

「太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発プロジェクト」
(事後)分科会
資料7

「太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発」

事業原簿【公開】

担当部	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 省エネルギー部
-----	--------------------------------------

—目次—

概要

プロジェクト用語集

I. 事業の位置付け・必要性について

1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性.....6
 - 1.1 NEDOが関与することの意義.....6
 - 1.2 実施の効果(費用対効果).....6
2. 事業の背景・目的・位置づけ.....6

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標.....7
2. 事業の計画内容.....7
 - 2.1 研究開発の内容.....7
 - 2.2 研究開発の実施体制.....12
 - 2.3 研究の運営管理.....15
 - 2.4 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性.....17
3. 情勢変化への対応.....17
4. 中間評価結果への対応.....18
5. 評価に関する事項.....24

III. 研究開発成果について

1. 事業全体の成果.....25
2. 研究開発項目毎の成果.....28

IV. 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し

(実用化の見通しについて)

1. 実用化・事業化の見通しについて.....30
2. 実用化・事業化の取り組みについて.....32

V. 研究開発項目毎の成果(詳細).....34

(添付資料)

1. 事前評価関連資料
 - ・新規研究開発事業「太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発」に関する事前評価報告書
 - ・事前評価書、パブリックコメント
2. プロジェクト基本計画
3. 住宅産業・窯業関連分野の政策課題解決に向けた技術開発動向調査

4. 省エネルギー技術戦略2011(抜粋)
省エネルギー技術戦略2016(抜粋)

概要

最終更新日 平成28年11月10日

プログラム（又は 施策）名	エネルギーイノベーションプログラム		
プロジェクト名	太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発	プロジェクト番号	P11005
担当推進部/担当者	省エネルギー部 担当者氏名 田村 順一（H26年4月～H28年11月現在） 省エネルギー部 担当者氏名 松浦 尚（H27年10月～H28年3月） 省エネルギー部 担当者氏名 中江 浩史（H23年4月～H27年7月） 省エネルギー部 担当者氏名 石原 寿和（H24年9月～H25年3月） 省エネルギー部 担当者氏名 鈴木 信也（H23年9月～H24年9月） 省エネルギー部 担当者氏名 中濱 良美（H22年9月～H24年4月） エネルギー対策推進部 担当者氏名 田口 俊明（H23年4月～H23年8月） エネルギー対策推進部 担当者氏名 本多 一賀（H22年9月～H23年3月）		
0. 事業の概要	(1) 概要：本事業では、我が国における住宅の省エネルギーを推進するため、そのエネルギー消費の約1/2を占める空調・給湯に着目し、そのエネルギー消費の削減を目指す。具体的には、日本の住宅に適した断熱材、蓄熱建材等の開発を行うと共に、空調や給湯に「太陽熱エネルギー」を効果的に利用するための戸建住宅用太陽熱活用システムを開発する。 (2) 事業規模：総事業費（国費分）11億円予定（助成率2/3以内） (3) 事業期間：平成23年度～28年度（6年間）		
I. 事業の位置付け・必要性について	(1) 事業の位置付け・必要性 家庭部門でのCO2排出量は、日本の温室効果ガス総排出量の約14%を占める（2008年度）。1990年比で産業部門の温室効果ガス排出量が約13%減少した一方、家庭部門は約34%増加（2008年度）しており、2020年に温室効果ガスを1990年比で25%削減するという中期目標を達成するためには、家庭部門における温室効果ガス排出削減、すなわち省エネルギー（家庭部門の温室効果ガス排出は全てエネルギー起源であるため。）のより一層の強化が必要である。また、省エネ住宅・ビルは「Cool Earth-エネルギー革新技术計画」の中でも重要技術と位置づけられ、また、新成長戦略（2010年6月閣議決定）等の種々の政策の中でその重要性・必要性について言及されている。こうした状況下、家庭部門で活用できる主な自然エネルギーの中で太陽光発電、高効率ヒートポンプ等については、官民共同による技術開発や政府による導入支援策等により、導入量が拡大している。他方、太陽熱利用については、技術開発、導入ともに十分に進んでいるとは言えない状況にある。このため、住宅の更なる省エネルギーに繋がる断熱材、蓄熱材、システム等の太陽熱利用技術に関する研究も推進していく必要がある。また、本事業の開発対象である先進的な部材、システムについては、民間企業の自発的な取組のみでは研究開発の進展が十分に見込まれず、民生分野の抜本的な省エネルギーが進まない恐れがある。よって、当該研究開発を効率的に進めるためには、NEDOが積極的に関与し、企業や専門家と有機的に連携しながら研究開発を進めることが有効である。		

--	--	--

II. 研究開発マネジメントについて

事業の目標	<p>【最終目標（平成28年度末）】 研究開発項目④の実施により、以下の目標を達成すると共に、実証研究で取得したデータを、住宅の省エネルギー基準への反映に活かし、住宅の一次エネルギー消費量計算プログラムを完成させるよう、データの提供と平成28年度末に太陽熱活用システムの評価法を構築する。実住宅において、開発した高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材、戸建住宅用太陽熱活用システムを実装し、条件を明確にした上で空調・給湯エネルギーが一次エネルギー換算で半減される可能性があることを実証する。</p> <p>【中間目標（平成25年12月末）】</p> <p>①高性能断熱材の開発 現行普及品最高性能に対して熱伝導率が概ね1/2（平均熱伝導率$\leq 0.01W/m \cdot K$）かつ量産時の製造価格が現行品と同等程度（単位厚みあたり）であり、かつ長期の耐久性（30年相当）のある製品の商品化に目処をつける。</p> <p>②高機能パッシブ蓄熱建材の開発 蓄熱性能を有した状態を長期（30年相当）維持可能な蓄熱建材の製造技術を確立（厚さ$\leq 15mm$）し、モデル環境等において暖房等の空調エネルギーを20%程度削減する。</p> <p>③戸建住宅用太陽熱活用システムの開発 住宅の現行省エネ基準（平成11年度基準）に適合した40坪程度の住宅において、空調・給湯エネルギーを一次エネルギー換算で半減させる太陽熱活用システムを開発する。</p> <p>④平成27年度末に、実住宅において、空調給湯エネルギーが一次エネルギー換算で半減される可能性があることを実証する。</p> <p>⑤研究開発項目④で実施した実住宅のデータを活用し、住宅の一次エネルギー消費量計算プログラムを完成させるよう、データの提供及び平成28年度末に太陽熱活用システムの評価法の構築を行なう。</p>
-------	---

事業の計画内容	主な実施事項	H23fy	H24fy	H25fy	H26fy	H27fy	H28fy	総額
	①高性能断熱材の開発	実施	実施	実施				
	②高機能パッシブ蓄熱建材の開発	実施	実施	実施				
	③戸建住宅用太陽熱活用システムの開発	実施	実施	実施				
	④太陽熱活用システムの実住宅での評価				実施	実施		
	⑤太陽熱活用システムの評価法の構築						実施	

開発予算 （会計・勘定別に事業費の実績額を記載） （単位：百万円）	会計・勘定	H23fy	H24fy	H25fy	H26fy	H27fy	H28fy	総額
	一般会計							
	特別会計（需給）	108	492	168	164	220	16	1171
	加速予算（成果普及費を含む）							
	総予算額	108	492	168	164	220	16	1171
契約種類： ○をつける （委託（ ）助成（○）共同研究（負担率（ ））	（委託）							
	（助成）							
	：助成率2/3（共同研究） ：負担率△/□							

開発体制	経産省担当原課		製造産業局住宅産業窯業建材課 製造産業局 生活製品課 住宅産業室（H28年6月～）
------	---------	--	--

	プロジェクトリーダー			なし
	助成先			<p>①高性能断熱材の開発 旭有機材工業(株) （株）LIXIL 住設・建材カンパニー （平成24年度～平成25年度）</p> <p>②高機能パッシブ蓄熱建材の開発 大建工業(株) 三木理研工業(株)</p> <p>③戸建住宅用太陽熱活用システムの開発 OMソーラー(株) （株）システック環境研究所 丸七ホーム(株) （株）GF技研（平成23年度～平成24年度） （株）ミサワホーム総合研究所 （株）LIXIL 電器設備カンパニー （株）アースクリーン東北 三井ホーム(株)（平成23年度～平成24年度） 特記のないものは平成23年度～平成25年度実施</p> <p>④太陽熱活用システムの実住宅での評価 OMソーラー(株) 小松建設(株) サイト工業(株) OM建築工房(株) 山佐産業(株) （株）アイムホーム （株）FHアライアンス （株）カワムラ （株）大洋建設 花住ホーム(株) 丸七ホーム(株) 松栄建設(株) アイ・ホーム(株)</p> <p>太陽熱活用システムの実住宅での評価（改築） OMソーラー(株) （株）小林建設 （株）鈴木工務店 （株）木の家専門店谷口工務店 （株）コアー建築工房 （株）安成工務店 （株）FHアライアンス （株）カワムラ</p> <p>⑤太陽熱活用システムの評価法の構築（委託先） 佐藤エネルギーリサーチ(株)</p>
情勢変化への対応		新たな課題への対応：実証住宅で取得されたデータを活用し、太陽熱活用システムの省エネルギー効果を算定する評価式の検討を行い、住宅の省エネ基準へ反映させるように活動を推進した。そのため、基本計画において研究開発項目⑤の追加、最終目標の変更、H28年度実施方針の変更を行なった。		
中間評価結果への対応		中間評価では、夏場の空調冷房等の利用、気候区分の考慮、実施体制等に改善すべき指摘点をいただいた。その対応としては、いずれも基本計画、実施方針、公募要領へ反映した。		
評価に関する事項	事前評価		平成22年度実施	METI 担当課 製造産業局住宅産業窯業建材課 NEDO 担当部 エネルギー対策推進部

	中間評価		平成25年度 中間評価実施
	事後評価		平成28年度 事後評価実施予定
Ⅲ. 研究開発成果について		本事業により、平成27年度末に、実住宅において、開発した高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材、戸建住宅用太陽熱活用システムを実装し、条件を明確にした上で空調・給湯エネルギーが一次エネルギー換算で半減される可能性がある。また、本研究開発成果が実用化され、太陽熱エネルギー活用型住宅の普及が拡大されると、2030年におけるCO2削減効果は約26.5万トン/年となる。また、市場創成効果は累積で約170億円/年規模が期待される。	
	投稿論文		「査読付き」8件、「その他」0件
	特許		「出願済」1件、「登録」0件、「実施」0件（うち国際出願0件）
	その他の外部発表（プレス発表等）		1件
Ⅳ. 実用化・事業化の見通しについて		これまでも、断熱材や蓄熱材の開発は行われており、高い性能を実現した技術もあるが、建築現場での施工性や価格、寿命等の課題があり、一部の普及に留まっている。本研究開発は、こうした課題を解決することを目指した高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材、戸建住宅用太陽熱活用システムの開発であり、その実用化は研究開発終了後できるだけ速やかに行なわれ、太陽熱活用システムの実住宅での評価と連動して事業化が促進される見込みである。	
Ⅴ. 基本計画に関する事項	作成時期		平成23年8月 作成
	変更履歴		平成27年11月 最終目標を変更

プロジェクト用語集

・高機能パッシブ蓄熱建材

蓄熱性能を有した状態を長期(30年相当)維持可能な蓄熱建材(厚さ $\leq 15\text{mm}$)であり、モデル環境等において暖房等の空調エネルギーを20%程度削減できる製品

・高性能断熱材

現行普及品最高性能に対して熱伝導率が概ね $1/2$ (平均熱伝導率 $\leq 0.01\text{W/m}\cdot\text{K}$)かつ量産時の製造価格が現行品と同等程度(単位厚みあたり)であり、かつ長期の耐久性(30年相当)のある製品

・太陽熱エネルギー活用型住宅

既存住宅・新築住宅を問わず太陽熱エネルギーの有効活用に寄与することのできる材料と戸建住宅用太陽熱活用システムを装備した住宅

I. 事業の位置付け・必要性について

1. NEDO の関与の必要性・制度への適合性

1.1 NEDO が関与することの意義

本事業は、近年、エネルギー消費の増加傾向が続いている家庭部門において、我が国で活用が進んでいない太陽熱エネルギー等を利用し省エネ及び CO2 排出削減を達成することを目的とした技術開発であり、省エネ及び地球温暖化対策という国家的要請に的確に対応するものである。また、住宅は一般的な工業製品と比較し長期の使用が見込まれることから、性能の長期耐久性等を技術開発目標に据える等、民間事業者のみで負うにはリスクの高い技術開発事業となっており、民間企業の自発的な取り組みだけでは十分に研究開発が進展しないおそれがある。よって、国が積極的に関与することが重要である。

1.2 実施の効果(費用対効果)

家庭部門における省エネ及び CO2 排出削減が可能となるだけでなく室温平準化による電力のピークカット効果等も期待できることや、システム化した製品としてだけではなく部材(断熱材等)毎での製品化も可能であることから汎用性もあり、投入コスト以上の効果が期待できると判断する。また、本事業は、NEDO がプロジェクト管理を行うことにより、事業の効率性の最大化を図ることが可能なスキームとなっている。

2. 事業の背景・目的・位置づけ

家庭部門での CO2 排出量は、日本の温室効果ガス総排出量の約 14%を占め、1990 年比で産業部門の CO2 排出量が約 13%減少した一方、家庭部門の CO2 排出量は約 34%増加している状況(2008 年度)。このため、2020 年に温室効果ガスを 1990 年比で 25%削減するという中期目標を達成するためには、家庭部門における CO2 排出削減のより一層の強化が必要。これまでの家庭部門の省エネ化に向けた研究開発としては、機器・設備の省エネ化が中心として取り組まれており、ここ最近では、家庭部門で活用できる主な再生可能エネルギーのうち「太陽光発電」について、官民共同による研究開発が活発化している。また、政府による導入支援策等により、導入量も拡大している。他方、「太陽熱利用機器」については、「太陽光発電」同様、導入の拡大が進んでいるドイツとは対照的に、我が国の導入量は横ばいあるいは減少傾向となっている。世界全体で見ても「太陽熱利用機器」の導入量が増加傾向にある中、新成長戦略に掲げる「環境・エネルギー大国」を目指す我が国がその流れに取り残されている状況。このため、我が国の家庭部門の省エネ化に向け太陽熱エネルギーを活用することは非常に有効な手段の一つとなるが、太陽熱エネルギーは場所的・時間的に偏在することから、現状有効活用が図られていない。よって、本事業では熱エネルギーのコントロール(住宅内に効率的に取り込み、蓄熱し、暖房等に有効活用)を可能とする部材等及びこれらを効果的に用いた住宅の研究開発を行うことで、我が国の住宅における太陽熱利用への訴求力を高め、導入を促進することで、家庭部門における CO2 排出削減を図る。

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

(i) 目標

これまで、断熱材や蓄熱建材の開発は行われており、高い性能を実現した技術もあるが、建築現場での施工性や価格、寿命や品質保証等の課題があり、一部の普及にとどまっている。本研究開発では、こうした課題を解決することで、既存住宅・新築住宅を問わず太陽熱エネルギーの有効活用に寄与することのできる材料と住宅システムとして統合するための技術を開発することを目標とする。

【最終目標】

研究開発項目④の実施により、以下の目標を達成すると共に、実証研究で取得したデータを住宅の省エネルギー基準への反映に活かし、住宅の一次エネルギー消費量計算プログラムを完成させるよう、データの提供及び平成28年度末に太陽熱活用システムの評価法の構築を行う。

平成27年度末に、全国の気候区分に合わせた実証住宅において、高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材及び戸建住宅用太陽熱活用システムを実装し、条件を明確にした上で空調・給湯エネルギーが一次エネルギー換算で半減できる可能性を実証する。

【中間目標】

平成25年度12月末に、以下の目標を達成する。

(1) 高性能断熱材の開発

現行普及品最高性能に対して熱伝導率が概ね $1/2$ (平均熱伝導率 $\leq 0.01\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)かつ量産時の製造価格が現行品と同等程度(単位厚みあたり)であり、かつ長期の耐久性(30年相当)のある製品の商品化に目処をつける。

(2) 高機能パッシブ蓄熱建材の開発

蓄熱性能を有した状態を長期(30年相当)維持可能な蓄熱建材の製造技術を確立(厚さ $\leq 15\text{mm}$)し、モデル環境等において暖房等の空調エネルギーを20%程度削減する。

(3) 戸建住宅用太陽熱活用システムの開発

住宅の現行省エネ基準(平成11年度基準)に適合した40坪程度の住宅において、空調・給湯エネルギーを一次エネルギー換算で半減させる太陽熱活用システムを開発する。

2. 事業の計画内容

2.1 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、下記の研究開発を実施する。

- ① 高性能断熱材の開発
- ② 高機能パッシブ蓄熱建材の開発
- ③ 戸建住宅用太陽熱活用システムの開発
- ④ 太陽熱活用システムの実住宅での評価
- ⑤ 太陽熱活用システムの評価法の構築

研究開発項目①「高性能断熱材の開発」

1. 研究開発の必要性

既築住宅は、柱の厚さ(断熱材等を収納する部分)等に制約があり、現行の断熱材では、将来的に断熱性能に係る住宅の現行省エネ基準(平成11年度基準)が引き上げられた場合、基準達成が困難となる可能性が高い。また、新築住宅についても、居住空間の確保等が優先され、現行基準は満足しても、将来的に十分な断熱性能を確保できなくなることも想定されうる。新成長戦略に掲げる「良質な住宅ストックの形成」を図る観点からも、住宅の年代を問わず、時代に則した断熱性能を確保可能な部材が求められている。

2. 研究開発の具体的内容

(1)長寿命・高性能断熱材の開発

以下の性能を有する断熱材の開発を行う。

- ・高断熱性能(既存の住宅用断熱材の熱伝導率:最大0.02W/m・K程度を概ね1/2に低減)
- ・長期断熱性能(30年相当)

(2)製造技術の開発

住宅用建材として普及する価格を実現するための技術開発等を行う。

3. 達成目標

【中間目標】

現行普及品最高性能に対して熱伝導率が概ね1/2(平均熱伝導率 $\leq 0.01\text{W/m}\cdot\text{K}$)かつ量産時の製造価格が現行品と同等程度(単位厚みあたり)であり、かつ長期の耐久性(30年相当)のある製品の商品化に目処をつける。

【最終目標(研究開発項目④において実施)】

平成27年度末に、実住宅において、開発した高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材、戸建住宅用太陽熱活用システムを実装し、条件を明確にした上で空調・給湯エネルギーが一次エネルギー換算で半減される可能性があることを実証する。

研究開発項目②「高機能パッシブ蓄熱建材の開発」

1. 研究開発の必要性

暖房等の空調エネルギーを効果的に削減するためには、例えば、太陽熱エネルギーを日の当たる時間帯にできるだけ蓄熱し、日の当たらない時間帯に適切な温度でできるだけ長時間放熱する必要があり、そのための高機能パッシブ蓄熱建材が求められている。

2. 研究開発の具体的内容

太陽熱を直接住宅に取り込み活用するためには、基本的な蓄熱性能はもとより、既存住宅を含めて、住宅部材として幅広く適用できることが重要である。

そこで本技術開発では、目標とする省エネルギー効果を考慮した上で、蓄熱性能を有した状態を長期に維持可能でかつ、施工し易い厚さとなるような蓄熱建材の製造技術の確立を行う。

3. 達成目標

【中間目標】

- (1)蓄熱性能を有した状態を長期(30年相当)維持可能な蓄熱建材の製造技術を確立(厚さ \leq 15 mm)
- (2)モデル環境等において暖房等の空調エネルギーを一次エネルギー換算で20%程度削減する。

【最終目標(研究開発項目④において実施)】

平成27年度末に、実住宅において、開発した高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材、戸建住宅用太陽熱活用システムを実装し、条件を明確にした上で空調・給湯エネルギーが一次エネルギー換算で半減される可能性があることを実証する。

研究開発項目③「戸建住宅用太陽熱活用システムの開発」

1. 研究開発の必要性

太陽熱エネルギーを窓から直接取り込み活用するパッシブ型の太陽熱利用でも空調・給湯エネルギーの削減が期待できるが、集熱装置等で太陽熱エネルギーをより積極的に取り入れ、空調・給湯に活用することで、空調・給湯エネルギーの更なる削減の可能性がある。また、今後の住宅においては限られた屋根面積の中で、太陽光発電システムとも効果的に融合できることが重要となる。本技術開発ではこのような視点から太陽熱エネルギーをより積極的に取り入れて、空調・給湯に活用するためシステムの開発を行う。

2. 研究開発の具体的内容

例えば以下の技術開発を組み合わせて戸建住宅用太陽熱活用システムを実現するための開発を行う。

(1)太陽光発電装置と効果的に融合させた太陽熱集熱モジュールの開発

太陽光発電と併設した場合でも太陽熱エネルギーをより効果的に集熱し、屋内に取り込むための技術開発を行う。

(2)太陽熱利用空調・給湯システムの開発

太陽熱を直接的に使う暖房に加えて、太陽熱をデシカントの再生熱源として活用するシステムや、冷房システム、更には、夜間や雨天時を想定して、蓄熱やヒートポンプシステムを効果的に組み合わせて空調・給湯を行うシステムを開発する。

(3)熱輸送効率・蓄熱効率の向上技術の開発

屋根で集熱を行い、建物内に送る際に放熱によるロスが発生する。また、輸送された熱を蓄熱建材に蓄熱する際にもロスが発生する。これらのロスを軽減させるための技術開発を行う。

3. 達成目標

【中間目標】

住宅の現行省エネ基準(平成11年度)に適合した40坪程度の住宅において、空調・給湯エネルギーを一次エネルギー換算で半減させる太陽熱活用システムを開発する。

【最終目標(研究開発項目④において実施)】

平成27年度末に、実住宅において、開発した高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材、戸建住宅用太陽熱活用システムを実装し、条件を明確にした上で空調・給湯エネルギーが一次エネルギー換算で半減される可能性があることを実証する。

研究開発項目④「太陽熱活用システムの実住宅での評価」

1. 研究開発の必要性

開発する高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材、戸建住宅用太陽熱活用システムを幅広く実用化していくためには、実際の住宅に組み込み、各要素技術を効果的に融合させ、省エネルギー効果を検証する必要がある。

2. 研究開発の具体的内容

開発する高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材、戸建住宅用太陽熱活用システムを効果的に組み込むための実験住宅を設計し、シミュレーション等により効果を検証した上で、適切な設計変更を加える。その後、実験住宅を建築し、各要素技術の省エネルギー効果と住宅全体での省エネルギー効果を測定し、経済性も含め評価・検証するとともに、多様な住まいと住まい方の提案等を行うものとする。

3. 達成目標

【最終目標】

平成27年度末に、実住宅において、開発した高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材、戸建住宅用太陽熱活用システムを実装し、条件を明確にした上で空調・給湯エネルギーが一次エネルギー換算で半減される可能性があることを実証する。

研究開発項目⑤「太陽熱活用システムの評価法の構築」

1. 研究開発の必要性

研究開発項目④で実施した実証住宅のデータを活用し、住宅の一次エネルギー消費量計算プログラムを完成させるよう、太陽熱活用システムの評価法の構築を行なう。

本システムの省エネルギー効果を反映した計算プログラムが完成することにより、太陽熱エネルギー活用型住宅の省エネルギー効果が評価可能となり、住宅の普及につながる。

2. 研究開発の具体的内容

太陽熱活用システムの評価法の構築を行う。具体的な内容としては、研究開発項目④で実証住宅へ導入されている各システムに対して

(1) 省エネルギーシミュレーション式の確立

①熱収支式を基礎とする評価法の構築

(簡易な熱収支式を基に省エネ効果を推測するモデルの構築)

②精緻なシミュレーションプログラムによる簡易評価法の検証

③実測データを用いた評価法精度の検証

(2) 省エネルギーシミュレーション式の精度向上

(3) 実証住宅へ導入された各システムに対する省エネルギーシミュレーション式の統合化

3. 達成目標

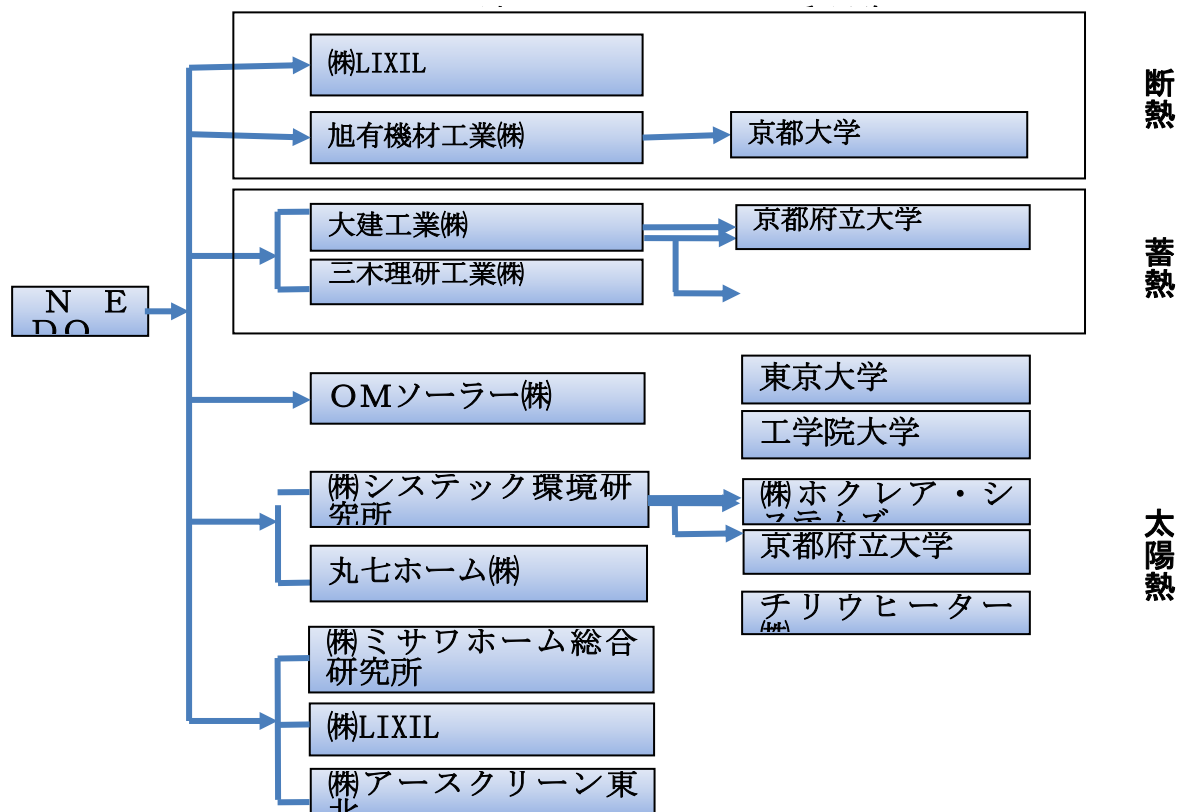
平成28年度末に、太陽熱活用システムの評価法の構築を完成する。

2.2 研究開発の実施体制

本研究開発は、NEDOが、原則本邦の企業、大学等の研究機関（原則、本邦の企業等で日本国内に研究開発拠点を有していること。なお、国外の企業等（大学、研究機関を含む）の特別の研究開発能力、研究施設等の活用または国際標準獲得の観点から国外企業等との連携が必要な部分を、国外企業等との連携により実施することができる。）から、公募によって研究開発実施者を選定し助成（助成率2/3以内）により実施する。

平成23年度と平成24年度に公募を実施し、研究開発実施者を選定した。

平成25年度の研究開発実施体制は以下の通りである。



1. 事業者の選定

研究開発項目④「太陽熱活用システムの実住宅での評価」の体制について、事業者の選定は下記の通りに実施した。

新築事業 公募開始 平成26年3月13日

提案者: OMソーラーグループ FHAグループ

採択決定 平成26年6月11日

実施者 OMソーラーグループ(5工務店) FHAグループ(6工務店)

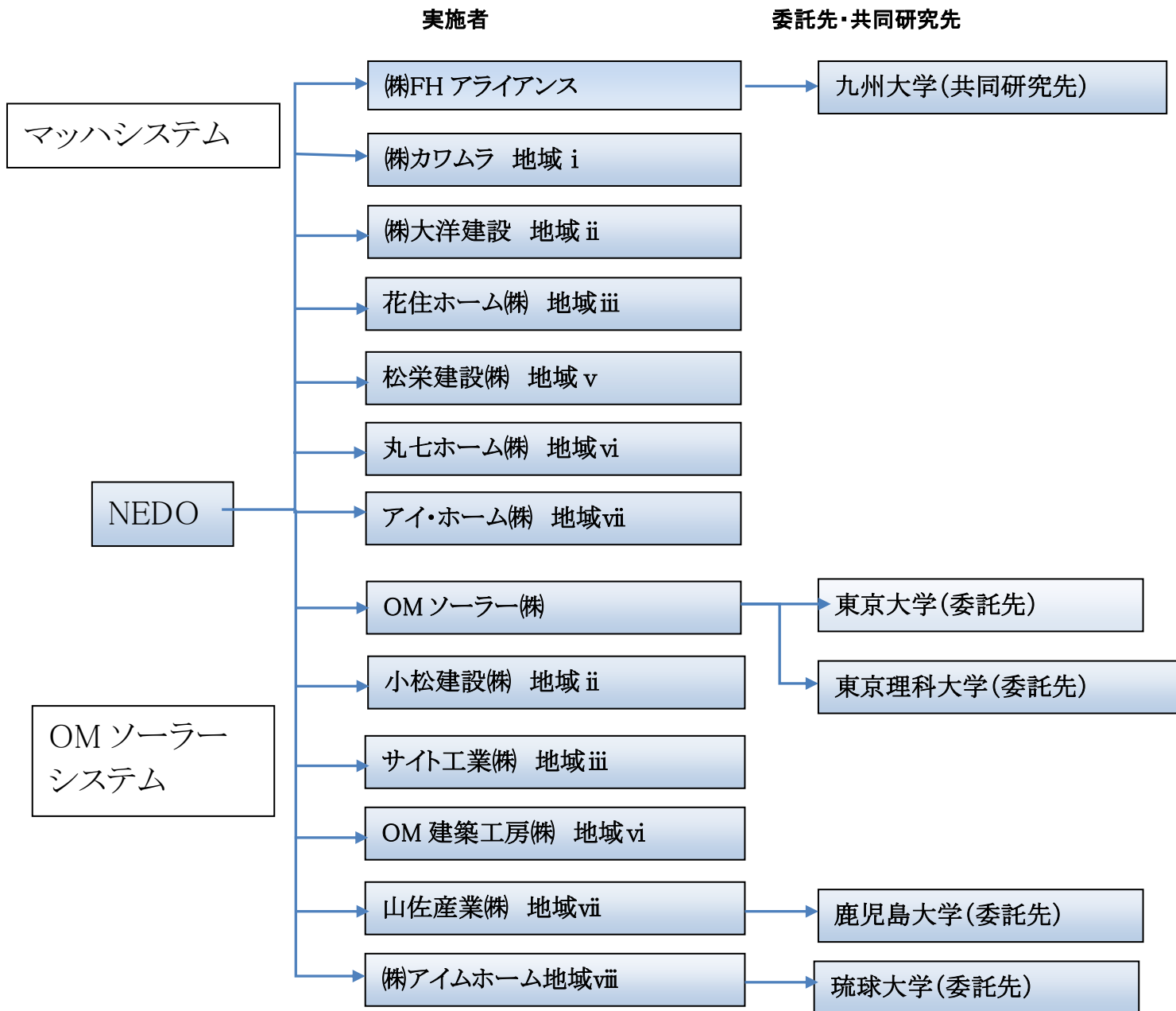
改築事業 公募開始 平成27年3月13日

提案者:OMソーラーグループ FHAグループ

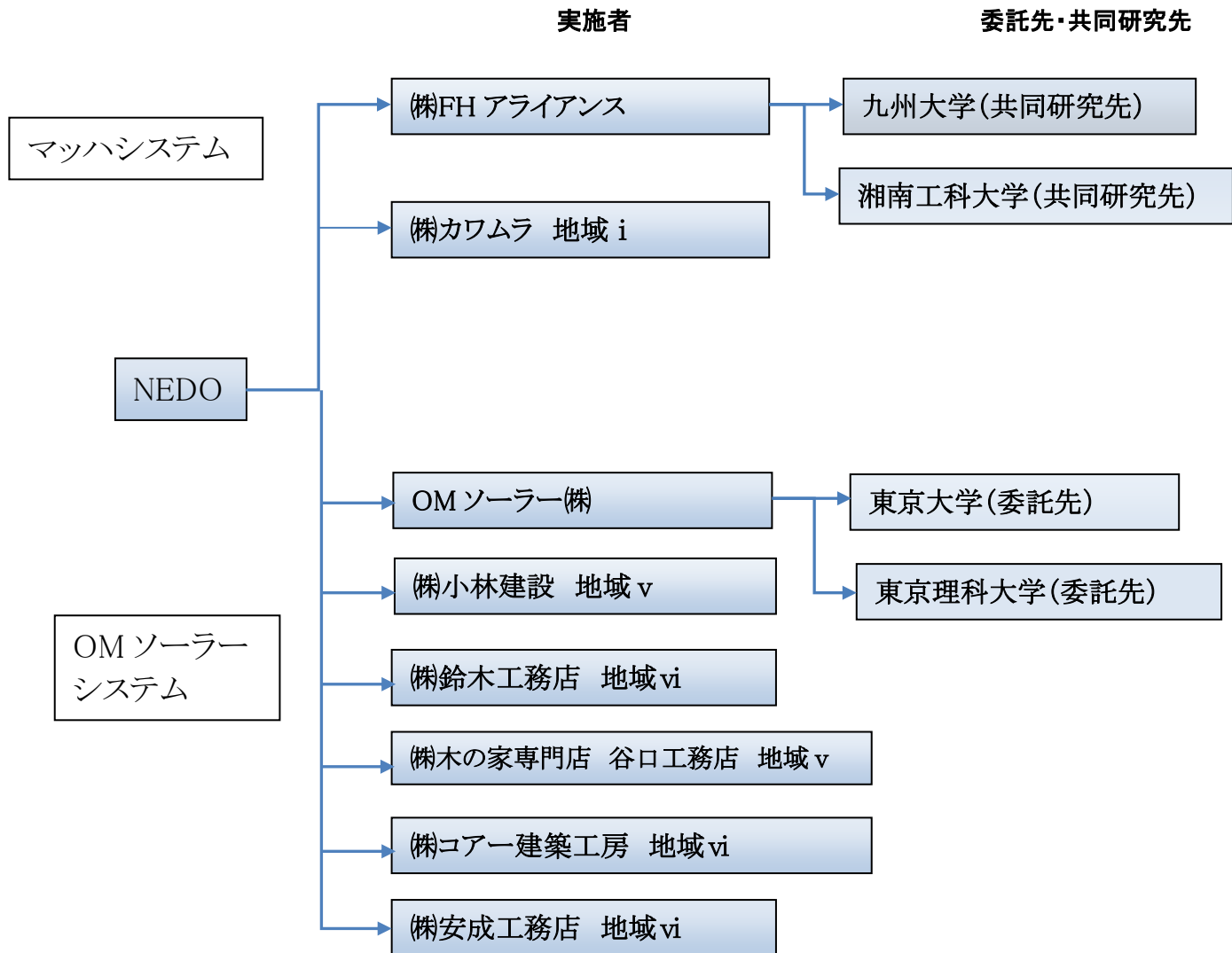
採択決定 平成27年5月27日

実施者 OMソーラーグループ(5工務店) FHAグループ(1工務店)

平成26年度、平成27年度の体制は以下のとおりである。



平成27年度の体制は以下のとおりである。



平成28年度の体制は以下のとおりである。



2.3 研究開発の運営管理

本研究開発においては、NEDOが経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、公募を行い、研究開発目標達成に向けた最適な実施体制を構築する。本研究開発を実施する各研究開発者の有する研究開発ポテンシャルを最大限に引き出すことにより効率的な研究開発の実施を図る

観点から、必要に応じてアドバイザーを置き、効果的な研究開発を実施する。更に、この分野の外部有識者の意見を運営に反映させ、各研究テーマの研究進捗把握、テーマ間の情報共有、技術連携等のマネジメントを行う。また、事業実施中または終了後、適切なタイミングで成果報告会等を行ない、太陽熱エネルギー活用型住宅の実用化、普及の促進に努める。

研究開発のマネジメントに関して以下を実施した(研究開発項目①～③)

・研究開発体制の変更

平成23年8月 公募開始、10月採択決定、11月研究開発に着手

平成24年4月 実施体制を強化するため断熱と蓄熱の事業を追加公募

6月断熱材について1テーマを採択決定・研究開発に着手

平成25年2月 事業の中間評価のためステージゲート審査を実施し、中間目標の達成度等の観点での審査により8テーマのうち2テーマを中止

平成25年6月 プロジェクトとしての中間評価

・技術委員会による事業者への助言

NEDO 主催の「太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発」技術委員会開催

(平成24年1月、2月、5月、9月)

外部有識者の意見をプロジェクト運営管理に反映

委員長 北海道立総合研究機構 北方建築総合研究所 部長 鈴木 大隆

委員 東海大学 名誉教授 田中 俊六

委員 熊本大学 教授 富村 寿夫

委員 工学院大学 教授 建築家 中村 勉 (中村勉総合計画事務所 所長)

委員 住環境計画研究所 最高顧問研究員 村越 千春

反映内容 (1)技術開発内容の変更等

(2)技術開発成果の導入シナリオへの助言

・事業者間の情報交換会

プロジェクト実施者間の情報交換を促進し、技術開発を加速(平成25年6月)

・事業としての評価実施(ステージゲート審査)

NEDO 主催の個別テーマを評価する「評価委員会」開催(平成25年2月)

外部有識者

前記技術委員会の委員5名に以下の2名の NEDO 技術委員を加えて構成した。

三菱総合研究所 主席研究員 北田 貴義

建材試験センター 中央試験所長 常務理事 黒木 勝一

反映内容

審査基準を技術水準(技術の独自性・優位性)、研究開発マネジメント、研究開発成果、今後の研究開発の計画の妥当性、実用化・事業化の見通しについて審議した結果、研究開発項目③について8テーマから6テーマを選抜。

研究開発のマネジメントに関して以下を実施した 中間評価以降(研究開発項目④)

・研究開発体制の変更

平成26年 3月 新築実証住宅公募開始、5月採択決定、7月研究開発に着手

平成27年 3月 改築住宅実証公募開始、5月採択決定、7月研究開発に着手

平成27年11月 太陽熱活用システムの評価法の構築を研究テーマとして、基本計画の1年間延長を行なった。

平成28年11月 プロジェクトとしての事後評価

・技術委員会による事業者への助言

NEDO 主催の「太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発」技術委員会開催

(平成26年8月、平成27年2月、7月、11月、平成28年2月、10月、平成29年2月予定)

外部有識者の意見をプロジェクト運営管理に反映

委員長 北海道立総合研究機構 北方建築総合研究所 所長 鈴木 大隆

委員 東海大学 名誉教授 田中 俊六

委員 秋田県立大学 教授 長谷川 兼一

委員 建築家 ものつくり大学名誉教授 中村 勉

(中村勉総合計画事務所 所長)

委員 住環境計画研究所 最高顧問研究員 村越 千春

委員 ソーラーシステム振興協会 浅井 俊二

反映内容 (1)技術開発内容の変更等

(2)技術開発成果の導入シナリオへの助言

・事業者間の情報交換会

プロジェクト実施者間の情報交換を促進し、技術開発を加速(平成25年6月)

実証住宅技術委員会においては、実施者が一堂に会して、各グループの実証状況を確認し、また、現地実証住宅における現地確認の際に他グループの住宅を見るなど実施者間での情報交換を促進し、技術開発を加速(平成26年8月～平成28年2月の技術委員会)

2.4 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性

・調査事業の実施と報告書の公開

太陽熱活用型住宅の技術開発に係る市場動向や技術の有効活用に関する検討を委託事業で実施し、研究開発成果の実用化・事業化に向けた情報提供とした。

平成23年度

太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発に係る開発動向及び市場動向に関する検討

平成24年度

太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発に係る技術の有効活用に関する検討

平成25年度～平成26年度

太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発に係る断熱材及び蓄熱建材の評価方法の検討

太陽熱活用型住宅の実証データを活用し、住宅の省エネルギー基準への反映に活かし、住宅の一次エネルギー消費量計算プログラムを完成させるよう、太陽熱活用システムの評価法を構築するための調査事業を実施した。

平成26年度～平成27年度

太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発に係る太陽熱活用システムの評価法の検討

平成27年度～平成28年度

太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発に係る太陽熱活用システムの評価法の検討

- ・実施者(地域工務店)のセミナー等の開催及び事業紹介による普及
実施者(地域工務店)主催の寒冷地、温暖地、蒸暑池における住宅セミナーの開催
本事業の意義などについて紹介
- ・実施者によるプレスリリース
- ・NEDO ホームページから実施者の本事業ページとのリンクにより、実証住宅の主要データの公開

3. 情勢変化への対応

実証で蓄積されたデータを活用し、住宅の省エネルギー基準へ太陽熱を活用したシステムの効果を反映させるという新たな課題が出たことにより、その課題達成へ向けて関係各署と協力して進めることを事業の最終目標、「平成27年度末に、全国の気候区分に合わせた実証住宅において、高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材及び戸建住宅用太陽熱活用システムを実装し、条件を明確にした上で空調・給湯エネルギーが一次エネルギー換算で半減できる可能性を実証する」ことに追加し、最終目標とした。

その変更の履歴は以下である。

- ・平成27年11月 基本計画を変更し 最終目標に以下を盛り込んだ
研究開発項目④の実施により、以下の目標を達成すると共に、実証研究で取得したデータを住宅の省エネルギー基準への反映に活かし、住宅の一次エネルギー消費量計算プログラムを完成させるよう、データの提供及び平成28年度末に太陽熱活用システムの評価法の構築を行う。
 - ・平成28年2月 平成28年度実施方針に以下を盛り込んだ。
平成28年度事業内容
研究開発項目⑤「太陽熱活用システムの評価法の構築」(委託事業)において、研究開発項目④で実施した実証住宅のデータを活用し、住宅の一次エネルギー消費量計算プログラムを完成させるよう、太陽熱活用システムの評価法の構築を行う。
- ① 実施者 A(OM ソーラーグループ)の実証住宅(5棟)の太陽熱活用システムの省エネルギー性能に関する評価方法の決定とシミュレーションによる省エネルギー性能評

価及び実測データを用いた検証

- ② 実施者 B (FHA グループ) の実証住宅の (6 棟) の太陽熱活用システムの省エネルギー性能に関する評価方法の決定とシミュレーションによる省エネルギー性能評価及び実測データを用いた検証
- ③ 統一的な評価方法の決定

4. 中間評価結果への対応

	肯定的な指摘点	問題点・改善すべき指摘点	反映(対処方針・ポイント)
総合評価	太陽熱活用は、冷暖房・給湯需要に対する電力による熱供給を節電し、電力利用の高度化あるいは節電の観点から重要な技術開発課題である。また現状低迷している太陽熱利用の活性化に資する事業を行う意義は高い。高性能断熱材の開発、高性能パッシブ蓄熱建材の開発、戸建住宅用太陽熱活用システムの開発とも工程通り進んでおり、プロジェクト後半の実住宅の評価の結果に大きな期待が寄せられる。	<p>【1】現段階では太陽熱利用システムとエネルギー負荷削減技術とが統合化されていないが、両者を効果的に組み合わせる方法論の構築を後半の2年間のプロジェクト運営において期待する。</p> <p>【2】また太陽熱利用機器自体の高効率化や従来の給湯・暖房以外の活用方法、特に夏場の空調・冷房等に資する技術開発のテーマが現状少ないため、今後、現状普及の伸び悩みとなっている課題に対するソリューションとなるようなテーマの誘導と採択も必要であろう。</p>	<p>【1】当初計画通りに太陽熱利用システムとエネルギー負荷削減技術とを統合した実証住宅を後半2年間で建設・評価する。この評価の中で両者を効果的に組み合わせる方法論を具体化する。</p> <p>【2】後半2年間では、個別技術の開発は対象としないが、夏場の空調冷房等を含む新たな利用方法等については、実証住宅の公募において対象とすることを公募要領に明示して誘導する。その上で実証実験を通じて効果を確認する。</p> <p>【1】【2】平成26年度実施方針、公募要領に反映する。</p>
事業の位置	本事業はエネルギーイノベーションプログラムの趣旨に合致している。またこの分野では、設備メーカーと住宅メーカーの協同が重要であり、その実現のために本事業の重要性は高い。	【3】現状で太陽熱温水器等の普及が低調であることを踏まえた課題の分析がなされたかどうか不明である。	【3】太陽熱温水器等の普及が低調であることは、そのメリットが一般利用者に理解されていないことが課題であると認識している。

付・必要性	<p>住宅は長期的に更新していく過程で普及するので、早い段階で技術を開発し、導入に進むことが重要である。NEDO のプロジェクトとして実施することは、普及を加速する意味で公共性に寄与するものと考えられる。</p>	<p>【4】また太陽熱利用に関して中国や欧州において普及し活用が進んでおり、我が国の先進性や独自性などの優位性をどこに見出すか課題となる。</p>	<p>【4】本開発の成果は中国や欧州と比較しても、先進性と独自性があることから、実証実験による効果を広報することで課題を解決していく。</p> <p>【3～4】特に計画等には反映しない。</p>
研究開発マネジメント	<p>空調・給湯のエネルギーの一次エネルギー換算で半減という高い目標を掲げている。また、住宅の空調・給湯のエネルギーに係る様々な要素から、エネルギー削減を実現しようとしている点が評価できる。実施者の選考は網羅的に住宅の構成要素をカバーしており、目標未達の実施者は平成24年度のステージゲートでスクリーニングされており、マネジメントとしては妥当と思われる。</p>	<p>【5】寒冷地域の暖房・給湯負荷は非常に大きいので、気候の地域区分を考慮した評価が必要と思われる。住宅の地域的なターゲットは必ずしも明確ではない。</p> <p>【6】太陽熱集熱器本体は概ね現状を前提としており、革新性のある取組が見受けられない点は残念である。</p> <p>【7】また最終省エネ目標値に対する各要素技術が貢献する内訳が、不明確である。何をどれだけ行えば、どれだけ削減することが可能なのか、明確に示す必要がある。</p> <p>【8】事業体制に関しては住宅メーカーでの技術開発には限界があり、実用化・事業化へ向けて今後、建築家・施工者等のユーザーの関与を考慮すべきである。</p>	<p>【5】気候区分を考慮した実証住宅の設計評価を対象とすることを公募要領に記載するとともに、気候区分毎に採択を行って実証実験を後半2年で実施する。</p> <p>【6】今回のテーマより革新性のある太陽熱集熱器本体等への取り組みに対しては、然るべき場や然るべき関係者と議論、協議を行い、企画立案の参考とする。</p> <p>【6】特に計画等には反映しない。</p> <p>【7】気候区分毎に各技術の貢献度を明確に示すようなシミュレーションと実証実験による確認を行う。</p> <p>【8】実証住宅の公募において建築家や施工者を体制に含めることを要件として設定し、体制への参加を推進する。</p>
研究	<p>開発目標はいずれも達成見込みであり、成果が出ている。要素技術は他</p>	<p>【9】また、事業者毎に取り組み、性能・耐久性評価の独自</p>	<p>【9】技術委員会等において情報交換の場を設定して、評価</p>

開発成果	<p>の用途にも転用できる可能性があり、発展性が期待できる。薄型 VIP(真空断熱材)は建築現場で広く普及が期待される。今後、施工方法の技術開発と現場での実証が必要である。また長期性能評価方法の規格化など、是非積極的に取り組んでいただきたい。小型の太陽熱利用デシカント空調技術は除湿ニーズが高い日本には適した技術であり、夏の電力負荷削減にも大きく貢献が期待できる。</p>	<p>性が大きいため、実施者間の情報交換の場を設け、全体で共通化、共有化する方が良い。</p> <p>【10】太陽熱利用システムはやや装置的に過大な傾向があり、技術的性能と事業性の適切なバランスを取ることが求められる。</p> <p>【11】今後、これらのテーマを総合的に達成したときに太陽熱活用型住宅がどの程度魅力的なものとなるのかを説明できる要素を目標設定に入れるべきである。</p>	<p>方法の共通化、共有化をはかる。</p> <p>【7～9】平成 26 年度実施方針、公募要領に反映する。</p> <p>【10】実証住宅に導入する省エネ設備を、市場で受け入れられる費用対効果の実現可能性のある要素技術に限定することで、技術力と事業性の適切なバランスを取る。</p> <p>【11】本テーマの空調エネルギーを半減する目標に加え、市場で受け入れられる費用対効果の実現性のある要素技術に限定することで、魅力的と考えており新たな目標は設定しない。</p> <p>【10】、【11】平成 26 年度実施方針、公募要領に反映する。</p>
実用化・事業化に向けての見通	<p>断熱材や蓄熱材は実用化に近い。性能耐久性確保とコスト低減を継続量</p>	<p>【12】十分性能を発揮するための施工方法や完成品検査方法、施工後の非破壊試験など</p>	<p>【12】実証住宅において施工方法や完成品検査方法の妥当性の検討を行うと共に、その他の課題については必要性を検証し、NEDO が関与すべき課題</p>

<p>し 及 び 取 り 組 み</p> <p>今 後 に 対 す る 提 言</p>	<p>産化に向けた企業の取り組みを期待する。</p> <p>【16】開発成果のマッチングを測り、整合性のとれた太陽熱利用住宅を作ることが必要である。</p> <p>【17】総合的な太陽熱利用住宅として居住者からみて魅力があり、供給者から見て事業性があるモデルが定時されることを期待する。</p> <p>【18】併せて設備が過大にならない方を示して欲しい。</p> <p>【19】またそれぞれ開発中の重要技術の性能・寿命評価を共通化する取組みを期待する。</p> <p>【20】国際的に通用する熱・電複合型の高度な再生可能エネルギー利用設備を備えた住宅等の技術開発に繋がる太陽熱活用についての明確な目標を設定した新たなテーマの公募も検討して欲しい。</p>	<p>の確立も将来的に製品が普及拡大する上で重要である。</p> <p>【13】住宅以外の用途へも積極的に展開して省エネルギーに貢献してほしい。</p> <p>【14】戸建住宅用太陽熱利用システムは、50%削減目標を達成みこみであるものの、暖房需要（寒冷地）への対策や、冷房における経済的な競争力等、実用化に向けた課題の整理が必要である。シンプル化を図るための方策についても今後吟味する必要がある。</p> <p>【15】更に、投資した費用を、一般的には10年以内に回収できなければ市場に受け入れがたく、事業性の可否に大きく影響するものであり、開発した要</p>	<p>が明確化した場合には対応を検討する。</p> <p>【12】平成26年度実施方針、公募要領に反映する。</p> <p>【13】NEDOが出展する展示会等で成果を積極的に発信していく。</p> <p>【13】特に計画等には反映しない。</p> <p>【14】【4】【10】の再掲。</p> <p>【15】【10】の再掲。</p> <p>【20】特に計画等には反映しない。</p>
---	---	---	---

		<p>素技術の費用対効果について検討を十分行うべきである。</p> <p>【16】 【1】の再掲</p> <p>【17】 【4】【8】【10】の再掲</p> <p>【18】 【10】の再掲</p> <p>【19】 【9】の再掲</p> <p>【20】 然るべき場や然るべき関係者と議論、協議を行い、企画、立案の参考とする。</p>	
--	--	---	--

上記、対処ポイント【1】、【2】、【5】、【7】～【12】については、基本計画、実施方針及び平成 26 年度公募要領へ反映させた。

基本計画への反映内容

【最終目標】

研究開発項目④の実施により、以下の目標を達成する。

平成27年度末に、全国の気候区分に合わせた実証住宅において、高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材及び戸建住宅用太陽熱活用システムを実装し、条件を明確にした上で空調・給湯エネルギーが一次エネルギー換算で半減できる可能性を実証する。

実施方針への反映内容

平成27年度末に、全国の気候区分に合わせた実証住宅において、高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材及び戸建住宅用太陽熱活用システムを実装し、条件を明確にした上で空調・給湯エネルギーが一次エネルギー換算で半減できる可能性を実証する。

平成26年度公募要領への反映内容

助成要件

b. 助成対象事業

①夏場の空調冷房等の利用方法【1】、【2】

vii. 実証住宅モデルは夏季の空調負荷についても対応し、その費用対効果を提案段階において明示すること。(太陽熱冷房や ZEH への取り組みが含まれる提案を優先して採択します。)

②気候区分の考慮【5】、【7】

v. 気候の地域区分が異なる複数の地域において実証住宅を設置すること。

vi. 実証住宅を設置する複数の気候区分に対し、基本コンセプトを変えずに一部機能の拡充/省略で対応可能な実証住宅モデルであること。(基本コンセプトを変えずにより多くの気候区分に対応可能な提案を優先的に採択します。)

vii. 実証住宅モデルは、すべての気候区分において太陽熱エネルギーを活用するものとし、空調給湯エネルギーについて、太陽熱エネルギーを活用しない場合に比較して半減すること。

③実施体制【8】、【9】

ix. 建築家や施工者を体制に含む事業であること。

xii. 前記「企業化計画書」には、基本コンセプトに基づく、企業化する予定の住宅モデルを記載し、その設計・設備の省エネルギー効果について費用対効果を明示すること。

④実証住宅へ設置する建材【12】

iii. 高性能真空断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材を各実証住宅に少なくとも一部屋に設置すること。

iv. 実証住宅に設置する高性能断熱材(研究開発項目①で開発したものと同等以上の性能のもの)と蓄熱建材(研究開発項目②のものと同様以上のもの)の効果が検証可能な計画であること。

5. 評価に関する事項

【事前評価】

①評価の実施時期

実施年度 平成22年度(平成22年7月)

②評価手法

第三者評価

③評価事務局

経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課

④評価項目・基準

評価項目 事業目的政策的位置づけの妥当性

基準 経済産業省技術評価指針

⑤評価委員

田辺新一 早稲田大学 理工学術院創造理工学部建築学科 教授

松村秀一 東京大学 大学院 工学系研究科建築学専攻 教授

村上周三 独立行政法人建築研究所 理事長

渡部俊也 東京大学 先端科学技術開発センター 資源環境エネルギー政策 教授

【中間評価】

①評価の実施時期

実施年度 平成25年度(平成25年6月)

②評価手法

外部評価

③評価事務局

評価部

④評価項目・基準

評価項目: 標準的評価項目

規準:

⑤評価委員

秋澤 淳 東京農工大学 工学研究院 先端機械システム部門 教授

岩前 篤 近畿大学 建築学部 建築学科 学部長/教授

秋元 孝之 芝浦工業大学 工学部 建築工学科 教授

大野 二郎 株式会社日本設計 環境創造マネジメントセンター(CEDeMa)シニア
アドバイザー

佐藤 春樹 慶應義塾大学理工学部 システムデザイン工学科 教授

丹野 博 東京ガス株式会社 リビング本部 リビング営業部 営業技術企画
グループ 主幹

藤本 哲夫 一般財団法人 建材試験センター 事務局 次長

【事後評価】

①評価の実施時期

実施年度 平成28年度(平成28年11月)

②評価手法

外部評価

③評価事務局

評価部

④評価項目・基準

評価項目:標準的評価項目

基準:

⑤評価委員

秋澤 淳	東京農工大学 工学研究院 先端機械システム部門 教授
岩前 篤	近畿大学 建築学部 建築学科 学部長/教授
安達 功	株式会社日経 BP 建設局 局長 日経 BP インフラ総合研究所 所長・執行役員
奥宮 正哉	名古屋大学 大学院環境学研究科 都市環境学専攻 教授
長野 克則	北海道大学 大学院工学空間性能システム部門 環境システム工学研究室 総長補佐 教授
中村 美紀子	株式会社住環境計画研究所 建築環境工学 主席研究員
藤本 哲夫	一般財団法人 建材試験センター 中央試験所 副所長

Ⅲ. 研究開発成果について

目標	研究開発成果	達成度
①高性能断熱材の開発 ・高断熱性能(既存の住宅用断熱材の熱伝導率:最大0.02W/m・K程度を概ね1/2に低減)	高断熱性能(既存の住宅用断熱材の熱伝導率:最大0.02W/m・K程度を概ね1/2に低減)	平成25年度末 達成
・長期断熱性能(30年相当)	長期断熱性能(30年相当)	平成25年度末 達成
		平成25年度末 達成

<p>②高機能パッシブ蓄熱建材の開発</p> <p>(1)蓄熱性能を有した状態を長期(30年相当)維持可能な蓄熱建材の製造技術を確立(厚さ≤15mm)</p> <p>(2)モデル環境等において暖房等の空調エネルギーを一次エネルギー換算で20%程度削減する。</p>	<p>蓄熱性能を有した状態を長期(30年相当)維持可能な蓄熱建材の製造技術を確立(厚さ≤15mm)</p> <p>モデル環境等において暖房等の空調エネルギーを一次エネルギー換算で20%程度削減する。</p>	<p>平成 25 年度末 達成</p> <p>平成 25 年度末 達成</p>																																										
<p>③戸建住宅用太陽熱活用システムの開発</p> <p>住宅の現行省エネ基準(平成11年度)に適合した40坪程度の住宅において、空調・給湯エネルギーを一次エネルギー換算で半減させる。</p>	<p>住宅の現行省エネ基準(平成11年度)に適合した40坪程度の住宅において、空調・給湯エネルギーを一次エネルギー換算で半減</p>	<p>平成 27 年度末における実証地域ごとの空調・給湯負荷削減率及び一次エネルギー換算削減率</p> <p>(負荷削減率は、H28年11月21日報告時点の数値)</p>																																										
<p>④太陽熱活用システムの実住宅での評価</p> <p>平成 27 年度末に、全国の気候区分に合わせた実証住宅において、高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材及び戸建住宅用太陽熱活用システムを実装し、条件を明確にした上で空調・給湯エネルギーが一次エネルギー換算で半減できる可能性を実証する。</p>	<p>平成 27 年度末に、全国の気候区分に合わせた実証住宅において、高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材及び戸建住宅用太陽熱活用システムを実装し、条件を明確にした上で空調・給湯エネルギーが一次エネルギー換算で半減できる可能性を実証する。</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>負荷</th> <th>一次エネルギー</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FHA</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>旭川</td> <td>40.6%</td> <td>48.3%</td> </tr> <tr> <td>札幌</td> <td>49.9%</td> <td>50.3%</td> </tr> <tr> <td>岩手(花巻)</td> <td>48.2%</td> <td>45.2%</td> </tr> <tr> <td>福井</td> <td>48.1%</td> <td>32.4%</td> </tr> <tr> <td>春日井</td> <td>52.1%</td> <td>53.4%</td> </tr> <tr> <td>宮崎</td> <td>55.5%</td> <td>52.9%</td> </tr> <tr> <td>OMソーラー</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>伊達紋別</td> <td>33.6%</td> <td>75.0%</td> </tr> <tr> <td>仙台</td> <td>62.2%</td> <td>72.0%</td> </tr> <tr> <td>浜松</td> <td>50.4%</td> <td>75.2%</td> </tr> <tr> <td>鹿児島</td> <td>59.2%</td> <td>58.2%</td> </tr> <tr> <td>沖縄</td> <td>53.4%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		負荷	一次エネルギー	FHA			旭川	40.6%	48.3%	札幌	49.9%	50.3%	岩手(花巻)	48.2%	45.2%	福井	48.1%	32.4%	春日井	52.1%	53.4%	宮崎	55.5%	52.9%	OMソーラー			伊達紋別	33.6%	75.0%	仙台	62.2%	72.0%	浜松	50.4%	75.2%	鹿児島	59.2%	58.2%	沖縄	53.4%	
	負荷	一次エネルギー																																										
FHA																																												
旭川	40.6%	48.3%																																										
札幌	49.9%	50.3%																																										
岩手(花巻)	48.2%	45.2%																																										
福井	48.1%	32.4%																																										
春日井	52.1%	53.4%																																										
宮崎	55.5%	52.9%																																										
OMソーラー																																												
伊達紋別	33.6%	75.0%																																										
仙台	62.2%	72.0%																																										
浜松	50.4%	75.2%																																										
鹿児島	59.2%	58.2%																																										
沖縄	53.4%																																											

<p>太陽熱活用システムの実住宅での評価(改築)</p> <p>平成 27 年度末に、既存戸建住宅を全国の気候区分に合わせて断熱改修し、その後高性能断熱材、パッシブ蓄熱建材及び戸建住宅用太陽熱活用システムを実装した改築を行ない、条件を明確にした上で空調・給湯エネルギー換算で半減できる可能性を実証する。</p>	<p>平成 27 年度末に、既存戸建住宅を全国の気候区分に合わせて断熱改修し、その後高性能断熱材、パッシブ蓄熱建材及び戸建住宅用太陽熱活用システムを実装した改築を行ない、条件を明確にした上で空調・給湯エネルギー換算で半減できる可能性を実証する</p>	<p>(一次エネルギー削減基準は、OMソーラー無、太陽熱無)</p> <p>負荷削減率 旭川 47.6%</p> <p>以下、シミュレーションによる。</p> <p>負荷削減率 埼玉 67.2% 東京 76.5% 滋賀 56.2% 大阪 60.5% 福岡 66.3%</p>
<p>⑤太陽熱活用システムの評価法の構築</p> <p>研究開発項目④で実施した実証住宅のデータを活用し、住宅の一次エネルギー消費量計算プログラムを完成させるよう、太陽熱活用システムの評価法の構築を行なう。</p>	<p>研究開発項目④で実施した実証住宅のデータを活用し、住宅の一次エネルギー消費量計算プログラムを完成させるよう、太陽熱活用システムの評価法の構築を行なう。</p>	<p>平成 28 年度達成見込み</p>

1.事業全体の成果

本研究開発成果が実用化され、太陽熱エネルギー活用型住宅の普及が拡大されると、2030年におけるCO2削減効果は約26.5万トン/年となる。また、市場創成効果は累積で約170億円/年規模が期待される。

2.研究開発項目毎の成果

研究開発項目①「高性能断熱材の開発」

(a)VIP複合断熱パネルに関する研究開発

真空断熱材を用いた複合断熱パネルの実物大試作を行い、断熱性に関する最終目標を達成した。また、断熱性能の寿命予測に活用可能な熱伝導解析モデルのプロトタイプを作成した。

(b)高耐久超断熱材に関する研究開発

平成24年度からプロジェクトに参画し、ナノ多孔体セラミックス粒子をコア材とする真空断熱材の革新的連続生産プロセス確立のため、粒子封入等の各種要素技術について検討を行い、一部のプロセスについて試作装置の設計と製作を行った。また、使用環境を想定した長期耐久性の検証方法を考案し、耐久性促進試験や想定条件確認のためのシミュレーションを実施し、封止フィルムのガス透過メカニズムなどの評価・検討を行った。

研究開発項目②「高機能パッシブ蓄熱建材の開発」

(a)潜熱蓄熱建材に関する研究開発

潜熱蓄熱材のマイクロカプセルについては、熱耐久性の高い組成を確立した。また、連続生産プロセスによるスケールアップ実験を実施し、前記組成での連続生産が可能であることを確認した。

潜熱蓄熱建材については、暖房負荷削減効果について、次世代省エネ基準の環境で20%という中間目標を数値計算で確認するとともに、12mm厚さの建材を実物大で試作し、実験棟においても確認した。また製造時の歩留まり及びVOC放散量についても目標を達成した。

研究開発項目③「戸建住宅用太陽熱活用システムの開発」

(a)太陽熱フル活用型暖房・冷房・給湯・マネジメントシステムに関する研究開発

集熱部、除湿冷却部の基礎実験を重ねることで開発仕様を検討し、冬季朝室温の改善等の仕様案を開発した。実験棟3棟を準備し、それぞれの断熱気密性能が同じことを実測で確認した上で、各棟に集熱システム等を取り付け、現行仕様と開発仕様について冬期のシステム評価を行った。

集熱温度、冬季朝室温、冷房能力等を確認し、目標を達成した。

(b)全館空調方式戸建住宅の太陽熱利用に関する研究開発

実験住宅へのパッシブ・アクティブソーラーシステムの導入検討(集熱部位、蓄熱部位、制御)を行い、実験住宅建設を行なった。また、シミュレーションにより、平成11年度次世代省エネ基準の住宅に比べてLow-e ガラス仕様のモデルで約62%の暖房負荷削減結果を得た。同時に、設計法及び設計ツールの開発、試作を行い、全館空調方式パッシブ・アクティブソーラーシステムにより、目標を達成した。

(c)住宅における太陽エネルギー利用拡大技術に関する研究開発

試作した各システム(カスケードソーラーシステム・デシカントシステム・蓄冷ユニット)の個別での評価を行うとともに、実験棟を建設して、そこへ設置した。試作システムの通年実測を開始し、シミュレーションとの差異を評価した。

これらにより、最終的に計画目標を達成した。

研究開発項目④「太陽熱活用システムの実住宅での評価」

(a)太陽熱エネルギー活用型住宅の地域別実証

真空断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材及び太陽熱活用システムとしてダブルスキン、トロンブウォールを取り込んだマツハシステムを組み込んだ住宅を設計し、事前にシミュレーション等により効果を検証し、一部設計変更を加えた。その後、日本全国の気候区分に合わせた実証住宅を6棟建築し、省エネルギー効果が把握できるよう各種センサーを設置し、平成27年1月よりデータ計測を実施した。平成27年度末において、各実証地域における空調・給湯負荷削減率は、それぞれ旭川 40.6% 札幌 49.9% 岩手 48.2% 福井 48.1% 春日井 52.1% 宮崎 55.5%(11月21日報告時点の数値)であった。また、一次エネルギー換算削減率は旭川 48.3% 札幌 50.3% 岩手 45.3% 福井 32.4% 春日井 53.4% 宮崎 52.9% であった。

目標が未達成の地域、旭川、岩手、福井などは平成27年の日射量が平年の70%程度となっているため、太陽熱の活用が当初予定されたほどできなかったと推測される。

札幌以外の5地域の実証住宅では、真空断熱材は壁の充填断熱材の外側に設置され、熱貫流抵抗値によれば真空断熱材を入れた場合には熱抵抗が大きく、熱が伝わりにくくなっている。真空断熱材の1年後の劣化推定では気密性能の低下が疑われる結果となっており、施工時の問題か材料本来の問題かについて明確にしていく。

(b) 太陽熱フル活用型住宅の地域適合化に関する研究開発

真空断熱材(建具として導入)、高機能パッシブ蓄熱建材及び太陽熱活用システムとしてOMソーラー改良システムを組み込んだ住宅を設計し、事前にシミュレーション等により効果を検証し、一部設計変更を加えた。その後、日本全国の気候区分に合わせた実証住宅を4棟建築し、省エネルギー効果が把握できるよう各種センサーを設置して平成27年1月よりデータ計測を開始した。沖縄県の実証住宅は隣接ビルの日影評価と建物設計変更及び建築工期が長い等の影響で、平成27年10月よりデータ計測を開始した。

平成27年度末においては、各実証地域における空調・給湯負荷削減率は、それぞれ伊達 33.6%、仙台 62.2% 浜松 50.4% 鹿児島 59.2% 沖縄 53.4% (11月21日事後評価分科会報告時点の数値)、一次エネルギー換算削減率(ただし、基準は、OMソーラーなし、太陽熱なし)は伊達 75.0% 仙台 72.0%、浜松 75.2%、鹿児島 58.2% となった。伊達については、VIP性能が予定通り出なかったことや床下の水ペットボトルの吸放熱の効果がシミュレーションで想定されたほど出なかったことが未達成の原因と考えている。

OMソーラーの各実証住宅で真空断熱材は建具化し、窓内側の引戸として活用している。伊達実証住宅においては、真空断熱建具なしの窓のみの結果と比較すると、夜間断熱補強時には1.5倍の断熱性能となることが示された。また、VIP性能劣化の要因としては、建具作成時、施工中傷をつけたと推測している。

今回の実証では、真空断熱材の効果が明確になったが、施工上の課題も明らかとなった。

(c) 太陽熱エネルギー活用型住宅の地域別実証(改築)

既築住宅に、真空断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材及び戸建住宅用太陽熱活用システムを効果的に組み込む改築を行い、省エネルギー効果を検証するための事業を平成27年7月より開始した。寒冷地旭川の既築住宅を改築し、新築同様PCM蓄熱建材を利用し、マッサシステムの導入とあわせ、トロンプウォールの外付け設置、2階床と1階天井の空間(階間)を空気搬送ダクトとして活用する等を盛り込み、省エネルギー効果が把握できるよう各種センサーを設置して平成27年9月よりデータ計測を開始した。平成27年度末において空調・給湯負荷削減率は47.6%となった。

(d) 既築住宅の地域適合化太陽熱フル活用型住宅への改築に関する研究開発

既築住宅に、真空断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材及び戸建住宅用太陽熱活用システムを効果的に組み込む改築を行い、省エネルギー効果を検証するための事業を平成27年7月より開始した。全国5カ所の既築住宅において、断熱改修を含めた改築を施し、真空断熱材(建具として導入)、PCM蓄熱建材、OMソーラー改良システムを設置して、太陽熱活用の効果を計測するため、新築同様に省エネルギー効果が把握できるように各種センサーを設置して平成28年1月よりデータ計測を開始した。

平成27年度末においては、空調・給湯負荷削減率については、シミュレーションによる推定として、
埼玉 67.2% 東京 76.5% 滋賀 56.2% 大阪 60.5% 福岡 66.3% となり、目標達成の見込みである。

研究開発項目⑤「太陽熱活用システムの評価法の構築」

研究開発項目④「太陽熱活用システムの実証住宅での評価」で実施した実証住宅のデータを活用し、住宅の一次エネルギー消費量計算プログラムを完成させるよう、太陽熱活用システムの評価法の構築を行った。空気集熱式暖房・給湯システム、空気循環全館空調システムについては、省エネルギーの簡易評価式を作成した。平成28年度末においては、目標達成見込みである。

IV. 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し

1. 実用化・事業化に向けての見通し

これまで、断熱材や蓄熱材の開発は行われており、高い性能を実現した技術もあるが、建築現場での施工性や価格、寿命等の課題があり、一部の普及に留まっている。本研究開発は、こうした課題を解決することを目指した高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材、戸建住宅用太陽熱活用システムの開発であり、その実用化は研究開発終了後できるだけ速やかに行なわれ、太陽熱活用システムの実住宅での評価と連動して事業化が促進される見込みである。

本事業における「実用化」と「事業化」の定義

「実用化」とは、本プロジェクトの目標性能を達成し、当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されること。

「事業化」とは、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献すること。

研究開発項目①「高性能断熱材の開発」

住宅及びビル向けの内装リフォーム用断熱材として実用化・事業化が展開できる見通しである。

研究開発項目②「高機能パッシブ蓄熱建材の開発」

住宅用途の建材として内装仕上材及び内装下地材として商品化を進める他、産業用としても用途展開を進める見通しである。

「蓄熱建材コンソーシアム」を設立し、評価方法の標準化や市場拡大のための取組みを関係企業と共同で進める。

研究開発項目③「戸建住宅用太陽熱活用システムの開発」

(a) 太陽熱フル活用型暖房・冷房・給湯・マネジメントシステムに関する研究開発

現行の空気式集熱システムをベースにして、太陽熱をフル活用する新技術を総合して、暖房・冷房・給湯エネルギー75%削減を目指す商品として太陽熱冷房を除く、事業化を進めている。

(b) 全館空調方式戸建住宅の太陽熱利用に関する研究開発

太陽光発電より効率の良い太陽熱温水を利用し、給湯費用を1/2以下、さらに暖房に温水を利用し暖房費用の削減を図るシステムとして事業化できる見通しである。

(c) 住宅における太陽エネルギー利用拡大技術に関する研究開発「太陽熱利用涼空間住宅」

当時の研究開発フェーズでは、ミサワホームにおける試行販売期間(事業化フェーズ)の後、正式販売に取り組む計画を立てたが、その後ZEH支援事業が始まり、太陽光発電システムの普及が進む一方、太陽熱利用市場は好転していない。また、本事業内で研究開発に取り組んだカスケードソーラータイプの集熱に関しては、現時点において一次エネルギー消費計算やZEH判定に反映できていないため、事業化の見通しが立っていない。従って、現状(株)LIXILとしては開発をストップしている状況である。

研究開発項目④「太陽熱活用システムの実住宅での評価」

(a) 太陽熱エネルギー活用型住宅の地域別実証

このシステムは平成23年度及び平成25年度の事業「全館空調方式戸建住宅の太陽熱利用に関する研究開発」において50%以上の省エネを確認し、基礎技術は確立している。本研究開発を通して、

地域特性を考慮した設計、施工に基づく実証住宅を建設し、削減率 50%以上を確認できた。この結果を踏まえ、商品化、普及を図る。

(b) 太陽熱フル活用型住宅の地域適合化に関する研究開発

現行の空気式集熱システムをベースにして、太陽熱をフル活用する新技術を総合して、暖房・冷房・給湯エネルギー75%削減を目指す商品として太陽熱冷房を除く、事業化を進めている。

2. 実用化・事業化に向けての取り組み

研究開発項目①「高性能断熱材の開発」

自社商品および設備機器製造メーカーに対してのサンプル提供等に取り組む計画である。

研究開発項目②「高機能パッシブ蓄熱建材の開発」

住宅メーカー等に対してのサンプル提供等に取り組む計画である。

研究開発項目③「戸建住宅用太陽熱活用システムの開発」

(a) 太陽熱フル活用型暖房・冷房・給湯・マネジメントシステムに関する研究開発

既存の販売店ネットワークを生かして販売する取り組みを進める。

(b) 全館空調方式戸建住宅の太陽熱利用に関する研究開発

FHA(全国の工務店ネットワーク)を通じた、設計施工技術の共有化や、FHAによる、全国のモデルハウスへの導入、及び普及・展開等に取り組んでいく。

(c) 住宅における太陽エネルギー利用拡大技術に関する研究開発

このような集熱方式についての JIS 化を見据え、(一社)ソーラーシステム振興協会で JIS 案を作成する WG がスタートしており、ミサワホームも参加の上、早期に一次エネルギー消費計算や ZEH 判定に反映できるように取り組んでいる。JIS 化への道筋を踏まえ、ミサワホームでは改めて商品化を目指している。

研究開発項目④「太陽熱活用システムの実住宅での評価」

(a) 太陽熱エネルギー活用型住宅の地域別実証

FHA(全国の工務店ネットワーク)を通じた、地域特性を活かした太陽熱活用型住宅を作製するための設計・施工マニュアル作成、設計施工技術の共有化や、FHAによる全国のモデルハウスへの導入、及び普及・展開等に取り組んでいく。

今回の実証で真空断熱材は住宅の壁へ使用された。施工上の課題として、真空断熱材は尺モジュールであり、メーターモジュール品も必要であること、形状が矩形に限定されるため、斜め壁などでは施工に工夫が必要であること、また、施工後の断熱性能低下をどう確認するかなども課題として

出てきている。耐久性などを含め、実証データを製造者へフィードバックを行ない、普及に繋げていく。

(b) 太陽熱フル活用型住宅の地域適合化に関する研究開発

既存の販売店ネットワークを生かして販売する取り組みを進める。

実証で用いた真空断熱材は建具に加工して使用したが、その加工性や熱橋の問題、コストが課題として出ている。パッシブ蓄熱建材の課題も含めて、実証で得られたデータ等を製造者へ提供し、各製造者と情報交換を実施することで、今後の製品改善に向けたフィードバックを行なっている。

研究開発項目毎の成果

(a) 太陽熱エネルギー活用型住宅（新築）の地域別実証

1. テーマの目的（必要性）

本事業は既に販売実績のある省エネルギー住宅「高断熱・高気密＋個別送風ファン方式の全館空調システム：MaHAt システム」に太陽エネルギー利用を付加したシステムの設計を目的としている。全国の気象条件の異なる地域に実証住宅を建設し空調給湯エネルギーを半減できる可能性を実証する。

【社会的背景】

太陽熱エネルギーの利用は太陽熱温水器、ダイレクトゲインの活用などの形で家造りのアイデアとして使われている。

これらの再生可能エネルギーの利用は、今後の住宅にとって重要な要素である。しかし、従来の太陽熱利用の仕組みで使用される装置は複雑であり、コスト的にも高額なものとなっている。あるいは非常に簡素で効果の少ないものである。

住宅の省エネ化が叫ばれる近年、高気密・高断熱住宅など高品位な建物に相応しい太陽熱利用システムが見受けられない。高効率で、かつリーズナブルな価格の太陽熱利用システムの開発が必要である。

一方、国土が細長く伸びる日本に於いては、地域により気象条件が異なり、住宅のエネルギー消費も大幅に変わる。各地の気象条件に適応した太陽熱エネルギー利用システムの開発が必須である。

2. テーマの要旨

太陽熱エネルギーなどを有効に利用するためにはエンタルピーの小さな自然エネルギーを含め活用する必要がある。小型多数送風機を利用した小温度差・大風量による全館空調システムと太陽熱エネルギーの利用を組み合わせた「太陽熱エネルギー活用省エネルギー住宅・設備システム」を提案する。

このシステムは H23 から H25 の 3 年間に渡り、名古屋地区の実験住宅に於いて、実用化の研究を行い、50%以上の省エネを確認し、すでに基礎技術は確立している。

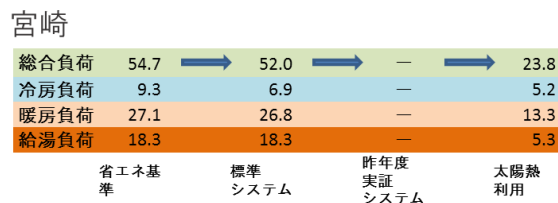
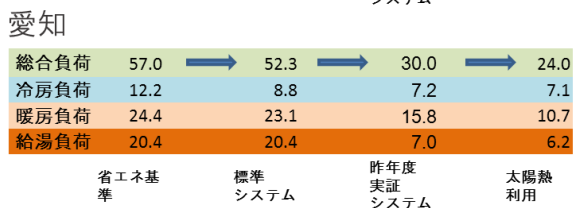
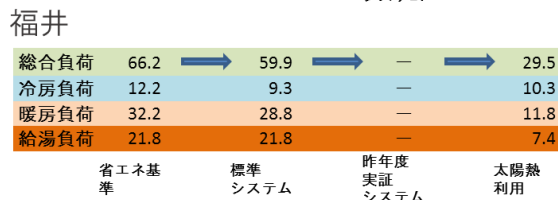
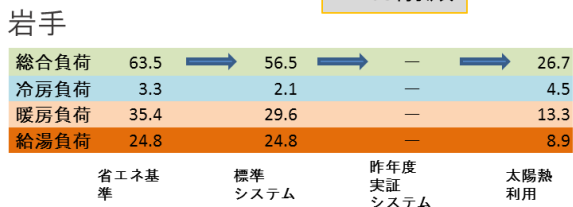
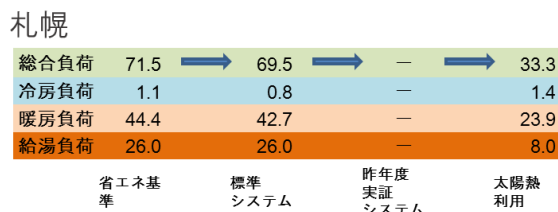
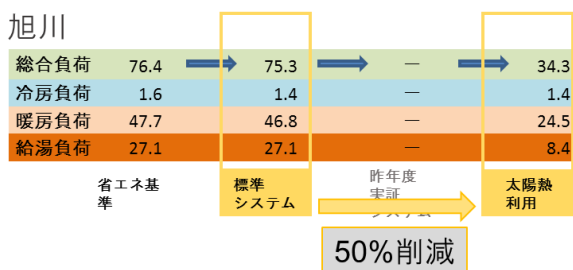
さらに商品化へ向け洗練されたシステムの開発を行う。商品化へ向け簡略化した低コストシステムの開発。全国の気候区分に適用した実証住宅を建設し、システムの有効性の検証。商品化へ向けた課題の有無の確認を行う。

3. テーマの目標

既に販売している標準システムから1次エネルギー換算で50%以上の削減を目標とする。今回の事業にあたっては、前年までの実験結果から地域別に基本仕様を設定し（表1）、太陽熱利用（ダブルスキンと太陽熱温水システム）により各地域で標準システムから空調用（暖冷房）と給湯用の熱負荷を目標値（図1）まで削減できることをシミュレーションにより確認した。なお、断熱仕様は太陽熱利用の有無に係わらず、それぞれの地域では同じ条件とした。この仕様を基に提案者それぞれが地域特性を考慮した設計、施工の課題を検討して削減率50%以上を目標とする実証住宅を設計、建設、検証する。その結果を踏まえて住宅モデルについて全国の多様な気候に応じた、多様な住まいと住まい方を示す。

● 表1 地域別の建築仕様

気候区分（地域）		1	2	3 (復興特区)	5	6	7
断熱仕様	屋根	アイシネン 300 mm		アイシネン 200 mm			
	外壁	アイシネン 120 mm 吹付け（充填） ポリスチレンフォーム 3種 50 mm（外張り）		アイシネン 80mm 吹付け（充填） ポリスチレンフォーム 3種 50 mm（外張り）			
	基礎	アイシネン 100 mm 吹付け （外張り断熱併用）		アイシネン 100 mm 吹付け			
ダブルスキン （開口部）	内側	トリプルガラス					
	外側	トリプルガラス		ペアガラス		シングル	
	開口面積	18 m ²				11 m ²	9 m ²
太陽熱温水 システム	集熱面積	23 m ²	20 m ²		15 m ²		
	貯湯容量	600 /				400 /	



冷房：27℃ 暖房：20℃ 温湿度予測ツールTHERB
給湯：4人家族 住宅・住戸の省エネルギー性能判定プログラム


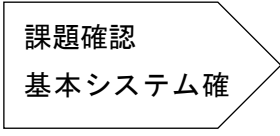
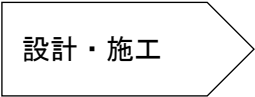

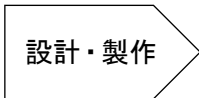

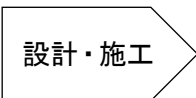

図 1 負荷削減効果試算[GJ]

●実証住宅の住宅設計コンセプト

気候区分	予定地	地域の設計方針
1	北海道 旭川市	寒冷地のため暖房給湯アクティブソーラーで使用する太陽熱集熱パネルについては真空ガラス、選択透過膜採用など、効率的な機器を比較検討して選定する。広く明るい住宅が好まれ、ダブルスキン、ダイレクトゲインは導入しやすい。十分な断熱性能を確保し、日射を取り入れるためのダブルスキン、ダイレクトゲインの面積を十分に確保する他、集熱のためのトロンブウォールを採用し取得エネルギーを確保する。
2	北海道 札幌市	雪の多い札幌市にはベランダは向かないが、明るいダブルスキン(サンルーム)は好まれる。積雪を考えると太陽熱温水パネルは80度の設置角度が必要になり、最適な角度を確保するのは難しい。このため開口部との取り合いを工夫し、鉛直面(外壁面)へ設置する。パネルの角度としては不利になるが、雪面からの反射を期待できる。また、よりトロンブウォールによる集熱を考慮した設計を行う。
3	岩手県 盛岡市 (復興特区)	雪の影響を懸念される。太陽光発電を例にすると12月から3月頃までは積雪により効率が大幅に落ちる。(冬期の日積算水平面全天日射量の平均4,150[W/m ² ・day])太陽熱温水パネルでも同じように効率低下することが予想されるため、積雪対策を含め寒冷地仕様の機器を選定する。また、集熱を確保するためダブルスキン、ダイレクトゲインには十分な面積を、さらに集熱量を確保するトロンブウォールを採用する。
5	福井県 福井市	住宅の設計には福井間(ふくいま)と呼ばれる独特のモジュール(940mm)が一般に使われ、広い住宅が好まれる。降雪はあるが重く湿った雪のため、すぐに落ちてしまう。このため屋根面への積雪はあまり問題にならない。地域的に日射量が少なく(冬期の日積算水平面全天日射量の平均3,250[W/m ² ・day])、また、基本プランに比べ床面積が増えることから、集熱量を確保するため屋根は最大限の面積が取れる片流れとして太陽熱温水パネルの面積を確保する。ダブルスキン、ダイレクトゲインは構造上可能な限り広い面積を確保し、加えて外壁面を有効に利用したトロンブウォールで集熱した空気をダブルスキンへ循環させ、集熱量を確保する。
6	愛知県 春日井市	建設地は工場が多く立地する地域に囲まれている。人口密集地でもあり、ダブルスキンは有効に利用できるが、空気質を保つ換気システムの仕組みを導入する。また、伝統的な住宅が好まれる地域で、コストは高めになる傾向があるが、空調システムを含め住宅全体のコストのバランスを検討して設計を行う。
7	宮崎県 宮崎市	晴天率が高く、十分に日射が確保できる宮崎市では効率的な太陽熱利用が見込まれる。地理的に目の前に日向灘が広がり、夕方、海へ向う陸風を取り入れる大きな窓が好まれる。これは夏を快適に過ごす工夫だが、日差しへの対策が重要になる。庇や植栽(落葉樹)の利用など、日射への対策を行う。

4. テーマの計画、研究内容

(1) 研究日程

	H26 年度	H27 年度
1) 暖房給湯アクティブソーラーシステムの実用化研究		
2) 太陽熱取得部位の地域別の最適設計と効果検証		
3) 暖房給湯アクティブソーラーシステムの地域別の最適設計と効果検証		
4) 高性能断熱材、高機能蓄熱建材の施工研究		

(2) 研究内容

このシステムではパッシブシステムとアクティブシステムで集熱した太陽熱エネルギーを給湯、および暖房の熱源として利用する。具体的には給湯暖房のための太陽熱温水パネルダブルスキン、ダイレクトゲインで構成される。

● 冬期の暖房負荷軽減の考え方

冬期には太陽熱集熱部位で得られた熱エネルギーを空気循環により建物全体へ配熱、蓄熱することで暖房負荷を削減する。これに加えて太陽熱温水システムで集熱した熱エネルギーから給湯を除いた余剰熱量を空調ユニットの熱源として使用し、暖房負荷をさらに削減する。

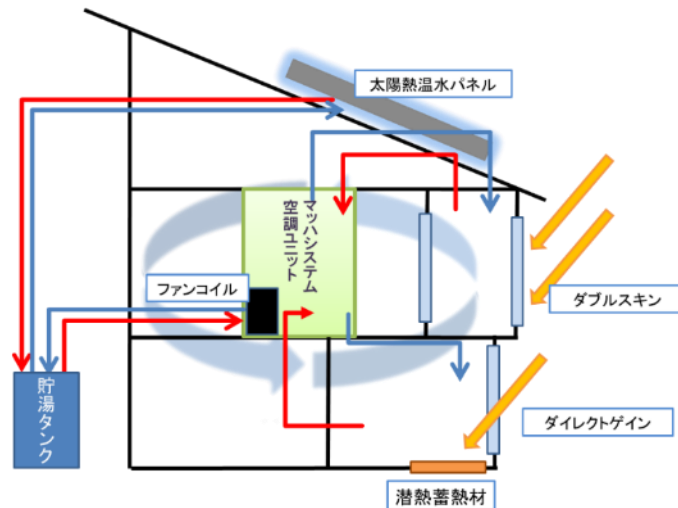


図 冬期の暖房負荷軽減

● 夏期の冷房負荷軽減の考え方

ダブルスキンは庇、袖壁により十分な日射遮蔽が確保されるため、冷房負荷軽減に寄与する。なお、外側のスキンは開放して利用する。

ダイレクトゲインは冷房負荷を増大する可能性があり、庇、オーニングなど日射遮蔽により軽減を図る。

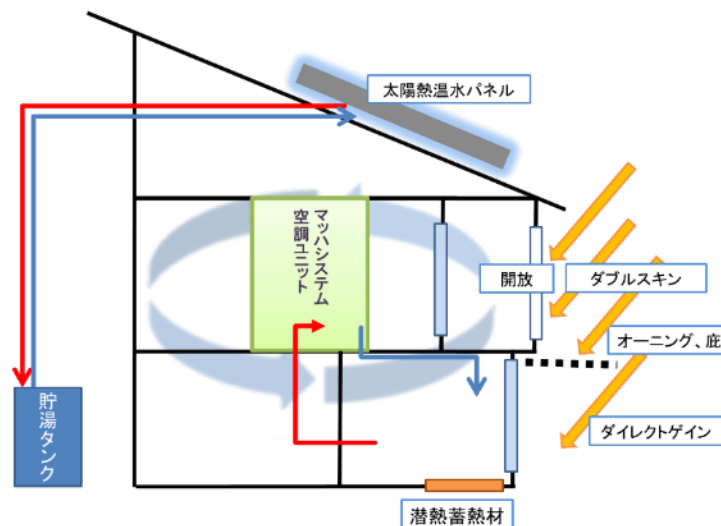


図 夏期の冷房負荷軽減

これらの点を考慮して本事業は以下の項目で実施する。

1. 暖房給湯アクティブソーラーシステムの実用化研究
2. 太陽熱取得部位の地域別の最適設計と効果検証
3. 暖房給湯アクティブソーラーシステムの地域別の最適設計と効果検証
4. 高性能断熱材、高機能蓄熱建材の施工研究

それぞれの項目の各年度の実施内容を下表に示す。

【実施計画】

項目	平成 26 年度	平成 27 年度
1) 暖房給湯アクティブソーラーシステムの実用化研究 (株式会社 FH アライアンス)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 市販機器の調査 ・ 空調ユニットのシミュレーションによる気流、及び温度分布解析 ・ 空調ユニットの設計 ・ 基本システムの設計 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実測を通じたシステムの課題の確認 ・ 基本システム確立
2) 太陽熱取得部位の地域別の最適設計と効果検証 (住宅会社各社、九州大学)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地域別の実証住宅の設計、施工住宅の熱性能解析、取得エネルギーのシミュレーション ・ 冬期データの測定 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 夏期データの測定と解析 ・ 実証住宅の熱性能評価 ・ 実用化へ向けての改良
3) 暖房給湯アクティブソーラーシステムの地域別の最適設計と効果検証 (住宅会社各社、九州大学、FH アライアンス)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地域別の暖房給湯アクティブソーラーシステムの設計 ・ 効果検証 (冬期データの測定) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実証住宅での空調ユニットの気流、温度分布の実測と解析、評価 ・ 効果検証 (夏期データの測定と解析) ・ 各要素技術、及び住宅会社での省エネルギー効果の算定太陽熱温水 ・ 広範囲の気象区分に於ける住まいと住まい方の取りまとめ
4) 高性能断熱材、高機能蓄熱建材の施工研究 (住宅会社各社、九州大学、FH アライアンス)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高性能断熱材、高機能蓄熱建材の施工検討と施工 ・ 冬期データの測定 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 夏期データの測定と解析

1. 暖房給湯アクティブソーラーシステムの実用化研究

(株式会社 FH アライアンス)

本公募事業において設計する太陽熱利用システムは MaHAt システムとパッシブ、アクティブを併用したソーラーシステムとなる。これは従来一般的な太陽熱利用システムよりやや複雑になる傾向にあるが、すでに市販されている量産品の利用、システムの簡易化により使い勝手の良い設計を目指す。市販機器の調査を行い、寒冷地、温暖地など地域別に必要される機能、性能、施工性を考慮するとともに、10年後、15年後のシステムの更新にも配慮した基本システムの設計を行う。

本システムでは空調ユニットに設置された家庭用ヒートポンプ式エアコン（一台）とファンコンベクター（太陽熱温水利用）を熱源として冷暖房を行い、個別送風ファンにより各室に送風する。各室からは廊下、階段室を通して再び空調ユニットへ循環する。空調ユニット内では循環する空気、給気、ファンコイル、エアコンから噴出された冷温風が適切にミキシングされることが効率、快適性の面から不可欠である。空調ユニットの構造をシミュレーション、および実測により気流の流れ、温度分布を解析し、適切な空調ユニットの設計を検討する。また、ここで得られた成果は基本データとして設計・施工マニュアルなどへ反映する。

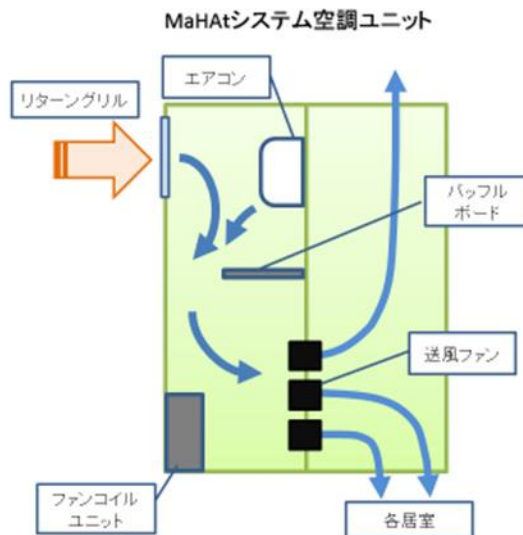


図 MaHAt システム空調ユニット

2. 太陽熱取得部位の地域別の最適設計と効果検証

(住宅会社各社、九州大学)

ダイレクトゲインから得られた熱はMaHAtシステムにより、住宅内を大風量で空気を循環することで住宅全体に配分することができる。配分された熱は躯体に蓄熱され、室温に近い温度まで利用されるため、結果としてエアコンの暖房負荷が低減される。より多くの太陽熱を住宅内に取り入れるため、地域性を考慮した平面計画、断面計画、断熱気密性能、開口部（壁付窓、サンルーム、天窓等）について検討する。

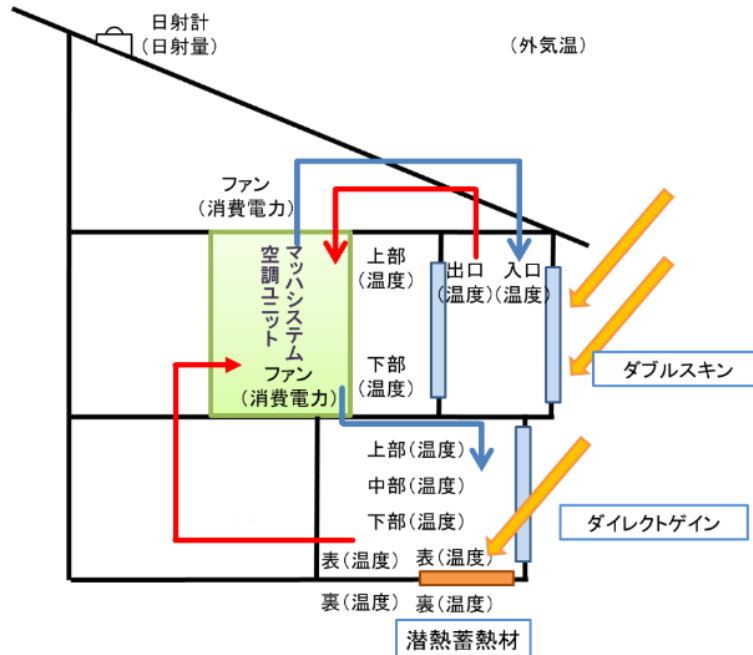


図 太陽熱集熱部位、日射量の測定内容

3. 暖房給湯アクティブソーラーシステムの地域別の最適設計と効果検証

(住宅会社各社、九州大学、FH アライアンス)

気象条件など、地域性を考慮した実証住宅へ適応した暖房給湯アクティブソーラーシステムの設計と実測により効果を検証する。

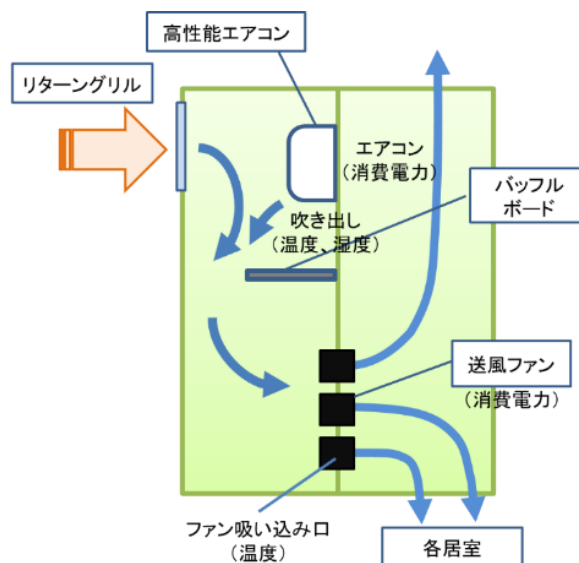


図 空調ユニットの測定内容

4. 高性能断熱材、高機能蓄熱建材の施工研究

(住宅会社各社、九州大学、FH アライアンス)

住宅各社の施工技術を活用して施工を行い、施工性や効果、問題点の有無を検討する。

高性能断熱材は同等性能の断熱材比べて、約半分の厚みとなるため、既存の断熱材との収まりや施工性を確認する。施工箇所は2面以上の外壁に接し、面積が比較的狭く高性能断熱材による影響の確認しやすい部屋を予定している。施工箇所、および既存の断熱仕様の壁面の外気側、室内側の温度を測定、比較検討を行い、高性能断熱材を利用する効果を計算と比較する。測定箇所について以下の図に示す。

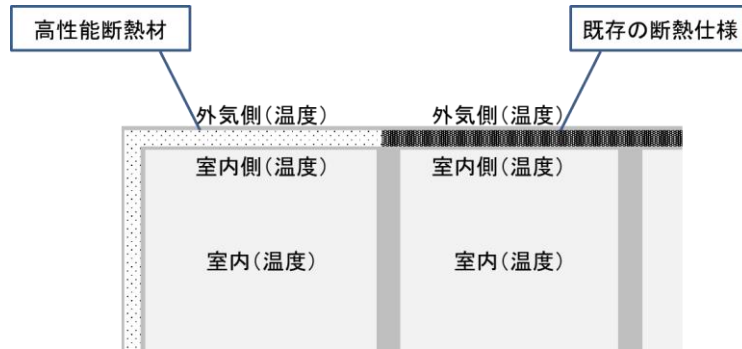


図 高性能断熱材の測定内容

高性能パッシブ蓄熱建材はダイレクトゲインから得られた熱エネルギーの蓄熱効果が期待される。冬期の日射を考慮して開口部周辺の床面に施工する。施工箇所、および通常の床面の表面、裏面の温度（熱量計を予定）を測定、効果を検証する。夏期についてオーバーヒートの可能性の有無について検討する。測定箇所について以下の図に示す。

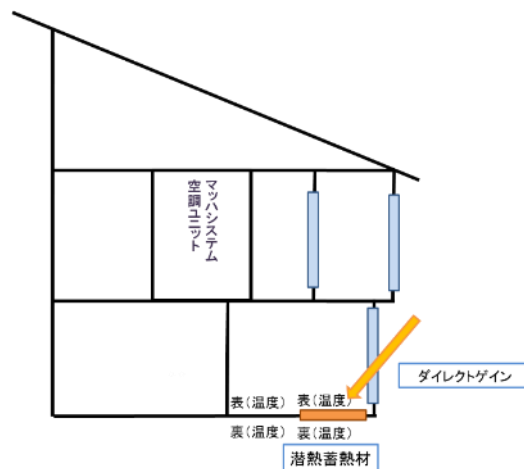


図 高性能パッシブ蓄熱材の測定内容

1.1 実証住宅の熱環境に係わる測定内容

測定内容、条件の全体について以下に示す。

1. 実証住宅の測定内容

実証住宅の熱環境を測定することにより、以下の内容について検討する。

1) 暖冷房用消費エネルギー

分電盤にパワーメーターを設置して、空調機器の消費電力を測定する。

2) 給湯用消費エネルギー

分電盤にパワーメーターを設置して、電気温水器の消費電力を測定する。ガス給湯器を使用する場合は、ガス給湯器に流出入する水の温度と流量を測定して、加熱量からガス消費量を計算する。

3) 冬季・夏季・中間期の室内温湿度分布

各居室の温湿度を測定し、建物内の温湿度分布を確認する。特に、冬季は日射熱取得に起因するオーバーヒートの緩和や各室への配熱効果、夏季は日射遮蔽効果について明らかにする。

4) 空調ユニット内の空気の混合状態

空調ユニットに流入する外気と還気、空調機吹出し空気、および空調ユニットからの給気空気の温度を測定して、空気温度の混合状態を確認する。また、CFD 解析の結果と照合して、空気の混合方法（風切り板等の仕様）について検討する。

5) ダブルスキンの集熱効率

ダブルスキンへの入射日射量と、ダブルスキンに流出入する空気の温度と流量を測定して集熱効率を求める。

6) 太陽熱温水システムの集熱効率

太陽熱温水システム（ソーラーコレクター）への入射日射量と、ソーラーコレクターに流出入する水の温度と流量を測定して集熱効率を求める。

7) 太陽熱温水システムの貯湯量

太陽熱温水システム（貯湯タンク）に流出入する熱媒および水の温度と流量、貯湯タンクの水温を測定して蓄熱量と給湯量を求める。

8) 太陽熱温水システムの暖房寄与率

ファンコンベクターからの吹出し空気の温度と流量（あるいはファンコンベクターに流出入する熱媒の温度と流量）を測定して、太陽熱温水システムの暖房への寄与率を求める。

9) 外気冷房（あるいはナイトパージ）

ダブルスキンから空調ユニットへ外気を送風することにより、夏季は外気冷房やナイトパージの効果を検討する。

2. 測定条件

以下の測定条件（空調、空気循環などの条件）を組み合わせることにより、実証住宅の熱性能を明らかにする。

測定地域	旭川, 札幌, 岩手, 愛知, 福井, 宮崎
測定期間	冬季, 夏季, 中間季
空調条件	冬季・夏季において自然状態および空調状態
空気循環方式	定風量および変風量
空調ユニット設定温度	22°C, 24°C, 26°C (室内温度分布への影響)
各室の空気循環量	変風量の場合は設定温度により空気循環量が変化する
ダイレクトゲイン空間の空気循環	有・無
ダブルスキン空間の空気循環	有・無
外気冷房	有・無
ファンコンベクターの使用	有・無

5. 研究開発の成果

1. 暖房給湯アクティブソーラーシステムの実用化研究

空調ユニット内の気流、温度分布予測と実測結果より、空調ユニット室内の循環空気とエアコン吹出空気の混合が均一になるよう気流制御板の設計を含めた基本設計を行い、最適空調ユニット設計を行った。実証住宅建設地の日射量、気温等の気象条件を考慮したシミュレーション結果に基づいて、市販機器の選定を行った。太陽熱集熱パネルについては各地実証住宅で集熱に十分な面積を得られる機器の選定を行うとともに、寒冷地（旭川、札幌）では必要とされる集熱面積の他、対策として集熱効率が高い真空管式、また放熱を抑える選択吸収膜採用のパネルを選定し、十分な集熱が得られることを実証した。暖冷房に使用するエアコンについては、地域の気候特性、実証住宅の断熱性能に基づいて十分な暖冷房能力を満たす機器の選定を行った。実証を通して 24 時間の連続運転の全館空調システムでは、地域性による機器の課題が確認された。これたらの点については事業化に向けて更に機器の選定を進める。

地域	集熱器		
	メーカー	型番	仕様 (台数)
旭川	Värmebaronen AB社製 (スウェーデン)	Solar Panel K2 Plus	2.25m ² (8台)
札幌	Värmebaronen AB社製 (スウェーデン)	Solar Panel K2 Plus	2.25m ² (8台)
岩手	チリウヒーター株式会社	CSC2C	2m ² (10台)
福井	チリウヒーター株式会社	CSC2C	2m ² (10台)
愛知	チリウヒーター株式会社	CSC2C	2m ² (6台)
宮崎	チリウヒーター株式会社	CSC2C	2m ² (8台)

表 使用機器 (集熱パネル)

地域	エアコン		能力[kW]	
	メーカー		暖房	冷房
旭川	日立	RAS-EK40F2(W)	5.3	4.0
札幌	ダイキン	F40STAXP-W	5.0	4.0
岩手	ダイキン	D Xシリーズ 1 4 畳用 S40RTDXP-W	6.0	4.0
福井	三菱	MSZ-HXV404S	6.0	4.0
愛知	ダイキン	F36RTAXS-W	4.2	3.6
宮崎	ダイキン	F Xシリーズ S40RTFXP-W	5.0	4.0

表 使用機器 (エアコン)

2. 太陽熱取得部位の地域別の最適設計と効果検証

九州大学尾崎研究室において、実証住宅それぞれの地域ごとに、気象条件、住宅性能、居住者の住まい方を基にシミュレーションにより、削減条件を達成するため必要な集熱部位（ダイレクトゲイン、ダブルスキン）を確保するよう各実証住宅の設計を行った。寒冷地、および冬期日射量の少ない地域については、トロンブウォールを集熱部位として加え、集熱面積を確保して十分な集熱量を得られる設計とした。

地域別に実証住宅の設計を行い、実証住宅の熱性能解析、取得エネルギーのシミュレーションを行い、冬期・夏期のデータを取得し、各実証住宅における熱性能評価を行った。（各住宅の太陽熱利用による省エネルギー効果については後述）

実用化についての課題はイニシャルコストの低減と太陽熱利用機器の普及推進と考える。

		新築					
		旭川	札幌	岩手	福井	愛知	宮崎
気候条件	省エネ地域区分	1地域	2地域	3地域	5地域	6地域	7地域
	冬期日射量区分	H2	H2	H3	H1	H5	H3
	年間日射量区分	A2	A2	A2	A3	A4	A4
建物条件	延床面積[m ²]	121.3	118.7	127.02	149.4	118.4	115.5
	ダブルスキン面積	5.4	11.0	6.5	13.5	11.6	9.0
	トロンブウォール面積	9.0	0.0	2.6	3.0	0.0	0.0
	ダイレクトゲイン面積	15.2	13.9	16.3	6.3	8.4	8.1
	開口面積 合計[m ²]	29.6	24.9	25.4	22.8	20.0	17.1
	外皮等面積合計[m ²]	320.0	344.0	393.4	461.1	360.5	350.9
	Q値 (基準値)	1.26 (1.60)	0.93 (1.90)	1.01 (2.40)	1.12 (2.70)	1.07 (2.70)	1.08 (2.70)
	U _A 値 (基準値)	0.36 (0.46)	0.21 (0.46)	0.27 (0.56)	0.28 (0.84)	0.27 (0.87)	0.26 (0.87)
ηA値 (基準値)	2.56 (-)	2.07 (-)	2.02 (-)	2.61 (3.0)	2.13 (2.8)	1.72 (2.7)	
太陽熱温水システム	集熱面積[m ²]	16.0	16.0	20.4	20.0	12.0	16.0
	貯湯量[L]	460	460	370×2	370×2	300×2	370×2

表 実証住宅の建築概要

● 効果検証

2015年2月より冬期データの実験を開始、2016年5月より夏季データの測定を実施した。実験では、空調条件、空気循環、パッシブ暖房、アクティブ暖房（太陽熱集熱パネル→貯湯タンク→FCU）、太陽熱温水貯湯の条件を組み合わせたケースごとに実施した。

実験の実施に伴い各実証住宅の測定状況の確認、また、センサー関係、給湯システムの調整等を実施した。

実験条件として、空調あり/なし、空気循環あり/なし、パッシブ暖房あり/なし、アクティブ暖房あり/なし、太陽熱温水貯湯_給湯器併用あり/なしの5タイプを、冬季においてケース1～6および17～18、夏季においてケース7～16を設定、地域に応じて切り替え時期を調整し実験を実施した。

実験条件

実験条件	実験期間 ※地域による	空調条件	空気循環	パッシブ暖房	アクティブ暖房	太陽熱温水貯湯
ケース18		あり	あり	あり	あり	あり 給湯器使用
ケース17		なし	あり	あり	なし	あり 給湯器使用
ケース16		あり	あり	あり	なし	あり 給湯器使用
ケース15		なし	あり	あり	なし	あり 給湯器使用
ケース14		あり	あり	なし	なし	あり 給湯器使用
ケース13		あり	あり	なし	なし	あり 給湯器使用
ケース12		あり	あり	なし	なし	あり 給湯器使用
ケース11		なし	あり	なし	なし	あり 給湯器使用
ケース10		あり	あり	なし	なし	あり
ケース9		あり	あり	なし	なし	あり
ケース8		なし	あり	なし	なし	あり
ケース7		なし	あり	あり	あり	あり
ケース6		なし	あり	あり	あり	あり
ケース5		あり	あり	あり	あり	あり
ケース4		あり	あり	あり	あり	あり
ケース3		あり	あり	あり	あり	あり
ケース2		なし	あり	あり	なし	あり
ケース1		なし	なし	なし	なし	あり

空調条件 : エアコン

空気循環あり : MaHAt システムを「最大風量H」、全熱交換器を「弱」

パッシブ暖房あり : ダブルスキン、トロンブウォールのファンを「ON」

アクティブ暖房あり : 貯湯タンク側の設定温度を「25℃」、FCU側の設定温度「最大」

太陽熱温水貯湯あり : 貯湯タンクの水を排水

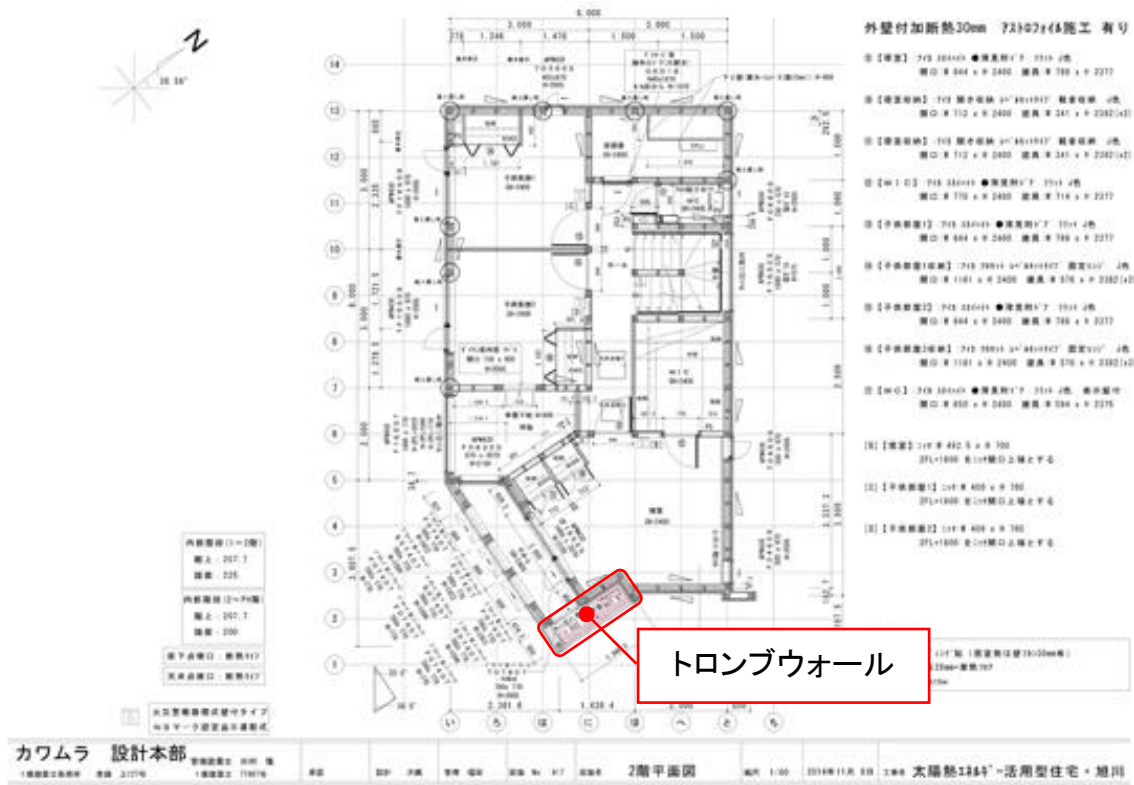
2.1 旭川

地域性を考慮したシミュレーション結果に基づき、実証住宅の設計に際しては十分なダイレクトゲイン、ダブルスキン、トロンブウォールの面積を確保した。集熱効率を上げるため、敷地形状に対して、意匠的に南向きの斜めの壁を設け開口部を配置している。

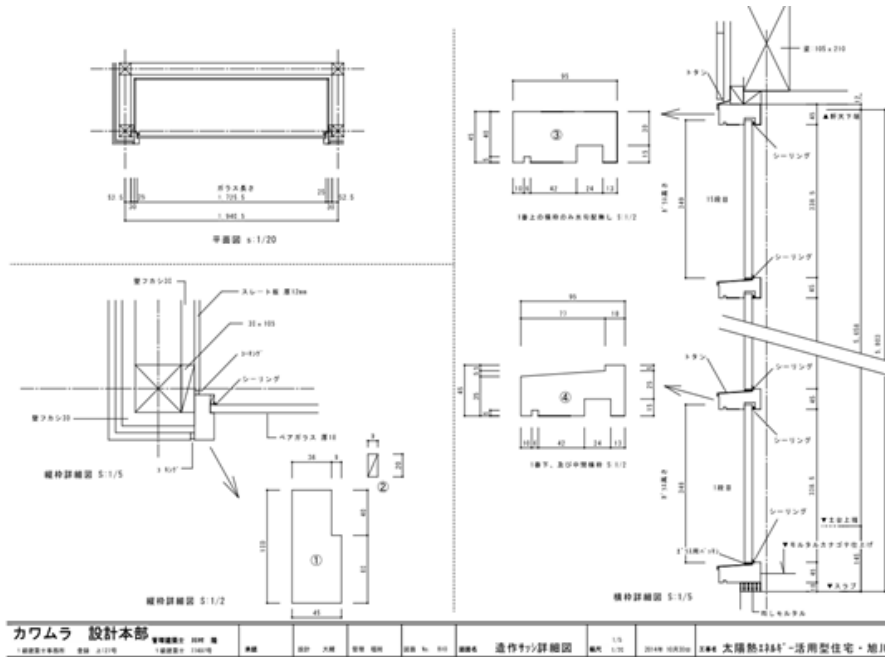
設計段階では特に空調負荷軽減に対する日射量取得を向上させる為にトロンブウォール・ダブルスキンの方角・面積の検討やマッサシステムを利用した空調室までのダクト経路や空調室面積などを十分に検討し、空調負荷軽減に向けて設計を進めて行った。



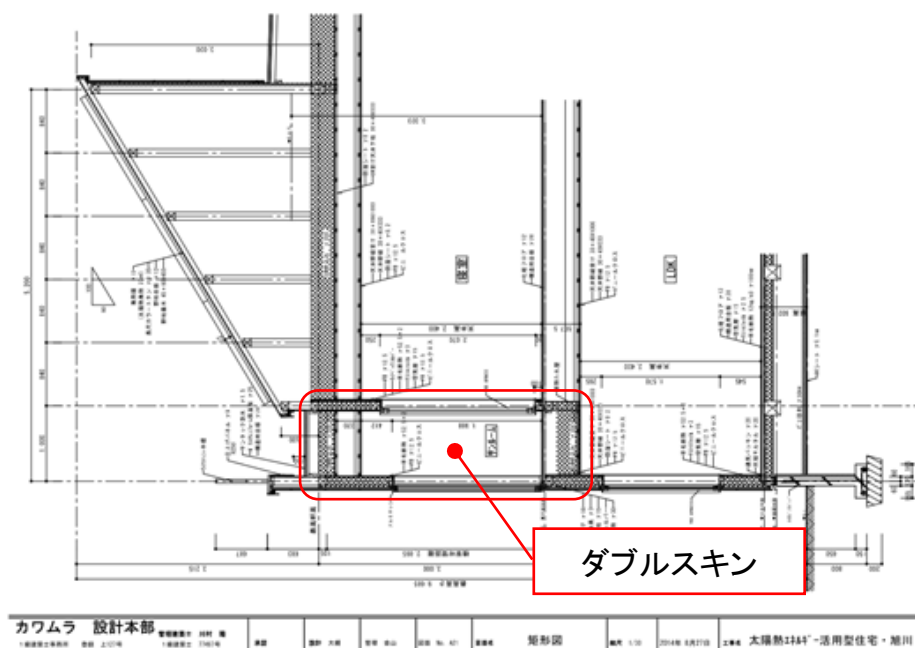
トロンブウォール位置 1階



トロンブウォール位置 2階



トロンブウォール断面詳細図



ダブルスキン断面詳細図

2015年2月より冬期データの実験を開始、測定を実施している。実験では、空調条件、空気循環、パッシブ暖房、アクティブ暖房、太陽熱温水貯湯の条件を組み合わせたケースごとに実施した。

実験計画に基づいて、各太陽熱集熱部位による集熱量、また、暖房負荷の削減効果の検証を実施した。ダイレクトゲイン・ダブルスキンは南向きに配置した為、太陽熱取得の効果も高く暖房負荷軽減に大きく貢献したと考える。

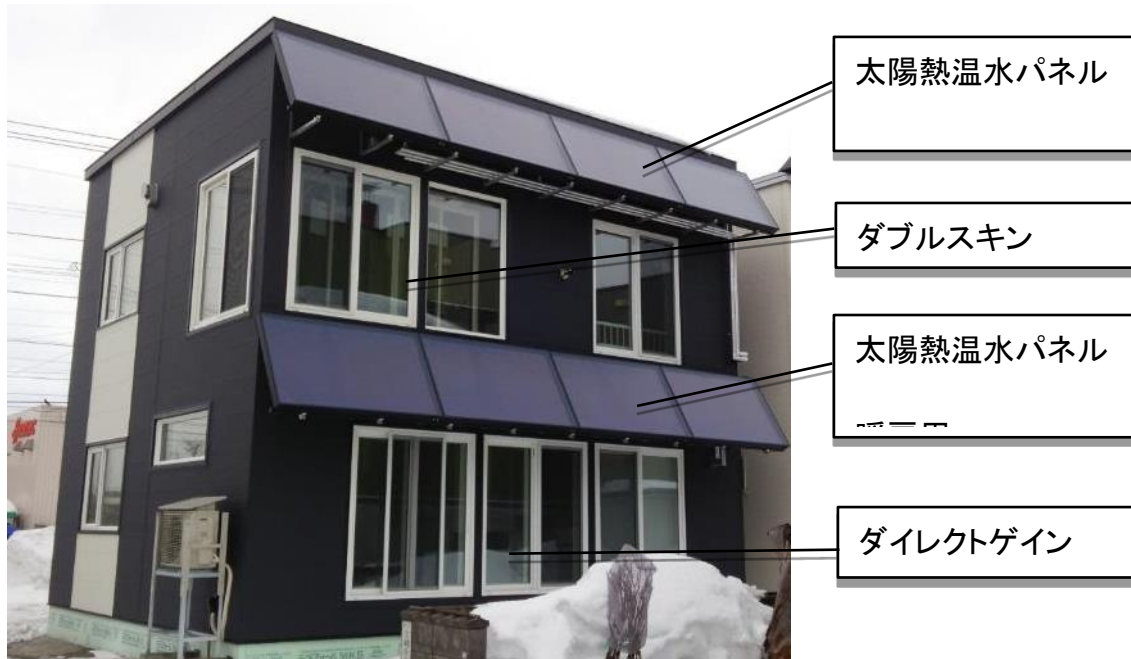
また、トロンブウォールは東向きに配置した為、午前中だけの集熱とはなったが十分に日射があれば集熱できる事がわかったがやはり今後トロンブウォールを設置する場合は南向きが最適であると考えます。

2.2 札幌

雪の多い札幌市にはベランダは向かないが、明るいダブルスキンは好まれる傾向にある。実証住宅では2階南東角の2面の開口部へ集熱、空気循環の専用空間を確保したエアフローウィンドウ型ダブルスキンとした。

シミュレーションによる熱性能解析、取得エネルギーの結果をもとに、地域の年間の日射量や特性を考慮した太陽熱取得部位を検討し製作した。また、集熱した熱エネルギーを効率よく利用する実証用全館空調システムを製作した。なお、降雪への対策や寒冷地対策など地域性を考慮した全館空調システム、太陽熱温水パネルの実施設計を行った。

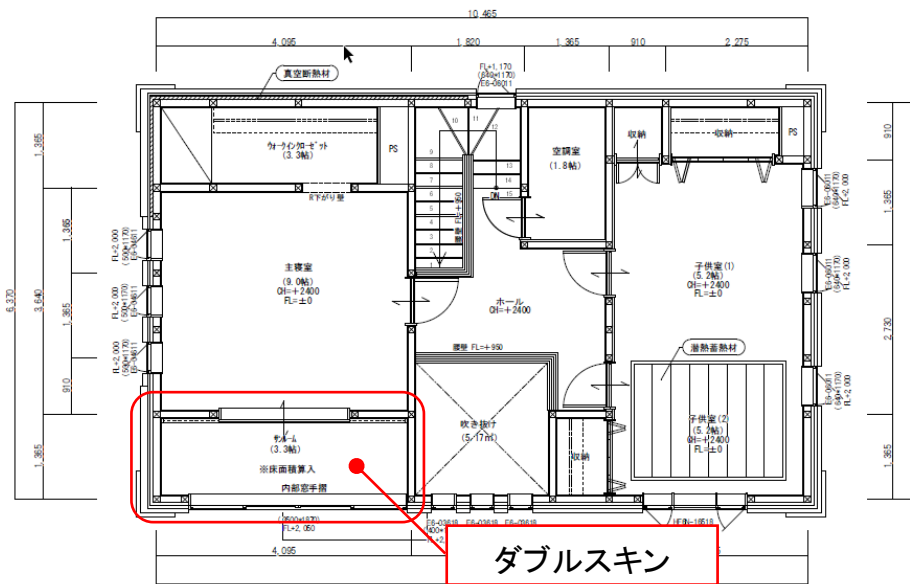
冬期データの測定としては、ダブルスキンへ流入する空気の温度の実測により集熱量を確認した。集熱に関連して日射量の測定を行い、風量については事前に測定を行った。



2.3 岩手

地域の気象条件を考慮したシミュレーション結果に基づき、実証住宅の設計に際しては太陽熱集熱部位として十分なダイレクトゲイン、ダブルスキン、トロンブウォールの面積を確保した。トロンブウォールは南側外壁面へ集熱用と設置した。実証住宅では外壁にレンガ積みを採用し、蓄熱性能の高い煉瓦による蓄熱効果が期待できる為、トロンブウォールで集熱、蓄熱した熱を安定して室内へ循環させる設計とした。ダブルスキンは冬期の集熱空間として利用する他、中間期には室内側の扉を開放し、主寝室へとつながる一体感を持った開放的な空間として設計した。





2階平面詳細図 S=1/50

2.4 福井

福井は、年間日射量が少なく多湿である。その地域性を考慮したシミュレーション結果に基づき、実証住宅の設計に際しては集熱のため十分なダイレクトゲイン、ダブルスキンの面積を確保した。加えて、外壁面を有効に利用したトロンブウォールで集熱した空気を住宅内に循環させ集熱量を確保する設計とした。

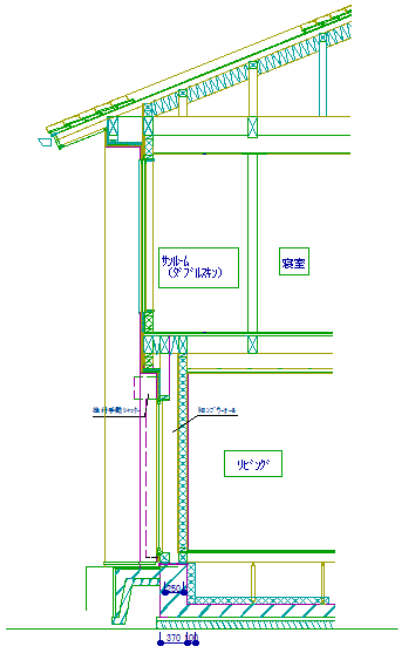
集熱効果をあげるため、ダブルスキン、潜熱蓄熱材を2階に設け、日射が期待できる南側に大開口を配置している。ダブルスキンのサッシは、集熱と断熱を考慮して外側を樹脂サッシペアガラス、内側を樹脂サッシトリプルガラスとし、熱を取り入れやすく逃しにくい構造とした。



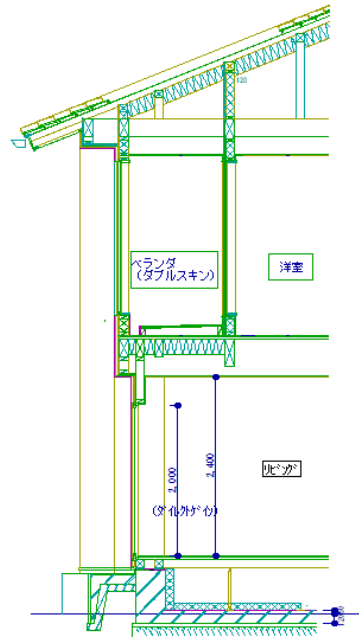
ダブルスキン



トロンブウォール

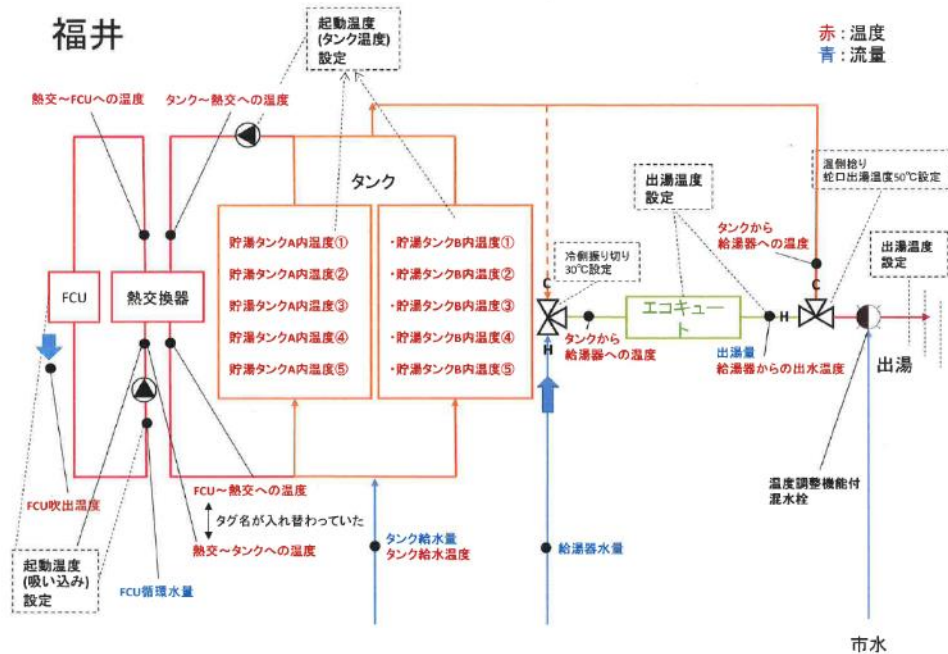


トロンブW-サンルーム切断面
(ダブルスキン)



リビング-ベランダ切断面
(ダブルスキン、タイルトサイン)

2015年2月より冬期データの実験を開始、測定を実施した。実験では、空調条件、空気循環、パッシブ暖房、アクティブ暖房、太陽熱温水貯湯の条件を組み合わせたケースごとに行った。実験計画に基づいて、各太陽熱集熱部位による集熱量、また、暖房負荷の削減効果の検証を実施した。測定系統図、測定点を以下に示す。各測定点のデータより、集熱部位ごとの集熱量を算出した。



測定系統図



写真-1 給湯器



写真-2 ダブルスキン温度

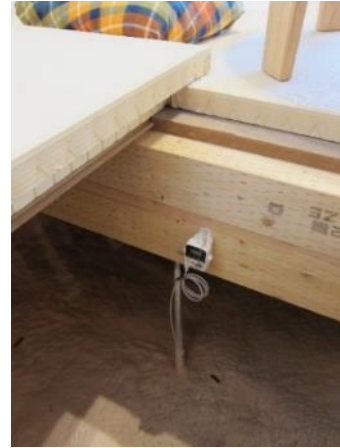


写真-3 床下温湿度



写真-4 リビング温湿度



写真-5 データロガー



写真-6 ダブルスキン

実験結果に基づいて、以下の改修を実施した。

- ・ ケース 17 以降、ダブルスキンの集熱効果を高めるため、日射吸収率の高い暗色系の布を壁に張り、床にはマットを敷きつめた。(写真-6)

2.5 愛知

実証住宅の建設地域は比較的日射に恵まれた地域だが、工場等が多く立地する地域に囲まれている。集熱に十分な面積を確保するとともに、人口密集地でもあり2階に配置したダブルスキンが有効に活用できるよう、空気質を保つ換気システムの仕組みを導入した。また、伝統的な住宅が好まれる地域で、コストは高めになる傾向があるが、換気空調システムを含め住宅全体のコストのバランスを検討して設計を行い施工に反映した。

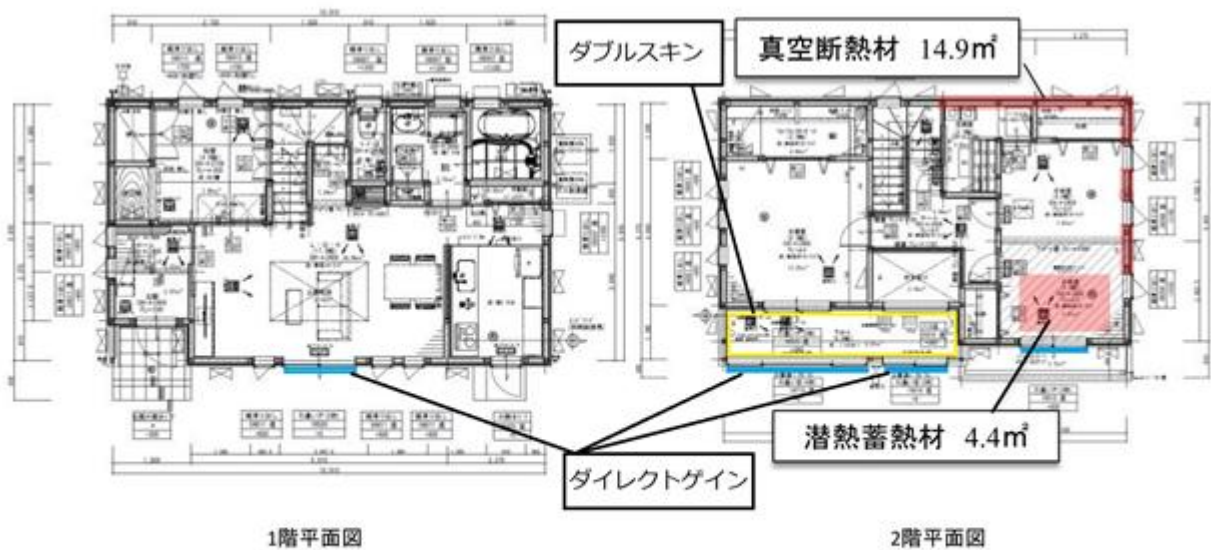


2015年2月より冬期データの実験を開始、2015年5月より夏季データの測定を実施した。実験では、空調条件、空気循環、パッシブ暖房、アクティブ暖房、太陽熱温水貯湯の条件を組み合わせたケースごとに実施した。

実験の実施に伴い各実証住宅の測定状況の確認、また、センサー関係、給湯システムの調整等を実施した。

2.6 宮崎

宮崎は晴天率が高く十分な日射が確保できる地域である。その地域性を考慮したシミュレーション結果に基づき、実証住宅の設計に際しては十分なダイレクトゲインやダブルスキンの面積を確保した。集熱効率を上げるため、ダブルスキン・潜熱蓄熱材を2階に設け、更に道路に近く日射が期待できる西寄りに大開口を配置している。ダブルスキンのサッシは、外側(樹脂サッシペアガラス)・内側(樹脂サッシトリプルガラス)とし、熱を取り入れやすく逃がしにくい構造とした。更に、落下防止手摺はパネルを透明にして、日影となる部分を極力少なくした。



真空断熱材 (仮称)A-VICパネル	熱貫流率	0.22 W/m ² ・K
潜熱蓄熱材 蓄熱フローリング DKPM-20	潜熱蓄熱量	718.1 kJ

2015年2月より冬期データの実験を開始、測定を実施している。実験では、空調条件、空気循環、パッシブ暖房、アクティブ暖房、太陽熱温水貯湯の条件を組み合わせたケースごとに実施している。実験計画に基づいて、各太陽熱集熱部位による集熱量、また、暖房負荷の削減効果の検証を実施した。

3. 暖房給湯アクティブソーラーシステムの地域別の最適設計と効果検証

各実証住宅で選定した市販機器で構成された暖房給湯アクティブソーラーシステムの設計、効果の検証を行った。各地域とも暖房冷房、給湯負荷の十分な削減効果が確認でき、年間を通して 50%以上削減できる可能性を実証した。

実証住宅での外気、各居室、空調ユニットの温湿度、消費電力を J E I M S（ITによる遠隔地データ取得システム）で取得し、九州大学にて解析することで各地域のデータを同時に評価分析した。各地域特有の課題、利点（温暖地でのダブルスキンの有効性、極寒冷地での凍結防止）を他地域含めた今後の普及に役立つデータが取得できた。

各地域では事前のシミュレーションに基づき、各社の地域性に合せた住宅、住まい方に則した設計、施工を行うことができた。

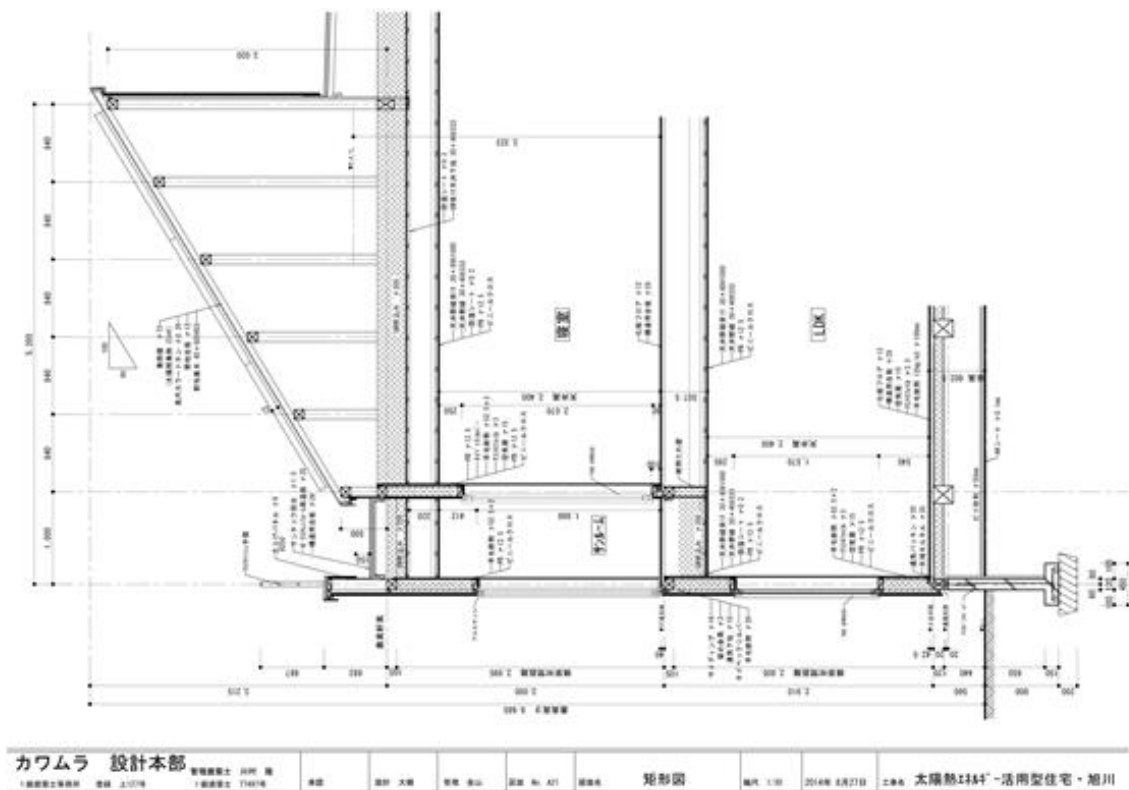
3.1 旭川

シミュレーションの結果より必要とされる集熱パネル面積、貯湯量を確保し暖房給湯アクティブソーラーシステムの設計を行った。

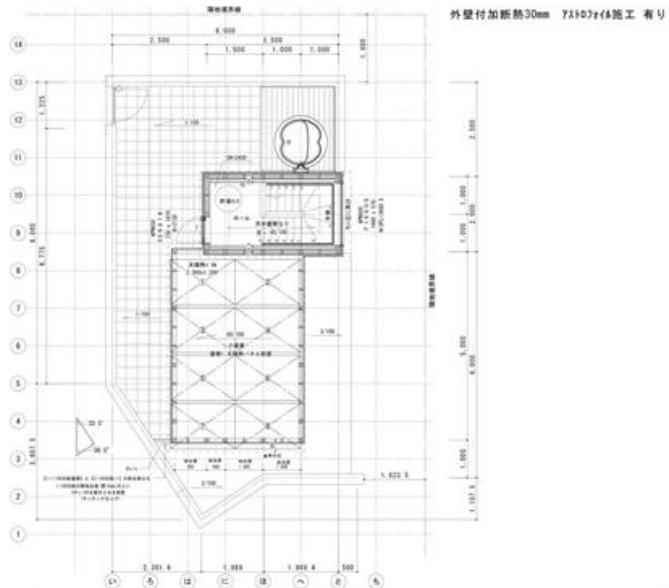
実証住宅の建設地が寒冷地であるため、集熱パネルには寒冷地対応の VARMEBARONEN 社製の K2 プラスモデル 8 枚 16 m²を採用している。このパネルでは熱交換素子の効率がよいことと保有水量が 1 枚あたり多いことが特徴で国内メーカーのうち寒冷地仕様がない為このメーカーを採用した。

凍結対策として不凍液（品番 UPFG10）高濃度タイプを選定している。

貯湯タンクはシミュレーションによる推奨 400ℓ に対して、460ℓ を採用し、また、冬期の貯湯タンクからの熱損失対策として室内設置とした。

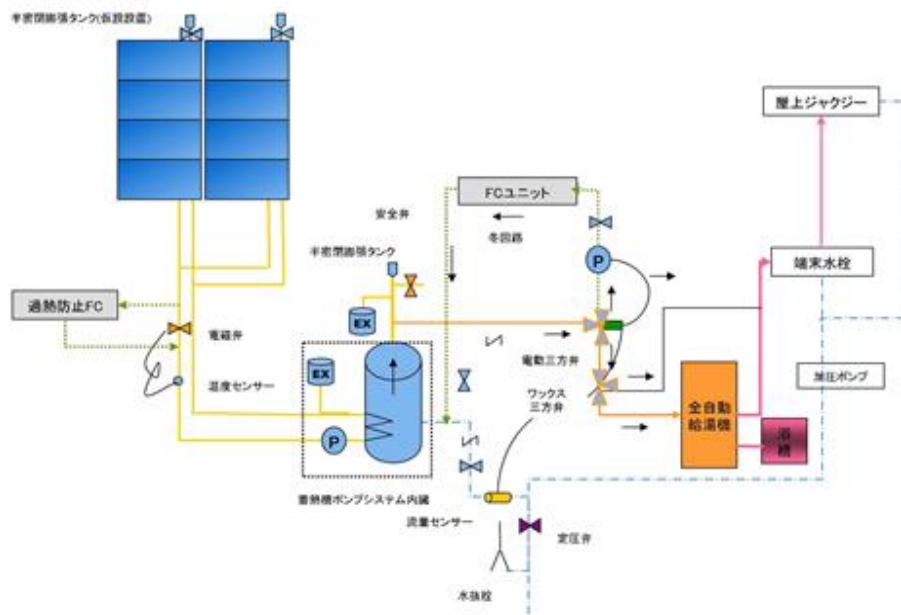


集熱パネル設置断面図



カワムラ 設計本部 建築士事務所 建築士 2014年11月14日 太陽熱1444-活用型住宅・旭川

集熱パネル設置位置図



アクティブソーラーシステム図



集熱パネル設置写真①



集熱パネル設置写真②

積雪対策として、屋根は陸屋根とし、パネルを設置。除雪作業が安全かつ、容易に行えるよう配慮した設計とした。

施工については取り付け架台を屋根足場として使用し安全に留意した。



集熱パネル施工写真①



集熱パネル施工写真②

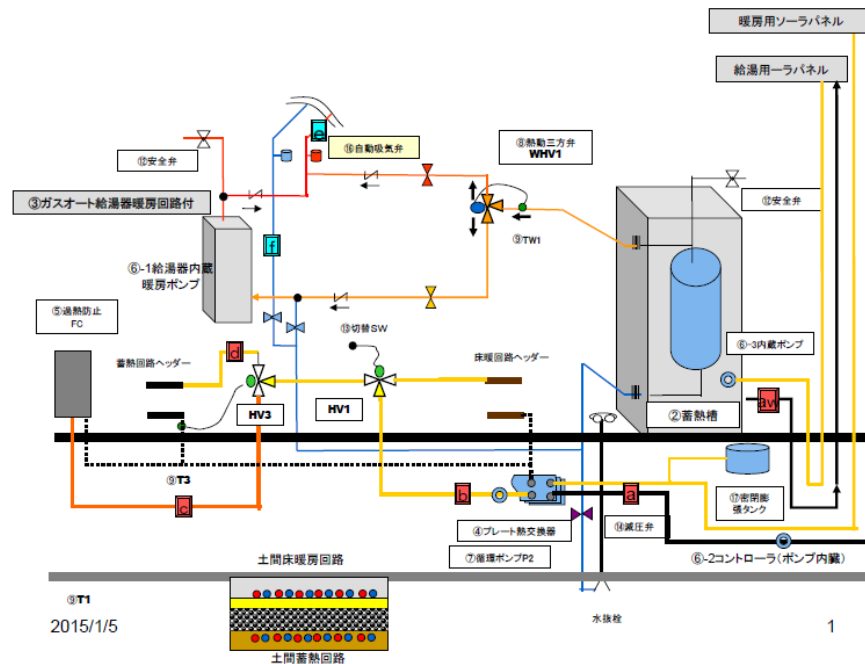
「実験計画」に基づいて、効果検証を行った。年間を通しての太陽熱集熱パネルによる集熱量の検証、また給湯負荷を 69%の削減目標に対し 72%の削減となった。

さらに旭川の集熱パネルには寒冷地対応としてスウェーデン VARMEBARONEN 社製の K2 プラスモデルを採用した。熱交換素子の効率がよいことと保有水量が 1 枚あたり多いことが特徴であった事、蓄熱槽容量を 460 L とした事でかなりの削減効果となった。

3.2 札幌

シミュレーションの結果より必要とされる集熱パネル面積、貯湯量を確保し暖房給湯アクティブソーラーシステムの設計を行った。

実証住宅の建設地が寒冷地である為、集熱パネルには寒冷地対応のスウェーデン VARMEBARONEN 社製を使用し、給湯用 9.6 m²、暖房用 9.6 m²、合計 19.2 m²を採用している。積雪を考えると太陽熱温水パネルは 80 度の設置角度が必要になり、適切な角度を確保するのは難しい。角度は検証・討議の結果 60 度とすることとした。このため開口部との取り合いを工夫し、鉛直面（外壁面）へ設置する。パネルの角度としては不利になるが、積雪面からの反射を期待できる。貯湯タンクはシミュレーションにより 460ℓを採用し、また、寒冷地であるため冬期の貯湯タンクからの熱損失対策として室内設置とした。



アクティブソーラーシステム図



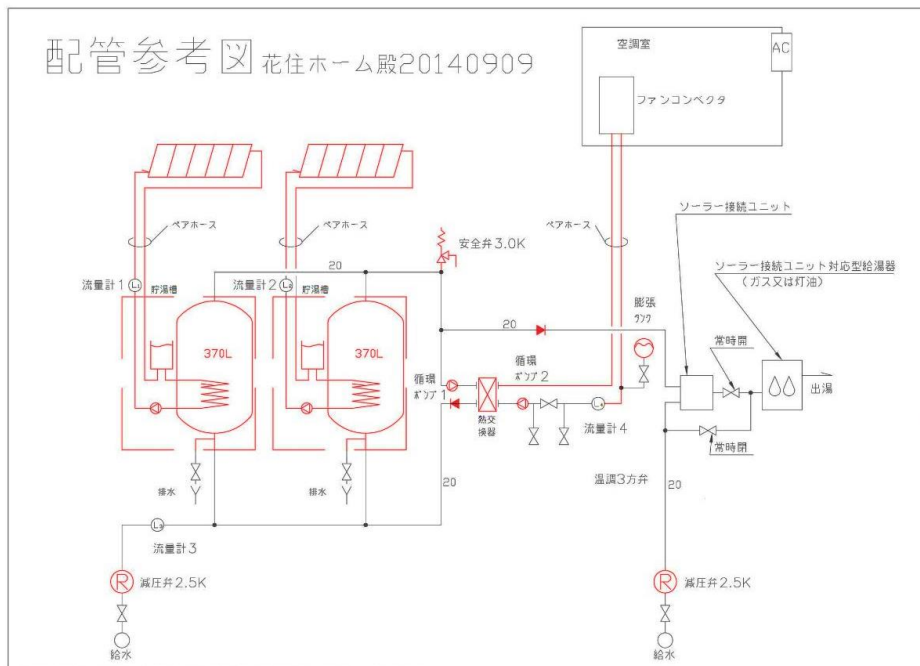
屋内設置の貯湯 460ℓタンク

3.3 岩手

実証住宅の建設地は日射の比較的小さい地域だが、事前のシミュレーションの結果より必要とされる集熱パネル面積、貯湯量を検討、確保し暖房給湯アクティブソーラーシステムの設計を行った。

寒冷地であるため、集熱パネルには寒冷地対応のチリウヒーター社製の集熱パネル 20.4 m²を採用している。

凍結対策としてCSCの不凍液システムを選定し、-40℃でも稼働可能な仕様とした。貯湯タンクはシミュレーションによる推奨 600ℓ に対して、740ℓ を採用し貯湯量を確保することにより、1日程度の雪でも前日の残湯で給湯を賄える想定とした。貯湯量の余剰分を使ってファンコンベクター（ファンコイルユニット）を稼働、暖房を行える構成とした。



アクティブソーラーシステム図

積雪対策として、屋根は7寸勾配の急勾配とし、パネルを設置。パネルの積もった雪が容易に落ちるよう配慮した設計とした。



7寸勾配屋根に配置された集熱パネル

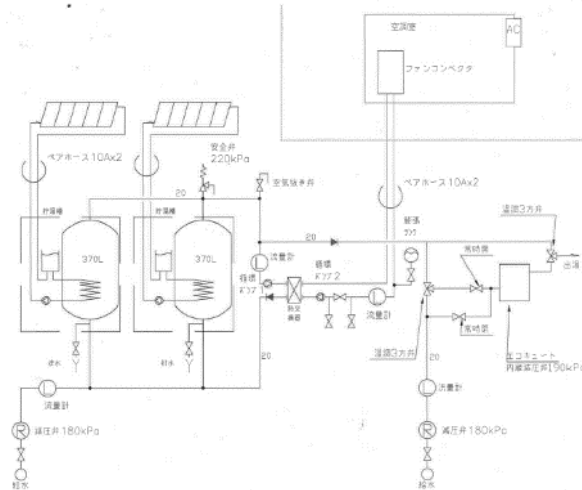
3.4 福井

シミュレーションの結果より必要とされる集熱パネル面積、貯湯量を確保し暖房給湯アクティブソーラーシステムの設計を行った。

集熱パネルにはチリウヒーター社製のC S C強制循環式シリーズ 20㎡を採用している。

貯湯タンクはシミュレーションによる推奨 600ℓ に対して、370ℓ×2=740ℓ を採用した。

これにより、通常の生活給湯だけでなく冬季の暖房用の熱源として利用でき、エアコンの稼働時間を大幅に短縮することが期待できる。



アクティブソーラーシステム図



降雪はあるが重く湿った雪のため、すぐに落ちてしまう。このため集熱パネルへの積雪の影響はあまり問題にはならない。

前述の「実験計画」に基づいて、効果検証を行った。太陽熱集熱パネルによる集熱量の検証、また給湯負荷の削減効果の検証を実施した。

3.5 愛知

シミュレーションの結果より必要とされる集熱パネル面積、貯湯量を確保し暖房給湯アクティブソーラーシステムの設計を行った。

集熱パネルにはチリウヒーター社製のCSC2Cタイプ 12.0㎡を採用している。貯湯槽はシミュレーションによる推奨400ℓに対して、300ℓタンク2台を採用600ℓとし、熱交換器やポンプ類を設定や操作が行いやすい勝手口や窓に隣接して設けている。貯湯されたお湯は給湯の他、余剰分はファンコンベクター（ファンコイルユニット）により暖房を行える構成とした。



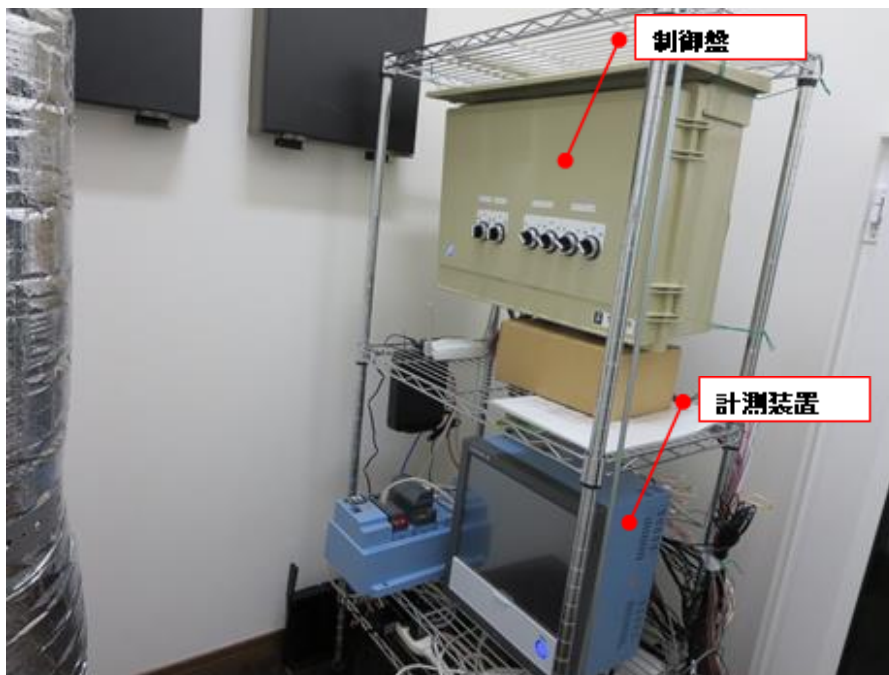
チリウヒーター社 製強制循環式集熱器 CSC2C 1,020×2,002×72 2.04㎡/台 (計6台)



チリウヒーター社製 強制循環式ポンプユニット CSTP305 594×718×1,841 300L (計2台)



三菱電機冷熱応用システム(株) リビングマスターLV-WLFE-C (1台)



南九州向洋電気(株) 温湿度計測装置(データロガー)及びダンパー制御盤(各1台)

2015年2月より冬期データの実験を開始、2015年5月より夏季データの測定を実施した。実験では、空調条件、空気循環、パッシブ暖房、アクティブ暖房、太陽熱温水貯湯の条件を組み合わせたケースごとに実施している。

実験の実施に伴い各実証住宅の測定状況の確認、また、センサー関係、給湯システムの調整等を行った。

3.6 宮崎

シミュレーションの結果より必要とされる集熱パネル面積、貯湯量を確保し暖房給湯アクティブソーラーシステムの設計を行った。

集熱パネルにはチリウヒーター社製の CSC 強制循環式シリーズ 16.32 m²を採用している。

このパネルでは強制循環により、屋根の荷重を軽減できるため、構造躯体の長寿命化に貢献する。また、温水を飲料用としても利用できる利点もある。

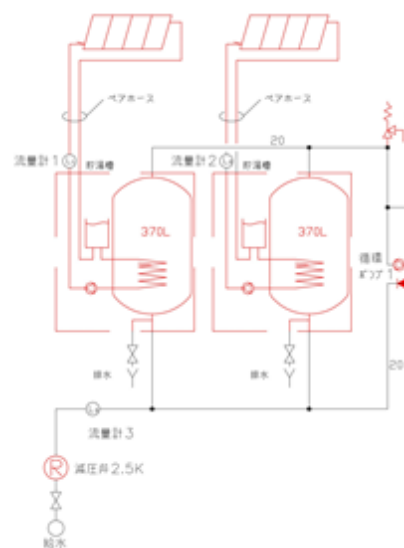
貯湯タンクはシミュレーションによる推奨 400ℓ に対して、370ℓ×2=740ℓ を採用した。

これにより、生活用給湯だけでなく、冬季の暖房設備であるファンコイルユニット循環用のお湯も確保でき、エアコンの稼働時間を極力無くすことが期待できる。

パネル勾配は、宮崎で最も集熱効率が良いとされる 22.5 度に近い数値とするために、屋根勾配を 4.5 寸に設定した。



集熱パネル (16 m²)



アクティブソーラーシステム図



貯湯タンク (370ℓ×2)

■ 今冬の暖房・給湯負荷削減状況

各実証住宅で選定した市販機器で構成された暖房給湯アクティブソーラーシステムの設計、効果の検証を行った。

下図に、冬季における各地域の暖房負荷および太陽集熱量（ダブルスキン、トロンブウォール、ダイレクトゲイン）、給湯負荷および太陽熱貯湯量の日積算値を示す。暖房負荷は主に夜間の熱損失によるため、太陽集熱量の多い日でも日平均気温が低い日に大きくなる傾向が見られる。各仕様の太陽集熱量はそれぞれの面積に依存するものの、ダイレクトゲイン、ダブルスキン、トロンブウォールいずれの方法も太陽集熱の効果が大きい期待できる。

旭川は、ダイレクトゲインとダブルスキンによる太陽集熱量が多い。ダブルスキンは南面に面した2階寝室（5.4m²）のみであるが、ダイレクトゲイン（15.2m²）と比較しても60%~80%の太陽集熱量が得られている。ダイレクトゲインの面積は南西面の窓も含むことから、太陽集熱には南面の影響が大きいことが分かる。なお、トロンブウォール（9.0m²）は東面に位置しているが、太陽集熱量の約10%の効果が見られる。

札幌は、ダイレクトゲイン（13.9m²）とダブルスキン（11.0m²）による太陽集熱量により、暖房負荷の約40%を補っており、期待通りの効果が得られている。

岩手は、ダイレクトゲイン（16.3m²）の面積が大きいため、太陽集熱もその効果が大きい。ただし、ダブルスキン（6.5m²）とトロンブウォール（2.6m²）を合計した太陽集熱量はダイレクトゲインの約80%にも及ぶ。特に、トロンブウォールは面積が小さいにも拘わらずその効果が大きい。集熱面の日射吸収率が大きいことが理由と考えられる。

福井は、ダブルスキン（13.5m²）の面積が、ダイレクトゲイン（6.3m²）とトロンブウォール（3.0m²）と比較して大きく、ダブルスキンが太陽集熱量の約65%を占めている。なお、トロンブウォールの面積はダイレクトゲインの約半分であるが、両者の太陽集熱量はほぼ等しい。トロンブウォールの集熱面（黒色）の日射吸収率が大きいことが理由であり、集熱効率はトロンブウォールが優れることが分かる。

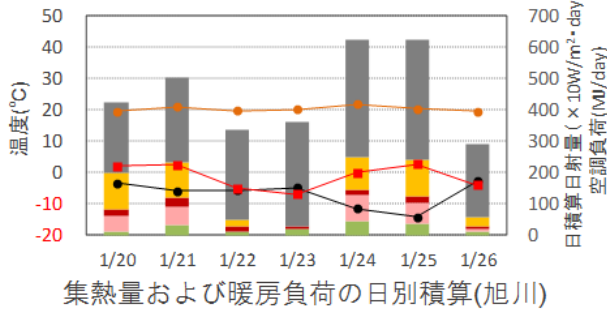
愛知は、ダイレクトゲイン（8.4m²）とダブルスキン（11.6m²）の窓構成であるが、太陽集熱量はそれぞれ約60%と約40%を占めている。窓面積当たりの日射透過量は同じでも、空間温度が高くなるダブルスキンは外気側への熱損失が大きくなるため、窓面積は小さくてもダイレクトゲインの方が太陽集熱量が多くなったと考えられる。ただし、ダブルスキンは、空間の日射吸収率を高くし、空気循環量を増加すれば更に集熱を期待できる。両者の太陽集熱により、本仕様では暖房負荷の約63%を補っており、十分な効果を発揮している。

宮崎は、ダイレクトゲイン（8.1m²）とダブルスキン（9.0m²）の窓構成で、暖房負荷の約66%を補っている。両者の内訳は、ダイレクトゲインが約55%、ダブルスキンが約45%である。ダブルスキンについては、集熱面の日射吸収率を高くすることで更なる効果が得られると想像できる。

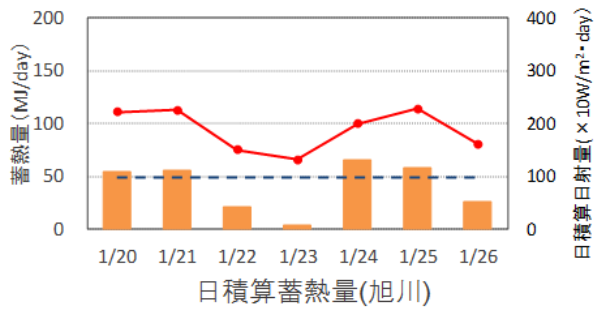
また、太陽熱温水システムの集熱面積と貯湯量は前述の建築概要に示すとおりで、当初の予想通り給湯負荷はいずれの地域も太陽熱貯湯により補われる日が多い。残湯を使用したFCU放熱による暖房補助も一定の効果が見られる。各地域とも暖房冷房、給湯負荷の十分な削減効果が確認でき、年間を通して50%以上削減できる可能性を実証した。

旭川

- FCU放熱量
- ダブルスキン
- トロンブウォール
- ダイレクトゲイン
- 暖房負荷
- 日別平均外気温
- 日別平均LDK室温
- 日積算日射量

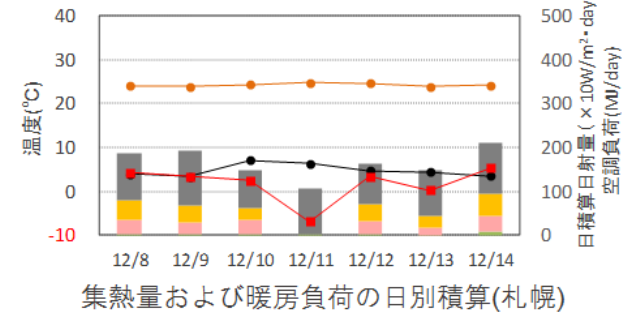


- タンク
- 1世帯あたりの標準給湯負荷
- 日積算日射量

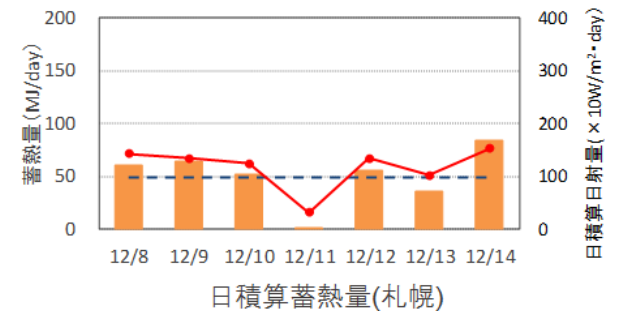


札幌

- FCU放熱量
- ダブルスキン
- ダイレクトゲイン
- 暖房負荷
- 日別平均外気温
- 日別平均LDK室温
- 日積算日射量

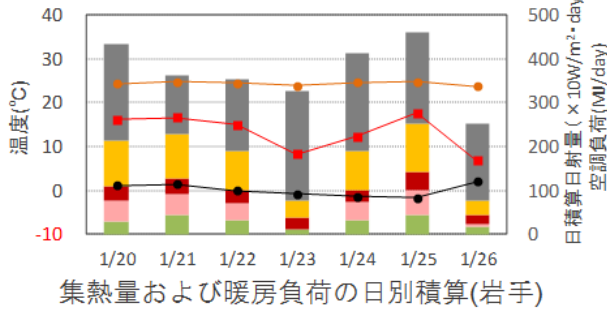


- タンク
- 1世帯あたりの標準給湯負荷
- 日積算日射量

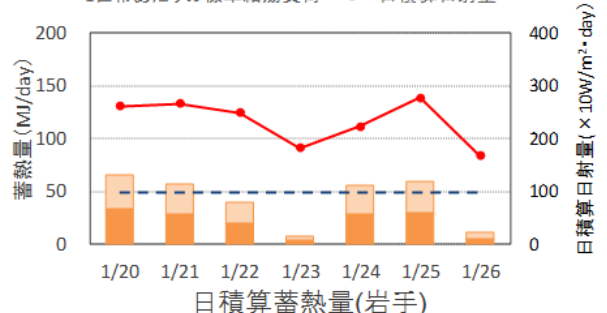


岩手

- FCU放熱量
- ダブルスキン
- トロンブウォール
- ダイレクトゲイン
- 暖房負荷
- 日別平均外気温
- 日別平均LDK室温
- 日積算日射量

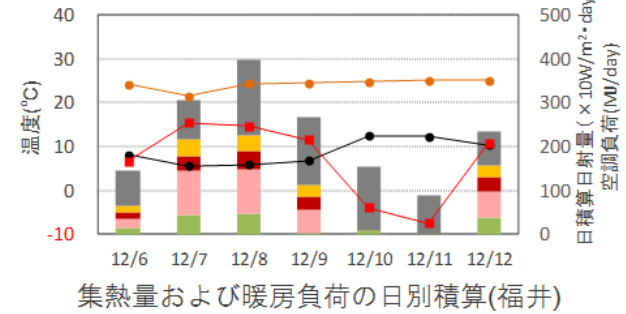


- タンクA
- タンクB
- 1世帯あたりの標準給湯負荷
- 日積算日射量

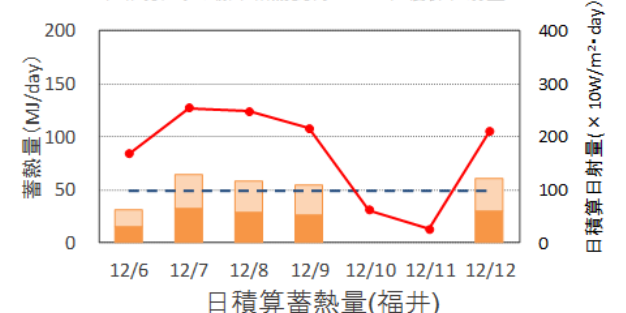


福井

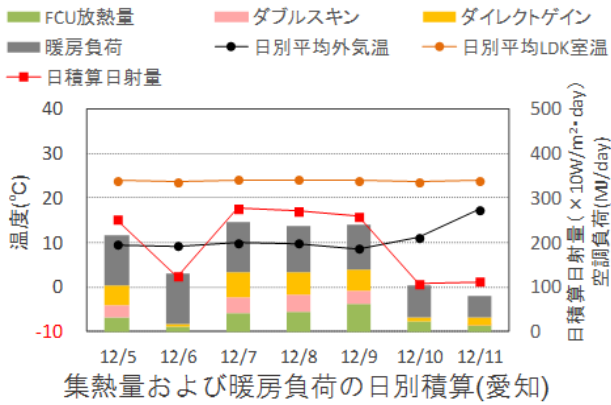
- FCU放熱量
- ダブルスキン
- トロンブウォール
- ダイレクトゲイン
- 暖房負荷
- 日別平均外気温
- 日別平均LDK室温
- 日積算日射量



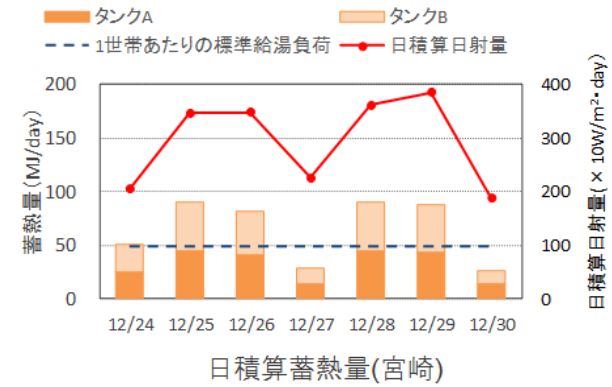
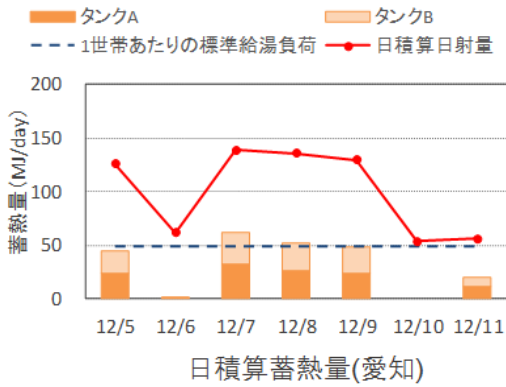
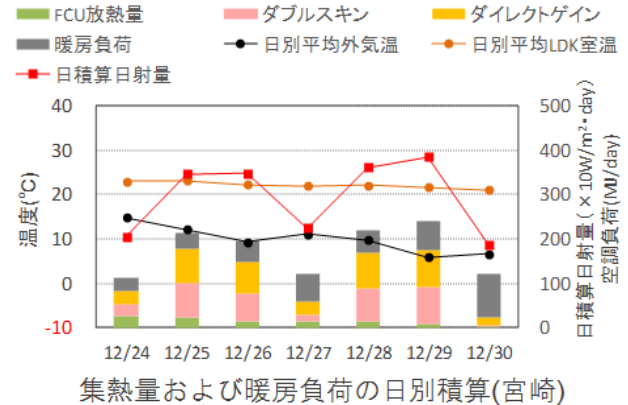
- タンクA
- タンクB
- 1世帯あたりの標準給湯負荷
- 日積算日射量



愛知



宮崎



■今冬と標準年の外界気象比較

2015.11
~2016.1
の3ヶ月

日積算日射量：月別平均							
日積算日射量		旭川	札幌	岩手	福井	愛知	宮崎
今冬の実測値	11月	1428.0	1246.3	1728.1	1573.7	1977.4	2405.5
	12月	963.5	984.1	1684.1	1189.0	1898.0	2701.7
	1月	1076.9	1293.0	1842.0	1234.8	2196.4	2669.4
	合計	3468.3	3523.3	5254.3	3997.5	6071.8	7776.6
標準年アメダスデータ	11月	1545.7	1570.5	1708.3	2156.1	2650.7	3009.1
	12月	1282.6	1325.8	1555.3	1705.0	2306.8	2554.4
	1月	1635.7	1662.0	1960.0	1576.7	2430.6	2728.5
	合計	4464.0	4558.3	5223.5	5437.8	7388.1	8291.9
実測値/標準年[%]		78%	77%	101%	74%	82%	94%

単位：W/(m²・日)

日別平均外気温の月別平均値							
日平均外気温		旭川	札幌	岩手	福井	愛知	宮崎
実測値	11月	1.3	6.7	8.9	13.2	14.6	17.0
	12月	-3.1	2.3	3.5	7.5	9.6	11.5
	1月	-7.3	-1.1	0.9	3.8	5.9	8.2
気象データ	11月	2.6	4.8	5.7	11.4	12.2	15.5
	12月	-4.7	-0.7	1.1	5.8	7.0	10.1
	1月	-7.0	-3.3	-1.5	3.5	4.7	7.6

単位：℃

■各地域別省エネ効果まとめ

地域	平成 27 年度目標 省エネ効果	現時点の平成 27 年度目標達成見込 (H28 年 2 月現在)
旭川市寒冷地住宅 (株式会社カワムラ)	54%	47%(未達成) 今冬の日射量は拡張アメダスデータと比較して約 78%であった。 例年通りの日射量であれば暖房負荷をさらに 10%削減(総合負荷 6%削減)できる見込みで目標達成すると考えられる。
札幌市 (株式会社大洋建設)	52%	50%(達成) エアフローウィンドウ型のダブルスキンが日射熱取得に効果的であった。
花巻市 (花住ホーム株式会社)	53%	48%(未達成) ダブルスキンとトロンブウォールを黒色系に変更して日射吸収率を高め、日射熱取得量を増加させることが改善点と考えられる。
福井市 (松栄建設株式会社)	51%	42%(未達成) 今冬の日射量は拡張アメダスデータと比較して約 74%であった。 例年通りの日射量であれば暖房負荷をさらに 15%削減(総合負荷 8%削減)できる見込みで目標達成すると考えられる。
春日井市 (丸七ホーム株式会社)	54%	64%(達成) ダブルスキン(今冬は日射吸収面を黒色に変更)の冬期の日射取得および夏期の日射遮蔽の効果により暖冷房ともに目標を越えた。 FCU と給湯システムの連携も順調であった。
宮崎市 (アイ・ホーム株式会社)	54%	63%(達成) ダブルスキン(今冬は日射吸収面を黒色に変更)が効果的に働き、冬季の暖房負荷の削減に大きく寄与している。夏季は遮熱の効果も見られる。

4. 高性能断熱材、高機能蓄熱建材の施工研究

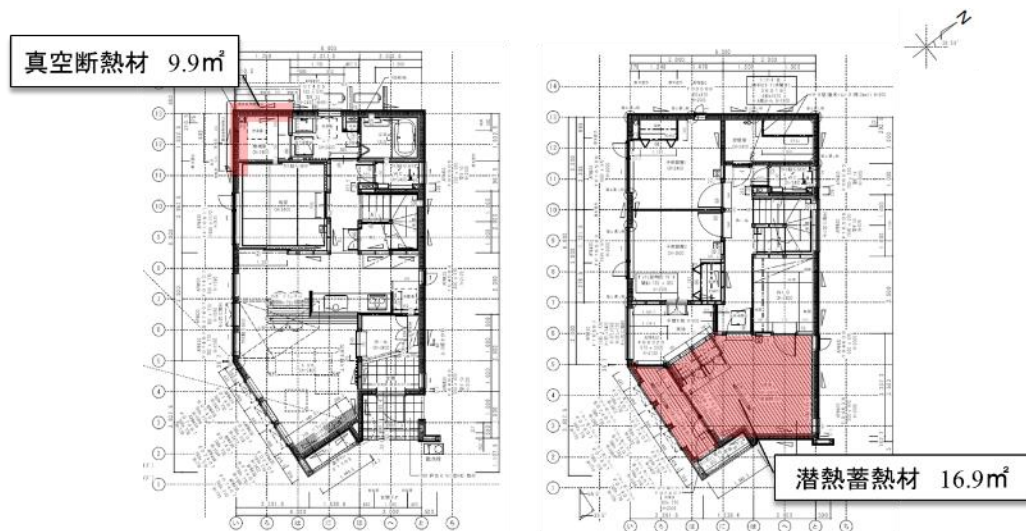
高性能断熱材は施工性、断熱性の確認のため、日射の影響を受けにくい北面を含む2面に施工し、検証を行った。壁の一部に高性能断熱材を施工し、従来型の断熱材の性能と同等の性能が確保できることを確認した。高機能蓄熱蓄熱建材は冬期の蓄熱効果を得るため集熱部位周辺の床面へ施工し、日中の日射による蓄熱、夜間の放熱を確保した。

4.1 旭川

真空断熱材（旭有機材工業（仮称）A-VIPパネル 熱貫流率 $0.22 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ）を施工性の確認のため1階機械室の南西、及び北西側の2面へ施工した。従来型の断熱材との取り合いは付加断熱 30mm に対し真空断熱材 40mm となる為、外装材下地と金物で厚み等を考慮して、外装材の通りを一定とした。

また、真空断熱材は尺モジュールで躯体がメーターモジュールであった為施工範囲については真空断熱材の規格にあわせて構造モジュールも変更した。尺モジュールの利用は施工面で難しく、今後メーターモジュール製品が必要と考える。

蓄熱蓄熱材（蓄熱フローリング DKPM-20 蓄熱蓄熱量 2758.1 kJ ）はダブルスキンからの集熱を考慮して、2階 サンプルルーム・寝室の開口部周辺を中心に施工を行っている。



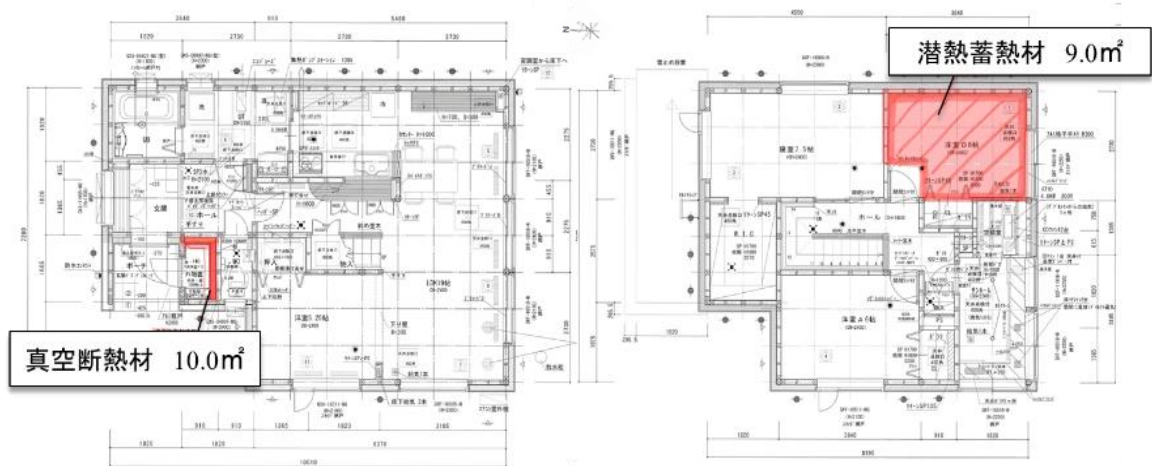
真空断熱材	（仮称）A-VICパネル	熱貫流率	$0.22 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
蓄熱蓄熱材	蓄熱フローリング DKPM-20	蓄熱蓄熱量	2758.1 kJ

真空断熱材外壁仕様（内装材，空気層，充填断熱材，真空断熱材，通気層，外装材）

4.2 札幌

真空断熱材（旭有機材工業（仮称）A-VICパネル 熱貫流率 $0.22\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ）を施工性の確認の為、1階外物置壁面へ施工した。従来型の断熱材との取り合いを考慮して、外物置という独立した空間に使用することとした。施工性については通常の断熱材に比べ取り扱いが難しく、サイズ、加工も制限される。性能的には申し分ないため、製品版の動向に注目していきたい。

潜熱蓄熱材（蓄熱フローリング DKPM-20 潜熱蓄熱量 2758.1kJ ）はダイレクトゲインからの集熱を考慮して、2階東側洋室に約3坪分を施工している。寒冷地では集熱を増やすためダイレクトゲインを広く取ろうとすると、断熱性能的には不利になる。可能性はあるが全体的なバランス、効果、コストの整理が必要と思われる。



真空断熱材（仮称）A-VICパネル	熱貫流率	$0.22\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$
潜熱蓄熱材 蓄熱フローリング DKPM-20	潜熱蓄熱量	1468.8kJ

真空断熱材外壁仕様（内装材，空気層，真空断熱材，下地（合板），通気層，外装材）



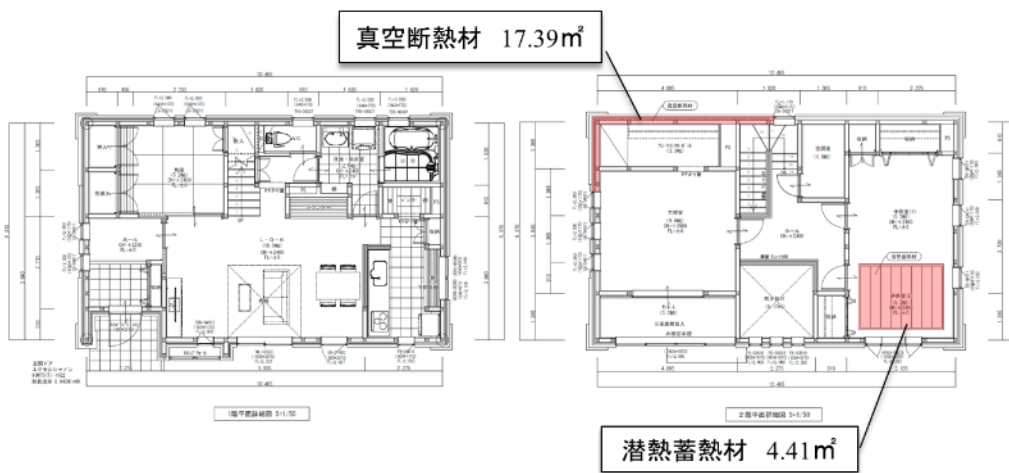
潜熱蓄熱材（PCM床材）施工写真

4.3 岩手

真空断熱材（旭有機材工業（仮称）A-VICパネル 熱貫流率 $0.22 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ）を施工性の確認のため2階主寝室のウォークインクローゼット北、及び西側の2面へ施工した。釘を打つ位置の制限、また、施工後の性能低下など長期的なリスクを考慮する必要がある。これらの課題が解決されることに期待したい。



潜熱蓄熱材（蓄熱フローリング DKPM-20 潜熱蓄熱量 2758.1 kJ ）はダイレクトゲインからの集熱を考慮して、2階 子供室の開口部周辺を中心に施工を行っている。施工は尺モジュールで、矩形の形状に限定されるため、尺に収まらない間取りや斜め壁などでは施工に工夫が要る。



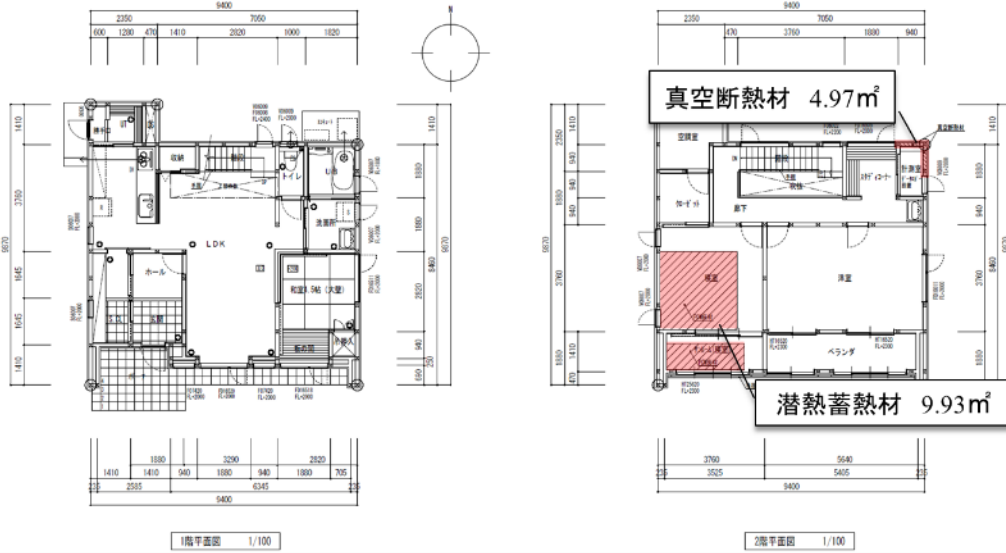
真空断熱材	（仮称）A-VICパネル	熱貫流率	$0.22 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
潜熱蓄熱材	蓄熱フローリング DKPM-20	潜熱蓄熱量	719.7 kJ

真空断熱材外壁仕様（内装材，充填断熱材，真空断熱材，通気層，外装材）

4.4 福井

真空断熱材（旭有機材工業（仮称）A-VICパネル 熱貫流率 $0.22 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ）を2階トイレ（計測室）の北、及び東側の2面へ施工した。施工性、断熱性を考慮して外張りとし、他の断熱材（ミラフォーム）とは同面納まりとした。真空断熱材は施工面では形状の制限があり、設計上、開口部の位置、大きさなど影響する。性能的には興味深い断熱材であり、製品化の状況を見ながら利用を検討する。

潜熱蓄熱材（蓄熱フローリング DKPM-20 潜熱蓄熱量 2758.1 kJ ）はダブルスキンからの集熱を考慮して、2階寝室の開口部周辺を中心に施工を行っている。コスト面を含め利用条件の検討が必要。



真空断熱材（仮称）A-VICパネル 熱貫流率 $0.22 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
 潜熱蓄熱材 蓄熱フローリング DKPM-20 潜熱蓄熱量 1620.6 kJ

真空断熱材外壁仕様（内装材，充填断熱材，真空断熱材，通気層，外装材）



真空断熱材



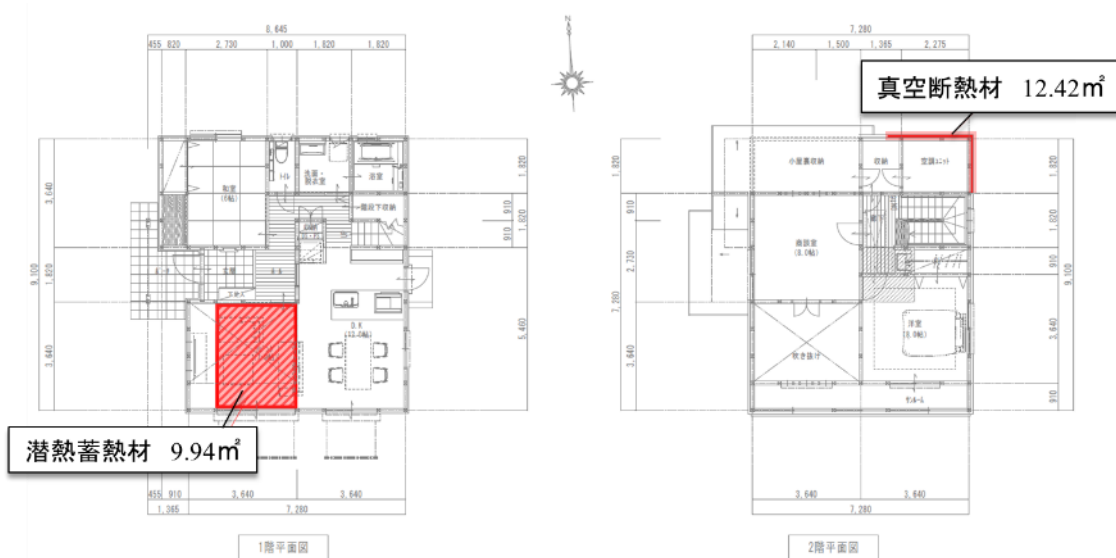
潜熱蓄熱材

4.5 愛知

真空断熱材（旭有機材工業（仮称）A-VICパネル 熱貫流率 $0.22 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ）を施工性の確認のため2階空調ユニット室の北、及び東側の2面へ施工した。従来型の断熱材との取り合いは仕上がり面を考慮して同厚とした。同じ性能であれば真空断熱材では厚みが抑えられ、狭小地など壁厚を抑えたい場合に有効と考えられる。価格面では通常の断熱材に比べ割高になる点が課題。

潜熱蓄熱材（蓄熱フローリング DKPM-20 潜熱蓄熱量 2758.1 kJ ）はダイレクトゲインからの集熱を考慮して、1階リビングの開口部周辺を中心に施工を行っている。

外皮及び床下の断熱、気密性を確保するため、押出し法ポリスチレンフォームを外張り断熱材として併用した。使用に際しては日射が十分に取れることが前提になる。開口部の向きや立地条件など利用条件の整理が今後の課題。



真空断熱材（仮称）A-VICパネル 熱貫流率 $0.22 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
潜熱蓄熱材 蓄熱フローリング DKPM-20 潜熱蓄熱量 1622.2 kJ

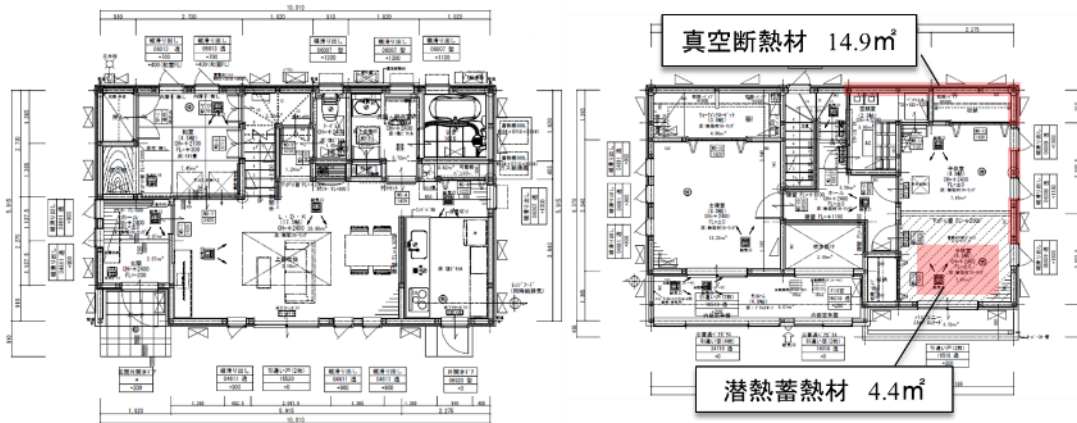
真空断熱材外壁仕様（内装材，充填断熱材，真空断熱材，通気層，外装材）



4.6 宮崎

真空断熱材（旭有機材工業（仮称）A-VICパネル 熱貫流率 $0.22 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ）を施工性の確認のため2階子供室の東・北の2面へ施工した。従来型の断熱材との取り合いはアイシネンと干渉しないように外貼り断熱とし、外貼り断熱部分のミラフォームとは気密・水密を考慮して同面収まりとし、取り合い部分に気密テープを施工した。従来の断熱材と比べパフォーマンスは高いが、施工上の慣れやコスト、また最近では高性能な外張用断熱材も普及しつつあるため利用は総合的に判断していきたい。

潜熱蓄熱材（蓄熱フローリング DKPM-20 潜熱蓄熱量 2758.1 kJ ）はダイレクトゲインからの集熱を考慮して、2階子供室の開口部周辺を中心に施工を行っている。2階に施工することで床や基礎の断熱材との取り合いを考慮する必要を無くしている。潜熱蓄熱材は新しい部材であり利用については効果、コストなど条件の整理が必要と考える。



1階平面図

2階平面図

真空断熱材	（仮称）A-VICパネル	熱貫流率	$0.22 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
潜熱蓄熱材	蓄熱フローリング DKPM-20	潜熱蓄熱量	718.1 kJ

真空断熱材外壁仕様（内装材，充填断熱材，真空断熱材，通気層，外装材）

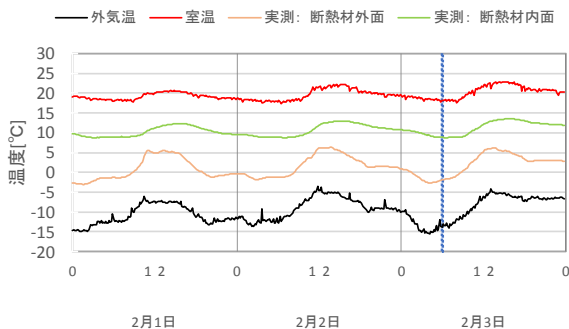
■真空断熱材

平面図に示す外壁に真空断熱材を施工している。真空断熱材を施工した外壁と施工していない外壁の熱貫流抵抗を比較する。真空断熱材は札幌を除く5地域では外側に施工されている。札幌では従来の断熱材をすべて取り除き、真空断熱材を施工しているため、真空断熱材を施工した場合の方が熱貫流抵抗が小さくなっている。外側に真空断熱材を施工している5地域では、熱貫流抵抗が増加している。

熱貫流抵抗	旭川	札幌	岩手	福井	愛知	宮崎
通常施工部	2.38	9.04	4.76	4.58	3.87	4.09
真空断熱材施工部	7.33	4.60	6.86	7.28	5.86	6.79

[m²·K/W]

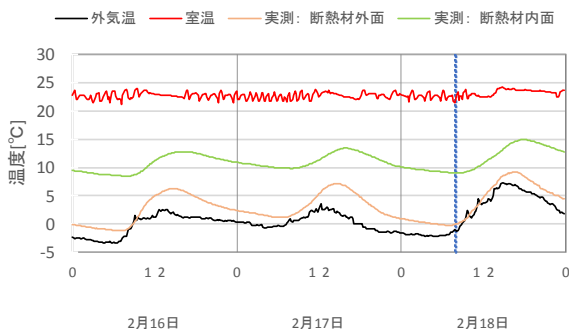
冬季における真空断熱材の内外表面温度の3日間の変動を下図に示す。真空断熱材の内外表面温度の差は6°C~15°C程度であり、十分な断熱性能を有している。札幌は真空断熱材のみを施工しているため、内側表面温度は室温の影響が大きく、他の地域より室温に近い値を示している。



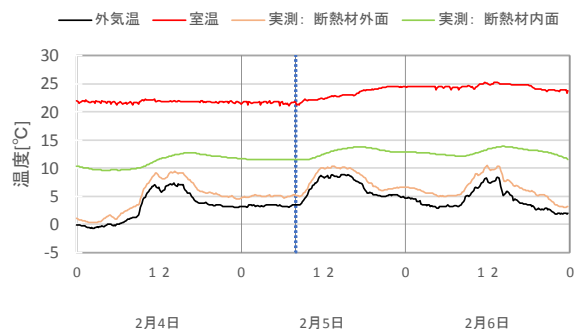
旭川：真空断熱材の室内外温度



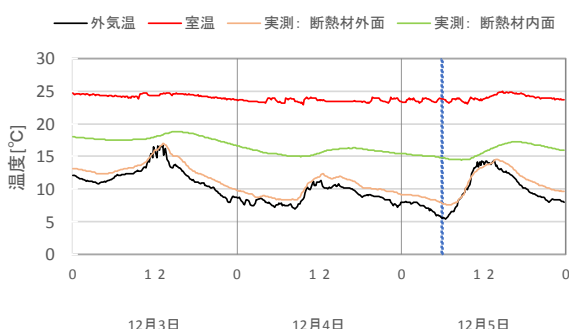
札幌：真空断熱材の室内外温度



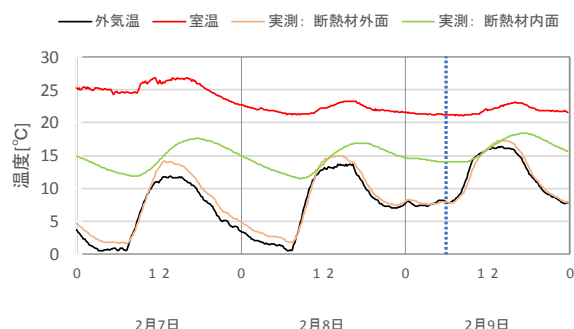
岩手：真空断熱材の室内外温度



福井：真空断熱材の室内外温度



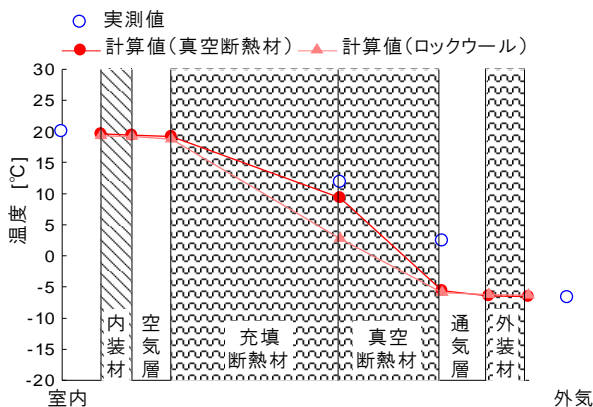
愛知：真空断熱材の室内外温度



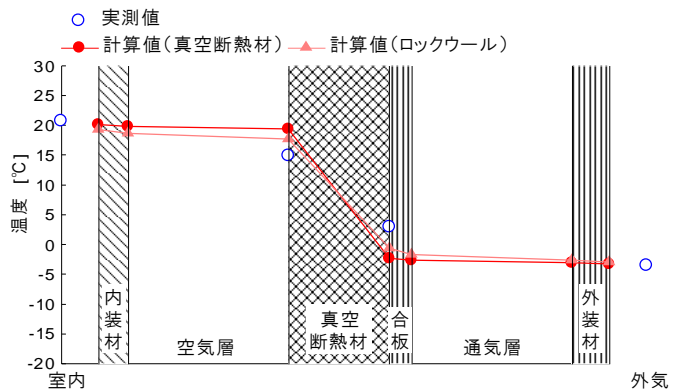
宮崎：真空断熱材の室内外温度

上図において、温度変化が少なく定常状態に近いと推察される点線の時間で壁体内部温度を定常計算し、測定値と比較することで真空断熱材の性能を確認した。真空断熱材の熱伝導率は $0.0097 [W/(m \cdot K)]$ である。なお、断熱性能の劣化を鑑みてロックウール相当の断熱性能（熱伝導率 $0.044 [W/(m \cdot K)]$ ）についても計算し、施工から1年後の測定値と比較した。旭川については、真空断熱材内表面の測定値は設計値に近く、断熱性能が担保されている。札幌は他の地域とは異なり、真空断熱材のみを施工していることから、内表面温度は室温と同程度になると予想される。しかし、内表面温度の測定値は設計値より低く、一方で外表面温度は設計値より高いことから、断熱性能は当初の設計値より低下していると考えられる。岩手、愛知についても、実測値はロックウール相当の計算値と概ね一致していることから、真空断熱材の性能が低下している可能性がある。一方、福井と宮崎については実測値と計算値の差が少ないことから、真空断熱材の効果が発揮されていると推定される。

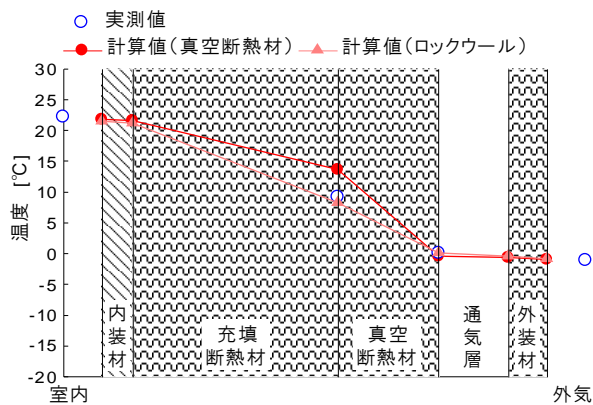
真空断熱材の効果は、その真空状況が性能に影響することから心材を覆うシートの気密性能の持続化が必須となる。本測定において、当初通りの性能が発揮されていない理由としては、測定に使用した真空断熱材が試作品であることから、シートの気密性能の低下（シートの繋ぎ目における気密の劣化）、および施工時における真空断熱材の破損が考えられる。気密性能の低下の有無については、測定終了後に真空断熱材の状況および断熱性能をメーカーに調査・見解依頼することで確認する。真空断熱材の破損については、丁寧に施工することで回避できるため、その取り扱い方法を施工者に周知することが必要と考える。



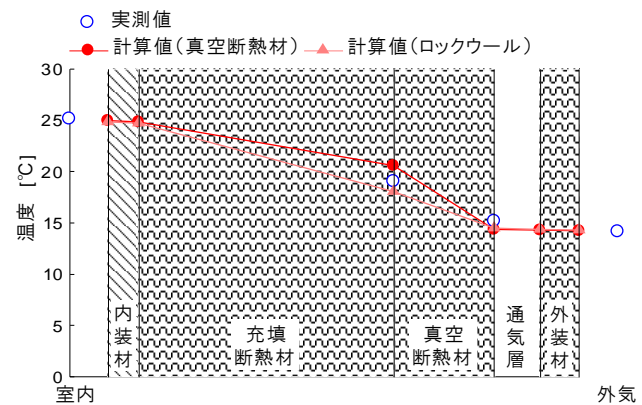
旭川：壁体内部温度



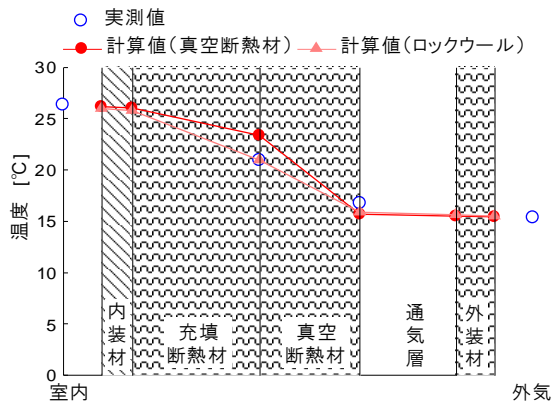
札幌：壁体内部温度



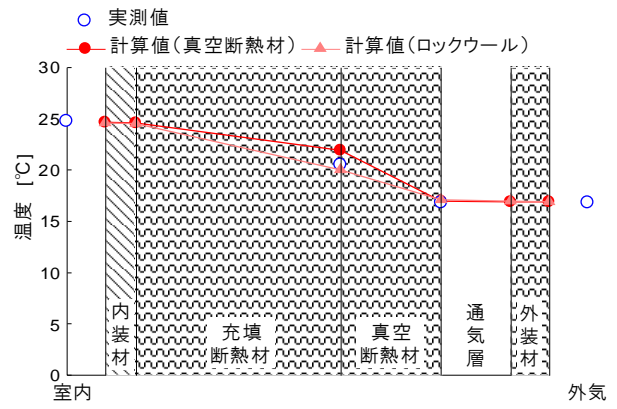
岩手：壁体内部温度



福井：壁体内部温度



愛知：壁体内部温度



宮崎：壁体内部温度

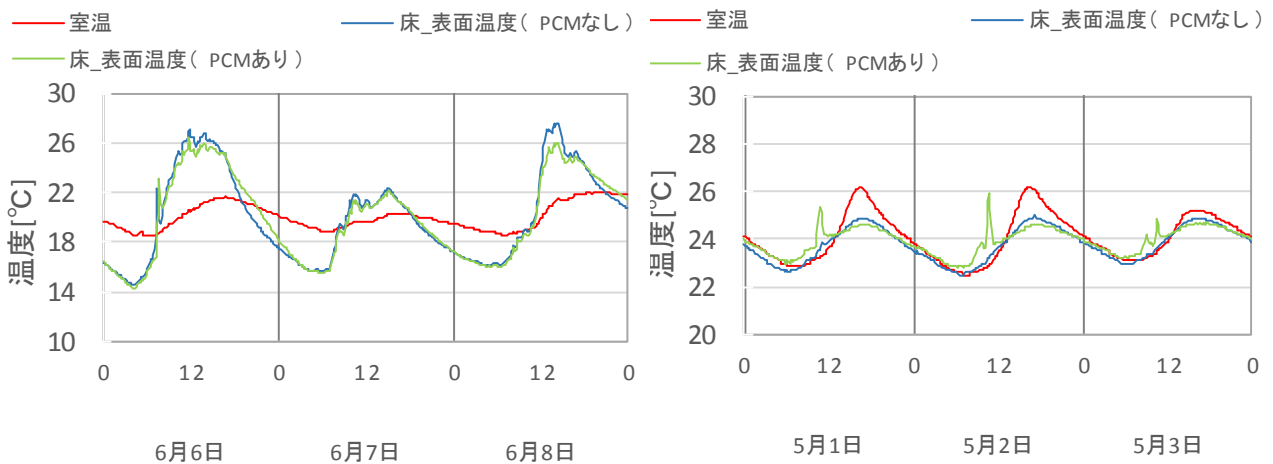
■潜熱蓄熱材（PCM）

平面図に示す箇所に PCM 床材を施工している。部屋の 1 部は PCM なしとなっており、中間期（非暖房期間）の両者の床表面温度を比較して PCM の効果について考察する。

旭川は、PCM ありは PCM なしに比べて昼間の床表面温度の上昇は抑制されるものの、夜間は温度低下が緩和されており、蓄熱の効果が現れている。札幌についても旭川と同様の傾向があるが、室温変動が緩やかなため、旭川ほどの効果は見られない。岩手の実証住宅はレンガ造で建物の熱容量が大きいため、夜間の室温低下が少なく PCM の蓄熱の効果はあまり見られない。福井ではダブルスキン空間およびその隣室に PCM を採用しているため、室内への透過日射が抑制される。そのため、PCM の効果が発揮される状況ではないと考えられる。愛知はダイレクトゲインの影響を受ける 1 階リビングで測定しているため、昼間に直達日射受熱による床の温度上昇が見られる。特に PCM なしの床表面温度が上昇している。夜間は PCM あり／なしで約 1°C の違いがあるものの、室温変動が少ないため、PCM なしの床面の温度低下も少なく両者の違いは比較的小さい。宮崎ではバルコニーを有している室に PCM が施工されているため、庇が長く透過日射が抑制されており、PCM の効果があまり発揮されていない。

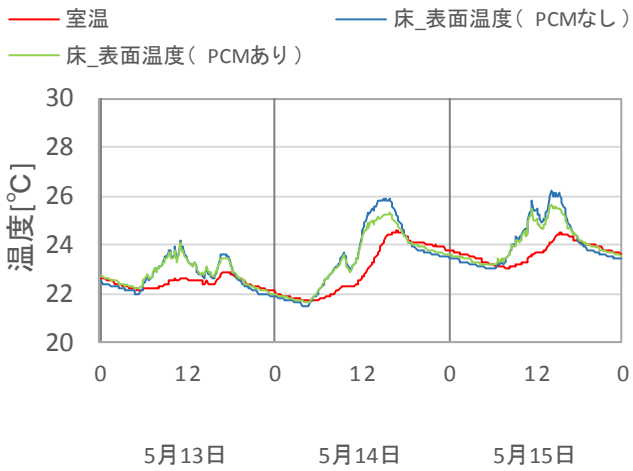
太陽熱利用の実証住宅として計画した各地域の建物は、ダブルスキンやトロンブウォールにより集熱した太陽熱を空気循環して建物全体に分配・蓄熱する仕様のため、室温変動が緩やかで PCM 蓄熱建材の効果が発揮し難い仕様である。床材温度が相変化温度の領域を超えて変動する場合には、PCM の蓄熱効果で夜間の床面の温度低下が緩和される。

PCM の利用については、日射の影響や住宅の熱容量などの条件を考慮した施工の検討、整理が必要と考える。

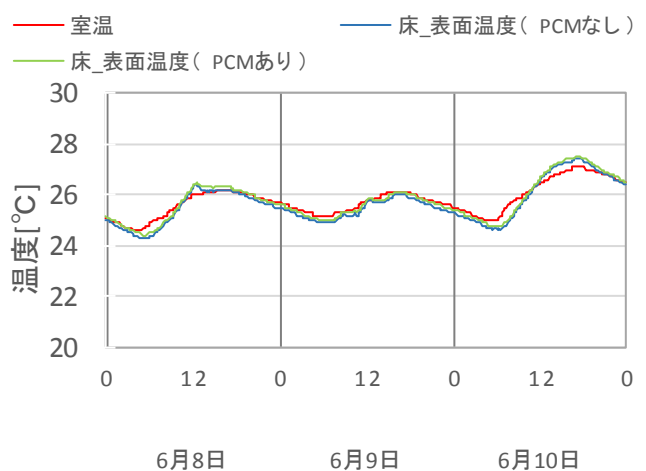


旭川:PCMの有無による床面温度変化

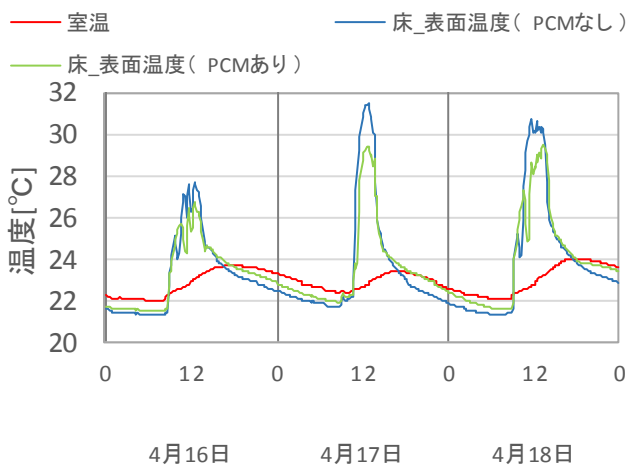
札幌:PCMの有無による床面温度変化



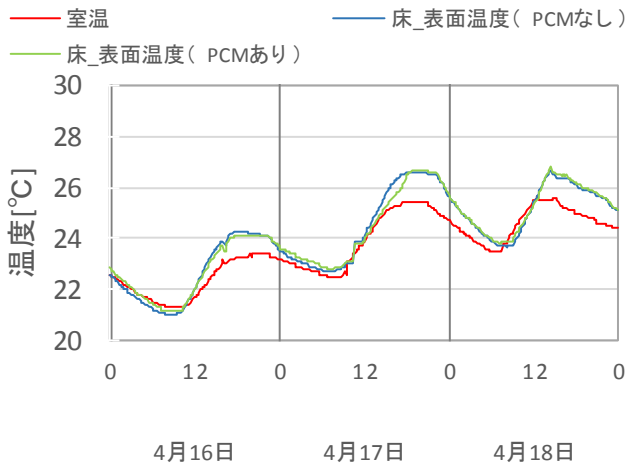
岩手:PCMの有無による床面温度変化



福井:PCMの有無による床面温度変化



愛知:PCMの有無による床面温度変化



宮崎:PCMの有無による床面温度変化

5. 目標達成状況（地域別）

地域	平成27年度目標 省エネ効果	現時点の平成27年度目標達成見込 (H28年2月現在)
旭川市寒冷地住宅 (株式会社カワムラ)	54%	47%(未達成) 今冬の日射量は拡張アメダスデータと比較して約78%であった。例年通りの日射量であれば暖房負荷をさらに10%削減（総合負荷6%削減）できる見込みで目標達成すると考えられる。
札幌市 (株式会社大洋建設)	52%	50%(達成) エアフローウィンドウ型のダブルスキンが日射熱取得に効果的であった。
花巻市 (花住ホーム株式会社)	53%	48%(未達成) ダブルスキンとトロンブウォールを黒色系に変更して日射吸収率を高め、日射熱取得量を増加させることが改善点と考えられる。
福井市 (松栄建設株式会社)	51%	42%(未達成) 今冬の日射量は拡張アメダスデータと比較して約74%であった。例年通りの日射量であれば暖房負荷をさらに15%削減（総合負荷8%削減）できる見込みで目標達成すると考えられる。
春日井市 (丸七ホーム株式会社)	54%	64%(達成) ダブルスキン（今冬は日射吸収面を黒色に変更）の冬期の日射取得および夏期の日射遮蔽の効果により暖冷房ともに目標を越えた。FCUと給湯システムの連携も順調であった。
宮崎市 (アイ・ホーム株式会社)	54%	63%(達成) ダブルスキン（今冬は日射吸収面を黒色に変更）が効果的に働き、冬季の暖房負荷の削減に大きく寄与している。夏季は遮熱の効果も見られる。

熱負荷の測定値および計算値を基に、1次エネルギー消費量の計算を行った。以下に、ここで使用した1次エネルギー消費量の計算式を示す。

①冷暖房エネルギー

$$I \times V \times r \times 0.001 \times Ea \times 0.001 = Eh$$

I:消費電流(実測値)[A]

V:電圧[V]

R:力率・・・0.95[-]

Ea:受電端電力熱量・・・9.63[MJ/kWh]

Eh:冷暖房1次エネルギー量[GJ]

②給湯エネルギー

- ・電気給湯器の場合(旭川新築,旭川改築)

$$Qw \times Ea \times 0.001 / (Ce \times 3.6 \times 0.001) = Ewe$$

Qw:給湯負荷[GJ]

Ce:給湯器効率・・・0.975[-]

Ewe:給湯1次エネルギー量[GJ]

- ・ガス給湯器の場合(札幌、岩手、愛知、宮崎)

$$Qw / Cg = Ewg$$

Cg:給湯器効率・・・0.72

Ewg:給湯1次エネルギー量[GJ]

- ・エコキュートの場合(福井)

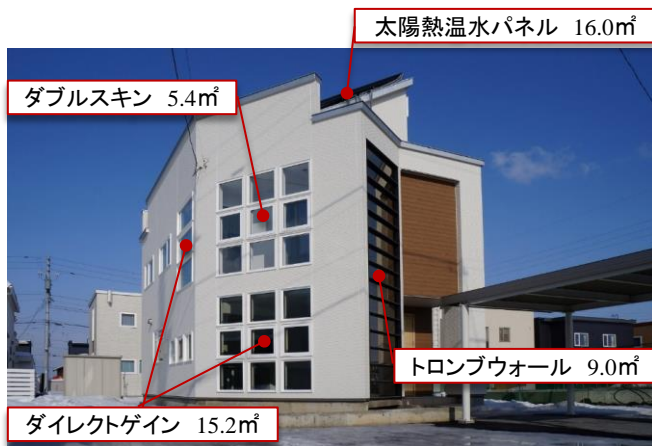
$$Qw \times Ea \times 0.001 / (Cc \times 3.6 \times 0.001) = Ewe$$

Cc:給湯器効率・・・3.3[-]

Ewe:給湯1次エネルギー量[GJ]

以下の結果において、旭川は他地域と比較して熱負荷と1次エネルギー消費量に大きな違いが生じている。これは、暖房COPが約1.7と低いこと、給湯機に電気温水器を使用していることの2つの理由による。他地域で、暖房COPは2.6~6.4となり、給湯機器にはガス給湯あるいはヒートポンプ式給湯を使用している。つまり、旭川においては、空調機器と給湯機器の効率の悪さが1次エネルギー消費量を大きくした要因と考えられる。

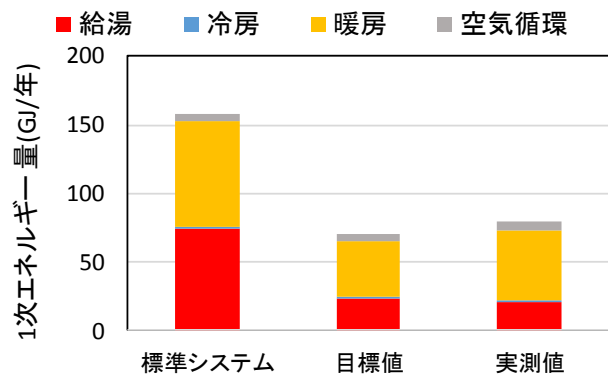
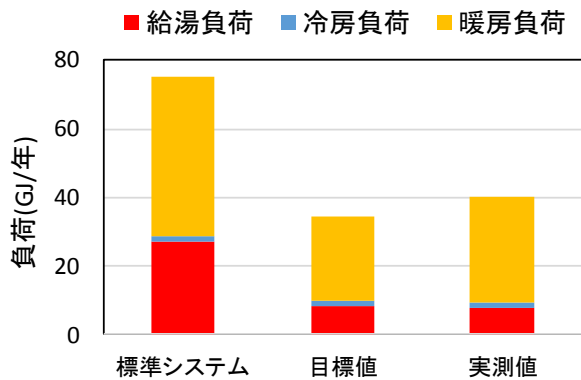
1 地域 北海道旭川市（株式会社カワムラ）



	給湯	暖房			
		太陽熱パネル	ダイレクトゲイン	ダブルスキン	トロンプウォール
削減量 [GJ/年]	19.4	6.84	7.39	0.31	0.5
		15%	16%	1%	1%
		15.04(暖房負荷削減32%分)			

荷削減効果の技術要素内訳[GJ/年]

例年の気象条件であれば目標を達成できたと考える。



熱負荷	標準システム	目標値	実測値
総合	75.3	34.3	40.2
暖房	46.8	24.5	31.1
冷房	1.4	1.4	1.4
給湯	27.1	8.4	7.7
空気循環	-	-	-

用途別負荷 [GJ/年]

エネルギー	標準システム	目標値	実測値
総合	158.1	70.0	78.9
暖房	77.0	40.3	51.1
冷房	1.2	1.2	1.2
給湯	74.4	23.0	21.1
空気循環	5.5	5.5	5.5

用途別 1次エネルギー量 [GJ/年]

熱負荷	総合	冷房	暖房	給湯
標準→目標	54%	0%	48%	69%
標準→実測	46%	3%	34%	72%

目標・実測の用途別負荷削減率[%]

エネルギー	総合	冷房	暖房	給湯
標準→目標	56%	0%	48%	69%
標準→実測	50%	0%	34%	72%

目標・実測の用途別 1次エネルギー削減率[%]

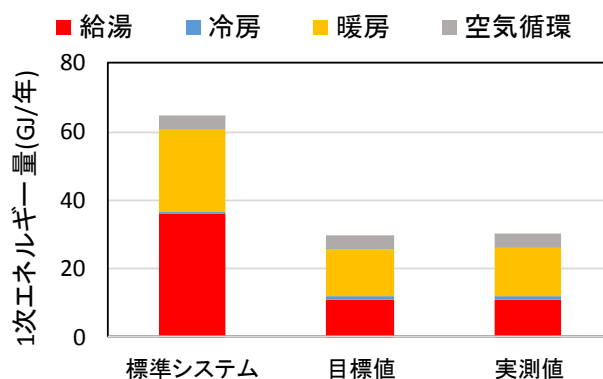
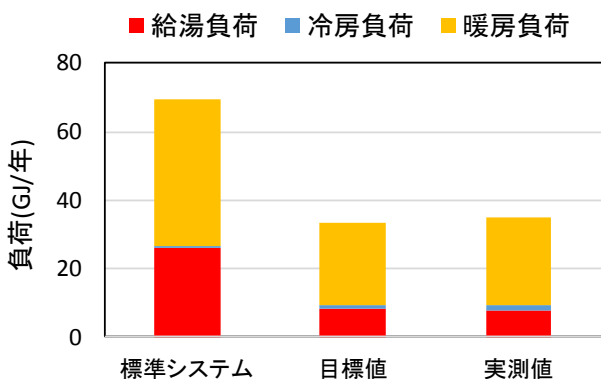
2 地域 北海道札幌市（株式会社大洋建設）



	給湯	暖房		
		太陽熱パネル	ダイレクトゲイン	ダブルスキン
削減量 [GJ/年]	18.20	8.00	9.01	0.00
		19%	21%	0%
		17.01(暖房負荷削減40%分)		

荷削減効果の技術要素内訳[GJ/年]

当初の目的は、ほぼ達成されたと考えられる。



熱負荷	標準システム	目標値	実測値
総合	69.5	33.3	34.9
暖房	42.7	23.9	25.7
冷房	0.8	1.4	1.4
給湯	26.0	8.0	7.8
空気循環	-	-	-

用途別負荷[GJ/年]

エネルギー	標準システム	目標値	実測値
総合	64.6	29.6	30.4
暖房	23.7	13.3	14.3
冷房	0.6	1.0	1.0
給湯	36.1	11.1	10.8
空気循環	4.2	4.2	4.2

用途別 1次エネルギー量[GJ/年]

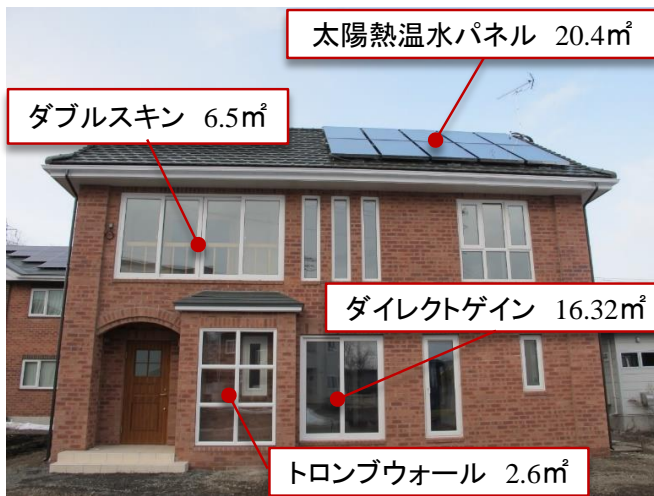
熱負荷	総合	冷房	暖房	給湯
標準→目標	53%	-75%	44%	69%
標準→実測	50%	-78%	40%	70%

目標・実測の用途別負荷削減率[%]

エネルギー	総合	冷房	暖房	給湯
標準→目標	54%	-75%	44%	69%
標準→実測	53%	-78%	40%	70%

目標・実測の用途別 1次エネルギー削減率[%]

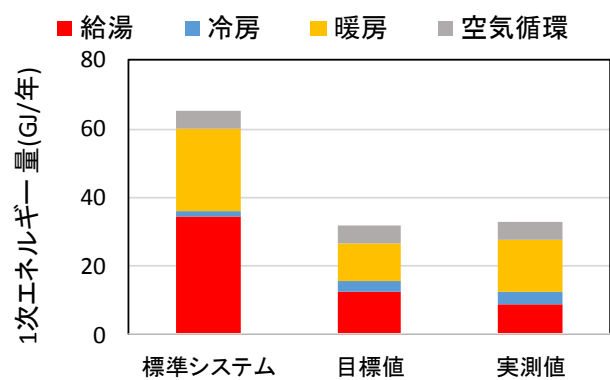
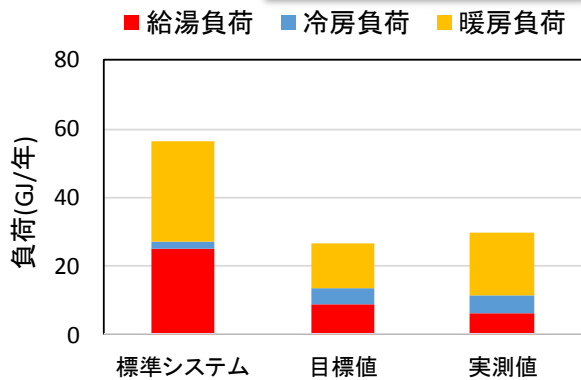
3 地域 岩手県花巻市（花住ホーム株式会社）



	給湯	暖房			
		太陽熱パネル	ダイレクトゲイン	ダブルスキン	トロンブウォール
削減量 [GJ/年]	18.35	5.32	2.66	2.66	0.67
		18%	9%	9%	2%
11.31(暖房負荷削減38%分)					

荷削減効果の技術要素内訳[GJ/年]

ダブルスキンとトロンブウォールを黒色系の素材に変更し日射吸収率を高める。また、夏季は日射遮蔽に留意する必要がある。



熱負荷	標準システム	目標値	実測値
総合	56.5	26.7	29.5
暖房	29.6	13.3	18.3
冷房	2.1	4.5	4.8
給湯	24.8	8.9	6.4
空気循環	-	-	-

用途別負荷 [GJ/年]

エネルギー	標準システム	目標値	実測値
総合	65.5	32.0	32.8
暖房	24.0	10.8	14.9
冷房	1.6	3.3	3.6
給湯	34.4	12.4	8.9
空気循環	5.5	5.5	5.5

用途別 1次エネルギー量 [GJ/年]

熱負荷	総合	冷房	暖房	給湯
標準→目標	52%	-114%	55%	64%
標準→実測	48%	-126%	38%	74%

目標・実測の用途別負荷削減率[%]

エネルギー	総合	冷房	暖房	給湯
標準→目標	51%	-114%	55%	64%
標準→実測	50%	-126%	38%	74%

目標・実測の用途別 1次エネルギー削減率[%]

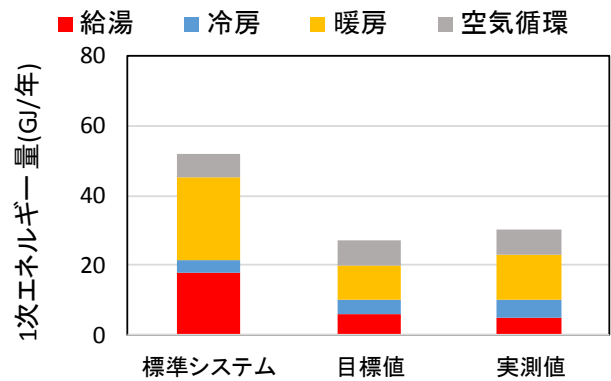
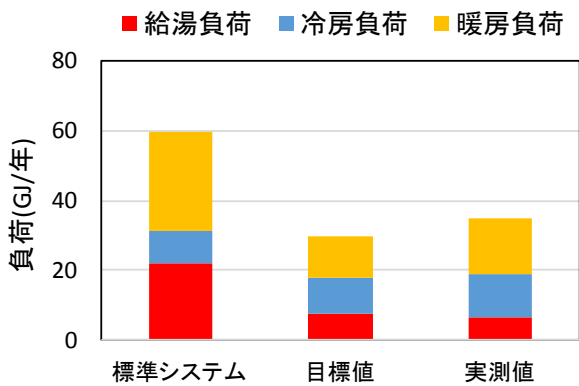
5 地域 福井県坂井市（松栄建設株式会社）



	給湯	暖房			
		太陽熱パネル	ダイレクトゲイン	ダブルスキン	トロンプウォール
削減量 [GJ/年]	15.48	2.46	6.09	2.67	1.49
		9%	21%	9%	5%
		12.7(暖房負荷削減44%分)			

荷削減効果の技術要素内訳[GJ/年]

例年の気象条件であれば目標を達成できたと考える。ただし、夏季は日射遮蔽に留意する必要がある。



熱負荷	標準システム	目標値	実測値
総合	59.9	29.5	34.7
暖房	28.8	11.8	16.1
冷房	9.3	10.3	12.3
給湯	21.8	7.4	6.3
空気循環	-	-	-

用途別負荷[GJ/年]

エネルギー	標準システム	目標値	実測値
総合	52.2	27.0	30.4
暖房	23.6	9.7	13.2
冷房	3.7	4.1	4.9
給湯	17.7	6.0	5.1
空気循環	7.2	7.2	7.2

用途別 1 次エネルギー量[GJ/年]

熱負荷	総合	冷房	暖房	給湯
標準→目標	51%	-11%	59%	66%
標準→実測	42%	-32%	44%	71%

目標・実測の用途別負荷削減率[%]

エネルギー	総合	冷房	暖房	給湯
標準→目標	48%	-11%	59%	66%
標準→実測	42%	-32%	44%	71%

目標・実測の用途別 1 次エネルギー削減率[%]

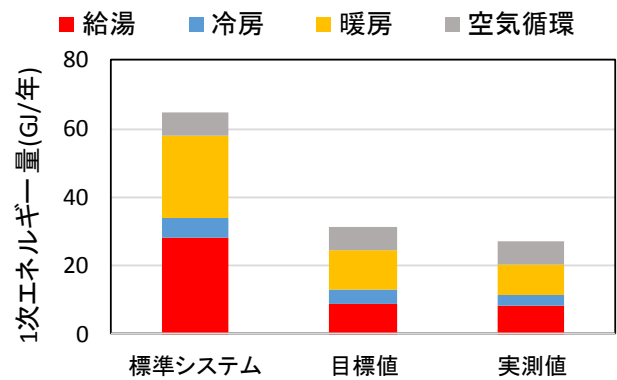
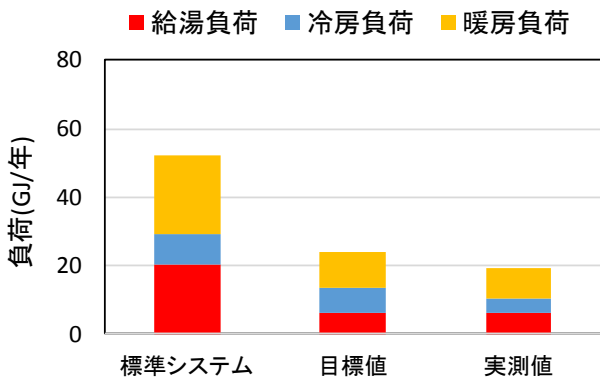
6 地域 愛知県春日井市（丸七ホーム株式会社）



	給湯	暖房		
		太陽熱パネル	ダイレクトゲイン	ダブルスキン
削減量 [GJ/年]	14.27	5.25	5.14	4.22
		23%	22%	18%
		14.62(暖房負荷削減63%分)		

荷削減効果の技術要素内訳[GJ/年]

当初の目的は達成されたと考えられる。



熱負荷	標準システム	目標値	実測値
総合	52.3	24.0	19.1
暖房	23.1	10.7	8.5
冷房	8.8	7.1	4.5
給湯	20.4	6.2	6.1
空気循環	-	-	-

用途別負荷 [GJ/年]

エネルギー	標準システム	目標値	実測値
総合	64.7	31.1	27.0
暖房	23.9	11.1	8.8
冷房	5.7	4.6	2.9
給湯	28.3	8.6	8.5
空気循環	6.8	6.8	6.8

用途別 1次エネルギー量 [GJ/年]

熱負荷	総合	冷房	暖房	給湯
標準→目標	54%	19%	54%	70%
標準→実測	64%	49%	63%	70%

目標・実測の用途別負荷削減率[%]

エネルギー	総合	冷房	暖房	給湯
標準→目標	52%	19%	54%	70%
標準→実測	58%	49%	63%	70%

目標・実測の用途別 1次エネルギー削減率[%]

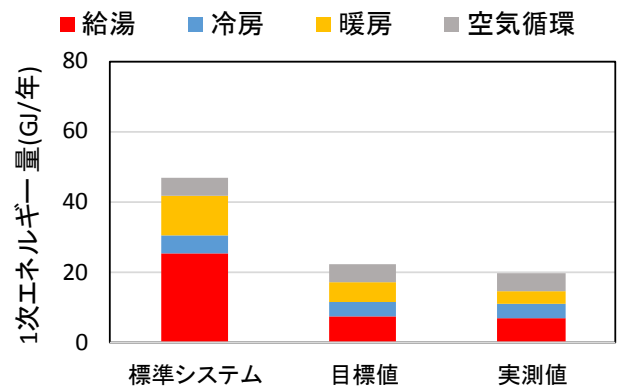
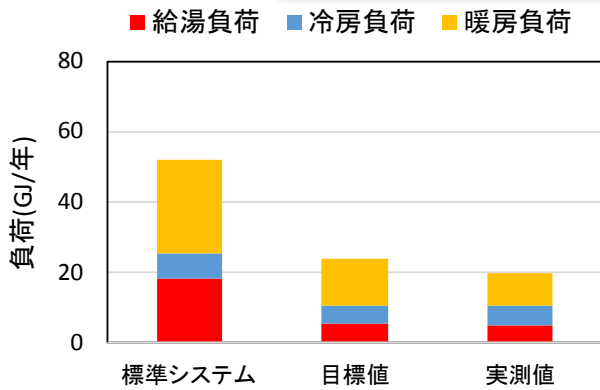
7 地域 宮崎県宮崎市 (アイ・ホーム株式会社)



	給湯	暖房		
		太陽熱パネル	ダイレクトゲイン	ダブルスキン
削減量 [GJ/年]	13.27	7.13	9.08	1.38
		27%	34%	5%
		17.58(暖房負荷削減66%分)		

荷削減効果の技術要素内訳[GJ/年]

当初の目的は達成されたと考えられる。



熱負荷	標準システム	目標値	実測値
総合	52.0	23.8	19.4
暖房	26.8	13.3	9.2
冷房	6.9	5.2	5.2
給湯	18.3	5.3	5.0
空気循環	-	-	-

用途別負荷[GJ/年]

エネルギー	標準システム	目標値	実測値
総合	46.9	21.9	19.7
暖房	11.4	5.7	3.9
冷房	5.0	3.8	3.8
給湯	25.4	7.4	6.9
空気循環	5.1	5.1	5.1

用途別 1次エネルギー量[GJ/年]

熱負荷	総合	冷房	暖房	給湯
標準→目標	54%	25%	50%	71%
標準→実測	63%	25%	66%	73%

目標・実測の用途別負荷削減率[%]

エネルギー	総合	冷房	暖房	給湯
標準→目標	53%	25%	50%	71%
標準→実測	58%	25%	66%	73%

目標・実測の用途別 1次エネルギー削減率[%]

【目標達成状況】

	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
①暖房給湯アクティブソーラーシステムの実用化研究	市販されている量産品の利用、システムの簡易化により使い勝手の良い設計を目指す。寒冷地、温暖地など地域別に必要される機能、性能、施工性を考慮するとともに、10年後、15年後のシステムの更新にも配慮した基本システムの設計を行う。	市販されている量産品でのシステム構成で構築できる目途がついた。	△ H29年4月 達成見込	太陽熱温水システムの中で太陽熱温水パネルおよびファンコイル設置コストが課題 H29年4月にコスト目標達成予定
②太陽熱取得部位の地域別の最適設計と効果検証	より多くの太陽熱を住宅内に取り入れるため、地域性を考慮した平面計画、断面計画、断熱気密性能、開口部(壁付窓、サンルーム、天窗等)について検討する。	地域毎のシミュレーション結果を基に地域の特性を考慮した設計、施工を行なった。削減目標を十分達成できることを検証した。	○	通年に対し、日射が旭川(78%)、福井(74%)であったため削減率が未達になった。H28年の実測で最終確認を実施する。花巻は日射熱取得量の改善を検討する。
③暖房給湯アクティブソーラーシステムの地域別の最適設計と効果検証	気象条件など、地域性を考慮した実証住宅へ適応した暖房給湯アクティブソーラーシステムの設計と実測により効果を検証する。	寒冷地でも十分な集熱が期待できることを検証した。極寒冷地用凍結防止、夏季過熱防止機構を組み込み、太陽熱取得の効率を最適にする設計手法を実証した。	○	寒冷地では集熱パネルの対費用効果が課題。H29年4月までに見極める
④高性能断熱材、高機能蓄熱建材の施工研究	住宅各社の施工技術を活用して施工を行い、施工性や効果、問題点の有無を検討する。	実証住宅の設計、施工にあたって従来型の部材と問題なく施工できることを確認し、性能的にも十分な効果を確認した。	○	費用対効果が課題 H29年4月までに見極める。

6. 実用化、事業化に向けた取り組み

本研究開発は既に販売実績のある省エネルギー住宅「高断熱・高气密＋個別送風ファン方式の全館空調システム：MaHAAt システム」に太陽エネルギー利用を付加した「太陽熱エネルギー活用省エネルギー住宅・設備システム」である。

すでにこのシステムは H23-H25 年度の公募事業「全館空調方式戸建住宅の太陽熱利用に関する研究開発」において 50%以上の省エネを確認し、基礎技術は確立している。本研究開発を通して、地域特性を考慮した設計、施工に基づく実証住宅を建設し、削減率 50%以上を確認できた。この結果を踏まえ、商品化、普及を図る。

今後このシステムを普及させるためには、以下の課題を解決する必要があると考える。

- ・ 太陽熱温水と MaHAAt システムの導入にあたって、工務店に対する設計支援を行う。
- ・ 気候特性に応じた太陽熱利用技術（仕様）による省エネ効果を設計段階で確認する。
- ・ 設備コストを省エネ効果の関係を明確にする。
- ・ FCU の効果を高めるために、太陽熱温水の設備容量が過剰にならないように留意する。

以上の課題を今後解決し、普及を促進させるため設計方針、ガイドライン等としてまとめる必要がある。また、経験の浅い設計者でも効率的に外皮性能および環境負荷をシミュレーションでき、かつ太陽熱利用による省エネ効果をシミュレートできる建築環境設計デジタルデザインツール開発と実証（ITによる設計支援システム）の開発が求められる。

ダブルスキンは集熱部位としてはもちろん、生活のための空間としても有効であるため工務店各社とともに普及展開を行う。トロンブウォールについては、特に日射の少ない地域では集熱部位として状況に合わせて利用を促進する。

真空断熱材、潜熱蓄熱材（PCM）については今後、製造者と課題共有し、利用条件の検討結果を加盟各工務店と情報共有することで真空断熱材や蓄熱建材を積極的に使っていく予定である。

引き続きメーカーと情報交換を行い、真空断熱材については当初の断熱性能を発揮できていない点について調査、検討を依頼する。潜熱蓄熱材については住宅の条件や効果について整理を行う。今回の実証事業の成果を踏まえ現在 FHA 加盟各社向けに作成している設計・施工マニュアルの拡充を図る。

【株式会社カワムラ】

弊社の実証住宅の建設地は、寒冷地のため従来太陽熱温水パネルはあまり普及していない地域だが、本事業の成果を踏まえ、温水を給湯として、またダブルスキンは暖房用の他、洗濯物の乾燥室としての利用など複合的な利点をアピールして積極的に取り組む。給湯利用に余裕のある夏期にはジャグジーでの利用の提案など、夏冬を通じた提案する付加価値商品として展開する。

今回の実験を通して総合負荷削減目標は54%だったが今年度は削減率47%となった。

太陽熱利用は天候に左右される為、今年度と標準年の日射量を比較すると80%程度の日射量しかなく目標達成する事ができなかった。

しかし、給湯負荷については72%の削減となり、寒冷地における太陽熱給湯は今後普及すべき点で、今後は寒冷地に対する制御・システムの構築や導入コスト削減を考え構築していく。

また、ダブルスキンは集熱以外の活用方法がある為、お客様からも評判が良く、部分的な太陽熱活用方法として販売促進につなげていく。

寒冷地でも太陽熱活用は実証データを見る限り、給湯・空調共にかなり有効的な省エネ手段とて普及させていくべき手段であることが実証された。

シミュレーションによる設計の評価も実証値と酷似している為、シミュレーションの簡素化や各設計者が自ら取り組める仕組みと太陽熱活用に向けて寒冷地仕様に対するシステムの構築や設計指針をまとめ、マニュアル化して寒冷地での太陽熱活用システムの構築が必須であり、今後商品化や普及に向けて努めていきたい。

【株式会社大洋建設】

弊社の実証住宅の建設地は寒冷地のため、太陽熱温水パネルはあまり普及していない現状がある。本事業を踏まえ、今後はダブルスキンは冬場の洗濯物の乾燥室として、温水を給湯としての複合的な利点をアピールし、太陽熱温水パネルに加え、太陽光パネルを組み合わせハイブリッドソーラーとして販売活動を行い、特に若い世代に向けに現実的な価格帯の家として提供する。

【花住ホーム株式会社】

「身体に良い住まい」をコンセプトとして、自然素材をふんだんに取り入れた住宅を展開している。自然エネルギーを使い、土地の風土にあった環境に配慮した住宅として提供する。災害対策という意味でも太陽熱エネルギーを有効利用した住宅では、ライフラインが止まった状況であっても、ある程度の環境を保てる家造りを目指す。

【松栄建設株式会社】

弊社の実証住宅の建設地は、寒冷な地域のためヒートショックによる脳溢血などが多い。以前から住宅内の温度差をなくす全館空調システムには取り組んできたが、温度ムラや過乾燥になる傾向があった。本事業の成果を踏まえ、自然エネルギーを利用した安心で健康的な家造りを目指す。またダブルスキンは暖房用の他、サンルームとしての利用など複合的な利点をアピールして積極的に取り組む。

【丸七ホーム株式会社】

弊社の実証住宅の建設地は、気候区分 6 地域に属しているが季節の寒暖差が大きく日射量も十分とはいえない環境にあるが、本事業の成果を踏まえ、温水を給湯として、またダブルスキンは暖房用の他、洗濯物の乾燥室としての利用など複合的な利点をアピールして積極的に取り組む。今回はダブルスキンにシングル硝子を使用したため、冬季に集熱した熱エネルギーが十分に利用できず、日中集熱出来る時間帯においても空調ユニット内の温度上昇が十分とはいえなかったことを踏まえ、より有効に太陽熱を取り入れるため、ダイレクトゲインの近くに空調ユニットを設置するなどの工夫取り入れることが必要だ。給湯利用に余裕のある夏期にはジャグジーでの利用の提案など、夏冬を通した提案する付加価値商品として展開する。

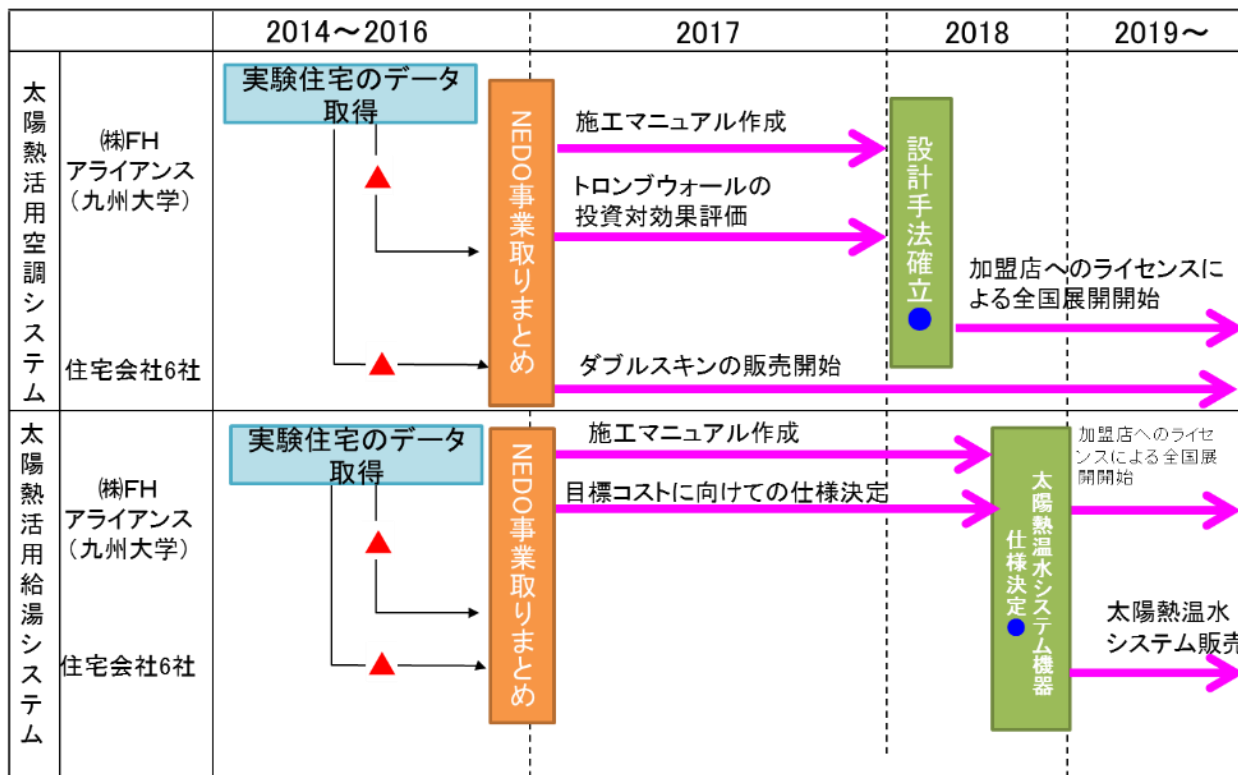
【アイ・ホーム株式会社】

弊社の実証住宅の建設地は、温暖地で日射量の非常に多い地域特性があり、太陽熱温水パネルの普及率が高い。その利点を利用して、太陽熱温水を多角利用している住宅としてアピールする。また南九州は風向きにより降灰の多い地域であるため、本事業の成果を踏まえ、ダブルスキンは暖房用の他、洗濯物の乾燥室としての利用など複合的な利点をアピールして積極的に取り組む。

● 事業化のスケジュール

従来型の MaHAt システムはすでに販売を開始しており、実証住宅の成果を基にした太陽熱利用を含む本システムの販売開始は H29 年度を予定している。全 MaHAt システムに対して一部の太陽熱利用、例えばダイレクトゲインのみを採用した住宅を含め、10~50%の採用を見込んでいる。

本研究開発の普及に当たっては参加住宅を中心に販売を開始し、順次「FH アライアンス」加盟の会員各社（62 社 2016 年 10 月現在）に拡大、技術をライセンスし全国展開を図る予定である。



研究開発項目毎の成果

(b) 太陽熱フル活用型住宅の地域適合化に関する研究開発

1 テーマの目的

太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発

太陽熱活用システムの実証住宅での評価

太陽熱フル活用型住宅の地域適合化に関する研究開発

2 テーマの要旨

住宅における空調（暖房・冷房）・給湯エネルギーを、太陽熱利用機器、高効率機器（高効率給湯器、高効率空調機器）、真空断熱材・潜熱蓄熱材並びに集熱・遮熱や通風等の建築的工夫を導入することにより、事業者が通常供給している太陽熱利用機器（空気集熱式ソーラーシステム）が導入されている建物より 50%以上の省エネ化できることを目標とする。

3 テーマの目標

事業者が通常供給している太陽熱利用機器（空気集熱式ソーラーシステム）が導入されている建物より50%以上の省エネ化できることを、全国の気象条件から寒冷地、準寒冷地、温暖地、準蒸暑地、蒸暑地の5区分に大きく分け、その5つの地域にそれぞれ建てた実証住宅で検証することを目標とする。

4 テーマの計画、研究内容

研究開発の期間

開始 平成26年7月25日

終了 平成28年2月29日

研究開発の日程

H. 26. 7～	H. 27. 3	実証住宅の計画・設計
H. 26. 7～	H. 27. 3	実証住宅の設計評価
H. 26. 9～	H. 27. 8	実証住宅への計測機器の設置
H. 27. 1～	H. 29. 3	実証住宅の計測
H. 27. 1～	H. 28. 3	実証住宅の評価
H. 27. 4	H. 28. 3	設計手法の構築

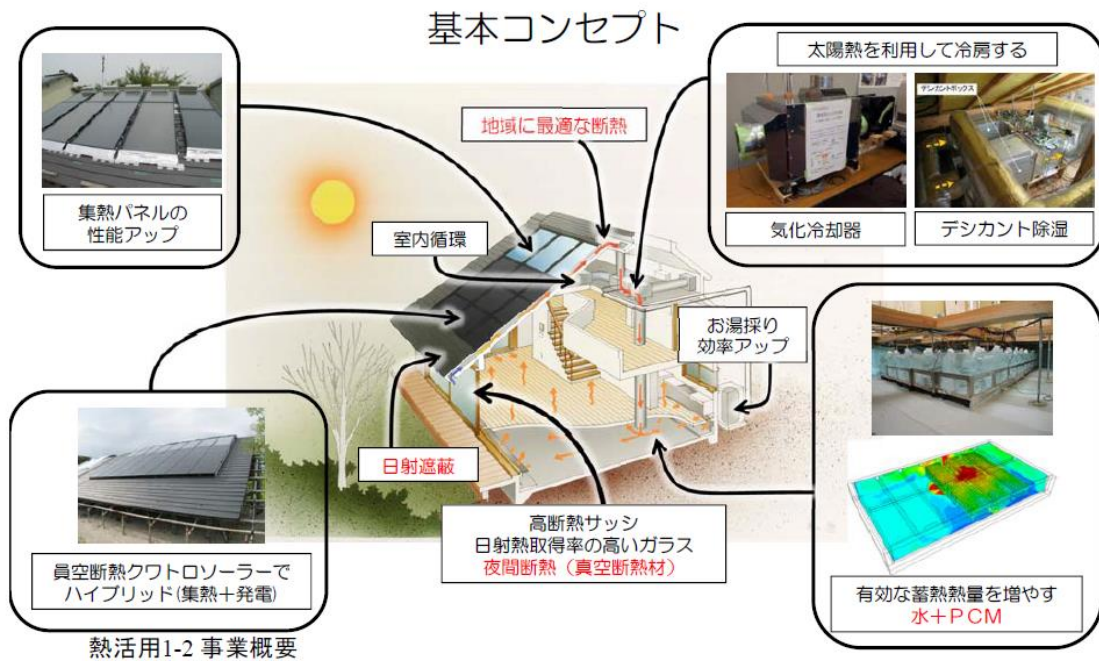


図 4-1 太陽熱活用型住宅の基本コンセプト

本研究開発において、太陽熱フル活用型住宅の地域適合化を検証することを目的とし、「従来より集熱効率を改善したガラス集熱器の採用」「真空断熱材使用内部建具による夜間の断熱補強」「PCM 建材と水入りペットボトルによる床下蓄熱容量の増加」「温暖地以南での太陽熱冷房の採用（デシカント+気化冷却）」といった各種の要素技術を適用した際の効果を検証した。基本コンセプトを図 4-1～4-3 に示す。実証住宅の建設地域については、図 4-4 のとおり、寒冷地から蒸暑地まで全国 5 か所を選定して、評価を行った。

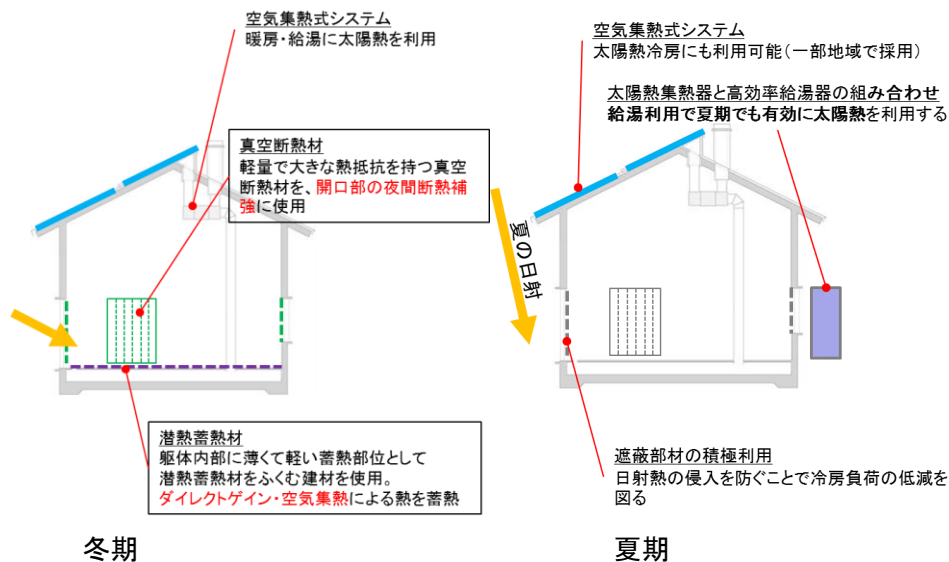


図 4-2 太陽熱活用型住宅の基本コンセプト（真空断熱材・潜熱蓄熱材）

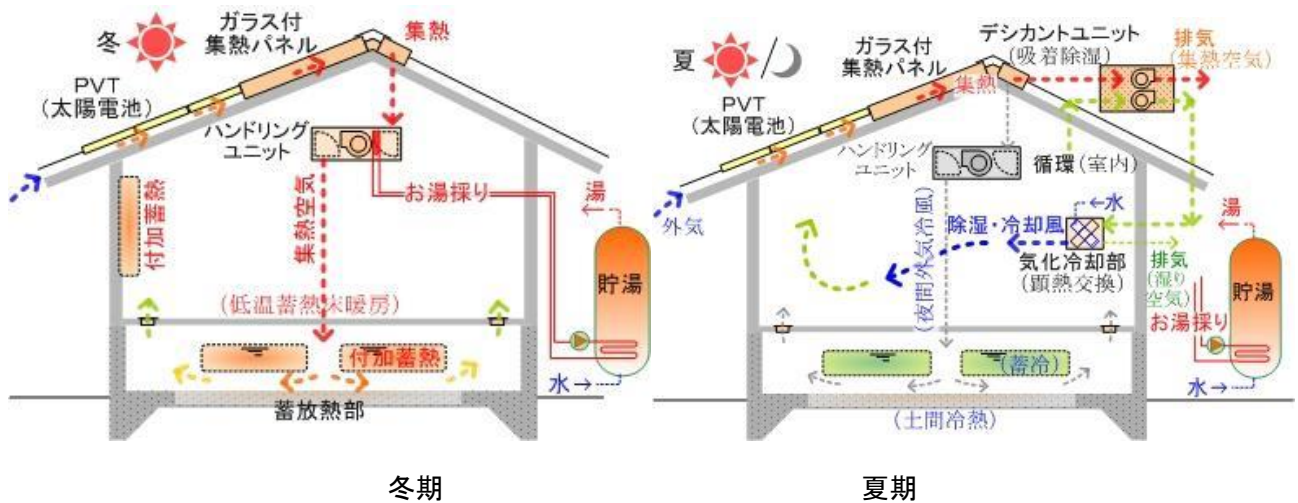


図 4-3 太陽熱活用型住宅の基本コンセプト (冬期・夏期のシステムダイアグラム)

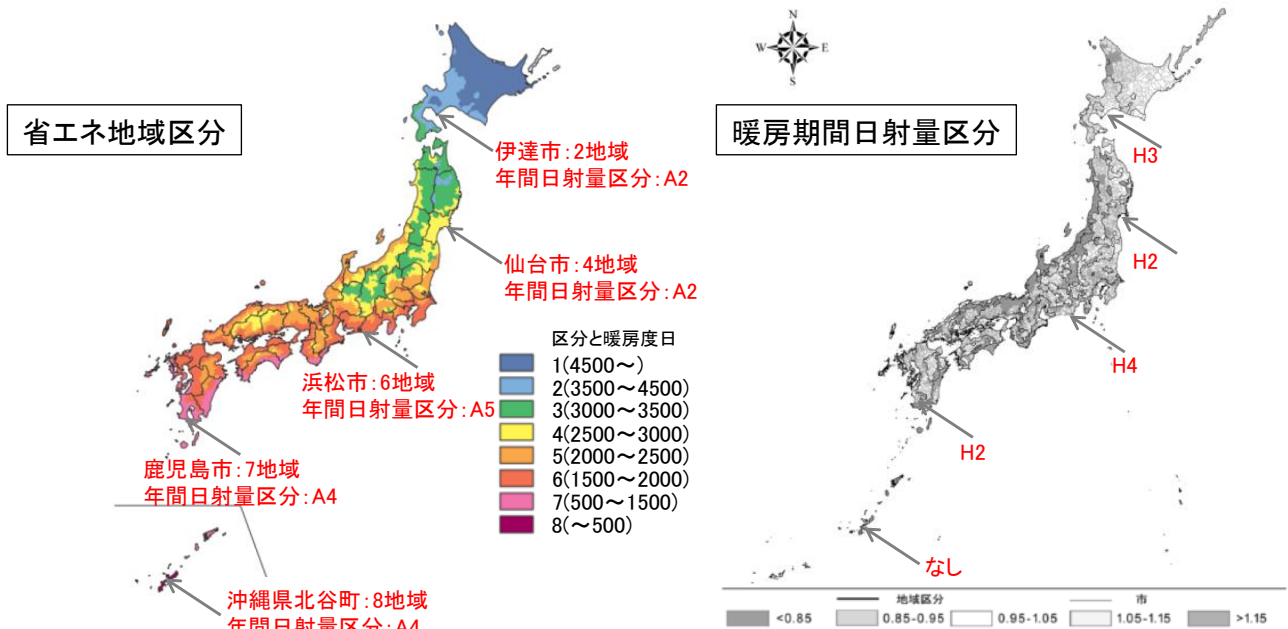


図 4-4 5 物件の実証住宅の所在地と気候区分

なお、5 件の実証住宅の仕様については、太陽熱活用型住宅の基本コンセプトを基に、地域ごとの気候特性に応じた断熱性能・日射遮蔽性能とともに集熱・蓄熱性能についても建設前に検討し、従来の空気集熱式システムと比較して暖冷房・給湯エネルギーを半減することを目標として、表 4-1~4-3 に示す通りの仕様とした。いずれも省エネ基準の断熱性能よりも高い水準とした。また、断熱性能を上げた際には、夏期・中間期の日射遮蔽が重要となるため、地域ごとに日射遮蔽用のルーバーやブラインド、花ブロックを採用したほか、一部の実証住宅では熱交換換気等を採用することで、通年の暖冷房負荷を低減する工夫を試みた。さらに、寒冷地となるにしたがって冬期の暖房・給湯負荷が大きくなるために、集熱面積を大きくし、勾配を急にするといった設計上の配慮も行った。

表 4-1 5 物件の実証住宅の仕様概要(1)

		伊達	仙台	浜松	鹿児島	沖縄
気候条件	省エネ地域区分	2地域	4地域	6地域	7地域	8地域
	冬期日射量区分	H3	H2	H4	H2	定義なし
	年間日射量区分	A2	A2	A5	A4	A4
	年間日平均全天日射量 [Wh/m ²]	2969.3	3347.4	4133.0	3910.3	3933.0
	冬期日平均全天日射量 [Wh/m ²]	2660.1	3143.4	3422.0	2908.4	2721.6
	暖房期間	10月1日 ～6月18日	10月5日 ～5月26日	11月17日～ 4月16日	12月18日 ～3月14日	1月1日 ～3月5日
建物条件	延床面積	106.4	106.0	79.0	117.6	237.3
	開口部面積 (うち南面開口面積)	24.0 (9.8)	51.8 (31.0)	29.6 (12.6)	46.8 (17.5)	42.5 (11.3)
	外皮等面積合計	324.8	283.32	253.5	315.0	599.3
	q値	86.9	101.0	128.7	192.8	815.1
	Ua値(○内は省エネ基準)	0.27(0.46)	0.33(0.75)	0.50(0.87)	0.62(0.87)	1.37(-)
	η _c (○内は省エネ基準)	1.8(-)	3.3(-)	2.7(2.8)	1.2(2.7)	2.3(3.2)
太陽熱利用	予備集熱面面積	41.1	29.9	22.4	27.9	30.8
	ガラス集熱面面積	20.7	15.1	11.3	15.1	10.3
	太陽熱暖房・給湯	○	○	○	○	○
	太陽熱冷房			○	○	○

表 4-2 物件の実証住宅の仕様概要(2)

	伊達	仙台	浜松	鹿児島	沖縄	
断熱仕様	屋根	吹込GW30K t=400	A種フェノール フォーム保温 板1種2号t=90	A種フェノール フォーム保温板 1種2号t=170	A種フェノール フォーム保温板 1種2号t=90	A種押出法ポリ スチレン1種 t=25
	外壁	高性能GW16K t=100充填 EPS特号 t=150付加	高性能GW16K t=105充填 EPS t=50付加	セルロース55K t=105 充填	高性能GW16K t=105充填	A種押出法ポリ スチレン1種 t=20
	主な 開口部 (窓)	木製サッシ +Low-Eトリプ ルAr封入 (1.3W/m ² K)	木製サッシ+ 真空ガラス (1.5W/m ² K)	樹脂サッシ +Low-E複層 (1.9W/m ² K)	アルミ樹脂複合 サッシ+Low-E 複層 (1.9W/m ² K)	アルミサッシ+ 普通単板ガラ ス(6.5W/m ² K)
	開口部 (ドア)	木製断熱積層	木製断熱積層	木製断熱積層	木製断熱積層	木製ドア

表 4-3 5 物件の実証住宅の仕様概要 (3)

	伊達	仙台	浜松	鹿児島	沖縄
真空断熱材建具	○	○	○	○	○
付加蓄熱体	水ペットボトル 500L (500ml×1000本)	水ペットボトル 500L (500ml×1000本)	水ペットボトル 1000L (2L×500本)	×	×
PCM建材	1F床裏に施工 1F敷設面積38.4m ²	1F床裏に施工 1F敷設面積38.7m ²	1F床・天井に施工 1F敷設面積41.6m ²	1F床裏に施工 1F敷設面積36.2m ²	2F東側寝室 敷設面積 17.4m ²
給湯	換気排熱利用 ヒートポンプ+ 潜熱回収型ガス	自然冷媒CO2 ヒートポンプ 給湯器	自然冷媒CO2 ヒートポンプ 給湯器	自然冷媒CO2 ヒートポンプ 給湯器	自然冷媒CO2 ヒートポンプ 給湯器
冷暖房	温水パネルヒー ター+温水コイル	エアコン	エアコン	エアコン	エアコン
換気	ダクト式 第3種換気	壁付式第1種 熱交換換気	第3種換気	壁付式第1種 熱交換換気	第3種換気
デシカント冷房	×	×	○	○	○
遮蔽物	×	木製ルーバー	木製ルーバー+ 外ブラインド	木製ルーバー	花ブロック

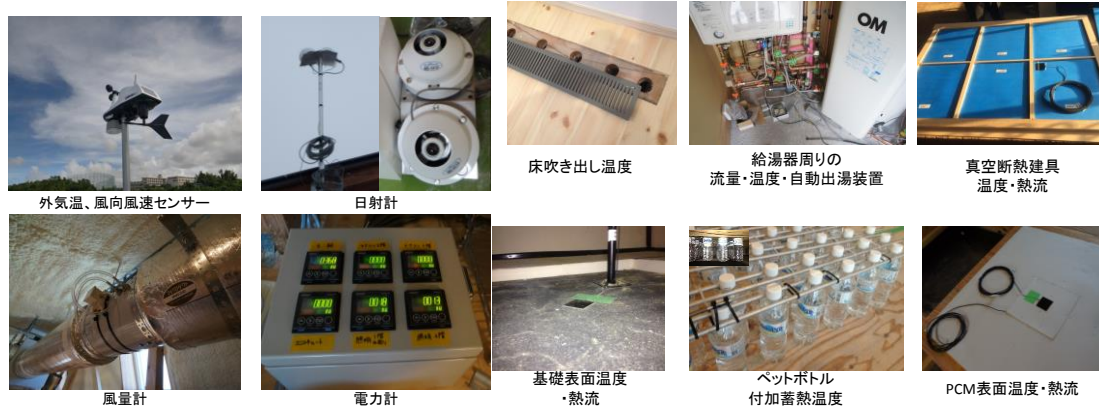
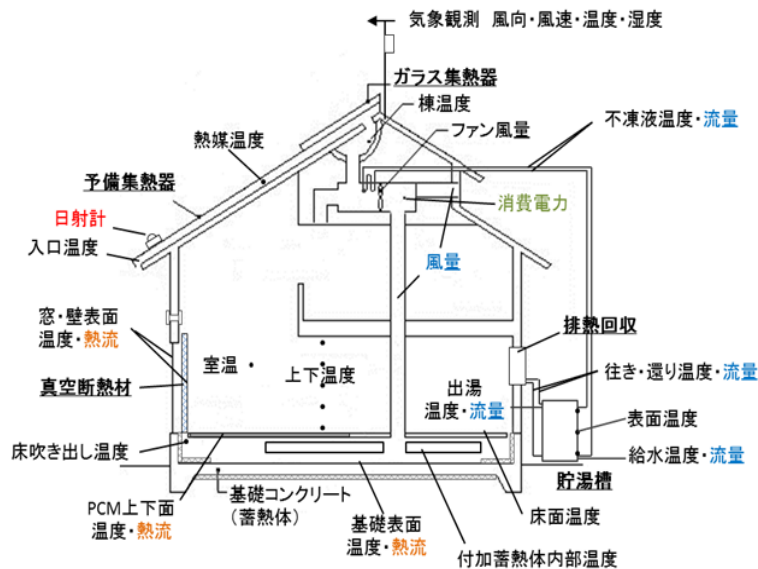


図 4-5 本研究開発の検証に用いた計測機器設置状況の概要

表 4-4 実証実験時の計測スケジュール (2015 年)

日程	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	11月	12月	
伊達・仙台 ・鹿児島	14~20日	11日~17日	16日~ 22日	13日~ 19日	28日~ 8月3日	4日~ 17日	18日~ 24日	8日~ 15日	14日~ 20日	12日~ 18日
浜松	21日~27日	29日~5月6日								
集熱	運転(冬モード)		運転(中間期モード)		運転(夏モード)			運転(冬モード)		
補助暖房	ON		冷房設定27℃		冷房設定26℃			OFF		
換気	ON									
真空断熱材建具	8時~18時開		8時~18時開		常時開			8時~16時閉		
日射遮蔽	開		閉			開				
内部発熱	常時・100W電球4球点灯							100W×2球点灯		
給湯	自動出湯(約450L・40℃/日)									
デシカント冷房	OFF					ON	OFF	ON	OFF	

図 4-5 に、本研究開発に用いた計測機器の設置概要を示す。1 件あたり約 140 点の項目を計測し、外部気象、太陽熱利用システムの挙動、室温変動、採用した真空断熱材建具の断熱性能や PCM 建材の吸放熱量、消費エネルギー量等を 10 秒間隔で通年にわたり計測した。また、表 4-4 に示す通り、沖縄を除く 4 物件では冬期・中間期・夏期のデータを取得するために、毎月特定の期間で暖冷房・給湯設備をスケジュール運転することで、太陽熱利用システム利用時の消費エネルギー量の把握を行った。さらに、これらのデータのみでは 1 年間を対象とした省エネ効果の評価が困難であるため、その他の日のデータも援用してシミュレーションの精度検証用データを整理し、シミュレーションによって年間の省エネルギー効果を試算した。

5 研究開発成果

ここでは、5件の実証住宅において、地域ごとの特徴を踏まえた冬期・夏期の暖冷房時の計測状況と、年間を通じた給湯負荷削減効果に関する結果を示す。続いて、季節ごとのエネルギー収支、シミュレーションによる負荷削減についての結果を示す。

はじめに各物件の計測結果として、北海道伊達市・宮城県仙台市・静岡県浜松市の冬期の詳細を示す。北海道伊達市では地域の気候の特性上、夏期の冷房負荷が生じないことが当初から想定され、冷房設備が備わっていないため冷房に関する実証実験は行っていない。宮城県仙台市では、2015年の夏期の実証実験期間中に非晴天日が続き冷房運転がほとんど生じなかったため、ここでの実証データの掲載は省略する。また、静岡県浜松市については夏期の太陽熱冷房の実証実験も試みたが、システムの調整に時間を要して意図した太陽熱冷房の実証データとしては不十分な点もあったため、掲載を割愛する。鹿児島県鹿児島市では、冬期の計測結果に加えて、夏期の太陽熱冷房の結果についても示す。また、沖縄県北谷町では、竣工が遅れたために夏期の検証は不十分であったが、太陽熱冷房運転の調整状況について示す。

1) 北海道伊達市



図 5-1 伊達市実証住宅の外観・内観

図 5-1 に、伊達市実証住宅の外観・内観写真を示す。図 5-2 には冬期の代表月として、12 月計測期間における室温変動と、補助暖房投入熱量を示す。なお、12 月 11 日までは補助暖房なしの計測を行ったが、補助暖房なしの自然室温では 15~20°C 程度を推移しており、太陽熱のみでは室温が若干低い水準となった。12 月 12 日以降の室温は 20°C から 25°C 程度を保った。また図 5-3 に示す通り、晴天日には昼間

に集熱された太陽熱の一部が給湯に利用された。図 5-4 では、計測期間中で集熱された熱と補助暖房によって投入された熱が床下空間でどのように使用されたかを示す。期間平均で約 33MJ の床下基準暖房集熱に加えて 66MJ の補助暖房による熱が床下に投入され、まずその半分の熱量が室内に投入された。さらに、残りの約半分が日中に床下空間を経由して対流・貫流として室内に供給された。日中に室内に投入されなかった熱量は床下蓄熱体の基礎・ペットボトル・PCM に吸熱されることになるが、このうち非集熱時に放熱された熱量は約半分となった。参考として、図 5-5 に 11 月の床下熱収支についても示す。12 月と比較して、暖房負荷が小さく、集熱量も大きいことから床下への補助暖房による投入熱量は小さく、昼間に集熱した太陽熱を床下に蓄え、非集熱時により有効に放熱しているといえる。また、PCM からの放熱量は小さいことから、内部に常に熱を蓄えたまま放熱しきれないでいたといえる。

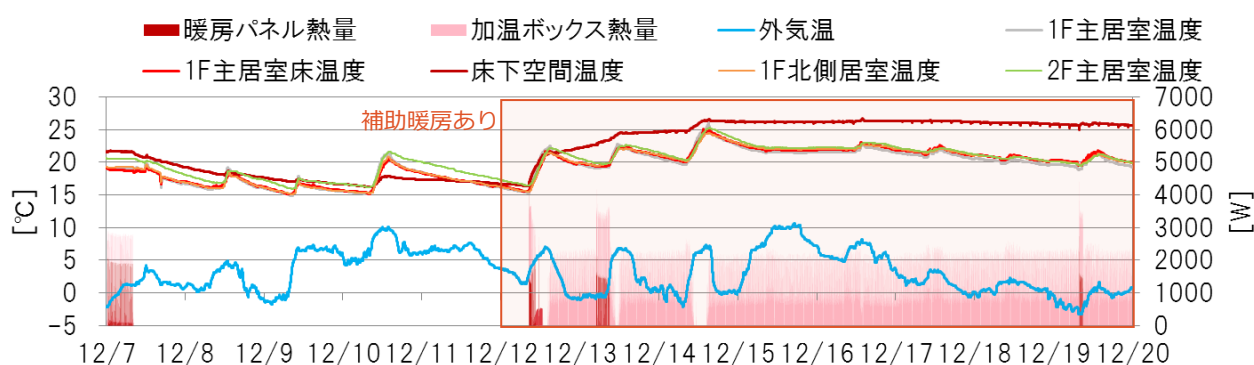


図 5-2 居室温度・補助暖房使用状況 (2015 年 12 月)

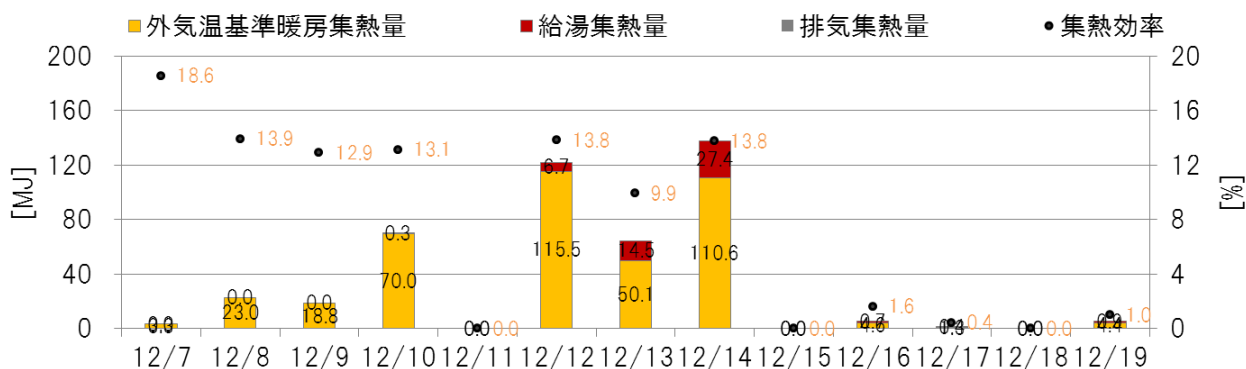


図 5-3 集熱分配・集熱効率 (※効率：PV 面+ガラス面の総合効率) (2015 年 12 月)

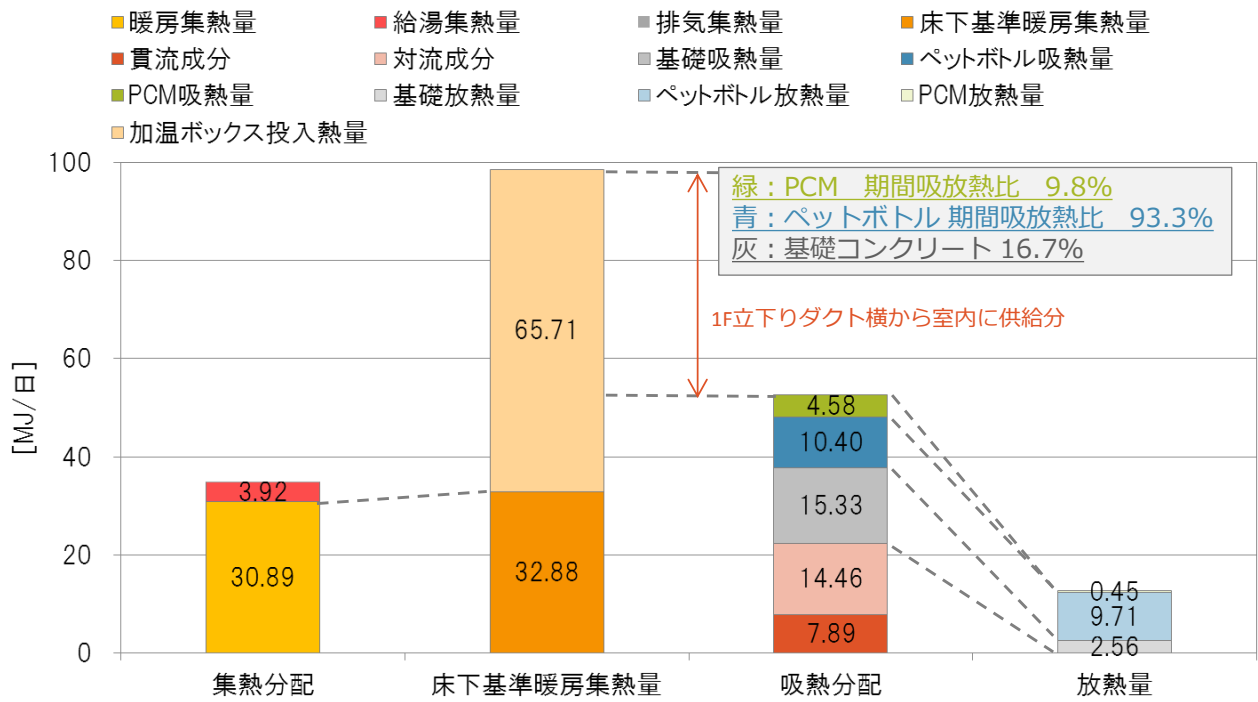


図 5-4 集熱量床下分配 (12 月計測期間平均)

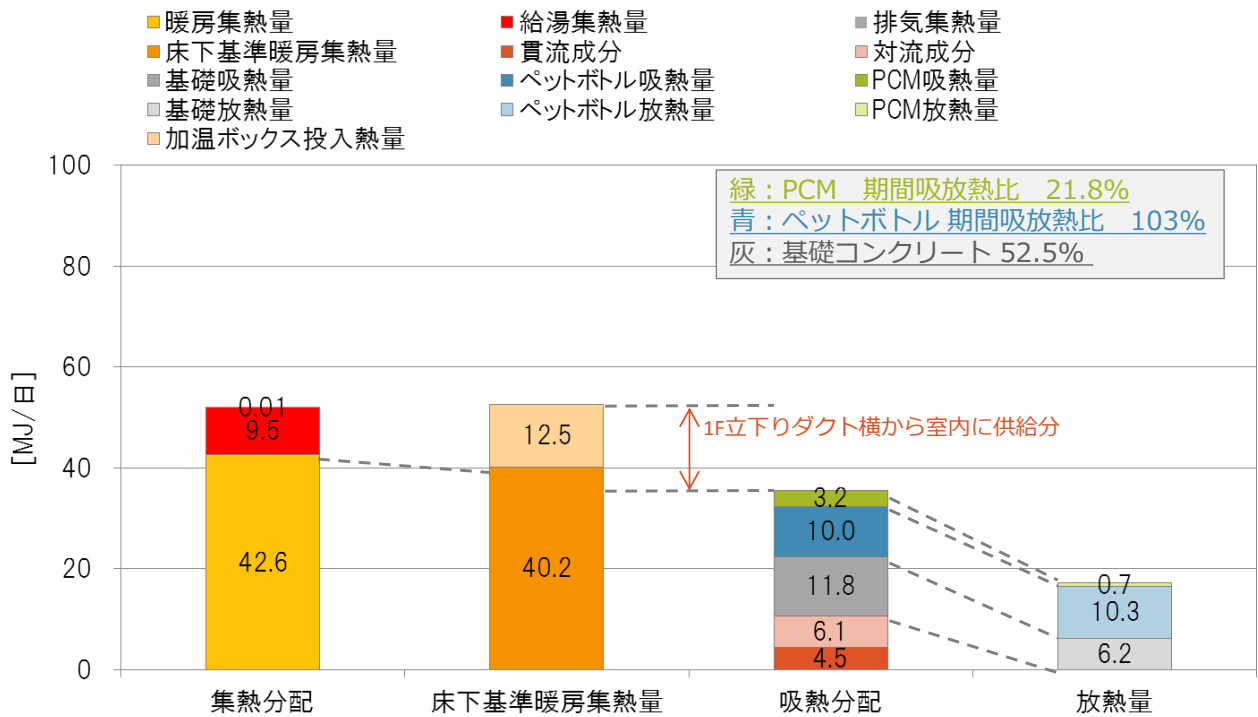


図 5-5 集熱量床下分配 (11 月計測期間平均)

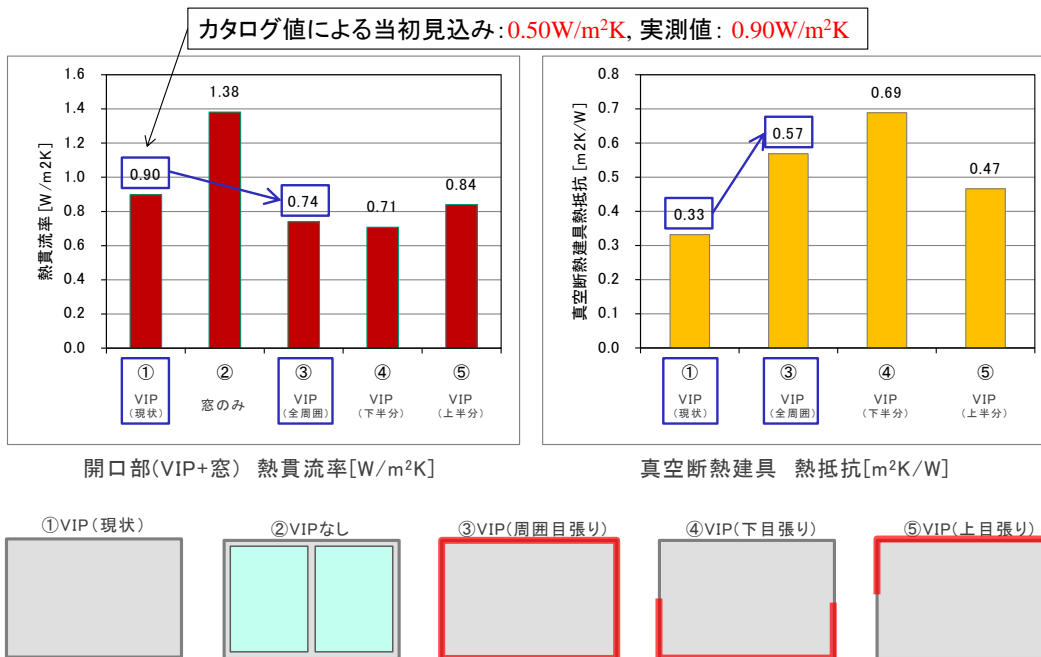


図 5-6 真空断熱材 (VIP) 建具を使用した際の開口部の熱貫流率・熱抵抗値の評価

また、伊達市での真空断熱材 (VIP : Vacuum Insulation Panel) を使用した夜間断熱用建具の熱性能の検証結果を図 5-6 示す。計測は、2015 年 11 月に実施した。窓面に熱流計を設置して窓面通過熱流を計測し、室内外温度差で除することで、開口部全体の熱貫流率と熱抵抗を計測した。この結果、真空断熱建具なしの窓のみの結果と比較すると、夜間断熱補強時には 1.5 倍の断熱性能となることを示した。さらに、真空断熱建具使用時の気密性を改善した場合、更なる断熱性能の向上が認められた。当初のシミュレーションによる省エネ効果の試算段階では、こうした気密性能や建具内の熱橋部位を考慮していなかったが、実装方法によって断熱性能が異なることを考慮し、H27 年度末の削減効果見込みを年間シミュレーションから試算する際には、図 5-6 の①に示す仕様を想定したものとした。

最後に、図 5-7 では月別の給湯負荷に対する太陽熱の分担率を計測結果から求めた結果を示す。なお、12 月については出湯量を計測していた流量計の不具合により一部欠測が生じた。厳冬期になるにしたがって、太陽熱集熱量が減る一方、給水温度の低下によって給湯負荷が増大するために太陽熱の寄与度が小さくなる傾向となった。

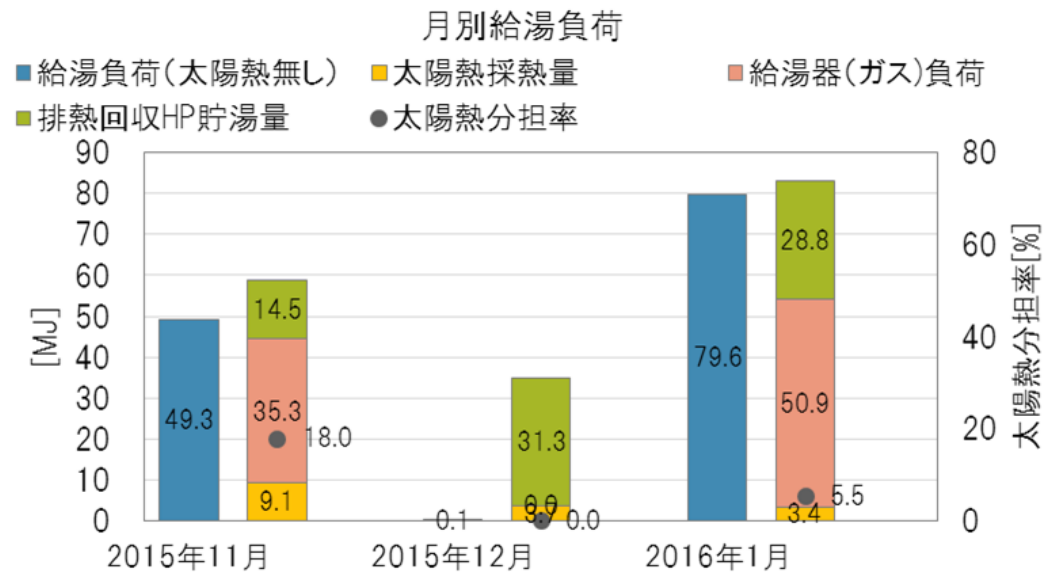


図 5-7 冬期の給湯負荷に対する太陽熱分担率（日平均）

以下に、伊達市における冬期計測結果概要を整理する。

■ 室温

11 月計測期間においては補助暖房なしで室温は 20℃から 30℃程度を保った。集熱分も 2 割程度が給湯利用されていた。12 月前半は集熱が少なく、補助暖房なしでの運用だったため室温は 20℃を超えないが、15℃以上は維持していた。後半の補助暖房あり期間においては、終日補助暖房を運転する結果となった。

■ 蓄熱

11 月期間平均で約 40MJ の床下基準暖房集熱があり、その約 25%が対流・貫流として室内に供給され、約 75%は蓄熱体（基礎・ペットボトル・PCM）に吸熱されていた。

12 月期間平均で約 33MJ の暖房集熱と 66MJ の加温ボックス投入熱量があり、床下に投入された熱量のうちの約 2 割が床下を経由して対流・貫流として室内に供給され、約 8 割は蓄熱体に吸熱されていた。

■ 給湯

50MJ 程度の給湯負荷に対し、晴天日に約 4~5 割を太陽熱と排熱回収 HP で賄い、不足分はガス給湯器の運転によって賄っていた。

2) 宮城県仙台市



図 5-8 仙台市実証住宅の外観・内観

図 5-8 に、仙台市実証住宅の外観・内観写真を示す。図 5-9 には冬期の代表月として、12 月計測期間における室温変動と、補助暖房使用状況を示す。前半は集熱が少なく、補助暖房なしでの運用だったため室温は 20℃を超えないが、15℃以上は維持していた。補助暖房期間においては、晴天日の中にはエアコン運転が停止することも多く、集熱による暖房負荷低減効果が示された。なお図 5-10 に示す通り、仙台市においても集熱量の一部は給湯に利用されていた。

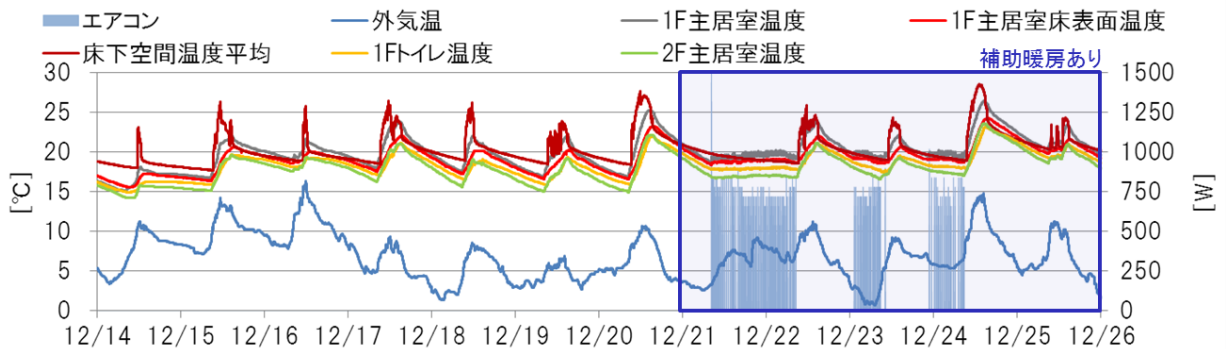


図 5-9 居室温度・補助暖房使用状況 (2015 年 12 月)

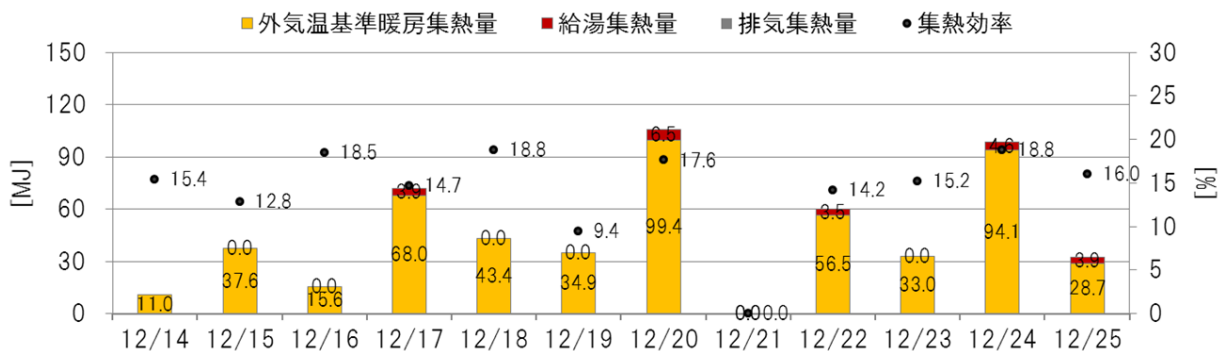


図 5-10 集熱分配・集熱効率（※効率：PV 面+ガラス面）（2015 年 12 月）

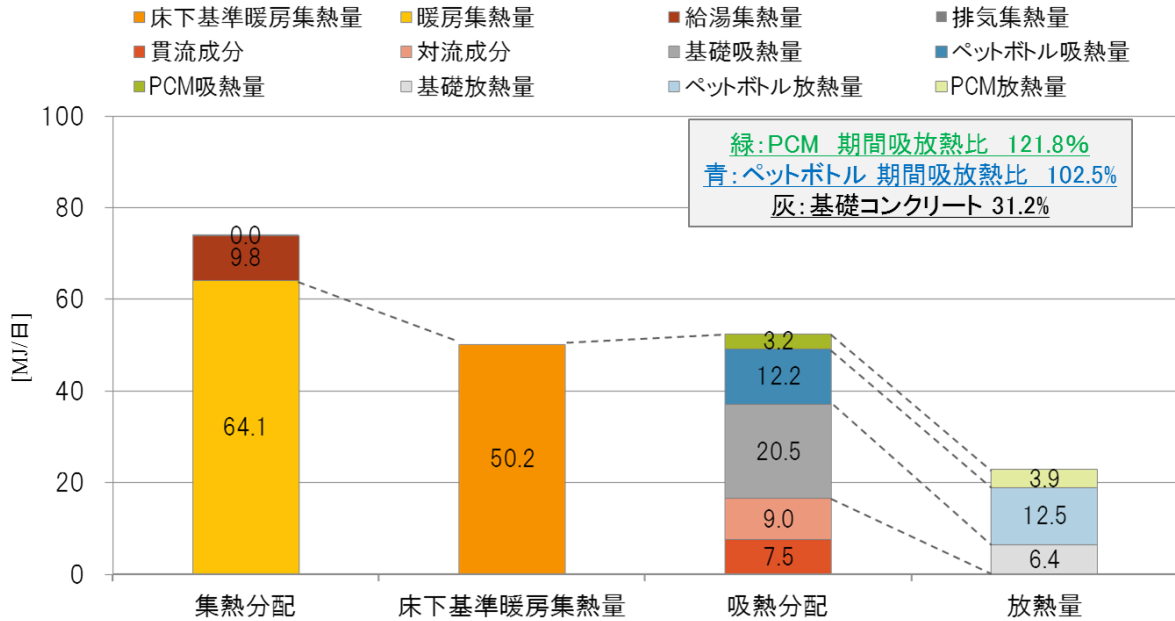


図 5-11 集熱量床下分配（12 月計測期間・期間平均）

図 5-11 では、計測期間中で集熱された熱と補助暖房によって投入された熱が床下空間でどのように使用されたかを示す。12 月の床下での期間平均で約 50MJ の暖房集熱（床下基準）があり、その約 3 割が対流・貫流として室内に供給され、約 7 割は蓄熱体に吸熱されていた。吸熱量のうち、6 割程度が非集熱時に放熱されていた。特に、PCM とペットボトルからは、日中に吸熱した量と同等の熱量を非集熱時に放熱していた。

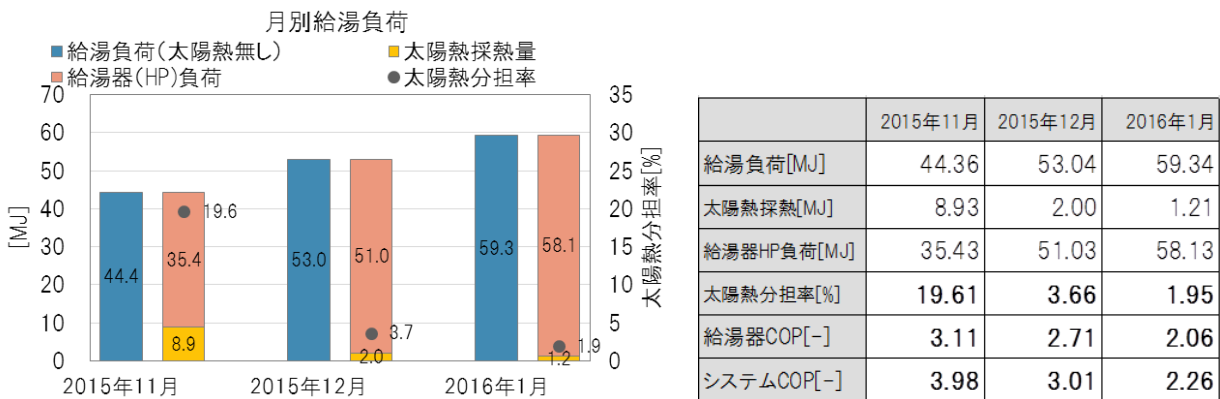


図 5-12 冬期の給湯負荷に対する太陽熱分担率と給湯システム COP（日平均）

図 5-12 では、冬期の給湯負荷に対する太陽熱分担率を示す。冬期は給湯負荷の 2%～20%程度を太陽熱により賄うことができた。ただその量は少なく、太陽熱採熱を考慮したシステム COP は最大でも 4 程度となり、給湯器単体での COP と比較して若干向上する程度であった。

以下に、仙台市における冬期計測結果概要を整理する。

■室温

11月計測期間においては補助暖房なしで室温は20℃から30℃程度を保った。集熱分のうち2割程度が給湯利用可能であった。

12月は集熱が少なく、補助暖房なしでの評価機関では室温は20℃を超えないものの、15℃以上は維持していた。補助暖房ありの期間では、日中の太陽熱集熱によりエアコン運転が停止する時間も多くみられ、太陽熱による暖房負荷低減効果が認められた。

■蓄熱

11月期間平均で約46MJ、12月期間平均で約50MJの床下基準暖房集熱があり、その約3割が対流・貫流として室内に供給され、約7割は蓄熱体（基礎・PET・PCM）に吸熱され、その熱量の6割程度が非集熱時に放熱された。

■給湯

11月は45MJ/日程度の給湯負荷に対し、約3割を太陽熱で賄い、不足分はヒートポンプ運転により賄っていた。

12月は55MJ/日程度の給湯負荷に対し、ほぼ全てを給湯器（ヒートポンプ）で賄っており、太陽熱分担率は期間で3.7%程度であった。

3) 静岡県浜松市



図 5-13 浜松市実証住宅の外観・内観

図 5-13 にて、浜松市実証住宅の外観・内観写真を示す。図 5-14 には冬期の代表月として、12月計測期間における室温変動と、補助暖房使用状況を示す。前半の補助暖房なし期間においては、晴天日がエアコンなしで20℃以上、明け方でも18℃程度であった。後半のエアコン併用期間においてもほとんどエアコン運転による補助暖房なしに20℃程度以上の室温を維持していた。図 5-15 に12月の集熱量の内訳を示す。集熱効率は晴天日で15%程度であった。伊達市・仙台市と比較すると、温暖地のために晴天日には給湯利用可能な集熱量も大きかった。

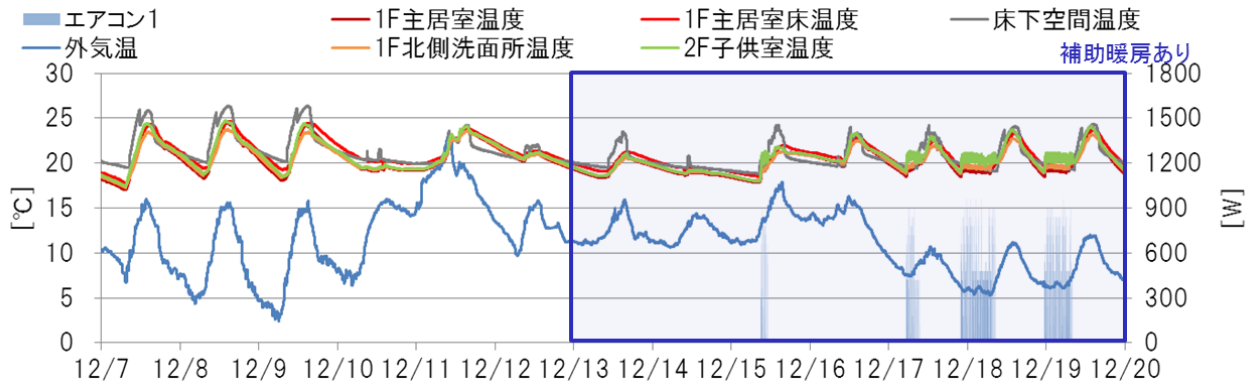


図 5-14 居室温度・補助暖房使用状況 (2015 年 12 月)

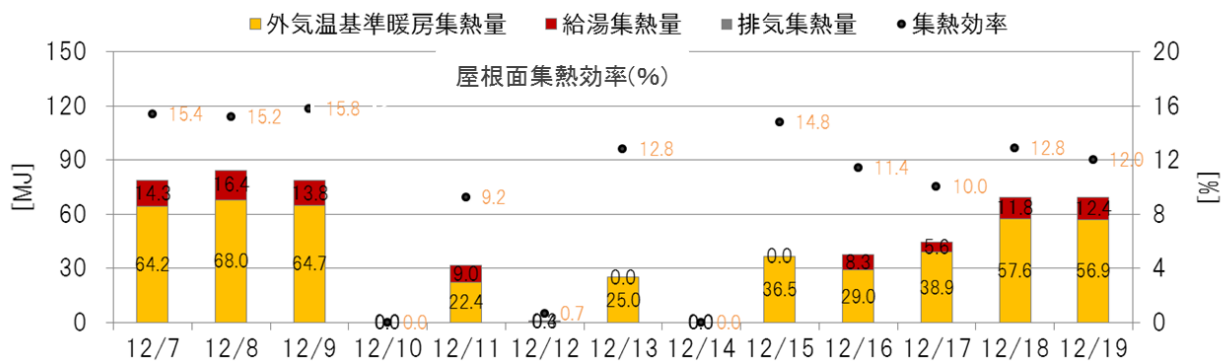


図 5-15 集熱分配・集熱効率 (※効率: PV 面+ガラス面) (2015 年 12 月)

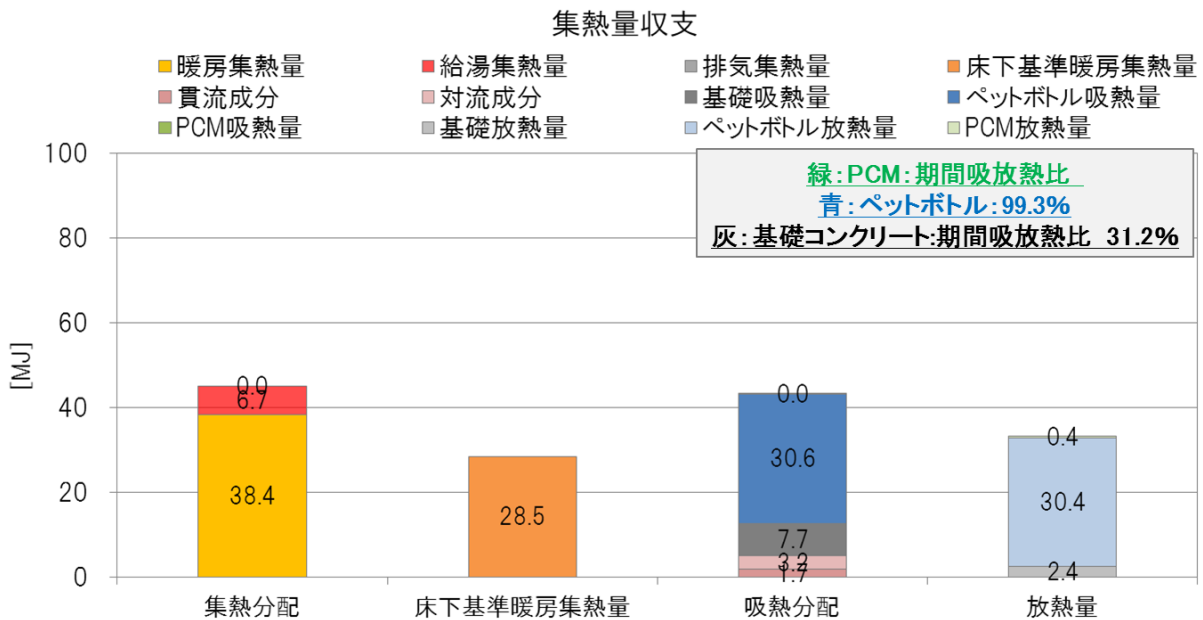


図 5-16 集熱量床下分配 (12 月計測期間・期間平均)

図 5-16 では、計測期間中で集熱された熱と補助暖房によって投入された熱が床下空間でどのように使用されたかを示す。床下床下に投入された熱量のうち、日中に貫流 (床からの伝導)・対流 (床吹き出

し)によって2割程度の熱が室内に入り、残りは蓄熱部位へ吸熱されていた。ペットボトルからは昼間の吸熱量をほぼすべてを非集熱時に放熱し、基礎からは約3割の放熱があった。PCMについては、吸放熱量はわずかであった。

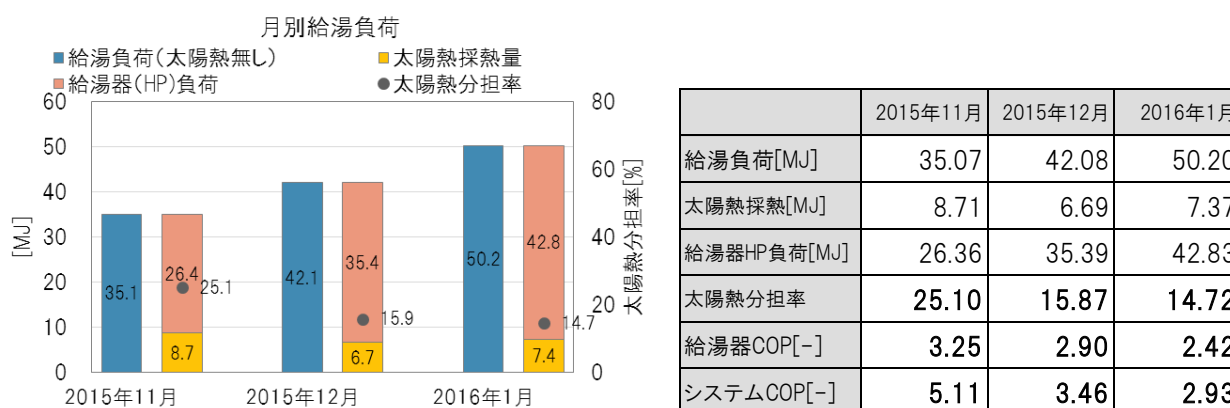


図 5-17 冬期の給湯負荷に対する太陽熱分担率と給湯システム COP (日平均)

図 5-17 では、冬期の給湯負荷に対する太陽熱分担率を示す。冬期は給湯負荷の 14%~25%程度を太陽熱採熱により賄うことができた。太陽熱採熱を考慮したシステム COP は最大で 5 程度となり、同様の給湯システムを採用している仙台と比較すると冬期の太陽熱分担率の向上により、システム COP も高い傾向であった。

以下に、浜松市における冬期計測結果概要を整理する。

■室温

11 月計測期間においては補助暖房なしで室温は 20℃から 30℃程度を保った。

12 月は集熱のみによって 20℃程度を推移しており、明け方の冷え込む時間帯によっては補助暖房がわずかに運転されていたものの、太陽熱集熱が暖房負荷低減に有効であったことが示された。

■蓄熱

12 月期間平均で約 26MJ/日の床下基準暖房集熱があり、その約 3 割が対流・貫流として室内に供給され、約 7 割は蓄熱体(基礎・PET・PCM)に吸熱されていた。また、そのうちの大部分を非集熱時に放熱していたことで、暖房負荷低減に寄与したといえる。

■給湯

11 月は 35MJ/日程度の給湯負荷に対し、晴天日には約 5 割を太陽熱で賄い、不足分はヒートポンプ運転で補っていた。

12 月は 45MJ/日程度の給湯負荷に対し、晴天日には 3 割程度を太陽熱で賄っていた。

この結果、11, 12 月では全実験期間平均で全給湯負荷に対して 20%弱の太陽熱分担率となった。

4) 鹿児島県鹿児島市



図 5-18 鹿児島市実証住宅の外観・内観

図 5-18 にて、鹿児島市実証住宅の外観・内観写真を示す。図 5-19 には冬期の代表月として、12 月計測期間における室温変動と、補助暖房使用状況を示す。補助暖房なし期間においては、外気温が高く晴天日も多かったため、室温は 20℃以上で推移した。補助暖房あり期間においては、2F エアコンが運転しているものの 1F は若干温度が低い結果となった。これはハンドリングボックスによる室内循環運転が停止していたことが原因として挙げられる。

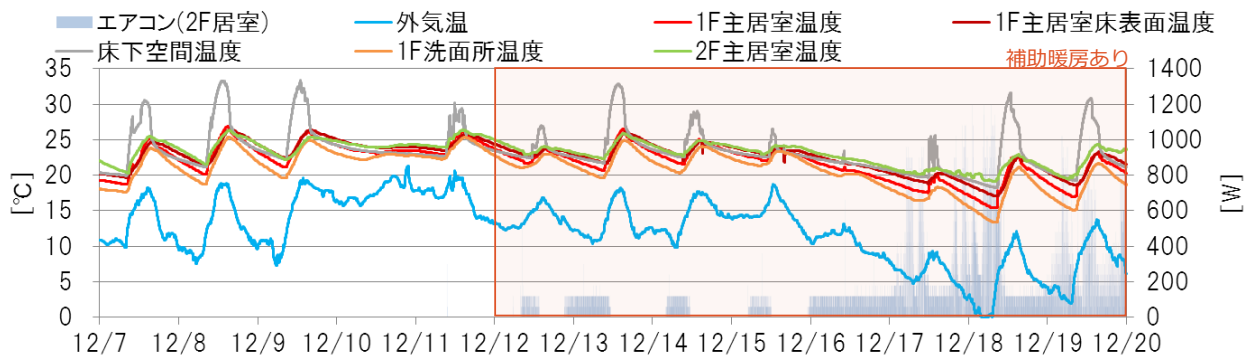


図 5-19 居室温度・補助暖房使用状況 (2015 年 12 月)

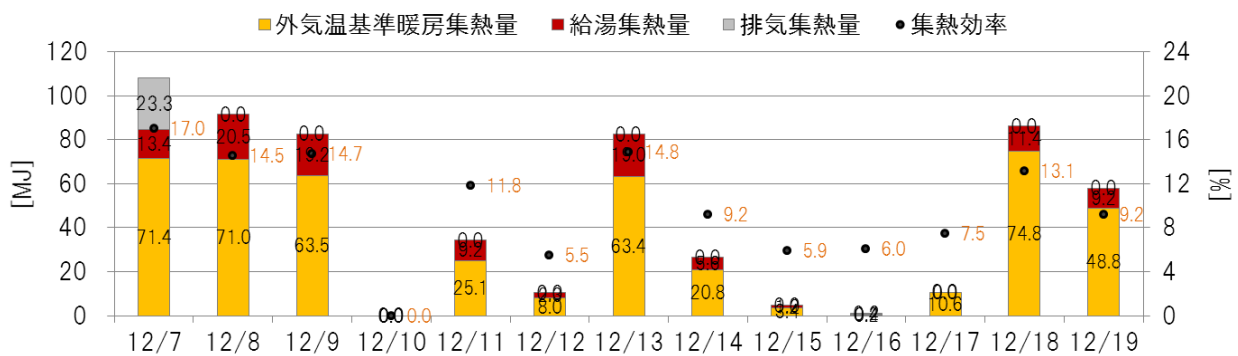


図 5-20 集熱分配・集熱効率（※効率：PV 面+ガラス面）（2015 年 12 月）

図 5-20 では、12 月の集熱量の内訳を示す。集熱効率は晴天日で 15%程度であった。浜松と同様に、晴天日には給湯利用可能な集熱量も大きかった。

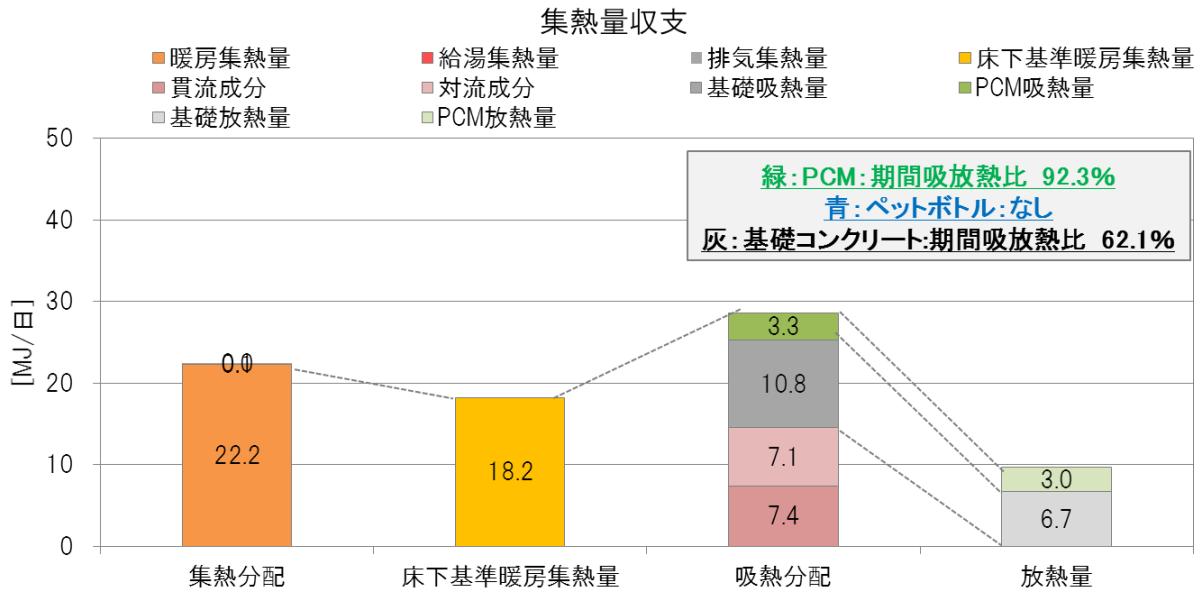


図 5-21 集熱量床下分配（12 月計測期間・期間平均）

図 5-21 では、計測期間中で集熱された熱と補助暖房によって投入された熱が床下空間でどのように使用されたかを示す。床下に投入された熱量のうち、日中に貫流（床からの伝導）・対流（床吹き出し）によって半分程度の熱が室内に入り、残りの半分は蓄熱部位へ。蓄熱部位では、PCM で吸った熱量はほぼ全て非集熱時に放熱し、コンクリートでは吸熱の 6 割を放熱。ただし、床下基準集熱量に対して吸熱量が大きく、計測上の誤差も相当量あると考えられ、計測内容の精査が必要といえる結果となった。

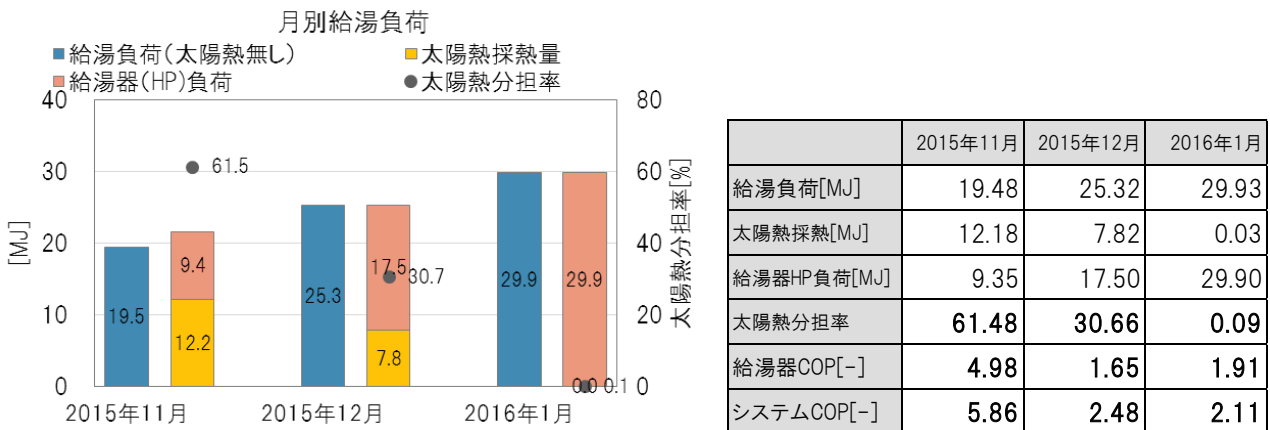


図 5-22 冬期の給湯負荷に対する太陽熱分担率と給湯システム COP（日平均）

図 5-22 では、冬期の給湯負荷に対する太陽熱分担率を示す。冬期は給湯負荷の 0%~61%程度を太陽熱採熱により賄うことができたが、1 月には太陽熱は給湯負荷削減には寄与しなかった。これは、太陽熱システムの動作を判定する室温センサーが 1 階に設置されていたため、2 階のエアコン運転時に 1 階の室温が上がりにくく、結果として給湯に使える余剰分の太陽熱がないものと判定されたためである。

このため、冬期の太陽熱採熱を合わせたシステム COP は 11 月は 5.8 程度であったが、1 月にはほとんど太陽熱は給湯負荷削減には寄与しない結果となった。空調計画に合わせた制御用センサーの位置の検討が必要といえる。

以下に、鹿児島市における冬期計測結果概要を整理する。

■室温

11 月は外気温が高く室温 20℃を上回っており、補助暖房ありの実験期間においてもエアコン運転はなかった。

12 月は自然室温条件でもほぼ 20℃以上を維持。補助暖房あり期間の後半はわずかにエアコン消費が生じた。

■蓄熱

床下に投入された熱量のうち、日中に貫流（床からの伝導）・対流（床吹き出し）によって半分程度の熱が室内に入り、残りの半分は蓄熱部位へ。蓄熱部位では、PCM で吸った熱量はほぼ全て非集熱時に放熱し、コンクリートでは吸熱の 6 割を放熱していた。

■給湯

11 月晴天日には給湯負荷の 5～9 割程度を太陽熱で賄っていた。暖房集熱不要であったため、屋根で集めた太陽熱は給湯のみに使われた。

12 月晴天日には給湯負荷の 3～5 割程度を太陽熱で賄っていた。また、1 月は 1 階室温が低かったことにより、太陽熱は給湯負荷削減には寄与しなかった。

さらに、鹿児島市では太陽熱冷房（図 5-23）についての検証も重点的に行った。以降では夏期の計測結果について示す。

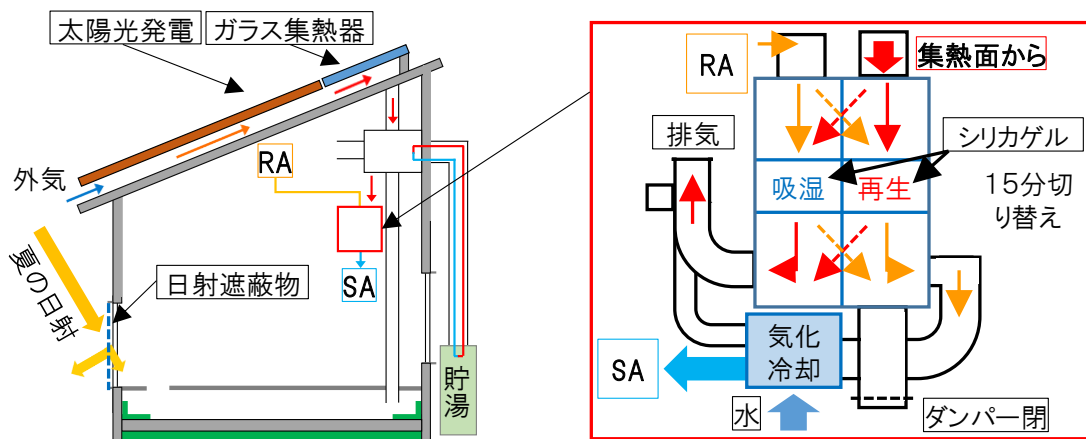


図 5-23 太陽熱冷房システム概要

今回採用した太陽熱冷房・デシカントシステムは、日中の集熱時に 15 分ごとに 2 台のハンドリングボックスを切り替えることで吸湿・再生を繰り返して外気を除湿し、更に非接触式の気化冷却装置によって冷却するシステムを採用した。図 5-24 に示す通り、太陽熱冷房によりエアコン処理熱量を 2 割強削減できていた一方で、ハンドリングボックスの消費電力が他物件より大きくなったために太陽熱冷房の COP は 2～8 程度を推移しており、ファン消費電力の低減が課題となった。

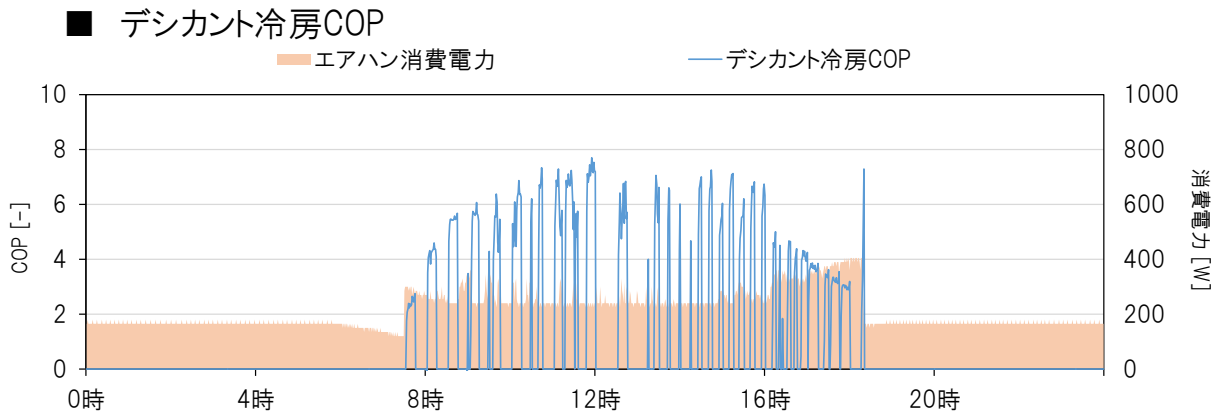
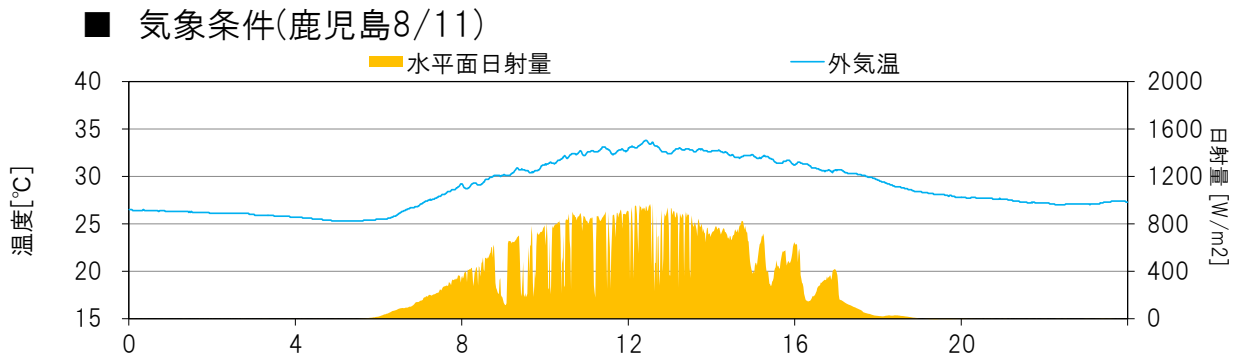
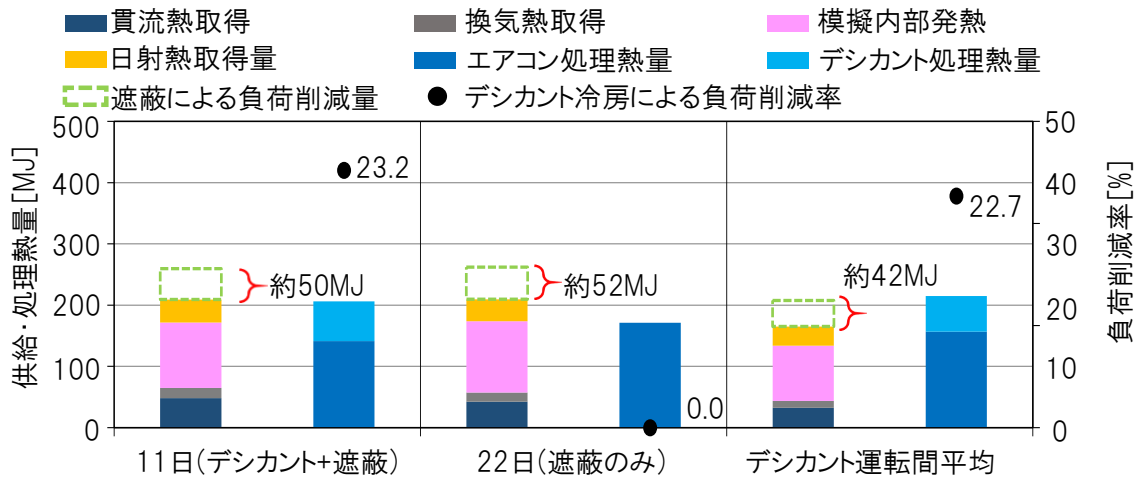


図 5-23 太陽熱冷房システムによる冷房負荷削減量と効率

5) 沖縄県北谷町



図 5-24 北谷町実証住宅の外観・内観

図 5-24 にて、鹿児島市実証住宅の外観・内観写真を示す。北谷町では竣工時期の関係から、冷房に関する十分な検討ができていないが、図 5-25 には竣工後の 11 月計測期間における室温変動と、エアコン冷房使用状況を示す。エアコンによる冷房設定温度は 26℃としたが、室温が 22～23℃程度を推移した。図 5-26 に、期間中の集熱量の内訳を示す。屋根面の集熱効率は晴天日で 15%程度を推移したものの、給湯用の採熱運転の不具合により給湯負荷削減効果を検証できなかった。常に排熱運転となり一部は太陽熱冷房に使用された。

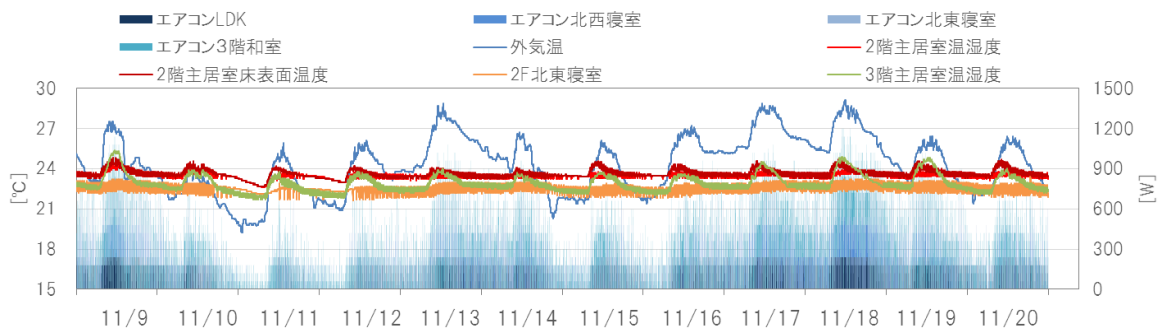


図 5-25 居室温度・補助暖房使用状況 (2015 年 11 月)

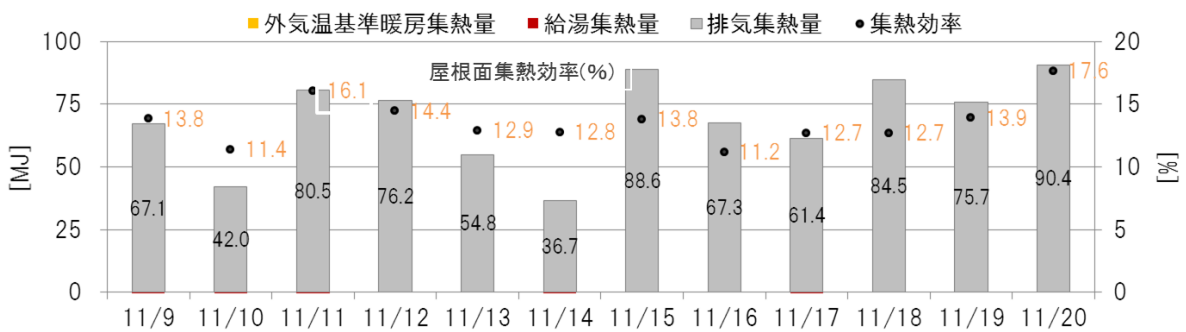


図 5-26 集熱分配・集熱効率（※効率：PV 面+ガラス面）（2015 年 11 月）

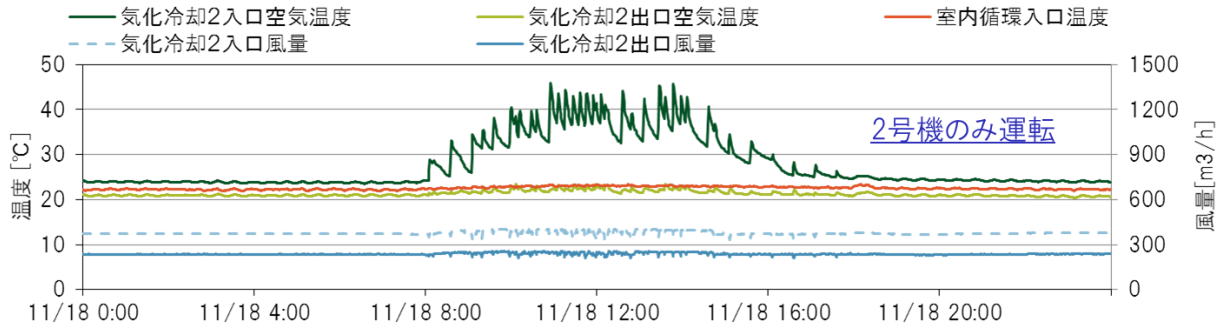


図 5-27 太陽熱冷房運転状況（代表日 2015/11/18）

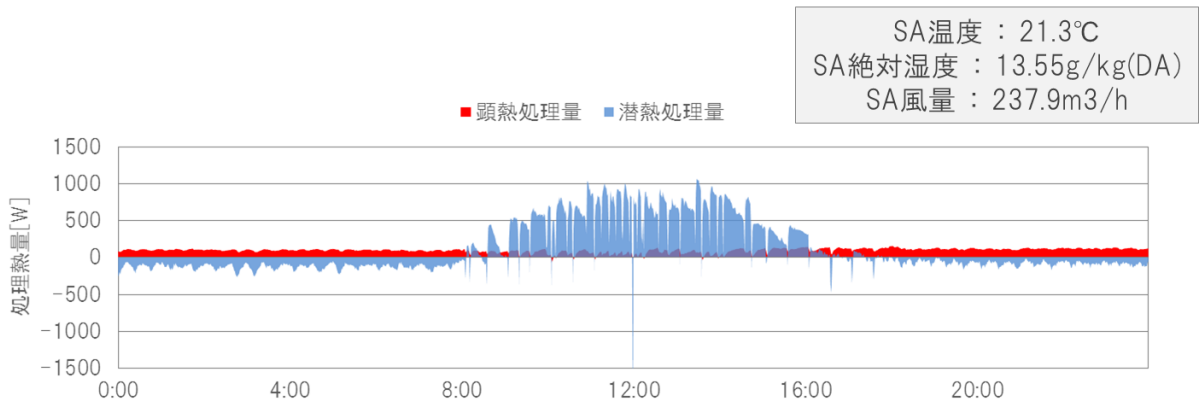


図 5-28 太陽熱冷房処理熱量（代表日 2015/11/18）

図 5-27～5-28 に太陽熱冷房の運転状況について示す。外気温が冷房時としてはそこまで高くない状況であったため、顕熱処理は不要であり、潜熱処理熱量もピーク時で 1kW 程度と小さかった。蒸暑地での太陽熱冷房の実証評価としては、2016 年の夏に更なる評価を実施予定である。また、給湯負荷低減効果についても、2016 年から不具合を修正したデータを継続して取得中である。

6) 各実証住宅における季節ごとの集熱量、暖冷房給湯負荷、エネルギー収支

以降では、年間の評価を行った沖縄県北谷町を除く 4 物件の季節ごとの結果について考察を行う。図 5-29 は季節ごとの各物件の気象条件を示す。外気温は南方に向かうとともに高くなる傾向がある一方で、日射量については仙台・鹿児島が比較的小さい結果であった。

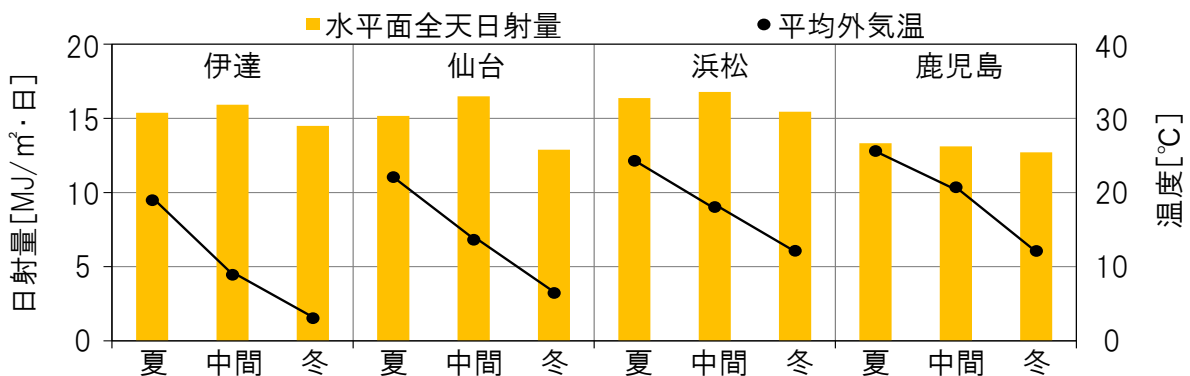


図 5-29 4 物件における日射量と外気温の季節推移

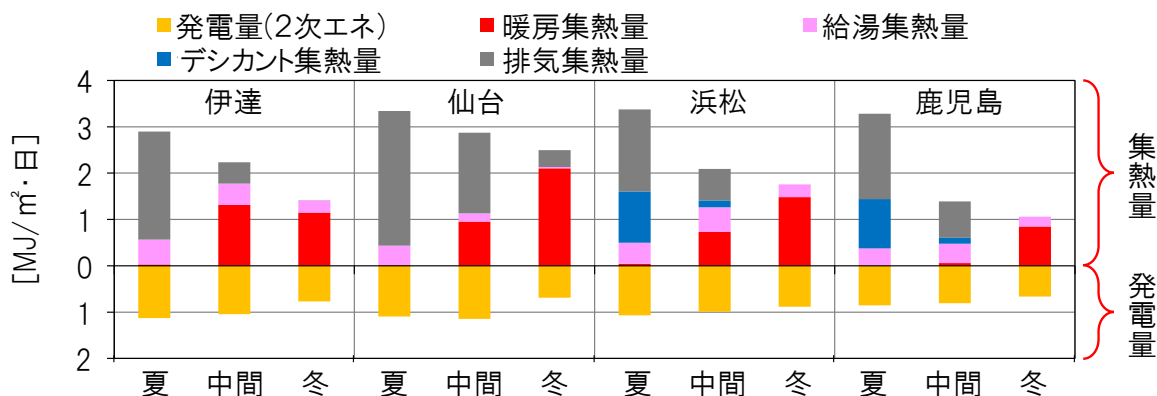


図 5-30 屋根面における太陽エネルギーの内訳 (集熱器・太陽光発電パネル面積当たり・日平均)

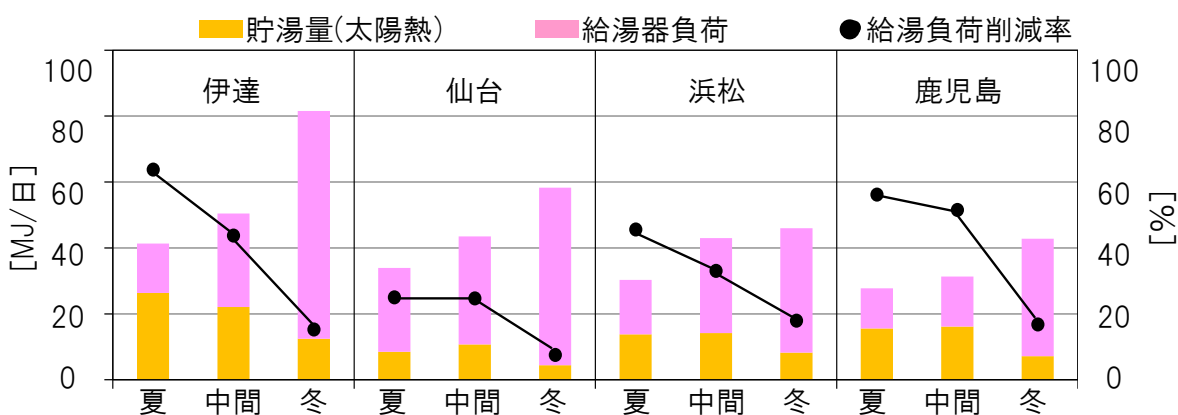
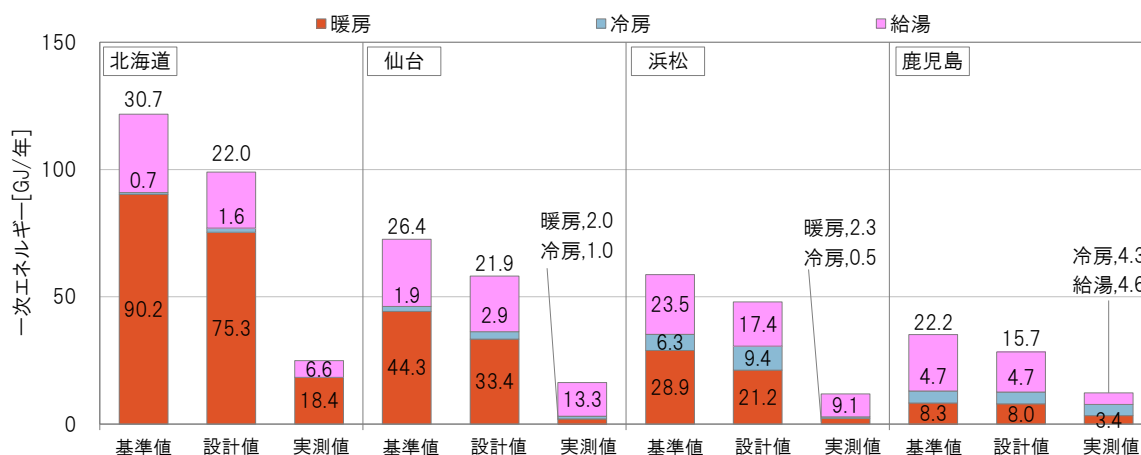


図 5-31 給湯負荷における太陽熱貯湯の分担率の季節推移 (日平均)

図 5-30 に、集熱器および太陽光発電パネルの単位面積あたりの集熱・発電量を示す。集熱は太陽光発電パネルによる予備集熱部位とガラス集熱器両方を含めた値となっている。夏期には排熱が大きくなるため、太陽熱冷房採用物件では有効に利用できていることがわかる。また、図 5-31 の結果と合わせて、冬期には集熱量が小さくなるとともに、暖房負荷の削減のために優先的に太陽熱が利用されるために、給湯負荷に対する太陽熱分担率は急激に減少する傾向となった。

6) 基準値との比較

実証物件5物件における、省エネ基準値と実測による計測値との一次エネルギー量の比較を掲載する。基準値・設計値は国立研究開発法人建築研究所 住宅・住戸の省エネルギー性能の判定プログラム Ver. 1.15.3により算出。基準値、設計値は太陽熱利用の無い建物としての計算値。実測値は太陽熱利用のある実際の建物のエネルギー消費量より算出した。



※基準値・設計値は国立研究開発法人建築研究所

住宅・住戸の省エネルギー性能の判定プログラム Ver. 1.15.3により算出

基準値：太陽熱利用なし、設計値：太陽熱利用なし、実測値：太陽熱利用あり

図 5-32 各物件の基準値と実測値の比較

表 5-1 各物件における一次エネルギー削減量

[GJ/年]	北海道	仙台	浜松	鹿児島
給湯	15.4	8.6	8.3	11.1
冷房	1.6	1.9	8.9	0.4
暖房	56.9	31.4	18.9	4.6

7) シミュレーションによる年間負荷計算

実証実験では毎月の計測期間が限られていたこと、気象条件が平年値と比べて特異な状況も散見されたことから、これまでに示した実証実験結果をもとに、地域ごとの標準年気象データを用いた年間シミュレーションにより暖冷房・給湯負荷の削減効果を試算した。計算には東京大学前研究室で開発した熱負荷計算ツール ExTLA を用いた。以下に各物件における結果を示す。ここでは、基準値を標準的な空気式集熱システムを用いた住宅におけるシミュレーション結果とした場合から、暖冷房・給湯エネルギーの半減を目標値とした。

シミュレーションによる年間負荷計算では、全5物件において目標値をクリアできることを確認した。また、当初のシミュレーションによる目標値と実証実験結果を基にして試算し直した見込値との差についての考察を行った。

7-1) 北海道伊達市

表 5-2 シミュレーション条件（伊達）

気象データ	拡張アメダス標準年(2000年)伊達
Ua値	0.25W/m ² K
暖房設定温度	20℃
暖房スケジュール	7:00～10:00、12:00～14:00、16:00～23:00
冷房設定温湿度	26℃/60%
冷房スケジュール	7:00～10:00、12:00～14:00、16:00～23:00
暖房期間	10月1日～6月18日
冷房期間	7月10日～8月31日
計算範囲	助走期間1月1日～4月30日、 対象期間5月1日～翌年6月30日
計算時間間隔	1時間
給湯使用量	450L/日(40℃で出湯) 貯湯層:420L
内部発熱	1日13.26kWh
通風計算	室温26℃以上、外気温24℃以下の条件 ⇒ 10回/h換気

※ 伊達物件に導入した、換気排熱利用ヒートポンプ給湯器による削減効果は、熱交換換気扇（効率85%）を想定して計算

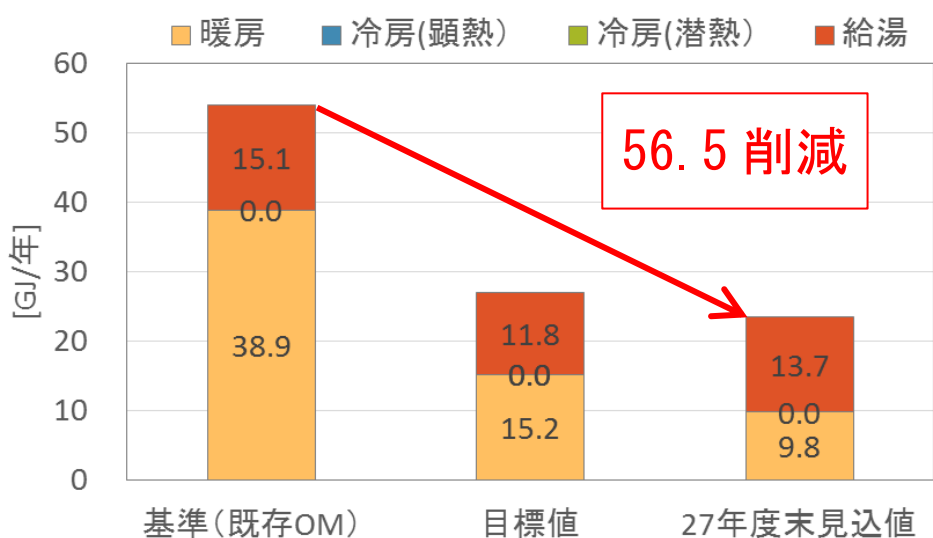


図 5-33 シミュレーションによる H27 年度末の省エネ効果見込値

表 5-4 シミュレーションによる H27 年度末の省エネ効果見込値

[GJ/年]	暖房負荷	冷房負荷	潜熱負荷	給湯負荷	年間負荷
基準 (既存 OM)	38.90	0.00	0.00	15.12	54.02
目標値	15.22	0.00	0.00	11.78	27.00
27 年度見込値	9.64	0.00	0.00	13.67	23.51

表 5-5 負荷削減効果の技術要素別内訳 (伊達)

[GJ/年]	新型集熱パネル	断熱強化 (躯体)	真空断熱建具	付加蓄熱	熱交換換気
目標値	6.39	6.42	7.55	1.01	5.65
見込値	6.39	11.52	3.17	1.01	8.43

[目標との相違点]

- ・ 暖房負荷での削減が 137% となった。
- ・ 冬期の給湯負荷の削減が 84% 程度に留まった。

[原因]

- ・ 当初計画時より実際の仕様では躯体断熱強化したことにより暖房負荷削減につながった。
(Ua 値 0.28→0.27W/m²K)
- ・ 断熱建具の断熱性能に熱橋・気密の影響を加味できていなかった。
- ・ 太陽熱を暖房に用いる時間が長く、給湯負荷が大きい冬期の寄与が少なかった。

・水入りペットボトルの吸放熱のCFD評価

伊達物件では、PCMに加えて、500ccの水ボトルによる蓄熱を行った。ペットボトル間に空気が均等に流れると仮定し、蓄熱体の表面对流熱伝達率は（ユルゲスの式より $\alpha_c=5.8+3.9v$ とし、風速 1.0m/s の場合）、対流熱伝達率は 9.70W/m²K 程度になると想定していた。

他方、CFD解析により、床下のペットボトル配置を考慮した平均対流熱伝達率は 6.54W/m²K となった。当該物件での水ボトルの配置は密集しており、かつ床構造である大引部分を避けるように配置したため、供給される温風が特定の通路を通過してしまい、水ボトル間を均一に流れていないことが分かった。

今後の対策として、水ボトル蓄熱の間隔を調整し、特定の流路に空気が流れず、水ボトル缶に均等に流れるように仕向けることで、対流熱伝達率をより一層向上させることが出来、これにより蓄熱効率を向上させることが出来ると考える。

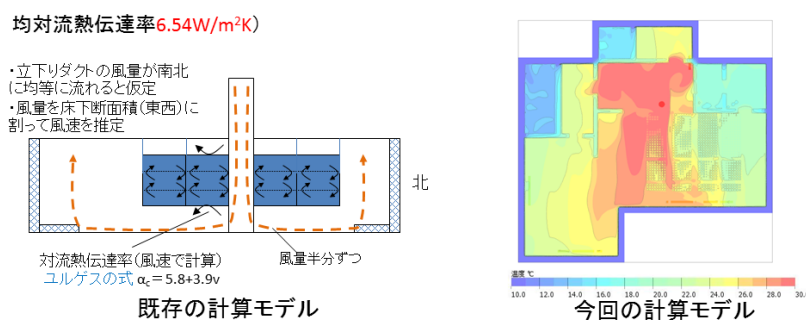


図 5-34 CFD計算モデル

・真空断熱建具 断熱性能の過大試算

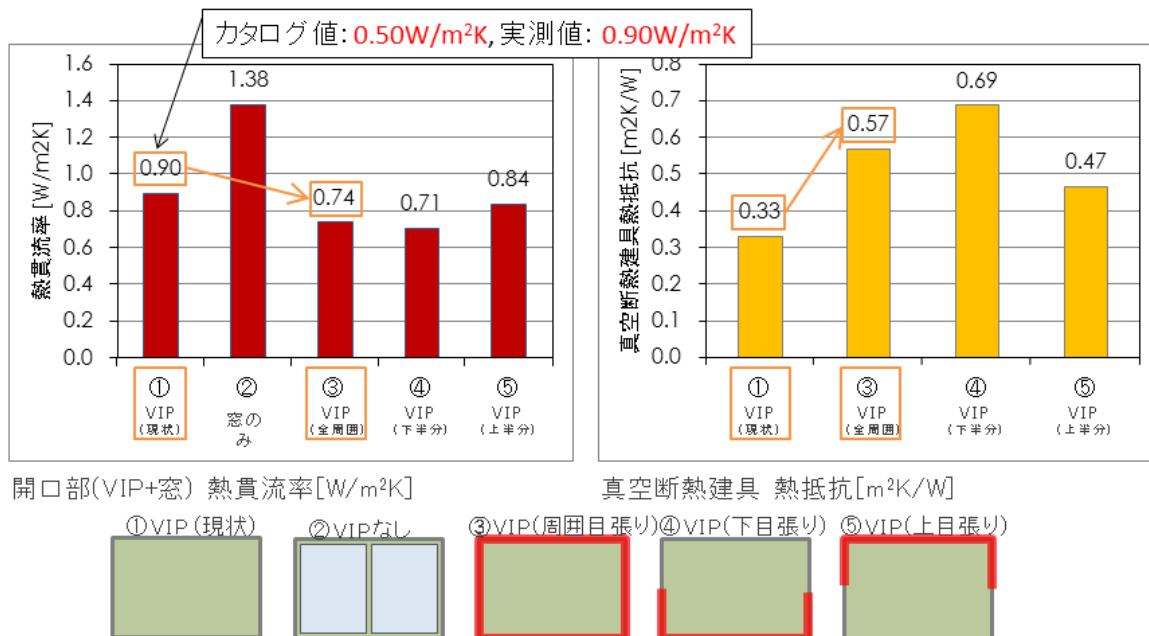


図 5-35 真空断熱材 断熱性能比較

真空断熱材を夜間断熱建具に封入し、夜間断熱の強化を行った。しかしながら、以下3点の問題点があった。構造として必要な木部が当初想定より大きくなり、真空断熱材単体としての性能は高くても、建具全体としての断熱性能が低下した。建具により開口部との間に密閉中空層が出来るものと想定

したが、建具の可動性を維持するために密閉度が低い結果となったこと。施工中の傷等により、真空断熱材の真空度を維持できないものがあったこと、があげられる。これらを踏まえ、真空断熱建具の製作については、設計並びに施工を十分考慮し、監理された工場生産により、性能向上が可能と考える。

7-2) 宮城県仙台市

表 5-6 シミュレーション条件 (仙台)

気象データ	拡張アメダス標準年(2000年)仙台
Ua値	0.33W/m ² K
暖房設定温度	20℃
暖房スケジュール	7:00~10:00、12:00~14:00、16:00~23:00
冷房設定温湿度	26℃/60%
冷房スケジュール	7:00~10:00、12:00~14:00、16:00~23:00
暖房期間	10月5日~5月26日
冷房期間	7月11日~8月31日
計算範囲	助走期間1月1日~4月30日、 対象期間5月1日~翌年6月30日
計算時間間隔	1時間
給湯使用量	450L/日(40℃で出湯) 貯湯層:420L
内部発熱	1日13.26kWh
通風計算	室温26℃以上、外気温24℃以下の条件 ⇒ 10回/h換気

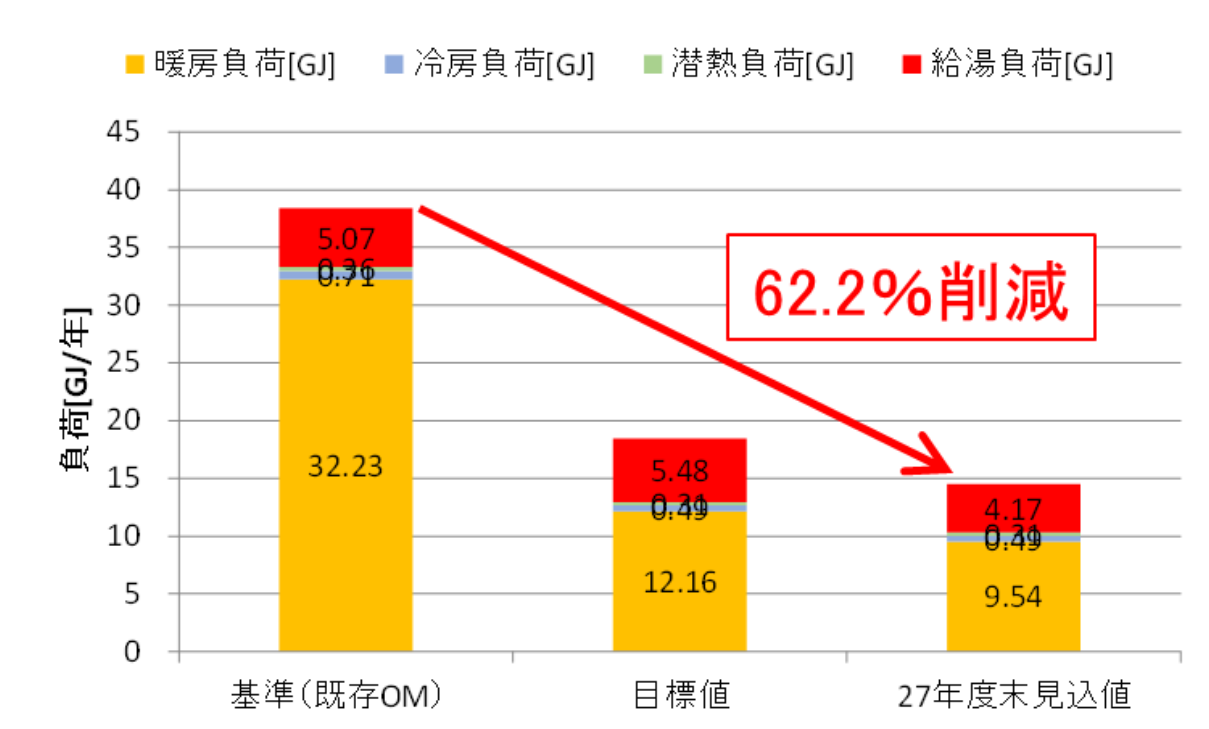


図 5-36 シミュレーションによる H27 年度末の省エネ効果見込値

表 5-7 シミュレーションによる H27 年度末の省エネ効果見込値

[GJ/年]	暖房負荷	冷房負荷	潜熱負荷	給湯負荷	年間負荷
基準（既存 0M）	32.23	0.71	0.36	5.07	38.38
目標値	12.16	0.49	0.31	5.48	18.44
27 年度見込値	9.54	0.49	0.31	4.17	14.51

表 5-8 負荷削減効果の技術要素別内訳

[GJ/年]	新型集熱パネル	断熱強化（躯体）	真空断熱建具	付加蓄熱	熱交換換気
目標値	2.06	11.48	3.73	0.76	2.07
見込値	2.06	15.37	2.83	0.76	1.70

[目標との相違点]

- ・暖房負荷削減量は当初の目標に対して 122%となった。
- ・給湯負荷削減量は当初の目標に対して 124%となった。

[原因]

- ・実証実験結果等を基に、熱負荷シミュレーションの精度向上を行った。
（実測より得られた給湯用採熱時の熱交換効率をシミュレーションに適用、また、CFD 解析により、床下のペットボトル配置を考慮した平均表面对流熱伝達率を計算して、蓄熱部位の吸放熱量の試算結果の精度向上を行った。）
- ・集熱分をより給湯に分配できたことで、給湯負荷削減効果が大きく得られた。
- ・当初計画時より実際の仕様では躯体断熱強化したことにより暖房負荷削減につながった。
（Ua 値 0.46→0.33W/m²K）

7-3) 静岡県浜松市

表 5-9 シミュレーション条件 (浜松)

気象データ	拡張アメダス標準年(2000年)浜松
Ua値	0.50W/m ² K
暖房設定温度	20℃
暖房スケジュール	7:00~10:00、12:00~14:00、16:00~23:00
冷房設定温湿度	26℃/60%
冷房スケジュール	7:00~10:00、12:00~14:00、16:00~23:00
暖房期間	11月17日~4月16日
冷房期間	6月8日~9月26日
計算範囲	助走期間1月1日~4月30日、 対象期間5月1日~翌年6月30日
計算時間間隔	1時間
給湯使用量	450L/日(40℃で出湯) 貯湯層:420L
内部発熱	1日13.26kWh
通風計算	室温26℃以上、外気温24℃以下の条件 ⇒ 10回/h換気

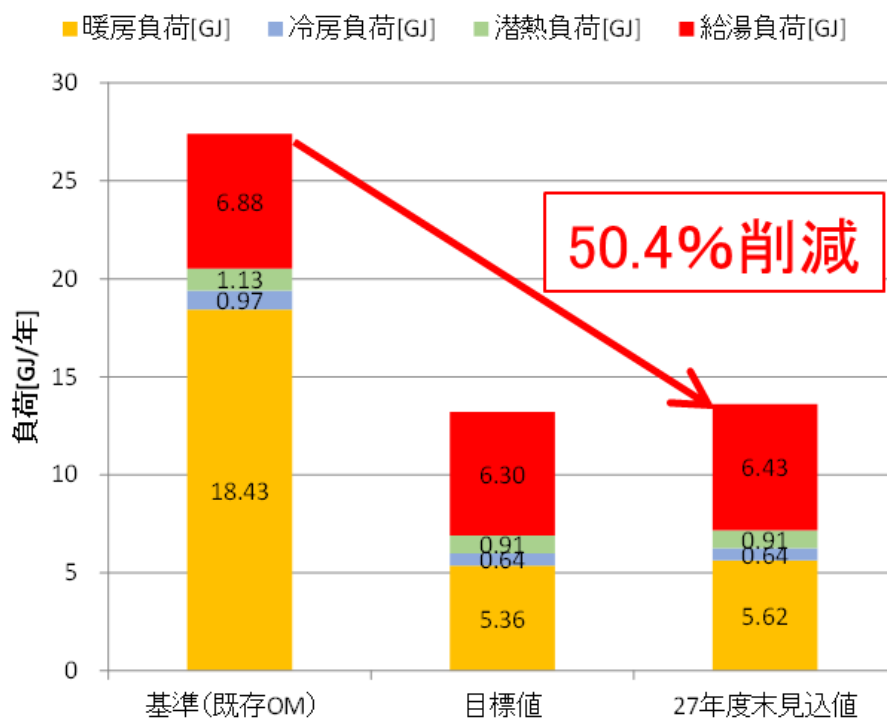


図 5-37 シミュレーションによる H27 年度末の省エネ効果見込値

表 5-10 シミュレーションによる H27 年度末の省エネ効果見込値

[GJ/年]	暖房負荷	冷房負荷	潜熱負荷	給湯負荷	年間負荷
基準（既存 OM）	18.43	0.97	1.13	6.88	27.41
目標値	5.36	0.64	0.91	6.30	13.21
27 年度見込値	5.62	0.64	0.91	6.43	13.60

表 5-11 負荷削減効果の技術要素別内訳

[GJ/年]	新型集熱パ ^レ ル	断熱強化（躯体）	真空断熱建具	付加蓄熱
目標値	4.28	7.35	3.61	1.31
見込値	4.28	8.05	2.64	0.74

[目標との相違点]

- ・ ほぼ目標値通りの結果が得られた。
- ・ 暖房負荷削減量は当初の目標に対して 95%となった。
- ・ 給湯負荷削減量は当初の目標に対して 98%となった。

[原因]

- ・ 実証実験結果等を基に、熱負荷シミュレーションの精度向上を行った。
（実測より得られた給湯用採熱時の熱交換効率をシミュレーションに適用した。また、CFD 解析により、床下のペットボトル配置を考慮した平均表面对流熱伝達率を計算して、蓄熱部位の吸放熱量の試算結果の精度向上を行った。）
- ・ 真空断熱建具の断熱性能の過大評価
真空断熱材のメーカーカタログ値から算出した熱抵抗値を目標値の算出時に使用したが、建具の熱橋部位や気密性能までは考慮しきれなかったために実際の性能が当初の想定より下回った。

7-4) 鹿児島県鹿児島市

表 5-12 シミュレーション条件（鹿児島）

気象データ	拡張アメダス標準年(2000年)鹿児島
Ua値	0.62W/m ² K
暖房設定温度	20℃
暖房スケジュール	7:00~10:00、12:00~14:00、16:00~23:00
冷房設定温湿度	26℃/60%
冷房スケジュール	7:00~10:00、12:00~14:00、16:00~23:00
暖房期間	12月18日~3月14日
冷房期間	5月8日~10月22日
計算範囲	助走期間1月1日~4月30日、 対象期間5月1日~翌年6月30日
計算時間間隔	1時間
給湯使用量	450L/日(40℃で出湯) 貯湯層:420L
内部発熱	1日13.26kWh
通風計算	室温26℃以上、外気温24℃以下の条件 ⇒ 10回/h換気

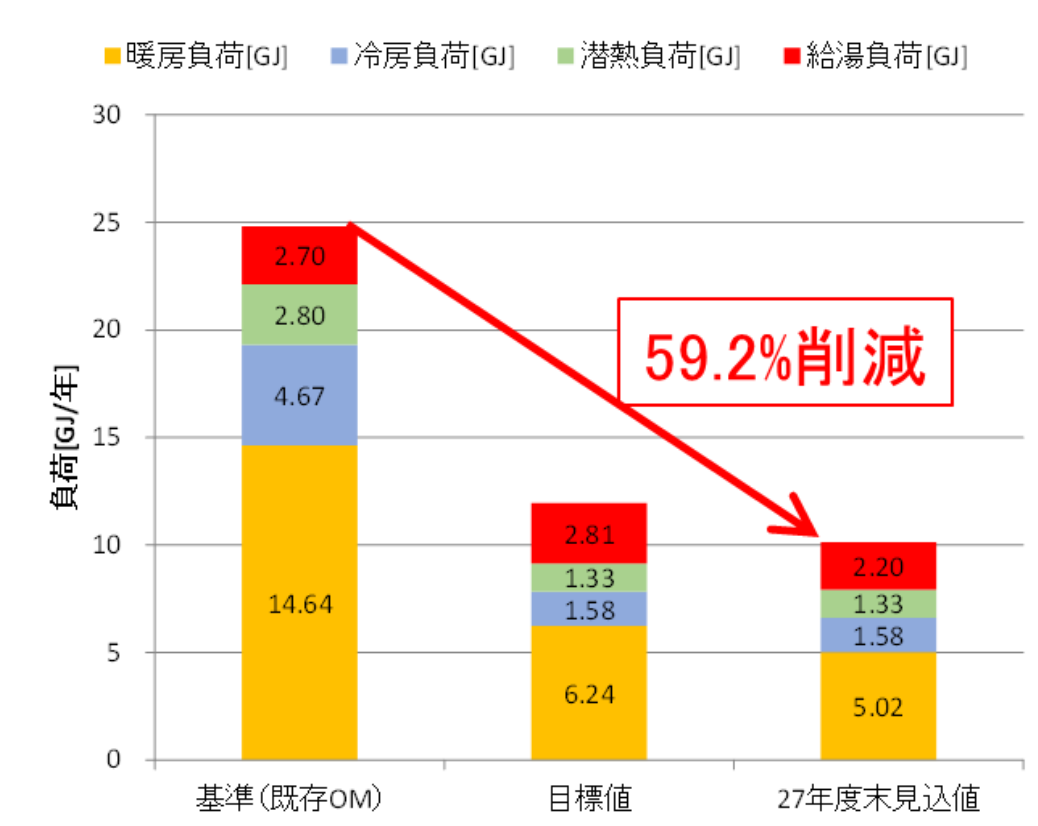


図 5-38 シミュレーションによる H27 年度末の省エネ効果見込値

表 5-13 シミュレーションによる H27 年度末の省エネ効果見込値

[GJ/年]	暖房負荷	冷房負荷	潜熱負荷	給湯負荷	年間負荷
基準（既存 0M）	14.64	4.67	2.80	2.70	24.82
目標値	6.24	1.58	1.33	2.81	11.96
27 年度見込値	5.02	1.58	1.33	2.20	10.13

表 5-14 負荷削減効果の技術要素別内訳

[GJ/年]	新型集熱パ°ル	断熱強化（躯体）	真空断熱建具	熱交換換気
目標値	1.16	3.61	3.61	4.73
見込値	1.16	6.63	2.64	3.90

[目標との相違点]

- ・ 暖房負荷削減量は当初の目標に対して 120%となった。
- ・ 給湯負荷削減量は当初の目標に対して 121%となった。

[原因]

- ・ シミュレーション精度の改善を行った。
（実測より得られた給湯用採熱時の熱交換効率をシミュレーションに適用）
- ・ 当初計画時より実際の仕様では躯体断熱強化したことにより暖房負荷削減につながった。
（Ua 値 0.77→0.62W/m²K）

7-5) 沖縄県北谷町

表 5-15 シミュレーション条件 (沖縄)

気象データ	拡張アメダス標準年(2000年)那覇
Ua値	1.37W/m ² K
暖房設定温度	20℃
暖房スケジュール	7:00~10:00、12:00~14:00、16:00~23:00
冷房設定温湿度	26℃/60%
冷房スケジュール	7:00~10:00、12:00~14:00、16:00~23:00
暖房期間	1月1日~3月5日
冷房期間	3月6日~12月31日
計算範囲	助走期間1月1日~4月30日、 対象期間5月1日~翌年6月30日
計算時間間隔	1時間
給湯使用量	450L/日(40℃で出湯) 貯湯層:420L
内部発熱	1日13.26kWh
通風計算	室温26℃以上、外気温24℃以下の条件 ⇒ 10回/h換気

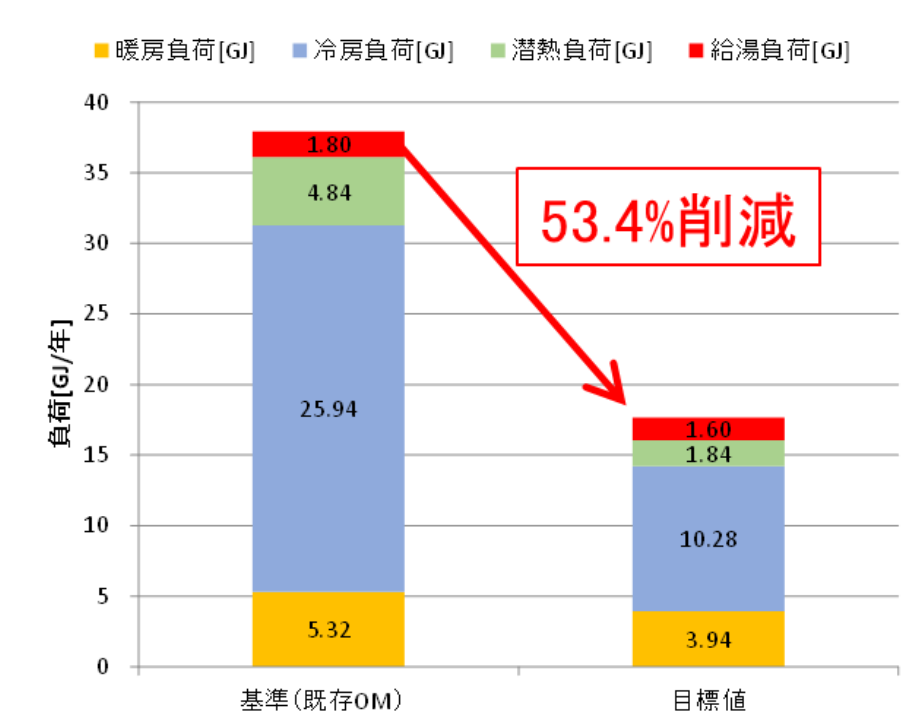


図 5-39 シミュレーションによる年間負荷目標値

[今後の課題]

・竣工が2015年10月となり当初の予定より遅れたため、他の物件のように年間を通じた集熱器・太陽熱冷房・真空断熱・給湯採熱熱交換効率などの有効な実測データがまだ取得できていない。

→今後も引き続き実測を行い、主に冷房・給湯に関する各要素の性能評価を実施する。

表 5-16 シミュレーションによる年間負荷目標値

[GJ/年]	暖房負荷	冷房負荷	潜熱負荷	給湯負荷	年間負荷
基準（既存OM）	5.32	25.94	4.84	1.80	37.91
目標値	3.94	10.28	1.84	1.60	17.65

表 5-17 負荷削減効果の技術要素別内訳

[GJ/年]	真空断熱建具	新型集熱	太陽熱冷房
目標値	1.38	0.48	19.78

6 実用化、事業化に向けた取り組み

OMソーラー株式会社では、昭和62年より空気集熱式太陽熱利用暖房・給湯・換気装置の販売を通じて、省エネルギー性能の高い住宅建設を地域に根付いた工務店と共に取り組んできた。本事業の前段において実施された太陽熱集熱器の高効率化、ならびに実証住宅に導入した設備の導入ならびにその省エネ技法については、個々に実用化が図られるものであるが、以下にその進捗状況を示す。

・集熱パネル

【実用化】 本事業前段の開発事業において、コストダウンと性能向上を実施した。2014年度より製品として供給を開始している。

【課題】 太陽熱集熱器の認証である JIS A 4112 の取得に向けて、社内体制や実験施設の拡充を図りたい

・太陽熱冷房装置

【実用化】 本事業前段の開発事業において、開発を実施。課題項目を精査したうえで、28年度以降も実用化に向けて検討したい。

【課題】 冷房システムの実物件導入はダクト経路が非常に長くなることから、送風機の能力が課題となった。送風能力を大きくすることにより、電気使用量と騒音の増加に直結したため、ダクト経路とあわせて今後の検討を要する。

・水蓄熱材

【実用化】 固定方法や設置位置については前事業に引き続き、多くの知見を得ることが出来た。蓄熱材としてコストパフォーマンスに優れている。

【課題】 蓄熱材として水を使用する場合に、水を保管するための容器の耐久性が重要になる。特に建築材料として使用する場合には最低でも20年、可能であれば50年以上の耐久性が求められる。しかしながら、コストパフォーマンスを追求すれば、容器の価格が抑えられるため、耐久性について不安が残る。今後コストと耐久性を兼ね備えた容器の検討が求められる。

・PCM蓄熱材

【実用化】 製品ならびに製品試作としていくつかのモデルが各社より準備されているため、実用化については時間の問題である。蓄熱部位を検討することにより、吸放熱も適切に行うことが出来ると考える。

【課題】 現時点において、一般的な建築材料として供給されている部材ではないため、コストが高い。

蓄熱材自体は建築材料ではなく、建築材料のなかに封入する、練りこむ等の加工が必要であり、建材としての応用が必要である。

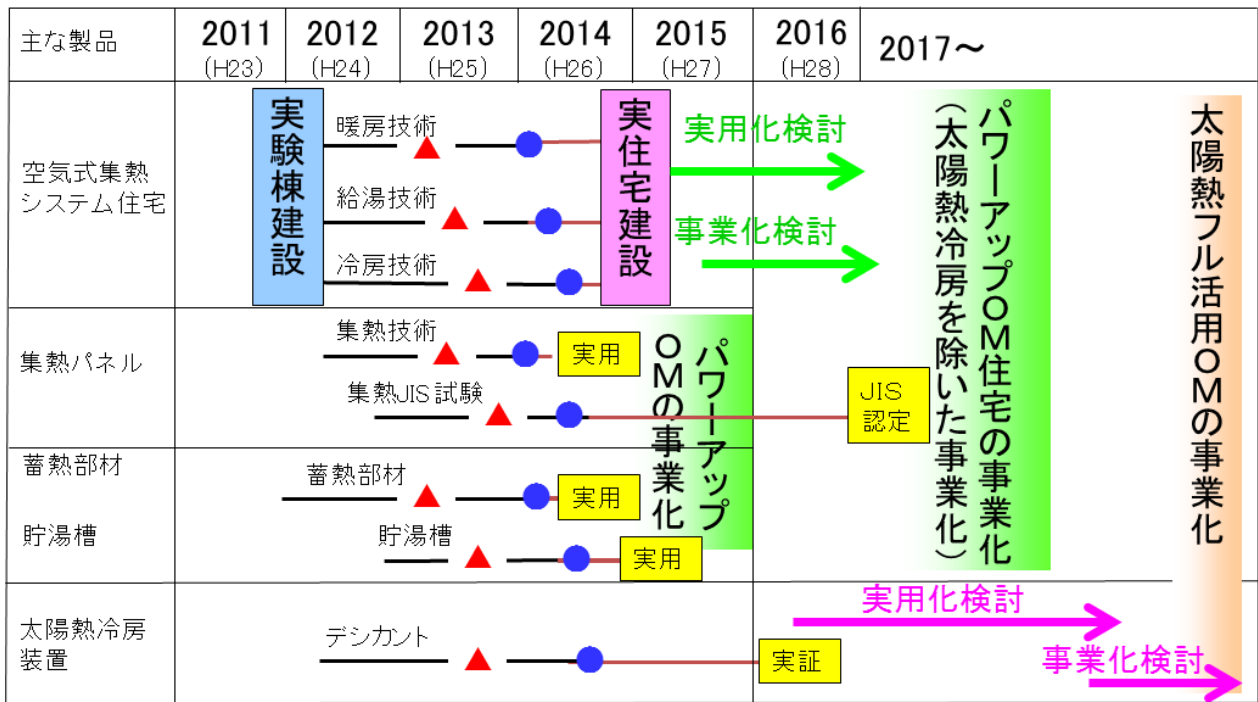
・真空断熱材

【実用化】 従来の断熱材と比較し高性能が魅力であるが、一般的に製品寸法が小さいため、建材としての応用が必要である。

【課題】 加工途中で真空断熱材に傷をつけたと考えられるケースがいくつかあった。製作工場での取り扱いに注意が必要。

真空断熱材の寸法が小さいため、熱橋部分の割合が大きくなることが課題。

現時点において、一般的な建築材料として供給されている部材ではないため、コストが高い。



▲: 基本原理確認 ●: 基本技術確立

研究開発項目毎の成果

(c) 太陽熱エネルギー活用型住宅（改築）の地域別実証

1. テーマの目的（必要性）

住宅の省エネルギーを推進するためには、既存住宅の省エネルギー対策が重要である。

従来の主な太陽熱活用技術は新築住宅の空調・給湯エネルギーを削減することを目的に、検討、実証がすすめられてきた。

【社会的背景】

2020年 ZEH に向けて、高気密・高断熱住宅など高品位な建物に相応しい太陽熱利用システムが見受けられない。高効率で、かつリーズナブルな価格の太陽熱利用システムの開発が必要である。

一方、国土が細長く伸びる日本に於いては、地域により気象条件が異なり、住宅のエネルギー消費も大幅に変わる。各地の気象条件に適応した太陽熱エネルギー利用システムの開発が必須である。

【設備課題における背景】

既存住宅は新築住宅と比較として、デザイン等で制約を受けることが多く、フレキシブルなシステムが要求される。

2. テーマの要旨

既存住宅は新築住宅と比較として、デザイン等で制約を受けることが多く、フレキシブルなシステムが要求される

パッシブな太陽熱エネルギーを効果的に活用するためには、

全館空調システムが適している。温度差の小さな自然エネルギーを有効活用できる「マッハ空調システム」の導入を基本とする。

太陽熱温水パネルを給湯エネルギーに活用し、余剰の温水をファンコイル（オプション）を通じて暖房に活用することができる。

また空気循環式の太陽熱空気集熱パネル、ダブルスキン、トロンブウォール、ダイレクトゲインにより空調エネルギーの削減を図る。（オプション含む）

また、潜熱蓄熱材を南面の床または空気循環系統内に設置し、潜熱蓄熱効果により空調負荷の低減を図る。

3. テーマの目標

本研究は、我が国においても多くのストックを有する既存住宅分野において、建物の熱的性能向上を目的とした改修工事と同時に、大幅な一次エネルギー量の削減効果を目的とした太陽熱活用技術導入の検討を行うものである。

極寒冷地において既築住宅を改修し、太陽熱エネルギー取得技術にて、消費エネルギーを改修前に比べて50%以上削減することを目的とする。改修項目は、天井の断熱強化、トロンブウォールの設置、太

陽熱温水器の設置の3つである。

既築住宅を改修する場合には、地域特性（極寒冷地）に対応したシステムの開発が必要である。また導入を容易にするために、改修にかかわる設計、設備コストについても削減する必要があり、改修による居住スペースに対する影響も極力少なくすることが必要となる。

●建築仕様

仕様	旭川（改築）
述べ床面積	90.75 m ²
トロンブウォール	11.3 m ²
壁断熱	GW吹込 100mm
床断熱	GW100mm
天井断熱	GW吹込み 400mm
サッシ	YKK プラマードⅢ (ペア Low-E ガラス・一部木製トリプル Low-E ガラス)
PCM	6.0 m ²
Q 値	1.588
U A 値	0.46
太陽熱温水システム	10 m ² (5 枚)
貯湯量	460 L

4. テーマの計画、研究内容

(1) 研究日程

研究 項目	年度	H 2 7 年度			
		第 1 四半期	第 2 四半期	第 3 四半期	第 4 四半期
1. 既築住宅における暖房給湯アクティブソーラーシステムの実用化研究 (FH アライアンス、住宅会社、九州大学) ・既築の改修に適した市販機器の調査 ・空調ユニットのシミュレーションによる気流、及び温度分布解析 ・空調ユニットの設計 ・基本システムの設計 ・実測を通じたシステムの課題の確認 ・各給気口での風量、温度測定 ・各給気口での騒音測定					
2. 既築住宅における太陽熱取得部位の最適設計と効果検証 (FHアライアンス、住宅会社、九州大学、湘南工科大学) ・実証住宅の熱性能解析、取得エネルギーのシミュレーション ・冬期データの測定と解析 ・夏期データの測定と解析 ・実証住宅の熱性能評価 ・実用化に向けての改良 ・コーナー型トロンブウォール内の温度分布測定 ・コーナー型トロンブウォールの効果検証 ・極寒冷地における暖房給湯アクティブソーラーシステムの総合制御システム開発					
3. 既築住宅における暖房給湯アクティブソーラーシステムの極寒冷地での最適設計と効果検証 (FHアライアンス、住宅会社、九州大学、湘南工科大学) ・極寒冷地でのアクティブソーラーシステムの設計 ・効果検証(冬期、夏期データの測定と解析) ・各要素技術、及び住宅会社での省エネルギー効果の算定 ・過熱防止システムの設計 ・夏期での温水配管温度測定 ・夏期温水過熱保護技術の実証検証 ・凍結防止循環回路の設計 ・冬期での温水配管温度測定 ・冬期凍結防止技術の効果検証 ・シミュレーションと実証実験による傾斜角度の決定 ・傾斜角度による夏期でのデータ測定					

<ul style="list-style-type: none"> ・冬期積雪による集熱効果の実証検証 4. 既築住宅における高機能蓄熱建材の施工研究 (FHアライアンス、住宅会社、九州大学) ・既築改修に適した高性能蓄熱建材の適切な施工部位、施工方法を検証し施工 ・夏期データの測定 ・冬期データの測定と解析 				
---	--	--	--	--

(2) 研究内容

本事業は以下の項目で実施する。

1. 既築住宅における暖房給湯アクティブソーラーシステムの実用化研究

(FHアライアンス、住宅会社、九州大学)

①本公募事業において商品化を目指す太陽熱利用システムは MaHAt システムとパッシブ、アクティブを併用したソーラーシステムとなる。これは従来の一般的な太陽熱利用システムよりやや複雑になる傾向にある。すでに市販されている量産品の利用、システムの簡易化により量産化を目指す。既築に適した市販機器の調査および冬期データ測定を行い、寒冷地、温暖地など地域別に必要される機能、性能、施工性を考慮するとともに、10年後、15年後のシステムの更新にも配慮したシステムの開発を行う。

・既築の改修に適した市販機器の調査

実証住宅の気候条件、及びエネルギーの削減目標を達成するために必要な性能の太陽熱温水パネル、貯湯タンクなど暖房給湯アクティブソーラーシステムを構成する機器調査を行い、適切な機器の選定を行なう。

・空調ユニットのシミュレーションによる気流、及び温度分布解析

気流シミュレーションにより空調ユニット内の空気の流れ、温度分布の解析結果を基に適切なバッフルボードの位置、形状の検証と空調ユニットの設計を行なう。

・空調ユニットの設計

気流シミュレーションによる空調ユニット内の空気の流れ、温度分布の解析結果を基に空調ユニットの設計を行なう。

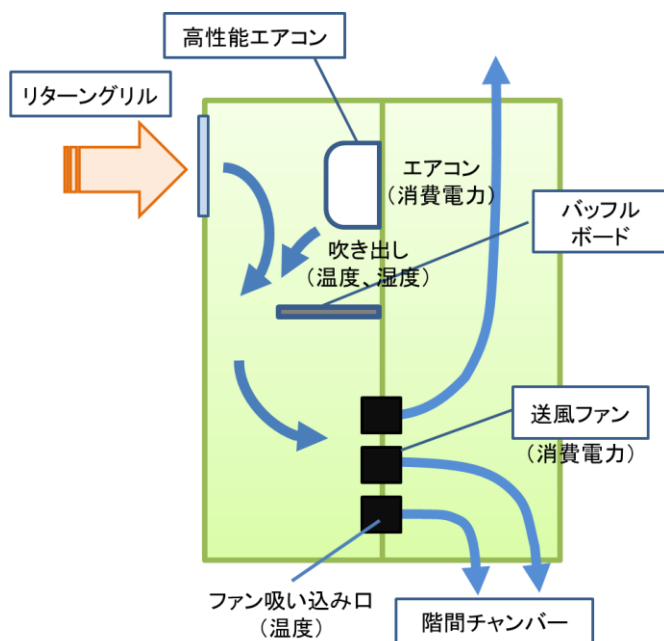


図 MaHAt システム空調ユニット

・基本システムの設計

空調ユニットを含め、既築住宅に適した暖房給湯アクティブソーラーシステムの基本設計を行なう。

・実測を通したシステムの課題の確認

太陽熱取得部位の実測結果を含め、年間を通しての効率を検討し、課題を確認する。

■以上のプロセスの後、すでに市販されている量産品の利用、システムの簡易化により量産化の目処をつけることができる。

(約45坪住宅で太陽熱エネルギー活用コスト220万円(投資回収年16.9年))

■実証住宅の年間を通した実測データ結果等を検証し、既築住宅の改修での暖房給湯アクティブソーラーシステムの基本システム(既築に適した市販機器で構成し、10年後、15年後のシステムの更新にも配慮したシステム)が確立できる。

②実証住宅は極寒冷地での建売住宅(高性能住宅)を基に断熱補強を行い、小型DC送風機+寒冷地向けエアコン(「MaHAtシステム」)をベースにしている。

既築の比較的小さい住宅に対してMaHAtシステムを導入する場合、ダクト設置スペースが確保されていないため、コーナー部を露出ダクトにしたり、周囲を囲うようなデザイン的な処理をする必要があり、かつ各階に給気するためには1階と2階を貫通する縦シャフトダクトが必要になる。このため大きく居住スペースを狭めたり、インテリアとして不具合が出るという課題があった。本研究では、MaHAtシステムを既築住宅に導入する上で、居住スペースを狭めずインテリアも損なわないようにするため、階を貫通する縦シャフトダクトの廃止し、代わりに1階と2階の階間を空調チャンバーとして利用する。

1階と2階の階間をチャンバーとして利用し、2階部分の空調は2階の床に吹出グリルを設置して空調する方式は過去の実績にてあるが、既築住宅を改修して1階と2階の階間をチャンバーとして利用し、かつ1階には天井吹出グリルから給気し、2階は床に設置した吹出グリルから給気する方式は市場にないため、実証実験で効果検証と設計の技術を実証する。

MaHAtシステムは床面積13m²に対し、弱運転で100m³/h、強運転で200m³/hの風量を基本としており、小温度差の空気搬送のため結露が発生しないため階間をチャンバーとして利用できる考える。

以下に階間チャンバーを利用した概念図を示す。

◆システムの概念図《空調システム部分》

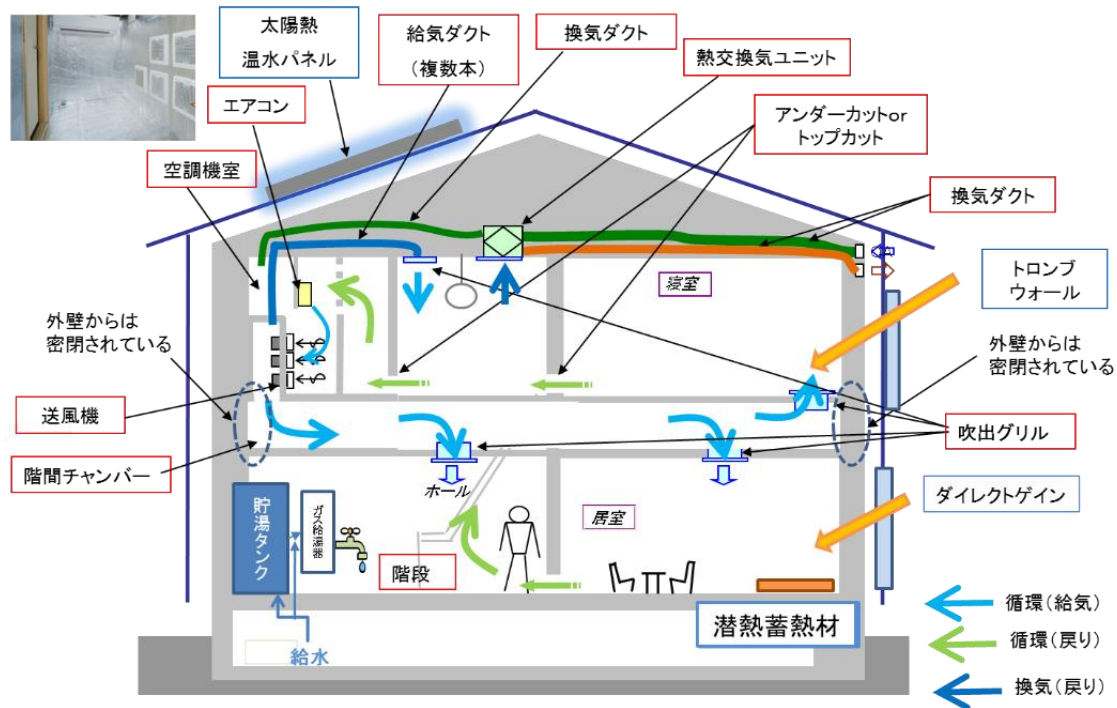


図 階間チャンバー利用 MaHAt システム概略図

- 各給気口での風量、温度測定

階段チャンバ利用による MaHAt システムの効果を実証検証する。

給気口は下記の図に示す。

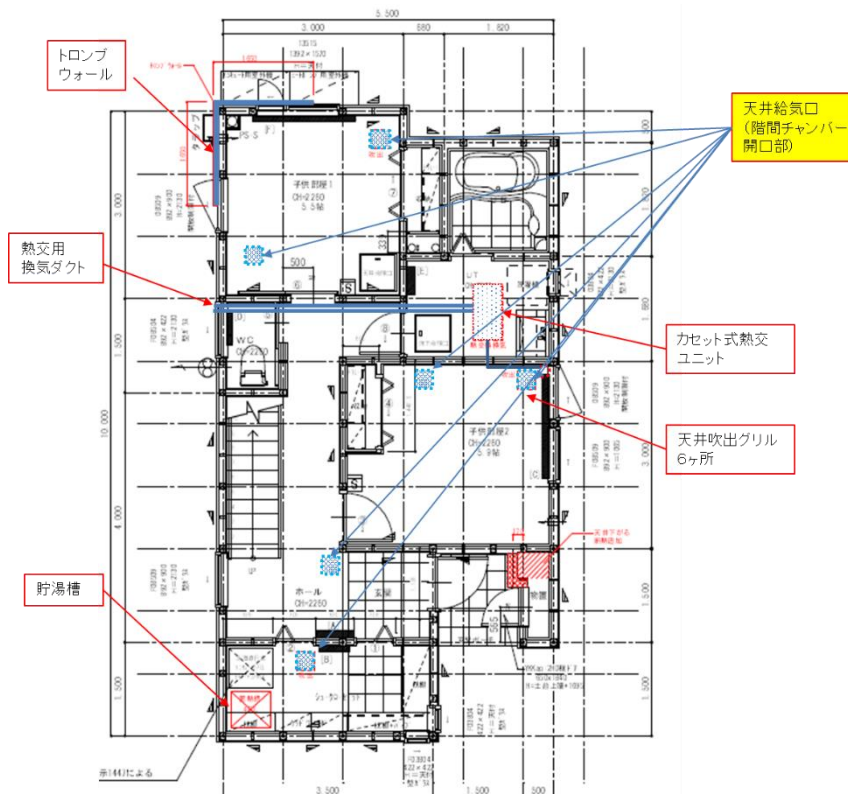


図 天井給気口 1F平面図

図 床給気口 2F平面図

- 各給気口での騒音測定

階段チャンバで懸念される音のクロストークの影響を実証検証する・各給気口での騒音測定

階段チャンバで懸念される音のクロストークの影響を実証検証する

■以上のプロセスの後、階段チャンバ方式の MaHAt システムを既築住宅に導入することにより、給気ダクトが削減され、空気搬送の圧力損失をダクト長さ250mから100m相当長に低減し、かつ省施工 (MaHAt システム工事費20%低減) のシステムが確立できる。

音のクロストークについては3dB以下を目標とする。

2. 既築住宅における太陽熱取得部位の最適設計と効果検証

(FHアライアンス、住宅会社、九州大学、湘南工科大学)

- ①トロンブウォール、ダイレクトゲインから得られた熱は MaHAt システムにより、住宅内を大風量で空気を循環することで住宅全体に配分することができる。配分された熱は躯体に蓄熱され、室温に近い温度まで利用されるため、結果としてルームエアコンの暖房負荷が低減される。

しかしながら極寒冷地における既築住宅改修での評価、実証が行なわれていなかった。

より多くの太陽熱を住宅内に取り入れるため、既築住宅における本システムの最適化を極寒冷地にて実証し、既存住宅への改築およびシステム装着への実証研究および住宅の熱性能解析、取得エネルギーのシミュレーションを行い、効果の実証、評価を行なう。

またトロンブウォールの夏期夜間での放射冷房の効果を測定し夏期での有効的な使い方を検証する。

- ・実証住宅の熱性能解析、取得エネルギーのシミュレーション
- ・冬期データの測定と解析

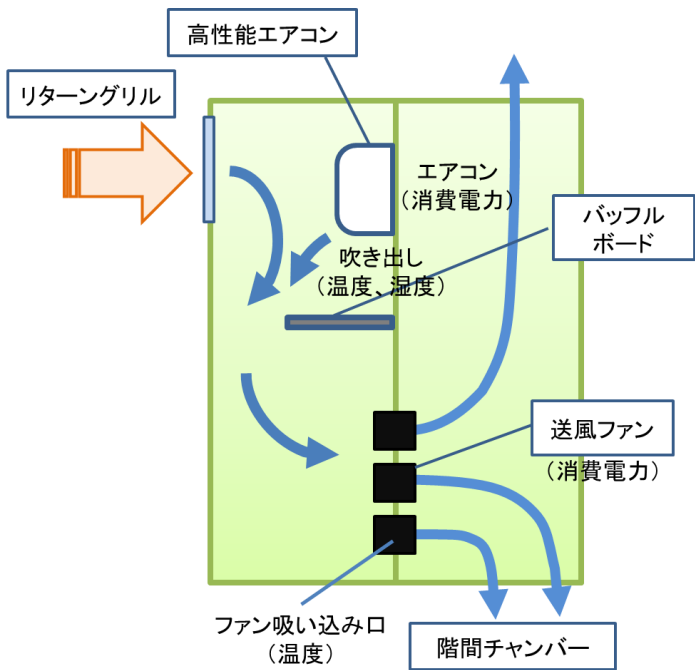
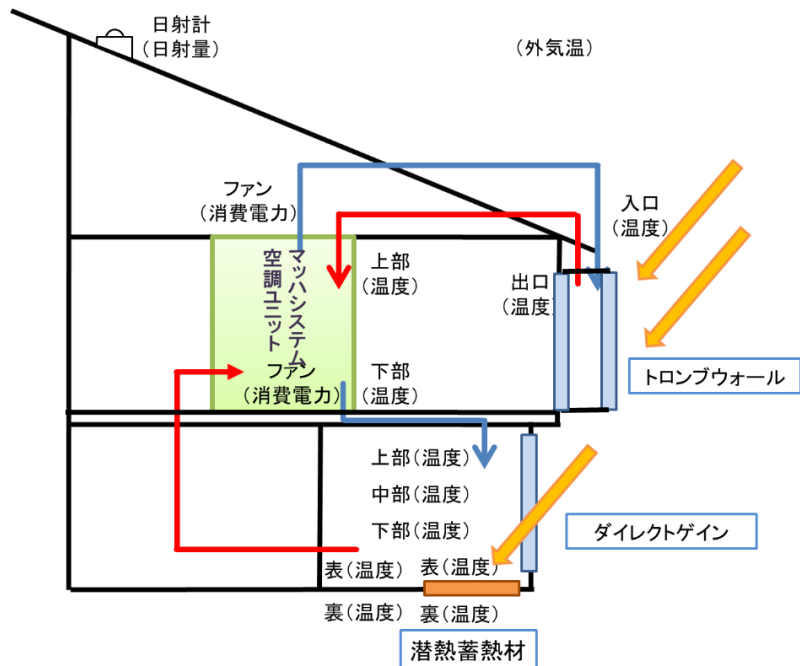


図 空調ユニットの測定内容

- ・夏期データの測定と解析



部に矩形のトロンブウォールを設置し、効果的に太陽熱エネルギーを取得できる技術が実証検証できる。

③極寒冷地での太陽熱温水利用部位を効果的に制御することは難しく、夏期、冬期での温水制御バルブの開閉等を手動で行っていたため、実生活の生活パターンに合ったデータ取得が困難であった。遠隔操作で動作パラメータ変更、データ収集できるソフト、システムを作成する。

・極寒冷地における暖房給湯アクティブソーラーシステムの総合制御システム開発

■以上のプロセス後に、旭川の実証住宅において、夏期の過熱防止、冬期の凍結防止を含めて、暖房給湯アクティブソーラーシステムを外部から遠隔操作で総合制御、データ取得できるシステムを構築することで、実際の生活パターンに合ったデータ取得ができる。

3. 既築住宅における暖房給湯アクティブソーラーシステムの極寒冷地での最適設計と効果検証

(FHアライアンス、住宅会社、九州大学、湘南工科大学)

①極寒冷地の気候条件など、地域性を考慮した既築住宅へ適応した暖房給湯アクティブソーラーシステムの設計と実測による効果、実証検証がされていなかった。

・極寒冷地でのアクティブソーラーシステムの設計

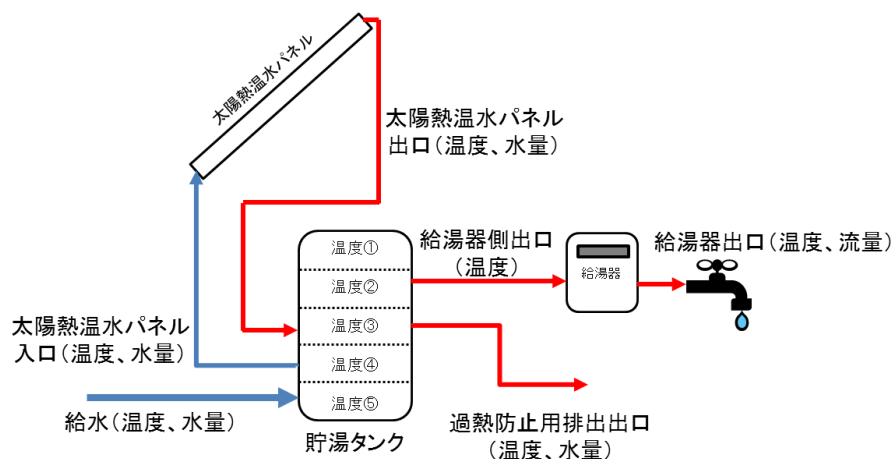


図 太陽熱温水システムの測定内容

・効果検証（冬期、夏期データの測定と解析）
・各要素技術、及び住宅会社での省エネルギー効果の算定

■以上のプロセス後に、旭川という極寒冷地における暖房給湯アクティブソーラーシステムの実測による省エネルギー効果が実証できる。

太陽熱エネルギー活用前の空調給湯負荷に対する省エネ目標：50%以上削減を目標とする。

②給湯エネルギーを極寒冷地域で効果的に取得するには太陽熱温水パネルの面積は、冬期の晴天時での十分な給湯量を確保することを基準にするため、夏期には取得量が過多となり、温水配管内温度が100℃近くまで上昇し、水蒸気になることから配管が破裂したり、部品が故障するなどの不具合が発生する。太陽

熱温水配管に過熱防止用排出機構を組み込み、排水と太陽熱取得のバランスを最適にする設計手法を実証する

- ・ 過熱防止システムの設計
- ・ 夏期での温水配管温度測定
- ・ 夏期温水過熱保護技術の実証検証

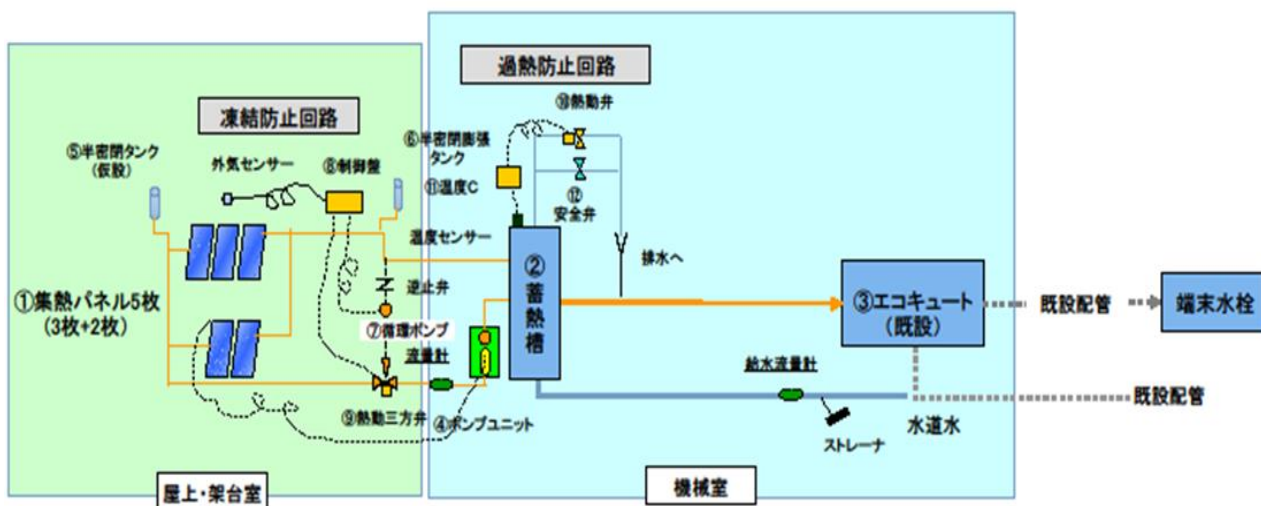
■ 以上のプロセス後に、夏期過熱防止用排出機構による、排水と太陽熱取得のバランスを最適にする設計手法が確立する。

給湯タンク内温度を過熱による不具合が発生しない93度以下に保つことを目標とする。

③ 極寒冷地では冬期は-20℃以下になる気候であり、温水配管の凍結が課題となる。この課題を解決するため新築時の研究では不凍液の濃度を上げ、循環回路による温水循環で防止しているが、濃度アップによるコストアップと不凍液濃度の調整が困難であった。循環回路の制御の最適化を図り、不凍液の濃度（-20℃設定）を上げずに-20℃以下でも凍結防止できる技術を実証検証する。このことにより設計、設置でのコストダウンを行なうことで早期市場導入が可能となる。

- ・ 凍結防止循環回路の設計
- ・ 冬期での温水配管温度測定
- ・ 冬期凍結防止技術の効果検証

以下に本実証住宅での過熱防止、凍結防止の回路を示す。



■ 以上のプロセス後に、極寒冷地における暖房給湯アクティブソーラーシステムの冬期温水配管凍結防止機構の技術を確立できる。

外気温度-25℃で凍結による不具合が発生しないことを目標とする。

③太陽熱温水パネルは屋根の勾配にあわせた設計になっており、降雪のある地域は、雪による日射熱取得が低下し、集熱効率が落ちるといった課題があった。降雪のある地域では、積雪により日射熱取得が低下するため、それを防止するために太陽熱温水パネルの傾斜角度を急勾配にし、その際の集熱効率（積雪のある地表面反射も考慮）を明らかにして太陽熱温水パネルを設計することで、高効率な太陽熱温水パネルの設計、設置技術を実証検証する。

- ・ シミュレーションと実証実験による傾斜角度の決定
- ・ 傾斜角度による夏期でのデータ測定
- ・ 冬期積雪による集熱効果の実証検証

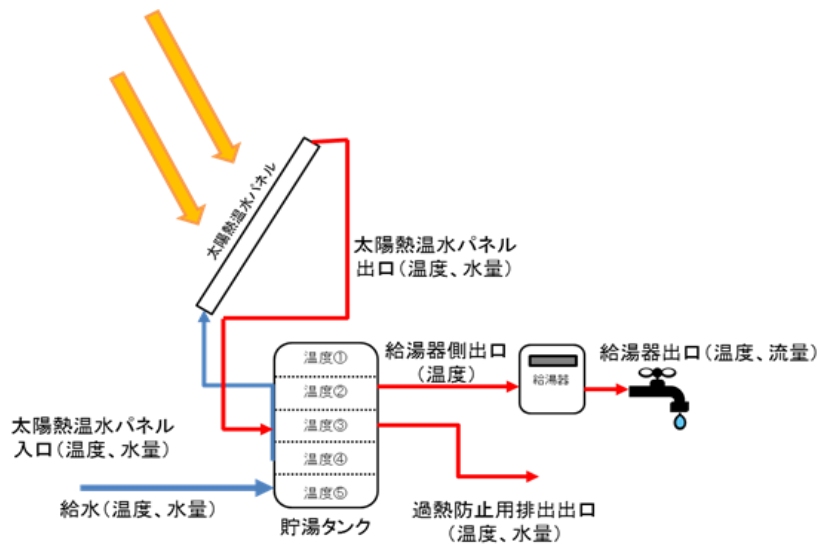


図 太陽熱温水パネルの傾斜角の影響測定

■以上のプロセス後に、太陽熱温水パネルの傾斜角度の最適化を図り、その際の集熱効率（積雪のある地表面反射も考慮）を明らかにすることで、積雪による日射熱取得低下を軽減する高効率な太陽熱温水パネルの設計、設置技術が実証できる。

4. 既築住宅における高機能蓄熱建材の施工研究

(FHアライアンス、住宅会社、九州大学)

高機能蓄熱建材はダイレクトゲインから得られた熱エネルギーの潜熱効果が期待されるが既築住宅の改修において、適切な設置、施工の実証が行なわれていなかった。

住宅会社の施工技術を活用して施工を行い、既築での施工性や効果、問題点の有無を検証する。冬期の日射を考慮して開口部周辺の床面に施工する。施工場所、および通常の床面、裏面、空気循環経路の温度を測定、効果を実証検証する

夏期についてオーバーヒートの可能性の有無について実証検証する。

- ・ 既築改修に適した高性能蓄熱建材の適切な施工部位、施工方法を検証し施工する。
- ・ 夏期データの測定
- ・ 冬期データの測定と解析

夏期と同様に高性能蓄熱建材の実測を行い、夏期を含め、年間を通しての効果を検証する。
測定箇所について以下の図に示す。

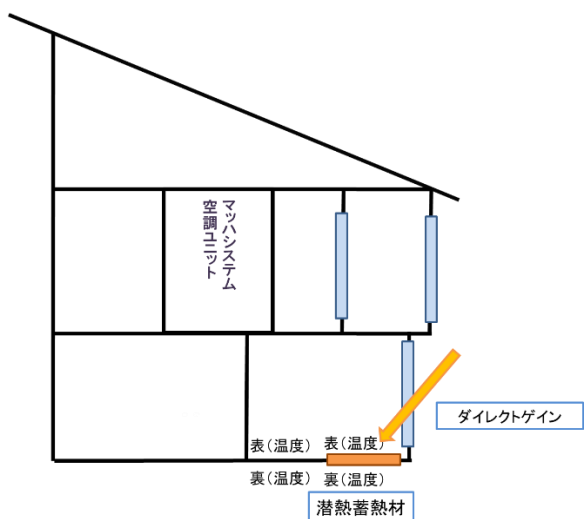


図 高性能パッシブ蓄熱材の測定内容

■以上のプロセス後に、既築住宅における高性能蓄熱建材の効果を実証することにより、冬期、夏期の年間を通しての有効性が実証できる。

太陽熱エネルギー活用前の空調負荷に対する省エネ目標：想定空調負荷に対し40%以上の削減を目標とする。

5. 研究開発の成果

1. 既築住宅における暖房給湯アクティブソーラーシステムの実用化研究

地域性と既存住宅の立地条件を考慮したシミュレーション結果に基づき、実証住宅の設計（改修）に際しては南西面に大きな窓をダイレクトゲインとし、トロンブウォールを南東面と南西面に新設し、シミュレーションによる負荷軽減に必要な面積を確保した。集熱効率を上げるためトロンブウォール内部に黒幕を設置した。

トロンブウォール、ダイレクトゲインから得られた熱はMaHAtシステムにより、住宅内を大風量で空気を循環することで住宅全体に配分することができる。配分された熱は躯体に蓄熱され、室温に近い温度まで利用されるため、結果としてルームエアコンの暖房負荷が低減される。

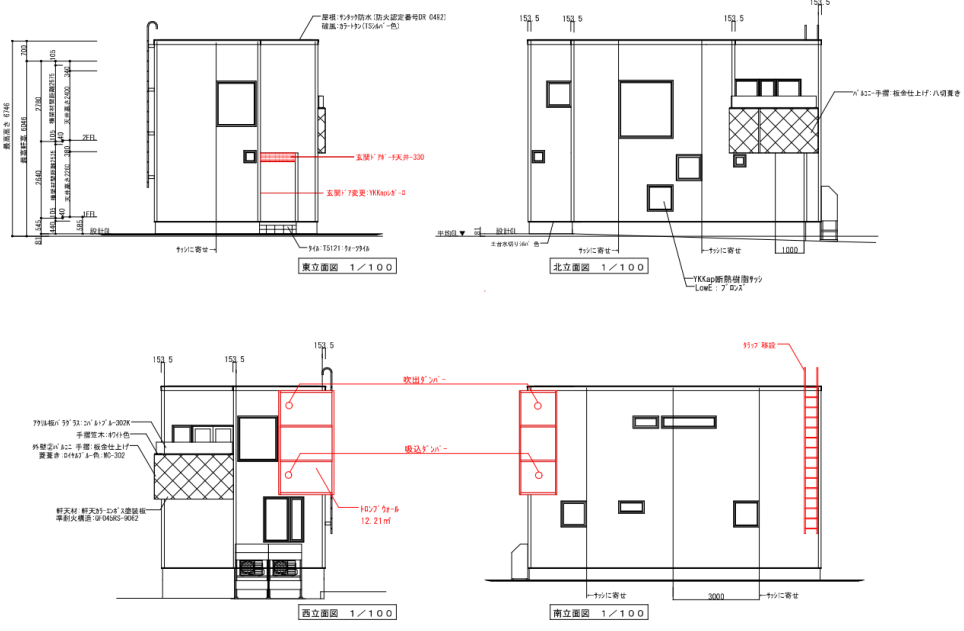
シミュレーション目標値では44%の削減効果を目指した。

設計段階ではマッハシステムのダクト経路となるスペースが限られていた為、1階・2階の階間をチャンバーとして活用し全館空調の効率化を図った。

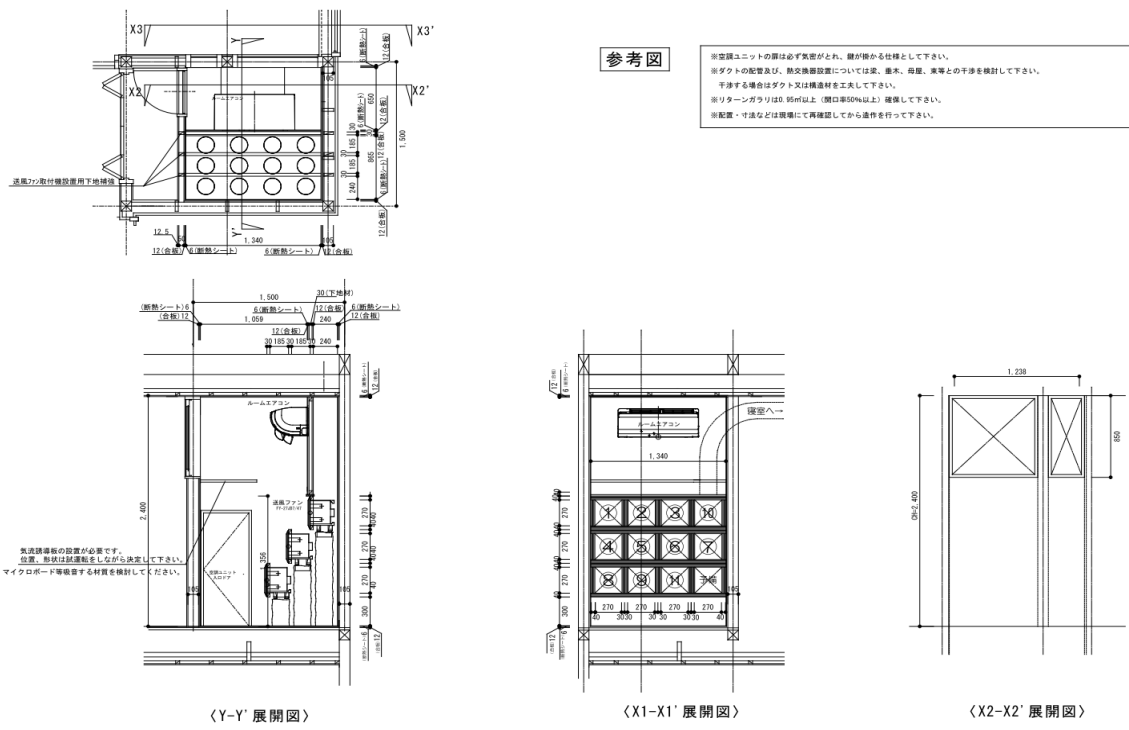
また、トロンブウォールの設置についても隣家の問題もあり十分な集熱を取る事が厳しいと予想された為南東・南西と2方向に設置することとした。

太陽熱集熱パネルを45度の角度で設置し、積雪時の落雪を有利になるように設計した。



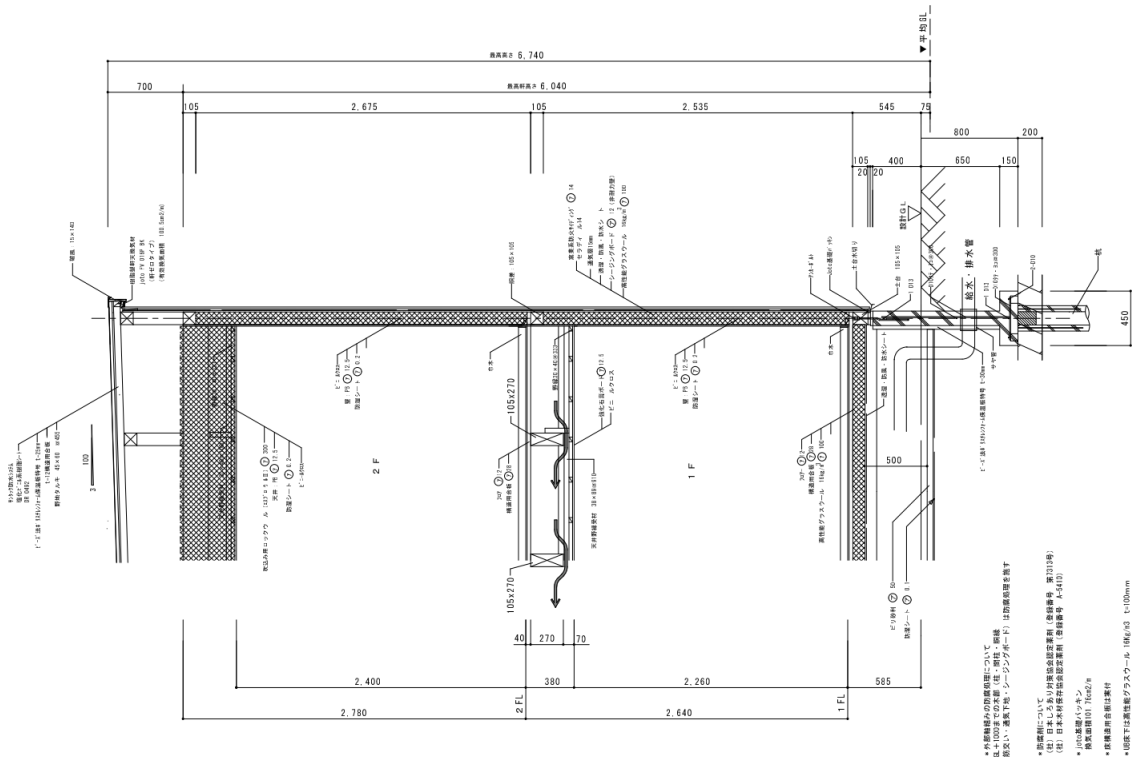


立面改修図面 (トロンブウォール)



カワムラ 設計本部		管理建築士 川村 隆	承認	設計	図面 No.	図面名	MoHaTis私空調ユニット	縮尺	1/60	2015年06月15日	工事名	MERITS PLATANUS D 新築工事
1級建築士事務所	豊線 上127号	1級建築士 77497号										

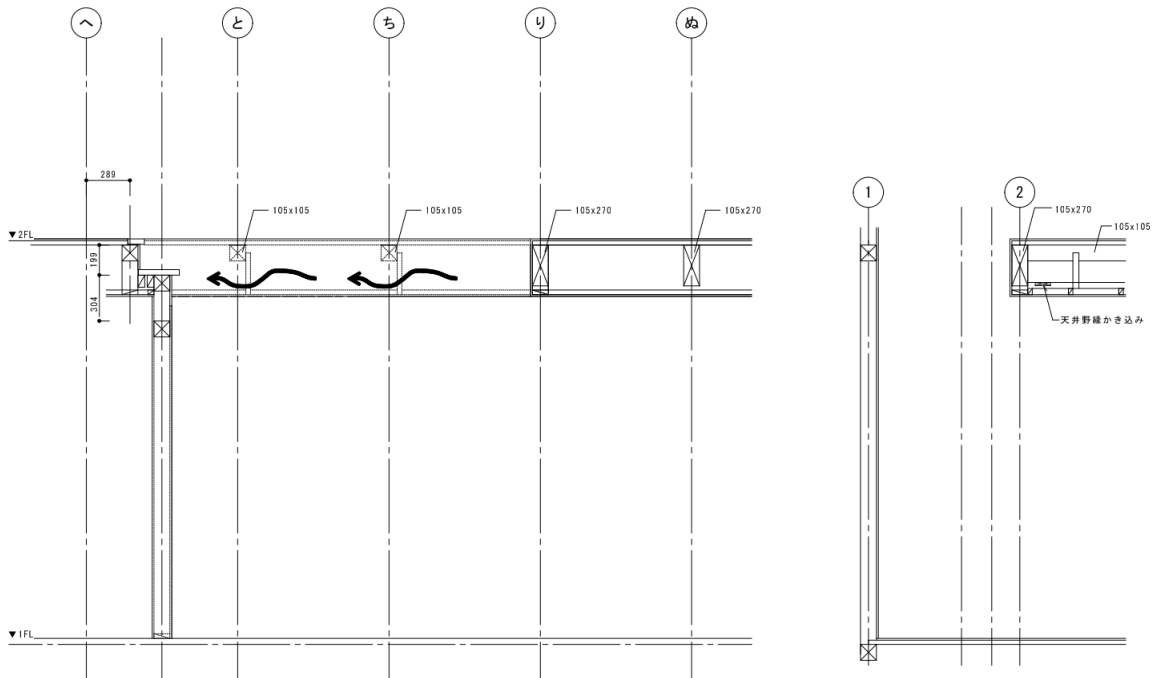
↑ 空調室詳細図



- ※外観材料の取付位置については、図面と現場にて確認をお願いします。
- ※100mm以上の隙間（柱・梁間、壁間）は、防音対策として、防音材を充填してください。
- ※100mm以上の隙間（柱・梁間、壁間）は、防音対策として、防音材を充填してください。
- ※100mm以上の隙間（柱・梁間、壁間）は、防音対策として、防音材を充填してください。
- ※100mm以上の隙間（柱・梁間、壁間）は、防音対策として、防音材を充填してください。
- ※100mm以上の隙間（柱・梁間、壁間）は、防音対策として、防音材を充填してください。
- ※100mm以上の隙間（柱・梁間、壁間）は、防音対策として、防音材を充填してください。
- ※100mm以上の隙間（柱・梁間、壁間）は、防音対策として、防音材を充填してください。
- ※100mm以上の隙間（柱・梁間、壁間）は、防音対策として、防音材を充填してください。
- ※100mm以上の隙間（柱・梁間、壁間）は、防音対策として、防音材を充填してください。

カワムラ 設計本部		管理建築士 川村 隆	承認	設計 大槻	管理 眞田	図面 No. A19	図面名 矩計図	縮尺 1/25	2015年10月 7日	MERITS PLATANUS D 新築工事
1級建築士事務所	登録 上127号	1級建築士 77497号								

↑ 矩計図（階段チャンバー）①



カワムラ 設計本部		管理建築士 川村 隆	承認	設計 大槻	管理 眞田	図面 No.	図面名 階段部分詳細図	縮尺 1/20	2015年 10月 7日	工事名 MERITS PLATANUS D 新築工事
1級建築士事務所	登録 上127号	1級建築士 77497号								

↑ 矩計図（階段チャンバー）②

- 階段チャンバー方式の MaHAt システムを既築住宅に導入することにより、給気ダクトが削減され、空気搬送の圧力損失をダクト長さ 250m から 100m 相当長以下に低減し、かつ省施工のシステムが確立できた。

床面積 90.75m² に対するシステム風量の総風量は 1800m³/h を確保することが必要であり、階段チャンバー利用の空調効果が効果的に実現できることを実風量測定で確認した。また機械室から最も遠い 1 階子供部屋の吹出口には給気風量が不足することが予測されていたため、2 か所についてはブースターファンを設置することで子供部屋の給気量不足をカバーする設計とした。実測値は 11 台の送風機による総風量 1964m³/h であり、目標を満足した。

- 1 階と 2 階間の音のクロストークについては 3 dB 以下になることを実証できた。

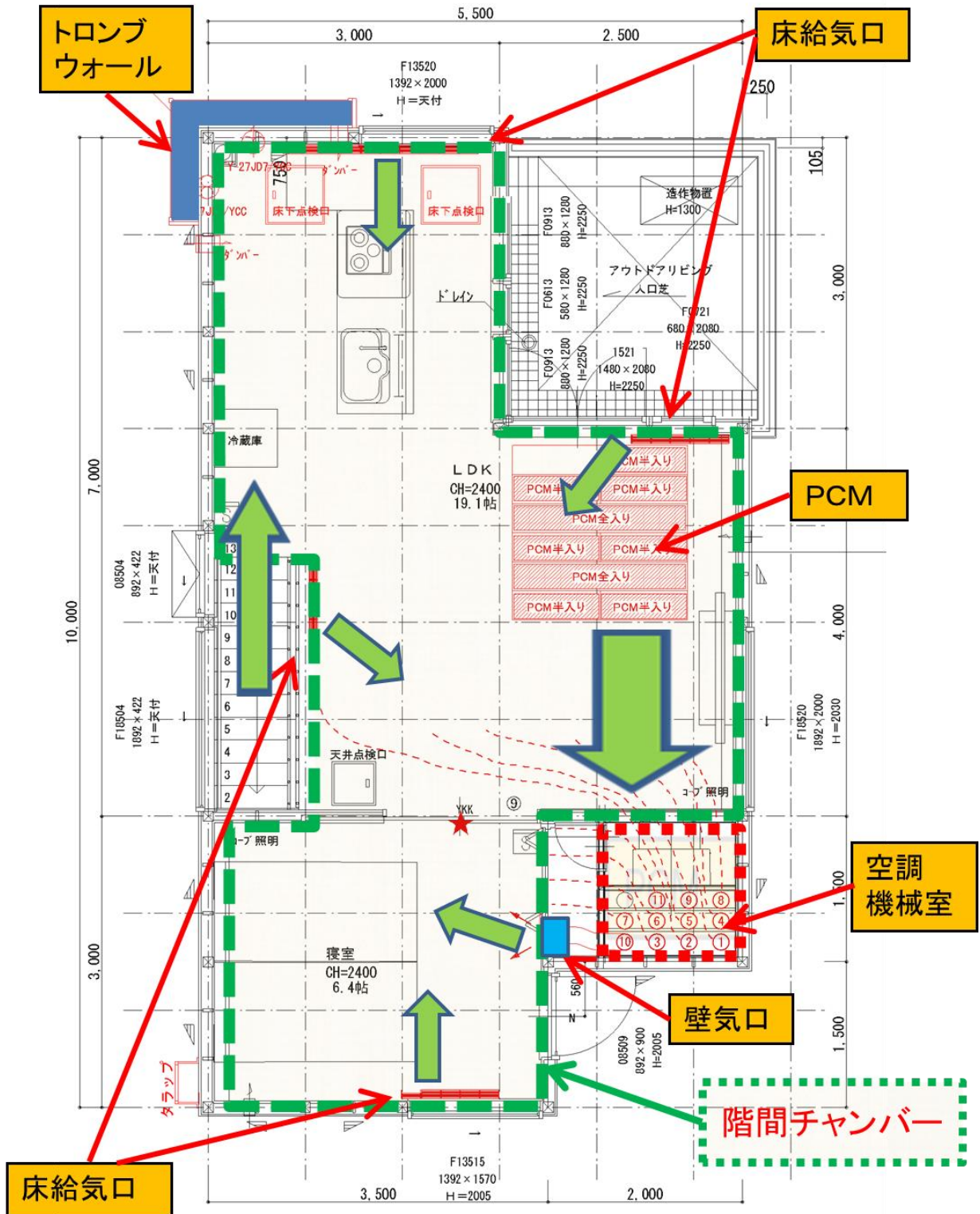
クロストークの騒音低減のため、2 階への吹出口と 1 階への吹出口が近くならないように 2m 以上間隔があくよう設計した。

このブースターファンの吸込み側には 1m の消音ダクトを設置して騒音低減を図り、上記のクロストーク 3 dB 以下を実現した。

- ・ 測定点は 1 階給気口の直下 1m、騒音測定器はリオン NA-29 で測定
- ・ 2 階のリビングにて騒音を発生させ、空調を停止した状態で階段チャンバーの給気口を開閉させ、1 階での騒音の差を測定した。

階段チャンバーの給気口によるクロストークの影響は最大で 2.9 dB であり、目標の 3 dB 以内を実現できた。

■実証住宅（平面図 2階）



11台の送風機による総風量 $1,964 \text{ m}^3/\text{h}$ で1台あたり約 $180 \text{ m}^3/\text{h}$ で設計風量を満足している。

2. 既築住宅における太陽熱取得部位の最適設計と効果検証

- ・既存住宅への改修およびシステム装着への実証研究および住宅の熱性能解析、取得エネルギーのシミュレーションを行うとともに効果の実証、評価を行なうことで極寒冷地の既築住宅改修における本システムの最適化が図れた。

●九州大学の解析ソフトTHERBによるシミュレーション結果

単位：GJ

地域	標準			目標		
	空調		給湯	空調		給湯
	暖房	冷房		暖房	冷房	
旭川	39.6	1.1	27.1	23.4	1.5	13.1

・トロンブウォールの集熱効果結果

トロンブウォールでの集熱量が当初の想定よりも少ない結果となった。その理由として、実証住宅の南側だけでなく西側にも隣戸が近接したこと、トロンブウォールの気密性が十分に確保できなかったこと、今冬の日射量が標準年よりも少なかったことなどが挙げられる。今後そういった問題点を解消するためにはトロンブウォール内の日射吸収率を高めるべく壁体の色を黒色系にすることや、サッシを含めたガラス部材の断熱気密性を上げることが重要であり、例年通りの日射量を得ることができれば更なる集熱効果の期待もできると考えられる。

削減量[GJ/年]	暖房	
	トロンブウォール	
	目標	結果
	5.00	0.56

- ・旭川の実証住宅において、夏期の過熱防止、冬期の凍結防止を含めて、暖房給湯アクティブソーラーシステムを外部から遠隔操作で総合制御、データ取得できるシステムを構築することで、実際の生活パターンに合ったデータ取得ができた。

結果、太陽熱エネルギー活用前に比べて44%以上の省エネ削減を実証できた。(標準年の日射取得の場合)

3. 既築住宅における暖房給湯アクティブソーラーシステムの極寒冷地での最適設計と効果検証

- ・旭川という極寒冷地における暖房給湯アクティブソーラーシステムの実測による省エネルギー効果を実証した。

- ・夏期過熱防止用排出機構による、排水と太陽熱取得のバランスを最適にする設計手法を確立した。
給湯タンク内温度を過熱による不具合が発生しない 93°C 以下に保つことができた。
- ・極寒冷地における暖房給湯アクティブソーラーシステムの冬期温水配管凍結防止機構の技術を確立した。(外気温度 -20°C で凍結による不具合が発生しないことを確認した。)
- ・太陽熱温水パネルの傾斜角度を 45° で設計し、 30° との積雪差と集熱効果の差を検証し、 45° での積雪に対する優位性と集熱効果の差がないことを実証した。

●太陽熱温水パネルの傾斜角度の影響検証結果

旭川新築実証住宅では太陽熱温水パネルの傾斜角度は 30° であり、本改築実証住宅では太陽熱温水パネル傾斜角度を 45° で設置した。

太陽熱集熱効果には大きな差がないが、旭川の立地条件から冬期の積雪の影響で集熱効果の差がある。旭川新築実証住宅では屋上から簡単に除雪できる場所に太陽熱集熱パネルが設置されており、人的除雪により集熱効果は維持できるが、改築の実証住宅では屋上に簡単にはアクセスできないため、降雪時の太陽熱温水パネルにどの程度雪が残っているかを確認した。

ほぼ同時刻での確認結果では、傾斜角 45° での設置では傾斜角 30° に比べて格段に積雪が少ないことが確認できた。



新築実証住宅（太陽熱温水パネル傾斜角 30° ）50%程度の表面に積雪あり



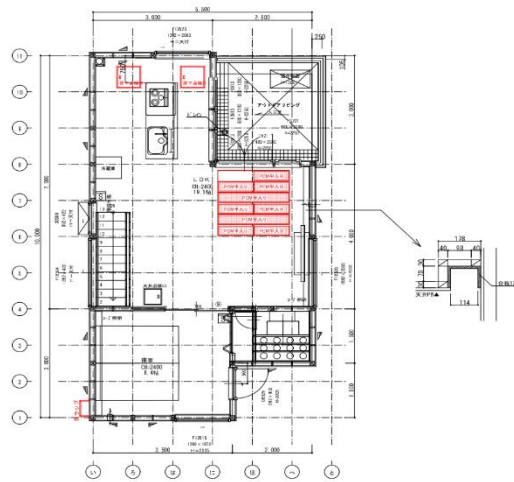
改築実証住宅（太陽熱温水パネル傾斜角 45° ）ほぼ全面で積雪なし

4. 既築住宅における高機能蓄熱建材の施工研究

高機能蓄熱建材はダイレクトゲインから得られた熱エネルギーの潜熱効果が期待されるが既築住宅の改修において、適切な設置、施工の実証が行なわれていなかった。

住宅会社の施工技術を活用して施工を行い、既築での施工性や効果、問題点の有無を検証した。冬期の日射を考慮して開口部周辺の床面に施工した。施工場所、および通常の床面、裏面、空気循環経路の温度を測定、効果を実証検証した。

潜熱蓄熱材（蓄熱フローリング DKPM-20 潜熱蓄熱量 2758.1 kJ）はダイレクトゲインからの集熱を考慮して、2階 リビングの開口部周辺を中心に施工を行っている。



↑ 潜熱蓄熱材施工範囲

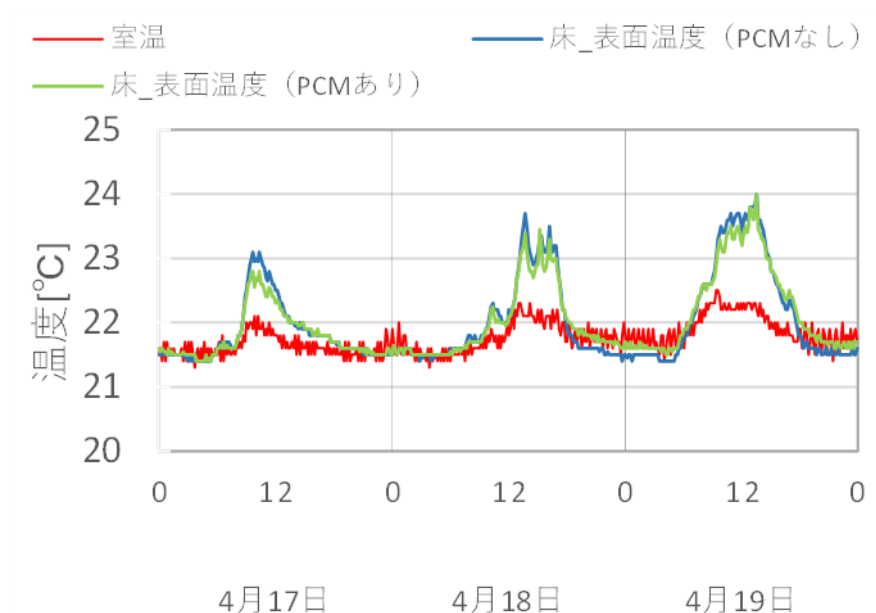
■潜熱蓄熱材（PCM）

平面図に示す箇所に PCM 床材を施工している。部屋の 1 部は PCM なしとなっており，中間期（非暖房期間）の両者の床表面温度を比較して PCM の効果について考察する。

旭川は，PCM ありは PCM なしに比べて昼間の床表面温度の上昇は抑制されるものの，夜間は温度低下が緩和されており，蓄熱の効果が現れている。

太陽熱利用の実証住宅として計画した建物は，ダブルスキンやトロンブウォールにより集熱した太陽熱を空気循環して建物全体に分配・蓄熱する仕様のため，室温変動が緩やかで PCM 蓄熱建材の効果が発揮し難い仕様である。床材温度が相変化温度の領域を超えて変動する場合には，PCM の蓄熱効果で夜間の床面の温度低下が緩和される。

PCM の利用については，日射の影響や住宅の熱容量などの条件を考慮した施工の検討，整理が必要と考える。



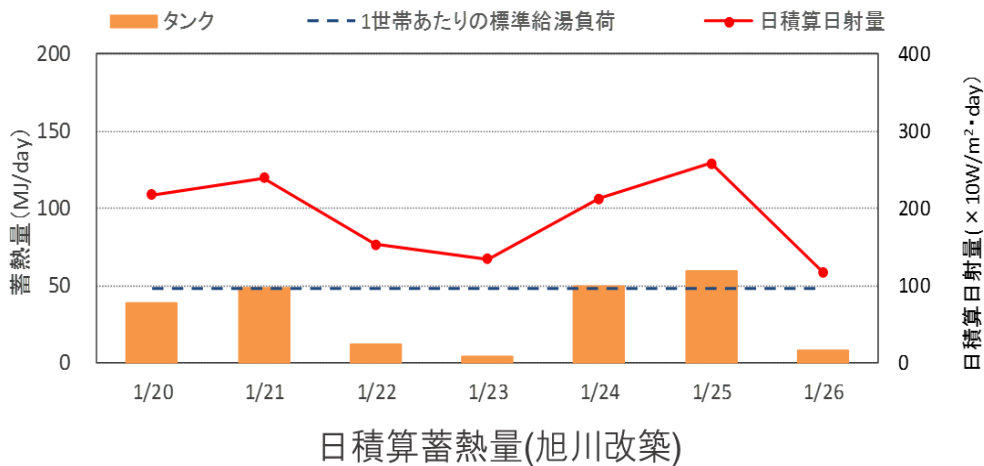
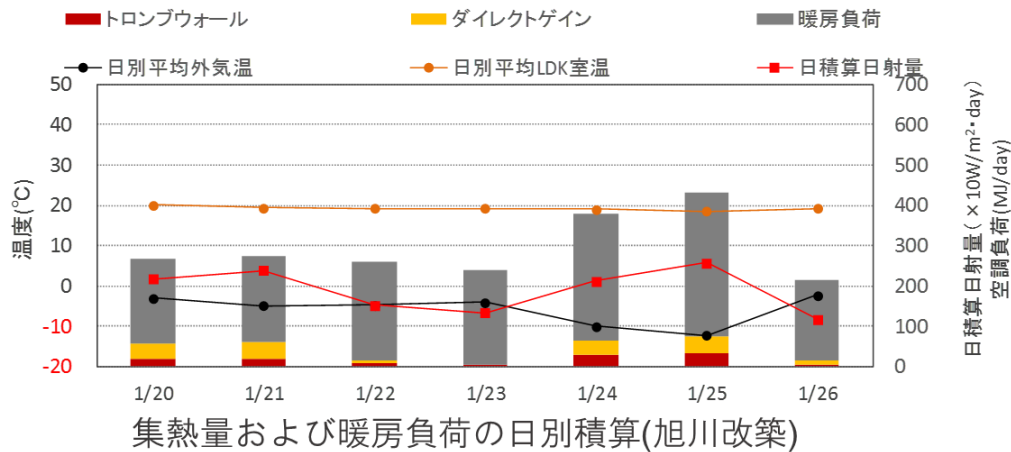
■実証住宅の建築概要（改築内容）



■実証住宅外観



■今冬の暖房・給湯負荷削減状況



2016年1月20日～1月26日における冬期の実測実験の代表的な結果(集熱量、暖房負荷)、2016年1月20日～1月26日、1週間分の貯湯タンクにおける日積算蓄熱量を上図に示す。

外気温は最低-20°C程度、最高気温も0°C以下という厳冬期であることが分かる。しかし住宅内全体において各居室温度は20°C程度を推移しており、空気循環システムによる居室空間の快適性と住宅全体での温湿度均一化が図られている。また、トロンブウォールの集熱量も日射量が多い時間帯において発生している。しかし、トロンブウォール内の温度が外気温の影響を大きく受け-10°C以下に下がる時間帯も確認され、更なる断熱気密化の検討も必要であると考えられる。その一方で1月25日においては一日のトロンブウォール内の最低温度と最高温度の差が約40°C程度となっており効果的な集熱が行われている。また、暖房負荷と集熱量の関係では集熱量が発生している及び外気温が比較的高い時間帯には暖房負荷の上昇が抑制されていることが分かる。日射量が比較的大きく発生している日(1月24日、1月25日)は貯湯量が十分に発生しており、太陽熱のみで1世帯あたりの標準給湯負荷をまかなえている。

■目標達成状況（地域別）

1 地域（旭川カワムラ）

今回は以前行った熱負荷ベースでの計算に合わせ、1次エネルギー消費量での計算を行った。
今回用いた1次エネルギー消費量の計算式を以下に示す。

①冷暖房エネルギー

$$I \times V \times r \times 0.001 \times E_a \times 0.001 = E_h$$

I: 消費電流(実測値) [A]

V: 電圧 [V]

R: 力率 . . . 0.95 [-]

E_a: 受電端電力熱量 . . . 9.63 [MJ/kWh]

E_h: 冷暖房1次エネルギー量 [GJ]

②給湯エネルギー

- ・電気給湯器の場合(旭川新築, 旭川改築)

$$Q_w \times E_a \times 0.001 / (C_e \times 3.6 \times 0.001) = E_{we}$$

Q_w: 給湯負荷 [GJ]

C_e: 給湯器効率 . . . 0.975 [-]

E_{we}: 給湯1次エネルギー量 [GJ]

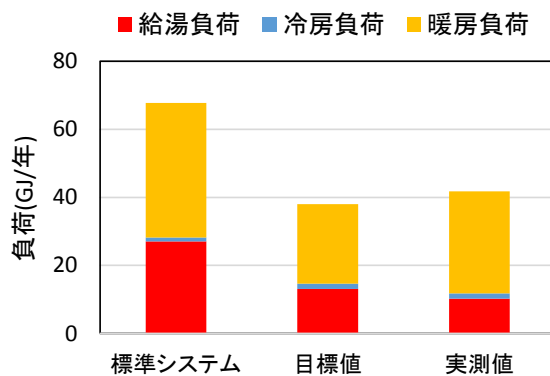
1 地域
北海道旭川市
(株式会社カワムラ)



	給湯	暖房		
	太陽熱パネル	断熱強化	MaHAt	トロンブウォール
削減量 [GJ/年]	16.90	2.33	6.72	0.56
		6%	17%	1%
		9.6(暖房負荷削減24%分)		

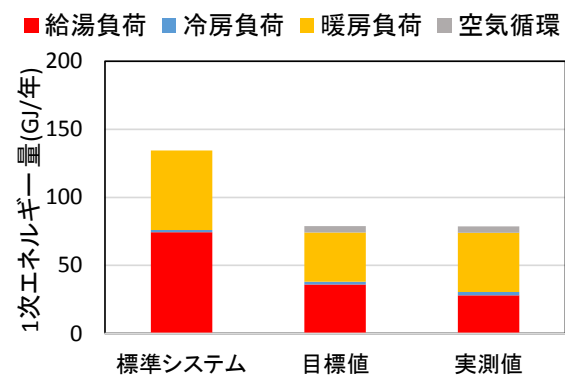
制御・仕様からトロンブウォールの効果を高め、例年並みの日射量があれば目標を達成できると考える。

荷削減効果の技術要素内訳 [GJ/年]



	標準システム	目標値	実測値
総合負荷	67.9	38.0	41.8
暖房負荷	39.6	23.4	30.0
冷房負荷	1.1	1.5	1.6
給湯負荷	27.1	13.1	10.2
空気循環	-	-	-

用途別負荷 [GJ/年]



	標準システム	目標値	実測値
総合負荷	134.4	78.8	78.6
暖房負荷	58.4	36.1	43.5
冷房負荷	1.7	2.1	2.4
給湯負荷	74.4	35.9	28.0
空気循環	-	4.7	4.7

用途別 1次エネルギー量 [GJ/年]

	総合負荷	冷房負荷	暖房負荷	給湯負荷
標準→目標	44%	-32%	41%	52%
標準→実測	38%	-40%	24%	63%

目標・実測の用途別負荷削減率 [%]

	総合負荷	冷房負荷	暖房負荷	給湯負荷
標準→目標	41%	-32%	41%	52%
標準→実測	42%	-40%	24%	62%

目標・実測の用途別 1次エネルギー削減率 [%]

2015.11
～2016.1
の3ヶ月

日積算日射量：月別平均							
日積算日射量		旭川	札幌	岩手	福井	愛知	宮崎
今冬の実測値	11月	1428.0	1246.3	1728.1	1573.7	1977.4	2405.5
	12月	963.5	984.1	1684.1	1189.0	1898.0	2701.7
	1月	1076.9	1293.0	1842.0	1234.8	2196.4	2669.4
	合計	3468.3	3523.3	5254.3	3997.5	6071.8	7776.6
標準年アメダスデータ	11月	1545.7	1570.5	1708.3	2156.1	2650.7	3009.1
	12月	1282.6	1325.8	1555.3	1705.0	2306.8	2554.4
	1月	1635.7	1662.0	1960.0	1576.7	2430.6	2728.5
	合計	4464.0	4558.3	5223.5	5437.8	7388.1	8291.9
実測値/標準年[%]		78%	77%	101%	74%	82%	94%

単位：W/(m²・日)

日別平均外気温の月別平均値							
日平均外気温		旭川	札幌	岩手	福井	愛知	宮崎
実測値	11月	1.3	6.7	8.9	13.2	14.6	17.0
	12月	-3.1	2.3	3.5	7.5	9.6	11.5
	1月	-7.3	-1.1	0.9	3.8	5.9	8.2
気象データ	11月	2.6	4.8	5.7	11.4	12.2	15.5
	12月	-4.7	-0.7	1.1	5.8	7.0	10.1
	1月	-7.0	-3.3	-1.5	3.5	4.7	7.6

単位：℃

※総合負荷削減は標準仕様に比べ39%削減になった。制御・仕様からトロンプウォールの効果を高め、例年並みの日射量であれば目標達成できると考える。

■目標達成状況（まとめ）

	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
①既築住宅における暖房給湯アクティブソーラーシステムの実用化研究	市販されている量産品の利用、システムの簡易化により量産化の目処をつける（約45坪住宅で太陽熱エネルギー活用コスト220万円（投資回収年16.9年））	市販されている量産品でのシステム構成で構築できる目途があった	△ H29年4月達成見込	太陽熱温水パネルおよびファンコイル設置コストが課題 H29年4月にコスト目標達成予定
	階間チャンバーの有効性実証	ダクト長を150m提言し、温度分布風量分布に問題のないことを実証した。	◎	
②既築住宅における太陽熱取得部位の最適設計と効果検証	ダブルスキン、トロンブウォールの利用による、太陽熱エネルギー活用前の空調負荷に対する省エネ目標： 想定空調負荷に対し、40%以上削減	既築住宅の改修において本システムの設計手法と施工方法を確立し、その効果を実証した。	○	日射量が通年の約78%であったため、冬季空調負荷の削減率は26%にとどまった。 H28年の実測で最終確認する（H29年4月）
		遠隔操作で動作パラメータ変更、データ収集できるソフト、システムを開発した。	○	
③既築住宅における暖房給湯アクティブソーラーシステムの極寒冷地での最適設計と効果検証	太陽熱エネルギー活用前の空調＋給湯負荷に対する省エネ目標： 50%以上削減	凍結防止と夏季過熱防止の機構を組み込んだアクティブソーラーシステムを設計・施工し、極寒冷地における太陽熱取得の効果を実証した。	○	日射量が通年の約78%であったため、太陽熱利用による空調・給湯負荷の削減率は39%にとどまった。 例年の日射量であれば目標達成見込 H28年の実測で最終確認する（H29年4月）
④既築住宅における高機能蓄熱建材の施工研究	太陽熱エネルギー活用前の居住環境に対して蓄熱恒温性能の向上	冬期の効果を最大限にするため、開口部周辺の床面に蓄熱建材を施工して、床面や階間の空気循環経路の温度を測定し、蓄熱恒温性能を実証した。	○	床面と室内空気の温度はほぼ同じで、終日20℃一定に保たれた。

6. 実用化、事業化に向けた取り組み

(1) 本研究開発は既に販売実績のある省エネルギー住宅「高断熱・高气密+個別送風ファン方式の全館空調システム：MaHAt システム」に太陽エネルギー利用を付加した「太陽熱エネルギー活用省エネルギー住宅・設備システム」である。

すでにこのシステムは H23-H25 年度の公募事業「全館空調方式戸建住宅の太陽熱利用に関する研究開発」において 50%以上の省エネを確認し、基礎技術は確立している。本研究開発を通して、地域特性を考慮した設計、施工に基づく実証住宅を建設し、削減率 50%以上を確認できた。今後このシステムを普及させるためには、以下の課題を解決する必要があると考える。

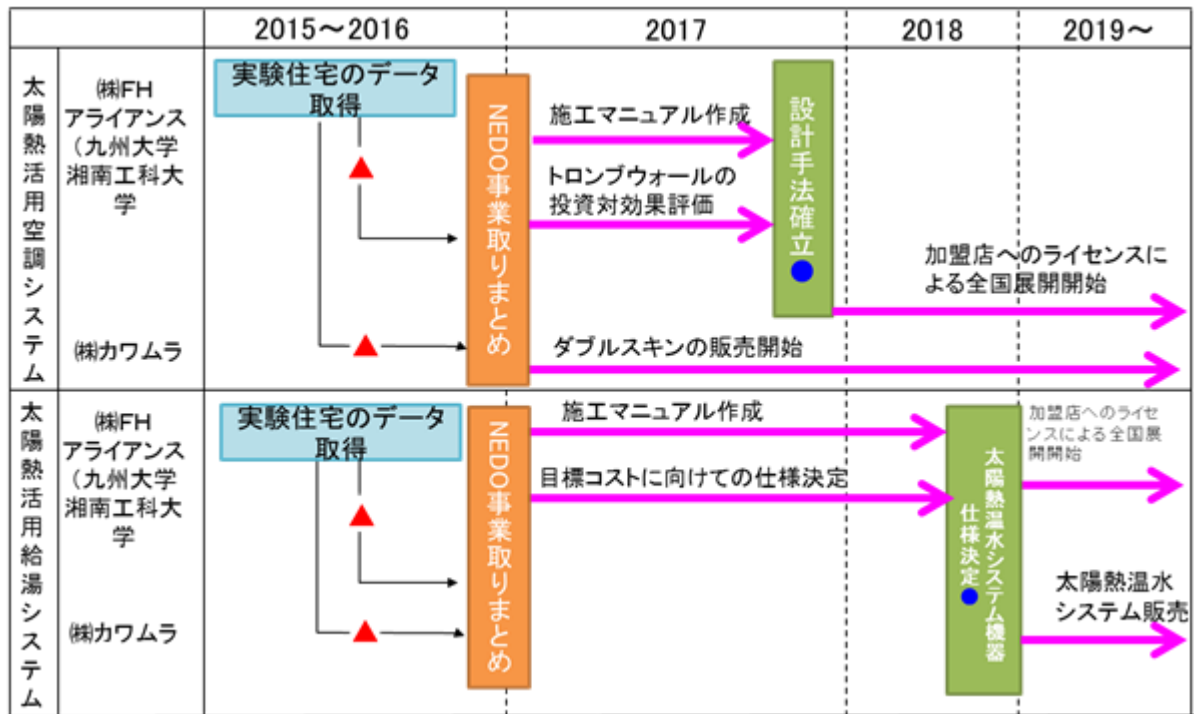
- ・改築への導入促進のため、本研究で実証した階間チャンバーによる既築住宅への MaHAt システムの導入コスト低減と施工の簡易化を基本に推進していく。
- ・階間チャンバーにおいて、風量が不足すると考えられる角部屋へのブースターファンの設置についてマニュアル化を推進する。
- ・太陽熱温水と MaHAt システムの導入にあたって、工務店に対する設計支援を行う。
- ・気候特性に応じた太陽熱利用技術（仕様）による省エネ効果を設計段階で確認する。
- ・設備コストと省エネ効果の関係を明確にし、当初コスト目標を達成する。

本事業の成果の普及に当たっては参加住宅会社各社を含む「FH アライアンス」加盟の会員各社（62 社 2015 年 12 月現在）に対して技術をライセンス化し、全国展開を図る予定である。

潜熱蓄熱材（PCM）については引き続きメーカーと情報交換を行い、住宅の条件や効果について整理を行う。今回の実証事業の成果を踏まえ現在 FHA 加盟各社向けに作成している設計・施工マニュアルの拡充を図る。

● 事業化のスケジュール

MaHAt システムについてはすでに販売を開始しており、実証住宅の成果を基にした太陽熱利用を含む本システムの販売開始は H29 年度を予定している。全 MaHAt システムに対して一部の太陽熱利用、例えばダイレクトゲインのみを採用した住宅を含め、10~50%の採用を見込んでいる。



研究開発項目毎の成果

(d) 既築住宅の地域適合化太陽熱フル活用型住宅への改築に関する研究開発

1 テーマの目的

太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発

太陽熱活用システムの実証住宅での評価(改築)

既存住宅の地域適合化太陽熱フル活用型住宅への改築に関する研究開発

2 テーマの要旨

本研究開発は、平成27年度末に、全国5地域(埼玉、東京、滋賀、大阪、福岡)の既存戸建住宅を気候区分に合わせて断熱改修した後で、太陽熱利用機器、高効率機器(高効率給湯器、高効率空調機器)、真空断熱材・潜熱蓄熱材並びに集熱・遮熱や通風等の建築的工夫を改築に導入することにより、既存住宅の空調(暖房・冷房)・給湯エネルギーが半減できる可能性を実証するものである。

3 テーマの目標

太陽熱利用機器、高効率機器(高効率給湯器、高効率空調機器)、真空断熱材・潜熱蓄熱材並びに集熱・遮熱や通風等の建築的工夫を改築に導入することにより、既存住宅の空調(暖房・冷房)・給湯エネルギーが半減できる可能性を実証する。

4 テーマの計画、研究内容

研究開発の期間

開始 平成27年7月10日

終了 平成28年3月31日

研究開発の日程

H27.7	～H27.9	改築計画立案・設計
H27.8	～H27.12	太陽熱利用システムの計画・設置・施工
H27.10	～H27.12	計測機器設置
H27.10	～H29.3	計測・実証住宅の評価
H27.10	～H29.3	太陽熱利用システムの検証

本研究開発では、既存住宅の地域適合化太陽熱フル活用型住宅への改築に関する研究開発を目的とし、既存住宅の断熱改修を行ったうえで、屋根空気集熱式暖房・給湯システムをベースに、暖房・給湯負荷削減を目的とした提案を行った。ここで、屋根空気集熱式暖房・給湯システムは、太陽熱集熱によって通年の給湯負荷を削減するほか、冬期には屋根で集熱した空気を優先的に床下へ送風することで、補助暖房による消費エネルギー量を削減することを意図している。これに加えて、「①②暖房・給湯用の空気集熱式ソーラーシステム」「③真空断熱材(VIP)使用内部建具やハニカムスクリーンの使用による夜間の開口部の断熱補強」「④潜熱蓄熱体(PCM)建材による床下蓄熱容量の増加」「暖冷房・給湯の補助熱源としてのヒートポンプ利用」といった各種要素技術を適用した際の効果を検証した。対象としたシステムの基本コンセプトを図 1 に示す。実証住宅の建設地域は図 2 の通り、関東・関西・九州の温暖地(5,6 地域)5 か所にて、評価を行った。

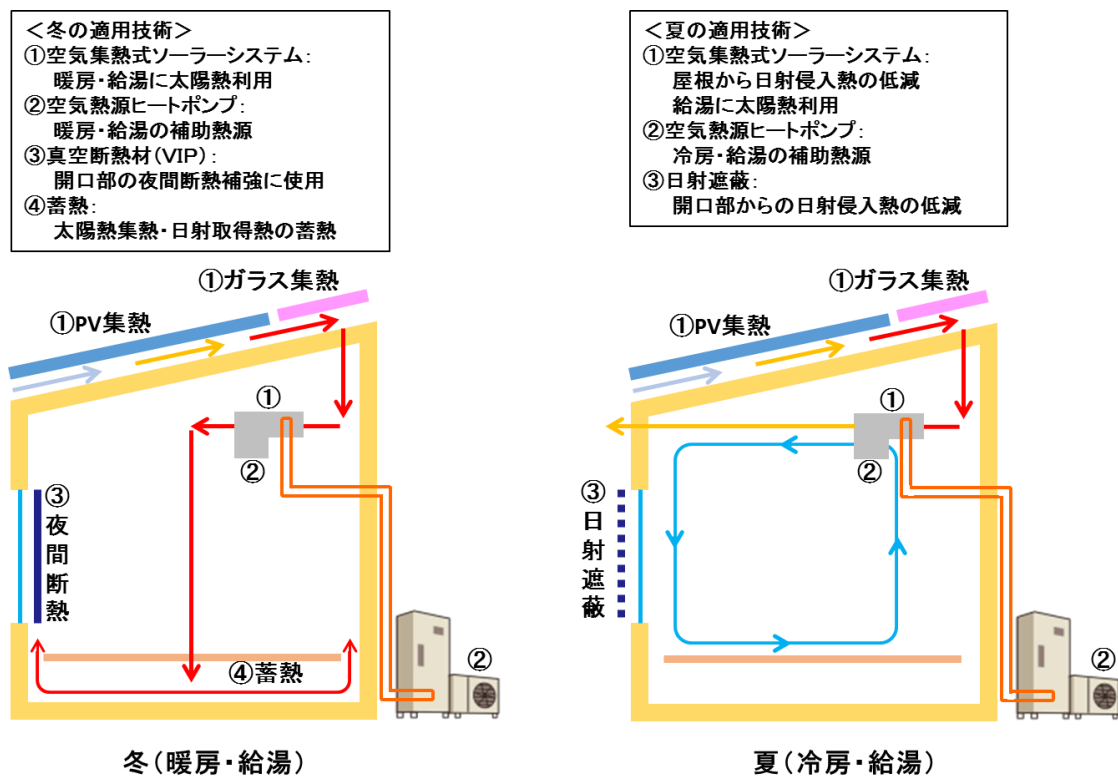


図 1 太陽熱活用住宅(改築)の基本コンセプト

なお、5 件の実証住宅の仕様については、太陽熱活用型住宅の基本コンセプトを基に、地域ごとの気候特性に応じた断熱性能・日射遮蔽性能とともに集熱・蓄熱性能についてシミュレーションによる評価を行い、いずれも省エネ基準の断熱性能よりも高い水準とした。

また、断熱性能を上げた際には、夏期・中間期の日射遮蔽が重要となるため、地域ごとに日射遮蔽を検討することで、通年の暖冷房・給湯負荷を低減する工夫を試みた。その結果、各物件の仕様は表 1~3 に示すものとした。

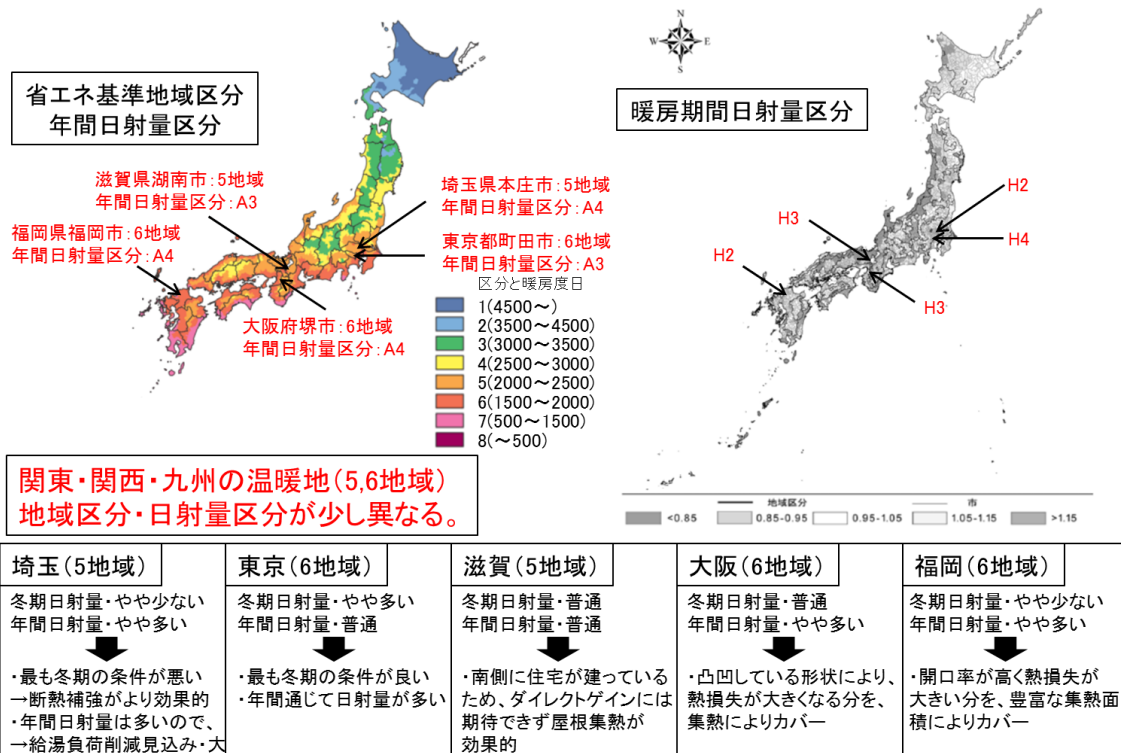


図 2 対象実証住宅の地域ごとの気候の特徴



図 3 実証住宅の所在地と外観

表 1 実証住宅の仕様概要(1)

	埼玉	町田	滋賀	大阪	福岡
省エネ地域 (年間日射量区分・暖房期日射量区分)	5地域 (A3・H4)	6地域 (A3・H4)	5地域 (A3・H2)	6地域 (A4・H3)	6地域 (A4・H2)
Ua値(改修前) [W/m ² K]	0.71	0.85	0.87	1.06	0.77
Ua値(改修後) [W/m ² K]	0.71	-	0.83	-	0.59
η _a 値(改修前)	3.6	4.2	3.0	6.3	4.0
η _a 値(改修後)	3.6	-	2.6	-	3.1
床面積[m ²]	1F: 62.0 2F: 52.0	1F: 85.8 2F: 51.3	1F: 57.8 2F: 44.6	1F: 88.6 2F: 56.0	1F: 74.6 2F: 63.3
集熱面積(ガラス)[m ²]	8.41	7.50	11.47	7.64	0.00
集熱面積(予備集熱)[m ²]	16.82	37.40	22.93	38.22	37.40

表 2 実証住宅の仕様概要(2)

	埼玉	町田	滋賀	大阪	福岡	
断熱仕様 (既存)	屋根	スタイロII種 100t	-	ウレタン 100t	ロックウール 75t	セルローズファイバー 135t
	壁	高性能GW16K 100t	GW10K 100t	ウレタン 50t	ロックウール 75t	セルローズファイバー 89t
	基礎立上り	XPS 50t	XPS 30t	XPS 25t 2枚重ね	XPS 50t	XPS 50t
	基礎土間床外周部	XPS 50t	-	XPS 25t (幅450mm)	XPS 50t	-
	土間床下	XPS 25t	なし	なし	なし	-
	開口部	木製サッシ・ペア (Ar封入) Uw=1.28	-	木製サッシ・ペア	アルミサッシ・ペア	1F:樹脂サッシ・ペア 2F:アルミサッシ・ペア
断熱仕様(改修部)	基礎床全面 :XPS 25t		土間床外周部:XPS 25t 2枚重ね(幅450mm) 土間床下:XPS 25t 東部分はウレタンスプレーで補強 2Fリビング西側:ガラスのみ Low-eペア遮熱型(Ar入り)	屋根:高性能グラスウール14K 105t 基礎:フェノールフォーム 50t 開口部:木製サッシ・Low-Eに変更	屋根:セルローズファイバー240t 基礎床全面:XPS 50t 開口部:樹脂・ペア・アルゴン封入	

表 3 実証住宅の仕様概要(3)

	埼玉	町田	滋賀	大阪	福岡
潜熱蓄熱体 (PCM)	基礎床 断熱材上 シート状 100m ² 12.5MJ	基礎床 断熱材上 シート状 100m ² 12.5MJ	床板裏 シート状 100m ² 12.5MJ	床板裏 シート状 100m ² 12.5MJ	床板裏 シート状 100m ² 12.5MJ
	床吹出口 マイクロカプセル 60L 4.8MJ	床吹出口 マイクロカプセル 60L 4.8MJ	床吹出口 マイクロカプセル 60L 4.8MJ	床吹出口 マイクロカプセル 60L 4.8MJ	床吹出口 マイクロカプセル 60L 4.8MJ
開口部断熱強化	VIP建具/ ハニカムスクリーン	VIP建具	ハニカムスクリーン	VIP建具/ ハニカムスクリーン	VIP建具



図 4 本研究開発の検証に用いた計測機器設置状況(概要)

図 4 では、各物件における特徴的な要素技術とその計測項目の例を示す。外部気象データ(温湿度、風向・風速、水平面日射量および屋根集熱面日射量)や室内の温湿度データ以外にも、今回採用するシステムでは、昼間に屋根で集熱した空気を床下に送風することなどから、床表面および床下空間に設置された断熱材や PCM 建材の表面の熱流量を計測した。また、真空断熱材 (VIP) 建具を使用した際の開口部の熱損失の低減効果を評価するため、窓ガラス表面の熱流、真空断熱材建具内部の熱流量の計測も行った。

実測は、各物件の改修が完了した 2015 年 12 月末から順次開始していき、主に 2016 年 1 月～3 月を対象として暖房運転時の評価を行った。補助暖房は 24 時間室温 22℃と設定した。

5 研究開発成果

ここでは、5 件の実証住宅における計測状況と、年間を通じた負荷削減効果のシミュレーション結果を示す。なお、暖房温度は 20°C、給湯温度 40°Cと設定してシミュレーションを行った。

シミュレーションは、地域ごとの標準年気象データを用いて年間の暖冷房・給湯負荷の削減効果を試算した。計算には東京大学前研究室で開発した熱負荷計算ツール ExTLA を用いた。シミュレーション条件を表 4 に示す。

表 4 ExTLA シミュレーション条件

気象データ	拡張アメダス標準年(2000年)
暖房設定温度	20°C
暖房スケジュール	7:00~10:00、12:00~14:00、16:00~23:00
冷房設定温湿度	26°C/60%
冷房スケジュール	7:00~10:00、12:00~14:00、16:00~23:00
計算範囲	助走期間1月1日~4月30日、 対象期間5月1日~翌年6月30日
計算時間間隔	1時間
給湯使用量	450L/日(40°Cで出湯) 貯湯層:420L
内部発熱	1日13.26kWh

1) 埼玉

・物件概要

埼玉物件の外観および内観写真(改修前)を図 5 に示す。埼玉モデルは延床面積 110 m²程度の木造 2 階建てであり、改修前・改修後ともに Ua 値は 0.71 である。Ua 値は(株)インテグラルの「ホームズ君省エネ診断エキスパート」(簡易 CAD をもとに省エネルギー基準における外皮計算を行うことが可能なプログラム)で算出した。改修で、真空断熱建具・ハニカムサーモスクリーンによる開口部断熱強化(Ua 値計算には反映していない)と、基礎床全面への断熱材(スタイロフォーム t=25)敷設を行った。空間構成については大きな改修は行われていない。



図 5 埼玉モデルの外観(上)と内観(下)(改修前)

・実測報告

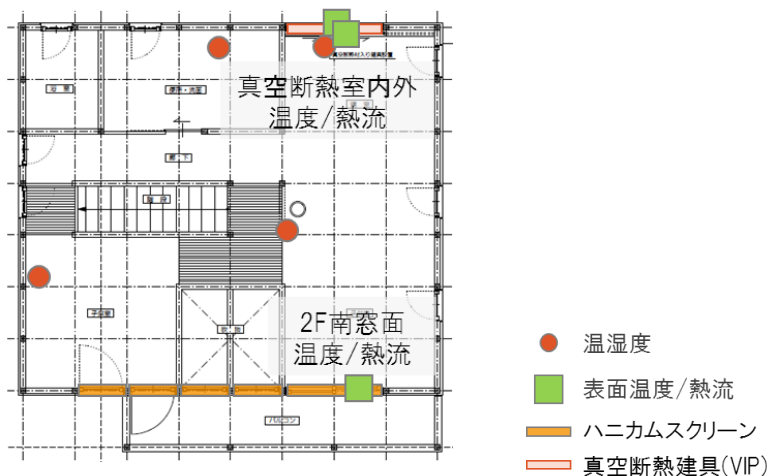
図 6 に室内温度、熱流の計測点を、図 7 に 2016 年 3 月 5 日から 11 日までの計測結果を示す。外気温が 0℃から 20℃程度であり、予備集熱面出口で 30℃~40℃程度、ガラス集熱面出口で 40℃~60℃まで上昇し、集熱暖房も行われている。室温は 20~25℃で安定しており空間内の温度ムラも小さい。床下空間が狭いことも

あり中心部分で 45°C程度、外周付近でも最大 35°C程度まで上昇し、集熱暖房時には床表面温度が室温に対して数°C高く推移した。床下に設置された PCM では晴天日に空気式集熱とダイレクトゲインの影響で中央部で約 50W/m²、外周部で約 100W/m²を吸熱し、夕方から外周部で約 20W/m²を徐々に放熱した。



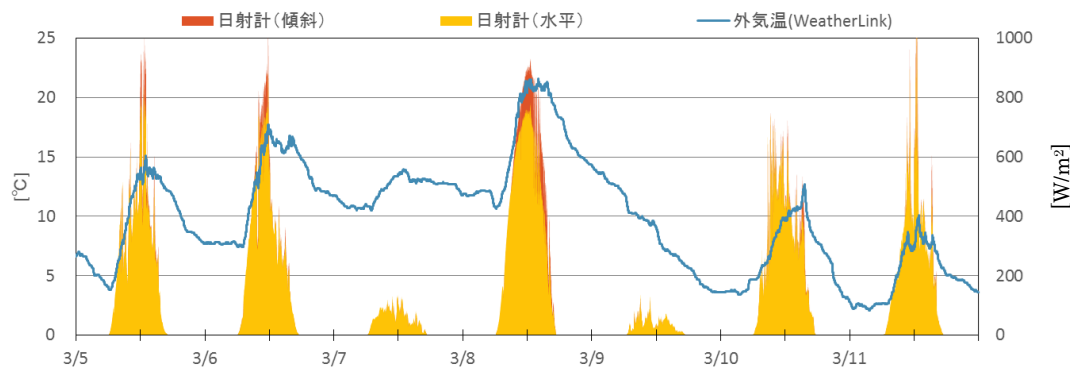
(1) 床下

(2) 1F



(3) 2F

図 6 室内計測点(温湿度・熱流)



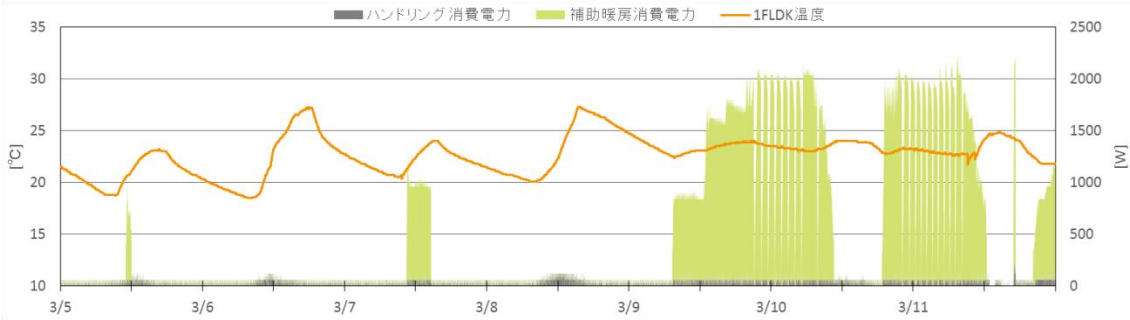
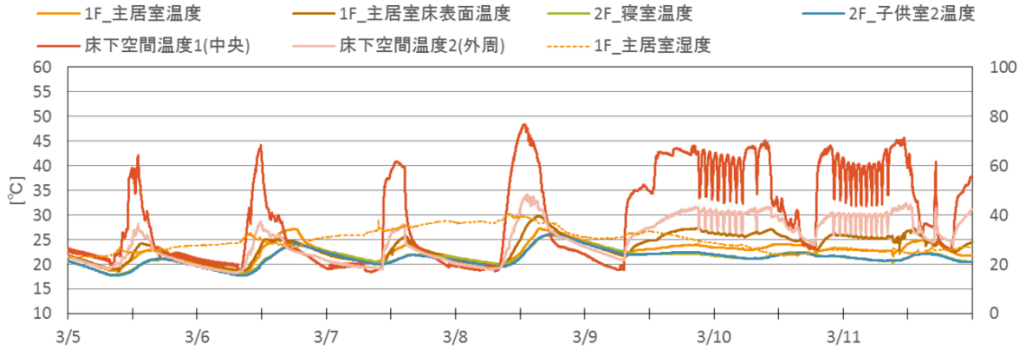
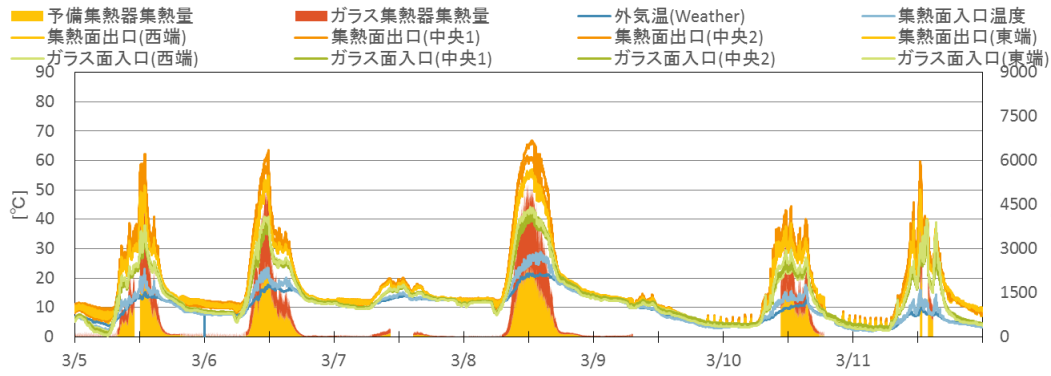


図 7 気象条件、集熱温度、室温、消費電力、PCM 吸放熱の結果
(2016年3月5日~11日)

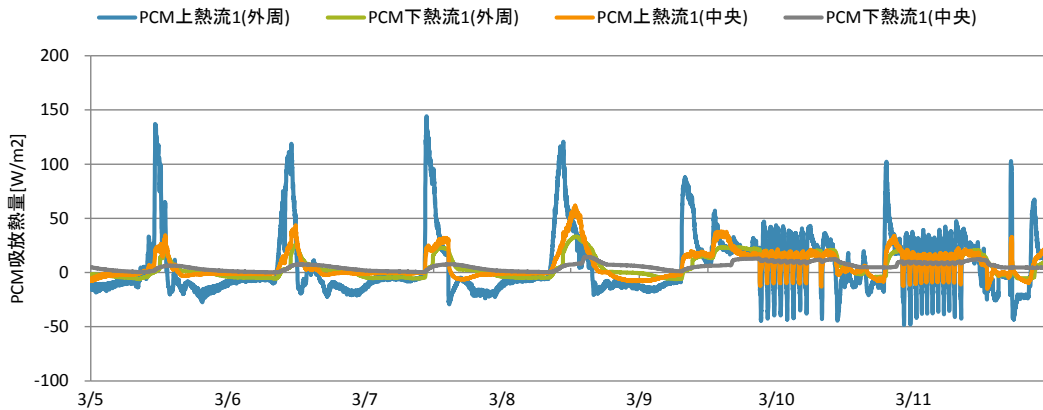
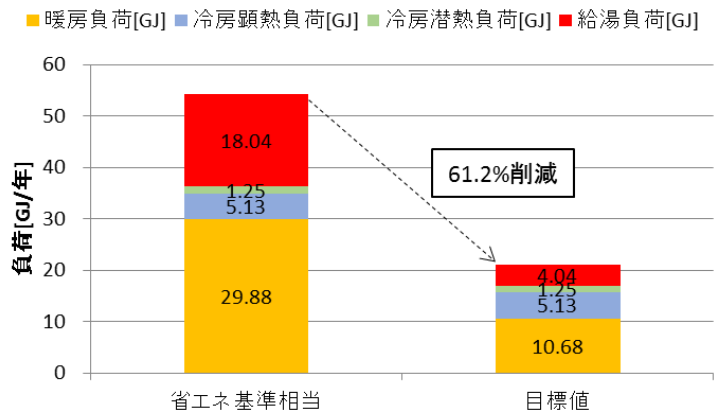


図 7 気象条件、集熱温度、室温、消費電力、PCM 吸放熱の結果
(2016年3月5日~11日)

・シミュレーション

年間シミュレーションでは、空気集熱暖房と真空断熱建具適用によって暖房負荷約 64%、給湯負荷約 78%削減、年間暖冷房・給湯負荷の合計値としては約 61.2%削減となった(図 8)。



[GJ/年]	暖房負荷	冷房顕熱負荷	冷房潜熱負荷	給湯負荷	年間負荷
省エネ基準相当	29.88	5.13	1.25	18.04	54.30
目標値	10.68	5.13	1.25	4.04	21.10

図 8 年間負荷削減効果

2) 東京町田

・建物概要

町田物件の外観および内観写真(改修前)を図 9 に示す。町田モデルは延床面積 130 m² 程度の木造 2 階建てであり、改修前の U_a 値は 0.85(ホームズ君省エネ診断(インテグラル)により算出)である。改修で、外断熱の追加、真空断熱建具・ハニカムサーモスクリーンによる開口部断熱強化と、基礎床全面への断熱材敷設を行った。また 1F 主居室南側に土間空間が追加された。



図 9 東京町田モデルの外観(上)と内観(下)

・実測報告

図 11 に 2016/3/5 から 2016/3/11 までの計測結果を示す。期間中 3 日程度が晴天日であり、晴天日には予備集熱面出口で 40℃程度、ガラス集熱面出口で 70℃程度まで上昇した。日中は晴天日で 6 時間程度集熱暖房が行われ、床下空間は居室にくらべ 5℃程度高い温度を推移した。居室ごとの温度差もほとんどなく、

20°Cから 25°C程度であった。

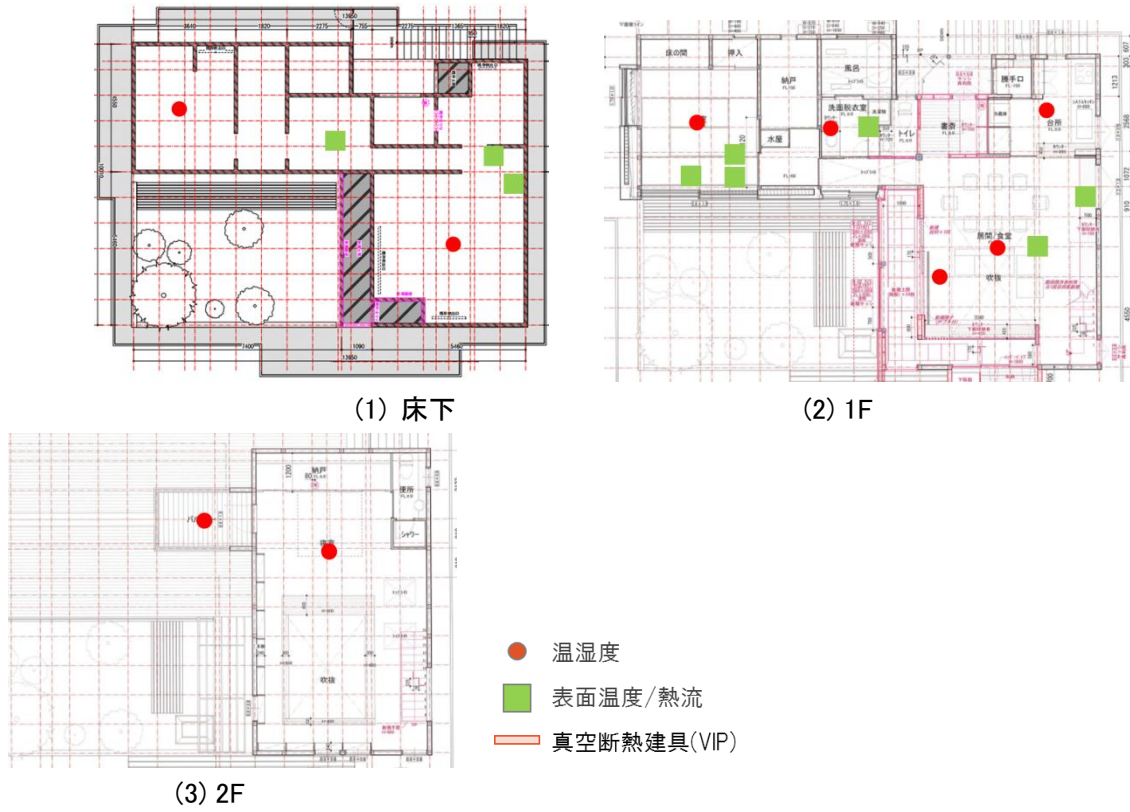


図 10 室内測定点(温度、熱流)

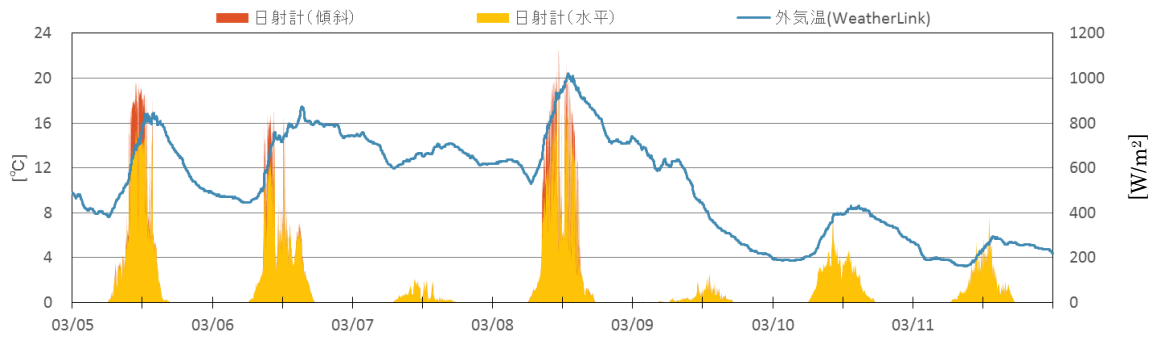
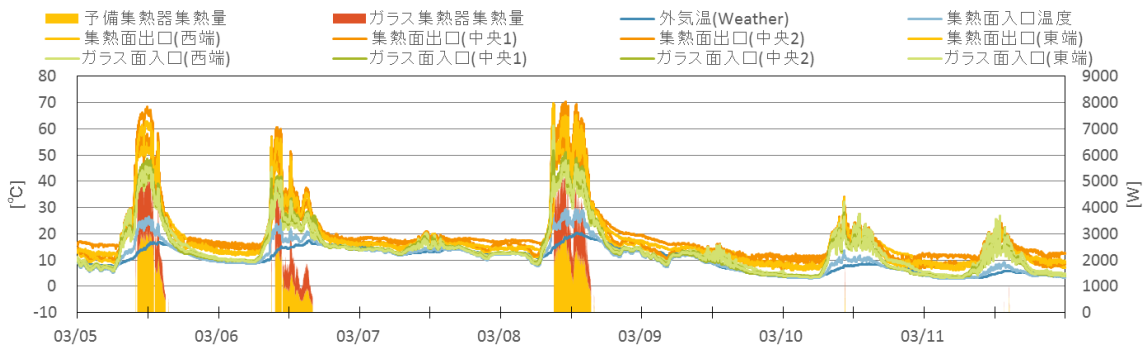


図 11 気象条件、集熱温度、室温、消費電力の結果(2016年3月5日~11日)



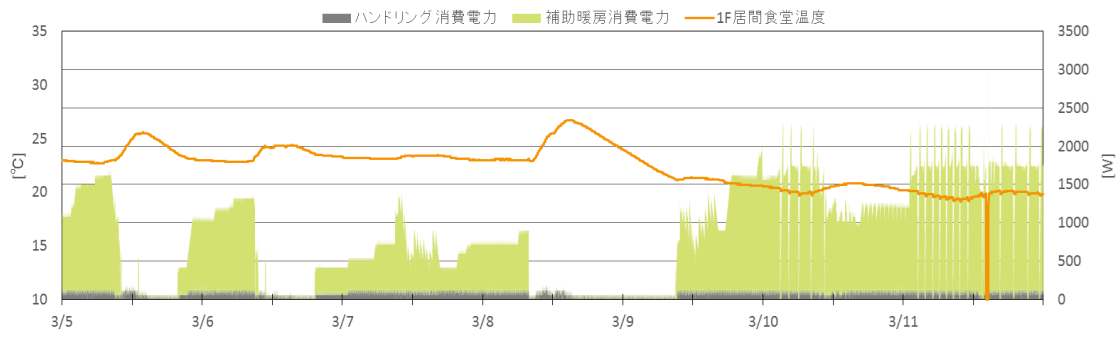
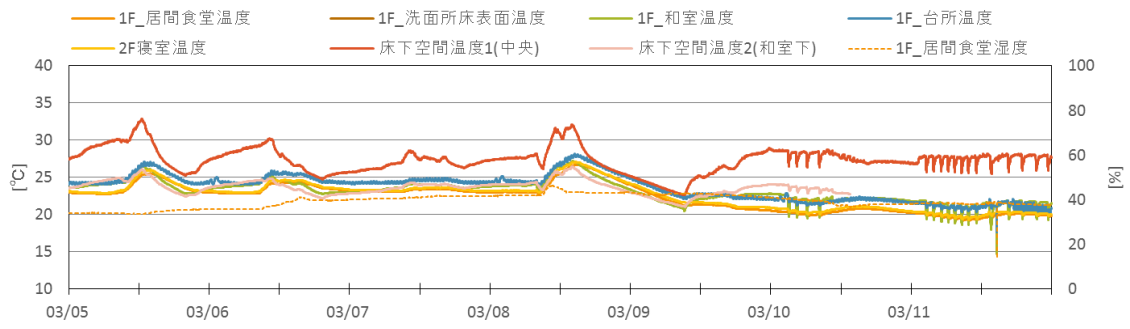
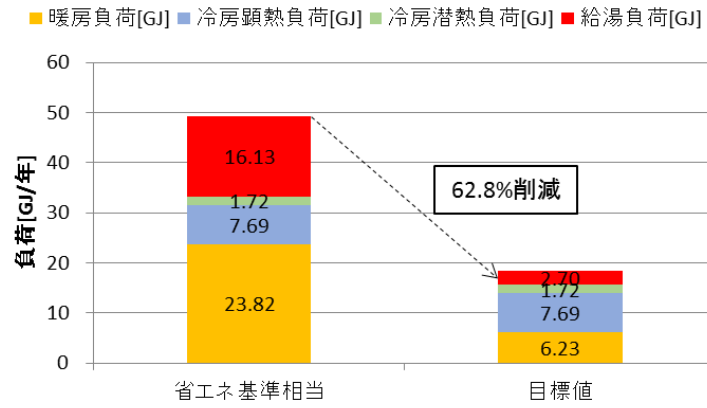


図 11 気象条件、集熱温度、室温、消費電力の結果(2016年3月5日~11日)

・シミュレーション

年間シミュレーションでは、暖房負荷約 74%、給湯負荷約 83%削減、年間暖冷房・給湯負荷の合計値は約 62.8%削減となった(図 12)。



[GJ/年]	暖房負荷	冷房顕熱負荷	冷房潜熱負荷	給湯負荷	年間負荷
省エネ基準相当	23.82	7.69	1.72	16.13	49.36
目標値	6.23	7.69	1.72	2.70	18.34

図 12 年間負荷削減効果

3) 滋賀

・建物概要

滋賀モデルの外観および内観を図 13に示す。滋賀モデルは延べ床面積 100 m²程度の木造 2階建てであり、2F にリビング(主居室)があり、西側に大きな開口とバルコニーを持つという空間構成である。改修前の Ua 値は 0.87 であり、基礎床上全面に断熱材を敷設したこと、大きな 2 つの開口(2F 主居室西側、1F 寝室西側)をより高性能なものにしたことにより改修後の Ua 値は 0.83 まで改善した。



図 13 滋賀モデルの外観(上)と内観(下)

・実測報告

計測期間(2016年3月5日~11日)の集熱時に集熱空気温はガラス集熱面により最大 80°C程度まで上昇し、立下りダクト出口温度で 40~60°C程度になった。補助暖房使用時で 35~45°Cの空気を吹き出している。集熱量は晴天日で 20~60MJ程度で、集熱効率 10%前後である。室温は期間中ほぼ 20~25°Cで安定した。床下

に設置された PCM では晴天日に空気式集熱とダイレクトゲインの影響で中央部で最大約 50W/m²、外周部で最大約 150W/m²を吸熱し、夕方から外周部で約 10W/m²を徐々に放熱した。

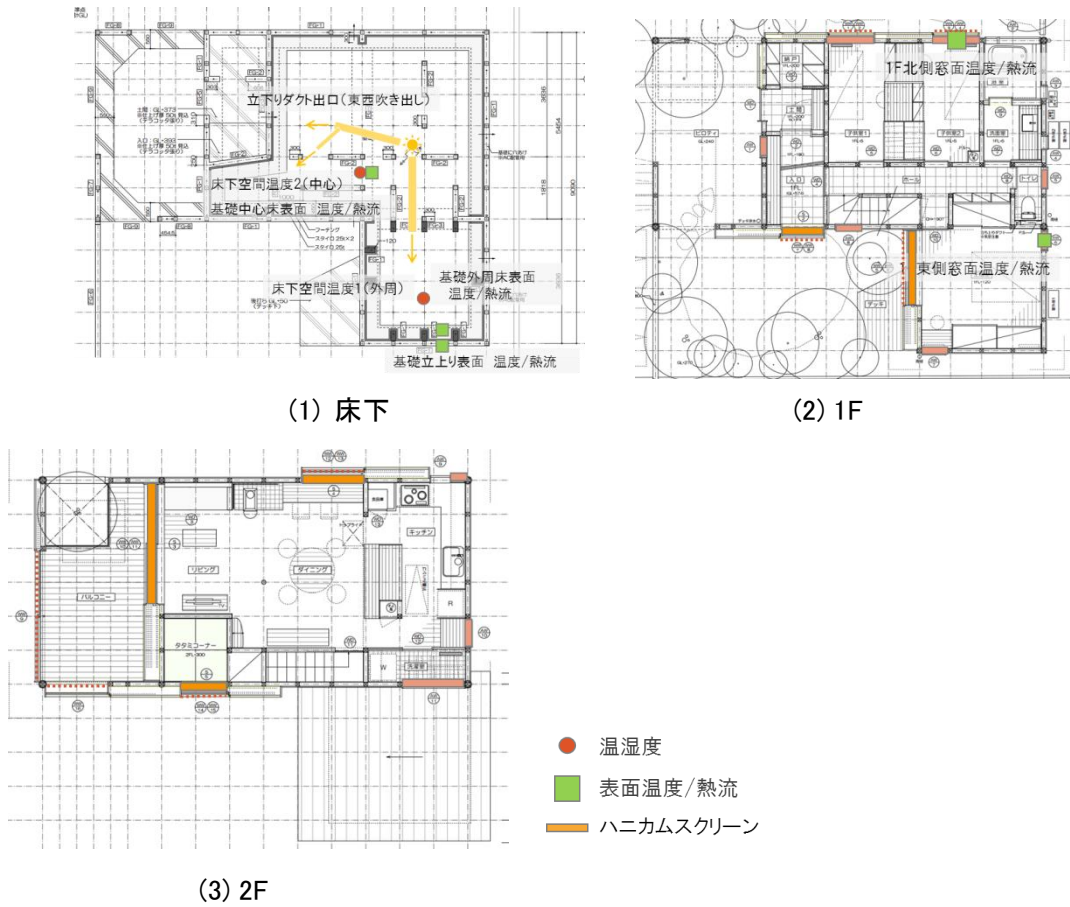


図 14 室内測定点(温度、熱流)

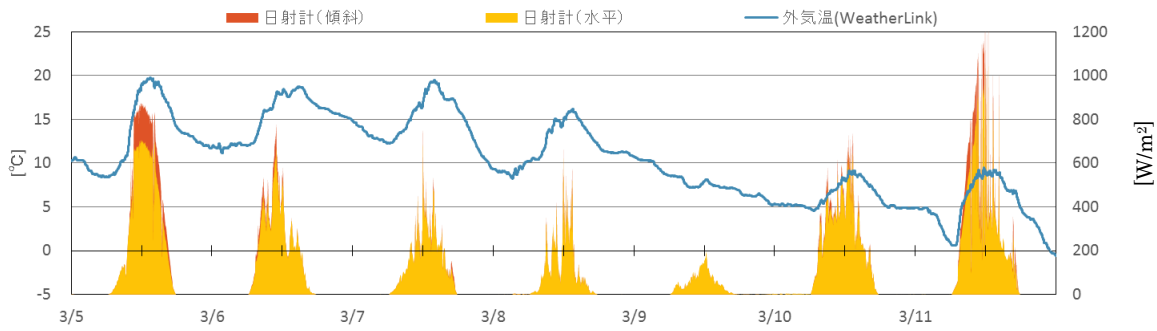
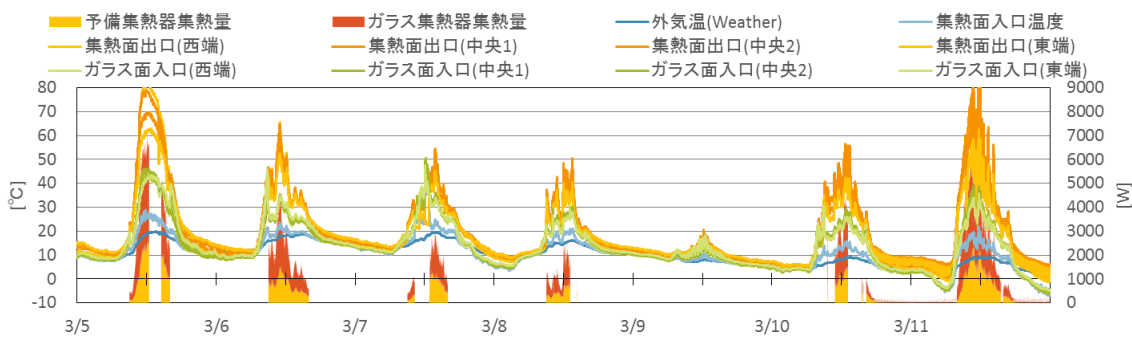


図 15 気象条件、集熱温度、室温、消費電力、PCM 吸放熱の結果

(2016年3月5日~11日)



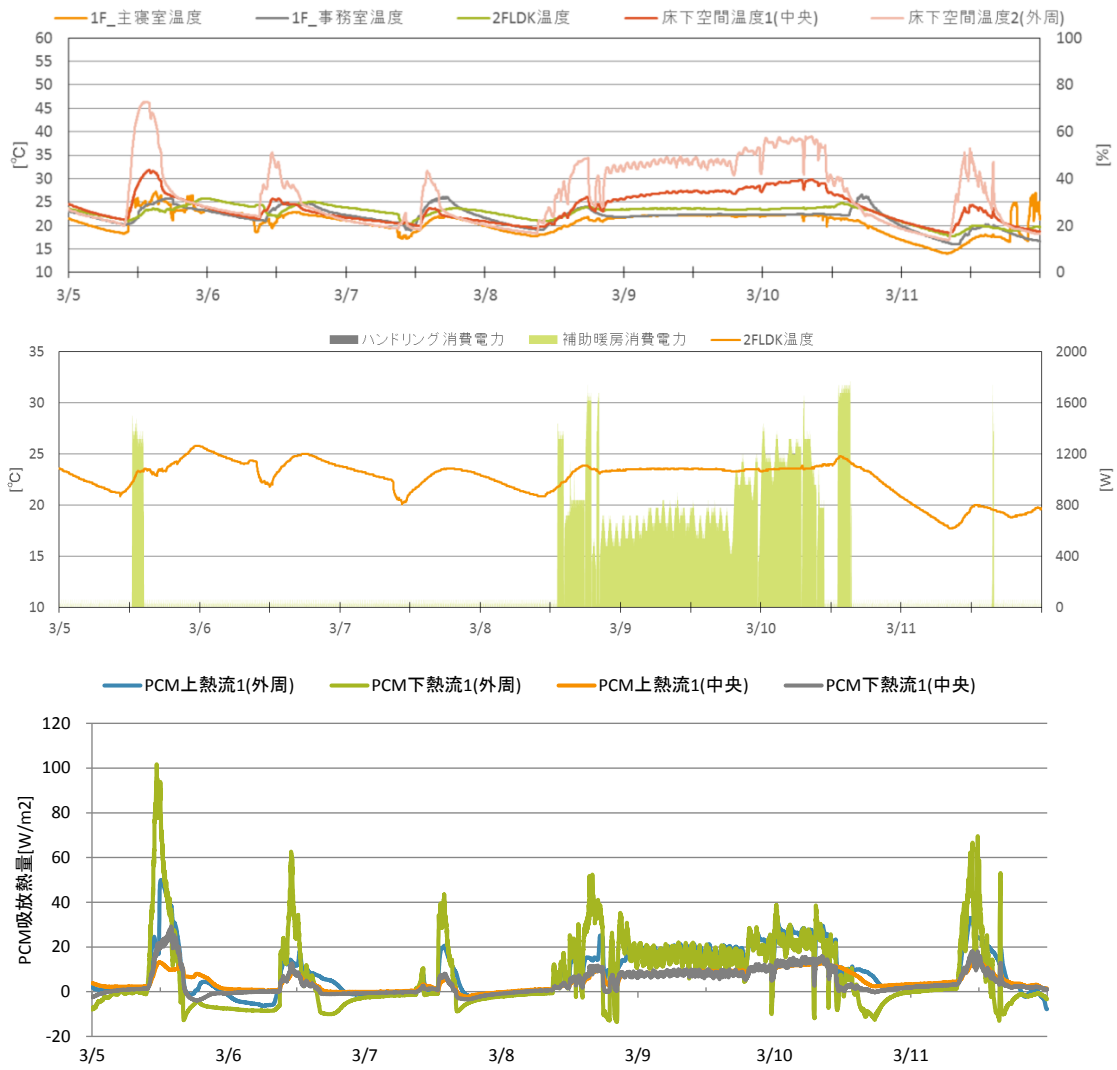
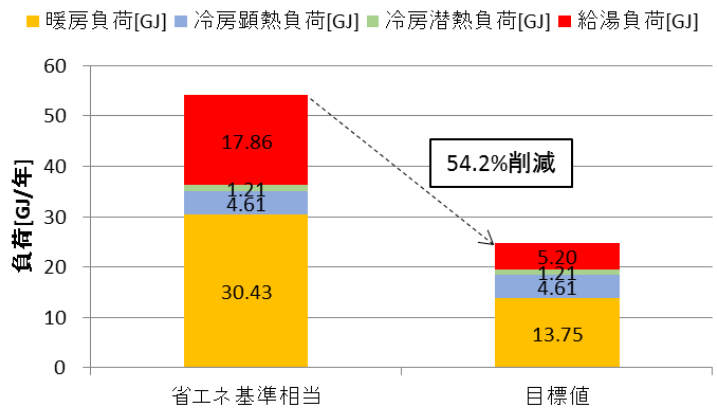


図 15 気象条件、集熱温度、室温、消費電力、PCM 吸放熱の結果
(2016年3月5日~11日)

・シミュレーション

シミュレーションによる年間負荷削減効果は空気集熱と真空断熱建具の適用で暖房負荷約55%、給湯負荷約71%削減となり、年間暖冷房・給湯負荷の合計値は約54.2%削減となった(図16)。



[GJ/年]	暖房負荷	冷房顕熱負荷	冷房潜熱負荷	給湯負荷	年間負荷
省エネ基準相当	30.43	4.61	1.21	17.86	54.10
目標値	13.75	4.61	1.21	5.20	24.77

図 16 年間負荷削減効果

4)大阪

・建物概要

大阪モデルの外観および内観を図 17 に示す。大阪モデルは延床面積 140 m²程度(事務所を除く)の木造 2 階建ての物件である。改修前の Ua 値は 1.06 とかなり大きい数値であるが、これは南側に全面ガラス張りの玄関を持っていたことによるものであり、改修後は屋根を張るとともに室内との間仕切りに真空断熱建具を設けることなどにより断熱性能の改善を図っている。また同様に西側の事務所との間仕切りに真空断熱建具を設けている。

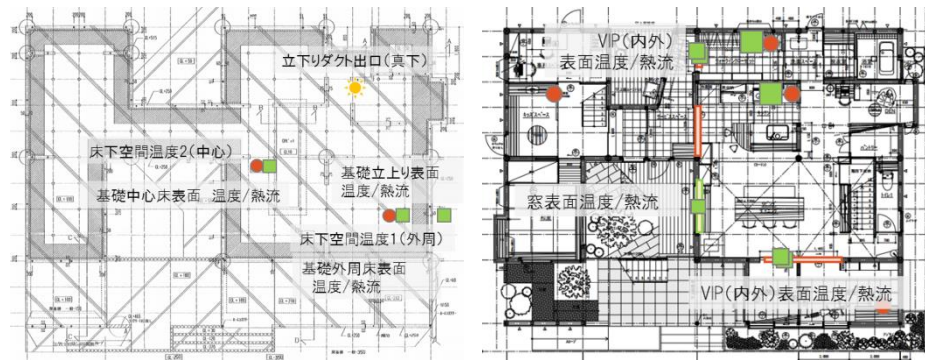


図 17 大阪モデルの外観(上)と内観(下)

・実測報告

集熱時にガラス集熱面により棟温度が 50~75°Cまで上昇し、期間前半は補助暖房なしで室温が 20~25°Cで安定しているが、後半は日射量が少ないことと外気温が下がっていることで室温が約 15°Cまで下がっている。

床下に設置された PCM では晴天日に空気式集熱とダイレクトゲインの影響で中央部で最大約 70W/m²、外周部で最大約 100W/m²を吸熱し、夕方から外周部で約 10W/m²を徐々に放熱した。



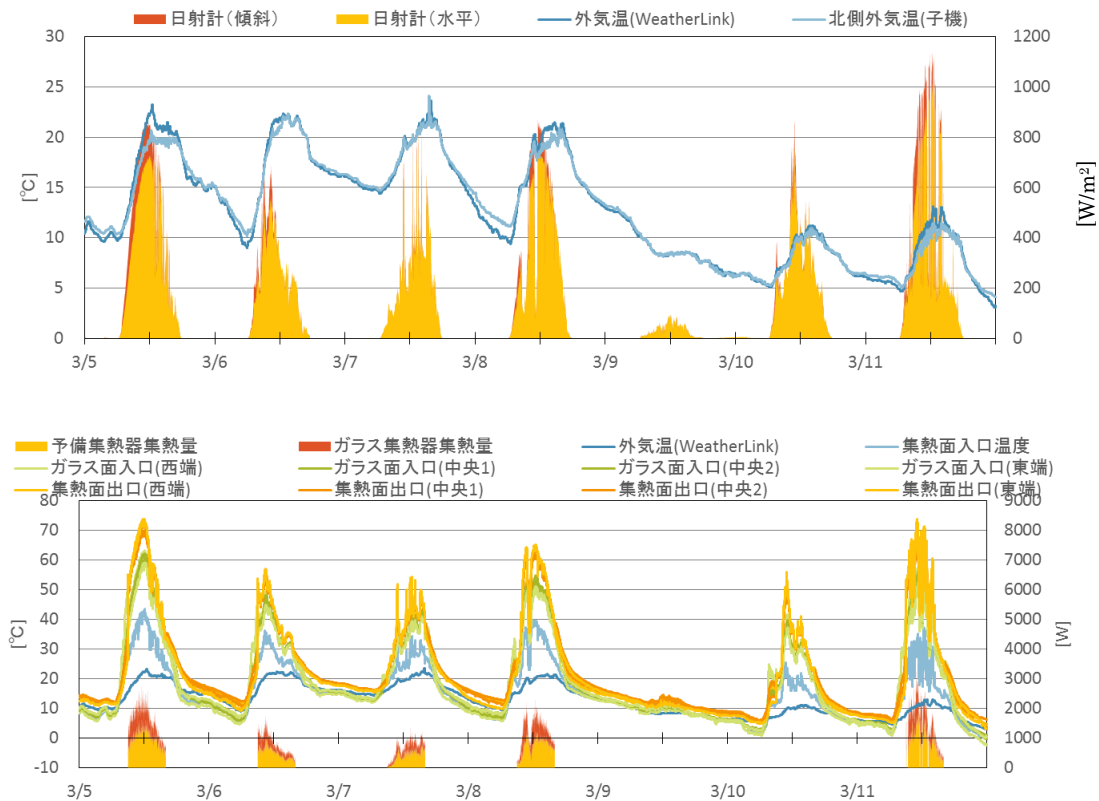
(1) 床下

(2) 1F



(3) 2F

図 18 室内測定点(温度、熱流)



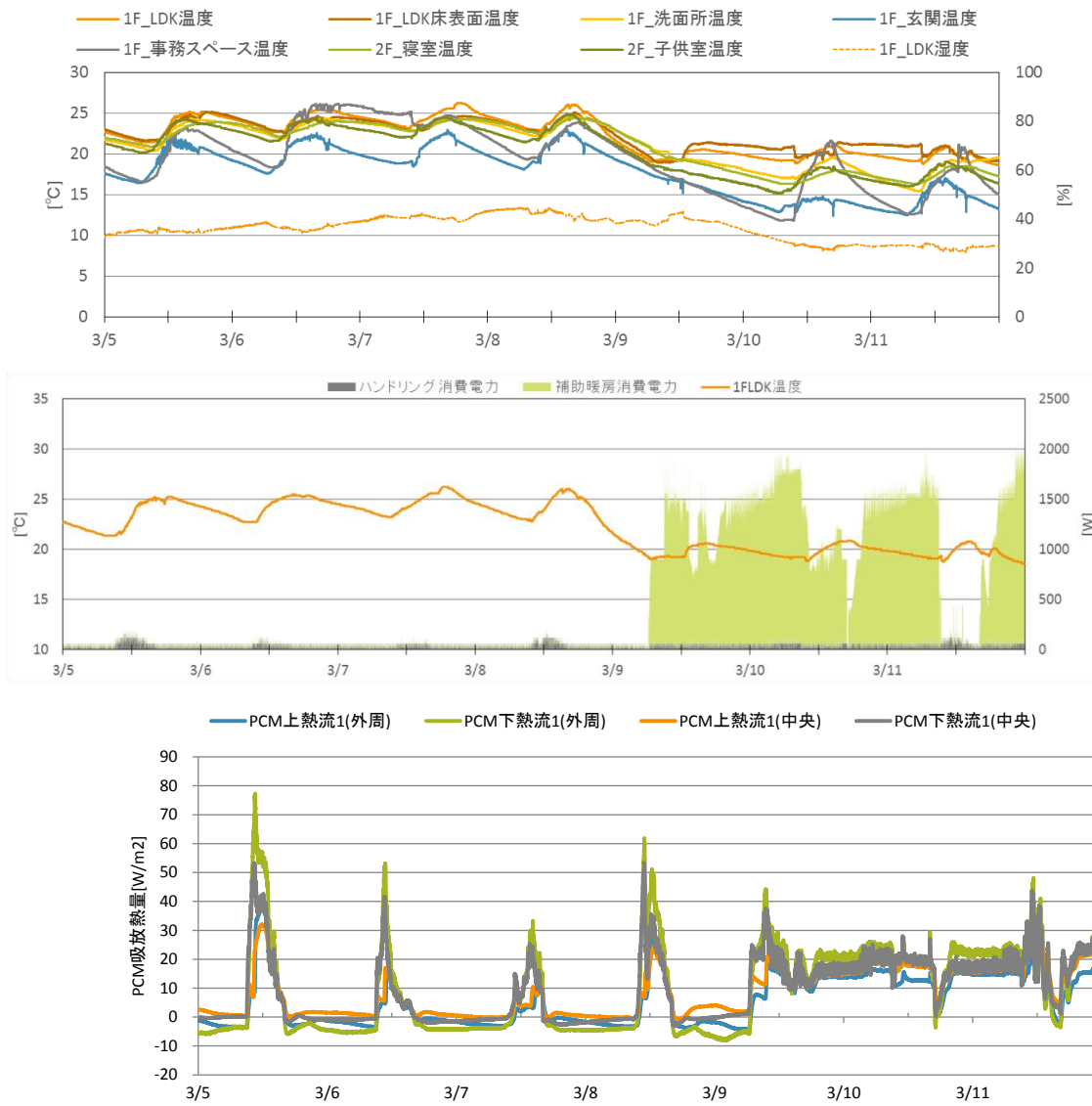
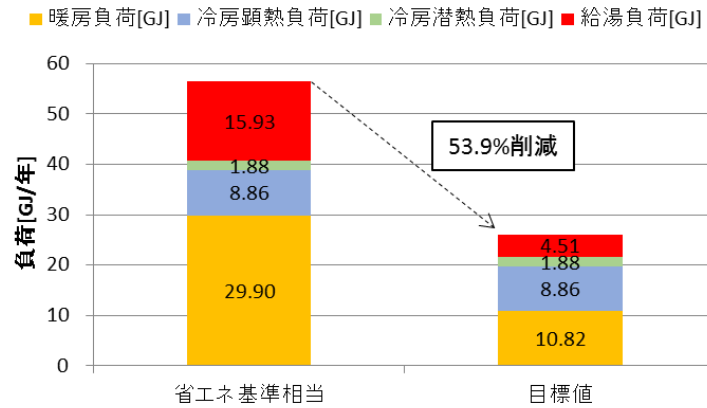


図 19 気象条件、集熱温度、室温、PCM 吸放熱の結果
(2016年3月5日~11日)

・シミュレーション

シミュレーションによる、暖房負荷約 64%、給湯負荷約 72%削減で年間暖冷房・給湯負荷が約 53.9%削減の見込みとなった(図 20)。



[GJ/年]	暖房負荷	冷房顕熱負荷	冷房潜熱負荷	給湯負荷	年間負荷
省エネ基準相当	29.90	8.86	1.88	15.93	56.57
目標値	10.82	8.86	1.88	4.51	26.08

図 20 年間負荷削減効果

・今後の課題

集熱器の様々な気象条件での集熱特性とPVパネルによる発電量、真空断熱建具(VIP)、潜熱蓄熱体(PCM)、給湯負荷削減効果などの有効な実測データがまだ取得できていない。

→今後も引き続き実測を行い、主に暖房・給湯に関する各要素の性能評価を実施する。

5) 福岡

・建物概要

福岡モデルの外観および内観を図 21 に示す。福岡モデルは延床面積 140 m²程度(事務所を除く)の木造 2 階建てであり改修前の U_a 値は 0.77 である。屋根のセルローズファイバーを増やし(t=135→t=240)、2F の開口部性能を改善(アルミサッシ・ペア→樹脂サッシ・LowE ペア)したこと、基礎床全面に断熱材を敷設したことにより改修後の U_a 値は 0.59 まで改善した。その他ほぼすべての開口に真空断熱建具を採用した。

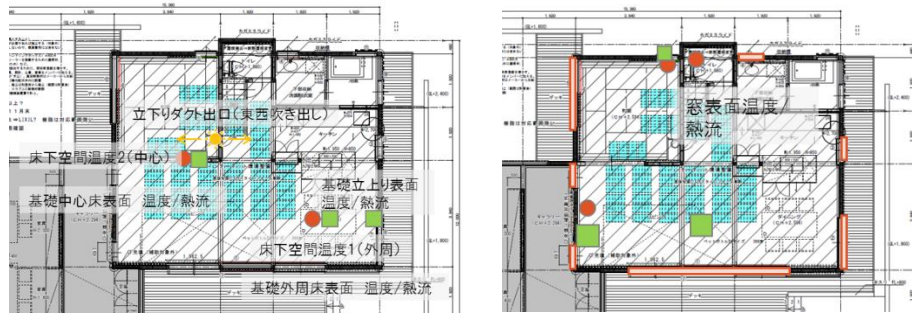


図 21 福岡モデルの外観(上)と内観(下)

・実測報告

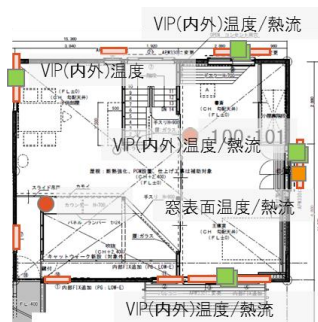
集熱時にはガラス集熱面なしで棟温度 40~60°Cまで上昇し、集熱暖房が行われている。期間前半は外気温が高いこともあり、室温は安定している。夜間も 20 分ごとの試運転が行われており制御を確認している。床下に設置された PCM では晴天日に空気式集熱とダイレクトゲインの影響で中央部で最大約

50W/m²、外周部で最大約 60W/m²を吸熱し、夕方から外周部で約 10W/m²を徐々に放熱した。また 2F 東側窓の真空断熱建具において、外気温・室温の温度差と窓面熱流測定値から開口部の熱還流率を算出したところ U=0.77W/m²K であった。条件は異なるものの、別日で真空断熱建具を使用せず(窓ガラスのみ)測定したところ U=1.17 W/m²K であり、真空断熱建具を使用することによる開口部断熱強化が確認できた。真空断熱建具の熱抵抗値は 0.44m²K/W であった。なお評価にあたっては、夜間(0:00 から 3:00)の測定値を使用し、真空断熱建具熱抵抗値については、開口部全体の熱抵抗から、窓ガラスのみの際の熱抵抗を引くことで算出した。



(1) 床下

(2) 1F



(3) 2F

図 22 室内測定点(温度、熱流)

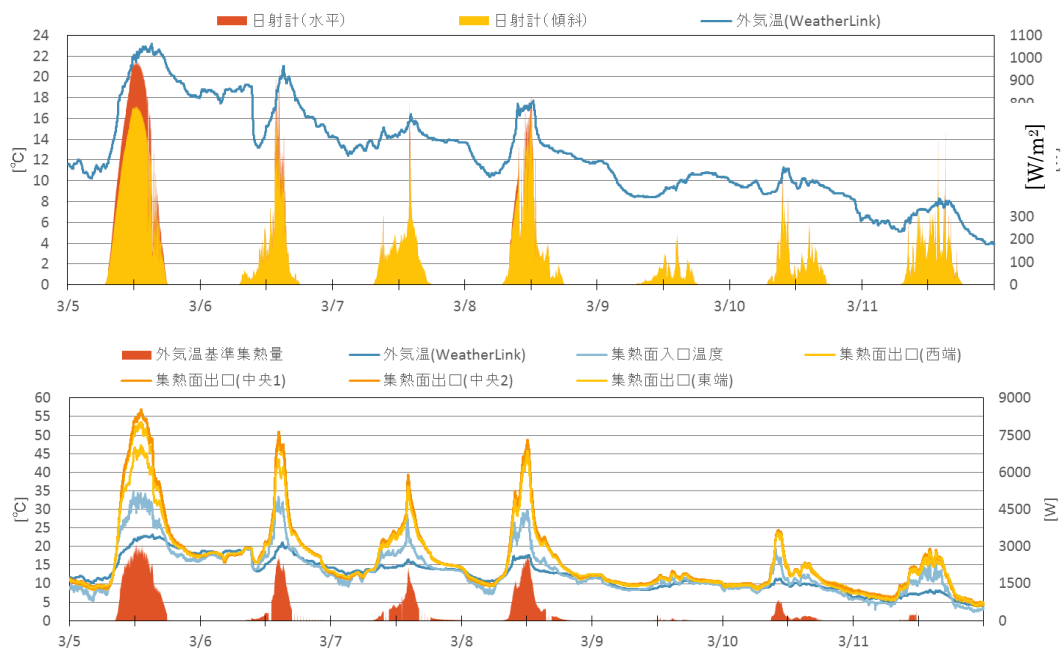
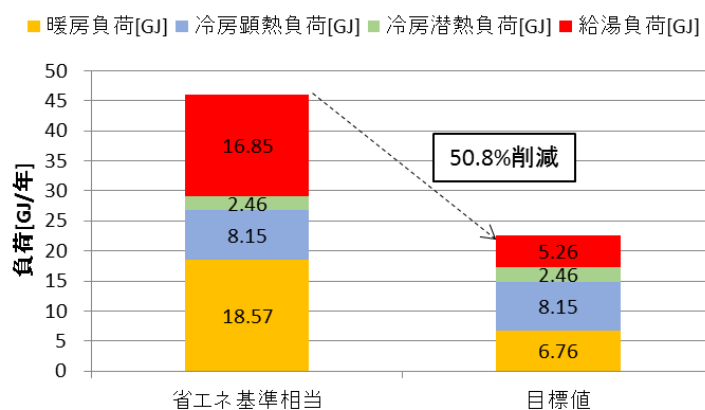




図 23 気象条件、集熱温度、室温、消費電力、PCM 吸放熱、真空断熱建具の結果
(2016 年 3 月 5 日～11 日)

・シミュレーション

年間シミュレーションでは、空気集熱暖房と真空断熱建具適用によって暖房負荷約 64%、給湯負荷約 69%削減、年間暖冷房・給湯負荷の合計値としては約 50.8%削減となった(図 24)。



[GJ/年]	暖房負荷	冷房顕熱負荷	冷房潜熱負荷	給湯負荷	年間負荷
省エネ基準相当	18.57	8.15	2.46	16.85	46.03
目標値	6.76	8.15	2.46	5.26	22.63

図 24 年間負荷削減効果

6) 今後の課題

全物件に共通し、通年での計測データ収集が完了していない。そのため、集熱器の様々な気象条件での集熱特性とPVパネルによる発電量、潜熱蓄熱体(PCM)、給湯負荷削減効果などの有効な実測データがまだ取得できていない。今後も引き続き実測を継続し、主に暖房・給湯に関する各要素の性能評価を実施する。

6 実用化、事業化に向けた取り組み

OMソーラー株式会社では、昭和62年より空気集熱式太陽熱利用暖房・給湯・換気装置の販売を通じて、省エネルギー性能の高い住宅建設を地域に根付いた工務店と共に取り組んできた。本事業の前段において実施された太陽熱集熱器の高効率化、ならびに実証住宅に導入した設備の導入ならびにその省エネ技法については、個々に実用化が図られるものであるが、以下にその進捗状況を示す。

空気集熱式ソーラーシステムの構成部品として

・集熱パネル

【実用化】 本事業前段の開発事業において、コストダウンと性能向上を実施した。2014年度より製品として供給を開始している。

【課題】 太陽熱集熱器の認証である JIS A 4112 の取得に向けて、社内体制や実験施設の拡充を図りたい

・水蓄熱材

【実用化】 固定方法や設置位置については前事業に引き続き、多くの知見を得ることが出来た。蓄熱材としてコストパフォーマンスに優れている。

【課題】 設蓄熱材として水を使用する場合に、水を保管するための容器の耐久性が重要になる。特に建築材料として使用する場合には最低でも20年、可能であれば50年以上の耐久性が求められる。しかしながら、コストパフォーマンスを追求すれば、容器の価格が抑えられるため、耐久性について不安が残る。今後コストと耐久性を兼ね備えた容器の検討が求められる。

・PCM 蓄熱材

【実用化】 製品ならびに製品試作としていくつかのモデルが各社より準備されているため、実用化については時間の問題である。蓄熱部位を検討することにより、吸放熱も適切に行うことが出来ると考える。

【課題】 現時点において、一般的な建築材料として供給されている部材ではないため、コストが高い。

蓄熱材自体は建築材料ではなく、建築材料のなかに封入する、練りこむ等の加工が必要であり、建材としての応用が必要である。

・真空断熱材

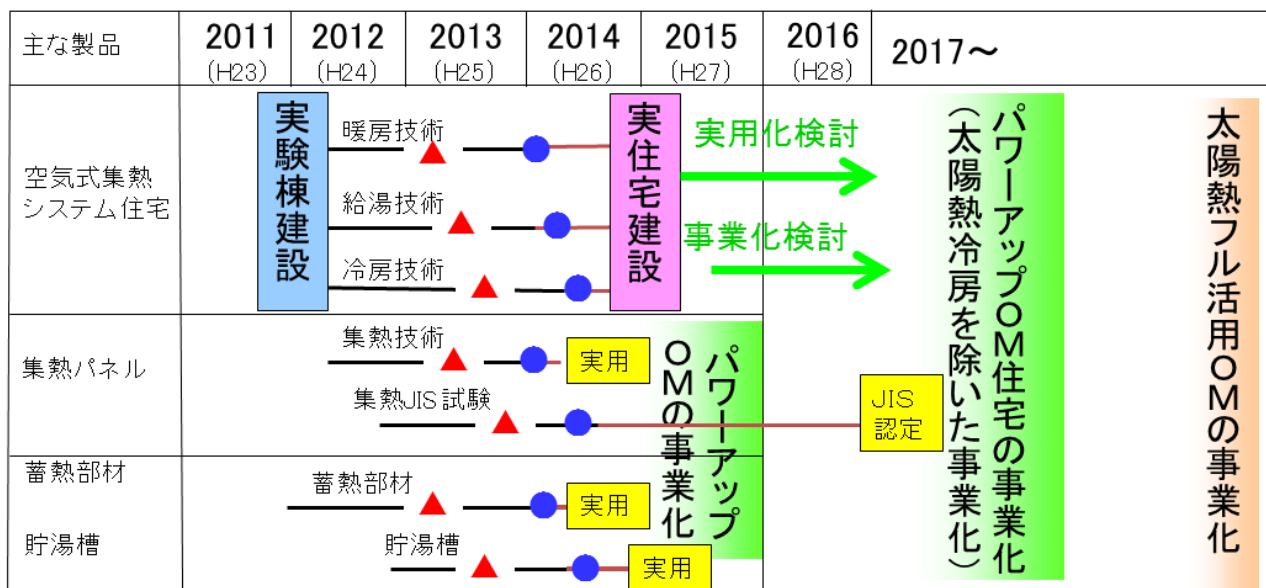
【実用化】 従来の断熱材と比較し高性能が魅力であるが、一般的に製品寸法が小さいため、建材としての応用が必要である。

【課題】 加工途中で真空断熱材に傷をつけたと考えられるケースがいくつかあった。製作工場での取り扱いに注意が必要。

真空断熱材の寸法が小さいため、熱橋部分の割合が大きくなることが課題。

現時点において、一般的な建築材料として供給されている部材ではないため、コストが高

い。



▲: 基本原理確認 ●: 基本技術確立

研究開発項目毎の成果

(e) 太陽熱活用システムの評価方法の検討

1. 事業概要

1.1 事業目的

当該調査研究の最終目標は、太陽熱活用システムで対象とする空気集熱暖房・給湯システムを採用した時の年間暖房負荷、年間給湯負荷の削減量を簡易に算出可能なモデルの構築である。モデルは熱収支式に基づいて構築するため、堅牢性が高く、精緻なシミュレーションや実証データを用いて十分に検証する。

1.2 事業スケジュール

空気集熱式暖房給湯システムの事業スケジュールを表 1.2.1 に、空気循環太陽熱暖房システムの事業スケジュールを表 1.2.2 に示す

表 1.2.1 事業スケジュール(空気集熱式暖房給湯システム)

事業項目	平成 26 年度	平成 27 年度		
	3	4	5	6
①熱収支式を基礎とする評価法の構築	●	→	→	→
②精緻なシミュレーションプログラムによる簡易評価法の検証	●	→	→	→
③実測データを用いた評価法精度の確認	●	→	→	→
④委員会の開催		4/23		6/19

表 1.2.2 事業スケジュール(空気循環太陽熱暖房システム)

事業項目	平成 27 年度		平成 28 年度				
	2	3	4	5	6	7	8
①熱収支式を基礎とする評価法の構築	●	→	→	→	→	→	→
②精緻なシミュレーションプログラムによる簡易評価法の検証			●	→	→	→	→
③実測データを用いた評価法精度の確認			●	→	→	→	→
④委員会の開催		3/23			6/17		8/5

1.3 研究体制

委託先である佐藤エネルギーリサーチ株式会社を事務局とする「太陽熱活用システムの評価方法検討委員会」を組織し研究を進めた。

【委託先】

<p>佐藤エネルギーリサーチ株式会社</p> <p>太陽熱活用システムの評価方法検討委員会</p>

図 1.3.1 研究体制

1.4 太陽熱活用システムの評価方法検討委員会委員構成

太陽熱活用システムの評価方法検討委員会は、宇田川光弘工学院大学名誉教授を委員長とし、5名の有識者、1名の供給事業代表者で構成される。

表 1.4.1 太陽熱活用システムの評価方法検討委員会委員構成

	氏名	所属・役職	平成 26、27 年度	平成 27、28 年度
委員長	宇田川 光弘	工学院大学名誉教授	○	○
委員	赤嶺 嘉彦	国土交通省国土技術政策総合研究所 住宅研究部 建築環境研究室 ・ 主任研究官	○	○
委員	尾崎 明仁	九州大学大学院 人間環境学研究院 都市建築学部門 ・ 教授	○	○
委員	前 真之	東京大学大学院 工学系研究科 建築学専攻 ・ 准教授	○	○
委員	隈 裕子	湘南工科大学 工学部情報工学科 ・ 専任講師		○
委員	高瀬 幸造	東京理科大学 理工学部建築学科 ・ 助教	○	
委員	崔 榮晋	東京大学大学院 工学系研究科 建築学専攻 ・ 特任研究員	○	
委員	盧 炫佑	OMソーラー株式会社 技術部 ・ 部長	○	

簡易評価法の構築の概要

ここで構築する簡易評価法は、地域や建物特性、太陽熱活用システムの仕様などから暖房負荷や給湯負荷の削減量を求めるものである。太陽熱活用システム内の各部の温度を計算し、熱流を求め、熱負荷削減量を決定する。平成 25 年省エネ基準などで用意されている太陽熱活用システムを利用しない住宅(非集熱住宅)の暖房負荷を流用することで太陽熱活用システムの熱負荷を求める手法である。

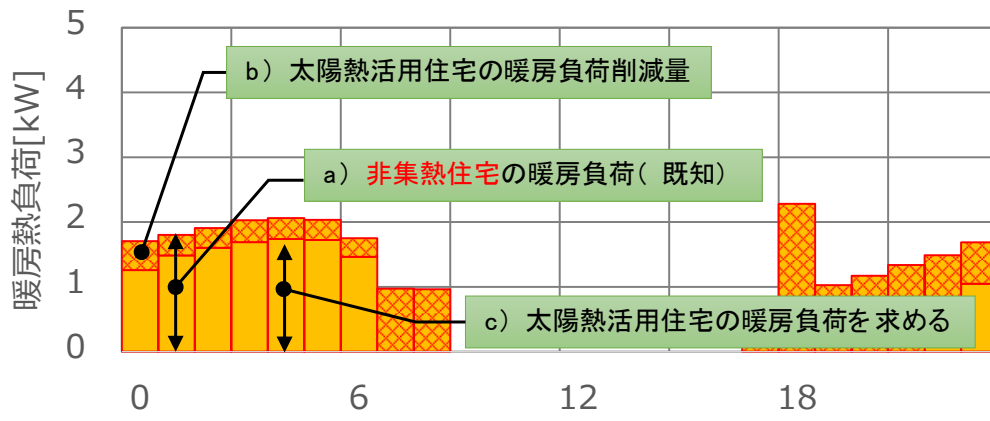


図 1.4.1 簡易評価法の概要

簡易評価法は実際の空気集熱暖房・給湯システムの省エネ効果をどの程度再現するのが重要である。NEDOで行っている4棟の実証データを活用し簡易評価法の精度検証を行うことが望ましいが、実証を行う建物ではルームエアコンなどを補助暖房として活用しており、その処理熱量は容易に測定することができない。そのため、ここでは精緻なシミュレーションと自然室温の実証データとを比較し、精緻なシミュレーションの検証を行ったうえで、簡易評価法を膨大な精緻なシミュレーション結果で検証することで間接的に簡易評価法の精度を検証することとした。

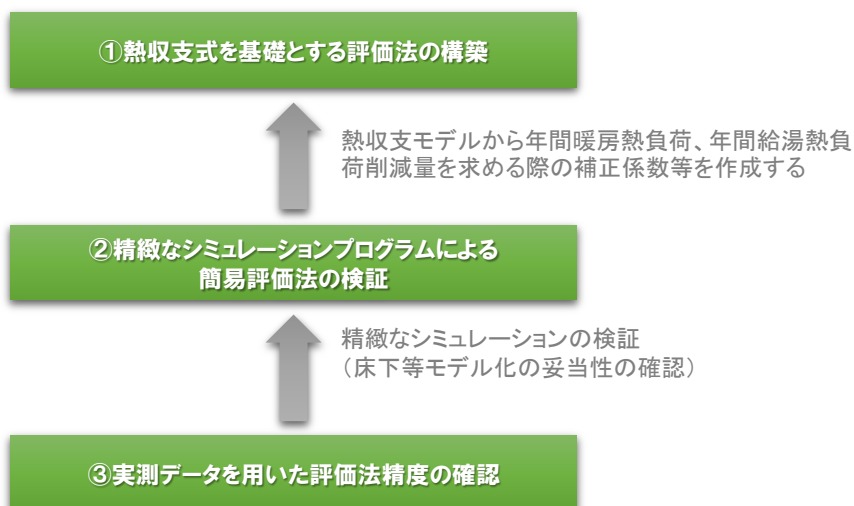


図 1.4.2 簡易評価法構築のフロー

空気集熱式暖房給湯システムの評価法構築

1.5 実証データに基づく精緻なシミュレーションプログラムの検証

1.5.1 はじめに

本章では空気集熱暖房・給湯システムの簡易評価法の検証に用いる精緻なシミュレーションにおいて、実物件4棟における測定値と比較することで、シミュレーションへの入力やモデル化の検証を行う。

1.5.2 検証対象物件

(1) 検証対象物件、検証条件概要

表 1.5.1 検証物件、検証条件概要

	伊達	仙台	浜松	鹿児島
所在地	北海道伊達市	宮城県仙台市若林区	静岡県浜松市西区	鹿児島県鹿児島市
建築				
延床面積[m ²]	110.0	111.8	88.6	129.1
開口部面積	全体[m ²]	24.0	51.8	29.6
	南面[m ²]	9.8	31.0	12.6
断熱性能	Ua 値[W/m ² K]	0.3	0.5	0.5
遮熱性能	μc 値	1.8	0.5	0.6
気密測定値	c 値[cm ² /m ²]	0.84	未測定	未測定
断熱仕様	外壁	高性能グラスウール	高性能	セルローズファイバ
			セルローズファイバ	高性能グラスウール

		伊達	仙台	浜松	鹿児島
		16K100mm(充填)+セルボード 150mm(外貼)	GW16K105mm(充填)+EPS 50mm(外貼)	-55K105mm	24K100mm
	屋根	ブローイング吹込み 400mm	フェノバボード 90mm + 水発泡系ウレタン吹付 90mm	フェノールフォーム 180mm	フェノバボード 90mm
	基礎立ち上がり(原則内側)	EPS 特号 100mm+100mm	A種ポリスチレンフォーム保温板 3種 50mm	A種押出法ポリスチレンフォーム保温板 3種 50mm	カネライトフォーム 50mm
	土間外周部(内側)	なし	A種ポリスチレンフォーム保温板 3種 50mm W=450	A種押出法ポリスチレンフォーム保温板 3種 50mm	カネライトフォーム 50mm W=600
	土間中央部(RC下)	セルボード 50mm	A種ポリスチレンフォーム保温板 3種 50mm	A種押出法ポリスチレンフォーム保温板 3種 50mm	カネライトフォーム 50mm
真空断熱材		R=2.4m2K/W 設置面積:14m2	R=2.0m2K/W 設置面積:13m2	R=3.3m2K/W 設置面積:14m2	R=2.0m2K/W 設置面積:18m2
潜熱蓄熱建材		25°C 床敷設 54m2	30°C 床敷設 77m2 潜熱容量 10.3MJ	25°C 天井、床、壁面敷設 ○○m2 潜熱容量○○MJ	30°C 床敷設 72m2 潜熱容量 6.7MJ
開口部		Low-E トリプルガラスアルゴンガス封入 + 木製サッシ (Uw=1.3W/m2K、η=0.49) Low-E トリプルガラスアルゴンガス封入 + 樹脂サッシ (Uw=1.1W/m2K、η=0.30)	断熱 Low-E 複層ガラス + アルミ樹脂複合サッシ 真空トリプルガラス + 樹脂サッシ 断熱 Low-E 複層ガラス 樹脂サッシ Low-E3+Ar8+PW6.8 + アルミ + 木製サッシ FL4-12A-FL4-12Ar-LP4 木製サッシ LQ4-16Ar-FL4-16Ar-LQ4 木製サッシ(外アルミ)	LowE 複層ガラス (Uw=1.91W/m2K) 基準複層ガラス (Uw=2.91W/m2K)	Low-e 複層ガラス + アルミ樹脂複合サッシ (Uw=2.33W/m2K、η=0.40)
設備					
空気集熱システム利用用途		暖房・給湯	暖房・給湯	暖房・給湯・冷房	暖房・給湯・冷房
集熱面積	空気集熱器 [m2]	20.7	15.1	11.3	15.1
	予備集熱器 [m2]	41.1	29.9	22.4	27.9
太陽光発電設置容量[kW]		5.5	4.0	3.0	3.6
付加蓄熱体		500mL × 1000 本 =500L	500mL × 1000 本 =500L	2000mL × 500 本 =1000L	なし
空調設備		潜熱回収型ガス温水熱源機 + 温水パネルヒーター	ルームエアコン	ルームエアコン	ルームエアコン
換気設備		第1種熱回収型換気システム	第1種熱交換型換気システム	第3種換気システム	第1種熱交換型換気システム
給湯設備		潜熱回収型ガス温水熱源機 + 温水パネルヒーター	CO2 冷媒ヒートポンプ給湯機	CO2 冷媒ヒートポンプ給湯機	CO2 冷媒ヒートポンプ給湯機
実験条件					
実証期間		2015年3月9日～2015年3月13日	2015年3月9日～2015年3月13日	2015年3月16日～2015年3月21日	2015年3月9日～2015年3月13日

	伊達	仙台	浜松	鹿児島
実証条件	自然室温 ¹	自然室温	自然室温	自然室温
実験時内部 発熱	発熱量[W]	400	400	400
	模擬発熱体	白熱電球	白熱電球	白熱電球
	設置場所	2階北窓上部	1階台所	2階天井
実験時計画換気	運転	停止	運転	停止
室内建具	常時閉鎖	常時閉鎖	常時閉鎖	常時閉鎖
真空断熱戸	常時閉鎖	常時閉鎖	常時閉鎖	常時閉鎖

1.5.3 検証方法

(1) 検証期間

表 1.5.1 に示す検証期間。助走期間は無し。

実測値より初期温度を設定。

(2) 検証の時間間隔

検証は1時間間隔で行った。

(3) 気象データの整備

1) 外気温度、外気湿度、水平面全天日射量

10秒間隔の測定値の毎正時前後30分平均値を当該時刻気象データとする。

2) 直散分離

1分間隔の水平面全天日射量を宇田川の式で直散分離し、毎正時前後30分平均値を当該時刻の法線面直達日射量、水平面天空日射量とした。

3) 夜間放射量

拡張アメダスの方法(アメダスデータの日照時間より雲量を推定する方法)を使用する。

日照時間は近隣のアメダス観測値を用いた。

当該時刻、次の1時間の推定夜間放射量の平均値を当該時刻の夜間放射量とした。

夜間の日照時間は直線補間した。

4) 風向・風速

熱負荷計算では使用しないためダミー値を入れた。

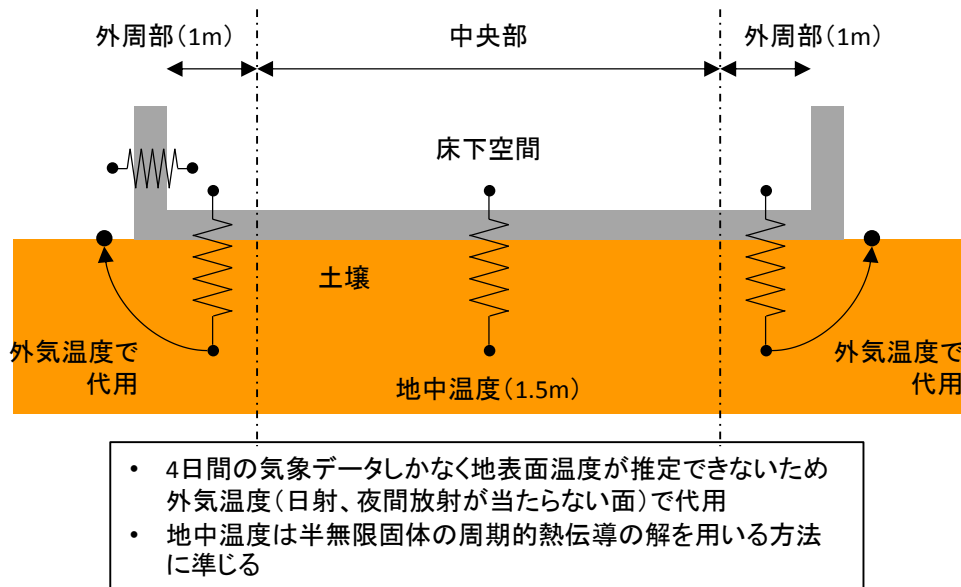
(4) 実験条件モデル化の特記事項

- ① シミュレーション時の各部初期温度は測定値の床下空気温度とした
- ② PCM 建材は設置容量が小さいため無視
- ③ 内部発熱(白熱電球 400W)は対流成分 30%、放射成分 70%として入力した
- ④ 集熱ファンは実測値を参考に空気集熱器相当外気温度が 40℃を超えた時に空気集熱器出口温度が 55℃

¹ 伊達は暖房時についても検証予定であったが、測定時の暖房熱量が把握できないため自然室温のみの検証を行った。

となるように制御。室温上昇による集熱ファン停止は実測値を再現するように適宜調整した。(リモコン位置の室温観測値がシミュレーションの室温と一致していないため)

- ⑤ 付加蓄熱体は家具として入力。熱コンダクタンスは $8.2\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 、表面積は 500m^2 。ペットボトルが $0.044\text{m}^2/\text{本}$ 、 2000mL ペットボトルが $0.08\text{m}^2/\text{本}$ とした。ただし、**浜松は床材の下部に設置されているため床材の一部として非定常熱伝導計算に組み込んだ。**
- ⑥ ダクトの熱損失はダクト設置室の室内発熱として扱う。
- ⑦ 床スラブの熱伝達率は $4.5\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 程度であり、放射と対流を半々と仮定して対流熱伝達率は $2.2\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ を想定した。
- ⑧ 躯体の熱橋は一般部、熱橋部の平均熱貫流率が一致するように、一般部の断熱材を調整して入力した。
- ⑨ 床下空間の土間の 1 次元伝熱モデルは、土間床を外周部と中央部に分割し、基礎立ち上がり(4 方位)を加えた 6 つの外皮で構成されるとした。地中 5m の温度は、当該地域の拡張アメダス標準気象データから半無限固体の周期的熱伝導の解を求める方法を用いる。土間床外周部については、地表面温度を境界温度とする方法があるが、検証期間中の地表面温度が推測できないため外気温度で代用した。



- ⑩ すきま風、室間換気は設定根拠に乏しくゼロとした。ちなみに、伊達の c 値は $0.84\text{cm}^2/\text{m}^2$ 程度。

1.5.4 実証データと精緻なシミュレーションの比較

(1) 仙台の例

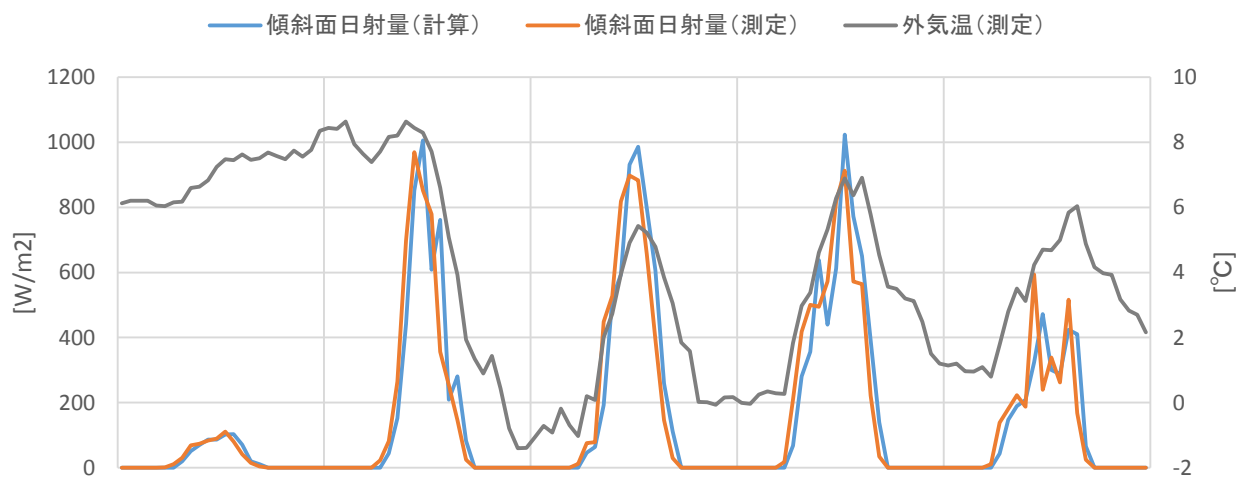


図 1.5.1 集熱面日射量の比較(仙台)

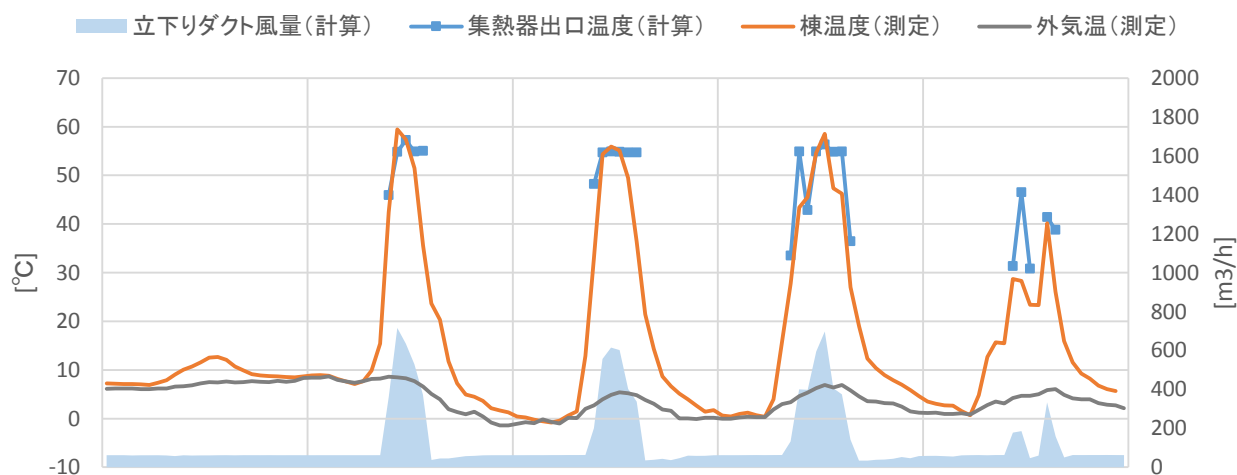


図 1.5.2 集熱器出口温度の比較(仙台)

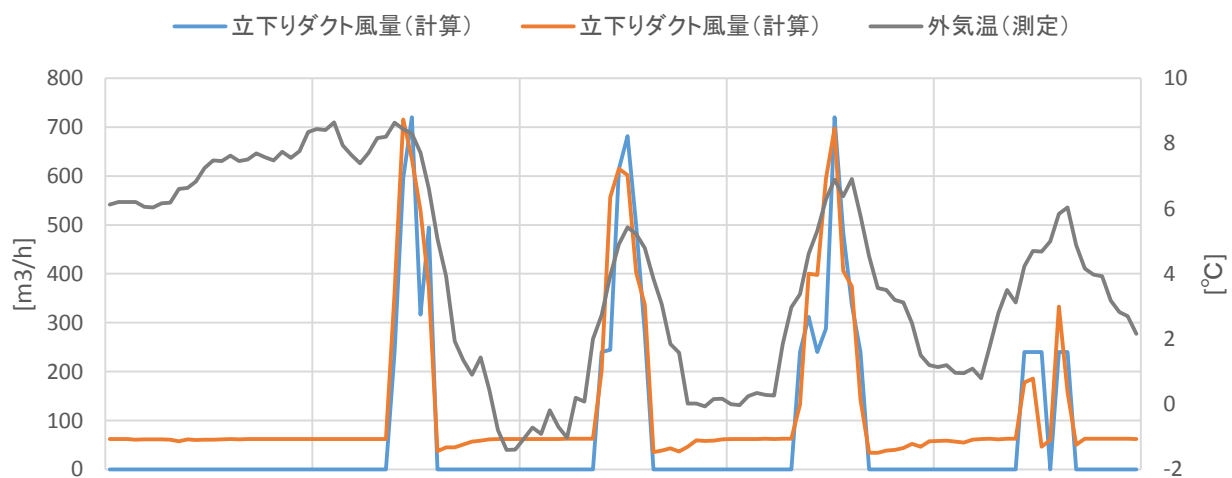


図 1.5.3 集熱器風量の比較(仙台)

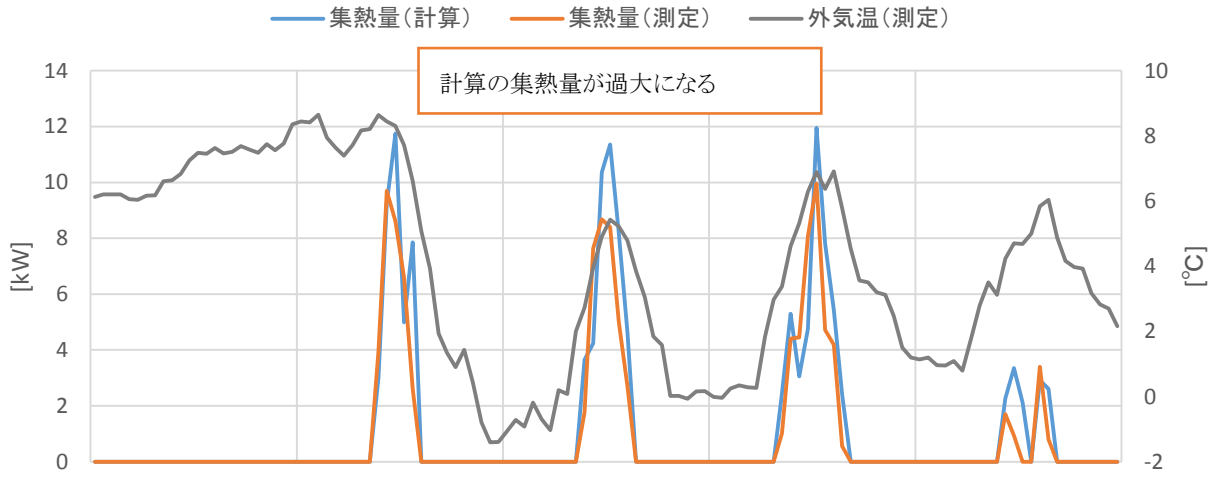


図 1.5.4 集熱量の比較(仙台)

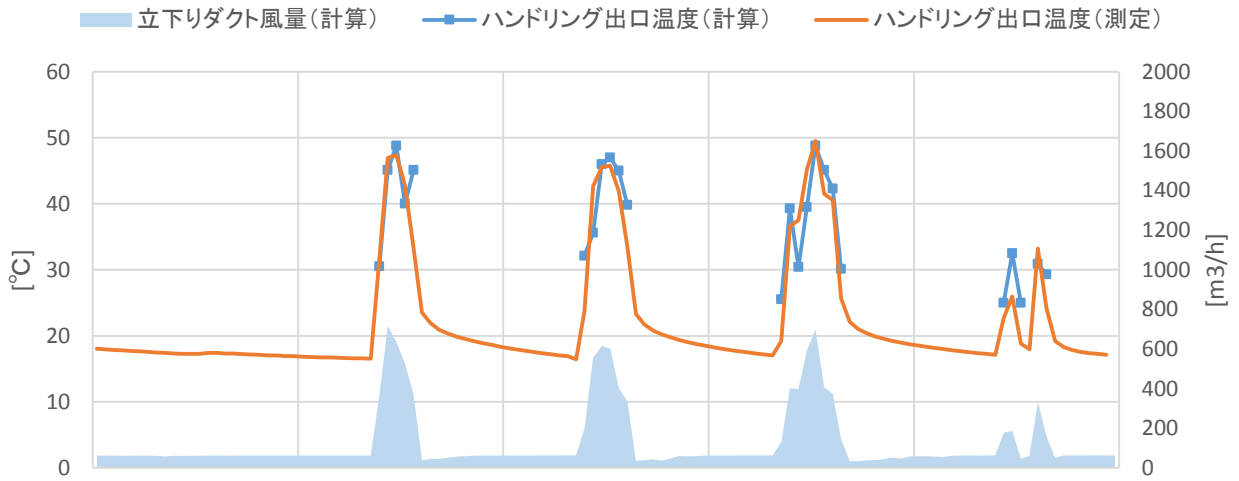


図 1.5.5 ハンドリングユニット出口温度の比較(仙台)

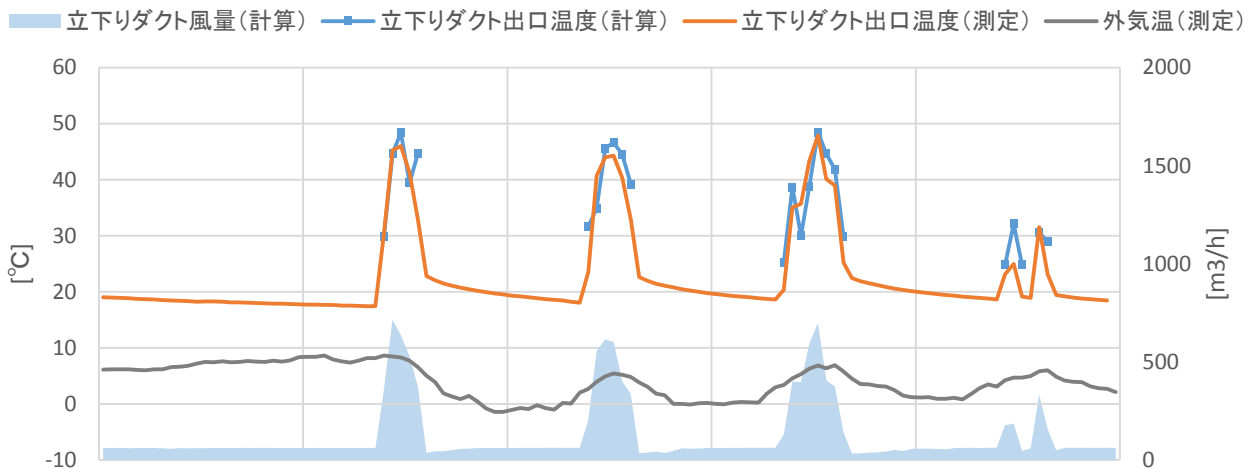


図 1.5.6 立下りダクト出口温度の比較(仙台)

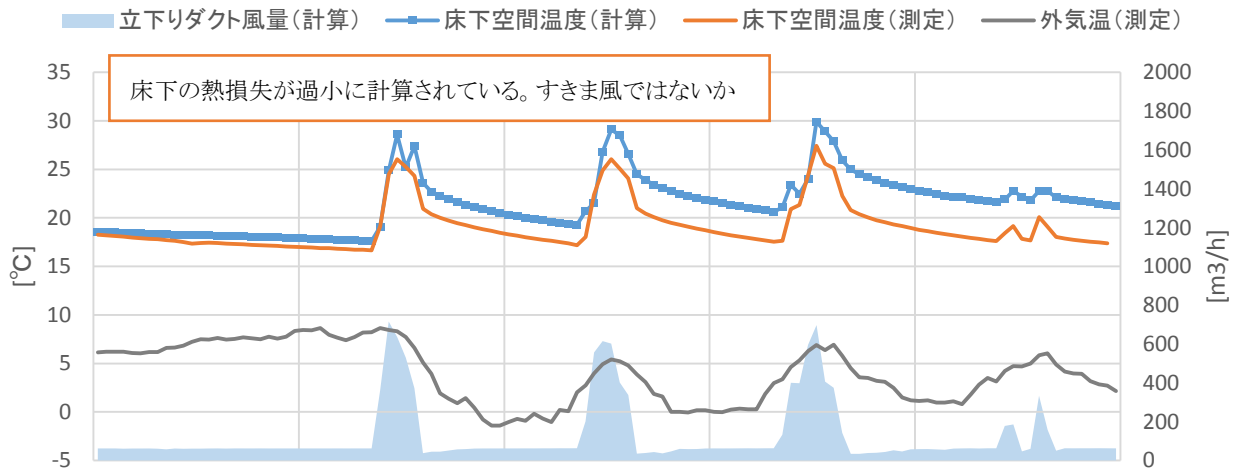


図 1.5.7 床下空間温度の比較(仙台)

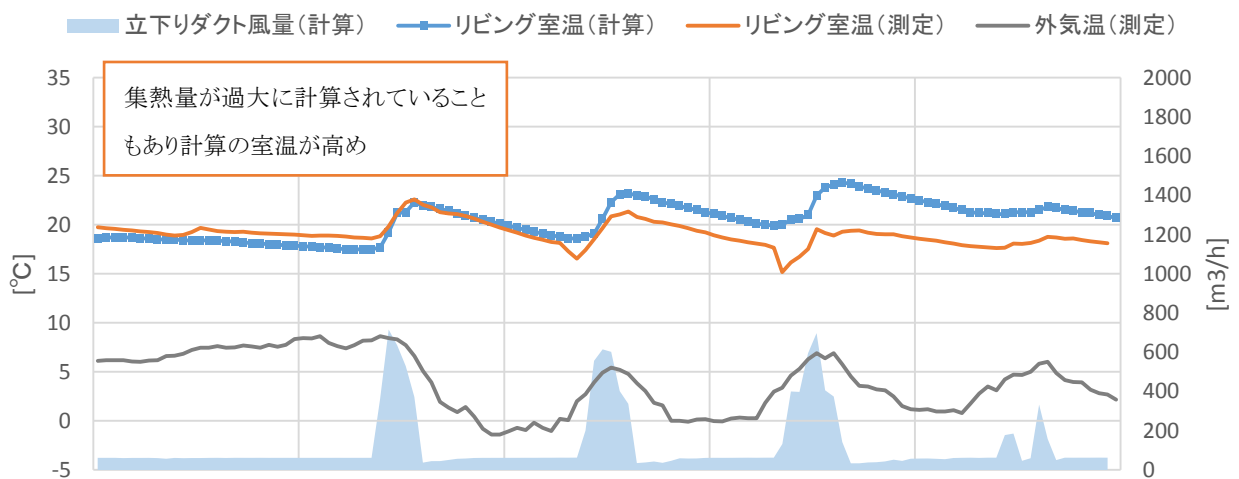


図 1.5.8 リビング室温の比較(仙台)

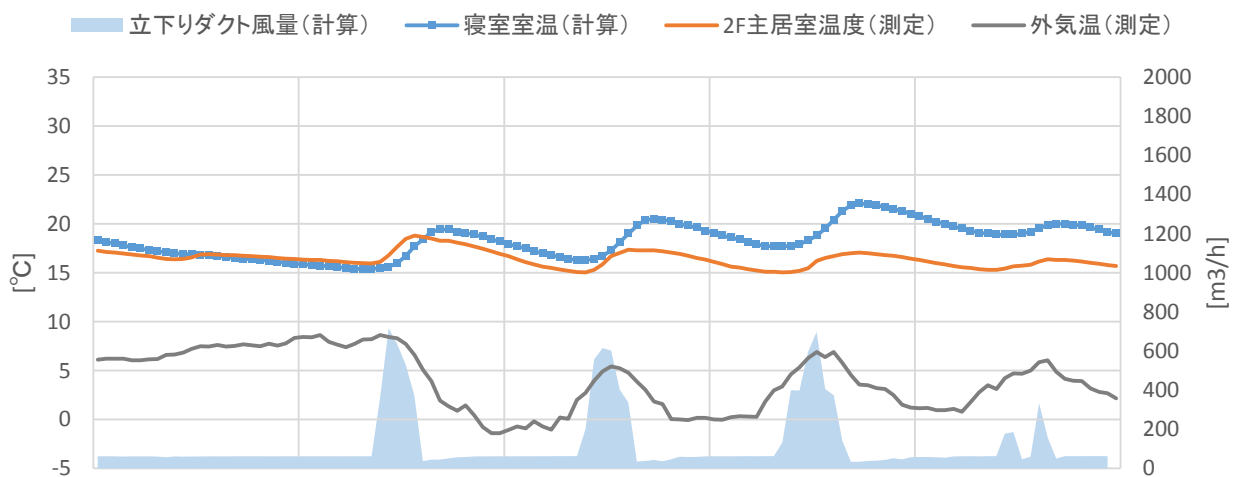


図 1.5.9 主寝室室温の比較(仙台)

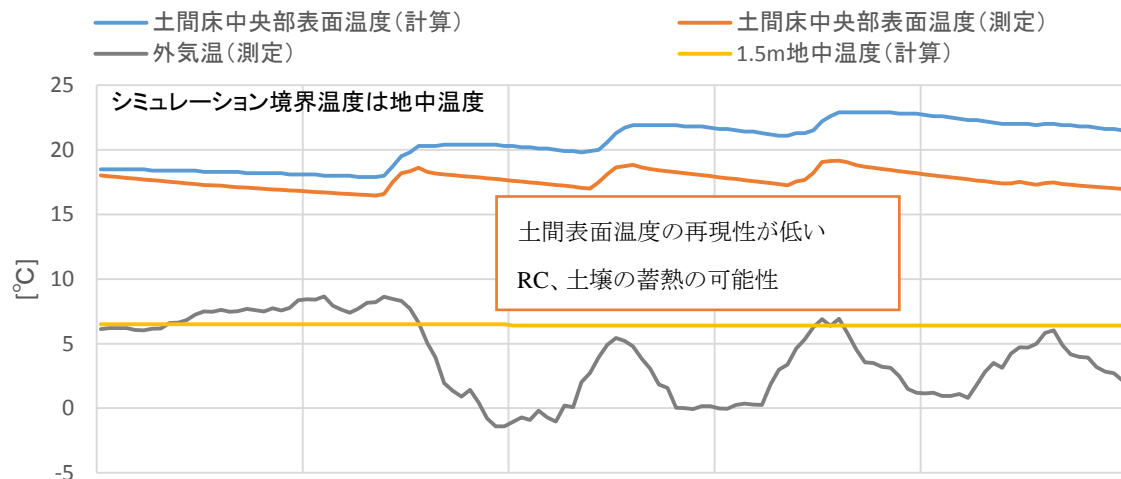


図 1.5.10 土間床中央部表面温度の比較(仙台)

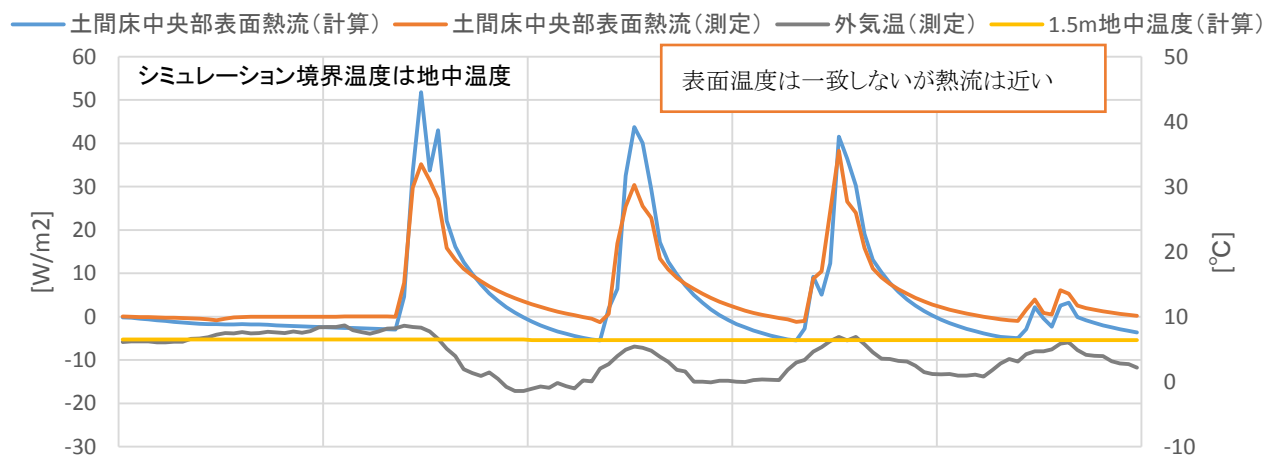


図 1.5.11 土間床中央部表面熱流の比較(仙台)

1.5.5 考察

各検証物件のシミュレーションと実測の温度、熱流を 1.5.4(1)に示す。検証期間が 5~6 日間と短いため、基礎の RC や土壌のように熱容量が大きい部位においてシミュレーションの助走期間が短く特に床下や室における再現性が十分ではない。この要因は、竣工後間もない時期での測定値であることから、測定においても十分な期間が取れていないことも要因の1つである。

このような状況ではあるが、どの物件においても空気集熱屋根のシミュレーション値と測定値は比較的よく一致しており、シミュレーションモデルの妥当性が確認できた。これは、集熱部における集熱性能に影響する空気集熱器や予備集熱器の熱容量が小さいことが原因であると考えられる。

以上から、床下空間を含んだトータルシステムに関する精緻なシミュレーションの再現性を確認するためには、少なくとも建設時の影響を受けないような、竣工後ある程度の期間をおいた時期において、長期間にわたる測定値によって検証する必要がある。

測定においては、風量などの測定値からシステムのモードを推測する必要があり、より直接的に測定できると検証の精度が向上すると考えられる。また、温水暖房を行っている伊達では唯一高精度に暖房熱量を測定可能であるが、一部測定精度が劣ると考えられるため測定点の修正が期待される。さらに、すきま風や計画換気風

量など検証において非常に大きな要因が推定値となることから、シミュレーションの精度検証がこれら推定精度に影響を受ける。このため、気密測定や換気量測定の実施が期待される。

1.6 簡易評価法検証のためのシミュレーションケーススタディ

1.6.1 はじめに

本章では次章で行う空気集熱暖房・給湯システムの簡易評価法の検証のために、精緻なシミュレーションのケーススタディを実施する。

1.6.2 シミュレーションケーススタディ

シミュレーションケーススタディの効率性を重視するため、空気集熱システムについては集熱効率算定部とシステム全体の性能を把握する部分を分けて実施することとした。また、暖房・給湯熱負荷の削減量を把握するために空気集熱システムが無い場合を加えた全 12,980 ケースを行った。

表 1.6.1 空気集熱システムのケーススタディ

項目	水準数	想定する水準
A: 対象地域	7	1 地域(北見) 2 地域(岩見沢) 3 地域(盛岡) 4 地域(長野) 5 地域(宇都宮) 6 地域(岡山) 7 地域(宮崎)
B: 断熱仕様 (基礎断熱)	4	S55基準相当 H04基準相当 H11基準相当 H11基準超相当
C: 空気集熱面積比	2	1/3(空気集熱器:9.53m ² 、予備集熱器:19.07m ²) 2/3(空気集熱器:19.07m ² 、予備集熱器:9.53m ²)
D: 基礎部分UA値	3	基準×0.5 基準×1.0 基準×1.5
E: 床下空間付加蓄熱体	5	なし 500ml×1000(基準容量) 500ml×2000(容量2倍) 2000ml×250(基準容量) 2000ml×500(容量2倍)
F: 空気集熱方位・傾斜角	4	南面-30度 南面-45度 東面-30度 西面-30度
G: 給湯使用量	3	4人家族相当 2人家族相当 太陽熱給湯なし
計	10,080	

表 1.6.2 年間集熱効率算定のためのケーススタディ

項目	水準数	想定する水準
A: 対象地域	7	1 地域(北見)
		2 地域(岩見沢)
		3 地域(盛岡)
		4 地域(長野)
		5 地域(宇都宮)
		6 地域(岡山)
		7 地域(宮崎)
B: 空気集熱器面積	7	0.5m ²
		1m ²
		2m ²
		4m ²
		8m ²
		16m ²
		32m ²
C: 予備集熱面積	7	0.5m ²
		1m ²
		2m ²
		4m ²
		8m ²
		16m ²
		32m ²
D: 空気集熱器仕様	2	従来型空気集熱器 高効率型空気集熱器
E: 空気集熱方位・傾斜角	4	南面－30度
		南面－45度
		東面－30度
		西面－30度
計	2,744	

表 1.6.3 空気集熱システムが無い場合のケーススタディ

項目	水準数	想定する水準
A: 対象地域	7	1 地域(北見)
		2 地域(岩見沢)
		3 地域(盛岡)
		4 地域(長野)
		5 地域(宇都宮)
		6 地域(岡山)
		7 地域(宮崎)
B: 断熱仕様 (床断熱)	4	S55基準相当
		H04基準相当
		H11基準相当
		H11基準超相当
C: 床部分 UA 値	3	基準×0.5
		基準×1.0
		基準×1.5
計	84	

1.6.3 シミュレーションの設定条件

(1) モデル建物

モデル建物は H25 省エネ基準で使用されている 120m² の木造戸建住宅である。

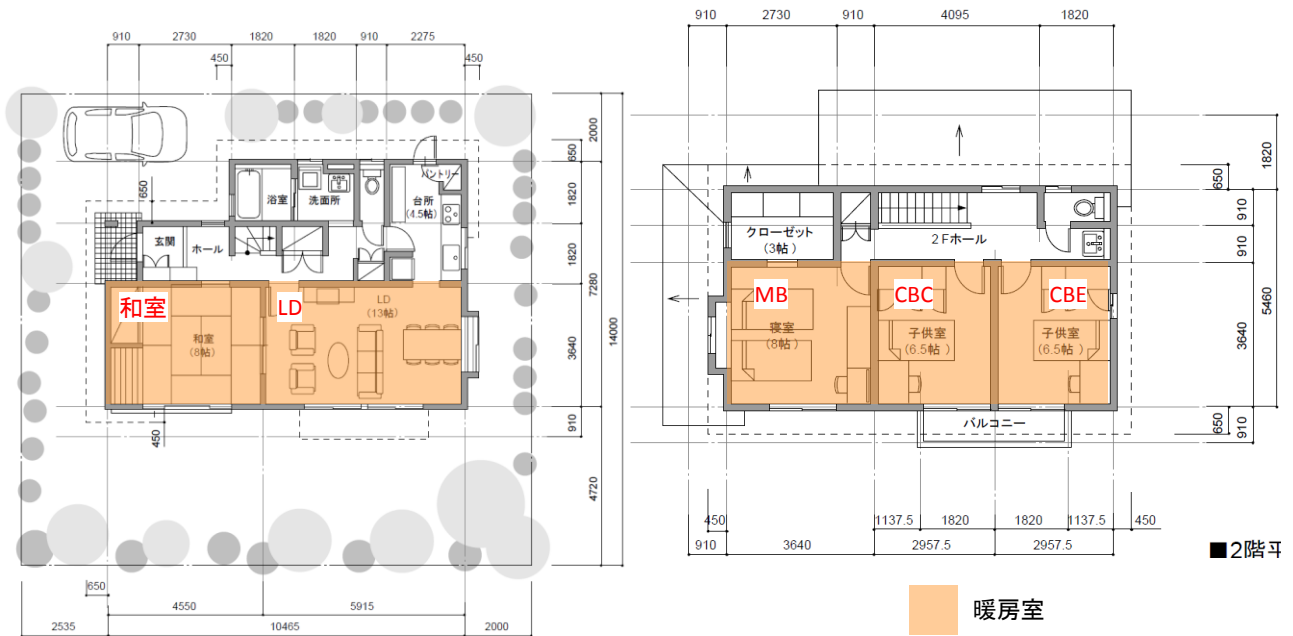


図 1.6.1 モデル建物(左:1階、右:2階)

表 1.6.4 想定する断熱性能の例(1、5、7 地域)²

	部位	面積 [m ²]	H11 基準超相当 熱貫流率、Q 値 [W/m ² K]	H11 基準相当 熱貫流率、Q 値 [W/m ² K]	H04 基準相当 熱貫流率、Q 値 [W/m ² K]	S55 基準相当 熱貫流率、Q 値 [W/m ² K]
1 地域	Q 値		1.4	1.6	1.8	2.9
	天井	67.92	0.17	0.17	0.23	0.25
	外壁	148.32	0.26	0.35	0.45	0.35
	床	65.41	0.26	0.32	0.43	0.34
	窓	22.03	1.90	2.33	2.33	3.49
	玄関ドア	3.24	1.90	2.33	2.33	3.49
5 地域	Q 値		1.9	2.7	4.2	5.3
	天井	67.92	0.18	0.27	0.74	0.96
	外壁	138.13	0.36	0.54	0.86	0.94
	床	65.41	0.37	0.55	1.36	1.21
	窓	28.71	2.91	4.65	6.51	6.51
	玄関ドア	3.51	2.91	4.65	6.51	6.51
7 地域	Q 値		1.9	2.7	4.6	7.5
	天井	67.92	0.18	0.27	0.77	3.09
	外壁	138.13	0.36	0.54	1.10	2.08
	床	65.41	0.37	0.55	1.63	2.67
	窓	28.71	2.91	4.65	6.51	6.51
	玄関ドア	3.51	2.91	4.65	6.51	6.51

² Q 値を満たすように熱貫流率を設定し、熱貫流率を満たすような断熱材厚さを逆算してシミュレーションする

表 1.6.5 シミュレーションで設定した断熱材厚さ

地域区分	部位	H11 超	H11	H4	S55
1、2 地域	天井	241.4	254.4	186.1	168.8
	外壁	144.7	108.5	80.6	108.5
	床	148.5	124.3	88.5	114.5
3 地域	天井	241.4	152.3	81.9	59.4
	外壁	144.7	65.1	42.6	40.6
	床	148.5	108.4	40.0	29.8
4 地域	天井	246.6	151.4	55.8	60.3
	外壁	105.0	63.8	41.2	40.6
	床	103.8	62.9	37.7	30.6
5、6 地域	天井	246.6	153.9	50.4	36.9
	外壁	105.0	64.4	33.3	28.7
	床	103.8	64.4	16.2	20.4
7 地域	天井	246.6	153.9	48.6	4.5
	外壁	105.0	64.4	21.6	2.3
	床	103.8	64.4	10.7	0.0

※ 断熱材:グラスウール断熱材 16K 相当 ($\lambda=0.045\text{W/mK}$)

※ 単位:mm

(2) 基礎断熱の場合の断熱仕様

空気集熱システムでは床下空間に集熱温風を吹き込み基礎のコンクリートを蓄熱体として用いることから、断熱境界が床ではなく基礎になる。ここでは、床断熱と基礎断熱の床からの熱損失が一致するような基礎断熱の熱抵抗、断熱材厚さを求めることとした。

$$A_F \cdot U_F \cdot H_F = \psi_F \cdot L_F \quad (0.1)$$

ここで、 A_F :1 階の合計床面積[m²](=67.90)、 U_F :各省エネ基準での床の熱貫流率(床断熱時)[W/m²K](表 1.6.4 による)、 H_F :床の隣室温度差係数[-](省エネ基準より 0.7)、 ψ_F :土間床外周部の線熱貫流率[W/mK]((0.2)式による)、 L_F :土間床外周長[m](=35.49)

(0.1)式、(0.2)式より図 1.6.2 を前提に求めた基礎断熱の熱抵抗を非線形方程式より求めた。

$$\psi_{F,j} = 1.80 - 1.36(R_1(H_1 + W_1) + R_4(H_1 - H_2))^{0.15} - 0.01(6.14 - R_1)((R_2 + 0.5R_3)W)^{0.5} \quad (0.2)$$

- $\psi_{F,j}$: 土間床外周部及び基礎等の線熱貫流率 (W/m^2K)
- R_1 : 基礎等の立ち上がり部分の室外側に設置した断熱材の熱抵抗 (m^2K/W)
- R_2 : 基礎等の底盤部分等の室内側に設置した断熱材の熱抵抗 (m^2K/W)
- R_3 : 基礎等の底盤部分等の室外側に設置した断熱材の熱抵抗 (m^2K/W)
- R_4 : 基礎等の立ち上がり部分の室内側に設置した断熱材の熱抵抗 (m^2K/W)
- H_1 : 地盤面からの基礎等の寸法 (0.4を超える場合は0.4とする。) (m)
- H_2 : 地盤面からの基礎等の底盤等上端までの寸法。ただし、地盤面より上方を正の値、下方を負の値とする。
(m)
- W_1 : 地盤面より下の基礎等の立ち上がり部分の室外側の断熱材の施工深さ(m)
- W_2 : 基礎等の底盤部分等の室内側に設置した断熱材の水平方向の折返し寸法 (m)
- W_3 : 基礎等の底盤部分等の室外側に設置した断熱材の水平方向の折返し寸法 (m)
- W : W_2 及び W_3 の寸法のうちいずれか大きい方の寸法。ただし、0.9を超える場合は0.9とする。(m)

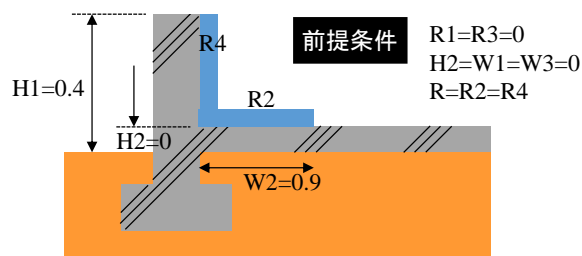


図 1.6.2 想定する床下空間の断熱仕様

表 1.6.6 設定した基礎断熱の断熱厚さ

	UA 値×0.5 倍				UA 値×1.0 倍				UA 値×1.5 倍			
	H11 超	H11	H4	S55	H11 超	H11	H4	S55	H11 超	H11	H4	S55
1、2 地域	185.5	166.3	127.3	157.0	93.5	72.1	37.0	62.8	42.0	26.2	7.2	20.3
3 地域	185.5	150.7	45.4	25.4	93.5	56.8	1.6	0.1	42.0	16.8	0.0	—
4 地域	145.7	88.6	40.7	26.9	52.3	13.8	1.0	0.2	14.3	0.8	0.0	—
5、6 地域	145.7	91.1	5.1	10.0	52.3	14.9	—	0.0	14.3	1.0	—	—
7 地域	145.7	91.1	1.2	0.0	52.3	14.9	—	—	14.3	1.0	—	—

※ 断熱材: 押出法ポリスチレンフォーム保温板 1 種 ($\lambda=0.04W/mK$)

※ 単位: mm

※ —: 断熱材の熱抵抗が負値となり断熱材厚さが求められないため 0mm で計算した

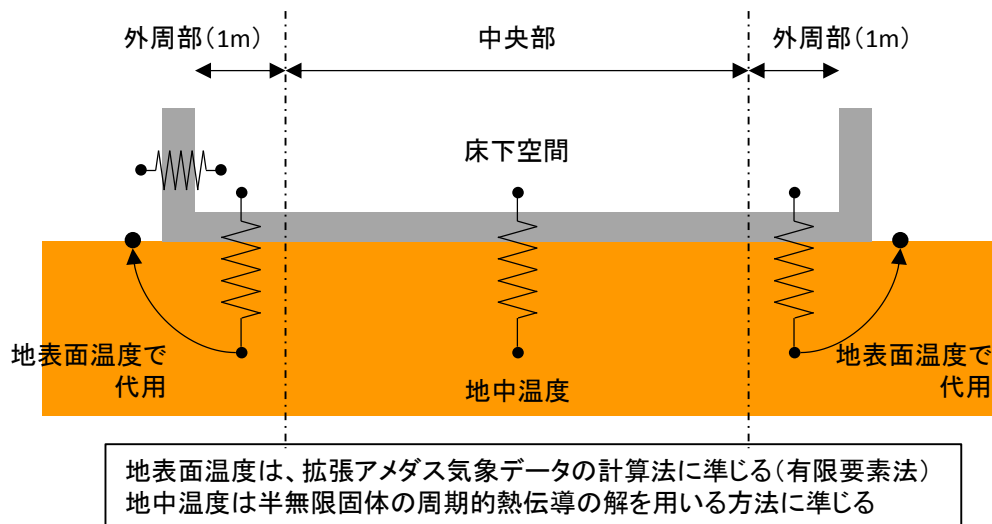


図 1.6.3 床下空間の基礎断熱部分の伝熱モデル

(3) 代表都市と暖房期間

各地域区分の代表都市、暖房期間は平成 25 年省エネ基準と同様とする。

気象データは平成 25 年省エネ基準に準じて 1981～1995 年の標準年気象データを用いる。

(4) 空調スケジュール

暖房スケジュールは LD、和室、MB、CBC、CBE を想定した居室連続とする。

台所は居間との室間換気量(5,000CMH)によって空調される。暖房設定温度は 20℃とした。

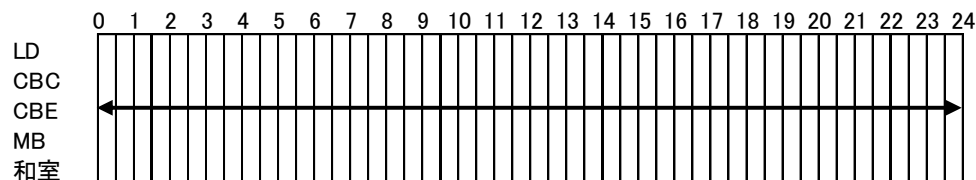


図 1.6.4 空調スケジュール(居室連続)

(5) 内部発熱スケジュール

内部発熱スケジュール(人体、照明、機器)は平成 25 年省エネ基準の通り。

機器発熱は自然対流を想定し、対流と放射を 50%ずつとした。

(6) 換気スケジュール

換気スケジュールは H25 省エネ基準の通りとした。

ただし、空気集熱暖房システムの集熱ファンが運転中は十分な外気が導入されているとして停止することとした。

(7) すきま風

すきま風は平成 25 年省エネ基準の設定に準じて昭和 55 年断熱性能のときに風量が生じるとした。すきま風は温度差換気を想定しており、1 階から流入、階段室を通過して 2 階より排気される。

(8) 給湯スケジュール

給湯スケジュールは平成 25 年省エネ基準における 2 人世帯、4 人世帯の M1 スタンドを使用する。休日外出、平日(小)、平日(中)、平日(大)、休日在宅(小)、休日在宅(大)の 6 日分について、平成 25 年省エネ基準に規定されるカレンダーに基づき配置した。

表 1.6.7 M1 スタンドにおける日給湯量(40°C換算、単位:[L/日])

	休日外出	平日(小)	平日(中)	平日(大)	休日在宅(小)	休日在宅(大)
4 人世帯	250	350	450	550	550	650
2 人世帯	70	170	270	370	370	470

(9) 給水温度

給水温度は、平成 25 年省エネ基準における当該日前日から 10 日前までの 10 日間の平均気温から求める方法による。

(10) 家具の熱容量

家具の熱容量として 12.6kJ/m³K を室空気の熱容量に加算した。(平成 25 年省エネ基準で用いた Sim Heat のモデルにあわせた)

(11) 付加蓄熱体

付加蓄熱体は水を入れたペットボトルを敷き詰めることを想定し、表 1.6.8 の通りに設定した。ペットボトルは 500mL と 2000mL を想定し、それぞれの表面積は 0.044m²/本、0.080m²/本とし、単位表面積当たりの熱コンダクタンスは 8.2W/m²K とした。

表 1.6.8 付加蓄熱体の仕様

項目	単位	設定値			
		500		1000	
全容量	[L]	500		1000	
ペットボトル設置仕様	[mL]×[本]	500×1000	2000×250	500×2000	2000×500
熱容量	[kJ/K]	2,093	2,093	4,186	4,186
表面積	[m ²]	44	20	88	40
UA	[W/K]	361	164	722	328

1.6.4 空気集熱暖房・給湯システムの仕様

空気集熱器は表 1.6.9 に示す従来型集熱器と高効率型集熱器の 2 種類を想定した。シミュレーション時には図 1.6.5 に示すパラメータの内、表 1.6.9 の下段の α 、Ksu、Ksd が必要となり、集熱器の仕様から同表の通りに設定した。

表 1.6.9 シミュレーションで想定した従来型集熱器、高効率型集熱器の仕様

風量[m ³ /h]	従来型集熱器			高効率型集熱器		
		58.1	87.2	116.3	58.1	87.2
瞬時集熱効率						

$\Delta\theta/I$	0.005	38.9%	46.6%	52.4%	48.6%	56.0%	62.9%
	0.020	32.2%	38.3%	42.5%	40.2%	46.0%	51.0%
	0.045	21.0%	24.4%	25.9%	26.2%	29.3%	31.1%
	0.065	12.0%	13.3%	12.7%	15.1%	16.0%	15.2%
効率特性値	b0	0.411	0.494	0.557	0.514	0.593	0.668
	b1	4.470	5.550	6.620	5.588	6.660	7.944
シミュレーション 入力値 (図 1.6.5 参照)	$\tau\alpha$		0.83			0.88	
	Ksu [W/m ² K]		5.77			5.30	
	Ksd [W/m ² K]		0.4			0.3	

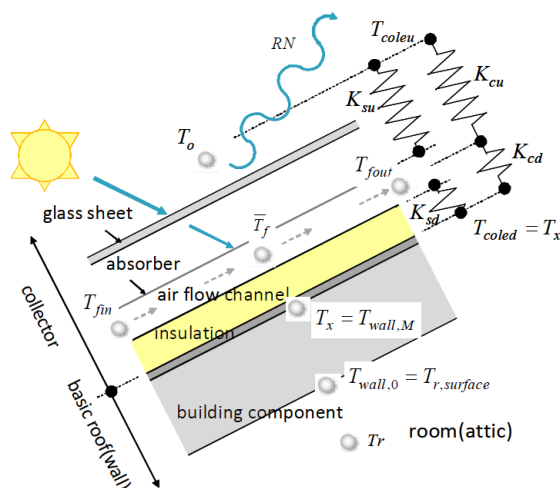


図 1.6.5 空気集熱器の計算モデル

空気集熱暖房・給湯システムでは、屋根一体型の空気集熱器と予備集熱器を直列に接続し、経路途中に設置されたファンユニットの回転数を制御して空気集熱器の出口温度が 55°C となるようにしている。ファンユニット下流部には貯湯槽加熱用の熱交換器が設置されており、代表室温 (LD 室温) が 24°C を超えた場合に熱交換器の水側ポンプを運転させ貯湯槽を加熱する。熱交換器の下流には縦ダクトが設置されており、床下空間へと温風を供給する。床下空間の RC や土間コンクリート下部の土壌、付加蓄熱体に蓄熱した後に温風を居室へと供給しそのまま排気される。

空気集熱暖房・給湯システムを採用する住宅は集熱空気を建物全体に分配する目的から、クローズドなプランではなくオープンプランがほとんどである。本調査で対象とした図 1.6.1 のプランは完全なクローズドなプランであり、空気集熱暖房・給湯システムのシミュレーションのために温風を供給する領域を図 1.6.6 に示す LD と和室に限定した。

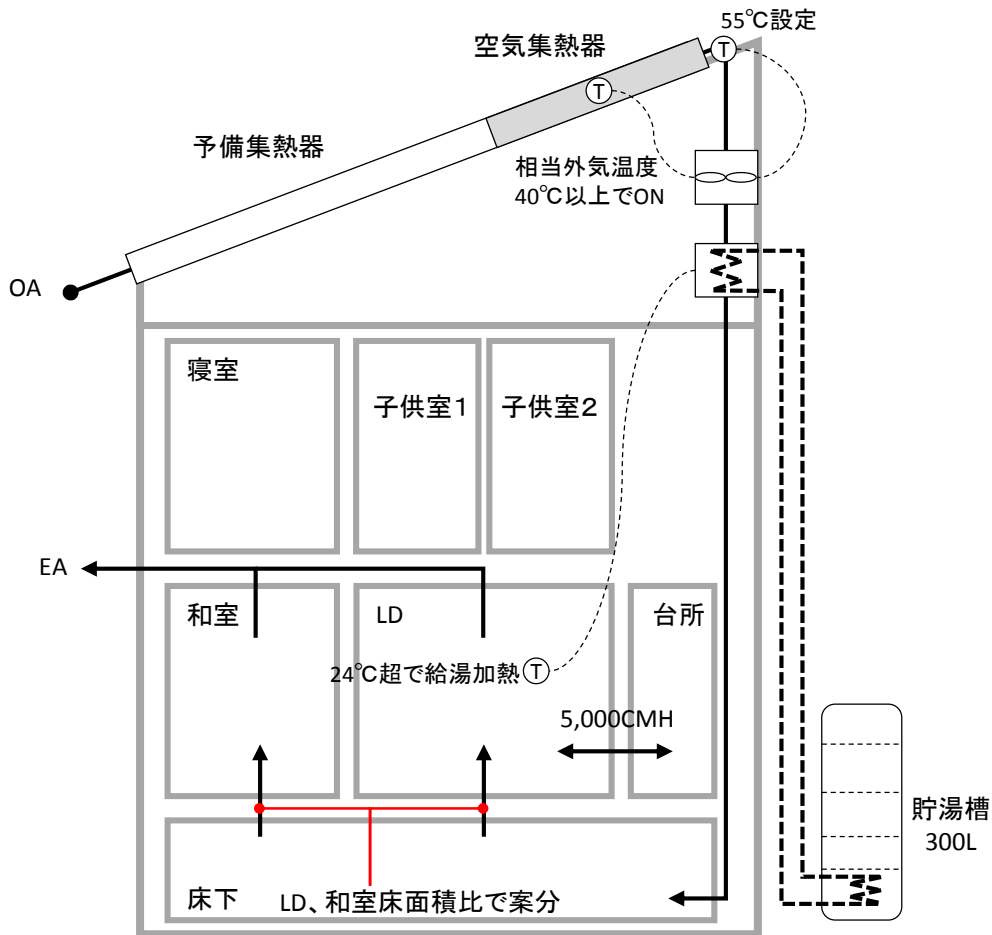


図 1.6.6 空気集熱暖房・給湯システム

空気集熱暖房・給湯システムは代表室温(ここでは LD 室温)や空気集熱器の相当外気温度、貯湯槽温度によって表 1.6.10 に示すように集熱ファンの発停、貯湯槽の加熱を制御する。集熱ファンは外気を室内に導入することから換気も兼ねているため、集熱ファン停止時の計画換気の運転も制御対象となる。

表 1.6.10 空気集熱暖房・給湯システムの制御

		集熱ファン(給湯システムなし)		集熱ファン(給湯システムあり)		お湯とり運転	
		空気集熱器相当外気温度		空気集熱器相当外気温度		空気集熱器相当外気温度	
		>40°C	≤40°C	>40°C	≤40°C	>40°C	≤40°C
室温	≤24°C	運転	停止	運転	停止	停止	停止
	>24°C	運転	停止	運転	停止	運転	停止
	>28°C	停止	停止	運転	停止	運転	停止
備考		集熱ファン停止時は計画換気運転				ただし、空気集熱器相当外気温度とタンク下層温度の温度差が11°Cを超えるときのみ	

(1) 集熱のみシミュレーション結果

地域、方位(傾斜角による差が無かったため方位角のみで分類)、空気集熱器の仕様、空気集熱面積比による集熱屋根全体の期間集熱効率を図 1.6.7 に示す。期間集熱効率は(0.3)式に示すように暖房期間の集熱量、集熱面日射量の比であらわされる。

$$\eta = \frac{\sum Q_c}{\sum I_c \cdot A_c} \quad (0.3)$$

ここで、 η : 期間集熱効率、 Q_c : 集熱量[W]、 I_c : 集熱面日射量[W/m²]、 A_c : 集熱面積[m²]、 \sum : 暖房期間に対する総和

空気集熱面積比に比べて地域、方位、空気集熱器仕様の標準偏差が大きい傾向にある。**地域については、地域区分と集熱効率に必ずしも相関がみられないため、地域区分の差ではなくそれ以外の要因によるものと推測される。**全体的に空気集熱面積比による差が大きく、次いで方位、空気集熱器仕様などが影響する。

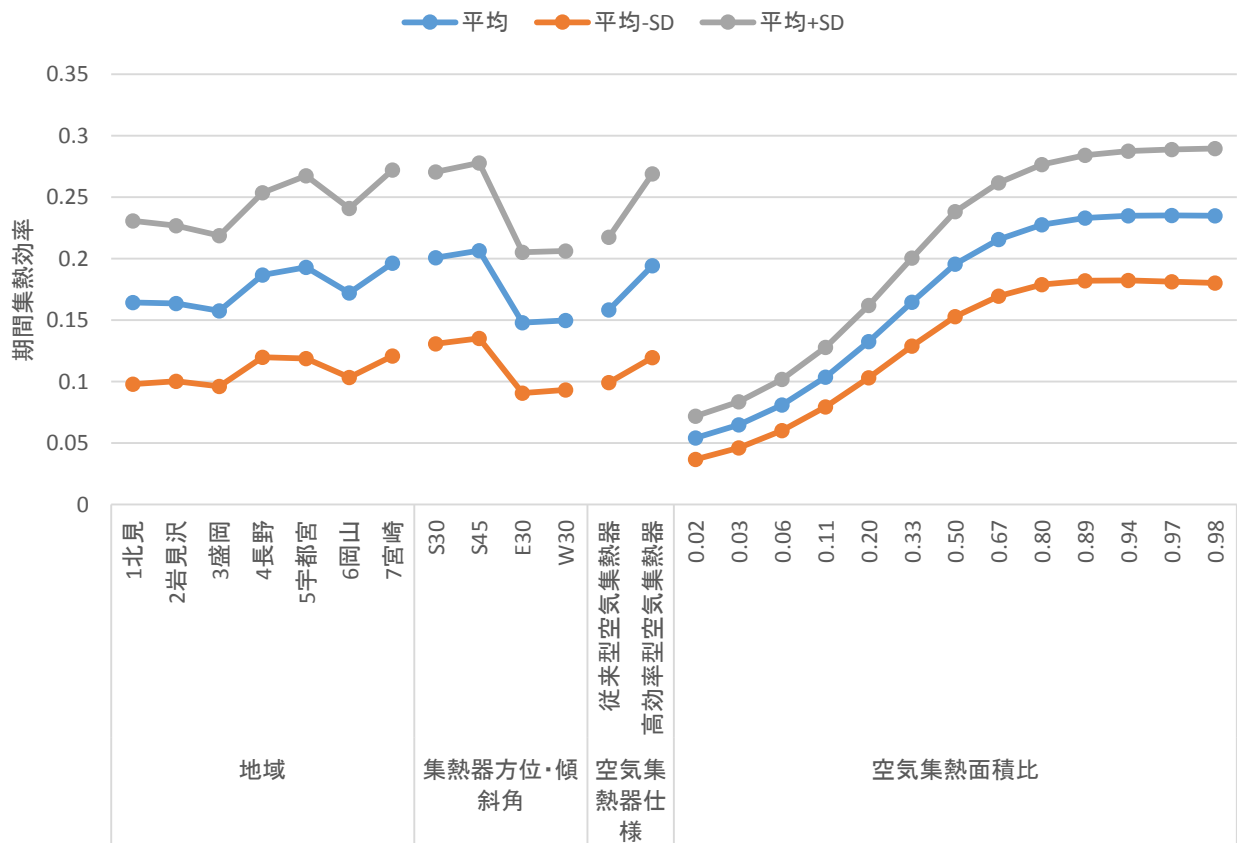


図 1.6.7 期間平均集熱効率シミュレーションの要因効果

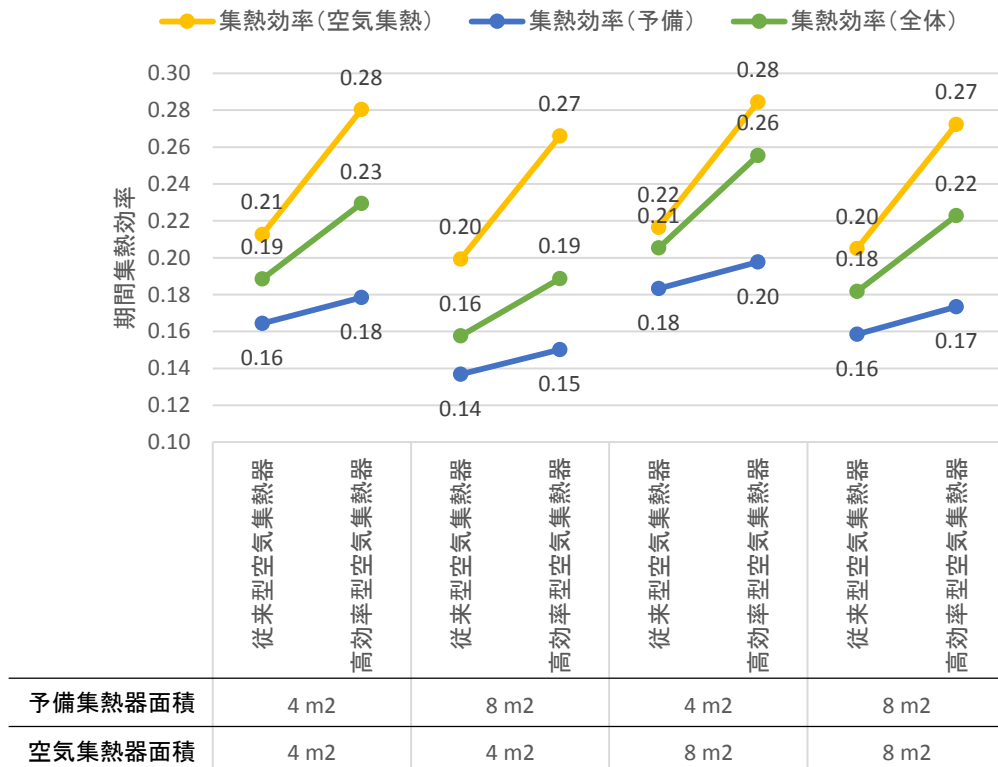


図 1.6.8 集熱効率シミュレーション結果の例(岡山、南向き 30 度設置)

※ 予備集熱器の集熱効率が変わるのは、組み合わせられる空気集熱器によって風量が変わるため

(2) 集熱屋根全体の集熱効率計算法

期間集熱効率の簡易計算法を(0.4)式に示す。地域を説明変数に入れなかったため期間集熱効率の推定精度が限定的となっている。集熱器は集熱面日射による集熱媒体の加熱と集熱媒体から集熱器表面、裏面への貫流熱損失との収支によって集熱器出口温度、集熱量、集熱効率が決まる。つまり、集熱器の入口温度(ここでは外気温度)と集熱面日射量の関係によって集熱効率が決まるため、地域による影響が強く出ていると考えられる。

ここでは、評価法を非常に簡易とする目的から期間集熱効率を瞬時集熱効率として代用することとしたが、集熱率は簡単な式から求められることから、将来的には JIS における瞬時効率測定法における特性値 b_0 、 b_1 より時々刻々の気象条件から算出する方法も検討する必要がある。

$$\text{期間集熱効率} = 0.024 + \left\{ \begin{array}{l} \text{従来型集熱器 } 0.24 \cdot r_{colarea}^{0.29} \\ \text{高効率型集熱器 } 0.29 \cdot r_{colarea}^{0.34} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{南方位 } +0.027 \\ \text{東西方位 } -0.027 \end{array} \right\} \quad (0.4)$$

ここで、 $r_{colarea}$: 空気集熱面積比(空気集熱面積/全集熱面積)

1.7 簡易評価法の構築および検証

本章では、空気集熱暖房・給湯システムの簡易評価法について、モデルの構築およびその検証を行う。

1.7.1 暖房負荷削減量の推定

OM ソーラーは屋根面で集熱した外気を床下空間に吹き出し、床下基礎スラブへの蓄熱の後、居室へ吹き出すことで、取り入れ外気の予熱と同時に暖房負荷を軽減する。同時に、集熱器出口付近に設置された給湯コイルで水と熱交換することで得られた温水を貯湯槽に貯え、給湯に利用する機能も有する。これらすべての機構はたがいに関連するため、個々に評価することは困難であり、全体を簡易な熱収支式で表現し、各部温度についての連立方程式を解くことで全体の熱収支が担保される。熱収支の例を図に示す。熱収支式が多いため、解析が煩雑となるのを避けるために、全体をサブシステムとして表現し、各部の温度を消去して整理することでシンプルな表現となるように工夫する。実際の暖房負荷等の削減は、この簡易な熱収支式では表現できない場合も多く、多くのシミュレーション結果から補正係数を作成し熱収支式に組み込む。

① 空気集熱器の熱収支

$$Q_c = \eta \cdot A_c \cdot I_{sol} = \rho_a \cdot c_a \cdot Vom \cdot (T_{c_{out}} - T_a)$$

η : 集熱効率[-](仕様と方位・傾斜角より決定)

A_c : 集熱面積[m²](入力値)

I_{sol} : 集熱面日射量[W/m²] (データベースとして保持)

ρ_a : 空気の密度[kg/m³]

c_a : 空気の比熱[J/kg K]

Vom : 風量[m³/s]

② 給湯用コイルの熱収支

$$Q_{hw} = Q_{hws} = \rho_w \cdot c_w \cdot Vom \cdot (T_{c_{out}} - T_{f_{sup}})$$

$$L_{hwred} = H_{hw} \cdot \min\left(\sum_{i=1}^{24} Q_{hw} \times 3600 \div 1000, \rho_w \cdot c_w \cdot Vt \cdot (Thw - Tws)\right)$$

ρ_w : 水の密度[kg/m³]

c_w : 水の比熱[J/kg K]

Tws : 給水温度[°C]

Thw : 貯湯温度[°C]

Vt : 貯湯槽容量[m³]

H_{hw} : 給湯負荷削減係数[-]

Q_{hw} : 給湯加熱量[W]

Q_{hws} : 給湯用余剰熱量[W]

L_{hwred} : 日積算給湯負荷削減量[MJ/日]

③-1 床下空間空気の熱収支

$$Mf \cdot \frac{dTf}{dt} = \rho_a \cdot c_a \cdot Vom \cdot (T_{f_{sup}} - Tf) + Uv \cdot Av \cdot (Ta - Tf) + Ur \cdot Arh \cdot (OTr - Tf) + Ur \cdot Arn \cdot (Trn - Tf) + Uf \cdot Af \cdot (Tsoil - Tf)$$

$$Mf = Mfa + \alpha_1 \cdot Mfc + \alpha_2 \cdot Mfw$$

$$OTr = \frac{Tr + Trs}{2} = \frac{Tr + (Tr \cdot Hs + Ta \cdot (1 - Hs))}{2}$$

$$Trn = Tr \cdot Hn + Ta \cdot (1 - Hn)$$

Mf : 床下空間の熱容量[J/K]

Mfa : 床下空間の空気の熱容量[J/K]

Mfc : 基礎コンクリート等の熱容量[J/K]

Mfw : 付加蓄熱体の熱容量[J/K]

α_1 : 基礎コンクリート等の熱容量補正係数[-]

α_2 : 付加蓄熱体の熱容量補正係数[-]

Uv : 基礎等の熱貫流率[W/m²K]

Av : 基礎等の面積[m²]

Ur : 1階床と床下間床の熱貫流率[W/m²K]

Ar : 1階床と床下間床の面積[m²] (=Arh+Arn)

Arh : 1階空調室床と床下間床の面積[m²]

Arn : 1階非空調室床と床下間床の面積[m²]

Uf : 床下と土壌節点間の熱貫流率[W/m²K]

Af : 床下と土壌節点間の面積[m²]

Hs : 空調室の壁面温度差係数[-]

Hn : 非空調室の隣室温度差係数[-]

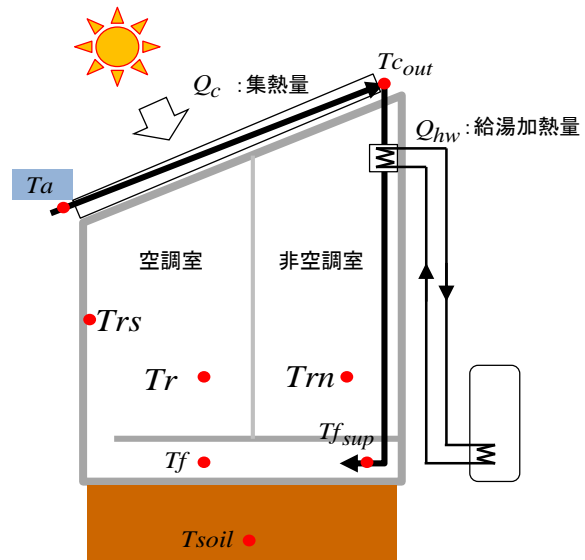


図 1.7.1 OMソーラーの暖房・給湯負荷削減評価の熱収支式 1

③-2 土壌の熱収支

$$M_{soil} \cdot \frac{dT_{soil}}{dt} = U_f \cdot A_f \cdot (T_f - T_{soil}) + \beta \cdot (T_a - T_{soil})$$

M_{soil} : 土壌の熱容量[J/K]

β : 土壌の熱損失係数[W/K]

④ 暖房負荷削減量の計算式(各室について)

※本頁では簡易化して記載しているため、詳細は本文参照

$$L_{red} = \min(\rho_a \cdot c_a \cdot V_{vent} \cdot (Tr - Ta) + Ur \cdot Ar \cdot (OTr - Tf') + \gamma_1 \cdot Ur \cdot Ar \cdot (Tf - OTr) + \gamma_2 \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot Vom \cdot (Tf - Tr) + Q_{hr}, Lr)$$

$$Q_{hs} = \max(\rho_a \cdot c_a \cdot V_{vent} \cdot (Tr - Ta) + Ur \cdot Ar \cdot (OTr - Tf') + \gamma_1 \cdot Ur \cdot Ar \cdot (Tf - OTr) + \gamma_2 \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot Vom \cdot (Tf - Tr) - Lr, 0)$$

$$Tf' = Tr \cdot Hf + Ta \cdot (1 - Hf)$$

L_{red} : 暖房負荷削減量[W]

V_{vent} : 換気量[m³/s]

Lr : 暖房負荷[W]

Ur : 対象住戸の建物断熱性能と同等の断熱性能を有する床断熱の住戸の1階床と床下間床の熱貫流率[W/m²K]

γ_1, γ_2 : 暖房負荷補正係数[-]

Tf' : 床断熱の住戸の床下温度[°C]

Q_{hs} : 空調用余剰熱量[W]

Hf : 床断熱の住戸の床下温度差係数[-]

Q_{hr} : 放熱量[W]

■ 気象データ(与条件)	■ 物性値(与条件)	■ 建物性能(入力)	■ 設備性能(入力)
■ 建物性能(EESLISMより)	■ 温度・熱量(計算値)		

図 1.7.2 OMソーラーの暖房・給湯負荷削減評価の熱収支式 2

計算のフローを示す。集熱後の空気について、集熱量をどのような割合で給湯と暖房に割り振るかを決定する必要がある。そのため、まず、予備計算として、仮に給湯加熱量を0Wとし、その際、暖房負荷の削減に寄与しない熱量(余剰熱量)を求める。この余剰熱量の分だけ、給湯加熱を行うこととして、本計算を行う。

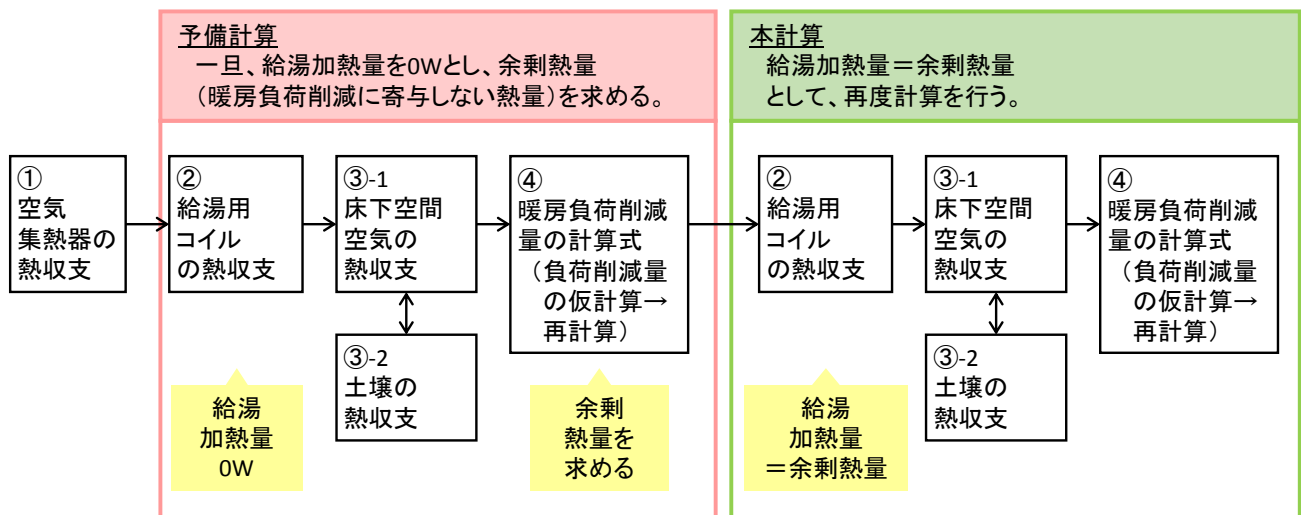


図 1.7.3 計算フロー

精緻なシミュレーション結果より決定する係数等は、以下のとおりである。

(1) 暖房負荷削減量の算出

OMソーラーの導入により、①床下空間への放熱の減少、②床下空間からの貫流熱取得、③床下空間からの空気

流入による熱取得、④計画換気の外気導入に伴う換気負荷の減少、さらに①～④に伴う室温上昇に付随する⑤蓄熱の放熱効果が見込まれる。各要素を室別に合計して、各室の空調負荷を超えない範囲で負荷が削減されることとする。ただし、室により考慮する要素は異なり、1階の和室・リビングでは、太陽熱空気集熱式暖房の運転時には①～④を、停止時には①、②の効果を見込む。2階の寝室・子供室 1・子供室 2 では④の効果を見込む。⑤は、①～④の要素による負荷削減を求めた上で負荷が残る室について、負荷に応じて割り振る。そのため、各室の負荷削減量の仮計算を行った後、空調用余剰熱量および蓄放熱量を計算し、各室の負荷削減量の再計算を行う。

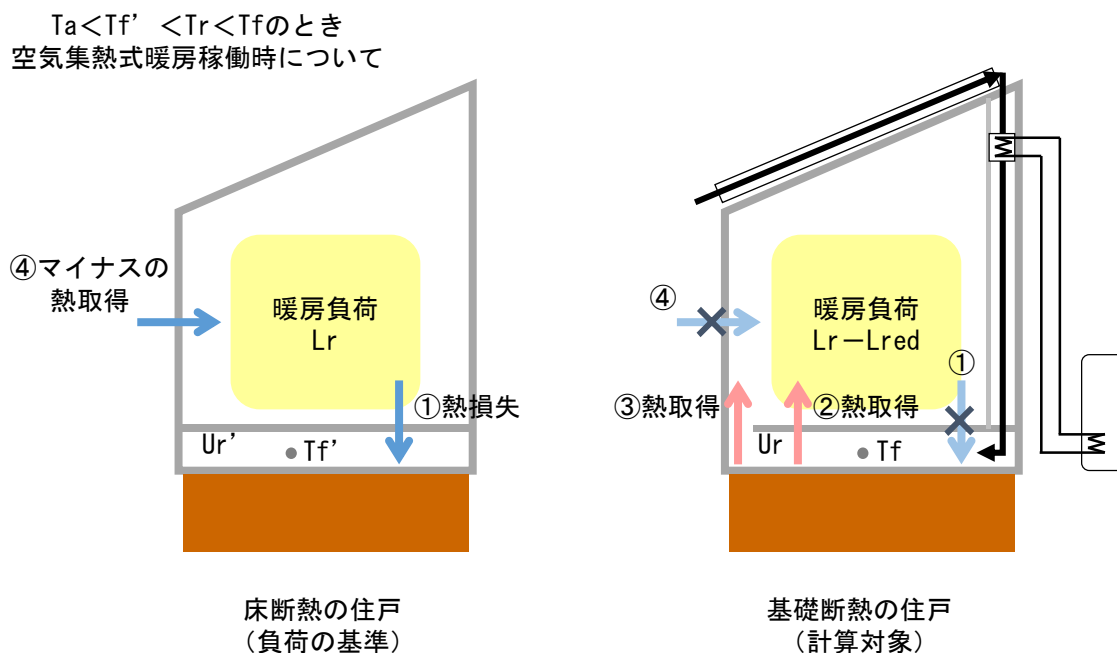


図 1.7.4 暖房負荷に影響を与える要素のうち、空気集熱式太陽熱暖房に関する項目

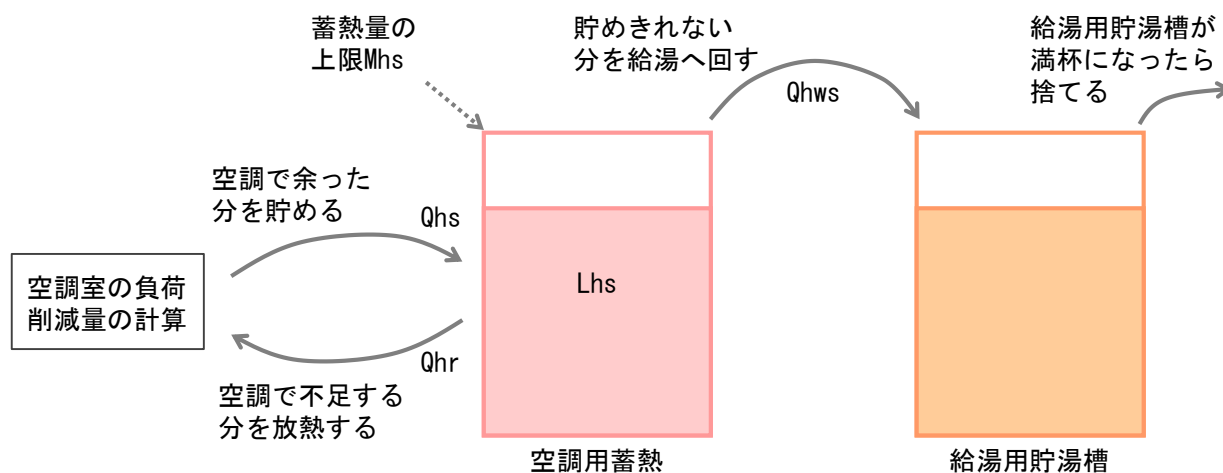


図 1.7.5 蓄熱の概念図

1.7.2 簡易評価法による簡易計算の結果と精緻なシミュレーション結果の比較

精緻なシミュレーション(以下、「詳細計算」と示す。)の結果と比較した、簡易評価法による計算(以下、「簡易計算」

と示す。)の結果を以下に示す。

比較を行ったのは、表 1.7.1 に示す 10080 ケースである。

設定条件等を表 1.7.2 に示す。

表 1.7.1 計算対象の住戸の断熱性能等床断熱性能の関係

項目	水準数	水準
A: 対象地域	7	A1:1 地域(北見)
		A2:2 地域(岩見沢)
		A3:3 地域(盛岡)
		A4:4 地域(長野)
		A5:5 地域(宇都宮)
		A6:6 地域(岡山)
		A7:7 地域(宮崎)
B: 断熱仕様	4	B1:H11 基準超相当
		B2:H11 基準相当
		B3:H04 基準相当
		B4:S55 基準相当
C: 空気集熱面積比	2	C1:33%
		C2:67%
D: 基礎部分UA値	3	D1:基準×0.5
		D2:基準×1.0
		D3:基準×1.5
E: 床下空間付加蓄熱体	5	E1:なし
		E2:500ml×1000(基準容量)
		E3:500ml×2000(容量2倍)
		E4:2000ml×250(基準容量)
		E5:2000ml×500(容量2倍)
F: 空気集熱方位・傾斜角	4	F1:南面 30°
		F2:南面 45°
		F3:東面 30°
		F4:西面 30°
G: 給湯使用量	3	G1:4 人家族相当
		G2:2 人家族相当
		G3:お湯とりなし
合計	10080	-

表 1.7.2 簡易計算の設定条件

項目	設定	備考
計算期間	6月8日～6月7日の1年間	最も暖房期間が長い1地域(北見)の暖房期間を考慮し、助走期間が3か月以上となるようにした。
集計対象期間	断熱地域区分別の暖房期間	断熱地域区分別の暖房期間は平成25年省エネルギー基準のとおり。
床下空気温度初期値	20°C	詳細計算結果における年間での床下空気温度の平均的な値を考慮した。
暖房設定温度	20°C	

(1) 暖房負荷

簡易計算で求めた暖房負荷は、詳細計算と比較してやや大きい傾向があるが、ほぼ一致する。

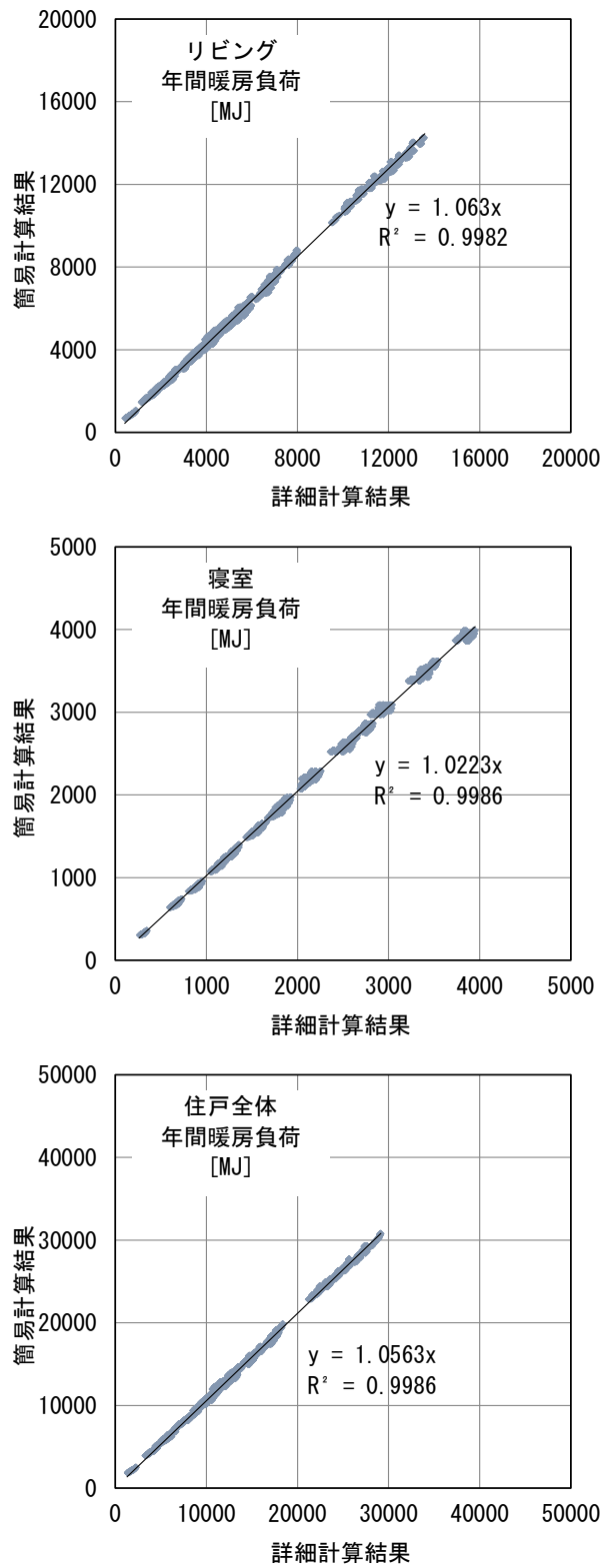


図 1.7.6 暖房負荷の比較 (上)1階代表室(リビング) (中)2階代表室(寝室) (下)住戸全体

(2) 給湯

簡易計算で求めた暖房期間の給湯負荷は、詳細計算と比較してやや大きい傾向があるが、高い相関があり、傾きも1に近づいている。

一部、簡易評価法での負荷の予測値が詳細計算と比較して大きいケースがある(図 1.7.7 ○で示した範囲内のケース)。これは主に、暖房で余った熱量を給湯用余剰熱量として使用するモデルにおいて、給湯用余剰熱量の予測精度が高くないことに起因すると推察される。簡易評価法と詳細計算の結果の差が大きいのは、5 地域の空気集熱方位・傾斜角が西面 30° のケースである。5 地域の代表都市の宇都宮は、他の地域の代表都市と比較して、暖房期間の日射量が大きい傾向があり、従って給湯用余剰熱量が大きくなると考えられる。また、集熱器を西面に設置したケースでは、午後の集熱量が大きくなるが、集熱量の大きい日の午後は日射の影響により空調室でオーバーヒートが起こりがちとなり、多くの熱が給湯用として使用されることになる。しかしながら、簡易評価法における給湯用余剰熱量の予測値が小さめに推定されてしまっているために、簡易評価法と詳細計算の結果のずれが生じているものと推察される。

このずれを解消するため、空調用蓄熱のモデル等を見直して給湯用余剰熱量の推定の精度を高めることが、今後の課題として挙げられる。

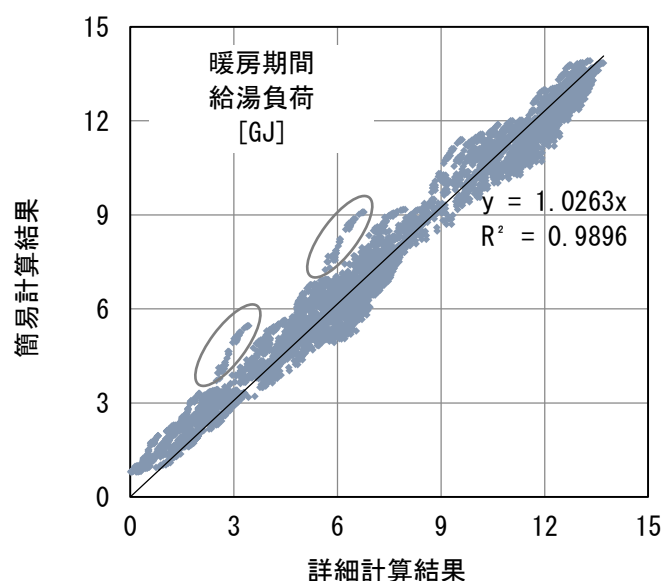


図 1.7.7 暖房期間給湯負荷の比較

1.8 まとめと今後の課題

1.8.1 まとめ

本調査は再生可能エネルギーの活用方法として期待される空気集熱暖房・給湯システムの簡易評価法の確立を目的とする。簡易評価法は、システムを構成する集熱器、貯湯槽、床下空間の熱収支式を基に別途与えられる空気集熱暖房・給湯システムを採用しない建物における暖房、給湯負荷に対し、その削減量を求める方法である。簡易評価法は、4 棟の実証棟で得られた実測データを用いて精緻なシミュレーションの精度を検証した上で、精緻なシミュレーションで計算した約 1 万 3 千ケースの結果で検証し、簡易評価法としては必要十分な精度であることを確認した。一方で、以下に述べるように実証データがごく短期間の測定期間であるなど、最終的

な簡易評価法の確立には課題もある。より長期間の実測データを取得した後に再度検証することで簡易評価法が確立することが期待される。

1.8.2 今後の課題

(1) 熱収支式を基礎とする評価法の構築

- ① 屋根面の集熱器の期間効率(Σ 集熱量/ Σ 日射量)モデルは方位、空気集熱面積比、集熱器仕様から統計的に求めるモデルとしたが、地域の違いなど説明できない部分がある。また、時々刻々の瞬時効率に期間平均効率を適用するには問題があるため JIS A 4112 太陽集熱器における集熱効率特性線図の定数 b_0 および一時係数 b_1 を用いるモデルとすることも検討する。
- ② 現状のモデルでは、集熱量の内、暖房負荷削減の余剰分を室や貯湯槽への蓄熱に利用する方法としておりオーバーヒートの熱量が過小に計算されているため給湯負荷削減に、詳細計算との多少のずれが生じている。また、簡易評価法では室や貯湯槽の熱損失を見ていないため評価が過大となる場合がある。
- ③ 本調査で扱った空気集熱暖房・給湯システムでは集熱温風を床下空間へ吹き出すことから、床下空間の熱損失の計算精度が非常に重要となる。既存の計算モデルでは 2 次元ないし 3 次元の伝熱モデルから年間の熱損失量を 1 次元でモデル化する回帰式が提案され、この 1 次元でのモデル化を流用しているが、床下の内外温度差が大きい空気集熱暖房・給湯システムではより高精度なモデルを適用することが求められる。
- ④ 空気集熱暖房・給湯システムのように自然エネルギーのようなエネルギー密度が低く不安定なエネルギー源を使用する場合、集熱を最大限に活用するためには室温を極力低くする必要がある。そのため、設定する暖房スケジュールの影響が大きい。簡易評価法では空気集熱暖房・給湯システムがない場合の暖房負荷は別途与えられ、システム適用時の暖房負荷削減量を熱収支式から求める方法としたが、この方法では柔軟な暖房スケジュールの変更に対応できないため、何らかの対応が必要である。また、床下空間を加熱することによる床暖房の効果も期待されるため、室内の放射環境は向上するため空気温度は低くすることもできる。これらの影響も考慮する必要があると考えられる。

(2) 実測データを用いた評価法精度の確認

- ① 検証に用いた実測データの期間が短かったため、今冬に長期間での実測データを用いた検証を行う。また、計測点の制約から自然室温での検証を行ったが、ここで構築する簡易評価法が暖房負荷削減量、給湯負荷削減量を算出するものであるため、暖房や給湯の熱量による検証も行う必要がある。
- ② 検証対象の物件は十分な断熱性能を有し暖房の貫流熱負荷を極限まで軽減している。このため、検証にあたってはすきま風による熱損失の影響が相対的に大きいと考えられるが、検証物件のすきま風量を推定することができず 0 回/h として検証した。検証結果に対してはこれらの影響が大きいと考えられるため気密測定や換気量測定などにより大まかな性能を把握することで検証精度の向上が期待できる。
- ③ 測定においては風量等の測定値から現在の動作モード(集熱、室内循環、排気、集熱停止など)を推定しているため正確性を判断できない。また、空気集熱システムは、リモコンで室温を測定して制御していると考えられるが、室温の測定値とおそらくかい離があり動作モードの把握がさらに難しくなっている。

空気循環太陽熱暖房システムの評価法構築

1.9 簡易評価法の構築の概要

1.9.1 はじめに

拡張外壁置換法は、従来の熱負荷計算法である単室計算において、隣接する非空調室の定常熱収支式から置換係数を求め、その係数を用いて非空調空間の外壁、空間、空調空間との間の内壁を一つの外壁として置換する手法であり、過去の研究³⁾によりその実用性が実証されている。

本章では、簡易評価法による詳細なフローについて述べるとともに、その再現精度について報告する。なお、検証には EESLISM(Energy and Environment Simulator with Linear System Model)を使用した。

1.9.2 拡張外壁置換法

まず、簡易評価法のベースとなる拡張外壁置換法について、その概念と手法を解説する。

図 1.9.1 に拡張外壁置換法の概念図を示す。拡張外壁置換法は、隣接する非空調室を、空調室の一部として熱負荷計算を行う手法であり、今回この手法をダブルスキンやトロンブウォールの外壁置換へ適応する。具体的にはダブルスキンについて定常状態を仮定した熱収支式を立て、室空気温度を消去するとともに置換係数を考慮して外皮を設置室の外壁として置換を行う。

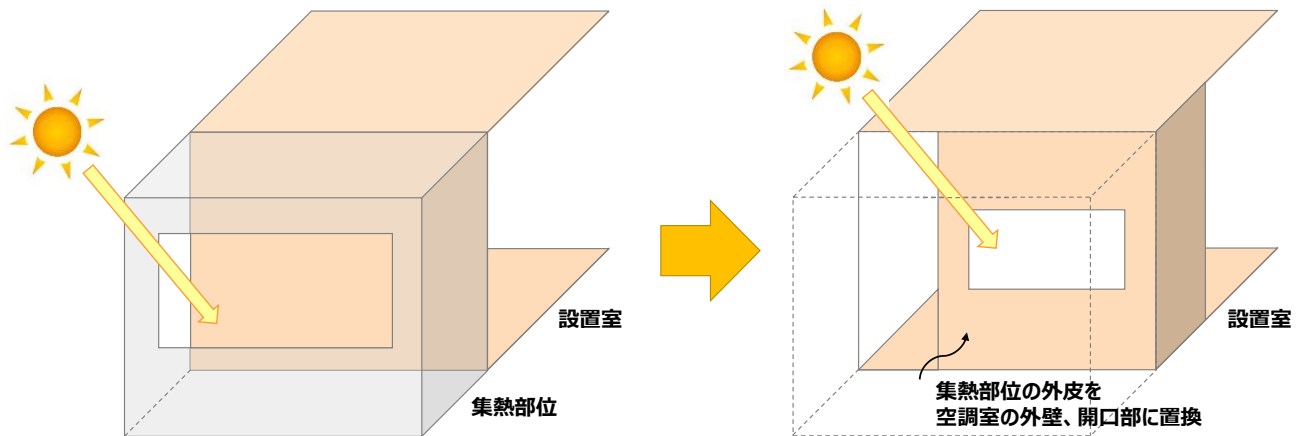


図 1.9.1: 拡張外壁置換法の概念

集熱部位内部の空気について定常状態を想定した時の熱収支式は(1)式のように表せる。

$$\sum_{ex} U_{ex} \cdot A_{ex} \cdot (SAT_{ex} - T_a) + \left(\sum_w U_w \cdot A_w + ca \cdot \rho a \cdot V_o \right) \cdot (T_o - T_a) + q_{in} + q_{sol} + C \cdot (T_r - T_a) = 0 \quad (1)$$

$$C = \sum_i U_i \cdot A_i + ca \cdot \rho a \cdot V_r \quad (2)$$

(1)式と(2)式より、集熱部位温度 T_a について整理すると(3)式になる。

$$T_a = \frac{\sum_{ex} U_{ex} \cdot A_{ex} \cdot SAT_{ex} + (\sum_w U_w \cdot A_w + ca \cdot \rho a \cdot V_o) \cdot T_o + q_{in} + q_{sol} + C \cdot T_r}{\sum_{ex} U_{ex} \cdot A_{ex} + \sum_w U_w \cdot A_w + ca \cdot \rho a \cdot V_o + C} \quad (3)$$

集熱部位と設置室の内壁を通しての貫流熱量 q_i も定常状態を想定すると(4)式になる。

$$q_i = \sum_i U_i \cdot A_i \cdot (T_a - T_r) \quad (4)$$

³⁾ 木本慶介、石野久彌、郡公子、佐藤誠、村上周三: 熱負荷計算における非空調空間の仮定法に関する研究 第2報 拡張外壁置換法への展開、空気調和・衛生工学会論文集 No.205, pp.1-8, 2014.4

(3)式を(4)式に代入して整理すると(5)式となる。なお、日射取得は窓の貫流負荷で算出した窓面積により自動的に計算される。

$$q_i = \sum_{ex} f_i \cdot U_{ex} \cdot A_{ex} \cdot (SAT_{ex} - T_r) + \left(\sum_w f_i \cdot U_w \cdot A_w + f_i \cdot ca \cdot \rho a \cdot V_o \right) \cdot (T_o - T_r) + f_i \cdot q_{in} \quad (5)$$

ここで、 f_i は置換係数であり、(6)式のように表される。

$$f_i = \frac{\sum_i U_i \cdot A_i}{\sum_{ex} U_{ex} \cdot A_{ex} + \sum_w U_w \cdot A_w + ca \cdot \rho a \cdot V_o + C} \quad (6)$$

【記号】 サフィックス ex : 外皮番号, サフィックス w : 開口部番号, サフィックス i : 内壁番号

A : 面積[m²], C : 集熱部位の設置室側熱損失係数[W], ca : 空気の定圧比熱(= 1005)J/(kg · K),

ρa : 空気の密度(= 1.2)[kg/m³], q_i : 設置室の貫流熱量[W], q_{in} : 集熱部位の内部発熱量[W],

q_{sol} : 集熱部位の日射取得量[W],

SAT : 相当外気温度[°C], T_a : 集熱部位の室温[°C], T_o : 外気温[°C], T_r : 設置室の室温[°C]

U : 熱貫流率[W/(m² · K)], V_o : 集熱部位のすきま風量[m³/s], V_r : 集熱風量[m³/s]

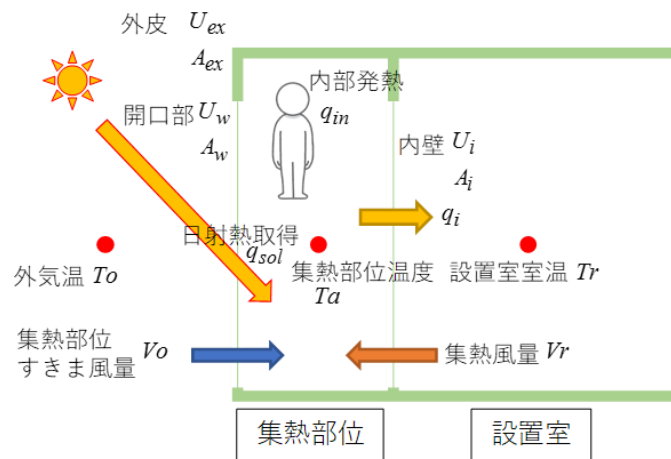


図 1.9.2:集熱部位内部空気の熱収支式モデル図

この f_i は、集熱部位の熱損失係数のうち、内壁 i から損失する比率であり、表 1.9.1 に示すように、これに集熱部位の外壁面積、窓面積、換気量、内部発熱量を乗じること、集熱部位の外壁、窓、すきま風、内部発熱が設置室にあるように置き換えることができる。

表 1.9.1:拡張外壁置換法による置換係数

置換係数	$f_i = \frac{\sum_i U_i \cdot A_i}{\sum_{ex} U_{ex} \cdot A_{ex} + \sum_w U_w \cdot A_w + ca \cdot \rho a \cdot V_o + C}$
置換外壁面積	$\bar{f}_i \cdot A_{ex}$
置換窓面積	$\bar{f}_i \cdot A_w$
置換すきま風量	$f_i \cdot V_o$
置換内部発熱	$f_i \cdot q_{in}$

1.9.3 簡易評価手法

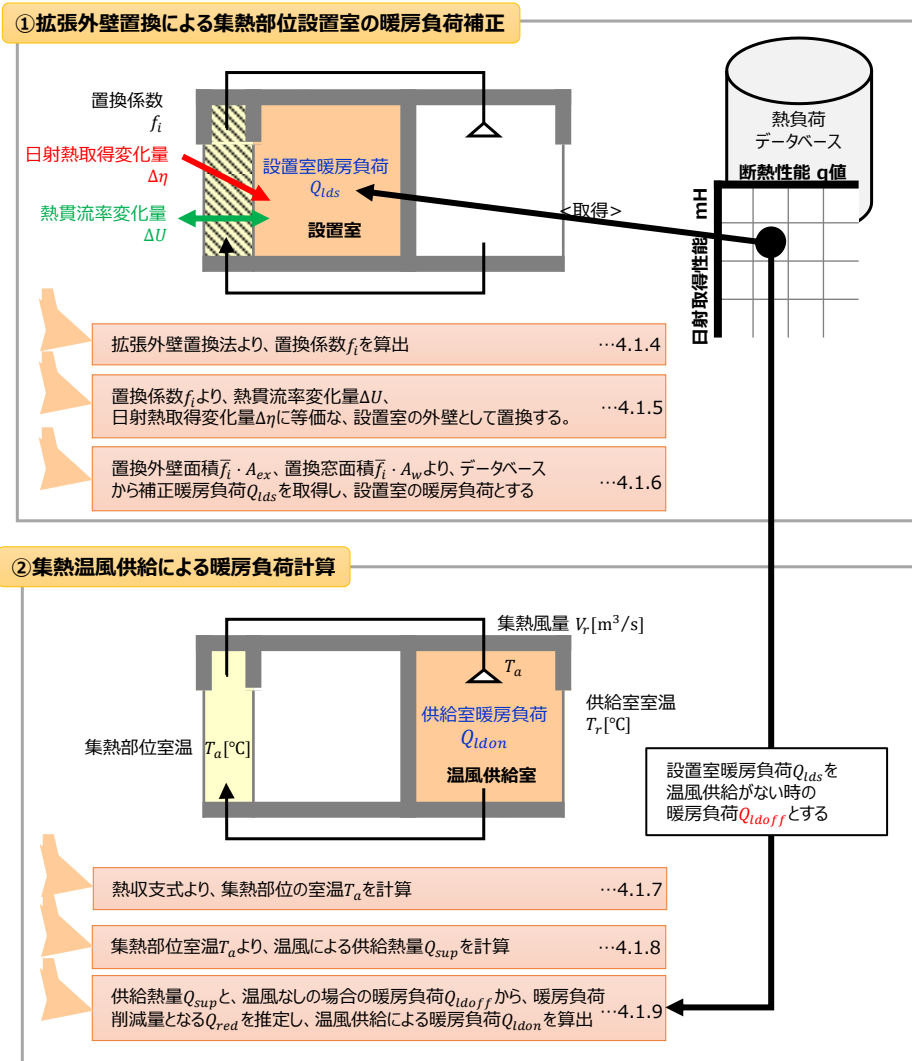


図 1.9.3:簡易評価フロー

1.9.4 外壁置換法による置換係数の算出

1.9.2 章で述べた拡張外壁置換法に基づき、置換係数を求める。

1.9.5 置換係数による外壁置換

集熱部位を設置することによる設置室の熱貫流率変化量 ΔU と日射取得変化量 $\Delta\eta$ は、1.9.4 で求めた置換係数を用いて、その変化量に等しい外壁とし集熱部位の設置室側に置換することができる。そこで1.9.2 章の表 1.9.1 に示したように、設置室への置換外壁面積 $\bar{f}_i \cdot A_{ex}$ と、置換窓面積 $\bar{f}_i \cdot A_w$ を求める。

1.9.6 熱負荷データベースより補正暖房負荷の取得

1.9.5 で求めた置換外壁面積 $\bar{f}_i \cdot A_{ex}$ と置換窓面積 $\bar{f}_i \cdot A_w$ を用いて、熱負荷データベースより暖房負荷データを取得する。取得する際はデータ補完を行い時々刻々の暖房負荷データを求める。そしてこの暖房負荷を、集熱部位を設置した場合の補正暖房負荷 Q_{lds} とする。

1.9.7 熱収支式より集熱部位室温を算出

1.9.2 章(3)式より、集熱部位室温 T_a を求める。ただし、(3)式は定常状態を前提としており、日射の集熱部位空気温度上昇の遅れを加味していない。そのため、熱収支式に集熱部位の有効熱容量 M_{cap} を導入すると、(1)式は以下の(7)式のように表される。

$$\sum_{ex} U_{ex} \cdot A_{ex} \cdot (SAT_{ex} - T_a) + \left(\sum_w U_w \cdot A_w + ca \cdot \rho_a \cdot V_o \right) \cdot (T_o - T_a) + q_{in} + q_{sol} + C \cdot (T_r - T_a) = M_{cap} \cdot \frac{\Delta T_a}{\Delta t} \quad (7)$$

すると、室温 T_a は次の(8)式で求めることができる。

$$T_a = \frac{\sum_{ex} U_{ex} \cdot A_{ex} \cdot SAT_{ex} + (\sum_w U_w \cdot A_w + ca \cdot \rho_a \cdot V_o) \cdot T_o + q_{in} + q_{sol} + C \cdot T_r + M_{cap} \cdot T_{a(i-1)}/\Delta t}{\sum_{ex} U_{ex} \cdot A_{ex} + \sum_w U_w \cdot A_w + ca \cdot \rho_a \cdot V_o + C + M_{cap}/\Delta t} \quad (8)$$

* $T_{a(i-1)}$: Δt 前の集熱部位室温[°C]

本検証では、単位表面積当たりの熱容量を $20 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{K}$ とし、集熱部位空間の壁面総面積に比例させる。設置室の室温 T_r は未知であるが、空調設定温度とする。また、集熱ファンが稼働している時間帯の集熱部位の室温 T_a の再現精度が必要となるため、集熱風量 V_r は集熱ファンが稼働した場合の集熱風量を計算に使用する。

1.9.8 温風による供給熱量の算出

集熱部位の室温は、各空調室へ送風される集熱温度となるため、室温 T_a が分かれば、空調室への供給熱量 Q_{sup} は、次の(9)式で求めることができる。なお、温風供給される側の室温 T_r は空調設定温度とする。

$$Q_{sup} = ca \cdot \rho_a \cdot V_r \cdot (T_a - T_r) \quad (9)$$

1.9.9 温風供給による暖房負荷の算出

空気循環太陽熱暖房システムを導入していない場合の暖房負荷は既知(設置室の補正暖房負荷 Q_{lds})であり、これより前項で求めた供給熱量 Q_{sup} を減算すれば、理屈では各空調室の暖房負荷低減効果を推定することができる。しかし、単純に供給熱量のすべてが暖房負荷削減となるわけではないため、供給熱量のうち、暖房負荷削減に寄与する分を推定する必要がある。

空気循環太陽熱暖房システムを導入していない場合の空調室暖房負荷を Q_{ldoff} 、供給熱量 Q_{sup} のうち暖房負荷削減に寄与する負荷削減量を Q_{red} とすると、空気循環太陽熱暖房システムを導入した場合の空調室暖房負荷 Q_{ldon} との関係はそれぞれ図 1.9.4 のように表される。

これを次の(10)、(11)式のように定義し、空調室暖房負荷 Q_{ldon} を求める。

$$Q_{ldon} = Q_{ldoff} - Q_{red} \quad (10)$$

$$\text{ただし、} Q_{red} = \text{Min}(Q_{sup}, Q_{ldoff}) \quad (11)$$

以上より、集熱部位からの温風供給を想定した場合の暖房負荷削減効果を推定することができる。

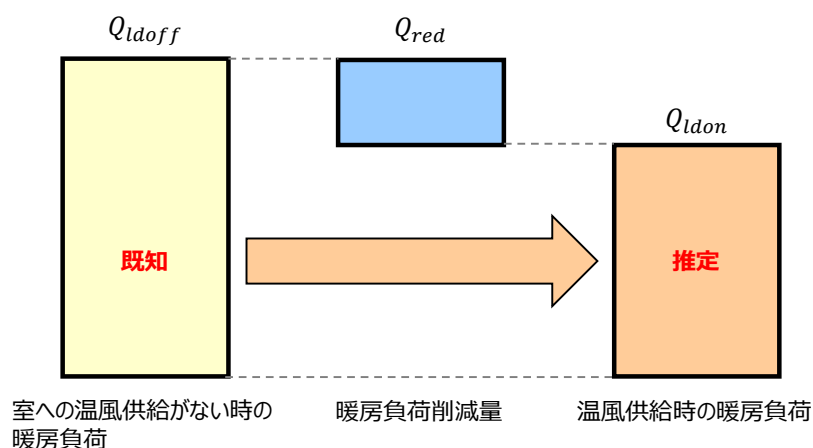


図 1.9.4:温風供給時の暖房負荷

1.10 実証データに基づく精緻なシミュレーションプログラムの検証

1.10.1 検証物件概要

検証は、「太陽熱活用システムの実住宅での評価」事業で建設された 6 棟(旭川、札幌、岩手、福井、愛知、宮崎)から福井実証棟と宮崎実証棟を選定して実施した。実証住宅の概要を表 1.10.1 に示す。両実証住宅とも 2 階南方位にダブルスキンを有し、福井実証住宅では 1 階南面外壁にトロンブウォールを有する。外皮平均熱貫流率 UA 値は $0.3\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ を下回っており、当該地域の省エネ基準の基準値を大幅に満たしている。

検証は、空調 ON 期間と空調 OFF 期間をそれぞれ行い、各条件での測定期間 6 日間のうち初日を助走期間として検証期間からは除いて行った。なお、床下空間については大きな熱容量を有し 1 日間の助走期間では十分ではないため、床下については測定値を床下の空調設定温度として使用することとした。

表 1.10.1 実証住宅の概要

		福井実証棟	宮崎実証棟
気象	省エネ基準地域区分	5 地域	7 地域
	条件	冬期日射地域区分	H1
建物概要	延床面積[m ²]	149.4	115.5
	ダブルスキン面積[m ²]	13.5	9.0
	トロンブウォール面積[m ²]	3.0	0.0
	外皮等面積合計[m ²]	461.1	350.9
	UA 値[W/m ² K]	0.28	0.26
	ηA 値[-]	2.61	1.72
断熱仕様	屋根	吹付け硬質ウレタンフォームA種 3 200mm	吹付け硬質ウレタンフォームA種 3 200mm
	外壁	吹付け硬質ウレタンフォームA種 3 100mm + ポリスチレンフォーム 3 種 40mm(外張り)	吹付け硬質ウレタンフォームA種 3 80mm + ポリスチレンフォーム 3 種 50mm(外張り)
	基礎	吹付け硬質ウレタンフォームA種 3 100mm	吹付け硬質ウレタンフォームA種 3 100mm
	開口部(一般開口部)	Low-Eトリプルガラス+樹脂サッシ	Low-Eトリプルガラス+樹脂サッシ
	開口部	普通ペアガラス+樹脂サッシ	普通ペアガラス+樹脂サッシ

		福井実証棟	宮崎実証棟
(ダブルスキン集熱部)			
設備	計画換気	第1種全熱交換換気(弱) 風量:210m ³ /h、熱回収効率:80% 空調機械室へ給気。洗面脱衣室、ユーティリティ、トイレ×2、クローゼット、下駄箱より排気(計6か所)	第1種全熱交換換気(弱) 風量:178m ³ /h、熱回収効率:90% 空調機械室へ給気。洗面脱衣室、トイレ、ウォークインクローゼットより排気(計3か所)

1.10.2 検証方法

(1) シミュレーションプログラム

検証に用いるシミュレーションプログラムは EESLISM for Windows 7.2 を一部改良して用いた。

(2) 検証期間と検証時の測定条件

表 1.10.2 に検証期間と検証時の測定条件を示す。検証は 2015 年 10 月～2016 年 2 月の測定データで行った。福井実証棟については、2015 年 10 月 30 日にダブルスキン内部に断熱補強を行ったため、空調あり期間はダブルスキンに断熱補強がされているが、空調なし条件の断熱補強はない。

表 1.10.2 検証期間と検証時の測定条件

パターン	福井実証棟		宮崎実証棟	
	空調あり	空調なし	空調あり	空調なし
期間	2015 年 12 月 6 日～ 12 月 12 日	2015 年 10 月 17 日～ 10 月 23 日	2016 年 2 月 7 日～ 2 月 13 日	2015 年 10 月 19 日～ 10 月 25 日
ダブルスキンの黒いカーテンの有無	有	無	有	無
ダブルスキンの断熱補強	有	無	—	—
局所換気(浴室)の稼働状況(稼働・停止)	停止	停止	停止	停止
計画換気の運転状況(強・弱・停止)	弱	弱	弱	弱
カーテン・ハニカムカーテンの開閉状況: 南側(開・閉)	スリット状 カーテン 閉 ⁴	スリット状 カーテン 閉 ⁴	開	開
カーテン・ハニカムカーテンの開閉状況: 南側以外(開・閉)	閉	閉	閉	閉
暖房設定温度	22℃	—	22℃	—

(3) 検証期間

表 1.10.2 に示す検証期間の初日を助走期間として実測値と比較。

⁴ スリット状カーテンの形状が複雑なこと、開口部ガラスの日射熱取得率が低い($\eta=0.33$)ことから、カーテンによる影響が限定的と考え、カーテンは無視した。

(4) 検証時の計算時間間隔

1 時間間隔。

(5) 気象データの整備

1) 外気温度、外気湿度、水平面全天日射量

10 分間隔の測定値の毎正時前後 30 分平均値を当該時刻気象データとする。

2) 直散分離

30 分間隔の水平面全天日射量を宇田川の式で直散分離し、毎正時前後 30 分平均値を当該時刻の法線面直達日射量、水平面天空日射量とした。

3) 夜間放射量

拡張アメダスの方法(アメダスデータの日照時間より雲量を推定する方法)を使用する。

日照時間は近隣のアメダス観測値(福井実証棟は福井、宮崎実証棟は宮崎)を用いた。

当該時刻、次の 1 時間の推定夜間放射量の平均値を当該時刻の夜間放射量とした。

夜間の日照時間は日没時刻(完全に日が出ている時間帯)と翌日早朝(完全に日が出ている時間帯)の日照時間との間で直線補間した。

4) 風向・風速

熱負荷計算では使用しないためダミー値を入れた。

(6) 表面熱伝達率

検証で用いる表面熱伝達率は表 1.10.3 による。シミュレーションに用いた EESLISM は室内表面の熱収支として対流と放射を分離している。室内側対流熱伝達率は、表 1.10.3 に示す総合熱伝達率より放射熱伝達率を $4.5\text{W/m}^2\text{K}$ と仮定して用いた。

表 1.10.3 表面総合熱伝達率(単位:[W/m²K])

部位	室内側	屋外側
部位によらず	—	23.3
垂直部位	9.1	—
天井	11.1	—
床	6.7	—

(7) 壁体構成部材の熱定数

壁体構成部材の熱定数には、公益社団法人空気調和・衛生工学会の「試して学ぶ熱負荷 HASPEE ～新最大熱負荷計算法～」(平成 24 年 10 月 31 日 初版第 1 刷発行)を用いた。

(8) 実験条件モデル化の特記事項

- ① 床下空間の熱容量が大きく 1 日では助走期間が短いため、実測値を床下空間の空調設定温度として入力

した。

- ② 室内は基本的に 20°C に空調されており温度変動が小さく、設置容量も少ない PCM 建材は無視した。
- ③ 室内発熱は実証条件と同様に無視した。
- ④ 搬送用のダクトの熱損失、送風ファンの発熱などは無視した。
- ⑤ 躯体の熱橋は一般部、熱橋部の平均熱貫流率が一致するように、一般部の断熱材を調整して入力した。
- ⑥ 各室には各室気積当たり 12.6kJ/m³K の熱容量を室内空気の熱容量に加算した。
- ⑦ すきま風は設定根拠に乏しくゼロとした。
- ⑧ 地面の反射率はゼロとした。

1.10.3 検証のための用語の定義

集熱部位周りの検証で用いる用語を以下のように定義する。

(1) 集熱量

集熱量は、(1.10.1)式による。

$$Q_c = c \cdot \rho \cdot V \cdot (T_c - T_{cin})$$

(1.10.1)

ここで、 Q_c : 集熱量[W]、 c : 空気の低圧比熱[J/kgK] (=1005)、 ρ : 空気の密度[kg/m³] (=1.2)、 V : 集熱風量[m³/s]、 T_c : 集熱部位温度[°C] (実測: 集熱部位出口温度、シミュレーション: 集熱部位室温)、 T_{cin} : 集熱部位入口温度[°C]

(2) 集熱効率

集熱効率は、(1.10.1)式で求めた集熱量と南面入射日射量から(1.10.2)式によって求める。

$$\eta = Q_c / (I_w \cdot A_c)$$

(1.10.2)

ここで、 η : 集熱効率[-]、 I_w : 集熱部位の開口部入射日射量[W/m²]、 A_c : 集熱部位の開口部面積[m²]

1.10.4 検証結果

(1) 福井実証棟の例

① 空調あり(検証期間 2015年12月8日~12月12日)

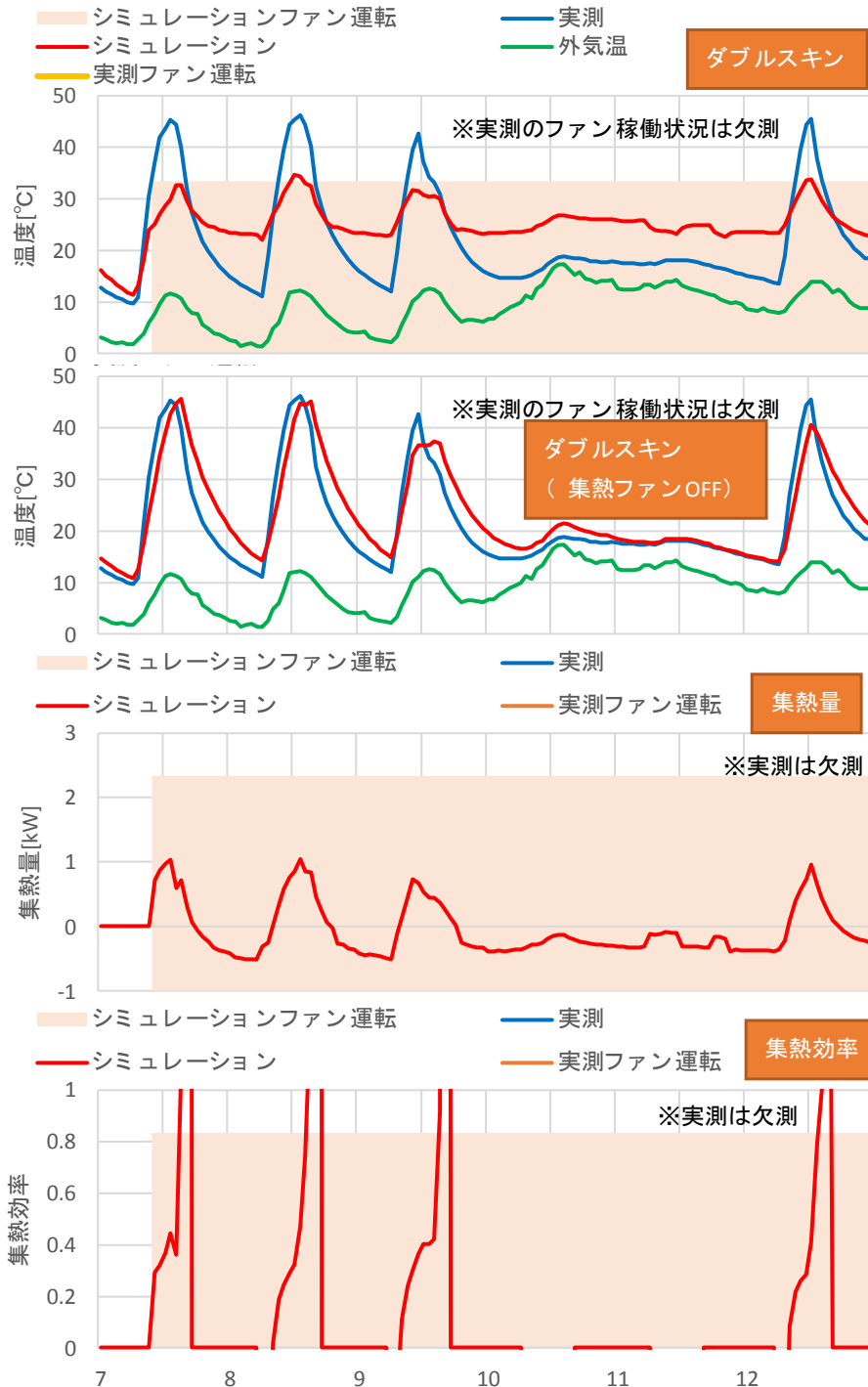


図 1.10.1 福井実証棟におけるダブルスキンの温度、集熱量、集熱効率の検証結果(改良日射熱取得モデル、2015/12/8~12/12)

※ 集熱ファン OFF は参考

② 空調なし(検証期間 2015年10月18日~10月23日)

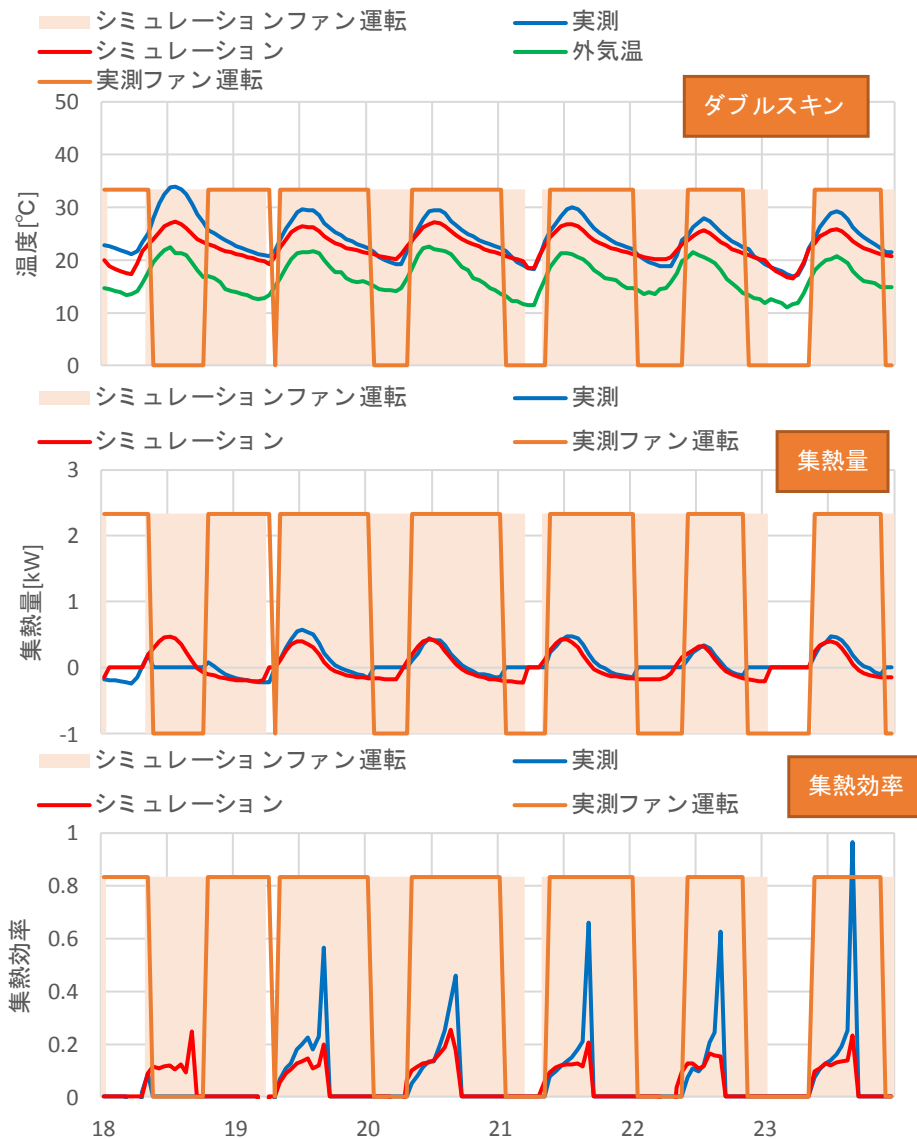


図 1.10.2 福井実証棟におけるダブルスキンの温度、集熱量、集熱効率の検証結果(改良日射熱取得モデル、2015/12/8~12/12)

(2) 考察

集熱部位の温度、集熱量、集熱効率ともにシミュレーションと実測が一致することを確認した。

1.10.5 まとめと課題

- ① 空調あり条件におけるシミュレーションの室内居室温度は、実測値をよく再現している。
- ② 集熱部位の日射透過率を集熱部位の日射透過率を使用すると、ダブルスキン空間にいったん透過したのち、開口部から屋外に短波長放射で放熱される部分が再現していないため、実測に比べてシミュレーションの集熱部位温度が高くなる傾向にある。このため、透過率×室内等価日射吸収率($\tau\alpha$)を集熱開口部の透過率とすることで、集熱部位内部の温度は実測値に近い傾向を示し、集熱効率も実測値を再現することを

確認した。

③ 検証には集熱部位の対流熱伝達率は省エネ基準に示される部位の熱伝達率から放射熱伝達率を4.5W/m²Kと仮定して求めているが、この精度を高めることやダクトの圧力損失を考慮していない集熱風量を採用したため、ダクトの圧力損失を考慮することでより実測値に近い傾向となることが予想される。

④ 福井実証棟に設置されているトロンブウォールの実証データを用いた検証は、未知要因が多くシミュレーションと実測値が大きくかい離している。トロンブウォールの検証は今後の課題とする。

1.11 簡易評価法検証のためのシミュレーションケーススタディ

1.11.1 はじめに

本章では、次章で行う空気循環太陽熱暖房システムの簡易評価法の検証のために、精緻なシミュレーションによるケーススタディを実施する。

1.11.2 シミュレーションケーススタディ

簡易評価法の検証は、**エラー! 参照元が見つかりません。**に示す検証フローに沿って行う。また、検証は表1.11.1に示す水準の組み合わせにより、全1,440ケースに対して行う。

表 1.11.1:簡易評価法精度確認のための検証パターン

項目	水準数	想定する水準
A:対象地域	2	1 地域(北見)
		5 地域(宇都宮)
B:断熱仕様	3	H04 基準相当
		H11 基準相当
		H11 基準超相当
C:延床面積当たり集熱面積	4	ダブルスキン 10%(見付面積:12m ²)
		ダブルスキン 20%(見付面積:22m ²)
		トロンブウォール 10%(見付面積:12m ²)
		トロンブウォール 16%(見付面積:19.3m ²)
D:集熱部位の開口部仕様	4	外側複層ガラス,空気集熱面日射吸収率 0.5
		外側複層ガラス,空気集熱面日射吸収率 0.9
		外側 LowE 複層ガラス,空気集熱面日射吸収率 0.5
		外側 LowE 複層ガラス,空気集熱面日射吸収率 0.9
E:空気循環量	3	300m ³ /h
		600m ³ /h
		1,200m ³ /h
F:集熱部位方位	5	東
		南東
		南
		南西

項目	水準数	想定する水準
		西
計	1,440	

1.11.3 シミュレーションの設定条件

(1) モデル住宅

シミュレーションに用いたモデル住宅は、前回と同様に省エネ基準のモデル住宅(120m²)とした。全室 24 時間暖房とし、設定温度は 20℃とする。また、全てのケースにおいて集熱部位から温風が供給される部屋は図 1.11.1 の北側に位置する赤く色づけされた部屋、計 11 室である。

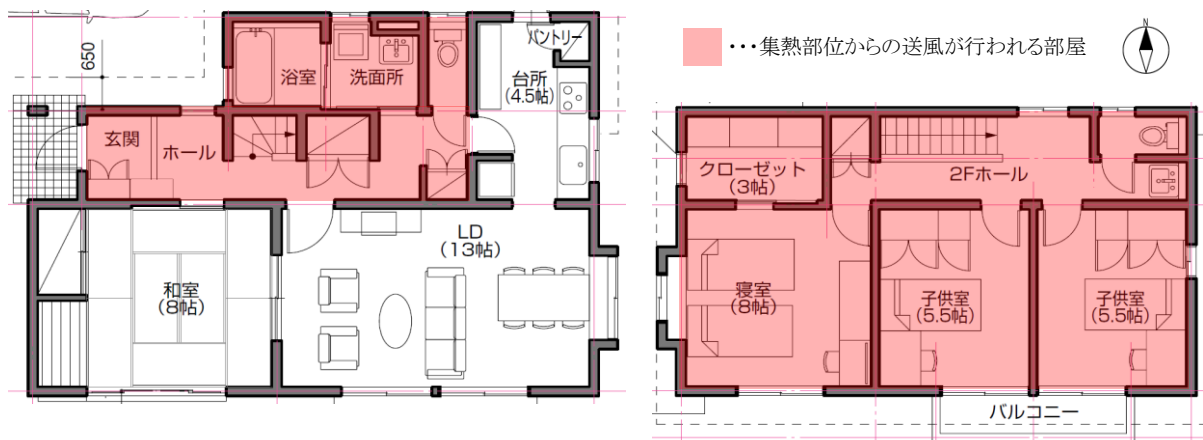


図 1.11.1:省エネ基準モデル住宅(左:1階、右:2階)

(2) 対象地域

ケーススタディで扱う気候区分と代表都市、暖房期間は平成 25 年省エネ基準に従う。またシミュレーションには 1995 年の拡張アメダス気象データを用いた。

表 1.11.2:対象地域と暖房期間

地域区分	都市名	緯度	経度	暖房期間	暖房日数
1	北見	43.82	143.91	9月24日~6月7日	257日
5	宇都宮	36.55	139.87	10月10日~5月15日	218日

(3) 断熱仕様

断熱性能は、省エネ基準に従い平成 4 年基準相当、平成 11 年基準相当、平成 11 年基準超相当の 3 水準で行う。各対象地域における外壁および開口部面積と、それぞれの基準における熱貫流率を表 1.11.3 に示す。

表 1.11.3:対象地域と Q 値、部位別熱貫流率

地域	部位	面積 [m ²]	H11 基準超相当 [W/(K・m ²)]	H11 基準相当 [W/(K・m ²)]	H04 基準相当 [W/(K・m ²)]
1 地域	Q 値		1.4	1.6	1.8
	天井	67.92	0.18	0.17	0.23

地域	部位	面積 [m ²]	H11 基準超相当 [W/(K・m ²)]	H11 基準相当 [W/(K・m ²)]	H04 基準相当 [W/(K・m ²)]
	外壁	148.32	0.27	0.35	0.45
	床	65.41	0.27	0.32	0.43
	窓	22.03	1.90	2.33	2.33
	玄関ドア	3.24	1.90	2.33	2.33
5 地域	Q 値		1.9	2.7	4.2
	天井	67.92	0.18	0.27	0.74
	外壁	138.13	0.36	0.54	0.86
	床	65.41	0.37	0.55	1.36
	窓	28.71	2.91	4.65	6.51
	玄関ドア	3.51	2.91	4.65	6.51

実際のシミュレーションにおける各断熱仕様条件は、表 1.11.4 に示す壁体構成を基に、それぞれの基準における熱貫流率を満たすような断熱材の厚さを逆算して求めることで設定する。実際にシミュレーションで使用した断熱材厚さを表 1.11.5 に示す。なお、集熱部位の外壁、天井、床もこの断熱仕様と同じ設定とした。

表 1.11.4:壁体構成と厚さ、熱伝導率

部位	素材	厚さδ [mm]	熱伝導率λ [W/(m・K)]
天井	住宅用グラスウール断熱材 10K 相当	(熱貫流率より逆算)	0.050
	石膏ボード	9.5	0.220
外壁	合板	12.0	0.160
	住宅用グラスウール断熱材 16K 相当	(熱貫流率より逆算)	0.045
	密閉空気層	-	11.111
	石膏ボード	9.5	0.220
床	住宅用グラスウール断熱材 16K 相当	(熱貫流率より逆算)	0.045
	合板	12.0	0.160

表 1.11.5:断熱仕様と断熱材厚さ

地域	部位	H11 基準超相当 [mm]	H11 基準相当 [mm]	H04 基準相当 [mm]
1 地域	天井	268.3	282.7	206.7
	外壁	147.9	111.6	83.7
	床	148.5	124.3	88.5
5 地域	天井	274.0	171.0	56.0
	外壁	108.2	67.6	36.4

地域	部位	H11 基準超相当 [mm]	H11 基準相当 [mm]	H04 基準相当 [mm]
	床	103.8	64.4	16.2

(4) 延床面積当たり集熱面積

集熱部位の集熱面積は、モデル住宅の延べ床面積を基準とし、ダブルスキンで延べ床面積の10%と20%、トロンプウォールで延べ床面積の10%と16%の4水準を想定した。また、検証を簡略化するため、それぞれのケースにおいて集熱部位が設置される室の開口部はモデル住宅の開口面積を維持する。表 1.11.6、表 1.11.7 に各水準における集熱部位設置条件を示す。

表 1.11.6:集熱部位設置条件(ダブルスキン)

ダブルスキン	面積[m ²]											比率[%]		
	合計	開口部					外壁					開口部	外壁	
		小計	寝室	子供室 1	子供室 2	小計	リビング	和室	寝室	子供室 1	子供室 2			
集熱面積 10%	1 地域	12.13	5.94	-	2.97	2.97	6.19	-	-	-	3.09	3.09	49.0	51.0
	5 地域	12.13	6.44	-	3.22	3.22	5.69	-	-	-	2.84	2.84	53.1	46.9
	外観													
集熱面積 20%	1 地域	21.98	7.76	1.82	2.97	2.97	14.22	-	-	6.55	3.83	3.83	35.3	64.7
	5 地域	21.98	8.17	8.17	3.22	3.22	13.81	-	-	6.64	3.58	3.58	37.2	62.8
	外観													

*集熱部位の奥行きは 910mm

表 1.11.7:集熱部位設置条件(トロンブウォール)

トロンブウォール	面積[m ²]												比率[%]	
	合計	開口部					外壁						開口部	外壁
		小計	寝室	子供室 1	子供室 2	小計	リビング グ	和室	寝室	子供室 1	子供室 2			
集熱面積 10%	1 地域	12.03	-	-	-	-	12.03	3.94	2.64	2.18	2.18	1.08	-	100.0
	5 地域	12.03	-	-	-	-	12.03	3.94	2.64	2.18	2.18	1.08	-	100.0
	外観													
集熱面積 16%	1 地域	19.29	-	-	-	-	19.29	5.28	5.28	4.37	2.18	2.18	-	100.0
	5 地域	19.29	-	-	-	-	19.29	5.28	5.28	4.37	2.18	2.18	-	100.0
	外観													

*集熱部位の奥行きは 500mm

(5) 集熱部位の開口部仕様

集熱部位の開口部は表 1.11.8 に示す 4 水準を想定する。実測値を用いた精緻なシミュレーションと同様に、ここでは集熱部位に入射した後、室内部位に吸収されずに屋外に反射する日射を考慮し、日射熱取得率を当該開口部の透過率と考え、集熱面の日射吸収率を乗じた $\tau\alpha$ を最終的な当該開口部の透過率としてシミュレーションを行った。

表 1.11.8:集熱部位の開口部仕様

開口部仕様	日射熱取得率 η	集熱面 日射吸収率 α	シミュレーションで使用した透過率 $\tau\alpha$	熱貫流率 [W/(m ² ・K)]
外側複層ガラス 空気集熱面日射吸収率小	0.63	0.5	0.3	4.65
外側複層ガラス 空気集熱面日射吸収率大	0.63	0.9	0.6	4.65
外側 LowE 複層ガラス 空気集熱面日射吸収率小	0.46	0.5	0.2	2.33
外側 LowE 複層ガラス 空気集熱面日射吸収率小	0.46	0.9	0.4	2.33

(6) 空気循環量

空気循環量は 300m³/hと 600m³/h、1,200m³/hの 3 水準を想定する。シミュレーションで設定した温風供給経路の一例を図 1.11.2 に示す。集熱ファンは集熱部位の室温が 1F ホールの室温に対して 3℃より上回った場合に稼働する設定とし、各温風供給室への送風量は表 1.11.9 に示すように各供給室の床面積で案分した。また、トロンブウォールのように集熱部位を複数設置する場合は、室温計算に必要な風量は表 1.11.10 に示すように各集熱部位の見付面積で案分した。

風量は床面積で案分

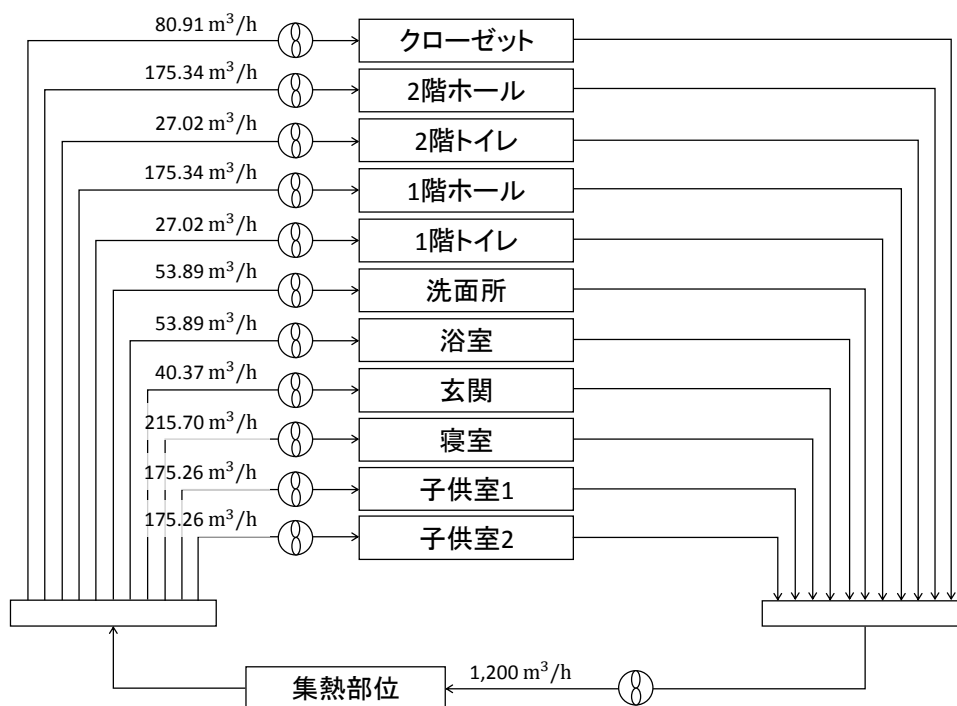


図 1.11.2:温風供給経路(トロンブウォール 20%、空気循環量 1,200m³/h の例)

表 1.11.9:温風供給室と送風量

室名	トイレ	洗面所	浴室	1階ホール	玄関	2階ホール	クローゼット	2階トイレ	寝室	子供室1	子供室2
床面積[m²]	1.66	3.31	3.31	10.77	2.48	10.77	4.97	1.66	13.25	10.77	10.77
空気循環量 [m³/h]	300m³/h	6.76	13.47	43.83	10.09	43.83	20.23	6.76	53.93	43.81	43.81
	600m³/h	13.51	26.94	87.67	20.19	87.67	40.46	13.51	107.85	87.63	87.63
	1,200m³/h	27.02	53.89	53.89	175.34	40.37	175.34	80.91	215.70	175.26	175.26

表 1.11.10:集熱部位と風量

集熱面積	室名	集熱部位①	集熱部位②	集熱部位③	集熱部位④	
トロンブウォール 10%	見付面積[m²]	9.65	2.39	-	-	
	空気循環量 [m³/h]	300m³/h	240.53	59.47	-	
		600m³/h	481.06	118.94	-	
		1,200m³/h	962.11	237.89	-	
トロンブウォール 16%	見付面積[m²]	9.65	4.82	2.18	2.64	
	空気循環量 [m³/h]	300m³/h	150.00	75.00	33.96	41.04
		600m³/h	300.00	150.00	67.93	82.07
		1,200m³/h	600.00	300.00	135.85	164.15

(7) 集熱部位方位

集熱部位の方位は東、南東、南、南西、西の 5 水準を想定した。集熱部位の設置条件は固定し、モデル住宅全体をそれぞれの方位に変更する。

(8) その他条件

1) 内部発熱スケジュール

内部発熱スケジュール(人体、機器、照明)は平成 25 年省エネ基準に従う。

2) 換気スケジュール

換気スケジュールは平成 25 年省エネ基準に従う。

3) すきま風

今回の検証ではすきま風は考慮しない。

1.12 簡易評価法の構築および検証

本章では、1.9 章で述べた空気循環太陽熱暖房システムの簡易評価法について、1.11.2 で述べた全 1,440 ケースの検証パターンを用いて検証を行う。

1.12.1 年間暖房負荷について

(1) 代表ケースの暖房負荷比較

まず、表 1.12.1 に示す代表ケースについて、精緻な計算と簡易計算による暖房負荷の比較検証を行う。年間暖房負荷を表 1.12.2 に、暖房負荷変動を図 1.12.1 に、暖房負荷の日積算相関を図 1.12.2 に示す。

表 1.12.1:代表ケースの設定条件

項目	想定する水準
A:対象地域	1 地域(北見)
B:断熱仕様	H11 基準超相当
C:延床面積当たり集熱面積	ダブルスキン 10%(見付面積:12m ²)
D:集熱部位の開口部仕様	外側複層ガラス,空気集熱面日射吸収率 0.9
E:空気循環量	1,200m ³ /h
F:集熱部位方位	南

表 1.12.2:代表ケースの年間暖房負荷

年間暖房負荷[GJ]	南側室合計	北側室合計	全室合計
精緻な計算	31.10	11.77	42.87
簡易計算	32.03	11.84	43.87
精度	2.9%	0.6%	2.3%

年間暖房負荷を見ると、簡易計算は精緻な計算による年間暖房負荷を 3%以内の精度で再現できていることが分かる。簡易評価法では、昼間の躯体蓄熱による夜間の暖房負荷削減効果を再現できないため、断熱性能が高い代表ケースのような条件では簡易計算による暖房負荷が高めになる。

暖房負荷変動をみると、定常状態を前提とした簡易評価では、精緻な計算に対して暖房負荷の立ち上がり、立ち下りに時間的な差が生じるが、暖房負荷の日積算値の相関で確認すると大きな影響はなく、決定係数 0.99

以上で再現できていることが分かる。

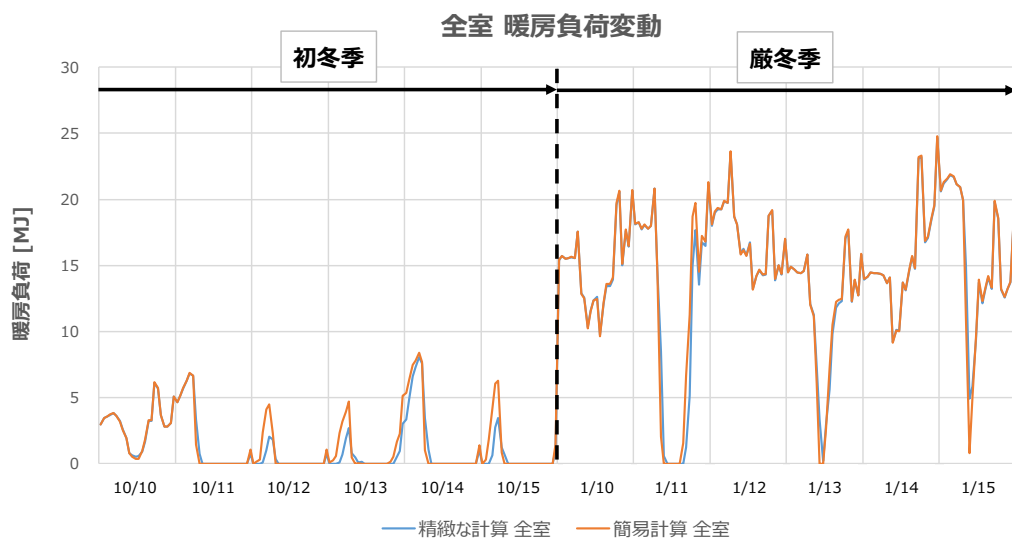
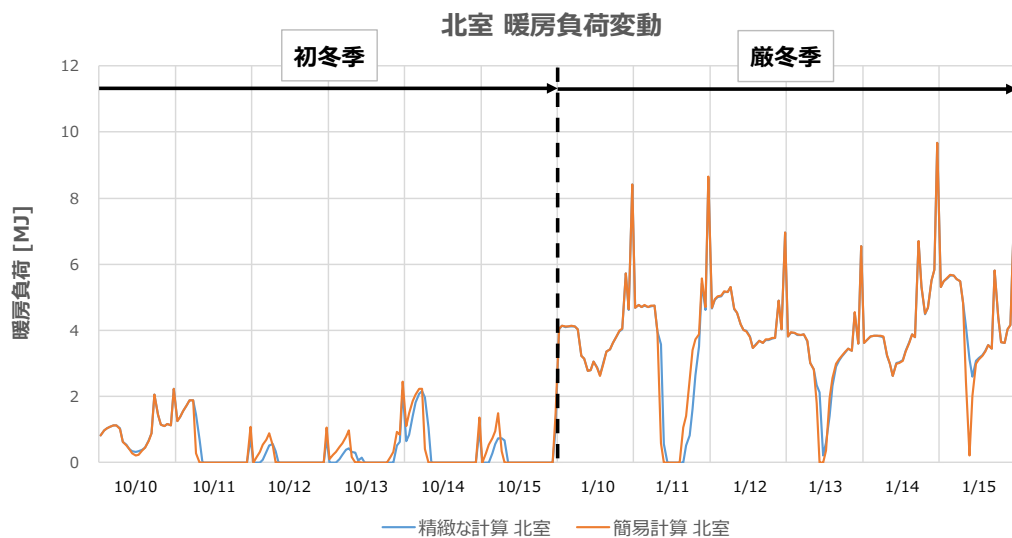
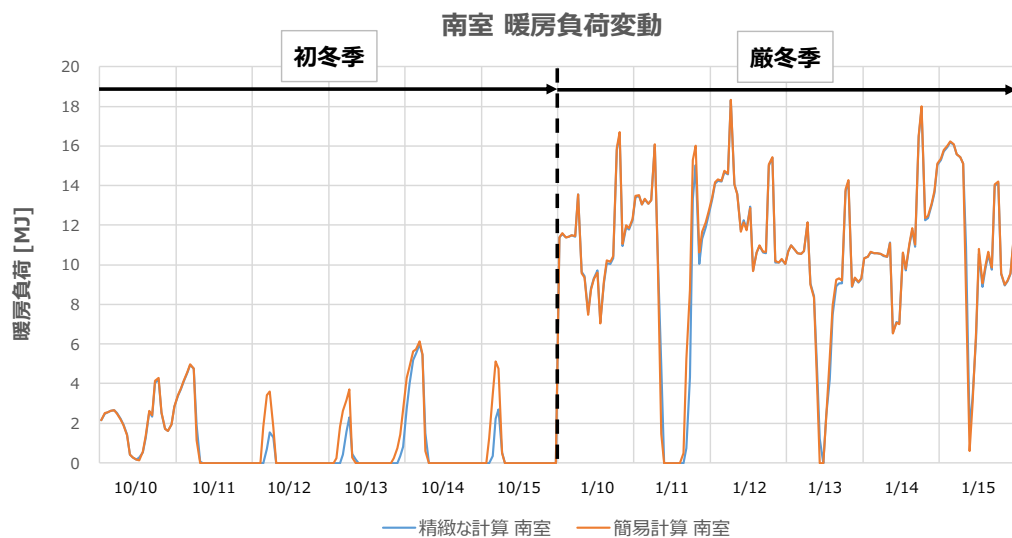


図 1.12.1:代表ケースにおける精緻な計算と簡易計算の暖房負荷変動(上:南側室、中:北側室、下:全室)

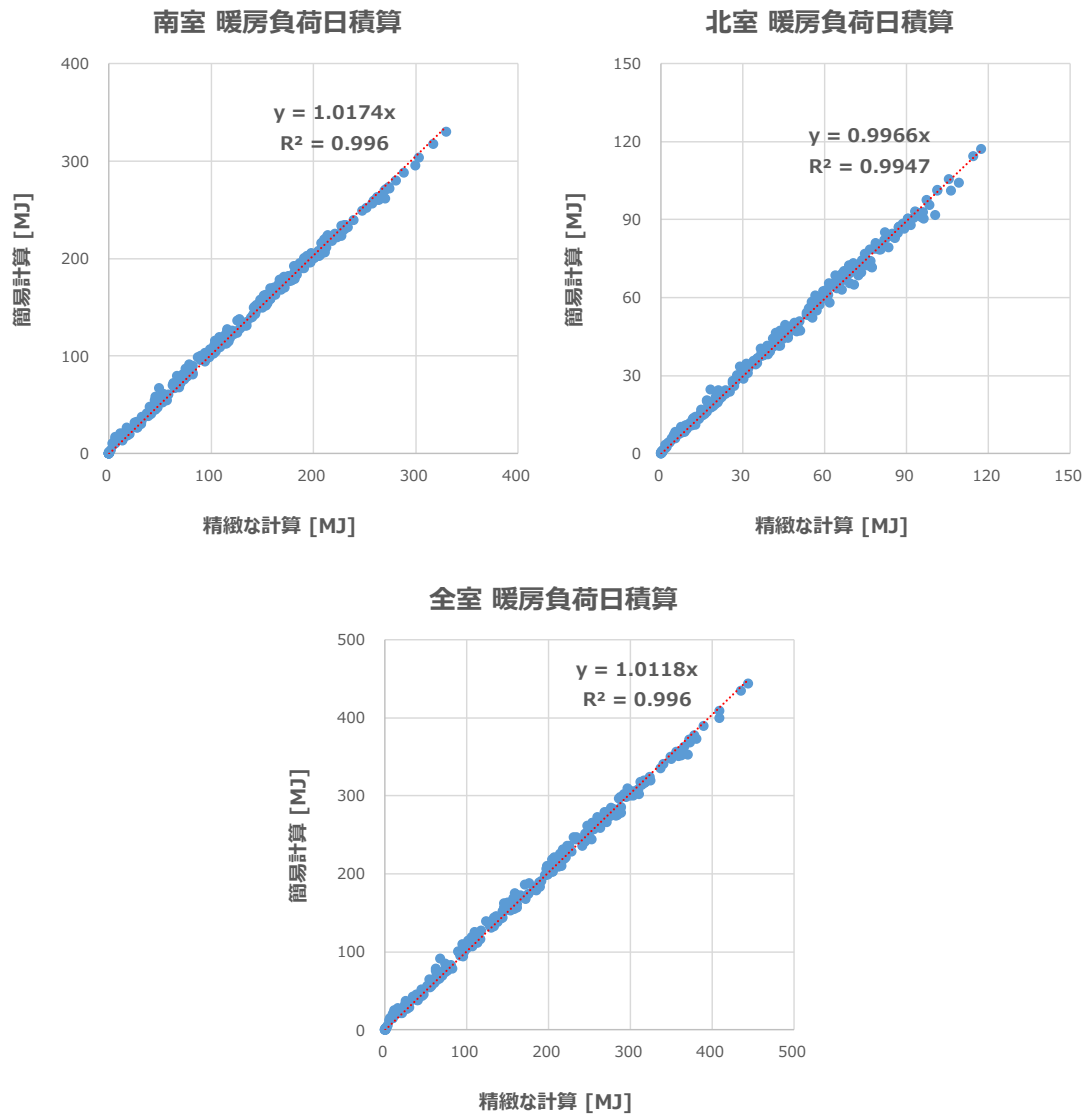


図 1.12.2:代表ケースにおける精緻な計算と簡易計算の暖房負荷日積算(左上:南側室、右上:北側室、下:全室)

(2) 全検証パターンの比較

次に、今回用意した全 1,440 ケースの検証パターンのシミュレーション結果から、精緻な計算と簡易評価における年間暖房負荷の比較検証を行う。年間暖房負荷の相関を図 1.12.3 に示す。

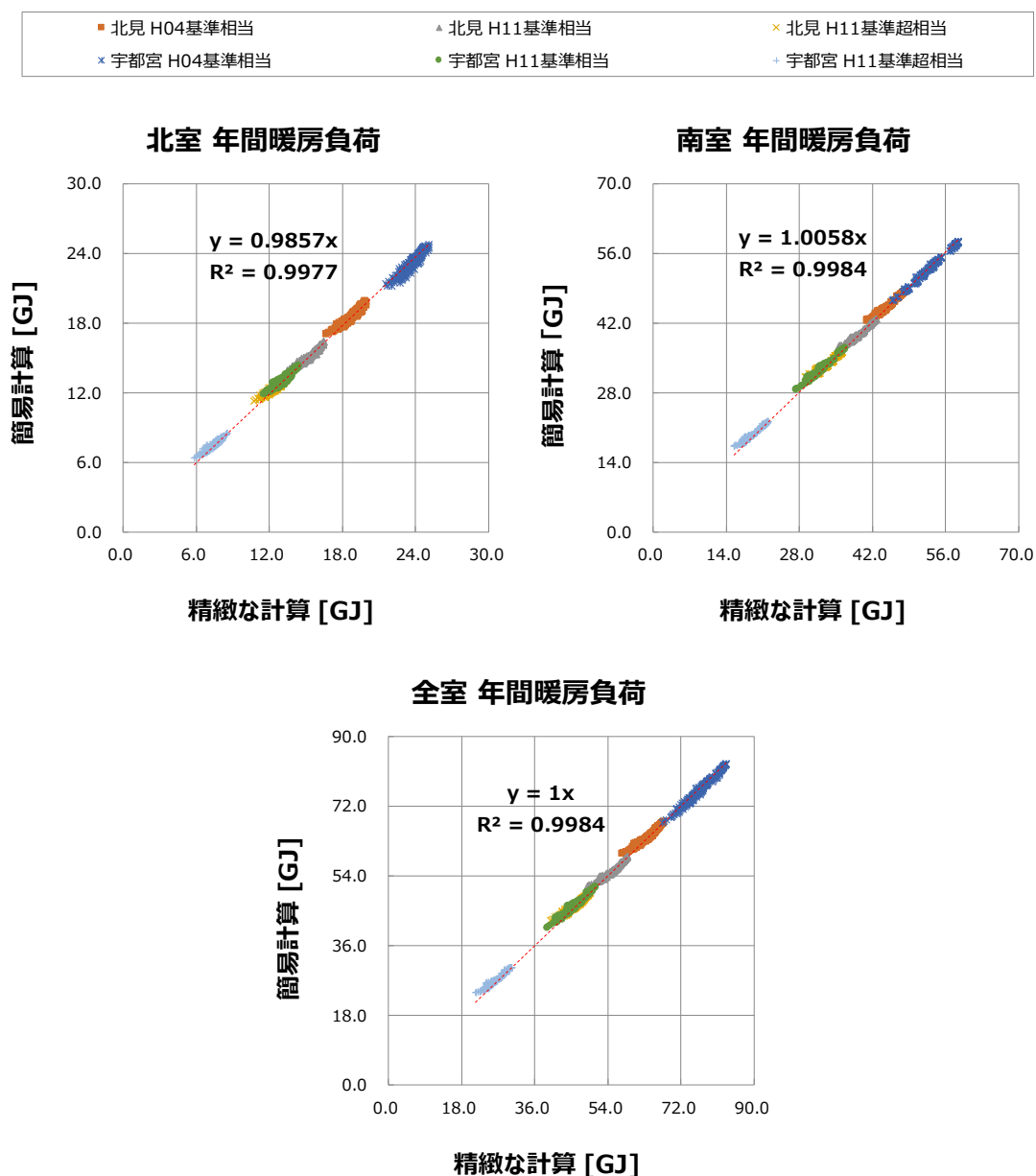


図 1.12.3:精緻な計算と簡易計算の年間暖房負荷(左上:南側室、右上:北側室、下:全室)

全 1,440 ケースにおいても、年間暖房負荷相関は南室、北室、住宅全体で決定係数 0.99 以上となり、精度よく再現することが確認できた。

1.13 まとめと今後の課題

1.13.1 まとめ

本調査は再生可能エネルギーの活用方法として期待される空気循環太陽熱暖房システムの簡易評価法の確立を目的とする。空気循環太陽熱暖房システムは、ダブルスキンやトロンブウォールといった集熱部位に室内空気を送風し、集熱した温風を北側の室に供給し、北側室の暖房負荷を軽減する。また、ダブルスキンやトロン

ブウォールは南側室に付設する形で設置されるが、ダブルスキンやトロンブウォールの空間が非密閉空気層の役目を果たし、集熱部位設置室の断熱性能が向上する一方で、ダブルスキンでは通常開口部からの透過日射熱取得が軽減されることから、このバランスによって集熱部位設置室の暖房負荷が変化する。

簡易評価法は、空気集熱を行わない住宅の暖房負荷が既知であるという前提に基づき、北側室については集熱部位の定常熱収支から求めた集熱温度と送風量から暖房負荷削減量を求め、集熱部位を設置する南側室については拡張外壁置換法を採用し、集熱部位の外皮を南側室の外皮に置換係数を乗じて置換する方法である。

簡易評価法は、福井、宮崎に建設されている実証住宅 2 棟で得られた実測データを用いて精緻なシミュレーションの精度を検証した上で、精緻なシミュレーションで計算した 1,440 ケースの結果で検証し、簡易評価法としては必要十分な精度であることを確認した。

1.13.2 今後の課題

(1) 熱収支式を基礎とする評価法の構築

- ① 簡易評価法で採用した集熱部位における集熱量計算方法は、集熱部位空気における定常熱収支式から求めるモデルであり、実際には一旦集熱部位内部の躯体に日射が吸収され集熱部位空気へ対流で加熱される伝熱形態と比べ加熱の応答が速く、集熱温度が精緻なシミュレーションに比べて高くなることを確認した。そのため、集熱部位の有効熱容量を精緻なシミュレーションの結果と比較して単位表面積当たり $20\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ とし、室空気の熱容量に付加して計算する方法を採用した。この手法では本調査で実施した精緻なシミュレーションとの検証の範囲においては有効であるが、集熱部位を鉄筋コンクリート造にするなど積極的に大きな熱容量とした場合には対応できない。そのため、あらゆる場合に対応するにはより汎用的な重み係数を用いるようなモデルへの変更の可能性もある。また、簡易評価法では全室 24 時間暖房を前提に集熱部位に流入する室空気は暖房設定温度である 20°C が前提となっている。つまり、部分間欠暖房については室温が未知であり、本評価法は利用できないため今後の課題とする。
- ② 集熱部位が設置された室の断熱性能の向上や、透過日射熱取得の軽減に関して、熱容量の小さい木造住宅を対象に精緻なシミュレーションによる検証を行った。しかし、前述したように簡易評価法は集熱部位空気の定常熱収支式から求める拡張外壁置換法であり、集熱部位の熱容量が大きい場合には集熱部位外皮を集熱部位設置室の外皮へのうまく置換することができない。そのため、鉄筋コンクリート造などの住宅全体の熱容量が大きい集合住宅などへの対応は、今後の課題となる。
- ③ 簡易評価法では集熱温風を北側室に供給する際に、北側室の室温を 20°C で固定とし、集熱温度との温度差と風量から求めた熱量を北側室供給熱量とし、暖房負荷より減じる方法で北側室の暖房負荷を求める。暖房負荷以上に供給熱量がある場合には、北側室の家具や躯体に蓄熱され以降の暖房負荷削減に寄与することとなるが、簡易評価法では北側室の蓄熱は無視している。断熱性能が向上すると蓄熱による暖房負荷軽減の効果が大きくなることから、北側室の蓄熱の扱いについては今後の課題である。

(2) 実測データを用いた評価法精度の確認

- ① 検証対象の物件は十分な断熱性能を有し暖房の貫流熱負荷を極限まで軽減している。このため、検証にあたってはすきま風による熱損失の影響が相対的に大きいと考えられるが、検証物件のすきま風量を推定することができず 0 回/h として検証した。検証結果に対してはこれらの影響が大きいと考えられるため気密

測定や換気量測定などにより大まかな性能を把握することで検証精度の向上が期待できる。

- ② 空気循環太陽熱暖房システムの循環風量については、設計風量としている。また、集熱部位内部の対流熱伝達率は内部風速が大きくなっている可能性もあるが、一般的な値を用いている。これら未確定要素の精度を向上することで実測値とシミュレーションはよく一致すると考えられる。
- ③ 福井実証棟に設置されているトロンブウォールの実証データを用いた検証は、未知要因が多くシミュレーションと実測値が大きくかい離している。トロンブウォールの検証は今後の課題とする。

新規研究開発事業
「太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発」
に関する事前評価報告書

平成22年7月
産業構造審議会産業技術分科会
評価小委員会

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」(平成20年10月31日、内閣総理大臣決定)等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」(平成21年3月31日改正)を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

今回の評価は、「太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発」の事前評価であり、実際の評価に際しては、省外の有識者からなる、新規研究開発事業「太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発」に関する事前評価検討会委員が事前評価を実施した。

今般、当該検討会における検討結果が評価報告書の原案として産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会(小委員長:平澤 冷 東京大学名誉教授)に付議され、内容を審議し、了承された。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成22年7月
産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会

目 次

はじめに	1
産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会委員名簿	3
新規研究開発事業「太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発」 に関する事前評価検討会委員名	4
新規研究開発事業「太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発」 に関する事前評価審議経過	5
事前評価報告書概要	6
第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業 「太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発」の概要	7
第2章 評価結果	12
第3章 評価小委員会委員からのコメント	15

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会
委員名簿

委員長	平 澤 冷	東京大学名誉教授
	池 村 淑 道	長浜バイオ大学バイオサイエンス学部教授
	大 島 ま り	東京大学大学院情報学環教授 東京大学生産技術研究所教授
	太 田 健一郎	横浜国立大学大学院工学研究院教授
	菊 池 純 一	青山学院大学法学部長・大学院法学研究科長
	小 林 直 人	早稲田大学研究戦略センター教授
	鈴 木 潤	政策研究大学院大学教授
	富 田 房 男	北海道大学名誉教授
	中小路 久美代	株式会社S R A先端技術研究所 リサーチディレクター
	森 俊 介	東京理科大学理工学部経営工学科教授
	吉 本 陽 子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 経済・社会政策部主任研究員

(委員敬称略、委員長除き五十音順)

事務局：経済産業省産業技術環境局技術評価室

新規研究開発事業「太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発」に関する事前評価
委員名簿

田辺 新一	早稲田大学 理工学術院創造理工学部建築学科 教授
松村 秀一	東京大学大学院 工学系研究科建築学専攻 教授
村上 周三	独立行政法人建築研究所 理事長
渡部 俊也	東京大学 先端科学技術研究センター 資源環境工材研 [*] -政策 教授

(敬称略、五十音順)

事務局：経済産業省製造産業局住宅産業窯業建材課

新規研究開発事業「太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発」に関する事前評価 審議経過

事前評価に関する説明を個々に実施（平成22年5月26日～6月1日）

- ・評価の方法等について
- ・技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要並びに創設の妥当性について
- ・評価の進め方について

事前評価検討会委員を個別訪問し、上記3つの項目について説明を行った後、ヒアリング及びメールレビューにて評価報告書(案)の審議を実施。

第32回産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（平成22年7月7日）

- ・事前評価報告書(案)について（包括審議）

事前評価報告書概要

新規研究開発事業	太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発
技術に関する施策名	
事業推進課	製造産業局住宅産業窯業建材課
<p><u>技術に関する施策及び新規研究開発事業の概要</u></p> <p>我が国の温室効果ガス排出削減目標である2020年に1990年比25%削減を達成するためには、家庭部門における温室効果ガス排出量を削減ことが必要不可欠。この目標の達成のため、今後、新築住宅の省エネ基準の適合義務化に関する検討が行われる予定であり、将来的には省エネ基準の引き上げもあり得る。</p> <p>また、既築住宅についても、2020年に向けて断熱改修を強力に推進することが必要。これらを推進するため、更なる省エネを可能とする新たな部材・システムの開発が必要であり、本事業では、次の技術開発を行う。</p> <p style="padding-left: 2em;">グラスウールの2倍程度の断熱性を有する高性能断熱材 自律的調光機能を有する窓ガラス（サーモクロミックガラス） 吸放熱速度が最適で、かつ、高い流動性を有する高性能蓄熱材 これらを効果的に組み合わせた、住宅全体で太陽熱エネルギーを有効活用するシステム</p>	
<p><u>評価概要</u></p> <p><u>1．事業の目的・政策的位置付け（新規研究開発事業の創設）の妥当性</u></p> <p>住宅全体で太陽熱エネルギーを有効活用する視点は重要である。</p> <p>個別要素でみると、高性能断熱材については、市場投入されれば家庭部門の省エネの促進に資すると同時に、より広がりのある居住空間の確保も可能となるのではないかと。自律的調光機能を有する窓ガラスについては、住宅全体に占める開口部の熱エネルギーの出入りの割合が大きいことを考えれば、冷暖房負荷の軽減に繋がるのではないかと。ただし、サーモクロミック技術を導入することが、市場ニーズとマッチングしているかどうか精査する必要がある。</p> <p><u>2．今後の新規研究開発事業の実施に向けての提言</u></p> <p>事業実施に向けて、以下の要素についても考慮すること。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1．技術開発内容が、既築住宅にも適用できる技術であるかどうか。 2．技術開発内容が、技術開発後の製品化そして普及まで視野に入っているものであるかどうか。 3．技術開発内容が、耐久性、施工性、メンテナンス性に優れているかどうか。 4．技術開発内容が、オーバーヒート対策、結露対策、人体への影響が考慮されているかどうか。 	

第1章 技術に関する施策及び新規研究開発事業 「太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発」の概要

1. 技術に関する施策の概要

地球環境を守るための温暖化対策は喫緊の課題であり、また、我が国における重要課題の1つでもある。「民生部門」は、我が国のエネルギー消費量の約1/3を占め、産業部門及び運輸部門と比較して高い伸び率(1990年度 2008年度:約1.3倍の伸び率)を呈しており、我が国が温室効果ガス削減に関する中期目標を達成するためには、民生部門における抜本的な省エネルギー対策が必要である。また、このような地球温暖化対策や環境制約の高まりに対し、我が国の住宅・建材関連産業が着実に対応し、併せて国民生活に必要な不可欠な良好な住環境を形成・提供することが求められる。

民生部門の更なる省エネルギー対策の推進のためには、家電等の機器の省エネルギー性能の向上や住宅・建築物全体でのエネルギー最適利用のほか、断熱性能の向上や太陽熱等の自然エネルギーの有効活用による、住宅全体での省エネ性と快適性を向上させる取組が必要である。

本施策では、先進的な「省エネ」に資する部材等に関する研究開発を推進することにより実用化を加速し、2020年に温室効果ガスの25%削減の目指す我が国の中期目標の達成に貢献するとともに、長期に安全な住環境の提供に貢献するものである。

2. 新規研究開発事業の概要

グラスウールの2倍程度の断熱性を有する高性能断熱材、自律的調光機能を有する窓ガラス(サーモクロミックガラス)、吸放熱速度が最適で、かつ、流動性の高い高性能蓄熱材を開発し、それらを効果的に組み合わせ、住宅全体で太陽熱エネルギーを有効活用するシステムの開発。

3. 事業の目的・政策的位置付け(新規研究開発事業の創設)の妥当性

- ・当省としては、昭和55年度開始のプロジェクト「ハウス55」以降、住宅産業及び建材分野における研究開発事業を推進してきたところである。これは、安価で優良な住宅の普及を目指し、住宅不足の解消、国民生活の質の向上等の目的に関し、国として技術開発等の事業を推進してきたものである。
- ・その結果、住環境の整備は一定の成果を収めているが、地球温暖化対策への対応に関し、我が国の民生分野は今後の一層の対策を強化が求められるセクターであり、産学官一体となって取り組む課題である。
- ・また、我が国は温暖化対策に関する中期目標として「2020年度における温室効果ガス排出量を1990年度から25%削減」を掲げたところであり、今後、目標達成のため、住宅等の省エネ基準の適合義務化に関する検討が行われる予定である。こうした状

況下、住宅・建築物の更なる省エネ・低炭素化に繋がる部材・システムに関する研究をあわせて推進していく必要がある。

- ・本事業の開発対象である先進的な部材・システムについては、民間企業の自発的な取り組みのみでは研究開発の進展が十分に見込まれず、民生分野の抜本的な省エネ及び低炭素化が進まないおそれがある。また、短期間で一定の成果を得るためには、多額の研究開発資金が必要であり、市場機能の活用のみでは十分な研究開発及び普及を図ることは困難である。
- ・よって、当該研究開発を効率的に進めるためには、国が本施策に積極的に関与し、当該技術に関連する企業や専門家と有機的に連携しながら研究開発を進めることが有効である。そして、これら研究開発の成果を産業界に広く展開し、民生分野における抜本的な省エネ及び低炭素化に対する施策を図ることが最も効果的である。
- ・なお、建材・部材（建築材料）の改善・調整等に関する事務の所掌は経済産業省の専管となっており、当該分野に関する技術開発は経済産業省が実施すべき事業である。また、省内の他課室で実施中の事業内容と比較し、今回の新規要求事業と重複が無いことを確認している。
- ・一方、「建材や住宅等の省エネ・低炭素化対策に関する研究等にも適用可能」という広い観点で類似する事業を挙げると、他省庁事業も含め、以下の事業を確認している。

経済産業省

マルチセラミック膜新断熱材料の開発

住宅及びビル等の大幅な省エネを実現する画期的な断熱性能を持つ壁及び窓材料を開発する。概要は下表のとおり。

セラミックのナノ多孔体構造やポリマー複合体化構造等からなるマルチセラミック膜アセンブリ技術により、住宅やビル等の冷暖房における大幅な省エネを実現する画期的な断熱材料を開発する。
--

N E D O 事業

研究開発期間：2007年度～2011年度

国土交通省

住宅・建築関連先導技術開発助成事業

環境問題等の急務の課題に対応するため、住宅・建築に関する先導的技術の開発と実用化に対する支援事業。概要は下表のとおり。

住宅及び建築物に関して緊急に対応すべき政策課題を対象に公募を行い、先導的技術の開発と実用化を行う民間事業者等に対して国が支援する。公募対象テーマの1つに「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」が掲げられている。
--

事業開始年度：2005年度

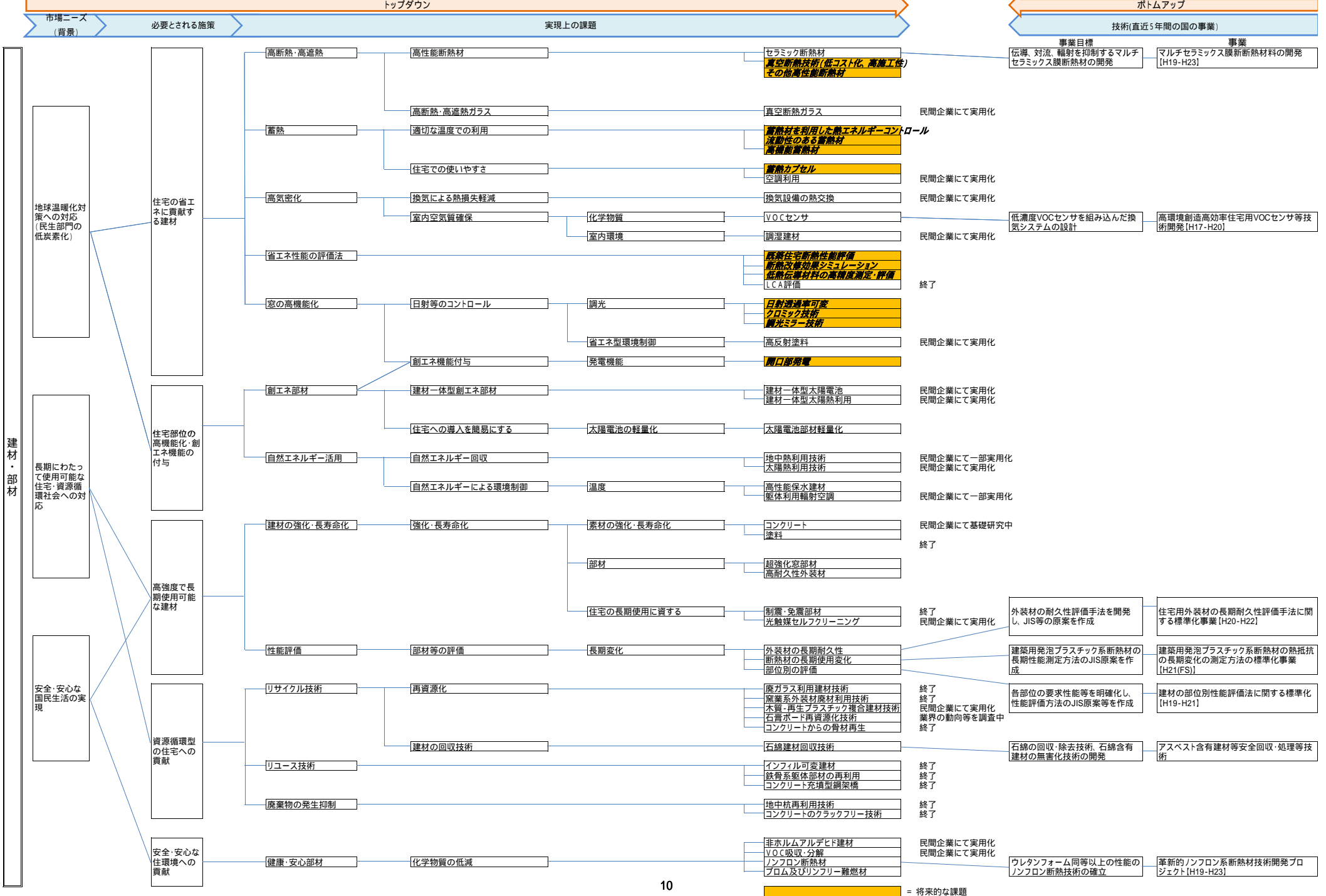
補助率：1 / 2 以内

補助金額：1 . 8 億円 / 年・件以内

技術開発期間：最長3年間

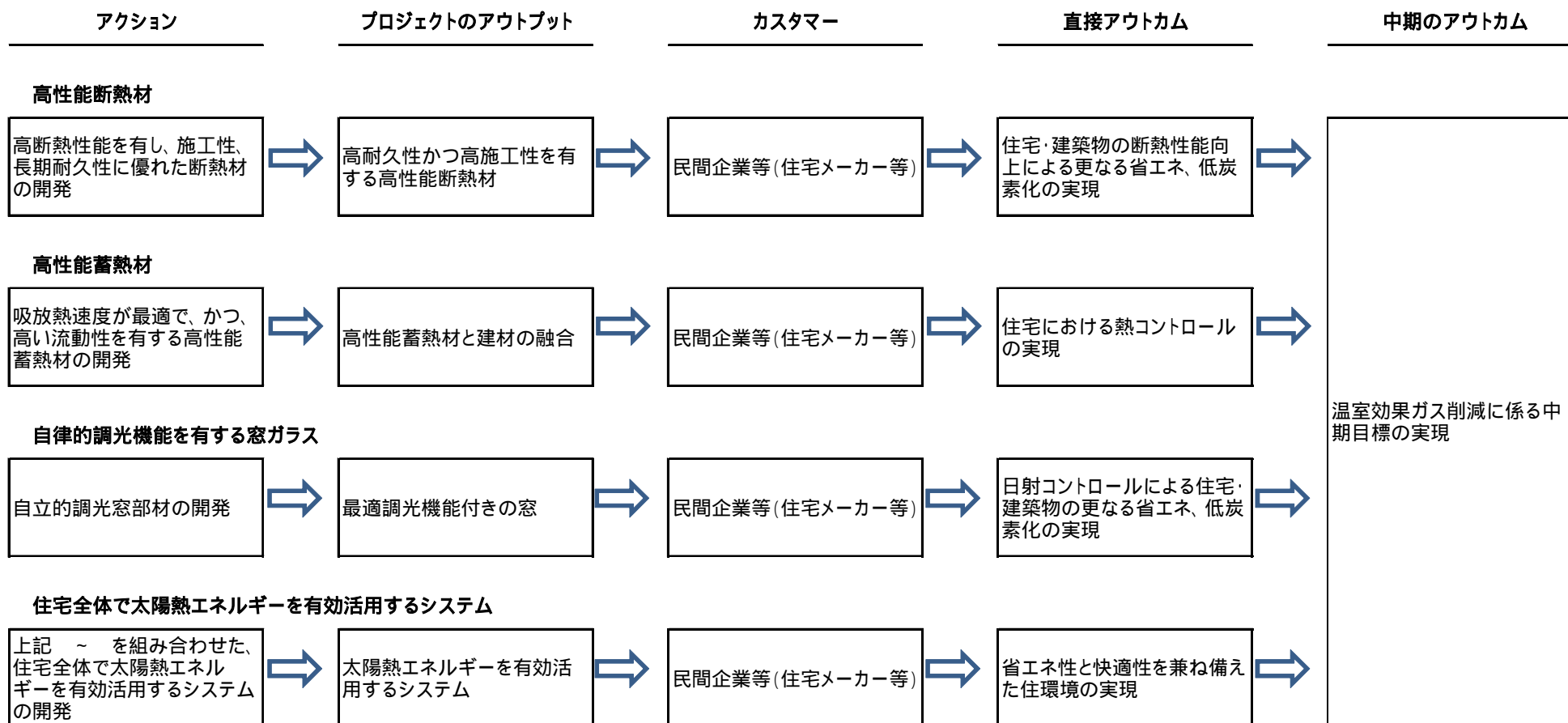
- 4 . 新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図
技術施策体系図（ロジックツリー、ロジックモデル）を参照。

建材・部材関連施策の構造(ロジックツリー)



建材・部材関連施策(ロジックモデル)

太陽熱エネルギー活用型住宅システムの開発



第2章 評価結果

(1) 事業の目的・政策的位置付け(新規研究開発事業の創設)の妥当性

(総括)

住宅全体で太陽熱エネルギーを有効活用する視点は重要である。

個別要素でみると、高性能断熱材については、市場投入されれば家庭部門の省エネの促進に資すると同時に、より広がりのある居住空間の確保も可能となるのではないかと考えられる。自律的調光機能を有する窓ガラスについては、住宅全体に占める開口部の熱エネルギーの出入りの割合が大きいことを考えれば、冷暖房負荷の軽減に繋がるのではないかと考えられる。ただし、サーモクロミック技術を導入することが、市場ニーズとマッチングしているかどうか精査する必要がある。

【肯定的意見】

断熱材について

普及している断熱材よりも断熱性能の高い断熱材の技術開発に取り組むことは、家庭部門における省エネを促進する上で重要。民間企業による技術開発やその普及を強化するために、国が積極的に関与し民間企業や研究者等の連携を図りながら取り組んでいくべき課題であると考えられる。

また、このような断熱材が市場投入されれば、住宅の断熱部分を薄くすることが可能となり、より広がりのある居住空間を確保できる。このような取組は、国の技術開発の対象として進めていくべきものと考えられる。特に都市部においては、この空間確保を金銭に見積もれば、かなり大きな金額になると考えられる。

窓について

太陽光による熱を夏季には遮蔽し冬季には取得することを窓自体が自律的に行う技術が確立することができれば、冷暖房負荷の軽減に繋がるとともに住み手にとっての快適性が確保できるのではないかと考えられる。このような一定の相転移温度によって日射取得を変化できる技術シーズを例えば塗料技術にも活かすことができれば、将来的には我が国から海外に展開できる技術として、産業政策上、育成する価値のあるものになる可能性を有しているものと考えられる。

太陽熱利用について

住宅における太陽熱エネルギー利用は重要な視点であり、蓄熱材や蓄熱システムの技術開発を進めるとともに、給湯システムとの組合せ等による太陽熱エネルギーの利用技術を高める必要があると考えられる。

全体について

住宅分野の技術開発の成果を普及させるためには、その成果を使った建材等が基準にきちんと盛り込まれることが必要。

新技術を住宅分野で普及させるためには、汎用品に勝るパフォーマンスを得られることが必要になるが、そのための技術開発として本プロジェクトは価値があると考ええる。

【問題点・改善すべき点】

窓について

自律的に調光し省エネ化するという考えもあるかもしれないが、居住者自らが調光し省エネに貢献するという考え方もある。市場ニーズがあれば別だが、もう少し別のやり方との比較も必要ではないか。

全体について

太陽熱利用については、従来から取り組んでいる技術課題。本プロジェクトの成果は、暖房エネルギーの削減に活用することを念頭に置いていると理解するが、給湯エネルギーの削減のためにも活用する観点から、給湯システムとの組み合わせ等を考えてはどうか。

(2) 今後の新規研究開発事業の実施に向けての提言

(総括)

事業実施に向けて、以下の要素についても考慮すること。

1. 技術開発内容が、既築住宅にも適用できる技術であるかどうか。
2. 技術開発内容が、技術開発後の製品化そして普及まで視野に入っているものであるかどうか。
3. 技術開発内容が、耐久性、施工性、メンテナンス性に優れているかどうか。
4. 技術開発内容が、オーバーヒート対策、結露対策、人体への影響が考慮されているかどうか。

【各委員の提言】

断熱や遮熱性能も重要だが、住宅は長期間に渡り使用されるものであるため、耐久性についても考慮することが必要。また、高性能な部材も施工者の技術力次第で得られる性能に大きな差が出ることから施工性・メンテナンス性についても考慮することが必要。更に、要素毎にみると、蓄熱材(剤)を入れた断熱材は結露対策、太陽熱の利用に際してはオーバーヒート対策、サーモクロミックガラスはバナジウムによる人体への影響を考慮することが必要。

家庭部門における日本全体のCO₂を削減することを考えるなら、ストック対策が重要。よって、既築住宅にも適用できる技術であるかという点を考慮することが必要。

当然のことながら、技術開発の成果は製品化し普及しないと意味がない。技術開発で終わりとするのではなく、その後の製品化そして普及まで視野に入れて考え、事業を実施することが重要。

素材から開発するとなると10年単位の時間を要することが多い。5年程度で実用化レベルまでもっていくということであれば、少なくとも素材の目星はつけておかなければならないことに注意が必要。

第3章 評価小委員会委員からのコメント

評価小委員会委員から本研究開発事業に対して頂いたコメントは以下のとおり。

- ・ 太陽熱エネルギーの活用は家庭部門の省エネルギーで重要な位置づけとなる。しかしこれまで、断熱材の普及も必ずしも進んでいるとは言いづらい。また家庭用エネルギー消費は地域と家族構成に依存するところが大きいので、これらとの関連が必要である。たとえば、関西以西では暖房よりも冷房需要の削減が期待されるが、技術の普及のためには技術だけでなく制度的導入との一体化が必要である。またデシカントなど除湿も地域によっては有用であろう。
- ・ 住宅の断熱は最も省エネルギーに効果がありそうである。
- ・ 産業振興策に基づく申請助成型の省庁プロジェクトとして編成するのがよいと考える。
- ・ 家庭部門における温室効果ガス排出量削減は低炭素社会に向けた重要課題であり、住宅全体で太陽熱エネルギーを有効活用する施策は意義が大きい。また、本件は家庭でのエネルギー活用に関する施策であり、公的な資金を離れて早期の実用化に向けたスケジュールや措置について検討を加えることが望まれる。
- ・ グリーンイノベーションの一環としてのプロジェクトとして位置づけられるが、住宅は家電や自動車よりもライフサイクルが長く、革新的技術が導入されても、普及速度が遅いため既存技術への代替に時間がかかり、省エネ効果も限られるのではないかと懸念される。また、世界的に住宅事情は各国固有のものがあり、輸出競争力のある産業でもないことから、優先順位は他プロジェクトよりも劣るのではないかと懸念される。

事前評価書

	作成日	平成23年4月4日
1. 事業名称 (コード番号)	太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発	
2. 推進部署名	エネルギー対策推進部	
3. 事業概要	<p>(1) 概要：本事業では、我が国における住宅の省エネルギーを推進するため、そのエネルギー消費の約1/2を占める空調・給湯に着目し、そのエネルギー消費の削減を目指す。具体的には、日本の住宅に適した断熱材、蓄熱建材等の開発を行うと共に、空調や給湯に「太陽熱エネルギー」を効果的に利用するための戸建住宅用太陽熱活用システムを開発する。</p> <p>(2) 事業規模：総事業費（国費分）11億円予定（助成率2/3以内）</p> <p>(3) 事業期間：平成23年度～27年度（5年間）</p>	
4. 評価の検討状況	<p>(1) 事業の位置付け・必要性</p> <p>家庭部門でのCO₂排出量は、日本の温室効果ガス総排出量の約14%を占める（2008年度）。1990年比で産業部門の温室効果ガス排出量が約13%減少した一方、家庭部門は約34%増加（2008年度）しており、2020年に温室効果ガスを1990年比で25%削減するという中期目標を達成するためには、家庭部門における温室効果ガス排出削減、すなわち省エネルギー（家庭部門の温室効果ガス排出は全てエネルギー起源であるため。）のより一層の強化が必要である。また、省エネ住宅・ビルは「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」の中でも重要技術と位置づけられ、また、新成長戦略（2010年6月閣議決定）等の種々の政策の中でその重要性・必要性について言及されている。</p> <p>こうした状況下、家庭部門で活用できる主な自然エネルギーの中で太陽光発電、高効率ヒートポンプ等については、官民共同による技術開発や政府による導入支援策等により、導入量が拡大している。他方、太陽熱利用については、技術開発、導入ともに十分に進んでいるとは言えない状況にある。このため、住宅の更なる省エネルギーに繋がる断熱材、蓄熱材、システム等の太陽熱利用技術に関する研究も推進していく必要がある。また、本事業の開発対象である先進的な部材、システムについては、民間企業の自発的な取組のみでは研究開発の進展が十分に見込まれず、民生分野の抜本的な省エネルギーが進まない恐れがある。よって、当該研究開発を効率的に進めるためには、NEDOが積極的に関与し、企業や専門家と有機的に連携しながら研究開発を進めることが有効である。</p> <p>(2) 研究開発目標の妥当性</p> <p>研究開発目標は以下の通り。</p> <p>【最終目標（平成27年度末）】</p> <p>実住宅において、開発した高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材、戸建住宅用太陽熱活用システムを実装し、条件を明確にした上で空調・給湯エネルギーが一次エネルギー換算で半減される可能性があることを実証する。</p>	

【中間目標（平成25年12月末）】

①高性能断熱材の開発

現行普及品最高性能に対して熱伝導率が概ね1/2（平均熱伝導率 ≤ 0.01 W/m・K）かつ量産時の製造価格が現行品と同等程度（単位厚みあたり）であり、かつ長期の耐久性（30年相当）のある製品の商品化に目処をつける。

②高機能パッシブ蓄熱建材の開発

蓄熱性能を有した状態を長期（30年相当）維持可能な蓄熱建材の製造技術を確認（厚さ ≤ 15 mm）し、モデル環境等において暖房等の空調エネルギーを20%程度削減する。

③戸建住宅用太陽熱活用システムの開発

住宅の現行省エネ基準（平成11年度基準）に適合した40坪程度の住宅において、空調・給湯エネルギーを一次エネルギー換算で半減させる太陽熱活用システムを開発する。

本研究開発目標は、要素技術の開発のみならず、実住宅において、それらを実装し、条件を明確にした上で空調・給湯エネルギーが一次エネルギー換算で半減される可能性があることを実証するとしており、意欲的な高い目標設定であり妥当である。

(3) 研究開発マネジメント

本研究開発においては、NEDOが経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、公募を行い、研究開発目標達成に向けた最適な実施体制を構築する。本研究開発を実施する各研究開発者の有する研究開発ポテンシャルを最大限に引き出すことにより効率的な研究開発の実施を図る観点から、必要に応じてアドバイザーを置き、効果的な研究開発を実施する。更に、この分野の外部有識者の意見を運営に反映させ、各研究テーマの研究進捗把握、テーマ間の情報共有、技術連携等のマネジメントを行う。

また、事業実施中または終了後、適切なタイミングで成果報告会等を行ない、太陽熱エネルギー活用型住宅の実用化、普及の促進に努める。

(4) 研究開発成果

本事業により、平成27年度末に、実住宅において、開発した高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材、戸建住宅用太陽熱活用システムを実装し、条件を明確にした上で空調・給湯エネルギーが一次エネルギー換算で半減される可能性がある。また、本研究開発成果が実用化され、太陽熱エネルギー活用型住宅の普及が拡大されると、2030年におけるCO₂削減効果は約26.5トン/年となる。また、市場創成効果は累積で約170億円/年規模が期待される。

(5) 実用化・事業化の見通し

これまで、断熱材や蓄熱材の開発は行われており、高い性能を実現した技術もあるが、建築現場での施工性や価格、寿命等の課題があり、一部の普及に留まっている。本研究開発は、こうした課題を解決することを目指した高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材、戸建住宅用太陽熱活用システムの開発であり、その実用化は研究開発終了後できるだけ速やかに行なわれ、太陽熱活用システムの実住宅での評価と連動して事業化が促進される見込みである。

(6) その他特記事項

特になし。

5. 総合評価

我が国における住宅の省エネルギーを推進すべく、そのエネルギー消費の約1/2を占める空調・給湯に着目し、全体としてのエネルギー消費の削減を目指すため、その一方策として、太陽熱エネルギーを活用した住宅の技術開発を行う本事業は重要である。また、本事業の開発対象である先進的な部材、システムについては、民間企業の自発的な取組のみでは研究開発の進展が十分に見込まれず、民生分野の抜本的な省エネルギーが進まない恐れがある。よって、当該研究開発を効率的に進めるためには、NEDOが積極的に関与し、企業や専門家と有機的に連携しながら研究開発を進めることが有効であると考えられ、NEDOが実施する事業として適切であると判断する。また、市場化に向けては、コスト低減が最大の鍵となると考えられ、住宅全体としての性能検証及び低コスト化につながる目標を掲げている点は評価できる。

(エネルギーイノベーションプログラム)
「太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発」基本計画

省エネルギー部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

(i) 政策的な重要性

本事業は「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として実施する。なお、本プログラムに加え、「Cool Earth—エネルギー革新技術計画」の中で、省エネ住宅・ビルは2050年に世界のCO₂排出量を半減する上での重要技術と位置づけられ、また、新成長戦略（2010年6月閣議決定）等の種々の政策の中でその重要性・必要性について言及されている。

(ii) 我が国の状況

家庭部門でのCO₂排出量は、日本の温室効果ガス総排出量の約14%を占める（2008年度）。1990年比で産業部門の温室効果ガス排出量が約13%減少した一方、家庭部門は約34%増加（2008年度）しており、2020年に温室効果ガスを1990年比で25%削減するという中期目標を達成するためには、家庭部門における温室効果ガス排出削減、すなわち省エネルギー（家庭部門の温室効果ガス排出は全てエネルギー起源であるため。）のより一層の強化が必要である。

こうした状況を踏まえ、太陽光発電、高効率ヒートポンプ等の機器開発、普及について様々な施策が推進されているが、太陽熱や地中熱等の熱エネルギーの有効活用については進んでいない。

(iii) 世界の取り組み状況

ゼロカーボン住宅やネットゼロエネルギー住宅の取り組みは、米国や欧州においても国家レベルで推進されている。

英国では3つのステップでゼロカーボン住宅を目指すこととしているが、その第1段階では、住宅の断熱性能向上、住宅設備の省エネ性能向上等、エネルギー効率の向上を図ることとし、続く第2段階でのオンサイト（敷地内）での再生可能エネルギー導入や地域熱供給の活用よりも優先して取り組むこととしている。

米国でも、エネルギー省が2020年までに市場で競争力を有するゼロエネルギー住宅、2025年までにゼロエネルギービルの技術開発を目指した「ビルディング技術プログラム」を推進する等の住宅、建築物のネットゼロエネルギー化の推進の取り組みが始まっている。

いずれも昼間の日照を屋内に取り入れて照明電力の消費を低減したり、太陽熱や地中熱を活用したりといった受動的自然エネルギー利用を第一としている。

(iv) 本事業のねらい

本事業では、我が国における住宅の省エネルギーを推進するため、そのエネルギー消費の

約1/2を占める空調・給湯に着目し、そのエネルギー消費の削減を目指す。具体的には、「太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発」に関する事前評価検討会において、「住宅全体で太陽熱エネルギーを有効活用する視点は重要である」、特に、「高性能断熱材については、市場投入されれば家庭部門の省エネの促進に資すると同時に、より広がりのある居住空間の確保も可能となるのではないか」、また、「蓄熱建材や蓄熱システムの技術開発を進めると共に、給湯システムとの組合せ等による太陽熱エネルギーの利用技術を高める必要があると考える。」等のコメントが得られており、要素技術として日本の住宅に適した断熱材、蓄熱建材等の開発を行うと共に、空調や給湯に「太陽熱エネルギー」を効果的に利用するための戸建住宅用太陽熱活用システムを開発する。

(2) 研究開発の目標

(i) アウトプット目標

これまでも、断熱材や蓄熱建材の開発は行われており、高い性能を実現した技術もあるが、建築現場での施工性や価格、寿命や品質保証等の課題があり、一部の普及にとどまっている。本研究開発では、こうした課題を解決することで、既存住宅・新築住宅を問わず太陽熱エネルギーの有効活用に寄与することのできる材料と住宅システムとして統合するための技術を開発することを目標とする。

【最終目標】

研究開発項目④の実施により、以下の目標を達成する。

平成27年度末に、実住宅において、開発した高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材、戸建住宅用太陽熱活用システムを実装し、条件を明確にした上で空調・給湯エネルギーが一次エネルギー換算で半減される可能性があることを実証する。

【中間目標】

研究開発項目①～③の実施により、平成25年度12月末に、以下の目標を達成する。

(1) 高性能断熱材の開発

現行普及品最高性能に対して熱伝導率が概ね1/2(平均熱伝導率 $\leq 0.01\text{W/m}\cdot\text{K}$)かつ量産時の製造価格が現行品と同等程度(単位厚みあたり)であり、かつ長期の耐久性(30年相当)のある製品の商品化に目処をつける。

(2) 高機能パッシブ蓄熱建材の開発

蓄熱性能を有した状態を長期(30年相当)維持可能な蓄熱建材の製造技術を確立(厚さ $\leq 15\text{mm}$)し、モデル環境等において暖房等の空調エネルギーを20%程度削減する。

(3) 戸建住宅用太陽熱活用システムの開発

住宅の現行省エネ基準(平成11年度基準)に適合した40坪程度の住宅において、空調・給湯エネルギーを一次エネルギー換算で半減させる太陽熱活用システムを開発す

る。

(ii) アウトカム目標達成に向けての取り組み

なお、本事業とは別に、断熱材及び蓄熱建材に係る国際標準化や規制見直しに資する調査等を行う。

(iii) アウトカム目標

これらの取り組みにより、太陽熱エネルギー活用型住宅の普及が拡大されると、2030年におけるCO₂削減効果は約26.5万トン/年*¹となる。また、市場創成効果は累積で約170億円/年規模*²が期待される。

*1：普及戸数を約40万戸、当該技術により暖房用途のエネルギー消費量が半減されると仮定した場合のCO₂削減効果。

*2：普及戸数を約40万戸、当該技術による付加価値額を暖房用途のエネルギー関連支出の半分程度と仮定した場合の市場規模。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

[助成事業（助成率：2／3以内）]

- ① 高性能断熱材の開発
- ② 高機能パッシブ蓄熱建材の開発
- ③ 戸建住宅用太陽熱活用システムの開発
- ④ 太陽熱活用システムの実住宅での評価

なお、委託により、これらの研究開発に係る開発動向、市場動向等の調査を必要に応じ実施する。

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、NEDOが、原則本邦の企業、大学等の研究機関（原則、本邦の企業等で日本国内に研究開発拠点を有していること。なお、国外の企業等（大学、研究機関を含む）の特別の研究開発能力、研究施設等の活用または国際標準獲得の観点から国外企業等との連携が必要な部分を、国外企業等との連携により実施することができる。）から、公募によって研究開発実施者を選定し助成（助成率2／3以内）により実施する。

3. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、平成23年度から平成27年度までの5年間とする。ただし、研究開発項目①～③については平成23年度から平成25年度まで、研究開発項目④については平成26年度から平成27年度まで実施する。

4. 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成25年度、事後評価を平成28年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

5. その他の重要事項

(1) 基本計画の変更

NEDOは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

(2) 根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第3号及び第十号に基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成23年8月10日、制定。

研究開発項目①「高性能断熱材の開発」

1. 研究開発の必要性

既築住宅は、柱の厚さ（断熱材等を収納する部分）等に制約があり、現行の断熱材では、将来的に断熱性能に係る住宅の現行省エネ基準（平成11年度基準）が引き上げられた場合、基準達成が困難となる可能性が高い。

また、新築住宅についても、居住空間の確保等が優先され、現行基準は満足しても、将来的に十分な断熱性能を確保できなくなることも想定されうる。

新成長戦略に掲げる「良質な住宅ストックの形成」を図る観点からも、住宅の年代を問わず、時代に則した断熱性能を確保可能な部材が求められている。

2. 研究開発の具体的内容

(1) 長寿命・高性能断熱材の開発

以下の性能を有する断熱材の開発を行う。

- ・高断熱性能（既存の住宅用断熱材の熱伝導率：最大 $0.02\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 程度を概ね $1/2$ に低減）
- ・長期断熱性能（30年相当）

(2) 製造技術の開発

住宅用建材として普及する価格を実現するための技術開発等を行う。

3. 達成目標

【中間目標】

現行普及品最高性能に対して熱伝導率が概ね $1/2$ （平均熱伝導率 $\leq 0.01\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ）かつ量産時の製造価格が現行品と同等程度（単位厚みあたり）であり、かつ長期の耐久性（30年相当）のある製品の商品化に目処をつける。

【最終目標（研究開発項目④において実施）】

平成27年度末に、実住宅において、開発した高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材、戸建住宅用太陽熱活用システムを実装し、条件を明確にした上で空調・給湯エネルギーが一次エネルギー換算で半減される可能性があることを実証する。

研究開発項目②「高機能パッシブ蓄熱建材の開発」

1. 研究開発の必要性

暖房等の空調エネルギーを効果的に削減するためには、例えば、太陽熱エネルギーを日の当たる時間帯にできるだけ蓄熱し、日の当たらない時間帯に適切な温度でできるだけ長時間放熱する必要があり、そのための高機能パッシブ蓄熱建材が求められている。

2. 研究開発の具体的内容

太陽熱を直接住宅に取り込み活用するためには、基本的な蓄熱性能はもとより、既存住宅を含めて、住宅部材として幅広く適用できることが重要である。

そこで本技術開発では、目標とする省エネルギー効果を考慮した上で、蓄熱性能を有した状態を長期に維持可能でかつ、施工し易い厚さとなるような蓄熱建材の製造技術の確立を行う。

3. 達成目標

【中間目標】

- (1) 蓄熱性能を有した状態を長期（30年相当）維持可能な蓄熱建材の製造技術を確立（厚さ ≤ 15 mm）
- (2) モデル環境等において暖房等の空調エネルギーを一次エネルギー換算で20%程度削減する。

【最終目標（研究開発項目④において実施）】

平成27年度末に、実住宅において、開発した高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材、戸建住宅用太陽熱活用システムを実装し、条件を明確にした上で空調・給湯エネルギーが一次エネルギー換算で半減される可能性があることを実証する。

研究開発項目③「戸建住宅用太陽熱活用システムの開発」

1. 研究開発の必要性

太陽熱エネルギーを窓から直接取り込み活用するパッシブ型の太陽熱利用でも空調・給湯エネルギーの削減が期待できるが、集熱装置等で太陽熱エネルギーをより積極的に取り入れ、空調・給湯に活用することで、空調・給湯エネルギーの更なる削減の可能性がある。

また、今後の住宅においては限られた屋根面積の中で、太陽光発電システムとも効果的に融合できることが重要となる。

本技術開発ではこのような視点から太陽熱エネルギーをより積極的に取り入れて、空調・給湯に活用するためシステムの開発を行う。

2. 研究開発の具体的内容

例えば以下の技術開発を組み合わせることで戸建住宅用太陽熱活用システムを実現するための開発を行う。

(1) 太陽光発電装置と効果的に融合させた太陽熱集熱モジュールの開発

太陽光発電と併設した場合でも太陽熱エネルギーをより効果的に集熱し、屋内に取り込むための技術開発を行う。

(2) 太陽熱利用空調・給湯システムの開発

太陽熱を直接的に使う暖房に加えて、太陽熱をデシカントの再生熱源として活用するシステムや、冷房システム、更には、夜間や雨天時を想定して、蓄熱やヒートポンプシステムを効果的に組み合わせることで空調・給湯を行うシステムを開発する。

(3) 熱輸送効率・蓄熱効率の向上技術の開発

屋根で集熱を行い、建物内に送る際に放熱によるロスが発生する。また、輸送された熱を蓄熱建材に蓄熱する際にもロスが発生する。これらのロスを軽減させるための技術開発を行う。

3. 達成目標

【中間目標】

住宅の現行省エネ基準（平成11年度）に適合した40坪程度の住宅において、空調・給湯エネルギーを一次エネルギー換算で半減させる太陽熱活用システムを開発する。

【最終目標（研究開発項目④において実施）】

平成27年度末に、実住宅において、開発した高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材、戸建住宅用太陽熱活用システムを実装し、条件を明確にした上で空調・給湯エネルギーが一次エネルギー換算で半減される可能性のあることを実証する。

研究開発項目④「太陽熱活用システムの実住宅での評価」

1. 研究開発の必要性

開発する高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材、戸建住宅用太陽熱活用システムを幅広く実用化していくためには、実際の住宅に組み込み、各要素技術を効果的に融合させ、省エネルギー効果を検証する必要がある。

2. 研究開発の具体的内容

開発する高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材、戸建住宅用太陽熱活用システムを効果的に組み込むための実験住宅を設計し、シミュレーション等により効果を検証した上で、適切な設計変更を加える。その後、実験住宅を建築し、各要素技術の省エネルギー効果と住宅全体での省エネルギー効果を測定し、経済性も含め評価・検証するとともに、多様な住まいと住まい方の提案等も行うものとする。

3. 達成目標

【最終目標】

平成27年度末に、実住宅において、開発した高性能断熱材、高機能パッシブ蓄熱建材、戸建住宅用太陽熱活用システムを実装し、条件を明確にした上で空調・給湯エネルギーが一次エネルギー換算で半減される可能性があることを実証する。

平成 21 年度成果報告書

住宅産業・窯業関連分野の政策課題解決に向けた
技術開発動向調査

平成 22 年 3 月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

(委託先) 株式会社野村総合研究所

目次

1. 調査概要	3
1. 1 背景と目的	3
1. 2 調査内容及び実施方法	4
2. 家庭部門のエネルギー消費量・CO ₂ 排出量の推移と我が国におけるCO ₂ 削減目標	5
2. 1 部門別エネルギー消費量・CO ₂ 排出量の推移	5
2. 2 家庭部門におけるエネルギー消費量・CO ₂ 排出量の内訳	7
2. 3 家庭部門におけるエネルギー消費量の国際比較	9
2. 4 我が国における温室効果ガス排出量削減目標	10
3. 住宅市場・住宅産業の動向	14
3. 1 新築住宅市場の動向	14
3. 2 住宅リフォーム市場の動向	17
3. 3 住宅産業を取り巻くプレイヤー	23
4. 低炭素住宅を巡る国内外の動向	26
4. 1 国内における施策及び技術開発の動向	26
4. 2 海外における施策及び技術開発の動向	37
5. 住宅におけるCO ₂ 排出量削減に向けた技術シーズ	50
5. 1 技術シーズの探索	50
5. 2 低炭素住宅のイメージ	52
5. 3 重要技術の抽出	53
6. 研究課題と技術開発ロードマップ	55
6. 1 意見交換会及び技術シーズ報告会の概要	55
6. 2 各重要技術の研究開発課題と技術開発ロードマップ	55
7. ナショナルプロジェクトの設立・実施に向けた方向性	76
7. 1 類似の研究開発プロジェクト	76
7. 2 ナショナルプロジェクトの設立・実施に向けた課題と方向性	79
8. ニューガラス分野の技術ロードマップ	84
8. 1 検討概要	84
8. 2 導入シナリオ	85
8. 3 技術マップ	87
8. 4 技術ロードマップ	88

1. 調査概要

1. 1 背景と目的

(背景)

家庭部門の CO₂ 排出量は我が国全体の約 15%を占め、年々増加傾向にあることから、「2020 年までに 1990 年比 25%削減」という我が国の政策目標を実現するためには、家庭部門における大幅削減が必要であり、これに資する革新的な技術開発が強く求められている。また、住宅は人生の大半（約 6 割）を過ごす生活の基盤であり、近年、耐震対策、VOC 対策、バリアフリー対策など、安心・安全社会や健康社会を実現する上で重要な位置づけを担っている。

住宅産業・窯業関連分野においては、従来、住宅関連部材メーカーからの視点を中心に技術開発が行なわれてきた。一方、住宅は数千種類にも及ぶ部材・部品の組み合わせにより建てられていることから、技術の早期実用化や普及促進に向けては、組み合わせを担う住宅メーカーの視点も極めて重要である。また、当然ながら、住まい手である消費者の視点も不可欠である。

(目的)

以上のことから、本調査では、住宅メーカー、住宅関連部材メーカー、消費者等の視点から、住宅産業関連業界全体への波及効果が期待される研究開発課題の発掘を行う。発掘に際しては、特に緊急性の高い政策課題として、住宅分野における低炭素化やリフォームの推進に着目する。

さらに、国内外の政策や技術開発等の動向を踏まえて、研究開発における課題解決に向けた技術開発ロードマップの作成を行い、NEDO が取り組むべき事項について提言する。

1. 2 調査内容及び実施方法

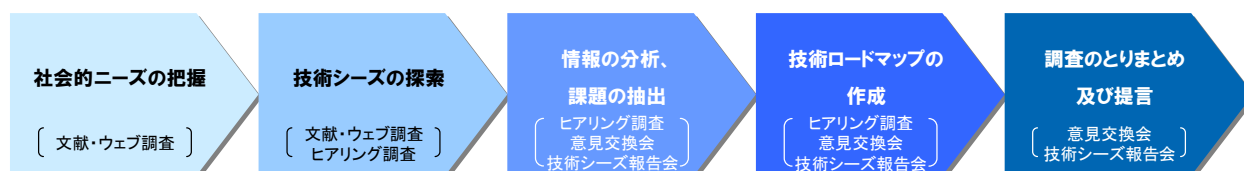
本調査の内容と実施方法を図表 1-1 に、調査フローを図表 1-2 に示す。

はじめに社会的ニーズの把握と技術シーズの探索を行い、それらの成果を踏まえて情報の分析及び課題の抽出を行う。その上で、有識者・実務者等からのアドバイス等に基づき技術ロードマップを作成する。最後に、調査内容全般を踏まえて、調査のとりまとめ及び提言を行う。

図表 1-1 調査内容及び実施方法

調査内容	実施方法
社会的ニーズの把握	• 文献・ウェブ調査
技術シーズの探索	• 文献・ウェブ調査 • ヒアリング調査(メーカー、有識者)
情報の分析、課題の抽出	• ヒアリング調査(メーカー、有識者) • 意見交換会 • 技術シーズ報告会
技術ロードマップの作成	• ヒアリング調査(メーカー、有識者) • 意見交換会 • 技術シーズ報告会
上記内容を踏まえて、調査のとりまとめ及び提言	• 意見交換会 • 技術シーズ報告会

図表 1-2 調査フロー



2. 家庭部門のエネルギー消費量・CO₂排出量の推移と

我が国におけるCO₂削減目標

(2章の要点)

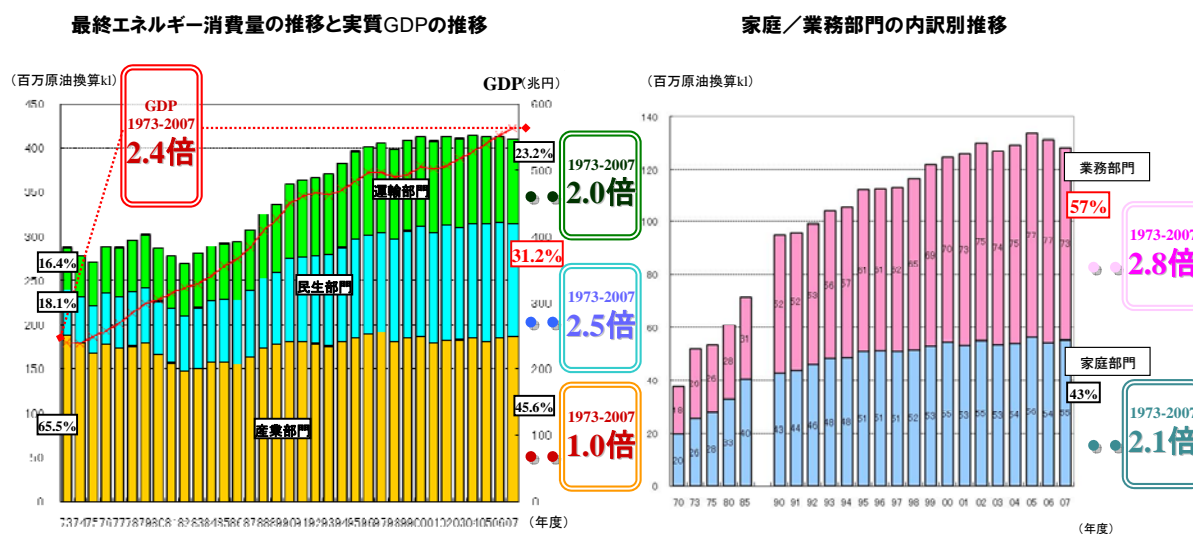
- 住宅分野（家庭部門）のエネルギー消費量及びCO₂排出量は我が国全体の約15%を占め、業務部門と並び他の分野（産業、運輸等）と比べて伸びが顕著である。
- 我が国は、政策目標として、「2020年までに温室効果ガス排出量を1990年比25%削減」という、諸外国と比べても厳しい目標を掲げており、これを実現するためには、住宅分野の大幅削減が不可欠である。言い換えれば、住宅分野はCO₂排出量削減に対する社会的ニーズが極めて大きい分野といえる。
- 住宅建材・部材の研究開発という観点からCO₂削減に貢献できるのは、主として暖冷房に関するCO₂排出量であり、これは住宅におけるCO₂排出量全体の約25%を占める。

2. 1 部門別エネルギー消費量・CO₂排出量の推移

1) 最終エネルギー消費量の推移

民生部門のエネルギー消費量は、最終エネルギー消費量の3割以上を占めており、産業、運輸部門に比べて、過去からの増加が顕著である。家庭部門のエネルギー消費量は、民生部門のエネルギー消費量の半分弱を占めており、30年程度の間には2倍以上に増加し、近年も増加傾向にある。

図表 2-1 我が国における最終エネルギー消費の推移



注釈) 総合エネルギー統計の集計手法が改訂されたことにより、1990年度以降の数値は、それ以前の数値とは異なることに留意する必要がある。

出所) 総合エネルギー統計、国民経済計算年報

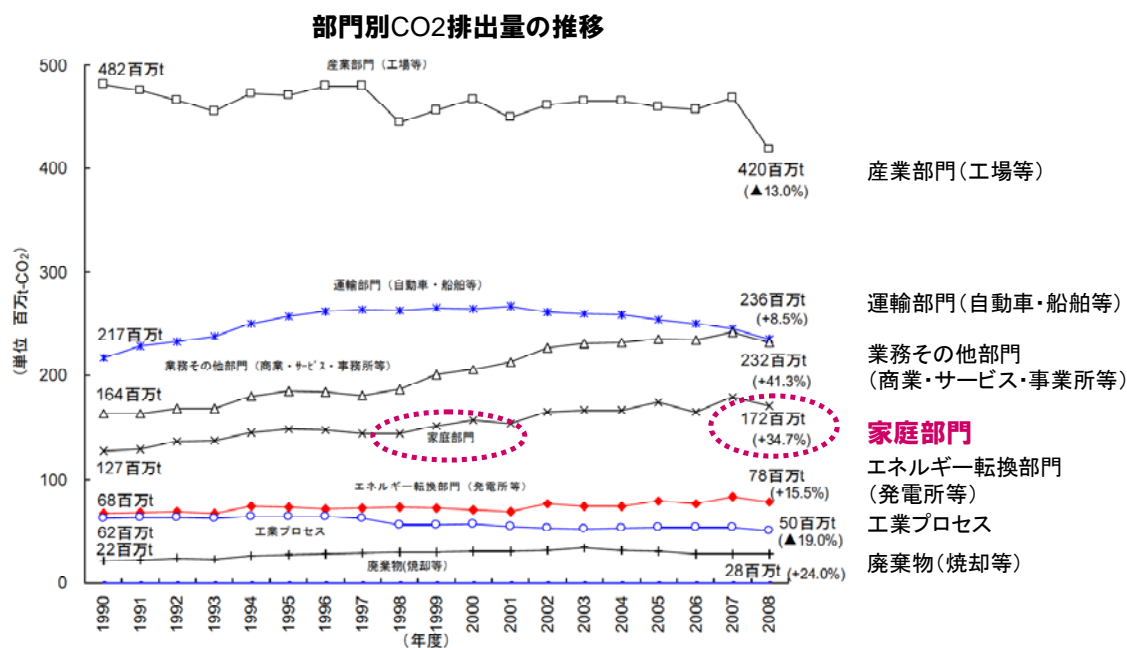
2) CO₂ 排出量の推移

2008年度の温室効果ガス(京都議定書の対象ガス(6種類))の総排出量は、12億8,600万トン(二酸化炭素換算)であり、京都議定書の基準年である1990年度の総排出量(12億6,100万トン)を1.9%上回った。前年度比では6.2%(8,520万トン)の減少である。

また、2008年度のCO₂排出量は12億1,600万トンであり、1990年度と比べると6.3%(7,210万トン)増加している。前年度と比べると、主に深刻な景気悪化の影響により産業部門を中心にエネルギー起源CO₂が大幅に減少し、6.5%(8,450万トン)減少となった。

このうち、家庭部門のCO₂排出量(2008年度)は1億7,200万トン(温室効果ガス排出量全体の約13.4%)で、1990年度比34.7%(4,420万トン)増加、前年度と比較すると4.6%(830万トン)減少している。家庭部門におけるCO₂排出量の1990年度からの増加要因としては、①家庭用機器のエネルギー消費量が機器の大型化・多様化等により増加していること、②世帯数が増加していること等が指摘されている。また、前年度からの減少要因として、冬季の高温(昨年度との比較)による暖房需要の減少等が挙げられる。

図表 2-2 我が国における CO₂ 排出量の推移



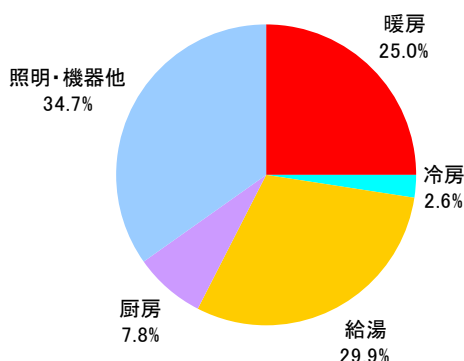
注釈) 括弧内の数字は各部門の 2008 年度排出量の基準年 (1990 年度) からの変化率
 出所) 環境省「2008 年度 (平成 20 年度) の温室効果ガス排出量 (速報値) について」

2. 2 家庭部門におけるエネルギー消費量・CO₂ 排出量の内訳

1) エネルギー消費量の内訳・地域比較

家庭部門におけるエネルギー消費量の内訳(図表 2-3)を見ると、暖房 25%、冷房 3%、給湯 30%、厨房 8%、照明・機器他 35%となっている。地域別に見ると(図表 2-4)、寒冷地域の方がエネルギー消費量が多い。これは、暖房用エネルギー消費量が格段に多いことに起因している。

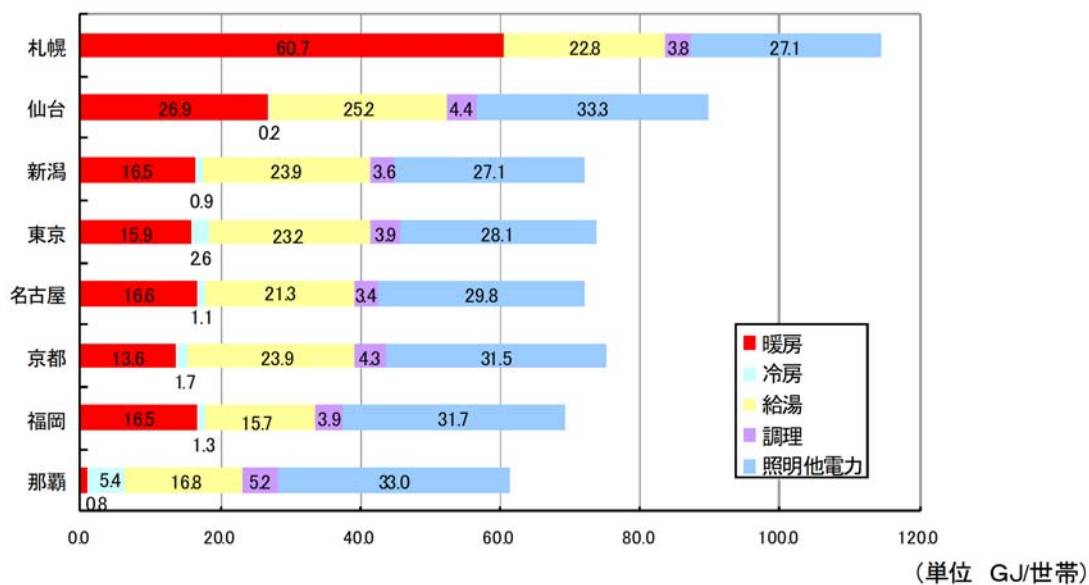
図表 2-3 家庭部門におけるエネルギー消費量の内訳



注釈) 2007 年度データ

出所) 日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」

図表 2-4 家庭部門におけるエネルギー消費量の地域比較 (8 都市域)

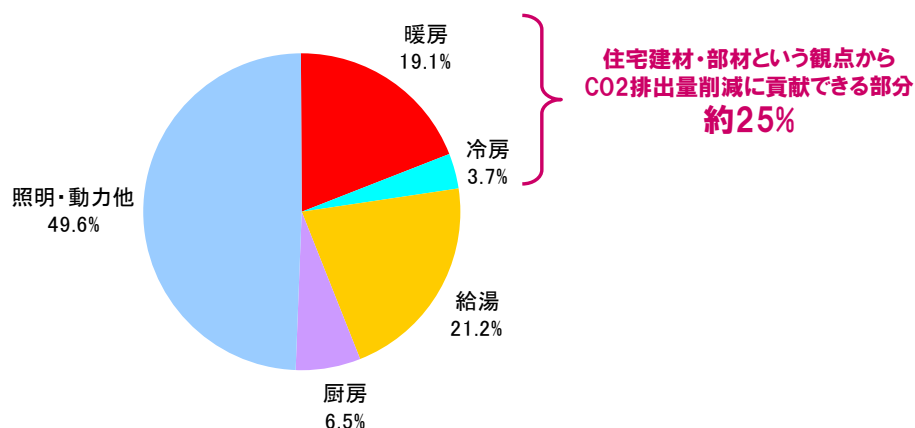


出所) 財団法人建築環境・省エネルギー機構「自立循環型住宅への設計ガイドライン」

2) CO₂ 排出量の内訳

家庭部門における世帯あたり CO₂ 排出量 (2007 年) の平均値は、約 3,500kg-CO₂/世帯である。図表 2-5 に示すように、用途別の内訳は暖房 20%、冷房 4%、給湯 20%、厨房 7%、照明・動力他 50%となっている。このうち、住宅建材・部材という観点から住宅の CO₂ 排出量削減に貢献できるのは主として暖冷房に係る CO₂ 排出量であり、住宅の CO₂ 排出量全体の約 25%を占める。

図表 2-5 家庭部門における CO₂ 排出量の内訳



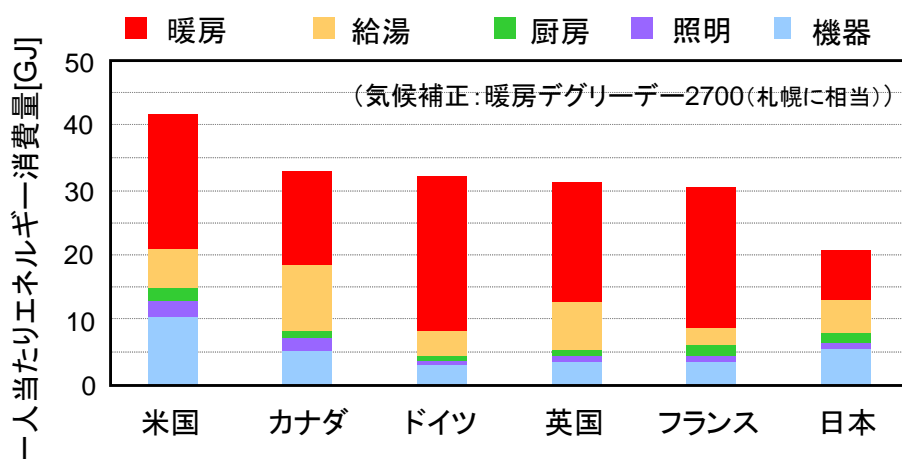
注釈) 2007 年データ

出所) 温室効果ガスインベントリオフィスデータより NRI 作成

2. 3 家庭部門におけるエネルギー消費量の国際比較

図表 2-6 に家庭部門におけるエネルギー消費量の国際比較を示す。我が国の家庭部門における一人あたりエネルギー消費量は、欧米の半分以下となっている。これは、特に暖房用エネルギー消費量が少ないことに起因しており、我が国の暖房用エネルギー消費量は欧米諸国の 3 分の 1 程度である。

図表 2-6 家庭部門におけるエネルギー消費量の国際比較（一人あたり）



出所) IEA, Energy Use in the New Millennium, 2007

2. 4 我が国における温室効果ガス排出量削減目標

1) 中長期目標

2010年3月に閣議決定された地球温暖化対策基本法案において、我が国は、すべての主要国による公平かつ実効性のある国際的な枠組みの構築及び意欲的な合意を前提として、中期的には温室効果ガス排出量を2020年までに1990年比25%、長期的には2050年までに1990年比80%削減する目標を掲げている。政治、社会、経済、産業、文化等の背景の違いはあるものの、我が国の削減目標は欧米に比べても野心的な目標といえる（図表2-7）。

図表2-7 温室効果ガス排出量の中期目標の国際比較

国・地域	中期目標	1990年比 換算目標	2005年比 換算目標
日本	1990年比▲25%	▲25%	▲30%
欧州	1990年比 ▲20%～▲30%	▲20%～▲30%	▲14%～▲25%
米国	2005年比▲17%	▲3%	▲17%

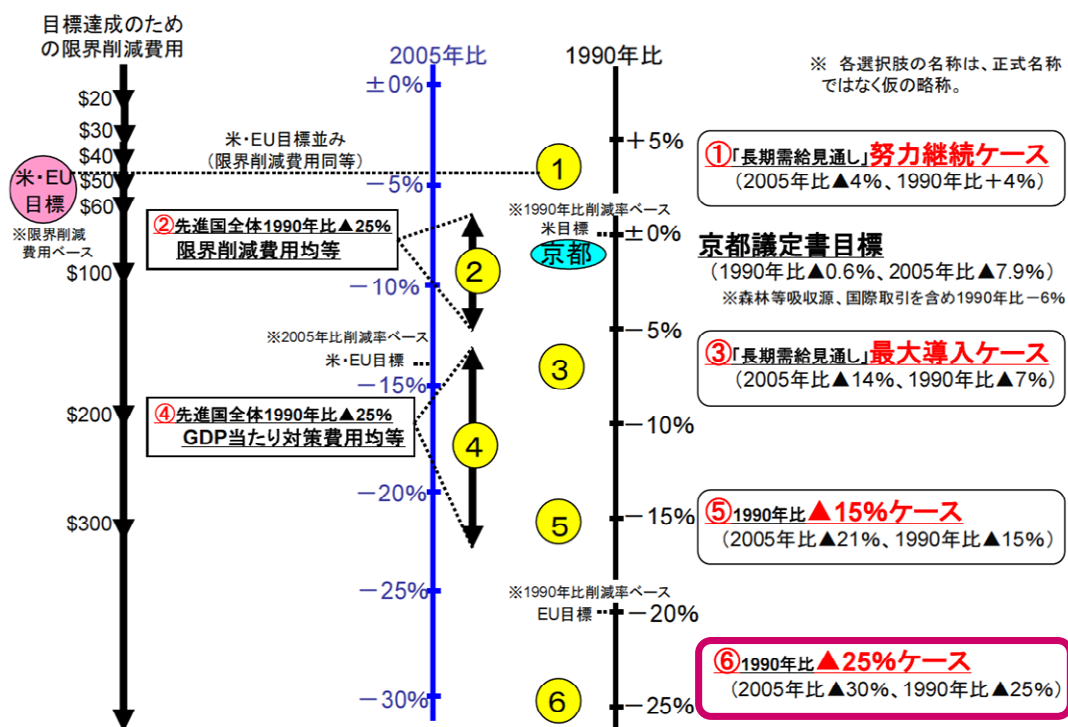
注釈) 各国・地域の目標には、CDM（クリーン開発メカニズム）によるクレジットの調達など、真水以外の削減量も含む。

出所) 財団法人地球環境産業技術研究機構（RITE）

（参考）中期目標検討委員会における「中期目標の6つの選択肢」

- 政府は、ポスト京都を巡る国際交渉を念頭に、我が国における温室効果ガス排出量の中期目標の検討を目的として、2008年11月に、「地球温暖化問題に関する懇談会」傘下の分科会として「中期目標検討委員会」を設置した。
- 中期目標検討委員会では、中期目標の選択肢として以下の6つの案を提示。我が国の中期目標である「1990年比25%削減」は、6つの選択肢のうち、最も厳しいケースである。

図表 2-8 中期目標検討委員会における「中期目標の6つの選択肢」






出所) 中期目標検討委員会

2) 中期目標の実現に必要な住宅分野の対策

「地球温暖化問題に関する懇談会」傘下の「中期目標検討委員会」は、前述の「1990年比25%削減シナリオ」において、温室効果ガス排出量25%削減を実現するために住宅分野に求められる対策として、新築住宅に関しては100%が次世代(平成11年)省エネ基準以上(30%は、次世代省エネ基準よりもさらに厳しい基準)、既存住宅に関しても100%が新(平成4年)省エネ基準以上を満たす必要があることを提言している(図表2-9)。

図表 2-9 中期目標の実現に必要な対策・政策

	太陽光発電等	自動車、交通流	住宅・建築物等
上段：主な対策技術の導入 下段：主な政策			
①長期需給見通し 努力継続 (05年比▲4%、90年比+4%)	太陽光：現状の 4倍 ・RPS法による買取	次世代車：新車販売の 10% ・省エネトップランナー基準 ・税制優遇、補助金	断熱住宅：新築住宅の 70% ・省エネ法の省エネ基準 ・税制優遇
③長期需給見通し 最大導入 (05年比▲14%、90年比▲7%)	太陽光：現状の 10倍 ・固定価格買取制度 ・住宅太陽光補助金	次世代車：新車販売の 50% 保有台数の 20% ・エコカー購入支援補助	断熱住宅：新築住宅の 80% ・省エネ住宅の基準強化、対象拡大 ・グリーン家電の購入支援補助
タイプA(財政出動重視型)	太陽光：現状の 25倍 小水力：大幅拡大 LNG重点化(石炭火力削減) ・買収の 固定価格のアップ	次世代車：新車販売の 53% 保有台数の 24% 従来車の燃費の向上 交通流対策、Eコドライブを強化 ・ 税制優遇、補助金の強化 ・省エネトップランナー基準の強化	断熱住宅：新築住宅の 100% 既築も含めた全住宅の 60% に 省エネナビ、ビルエネルギーマネジ メントシステム(BEMS)を強化 ・ 税制優遇、補助金の強化
⑤90年比▲15% (05年比▲21%)	太陽光：現状の 40倍 原子力稼働率：80%→90%へ タイプB(義務付け重視型) 新築住宅、一定規模以上の 既築住宅に 設置義務	次世代車：新車販売の 100% 保有台数の 40% ・従来型自動車の販売禁止、 車検適用不可	断熱住宅：新築住宅の 100% 既築も含めた全住宅の 100% に ・ 新築、既築住宅の省エネ基準 義務化
⑥90年比▲25% (05年比▲30%)	太陽光：現状の 55倍 ・⑤タイプBと同じ エネルギー多消費産業(製鉄、化学、セメント等)の 生産量低下 ・炭素への価格付け政策(排出量取引、炭素税)も不可欠	次世代車：新車販売の 90% 保有台数の 40% ・⑤タイプBと同じ	断熱住宅：新築住宅の 100% 既築の 100% を 改修 ・⑤タイプBと同じ

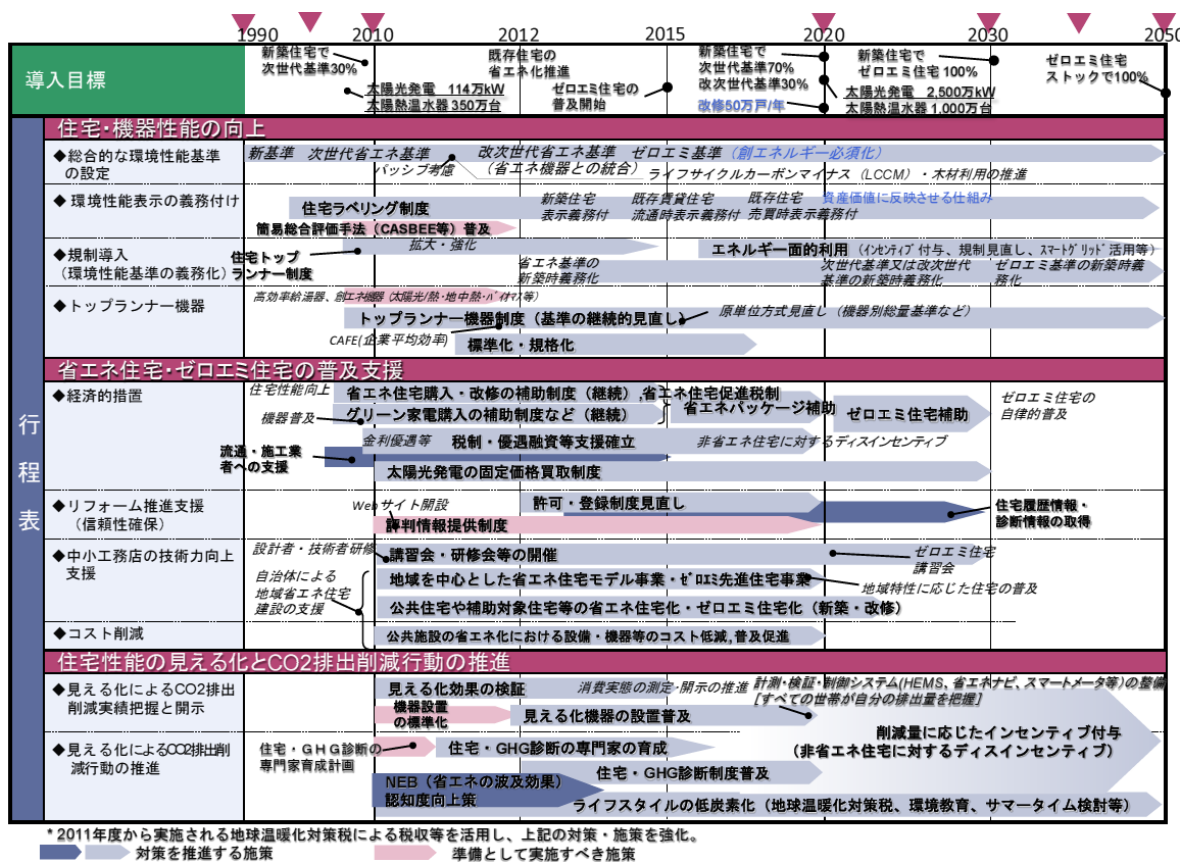
出所) 中期目標検討委員会

3) 住宅分野の中長期ロードマップ

2010年1月に環境省は温室効果ガス排出量削減の中長期目標の達成に向けたロードマップの策定を目的として、「地球温暖化対策に係る中長期ロードマップ検討会」(座長：西岡秀三 国立環境研究所特別客員研究員)を設立し、住宅・建築分野については「住宅・建築物ワーキンググループ」(座長：村上周三 建築研究所理事長)で検討が進められている。

同検討会が2010年3月に発表した「地球温暖化対策に係る中長期ロードマップ(議論のたたき台)(案)」では、住宅・機器性能の向上や省エネ住宅・ゼロエミッション住宅の普及支援、住宅性能の見える化とCO₂排出削減行動の推進に関するロードマップが提示された(図表2-10参照)。具体的な施策としては、住宅の省エネ基準の強化及び義務化、ゼロエミッション住宅基準の策定、住宅の環境性能表示制度の導入、省エネ住宅購入・改修の補助・税制・優遇融資の導入などが挙げられている。

図表 2-10 中長期目標の実現に向けた住宅分野のロードマップ



出所) 環境省地球温暖化対策に係る中長期ロードマップ検討会「地球温暖化対策に係る中長期ロードマップ (議論のたたき台) (案)」

3. 住宅市場・住宅産業の動向

(3章の要点)

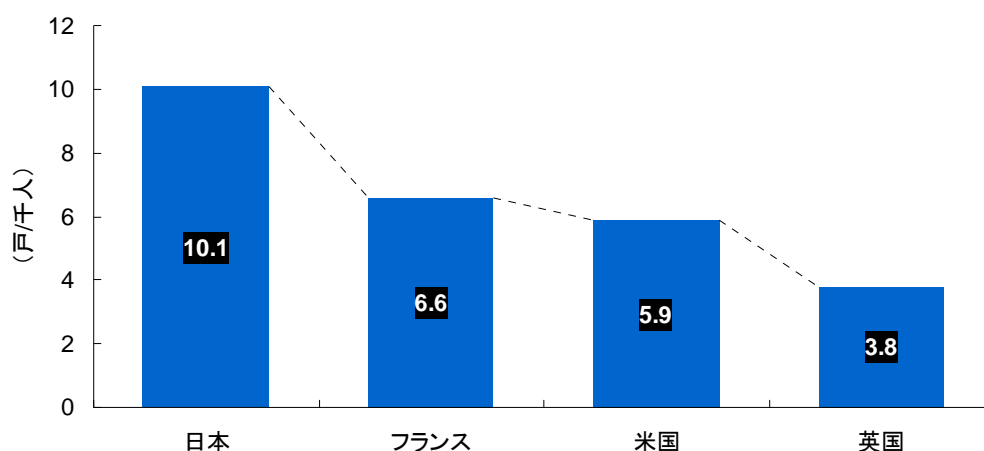
- 我が国の新築住宅市場は、近年の経済状況の影響等により、大変厳しい環境下にある。また、人口・世帯数の減少、家族類型の変化等により、将来的にも縮小傾向にある。
- 既存住宅（中古住宅）に関しては、諸外国に比べて流通市場が十分に整備されているとは言い難い。住宅リフォーム市場は、5兆円前後で推移している。近年、住宅リフォーム市場の成長が期待されてきたが、現時点においては数字の面において市場規模の拡大には至っていない。
- 特に、省エネを目的とするリフォーム需要は全体の20%程度であり、構造・設備等の老朽化・劣化、間取りや水回り等の使い勝手の改善等に比べてリフォームの動機づけが弱い。
- 政府は、新成長戦略（基本方針）において、ストック重視の住宅政策への転換を明示している。消費者においても新築志向は根強いものの、中古住宅に対する許容度も高いことから、今後は、中古住宅流通市場、リフォーム市場の活性化が期待される。

3. 1 新築住宅市場の動向

1) 新築住宅市場の国際比較

図表 3.1 に人口千人あたりの新設住宅着工戸数の国際比較を示す。人口千人あたりの新設住宅着工戸数は欧米諸国の1.5～3倍となっており、我が国は人口の規模の割に新築住宅の市場規模が非常に大きい。

図表 3-1 人口千人あたりの新設住宅着工戸数の国際比較



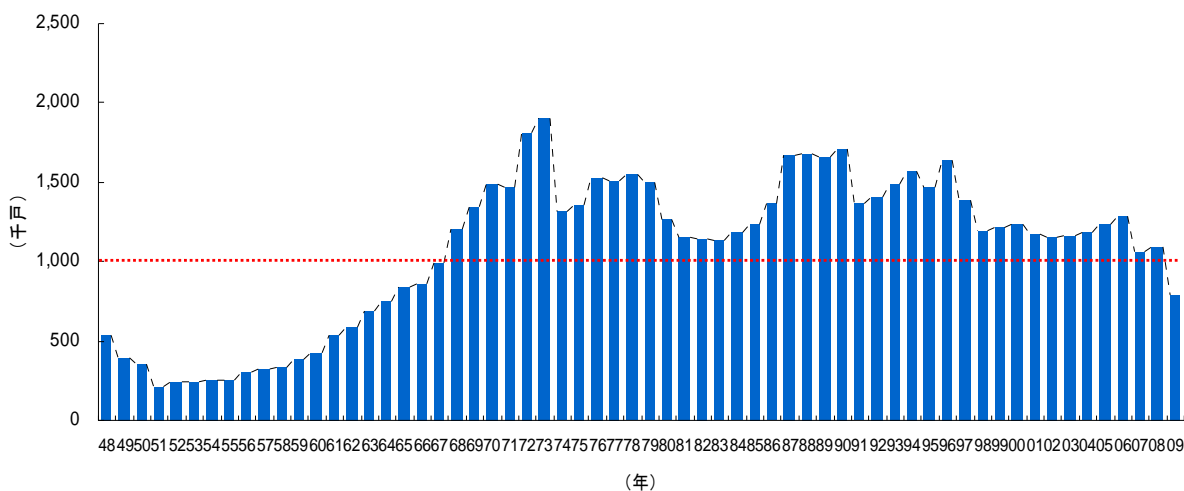
注釈) 2006 年データ

出所) 「海外 DATA-NOW2006」(住宅金融公庫)

2) 新設住宅着工戸数の推移

国内の新設住宅着工戸数は、バブル期に年間 160 万戸程度で推移していたが、バブル崩壊後に急減した。1996 年に消費税引き上げ前の駆け込み需要による増加があったものの、その後は 120 万戸前後で推移し、建築基準法改正や経済状況の悪化に伴い、2009 年の新設住宅着工戸数は 45 年ぶりに 80 万戸をも下回り、1996 年の新設住宅着工戸数(約 164 万戸)の半分以下となった。

図表 3-2 国内新設住宅着工戸数の推移



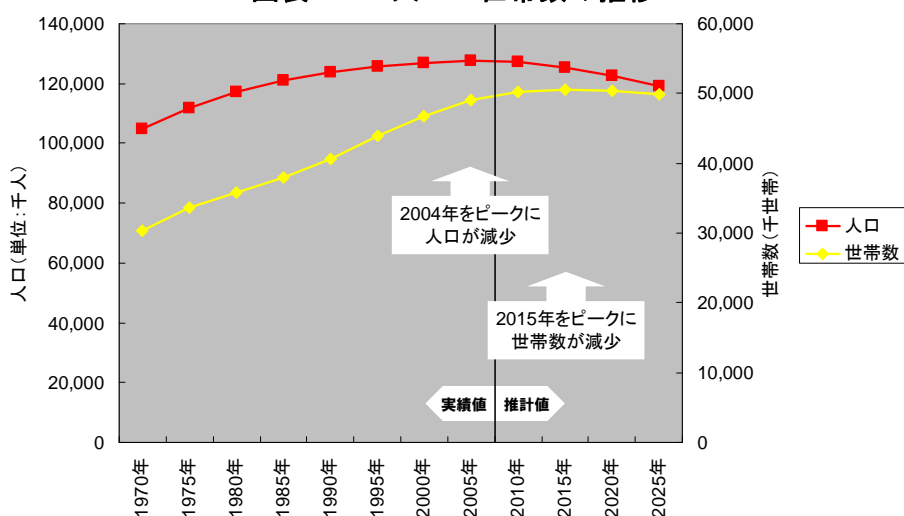
注釈) 1950年以前の戸数は工事戸数。1951年以降については新設戸数であるが、1951年から1955年までの年計には補正が算入してある。1973年から沖縄県分を含む。

出所) 国土交通省「住宅着工統計」(平成21年計分)

3) 人口・世帯数の変化

日本の人口は、2004年にピーク（1億2,873万人）を迎えて以降、一貫して減少傾向にある。また、世帯数も2015年をピークに減少局面に入ると予測されている。新設住宅着工戸数は、世帯数と高い相関が見られることから、世帯数の減少に伴い、今後国内の新築住宅市場の縮小に拍車がかかると考えられる。

図表 3-3 人口・世帯数の推移



注釈) 2005年まで実績値、2010年以降は予測値

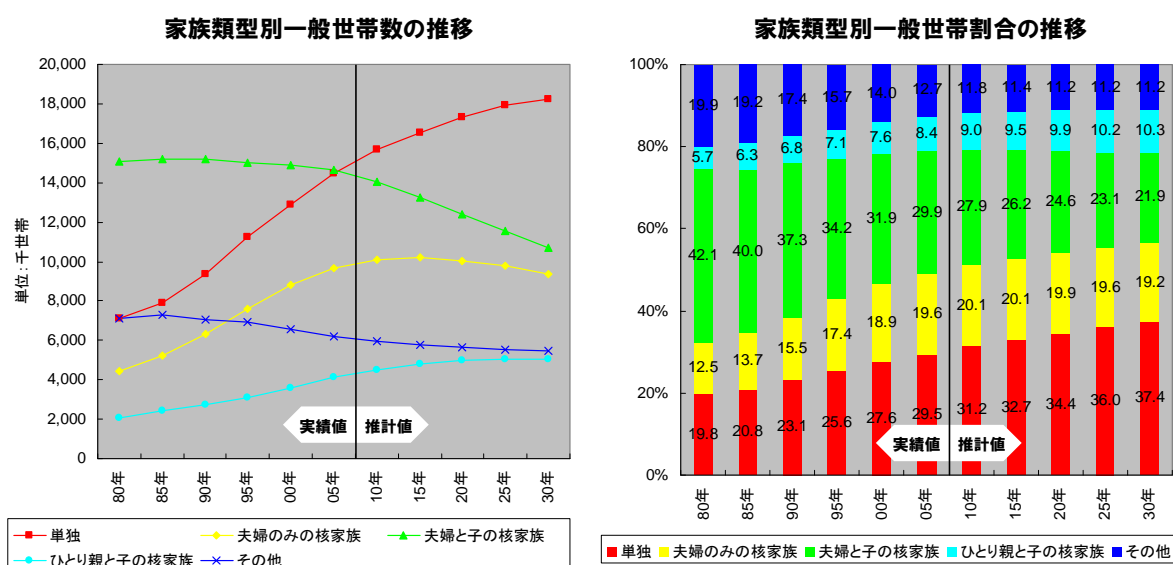
出所) 国立社会保障・人口問題研究所

4) 家族類型の変化

家族類型にも大きな変化が見られる(図表 3-4)。2005 年時点において、家族類型の中で最も多いのはいわゆる「ファミリー世帯」と呼ばれる「夫婦と子の核家族」世帯であった。しかし、近年、未婚化や晩婚化、熟年離婚、死別等により単独世帯が急激に増加しており、2010 年には単独世帯が夫婦と子の核家族世帯を上回ると予測されている。

これらの家族類型の変化は、住宅の種類(戸建て・集合)や広さ、仕様、資産性など、住宅に求める要件を大きく左右すると考えられる。

図表 3-4 家族類型の変化



注釈) 2005 年まで実績値、2010 年以降は予測値

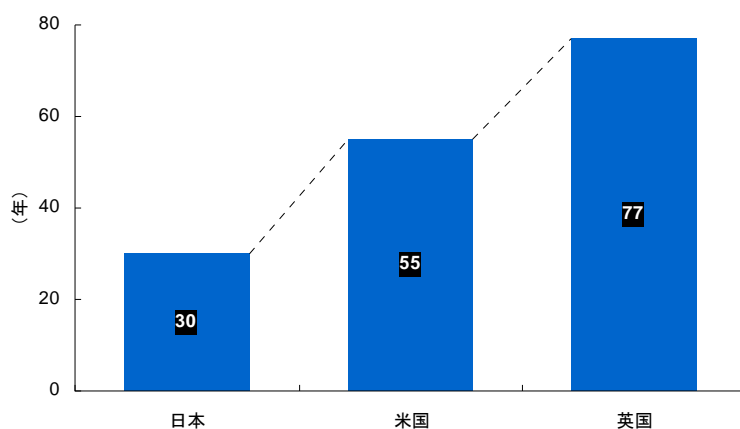
出所) 国立社会保障・人口問題研究所

3. 2 住宅リフォーム市場の動向

1) 滅失住宅の平均築後経過年数

日本の住宅の平均寿命は、欧米諸国に比べて大変短い。我が国の滅失住宅の平均築後経過年数は30年であるのに対して、米国は55年、英国は77年となっている(図表 3-5)。この要因として、地形、地質、気象等の国土・自然条件や地震の発生頻度等の地理的な条件などがあるが、それら以外にも、国民の新築志向が強かったことや、生活水準の向上に伴い、住宅に対するニーズが高度化し、それに対応できない住宅は取り壊し、新しい住宅を新築してきたこと等が挙げられる。

図表 3-5 減失住宅の平均築後経過年数の国際比較



出所) 日本：総務省「住宅・土地統計調査（平成 10 年、平成 15 年）」

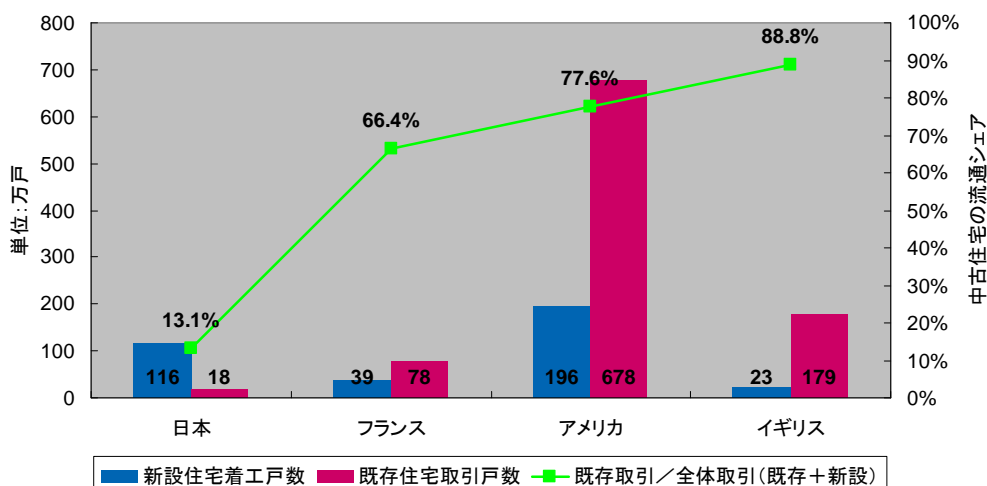
米国：「American Housing Survey（2001 年、2005 年）」

英国：English Housing Conditions Survey（1996 年、2001 年）」より国土交通省推計

2) 既存住宅取引市場の国際比較

我が国の既存住宅（中古住宅）の流通市場は欧米諸国に比べて非常に小さい。住宅取引全体に占める既存住宅取引の割合は、日本の 13.1%に対して、欧米諸国は 65%以上と、日本の約 5 倍の中古住宅市場を持つ。

図表 3-6 既存住宅取引市場の国際比較



出所) 日本：総務省「住宅・土地統計調査」、国土交通省「住宅着工統計」

フランス：「Annuaire Statistique de la France edition 2004」、運輸・設備・観光・海洋省 HP

アメリカ：「American Housing Survey 2003, Statistical Abstract of the U.S. 2006」

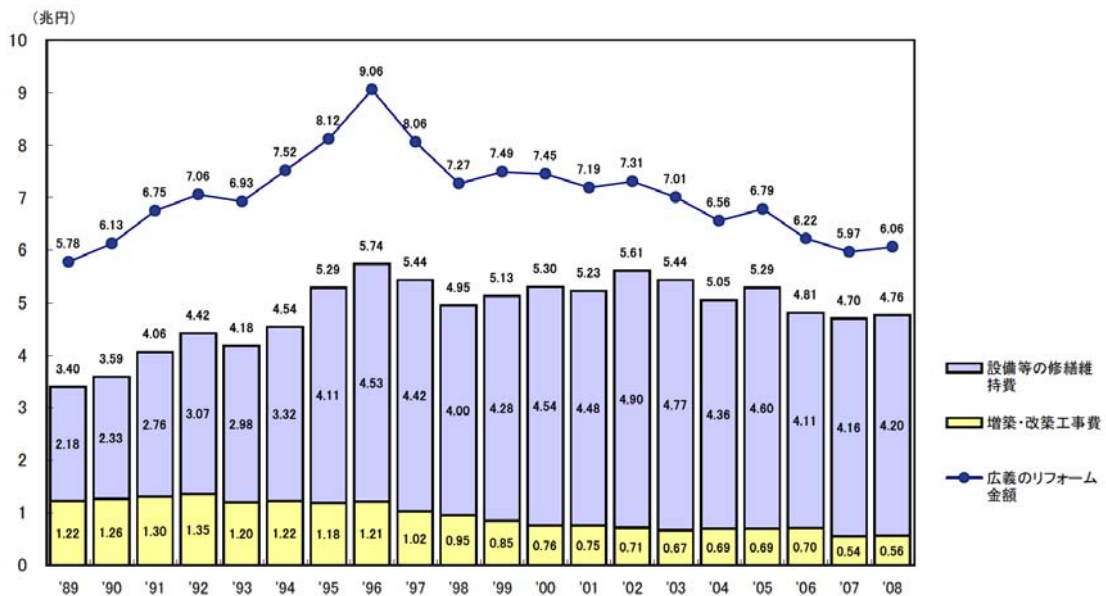
イギリス：地域・地方政府省 HP（既存住宅流通戸数は、イングランドおよびウェールズのみ）

3) 住宅リフォーム市場の規模

我が国の住宅リフォーム市場の規模は、1995年以降、5兆円前後で推移している。増築工事に比べて、設備等の修繕維持に係るリフォームの市場規模が大きい(図表3-7)。

近年、住宅リフォーム市場の成長が期待されてきたが、現時点においては数字の面において市場規模の拡大には至っていない。団塊世代の退職が住宅リフォーム市場の活性化につながるという期待が強いが、実際に活性化されるかどうかは未だ不透明な状況にある。

図表3-7 住宅リフォーム市場の規模



注釈) ①「広義のリフォーム市場規模」とは、住宅着工統計上「新設住宅」に計上される増築・改築工事と、エアコンや家具等のリフォームに関連する耐久消費財、インテリア商品等の購入費を含めた金額を言う。

②推計した市場規模には、分譲マンションの大規模修繕等、共用部分のリフォーム、賃貸住宅所有者による賃貸住宅のリフォーム、外構等のエクステリア工事は含まれていない。

③本市場規模は、「建築着工統計年報」(国土交通省)、「家計調査年報」(総務省)、「全国人口・世帯数・人口動態表」(総務省)等により、(財)住宅リフォーム・紛争処理支援センターが推計したものである。

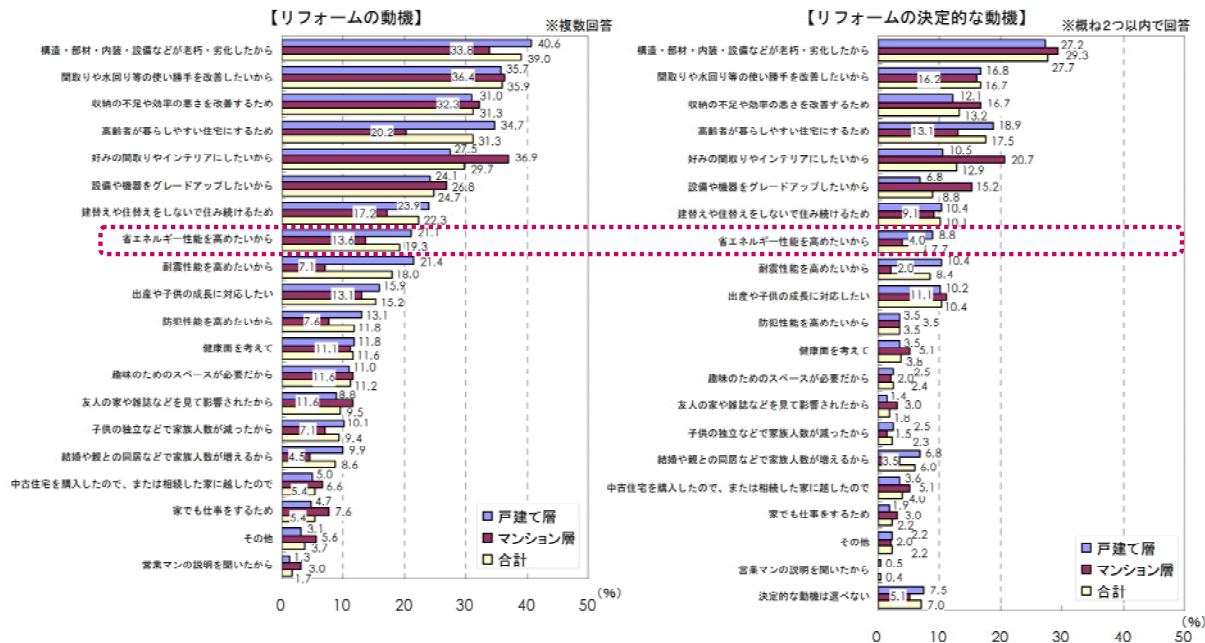
出所) 財団法人住宅リフォーム・紛争処理支援センター

4) リフォームの動機

図表3-8にリフォームの動機を示す。戸建て住宅、マンションともに、「構造・部材・内装・設備などが老朽・劣化したから」という理由が最も多い。次いで、「間取りや水回り等の使い勝手を改善したい」、「収納の不足や効率の悪さを改善するため」と続く。「省エネルギー性能を高めたいから」という理由は、全体の20%程度(複数回答の場合)

にすぎないのが実状である。

図表 3-8 リフォームの動機

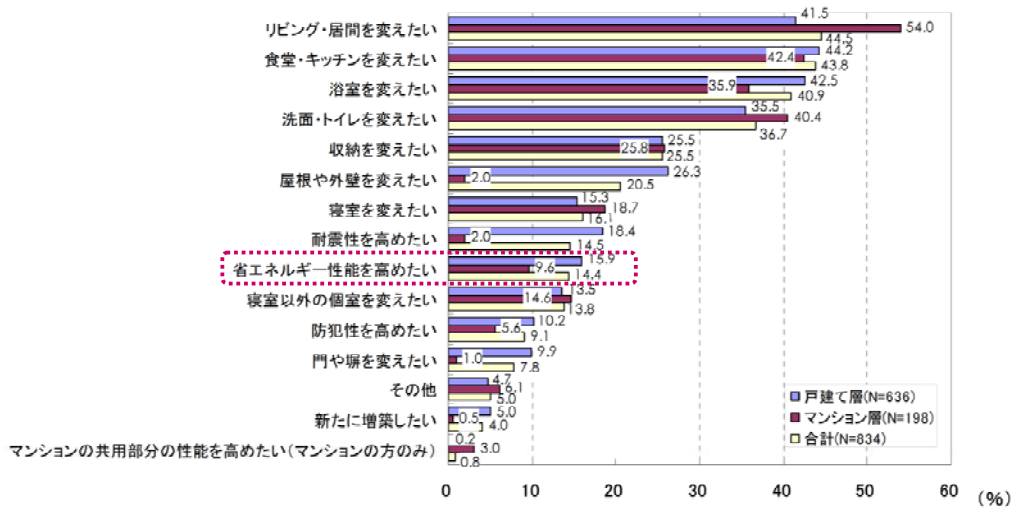


出所) 住宅リフォーム推進協議会「平成 20 年度 インターネットによる住宅リフォーム潜在需要者の意識と行動に関する調査」(2009 年 1 月)

5) リフォームの内容

リフォームの内容としては、「リビング・居間」の他、「食堂・キッチン」、「浴室」、「洗面・トイレ」などの水回りのリフォームに対するニーズが高い。省エネルギー性能を高めたいというニーズは、全体の 15%程度に留まる。

図表 3-9 リフォームの内容

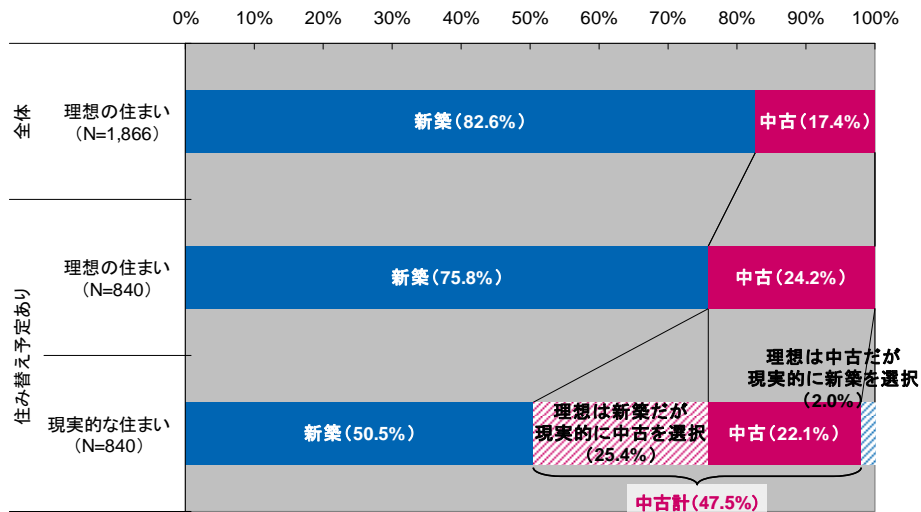


出所) 住宅リフォーム推進協議会「平成 20 年度 インターネットによる住宅リフォーム潜在需要者の意識と行動に関する調査」(2009 年 1 月)

6) 中古住宅に対する消費者ニーズ

図表 3-10 に中古住宅を選択する可能性に関するアンケート調査結果を示す。理想の住まいとして、「新築」を理想と考える「新築派」は全体の 8 割程度を占め、日本人の新築志向は依然として根強い。一方、「新築派」の 3 人に 1 人は、現実的には中古住宅を選択すると考えており、今後 5 年以内に住み替え予定のある人の半数近くが、現実的には中古住宅を選択すると考えている。

図表 3-10 中古住宅を選択する可能性

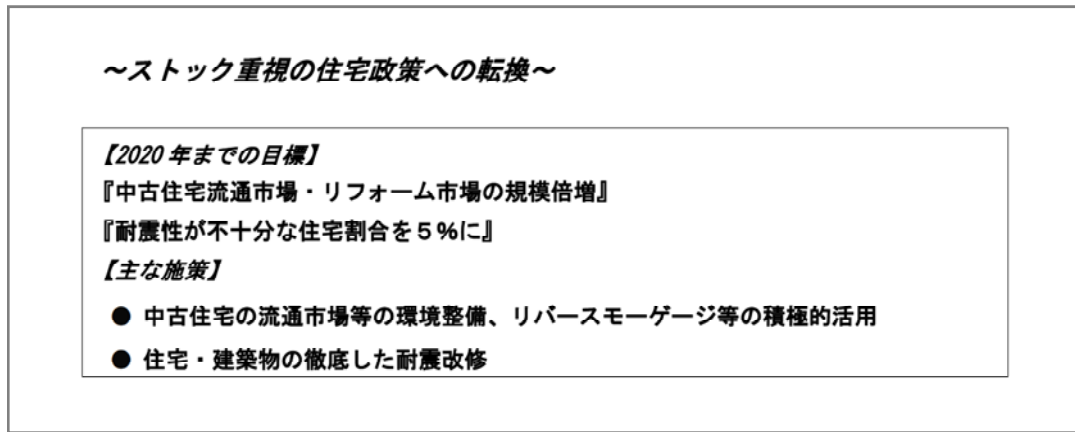


出所) NRI「住宅選択に関するアンケート調査」(2009 年 6 月)

7) 政府の新成長戦略（基本方針）

2009年12月に閣議決定された、政府の「新成長戦略（基本方針）～輝きのある日本へ～」において、住宅分野に関しては、「ストック重視の住宅政策への転換」を掲げ、2020年までに中古住宅流通市場・リフォーム市場の規模倍増という目標を提示している。前述のとおり、新築住宅市場は将来的にも縮退傾向にあることから、住宅産業の成長に向けては住宅流通市場やリフォーム市場の活性化が不可欠といえる。

図表 3-11 政府の「新成長戦略（基本方針）」



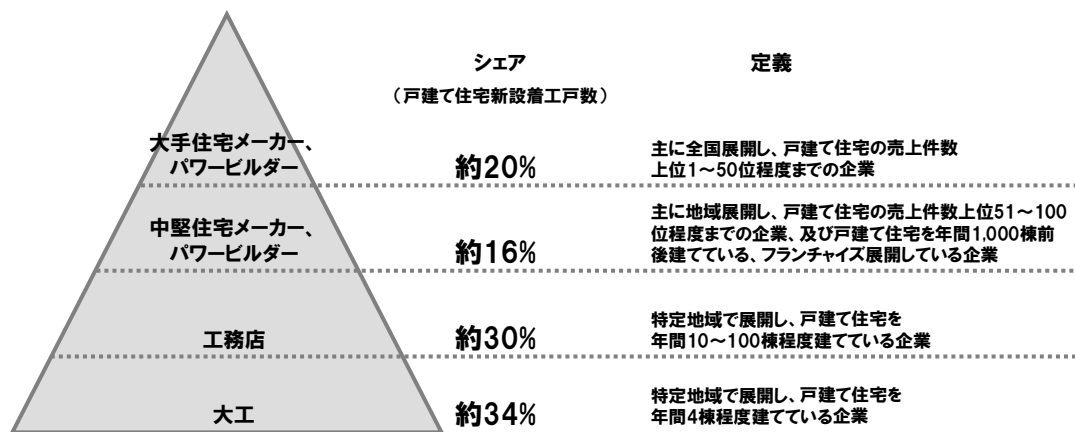
出所 「新成長戦略（基本方針）」（2009年12月）より一部抜粋

3. 3 住宅産業を取り巻くプレーヤー

1) 住宅の供給構造

住宅の主たる供給者として、大工、工務店、住宅メーカー、パワービルダー¹、ゼネコン、マンション事業者、不動産事業者（デベロッパー、建売業者）などがある。このうち、戸建て住宅を中心に供給しているのが、大工、工務店、住宅メーカー、パワービルダーである。戸建て住宅の供給構造に関しては、大手住宅メーカー、パワービルダーのシェアが全体の2割程度で、戸建て住宅全体の半分以上は大工、工務店により供給されている。

図表 3-12 戸建て住宅の供給構造（イメージ）



出所)「住宅産業白書」(矢野経済研究所)、「事業所統計」(総務省)、「住宅着工統計」(国土交通省)
に基づき NRI 算出

2) 住宅メーカーとパワービルダー

大手住宅メーカーの戸建て住宅完工棟数は、2001 年度以降ほぼ横ばいの状況が続いている。一方、自らは工場を保有しないファブレス経営で、大量一括仕入れによって、部材コストを大幅に削減したパワービルダーが急成長している。

3) 建材・住宅設備メーカー

大工や工務店、住宅メーカー、パワービルダーなどは、住宅を構成する材料や設備機器類を製造する建材メーカー、住宅設備メーカーから必要な部材を調達し、住宅を建

¹ パワービルダーとは、一般的には比較的廉価な戸建て住宅を低価格で大量に供給している建築会社を指す。

設・販売していることから、これらのメーカーとは不可分の関係にある。

建材・住宅設備を供給するメーカーには、パナソニック電工や住生活グループのように、あらゆるラインナップを揃える総合メーカーや、大建工業、TOTO などの各分野の専門メーカーがいる。

また、近年、新設住宅着工戸数の減少による市場競争の激化などを背景として、経営統合による事業の効率化や異分野との連携による総合力の強化を狙った業界再編が進んでいる。

図表 3-13 建材・住宅設備の種類と供給者

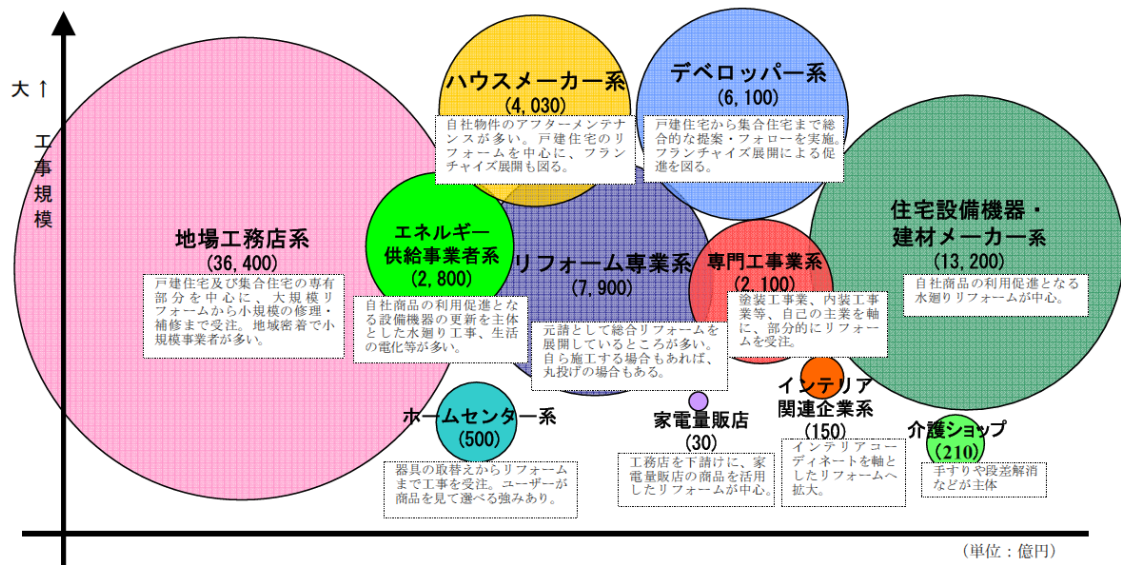
種類	製品の概要	主な供給者
木質建材	材木、合板、集成材、木質ボード、フローリング、木製ドア	材木商、合板メーカー、木質建材メーカー
窯業系建材	コンクリート、石膏ボード、タイル、ガラス	セメントメーカー、石膏ボードメーカー、タイルメーカー、ガラスメーカー
金属系建材	鋼材、アルミ建材	鉄鋼メーカー、アルミサッシメーカー
ファブリックス	カーテン、窓装飾材、カーペット、壁紙	織物メーカー、ブラインドメーカー、壁紙メーカー
キッチン	システムキッチン、周辺機器	システムキッチンメーカー
バス・トイレ	システムバス、浴槽、トイレタリー、洗面化粧台	水回り設備メーカー、衛生陶器メーカー
給湯機器	ガス給湯器、電気式給湯器	ガス機器メーカー
冷暖房機器	エアコン、床暖房	家電メーカー、ガス会社、ガス機器メーカー
照明器具	照明器具	家電メーカー

出所) 各種資料より NRI 作成

4) リフォーム業者

新設住宅着工戸数の減少と住宅ストック市場の拡大を見越して、住宅リフォームの分野においては、様々な業種からの参入が行われている。主要なリフォーム業者としては、住宅メーカー・工務店系、建材・住宅設備メーカー系、マンション、不動産系、リフォーム専業などがある。近年では、ホームセンターや家電量販店等においても、リフォーム事業を展開している。

図表 3-14 リフォーム業者のタイプと規模



出所) 国土交通省 既存住宅・リフォーム部会資料

4. 低炭素住宅を巡る国内外の動向

(4章の要点)

- 国内外において、近年、住宅分野の低炭素化に向けた施策・技術開発が活発化している。
- 我が国においては、2008年に「エネルギーの使用の合理化に関する法律（通称、省エネ法）」の抜本的改正を行い、罰則の厳格化や規制対象範囲の拡大などが2009年4月より施行されている。一方、住宅の省エネ基準は10年以上改定されておらず（英国、米国などは3年程度ごとに強化）、基準値は気候条件を考慮しても欧米諸国に比べて低い水準にある。
- 世界的に家庭部門の低炭素化対策が急務となっている中、近年、「ZEH（ゼロエネルギー住宅、ゼロエミッション住宅）²」という概念が注目を集めつつある。欧米では、ZEHの実現において、躯体の断熱化や設備の高効率化を対策の第一優先事項として重視している。欧米諸国では、費用対効果の観点からも、暖冷房CO₂排出量削減に貢献する部材開発は大変重要であると認識されている。
- さらに、英国や米国では、さまざまな低炭素技術を駆使したモデル住宅を実際に建設し、実証しており、住宅分野の低炭素化に向けた技術の開発や普及に貢献している。

4. 1 国内における施策及び技術開発の動向

1) 国内における主要施策

国内における住宅分野の主な低炭素関連施策を示す(図表 4-1 参照)。本報告書では、これらのうち特に最近策定または改定されたものについて概要を整理する。

² ZEHとは、住宅におけるCO₂排出量または化石エネルギー消費量を、躯体・設備の省エネルギー性能向上、オンサイト（敷地内）での再生可能エネルギー利用等により削減し、年間でのCO₂排出量または化石エネルギー消費量が正味（ネット）でゼロまたは概ねゼロになる住宅のこと。

図表 4-1 国内における住宅分野の主な低炭素関連施策

国／自治体	所管	施策
国	内閣府	<ul style="list-style-type: none"> 地球温暖化対策推進大綱 京都議定書目標達成計画 環境エネルギー技術革新計画 低炭素社会づくり行動計画 環境モデル都市 等
	環境省／経済産業省	<ul style="list-style-type: none"> 地球温暖化対策推進報
	経済産業省／経済産業省	<ul style="list-style-type: none"> 省エネルギー法 <ul style="list-style-type: none"> 住宅の省エネルギー基準 (家電等)トップランナー基準 省エネルギーラベリング制度 住宅トップランナー基準 等
	国土交通省／経済産業省／環境省	<ul style="list-style-type: none"> 住宅エコポイント
	環境省／経済産業省／総務省	<ul style="list-style-type: none"> 家電エコポイント
	国土交通省	<ul style="list-style-type: none"> 環境行動計画2008 住宅性能表示制度 建築物の総合環境性能評価手法(CASBEE) 超長期優良住宅先導的モデル事業 住宅・建築物省CO2推進モデル事業 等
	経済産業省	<ul style="list-style-type: none"> Cool Earth－エネルギー革新技術計画 太陽光発電余剰電力買取制度 住宅・建築物高効率エネルギーシステム導入促進事業 等
	環境省	<ul style="list-style-type: none"> クールビズ・ウォームビズ エコリフォーム・コンソーシアム 21世紀環境共生型住宅のモデル整備による建設促進事業 等
自治体	東京都	<ul style="list-style-type: none"> 建築物環境計画書制度・マンション環境性能表示制度 等
	その他	<ul style="list-style-type: none"> 自治体版CASBEE 等

注釈) 2010年3月時点

出所) 各種資料より作成

(1) 省エネルギー法(経済産業省・国土交通省)

1970年代の石油危機(オイルショック)を契機として、石油消費量の削減を目的として1979年に制定された。正式名称は、「エネルギーの使用の合理化に関する法律」(通称、省エネ法)。

省エネ法の中で住宅分野に関しては、住宅の省エネルギー基準を規定している他、家電や住宅のトップランナー基準、省エネルギーラベリング制度等を定めている。1979年の制定以降、幾度かの改正が行われてきたが、低炭素化対策推進に対する社会的要請の高まりを受けて2008年に大幅改正が行われ、規制の範囲・内容の拡大、強化が図られた。

図表 4-2 改正省エネ法の主なポイント（住宅分野）

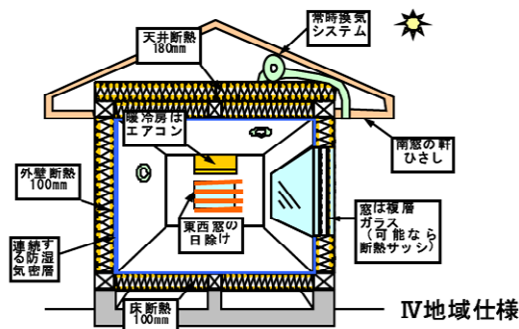
- 罰則の厳格化(2009年4月以降)
 - 省エネ措置が著しく不十分な場合の命令・罰則の導入
- 規制対象範囲の拡大(2010年4月以降)
 - 省エネ措置の届出対象を、延床面積2,000㎡以上から300㎡以上に
- 住宅トップランナー制度の導入(2009年4月以降)
 - 建売戸建住宅の事業者に、トップランナー方式での省エネ判断基準を導入

○ 住宅の省エネ基準

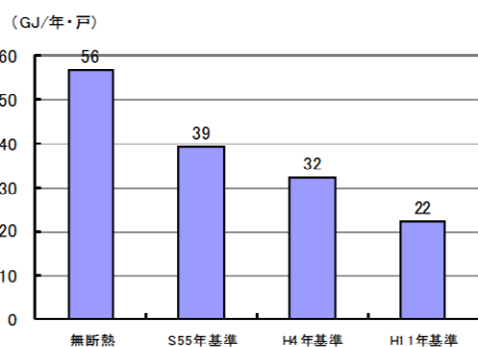
- 正式名称は、「住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準」
- 1980（昭和 55）年に制定、1992（平成 4）年、1999（平成 11）年に強化
- 全国を 6 つの地域に区分し、地域ごとに断熱性、気密性、日射遮蔽性等に関する基準を規定

図表 4-3 住宅の省エネ基準の概要

● 木造戸建住宅の断熱化のイメージ



● 年間暖冷房エネルギー消費量※の試算



● 基準ごとの断熱仕様等の比較

項目	S55年以前	S55年基準	H4年基準	H11年基準(現行基準)
性能基準	熱損失係数	—	5.2 W/(㎡K) 以下	2.7 W/(㎡K) 以下
	相当隙間面積	—	—	5.0 cm ² /㎡以下
仕様基準	断熱材(外壁)	なし	グラスウール30mm	グラスウール100mm
	断熱材(天井)	なし	グラスウール40mm	グラスウール180mm
	開口部(窓)	アルミサッシ +単板	アルミサッシ +単板	アルミサッシ +単板
年間暖冷房費※	約 13万3千円/年	約9万2千円/年	約7万5千円/年	約5万2千円/年
年間暖冷房エネルギー消費量※	約56GJ	約39GJ	約32GJ	約22GJ

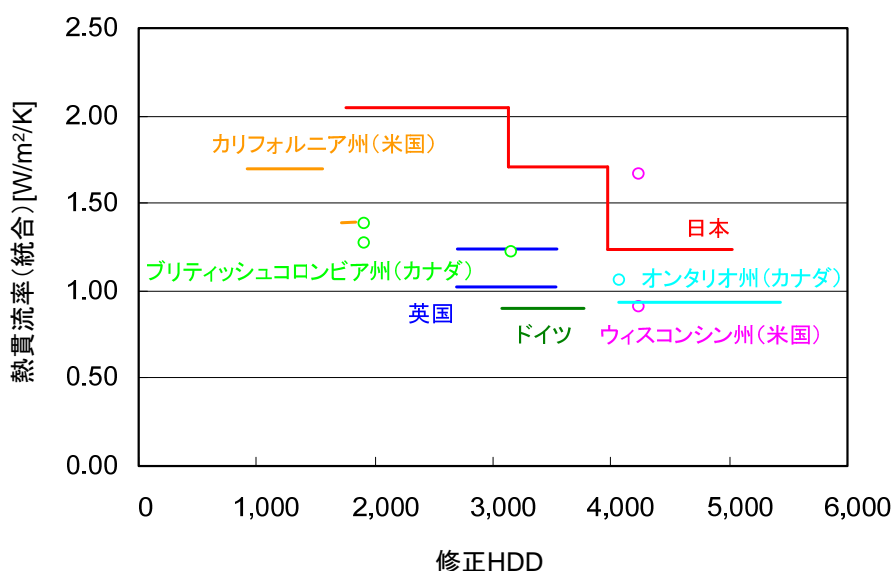
※ 一定の仮定において、国土交通省において試算。

出所) 国土交通省住宅局資料

○ 住宅の省エネ基準（熱貫流率）の国際比較

- 我が国の住宅の省エネ基準における熱貫流率基準値は、欧米諸国に比べて値が大きく、つまり、省エネ性能が低い
- 部位別に見ると、特に窓（開口部）の熱貫流率の基準値が高い（省エネ性能が低い）

図表 4-4 住宅の省エネ基準（熱貫流率）の国際比較



注釈) ①熱貫流率（統合）＝熱貫流率（天井）＋熱貫流率（外壁）＋熱貫流率（床）＋熱貫流率（窓）×0.2

②修正 HDD＝HDD（暖房デGREEデー）＋CDD（冷房デGREEデー）×0.5

③ドイツの値は熱貫流率（窓）の値を0と仮定して算出

④日本の数値は木造を対象とした基準に基づく

出所) Jens LAUSTSEN(IEA), 2007

○ 住宅トップランナー制度

- 1998年にスタートした家電等を対象としたトップランナー制度の枠組みを対象にして、住宅に適用した制度
- 正式名称は、「住宅事業建築主の判断の基準」
- 年間150戸以上販売する建売戸建住宅の事業者を対象として、販売する住宅に対してトップランナー方式による省エネ判断基準を導入
- 基準に適合している場合、その旨を示すラベル（図表 4-5）を表示
- 省エネ判断基準は、従来の住宅の省エネ基準に採用されていた断熱・気密性に加えて、暖冷房、給湯、照明のエネルギー消費効率を踏まえた、年間の一次エネルギー消費量を採用
- また、省エネ判断基準は、5年毎に段階的に強化

図表 4-5 住宅省エネラベル

① 登録建築物調査機関の評価を受けた上で表示する場合（第三者評価）



② 建築主等が自ら性能を評価して表示する場合（自己評価）



出所) 国土交通省住宅局資料

(2) 住宅・建築物省 CO₂ 推進モデル事業（国土交通省）

住宅・建築物省 CO₂ 推進モデル事業は、家庭部門、業務部門の CO₂ 排出量が増加傾向にある中、省 CO₂ の実現性に優れたリーディングプロジェクトとなる住宅・建築物プロジェクトを、国が公募によって募り、予算の範囲内において整備費等の一部（1/2 以内）を補助する事業である。

対象事業の種類として、以下の4つが定められている。

- 住宅・建築物の新築
- 既存の住宅・建築物の改修
- 省 CO₂ のマネジメントシステムの整備
- 省 CO₂ に関する技術の検証（社会実験・展示等）

平成 20 年度、21 年度の応募総数は延べ 253 件で、そのうち住宅が 181 件（約 72%）、また採用総数は計 57 件で、そのうち住宅は 21 件（約 37%）であった（図表 4-6）。

国土交通省では、住宅・建築物省 CO₂ 推進モデル事業以外にも住宅の省エネ改修や長期優良住宅に対する補助事業を実施している。

図表 4-6 住宅・建築物省 CO₂ 推進モデル事業の応募・採用の状況

		応募数	(うち住宅)	採用数	(うち住宅)
平成20年度	第1回公募	120件	105件	10件	4件
	第2回公募	35件	23件	11件	4件
平成21年度	第1回公募	46件	22件	16件	3件
	第2回公募	52件	31件	20件	10件
合計		253件	181件	57件	21件

出所) 建築研究所資料

(3) 住宅エコポイント制度(経済産業省・国土交通省・環境省)

平成 21 年度第二次補正予算により、経済産業省、国土交通省、環境省の三省合同事業(1,000 億円)として住宅エコポイント制度が創設された。住宅エコポイント制度の基準を満たしたエコリフォーム、エコ住宅の新築が対象となり、様々な商品・サービスと交換可能なエコポイントを取得することができる。

図表 4-7 住宅エコポイント制度の概要

■ ポイントの発行対象
平成22年1月28日以降に、原則として、工事が完了した住宅が対象

① エコ住宅の新築(平成21年12月8日～平成22年12月31日に建築着工したもの)
・ 省エネ法のトップランナー基準(省エネ基準+α(高効率給湯器等))相当の住宅
・ 省エネ基準(平成11年基準)を満たす木造住宅

② エコリフォーム(平成22年1月1日～平成22年12月31日に工事着手したもの)
・ 窓の断熱改修(内窓設置(二重サッシ化)、ガラス交換(複層ガラス化))
・ 外壁、屋根・天井又は床の断熱改修
※ これらに併せて、バリアフリー改修を行う場合、ポイントを加算

■ 発行ポイント数


① エコ住宅の新築:1戸あたり300,000ポイント

② エコリフォーム(1戸あたり300,000ポイントを限度とする。)

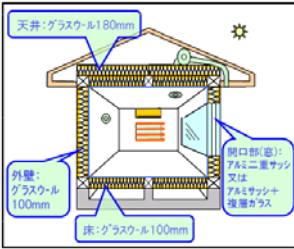
内窓設置・外窓交換	大(2.8㎡～)	中(1.6㎡～2.8㎡)	小(0.2㎡～1.6㎡)
	18,000ポイント	12,000ポイント	7,000ポイント
ガラス交換(ガラスごと)	大(1.4㎡～)	中(0.8㎡～1.4㎡)	小(0.1㎡～0.8㎡)
	7,000ポイント	4,000ポイント	2,000ポイント
外壁、屋根・天井、床の断熱改修	外壁	屋根・天井	床
	100,000ポイント	30,000ポイント	50,000ポイント
バリアフリー改修(50,000ポイントを限度とする。)	手すりの設置	段差解消	廊下幅等の拡張
	5,000ポイント	5,000ポイント	25,000ポイント

■ ポイントの交換対象

・ 省エネ・環境配慮商品等 ・ 地域産品
・ 商品券・プリペイドカード ・ 環境寄付
・ エコ住宅の新築又はエコリフォームを行う工事施工者が追加的に実施する工事 など



二重サッシ 複層ガラス



天井:グラスウール180mm
外壁:グラスウール100mm
床:グラスウール100mm
開口部(窓):アルミ二重サッシ又はガラスサッシ+複層ガラス

省エネ基準を満たす住宅のイメージ
(戸建木造住宅・東京の例)

■ ポイントの申請期限等

○ポイント発行の申請期限
エコ住宅の新築:H23.6.30(一戸建て)
:H23.12.31(共同住宅等)
エコリフォーム:H23.3.31
※ただし、集数が11以上の共同住宅等についてはH24.12.31まで

○ポイントの交換申請期限
H25.3.31まで
(エコ住宅の新築、エコリフォーム問わず)

出所) 経済産業省、国土交通省、環境省資料

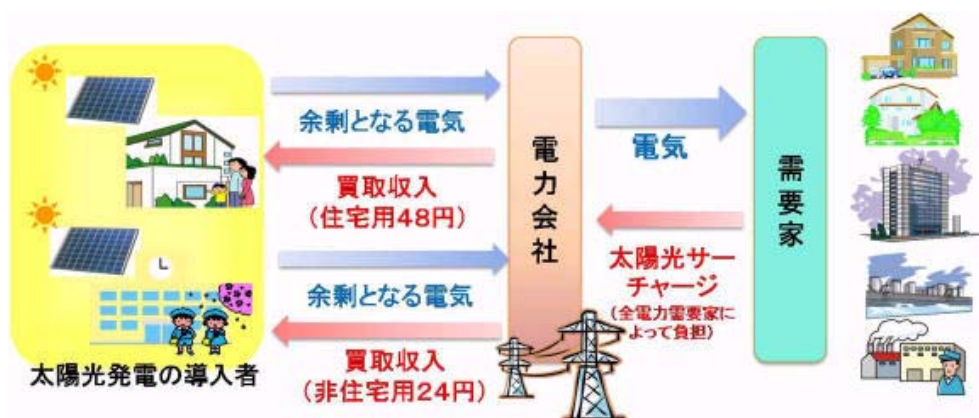
(4) 太陽光発電余剰電力買取制度（経済産業省）

経済産業省は、2009年11月から、太陽電池を使って作られた電力のうち自宅で使わずに余った電力（余剰電力）を、1kWhあたり48円で10年間電力会社に売ることができる、太陽光発電の余剰電力買取制度を開始した。非住宅建築物の場合には、余剰電力を1kWhあたり24円で売ることができる。

電力会社は買い取りにかかる費用を太陽光サーチャージ（加算金）として、太陽光発電システムの設置有無に関わらず、すべての電気使用者から徴収することができる。電気使用者が負担する金額としては、初年度で月30円程度の値上げが見込まれており、10年後に月100円程度の値上げになると想定されている。

経済産業省では、余剰電力だけでなく、太陽電池を使って作られた電力の全量を売ることができる「太陽光発電全量買取制度」の検討も2009年11月より開始している。

図表 4-8 太陽光発電余剰電力買取制度の仕組み



出所) 経済産業省資源エネルギー庁「太陽光発電の新たな買取制度ポータルサイト」

2) 国内における技術開発

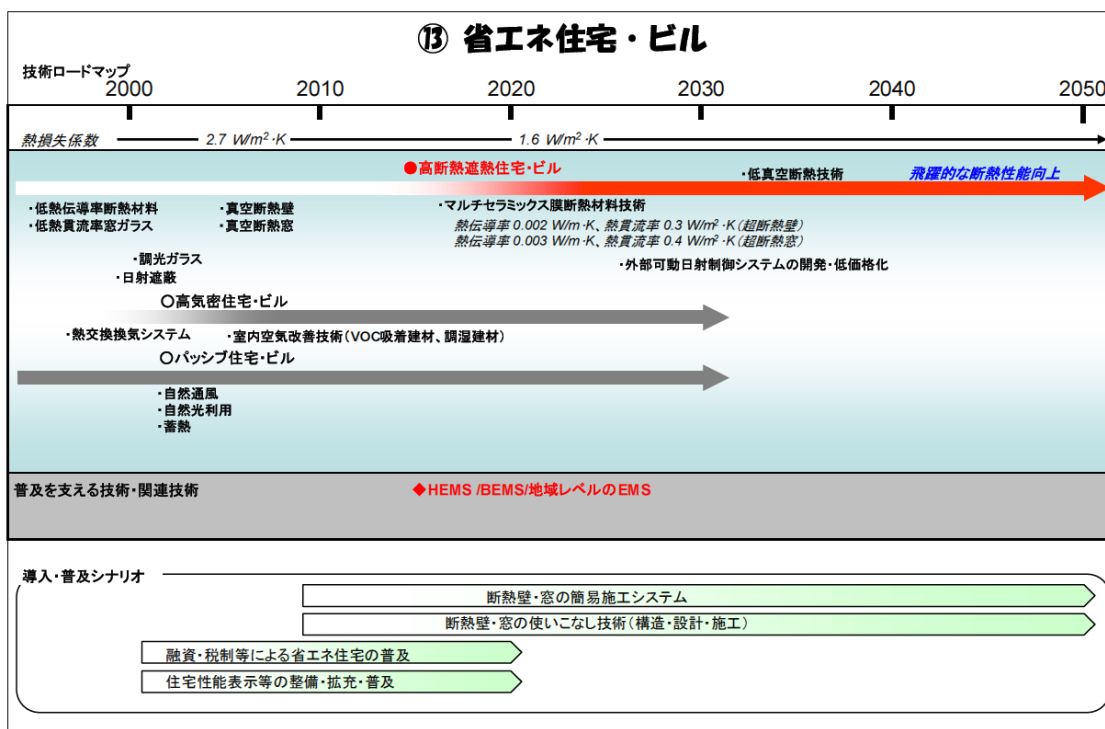
(1) Cool Earth—エネルギー革新技術計画（経済産業省）

経済産業省は、2007年5月に発表された「美しい星50（クールアース50）」における「世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して2050年までに半減する」という長期目標の提案を受けて、これを実現するための革新的技術を特定し、各技術のロードマップを策定することを目的として、2008年3月に「Cool Earth—エネルギー革新技術計画」を公表した。

「Cool Earth—エネルギー革新技術計画」では、民生部門において国が重点的に取り組むべき技術として以下の6つの技術が挙げられている。

- 省エネ住宅・ビル
- 次世代高効率照明
- 定置用燃料電池
- 超高効率ヒートポンプ
- 省エネ型情報機器・システム
- HEMS/BEMS/地域レベル EMS

図表 4-9 省エネ住宅・ビルの技術開発ロードマップ



出所) 経済産業省「Cool Earth—エネルギー革新技術計画」

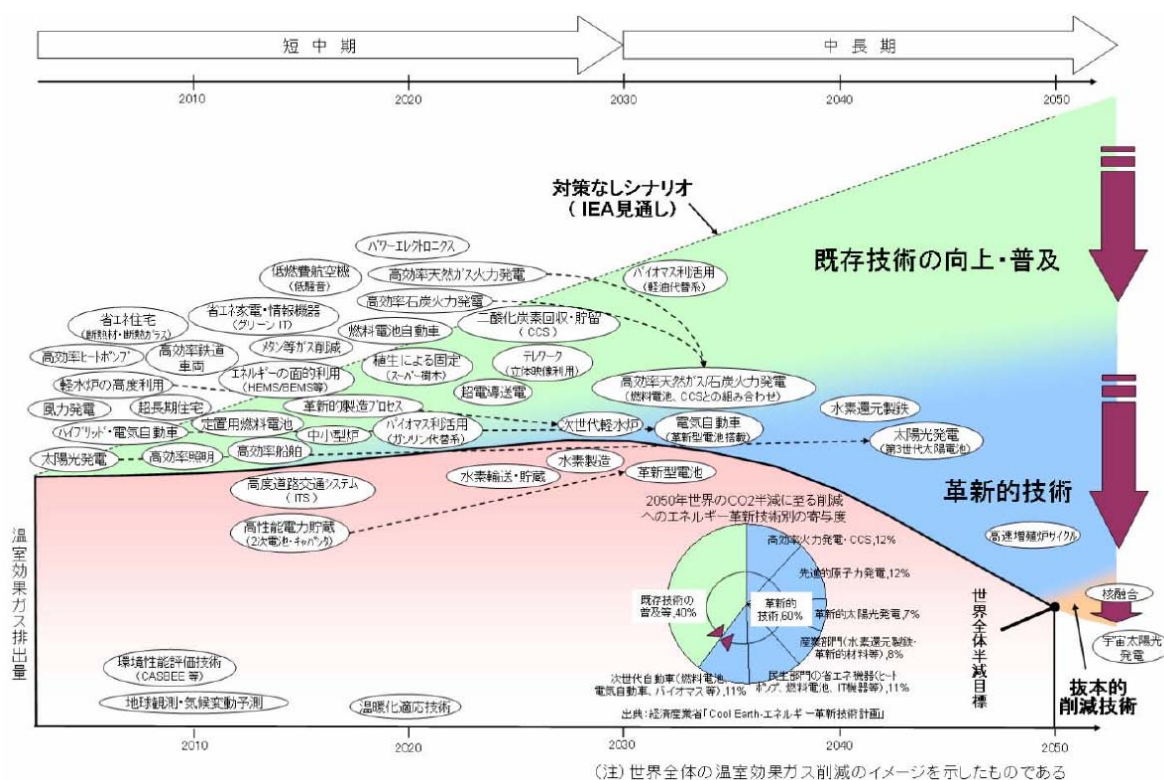
(2) 環境エネルギー技術革新計画 (内閣府総合科学技術会議)

環境エネルギー技術革新計画は、2008年5月に政府の総合科学技術会議が策定した、2050年に世界全体での温室効果ガス排出量を半減することを目指すための計画である。我が国の環境エネルギー分野の技術力を一層強化し、世界の温室効果ガス排出量の削減を先導することを目的としている。

民生部門については、短期的な対策として、省エネ住宅、HEMS/BEMS、CASBEE (建築物の総合環境性能評価システム)、エネルギーの面的利用 (地域レベル EMS、エネルギーのカスケード利用) が挙げられている。また、中長期的対策としては、創エネルギー住宅に係る技術開発の推進を指摘している。

その他、社会への普及策と必要な制度改革として、住宅・建築物におけるエネルギー消費量や温室効果ガス排出量の評価手法の確立、実際の使用時のエネルギー効率を可視化するための環境性能の表示・認証制度の整備、省エネ法等の法令順守をより高めるための措置の導入、省エネ機器や新エネ機器の設置に対する奨励・義務付けなどを提示している。

図表 4-10 環境エネルギー技術の開発と普及に関するロードマップ



出所) 内閣府総合科学技術会議「環境エネルギー技術革新計画」

(3) 技術戦略マップ

経済産業省の技術戦略マップにおいては、エネルギー分野において、総合エネルギー効率の向上-省エネ住宅・ビル(高断熱・遮熱住宅・ビル、高気密住宅・ビル、パッシブ住宅・ビル)に位置づけられている。

図表 4-11 技術戦略マップ上の位置づけ（エネルギー分野）

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
3562F	56.蓄熱 蓄熱システム	室内温熱供給向けMgCo(OH)系利用 CaCl ₂ -H ₂ O系利用実証試験 MgCo(OH)系利用実証試験				
		潜熱蓄熱材 (PCM) 潜熱回収材 空調利用技術 高密度・高温化 圧力制御蓄熱 躯体化	季節間利用実証 低損失化技術	効率向上 低コスト化		
1301A	30.省エネ住宅・ビル 高断熱・遮熱住宅・ビル	熱損失係数 2.7 W/m ² ・K(IV地区) 1.6 W/m²・K(欧米並) 住宅性能表示制度等の整備・拡充・普及				
		低熱伝導率断熱材料(真空断熱材、セラミック膜等) マルチセラミック膜断熱材料技術 低真空断熱技術 低熱貫流率窓ガラス 調光ガラス 外部可動日射制御システムの開発 断熱工法、外断熱 断熱壁・窓の簡易施工システム 断熱壁・窓の使いこなし技術(構造・設計・施工) 建築物総合環境性能評価システム(CASBEE)				
1302A	30.省エネ住宅・ビル 高气密住宅・ビル	相当隙間面積(C値) 2-5 cm ² /m ²				
		室内空気質改善技術 揮発性有機化合物(VOC)吸着建材・センサ 熱交換換気システム 調湿建材 建築物総合環境性能評価システム(CASBEE)				
1303A	30.省エネ住宅・ビル パッシブ住宅・ビル	空調エネルギー 40 kWh/m ² ・年 15 kWh/m ² ・年 10 kWh/m ² ・年				
		自然光利用 自動協調換気制御 蓄熱 潜熱・顕熱分離空調(デンカント空調) 躯体利用高効率輻射空調 温熱・気流・光シミュレーション技術 設計・評価技術 建築物総合環境性能評価システム(CASBEE)				

出所) 経済産業省「技術戦略マップ 2009」

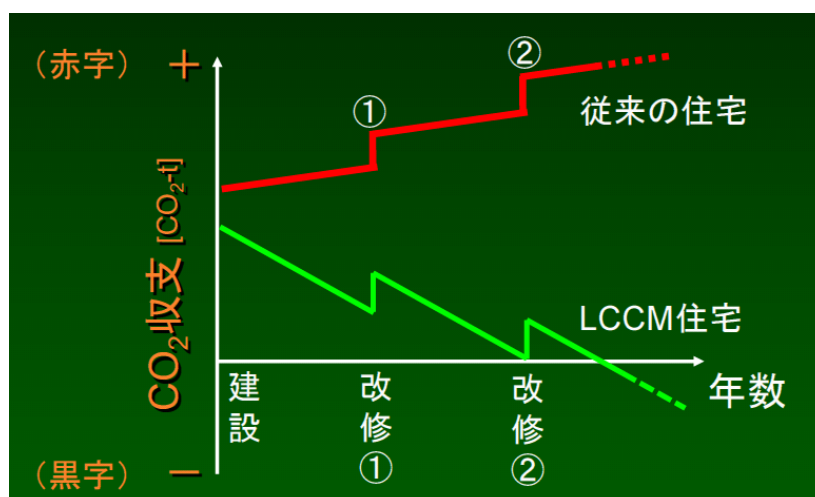
(4) ライフサイクルカーボンマイナス住宅の開発・普及（国土交通省）

国土交通省は、2009年9月に、社会資本整備審議会建築分科会建築環境部会の下に、「LCCO₂配慮建築物小委員会」(委員長:村上周三 建築研究所理事長)を設置し、設計・建設段階で生じるCO₂排出量を運用段階のカーボンマイナス分(再生可能エネルギー利用等によりネット・ゼロをさらに上回る分)によりなるべく早く相殺し、CO₂排出量の収支を黒字にする、「ライフサイクルカーボンマイナス住宅(LCCM住宅)」の開発・普及に向けた検討を進めている。運用段階だけでなく、設計、建設、改修、解体にも着目している点が特徴である。

上記小委員会においては、住宅設計や技術開発の視点だけでなく、地場の大工・工務店も含めて広く普及させることを念頭に、モデルハウスの建設による実証と啓発、

評価技術の開発、設計マニュアルの整備、技術のデータベース化等も含めた研究開発を実施することとしている。

図表 4-12 LCCM 住宅の基本的考え方
(ライフサイクルにわたる CO₂ 収支のイメージ)



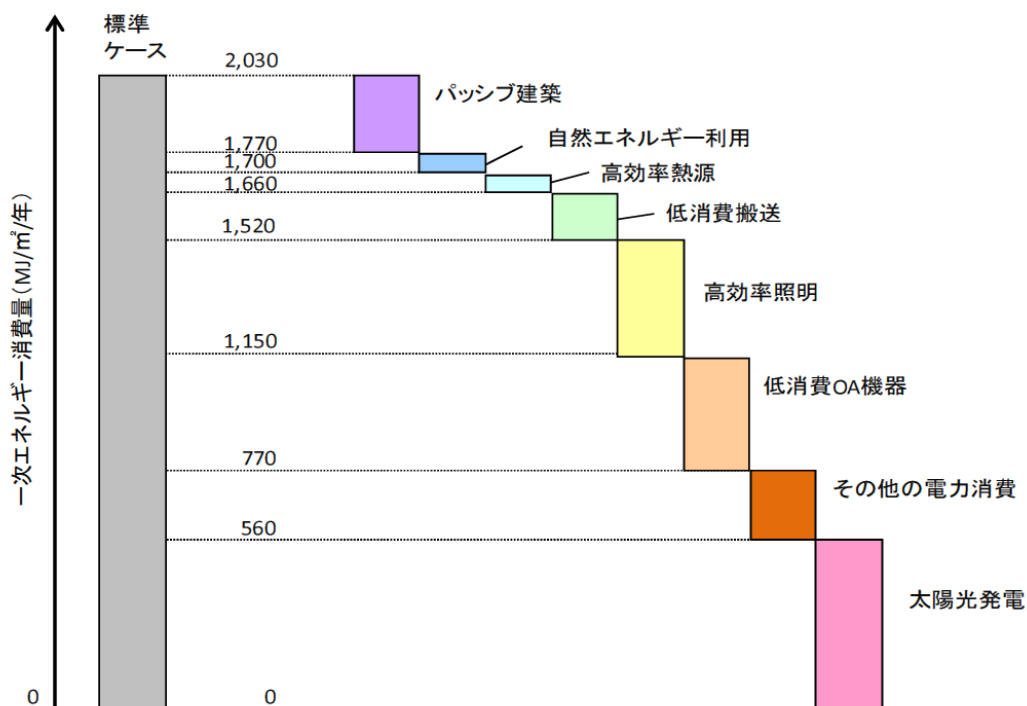
出所) 村上周三・清家剛「LCCM 住宅の開発/普及の推進」(2009 年 9 月)

(5) ZEB の実現と展開に関する研究会 (経済産業省)

我が国においては、2009 年 5 月に、資源エネルギー庁が「ZEB の実現と展開に関する研究会 (委員長: 坂本雄三 東京大学教授)」を設立した。その検討の成果として、同年 11 月に、我が国の建築物の ZEB 化に向けた新たなビジョンの提案や、課題とその対応策としての提言をとりまとめた報告書を公表した。

報告書では、ZEB の実現可能性について、2030 年頃までの技術進歩を鑑みると、1 フロアの床面積が約 5,000 m² のオフィスビルの場合、①3 階建て以下の低層ビルでは完全な ZEB、②10 階建て程度のビルでも現状の一次エネルギー消費量の 2 割程度に削減可能と試算している。さらに、ZEB 化に向けた新たなビジョンとして、「2030 年までに新築建築物全体での ZEB の実現」という野心的な目標を提示し、ビジョンの実現に向けて、省エネ基準の引き上げ、税制上のインセンティブや予算上の支援の抜本的な強化、省エネラベリング制度の整備などを提言している。

図表 4-13 我が国における ZEB の実現可能性



出所) 経済産業省資源エネルギー庁「ZEBの実現と展開に関する研究会」

4. 2 海外における施策及び技術開発の動向

1) 海外における主要施策

海外における住宅分野の主な低炭素関連施策を図表 4-14 に示す。

図表 4-14 海外における住宅分野の主な低炭素関連施策

国/地域	施策
欧州	<ul style="list-style-type: none"> EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) 改正EPBD (エネルギー性能証書制度、ゼロエネルギー住宅・建築物の法制化等) 等
英国	<ul style="list-style-type: none"> 建築基準法による住宅の省エネ規制・基準 住宅の省エネ性能評価制度・省エネ性能表示制度 ゼロカーボン住宅・建築物の法制化 等
米国	<ul style="list-style-type: none"> 住宅の省エネ規制・基準 ENERGY STAR (省エネラベリング制度) ASHRAE のエネルギー性能ラベル 住宅のエネルギー消費データベース (RECS: Residential Energy Consumption Survey) ゼロエネルギー住宅・建築物 (政策目標) ソーラー・デカトロン (モデルプロジェクト) 等

注釈) 2010年3月時点

出所) 各種資料により NRI 作成

(1) 欧州：EPBD（建築物のエネルギー性能に関する欧州指令）

EUでは、建築物のエネルギー性能向上を目的として、欧州委員会より2004年1月に「建築物のエネルギー性能に係る欧州指令（Energy Performance of Buildings Directive、以下EPBD）」が施行された。

EPBDは大きく5つの要件から構成されており、要件によって対象が異なる（図表4-15）。各国は、2006年1月までに履行のための国内法の施行や制度の整備が義務づけられていたが、③エネルギー性能証書（図表4-16）、④ボイラー・空調システムの検査については、専門家の不足を理由に実行期限を3年間延長することが認められている。

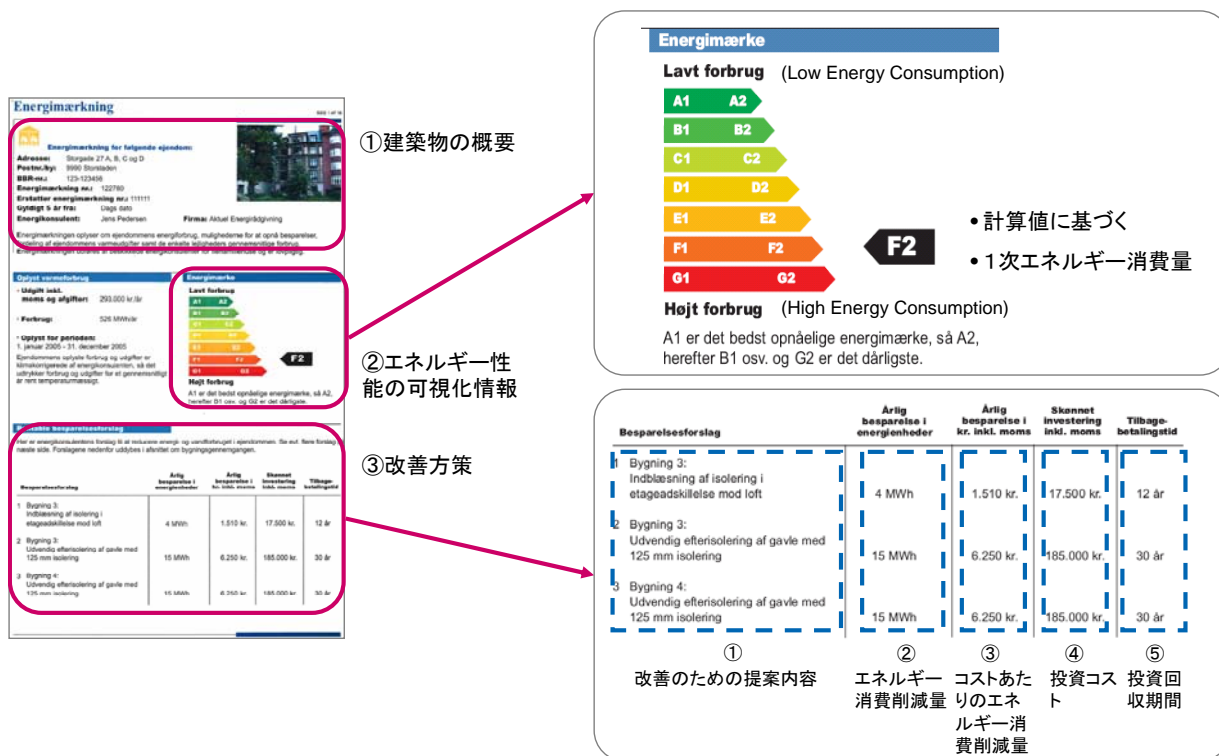
なお、現在EPBDの改正作業が進められており、改正案では床面積1,000㎡という制限を撤廃し、新築及び既存の大規模改修すべてについて、エネルギー性能要求事項の最低基準の遵守を義務付けるとともに、2020年末までにすべての新築住宅・建築物をゼロエネルギー化する方針である。

図表 4-15 EPBD の要件

要件	内容	対象
①計算方法 (第3条)	・ 建築物のエネルギー性能を統合的に評価できる計算方法を開発	すべての建築物（新築・既存）
②エネルギー性能 要求事項 (第4～6条)	・ 新築および大規模改修時に、エネルギー性能要求事項の最低基準の適用を義務化	新築: すべて 既存: 大規模改修される 1,000㎡超の既存建築物
③エネルギー性能 証書 (第7条)	・ 建築物のエネルギー性能の評価・認証制度を構築 ・ 建設、売買、賃貸借などの建築物の取引時にエネルギー性能証書の取得および取引先への提示を義務化 ・ 公共建築物においてはエネルギー性能の表示を義務化	評価・認証: すべての建築物 (新築・既存) 表示: 1,000㎡超の公共建築物、公共サービスを提供する建築物
④ボイラー・空調 システムの検査 (第8, 9条)	・ ボイラーと空調システムの定期的な検査の実施を義務化	実効出力20kW超のボイラー 実効出力12kW超の空調システム
⑤専門家制度 (第10条)	・ 建築物のエネルギー性能の評価・認証、ボイラー・空調システムの検査を実施できる独立した専門家を養成	－

出所) EPBD 原文より NRI 作成

図表 4-16 デンマークのエネルギー性能証書（サンプル）



出所) DEA (Danish Energy Agency)

(2) 英国

ア. 建築基準法による省エネ規制・基準

英国では、建築基準法 (Building Regulation) の Part L (燃料と電力の省エネルギー) において、新築及び増改築時における住宅・建築物の省エネ基準を義務化している。Part L の技術的な承認文書 (Approved Document: AD) は、住宅/非住宅、新築/既築の別の 4 つのパートで構成されている。

2002 年基準は、①部位別熱貫流率基準、②外皮の平均熱貫流率基準、③炭素指標基準 (単位床面積あたりの CO₂ 排出量) の 3 つから選択可能であったが、2006 年の改訂により省エネ基準は炭素指標基準に統一された。

省エネ基準は定期的に強化が図られており、2002 年の部位別熱貫流率基準に基づき、一般的な住宅や標準的な気象データ、使用パターン等を想定して算出した暖房用エネルギー消費量は、1990 年基準に比べて 50%強化されている。また、2002 年と 2006 年の炭素指標基準を比較すると、2006 年基準に基づく一般的な住宅を想定した場合の CO₂ 排出量 (暖冷房、換気、給湯、照明) は 2002 年基準と比較して 20%強化された。

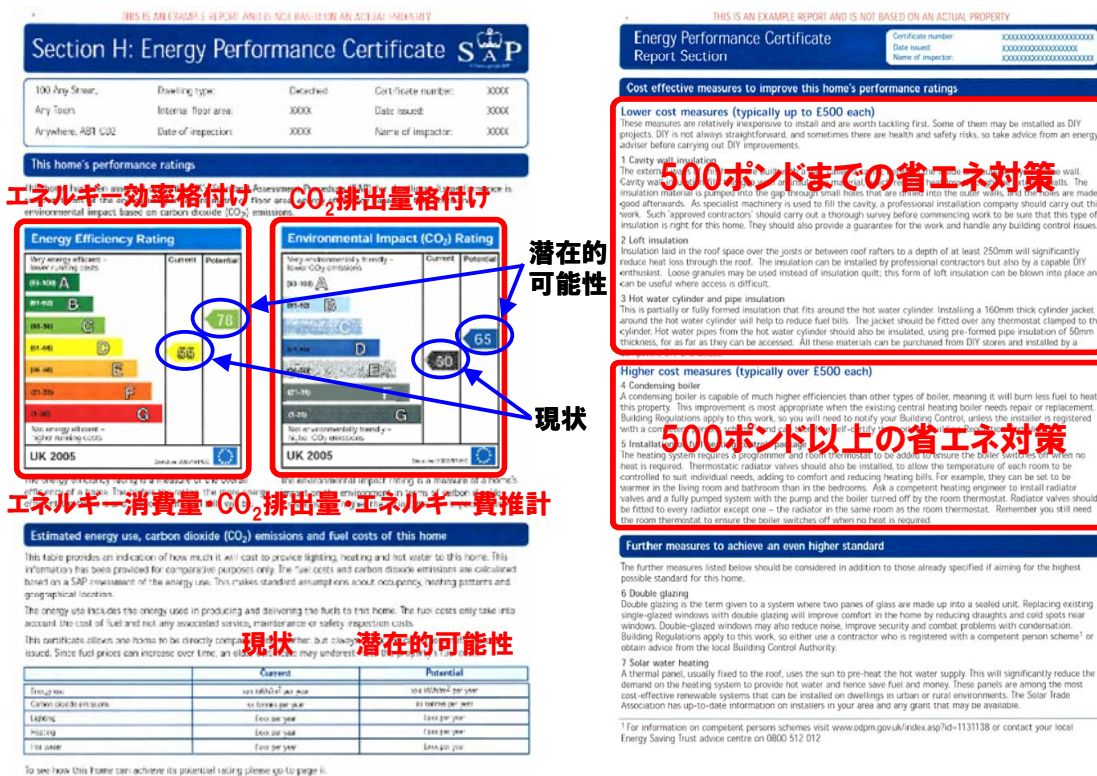
イ. 省エネ性能評価制度・省エネ性能表示制度

住宅・建築物の省エネ性能評価制度（EPC: Energy Performance Certificate）は、前述の EU 指令（EPBD）を履行するための制度であり、新築、売買、賃貸借時に建物オーナーに対して、省エネ性能評価書の取得と取引相手への提示を義務づけている。英国では、住宅に関しては 2006 年から施行されている。

図表 4-17 に英国のエネルギー性能証書の例を示す。当該建築物のエネルギー性能を設計段階による予測値に基づき評価し、A~G の 7 段階で格付けする他、CO₂ 排出量の格付け結果も掲示される。また、エネルギー性能改善に関するアドバイスは、500 ポンド未満の対策と 500 ポンド以上の対策とに分けて提示される。

なお、英国の場合には、ただし、EPC で対象としている CO₂ 排出は、省エネ基準で規定している暖冷房、換気、給湯、照明による CO₂ 排出のみで、厨房や家電製品等は含まれない。

図表 4-17 英国のエネルギー性能証書（サンプル）



出所) BRE (英国建築研究所)

ウ. ゼロカーボン住宅に関する取組み (ゼロカーボン住宅の法制化)

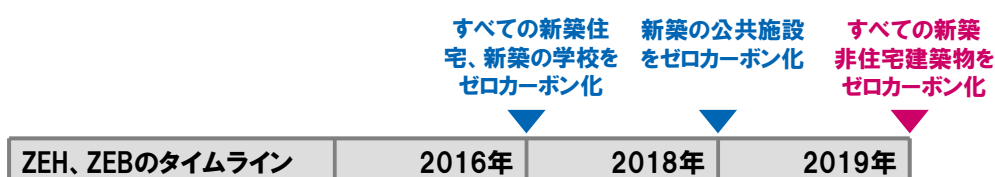
2006 年 12 月、英国政府は、建築分野における抜本的な低炭素化対策の第一歩とし

て、「2016年までにすべての新築住宅をゼロカーボン化する」との目標について、パブリック・コンサルテーションを開始した。また、2008年3月、財務大臣は、非住宅建築物についても、

- 2016年までに新築の学校をゼロカーボン化
- 2018年までに新築の公共施設をゼロカーボン化
- 2019年までにすべての新築非住宅建築物をゼロカーボン化

するという目標を発表した。

図表 4-18 ゼロカーボン住宅・建築物のタイムライン



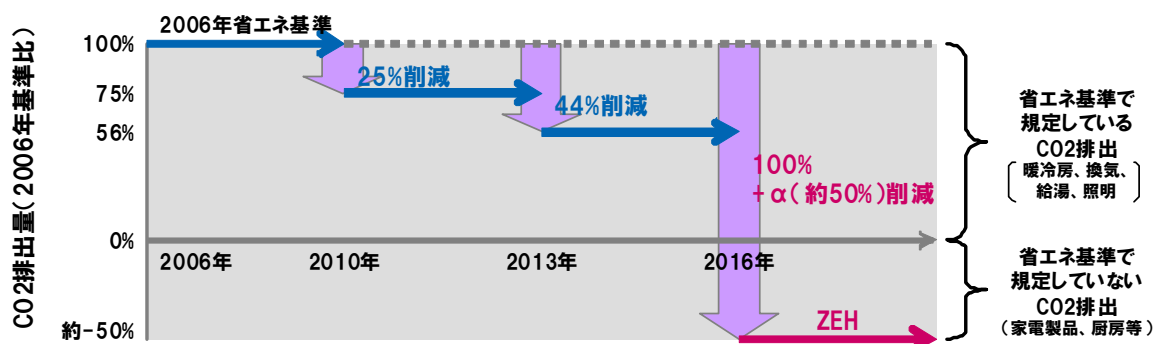
出所) 経済産業省資源エネルギー庁「ZEBの実現と展開に関する研究会」

(ゼロカーボン住宅実現に向けた段階的な省エネ基準の強化)

英国政府はゼロカーボン住宅の達成に向け、2006年の省エネ基準に比べて、省エネ基準で規定しているCO₂排出量(暖冷房、換気、給湯、照明)を2010年以降は25%、2013年以降は44%削減となるよう基準強化を図り、2016年以降は省エネ基準で規定していないCO₂排出量(家電製品、厨房等)も含めてネット・ゼロとなるよう基準を強化する方針を示している。

ゼロカーボン住宅の実現には、省エネ基準で規定しているCO₂排出だけでなく、家電製品など省エネ基準で規定していないCO₂排出の削減が課題となっている。

図表 4-19 ゼロカーボン住宅の実現に向けた段階的な省エネ基準の強化



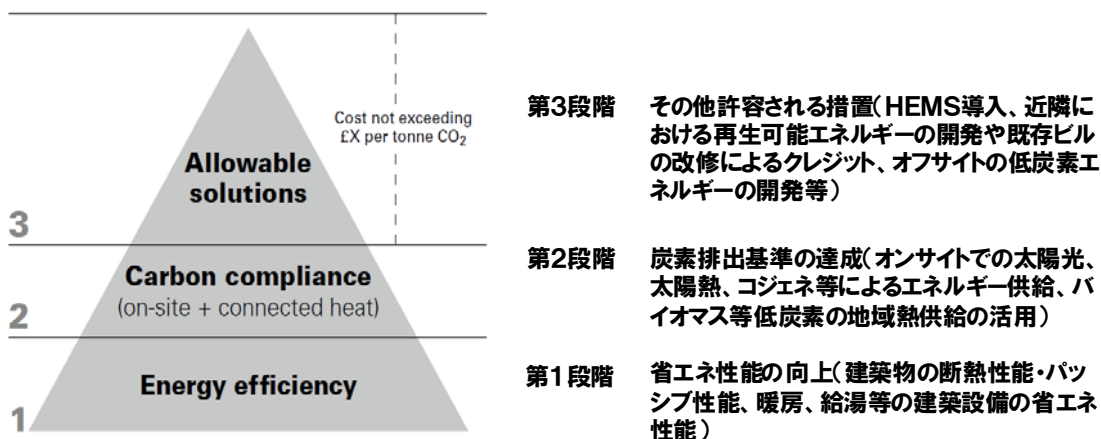
出所) 経済産業省資源エネルギー庁「ZEBの実現と展開に関する研究会」

(対策の優先順位)

英国では、ヒエラルキー・アプローチにより、3つのステップについて、次のプライオリティーでゼロカーボン住宅を目指すこととしている。

ヒエラルキー・アプローチの第1段階では、住宅の断熱性能向上、住宅設備の省エネ性能向上等、エネルギー効率の向上を図る。続く第2段階では、オンサイト（敷地内）での再生可能エネルギー導入や地域熱供給の活用によりCO₂排出量の削減を目指す。さらに、こうしたオンサイトでの対策だけではゼロカーボン住宅の実現が困難である場合には、第3段階として、敷地外での低炭素エネルギー開発への投資や既存ストック住宅の改修といった、オフサイト（敷地外）の措置等（Allowable Solutions）も許容される。

図表 4-20 ゼロカーボン住宅の実現に向けた対策の優先順位



出所) 経済産業省資源エネルギー庁「ZEBの実現と展開に関する研究会」、原出典は DCLG (英国地域・地方政府省) 資料

(ゼロカーボン住宅の実現に向けた指針作り)

2006年12月、地域・地方政府省は、「Code for Sustainable Homes」(以下CSH)を公表し、省エネ性能に関し6段階の評価軸を設定した。CSHは、法的規制の将来の方向性を示すシグナルとしての位置づけであり、評価軸は2010年、2013年、2016年の基準強化と対応している。

図表 4-21 CSH と基準強化の対応

CSHの評価軸	2006年省エネ基準との比較	基準強化年
1(★)	10%削減	
2(★★)	18%削減	
3(★★★)	25%削減	2010年～
4(★★★★)	44 %削減	2013年～
5(★★★★★)	100 %削減	
6(★★★★★★)	ゼロカーボン住宅	2016年～

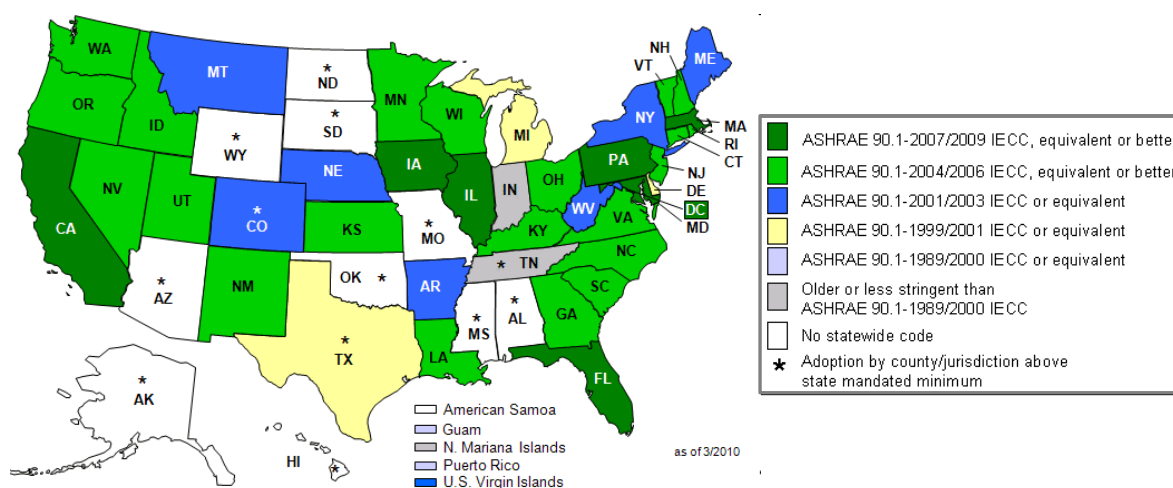
出所) 経済産業省資源エネルギー庁「ZEBの実現と展開に関する研究会」、
 原出典は DCLG (英国地域・地方政府省) 資料

(3) 米国

ア. 住宅の省エネ規制・基準

米国では連邦政府が規範となる省エネ基準を策定し、州レベルで義務化している。各州が採用している住宅の省エネ基準は、米国エネルギー省 (DOE) と米国環境保護庁 (EPA) の主導により策定された IECC (International Energy Conservation Code、国際省エネルギー基準) が基本となっている。基準は概ね 3 年程度毎 (最近では、2000 年、2001 年、2003 年、2006 年に改訂) に改訂されており、最新版は 2009 年に策定された IECC2009 となっている。

図表 4-22 各州で採用している省エネ基準



注釈) 2010 年 3 月時点
 出所) DOE ウェブサイト

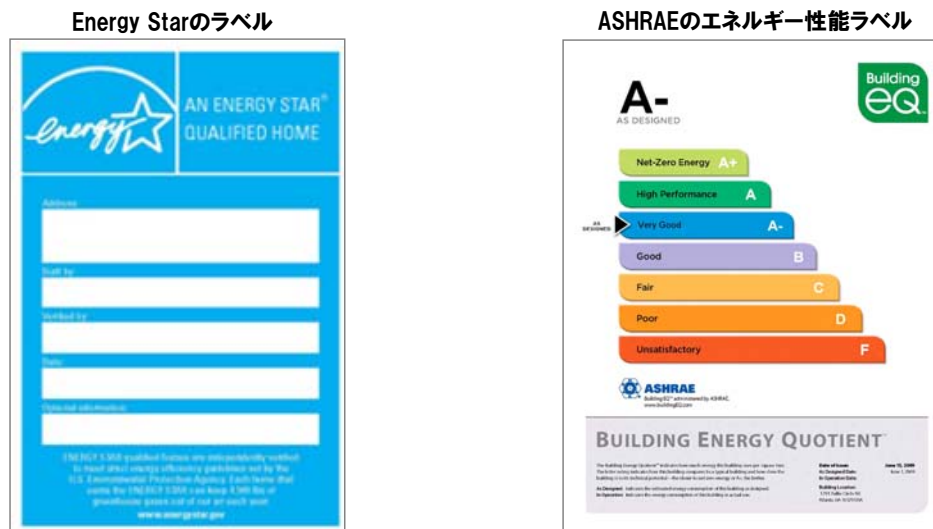
イ. 省エネラベリング制度

米国における住宅・建築物の省エネ性能ラベリング制度として、Energy Star がある。また、米国暖房冷凍空調工学会（ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, INC）が新しい省エネ性能ラベリング制度の開発を進めている。

ENERGY STAR は、環境保護庁（EPA）と DOE が共同で開発した、製品、機器、住宅、業務用ビルを対象とする任意の省エネ性能ラベリング制度であり、適合製品にはラベルが貼付され、消費者が製品を選ぶ際の判断基準として活用されている。住宅用として、「ENERGY STAR HOME」がある。

ASHRAE（米国暖房冷凍空調工学会）は、新しい建築物のエネルギー性能ラベルとして「Building Energy Quotient Program」を開発している。設計段階における性能値に基づく評価と運用段階における実態値に基づく評価の2種類があり、新築・既存ともに評価・格付けが可能となる。表示形式が欧州のエネルギー性能評価書に類似している。

図表 4-23 英国の省エネラベリング制度



出所) Energy Star 及び ASHRAE ウェブサイト

ウ. 住宅のエネルギー消費データベース：RECS

米国では、DOE のプログラムとして、住宅及び業務用ビルのエネルギー消費データを定期的に収集し、データベース化している。データ収集及びデータベースの構築は、EIA (U. S. Energy Information Administration) が実施している。

住宅のエネルギー消費データベースとして、RECS (Residential Energy Consumption Survey) がある。1978 年からデータの収集を行っており、4 年程度毎に更新している。

データベースは、ウェブサイト上で一般に公開されている。

最新のデータベースは 2005 年版で、全米約 4,000 の既存住宅を対象にデータ収集を実施している。2010 年 2 月より、2009 年版データの収集を開始している。

エ. ゼロエネルギー住宅に関する取組み

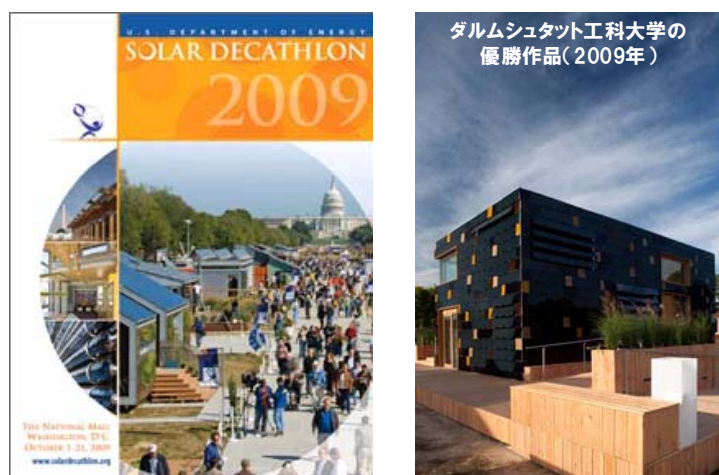
DOE は、2020 年までに市場で競争力を有するゼロエネルギー住宅、2025 年までにゼロエネルギービルの技術開発を目指した「ビルディング技術プログラム」を推進している。また、カリフォルニア州では、連邦政府と同様に 2020 年までにすべての住宅をゼロエネルギー住宅とし、2030 年までにすべてのビルをゼロエネルギービルとする方針を法律 (AB1103) の中で掲げている。

オ. ソーラー・デカトロン

太陽光発電装置の住宅設計への普及を目的として、DOE の省エネルギー・再生エネルギー局 (Office of Energy Efficiency and Renewable Energy) がメインスポンサーとなり、Solar Decathlon (ソーラー・デカトロン、Decathlon は十種競技という意味) と呼ばれる太陽光発電装置を用いた住宅設計競技を開催しており、これまでに、2002 年、2005 年、2007 年、2009 年の計 4 回実施された。

ソーラー・デカトロンには、世界中 (米国以外に、ドイツ、スペイン、プエルトリコ等を含む) から 20 の大学が参加 (予審あり) し、CO₂ 削減や室内環境など計 10 の項目に基づき住宅設計を競い合う。また、ワシントン DC・キャピトルヒル前に実際に住宅を建築し、審査を行う。対象は大学生であるが、民間企業・団体より、資金や機器の提供を受けて、研究開発、設計・建設、輸送等を行っている。2007 年、2009 年の大会では、ドイツ・ダルムシュタット工科大学が連続優勝を果たしている。

図表 4-24 ソーラー・デカトロンの概要



出所) DOE Solar Decathlon ウェブサイト

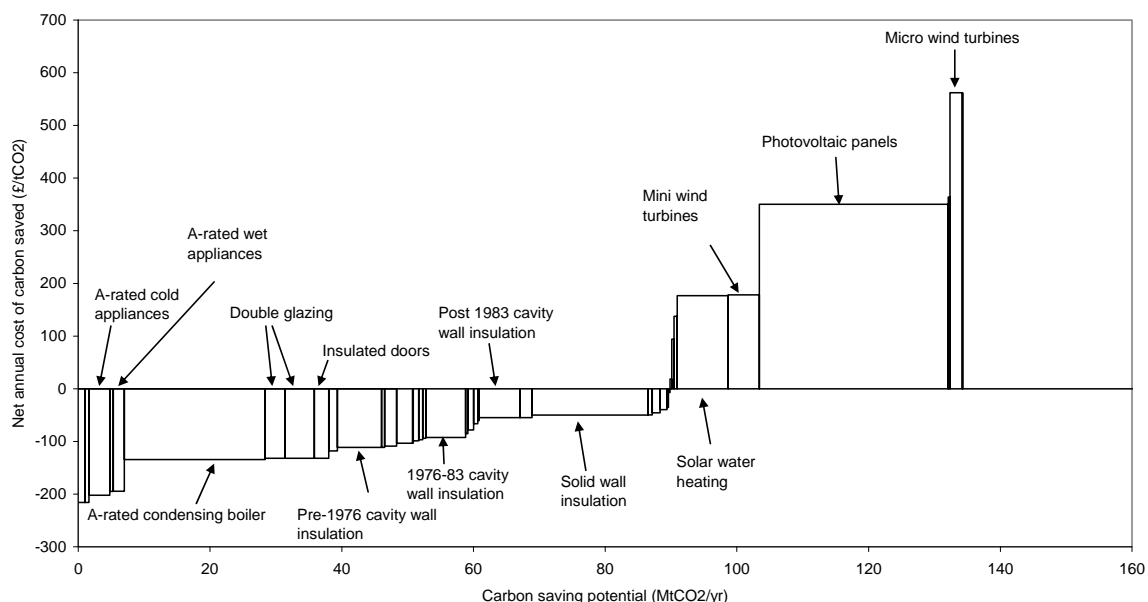
2) 海外における技術開発

(1) 英国

英国では、気候条件やエネルギー消費特性から、設備・機器の効率改善や制御の高度化よりも、まずは設計の工夫により負荷を如何に減らすかという点に注力している。

図表 4-25 に英国における建築分野の CO₂ 削減技術の費用対効果の分析結果を示す。英国では、暖房用エネルギー消費が大きいことから、断熱化など負荷削減技術の費用対効果が大きい。

図表 4-25 英国における建築分野の CO₂ 削減技術の費用対効果



出所) BRE (英国建築研究所)

また、英国では、BRE (英国建築研究所) の敷地内に、最先端の省エネ技術を駆使した住宅のモデル展示場を開設し、技術の実証を行っている。

(BRE・Innovation Park の概要)

- 2005 年に開業した、BRE (英国建築研究所) 敷地内にある、最先端省エネ技術のモデルハウス展示場
- 住宅事業者は 2 年間のリース契約でモデルハウスを建築し、自社商品を積極的に PR
- 現在、全 9 棟建設されており、そのうち 1 棟はチャールズ皇太子が寄贈
- GSH レベル 6 (ゼロカーボン住宅) を取得した住宅も 2 棟展示公開

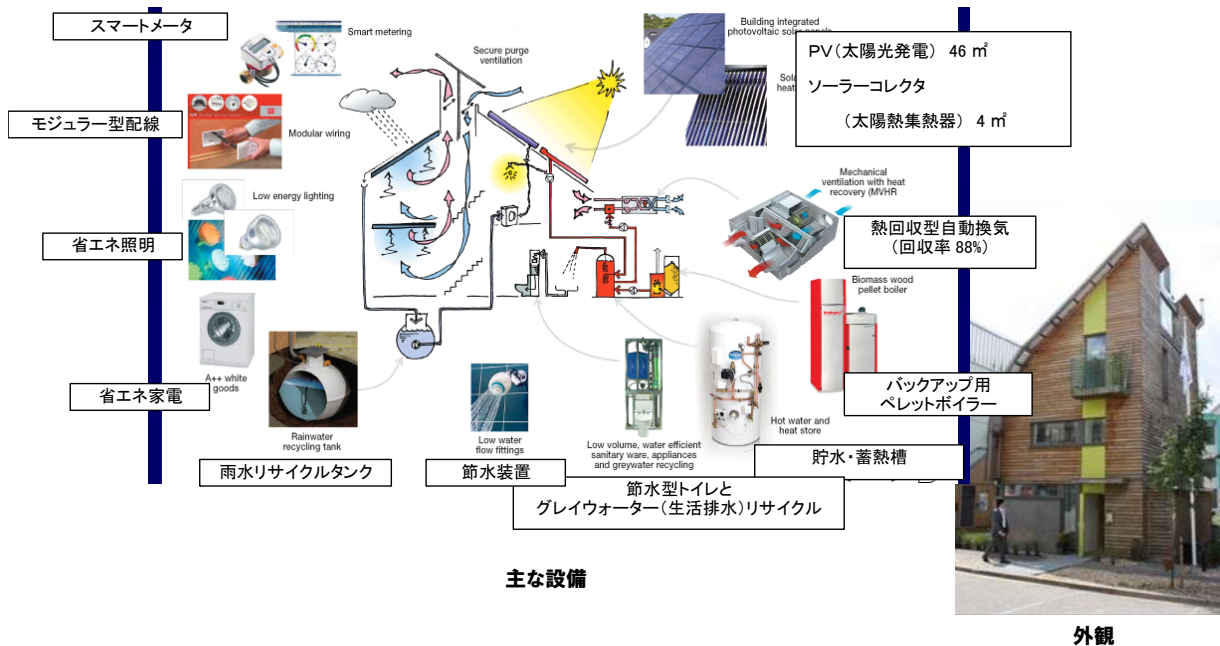
- 見学は有料（57.5 ユーロ/人）で、概要説明を受けた後、各自 IC レコーダーを持って自由に見学できる
- 国内外から多くの見学者が訪れ、ゼロカーボン住宅の PR に貢献

図表 4-26 BRE・Innovation Park



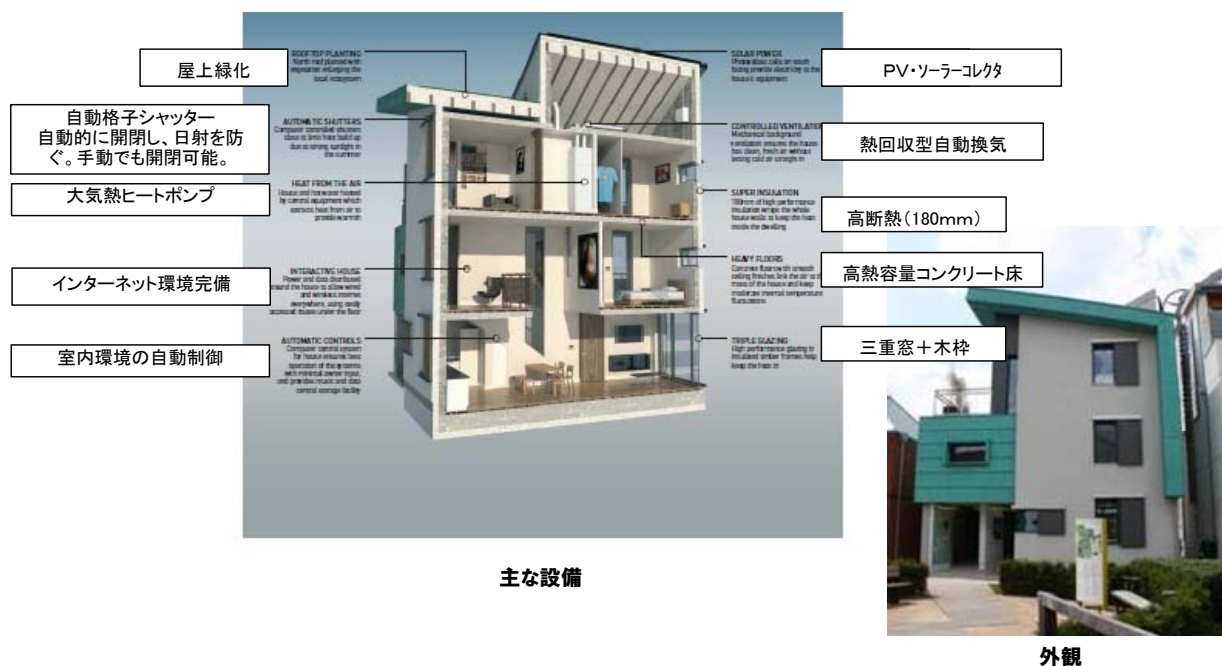
出所) 早稲田大学・田辺教授プレゼン資料

図表 4-27 ゼロカーボン住宅のモデルハウス : Kingspan Lighthouse



出所) 早稲田大学・田辺教授プレゼン資料

図表 4-28 ゼロカーボン住宅のモデルハウス : Barrat Green House



出所) 早稲田大学・田辺教授プレゼン資料

(2) 米国

DOE のビルディング技術プログラムでは、特に以下の研究開発に注力している。

- 照明 (固体素子照明)
- 外皮・躯体 (窓、断熱材)
- HVAC システム、給湯器
- 総合設計・統合制御

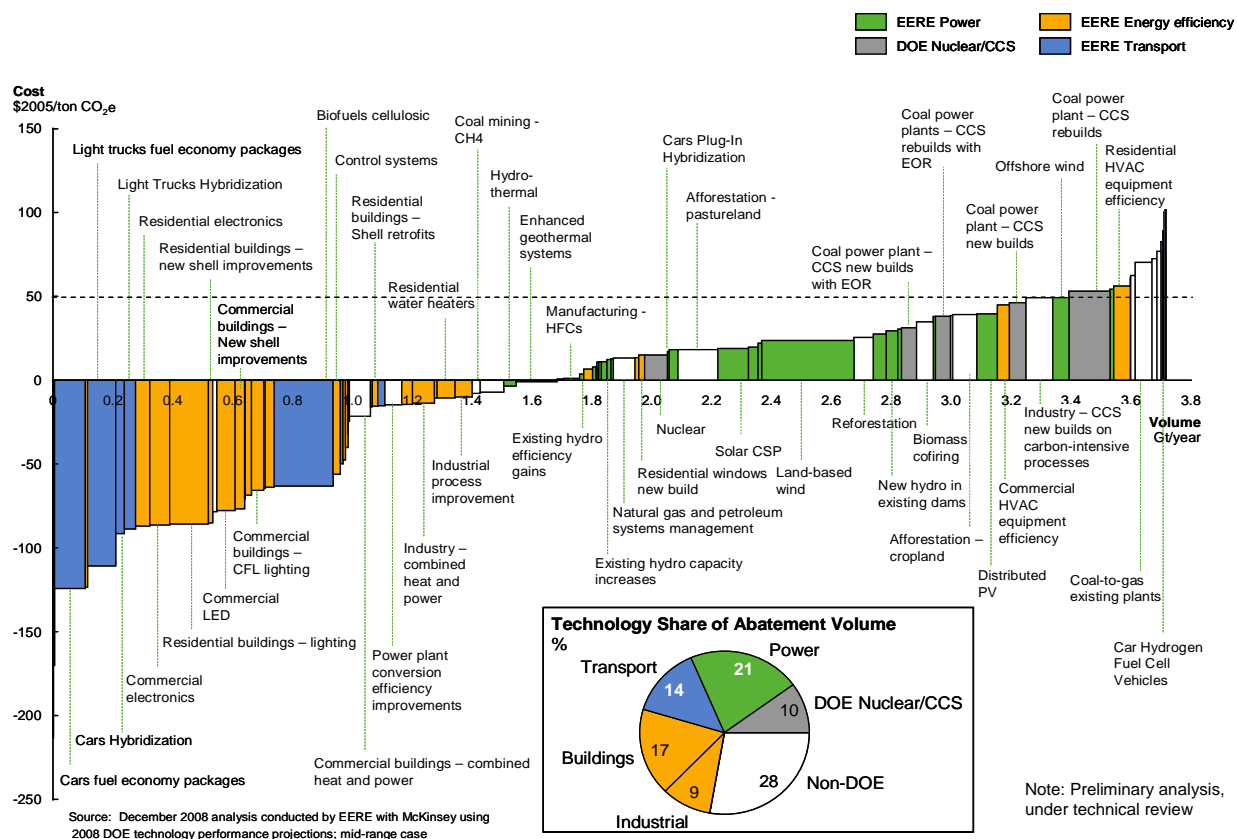
図表 4-29 米国の研究開発の重点テーマ



出所) 経済産業省資源エネルギー庁「ZEBの実現と展開に関する研究会」、原出典はDOE資料

図表 4-30 に米国における各部門の CO₂ 削減技術の費用対効果の分析結果を示す。建築分野の対策（図中オレンジの部分）の費用対効果は他部門に比べて大きく、中でも断熱化など負荷削減技術の費用対効果が大きい。

図表 4-30 米国における各部門の CO₂ 削減対策の費用対効果



出所) DOE 資料

5. 住宅における CO₂ 排出量削減に向けた技術シーズ

(5章の要点)

- 住宅分野において、既存技術の普及のみで、2020年までに温室効果ガス排出量25%削減（1990年比）という中期目標の達成に貢献することは極めて困難な状況にある。
- また、優良な住宅ストックの蓄積という視点から、太陽光発電等の再生可能エネルギーに CO₂ 排出削減量の多くを頼るのではなく、躯体や設備の省エネ性能を高めた低炭素住宅の開発・普及が望まれる。
- 以上より、低炭素住宅の開発・普及に向けては、部材や設備に関する既存技術の改良と新技術の開発が不可欠である。
- 本調査では、事業者ヒアリング、有識者ヒアリング等により、住宅分野の低炭素化に資する技術シーズを探索し、それらの中から、部材開発で貢献できる技術で、NEDO等の他事業で研究開発が行われていない技術シーズに着目し、重点研究開発テーマとして抽出した。

5. 1 技術シーズの探索

1) 住宅分野の低炭素化に向けた技術開発の必要性

住宅分野の低炭素化に向けた技術開発の必要性について、「既存技術の普及のみで、2020年までに温室効果ガス排出量25%削減（1990年比）を実現できるか」、「躯体・設備の省エネ技術の開発・普及より、太陽光発電システムなどの新エネ機器の導入を優先すべきか」の2つの視点から整理する。

- 論点①：既存技術の普及のみで、2020年までに温室効果ガス排出量25%削減（1990年比）を実現できるか
 - ここでは、現時点での新築住宅に採用されている省エネ技術を「既存技術」と定義し、既存技術の普及による中期目標の実現可能性について簡易に試算する。
 - 我が国の住宅市場においては、新築住宅（フロー）は年間100万戸程度で

あるのに対して、既存住宅（ストック）は約 4,500 万戸ある。

- 国内対策のみで、温室効果ガス排出量 25%削減を実現しようとした場合、前述の中期目標検討委員会の試算によると、新築住宅に関しては 100%が次世代（平成 11 年）省エネ基準以上（30%は次世代省エネ基準よりさらに厳しい基準）を満たし、既存住宅に関しても 100%が新（平成 4 年）省エネ基準以上を満たす必要があることを提示している。
 - 既存住宅の 100%が新（平成 4 年）省エネ基準以上を満たすためには、現時点における既存住宅の 75%程度を今後 10 年間で断熱リフォームする必要がある。つまり、10 年間で約 3,400 万戸、年平均 340 万戸の断熱リフォームを実施しなければならない。これは、新築住宅着工戸数の 3~4 倍に相当し、また現状において省エネ目的のリフォームは 1~2 割程度に留まっていることから、既存技術を前提として 2020 年までに既存住宅の 100%が新（平成 4 年）省エネ基準以上を満たすことは極めて難しい状況にある。
 - したがって、2020 年までに住宅分野における温室効果ガス排出量 25%削減を実現するためには、新築住宅のさらなる高性能化（低炭素化、ゼロエミッション化）が求められ、そのためには新技術の開発が不可欠と考えられる。当然ながら、既存住宅の低炭素化に向けた、断熱リフォーム向けの技術開発も重要となる。
- 論点②：躯体・設備の省エネ技術の開発・普及より、太陽光発電システムなどの新エネ機器の導入を優先すべきか
- 低炭素住宅（ゼロエネルギー住宅、ゼロエミッション住宅）の開発にあたっては、これを実現するための手法として、大きく以下の 2 つのアプローチが考えられる。
 - ① 住宅の躯体や設備の省エネルギー性能の向上
 - ② オンサイト（敷地内）での再生可能エネルギー利用（新エネ機器の導入）
 - 英国や米国では、ゼロエネルギー住宅やゼロエミッション住宅（以下、ZEH）の実現において、まずは躯体や設備の省エネを可能な限り進め、その上で足らざる部分に関して敷地内での再生可能エネルギー利用を進めるとする対策の優先順位を提示している。
 - 我が国においても、基本的に英国や米国と同様の優先順位により、ZEH を目指すべきである。断熱水準が十分でなく、設備の省エネルギー性能も低いエネルギー多消費型の住宅であっても、太陽光発電等の再生可能エネルギーを大量に導入すれば ZEH を実現することは可能と考えられるが、それでは優良な建築資産の蓄積にはつながらない。
 - 2010 年 3 月末時点において、一部の大手ハウスメーカーでは、すでに ZEH

や ZEH に近い住宅を商品化し、販売している。これらの住宅では、外壁や開口部の高断熱化や暖冷房、給湯、照明等の高効率化により、従来の住宅よりも CO₂ 排出量の削減を図っているものの、大部分を太陽光発電や燃料電池などの再生可能エネルギー利用に頼っているのが実状である。

- 低炭素住宅の開発・普及に向けては、部材や設備に関する既存技術の改良及び新技術の開発により、躯体・設備の省エネ性能向上に資する技術の確立が強く求められる。

2) 技術シーズ探索に係るヒアリングの概要

住宅分野の低炭素化に資する技術シーズの探索を行うため、事業者ヒアリング及び有識者ヒアリングを実施した。その概要を以下に示す。

○ 期間

- 2009年10月～2010年2月

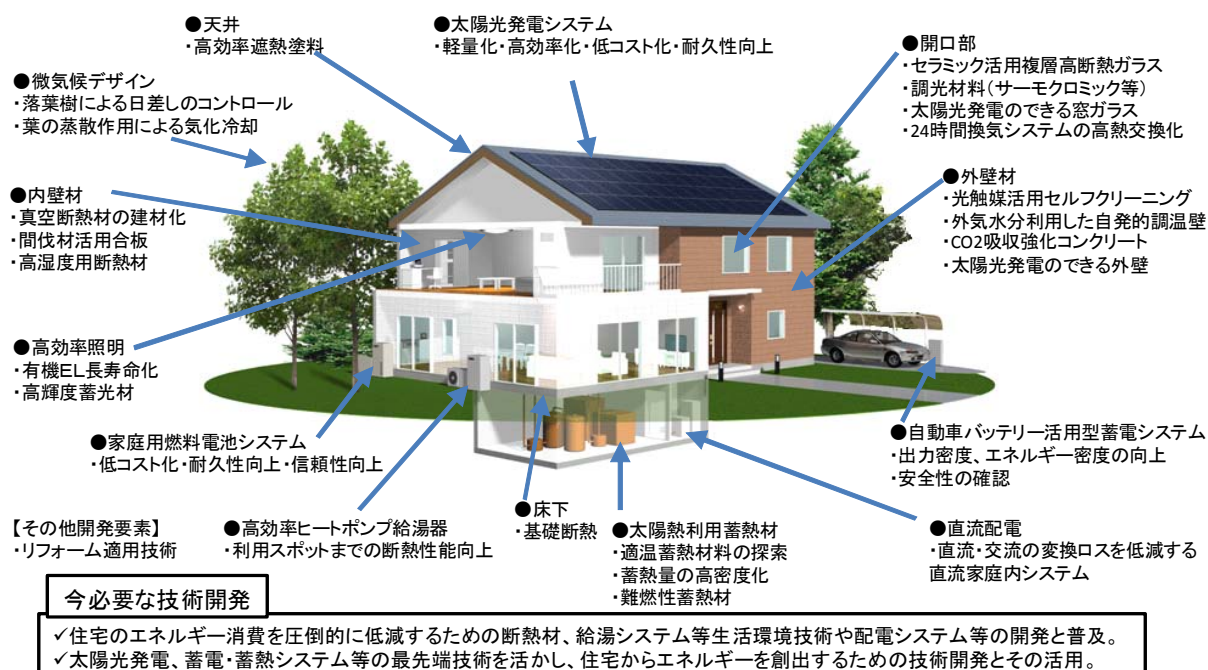
○ ヒアリング対象

- 事業者（計25社）
 - ・ 住宅メーカー 4社
 - ・ 内装外装メーカー 13社
 - ・ ガラスメーカー 3社
 - ・ リフォーム等 3社
 - ・ 化学品メーカー 2社
- 有識者
 - ・ 慶應義塾大学 伊香賀俊治教授
 - ・ 近畿大学 岩前篤教授
 - ・ 東京大学 清家剛准教授
 - ・ 早稲田大学 田辺新一教授

5. 2 低炭素住宅のイメージ

事業者ヒアリングや有識者ヒアリングの結果より、住宅分野の低炭素化に向けて、図表 5-1 に示す技術開発が重要と考えられる。本調査では、このうち、材料開発で貢献でき、かつ NEDO 等の他事業で実施していない技術シーズに着目する。

図表 5-1 低炭素住宅に必要な技術開発要素



出所) 経済産業省基本問題小委員会資料 (H22. 3. 11) より抜粋加工

5. 3 重要技術の抽出

本調査では、事業者ヒアリング等を踏まえて、重点研究開発テーマとして、図表 5-2 に示す 9 つのテーマを抽出した。また、研究開発の優先度等を踏まえて、意見交換会、技術シーズ報告会を実施した。優先度の考え方を以下に示す。

- 「真空断熱材の建材化研究開発」及び「蓄熱材及び蓄熱材料の住宅適用システムの開発」の 2 テーマに関しては、躯体の省エネ性能向上が期待され、かつ既往研究開発の蓄積も多いことから、優先度を高く設定した。
- 「希少金属フリー蓄光材料の開発」に関しては、事業者ヒアリングにおいて重要技術として挙げられたが、現時点において住宅における有望な用途が見当たらないことから優先度を落とした。
- 「不燃性樹脂サッシの開発」、「非破壊評価システム／熱量損失評価手法の確立」に関しては、CO₂削減効果の観点から優先度を落とした。

図表 5-2 低炭素住宅の開発に向けた重点研究開発テーマ

分類	研究開発テーマ	優先度	備考
躯体 (壁・床等)	真空断熱材の建材化研究開発	○	意見交換会
	雨水活用型調湿システムの実証	△	技術シーズ報告会
	高強度・高耐久性コンクリートの建材化研究開発	△	技術シーズ報告会
躯体 (開口部)	サーモクロミック窓材料の研究開発	△	技術シーズ報告会
	シースルー薄板ガラス太陽電池の研究開発	△	技術シーズ報告会
	不燃性樹脂サッシの開発	△	
システム (床等)	蓄熱材及び蓄熱材料の住宅適用システムの開発	○	意見交換会
照明	希少金属フリー蓄光材料の開発	×	
評価手法	非破壊評価システム／熱量損失評価手法の確立	△	

6. 研究課題と技術開発ロードマップ

(6章の要点)

- 重点研究開発テーマのうち6つのテーマについて、有識者を交えた意見交換会、技術シーズ報告会を実施した。
- 各研究開発テーマについて、技術の現状、研究開発の課題、技術開発の目標、ロードマップを整理した。

6. 1 意見交換会及び技術シーズ報告会の概要

本調査では、「真空断熱材の建材化研究開発」及び「蓄熱材及び蓄熱材料の住宅適用システムの開発」について、有識者、事業者を交えた意見交換会を実施した（2010年2月25日及び3月2日開催）。また、住宅分野の低炭素化に資する重要技術について、事業者や有識者による情報提供を目的とした技術シーズ報告会（2010年3月10日開催）を実施した。

6. 2 各重要技術の研究開発課題と技術開発ロードマップ

事業者ヒアリング、意見交換会及び技術シーズ報告会を踏まえて、以下の6つの技術について、技術の現状、研究開発課題、技術開発ロードマップを整理する。

- 1) 真空断熱材の建材化研究開発
- 2) 蓄熱材及び蓄熱材料の住宅適用システムの開発
- 3) 雨水活用型調湿システムの実証
- 4) シースルー薄板ガラス太陽電池（発電窓）の研究開発
- 5) サーモクロミック窓材料の研究開発
- 6) 高強度・高耐久性コンクリートの建材化研究開発

1) 真空断熱材の建材化研究開発

(1) 技術の現状

断熱材は、大きく繊維系断熱材と発泡プラスチック系断熱材とに分類される。繊維系断熱材は、グラスウール、ロックウールなどであり、安価であることから最も普及している。住宅用断熱材の約8割を占める。発泡プラスチック系断熱材は、硬質ウレタンフォーム、押出法ポリスチレンフォーム、ビーズ法ポリスチレンフォーム、フェノールフォームの4種類がある。一般的に熱伝導率は繊維系断熱材よりも優れるが、価格面では高くなる。住宅用断熱材の2割程度を占める。

高性能断熱材としては、繊維系断熱材、発泡プラスチック系断熱材について技術改良が進められている他、近年注目されている高性能断熱材としてエアロジェルと真空断熱材がある。以下に、エアロジェルと真空断熱材の概要を整理する。

○ エアロジェル

- ナノメートルオーダーの空孔を有する脆弱な多孔質体で構成される。
- 熱伝導率は発泡プラスチック系断熱材よりも優れる。
- 原材料・製造装置が高価であり、価格が非常に高い。国内では、研究開発段階にあり、ほとんど普及していない。

○ 真空断熱材 (VIP: Vacuumed Insulated Panel)

- 多孔質の芯材をフィルムで包み、内部を1~200Paまで減圧したもの(1気圧: 101,325Pa)。
- 熱伝導率は他の断熱材よりも優れているが、非常に高価。熱橋や施工性にも課題がある。
- 住宅建材用としてはほとんど普及しておらず、冷蔵庫、電気保温ポット、自動販売機等で採用されている。

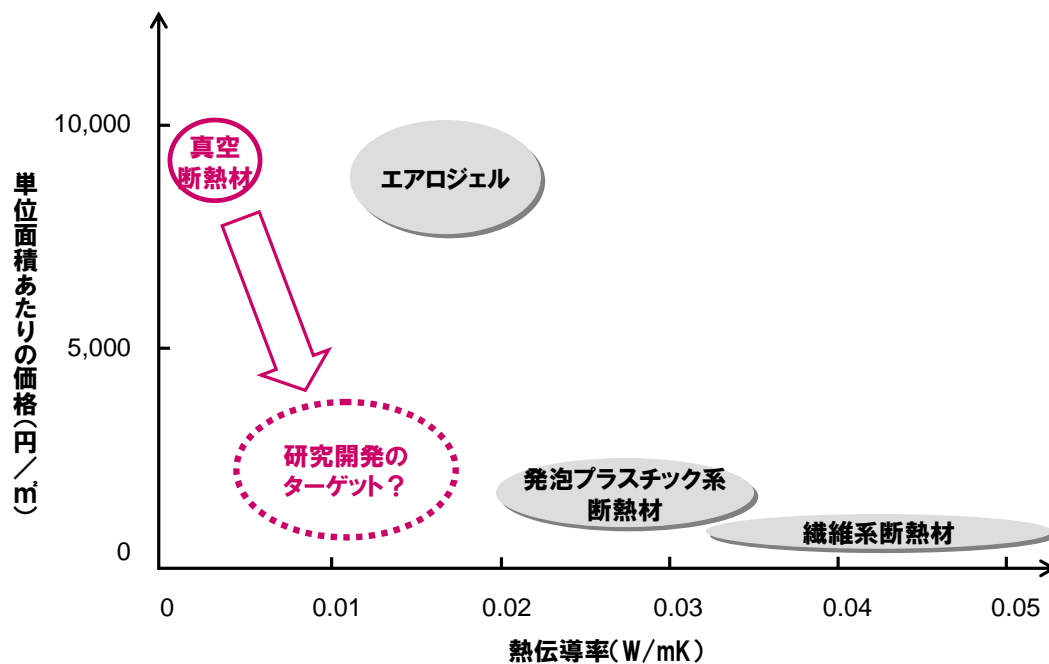
図表 6-1 同じ熱抵抗の繊維系断熱材 (左) と真空断熱材 (右)



出所) IEA Annex39 ウェブサイト

各種断熱材の熱伝導率と価格の関係を図表 6-2 に示す。真空断熱材は熱伝導率が低く、断熱性能に優れているが、一般に普及している繊維系断熱材や発泡プラスチック系断熱材に比べて非常に高価であり、住宅建材として普及させるには経済的障壁が大きい。

図表 6-2 各種断熱材の熱伝導率と価格の関係

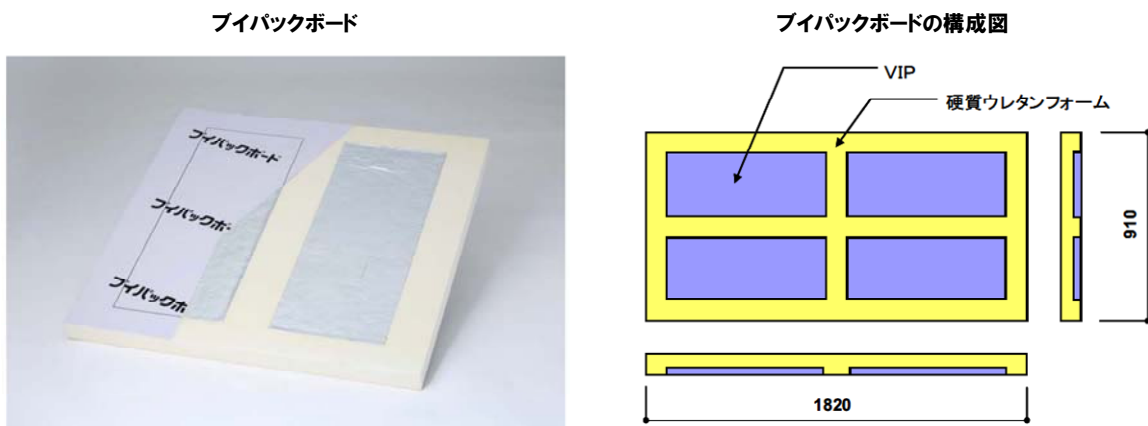


出所) 旭ファイバーグラス・井上氏資料等に基づき NRI 作成

以下に、真空断熱材の実用化の事例を整理する。

- ハイブリッド型 (真空断熱材+硬質ウレタンフォーム)
 - 開発者：アキレス (製品名「ブイパックボード」) (※NEDO 事業を活用)
 - 真空断熱材と硬質ウレタンフォームを複合一体化して、施工性を向上。硬質ウレタンフォームのみに比べて断熱性能が 25%向上。同厚の硬質ウレタンフォームを採用した住宅と比較して、年間の暖房による CO₂ 排出量を約 11%削減。
 - 北海道洞爺湖サミットで展示された「ゼロエミッションハウス」で採用。
 - 2009 年 3 月より販売開始。現在は、自動販売機用途が中心。

図表 6-3 ブイバックボードの概要



出所) アキレス・ニュースリリース資料 (2009 年 3 月 11 日)

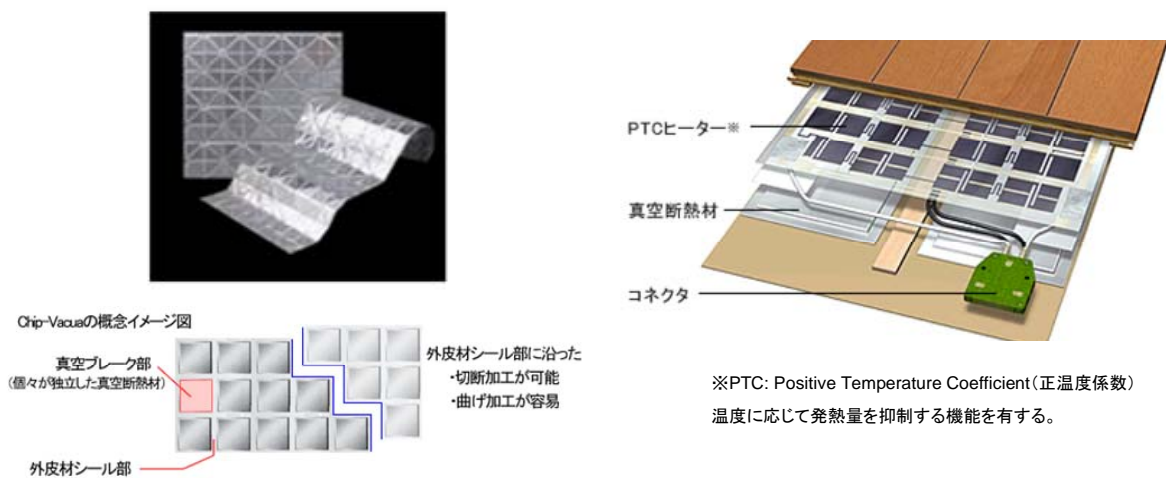
○ Chip 製造技術を用いた真空断熱材

- 開発者：パナソニック (※NEDO 事業を活用)
- 真空断熱材をチップ状の独立した集合体 (Chip: Composition of Heat Insulation Pattern) で構成しており、フレキシブル性を有し、形状適用度が高い。そのため、任意の断熱形状を実現したり、後加工が可能となる等の特徴を有しており、これまでの真空断熱材では困難であった種々の用途への展開が可能。
- パナソニック電工は、床暖房システムに採用し、床下への放熱損失を 20% から 10%に半減。

図表 6-4 Chip 製造技術を用いた真空断熱材の概要

Chip製造技術を用いた真空断熱材

真空断熱材を採用した床暖房システム

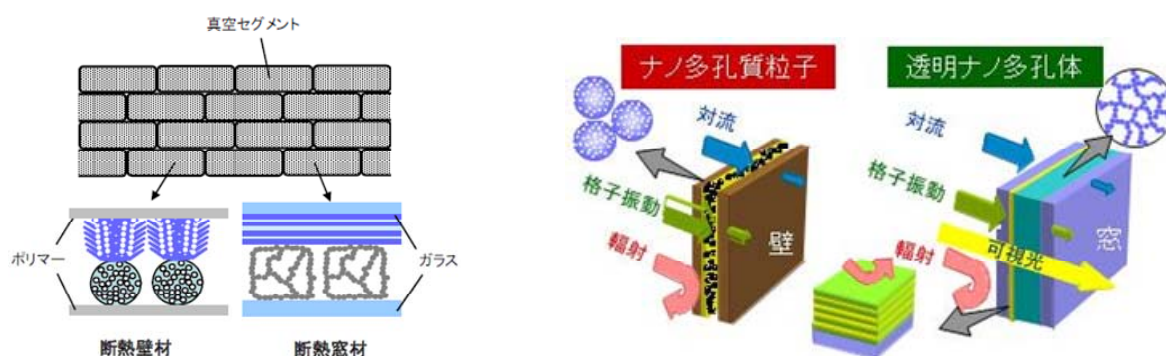


出所) 左：パナソニック・ウェブサイト、右：パナソニック電工・ウェブサイト

また、NEDO では、以下の 2 つの断熱材関連プロジェクトを実施中である。

- マルチセラミックス膜新断熱材の開発（H19～H23 年度）
 - 多孔質セラミックス粒子を活用し、10Pa という低い真空度で熱伝導率 $\lambda \leq 0.002\text{W/m}\cdot\text{K}$ を目標とする。
 - 壁材のみならず、窓ガラス代替も検討中。

図表 6-5 マルチセラミックス膜新断熱材開発の概要



出所) NEDO 資料

- 革新的ノンフロン系断熱材技術開発（H19～H23 年度）
 - 硬質ウレタンフォームに使用されている発泡剤を、温室効果ガスの高い代替フロン（HFC）からノンフロン系に変更。
 - 熱伝導率は現状のウレタンフォーム（ $\lambda \leq 0.024\text{W/m}\cdot\text{K}$ ）を開発目標とする。

図表 6-6 革新的ノンフロン系断熱材技術開発



出所) NEDO 資料

（2）研究開発課題

事業者ヒアリング、有識者ヒアリング、意見交換会での議論等を踏まえて、真空断熱材の建材化研究開発に向けた課題を以下に整理する。

- 連続生産化
 - 現状においては、真空断熱材はバッチ式で1枚ずつフィルムで密閉した上で減圧しており、時間とコストを要する。低コスト化を実現するためには連続生産を可能とする技術の開発が必要。真空度を下げる（低真空状態にする）ことで生産性向上の可能性がある（低圧環境でのライン化、被覆蒸着工程との一体化等）。
- フィルム技術の開発
 - 現状では、真空断熱材の密閉にアルミ箔を使用している。密閉性が高いというメリットがある一方、熱を伝えてしまう（熱橋）というデメリットもある。密閉性が高く、かつ熱伝導の小さいフィルム技術が必要。
- 長期性能の確保
 - 住宅においては、30～50年にわたる耐久性が求められる。真空断熱材は、経年的に真空度が落ちることによる性能劣化が指摘されていることから、長期性能の確保と検証が求められる。また、破損や性能劣化の見極め（確認）とその対応方法も必要となる。
- 施工性の向上とリフォームへの適用
 - 真空断熱材の場合、釘を打ってしまうと通常の断熱材と同性能になってしまう。現場での取り扱いが困難であることが大きな課題。アキレスは、硬質ウレタンフォームの中に真空断熱材をはめ込んだ断熱材を開発・実用化している（自動販売機用途が中心）。
 - 真空断熱材は厚みが薄くても高い断熱性能を発揮できることから、壁厚が限られる既存住宅のリフォームでの採用ニーズが高いと考えられる。既存住宅のリフォームへの適用方法や施工方法に関する検討も必要。
- 評価技術・評価手法の確立
 - 現在のJISでは、熱伝導率が0.02W/mK以下は一括りになっていることから、それよりも熱伝導率が低い断熱材は断熱性能の観点からはすべて同じ扱いとなる。
 - 真空断熱材の建材化とともに、評価技術・評価手法の整理も必要。

図表 6-7 断熱材関連の主な JIS

JISA9511	発泡プラスチック保温材
JISA9521	住宅用人造鉱物繊維断熱材
JISA9523	吹込み用繊維質断熱材
JISA9526	建築物断熱用吹付け硬質ウレタンフォーム

(3) 技術開発ロードマップ

まずは、真空断熱材の低コスト化に向けた連続生産技術の開発が求められる。同時に、高い断熱性能や長期性能を確保するための技術開発が重要となる。その上で、施工性の向上や評価技術・評価手法の確立に向けた検討も進める。

2) 蓄熱材及び蓄熱材料の住宅適用システムの開発

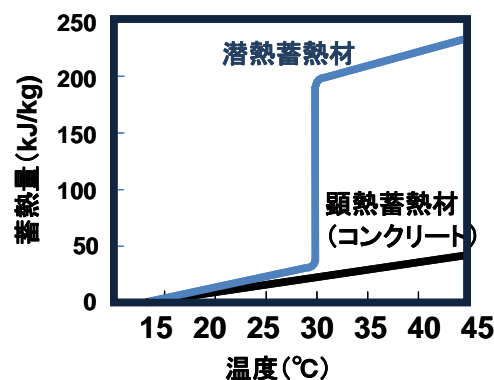
(1) 技術の現状

蓄熱材及び蓄熱材料を用いた住宅適用システムに関する技術の現状を以下に整理する。

潜熱蓄熱材の代表的な種類としてパラフィンや硫酸ナトリウム 10 水塩がある。それぞれの物性値を図表 6-8 に示す。コンクリートと比較すると、25~30°C付近で蓄熱量が大きくなる。

図表 6-8 潜熱蓄熱材の種類と物性値

パラフィン	
融解温度	32 °C~
比熱	2.5 kJ/kgK
潜熱	172 kJ/kg
蓄熱量(融解温度±5°C)	197 kJ/kg
硫酸ナトリウム・10水塩	
融解温度	23°C~
比熱	3.3 kJ/kgK
潜熱	82kJ/kg~
蓄熱量(融解温度±5°C)	82kJ/kg~
(参考)コンクリート	
融解温度	-
比熱	1.0 kJ/kgK
潜熱	-
蓄熱量(基準温度±5°C)	10 kJ/kg

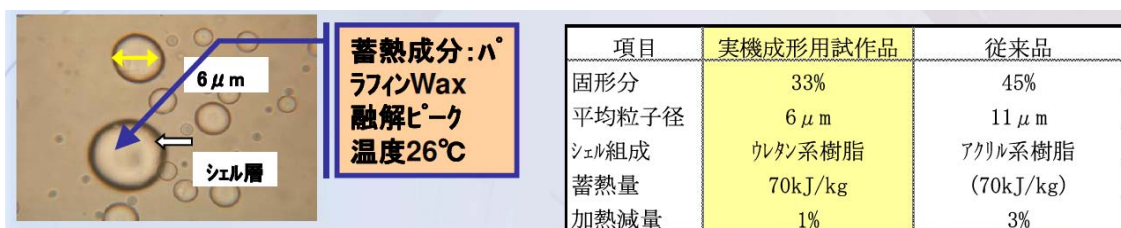


出所) ミサワホーム総合研究所プレゼン資料

実用化の事例として、潜熱蓄熱材を用いた石膏ボード、蓄熱床暖房、太陽熱集熱暖房(カスケードソーラー暖房)の事例を紹介する。

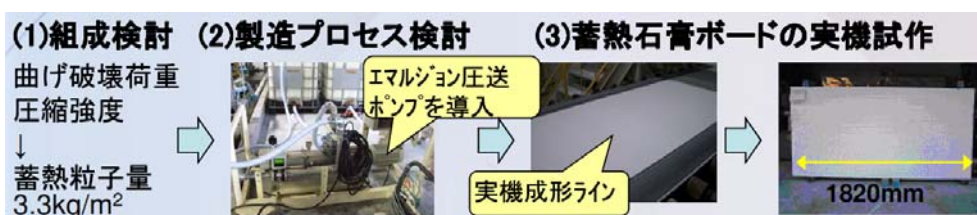
- 潜熱蓄熱粒子を用いた石膏ボード
 - 開発者：積水化学工業、吉野石膏
 - 国土交通省「住宅・建築関連先導技術開発助成事業」により開発（2005年～2007年）。実機試作を完了し、実大試験と省エネシミュレーションを実施。シミュレーションの結果、暖冷房負荷を約10%削減。
 - コスト、臭い、燃焼性、リサイクルなどの課題があり、市販には至っていない。

図表 6-9 潜熱蓄熱粒子技術の概要



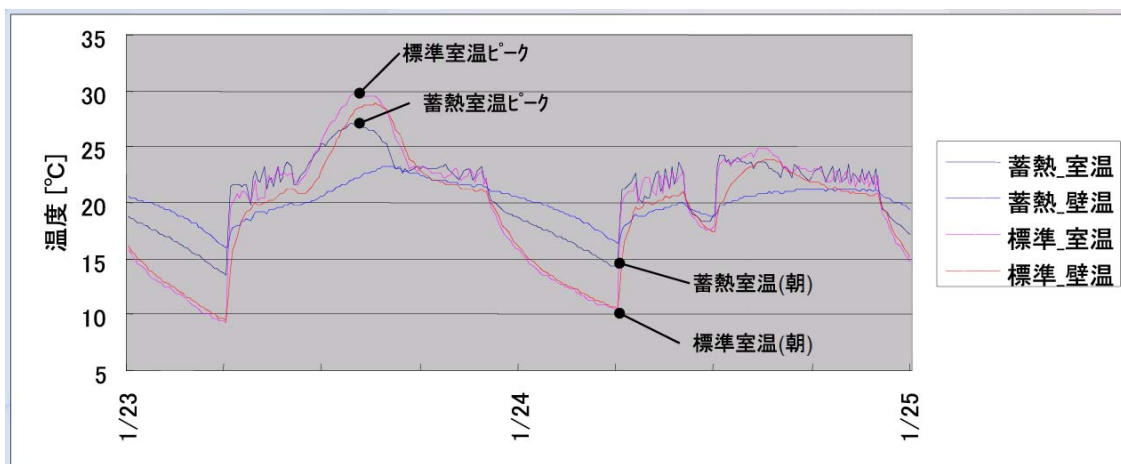
出所) 積水化学工業プレゼン資料

図表 6-10 潜熱蓄熱粒子を用いた石膏ボードの製造

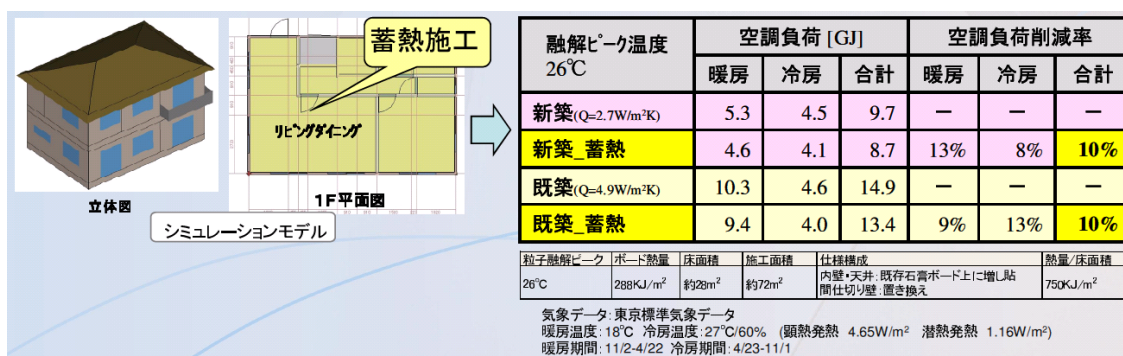


出所) 積水化学工業プレゼン資料

図表 6-11 潜熱蓄熱粒子を用いた石膏ボードの住宅適用による効果
(モデル住宅での実測結果)



(シミュレーション結果)

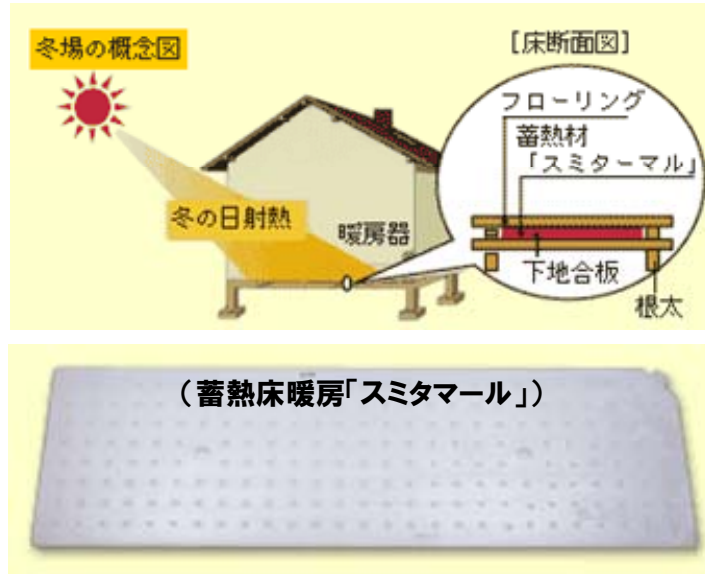


出所) 積水化学工業プレゼン資料

○ 蓄熱床暖房

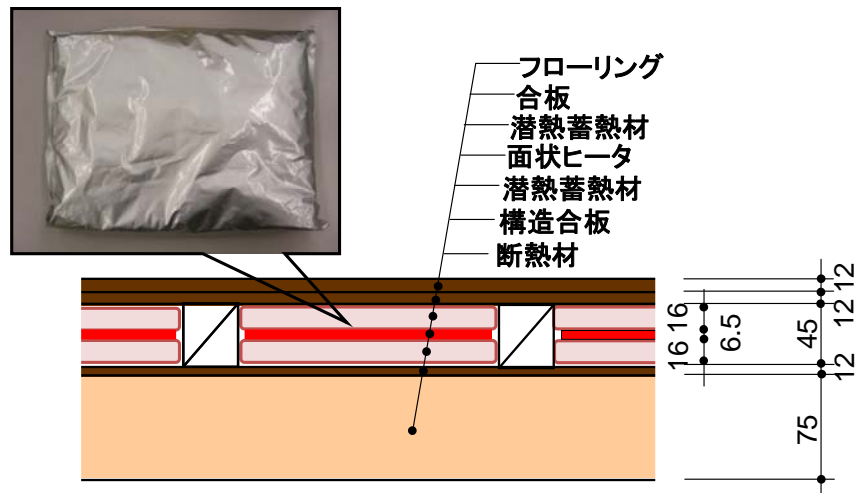
- 開発者: 住化プラスチック、ミサワホーム
- 住化プラスチックは、硫酸ナトリウム 10 水塩の蓄熱材をポリプロピレン製の容器に充填した蓄熱材を用いた床暖房システムを開発。蓄熱材はコンクリートの 5.5 倍以上の蓄熱量を有する。住友林業などが住宅に採用。
- ミサワホームでは、面状発熱体 (ヒータ) を潜熱蓄熱材で挟み込んだ、類いの蓄熱床暖房を開発。

図表 6-12 住化プラスチックの蓄熱床暖房の仕組み



出所) 住化プラスチック・ウェブサイト

図表 6-13 ミサワホームの蓄熱床暖房の仕組み



出所) ミサワホーム総合研究所プレゼン資料

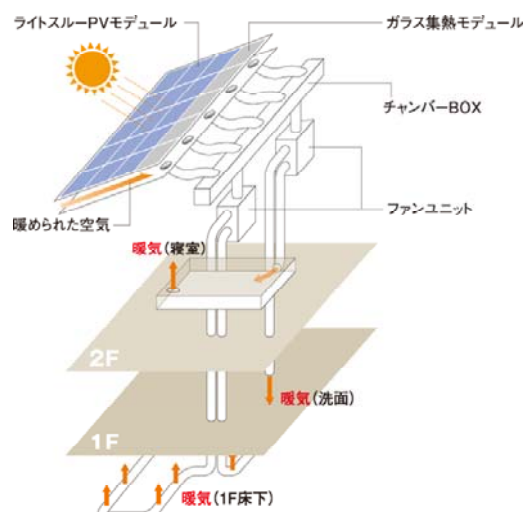
- 太陽熱集熱暖房（カスケードソーラー集熱暖房）
 - 開発者：ミサワホーム
 - 亀山にあるゼロエネルギー住宅の技術試行棟において、硫酸ナトリウム 10 水塩を使用した蓄熱材を床下に採用。
 - 集熱した温風を、ファンを使って床下に蓄える仕組みになっている。太陽光発電モジュール（PV）に透過性のあるガラスを採用して太陽熱集熱機能を設け、モジュールの裏面の温まった空気をファンによって床下に搬送・蓄熱することで自然な床暖房を実現。
 - 集熱量は、この住宅の暖房負荷を賄う量に匹敵。

図表 6-14 太陽熱集熱暖房の概要

亀山・ゼロエネルギー住宅技術試行棟



カスケードソーラー集熱暖房の仕組み



出所) ミサワホーム総合研究所プレゼン資料

また、NEDO では、蓄熱材関連プロジェクトとして、水和物スラリーを用いた蓄冷空調システム開発の実績を有する。

- 水和物スラリーを用いた蓄冷空調システム
 - 開発者：JFE エンジニアリング（商品名「ネオホワイト蓄冷空調システム」）
（※NEDO 事業を活用）
 - 水の 2 倍以上の冷熱を蓄える能力を持つ水和物スラリーを活用した蓄冷空調システム。
 - 2004～2009 年において、大規模商業ビルを中心に国内外で 9 件採用。

図表 6-15 ネオホワイト蓄冷空調システムの概要



川崎地下街アゼリアに導入されたネオホワイトを視察する厚生省相

大幅な省エネとCO₂削減を実現

ネオホワイト蓄冷空調システム

POINT

- 水の2倍の蓄冷能力で省エネとCO₂削減を実現
- 地下街、商業ビルなど幅広い分野に導入可能
- 空調のCO₂発生量40%削減達成
(川崎地下街アゼリア)

ネオホワイトは、空調の蓄冷剤として一般的に使われている水に比べて、2倍以上の冷熱を蓄える能力を持つ水和物スラリーを使用する蓄冷空調システムです。2005年度にオフィスビルに導入して以来、地下街や大規模商業ビル、工場など幅広い蓄冷空調分野への導入実績を有しています。

URL http://www.jfe-eng.co.jp/product/environment_energy/environment_energy1211.html

水和物の微粒子



ネオホワイト



出所) JFE エンジニアリング・ウェブサイト

(2) 研究開発課題

事業者ヒアリング、有識者ヒアリング、意見交換会での議論等を踏まえて、蓄熱材及び蓄熱材料の住宅適用システムの開発に向けた課題を、製品開発と住宅への適用の2つの視点から整理する。

(製品開発における課題)

- コスト低減
 - 積水化学工業らが開発した潜熱蓄熱粒子を用いた石膏ボードを市販した場合、価格は1㎡あたり1,000円程度。通常の石膏ボードの価格が1㎡あたり100円であることから、価格は10倍になる。
 - 一方で、一般的な断熱材の価格は1㎡あたり1,000円程度であることから、断熱材とは価格競争が十分に可能。
 - 生産量が増えれば、量産効果により単価は下げることが可能と予想される。
- VOC放散の防止
 - 現状では、蓄熱成分(n-ヘプタデカン、n-オクタデカン)の放散が認められる(ただし、規制値はない)。残留分であり、シェル層から透過しているものではないと想定される。
 - 検証が必要であるとともに、ベイクアウトにより残留分を除去するなどの対策が必要。また、シェル層を透過している場合には、新たな材料開発が必要。

- 燃焼性の抑制
 - 通常の石膏ボードに比べて、燃焼性に劣る（総発熱量は 10 倍強）。総発熱量は木質材料と同程度。
- リサイクル手法の確立
 - 現状、石膏ボードの回収・再利用が難しい状況にある。
- 耐久性の検証
 - 住宅の寿命（30～50 年）に耐えるかどうかの検証が必要。
- 新たな建材との一体化
 - 潜熱蓄熱粒子を用いる建材としては、石膏ボードに限られるものではない。
 - 断熱性に優れる高性能断熱材（高性能フェノールフォーム等）に一体化させることも考えられる。
- 液体－気体で相変化する蓄熱材料の開発
 - 現在は、固体－液体で相変化する蓄熱材料しかないが、液体－気体で相変化する蓄熱材料があれば、住宅内での熱搬送が効率化できる。

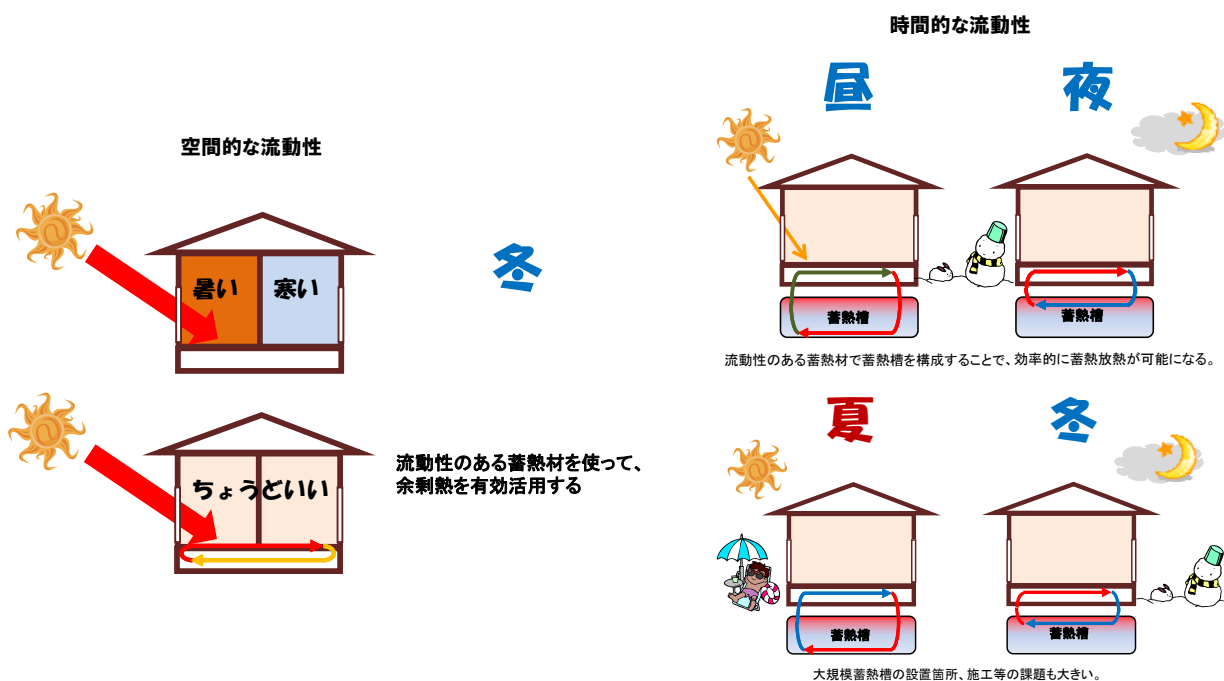
（住宅への適用における課題）

- 住宅の高断熱化
 - 断熱性能の低い住宅において蓄熱材を用いても、時間当たりの発熱量が小さいことから、熱が室外に流出してしまい、温熱環境改善効果や省エネ効果がほとんどなくなってしまう。
 - 蓄熱材を採用する場合には、高断熱住宅であることが条件となる。
- 適材適所による利用
 - 住宅設計においては、壁の厚みが限られることから、蓄熱材と断熱材のどちらを採用するかという判断が必要な場面も想定される。
 - 蓄熱材と断熱材のどちらが省エネ効果が高いかは、ケース・バイ・ケースである。日当たりのよい南面の外壁には蓄熱材を採用し、北面の外壁には断熱材を厚くするような、適材適所での利用が必要。
- 給湯への応用
 - 既存技術においては、基本的には暖冷房用途として蓄熱システムが採用されているが、蓄熱粒子の温度の高いものを用いれば、給湯用途にも応用可能である。
 - 住宅の CO₂ 排出量のうち、暖冷房が約 25%、給湯が約 20%を占めることから、両方をまかなうことができれば、住宅における CO₂ 排出量をほぼ半減することが可能となる。
- リフォームへの応用
 - 新築住宅の着工数が減少傾向にあるとともに、リフォームへのニーズが高

まりつつある。

- 新築住宅向けだけでなく、既存住宅のリフォームにも応用できる技術開発が必要となる。特に、後付けできることや、施工期間が短いことが重要となる。
- 空間的・時間的な流動性のある蓄熱システムの開発
 - 北面と南面での室内温度差を緩和するような、空間的な流動性のある蓄熱システムが必要。
 - また、昼と夜、夏と冬での室内温度差を緩和するような、時間的な流動性のある蓄熱システムの開発も必要。

図表 6-16 空間的・時間的な流動性のある蓄熱システムの開発（イメージ）



出所) ミサワホーム総合研究所プレゼン資料

(3) 技術開発ロードマップ

まずは、コスト低減やVOC放散の防止、燃焼性の抑制など、蓄熱材そのものに関する技術開発が求められる。その上で、給湯用途への拡大やリフォームへの応用に向けた住宅適用システムの開発、空間的・時間的な流動性のある蓄熱システムの開発に向けた検討を進める。

3) 雨水活用型調湿システムの実証

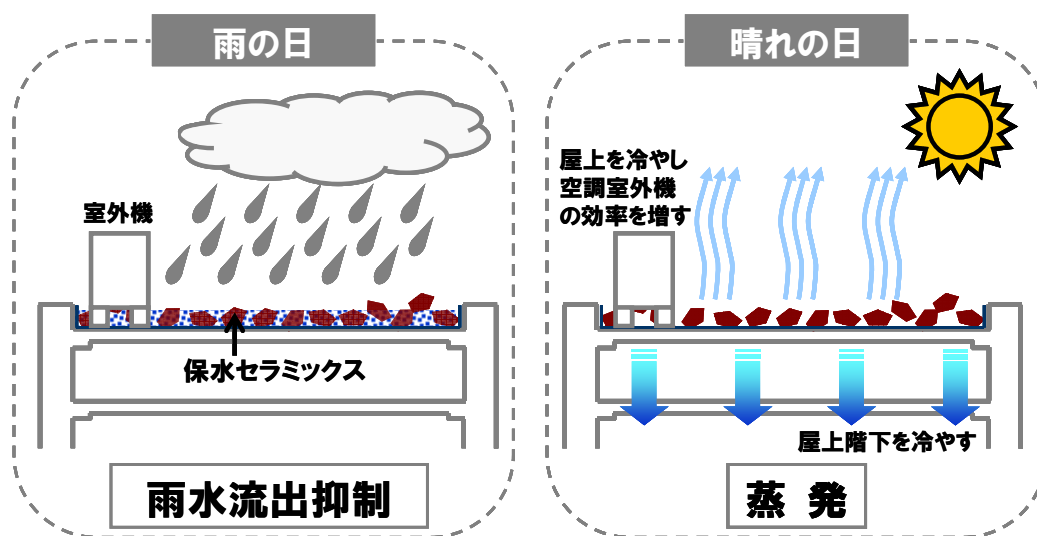
(1) 技術の現状

雨水活用型調湿システムに係る技術の現状として、INAX の保水セラミックスの概要を整理する。

○ INAX「保水セラミックス」

- 耐久性・耐候性に優れ、高い保水性能と蒸発性能を持つ新素材。保水率 60% 以上という性能により、ゲリラ豪雨による雨水を一時的に貯留し、雨水流出抑制効果を有する。
- 晴天時には、貯留した雨水の蒸発冷却作用によって建物や周囲の温度上昇を抑え、ヒートアイランドの緩和に寄与。また、蒸発冷却効果によって、屋上階下や空調室外機周辺を冷却し、空調効率を向上させることでビル等の省エネ効果が期待される。屋上だけでなく、壁面への採用による省エネ効果も期待される。
- 雨水の保水蒸発により、コンクリートスラブ下温度を下げ、最大 19°C の温度低減効果を確認。

図表 6-17 保水セラミックスの作用



出所) INAX プレゼン資料

(2) 研究開発課題

事業者ヒアリング、有識者ヒアリング、技術シーズ報告会での事業者からの情報提

供等を踏まえて、雨水活用型調湿システムの実証に向けた課題を整理する。

- 省エネ効果の評価・検証
 - 年間を通した、住宅での省エネ効果の検証が必要。
 - また、雨水流出抑制効果、ヒートアイランド緩和効果、都市レベルでの水管理・活用技術としての実効性など、都市レベルでの有効性の評価も求められる。
- 評価技術の確立
 - 材料の適正かつ客観的な評価方法の開発と検証が必要。
 - 併せて、評価方法の標準化も求められる。

(3) 技術開発ロードマップ

すでに要素技術はあることから、省エネ効果の評価・検証を進めるとともに、評価技術の確立や標準化を併せて進めていく。

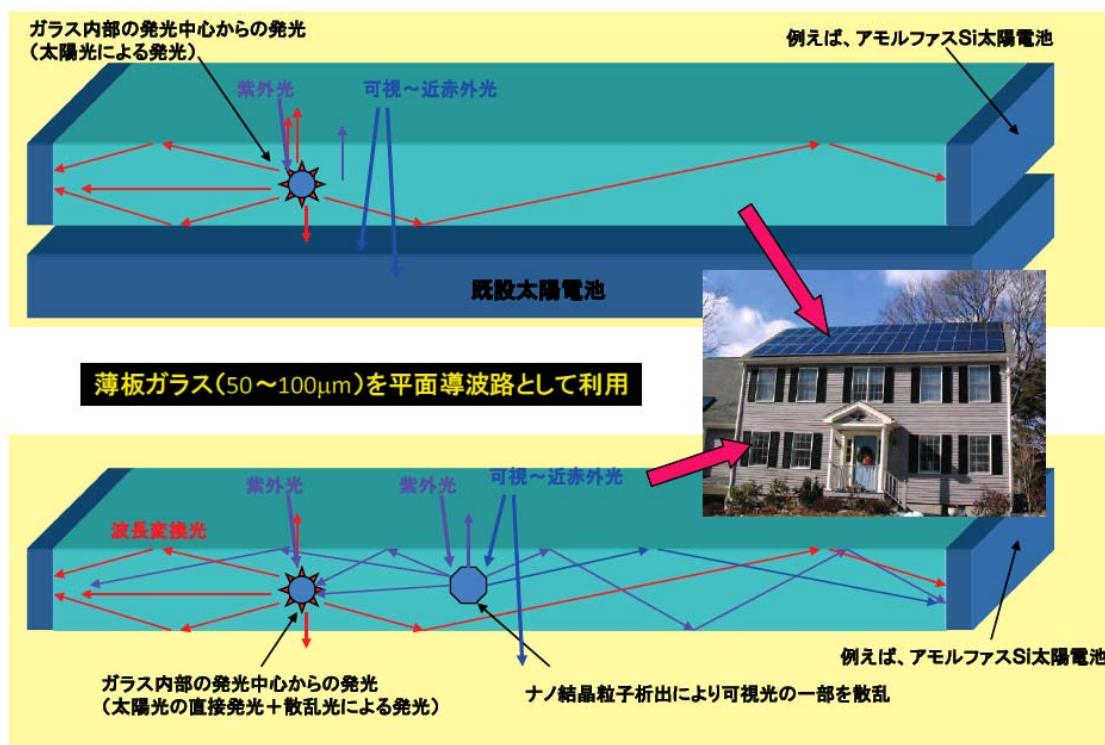
4) シースルー薄板ガラス太陽電池（発電窓）の研究開発

(1) 技術の現状

シースルー薄板ガラス太陽電池（発電窓）に係る技術の現状として、京都大学の研究を整理する。

- 京都大学「シースルー薄板ガラス太陽電池」
 - 太陽光（または太陽光により励起された光）を発光ガラスや発光層に閉じ込めてエッジの太陽電池まで伝搬させることにより、可視域の透光性を保持したシースルー太陽電池窓を研究開発。
 - 紫外域（280～380nm）及び可視域（380～750nm）の半分を利用した場合、市販の太陽電池パネル（効率 10%）で 1 m²あたり 100W の発電が可能とすると、シースルー太陽電池窓では 1 m²あたり 64W 発電可能。
 - 住宅用窓としての活用や、既設太陽電池パネルへの追加設置などが考えられる。

図表 6-18 シースルー薄板ガラス太陽電池の活用イメージ



出所) 京都大学プレゼン資料

(2) 研究開発課題

有識者ヒアリング、技術シーズ報告会での情報提供等を踏まえて、シースルー薄板ガラス太陽電池の研究開発に向けた課題を整理する。

- シースルー薄板ガラス太陽電池の効率向上
 - 新規可視光透過ガラスの波長効率改善検討、発光、散乱、回折を利用した高効率光閉じ込め方法の最適化検討、板状ガラス端部への太陽電池形成などが必要。
- 住宅への適用のための建材化
 - サッシも含めた、住宅への適用方法に関する検討が求められる。
 - また、住宅用建材として利用するためには、防火などの基準を満たす必要がある。
- 発電量の評価・検証
 - 実際に住宅に採用した場合の年間を通しての発電力の評価と検証が必要。
 - 併せて、評価技術・評価手法の確立も求められる。

(3) 技術開発ロードマップ

シースルー薄板ガラス太陽電池の効率向上に関する研究開発を進めた上で、住宅への適用のための建材化研究開発及び実住宅を想定した発電量の評価・検証を進める。

5) サーモクロミック窓材料の研究開発

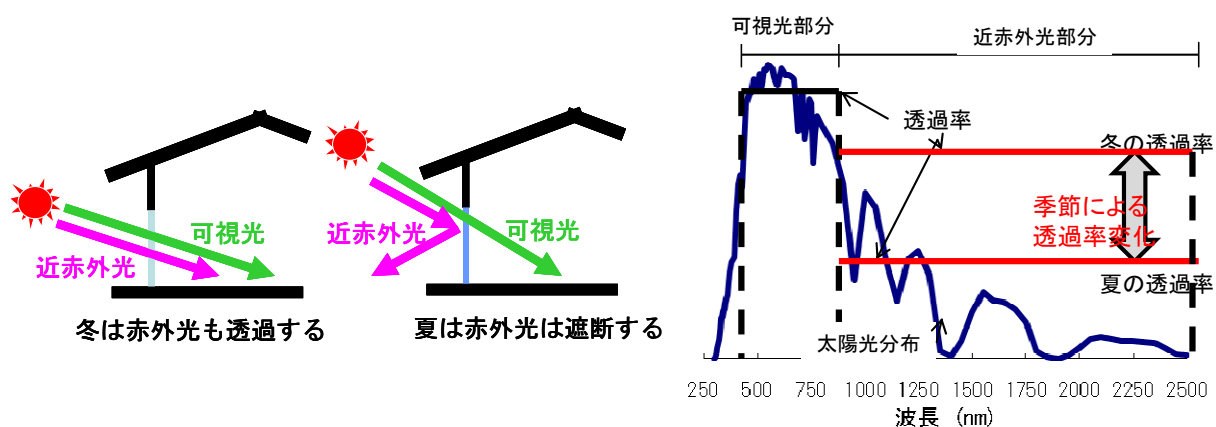
(1) 技術の現状

サーモクロミック窓材料に係る技術の現状として、産業技術総合研究所の研究を整理する。

○ 産業技術総合研究所「サーモクロミック窓材料」

- 可視光の透過率は維持したまま、近赤外光透過率だけを温度によって調整するサーモクロミック材料を用いた窓ガラスを研究開発。性能や色のバリエーションも有する。
- サーモクロミック材料には、二酸化バナジウム薄膜を利用。相転移温度は68℃。金属原子の添加により0℃程度まで制御可能。
- 冬季は赤外光も透過させ日射取得し、夏季は赤外光を遮断して日射遮蔽することで、高性能断熱ガラスと同等の省エネ効果を発揮する。

図表 6-19 サーモクロミック窓材料の仕組み



出所) 産業技術総合研究所プレゼン資料

(2) 研究開発課題

有識者ヒアリング、技術シーズ報告会での情報提供等を踏まえて、サーモクロミック窓材料の研究開発に向けた課題を整理する。

- 色合いの改善
 - 現状においては、無色透明のサーモクロミックガラスは技術的に困難な状況にある。
 - ガラスの色が変わってしまうと、室内が暗くなってしまうため、普及の阻害要因となっている。
- コスト低減
 - 窓ガラスとして普及するためには、コスト低減が必要。
- 省エネ効果の評価・検証
 - 実際の住宅への適用を想定した、省エネ効果の評価・検証が必要。
 - 併せて、評価技術・評価手法の確立も求められる。
- リフォームへの適用
 - 既存住宅のリフォーム向けとして、既存の窓ガラスに塗布する塗料や、窓用フィルムの用の粉体材料の開発も進められている。これらの技術の確立及び実証が必要。

(3) 技術開発ロードマップ

色合いの改善、コスト低減など、現状の課題を解決した上で、実住宅を想定した年間を通しての省エネ効果の評価・検証、リフォームへの適用の検討を進める。

6) 高強度・高耐久性コンクリートの建材化研究開発

(1) 技術の現状

高強度・高耐久性コンクリートの建材化に係る技術の現状として、電気化学工業の成果を以下に整理する。

- 電気化学工業
 - 物質遮断性、耐溶脱性に優れたプレキャスト用コンクリートを開発（商品名「ELEN」、鹿島建設、石川島建材工業との共同研究開発）
 - 現在、一般構造物の埋設型枠、塩害を受ける海洋構造物、放射性廃棄物処理場などで採用されている。
 - CO₂で固まるセメント（ γ -C2S）が炭酸化反応により普通セメントと同等以上にCO₂を吸収することに着目。製造段階において約470kg-CO₂/トンのCO₂を吸収。さらに、消石灰を使用することで、製造段階でのCO₂排出量を普通セメントに比べて約80%削減。

- 寿命 1 万年と推定されることから、住宅の長寿命化に貢献し、改修や建替えに伴う CO₂ 排出量を削減することが可能。

図表 6-20 高強度・高耐久性コンクリートの採用事例と製造段階の CO₂ 排出量削減効果

土木構造物分野での採用事例



埋設型枠

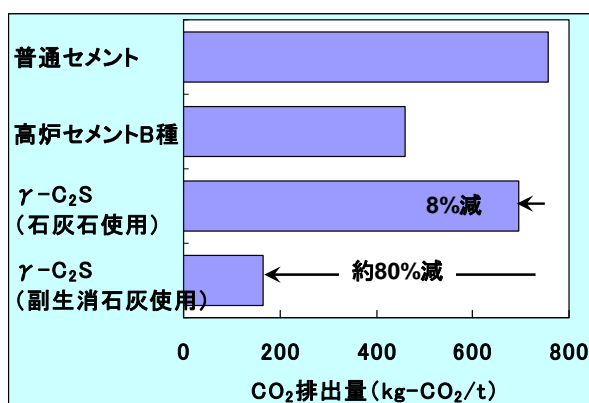


栈橋下面埋設型枠としての利用



栈橋上面保護層としての利用

製造段階のCO₂排出量の比較



出所) 電気化学工業プレゼン資料

(2) 研究開発課題

事業者ヒアリング、有識者ヒアリング、技術シーズ報告会での事業者からの情報提供等を踏まえて、高強度・高耐久性コンクリートの建材化研究開発に向けた課題を整理する。

○ 住宅への適用方法の検討・実証

- 高強度・高耐久性コンクリートは、普通のセメントよりも色が白いことから意匠性にも優れている。
- これを建材化することで、住宅の内外装など、さまざまな部位の建材・部材として活用が期待される。

- 長寿命化及びそれによる CO₂ 削減効果の評価・検証
 - 住宅での実用途を想定した上で、高強度・高耐久性コンクリートの製品寿命（耐用年数）の評価・検証が必要。
 - 併せて、評価技術・評価手法の確立も求められる。

図表 6-21 高強度・高耐久性コンクリートの住宅分野での適用アイデア（例）



出所) 電気化学工業プレゼン資料

(3) 技術開発ロードマップ

住宅への適用方法の検討及びモデル住宅での実証を行いつつ、長寿命化及びそれによる CO₂ 削減効果の評価・検証を進める。

7. ナショナルプロジェクトの設立・実施に向けた方向性

7. 1 類似の研究開発プロジェクト

住宅分野における類似の研究開発プロジェクトについて、以下に整理する。

1) 経済産業省ナショナルプロジェクト

1976年度に始まった「ハウス55プロジェクト」では、住宅の質の向上とローコスト化を目指し、100㎡の住宅の当時の価格水準の半値程度の500万円程度で供給することを目的として技術開発が行われた。これを皮切りに、新住宅開発プロジェクト、生活価値創造住宅開発プロジェクト、資源循環型住宅技術開発プロジェクトなど、その時々の政策課題によって目的を変化させつつ、技術開発が行われてきた。

図表 7-1 これまでの経済産業省ナショナルプロジェクト

プロジェクト年	プロジェクト名	目的	開発テーマ
1976～ 1979年	ハウス55プロジェクト	低廉かつ良質な戸建住宅の供給	延床面積100㎡の住宅を500万円台(昭和55年価格)で昭和55年度から供給
1979～ 1985年	新住宅開発プロジェクト	戸建住宅の質的向上	高齢者・身体障害者ケアシステム技術の開発 可変住空間システム技術の開発 地下室利用システム技術の開発 自然エネルギー利用住宅システム技術の開発 住宅躯体材料の耐久性向上技術の研究開発
1984～ 1990年	21世紀マンション計画 (集合住宅用新材料・機器システム開発プロジェクト)	良質な都市型集合住宅の開発	耐久性向上技術の研究開発 居住性向上技術の研究開発 廃棄物・排水利用機器システムの研究 エネルギー自給度向上技術の研究開発
1989～ 1995年	21世紀住宅開発プロジェクト (新工業化住宅産業技術・システム開発プロジェクト)	工業化住宅の生産技術・システムの抜本的改善	住まい手参加型住空間設計・性能シミュレーションシステムの開発 高機能建材・住宅設備及びその革新的な工場生産技術の開発 住宅用エネルギー総合利用システムの開発
1994～ 2000年	ハウスジャパンプロジェクト (生活価値創造住宅開発プロジェクト)	快適で低コストで長持ちする住宅の提示	住宅ストックとしての価値の向上・創出のための研究開発 新たなライフスタイルへの対応技術に関する研究開発 地球環境との調和技術に関する研究開発
2000～ 2004年	資源循環型創造住宅開発プロジェクト	資源循環型住宅の構築	3R(Reduce, Remove, Recycle)対応住宅システムの開発 住宅の評価管理技術の開発 住宅用高効率エネルギーシステム統合化開発

出所) 経済産業省資料より NRI 作成

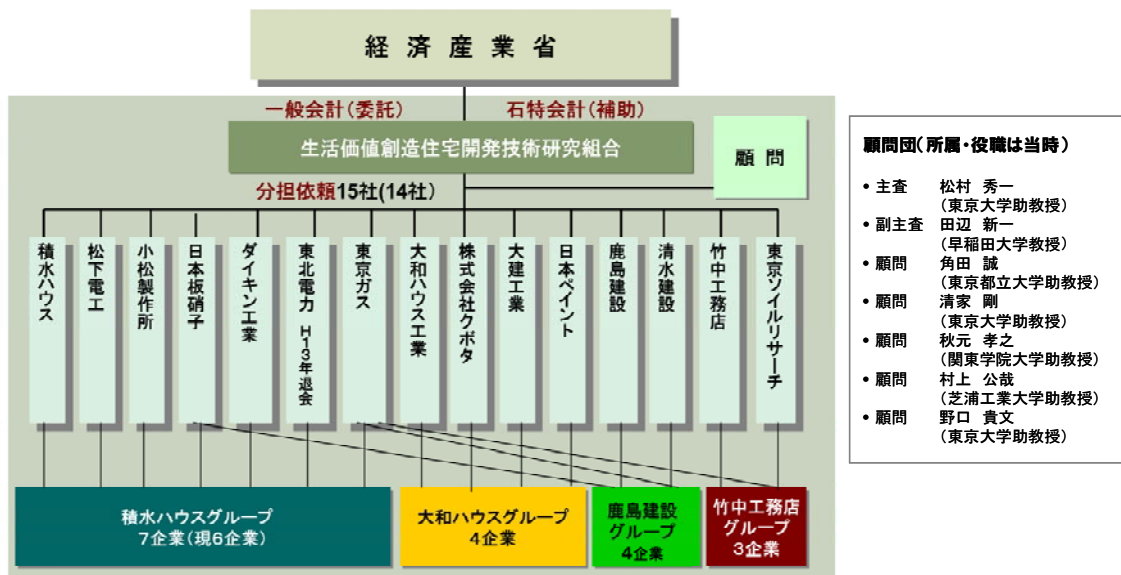
経済産業省ナショナルプロジェクトのうち、一番最近(2000～2004年)に実施された資源循環型住宅技術開発プロジェクトの研究開発グループと研究テーマを図表 7-2 に、研究開発実施体制を図表 7-3 に示す。公募によって選ばれた4グループが都心から田園地域に至る広範囲に展開する住宅を対象に、それぞれが描く「資源循環型住宅」の技術研究開発を実施した。

図表 7-2 資源循環型住宅技術開発プロジェクトの研究開発グループと研究テーマ

戸建住宅		集合住宅	
積水ハウスグループ	大和ハウスグループ	鹿島建設グループ	竹中工務店グループ
環境負荷低減型住宅システムの開発	資源循環型鉄骨系プレハブ住宅システムを実現するための技術開発	資源循環型SI集合住宅システムの開発	資源循環型ハイブリッドRC集合住宅の開発
<p>(個別要素技術テーマ)</p> <ul style="list-style-type: none"> 低層住宅の解体分別、取り外し技術の研究開発 廃ガラスの多孔質軽量建材への転換技術の開発 長期耐用住宅の在り方研究とシステム開発 主要部材の耐久性評価方法及びメンテナンス工法の確立 建設廃棄物のリサイクル指標研究 住宅履歴情報管理システムの研究 外断熱工法による住宅の高耐久長寿命化のための技術開発 燃料電池コージェネレーションと二次側機器との最適組合せの研究 地下水利用型地熱回収冷暖房・給湯システムの研究開発 	<p>(個別要素技術テーマ)</p> <ul style="list-style-type: none"> 資源循環型鉄骨系プレハブ住宅の基礎・躯体構造システム開発 外装廃材を主原料にした耐火野地板材の開発 資源循環型高耐久塗料、塗装システムの開発 資源循環型鉄骨系プレハブ住宅の内装システムの開発 吸放湿機能などの多機能を有する、リサイクル可能な内装下地材の開発 高断熱性能を有する木質繊維板系断熱材の研究開発 	<p>(個別要素技術テーマ)</p> <ul style="list-style-type: none"> SI集合住宅における高耐久サポートを実現するRC技術の開発 SI集合住宅におけるインフィル・リースシステムの開発 リサイクル建材の性能評価手法と利用技術の研究開発 住宅のLCA予測・評価手法の研究開発 燃料電池コージェネレーション排熱有効利用システムの研究 	<p>(個別要素技術テーマ)</p> <ul style="list-style-type: none"> 資源循環型構造架構・生産システムの開発 杭の再利用促進技術の開発 100パーセント資源循環型の長寿命コンクリート技術の開発 住宅のLCR評価システムの開発 エネルギー有効利用型冷暖房換気・給湯システムの研究開発

出所) 経済産業省資料より NRI 作成

図表 7-3 資源循環型住宅技術開発プロジェクトの研究開発実施体制



出所) 経済産業省資料

2) 住宅・建築関連先導技術開発助成事業(国土交通省)

国土交通省は、住宅・建築関連先導技術開発助成事業を実施しており、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の支援を行っている。

- 住宅・建築関連先導技術開発助成事業の概要
 - 平成 22 年度予算：1.8 億円以下/年・件
 - 1/2 補助
 - 期間：3 年以内
 - 対象
 - ・ 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
 - ・ 住宅等に係る省資源、廃棄物削減に資する技術開発
 - ・ 住宅等の安全性の向上に資する技術開発

3) 住宅・建築物省 CO₂ 推進モデル事業（国土交通省）

国土交通省は、住宅・建築物省 CO₂ 推進モデル事業を実施しており、家庭部門、業務部門の省 CO₂ の実現性に優れたリーディングプロジェクトとなる住宅・建築物プロジェクトを募り、整備費等の一部を補助している。

- 住宅・建築物省 CO₂ 推進モデル事業の概要
 - 1/2 補助
 - 対象
 - ・ 住宅・建築物の新築
 - ・ 既存の住宅・建築物の改修
 - ・ 省 CO₂ のマネジメントシステムの整備
 - ・ 省 CO₂ に関する技術の検証（社会実験・展示等）

4) 地球温暖化対策技術開発事業（環境省）

環境省は、地球温暖化対策技術開発事業を実施しており、ゼロエミッション住宅の普及実証研究や住宅を含む民生部門の省エネ対策技術の実用化の支援を実施している。

- 地球温暖化対策技術開発事業の概要
 - 平成 22 年度予算：2,000 万円～5 億円程度/年・件
 - 委託、補助
 - 期間：3 年以内
 - 対象
 - ・ 再生可能エネルギー地域実証研究分野
 - ・ 次世代自動車普及モデル実証研究分野

- ・ ゼロエミッション住宅・オフィス普及実証研究分野
- ・ 民生部門省エネ対策技術実用化開発分野
- ・ 再生可能エネルギー導入技術実用化開発分野
- ・ 都市再生環境モデル技術開発分野
- ・ 循環資源由来エネルギー利用技術実用化開発分野
- ・ 製品化技術開発分野

7. 2 ナショナルプロジェクトの設立・実施に向けた課題と方向性

1) ナショナルプロジェクトの方向性

ここでは、有識者・事業者ヒアリング、技術シーズに関する意見交換会、報告会等を踏まえて、低炭素住宅の開発・普及に向けたナショナルプロジェクトの設立・実施に向けた課題と方向性を整理する。

(1) 住宅全体を俯瞰的・包括的に捉えたプロジェクト

住宅分野における低炭素化を推進するためには、まずは部材・設備レベルでの技術開発が不可欠。さらに、これらの技術の組合せの視点が大変重要である。

また、住宅は個々の要素技術の組み合わせにより成り立っている製品であり、個別の要素技術を開発しても、それを住宅に適用しようとするとうまくいかないことが多々ある。住宅全体を俯瞰するプロジェクトの方が、将来的な普及という観点からも効果的と考えられる。

プロジェクトとしては、米国のソーラー・デカトロン（モデル事業）や英国のゼロカーボン住宅展示場（英国建築研究所）などの事例が参考になる。また、洞爺湖サミットで建設した「ゼロエミッションハウス」の知見・ノウハウなど、これまでの成果も活用することが重要である。

(2) 業界横断的な取組みの必要性

プロジェクトの実施にあたっては、建材メーカー、住宅設備メーカーに加えて、住宅メーカー、パワービルダーなども巻き込んだ体制作りが必要である。資源循環型住宅技術開発プロジェクトのように、複数グループ単位での技術開発も有効と考えられる。

(3) モデル住宅の建設のインパクト

英国や米国の事例に見るように、実際にモデル住宅を建てることによる波及効果は極めて大きい。住宅として普及させるためには、単純にCO₂排出量を削減するだけで

なく、住み心地や健康の視点も重要であり、実際にモデル住宅を建設し、効果を実証することが求められる。

(4) リフォームへの応用

今後の住宅市場の方向性を鑑みると、既存住宅の対策が大きな課題であり、リフォームへの応用の視点が極めて重要である。新築住宅に対して母数が圧倒的に多いことから、既存住宅の省エネリフォームへの展開により、CO₂ 排出量の大幅削減が期待される。

2) ナショナルプロジェクトのイメージ

上記のナショナルプロジェクトの方向性を踏まえて、有識者ヒアリング等を踏まえて、プロジェクトのイメージを以下に整理する。

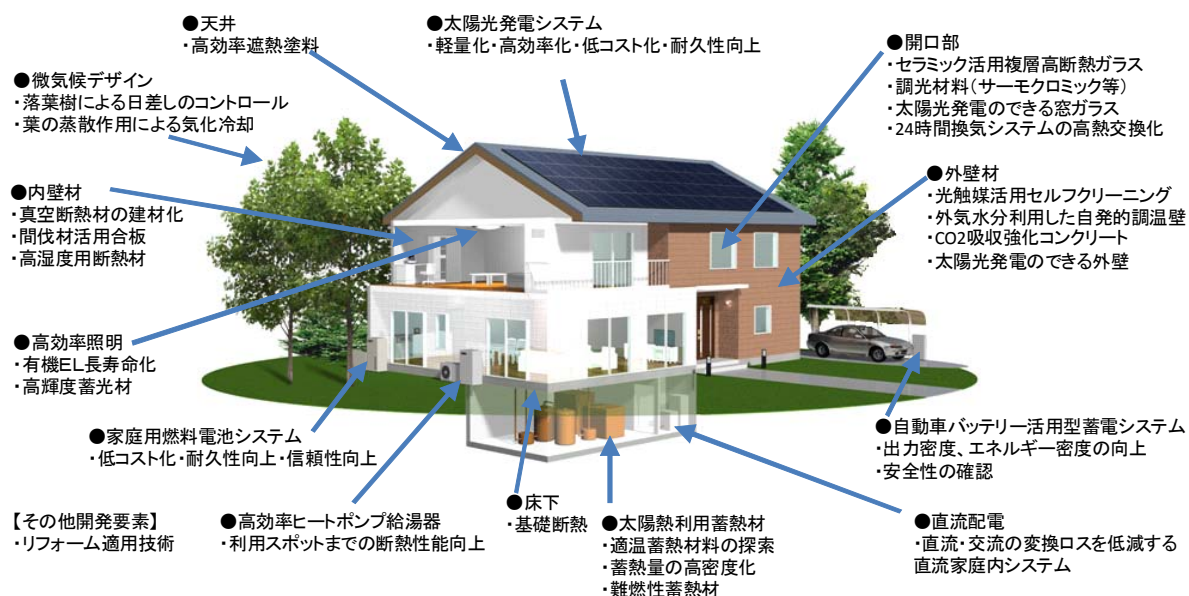
(1) 提案公募型プロジェクト

低炭素住宅の開発・普及に向けた部材開発やシステム開発等により、現状コストを維持しながら、温室効果ガス排出量削減中期目標（2020 年までに温室効果ガス排出量を 1990 年比 25%削減）の達成に貢献する技術開発を行う。

低炭素住宅の実現には、住宅におけるエネルギー利用の最適化を図ることが重要となる。さらには、スマートグリッド等により、コミュニティレベルでのエネルギー利用最適化も重要である。

その中で、部材開発やシステム開発等の視点からは、①施工性、耐久性に優れる断熱材、②太陽熱等を利用する蓄熱システム、③開口部に関する技術開発（サーモクロミック、サッシの完全樹脂化）、④その他（雨水活用型調温材料等）の技術開発等を行う。さらに、省エネ・CO₂ 削減効果の実証及び技術の普及促進を図ること等を目的として、住宅メーカーが5年後にモデルハウスに採用することを条件とする。最終的には「照明」、「給湯」等の取り組みを総合的に組み合わせることにより、太陽光発電等の新エネ機器に頼らず、新築住宅の省エネ性能向上及び既存住宅の省エネリフォーム等により、2020 年までに住宅分野からの CO₂ 排出量を 1990 年比 50%削減可能な住宅建材・部材の供給を目標とする。

図表 7-4 ナショナルプロジェクトのイメージ



<p>公募条件（案）</p>	<p>○実際にモデルハウスに導入すること ○NEDO が指定する材料開発テーマを1つ以上満たすこと 【材料開発テーマ（例）】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・真空断熱材の建材化研究開発 ・蓄熱材及び蓄熱材料の住宅適用システムの開発 ・雨水活用型調湿システムの実証 ・サーモクロミック調光ガラスの研究開発 ・高強度高耐久性コンクリート技術の開発 ・サッシの完全樹脂化・不燃化研究 等 <p>○自社独自の基準や仕様のみに対応する技術の開発は行わないこと ○給湯、照明等を含め、2015年に住宅全体のCO2排出量を1990年比50%削減することを目標とすること ○研究成果の発信として自主的に最先端ハウス技術展示場を開設すること</p>
<p>体制</p>	<p>○有識者（学識経験者）をプロジェクトリーダーとする ○住宅メーカーをグループリーダーとし、複数の建材・部材メーカーを交えた研究開発グループを複数（3～4グループ程度）構成する</p>
<p>スケジュール</p>	<p>○当初3年間（平成23～25年度を想定）：材料開発 ○その後2年間（平成26～27年度を想定）：優秀グループのみ、モデルハウス建設・実証</p>
<p>将来的に取り込める照明・給湯等のNEDO技術開発の動き</p>	<p>○有機発光機構を用いた高効率照明技術の開発（H19～21年度） ○固体酸化物形燃料電池実証研究（H19～22年度） ○次世代高効率エネルギー利用型住宅システム技術開発・実証事業（H22～23年度）等</p>

(2) 太陽熱活用型住宅システム開発プロジェクト

現在の住宅は、従来の住宅に比べ、一般的に熱容量が小さくなっている。そのため外気温度と室内温度の連動性が大きい。最近では、建材を工場で大規模生産し、現場で短期に組立てるといった工法が主流であり、建材は低コスト化・軽量化・量産性・施工容易性・メンテナンス性向上を目標として開発されてきており、暖冷房設備設置を前提として住宅が設計販売されている。

一方、敷地に降り注ぐ太陽エネルギーはおよそ $3.4\text{kWh}/\text{m}^2/\text{日}$ 、 50m^2 の建屋面積であれば年間に $62,050\text{kWh}/\text{年}$ である。住宅の年間 2 次エネルギー消費量をまかなうためには、このうち約 20% のエネルギーを取得すればよいが、これらは有効に利用されていない（東京、拡張アメダス標準年データに基づく。また、本システムは太陽光発電システムとの併用も可能）。したがって、住宅の暖冷房に要する CO_2 排出量削減のためには、太陽熱の高度利用と断熱性能向上を全面に出した住宅・建材・システム開発を実現する必要がある。

太陽熱活用型住宅システムの開発及び高度化のコンセプトとして、まず、住宅の高断熱・高气密化を実現し、その断熱閉鎖系に潜熱蓄熱材を積極的に導入し熱容量を増やし、そこに未利用の太陽熱を高度利用することで、生活熱・排熱と併せて屋内温度の最大・最低温度を快適ゾーンに近くする。その際、構成する要素技術としては、太陽熱の集熱、熱の搬送、熱の蓄熱、熱の放出、高断熱性、高气密性、太陽熱を雨期、夏期に利用する技術、風の創出と設計などが考えられ、これらの要素技術をシステムとして構築することが重要となる。

太陽熱活用型住宅の目標としては、住宅の熱容量・熱コントロールを設計し、暖冷房に必要なエネルギーを節減（例えば 50%）するとともに、室内を快適に維持する（例えば、冬期の居室室温 18°C 以上（居室以外は 15°C ））こととする。

3) 今後の課題

ナショナルプロジェクトの設立・実施に向けた今後の課題を以下に整理する。

(1) 各研究開発テーマにおける CO_2 削減効果の試算及び検証

今年度調査においては、住宅分野の低炭素化において、材料開発の視点から研究開発テーマを抽出し、技術の現状と課題を整理した。各研究開発により期待される効果を定量的に示すためには、材料開発による住宅分野の CO_2 削減効果を試算し、検証することが求められる。

(2) 研究開発テーマの精査と学識経験者等によるオーソライズ

今年度調査においては、事業者ヒアリングを中心として、住宅分野の低炭素化を推

進する上での重要技術及び研究開発テーマの探索を行った。次年度以降の課題として、学識経験者等を交えた検討会の設置等により、これらの研究開発テーマの精査や評価（優先順位等）を行うことが求められる。

検討会においては、研究開発テーマの精査とともに、低炭素住宅（エコ住宅、ゼロエネルギー住宅）の定義やビジョン（政策目標など）に関しても助言をいただき、ナショナルプロジェクトの位置づけを明確にすることも重要となる。低炭素住宅の定義やビジョンの検討に際しては、その普及を促すための規制やラベリング制度、規格・標準化（JIS等）の議論も必要となる。

（３）ナショナルプロジェクトの具体化

ナショナルプロジェクトの設立・実施に向けて、上述の有識者による検討会等を活用しつつプロジェクトの内容を具体化していくことが求められる。具体的には、指定する材料開発テーマやCO₂削減目標などを明確にする必要がある。また、事業者の公募要件（能力、体制など）の整理や、プロジェクト実施における運用体制（プロジェクトの進捗状況や結果の評価機関の設置など）の検討も必要となる。

（４）普及開発方策の検討

部材開発やシステム開発に際しては、ナショナルプロジェクト実施時からある程度普及促進を念頭に置いた検討が求められる。そのためには、住宅省エネ基準の強化や住宅エコポイントのような助成制度等とセットで、ナショナルプロジェクトのあり方を考えることが望ましい。

8. ニューガラス分野の技術ロードマップ

8. 1 検討概要

ニューガラス分野のロードマップ作成にあたっては、ガラスに関する幅広い分野の知見が必要不可欠であり、短期間で効率的かつ有益なロードマップとするため、有識者(19名)からなる「ニューガラス分野ロードマップ作成のための委員会」を設置し、電子メール等を活用したバーチャルな形式で、ロードマップの作成を素案作成の段階から数回にわたって行い、最終的なロードマップとしてとりまとめた。

○ 検討内容

- 技術課題および研究テーマの抽出、整理
- 重要な開発課題・テーマの選定
- 技術に関する概要、キーワード等の整理
- 重要技術に関するロードマップの作成

○ 検討委員

氏名	所属・役職
安井 至	製品評価技術基盤機構 理事長
井上 博之	東京大学 生産技術研究所 教授
西井 準治	北海道大学 電子科学研究所 電子機能素子研究部門 教授
平尾 一之	京都大学 工学研究科 教授
三浦 清貴	京都大学 工学研究科 准教授
伊藤 節郎	旭硝子(株) 中央研究所 特別研究員
荒谷 眞一	セントラル硝子(株) 知的財産部 部長
西村 啓道	岡本硝子(株) 常勤監査役
松村 茂	(株)マグ 製造部 次長
小林 正明	日本電気硝子(株) 電気硝子技術情報センター 担当部長
新井 敦	岡本硝子(株) 商品開発センター 主幹研究員
谷上 嘉規	日本山村硝子(株) 専務取締役
蜂谷 洋一	HOYA(株) オプティクス事業部技術開発部材料開発課 マネージャー
新藤 和義	日本電気硝子(株) 技術部 担当部長
坂口 浩一	日本板硝子(株) コーポレート企画室 技術戦略担当 グループリーダー
木戸 一博	(株)ニコン コアテクノロジーセンター研究開発本部材料 要素技術研究所 所長
桑原 一也	住友電気工業(株) 光通信研究所 光材料機能応用研究部 主席
上杉 勝之	(社)ニューガラスフォーラム 専務理事
外池 正清	(社)ニューガラスフォーラム 研究開発部長

8. 2 導入シナリオ

1) ニューガラス分野の目標とその特長、将来実現する社会像

ガラスは硝子びん、レンズ、窓硝子、電球、ブラウン管、光ファイバー等の発明を通して、人間の生活そのものに変革をもたらしてきた材料であり、現在においても住宅・建築や情報通信の製品の多くに関わる重要な材料である。また、ガラスはリサイクル性にも優れており、環境調和性の高い材料でもある。

ガラスは大きく分けて板ガラスと機能性ガラスに大別される。板ガラス産業は典型的な装置産業であり、限られた企業により事業が展開されている。国内では3社(旭硝子、日本板硝子及びセントラル硝子)、国際的にも我が国企業を含め主要5社で世界市場(中国を除く)の6~7割を占める供給体制となっている。近年、太陽電池関連部材や住宅ビル等の冷暖房負荷を低減させるガラス等の開発や供給が進展しつつある。

機能性ガラスには、液晶ディスプレイ(Liquid Crystal Display、LCD)やプラズマディスプレイ(Plasma Display Panel、PDP)用の基板ガラス、パソコンなどのハードディスクドライブ用ガラス基板、光学機器用のレンズなどがあり、それぞれの分野に関する企業がその技術力を活かして、顧客から求められる素材の開発・生産を行っている。

我が国板ガラス産業は、技術・品質管理能力の面で世界最高水準にある。特に、平滑性に富んだもの、軽量化に対応した薄板ガラスなどの分野では高い競争力を有している。機能性ガラス産業も、我が国企業が高い技術力に支えられた優位性を背景に高いシェアを有する製品を保持している。

本分野では高い機能を持つガラス材料とその加工技術を開発することで、我が国の産業競争力強化を図る。またこれらの部材を用いた高機能な太陽電池等各種製品によって、資源やエネルギーの制約に対応するとともに、安心・安全な社会の実現を目指す。

2) 研究開発の取り組み

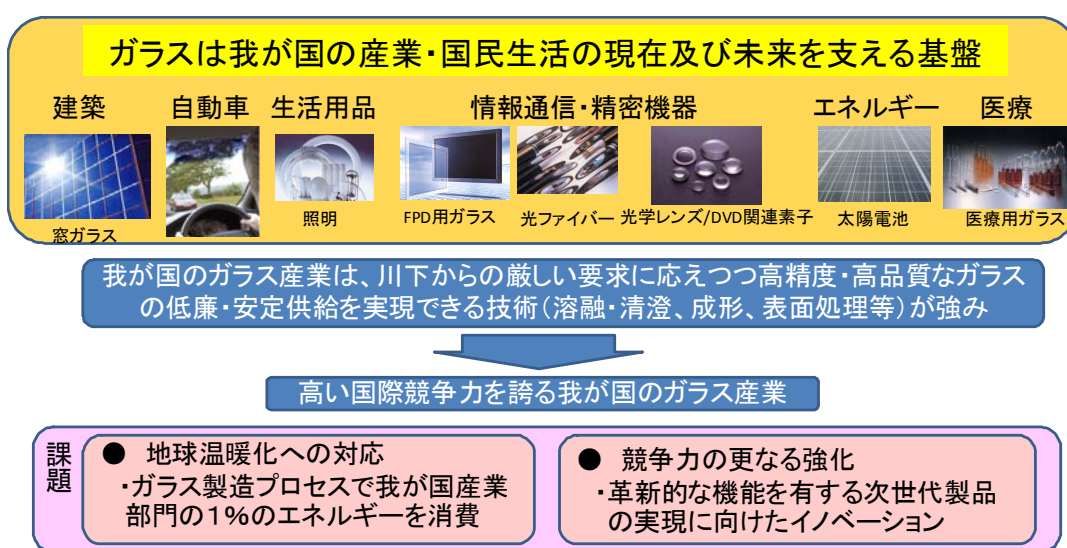
我が国板ガラス産業は、技術・品質管理能力の面で世界最高水準にある。特に、平滑性に富んだもの、軽量化に対応した薄板ガラスなどの分野では高い競争力を有している。機能性ガラス産業も、我が国企業が高い技術力に支えられた優位性を背景に高いシェアを有する製品を保持している。

板ガラス産業は、品質向上や高機能化のため、次々と新商品を生み出し市場を発展させてきた。今後の市場を展望すると、国内需要は建築需要の減少により低調に推移していくものの、BRICs やアジア地域など新興国では需要の拡大が見込まれている。また、地球環境問題やエネルギー問題に対する市場意識の高まりから、太陽電池用ガラスや複層ガラスの需要の伸びが見込まれる。さらに、安全・安心に対する市場意識の高まりから、防犯ガラス、防災ガラスの需要の伸びが見込まれている。

機能性ガラスのうち特にディスプレイ関連については、今後の需要の増加が見込まれる。その他の機能性ガラスについても、需要の変動はあるものの、すう勢としては着実に需要が拡大していくものと予想される。

これらの需要に応えるための研究開発の方向性としては、ガラス生産プロセスの改良、特に省エネルギー化と生産性向上、強度、軽量化、靱性の向上、導電性や太陽電池用高機能ガラス、冷暖房負荷を低減させるガラスに必要な光に関する諸機能の付与、ナノ加工技術、リサイクル性の向上などを上げることができる。

図表 8-1 ガラス産業の現状と課題



3) 関連施策の取り組み

今後、我が国板ガラス産業が競争力を維持するためには、市場ニーズを先取りした高機能・高付加価値製品の提供を進めるとともに、これを可能とする一段と高度な技術開発力・生産技術力を確保することが重要である。国内のみならず国際的な連携を含め研究開発の取組を一層強化し、ガラスの組成設計技術、表面処理技術、複合化技術、精密加工技術などで優位性を確保していくことが期待される。

ガラス分野に関連する施策としては、住宅の窓の断熱改修（ガラス交換、内窓設置、外窓設置）等を促進するために、住宅エコポイント制度の導入を行っている。また、省エネ・CO₂削減に寄与する製造プロセスの研究開発支援を行っている。

4) 海外での取り組み

米国では GMIC (Glass Manufacturing Industry Council) とリーハイ (Lehigh) 大学、ペンシルベニア州立 (Penn State) 大学を中心に NSF (National Science Foundation) の援助により 2004 年に設立された IMI-NFG (International Materials Institute for New Functionality in Glass) が、将来のテクノロジーから人材育成まで、ガラス産業界の将来を見据えた幅広い活動を行っている。IMI-NFG では、世界 32 カ国にわたるガラスのグローバルネットワークも構築しており国際交流も盛んである。

また、米国カリフォルニア州では、州内で販売される新車に対し、太陽光線の熱線を反射・吸収する窓ガラスの使用を義務づける規制を採択しており、今後、ガラス製造に際してさまざまな新技術が導入されるものと予想されている。

欧州では、各国の主要なガラス関連企業と研究機関により運営されている EFONGA (European Forum on New Glass Applications) が、ICG (International Commission on Glass) の EU グループと連携して次世代ガラス産業に必要な技術開発 (ナノ構造材料や標準化) に取り組んでいる。

8. 3 技術マップ

1) 技術マップ

ガラス関連分野の研究開発の方向性として、以下の区分ごとに整理し、技術課題、必要な基礎研究、代表的な出口製品等について示した。

- 次世代プロセス技術・生産性向上
- 新材料・新機能・新商品
- 環境

2) 重要技術の考え方

各技術項目について、「(A) 2015 年までに実現する必要がある、企業が早急に取り上げるべき課題群」、「(B) 2020 年までに実現する必要がある、産学官の総力を挙げて早急に取り上げるべき課題群」、「(C) 長期的見地から必要であり直ちに基礎的な研究から開始すべき課題群」の観点からの評価を行い、今後の技術開発において重要な研究課題となる項目を重要技術として選定した。

※技術マップは、METI/NEDO の技術戦略マップ関連のウェブサイト参照。

8. 4 技術ロードマップ

技術ロードマップについては、前述の技術マップから重要技術として選定されたものについて、各重要技術の年次展開を、目標とすべきマイルストーンと共に時間軸上に表示している。

※技術ロードマップは、METI/NEDOの技術戦略マップ関連のウェブサイト参照。

ZEB・ZEHサブシート（高断熱・高気密技術、パッシブ技術）

技術概要

「受動的空調技術」とも呼ばれており、より少ないエネルギーで空調を行うことができる。冬季の高断熱・高気密、パッシブ利用や、夏季の遮蔽、自動調光により、冷暖房負荷を低減させる。

家庭及び業務のエネルギー消費量の3割近くは冷暖房のエネルギー消費量であり、高効率化によるポテンシャルは大きい。

①高断熱・高気密

特に住宅での高断熱技術の普及が遅れており、住宅へのインパクトは大きい。すべての住宅・建築物が対象となり市場が大きい。

②パッシブ

冬季昼間の太陽光を居室に取り入れ暖房に有効に活用することや、躯体を蓄熱体として利用した輻射熱暖房を行うなど、自然光を利用し、エネルギー消費が殆ど伴わない空調方式である。また、照明に関するエネルギー削減効果により、空調負荷の低減にもつながる。

技術開発動向

①高断熱・高気密

現在、国家プロジェクトによりマルチセラミックス膜とノンフロン系断熱材の材料研究がおこなわれている。

民間では、住宅メーカー、ゼネコン、建材メーカー、素材メーカーで研究開発が行われている。

高断熱化のための真空断熱材、セラミック膜といった技術や、遮光のための自動調光ガラス、これらに伴う施工技術などが主な技術課題である。

②パッシブ

住宅メーカー、ゼネコン、設計会社にて研究開発が行われている。

高機能蓄熱技術や、自動協調換気制御、躯体利用輻射空調、自然光を取り入れるための設計技術などが技術課題となっている。

技術開発の進め方

2013年～

- ・実用化に近い開発は民間主導の開発に移行。
- ・実証研究などでは国が支援
- ・長期的な開発は製品化に向けた研究開発を継続して国が支援

2018年～

- ・比較的長期的な開発が民間主導の開発に移行。
- ・実証研究などでは国が支援

波及効果

住宅や建築物の設計思想に影響することや、躯体の建材そのものが技術であることなどから、新築時や大規模リフォーム時の導入が現実的であるため、市場が大きい。市場全体が入れ替わるまでには相応の時間を要する。

ただし、この「高断熱・高気密・パッシブ技術」に関しては、設計、施工、運用やこれらに関わる物流など、技術に関わるステークホルダーが多く、一定の雇用が確保できる。

また、すでに一部の住宅メーカーやゼネコンなどは海外に目を向けたマーケティングを検討しているように、海外での適用も充分可能である。

ZEB・ZEH サブシート（高断熱・高遮熱・高気密技術、パッシブ技術）

技術概要

ZEB・ZEHの実現普及に向けては、冬季の高断熱・高気密化、夏季の日射遮蔽、自動調光などパッシブ技術の活用により、空調や照明のエネルギー消費量の削減を図ることが重要である。

家庭及び業務部門におけるエネルギー消費量の3割近くは空調用であり、パッシブ技術の導入による削減ポテンシャルは大きい。特に寒冷地を除く業務用建物では、冷房負荷の低減（東西面の日射遮蔽及び自然採光など）が重要である。

①高断熱・高遮熱・高気密

すべての住宅・建築物が対象となり市場規模が大きい。特に住宅での高断熱技術の普及が遅れており、住宅への普及による効果が期待される。

②パッシブ

冬季昼間の太陽光を居室に取り入れ暖房に有効に活用することや、躯体を蓄熱体として利用した輻射熱暖房を行うなど、自然光を利用し、エネルギー消費が殆ど伴わない空調方式である。また、照明に関するエネルギー削減効果により、空調負荷の低減にもつながる。

技術開発動向

① 高断熱・高遮熱・高気密

国家プロジェクトとして真空断熱材の開発やマルチセラミックス膜とノンフロン系断熱材の開発が実施され、一定の成果をあげている。引き続き、民間では、住宅メーカー、ゼネコン、建材メーカー、素材メーカーなどを中心として実用化に向けた検討が行われているほか、新規材料等を用いた更なる高機能化も検討されている。

高断熱化のための真空断熱材、セラミック膜といった技術や、遮光のための自動調光ガラス、これらに伴う施工技術などが主な技術課題である。

高反射塗料、日射遮蔽・反射フィルムは早期の標準化が必要である。

新築のみならず改修にも対応可能な簡易施工システムの開発や低コスト化が重要である。

②パッシブ技術

住宅メーカー、ゼネコン、設計会社にて研究開発が行われており、外壁デザインと環境性能の総合的なエンジニアリングが重要である。

高機能蓄熱技術や、自動協調換気制御、躯体利用輻射空調、自然光を取り入れるための設計技術などが技術課題となっている。特に自然換気については、音や埃の侵入、換気の不足などの問題はあつたものの、動力が不要でありBCPの観点からもその性能の向上が求められている。

技術開発の進め方・その他留意点

①高断熱・高遮熱・高気密

断熱技術・遮熱技術・蓄熱技術に共通の課題として、新規の材料開発が必須であり、国家プロジェクトとして次のような事業が進められている。特に後者については、応用分野が広く、高い省エネルギー効果が見込まれる。

○太陽熱エネルギー活用型住宅の技術開発(H23～28fy)

・高性能断熱材や高機能パッシブ蓄熱建材の開発を実施

○未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発(H27～34fy)

・透明性、遮熱性及び電波透過性等を兼ね備えた住宅・ビル窓用の材料や調光ガラスの開発

・建築物用壁材に使用可能な高耐久性遮熱コーティング材料などの創成

・ビル空調に利用可能な高蓄熱密度及び長期安定性を有する蓄熱材料の開発

②パッシブ技術

自然換気や昼光利用などのパッシブ技術の導入を促進するためには、空調システムや照明システム全体の中での設計手法の開発とともに、省エネルギー効果を共通化されたルールの下で定量化する評価手法の開発が必要である。

波及効果

住宅や建築物の設計思想に影響することや、躯体の建材そのものが技術であることなどから、新築時や大規模リフォーム時の導入が現実的であるため、市場が大きい。市場全体が入れ替わるまでには相応の時間を要する。

ただし、この「高断熱・高気密・パッシブ技術」に関しては、設計、施工、運用やこれらに関わる物流など、技術に関わるステークホルダーが多く、一定の雇用が確保できる。

また、すでに一部の住宅メーカーやゼネコンなどは海外に目を向けたマーケティングを検討しているように、海外での適用も充分可能である。