

【課題名】セルロースナノファイバーを利用した建築物の開口部の大幅な断熱を実現する技術開発・実証(委託)

【代表者】㈱レニアス 足立真希

【実施予定年度】平成29～31年度

(1)課題概要

①【課題の概要・目的】

住宅部品のなかでも開口部は住宅の断熱における影響が大きい、コストや性能面から、これまでガラスに代わるものがなかった。近年、一部の自動車や建築において、軽量化や断熱性の向上を図るためにガラスの代替としてポリカーボネートを採用する例が見られるが、耐傷性の問題等から汎用化には至っていない。本事業では、セルロースナノファイバー(CNF)のナノ分散性を活かして断熱材を均一分散したポリカーボネート樹脂ガラスの表面保護コート剤、および、CNFの優れた機械特性を活かして補強した樹脂窓枠を提案し、断熱性が高く、かつ耐傷性や耐久性、防犯性を兼ね備えた新しい窓部材を作製して、そのCO2排出量削減効果の実証に取り組む。

②【技術開発の内容】

○重要な開発要素

A1.【CNFを利用したPC窓の技術開発】

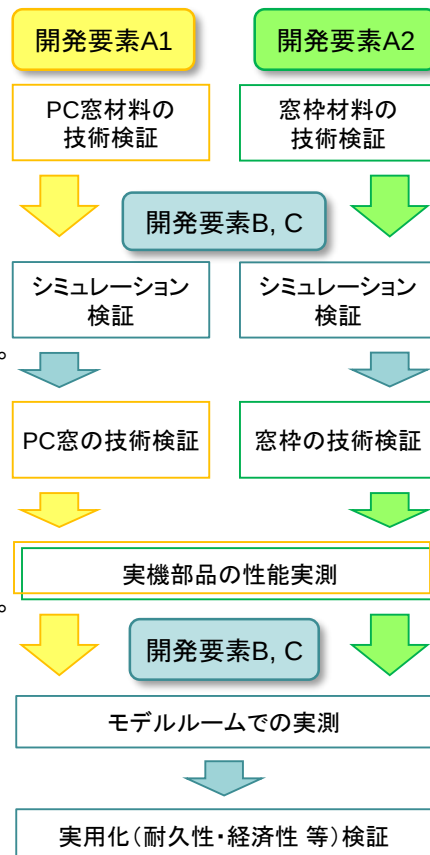
PC窓における目標性能確保のため、コート剤の調製を含めたFS検証を行う。その後、実機試作PC窓にて性能実測と窓部品としての量産技術の確立により、実用化に向けたCO2削減効果の実証と実用化スペックの確保に繋げる。実用化レベル(試験販売)に2020年到達見込み。

A2.【CNFを利用した断熱窓枠の技術開発】

窓枠における目標性能確保のため、構造設計等の枠素材のFS検証を行う。その後、実機試作窓枠にて性能実測と窓部品としての量産技術の確立により、実用化に向けたCO2削減効果の実証と実用化スペックの確保に繋げる。実用化レベル(試験販売)に2020年到達見込み。

B. 開発要素のシステム統合と、C. その実証

各部素材の断熱性等の実測データおよび量産試作評価から抽出された課題を、各技術開発にフィードバックする。さらに、モデルルームを用いた実体評価から、開口部としての実装検証とLCA評価によるCO2削減効果を立証する。

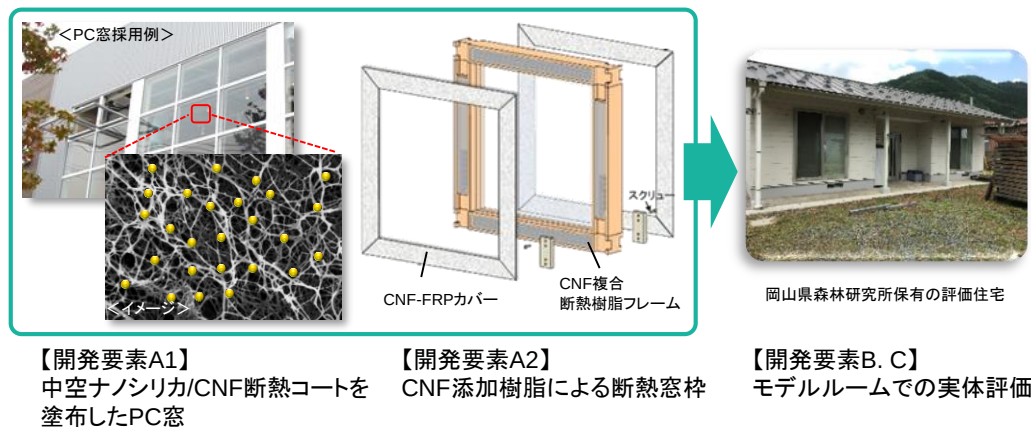


③【システム構成】

・事業の全体イメージ



・技術構成



④【技術開発の目標・リスク】

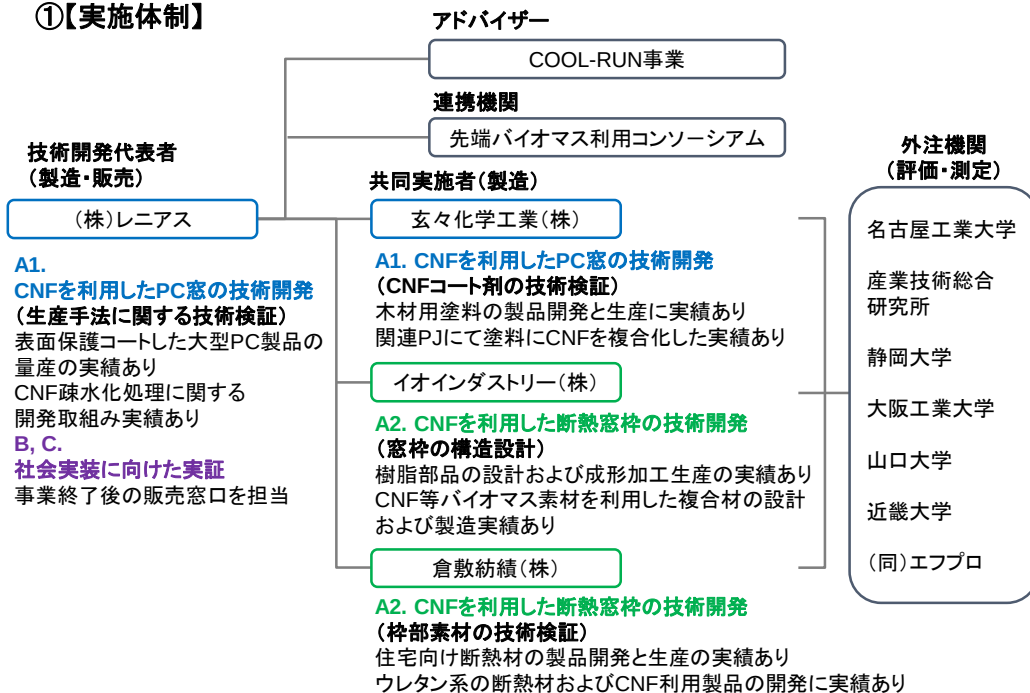
○想定ユーザ・利用価値: 住宅利用者・断熱効果によるエネルギー消費量の削減

○目標となる仕様及び性能: 厚さ8 mmの単板ガラスの熱貫流率6.3 W/m²・Kに対し、PC窓では5.2 W/m²・Kを達成し、さらにコート剤の断熱効果を実測にて検証する。窓枠は、50 mm厚の塩ビ製枠2.2 W/m²・Kに対し、PP/PU/FRPから構成される開発品で1.0 W/m²・Kを目標とする。既設窓は形状が非常に多様化しており、単純比較は適当でないため、同形状窓で実測値15%(窓ガラス)と30%(窓枠)の熱貫流率低減を目標とする。

○開発工程のリスク・対応策: 窓部分と枠の収まりや開閉に対する影響など、施工面に関する検証が課題となるが、モデルルームでの実態評価およびフィードバック検証にて対応する。

(2)実施計画等

①【実施体制】



②【実施スケジュール】

	2017年度	2018年度	2019年度
全体マイルストーン		★製造方法確立 ★技術の方向性確立 ↓ COOL-RUN 事業 モデルルーム設置★ 断熱性実測	★量産手法確立 ★耐久性実証
A1. CNFを利用したPC窓の技術開発	部品性能評価 14,255千円	→ 耐久性・生産性評価 実機製品性能評価 47,980千円	→ 49,100千円
A2. CNFを利用した断熱窓枠の技術開発	部品性能評価 5,422千円	→ 耐久性・生産性評価 実機製品性能評価 28,280千円	→ 28,500千円
B, C. 社会実装に向けた実証	FS評価 2,185千円	→ 実装検証 断熱性評価 18,900千円	→ CO2削減効果・LCA評価 19,400千円
その他経費	3,278千円	14,210千円	15,370千円
合計	25,140千円	109,370千円	112,370千円

③【事業化・普及の見込み】

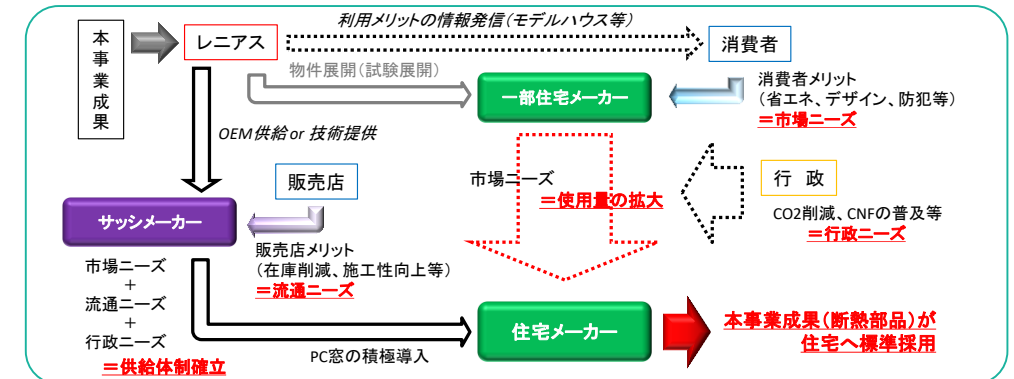
○事業化計画

事業化を担う主たる事業者	株式会社レニアス
--------------	----------

- ・2020年からユーザーメリットの高い部品（ルーバー窓や嵌め殺し飾り窓、単板ガラス窓）から試験販売にて展開し、地域住宅メーカーの協力を得ながら業界認知度を高める。
- ・2023年までに、寒冷地（4地域）や全地域の非防火開口部を対象に展開し、流通に適合する商品仕様の確立、および、業界基準に適合する認定等を取得する。
- ・2025年を目処に、複層ガラス窓や防火窓も対象に、既存商流へ展開させる。

○事業展開における普及の見込み

- ・対象市場規模、想定事業規模：現行窓の流通規模



【提案時当初計画】

単板ガラス窓対象		2020年	2022年	2030年	2050年
市場規模	新築＋リフォーム	120万戸	120万戸	96万戸	70万戸
普及率	対新築	4%	10%	70%	99%
	対リフォーム	4%	25%	70%	99%

目標販売価格：約12,000円/㎡

【現時点見込み】

単板ガラス窓対象		2020年	2022年	2030年	2050年
市場規模	新築＋リフォーム	120万戸	120万戸	96万戸	70万戸
普及率	対新築	1%	10%	40%	99%
	対リフォーム	1%	10%	50%	99%

○普及におけるリスク（課題・障害）

- ・既存の流通に適合した商品スペック（既存サッシ流通と競合ではなく共存）
⇒ ノックダウン方式を採用する等、流通にもメリットのある商品仕様を提案する。

(3)技術開発成果

①【これまでの成果】

- ・幅870×高さ370mmの開口部を作製した。
- ・ヘイズ0.3%、熱伝導率0.168 W/m・KのCNF含有断熱コートを開発した。
(目標10%以下、0.3 W/m・K)
- ・同サイズの単板ガラスに対して、熱還流率を16%低減した。(目標15%以上)
- ・CNF添加により、窓枠母材の剛性を30%向上させた。(目標10%以上)
- ・同サイズのアルミサッシおよび塩ビサッシに対して、熱還流率をそれぞれ93%と79%低減した。(目標30%以上)
- ・開発窓部品の断熱伝導率より、住宅1戸当たり、省エネ地域区分4地域で19%、6地域で9%の年間CO2排出削減を実証した。

②【エネルギー起源CO2削減効果】

【提案時当初計画】

単板ガラスの切り替えによる住宅1戸当たりのCO2削減量 (kg-CO2/戸/年)	550			
開発品(装置/システム)の法定耐用年数	10年			
年度	2000	2022	2030	2050
単年度CO2削減量(万t-CO2/年)	0.5	0.5	16	5.0※
累積CO2削減量(万t-CO2)	5	14	828	2626
CO2削減コスト(円/戸/t-CO2)	44,900	18,000	200	300

【現時点見込み】

単板ガラスの切り替えによる住宅1戸当たりのCO2削減量 (kg-CO2/戸/年)	590			
開発品(装置/システム)の法定耐用年数	10年			
年度	2020	2022	2030	2050
単年度CO2削減量(万t-CO2/年)	0	0.1	15	5※
累積CO2削減量(万t-CO2)	0	4	627	2432
CO2削減コスト(円/戸/t-CO2)	197,700	16,800	200	300

※ 単板ガラス普及後、複層窓ガラスのポリカ置き換えにより、CO2削減幅が減少するため

③【成果発表状況】

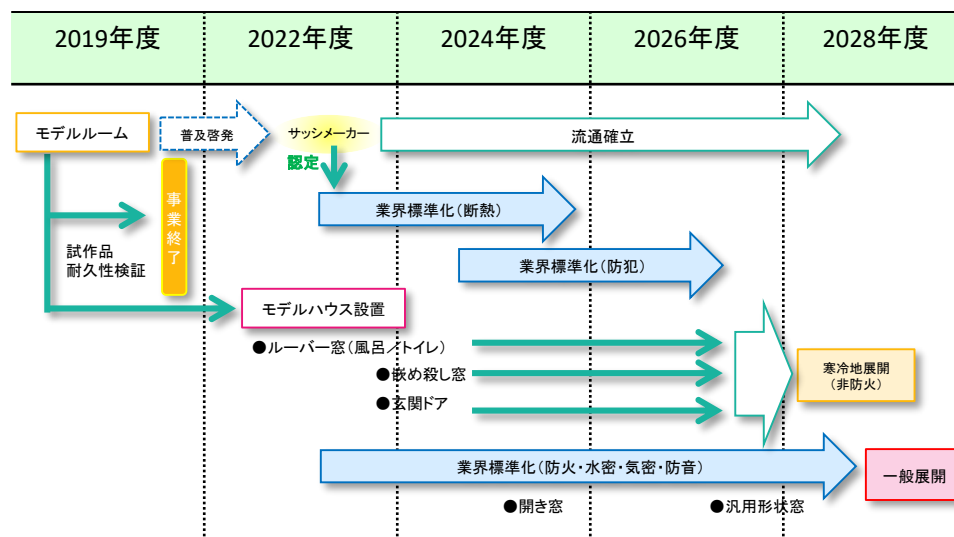
- ・国際学会 The 3rd South-East Asia Japan Conference on Composite Materials
2019年8月4日～6日、「Biomass based Composite Applications for Structure of Window Frame and Tsunami Shelter」(発表者:近畿大学 野田淳二)
- ・なのセルロース工房講演会 2020年1月20日 「ポリカーボネート樹脂グレーシングにおける付加価値化」((株)レニマス 岩井和史)

④【技術開発終了後の事業展開】

○量産化・販売計画

- ・生産現場に導入できる作業工程書や品質管理書等の量産環境を整理済み。
- ・既存の生産設備をそのまま使用することにより、新たな設備費を省いてコスト低減。
- ・販売は商社部門のあるレニマスが窓口を担当。
- ・当社が参画するCNF関連コンソーシアムにYKK AP社が含まれており、開発窓の市場展開に際して、当社がサッシメーカーへOEM供給または技術提供にて進める。

○事業拡大シナリオ



○シナリオ実現上の課題

- ・単板窓ガラス潜在数が少ない。ただし、アルミサッシ潜在数は多いため、開発品の部分導入にて対応。
- ・単板ガラスの切り替え後、ターゲットとなる複層窓ガラスへの適用と切り替え。
- ・材料上、現行の防火認取得の困難。業界全体防火地域への要件緩和。
- ・OEM生産の場合、低コスト化のための生産拠点の集約。

○参考資料1 CO2削減効果について

※木造2階建床面積120.08㎡(主たる居室29.81㎡、その他の居室51.34㎡、日射量A4区分、4地域および6地域)を基準住宅として計算した。

○2020年時点の削減効果 (試算方法:省エネ基準一次エネルギー)

- ・販売実績なし(2020年8月時点)
- ・国内潜在市場規模: 新築(戸建て、集合住宅)80万戸(三菱UFJリサーチ)、リフォーム40万戸(野村総研データより築30年住宅を対象)
- ・2020年度に期待される最大普及対象: 2.4千戸 ※単板ガラス窓普及率2%、対象普及率10%
- ・住宅1戸当たりのCO2削減量: --- kg/年 ※開発部品導入率10%
- ・削減原単位: 開発品による年間CO2削減量= --- kgCO2/年
- ・累積CO2削減量: --- t-CO2 (法定耐用年数 10年)
- ・CO2削減コスト: 197,700 円/戸 (平均窓面積 28 m²/戸)

○2022年時点の削減効果 (試算方法:省エネ基準一次エネルギー)

- ・国内潜在市場規模: 新築(戸建て、集合住宅)80万戸(三菱UFJリサーチ)、リフォーム40万戸(野村総研データより築30年住宅を対象)
- ・2020年度に期待される最大普及対象: 9.6千戸 ※単板ガラス窓普及率2%、対象普及率40%
- ・住宅1戸当たりのCO2削減量: 1.2 kg/年 ※開発部品導入率25%
- ・削減原単位: 開発品による年間CO2削減量=1,300 kgCO2/年
- ・累積CO2削減量: 4万 t-CO2 (法定耐用年数 10年)
- ・CO2削減コスト: 16,800 円/戸 (平均窓面積 28 m²/戸)

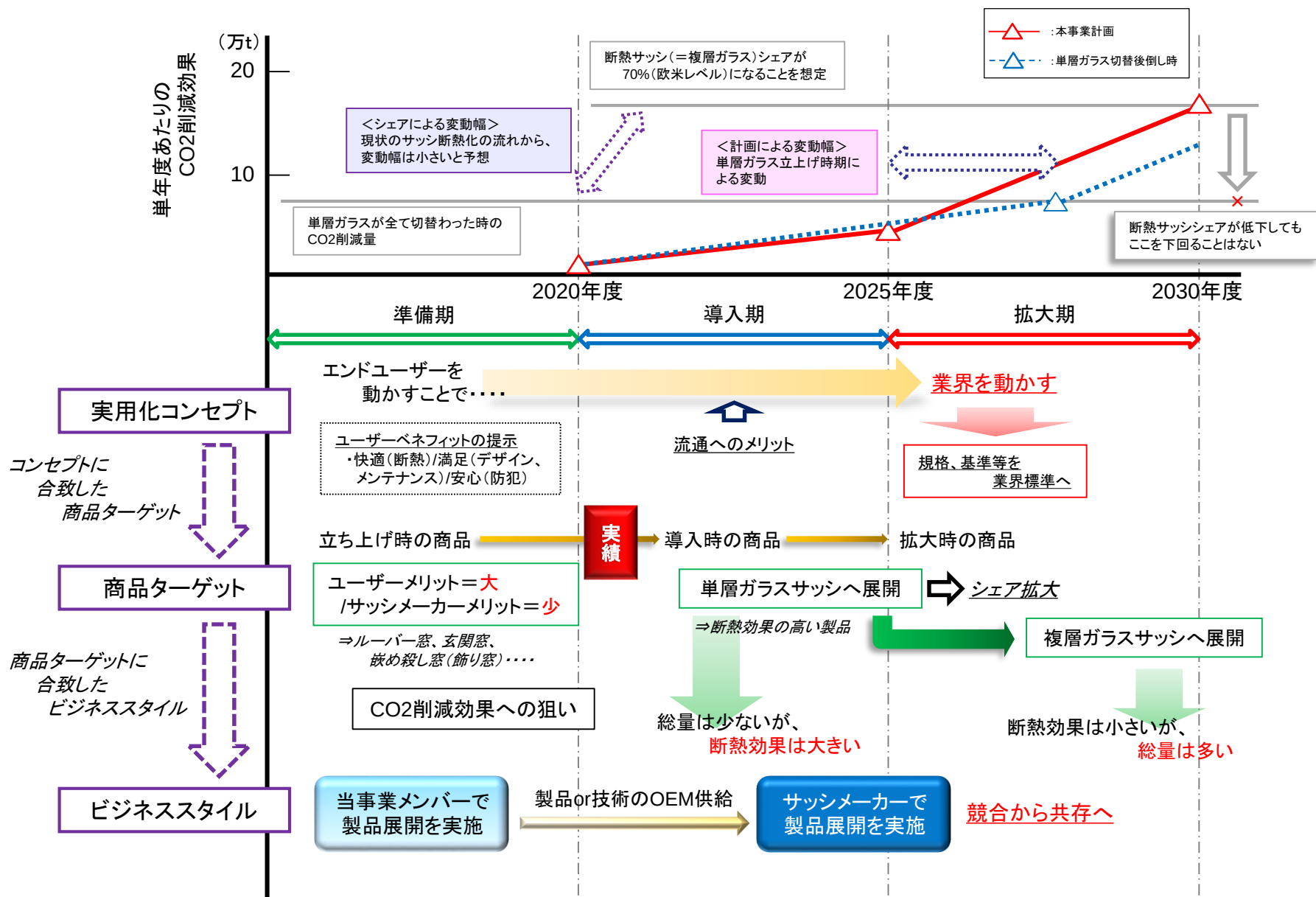
○2030年時点の削減効果 (試算方法:省エネ基準一次エネルギー)

- ・国内潜在市場規模: 新築(戸建て、集合住宅)60万戸(三菱UFJリサーチ)、リフォーム36万戸(野村総研データより築30年住宅を対象)
- ・2020年度に期待される最大普及対象: 3.8万戸 ※単板ガラス窓普及率1%、対象普及率40% (単板ガラスの減少による一部複層窓を対象)
- ・住宅1戸当たりのCO2削減量: 2.4 kg/年
- ・削減原単位: 開発品による年間CO2削減量=151,000 kgCO2/年
- ・累積CO2削減量: 627万 t-CO2 (法定耐用年数 10年)
- ・CO2削減コスト: 200 円/戸 (平均窓面積 28 m²/戸)

○2050年時点の削減効果 (試算方法:省エネ基準一次エネルギー)

- ・国内潜在市場規模: 新築(戸建て、集合住宅)27万戸(三菱UFJリサーチ)、リフォーム43万戸
- ・2020年度に期待される最大普及対象: 13.9万戸 ※複層ガラス窓普及率99%、対象普及率20%
- ・住宅1戸当たりのCO2削減量のCO2削減量: 30.5 kg/年
- ・削減原単位: 開発品による年間CO2削減量=50,000 kgCO2/年
- ・累積CO2削減量: 2432万 t-CO2 (法定耐用年数 10年)
- ・CO2削減コスト: 300 円/戸 (平均窓面積 28 m²/戸)

○参考資料2 事業化計画について



○参考資料3 その他

● CO2削減効果計算方法

【開発品による住宅1戸当たりの年間CO2削減量】

	4地域		6地域	
	従来窓※	開発窓	従来窓※	開発窓
熱貫流率(W/m ² ・k) ガラス部/ 枠部	6.41/ 6.66	5.38/ 0.48	6.41/ 6.66	5.38/ 0.48
住宅外皮平均熱還流率(W/m ² ・k)	1.25	1.07	1.25	1.07
冷暖房設計一次エネルギー(GJ)	46.1	37.5	25.3	23.0
削減量(GJ)	8.6		2.3	
CO2削減値(kg-CO2/ 戸/年)	937 (▲18.7%)		251 (▲9.1%)	

木造2階建床面積120.08㎡(主たる居室29.81㎡、その他の居室51.34㎡、日射量A4区分)を基準住宅として計算((国研)建築研究所 エネルギー消費性能計算プログラム(住宅版))
 ※ 単板ガラス6 mm/ アルミサッシ

【累積CO2削減量計算方法】 ※単板ガラス普及後、複層ガラスのポリカ切り替えも考慮

開発品による住宅1戸当たりのCO2削減量

×

該当年度までの国内着工件数
 (新築戸建て・新築集合住宅・リフォーム)

×

・市場への普及率
 ・1戸当たりの導入率

×

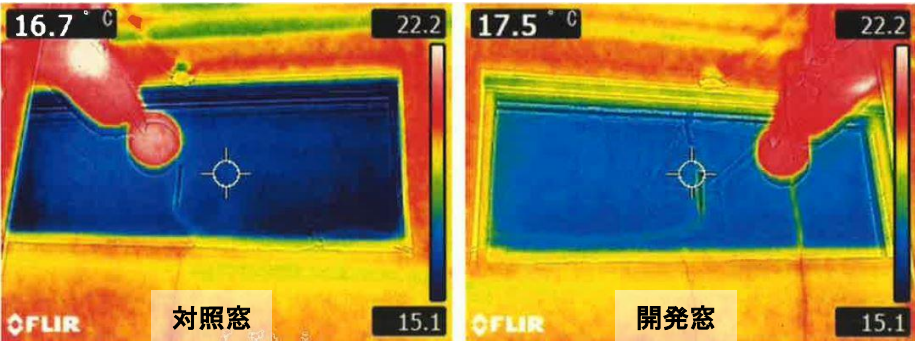
法定耐用年数

=

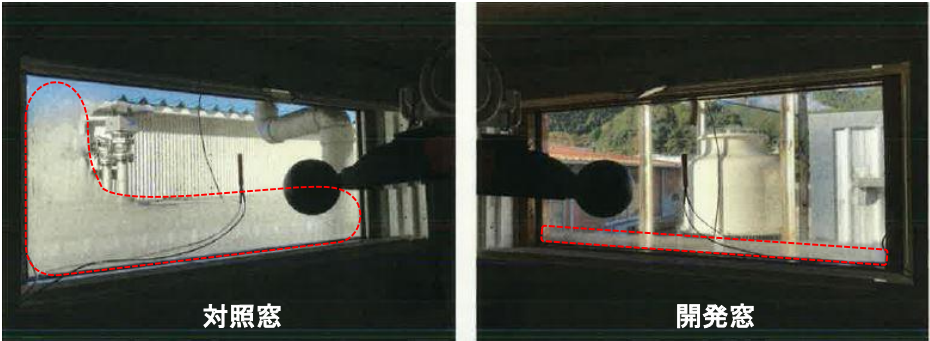
単年度CO2削減量

(参考)三菱UFJリサーチ、野村総研データ

● モデルルーム実証試験の様子



観測例1) 外気15℃の時の窓表面温度差



観測例2) 窓の結露発生範囲(赤点線)

CO₂排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

・ 評価点 6.1点（10点満点中）

・ 評価コメント

【評価される点】

- 本事業の当初に立てた計画に対し、目標達成率100%と達成している点は評価できる。
- CNFを活用した開口部の工夫に関する技術開発を実用化レベルにまで進めている点は評価できる。
- ガラスに変わり得る新しい窓材料を提案したことは大きな成果であるため、熱性能以外のコベネフィットについての訴求が望まれる。

【今後の課題】

- 新築住宅ペアガラス採用への普及を目指すためには、断熱性能の他にもコストメリットや美観などをより明確にすることが考えられる。住宅事業者の理解が必須であるため、今後も地道な営業活動や実デザインへの収まり対応などを行うこと。
- 事業化計画は、具体的にどのように普及拡大を図っていくのかについて説明するよう促したい。
- 窓材に関しては複層化、枠材に関しては樹脂化が進んでいる。単板ガラスとの熱性能比較だけでなく、複層ガラスとの比較・Low-E複層ガラスとの遮熱性能比較についても評価する必要がある。
- 新築着工では単板ガラスのサッシがなくなると予想されるため、これに対する商品開発が必要である。
- 販売協力体制の確立が引き続き重要な課題となる。他の断熱仕様製品とのコスト・その他優位性比較の上、普及戦略の検討、必要に応じ普及計画の見直しを行う必要がある。
- 今後の普及を具体化するために、防火設備との位置づけを検討する必要がある。

【その他特記事項】

- 寒冷地を中心に、市場ポテンシャルの見込みがあるため、トップランナー制度やZEHの動向などに合わせた事業展開を行う必要がある。