

ZEH対応も踏まえた枠組壁工法住宅の 高性能外皮・空調システムに関する開発

Development of High-Performance Envelope and Air Conditioning System for Wood Frame Construction Houses Include Zero Energy Houses

北谷 幸恵¹⁾、下ノ薗 慧²⁾、飯泉 元気³⁾、遠藤 卓⁴⁾、糸毛 治¹⁾

Yukie Kitadani¹⁾, Kei Shimonosono²⁾, Genki Iizumi³⁾, Suguru Endo⁴⁾, Osamu Itoge¹⁾

村上 知徳⁵⁾ 今福 昌克⁵⁾ 永井 渉⁵⁾ 市川 真梨恵⁵⁾

Tomonori Murakami⁵⁾ Masakatsu Imafuku⁵⁾ Wataru Nagai⁵⁾ Marie Ichikawa⁵⁾

地方独立行政法人北海道立総合研究機構

建築研究本部

北方建築総合研究所

Northern Regional Building Research Institute

Building Research Department

Local Independent Administrative Agency Hokkaido Research Organization

三井ホーム株式会社

Mitsui Home Co.,Ltd.

¹⁾建築研究部建築システムグループ主査 ²⁾ 地域研究部環境防災グループ研究職員 ³⁾ 建築研究部建築システムグループ研究職員

⁴⁾ 建築性能試験センター安全性能部評価試験課主任 ⁵⁾ 三井ホーム株式会社

¹⁾ Chief of Building Engineering System Group ²⁾ Researcher of Disaster Prevention and Environment Group ³⁾ Researcher of Building Engineering System Group ⁴⁾ Researcher of Performance Testing and Evaluation Section, Building Performance Testing Center ⁵⁾ Mitsui Home Co.,Ltd. Research & Development Group, Technology Research Institute

概要 Abstract

ZEH 対応も踏まえた枠組壁工法住宅の高性能外皮・空調システムに関する開発 Development of High-Performance Envelope and Air Conditioning System for Wood Frame Construction Houses Include Zero Energy Houses

北谷 幸恵¹⁾、下ノ菌 慧²⁾、飯泉 元気³⁾、遠藤 卓⁴⁾、糸毛 治¹⁾
Yukie Kitadani¹⁾, Kei Shimonosono²⁾, Genki Iizumi³⁾, Suguru Endo⁴⁾, Osamu Itoge¹⁾
村上 知徳⁵⁾ 今福 昌克⁵⁾ 永井 渉⁵⁾ 市川 真梨恵⁵⁾
Tomonori Murakami⁵⁾ Masakatsu Imafuku⁵⁾ Wataru Nagai⁵⁾ Marie Ichikawa⁵⁾

キーワード : 住宅、断熱、暖房、冷房、太陽光発電

Keywords : houses, Thermal insulation, Heating, Cooling, photovoltaic power generation

1. 研究概要

1) 研究の背景

住宅の省エネルギー化のため、国では省エネ基準適合義務化のみならず、より高性能な ZEH¹⁾の定着を目指す等、関連施策を進めている。民間においても HEAT20²⁾が外皮性能の誘導水準を自主的に提示している事例がある。

こうした省エネルギー住宅を普及定着させるには、EB³⁾と NEB⁴⁾の両立が必要である。EB については、高性能な外皮を有することで暖冷房負荷は低減する。しかし、低負荷な住宅では、暖冷房の熱源の部分負荷効率の低下や、搬送動力を含む空調システム全体の効率低下が生じることがある。低負荷な住宅において高効率に稼働する空調システムが必要である。NEB については、冬期の非居室の室温向上等の居住環境改善が求められる。これらを実現するには、高性能外皮と低負荷型の高効率空調設備が一体となったシステムが必要である。

2) 研究の目的

本研究は枠組壁工法の戸建住宅を対象に、ZEH や様々な誘導水準への対応も視野に入れ、EB・NEB、費用対効果を考慮し、実用性に優れた高性能外皮・低負荷型空調システムの開発を主な目的とする。

2. 研究内容

1) 高性能外皮・空調システムの開発の前提条件の検討 (H28~29 年度)

- ・ねらい：高性能外皮については各種性能（断熱、気密、防露、夏期日射遮蔽、防耐火）とイニシャルコストの検討を行い、低負荷型空調システムについては、長期的なエネルギー効率の確保に配慮し、実現可能な前提条件を設定する。
- ・試験項目等：既往研究調査、エネルギー・温熱環境解析、壁体温湿度・含水率解析、外壁の防耐火試験

¹⁾北方建築総合研究所建築研究部建築システムグループ主査
北方建築総合研究所建築研究部建築システムグループ研究職員

²⁾北方建築総合研究所地域研究部環境防災グループ研究職員
⁴⁾建築性能試験センター安全性部評価試験課主任

³⁾北

⁵⁾三井ホーム株式会社

¹⁾ Chief of Building Engineering System Group, Northern Regional Building Research Institute ²⁾ Researcher of Disaster Prevention and Environment Group, Northern Regional Building Research Institute ³⁾ Researcher of Building Engineering System Group, Northern Regional Building Research Institute ⁴⁾ Researcher of Performance Testing and Evaluation Section, Building Performance Testing Center ⁵⁾ Mitsui Home Co.,Ltd. Research & Development Group, Technology Research Institute

2) 低負荷型空調システムの技術的課題整理と開発目標の提示 (H28~29 年度)

- ・ねらい：1) で設定する前提条件への対応とイニシャルコストを考慮して、低負荷型空調システムの開発上の技術的課題を明確化し、実用化に向けた開発目標 (空調容量・機器効率・制御、熱分配方式等) を明らかにする。
- ・試験項目等：シミュレーション解析、実大実験

3) 高性能外皮・空調システムの技術検討・提案 (H29~30 年度)

- ・ねらい：2) で示した技術的課題に対応する検討を行い、高性能外皮・低負荷型空調システムを提案する。省エネ基準評価 web プログラムとは異なる TCOP の特性を考慮した計算方法を示し、一次エネルギー消費量を評価する。本システムを用いた住宅における ZEH 対応方法を示す。
- ・試験項目等：シミュレーション解析、実大実験

3. 研究成果

1) 高性能外皮・空調システムの開発の前提条件の検討 (H28~29 年度)

- ・高性能外皮の前提条件として、既往の水準を満たす外皮平均熱貫流率を設定した (表 1)。イニシャルコストをふまえ、前提条件を達成する部位別の仕様を決定した。外壁は 140 mm の充填断熱に 50 mm または 70mm の付加断熱、窓はハニカムスクリーン等により夏期日射熱取得量を低減し、相当隙間面積は 1[cm²/m²]以下とした。
- ・低負荷型空調システムの前提条件について検討を行い、部材 (熱源、換気等) 毎の交換を可能とし、換気と暖冷房で共用できる熱分配システムを有することとした。

2) 低負荷型空調システムの技術的課題整理と開発目標の提示 (H28~29 年度)

- ・技術的課題と開発目標を整理した (表 2)。技術的課題の 1 つであるトータルコストの増大に対応するため、ダクトのコストダウンを図るべきであることを示した。
- ・低負荷型空調システムの使用部材や熱・空気循環方法等を示すイメージを作成した。

3) 高性能外皮・空調システムの技術検討・提案 (H29~30 年度)

- ・低負荷型空調システムのエアハンドリングユニット内部の機器配置等について、室温温度差の抑制やエアコン COP の低下防止を図る方法を実験等から明らかにした。室内への吹き出し方法の工夫によりダクト長さを短縮して熱分配システムのイニシャルコストを低減できることを、CFD 解析等から明らかにした。
- ・高性能外皮と低負荷型空調システムを組み合わせたシステムを提案した (図 1)。本システムが開発目標を概ね達成することを示した。低負荷型空調システムの設計・施工時における注意点をまとめた。
- ・本システムを導入した住宅モデルを設定し、省エネルギー基準の 1~7 地域に位置する 7 地点を対象に、ZEH 対応のために必要となる太陽光発電の容量の試算結果を示した (図 2)。

< 具体的データ >

表 1 設定した高性能外皮の前提条件
(外皮平均熱貫流率[W/m²・K])

対応する既往の水準	地域区分						
	1	2	3	4	5	6	7
ZEH、G1 以上	0.34	0.34	0.34	0.46	0.48	0.56	0.56
ZEH+、G2 以上	0.28	0.28	0.28	0.34	0.34	0.46	0.46

表 2 空調の技術的課題と開発目標

技術的課題	<ul style="list-style-type: none"> ・熱源 (エアコン) の COP の低下 ・送風ファンによる動力の増大 ・トータルコストの増大
開発目標	<ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー効率 (TCOP) はエアコン同等程度 ・トータルコスト (イニシャル、メンテナンス、電力料金、機器更新) がエアコン同等以下

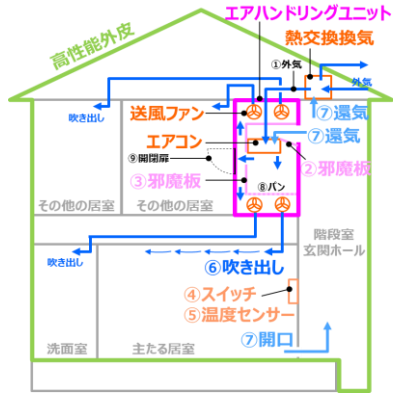
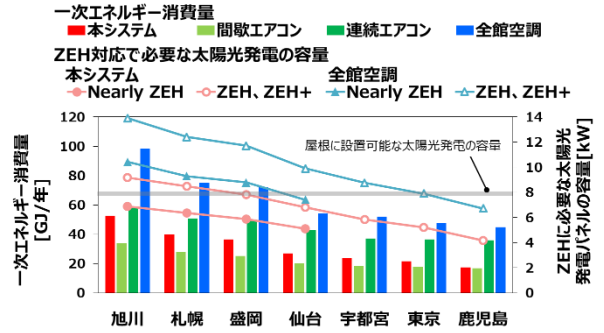


図1 高断熱外皮・低負荷型空調システムの概要



※送風ファンの動力は全地点で一律としたが、旭川と札幌では外気温-10℃以下の場合にファン動力が増加する可能性がある。

図2 一次エネルギー消費量と太陽光発電容量

4. 今後の見通し

- ・高性能外皮・空調システムについては、2019年度に共同研究機関が実住宅に導入し、その住宅での検証を経て、本格的な販売を行う予定である。
- ・3. 3) に記した室内への吹き出し方法については、共同研究機関の主要販売地域を考慮して、外気温-10℃の場合の検討を行った。寒冷地で実用化していく場合は、外気温がより低い場合の検討を要する。
(-10℃は、旭川で95%、札幌で99%の年間での日時をカバー)

- 1)ZEH : Zero Energy House の略。本研究における定義は、ZEH が環境省の ZEH 等による低炭素化促進事業、ZEH+が経産省の ZEH+実証事業による。
- 2)HEAT20 : 2020 年を見据えた住宅の高断熱化技術開発委員会。2015 年 3 月・12 月、全国を対象に外皮誘導性能水準 G1・G2 グレードを公開した。
- 3)EB : Energy Benefit の略。
- 4)NEB : Non Energy Benefit の略。

目 次

1. 研究の背景と目的	1
(1) 背景.....	1
(2) 目的.....	1
2. 研究内容	1
(1) 高性能外皮・空調システムの開発の前提条件の検討	1
(2) 低負荷型空調システムの技術的課題、開発目標の提示.....	1
(3) 高性能外皮・空調システムの技術検討と提案	1
3. 本研究で用いる住宅の計算モデル	1
4. 高性能外皮・空調システムの開発の前提条件の検討	1
(1) 高性能外皮の前提条件の検討.....	1
(2) 低負荷型空調システムの開発の前提条件の設定.....	4
5. 低負荷型空調システムの技術的課題、開発目標の提示	4
(1) 低負荷型空調システムのイメージの作成	4
(2) 比較対象とする空調システムの設定.....	6
(3) 技術的課題の検討.....	6
(4) 開発目標の設定	7
6. 高性能外皮・空調システムの技術検討と提案	7
(1) 技術検討	7
(2) 高性能外皮・空調システムの提案	10
(3) 高性能外皮・空調システムの評価	12
(4) ZEH 対応のための太陽光発電の容量の試算	13
7. まとめ.....	14

1. 研究の背景と目的

(1) 背景

住宅の省エネルギー化のため、国では省エネ基準適合義務化のみならず、より高性能な ZEH^{注1)}の定着を目指す等、関連施策を進めている。民間においても HEAT20^{注2)}が外皮性能の誘導水準を自主的に提示している事例がある。

こうした省エネルギー住宅を普及定着させるには、EB^{注3)}と NEB^{注4)}の両立が必要である。EBについては、高性能な外皮を有することで暖冷房負荷は低減する。しかし、低負荷な住宅では、暖冷房の熱源の部分負荷効率の低下や、搬送動力を含む空調システム全体の効率低下が生じることがある。低負荷な住宅において高効率に稼働する空調システムが必要である。NEBについては、冬期の非居室の室温向上等の居住環境改善が求められる。これらを実現するには、高性能外皮と低負荷型の高効率空調設備が一体となったシステムが必要である。

(2) 目的

本研究は枠組壁工法の戸建住宅を対象に、ZEHや様々な誘導水準への対応も視野に入れ、EB・NEB、費用対効果を考慮し、実用性に優れた高性能外皮・低負荷型空調システムの開発を主な目的とする。

2. 研究内容

本研究の内容を(1)～(3)に記す。

(1) 高性能外皮・空調システムの開発の前提条件の検討

- ・高性能外皮について、外壁の耐火性能、窓の日射遮蔽の性能、気密性能に関する検討およびイニシャルコストの試算を行い、実現可能な前提条件を設定する。
- ・低負荷型空調システムについて、長期的なエネルギー効率の確保に配慮し、開発の前提条件を設定する。

この内容は、4.にて報告する。

(2) 低負荷型空調システムの技術的課題、開発目標の提示

- ・低負荷型空調システムの使用部材や熱・空気搬送方法のイメージを作成する。
- ・イニシャルコストを考慮して、低負荷型空調シ

ステムを開発するうえでの技術的課題を示す。

- ・開発目標を示す。

この内容は、5.にて報告する。

(3) 高性能外皮・空調システムの技術検討と提案

- ・低負荷型空調システムについて、開発目標を踏まえた技術検討を行う。
- ・高性能外皮・低負荷型空調システムを提案する。
- ・開発目標の達成状況、一次エネルギー消費量、暖房期における非居室の室温について評価する。
- ・高性能外皮・低負荷型空調システムを用いた住宅が ZEH に対応する際に必要となる太陽光発電の容量を試算する。

この内容は、6.にて報告する。

3. 本研究で用いる住宅の計算モデル

図1にコスト、一次エネルギー消費量、室温等の計算で用いるモデルの平面図を示す。延べ床面積は139.94m²である。

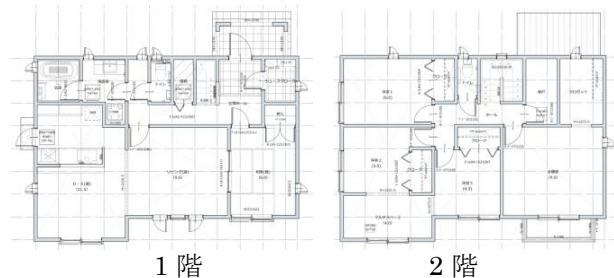


図1 住宅の計算モデルの平面図

4. 高性能外皮・空調システムの開発の前提条件の検討

(1) 高性能外皮の前提条件の検討

1) 外壁の耐火性能の検討

① 目的

外壁の高断熱化手法として発泡プラスチック保温板の付加断熱の設置が考えられる。しかし、告示仕様ではこうした付加断熱のある壁体に対応できず、大臣認定の取得が必須となる。そのため、準耐火構造の大臣認定を取得できる壁体構成を明らかにする。

② 検討方法

検討は外壁の試験体を用いた防耐火試験による。

③ 外壁の試験体の概要

図2に試験体の平断面図を示す。表1に試験体と防耐火試験の概要を示す。試験体は4体とした。付加断熱の厚みを2種、石膏ボードの種類を2種設定した。

④試験方法

試験は（地独）北海道立総合研究機構 建築研究本部の壁炉を用いて実施した。柱に長期許容応力度に相当する荷重を载荷しながら、ISO834 標準加熱曲線に合うように加熱を行った。試験は屋外加熱と屋内加熱の両方を行った。

⑤試験結果

表 1 中に示すとおり、試験体 1、2、4 では 60 分間の試験で遮熱性を喪失しなかった。試験体 3 は遮熱性を喪失した。これは試験途中で外装材が脱落したことが影響している。試験体 3 と 4 の比較からわかるとおり、加熱性断熱材（付加断熱）が厚い方が脱落は生じやすい。そのため、外装材の止付け方法の改良が必要と考えられる。

⑥結果を踏まえた方針

仕様の改良は必要だが、準耐火構造への技術的対応は可能であると推測された。このことから、付加断熱を採用する方針で以降の検討を進めることとした。

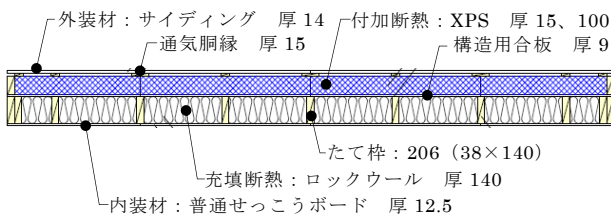


図 2 試験体の平断面図

表 1 試験体と防耐火試験の概要

	試験体 1	試験体 2	試験体 3	試験体 4
充填断熱	140mm	140mm	140mm	140mm
付加断熱	100mm	100mm	100mm	15mm
石膏ボード	普通	強化	普通	普通
加熱	屋内側	屋内側	屋外側	屋外側
実験結果	60 分クリア	60 分クリア	59 分 23 秒で遮熱性喪失	60 分クリア

2) 窓の日射遮蔽性能の検討

①目的

冷房負荷の低減には日射遮蔽が有効である。しかし、日射遮蔽の効果が明らかな既存手法は限られている。そのため、日射遮蔽の効果を明らかにしたうえで、日射遮蔽手法を設定する。

②検討を行った日射遮蔽手法の概要

南の窓における既存手法として庇がある。しかし、室内から見たときにうっとうしさを感ずることがある。本研究では、うっとうしさを緩和のため

に庇に透光性（半透明乳白色）を持たせて日中の輝度を向上させた手法を検討対象とする。

東西の窓における日射遮蔽効果が高い既存手法として、窓の屋外側に設置するブラインドやシェードがある。しかし、特に外開き窓に適用する場合には電動化が必要で高額になる。本研究では、コストに配慮して窓の内側にハニカムスクリーンを設置する手法を検討対象とする。

③検討方法

検討は、一定条件下での日射熱取得量を把握するための実験室実験および日時等の条件が異なる場合の日射熱取得率を把握するための計算による。

④日射熱取得量に関する実験

a. 実験方法

実験では、ガラス面に対する日射のプロファイル角と日射熱取得量の関係式を導いた。実験には予めヒータを用いて内部発熱量と給排気温度差の関係を明らかにした断熱箱（図 3）を用いた。断熱箱内部に入射する日射を内部発熱とみなして給排気温度差を測定することで、日射によって得られる熱量（日射熱取得量）を求めた。

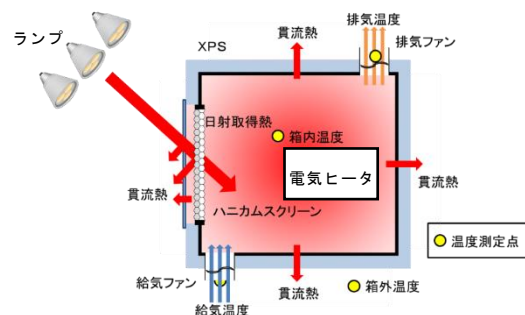


図 3 日射熱取得量の測定概要
（ハニカムスクリーンの例）

b. 実験結果

図 4 に日射熱取得量の測定結果および前述の関係式を示す。測定結果から、ハニカムスクリーンはプロファイル角が小さい（太陽高度が低い等）場合、半透明乳白色の庇はプロファイル角が大きい（太陽高度が高い）場合に日射遮蔽の効果が得られることが示された。各日射遮蔽部材は、②で設定した方位の窓に適していると言える。

⑤日射熱取得率に関する計算

a. 計算方法

計算は立地（省エネルギー基準の 1～7 地域に位置する 7 地点）、窓の方位、日射遮蔽部材、時刻（毎時）ごとに行った。計算には前述の関係式を用いた。ガラスや日射遮蔽部材によって減衰する

前の全日射熱量に対する減衰した後の日射熱取得量の比率を日射熱取得率とした。全日射熱量はプロファイル角が 0° の条件で得られたガラスのみの日射熱取得量とガラスの透過率から逆算して求めた。その他の角度ではコサインに比例すると仮定して幾何学的に算出した。

b. 計算結果

図 5 に計算結果の例を示す。日射遮蔽の部材を設置した場合に設置しない場合（ガラスのみ）よりも日射熱取得率が低減することを確認できる。

⑥結果を踏まえた方針

日射遮蔽の効果を得られることが確認されたことから、②に記した手法を採用する。日射熱取得率の計算結果は、6.(3)における暖冷房負荷等の計算に反映する。

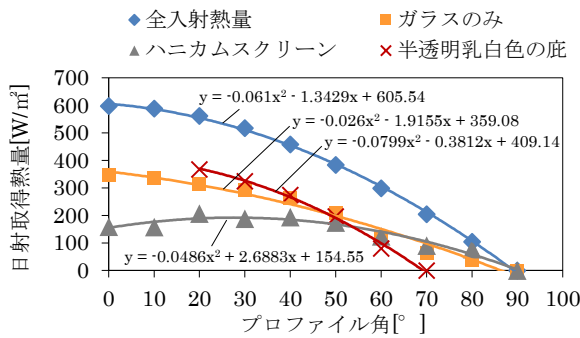


図 4 日射熱取得量の測定結果

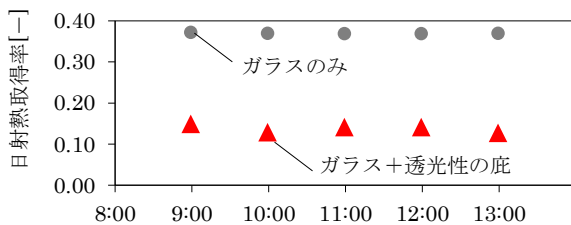


図 5 日射熱取得率の計算結果の例（南の窓に透光性の庇を設置した場合、東京、6月21日）

3) 気密性能の検討

①目的

高性能外皮の相当隙間面積を設定する。

②検討方法

検討は、隙間換気量の計算による。隙間換気量は、隙間換気が生じる場合における機械換気のみの場合と比較した換気量の増分とする。

③計算条件

計算には図 1 の住宅の計算モデルを用いる。計算方法は既往研究に基づく¹⁾。機械換気は第 1 種または第 3 種とする。機械換気量は換気回数 $0.5[\text{回}/\text{h}]$ に相当する $128[\text{m}^3/\text{h}]$ とする。屋内と外

気の温度差は $10\sim 30[^\circ\text{C}]$ とする。屋外の風の影響は無視する。

④計算結果

図 6 に計算結果を示す。第 1 種換気で相当隙間面積が $2[\text{cm}^2/\text{m}^2]$ の場合には、隙間換気量が $35\sim 70[\text{m}^3/\text{h}]$ 程度になった。機械換気と合わせた全体換気量は $163\sim 197[\text{m}^3/\text{h}]$ 程度である。これは機械換気の $128[\text{m}^3/\text{h}]$ を大きく上回る場合があり、全体換気量を制御できているとは言えない。相当隙間面積を $1[\text{cm}^2/\text{m}^2]$ 以下として、隙間換気の影響をなるべく抑えることが望まれる。第 3 種換気の場合には、相当隙間面積が $2[\text{cm}^2/\text{m}^2]$ 以下で、隙間換気量を $15[\text{m}^3/\text{h}]$ 程度以下になった。

⑤結果を踏まえた方針

後述 5.(1)にて機械換気に第 1 種を選択した。これを踏まえ、相当隙間面積は $1[\text{cm}^2/\text{m}^2]$ 以下とした。この性能を実現する手法は共同研究機関にて検討し、本研究では検討しないこととした。

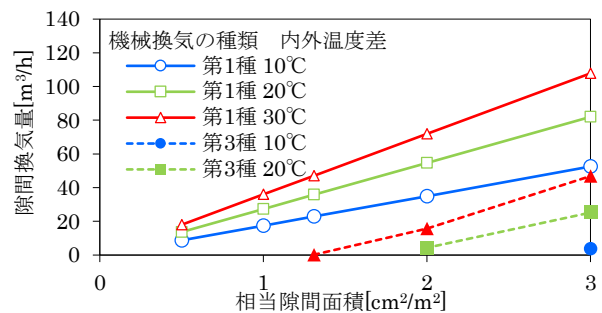


図 6 隙間換気量の計算結果

4) イニシャルコストの試算

①目的

外皮の高断熱化に伴うコストアップ額を試算により把握する。

②試算内容

試算には図 1 の住宅の計算モデルを用いる。コストアップ額は、共同研究機関における現行仕様と屋根、外壁、窓、床等の高断熱化を図った仕様の差額とする。現行仕様の外皮平均熱貫流率（以下「 U_A 値」と記す。）は $0.56[\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}]$ である。

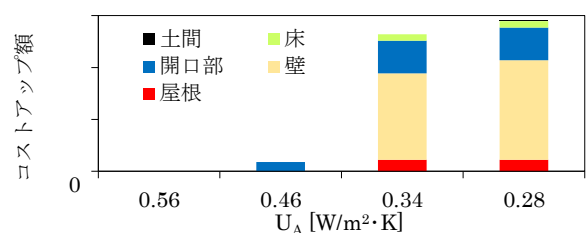


図 7 外皮のイニシャルコストの試算結果（本図では都合により金額は示さない）

③試算結果

図 7 に試算結果を示す。U_A 値 0.34 と 0.28 [W/m²・K]では、外壁に付加断熱を設置している。この場合のコストアップが大きいことが分かった。

5) 前提条件の設定

表 2 に示すとおり、前提条件として既往の水準を満たす U_A 値を設定した。これは、前述の外壁の準耐火構造への対応やイニシャルコストを踏まえ、実現可能と考えた条件である。

前提条件を達成する部位別の仕様を決定した。表 3 に部位別の熱貫流率を示す。外壁はロックウール 140[mm]の充填断熱に加え、U_A 値が 0.34 または 0.28[W/m²・K]の場合には押出法ポリスチレンフォーム 50 または 70[mm]の付加断熱を有する。付加断熱については、前項 4.(1)の 4)で示したとおりコストアップ額が大きい、高断熱化のために必要と判断し採用することとした。窓には 4.(1)の 2)に記した日射遮蔽手法を採用する。相当隙間面積は 1[cm²/m²]以下とする。

表 2 設定した高性能外皮の前提条件 (U_A 値[W/m²・K])

	対応する 既往の水準	地域区分						
		1	2	3	4	5	6	7
(1)	ZEH HEAT20 G1	0.34	0.34	0.34	0.46	0.48	0.56	0.56
(2)	ZEH+ HEAT20 G2	0.28	0.28	0.28	0.34	0.34	0.46	0.46

表 3 設定した部位別の熱貫流率

U _A 値[W/m ² ・K]		0.28	0.34	0.46	0.48	0.56
部位別の熱 貫流率 [W/m ² ・K]	屋根	0.18	0.18	0.31	0.31	0.31
	外壁	0.18	0.21	0.36	0.36	0.36
	床	0.36	0.36	0.36	0.36	0.45
	土間床	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64
	窓	1.00	1.00	1.60	1.60	2.33
	ドア	1.75	2.33	2.33	2.33	2.33

(2) 低負荷型空調システムの開発の前提条件の設定

前提条件の検討にあたっては、共同研究機関の現行仕様である全館空調の課題等を踏まえることとした。

全館空調の室内機には、ヒートポンプ、換気、送風ファン等の多くの部材が収められている。一

部の部材が故障した際には、交換する場合がある。しかし、導入できる部材は全館空調専用部材のみである。したがって、今後において各種部材の高効率化や高効率部材の低コスト化がなされても、導入できる部材は限られる。長期的エネルギー性能確保のためには、部材ごとの高効率機器への交換を可能とする必要がある。

全館空調ではダクトや室内への吹き出し口等からなる熱分配システムを換気と暖冷房で共用している。暖冷房負荷の大きな住宅において暖冷房の熱を空気で搬送すると、大風量となり室内で気流を感じやすくなる等の問題を生じる。しかし、暖冷房負荷が小さな住宅では、換気との共用化により設備と動力の無駄を省くことができる。この方法は低負荷型の住宅に適している。

以上を踏まえ、次の前提条件を設定した。

低負荷型空調システムは、部材（熱源、送風ファン、換気等）ごとの交換を可能とし、換気と暖冷房で共用できる熱分配システムを有する。

5. 低負荷型空調システムの技術的課題、開発目標の提示

(1) 低負荷型空調システムのイメージの作成

1) 本システム全体のイメージ

図 8 に示すとおり、使用部材や熱・空気搬送方法等のイメージを作成した。本システムでは、換気の取り入れ外気をエアハンドリングユニット（以下では「エアハン」と記す。）内に吹き出す。その空気をエアハン内に設置した熱源で加温する。送風ファンと熱分配システムを用いて居室等に送る。換気の排気およびエアハンへの還気については、非居室を経由させることでダクト等のコストダウンと非居室の冬期室温向上を図る。熱源、送風ファン、換気は別個の部材を交換のしやすさに配慮して設置する。

熱源、送風ファン、換気、熱分配システムの部材や手法の検討概要を以下に記す。

2) 熱源

高断熱化による暖房負荷低減を踏まえ、1 台の熱源で住宅全体の暖冷房負荷に対応する。図 9 に、新築時および機器更新時に導入する熱源として検討したものを示す。(a)はエアコンであり、暖房と冷房を担える。現行技術のなかでは、再生可能エネルギーと燃料電池を除けばエネルギー効率が高

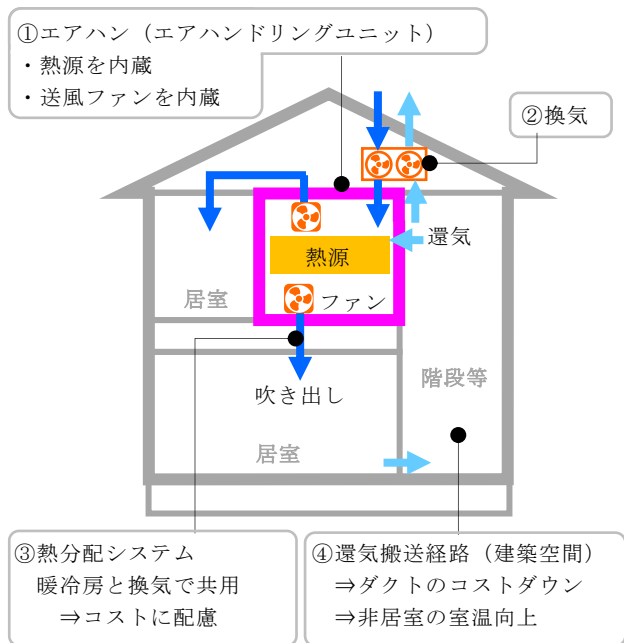


図 8 作成した低負荷型空調システムのイメージ

い方の機器である^{注6)}。(b)は給湯と熱源を共有できる。(c)は冷房時にエアハン内で生じる結露水の処理が必要となる。(c)と(d)は再生可能エネルギー、(d)は燃料電池の利用が期待される。これらについては、現時点ではコスト等の面で課題があるが、将来の機器改修時において導入の可能性がある。(b)と(d)は冷房を要する地域では別途クーラーが必要となる。本研究では、冷房がしやすく多くの地域で採用可能であることを踏まえ、(a)のエアコンを熱源とすることとした。

3) 送風ファン

設置台数は1部屋につき1台またはLDKのように大きな部屋では複数台とした。1台毎の風量調整を可能とし、空き部屋への送風量を低減することで世帯人数の変化等に対応する。後述6.(3)における計算では、空き部屋は無い条件とする。

4) 換気

図10に示す換気の3手法について比較検討を行った。

(e)第1種換気-全熱交換

浴室およびトイレに第3種換気を設置する。そのため、第1種換気における排気量が給気量を下回り温度交換効率が低下すると推測される。

(f)第1種換気-顕熱交換

第1種換気にトイレの換気を組み込み、排気量低下に起因する温度交換効率低下を抑制する。

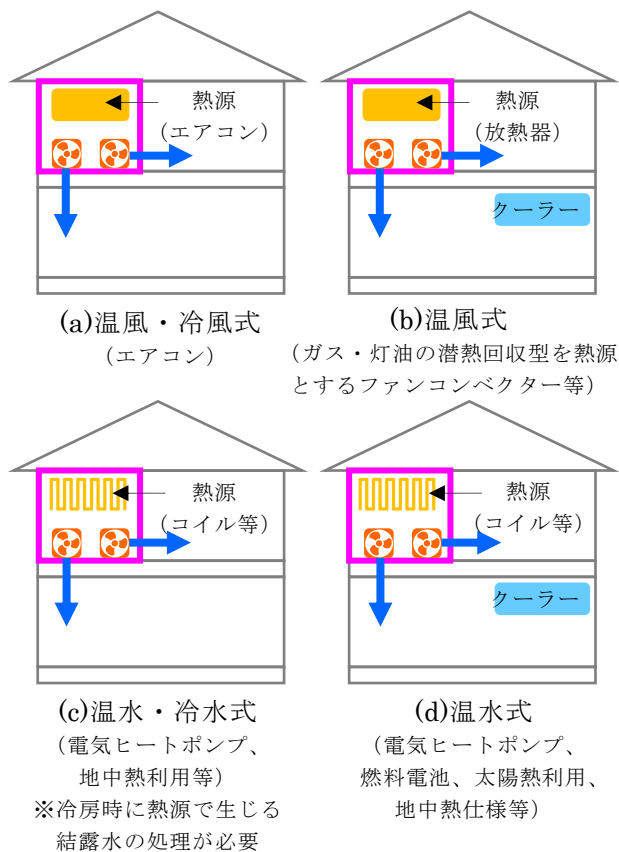


図 9 熱源の種類

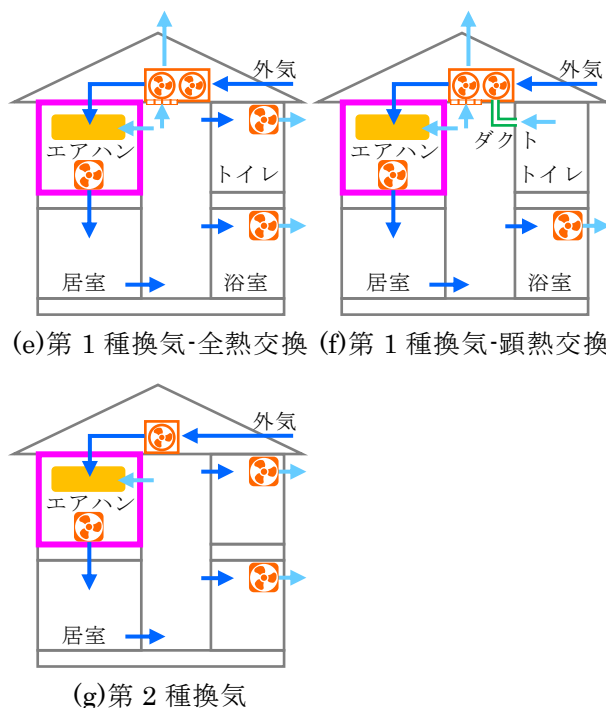


図 10 換気の種類

(g)第2種換気

換気設備のコストを低減できる。熱交換の効果は得られない。

本研究では、共同研究機関における実績を踏まえて(e)を採用した。

5) 熱分配システム

図 11 に示す熱分配システムの 3 手法について比較検討を行った。

(h)ダクト

ダクトを用いて送風する。

(i)チャンバー

1 階の天井懐をチャンバーとする方法や小屋裏にチャンバーを設置する方法がある。チャンバー下面(天井板)のガラリから室内に吹き出す。上記(h)よりもコストを低減できる可能性がある。住宅のプランに応じた設計が必要になる。

(j)床下暖房

床下等に暖房の温風を吹き込み、床面のガラリから室内に吹き出す。基礎断熱が条件となる。(h)よりもコストを低減できる可能性がある。冷房の冷風を吹き込むと床下で結露が生じる恐れがある。

本研究では(h)を採用した。これは住宅プランの影響が少なく、床断熱の住宅や暖房と冷房に利用できるためである。

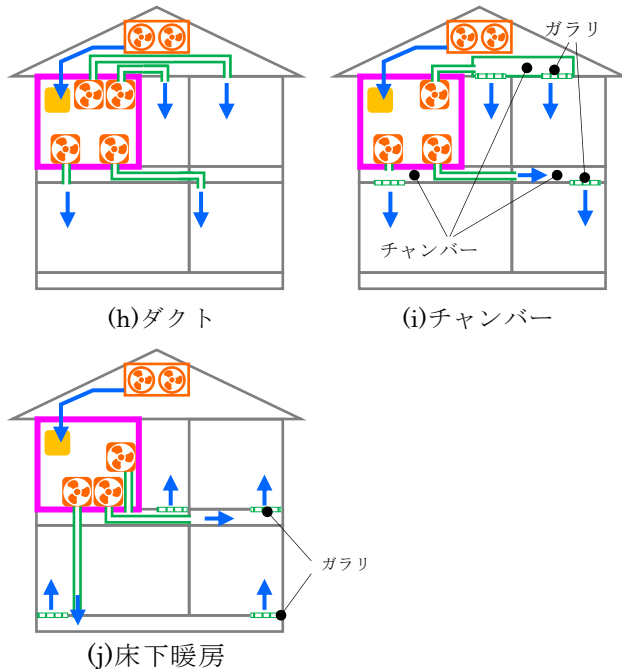


図 11 熱分配システムの種類

(2) 比較対象とする空調システムの設定

以降の検討で利用するため、本システムの比較対象として既存の空調システムを設定した。

表 4 に本システムおよび比較対象の空調システ

ムの概要を示す。間歇エアコンと連続エアコンは、熱源がエアコンである点が本システムと同じである。間歇エアコンは本州以南における一般的な運転方法である。比較対象のなかでは一次エネルギー消費量が最も少ない。連続エアコンは、使用する設備は間歇エアコンと同じだが、居室で連続運転する点が本システムに近い。全館空調は現行のシステムである。

式 1)~3)に本システムおよび比較対象の空調システムのエネルギー効率(以下では「TCOP」と記す。)の本研究における定義を示す。

表 4 本システムおよび比較対象とする空調システムの概要

	暖冷房の運転方法	
	居室	非居室
本システム	連続	洗面室：連続 玄関：加温
間歇エアコン	間歇	なし
連続エアコン	連続	なし
全館空調	連続	連続

間歇：居住者が滞在時のみ暖冷房
連続：常時暖冷房
間歇・連続エアコン：居室 1 部屋ごとにエアコン 1 台を設置する。換気は第 1 種全熱交換とする。

$$TCOP_1 = L / (A + V + F) \quad \dots \text{式 1)}$$

$$TCOP_2 = L / (A + V) \quad \dots \text{式 2)}$$

$$TCOP_3 = L / (Z) \quad \dots \text{式 3)}$$

$TCOP_1$ ：本システムの TCOP[-]

$TCOP_2$ ：間歇・連続エアコンの TCOP[-]

$TCOP_3$ ：全館空調の TCOP[-]

L ：供給熱量[W]

A ：エアコンの電力消費量[W]

V ：換気の電力消費量[W]

F ：送風ファンの電力消費量[W]

Z ：全館空調の電力消費量[W]

(3) 技術的課題の検討

5.(1)で示した本システムのイメージを踏まえると、次の技術的課題が挙げられる。

・熱源(エアコン)の COP の低下

エアコンを室内ではなくエアハン内に設置するため、通常よりも COP が低下する恐れがある。

・送風ファンによる動力の増大

送風ファンを用いることで TCOP が低下する恐れがある。

・トータルコストの増大

トータルコスト(イニシャルコスト、電力料金、メンテナンス費用、機器更新費用の合計)の増大が懸念される。図 12 にイニシャルコストの試算結果を示す。本システムは、特に熱分配システムのダクトが高額であることが課題である。

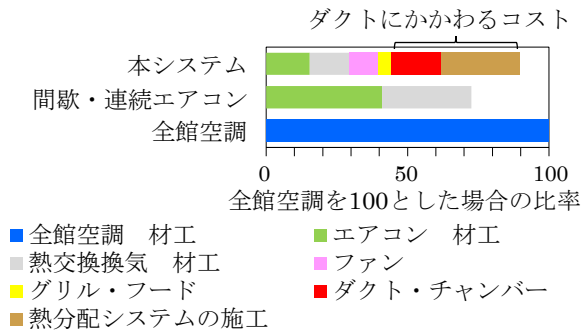


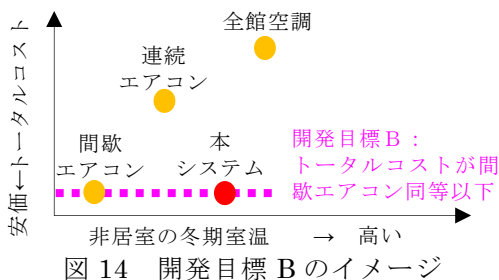
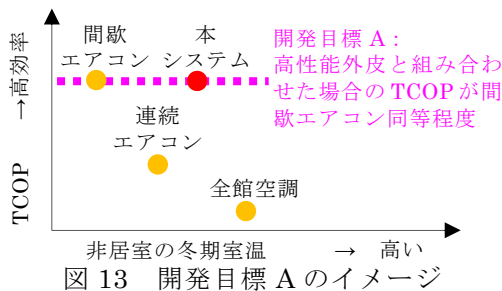
図 12 低負荷型空調システムのイニシャルコストの試算結果

(4) 開発目標の設定

技術的課題を踏まえ、次に記す開発目標を設定した。

- A. TCOP は間歇エアコン同等程度とする。
- B. トータルコストは間歇エアコン同等以下とする。

図 13 に開発目標 A のイメージ、図 14 に開発目標 B のイメージを示す。本システムは、冬期における非居室の加温を行うことで NEB に配慮しつつ、開発目標 A と B を達成する。



6. 高性能外皮・空調システムの技術検討と提案

(1) 技術検討

1) 室間温度差に着目したエアハン内の機器配置に関する検討

① 目的

エアハン内において送風ファンが 1 台ごとに温度が異なる空気を吸い込むことで、住宅内での室間温度差が助長されることが懸念される。そのため、エアハン内の機器配置について、室間温度差を抑制する方法を検討する。

② 検討の方法

検討は、エアハン内部の送風ファン近傍等の温度に関する熱流体解析(以下では「CFD 解析」と記す。)により行った。

③ 検討を行ったエアハンの概要

エアハンの寸法は、床面積 910×910、高さ 2450mm とした。搬送ファンは上部 4 台、下部 4 台の計 8 台設置した。エアコンの吹き出し空気が特定の搬送ファンに直接吹きかかることがないように機器配置を設定した。換気の取入れ外気は 133[m³/h]、空調の還気は 133[m³/h]、8 台の送風ファンの合計風量は 266[m³/h]とした。

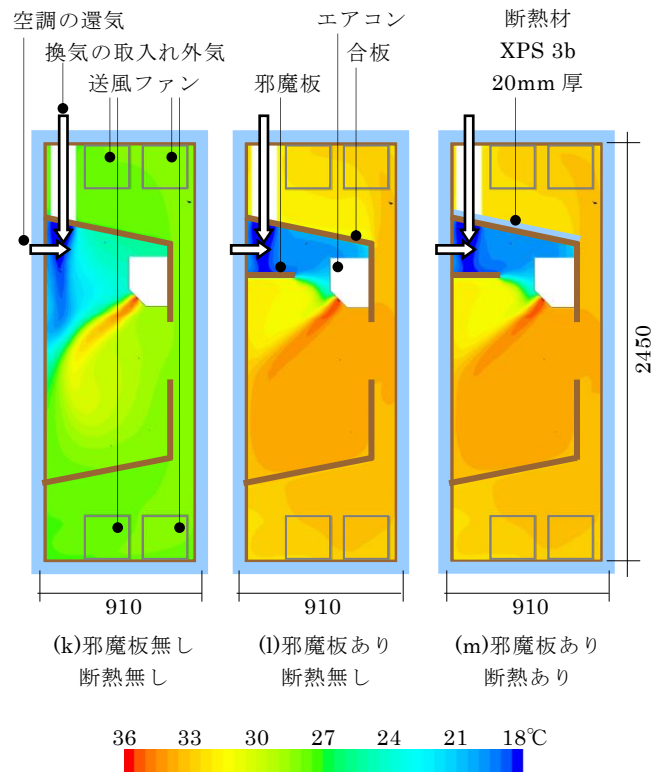


図 15 エアハン内の温度分布(縦断面、暖房)

④計算結果

図 15 に暖房の場合におけるエアハン内の温度分布の計算結果を示す。図(k)に示すとおり、邪魔板と断熱材が無い場合には、空調の還気と換気を取入れ外気がエアコンに吸い込まれず、加温されないまま送風ファンで吹き出されている。図(l)に示すとおり、邪魔板を設置すると換気を取入れ外気がエアコンに吸い込まれやすくなる。しかし、上部の送風ファンと下部の送風ファンの周辺温度が若干異なる。図(m)に示すとおり、断熱材を設置すると上部の送風ファン周辺の温度が上昇し、下部と上部の温度差が低減される。

⑤結果を踏まえた方針

図 15(m)の機器配置を暫定的に採用し、次項 2)の検討を行うこととした。

2) エアコンの COP 低下防止等に着目したエアハン内の機器配置等に関する検討

①目的

図 16 に示すとおり、エアコン周辺には隙間があり、エアハン内に導入した空調の還気や換気を取入れ外気の一部が流れるルートとなっている。隙間を完全にふさぐことは、圧力損失が大きくなり、風切音が生じることがあるためできない。予備実験からエアコンが吹き出した空気が隙間を通過して逆流しエアコンに再度吸い込まれると COP が低下することが分かった。こうした COP 低下を防止する方法を明らかにする。また、前項で検討した送風ファンの吸い込み空気温度差について検証する。

②検討方法

検討は、エアハンの実大試作機を用いた実験室実験による。

エアハン内部の機器配置は、図 15(m)で示した配置とした。写真 1 にエアハンの設置状況を示す。

実験では、隙間の面積と送風ファンの風量を複数設定した。エアハンの吸い込み空気および送風ファンの吸い込み空気温度と露点温度、送風ファンの風量、エアコンの電力消費量を測定した。

測定結果から COP を推定した。

実験方法および COP の計算方法は、JIS B8615-1:2013 の附属書 D「室内側空気エンタルピー試験法」を参考とした。JIS と異なるのは以下の点である。エアハン内にエアコン室内機を設置するため、室内機とその周辺機器の設置方法が異なる。実験室の都合により、室外機の吸込み空気の相対

湿度はなりゆきとなった。エアハンの吸い込み空気の温度と相対湿度は JIS に示される値に設定できない場合があった。

③隙間の面積に着目した実験

a. 実験条件

隙間の面積は 252 または 1102[cm²]とした。送風ファンの合計風量は 601~675[m³/h]とした。外気温(室外機周辺温度)は 2[°C]程度、エアハン吸い込み空気温度は 18[°C]程度とした。エアコンの吹き出し風量は「自動」に設定した。別途行った測定から最大で 500[m³/h]程度と推測される。

b. 実験結果

図 17 に実験結果を示す。COP は隙間が 1102[cm²]のときに 252[cm²]よりも低下した。

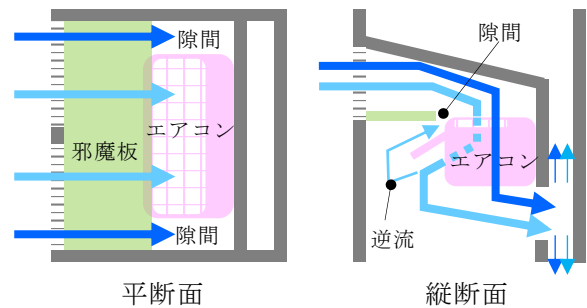


図 16 エアコン周辺の隙間

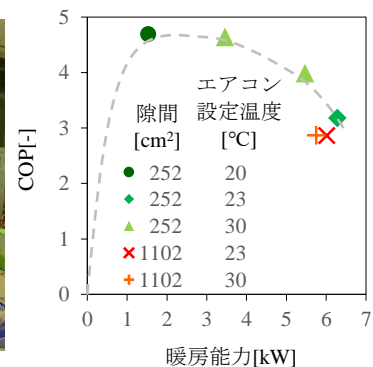


写真 1 エアハン

図 17 隙間の面積と COP

④送風ファンの風量に着目した実験

a. 実験条件

隙間の面積は 252[cm²]とした。送風ファンの風量は 211~2013[m³/h]とした。エアハンの吸い込み空気温度は 18[°C]程度、外気温-15、-7、2、7[°C]程度とした。エアコンの吹き出し風量は「自動」に設定した。

b. 実験結果

図 18 に実験結果を示す。図の横軸は、住宅の省

エネルギー基準の評価方法に基づく値を示す。これは解説書²⁾に示される計算方法を基に、実験で得た外気温、暖房能力、電力消費量等の値を用いて算出した。送風ファンの合計風量がエアコンの風量を上回る 600[m³/h]以上において、実験結果の COP は、省エネルギー基準の評価方法に基づく COP と同程度となった。

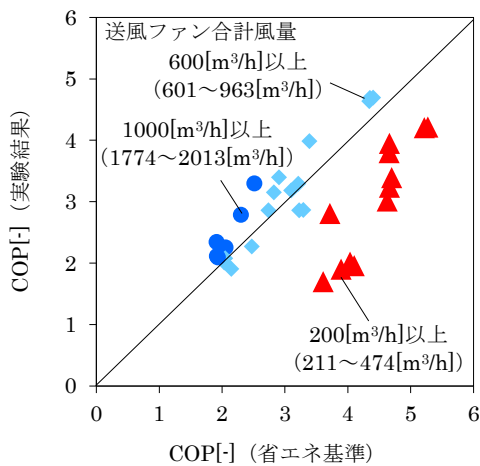


図 18 送風ファンの風量と COP

⑤ 室間温度差に着目した搬送ファンの吸い込み空気温度の確認

a. 目的

6.(1)の 1)では、空調の還気の風量を 133[m³/h]として室間温度差に関する検討を行った。しかし、本項の検討結果に基づき風量を増加させることになった。そのため、送風ファンの吸い込み空気温度を実測により確認する。

b. 実験条件

隙間の面積は 252[cm²]とした。送風ファンの合計風量は、エアコン風量を上回る 963[m³/h]とした。エアハン吸い込み空気温度は 18[°C]程度、外気温は 2[°C]程度とした。

c. 実験結果

送風ファンの吸い込み空気温度は 1 台ごとに異なり、1 時間平均値で見ると最小 41.2[°C]、最大 42.0 [°C]、温度差 0.8[°C]になった。風量を多くしても室間温度差に対する悪影響はないと考えられる。

⑥ 結果を踏まえた方針

送風ファンの風量をエアコン風量より多くし、隙間を小さくすることとした (252[cm²]程度)。また、6.(3)の電力消費量の計算では、エアコンの COP を省エネルギー基準の評価方法に基づく値

とする。

3) ダクト長さの短縮とファン動力低減に着目した室内への吹き出し方法に関する検討

① 目的

室内への吹き出し方法を工夫することでダクト長さを短縮し、イニシャルコストを低減する手法を検討する。

② 検討の方法

検討は、室内温度むらの抑制に着目した CFD 解析および実験住宅における実験により行った。

③ 検討対象とする吹き出し方法

検討した手法は下記の 3 種である。

- (n)天井付近で下向き吹出：これは従来手法であり、比較対象として設定する。部屋のペリメータゾーンの天井付近から下向きに吹き出す。
- (o)天井付近で水平吹出：インナーゾーンの天井付近から水平に吹き出す。コアンダ効果を利用する手法である。ペリメータゾーンから吹き出す(n)よりも、ダクト長さが短くなる。
- (p)床付近で水平吹出：インナーゾーンの床付近から水平に吹き出す。ペリメータゾーンから吹き出す(n)よりも、ダクト長さが短くなる。

④ CFD 解析

a. 計算条件

図 19 に CFD 解析のモデルを示す。これは図 1 に示した住宅の計算モデルの一部である。計算では、外気-10[°C]、U_A値 0.28[W/m²・K]、居間への吹き出しの熱量 749[W]とした。吹き出しの風量は 100、200、390[m³/h]とした。これは送風ファン 1 台あたりの風量にあたる。送風ファン 8 台の合計風量は、エアコン風量を下回らない。

b. 計算結果

図 20 と図 21 に室内温度分布の計算結果を示す。(o)と(p)は、(n)よりも上下温度むらが小さい。

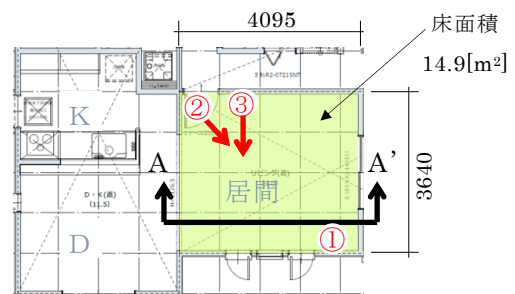


図 19 CFD 解析のモデル

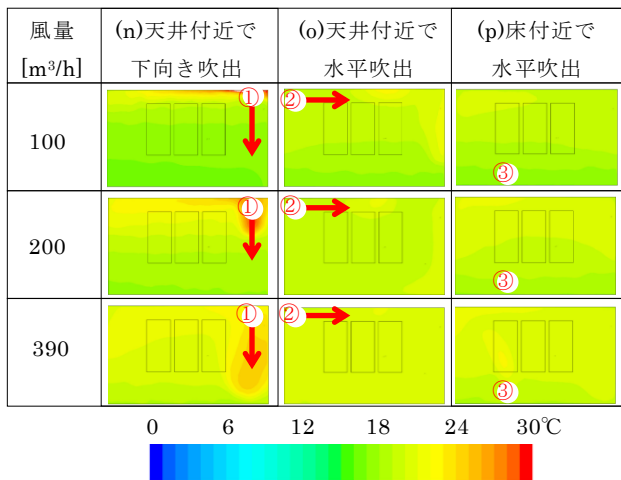


図 20 CFD 解析の結果（暖房）
（図 18 の A-A' 断面の位置）

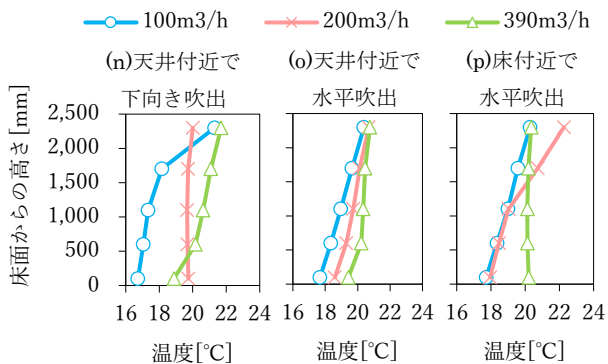


図 21 CFD 解析の結果（暖房・上下温度分布）

⑤ 実験住宅における実験

a. 実験条件

前述の手法(o)、(p)について検討した結果、吹き出し空気の気流が家具に阻害されにくい(o)について、上下温度むらの検証を行うこととした。

図 22 に実験を実施した部屋の平面図を示す。実験を行った部屋は、南、西、北側に窓がある。実験住宅の U_A 値は高性能外皮の前提条件のうち、6 地域の(1)の $0.56[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$ 程度に調整した。以上の条件は、実験住宅のプランおよび前提条件の範囲内において上下温度むらが生じやすい条件にしている。

実験は暖房期と冷房期に行った。

暖房期の実験は、なるべく外気温が低下する時期を選び、2019 年 2 月 22 日に行った。外気温は $0.9 \sim 4.3^\circ\text{C}$ であった。室内への吹き出し風量は $84 [\text{m}^3/\text{h}]$ とした。これは、CFD 解析で設定した $100 [\text{m}^3/\text{h}]$ になるべく近い風量を目標に設定したものである。

冷房期の実験は、2018 年 9 月 15 日に行った。

外気温は $26.3 \sim 30.7^\circ\text{C}$ であった。吹き出し風量は $40 [\text{m}^3/\text{h}]$ とした。本実験は 6.(1)の 2)の実験より先に実施したため、風量が少ない条件となっている。窓にカーテン等の日射を遮る部材を設置せずに実施した。

b. 暖房期の実験結果

図 23 に日射の無い時間帯における室温の測定結果を示す。ASHRAE Standard³⁾では床から $100[\text{mm}]$ と $1700[\text{mm}]$ の高さにおける温度差 3°C 以内が推奨されている。部屋中央における測定結果から、温度差は 3°C 前後であった。FL (床面) と CL (天井面) の温度差を見ると、南窓近傍において部屋中央や西窓近傍よりも大きい。これは吹き出し口の近傍では天井付近の温度が高くなるためである。

c. 冷房期の実験結果

図 24 に室温の測定結果を示す。FL (床面) 等において温度が上昇している時間があるのは、温度センサーに直達日射が入射したためである。部屋中央の床から $100[\text{mm}]$ と $1700[\text{mm}]$ の温度差は $1 \sim 3^\circ\text{C}$ 程度となった。上下温度むらの問題は無いと考えられる。

⑥ 結果を踏まえた方針

(o)の手法を採用することとした。ただし、暖房期における上下温度むらは小さいとは言えないため、今後における改良の余地がある。

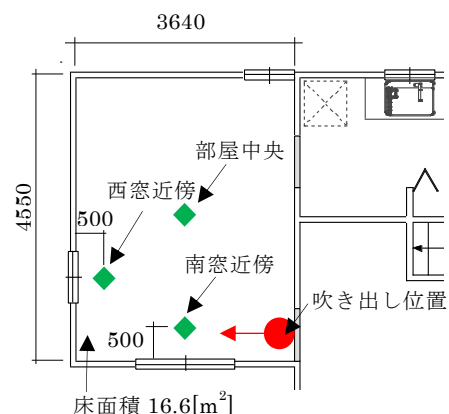


図 22 実験住宅の概要

(2) 高性能外皮・空調システムの提案

ここまでの検討を踏まえ、高性能外皮と低負荷型空調システムを組み合わせたシステムを提案した。その際、低負荷型空調システム的设计・施工時における注意点をまとめた。

図 25 に提案の概要を示す。

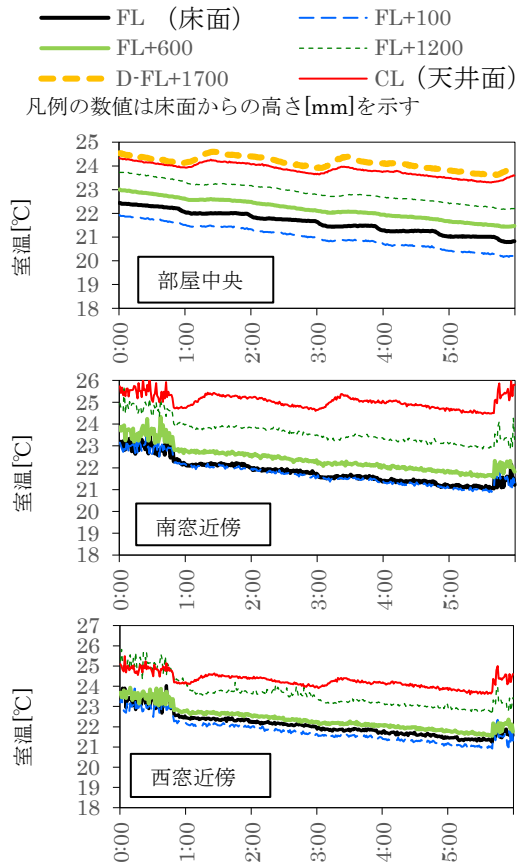


図 23 暖房期における実験結果

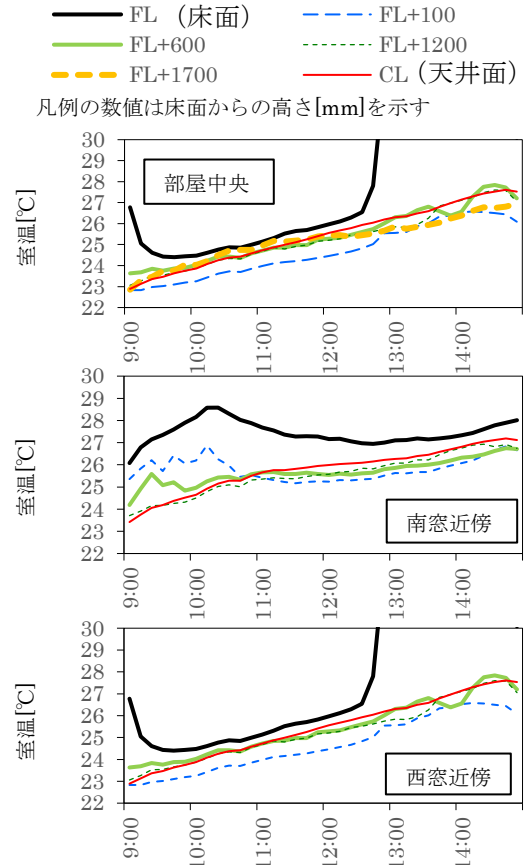


図 24 冷房期における実験結果

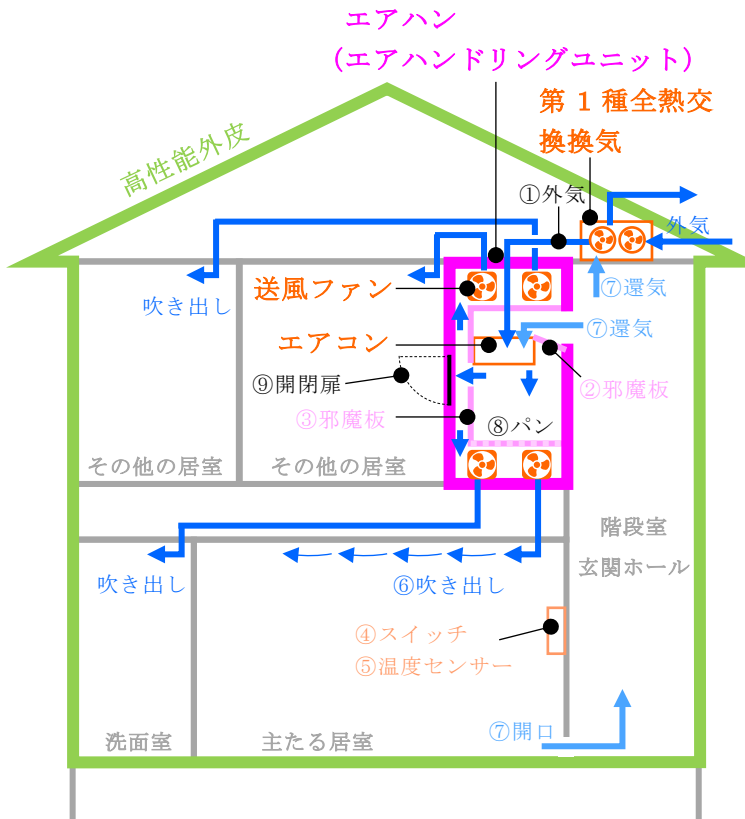


図 25 提案した高性能外皮・空調システムの概要

低負荷型空調システムの概要

- ・高性能外皮を有する低負荷な住宅での採用を前提とする
- ・居室と洗面室・浴室を空調対象空間とし、エアコン 1 台で賄う
- ・エアハンを有し、暖冷房と換気のダクトを共有化する
- ・室内に天井付近から水平に吹き出し、ダクトの長さを短縮する
- ・還気搬送経路として階段室などを利用することで、階段室などを加温し、還気ファンを不要とする

低負荷型空調システムの 設計・施工時の注意点

- ①エアコンの COP 向上のため、換気の取り入れ外気と空調の還気を、エアコンの吸い込み口付近に吹き出す。(エアコンの吸い込み空気と吹き出し空気の温度差を大きくする)
- ②エアコンの COP 低下防止のため、空気の逆流を防ぐ。
 - ・吹き出し空気の逆流を防ぐ邪魔板を設置する。
 - ・送風ファンの風量 > エアコンの風量 とする。
- ③各送風ファンの吸い込み空気の温度差を軽減するため、邪魔板、断熱材、エアコン、送風ファンの配置を工夫する。
- ④送風ファンとエアコンの動力低減のため、送風ファンの切り替えスイッチを設置する。
 - ・強(暖冷房期) ・弱(中間期、空き室)
- ⑤エアコンの温度センサーは、空き室にならない主たる居室に設置する。
- ⑥室内の温度むら軽減のため、吹き出し風量を $100[\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{部屋}]$ 程度以上とする。
- ⑦居室と階段室などとの間に、還気のための開口を設ける。
- ⑧エアコンのドレン水が漏れた場合でも、送風ファンにかからないように、パンを設けるなどの対策を講じる。
- ⑨エアハンには、メンテナンス用の開閉扉を設置する。

(3) 高性能外皮・空調システムの評価

1) 目的

本システムの開発目標の達成状況、一次エネルギー消費量、暖房期における非居室の室温を評価する。

2) 検討方法

検討は次の計算により行った。熱・換気平衡計算を行う自作プログラムを用い、室温および供給熱量（暖冷房負荷）を計算した。この計算結果を用い、エアコンの毎時の COP を推定した。COP の計算は、省エネルギー基準の評価方法に基づく。供給熱量を COP で除することでエアコンの電力消費量を推定した。エアコン、換気、送風ファンの電力消費量および供給熱量を 5.(2) で示した式 1)~3) に代入し、TCOP を計算した。エアコンの電力消費量を一次エネルギー消費量に換算した。

3) 住宅と空調設備の計算条件

計算は、住宅の省エネルギー基準に示される地域区分の 1~7 地域に位置する 7 地点を対象とした。気象データは拡張アメダス 2000 年版の標準年のデータを用いた。本システムを導入した住宅の計算モデル（図 1）を設定した。高性能外皮の前提条件は(2)とした。エアコンの容量は、本システムにおいては住宅全体の最大負荷を担える 4.0[kW]とした。間歇・連続エアコンにおいては、各部屋の最大負荷に応じて 2.5、2.8、4.0[kW]の中から選定した。換気の電力消費量は 37[W]、送風ファンの電力消費量は 3 [W/台]とした。これはメーカーのカタログ値である。一次エネルギー消費量の計算にあたっては、空調以外の設備も加えた。給湯はガス潜熱回収型、照明は LED とした。

4) トータルコストの計算条件

表 5 に計算条件を示す。電力料金の計算には、の低負荷型空調システムの電力消費量の計算結果を用いた。

5) TCOP の計算結果

図 26 に TCOP の計算結果を示す。本システムの供給熱量が間歇・連続エアコンよりも多いのは、非居室の加温を行っているためである。本システムの TCOP は間歇エアコンと概ね同等以上となっており、開発目標 A を達成できている。

暖房負荷が大きい旭川（1 地域）では、エアコンを 2 台とすることでエアコンの部分負荷効率が改善し、TCOP が向上した。このため寒冷地では、図 25 のシステムをベースに改善を図る余地があると考えられる。

表 5 トータルコストの計算条件

イニシャルコスト	共同研究機関が部材メーカーや施工会社から得た見積もりに基づく。諸経費は 20%とする。
電力料金	公益財団法人全国家庭電気製品公正取引協議会の「電力料金の目安単価」（平成 26 年 4 月 28 日）に基づき、27[円/kWh]とする。
機器更新の間隔	エアコンが 10 年、熱交換換気と搬送ファンが 15 年で、社団法人日本冷凍空調工業会の「定期的な保守・点検のすすめ」を参考に設定。全館空調は 30 年で、共同研究機関の経験に基づく。
メンテナンス	本システム、各室エアコンでは、メーカーが示すフィルター等の耐用年数に基づく。全館空調は共同研究機関の経験に基づく。
他	経年による価格変動および機器更新によるエネルギー効率向上は見込まない。

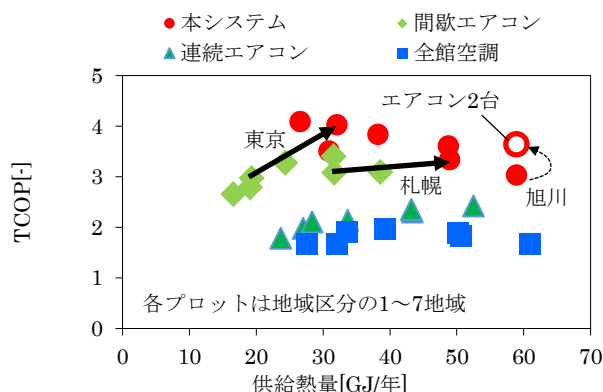


図 26 TCOP の計算結果

6) トータルコストの計算結果

図 27 に低負荷型空調システムのイニシャルコストの計算結果を示す。ダクトのイニシャルコスト

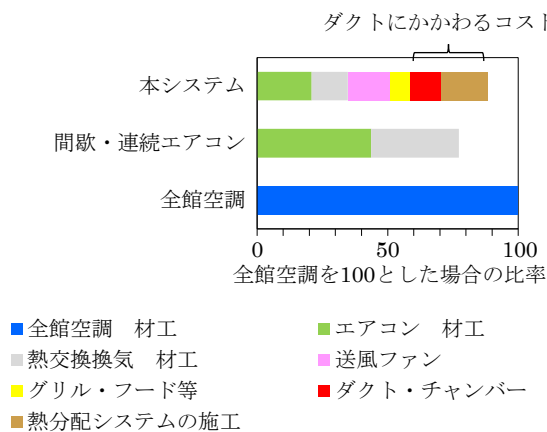


図 27 イニシャルコストの計算結果

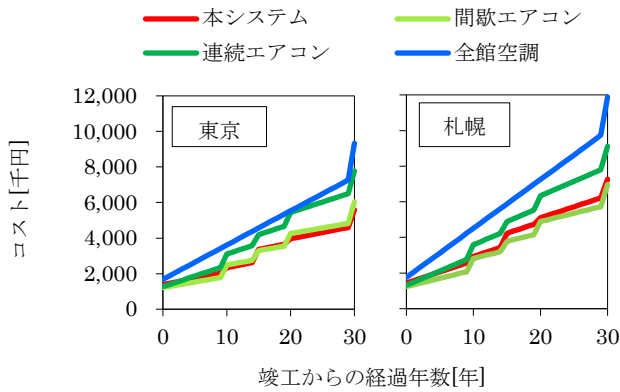


図 28 トータルコストの計算結果

トは、当初試算（図 12）より 3 割程度の減額になった。

図 28 にトータルコストの計算結果を示す。本システムのトータルコストは、間歇エアコンと概ね同等となっており、開発目標を達成できている。

7) 一次エネルギー消費量の計算結果

図 29 に計算結果を示す。本システムでは非居室を加温しているが、加温をしていない連続エアコンよりも一次エネルギー消費量は少ない。これは TCOP が高いためである。

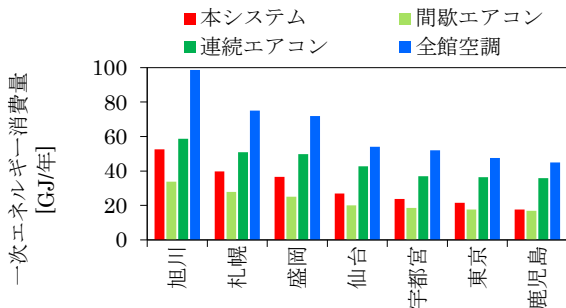


図 29 一次エネルギー消費量の計算結果

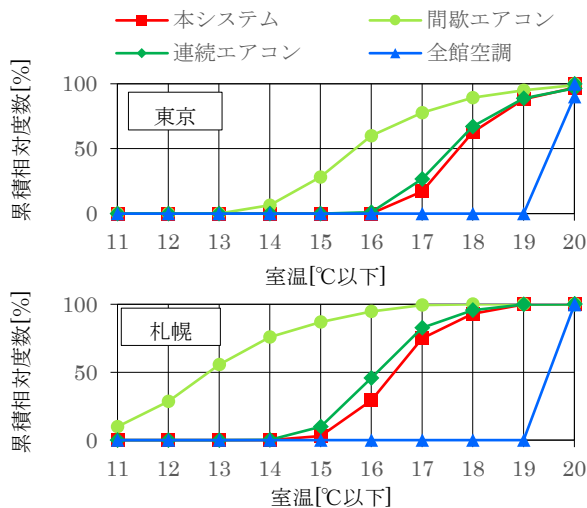


図 30 暖房期における玄関の室温

8) 暖房期における非居室の室温の計算結果

図 30 に暖房期の玄関の室温の計算結果を示す。本システムの温度は、全館空調と比べると低い。しかし、間歇エアコンと比べると高く、加温の効果が認められる。

(4) ZEH 対応のための太陽光発電の容量の試算

1) 目的

高性能外皮・空調システムを採用した住宅において ZEH に対応する際に必要となる太陽光発電の容量を試算した。

2) 試算方法

試算には図 29 に示した一次エネルギー消費量の値を用いた。太陽光発電は南向きに設置し、傾斜角は 20° とした。容量 1[kW]あたりの発電量は、省エネルギー基準の評価方法²⁾に基づく。

3) 試算結果

図 31 に試算結果を示す。

旭川～仙台で Nearly ZEH に対応するために必要な容量は、5～7[kW]程度となった。寒冷地でも屋根に設置可能な容量で Nearly ZEH 対応可能である。

宇都宮～鹿児島で ZEH に対応するために必要な容量は、4～6[kW]程度となった。全館空調と比較すると容量が小さくなった。これにより屋根形状の設計自由度の向上を期待できる。

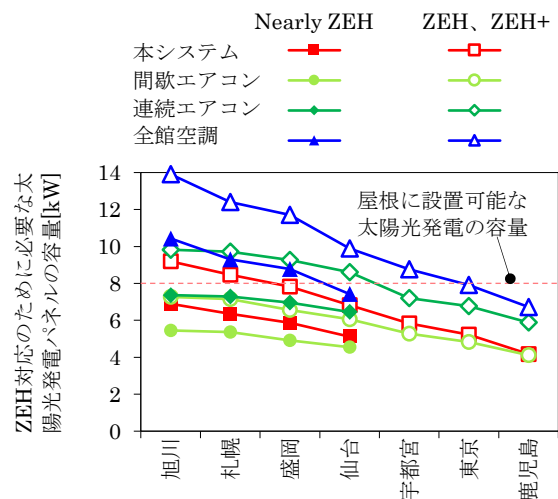


図 31 太陽光発電容量の試算結果

7. まとめ

(1) 高性能外皮・空調システムの開発の前提条件の検討

- ・高性能外皮の実現可能な前提条件について検討し、既往の水準を満たす U_A 値を設定した。前提条件を達成する部位別の仕様を決定した。
- ・低負荷型空調システムの開発の前提条件について検討し、部材（熱源、送風ファン、換気等）ごとの交換を可能とし、換気と暖冷房で共用できる熱分配システムを有することとした。

(2) 低負荷型空調システムの技術的課題、開発目標の提示

- ・低負荷型空調システムについて、熱源（エアコン）と送風ファンを内蔵するエアハン、換気、熱分配システムからなるイメージを作成した。
- ・技術的課題について検討し、エアコンの COP の低下、送風ファンによる動力の増大、トータルコスト（インシヤルコスト、電力料金、メンテナンス費用、機器更新費用の合計）の増大を挙げた。
- ・開発目標として、TCOP は間歇エアコン同等程度とすること、トータルコストは間歇エアコン同等以下とすることを掲げた。

(3) 高性能外皮・空調システムの技術検討と提案

- ・エアハン内部の機器配置等について、室温差抑制とエアコン COP 低下防止を図る方法を明らかにした。室内への吹き出し方法の工夫により、ダクトのインシヤルコストを低減できることを明らかにした。
- ・高性能外皮と低負荷型空調システムを組み合わせたシステムを提案した。低負荷型空調システムの設計・施工時の注意点をまとめた。
- ・本システムを導入した住宅の計算モデルを設定し、全国 7 地点を対象とする計算を行った。その結果から、本システムが開発目標を概ね達成することを示した。また、連続エアコン（各居室に設置したエアコンを連測運転）と比べ、一次エネルギー消費量が少なく、非居室の室温が高いこと等を示した。
- ・ZEH 対応の際に必要な太陽光発電の容量を示した。

なお、室内への吹き出し方法については、共同研究機関の主要販売地域を考慮して、外気温-

10[°C]の場合の検討等を行った。寒冷地で実用化していく場合には外気温がより低い場合の検討を要する等、適用条件に留意する必要がある。

参考・引用文献

- 1) 村田さやか、峰野悟、田島昌樹：住宅用換気設備の換気負荷シミュレーションプログラムの開発 その 2 隙間を含む住宅全体換気量の推定方法、日本建築学会四国支部研究発表会梗概集、pp.67-68、2014.5。
- 2) 省エネルギー基準の解説書：平成 25 年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説 II 住宅、2013.5.29
- 3) ASHRAE Standard 55-2010

注

注 1) ZEH：本研究における定義は、ZEH が環境省の ZEH 等による低炭素化促進事業、ZEH+ が経産省の ZEH+ 実証事業による。

注 2) HEAT20：2020 年を見据えた住宅の高断熱化技術開発委員会。2015 年 3 月・12 月、全国を対象に外皮誘導性能水準 G1・G2 グレードを公開した。

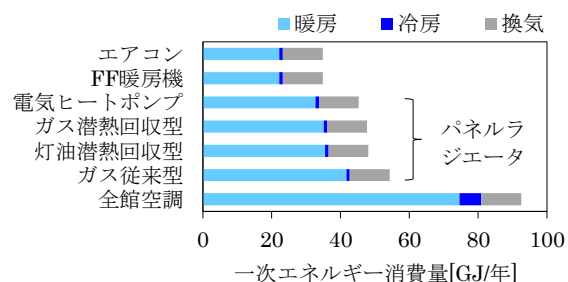
注 3) EB：Energy Benefit

注 4) NEB：Non Energy Benefit

注 5) エネルギー消費性能計算プログラム：<http://house.app.lowenergy.jp/>

注 6) 既存空調システムの一次エネルギー消費量を参考図 1 に示す。

計算は省エネルギー基準のエネルギー消費性能計算プログラムによる^{注 5)}。立地は地域区分の 2 地域とした。計算には図 1 に示した住宅の計算モデルを用いた。 U_A 値は $0.34[W/m^2 \cdot K]$ とした。暖冷房設備は、全館空調のほか、エアコン、FF 暖房機、パネルラジエータを用いる温水暖房を設定した。温水暖房の熱源は、電気ヒートポンプ、ガス潜熱回収型、灯油潜熱回収型、ガス従来型とした。換気は熱交換換気とし、温度交換効率 65% とした。「評価方法の選択」は全て「評価しない」とした。



参考図 1 一次エネルギー消費量の計算結果