

技術開発成果報告書

事業名 ・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	課題名 環境に貢献する膜構造の技術開発
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要</p> <p>本技術開発課題では、環境に貢献する膜構造の開発を目的に、先ず既往の膜構造の環境性能と特性の把握を行った。特性を生かし、環境に貢献する膜構造として、建築物外皮に膜を設置する外皮膜構造と、複層膜化による高断熱膜を提案し、外皮膜の日射遮蔽効果・ヒートアイランド抑制効果・冷房負荷削減効果、複層膜の断熱性能の向上効果の検証を行った。また、環境貢献膜の普及促進を図る目的で、環境性能の明確化とクライテリアの策定を行った。得られた成果を以下にまとめる。</p> <p>1) 外皮膜を設置した仮設建物における冷房消費エネルギー削減効果の実測</p> <p>住宅等建物の外側に膜を設置する外皮膜構造を提案し、外皮膜を設置した仮設建物を対象に温熱環境改善効果と冷房負荷削減効果について検証を行った。その結果、外皮膜有りの冷房消費電力は、外皮膜無しに比べて43%程度削減されること確認した。また、日中の室内平均放射温度では、外皮膜無しが34℃に達するのに対し、外皮膜有では、29℃以下に保たれることを確認し、外皮膜構造が、日射遮蔽による冷房負荷削減効果と室内温熱環境の改善効果を有することを確認した。</p> <p>2) 建物外皮膜の日射遮蔽効果とヒートアイランド現象の緩和効果の検証</p> <p>RC造の既存戸建住宅の屋上に外皮膜を設置し、日射遮蔽効果、ヒートアイランド緩和効果の実測を行った。外皮膜を設置することにより、屋上に達する日射量が80%低減され、屋上表面温度の上昇が抑制されることを確認した。また、晴天日において、外皮膜無しに比べて、室内への熱流量が80%程度削減されることを確認し、外皮膜は日射遮蔽効果と、ヒートアイランド緩和効果を有することを確認した。</p> <p>3) 膜構造の多重膜化による断熱性能向上効果の検証</p> <p>白色膜とETFE膜を用いた密閉複層膜を提案し、断熱性能向上効果について検証を行った。小型熱箱を用いた屋外暴露模型実験で熱貫流率の測定を行った結果、単白色二重膜3.01、ETFE二重膜3.10、ETFE複層膜1.44、白色+ETFE二重膜2.04、白色+ETFE三重膜1.44W/m²Kの結果が得られた。多重膜の熱抵抗は、単層膜の倍程度となることがわかった。また、ETFE複層膜の日射透過率は10.7%となり、一定の透光率を保ちながら、断熱性能を向上させることが可能であることがわかった。</p> <p>4) 膜構造の環境性能の明確化とクライテリア策定</p> <p>膜構造の普及促進を図ることを目的に、膜構造の環境性能の明確化について検討を行った。評価対象とした環境性能は、①ヒートアイランド低減効果(高日射反射膜)、②暖冷房負荷削減効果(多層化による高断熱膜)、③照明負荷削減効果(採光膜)、④日射遮蔽効果(遮熱膜)の4項目である。それぞれの項目について、性能評価法をJIS等から選定した。また、CASBEEを参考に、性能値に応じてレベル評価し、利用目的に応じた項目について日本膜構造協会に、性能認証委員会を設置し、評価・認定を行う案を提案した。</p> <p>(2) 実施期間 平成 19 年度 ～ 平成 21 年度</p> <p>(3) 技術開発に係った経費 技術開発に係った経費 37,800 千円 補助金の額 17,500 千円)</p> <p>(4) 技術開発の構成員 社団法人日本膜構造協会 (会長 石井一夫)</p>	

横浜国立大学（大学院工学研究院システムの創生部門准教授 河端昌也）

明治大学（理工学部建築環境工学研究室教授 酒井孝司）

（５）取得した特許及び発表した論文等

発表した論文

1. 平成 21 年 8 月 日本建築学会（明治大学建築学科 教授酒井孝司）
タイトル：既存建物に設置した外皮膜の日射遮蔽効果の実測
2. 平成 21 年 9 月 空気調和・衛生工学会（明治大学建築学科 教授酒井孝司）
タイトル：膜構造の環境性能把握に関する研究
外皮膜の日射遮蔽性能と多重膜の断熱性能に関する実測
3. 平成 22 年 7 月 Renewable Energy2010（明治大学建築学科 教授酒井孝司）
タイトル：Estimation of Cooling Load Reduction Effect of Building Shade Using Membrane Structure
4. 平成 22 年 11 月 太陽エネルギー学会（明治大学建築学科 教授酒井孝司）
タイトル：高日射反射材料によるヒートアイランド緩和と性能検証

2. 評価結果の概要

（１）技術開発成果の先導性

従来、膜構造は明るく軽快なデザインでスポーツ空間等において活用されてきたが、改正省エネルギー法施行後、厚さ 1 ミリ程度であることから断熱性能が低く非省エネルギー技術と即断され敬遠されてきている。また、これまで膜構造関連企業においても、環境性能の情報開示がなされていなかった。本研究では、膜構造の環境性能を明確化し、日射遮蔽効果やヒートアイランド抑制効果と冷房負荷削減効果を有する外皮膜と、透光性を維持しつつ断熱性能熱を向上可能な複層膜を提案し、目的に応じた膜構造の選択により、膜構造が環境負荷削減に寄与することを示した。また、環境性能のクライテリアを策定することで、利用者への適切な情報開示を可能とした。これらの成果により、環境に貢献する膜構造の、今後の普及拡大が十分期待される。

（２）技術開発の効率性

本課題に取り組むため、日本膜構造協会を中心として、「環境貢献膜構造研究会」を立ち上げ参加希望会員を募って研究会を運営した。研究会委員長を松尾陽東大名誉教授とし、共同開発者の河端昌也横国大准教授及び酒井孝司明治大教授は、それぞれ材料構造分科会及び熱性能分科会を受け持って研究を遂行した。研究会では、産学連携のもとに、材料・構造の点からの実現可能性を踏まえながら技術開発を行った。また、技術開発では、現有の測定装置の活用や、会員からの実験棟提供を受け、必要最小限の資金で十分な成果を得ることができた。

（３）実用化・市場化の状況

・市場化の状況

本研究で提案した「環境膜」は、検討結果から、室内温熱環境の改善効果が確認され、民生分野におけるCO₂削減や、都市のヒートアイランド緩和が可能な技術である。これらは、低炭素化社会および現在問題となっている電力需要低減のニーズに合致しているため、今後の普及が期待される。また膜構造の環境性能を明確化し環境クライテリアを提案することにより、設計者、利用者への正確な情報発信が可能となり、目的に応じた膜構造の選定が容易となる等、適用範囲の拡大が期待される。既に研究成果を反映させた高反射膜材料や高断熱膜等が試作されている。膜材料は基本的に長尺の巻物で連続的に生産・供給されるものであるためスケールメリットが出やすく、供給体制が整えばコストダウンへの途は自ずから開けていると期待される。特に、昨今グリーン調達の気運が高まってきており、CO₂削減に有効な材料・構法であることが市場価値存続の至上命題であるため、(社)日本膜構造協会では、パンフレットを作成して積極的に成果の周知広報を図っている。

・実用化の状況

駅舎を中心として、クライテリアの照明負荷削減効果、日射遮蔽効果を利用して性能を説明し、採用された事例が4例ある。事務所ビルにおいて、クライテリアの日射遮蔽効果を利用して性能を説明し、外皮膜として既存建物の改修に採用された事例が2例ある。また、高断熱膜として、ETFE二重膜を採用した商用建築の事例が1例ある。本開発を契機として、徐々にではあるが実用化が進んでいる。

(4) 技術開発の完成度、目標達成度

本課題では、環境貢献膜として、以下の開発目標を設定した。

- ・ヒートアイランド現象の緩和効果を有する膜材料
- ・暖房負荷を低減可能な高断熱膜（熱貫流抵抗が現状の2倍の膜材料）
- ・透光性を持ち照明負荷を削減可能な二重膜構造
- ・都市・建物への日射を遮蔽する外皮膜構造

本研究で提案した「環境膜(外皮膜, 高断熱膜)」が上記性能を有することを確認しており、技術開発は完成したといえる。現在、環境貢献膜の普及促進を図る目的で策定したクライテリアは、パンフレットおよびホームページで開示しているが、実運用については検討中である。

(5) 技術開発に関する結果

・成功点

- ①これまで環境性能に重点を置いていなかった膜構造関連企業に対して、公的機関による性能測定結果と実験結果を提示することで、問題点を共有することができた。また、簡易な実験方法を提示し、研究成果を反映させた高反射膜材料や高断熱膜試作の効率化が図れた。
- ②オールマイティな膜構造開発ではなく、日射遮蔽、断熱性、透光性等の目的に応じた膜構造の開発・提案を行った結果、外皮膜と高断熱膜を開発することができた。
- ③膜構造の環境クライテリアを策定することで、関連企業における開発目標の明示と、適正な評価を可能とし、技術の普及促進を図った。

・残された課題

屋外空間では、昨今の都市高温化から熱中症の増加が問題となっている。歩道に外皮膜を適用した場合、外皮膜と同様に、直射を遮ることによる温熱環境の緩和が期待できる。日射や放射による不均一な温熱環境を評価するためには、人体に入射する日射と長波長放射の影響や外部風の影響を詳細に考慮し、日射・放射・対流現象と人体熱反応を連成した解析法を構築する必要があるが、本研究では、膜構造に主眼を置いたため、人体の快適性評価について十分に検討できなかった。

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

本研究では、環境に貢献する膜構造として、建築物外皮に膜を設置する外皮膜構造と、複層膜化による高断熱膜を提案し、外皮膜の日射遮蔽効果・ヒートアイランド抑制効果・冷房負荷削減効果、複層膜の断熱性能の向上効果の検証を行った。また、環境貢献膜の普及促進を図る目的で、環境性能の明確化とクライテリアの策定を行った。しかし、クライテリアは、パンフレットおよびホームページで開示しているが、実運用については検討中である。クライテリアの実運用を早急に行い、環境に貢献する膜構造の普及促進を急ぎたい。

本研究で十分に検討できなかった外皮膜下の人体快適性については、現在、数値マネキンを用いて人体に入射する日射解析法と、数値人体熱反応モデルの検討を開始しており、外部風の影響等についても今後継続して検討を進める予定である。