

2022年度（第20回） 建築・住宅技術アイデアコンペ

提案タイトル	曲面型建造物における持続可能な省エネルギー・資源循環型構法の実効性向上技術の開発
提案概要 (200字程度)	半円筒・半球等の曲面形状の建造物で、複合材料・部材、太陽電池、断熱材、ペアガラス等の高度利用により、長寿命性／安全性と環境調和性／芸術性と経済の鼎立に配慮した省エネルギー・資源循環型構法の実現を目指す。光、熱、水蒸気の移動に関する解析やシミュレーション等に基づく予測とともに、実証実験等を検討し、実効性向上を図る。先人によるこれまでの研究・技術の成果を踏襲しながらも、それを超える夢のあるものを目指す。【202字】
① 実用性	外断熱は、内断熱に比べて、立ち上がり効率は劣るが、長期的スパンでは、内部結露がなく、省エネルギー効果が優れている。しかし、集合住宅等のベランダ周りでは、内断熱と併用する必要もある。曲面型建造物だと、外断熱および太陽電池の効率的な適用が期待される。また、再生材料を活用した後付けパネル等の利用により、リサイクルに配慮した資源循環型構法にもなり、実用性が高い。
② 異業種関連度合	個別の材料要素技術とともに、異種材料を組み合わせた構法開発と実証実験には、ゼネコン、ハウスメーカーは、もちろん、太陽電池、断熱材、繊維補強外装材の生産及び施工会社等の緊密な連携・協力が必要となる。また、シミュレーションや、モデル化施工及び実証実験等は、学会会員、実績を持つ企業、公的試験機関等の連携・協奏・相互協力が、必要不可欠である。
④ 建築や社会に対するインパクト	曲面型建造物での外断熱および太陽電池併用型の新省エネルギー・省資源型構法の利用を促進するモデルとなりうる。昨今、地球環境問題への有効対応が要請される中で、持続可能な開発目標（SDGs）にも、大きく寄与でき、建築分野等に対するインパクトが大きい。

提案ポイントについて

① 新規性 :	「従来の建築・住宅技術」に対する新規性について述べて下さい。
③ 実用性 :	ご提案のアイデアが、学術研究や情報の蓄積や整理の範囲にとどまらず、都市・建築空間で実地に用いる、あるいは実際に役立つ点を述べて（下さい）。
③ 異業種関連度合 :	コンソーシアムの特徴として異業種連携による研究活動をうたっています。ご提案のアイデアが、研究活動における異業種関連度合について述べて下さい。
④ 建築や社会に対するインパクト :	生活や産業経済、建築空間に対する影響など、研究目標が達成され、成果が実用化された場合の建築や社会に対するインパクトについて述べて下さい。

※ こちらにご記入頂いた内容も審査の対象となります。提案ポイント項目は審査評価基準に基づきます。

【背景】

「外断熱構法」

北欧やカナダでは、レンガ造における二重壁の内部に断熱材を挟む形で、早くから、外断熱方式が普及していた。日本では、鉄筋コンクリート（RC）造建築物で、内部結露の防止と温度変化の緩和による構造躯体保護効果を謳って、外断熱構法が初めて北海道の札幌興銀ビルで施工されたのが、普及の始まりである。旧建設省（現在：国土交通省）技術評価制度でも取り上げられ、外壁・屋根での5社の外断熱構法が、認定をうけた後、北海道、東北などの寒冷地の他、北陸、北九州など、日本各地にも普及するようになった。その後、長寿命化と省エネルギーの両立の効果が認識され、鉄骨（S）造や、木（W）造でも、断熱材外張り型の適用事例が見られるようになった。S造では、熱橋の改善のための、胴縁付き通気型外断熱構法の適用事例が見られる。W造では、在来型の軸組構法では、内断熱が主流であるが、2×4の枠組構法では、外断熱も可能である。しかし、複層ガラスを配した断熱窓との併用方式は、目下のところ、少ない。

「太陽光発電」

大気中の二酸化炭素（CO₂）の濃度の増大傾向等による気候変動に対応するため、CO₂排出量削減・吸収によるカーボン・ニュートラルの方策の一環として、住宅・建築の屋根等に太陽電池設備を設置し、太陽光発電を行うことで、省エネルギーの充実を図ることが推奨され、普及啓発がなされている。しかし、山の斜面などのメガ・ソーラー方式だと、環境破壊に連なるといふ負の面も、指摘されるようになっている。

【未解決及び改善が必要な点】

- 1) 日本では、外断熱構法は、断熱性ばかりでなく、耐力性、防・耐火性、耐久性にも配慮されていると考えられる。建設省技術評価制度で、提案された個々の構法に対する評価の際、これらの諸性能に関して、評価法が考案された。いくらかの変更もあった（火災上の弱点になり易い有機系断熱材を使用する場合でも、不燃系外装材を用いるなど、構法的な工夫により、外断熱仕様が可能になった）が、その時の評価法は、基本的には、現在でも通用すると考えられる。しかし、昨今の地球環境問題、資源・エネルギー問題、廃棄物問題等の重要な問題の解決をめざし、夢と希望の未来を展望するためには、国連が提案し、また、日本建築学会、日本建築仕上学会でも宣言している、持続可能な開発目標（SDGs）に的確に対応する必要もある。また、そのためには、“人にも環境にも優しい”環境調和型構法（エコ・システム）に転換する必要もある。また、その性能評価・予測において、使用時だけでなく、資源採取、生産・組立、使用、改修、解体・廃棄、リサイクル・再使用など、ライフサイクルの視点からの環境調和性／持続可能性の的確な評価法も必要になっている。また、曲面型建造物では、諸性能のバランスに配慮した設計をどのようにするか、再度、検討が必要になる。また、性能・機能予測やシミュレーションでは、熱・水蒸気非定常同時移動が必要になるが、その時、寿命をどのように設定するか、工夫が必要となる。
- 2) 現在の平板の屋根型太陽電池では、取り入れる角度に依存し、稼働時間は、昼の短い時間に限られ、太陽光の効率的利用が少ない嫌いがある。現在の太陽電池は、シリコン半導体を使ったものが主流であるが、有機薄膜型、ペロブスカイト型など、軽量の薄型の曲げられるものと、曲面型屋根、曲面型外壁にも可能になると考えられる。
- 3) 複層ガラスの断熱窓と外断熱構法と太陽光発電の3つを併用した場合に、省エネルギー効果は、どの程度改善されることが期待されるのか、的確な評価が、必要である。
- 4) 劣化過程の解析・寿命予測も含めて、寿命をどの程度に設定するか、また、使用中だけでなく、ライフサイクルの環境負荷を過不足なく見積もる工夫が、必要になる。

【本提案の取組概要】

このような状況を鑑みて、“モデル化した解析やシミュレーション等に基づく予測とともに、実証実験等を検討し、実効性向上を図る“。曲面型建造物での外断熱および太陽電池併用型の新省エネルギー・省資源型構法の利用を促進するモデルとなりうる。また、昨今、地球環境問題への有効対応が要請される中で、持続可能な開発目標（SDGs）に、大きく寄与できると考えられる。“海のものとも山のものともわからない”という意見もあるかもしれないが、先人によるこれまでの研究・技術の成果に敬意を表し、それを尊重し、踏襲しながらも、それを超える夢のあるものを目指すことにする。また、技術的開発の課題、社会的な実装のための要件等を考え、基本的なコンセプトをまとめる。

概要書② 自由書

このため、次のような研究実施組織を考え、推進を図る。

「研究体制」

研究共同代表者；建築研究所統括研究官

建築研究開発コンソーシアムプロジェクト企画官

研究実施組織：

幹事：建築開発コンソーシアム参加会社中堅研究者ら

技術顧問：（提案者）

その他の学会会員

研究担当者：趣旨に賛同したコンソーシアム会員

「研究期間」：3～5年

本提案では、以下の3つの項目を異分野・異業種横断のワーキングで検討することを想定している。

【検討項目①】断熱窓と外断熱仕様の半円筒型の外壁に太陽電池をつけた半球屋根ドームを持つ仮想建造物を考え、構成材料・部材の物性のデータベース化を行うとともに、熱、水蒸気の流れに関する解析とシミュレーションを行う。もって、寿命設定の基礎資料を得る。

【検討項目②】

仮想建造物における環境負荷を評価する。特に、気候変動に対する対応として、CO₂濃度排出削減効果の積算・評価を行う。もって、カーボン・ニュートラルの対応程度の評価を行う。

【検討項目③】

断熱性、省エネルギー性ばかりでなく、耐力性、防・耐火性、耐久性など、他の性能・機能にも配慮し、諸性能・機能のバランスを考えた設計法を考える。もって、環境調和型生涯設計の社会的実装性の向上を目指す。

【検討項目④】

個別な要素技術に関しては、可能ならば、特許出願等を考える。もって、知的財産権の保護に努める。

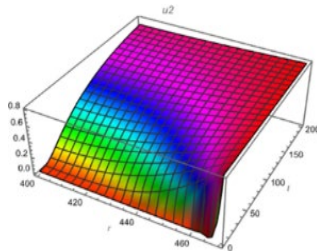
【提案者のこれまでの予備的検討】

提案者は、これまで、本提案に先立って、次のような予備的な検討を行った。

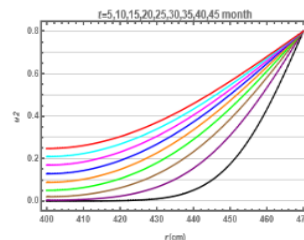
「水蒸気の非定常移動過程」

基本的には、半円柱曲面型形状外壁でも、平面型多層外壁での場合と同様に、外部水蒸気が、高分子仕上塗材を介して、外装材のセメント系複合材料（FRC）中に、更に、繊維系断熱材中に非定常拡散する過程となる。提案者は、この状況の数学的モデル化を行い、数値解析を行い、可視化を行った。（図－1、図－2）

【参考文献】1) (提案者)：外断熱材料システムにおける水蒸気移動過程の可視化（その5）-半円柱状外壁への適用、日本建築仕上学会 2022 年講演会、オンライン開催、October 21-22, 2022 講演番号 3308 日本建築仕上学会 2022 年研究発表論文集、日本建築仕上学会、pp. 39-42 (2022)



図－1 断熱材中の水蒸気の非定常移動過程の3次元プロット



図－2 断熱材中の水蒸気の非定常移動過程の2次元プロット

<期待される研究及び技術開発の成果>

曲面型建造物での外断熱および太陽電池併用型の新省エネルギー・省資源型構法の利用を促進するモデルとなりうる。昨今、地球環境問題への有効対応が要請される中で、持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals：SDGs）に、特に、（目標 13：気候変動に具体的な対策を）に、大きく寄与できる。