

環境に貢献する膜構造



.....
環境を考えたら、「膜構造」です。



社団法人日本膜構造協会

時代の要請と(社)日本膜構造協会の役割

地球温暖化防止のため、CO₂排出量を2020年までに25%削減(1990年比)することが課題となっています。

膜構造建築物の場合、一見して熱貫流率が大きい、「省エネでない」と即断されがちです。しかし、建物への熱負荷だけでなく、周辺の温熱環境への影響を考えると、断熱性能の他に、太陽の光と熱をどれだけ反射できるかも、大きな要素です。

その点では、膜材料は最大85%程度の反射率があり、その一方5%~25%程度の透過率もあるため、「明るく涼しい」特性を持っています。

民生部門の排出エネルギー消費量は、2008年度で既に1990年比35.3%増となっており、今後10年間で半減させる覚悟が必要です。

それだけの思い切った削減を実現する方法は、断熱性能等の技術向上で達成できる域を超えています。これからは、自然と調和した生活スタイルを随所に取り入れ、エネルギー消費を前提としない生活方法・建物利用の工夫が求められます。

(社)日本膜構造協会では、平成19年度から3ヶ年をかけて、産学協同で技術開発を行い、膜構造建築物の利用実態を調査し、膜材料の熱性能を明らかにし、模型及び実大での実験・計測を行いました。

(社)日本膜構造協会は、市民一人ひとりが可能なところで膜構造を活用することで、着実にCO₂削減効果が累積されると考えます。

(社)日本膜構造協会では、今後とも、膜構造の熱性能をさらに向上させる技術開発を進め、都市環境の改善に貢献するとともに、膜材料の持つ高反射性・透光性・気密性・軽量性・柔軟性を最大限に活用し、自然と調和した豊かな暮らしの展開に役立つ利用法を提案してまいります。

環境に貢献する膜構造の技術開発のあらまし

膜構造は、膜材料の厚さがわずか1ミリ前後であることから省資源性にすぐれ、透光性を持つことから照明エネルギーの節減にも有効なことが知られています。

(社)日本膜構造協会では、それらの特性を生かしつつ、さらに断熱性を向上させた材料・構法の開発、膜材料に適した省エネルギー性能の評価方法及び評価基準の開発、その他の技術開発を、官民共同で実施しました。

国土交通省の「住宅・建築関連先導技術開発助成事業」に採択

(社)日本膜構造協会では、横浜国立大学及び明治大学と共同で、国土交通省が民間の技術開発を支援するため発足させた「平成19年度住宅・建築関連先導技術開発助成事業」に応募し、21年度まで3年間採択されました。

技術開発の分担は、概ね次のようになっています。

- ◆ 横浜国立大学 既存膜構造建築物の利用面及び熱性能面の実態調査、フィルム膜建築物の熱性能面の効果検証等。
- ◆ 明治大学 膜構造の熱性能及び多重膜模型による実験、外皮膜設置事例での計測調査、熱性能クライテリアの提案等。
- ◆ (社)日本膜構造協会 技術開発計画の全体調整、内外の文献チェック・翻訳、研究会の運営、実大実験棟の設置等。

環境貢献膜構造研究会の構成

技術開発を効果的に進めるため、「環境貢献膜構造研究会」を構成し、松尾陽 東京大学名誉教授に全体の座長をお願いしました。

研究会の下部組織として次の3分科会を設置し、各主査の指揮の下それぞれ活発に研究開発が推進されました。

- ◆ 熱性能分科会 主査：酒井孝司 明治大学教授
- ◆ 材料・構造分科会 主査：河端昌也 横浜国立大学准教授
- ◆ 規準・普及分科会 主査：油川真広 (株)竹中工務店エンジニアリング本部副部長

3ヶ年度にわたる技術開発成果の一部を ④ 頁～ ⑦ 頁にご紹介します。

建築における“CO₂ 25%削減”の意味

2009年9月に開催されたCOP15において、日本国は2020年までに基準年（1990年）比よりの温室効果ガス排出量を25%削減することを宣言しました。

今般、特に増加傾向にある建築物や住宅からのCO₂排出削減を強力に進め、削減目標を達成しなければなりません。

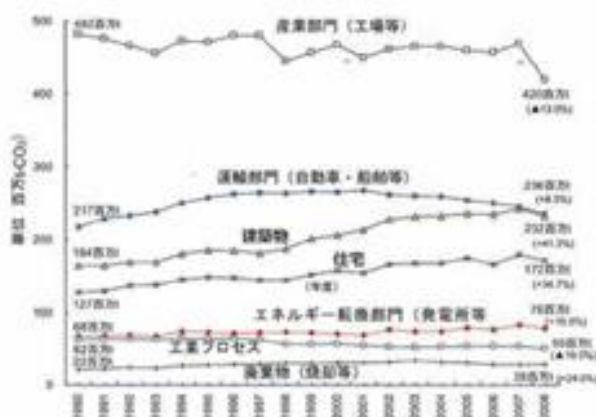
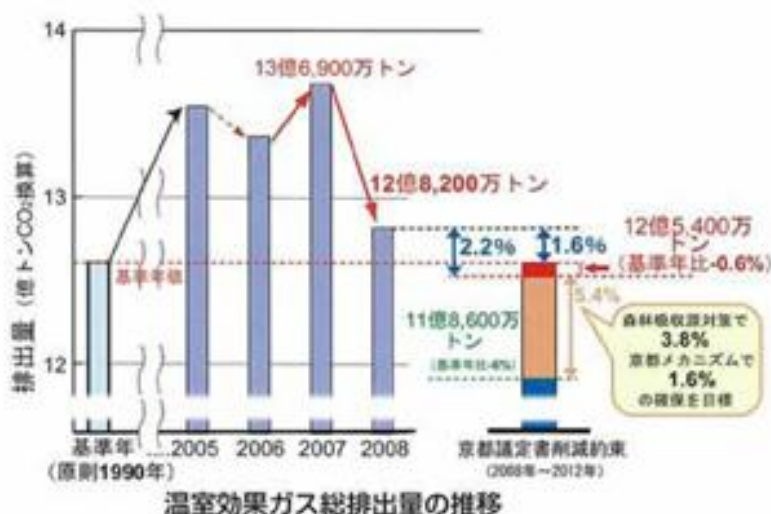
我が国の温室効果ガス排出状況

2008年の温室効果ガス総排出量は、12億8200万トンであり、京都議定書の規定による基準年の総排出量と比べると1.6%上回っています。

京都議定書は、約束期間5年間の平均排出量を90年度に比べて6%減らすことが義務付けています。国内の森林が吸収したCO₂量や、他国が減らした量(排出枠)を買った分は削減量として算入することが出来ます。

エネルギー起源CO₂の部門別排出状況

建築物および住宅からの排出量が大幅に増加しており、2008年度の排出量は、基準年（1990年）に対して1.4倍となりました。



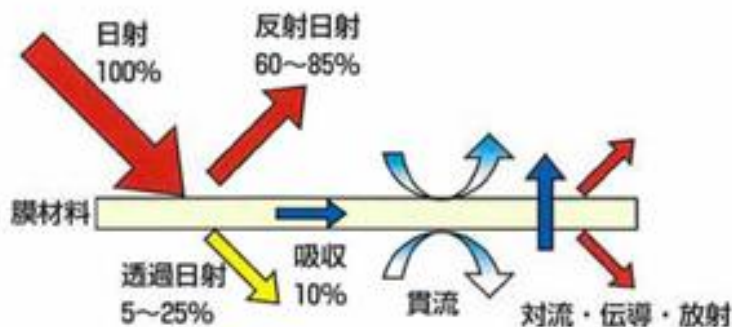
※出典：環境省 (<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/index.html>)

建築物や住宅からのエネルギー起源CO₂排出量の削減は必要不可欠とのことで、2008年5月に省エネ法が改正されました。

その結果、建築物・住宅分野においては、エネルギー消費を半減する必要がある、自然エネルギーの活用をしなければならない状況となっています。

膜構造の特徴

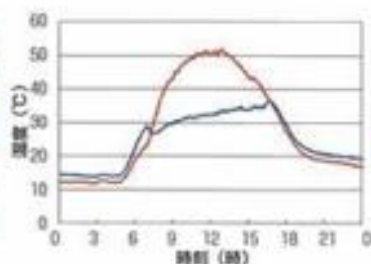
軽量で高強度である膜材料は、屋根全体を軽やかに覆う膜屋根や、外壁の日射調整装置、庇による大きな日除けなど大面積への適用に適しています。とりわけ白色系の膜は光線反射率が高いため、屋外では太陽光を反射してヒートアイランド緩和に貢献し、屋内では間接照明の反射面として天井面全体を適度に明るくすることが可能です。また膜材料の適度な光線透過性は障子のような柔らかな明るさを内部にもたらし、少ない部材で大きなスパンを飛ばし開放的な空間を実現でき、昼光などの自然エネルギーの活用に適しています。



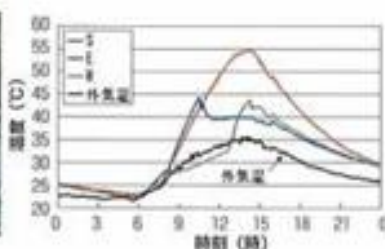
ヒートアイランド緩和効果

白色膜の日射反射率が高い特性を利用することで、建物に対する日射遮蔽効果および日射蓄熱低減によるヒートアイランド現象の緩和が期待できます。小型模型で基礎実験をおこなった結果、外皮膜を設置した模型では、日中の屋根表面温度、模型内部気温の上昇が抑制されることを確認しました。また、RC造の既存戸建住宅の屋上に実際に外皮膜を設置して実測を行った結果、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ました。

小型模型実験

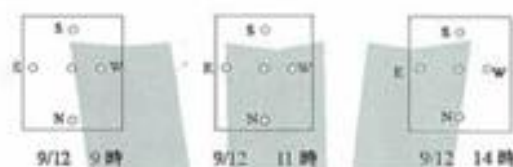


既存住宅への適用



屋根面上における外皮膜の影

外皮膜は日射遮蔽による日射蓄熱低減効果を持ち、ヒートアイランド現象の緩和に貢献可能であることを確認しました。



照明負荷削減効果

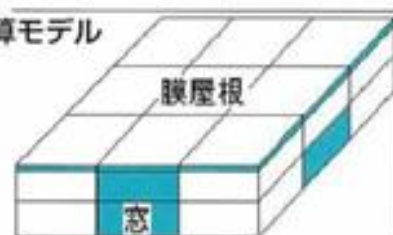
実在する膜構造の体育館を対象に昼光率解析を行い、膜構造の照明負荷削減効果について検討しました。

対象建物

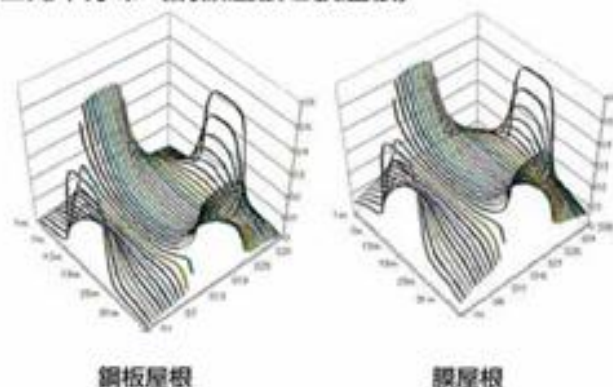


床面の必要照度を1000ルクスとして検討した結果、膜構造では、鋼板屋根に比べておよそ30%程度、照明負荷削減可能であることを確認しました。

計算モデル



昼光率分布 (鋼板屋根と膜屋根)



外皮膜の冷房負荷削減効果の実測

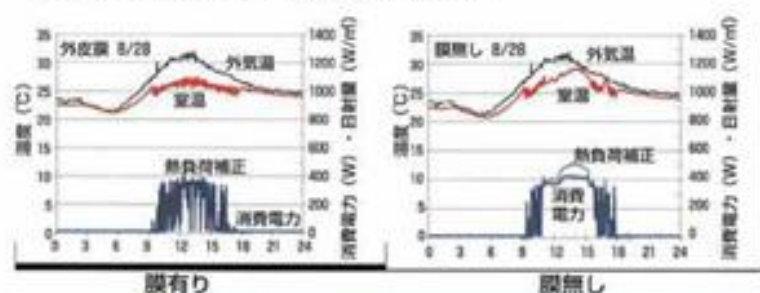
住宅等建物の外側に、膜を設置(外皮膜)することで、建物に対する日射遮蔽効果および室内温熱環境の緩和効果が期待されます。そこで、外皮膜を設置した仮設建物を対象に実測を行い、外皮膜設置による温熱環境改善効果と冷房負荷削減効果について検討を行いました。

ヒートポンプを設置した仮設建物2棟の一方に外皮膜を設置し、8~9月に温熱環境、消費エネルギー量の実測を行った結果、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を確認しました。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ました。

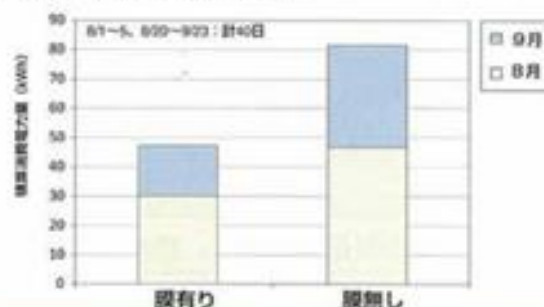
外皮膜実験(膜有り と 膜無し)



室温と電力消費量(膜有り と 無し)



冷房用電力の削減効果



外皮膜は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ました。

外皮膜の冷房負荷・CO₂削減効果

外皮膜の実測結果を基に、一般的な事務所ビルに外皮膜を設置した場合の、年間冷暖房負荷削減効果とCO₂削減効果の解析を行いました。ガラスカーテンウォールの場合、外皮膜は標準ガラスに対して42%、エコガラスに対して30%程度の冷房負荷削減効果を有することを確認しました。

また、外皮膜設置により基準階当たり最大1.6t-CO₂の削減が可能であることを確認しました。

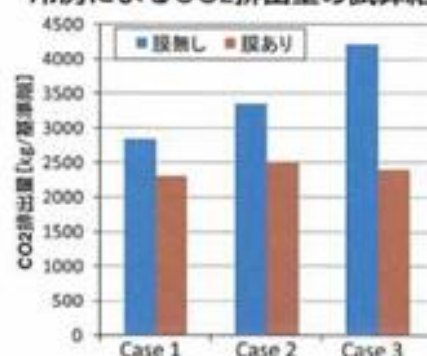
なお冬期間は、外皮膜設置により日射取得が減少し、暖房負荷が増加するため、取り外しました。

通年で膜を設置しない場合に比べて、15%の年間冷暖房負荷削減が可能となることを確認しました。

計算モデル 基準仕様：単層ガラス、ブラインド有り



冷房によるCO₂排出量の試算結果



高断熱膜の開発

膜屋根の多層化による断熱性能向上効果について検証を行いました。

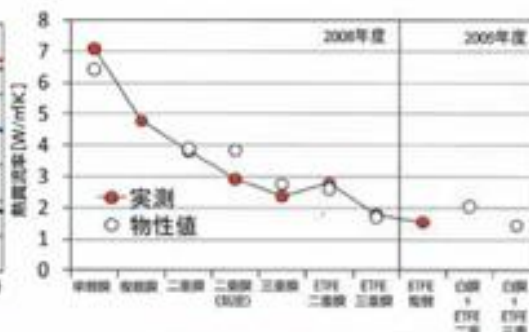
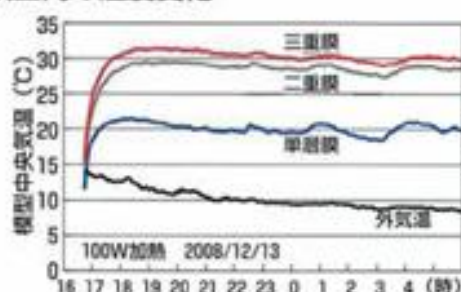
10cmの空気層を膜に挟んだ二重膜・三重膜屋根模型と、気泡衝撃緩衝材(厚1cm)を膜間に挟んだ複層膜模型を作成し、断熱性能向上効果について、冬期夜間に屋外暴露する簡易的な熱箱法により、熱貫流率の測定を行った結果、単層膜6.42、複層膜4.77、二重膜2.6~2.89、三重膜1.70~2.60W/m²Kの値が得られました。

以上の結果より、多重膜化することにより、断熱性能の向上が可能であることを確認しました。また、ETFEで作成した複層膜模型では、日射透過率は10%程度、熱貫流率が1.5W/m²Kとなりました。

多層膜の断熱性能試験



模型内の温度変化



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を確認しました。

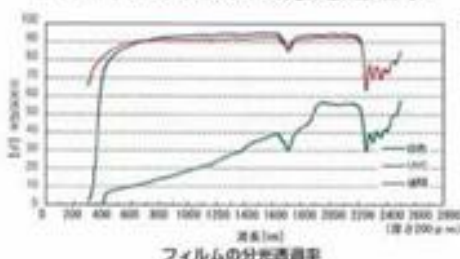
フィルムにより広がる膜構造の可能性

フィルムは従来の織布膜材料では得られない透明性があり、また透明から遮蔽までの幅広い日射制御性、UVカットなどの機能が付加できるという特徴があります。フィルムにも様々な種類がありますが、フッ素樹脂系のETFE(エチレン・四フッ化エチレン共重合樹脂)は紫外線への耐候性に優れ、古いものでは20年以上を経た現在も使用され続けるなど、太陽直射を受ける場所での使用に最適です。さらに軽量で光線透過性の高いフィルムは、複層化が容易で、広い面積を効率よく断熱することも可能です。昼光利用はもちろん、目的に応じて日射反射率と熱貫流率を調整することで、植物園や温室には熱取得型、体育館やアトリウム等の開放的な空間には断熱+熱取得型や日射遮蔽型、閉鎖的な空間には断熱+遮蔽型など幅広い選択が可能です。

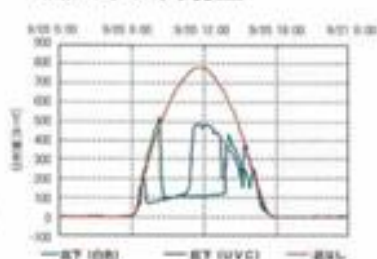
張力膜方式のETFEフィルム・キャンピの実験 (白色とUVカットフィルムの比較)



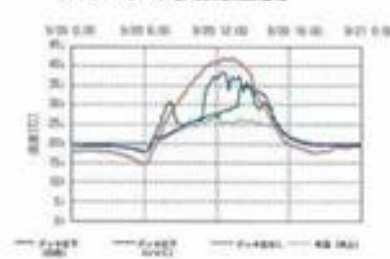
ETFEフィルムの分光透過率



庇の下の日射量



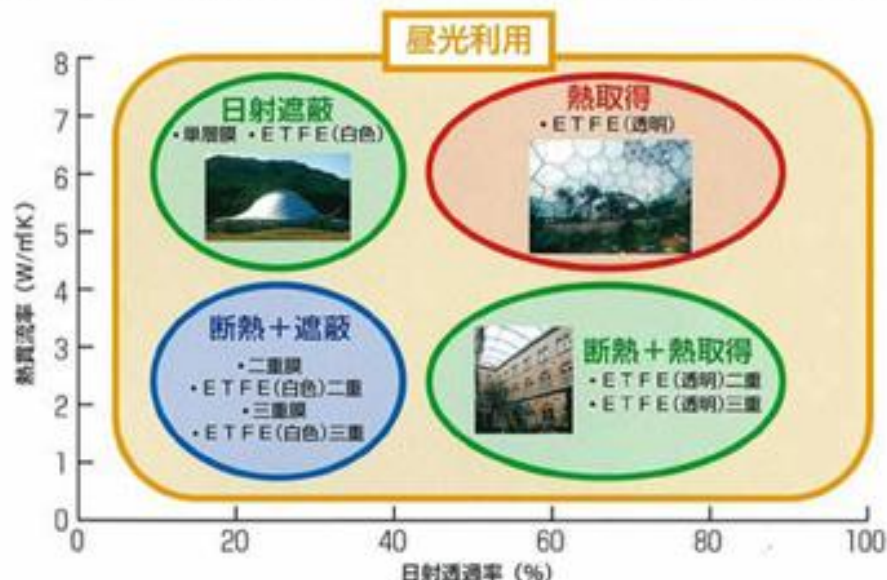
デッキの表面温度



環境負荷軽減装置としての可能性

これまでの研究成果をもとに、膜の特性と環境貢献の関係を図に示します。

用途に応じて膜材料と膜構造を選択することにより、昼光利用はもちろん、日射遮蔽（ヒートアイランド緩和）や、断熱、遮熱、熱取得等の様々な環境負荷軽減効果を発揮することが明らかになりました。

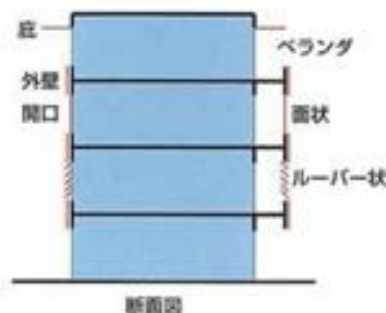


環境負荷軽減装置としての膜構造の設置例

従来の膜屋根としての利用に加え、外壁や屋上、建物間に設置することで、環境負荷削減装置としての利用が可能となります。本研究会では、法的な問題の検討や、既往事例のデータベース化を行いました。

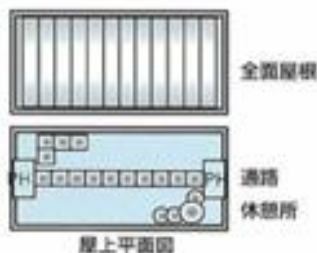
■外壁に設置

日射遮蔽・断熱効果が期待できます。取り付け方法として、庇、面上、ルーバー状等が選択可能です。



■屋上に設置

膜による高反射化により、クールルーフ効果が期待できます。



■建物間に設置

クールルーフ効果と、下部空間への日射遮蔽によるオアシス効果が期待できます。

