力需要緩和に貢献できる先導性があることを示した。

（2）技術開発の効率性

この技術開発の効率性は、建築外皮の熱・湿気性能の予測・検証の専門家、外皮放射性状や潜熱蓄熱型空調システムの専門家・開発者、および高断熱木造軸組外皮の開発者が産学連携により協力し、実験家屋での実物性能検証によって、数値予測法のパラメータをチューニングし、汎用数値設計法を構築し、また施工方法を実物検証した点にある。

（3）実用化・市場化の状況

気候変動を抑制する上で、建築分野の運用時に発生するエネルギー消費量とCO₂排出量の削減技術には、現在大きな期待が寄せられており、わが国でも技術開発が強力に推し進められている。また福島第一原発事故に端を発した電力危機は、猛暑日の最高気温生起時刻前後での電力消費抑制

が火急の目標となっている。しかし、わが国の目指している技術開発の主流は、空調機器等の住設機器の性能向上に重点を置いており、EU や北米に比べると建物躯体のエネルギー性能改善は未だ十分ではなく、北欧に比べるとかなり低い水準に留まっている。

一方で、本技術開発で達成できた各要素技術についての、実用化・市場化の状況は以下である。

(A) 超高断熱・高気密住宅については、室内環境を快適温熱領域に維持する際に、屋外と室内の温度差が大きくなり、外皮内に結露領域が発生する可能性があるため、可変透湿気密膜を導入して数値・実験両面から防露安全性を検証し、実用化に弾みをつけた。厳冬期の外皮熱画像撮影では、市場に普及している高性能高断熱・高気密住宅との断熱性能の差違が歴然となり、建設地域には依存するが、価格競争に於いても、現在のハウスメーカーの上級エコ住宅を上回る性能をより低価格で提供可能であり、十分に市場で競合出来るシステムであることを確認した。

(B) 熱回収換気システムについては、屋外汚染質を濾過し室内空気質を健全に保つための建築技術の市場化が急務となっている状況にあり、外皮の高気密化が担保されれば要請に応えるものであり、屋内空気のCO₂濃度による外気・排気風量の二段制御や高性能外気フィルタの組み込みは、正しく待望されている換気装置で有り、その熱回収性能と相まって、一般的な普及が期待出来る。

(C) 蓄熱空調システムについては、超高断熱・高気密住宅との組み合わせにより、温熱快適性能を確実に担保した上で省エネルギー性能も向上させられることを実証することで、本システムの市場における優位性を示すことが出来た。これにより市場性の高い事業化が展望可能となった。

(4) 技術開発の完成度、目標達成度

助成終了後も平成 25 年 3 月末まで、前 2 年間と同様の計測を続け、計 3 年超の詳細実験データを蓄積した。また平成 25 年 5 月からは、賃貸居住状態下での屋内熱・湿気環境の基本性能をモニタリングできるように測定規模を縮小し、計測を続けている。また平成 25 年 5 月には、スウェーデンの低エネルギー消費住宅とそこに設備された熱回収換気システムを視察し、本技術開発のコスト効率改善に向けて、情報収集を進めている。超高断熱・高気密住宅については、設計手法も含めて当初目標は達成できているが、コスト効率の改善に関して改善の余地を残している。熱回収換気システムについては、室内外の温湿度差、エンタルピー差や屋内空気の CO₂ 濃度による外気・排気風量の二段制御については確立できた。製品化と市場展開が今後の課題である。

(5) 技術開発に関する結果

・成功点

各要素技術共に、コスト性能を除外すれば、当初の開発目標は達成できており、成功である。

・残された課題

新築・改修住宅のエネルギー性能に対する顧客の要求レベルは最近上がっており、本技術開発成果に対する追い風と言えるので、各要素技術のコスト効率改善による市場競争力の向上が可能なら普及は難しくないと見ている。建築工程の高効率化等を含む改善策の試行が急務である。蓄熱空調システムについては、無機系相変化蓄熱材の単価抑制と、適正規模の空調機器選択を可能にする制御系統の性能を改善・汎用化も急がれる。制御装置の制約から、適正規模では無く、過大容量の空調機選択を強いられ、発生した実際の電力負荷も過大となっていることを解消すべきである。

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

市場での実際の需要は、本技術開発が確立した超高断熱・高気密住宅のレベルよりは少しグレードが下がった価格帯に有ると想定していたが、平成 25 年 5 月のスウェーデン視察ではこれを確信した。しかし、改修工事が追加発生する際には本技術開発で検証した必要性能までは引き上げ可能な余地を残した設計を施している。この設計主旨により、実際に 1 棟を今年度新築している。また、本技術開発で検証・確立した設計・施工法は、昨今開発が急がれているネットゼロエネルギー住宅に直ぐに応用出来る状態に有ることを付記して置く。