

平成27年度 地球温暖化対策技術開発成果発表会

超断熱サッシ開発による 住宅の高断熱化検証とゼロ・エミッション住宅検証

有限会社和建築設計事務所 代表取締役 青木 和壽

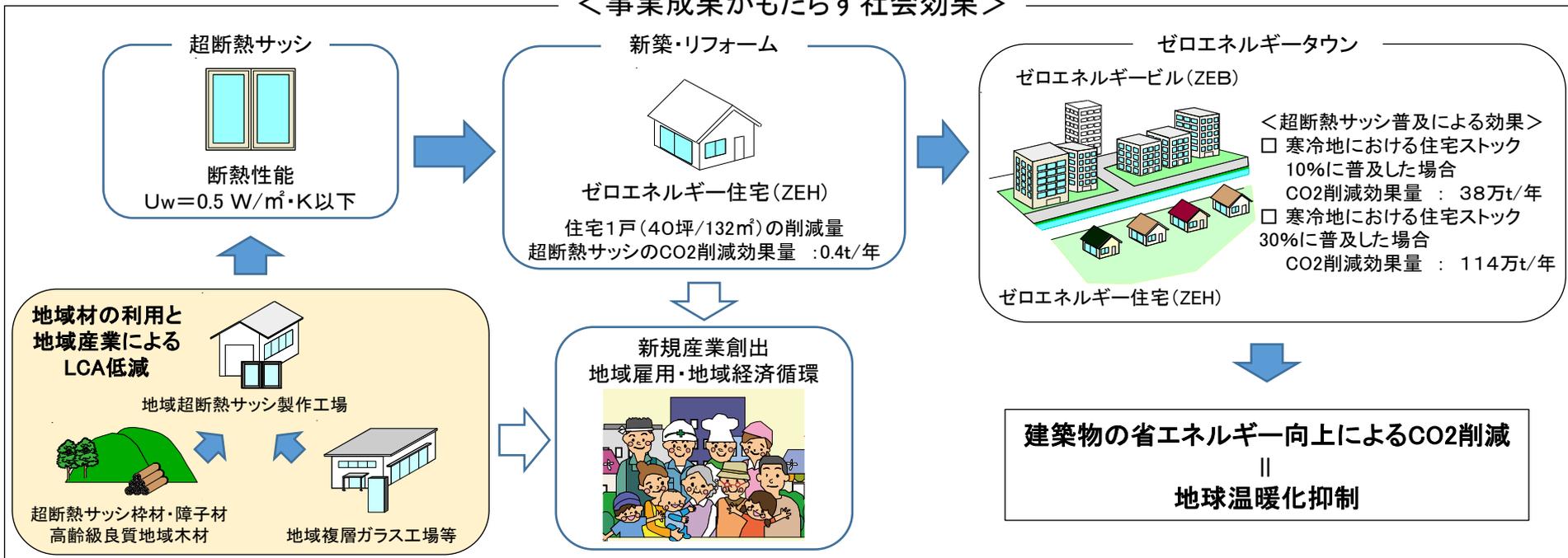


01	目次	
02	技術開発概要	
03	事業実施体制	
04	事業実施スケジュール	
05~13	技術開発内容	
05	事業フロー	
06	(1)部材に関する技術開発	1
07	(1)部材に関する技術開発	2
08	(2)超断熱サッシに関する技術開発	1
09	(2)超断熱サッシに関する技術開発	2
10	(3)開閉方式及び形状に関する技術開発	
11	(4)施工に関する技術開発	1
12	(4)施工に関する技術開発	2
13	生産コスト	
14~18	実証試験内容	
14	(5)実証試験	1
15	(5)実証試験	2
16	(5)実証試験	3
17	(5)実証試験	4
18	(5)実証試験	5
19	(6)環境負荷評価	
20	(7)本事業の周知と普及	
21	技術開発・実証試験その成果	
22	今後の展開	

<目的>

エネルギー需要側の住宅・オフィスのゼロ・エミッション化に向けた技術開発において、建物の高断熱・高気密化が求められるなか、開口部の断熱性能を高める技術開発は進んでいない。本事業は、地域木材を活用した熱貫流率 $U_w=0.5\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ 以下の超断熱サッシによるリフォーム住宅の省エネルギー効果の実証研究と、超断熱サッシによる既存住宅リフォーム改修の普及に関する研究検証の実施を目的とした。

<事業成果がもたらす社会効果>

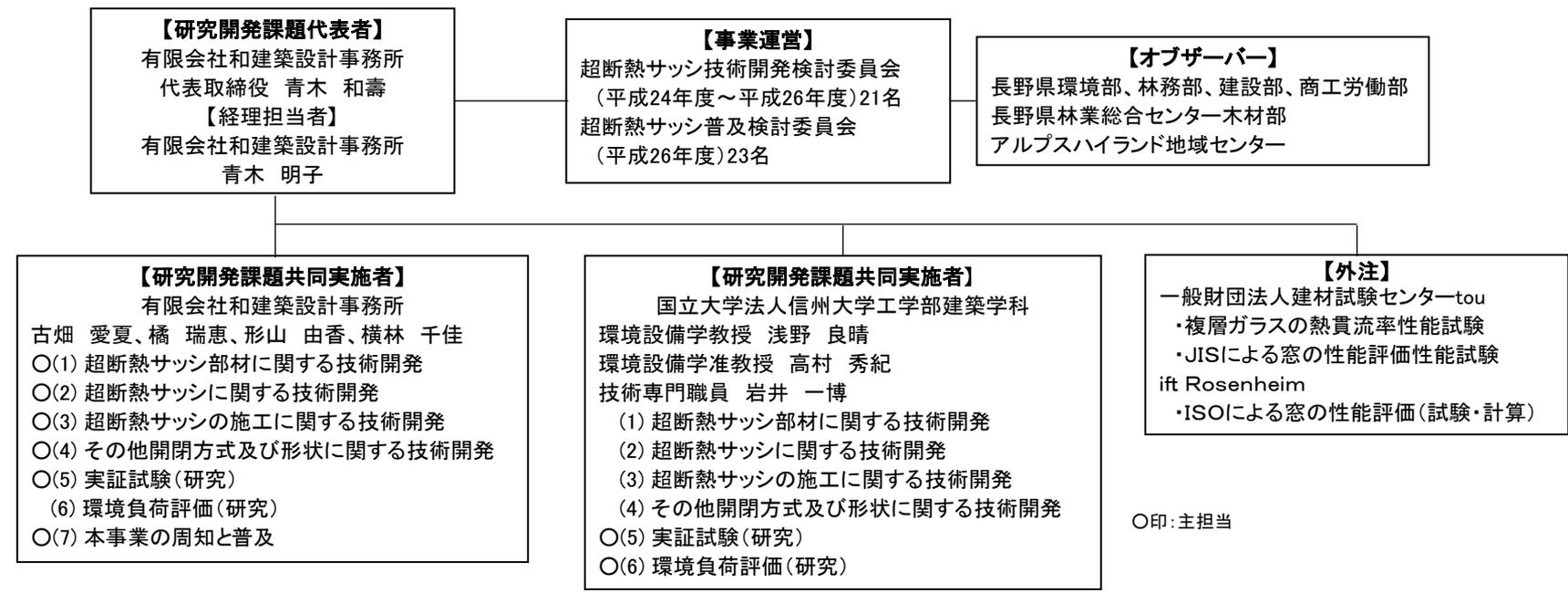


□ 本事業は有限会社和建築設計事務所と国立大学法人信州大学との共同で実施

□ 本事業の円滑な実施のため、2つの委員会を設置

- ・ 超断熱サッシ技術開発検討委員会：開発技術及び事業運営の助言
- ・ 超断熱サッシ普及検討委員会：本事業の周知や普及に資することを目的
- ・ オブザーバーとして長野県各部局参加：実証試験体提供協力

＜実施体制図＞

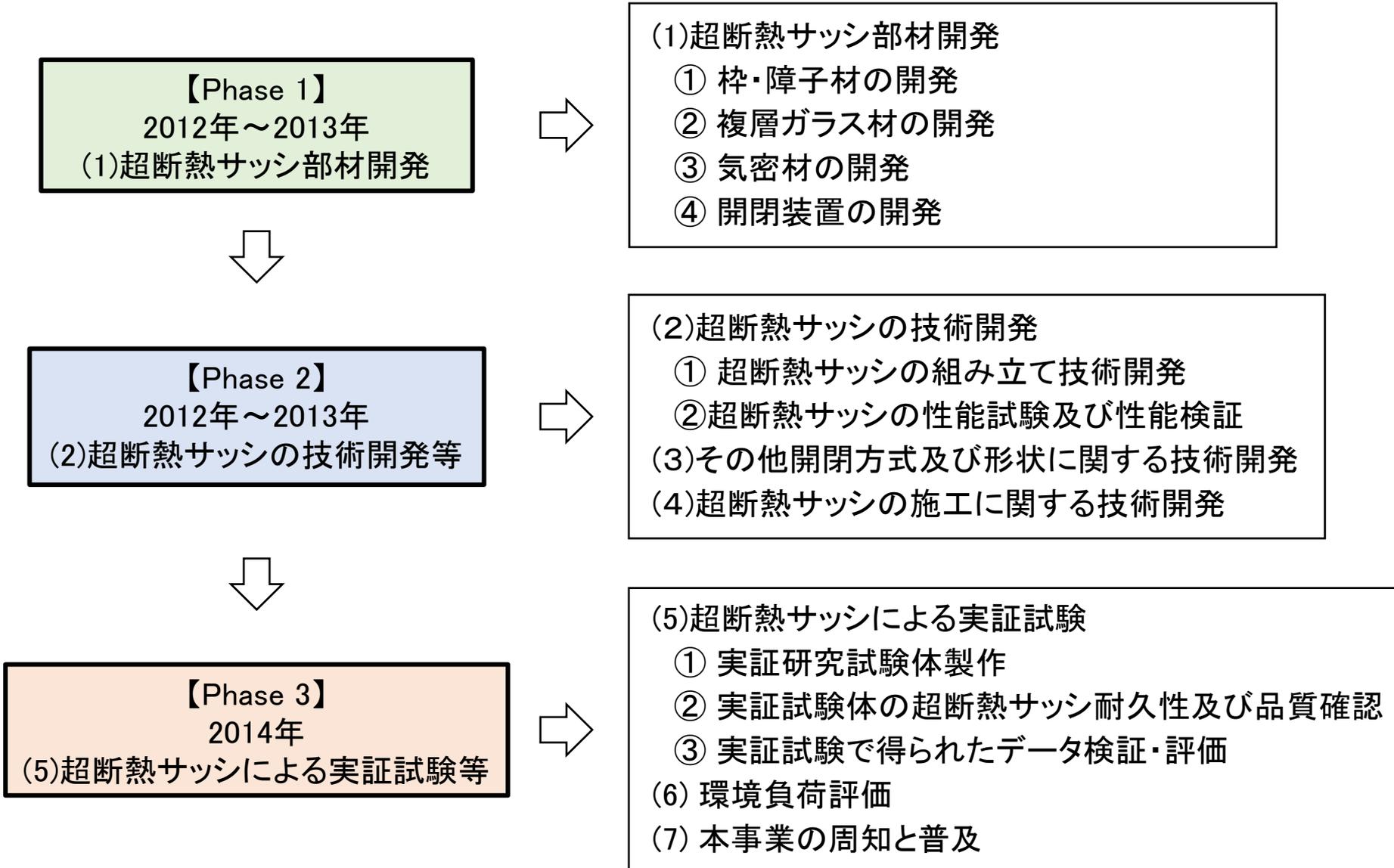


○印: 担当

事業は平成24年度から平成26年度に実施

実施項目		実施年度		
		平成24年度	平成25年度	平成26年度
(1) 超断熱サッシ部材に関する技術開発	① 枠・障子材の技術開発			
	② 複層ガラス材の技術開発			
	③ 気密材の技術開発			
	④ 開閉装置の技術開発			
	⑤ 超断熱サッシ部材の性能試験及び検証			
(2) 超断熱サッシに関する技術開発	① 超断熱サッシの組み立て技術開発			
	② 超断熱サッシの性能試験及び性能検証			
(3) その他開閉方式及び形状に関する技術開発				
(4) 超断熱サッシの施工に関する技術開発				
(5) 開発した超断熱サッシによる実証試験	① 実証研究試験体製作及びセンサー類の設置工事			
	② 実証試験で得られたデータ検証・評価			
	③ 実証試験体に設置した超断熱サッシの耐久性及び品質確認			
	④ 実証研究試験体撤去			
(6) 環境負荷評価				
(7) 本事業の周知と普及 超断熱サッシ技術開発検討委員会及び超断熱サッシ普及検討委員会の開催	① 超断熱サッシ技術開発検討委員会			
	② 超断熱サッシ普及検討委員会			
	③ 本業務の周知や普及に資することを目的とした展示会や講演会開催			

実施項目



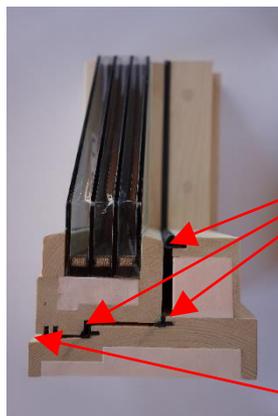
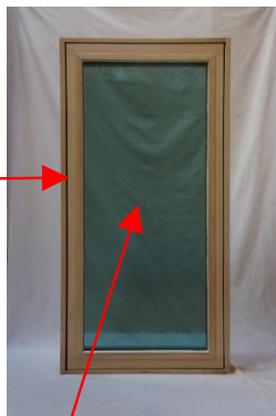
(1) 超断熱サッシ部材に関する技術開発 1

超断熱サッシ部材部材開発概要

□ 枠・障子の断熱性能目標値: $U_f = 0.5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 以下

□ 複層ガラス材の断熱性能目標値: $U_g = 0.4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 以下

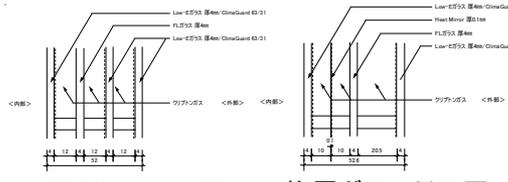
① 枠・障子材の技術開発



③ 気密材の技術開発



② 複層ガラス材の技術開発



④ 開閉装置の技術開発



(1) 超断熱サッシ部材に関する技術開発 2

① 枠・障子材の開発結果

□ 枠・障子(フレーム)の断熱性能

$U_f = 0.43 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

- <仕様>
- ① 気密材の熱伝導率 ゴム部 0.461 W/m・K
スポンジ部 0.298 W/m・K
 - ② ヒノキ材の熱伝導率: 0.0957 W/m・K (密度0.422g/cm³)
 - ③ フェノール樹脂断熱材の熱伝導率: 0.02 W/m・K
 - ④ ヒノキ材とフェノール樹脂断熱材体積比率=6:4
 - ⑤ 枠・障子の仕口強度: 7kN(必要強度: 0.8kN)

<仕様>

② 複層ガラス材の開発結果

□ 複層ガラス材の断熱性能

$U_g = 0.35 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

- <仕様>
- ① 複層ガラス構成: Low-Eガラス厚4mm+中空層12mm+Low-Eガラス厚4mm+
中空層12mm+フロートガラス厚4mm+中空層12mm+Low-Eガラス厚4mm
(中空層: クリプトンガス充てん)
 - ② 総厚: 52mm (35.35kg/m²)
 - ③ Low-Eガラス: 放射率: 0.024
 - ④ ガラススペーサーの熱伝導率: 0.25 W/m・K

<仕様>

枠・障子材開発



枠材・障子材断熱性能(Uf) 試験試験状況



気密材の熱伝導率試験 試験体



枠材材仕口引張り強度性能試験 試験状況



枠材材仕口せん断強度性能試験 試験状況



障子材仕口引張り強度性能試験 試験状況



障子材仕口せん断強度性能試験 試験状況

複層ガラス材開発



複層ガラス断熱性能 (Ug) 試験 試験状況



ガラススペーサーの 熱伝導率試験 試験体

(2) 超断熱サッシに関する技術開発 1

① 超断熱サッシの組み立て技術開発

超断熱サッシ縦断面図

＜枠材寸寸法＞

見込み法: 153mm

見付け寸法: 40mm

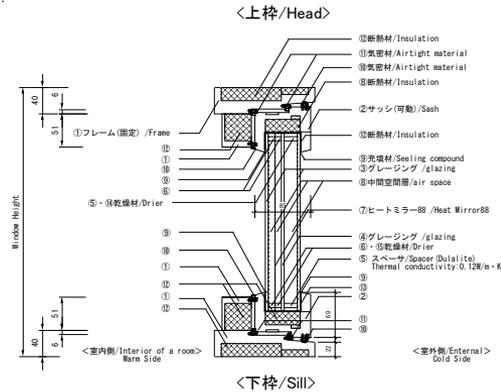
＜障子材寸寸法＞

見込み寸法: 85mm

見付け寸法: 69mm

＜窓全体質量＞

W750 × H1500: 51kg



超断熱サッシ縦断面図

＜気密材＞

エチレン・プロピレンゴム

熱伝導率: 0.09W/m

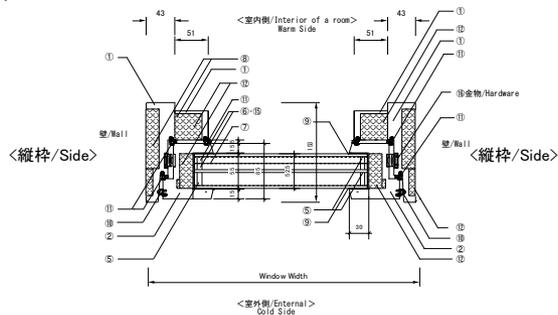
＜気密材設置箇所＞

障子: 1箇所

枠: 3箇所

＜開閉装置＞

隠ぺい型



○ 複層ガラス及び障子による線熱貫流率

$$\Psi_g = 0.015 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

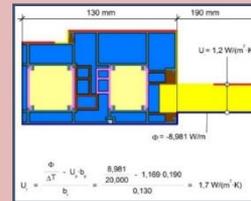
② 超断熱サッシの性能試験及び性能検証

【計算 / Calculation】

EN ISO 10077-1 EN ISO 10077-2
JIS A2102-1 JIS A2102-2

$$U_w = \frac{\sum(U_{f,i} \cdot A_{f,i}) + \sum(U_{g,i} \cdot A_{g,i}) + \sum(\Psi_{g,i} \cdot l_{g,i})}{\sum A_{f,i} + \sum A_{g,i}}$$

+



＜使用計算ソフト＞

Win ISO 2D Professional Version7. 94
TB2D/BEM Version3

【測定 / Measurement】

EN ISO 12567-1 EN ISO 12567-2
JIS A4710



＜試験場＞

ISO試験: ift Rosenheim/ドイツ
JIS試験: 一般財団法人建材試験センター

＜超断熱サッシの断熱性能評価結果＞

ISO: $U_w = 0.47 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
JIS: $U_w = 0.48 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

ISO: $U_w = 0.47 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
JIS: $U_w = 0.53 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

$U_w = 0.5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ 以下を確認

(2) 超断熱サッシに関する技術開発 2

② 超断熱サッシの性能試験及び性能検証

□ 開発した超断熱サッシの窓性能試験の実施

実施性能試験：気密、水密、耐風圧、遮音、開閉繰り返し、面内変形追従、遮炎

□ 試験値は窓の実用が可能な性能値であった。

□ 耐久性能については実証検証で実施した。

超断熱サッシの窓性能試験状況



気密性能試験



水密性能試験



耐風圧性能試験



遮音性能試験



開閉繰り返し試験



遮炎性能試験



面内変形追従性試験

超断熱サッシの窓性能

窓の性能	性能値	
気密性能	通気面積	最小0.81㎡
水密性能	圧力差	最大500Pa
耐風圧性能	圧力差・相対変位	最大2700Pa・8.7mm
断熱性能		0.47W/㎡・K
遮音性能	平均音響透過損失	最大34dB
開閉繰り返し試験	開閉回数	1万回
面内変形追従性能		最大12.7rad
防火性能	外部加熱耐火時間	加熱時間20分※
	内部加熱耐火時間	加熱時間25分

※試験開始12分後複層ガラス湾曲部から炎貫通あり

10. 技術開発内容

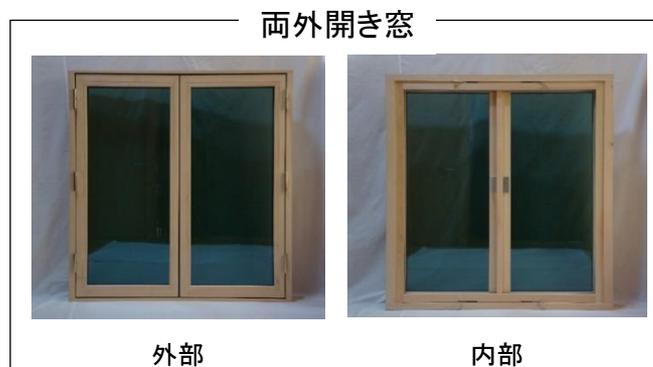
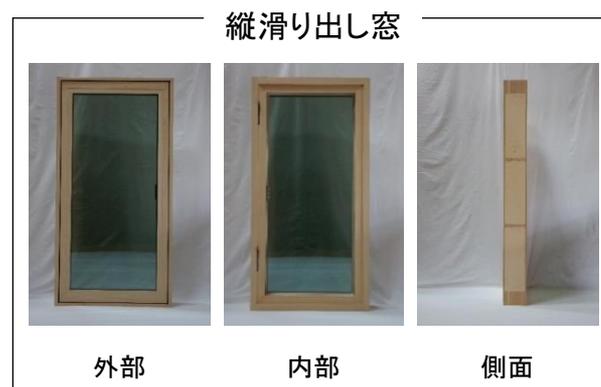
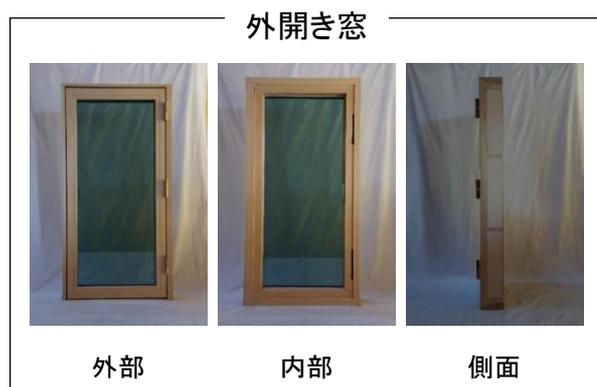
(3) その他開閉方式及び形状に関する技術開発

① その他開閉方式

縦滑り出し窓、横滑り出し窓、嵌め殺し窓、片外開き窓、両外開き窓を開発

② その他形状

矩形以外に、三角形窓、多角形窓、丸窓を開発

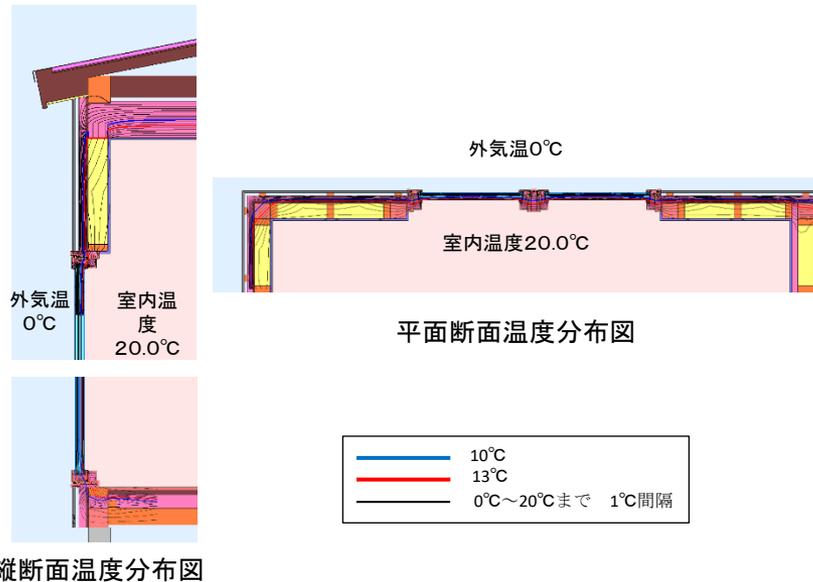


(4) 超断熱サッシの施工に関する技術開発 1

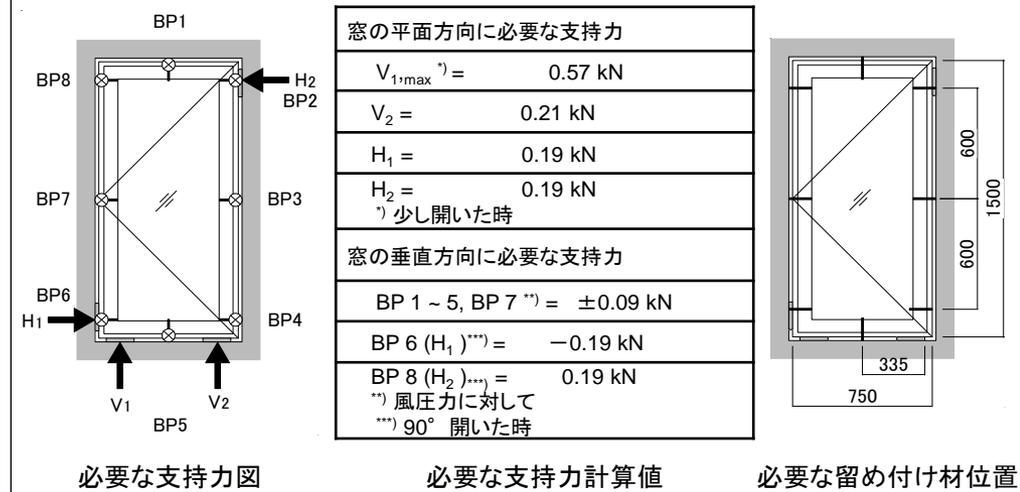
① 超断熱サッシの取付位置の検討

- 実証試験の試験体における超断熱サッシの取付け位置をEN ISO 10077-1 EN ISO 10077-2にて、等温度線を作成し、超断熱サッシの外部側への出入り位置の設定
- 超断熱サッシの留め付け材の強度設計を行い、必要留付け材強度設定

超断熱サッシの取付位置



超断熱サッシの取付方法



12. 技術開発内容

(4) 超断熱サッシの施工に関する技術開発 2

② 超断熱サッシの取付施工方法

□ 超断熱サッシの取付施工方法を実証試験前に施工要領書を作成

□ 実証試験体製作において施工要領書に沿って超断熱サッシの取付を実施

超断熱サッシ取付施工手順

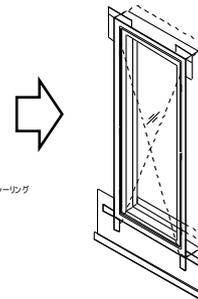
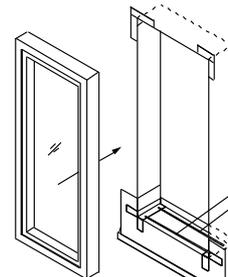
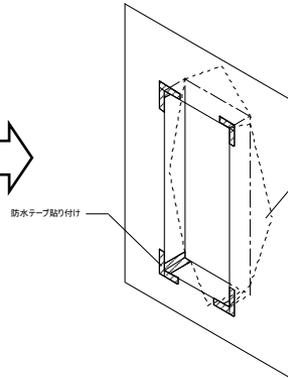
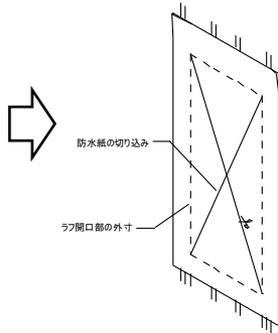
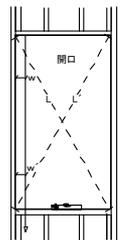
超断熱サッシ
寸法の算出

外部防風防水紙
切り込み

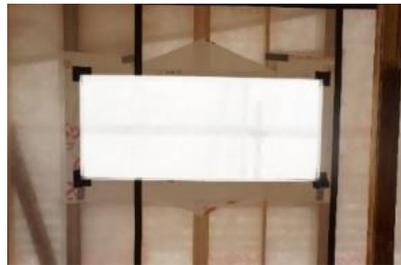
開口部廻りの防水処理
気密処理

超断熱サッシ据付

超断熱サッシ
周囲
防水気密処理



実証試験体躯体状況

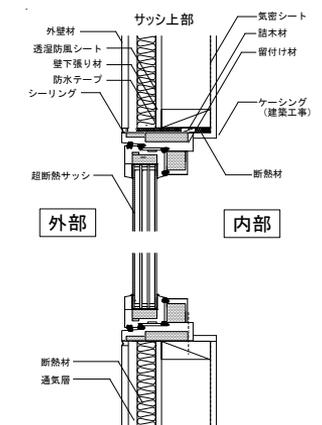


実証試験体躯体防水気密処理状況

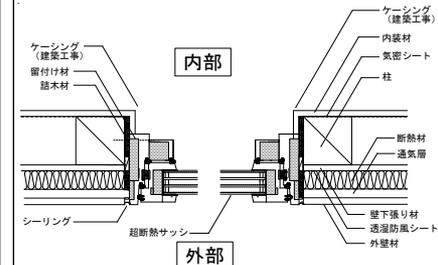


実証試験体躯体超断熱サッシ据付状況

超断熱サッシ取付け図



超断熱サッシ据付縦断面



超断熱サッシ据付水平断面

25年度における超断熱サッシの生産コストを、超断熱サッシの開発過程の部材コスト及び超断熱サッシ組立時間等を分析した。

<結果>

□ 金物を流通部材とし、生産性(月産100窓)を上げることで、約9万円/m²弱の生産コスト削減が可能であった。

□ 目標値である超断熱サッシ生産コスト10万円/m²を下回る結果となった。

<生産コスト表>

部材	材質	性能	寸法	生産コスト(1㎡)		部材	材質	性能	寸法	生産コスト(1㎡)	
				25年度	平成26年度					25年度	平成26年度
枠障子	枠材(固定)	木(ヒノキ)	熱伝導率:0.0957W/m・K 密度:422kg/m ³	見込み153mm 見付け寸法40mm	¥11,430	¥11,430	気密材	EPDM(85°黒)	熱伝導率:0.461W/m・K 密度0.00126kg/m ³	¥3,946	¥3,946
	障子材(可動)	木(ヒノキ)	熱伝導率:0.0957W/m・K 密度:422kg/m ³	見込み85mm 見付け寸法69mm				¥1,405	¥1,405		
	加工費				¥40,000	¥26,667	断熱材	A種フェノールフォーム保温板 1種2号	密度27kg/m ³ 熱伝導率:0.02W/m・K	¥998	¥998
複層ガラス	ガラス	低放射ガラス(Low-E)3枚	放射率:0.024	厚み:4mm	¥14,702	¥14,702	金物	ヒンジ:ステンレス		重さ:1520g	¥25,000
	ガラス	フロートガラス	可視透過率:90 日射透過率:84	厚み:4mm				既製品		¥3,300	
	スペーサ	ポリプロピレン	密度1.35g/cm ³ 熱伝導率:0.12W/m・K	巾:12mm 高さ:7mm				ロックシステム:ステンレス	重さ:482g	¥63,000	
	中間空間層	クリプトンガス	充填率 95%					既製品		¥11,550	
	乾燥材	アルミノケイ酸ナトリウム・アルミノケイ酸カリウム						開閉装置留付ビス	L=18.6 φ4 市販品	4個	¥1
				開閉装置・ロックシステム留付ビス	L=24.6 φ4 市販品	14個	¥4	¥4			
					縁枠留付ビス	L=56.5 φ2.68 市販品	16本	¥11	¥11		
合計										¥160,497	¥74,014

<実証試験体概要>

- 開発した超断熱サッシの実証試験を既存建物を改修(実証試験体)し、2年間実施
- 実証試験体は、1970年(築43年)に建設された長野県工業技術総合センター環境・情報技術部門(松本市)の宿舎3棟とした。



試験体外部(断熱改修前)



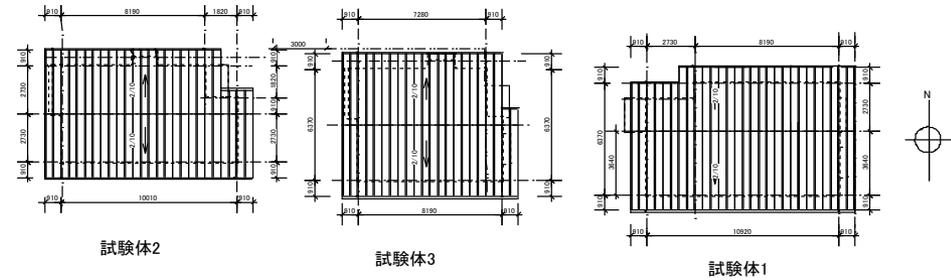
試験体内部(断熱改修前)



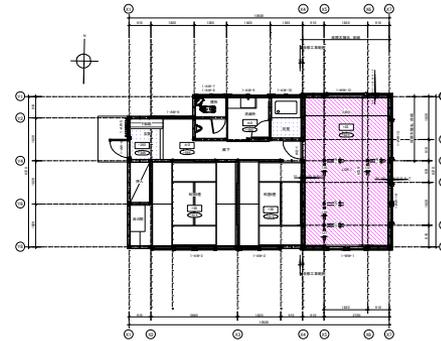
試験体外部(改修後)



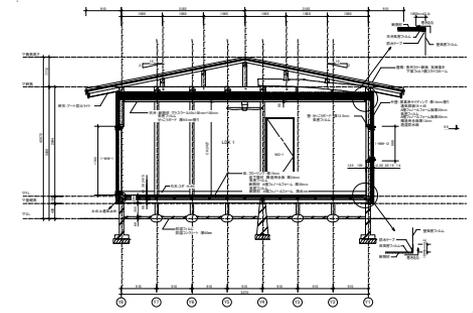
試験体外部(改修後)



試験体配置図



試験体平面図改修部分: 赤色部分



試験体矩計図(改修後)

(5) 開発した超断熱サッシによる実証試験 2

① 実証研究試験体製作及びセンサー類の設置工事

□ 外被平均熱貫流率 $0.39\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ とする断熱改修した。

□ 実証試験体の製作では、気密工事完了時と内装仕上げ完了時に気密試験を実施し漏気箇所がないことを確認した。

<改修後の試験体概要>

試験体番号	構造	階数	延べ床面積 (m^2)	改修面積 (m^2)	外被面積 (m^2)	開口部面積 (m^2)	開口部比率 (%)	外被平均 熱貫流率 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$
試験体1	木造	1	65.61	22.2	100.1	7.13	6.74	0.38
試験体2	木造	1	51.57	18.1	88.6	5.05	5.08	0.39
試験体3	木造	1	49.95	22.1	102.2	5.05	4.4	0.39

<改修後の試験体製作>



実証試験体製作
2013年9月



気密工事完了
2013年10月



気密工事完了時/気密試験
2013年10月



工事完了(内部)
2013年11月



気密試験試/験体完成後
2013年11月



実証試験
2013年11月から2014年12月

(5) 開発した超断熱サッシによる実証試験 3

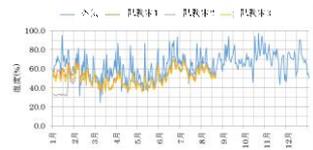
② 実証試験

- 実証試験では試験地での日射量、外気温、室温・湿度を通年計測
- 2冬季(平成24年・25年)、室温20°Cを維持する暖房負荷試験実施
- 室内換気0.5回/時による室温20°Cを維持する暖房負荷試験実施

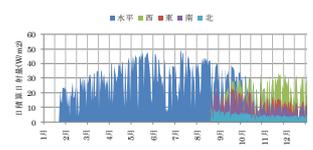
観測データ



日平均年間気温

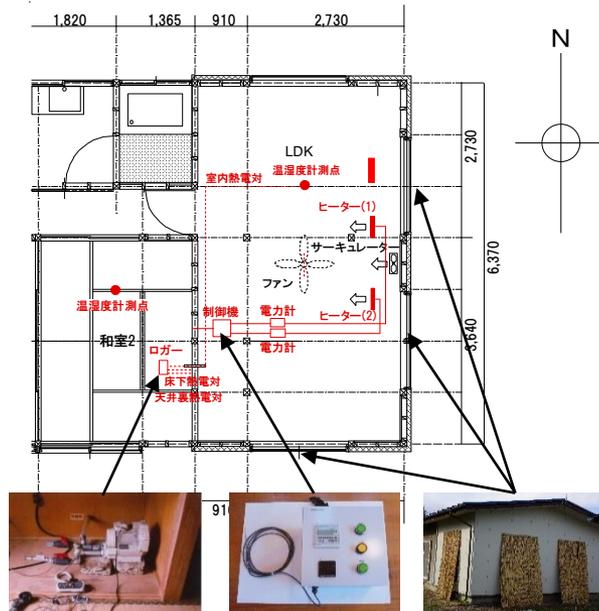


日平均年間湿度



日積算年間日射量

観測機器配置図/試験体1



換気装置



室温制御装置

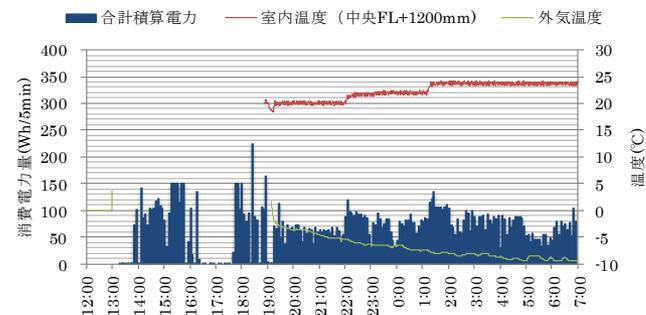


日射取遮断

試験計測結果/試験体1

時間	消費電力量(Wh)	暖房室内温度(°C)	外気温度(°C)	隣室温度(°C)	室内外温度差(°C)
20:31-21:30	730.9	20.0	-4.5	8.7	24.5
23:01-24:00	818.1	22.0	-6.5	8.6	28.5
3:01-4:00	944.0	23.7	-8.3	5.9	32.1

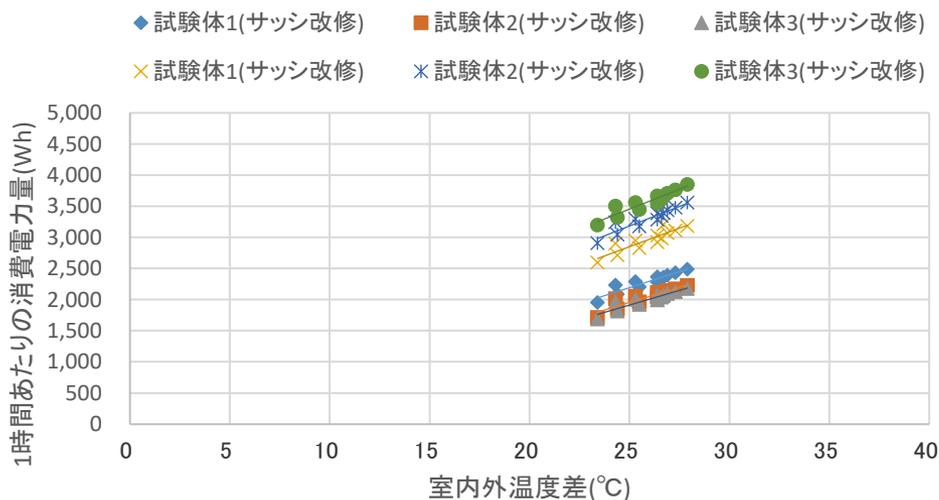
試験体1暖房試験結果(2014年1月6日)



試験体室内外温度差および消費電力量(2014年1月6日)

② 実証試験で得られたデータ検証・評価

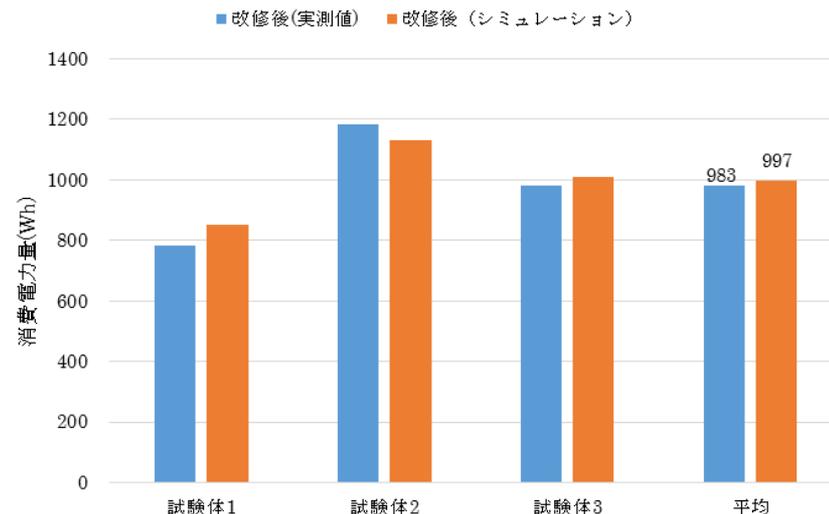
□ 改修後の実測値と、改修後のシミュレーション結果の誤差は5%以内であった。



暖房室温度安定時における室内外温度差及び消費電力量

	暖房負荷最大値	暖房負荷最小値
試験体 1	944.0Wh(室内外温度差32.1°C)	795.8Wh(室内外温度差24.3°C)
試験体 2	1,511.0Wh(室内外温度差30.1°C)	644.0Wh(室内外温度差14.3°C)
試験体 3	1,135.0Wh(室内外温度差24.3°C)	761.0Wh(室内外温度差14.2°C)

暖房室温度安定時における室内外温度差及び消費電力量の最大と最小



室内外温度差25°C時における暖房負荷シミュレーションと実測比較

(5) 開発した超断熱サッシによる実証試験 5

③ 実証試験体に設置した超断熱サッシの耐久性及び品質確認

- 実証試験体に1年間設置した超断熱サッシ品質検査を実施
- 各実証試験体から1窓を採取し、窓の性能試験を実施
- 窓性能試験結果では、断熱性能・水密性能・耐風圧性能・遮音性能に変化は無かった。

<品質確認>

<超断熱サッシ採取>

<試験結果>



試験体	2012年実施	試験体1	試験体2	試験体3
窓の大きさ(Hmm×Wmm)	1460×750	708×1509	708×1509	693×1512
面積(m ²)	1.095	1.068	1.068	1.047
気密性能(通気面積)	0.81m ³ /h・m ²	2.1m ³ /h・m ²	7.8m ³ /h・m ²	0.81m ³ /h・m ²
水密性能(最大圧力差)	500Pa	500Pa	500Pa	500Pa
耐風圧性能(最大圧力差) 相対変位	2700Pa 8.7mm	3600Pa 9.7mm	2700Pa 7.1mm	3000Pa 8.5mm
断熱性能	0.532 W/m ² ・K	0.551 W/m ² ・K	0.549 W/m ² ・K	0.558 W/m ² ・K
遮音性能 (平均音響透過損失)	34dB	-	31dB	34dB





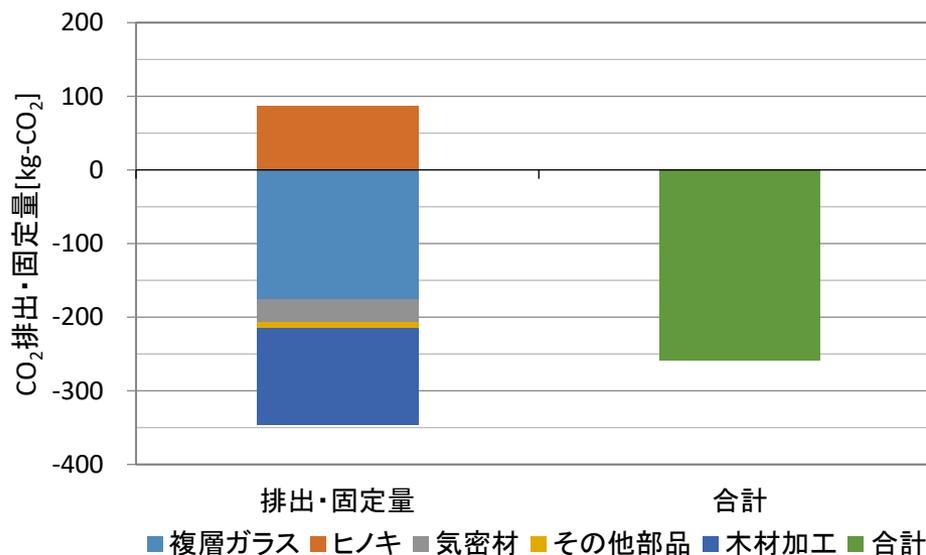


気密性能試験
水密性能試験
耐風圧性能試験
断熱性能試験
遮音性能試験

超断熱サッシの生産及び廃棄・運用時のLCAを、生産時実測と実証試験結果ら算出

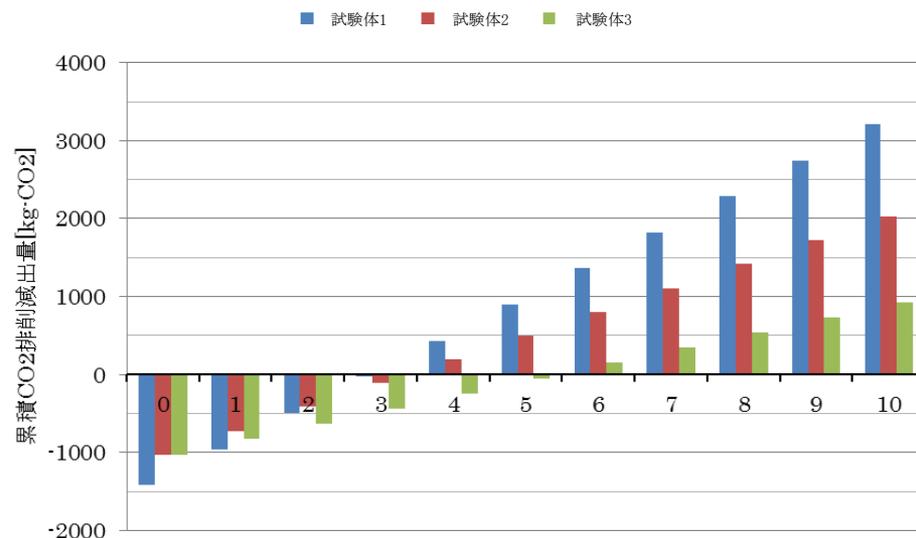
<結果>

- 超断熱サッシ1体(約1m²)あたりのCO₂排出量は258kg-CO₂/m²だった。
- 排出・固定量のうち複層ガラス製造の排出量が51%、サッシ組立時の排出量が38%を占めた。
- CO₂累積排出削減量がサッシ製造時のCO₂排出量を上回までに4年以上必要



超断熱サッシ1体製造時のCO₂排出量

(共同研究者国立大学法人信州大学による計算)



累積CO₂排出削減量

(共同研究者国立大学法人信州大学による計算)

平成26年度に超断熱サッシ普及検討委員会を設置し、本業務の周知や普及に資することを目的とした下記の事項を実施した。

- 実証試験体の公開
- 超断熱サッシシンポジウムの開催
- インターネットによる国民アンケート調査



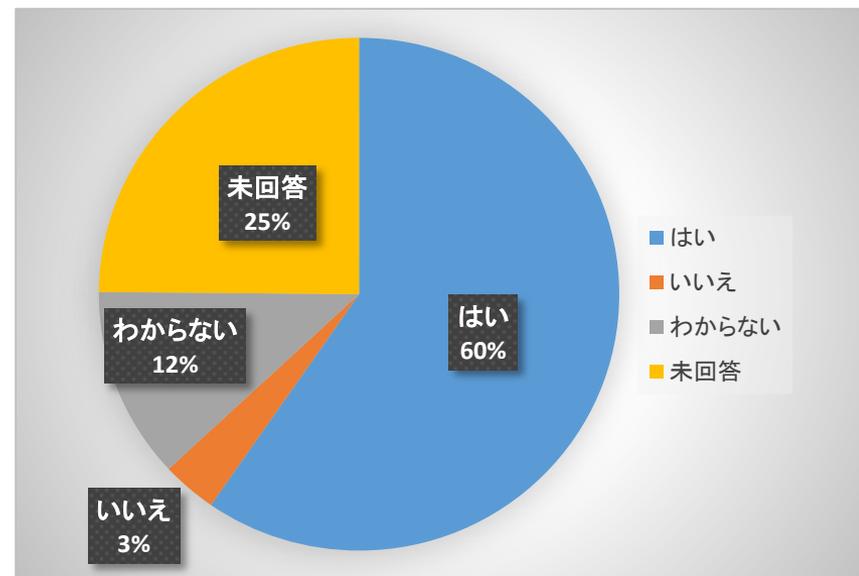
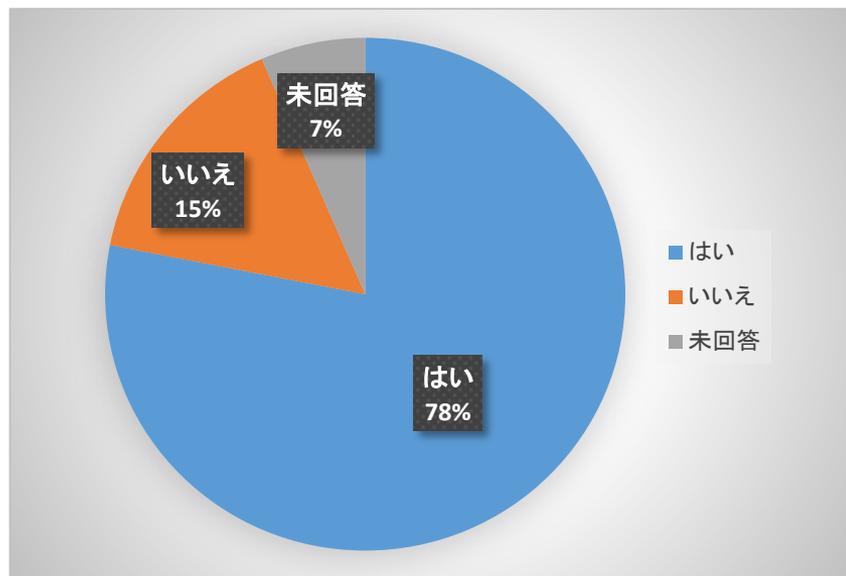
実証試験体公開
実施回数: 3回



シンポジウム開催
実施回数: 2回

<インターネットアンケート結果>

■ 窓の断熱性が住宅全体の断熱性に大きく影響するを知っていたか ■ 新築やリフォーム時に超断熱サッシを使った住宅を検討するか



- ✓ 技術開発目標値 U_w (窓の熱貫流率) $=0.5\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ 以下を下回る $U_w=0.47\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ の技術開発に成功した。
- ✓ 超断熱サッシの環境負荷評価の結果、製造時における超断熱サッシの CO_2 排出量は $258\text{kg}-\text{CO}_2/\text{m}^2$ 、運用時も合わせた CO_2 累積排出削減量が4年以上で上回ることを確認した。
- ✓ 本事業との周知と普及を行い、国民の多くが超断熱サッシの普及を望んでいることが分かった。
- ✓ 本事業の成果から、本事業で開発した技術が住宅・建築物の省エネルギーに寄与し、地球温暖化対策に貢献することが明らかとなった。

○シナリオ実現上の課題

- 超断熱サッシの製品確立(遮炎性能製品、大型片引き窓製品等)
- 超断熱サッシ技術の啓発
- 地域木材を活用した超断熱サッシによる地域イノベーションによる社会実装実現

○今後の展開

- 本事業成果である技術シーズの実用化取組みを実施

