

ISSN 1346-7328
国総研資料 第593号
ISSN 0286-4630
建築研究資料 第121号
平成22年 4月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of

National Institute for Land and Infrastructure Management

No.593

April 2010

建築研究資料

Building Research Data

No.121

April 2010

既存住宅の省エネ改修技術資料

Technical Data for Renovation of Existing Houses
Promoting Energy Conservation

平成22年4月

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

独立行政法人 建築研究所

Building Research Institute
Incorporated Administrative Agency, Japan

はしがき

日本では、低炭素社会に向けた中期目標として、二酸化炭素排出量を2020年までに1990年比25%削減、長期目標として、2050年までに1990年比80%削減が掲げられている。この長期目標を達成するには、住宅・建築分野では、省エネルギー化の推進による二酸化炭素排出抑制を図ることが必要不可欠であるが、住まいには健康増進、利便性・快適性の向上といった点において、改善や質的向上が求められているところもあり、省エネルギー化と質的向上の二つの課題を同時に解決するために、より合理的な建築技術の確立と普及が求められていると言える。

国土技術政策総合研究所と建築研究所は、平成16年度に自立循環型住宅設計技術をまとめた後、それぞれ国土技術政策研究所プロジェクト研究「住宅の省エネルギー性能向上支援技術に関する研究（平成17～19年度）」と建築研究所重点的研究開発課題「建築物におけるより実効的な省エネルギー性能向上技術と既存ストックへの適用手法に関する研究（平成18～20年度）」を実施し、4700万戸と言われる膨大な住宅ストックの省エネルギー改修に資する技術を対象として研究開発に取り組んできた。本技術資料は、両研究所のそれぞれの研究成果である、既存住宅の省エネルギー改修技術を解説したものである。

両研究所による研究開発にあたっては、産学官の各分野の有識者に参加を要請した研究会「自立循環型住宅開発委員会」（委員長：坂本雄三・東京大学大学院教授、顧問：三井所清典・芝浦工業大学名誉教授）を（財）建築環境・省エネルギー機構に設置し、外部の専門的なノウハウや多様な知見を求めつつ、技術開発に取り組んだ。特に、本技術資料の第二部（既存住宅の省エネルギー改修に関する住宅設計者向けの解説書）は、同委員会の関係者の協力を得て作成した。

最後に、本資料の企画及び執筆に携わった多数の研究者・技術者、その他の関係各位のご努力ご協力に心から敬意を表するとともに、今後、その技術資料に基づいた実用的設計手法を通して、住宅の省エネルギー性及び利便性・快適性の向上の一助となることを期待する次第である。

平成22年4月

国土交通省国土技術政策総合研究所
副所長 高井 憲司
独立行政法人建築研究所
理事長 村上 周三

■執筆者一覧

(所属は 2009 年 7 月現在)

編集統括：

坂本雄三 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 教授

全体調整：

桑沢保夫 独立行政法人建築研究所環境研究グループ 上席研究員

基本構成：

岩村和夫 東京都大学都市生活学部都市生活学科 教授

齋藤宏昭 独立行政法人建築研究所環境研究グループ

服部哲幸 東京大学大学院建築学専攻
非常勤ノイビケン株式会社

石崎竜一 株式会社 岩村アトリエ

早津隆史 株式会社 岩村アトリエ

本編執筆担当：

桑沢保夫 前出 (1. 1、1. 2、1. 3)

齋藤宏昭 前出 (1. 2、2. 1、2. 2、3. 2、4. 2、4. 3、4. 4)

服部哲幸 前出 (1. 2、4. 2、4. 3、4. 4)

岩村和夫 前出 (3. 1)

石崎竜一 前出 (1. 1、1. 2、2. 1、2. 2、4. 1、4. 2、4. 3)

早津隆史 前出 (2. 1、2. 2、4. 2、4. 3、4. 4)

本編執筆協力：

山本洋史 東京ガス株式会社 (1. 2)

木村吉晴 ダウ化工株式会社 (2. 2)

野中俊宏 トステム株式会社 (2. 2)

村上敦亮 大信工業株式会社 (2. 2)

田島昌樹 早稲田大学理工学術院総合研究所 客員研究員 (4. 2)

付録執筆担当：

西澤繁毅 国土技術政策総合研究所建築研究部 主任研究官 (付 1-1)

三木保弘 国土技術政策総合研究所住宅研究部 主任研究官 (付 1-2、付 2-4)

堀 祐治 富山大学芸術文化学部 准教授 (付 1-3、付 2-5)

澤地孝男 独立行政法人建築研究所環境研究グループ長 (付 1-4)

前 真之 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 准教授 (付 1-5、付 2-3)

三浦尚志 国土技術政策総合研究所住宅研究部 主任研究官 (付 2-1)

田島昌樹 前出 (付 2-2)

桑沢保夫 前出 (付 2-6)

第 1 部

『既存住宅の省エネ改修技術資料』の概要

「既存住宅の省エネ改修技術資料」の概要

目 次

1. はじめに	1
2. 背景・目的	1
3. 対象の住宅	2
4. 「既存住宅の省エネルギー改修に関する住宅設計者向けの解説書」の構成 と概要	2
5. おわりに	12
謝辞	12

「既存住宅の省エネルギー改修技術資料」の概要

1. はじめに

低炭素社会を目指し、我が国の中期目標として2020年までに1990年比25%の二酸化炭素排出量削減、長期目標として2050年までに1990年比80%の排出量削減が掲げられている一方で、住宅・建築分野における二酸化炭素排出量の増加が続いている。上記長期目標を達成するには、住宅・建築分野では、省エネルギー化の推進による二酸化炭素排出抑制を図ることが必要不可欠である。一方で、我が国の住まいには健康増進、利便性・快適性の向上といった点において、改善や質的向上が求められているところもあり、省エネルギー化と質的向上の二つの課題を同時に解決するために、より合理的な建築技術の確立と普及が求められていると言える。

こういった状況に対応し、国土技術政策総合研究所と独立行政法人建築研究所は、温暖地域に建設される木造戸建て住宅を対象とし、居住時のエネルギー消費量を確実に提言するための実用的設計手法を解説した「自立循環型住宅への設計技術資料」を平成16年に出版した。これをテキストとして日本の温暖地域各地で講習会を開いたが、評判は非常に高く、多くの住宅設計などに関わる実務家から注目されることとなった。一方で戸数の面からも影響力が非常に大きいと考えられる、既存住宅の省エネルギー改修に対する必要性も高まってきており、改修に対応したガイドラインを望む声が多く聞かれるようになった。そこで、国土技術政策総合研究所プロジェクト研究「住宅の省エネルギー性能向上支援技術に関する研究(H17-19)」および独立行政法人建築研究所運営費交付金研究開発課題「建築物におけるより実効的な省エネルギー性能向上技術と既存ストックへの適用手法に関する研究(H18-20)」における研究開発の成果を活用し、住宅の省エネルギー改修に関するフローや各種改修技術の特徴などをとりまとめた「既存住宅の省エネルギー改修技術資料」（以下では「改修技術資料」と称す）を出版するに至った。

本技術資料は、概要を示すとともに、「既存住宅の省エネルギー改修に関する住宅設計者向けの解説書（以下、解説書と称す）」を第2部として掲載するものである。解説書は、比較的温暖な地域（省エネルギー基準による地域区分のIV地域）を建設地域とする、一戸建ての木造住宅（伝統的工法による住宅も含む）を対象としている。

2. 背景・目的

地球温暖化防止は今や世界の大きな課題となり、日本も先進国としてこの問題に対応すべく、官民をあげて様々な取り組みを開始しているところである。日本においては、温室効果ガスの9割はエネルギー起源の二酸化炭素であるので、温暖化防止対策は省エネルギーに換言されると言ってもよい。日本の場合、民生部門（業務用および家庭用のエネルギー消費に起因する部分）のエネルギー消費の増加が著しく、この部門の省エネルギーが喫緊の課題であることは間違いない。

こういった中で、新築住宅に関しては、多くの省エネルギー手法が提案・実用化されるとともに、省エネ法が強化され、全般的にみれば新しい住宅ほど省エネルギーに関する性能が上がっているといえる。しかし、一方で日本の4700万戸の住宅のうち、70%（3290万戸）は平成4年以前の断熱レベルの低い住宅であると言われている。したがって、既存住宅の省エネルギー化が重要な課題であるが、それに関しては、なかなか進んでいないのが現状である。その理由としては、費用対効果を正当に提示できないために、消費者に断熱改修などの効果を十分に認識してもらえないことが一番大きいものと考えられる。つまり、断熱性・気密性を向上させる省エネルギー改修は、省エネ

ギー効果を高めるだけでなく、一般に温熱環境の改善にも大きな効果を発揮し、居住性を高めることになる。しかし、こうした温熱環境の改善効果は、エネルギーコストなどのように数値によって簡単に提示することができないため、発注者の理解をなかなか得られないケースが多い。

改修技術資料は、工務店や設計事務所に属する住宅生産の現場に直接携わることの多い建築実務者、すなわち必ずしも環境・設備計画分野の専門家ではない一般の住宅設計者を対象に、既存住宅を省エネルギー改修するための実用的な技術情報を提供するものである。また、こうした設計者が本改修技術資料を活用することを通じて、省エネルギー改修の普及・促進をはかることを目的としている。そのために本改修技術資料では、汎用性が高く実用化しうると考えられる技術を優先して取り上げ、そうした技術の具体的な設計・適用方法をわかりやすく説明することにつとめた。また、各技術を用いた場合の効果と経済性についても触れている。

なお、住宅の省エネルギー化のためには躯体の断熱・気密改修だけではなく、自然エネルギーを活用するための改修や、設備の改修も重要であるが、これらは新築を対象とした「自立循環型住宅への設計技術資料」で詳細が述べられており、改修の場合にもその多くが適用できるため、本改修技術資料では附録として、概略を示すにとどめた。

3. 対象の住宅

既存住宅の省エネルギー改修に有効な個々の技術（以降「要素技術」という）の選択・適用方法は、その住宅自体の特徴のほか、住宅が建設された地域や敷地の条件、及び住まい方などの前提となる条件によって変わり、一律ではない。本改修技術資料において、さまざまな条件に対する要素技術を網羅することは困難であることから、主に以下に示す条件の既存住宅に関連する要素技術を取り上げた。

- ・建設地域 : 比較的温暖な地域（省エネルギー基準による地域区分のⅣ地域）
- ・住宅の建て方 : 一戸建ての住宅
- ・住宅の工法 : 木造住宅（伝統的工法による住宅も含む）

こうした条件のもとでも、多様で広範な要素技術が関連する。なお、敷地の形状・規模や住宅の形態などが特殊な場合においては、適用することが困難な要素技術もあり、そうした場合には、設計者自らが工夫を凝らして計画することが求められる。

なお、改修技術資料で取り上げた要素技術の中には、鉄筋コンクリート造等の他の工法や共同住宅などに適用できるものもあり、第4章の省エネルギー改修の実例でも一例を挙げている。

4. 「既存住宅の省エネルギー改修に関する住宅設計者向けの解説書」の構成と概要

解説書は4章と附録2章から構成され、各章の概要は以下のようである。

第1章では、省エネルギー改修のプロセスと要素技術の概要について示されている。まず、プロセスとして、改修手順を初期の調査・診断（プレデザイン）から計画・設計（デザイン）、そして事後検証（ポストデザイン）までの全体の流れに対応させ、

- I 与条件・要求条件の把握
- II 建物の診断

Ⅲ改修目標・方針の設定

Ⅳ改修計画

Ⅴ改修効果の予測

Ⅵ改修工事の実施、

Ⅶ事後検証の実施

の7段階で整理している。その後、「Ⅰ与条件・要求条件の把握」では、ヒアリング、建物年代からの推定、図面からの判断、「Ⅱ建物の診断」では、建物の実況見分、敷地の実況見分、温度センサーによる診断、気密性能の診断、「Ⅲ改修目標・方針の設定」では、省エネルギー改修による効果（表1）、温熱環境の向上、イニシャルコスト、ランニングコスト（図1）についてなど、それぞれの段階で注意すべき点が示されている。次に、要素技術の概要、要素技術の手法一覧等が示されている（表2）。

表1 断熱水準と省エネルギー効果

断熱水準	省エネルギー効果 (暖房エネルギー削減率)		熱損失係数
	部分間欠暖房	全館連続暖房	
昭和55年省エネルギー基準 相当等の断熱水準(レベル0)	0	0	5.2W/m ² K以下
平成4年省エネルギー基準 相当の断熱水準(レベル1)	20%程度	40%程度	4.2W/m ² K以下
平成11年省エネルギー基準と平成4年 省エネルギー基準の中間相当の断熱水準 (レベル2)	35%程度	50%程度	3.3W/m ² K以下
平成11年省エネルギー基準 相当の断熱水準(レベル3)	45%程度	60%程度	2.7W/m ² K以下

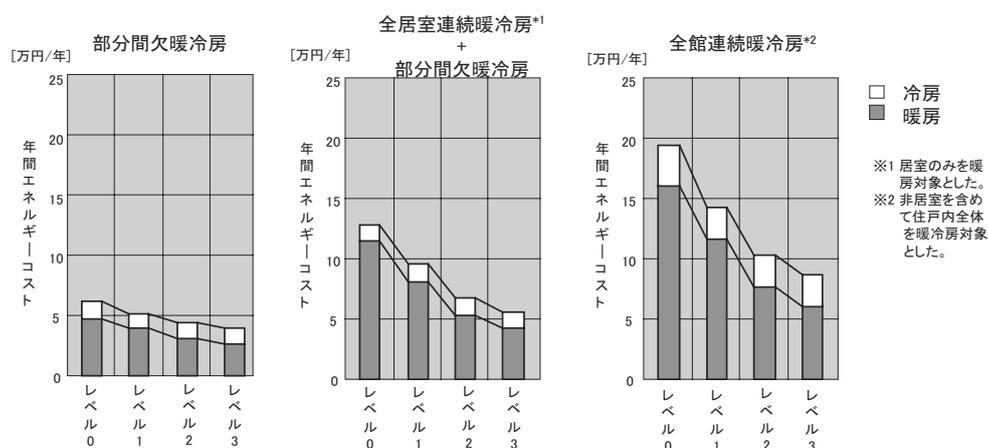


図1 断熱水準と暖冷房費用

表2 要素技術の手法一覧

建物外皮の 改修	断熱性向上	屋根・天井、外壁、床・基礎、開口部の改修
	遮熱性向上	屋根の改修
	気密性向上	壁の上下端からの気流止め設置、開口部の改修 和室の床廻りの改修
	日射遮蔽対策	日射遮蔽部材の設置
	自然エネルギー活用 (付録)	自然風利用、昼光利用 日射熱利用のための改修
設備の改修 (付録)	暖冷房設備、換気設備、給湯設備、照明設備の改修 太陽光発電、太陽熱給湯、高効率家電機器の導入 水と生ゴミの処理と効率的利用	

第2章では、建物外皮に関する省エネルギー改修方法が示されている。まず具体的な改修方法を示す前に、改修方法の選択について改修規模からみた検討(表3)、一般的に必要なとされている断熱気密層の基本構成(表4)、各部位ごとに用いられる断熱改修工法の概要(表5)、さらには断熱材の種類や特徴と設置部位が示されている。その後、具体的な断熱・遮熱・気密改修の手法として、一覧を示したのち、それぞれの手法の詳細が示されている。対象となっている改修手法は、在来軸組木造による一般的な戸建住宅を想定し、それに適応し易いもので、多くの木造住宅が抱える断熱・遮熱・気密の問題をそのテーマごとに、木造の実験住宅を用いて、省エネルギー改修手法に関する施工性と性能について検証し、その結果をまとめてある。また、各改修手法は、共通のフォーマットに整理され、工法の概要、改善効果、施工手順などについて詳しく解説されている。さらに、建物外皮の省エネルギー改修に関する設計や施工の際に参考となる情報も掲載している。ただし、新たに実証実験ができなかった手法については、既往の知見が援用されている。

日射遮蔽による改修は別に項を立ててあり、その目的とポイントと具体的な手法が示されている。具体的な手法としては、部位で開口部(表6)、屋根と外壁、その他に分け各種の手法について詳細が示されている。

表3 改修規模の比較

改修規模	改修の概要	長所	短所
①部位改修 	<ul style="list-style-type: none"> 既存の断熱材が壁や天井などに施工されている 屋根・天井、外壁、床、開口部などの無断熱の部位を断熱改修する 	<ul style="list-style-type: none"> 床や屋根であれば安価に改修できる手法がある 内外装の工事を伴わない断熱改修を実施できる 工期が短かく(1日～3日程度)、住まいながらの改修が可能である 	<ul style="list-style-type: none"> 既存の断熱材の性能が低い場合、目標とできる性能値は中程度で、快適性の向上に期待 無断熱の部位全てに断熱材を施工しない場合(外壁を改修しない場合など)は、建物全体の断熱区画が形成できない
②全体改修 	<ul style="list-style-type: none"> 屋根や外装の修繕、室内の改装、設備更新など、他の改修工事と組み合わせさせて断熱改修を実施する 大掛かりな改修工事となる 	<ul style="list-style-type: none"> 高性能な断熱材を全ての部位に施工することができるため、高い断熱性能の改修目標レベルを目指すことができる 耐震改修やバリアフリー改修などの組み合わせが容易である 	<ul style="list-style-type: none"> 断熱工事の範囲にとどまらない壁等の躯体を含む改修工事となり、費用がかかる 関連工事が多くなり工期が長くなる(概ね1.5ヶ月～) 手法によっては住まいながらの改修が困難である
③部分改修 	<ul style="list-style-type: none"> ライフステージの変化に合わせて中心的な生活の場を断熱改修する。 1階の範囲、もしくは、部屋単位での改修をおこなう。 	<ul style="list-style-type: none"> 利用頻度の高い部屋の局所間欠暖房に効果的。 比較的短工期で安価に実施できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 非暖房室との温度差が大きくなる(ヒートショックの問題) 非暖房室への結露対策が必要である

表4 改修による断熱層の形成

部 位	断熱材の位置	改修による断熱層の形成
屋 根	野地板の外側	野地板の外側に断熱材を設置し、通気層を確保して断熱層を形成する。一般に、透湿抵抗があり吸水率が高い断熱材を用いることが多いので防湿層は必要ない。断熱区画が屋根面になるので、その室内側となる小屋裏に断熱材がある場合は撤去し、妻壁に断熱材を設置して換気口を塞ぐ
	垂木間	垂木間に断熱材を設置すると湿気が侵入した場合、野地板の裏面に結露する可能性が高い。必ず垂木下端に防湿シートなどで防湿層を形成し、野地板の裏面に通気層を採る断熱層の構成とする。断熱区画を屋根面とする場合、小屋裏の断熱材は撤去し、妻壁に断熱材を設置し換気口は塞ぐ。屋根面及び天井面の二重断熱層とする構成もある
天 井	小屋裏(天井裏)	防湿フィルム付きの断熱材、もしくは、防湿層を室内側(天井面)に設置して、断熱層を形成する。温暖地の場合、防湿フィルム付きの断熱材を隙間なく施工すれば小屋裏での結露発生の危険性は低い。ただし、必ず小屋裏換気の対策を講じること
外 壁	軸組みの外側	軸組みの外側に断熱材を設置し透湿防水シートなどで防風層を設ける。新規の外装下地に通気層を確保し断熱層を形成する。一般に透湿抵抗の高い断熱材を用いることが多いので防湿層は必要ない。既存の断熱材は残したままでもよい
	柱・間柱間 室内側	外装を撤去し外側から断熱材を充填する場合は、断熱層の再構成が可能である。室内側からの充填で外装を更新しない場合は、防湿層の設置に加え室内湿度を低く保つ等の対策が不可欠である
床	根太間・床上	既存床に合板と同等の防湿性と気密性を有する材料が最も室内側にあれば、防湿層の設置は必要ない。ただし、床下は開放空間とし湿気を換気し易い状態を確保すると共に、室内湿度を低く保つなどの対策が不可欠となる
基 礎	基礎の外側	基礎の立ち上がり部分を防湿層とし、透湿抵抗が高く吸水率が低い断熱材を用いて断熱層を形成する。床下は、室内と同等扱いとなるため、基礎は湿気対策として防湿コンクリートもしくはベタ基礎である必要がある

表5 改修手法の一覧

部位・分類		工法名称	
1) 屋根	断熱改修	手法1	屋根外張断熱工法
	遮熱改修	手法2	屋根遮熱工法（遮熱シート）
2) 天井	断熱改修	手法3	小屋裏敷込み断熱工法
		手法4	小屋裏吹込み断熱工法
		手法5	天井内張断熱工法
	気密改修	手法6	小屋裏気流止め工法
3) 外壁	断熱改修	手法7	外壁外張断熱工法
		手法8	外壁内張断熱工法
4) 床	断熱改修	手法9	床下充填断熱工法（無機繊維系断熱材）
		手法10	床下充填断熱工法（発泡プラスチック系断熱材）
	気密改修	手法11	床下気流止め工法
5) 基礎	断熱改修	手法12	基礎外張断熱工法
	断熱改修	手法13	アタッチメント工法
6) 開口部	断熱・気密改修	手法14	2重化工法
		手法15	カバー工法
		手法16	カット工法
7) その他	断熱改修	吹付け断熱工法 吹込み断熱工法	
	気密改修	和室畳床の気密工法	

表6 開口部の日射遮蔽手法

開口部の日射遮蔽手法		概要	効果
(1) 日射遮蔽効果のある開口部材を選択する		サッシおよびガラスに遮熱性能の高いものを選択する	中
(2) 開口部に日射遮蔽部材を設置する	①外付け日射遮蔽部材	外付けブラインド等、開口部の室外側に付属部材を設置する場合で、全方位にわたって効果が期待できる	大
	②内付け日射遮蔽部材	カーテンやブラインド等、開口部の室内側に付属部材を設置する	小
(3) 開口部外側上部に庇やパーゴラ等を設置する		庇等を利用して開口部から侵入する日射を遮る手法で、設置位置の方位と出寸法によって日射遮蔽の効果が異なる	南面で大

第3章では、省エネルギー効果の推計について示している。内容は、実態調査に基づく既存住宅の断熱性能の推定値（図2、3、表7）をベースにした改修効果のケーススタディと、検証実験による部分断熱改修の効果に分かれている。前者では、イニシャルコスト、エネルギー消費量からみた結果が示され、実際的な例として、築25年程度経過した住宅を平成11年度省エネルギー基準程度の断熱性の住宅に改修する場合を示し、そのコストや省エネルギー効果が示されている。その結果、省エネルギー効果の試算によると35%程度の削減となっている（表8、図4）。

後者では、概ね25年ほど前の建物仕様による実験用の木造住宅（図5）に、各種の改修（表9）を実施した実験結果から、気密性能、体感温度、足元温度などへの効果などを示している。特に気流止めと床下への断熱追加によって上下温度差（床上50mmと900mm）が小さくなり（図6）、足下温度の上昇に大きく役立っていることが示されている。また、暖房コストの削減効果も検討しており、暖房設備にヒートポンプエアコンを想定（COP=3）するなどして、試算した結果、Case2の改修工事を行った場合、間欠暖房では約12,000円/年、連続暖房では24,000円/年程度の暖房費の削減が見込めること（図7）などが示されている。

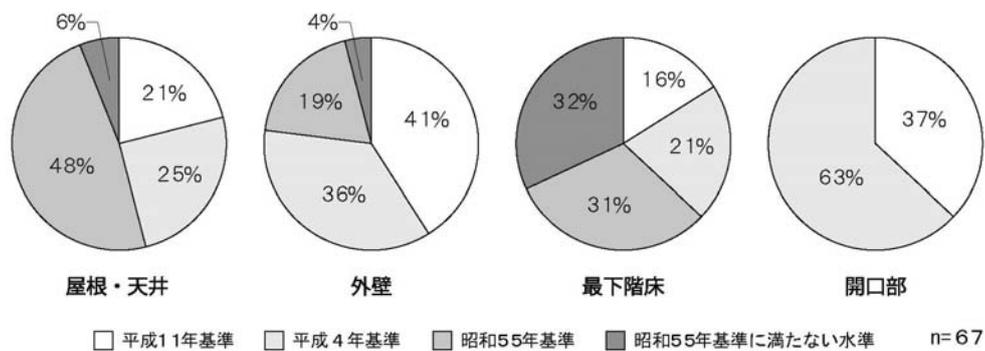


図2 各部位における断熱水準の達成状況 (IV地域)

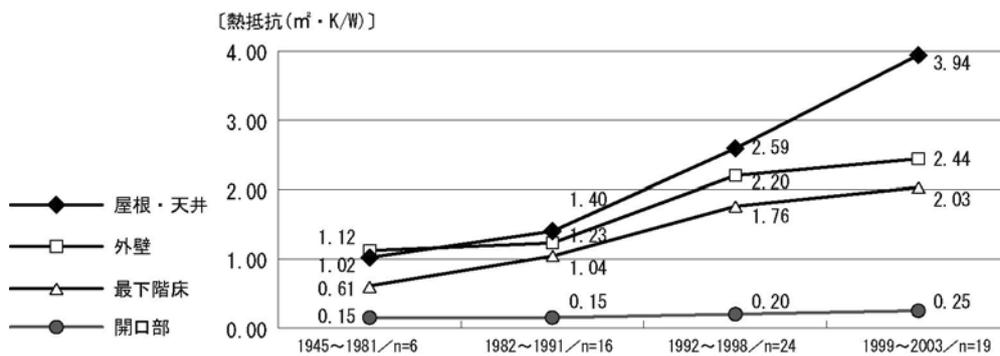


図3 年代区分別にみた各部位における断熱水準の推移の状況 (IV地域)

表7 典型的な在来木造住宅モデルの仕様 (IV地域) n=65

部位	1945～1981	1982～1991	1992～1998	1999～2003
屋根	和瓦	和瓦	彩色スレート	洋瓦
天井	軟質繊維板 GW10K t=25	クロス GW10K t=50	クロス GW10K t=100	クロス GW16K t=160
外壁	ラスモルタル・リシン GW10K t=50	ラスモルタル・リシン GW10K t=50	サイディング GW10K t=100	サイディング GW16K t=100
内壁	化粧合板	クロス	クロス	クロス
開口部	アルミサッシ シングルガラス	アルミサッシ シングルガラス	アルミサッシ シングルガラス	アルミサッシ ペアガラス
床	フローリング 無断熱	フローリング XPS (1B) t=20	フローリング XPS (1B) t=50	フローリング XPS (3B) t=45

表8 断熱改修に要した概算費用、及び改修後のQ値とその改善値 (ΔQ値)

部位改修	概算費用	Q値(ΔQ値)
① 天井(手法4)	345 千円	4.21 W/m ² K (0.74)
② 外壁(手法9)	3,161 千円	4.53 W/m ² K (0.42)
③ 開口部(手法14)	1,956 千円	4.14 W/m ² K (0.81)
④ 最下階床(手法10)	906 千円	4.16 W/m ² K (0.79)
⑤ ③+④	2,862 千円	3.53 W/m ² K (1.60)
⑥ ①+③+④	3,208 千円	2.87 W/m ² K (2.08)
⑦ ①+②+③+④	6,369 千円	2.34 W/m ² K (2.61)

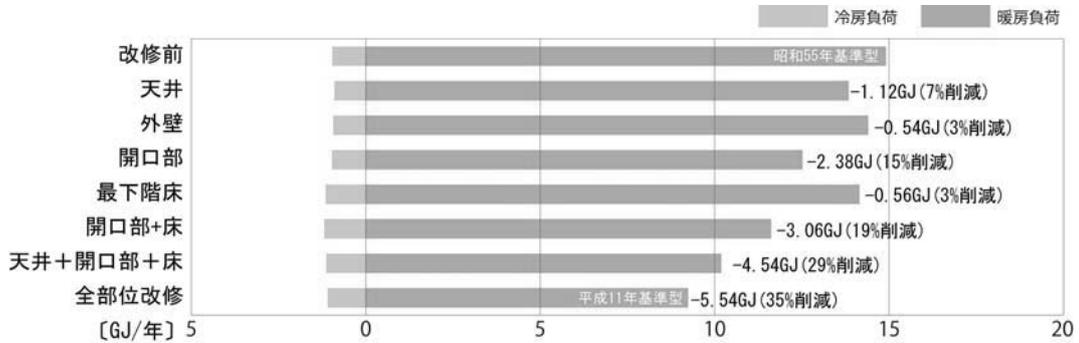


図4 年間の戸当たりエネルギー消費量と削減率

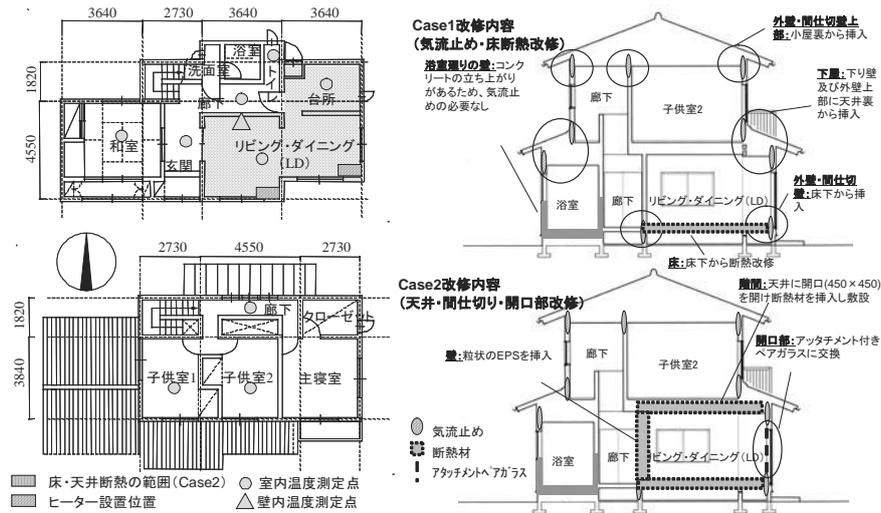


図5 建物概要と断熱改修手法

表9 断熱改修手法の概要と工事費用

記号	部位	施工範囲	改修方法 (Case0 は竣工時の仕様)	熱損失係数 (W/m ² K)	工事費用
Case0	床・天井	建物全体	無断熱	3.49	—
	外壁	建物全体	グラスウール 10k t=50mm		
	サッシ	建物全体	アルミサッシ・単板ガラス (パッキン加工)		
Case1	壁の上下端部	建物全体	床下から気流止めを設置 (手法2)	3.30	約 45万円
		建物全体	小屋裏から気流止めを設置 (手法1)		
	床	LDKのみ	床下からグラスウールボード 32k 80mm を充填 (手法10)		
Case2	階間	LDKのみ	天井に開口を開けグラスウール 16K100mm を敷設 (手法5)	3.12	約 90万円
	間仕切壁	LDK 廻り	天井の開口を経由し、発泡ポリスチレンビーズを挿入		
	開口部	LDKのみ	既存ガラスをアタッチメント付きペアガラスに交換 (手法13)		

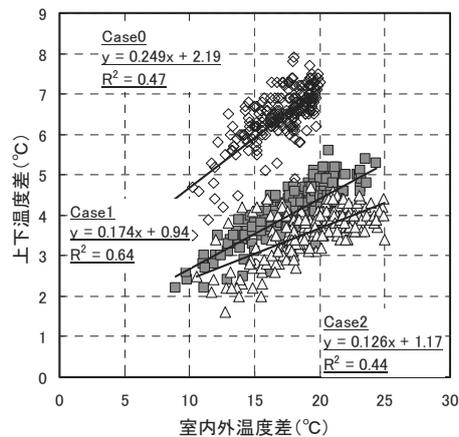


図6 上下温度差

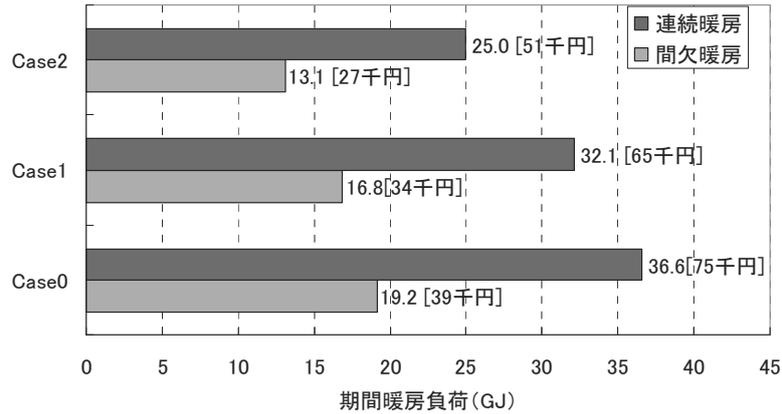


図7 LDKの期間暖房負荷及び暖房費の推定値（〔 〕内は暖房費用）

第4章では、実例の紹介として、軽微な改修の実例（住まいながら実施した例）、大規模な改修の実例、新しい工法による改修の実例に分けて、それぞれ2例ずつ計6例（表10）が示されている。それぞれに、第1章で示した省エネルギー改修のプロセスに対応した検討結果などが示されており、具体的な改修の方法、使用材料などとともに、その気密性・断熱性への効果なども示されている。とくに軽微な改修の実例と大規模な改修の実例で取り上げた4例は、いずれも実際に居住している住宅における改修の例であり、実務者にとっては大変参考になるデータであると考えられる。また、新しい工法による改修実例では、集合住宅における改修も取り上げている。

表10 対象住宅一覧

No.	地域・竣工年	改修の概要	実例概観（改修前）
住まいながら実施した省エネ改修	① 神奈川県 A邸 1981年竣工 在来木造 2階建一部平屋	<ul style="list-style-type: none"> ・建物の部位毎に解体を伴わない手法で改修を実施 ・事前調査：1日、工期：3日間 	
	② 東京都 B邸 2005年竣工 在来木造 2階建	<ul style="list-style-type: none"> ・一部の解体のみで部位毎に改修を実施 ・同時に換気システムを導入 ・事前調査：1日、工期：3日間 	
大規模リフォームによる省エネ改修	③ 東京都 C邸 1974年竣工 在来木造 2階建	<ul style="list-style-type: none"> ・中古住宅を購入し、入居前に大規模な全体改修を実施 ・下地合板の面剛性によって耐震性能を向上 ・工期：5ヶ月 	
	④ 山口県 D邸 1972年竣工 在来木造 2階建一部平屋	<ul style="list-style-type: none"> ・老朽化した住宅の大幅な性能向上を目指して、大規模な全体改修を実施 ・高齢者世帯であるため、バリアフリー改修も実施 ・工期：4ヶ月 	
新しい工法による省エネ改修	⑤ 茨城県 実験住宅 1980年代の建物を想定した在来木造 2階建一部平屋	<ul style="list-style-type: none"> ・リビング・ダイニング、キッチンを中心に真空断熱材を用いた部分断熱改修（6面断熱）を実施。 ・工期：7日間 	
	⑥ 東京都 集合住宅 1977年竣工 RC造 8階建	<ul style="list-style-type: none"> ・内装リフォームに伴い部分的な断熱改修を実施。同時に換気システムを導入 ・工期：7日間 	

附録は1と2に分かれており、附録1が自然エネルギー活用改修、附録2が省エネルギー設備改修である。前者には、自然風の利用、昼光利用、太陽光発電、日射熱の利用、太陽熱給湯が取り上げられ、後者には、暖冷房設備改修、換気設備改修、給湯設備改修、照明設備改修、高効率家電機器の導入、水と生ゴミの処理と効率的利用が取り上げられている。これらは新築を対象とした「自立循環型住宅への設計技術資料」で詳細が述べられているが、その中から改修の場合に適用できる部分に焦点を絞って、概略を示している。

5. おわりに

以上が、「既存住宅の省エネルギー改修に関する住宅設計者向けの解説書」の概要である。この解説書では、汎用性が高く実用化しうると考えられる技術を優先して取り上げ、そうした技術の具体的な設計・適用方法をわかりやすく説明している。それらの内容は、工務店や設計事務所に属する住宅生産の現場に直接携わることの多い建築実務者、すなわち必ずしも環境・設備計画分野の専門家ではない一般の住宅設計者を対象に、既存住宅を省エネルギー改修するための実用的な技術情報を提供するものである。

謝辞

この改修技術資料の作成に当たっては、自立循環型住宅研究開発委員会の事務局として、産官学間の連携を支援した(財)建築環境・省エネルギー機構の多大なる貢献があった。また、この改修技術資料は、同委員会の研究活動に参加した大学、他の研究機関、民間企業の研究者及び専門家の協力なくしてはなし得なかった成果である。ここに記して深甚なる謝意を表す。

(執筆：建築研究所 桑沢保夫)

第2部

『既存住宅の省エネルギー改修に関する 住宅設計者向けの解説書』

「既存住宅の省エネルギー改修に関する住宅設計者向けの解説書」

目 次

序「既存住宅の省エネルギー改修に関する住宅設計者向けの解説書」の目的と構成	1
第1章 省エネルギー改修のフローと要素技術の概要	3
1.1 省エネルギー改修のフロー	3
1.2 調査・設計手順の概要	5
1.2.1 与条件・要求条件の把握	5
1.2.2 建物の診断	8
1.2.3 改修目標・方針の設定	14
1.2.4 改修計画	16
1.2.5 改修効果の予測	17
第2章 建物外皮の省エネルギー改修	18
2.1 改修方法の選択	18
2.1.1 改修規模の検討	18
2.1.2 建物外皮の基本構成	19
2.1.3 各部位の断熱改修工法の概要	20
2.1.4 断熱材の種類と設置部位	23
2.2 断熱・遮熱・気密改修	26
2.2.1 断熱・遮熱・気密改修工法の一覧	26
2.2.2 断熱・気密・遮熱改修工法の種類	32
2.2.3 改修工法の解説	33
2.2.4 屋根の断熱・遮熱改修	34
2.2.5 天井の断熱・気密改修	38
2.2.6 外壁の断熱改修	46
2.2.7 床の断熱・気密改修	50
2.2.8 基礎の断熱改修	56
2.2.9 開口部の断熱・気密改修	58
2.2.10 その他の断熱・気密改修	66
2.2.11 断熱・遮熱・気密改修における注意事項	68
第3章 省エネルギー改修効果の推計	70
3.1 省エネルギー改修効果のケーススタディ	70
3.1.1 ケーススタディの概要	70
3.1.2 ケーススタディの結果	72
3.2 部分断熱改修による効果の検討	77
3.2.1 断熱改修手法の検討	77
3.2.2 部分断熱改修の効果	78
第4章 改修事例の紹介	81
4.1 改修事例の概要	81

4.2 軽微な改修事例	83
4.2.1 事例① 神奈川県 A邸	83
4.2.2 事例② 東京都 B邸	87
4.3 大規模な改修事例	92
4.3.1 事例③ 東京都 C邸	92
4.3.2 事例④ 山口県 D邸	96
4.4 新しい工法による改修事例	100
4.4.1 事例⑤ つくば戸建実験住宅	100
4.4.2 事例⑥ 東京都 集合住宅	104
第5章 附録1 自然エネルギーを活用した省エネルギー改修	108
5.1 附1-1 自然風利用	108
5.2 附1-2 昼光利用	110
5.3 附1-3 太陽光発電	114
5.4 附1-4 日射熱利用	118
5.5 附1-5 太陽熱給湯	122
第6章 附録2 設備の省エネルギー改修	124
6.1 附2-1 暖冷房設備改修	124
6.2 附2-2 換気設備改修	127
6.3 附2-3 給湯設備改修	129
6.4 附2-4 照明設備改修	131
6.5 附2-5 高効率家電機器の導入	135
6.6 附2-6 水と生ゴミの処理と効率的利用	137

序「既存住宅の省エネルギー改修に関する住宅設計者向けの解説書」の目的と構成

1 背景・目的

地球温暖化防止は今や世界中の大きな課題となりました。日本も先進国の一員としてこの問題に対処すべく、官民をあげて様々な取り組みを展開してきました。我が国では、温室効果ガスの9割はエネルギー起源の二酸化炭素ですから、温暖化防止対策は省エネルギー対策に換言できます。なかでも、建築が深く関わる民生部門（業務用および家庭用）におけるエネルギー消費は増加傾向が顕著で、この部門の対策が喫緊の課題であることが指摘されています。

こうした状況を背景にして、新築住宅に関しては、省エネルギー法が順次強化されるとともに、多彩な省エネルギー手法が提案・実用化されてきました。その結果、全般的に見れば新しい住宅ほど省エネルギー性能が向上してきました。その一方で約 4,700 万戸に上ると言われる既存住宅のうち、70%（約 3,290 万戸）は平成4年以前に建てられた断熱レベルの低い住宅であると考えられています。したがって、既存住宅の省エネルギー化が大変重要な課題なのですが、その取り組みはなかなか進んでいないのが現状です。

その理由としては、断熱改修などの費用対効果を的確に提示できないために、ユーザーがその効果を十分に認識できないことが一番大きいと考えられます。たとえば、断熱性・気密性の向上を伴う省エネルギー改修は、省エネルギー効果を高めるとともに、室内の温熱環境の改善にも大きな効果を発揮し、居住性を高めることにつながります。しかし、こうした温熱環境の質的な改善効果は、エネルギーコストなどのように数値で明快に提示することができません。したがって、なかなか発注者の理解を得にくいのが実情です。

本書は、既存住宅を省エネルギー改修するための実用的な技術情報を提供するものです。そして、必ずしも住宅建築に関する環境・設備計画分野の専門家ではない、工務店などの住宅生産の現場に直接携わることの多い建築実務者や、一般の住宅設計者の方々を対象に書かれています。そして、本書が広く活用されることによって、省エネルギー改修が普及・促進し低炭素社会の構築に寄与することを目的としています。そのために本書では、汎用性が高く実用化できると考えられる技術を優先して取り上げ、その具体的な設計・適用方法をできるだけ実態に即してわかりやすく説明することに努めました。また、各技術を用いた場合の具体的な効果と経済性についても触れています。

なお、住宅の省エネルギー化には躯体の断熱・気密改修だけではなく、自然エネルギーを活用できるようにしたり、設備機器を更新したりする改修も効果的です。これらは新築を対象とした「自立循環型住宅への設計ガイドライン」で詳細が述べられています。改修の場合にもその多くが適用できるため、本書では巻末の附録にその概略を示しました。



2 本書が対象とする住宅

既存住宅の省エネルギー改修に有効な個々の技術(以降「要素技術」といいます)の選択・適用方法は、その住宅自体の特徴はもとより、住宅が立地する地域や敷地の条件、及び住まい方などの与条件によって変わり、一律ではありません。しかし、様々な条件に対する要素技術をすべて網羅することは困難ですから、本書においては以下のような既存住宅に有効と考えられる要素技術を主に取り上げています。

- ・建設地域 :比較的温暖な地域
(省エネルギー基準による地域区分のⅣ地域)
- ・住宅の建て方 :一戸建ての住宅
- ・住宅の構法 :木造住宅(伝統的構法による木造住宅も含む)

こうした限定された条件の下でも、多様な要素技術が広範に関連します。また、敷地の形状・規模や住宅の形態などが特殊な場合、適用することが困難な要素技術もあり、そのような場合には、設計者自らが工夫を凝らして計画することが求められます。

なお、本書で取り上げた要素技術の中には、鉄筋コンクリート造等の他の構法や共同住宅などに適用できるものもあります。そこで、第4章で「省エネルギー改修事例」の一つとして、その一例を収録しました。

3 本書の構成

本書は以下の4つの章と2つの附録で構成されています。

第1章 省エネルギー改修のフローと要素技術の概要

- 省エネルギー改修を実施する際のプロセスと、第2章以降で詳述する要素技術の概要を示します。

第2章 建物外皮の省エネルギー改修

- 建物の部位ごとに、どのような改修工法があるかを具体的に示し、実際に測定されたそれらの効果などを詳述します。

第3章 省エネルギー改修効果の推計

- ケーススタディにより、省エネルギー改修を実施した場合に期待できる効果について推計します。

第4章 改修事例の紹介

- 省エネルギー改修の実例に関する調査結果として、改修実施内容の詳細とその効果を、建物自体の実性能と居住者の声などと共に示します。

附録1 自然エネルギーを活用した省エネルギー改修

- 自然風や太陽光を活用する手法や効果について、その概略を示します。

附録2 設備の省エネルギー改修

- 暖冷房や給湯などの設備を改修する際の留意点や効果について、その概略を示します。

第1章 省エネルギー改修のフローと要素技術の概要

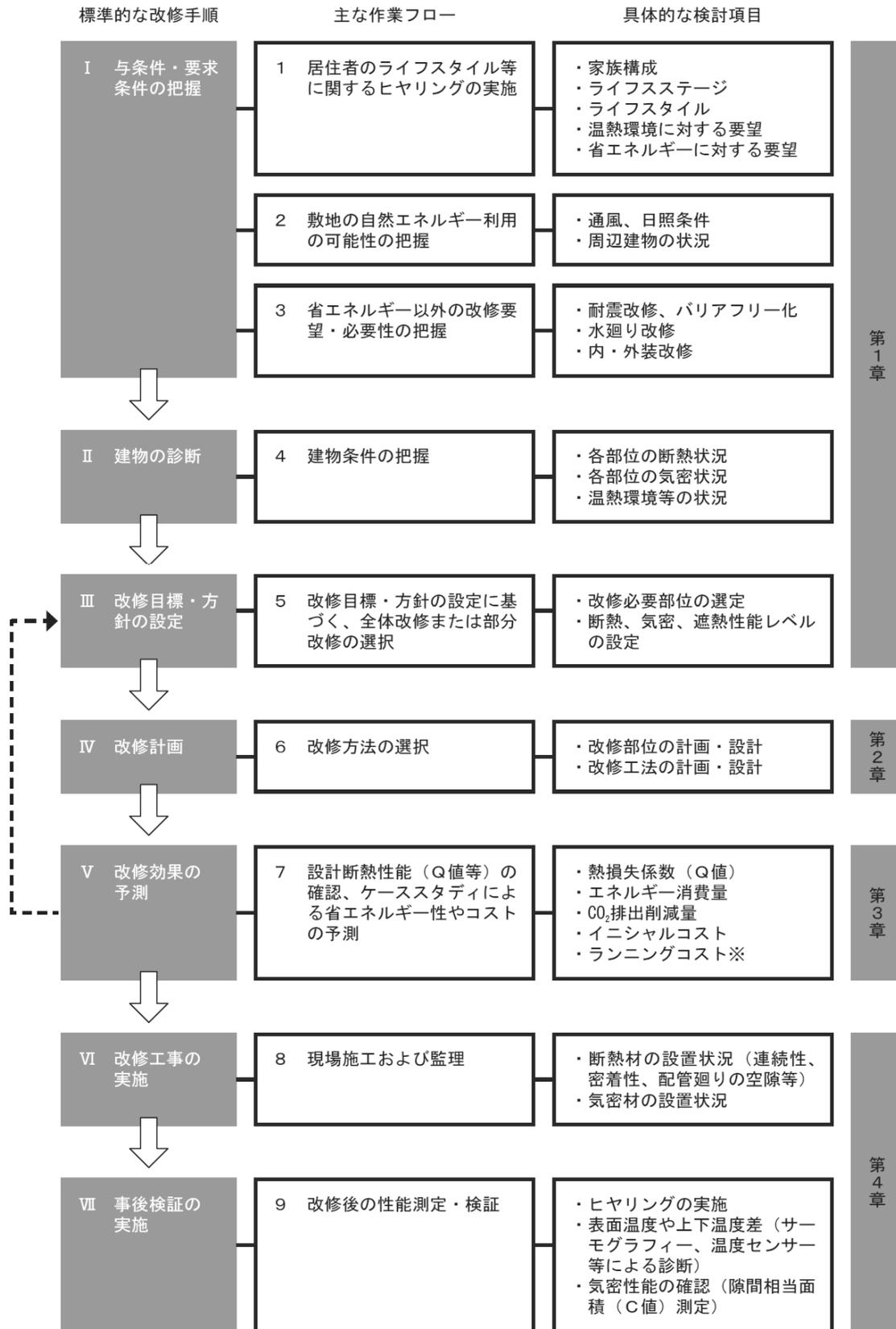
1.1 省エネルギー改修のフロー

省エネルギー改修の目標は、既存住宅における「居住時のエネルギー消費の削減」と「心地よい室内環境の形成」を両立させることです。そのためには、建築外皮などの改修による断熱性等の向上や自然エネルギーを活用するための「建築的手法」と、高効率の設備機器導入による「設備的手法」を適切に組み合わせることが必要です。そこで改修の計画・設計者は、与条件から様々な手法の組み合わせを選択し、改修の総合的な最適解を導くために、設計手順における作業フローや選択の優先順位を十分知った上で計画を進めなければなりません。次ページの図1は、既存住宅の「建築的手法」による標準的な省エネルギー改修の一連のフローを示したものです。

本書では、改修手順を初期の調査・診断(プレデザイン)から計画・設計(デザイン)、そして事後検証(ポストデザイン)までの全体の流れに対応させ、Ⅰ与条件・要求条件の把握、Ⅱ建物の診断、Ⅲ改修目標・方針の設定、Ⅳ改修計画、Ⅴ改修効果の予測、Ⅵ改修工事の実施、Ⅶ事後検証の実施の7段階で整理しています。図1には、この7つの各段階に対応する主な作業フローと具体的な検討項目の概要をまとめました。

標準的な省エネルギー改修手順の流れは次のようになります。

- ◆Ⅰ 与条件・要求条件の把握 + Ⅱ建物の診断(改修設計要件の把握)
 - 改修の必要性、可能性を明らかにするために、建物や敷地の現状、居住者のライフスタイル、さらには省エネルギー改修に関する要望や必要性を把握する段階です。
- ◆Ⅲ 改修目標・方針の設定(改修設計目標像の設定)
 - 手順Ⅰ、Ⅱを踏まえて、改修による目標像を設定する段階です。どの部位を改修するか、省エネルギー性や温熱環境の改善をどの程度期待するかなどを検討します。
- ◆Ⅳ 改修計画(改修手法の適用検討)
 - 手順Ⅲによる目標像を達成するために必要な省エネルギー改修の工法・適用部位を具体的に選択します。
- ◆Ⅴ 改修効果の予測(改修効果の検証)
 - 手順Ⅳにより選択された工法を実施した場合に期待される効果を、断熱性能を把握する試算(Q値計算)で確認すると共に、省エネルギー性やコストの面からも検証します。検証の結果によってはⅢの手順に戻り、再度改修目標や方針を設定します。
- ◆Ⅵ 改修工事の実施(施工状況の確認)
 - 現場施工および監理においては、断熱材や気密材の施工状況(連続性、密着性、配管廻りの隙間、材料の取合い等)を充分に確認しながら、工事を進めることが重要です。本書では、実例を通じて検証します。
- ◆Ⅶ 事後検証の実施(改修後の性能検証)
 - 省エネルギー改修による効果を改修後に確認します。設計段階における効果予測が実際に達成されているか、居住者に対してヒアリングを実施すると共に、熱性能(表面温度、温度分布)や気密性能の観点から検証します。



※ランニングコストは、ライフスタイルによって異なるため本書では参考値を示す。

図1 省エネルギー改修のフロー

1.2 調査・設計手順の概要

省エネルギー改修は、居住時のエネルギー消費の削減と快適性の向上とを同時に実現できる改修工事です。しかし、単に建物外皮に断熱材を充填したり、設備を高効率なものに交換したりするだけで、直ちに両方の効果が得られる訳ではありません。施工した断熱材の連続性を確保すること、気密性を高めること、防露について十分に配慮することなどが同時に求められます。また、既存住宅の状態を十分に理解せずに改修を行っても、改修効果が発揮できなかつたり、結露などを招いて躯体の腐食などを進行させるなど、かえって予期せぬ不具合を招くことがあります。

そこで、まずⅠ省エネルギー改修の与条件・要求条件を把握する方法から、Ⅱ建物の簡易な診断方法、Ⅲ改修目標の設定、Ⅳ改修計画、そしてⅤ改修効果の予測の段階までを、手順に従って解説します。

1.2.1 与条件・要求条件の把握

既存住宅の省エネルギー改修の検討を始めるに当たり、まずは次の4点の現状を把握することが必要です。

a) 居住者のライフスタイルの確認

- 居住者のライフスタイルを把握することは、改修設計の基礎的な情報となると共に、改修目標を設定する際の重要な判断基準ともなります。
- 家族構成、ライフステージ
- 生活パターン(部屋ごとの使用時間など)
- 温熱環境や省エネルギーに対する要望(ヒートショック対策など)

b) 敷地の自然エネルギー利用の可能性

- 敷地の風通しや日照などの立地環境は、建物の内外に大きな影響を与えます。自然エネルギー利用の可能性も考慮しながら、現地を確認してください。
- 風通しの良さ(周囲の建築物の規模・形状・位置、樹木などの密度・種類)
- 日射遮蔽物の有無(近隣の高層建築、隣家、高木、擁壁など)

c) 省エネルギー以外の改修要望と必要性

- 建物外皮に関わる省エネルギー改修(断熱改修)と同時に実施することで、コストのメリットを生む改修工事があります。これらの上手な組み合わせを検討すると効果的です。
- 耐震改修、バリアフリー改修、水廻り改修、間取りの変更、内・外装改修の要望・必要性の有無など

d) 建物条件(「Ⅱ建物の診断」参照)

- 把握すべき与条件のうち最も重要な項目です。設計図書(確認申請図書など)の確認や事前調査を実施して、なるべく正確な情報を把握する必要があります。
- 壁、天井(屋根)、床、開口部(窓、玄関)などの断熱性・気密性の現状
- 内外装、それらの下地材を含めた建物仕様や構造に関わる現状
- 室内の温熱環境の現状

以後の改修を手戻りなく進める上でも、こうした現状の把握は重要な作業です。

1) ヒアリングの実施

ヒアリングは、設計の事前調査として最も重要な作業のひとつです。居住者の暑さ、寒さに関する日常生活の感覚から、建物の問題点を特定することができます。例えば、ヒアリングで玄関が非常に寒いとの指摘が有り、原因を確認したところ、上り框の下端が床下空間に直接つながっていたことがありました。これは、通常目視できない部分で、居住者も気づきませんでした。ヒアリングから特定できた改修のポイントでした。

また、日常生活において階段の上り下りで温度差を感じることや、夜間になっても2階が涼しくならないなど、様々な改修ポイントが明らかになります。さらに、生活のパターンなども話し合うことによって、建物の全体を対象に改修すべきか、もしくは、部分的な改修を検討すべきか、その基本的な方向性を確認することもできます。

こうした情報は、後に工事金額の見積りを作成して減額案が必要になった際にも、改修メニューの優先順位を決定する重要な情報となります。



表1 ヒアリング項目と確認事項

a) 居住者のライフスタイルの確認

ヒアリング項目の例	確認事項
①家族構成、ライフステージ	<ul style="list-style-type: none"> ・親世帯のみ、2世代同居など ・各部屋の使用状況(何年使うか等) ・子供達が家を出る時期
②生活パターン	<ul style="list-style-type: none"> ・部屋ごとの在室時間 ・暖冷房の使い方、機器の種類等 ・洗濯物の部屋乾しの頻度 ・換気扇の使用状況(浴室、トイレ、キッチン等)
③温熱環境に対する感覚	<ul style="list-style-type: none"> ・家族内での暑さ寒さに関する感覚 ・暑さや寒さを感じる場所や時間帯 ・ヒートショック対策の必要性
④電気・ガス・水道の使用状況	<ul style="list-style-type: none"> ・電気、ガス、水道の消費状況の把握 ・省エネルギーに関する関心(エアコンや照明の消し忘れ、エアコンの設定温度など)

b) 敷地の自然エネルギー利用の可能性

ヒアリング項目の例	確認事項
①季節ごとの風通し	<ul style="list-style-type: none"> ・各部屋の通風状況(風通しの良い部屋) ・季節の風向(居住者の生活感覚)
②日照条件	<ul style="list-style-type: none"> ・各部屋の日当たり状況 ・隣家の日陰の影響

c) 省エネルギー以外の改修要望・必要性

ヒアリング項目の例	確認事項
①従前の改修履歴の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・水廻りの改修 ・外装、屋根の修繕 ・内装の模様替え ・増築の有無
②内外装等の劣化に対する修繕の要望	<ul style="list-style-type: none"> ・外壁、屋根の劣化対策の必要性 ・配管、設備の更新時期の確認
③模様替えや水廻り修繕の要望	<ul style="list-style-type: none"> ・子供部屋の改装 ・キッチン、トイレ、浴室などの水廻りの改装、修繕
④耐震性、バリアフリーなどに関する要望	<ul style="list-style-type: none"> ・地震時における安全確保 ・床面段差や移動のし易さ ・手摺などの必要性

2) 建物の建設年代による推定

既存住宅の断熱性能を把握する手段として、建設年代から推定する方法があります。その年代別の平均的な性能は、その時代に一般的な構法や建材の仕様・性能と共に、建築基準法などの法規や金融機関の融資条件(住宅仕様)、建設される地域などによって異なります。当然ですが、建設年代が新しいほど住宅の基本性能は向上してきました。

表2は、その手がかりとなる既存住宅の断熱性能に関する実態調査を、平成11年省エネルギー基準における地域区分のIV地域について実施した結果です。調査物件数(65件)は多くありませんが、部位ごとの仕様(仕上材と断熱材)の大まかな傾向をつかむことができました。このような情報を参考にして、過去に設計もしくは施工した住宅の主な仕様を、近似的に推定することができます。

第3章では、この知見を基にケーススタディを行い、断熱改修の効果を推計しています。

表2 典型的な在来木造住宅モデルの仕様(IV地域)n=65 (下段が断熱仕様)

	～1981	1982～1991	1992～1998	1999～2003
屋根	和瓦	和瓦	彩色スレート	洋瓦
天井	繊維板	クロス	クロス	クロス
	GW10K t=25	GW10K t=50	GW10K t=100	GW16K t=160
外壁	ラスモルタル・リシン	ラスモルタル・リシン	サイディング	サイディング
	GW10K t=50	GW10K t=50	GW10K t=100	GW16K t=100
内壁	化粧合板	クロス	クロス	クロス
開口部	アルミサッシ シングルガラス	アルミサッシ シングルガラス	アルミサッシ シングルガラス	アルミサッシ ペアガラス
床	フローリング	フローリング	フローリング	フローリング
	無断熱	XPS (1B) t=20	XPS (1B) t=50	XPS (3B) t=45

※ GW:グラスウール、XPS(1B/3B):押出法ポリスチレンフォーム(1種/3種)

3) 図面による判断

建物の現況を調査する前に、図面などからその設計内容を確認することが重要です。入手できる図書類は建物が古くなればなるほど少なくなります。例えば、確認申請図書や見積図面(契約図面)などは保存されている可能性が高いと言えます。事前に建て主に用意してもらい、仕上表や矩計図(棒矩)をみて断熱材の有無と種類、サッシとガラスの種類などを確認します。その図面から得られた情報を基に、建物全体の断熱性能を判断することができます。実際には、設計図書と竣工した物件とではその内容が異なる場合があるため、目視できる小屋裏や床下などの実況見分が必要ですが、事前に建物の性能を推定・診断する上で欠かせない作業です。



調査で判明した断熱材の仕様を基に、住宅の保温性能を示す熱損失係数(Q値)を計算することができます。その結果から改修前の建物全体の断熱性能を推定することができます。

1.2.2 建物の診断

省エネルギー改修の基本的な設計条件である対象建物の断熱性、気密性に関する診断は、必ず実施する必要があります。ただし、建物の見えない部位の断熱性能などを破壊しない方法で正確に把握することは困難で、確立された診断手法もまだありません。そこで、ここでは比較的实施しやすい推定・診断手法を中心に紹介します。

1) 建物の実況見分

改修手法を選択するにあたり、設計図書だけでは情報が不十分なため、実況見分による状況の把握が欠かせません。本来、躯体の断熱性能は適切な施工がなされることを前提として得られるものですが、本書で扱うような改修物件の場合、建築された当時の温暖地では断熱・防露施工に対する認識が薄く、表3に示す壁と床の取合いなどの施工状況をよく確認する必要があります。

表3 実況見分が必要な部位の一覧

分類	部位	確認箇所
床	床	隙間の有無(和室は畳を剥がし、取合い及び荒床を確認)
	床下	断熱材及び防湿層の有無 床下換気口の有無 木材の劣化・腐朽状況
	地盤	基礎形状(ベタ基礎か布基礎) 地盤防湿等

壁	外壁	断熱材・防湿層の有無(床下及び階間空間より確認) 気流止めの有無(床下及び小屋裏空間より確認) 外装のクラック、漏水の形跡
	間仕切壁	気流止めの有無(床下及び小屋裏空間より確認)
天井	階間	下屋取合いの断熱材・防湿層の有無(階間空間より確認)
	小屋裏	断熱材・防湿層の有無 木材の劣化・腐朽状況 小屋裏換気口の有無
開口部	窓、玄関、勝手口	サッシ・ガラスの種類、パッキン・戸車の劣化状況、サッシ・ドアの立て付け、雨戸の有無

床回りに関しては、断熱材及び防湿層の有無に加え、壁との取合い部の隙間の有無を確認します。特に和室では畳を剥がすことによって取合いだけでなく、和室の畳下地板(荒板)の隙間の程度も確認することが出来ます(図2右)。和室以外でも在来軸組工法の床では根太の乾燥収縮等によって巾木と床の取合いに隙間が生じており、これらの隙間を把握することは気密性能を向上させるうえで重要です。また、小屋裏や床下換気口の面積が住宅金融支援機構の仕様を満たしているか、地盤防湿は適切に行われているか等を確認することも、断熱改修後の耐久性を維持する上で不可欠です。

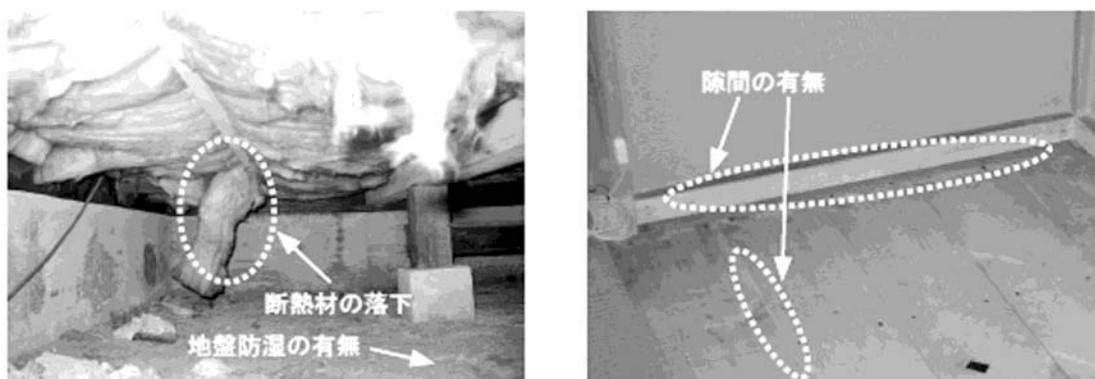


図2 床周りの実況見分の事例

壁に関しては、階間や小屋裏から断熱材の施工状況を確認することを推奨します。写真(図3左)のように断熱・防湿欠損がある場合は、改修後に開放型暖房機器の使用を控えることや換気の励行など内部結露防止のための対策が必要です。

階間については、断熱区画内である階間空間と下屋との取合いの処理を確認することが重要です。また、屋根の小屋裏換気口の有無は床下換気口と同様に住宅金融支援機構の仕様を目安にすると良いでしょう。



図3 壁の実況見分の事例

また、後から設置したエアコンの配管工事の際に断熱材を巻き込んだり、新築時の施工不良による断熱材の垂れや欠落等、部分的に断熱材が欠損していたりすることがあります。断熱材が使用され始めた頃は、居室に対する施工が中心でしたから、押入れ上部や廊下、トイレなどの非居室部分には、充填されていない場合もあります。そのような点にも十分注意して確認してください。



図4 エアコン設置工事の際に生じた断熱欠損の例



図5 押入れ上部の断熱欠損の例

モルタル壁やサイディング直張りなどの通気層を持たない外装では、クラックやシール部分の劣化より壁体内へ漏水が生じていることがあります。その様な状況で気流止め(P65 参照)を行うと壁体内の乾燥を阻害し、木材の腐朽を招きかねない状況となります。外壁の実況見分の際には、外装のクラックや漏水の形跡、土台や柱の腐朽を確認し、断熱改修前に外装の補修対策を施すことが必要です。

開口部については、サッシとガラスの種類、玄関や勝手口のドアなどの種類や開き勝手を確認します。温暖地の窓は、アルミサッシに透明単層ガラスの組み合わせが一般的です。また、網入りガラスが入った窓は防火目的のために使われていることがあるので、建築基準法等との関係も確認した方がよいでしょう。

サッシやドアの立て付け、戸車やパッキンの状況も合わせて見分してください。特に、使用頻度の高い引違いのサッシや玄関戸は、隙間風の原因となっている場合があります。また、図7のように下屋と窓の位置関係についても、屋根の放射熱が室内へ影響する可能性があるため、2階の窓と下屋や平屋の屋根との関係を確認してください。

その他、開口部の寸法および開口部廻りの窓台、窓枠の結露や雨水による腐朽、劣化の状況も

調べる必要があります。新規に入れ替えるサッシやドアの重量が既存のものより重くなる可能性があるため、下地となる木材の状況が設置できるか否かの判断基準になります。



図6 既存サッシやドアの実況見分の様子



図7 屋根の放射熱が室内に影響する下屋と窓との関係

2) 敷地の実況見分

敷地の立地環境は、地域性や周辺建物などの影響を受けてその状況は様々です。特に風通しや日照条件は、居住時のエネルギー消費と快適性に大きな影響を与えます。

敷地の実況見分においては、周辺の施設や隣家の日影範囲、建物周辺の樹木(高木)の影などについて、居住者のヒアリングを交えて確認します。特に日照条件が良い場合は、夏期の日射遮へい対策と冬期の日射取得の適切な両立を図るために、建物外皮の省エネルギー改修とともに検討する必要があります。

敷地の風通しは、夏期の省エネルギー対策として重要です。日照条件とともに居住者へのヒアリングによって確認、把握する必要があります。窓先のコンクリートテラスや隣接する駐車スペースの舗装面などは、夏期に日射を受けて蓄熱体となり、通風のための窓開けを促せない場合もあるので、そうした場所の有無も確認してください。

また、地域の風向・風速や日照時間については、公開されている気象庁のアメダスデータや区市町村のホームページなどを参考にするとよいでしょう。それらの気象条件は、附録で紹介する「自然風の利用」「日射熱の利用」など自然エネルギーを活用した省エネルギー改修でも重要な情報となります。



図8 夏期に蓄熱体となる窓先のコンクリートテラス



図9 日影に影響する3階建ての隣家

3) 温度センサーによる診断

断熱改修による熱性能の変化を簡易に把握するには、温度の測定が有効です。室内外の空気や外壁表面の温度を測定することによって、断熱性能の有無や温熱環境の程度を診断することが出来ます。

使用する機材としては、図 10 に示すような放射温度計やデータロガー一体型の温度センサーがあります。放射温度計は、測定対象から離れた位置から、ピンポイントで瞬時に表面温度の把握が可能な測定器です。ただし、赤外線放射エネルギーを変換するという特性により、一般に常温付近の精度は絶対値に対して $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 程度となります。一方、サーミスターや熱電対などの温度センサーは、表面温度及び空気温度の測定が可能な上、常温付近では放射温度計に比べ精度の高い測定が容易です。また、連続測定も可能なので、内外の温度変動を考慮した詳細な検討ができる利点があります。

① 外壁などの断熱性能の診断

外壁や床などの断熱性能を診断するためには、表面温度の測定が適しています。冬季の暖房時に、放射温度計や表面温度センサーなどを用いて室内側の表面温度を測定します。時間帯は、日射の影響が少なく温度が安定している夜間や朝方が望ましいとされています。図 11(左)は、冬季における室内と外壁の内外表面温度を測定した例です。方位が南側であったため、昼間は日射の影響を受けて温度が上昇していますが、夜間は断熱性能に応じて推移しています。グラフから判るように、断熱材の有無は 5°C 以上の差が生じるため、診断が容易です。

② 温熱環境の診断

住宅の断熱性能は温熱環境に反映されるため、室内の空気温度を測定することによっても診断が可能です。図 11(右)は、断熱改修前後の暖房時における室内上下温度分布を測定した結果です。暖房方式にもよりますが、外壁、床、開口部などの断熱性能が低い場合、コールドドラフトの影響によって1階床付近の温度が低下する傾向があるので、部屋の高さ方向中央と床付近の温度を同時に測定すると性能の差異が把握できると思われます。また、断熱性能の低い住宅では朝方の最低室温が 10°C を下回ることがあるので、データがあれば参考にすると良いでしょう。



図 10 温度センサーの例(左:放射温度計、右:ロガー一体型温度センサー)

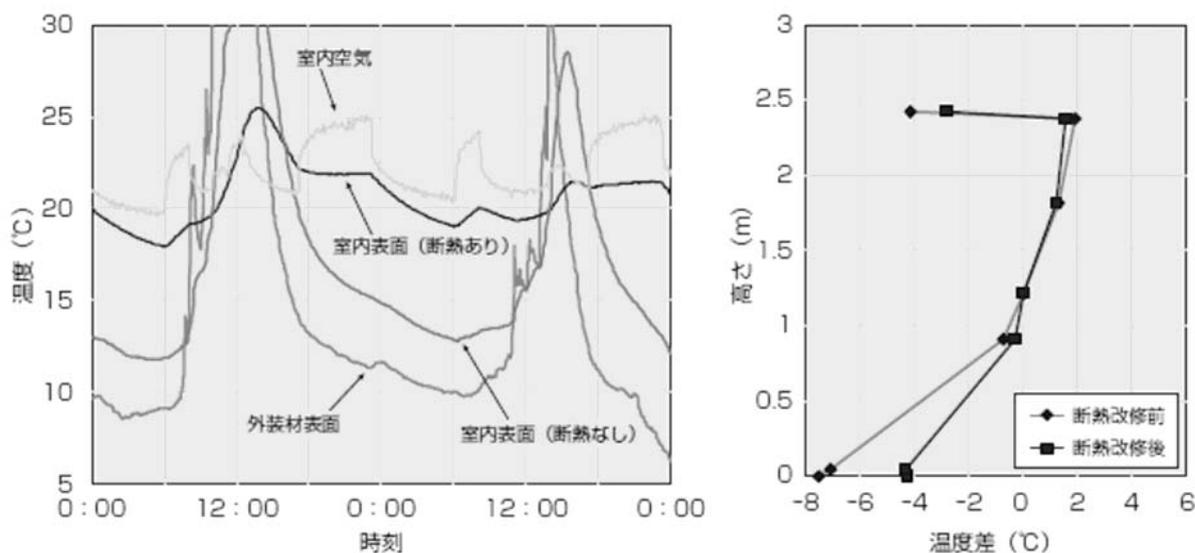


図 11 断熱材の有無による表面温度の差異(左)、断熱改修前後の室内上下温度分布(右)

4) 気密性能の診断

住宅の気密性は、断熱性ととも重要な性能です。気密性を向上することによって、「上下温度差の少ない快適な室内居住環境を実現できる」、「計画的な換気を行なえる」、「内部結露を防止できる」、「無駄な換気による熱損失を防げる」などといったいくつかの大きな効果を期待することができるからです。

① 気密性能 C 値と判断基準

住宅の隙間の大きさを設計図書から求めることはできません。現場で住宅の建物外皮の隙間の大きさ=総相当隙間面積 (cm²) を測定し、その値を実質延べ面積 (m²) で割って 1 m² あたりの相当隙間面積 (C 値) として求めます。この住宅の気密化の程度は住宅の気密性能 (cm²/m²) によって示されます。この値が小さいほど隙間が少なく、気密性の高い住宅になります。住宅の気密性能値は、「住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する建築主の判断の基準」の中で規定されています。現在は平成 11 年 3 月の第 2 回目の告示により、地域区分 I、II 地域では C 値 2.0 cm²/m² 以下、III、IV、V、VI 地域では 5.0 cm²/m² 以下の住宅としています。

② 気密性能の測定方法

気密性能の測定方法は「JIS A2201 送風機による住宅等の気密性能試験方法」として制定され、気密測定技能者が登録されています。測定は無償で実施される場合もありますが、有償の場合 5 万円前後で依頼することができます。住宅の開口部に送風機を設置し室内の空気を排出し(図 12)、その排出量(隙間からの通気量)と住宅内外の圧力差の関係から総相当隙間面積を算出します。気密性が低い住宅では、隙間が多いため送風機で空気を排出しても、抵抗なく隙間から空気が流入してくるため、排出量を大きくしても室内外の差圧はあまり大きくなりません。一方、気密性が高い住宅は少ない排出量で差圧が上昇します。C 値が 10 を超えるような隙間の多い住宅では十分な差圧を発生させることができないため、2 台以上の測定器を用いて測定する場合があります(図 13)。

③ 断熱改修と気密性能

既存木造住宅の気密性能は、壁耐力の構法の種類によって大きく異なります。構造用面材による耐力壁構造の枠組壁工法住宅は一般的に在来木造住宅より気密性能が高く気密化を行わなくてもC値は $5 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ 程度あります。一方在来木造住宅においては、気密化が行われていない筋交い工法ではC値は $10\sim 20 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ 程度です。断熱改修では、気密住宅の基準となるC値 $5 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ 以下に気密化することが一つの目安となりますが、それと同時に大切な点は外壁内及び間仕切壁の密閉化を行うことです。断熱した外壁が外気に対して密閉化されていないと、壁内気流により断熱材の保温性が発揮されません。同様に間仕切り壁が密閉化されていないと、間仕切り壁内の空気移動(上昇)により室内の熱が奪われてしまいます。気密性能の向上と同時に壁内の密閉化に配慮した設計・施工が断熱改修のポイントになります。



図 12 気密性能測定の様子



図 13 3台の気密測定器による測定

1.2.3 改修目標・方針の設定

1) 省エネルギー改修による効果

省エネルギー改修では、改修後のエネルギー消費の削減が第一義的な目標ですが、そのために断熱性や気密性を向上させると、一般的には同時に住戸内の温熱環境も改善されます。逆に言えば、冬に足もとが冷える、床が冷たい、すきま風や冷風を感じる、夏に天井が暑いなど、居住者が普段不満に感じている温熱環境を改善することが、省エネルギー改修によってできると言えます。このような観点から、居住者の実感や要望に合わせて、改修を住宅全体に行うのか、特定部位に限定するのかが選択します。

なお、断熱性や気密性を向上させればさせるほど、住戸内の温熱環境の均一性が高まります。しかしながら、既存住宅をそのように改修する方法は新築住宅に比べて困難を伴う場合が多く、例えば昭和55年基準レベルの住宅全体を平成11年基準レベルにまで引き上げるには、多くの費用がかかります。従って、現実には費用対効果を十分に考慮し、必要に応じた改修レベルに設定することが求められます。

2) 温熱環境の向上

温熱環境の快適性は、人が人体と外部との間の熱のやりとりを調節し、周囲環境とほどよいバランスを保つことによって得られます。このバランスに影響するのが、①代謝量(活動量)、②着衣量、

③室温、④放射温度(床や壁、窓等の表面温度)、⑤気流、⑥湿度の6つの要素です。

低い断熱レベルの住宅では、室温(室内中央付近の空気温度)が 20℃であっても、壁や窓、足元の表面温度は低く、放射(赤外線による熱の移動)によって体表面から熱が奪われ、寒く感じます。さらに暖房器の気流や、温度の低い表面による冷気の流れ(コールドドラフト)があると、奪われる熱がより大きくなり、体感温度が低くなります。体感温度(または等価温度)とは、人と室内の熱のバランスを室温、放射温度、および気流の影響を加えて表現した快適性を測る指標で、広く使われています。断熱レベルの高い住宅では、床や壁、窓等の表面温度が高くなるため、放射により奪われる熱の量が減り、さらに窓や壁付近の冷気も減少することから、室温と体感温度の差を小さくすることができます。

$$\text{体感温度の簡単な計算式} \quad \text{体感(等価)温度} \approx \text{表面温度} + \text{室温} / 2$$

※この簡易式は、気流の影響を考慮していません。室内に気流がある場合、体感温度は低く感じられる傾向があります

本書で検討の対象とするような昭和 55 年基準程度の住宅では、床の断熱性能や躯体の気密性能が低いため、断熱改修によって特に暖房時の温熱環境の大幅な改善を期待することができます。また、夏季は屋根面から侵入する熱が少なくなり、感覚的には冷房の効きが良くなるといった効果が得られます。また、近年では先に触れたように、こうした温熱環境の改善が住宅内における高齢者のヒートショックを予防するといった、健康面での効能の重要性も評価されています。

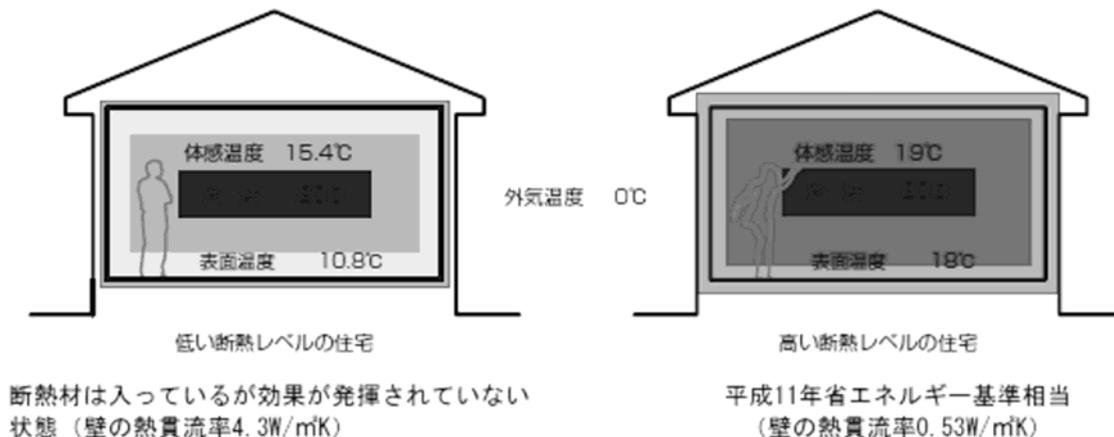


図 14 断熱レベルによる室温・表面温度と体感温度

3) インシヤルコスト

断熱改修のインシヤルコスト(初期費用)は、住宅全体を対象とした全体改修、部屋ごとの部分改修、屋根や床等を対象とする部位改修等、その規模と内容によって大きく異なります。例えば、小屋裏に断熱材を敷き込む部位改修であれば、延べ床面積 120 m²程度の一般的な総2階の住宅で 30 万円程度から可能です。一方、全体改修の場合は、断熱改修関連工事の範囲に限っても 1,000 万円以上かかる場合もありますが、得られる効果も新築の高性能住宅に匹敵するものになります。

いずれにしても、省エネルギー改修は予算やその他の事情によって行える内容が制限されるため、事前調査の結果を精査するとともに、同時に実施できるその他の修繕工事と組み合わせる費用対効果を検討することが現実的です。また、一度に全ての工事を実施するのではなく、季節ごとに気

になる部分を改修するなど、費用負担を時間的に分散する方法も考えられます。2章では断熱改修の工法ごとにインシャルコストの目安となる㎡あたりの工事単価を掲載してありますので、参考としてください。

4) ランニングコスト

図 15 は断熱改修によるランニングコストの変化を示したものです。ここからわかるように、ランニングコストは暖冷房の条件、すなわちライフスタイルによって大きく異なり、暖冷房時間や空調対象室が多いほど、断熱による効果も大きくなります。従って、暖冷房時間の長い世帯では、改修工事にかかるインシャルコストを早い時期に回収できます。また、断熱改修は暖冷房費用の削減だけでなく、温熱環境の向上という効果があるため、健康や快適性を得るための投資といった側面も持ち合わせています。

表4 断熱水準と省エネルギー効果

断熱水準	省エネルギー効果 (暖房エネルギー削減率)		熱損失係数
	部分間欠暖房	全館連続暖房	
レベル0:昭和 55 年省エネルギー基準相当等の断熱水準	0	0	5.2W/㎡K以下
レベル1:平成4年省エネルギー基準相当の断熱水準	20%程度	40%程度	4.2W/㎡K以下
レベル2:レベル1とレベル3の中間相当の断熱水準	35%程度	50%程度	3.3W/㎡K以下
レベル3:平成 11 年省エネルギー基準相当の断熱水準	45%程度	60%程度	2.7W/㎡K以下

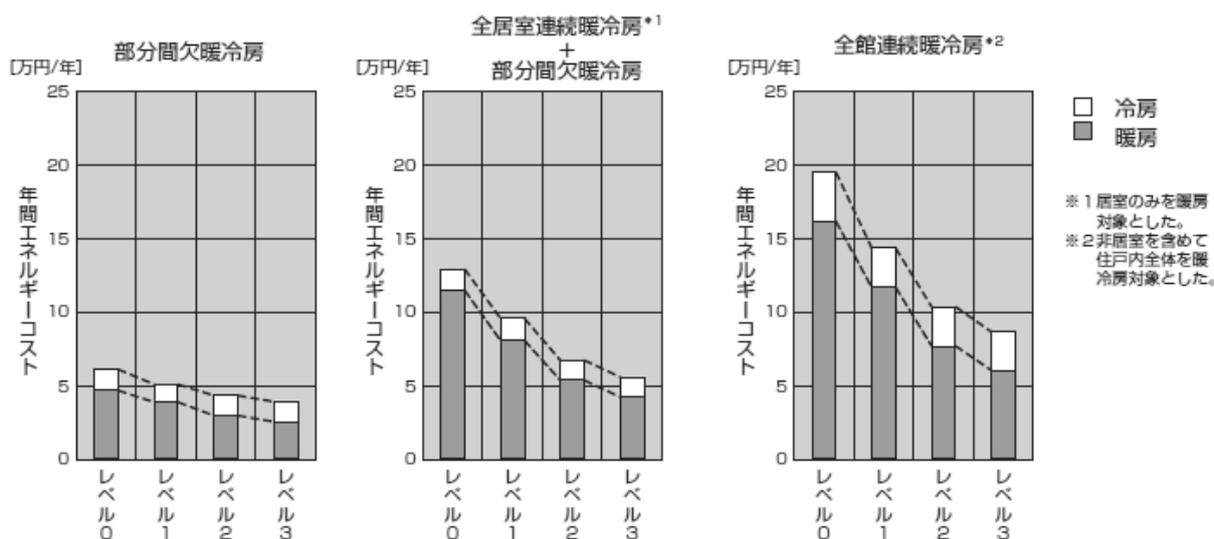


図 15 断熱水準と暖冷房費用

1.2.4 改修計画

前段階で設定した目標や方針に従って、それを達成するための改修部位と改修工法を選択します。

部位ごとに適用できる工法については、第2章で詳しく解説しています。また、それらを適用した改修事例については第4章をご覧ください。

1.2.5 改修効果の予測

与条件や前提条件が複雑に異なる個別のケースについて、省エネルギー改修による効果を正確に予測することは非常に困難です。そこで、本書では典型的な住宅例を取り上げ、それらの省エネルギー効果を第3章で解説します。

第2章 建物外皮の省エネルギー改修

建物外皮に関する省エネ改修設計では、居住者に対するヒヤリングや建物診断から明らかとなった断熱材の施工状況から、改修する部位の優先順位を検討します。一般的には、まず無断熱の部位を断熱化することから始めます。また、既に設置されている断熱材が特に劣化していなければそのまま利用し、その断熱性能が十分発揮できるように、床下では断熱材のたるみなどの補修、天井では断熱材を敷き直しや欠損部分の充填などの対策を施します。

2.1 改修方法の選択

前段では与条件・要求条件の把握、および建物診断の結果を踏まえて省エネルギー改修の目標像を設定しましたが、それを実現するために、どの部位をどのような工法で改修すべきかについて検討します。

2.1.1 改修規模の検討

改修設計では、居住者に対するヒヤリングや建物診断から明らかとなった断熱材の施工状況から、改修する部位の優先順位を検討します。一般的には、まず無断熱の部位を断熱化することから始めます。また、既に設置されている断熱材が、結露などによる原因で特に劣化していなければそのまま利用することとし、その断熱性能が十分発揮できるように、床下では断熱材のたるみなどの補修、天井では断熱材を敷き直しや欠損部分の充填などの対策を施します。

表1 改修規模の比較

改修規模	改修の概要	長 所	短 所
①部位改修	<ul style="list-style-type: none"> 既存の断熱材が壁や天井などに施工されている 屋根・天井、外壁、床、開口部などの無断熱の部位を断熱改修する 	<ul style="list-style-type: none"> 床や屋根であれば安価に改修できる工法がある 内外装の工事を伴わない断熱改修を実施できる 工期が短かく(1日～3日程度)、住まいながらの改修が可能である 	<ul style="list-style-type: none"> 既存の断熱材の性能が低い場合、目標とできる性能値は中程度で、快適性の向上を期待 無断熱の部位全てに断熱材を施工しない場合(外壁を改修しない場合など)は、建物全体の断熱区画が形成できない
②全体改修	<ul style="list-style-type: none"> 屋根や外装の修繕、室内の改装、設備更新など、他の改修工事(耐震改修、バリアフリー改修など)と合わせて断熱改修を実施する 大掛かりな改修工事となる 	<ul style="list-style-type: none"> 高性能な断熱材を全ての部位に施工することができるため、高い断熱性能の改修目標レベルを目指すことができる 耐震改修やバリアフリー改修などの組み合わせが容易である 	<ul style="list-style-type: none"> 断熱工事の範囲にとどまらない壁等の躯体を含む改修工事となり、費用がかかる 関連工事が多くなり工期が長くなる(概ね1.5ヶ月～) 工法によっては住まいながらの改修が困難である
③部分改修	<ul style="list-style-type: none"> ライフステージの変化に合わせて、中心的な生活の場を断熱改修する 1階の範囲、もしくは、部屋単位での改修を行う 	<ul style="list-style-type: none"> 利用頻度の高い部屋の局所間欠暖房に効果的 比較的短工期で安価に工事が実施できる 	<ul style="list-style-type: none"> 非暖房室との温度差が大きくなる(ヒートショックの問題) 非暖房室への結露対策が必要である

例えば、築 20 年程度の住宅の場合、壁には断熱材が施工されていますが、床や天井は断熱されていないケースがよくあります。改修する住宅がそれに該当する場合、床や天井の全面に断熱材を充填します。この方法は、部位ごとの改修(以下、①部位改修)と呼び、無断熱であった部位が断熱化されることで、建物全体に連続した断熱区画が形成されます。部位改修は、既存断熱材をそのまま活かすことが基本であるため、平成4年基準程度の断熱性能が改修目標の目安となります。

さらに、平成 11 年基準を上回るレベルの断熱性能を目指すような高度な目標を設定する場合は、既存断熱材を撤去・更新したり補強したりして、全ての部位の性能を強化する建物全体に及ぶ大掛かりな改修(以下、②全体改修)を検討します。

また例えば、居住者のライフステージ等の変化に伴って常時使用する部屋が減り、1階の居室(居間、和室、食堂)などに生活空間が集中している場合などは、その居室群を部分的に改修(以下、③部分改修)する選択肢もあります。このように、改修規模も様々なケースが想定できますが、個々の状況に応じて最適解を検討することが必要です。

表1に3つのケースに関してそれぞれの特徴を整理しました。

2.1.2 建物外皮の基本構成

建物外皮の改修によって形成される新たな建物外皮は、室内で発生した湿気を壁や屋根の内部に侵入させないようにすることが基本です。建物外皮の構成によっては、それが冬期に内部結露を引き起こす原因となります。結露を防止するための基本的な考え方は、断熱層を中心に室内側に透湿抵抗の高い材料で防湿層を形成し、外側は透湿抵抗の低い材料で透湿性を確保しながら、防水・防風の機能を持つ防風層の構成とすることです(図1)。そして、壁と屋根、壁と床などの取り合い箇所で、切れ目無く連続して施工されていなければなりません。

改修の対象となる既存住宅の多くは築 20 年程度で、断熱が適切に施工されていない場合があります。このような住宅を改修する場合は、外壁の外側に断熱材を施工する外張断熱工法を選択すると、十分な断熱層を新たに形成することができます。一方、外壁の内と外から仕上げ材を撤去して改修する方法では、新たな防湿層の設置が求められます。

また、室内側からの改修で外装を更新しない場合は、内部結露を防止するために、防湿層の設置に加え室内湿度を低く保つ等の対策が不可欠です。内装仕上げ材にビニルクロスを施工することも、壁内への水蒸気の侵入量を低減するうえで一定の効果が期待できます。しかし、壁と天井・床などの取り合い箇所で防湿層が連続していない場合、基本的には室内の水蒸気発生量を減らし、湿度を低く保つことが必要です。

また、換気設備改修を同時に実施し十分な換気回数を確保することや、床下や小屋裏に必要なに応じて換気口を設置するなどの対策も検討する必要があります。

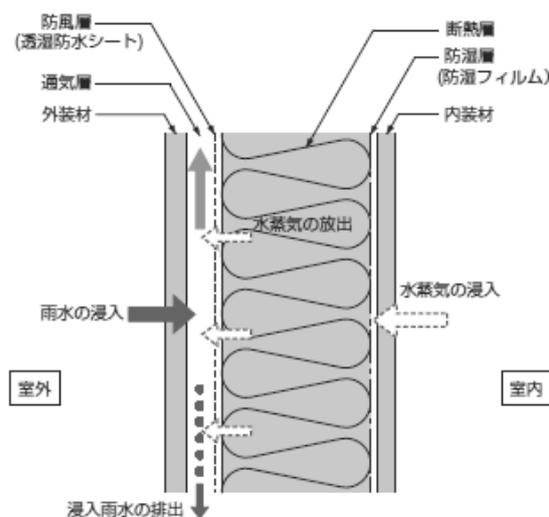


図1 建物外皮の基本的な構成(外壁縦断面)

※断熱改修工事による防露性能への影響については、2.2.11 で詳しく解説しています。そちらも参照してください。

表2 改修による断熱層の形成

部位	断熱材の位置	改修による断熱層の形成
屋根	野地板の外側	野地板の外側に断熱材を設置し、通気層を確保して断熱層を形成する。一般に、透湿抵抗があり吸水率が低い断熱材を用いることが多いので防湿層は必要ない。断熱区画が屋根面になるので、その室内側となる小屋裏に断熱材がある場合は撤去し、妻壁に断熱材を設置して換気口を塞ぐ
	垂木間	垂木間に断熱材を設置すると湿気が侵入した場合、野地板の裏面で結露する可能性が高い。必ず垂木下端に防湿シートなどで防湿層を形成し、野地板の裏面に通気層を採る建物外皮の構成とする。断熱区画を屋根面とする場合、小屋裏の断熱材は撤去し、妻壁に断熱材を設置し換気口は塞ぐ。屋根面及び天井面の二重断熱層とする構成もある
天井	小屋裏(天井裏)	防湿フィルム付きの断熱材、もしくは、防湿層を室内側(天井面)に設置して、断熱層を形成する。温暖地の場合、防湿フィルム付きの断熱材を隙間なく施工すれば小屋裏での結露発生の危険性は低い。ただし、必ず小屋裏換気の対策を講じること
外壁	軸組みの外側	軸組みの外側に断熱材を設置し透湿防水シートなどで防風層を設ける。新規の外装下地に通気層を確保し断熱層を形成する。一般に透湿抵抗の高い断熱材を用いることが多いので防湿層は必要ない。既存の断熱材は残したままでもよい
	柱・間柱間 室内側	外装を撤去し外側から断熱材を充填する場合は、建物外皮の再構成が可能である。室内側からの充填で外装を更新しない場合は、防湿層の設置に加え室内湿度を低く保つ等の対策が不可欠である
床	根太間・床上	既存床に合板と同等の防湿性と気密性を有する材料が最も室内側にあれば、防湿層の設置は必要ない。ただし、床下は開放空間とし湿気を換気し易い状態を確保すると共に、室内湿度を低く保つなどの対策が不可欠となる
基礎	基礎の外側	基礎の立ち上がり部分を防湿層とし、透湿抵抗が高く吸水率が低い断熱材を用いて断熱層を形成する。床下は、室内と同等扱いとなるため、基礎は湿気対策として防湿コンクリートもしくはベタ基礎である必要がある

2.1.3 各部位の断熱改修工法の概要

各部位の断熱改修工法には、大きく分けて建物外皮の内側から改修する工法と外側から改修する工法があります。以下に、各部位の断熱改修工法の概要について解説します。

1) 屋根

既存の屋根材を撤去して施工する①外張断熱工法と、既存野地板面に建物の内側(小屋裏)から断熱材を施工する②吹付断熱工法、垂木間に断熱材を施工する③充填断熱工法の3種類があります。どの工法も部位改修もしくは全体改修に適した工法です。

工法	概要
①外張断熱工法	既存の屋根材を撤去し野地板の上面に断熱材を貼付けます。
②吹付断熱工法	小屋裏から野地板の裏面に断熱材を吹付けます。天井面に断熱材がある場合は、残して2重断熱とする方法と、天井と断熱材を撤去して小屋裏を室内化する方法があります。吹付け作業は専門業者の施工となります。
③充填断熱工法	小屋裏から垂木間に断熱材を充填します。既存天井面を撤去して勾配天井などに改装する場合に適しています。野地板裏面での結露に注意し防湿対策が重要になります。

2) 天井

小屋裏に断熱材を設置する場合と、室内側から天井面に断熱材を設置する場合とに分類されます。小屋裏での断熱化には、①吹込断熱工法と②敷込断熱工法があります。特に敷込断熱工法は、改修規模を問わずに採用できますが、吹込断熱工法は、小屋裏全体を対象に施工するため、部位改修もしくは全体改修に適しています。室内側からの断熱化は、③張付断熱工法となります。断熱材の厚み分だけ天井が下がるため、薄くて断熱性の高い断熱材を選択します。また、天井面の断熱材は間仕切壁などにより断熱区画を連続させることが難しいため、部分改修に適しています。

工法	概要
①吹込断熱工法	綿状の断熱材を専用機械で吹込みます。施工前に外壁・間仕切壁上部の隙間にこぼれ防止として気流止めを設置します。吹込み作業は専門業者の施工となります。
②敷込断熱工法	防湿フィルム付きのマット状断熱材を隙間無く敷詰めます。
③張付断熱工法	既存天井面を下地として断熱材を貼付けます。

3) 壁(外壁・間仕切壁)

躯体の外側から施工する①外張断熱工法と、室内側から施工する②充填断熱工法、③張付断熱工法の3種類があります。外張断熱工法、充填断熱工法は全体改修に適しており、同時に耐震改修と組み合わせると効率的です。また、室内側から施工する張付断熱工法は、断熱材の厚み分だけ室内が狭くなるため、薄くて断熱性の高い断熱材を選択します。間仕切り壁などにより断熱区画を連続させることが難しいため部分改修に適しています。

工法	概要
①外張断熱工法	既存外装を撤去するかもしくは既存外装を下地として躯体の外側に断熱材を設置します。
②充填断熱工法	既存外装を撤去もしくは室内側の内装を撤去して、柱・間柱間に断熱材を充填します。この場合は新築工事と同様の施工方法となります。
③張付け断熱工法	既存内装を下地として断熱材を貼付けます。防湿対策が重要です。

4) 床（最下階床）

床下から根太・大引き間に断熱材を設置する①充填断熱工法と、室内側から床材上面に設置する②張付断熱工法があります。充填断熱工法は、既存床材はそのままで床下から施工する方法と、床の修繕などに組み合わせて、床材を剥がして根太・大引き間に設置する施工方法の2種類です。

床下からの充填断熱工法は部位改修もしくは全体改修に適しています。一方、室内からの張付断熱工法は、間仕切壁などにより断熱区画を連続させることが難しいため部分改修に適しています。ただし、断熱材の厚み分だけ床が上がるため、薄くて断熱性の高いボード状断熱材を選択するとともに、敷居部分のバリアフリー対策が必要です。床を剥がす場合は、新築と同等の扱いとなります。

工法	概要
①充填断熱工法	床下もしくは室内側から根太間や大引き間に断熱材を充填します。床下から設置する場合は、断熱材を根太・大引き間に充填して落下／垂れ下がり防止用の受け材を設置します。室内側からの施工では、床仕上げ材を撤去し新築と同様の施工となります。
②張付断熱工法	室内側から床材に断熱材を貼付けます。敷居部分に段差を吸収する対策が必要です。

5) 基礎

基礎は、床で断熱区画を設けない場合に断熱します。工法は、基礎の外側もしくは内側から断熱材を貼付ける①基礎張付断熱工法です。張付断熱工法は、外壁と共に外張断熱工法として採用する場合などの全体改修に適しています。また、シロアリ対策として防蟻処理済み断熱材を選択したり、金属メッシュで物理的にシロアリの進入を防いだりする必要があります。

工法	概要
①基礎張付工法	基礎の外側もしくは内側に断熱材(防蟻対策品)を貼付けます。

6) 開口部

窓ガラスだけを交換する①アタッチメント工法とサッシごと取替える②カバー工法、③カット工法、室内側に窓を追加する④二重化工法があります。アタッチメント工法、カバー工法、二重化工法は部分改修に、カット工法は全体改修または部分改修に適しています。

工法	概要
①アタッチメント工法	既存サッシはそのままで、ガラスだけをアタッチメントを介して高性能ガラスに交換します。
②カバー工法	既存サッシに新たにかぶせる形で新たにサッシを設置します。
③カット工法	外壁をカットして既存サッシを取り除き、新たにサッシを取付けます。
④二重化工法	室内側に内窓を追加します。

7) 外壁・間仕切り壁上下（気流止め部位）

壁体内に流入する外気の侵入を抑える工法として、外壁・間仕切壁の上下の隙間を塞ぐ①気流止め工法があります。気流止め工法は、断熱区画が躯体の内側(充填断熱工法)の場合に必要となります。

工法	概要
①気流止め工法	外壁・間仕切り壁の上下端(小屋裏、床下、階間)に隙間なく断熱材(気流止め部材)を挿入します。

2.1.4 断熱材の種類と設置部位

断熱材の種類は大きく分けて3つに分類されます。住宅用の断熱材としては、最も需要が高いグラスウールなどの①無機繊維系断熱材、プラスチック系原料に発泡剤を用いて微細な気泡を内包させた成形板の②発泡系断熱材、③真空断熱材の3種類です。

それぞれの断熱材は、材料の特質に応じて異なる特徴が有りますが、改修計画においては、材料の断熱性や防湿性、部位に適した扱いやすさが問われます。どのような断熱材を選択すべきか、これは、現場での施工性と改修後の性能を大きく左右する検討項目です。ここでは、建物外皮の断熱改修で利用される代表的な断熱材と、屋根や外壁、床下などの部位ごとに、扱いやすい断熱材の種類を整理しました。

- ・ 屋根:屋根材の修繕工事との組み合わせや住まいながらの改修工事の場合、外張断熱工法による発泡プラスチック系断熱材の採用が考えられます。また、小屋裏から野地板面への吹付断熱工法による現場発泡断熱材(硬質ウレタンフォームなど)なども適しています。ただし、高発泡ウレタンフォーム(JIS A9526 に規定するA種3)等の透湿抵抗が低い断熱材を使用する場合は、野地板の裏面での結露が懸念されるため、通気層や防湿層による防露対策を合わせて行う必要があります。
- ・ 小屋裏/天井:梁や束、吊木などが配置され、かつ、桁周辺は非常に狭いため、容易に変形できる無機繊維系断熱材を選択します。その中でも、狭い個所や複雑に入り組んだ場所に充填しやすい吹込み用のバラ状断熱材は、小屋裏(天井)に非常に適しているといえます。
- ・ 壁:外装の修繕工事や住まいながらの改修工事の場合、外張断熱工法の採用が考えられます。外張りに適応する断熱材は、発泡プラスチック系、無機繊維系ともに利用される事例が多くあります。断熱材の種類によっては胴縁を設置する必要があるため、その部分の熱橋や断熱層の防湿性を十分に考慮します。また、室内から改修する場合も、前述した断熱層の基本構成を検討しながら断熱材の特徴を踏まえて選択します。
- ・ 床:床下からの充填断熱工法であれば、ボード状の無機繊維系断熱材が適しています。床下から根太間に充填するためには、断熱材にある程度の柔軟性が必要です。硬すぎると自由が利かなくなり施工性が悪くなります。
- ・ 気流止め:気密性を高めるための気流止め工法は、非常に狭い隙間に断熱材を充填する作業となるため、形を自由に変えられる無機繊維系断熱材が有利です。また、部分的に充填できない場合は、スプレー缶タイプの現場発泡断熱材を併用することが望まれます。

建物外皮の断熱改修を住まいながら実施する場合は、室内の養生を充分に行ってください。特に無機繊維系断熱材は、材料の切断時などに細かい繊維が飛散するため注意が必要です。施主に断熱材の特徴を説明すると共に、施工時の状況なども同時に伝える必要があります。

表3 断熱材の種類と特徴

分類	名称	形状	材料としての特徴	断熱施工上の留意点	
繊維系断熱材	無機繊維系	グラスウール	マットボード バラ状(吹込み用)	ガラスを繊維状にしたもので、空ビンや廃棄ガラスなども原料にできる。安価であり、耐熱性、吸音性に優れる。密度、繊維径により断熱性能を調整できる。透湿性が高い	日本の木造住宅では最も使用されてきた断熱材。袋入り(マット状)、ボード状、バラ状(吹込み用)など様々な形状で販売されているので、施工状況に応じて適したものを選択する。充填断熱、外張断熱(ボード状のもの)、吹込みなど、様々な施工が可能。ただし、グラスウールだけでは透湿性が高いので、防湿には十分留意して施工する必要がある。また、袋入りのものを施工する場合には、断熱欠損の防止や気密性の確保にとりわけ注意しなければならない
		ロックウール	マットボード バラ状(吹込み用)	製鉄高炉のスラグや玄武岩を原料として、それらを短い繊維にしたもの。安価であり、耐熱性、吸音性に優れる。特に耐火性に優れているため、耐火被覆材として用いられている。透湿性が高い	袋入り(マット状)、ボード状、バラ状(吹込み用)など様々な形状で販売されているので、施工状況に応じて適したものを選択する。充填断熱、外張断熱(ボード状のもの)、吹込みなど、様々な施工が可能。ただし、ロックウールだけでは透湿性が高いので、防湿には十分留意して施工する必要がある。また、袋入りのものを施工する場合には、断熱欠損の防止や気密性の確保にとりわけ注意しなければならない
	木質繊維系	セルローズファイバー	バラ状(吹込み用)	古紙やパルプを繊維状にほぐし、難燃・撥水処理したものの。材料自体はリサイクル品であるので、安価である。吸音性と吸放湿性に優れる。透湿性が高い	ほとんどは専門業者による吹込み工法による施工となるので、その分、割高となるが、断熱欠損がほとんどない良質な施工となる。もちろん、透湿性が高いので、防湿には十分留意して施工しなければならない
	その他の繊維系	羊毛断熱材	マット	羊毛をマット状に整形したものの。吸音性に優れる。透湿性が高い	まだ、市場シェアは低い。基本的には、グラスウールやロックウールと同様に、防湿性、気密性、断熱欠損に留意して施工しなければならない
		ポリエステル断熱材	マット	廃ペットボトルなどを繊維状にした断熱材。吸音性に優れる。透湿性が高い	
発泡系断熱材	発泡プラスチック系	ビーズ法 ポリスチレンフォーム	ボード ビーズ(粒状)	ポリスチレン樹脂のビーズを予備発泡させ、金型に充填し加熱発泡させ成型したもの。比較的安価である。繊維系に比べれば、透湿性は低い。押出法ポリスチレンフォームなどよりは透湿性が高い	主にボード状のものを、外張工法、充填パネル工法、根太間の断熱などとして用いる。透湿抵抗は繊維系断熱材に比べれば高いが、防湿性と気密性には一応、留意しなければならない

表3 断熱材の種類と特徴(続)

分類	名称	形状	材料としての特徴	断熱施工上の留意点	
発泡系断熱材	発泡プラスチック系	押出法 ポリスチレンフォーム	ボード ポリスチレンまたはその共重合体に発泡剤、添加剤を溶融混合し、連続的に押出発泡成形しボード状にしたもの。独立気泡構造なので、熱伝導率は繊維系のものと比較すれば小さく、通気性は低い。比較的剛性もあり、吸水率が低い。透湿性が低いので、材料内部での結露のリスクが低い	外壁・屋根に関しては、主に外張工法や充填パネル工法として用いられる。吸水性が低いので、地下室や基礎、土間の断熱には多用される。透湿性が低いので、地域によっては防湿層を省略できる	
		硬質ウレタンフォーム	ボード 液状(吹付け用)	原料は樹脂と発泡剤。工場でボード状に成形したものと、現場で発泡させるタイプのもがある。独立気泡構造なので、熱伝導率は繊維系のものと比較すれば小さく、通気性は低い。また、現場発泡には連続低密度タイプ(A種3)のもがあるが、これは連続気泡構造なので、透湿性が高く、熱伝導率も繊維系並みである	ボードについては、外張工法、充填パネル工法などとして用いる。透湿性が低いので、地域によっては防湿層を省略できる。現場発泡は、基本的に専門の業者が施工を行う。小さな隙間にも充填発泡できるので、高气密の施工が可能。製品により透湿抵抗が異なり、防湿層の省略の可否は地域と製品によって異なる。基本的に高発泡品(A種3)は防湿が不可欠
		フェノールフォーム	ボード	フェノール樹脂に種々の変性を行い、発泡硬化させて得られた製品。独立気泡構造であり、その気泡が小さいので、熱伝導率が小さく、透湿性が低い。不燃性、低発煙性のため準不燃材として認定されている。やや高価	外壁・屋根に関しては、主に外張工法や充填パネル工法として用いられる。透湿性が低いので、地域によっては防湿層を省略できる
	無機発泡系	炭酸カルシウム発泡体	ボード	炭酸カルシウムを発泡させたもの。独立気泡構造なので、透湿性や通気性は低く、材料内部での結露のリスクは低い。不燃材である。高価	まだ、市場シェアは低いが、基本的には、発泡プラスチック系のボード状断熱材などと同様にして施工する
		発泡ガラス	ボード	ガラス微粉末に発泡剤を加えて焼成した多泡質ガラス断熱材。独立気泡構造なので、透湿性や通気性は低く、材料内部での結露のリスクは低い。シロアリの食害を受けない。高価	
真空断熱材	ウレタン、スチレンなど	ボード	数ミリ厚の発泡プラスチック系断熱材などの気泡を真空にして、アルミ箔で密封したもの。熱伝導率は最も小さい。高価。四周にアルミ箔の耳部分が必ず生じる		

2.2 断熱・遮熱・気密改修

2.2.1 断熱・遮熱・気密改修工法の一覧

ここでは、木造住宅に適した断熱・遮熱・気密改修に関わる 16 種類の手法を取り上げます。以下の表4には、部位毎に適用可能なその 16 種類を含む多様な手法を列記し、省エネルギー改修計画の基礎情報を整理しました。

表4 断熱・遮熱・気密改修手法の一覧

部位	改修内容	手法の概要			適性
		基本方針	既存部の処理	改修方法	
屋根	断熱	<ul style="list-style-type: none"> ・屋根の外側から断熱改修する ・小屋裏を室内と同等扱いとする ・断熱材の施工位置を屋根に変える ・壁の断熱材との連続性を確保する 	<ul style="list-style-type: none"> ・屋根材および防水層を撤去する ・既存の天井断熱材がある場合は撤去する ・小屋裏換気口がある場合は閉鎖する 	<ul style="list-style-type: none"> ・野地板の上部に断熱材を敷設する ・新規に野地板を設置し、防水層から屋根を葺き換える →手法1:屋根外張断熱工法	部位・全体
			<ul style="list-style-type: none"> ・板金屋根(瓦葺き)を下地とする ・既存の天井断熱材がある場合は撤去する ・小屋裏換気口がある場合は閉鎖する 	<ul style="list-style-type: none"> ・既存の板金屋根の上に断熱材を敷設する ・新規に野地板を設置し、防水層から屋根を葺き換える。 →屋根外張断熱工法	部位・全体
	<ul style="list-style-type: none"> ・小屋裏側から断熱改修する ・小屋裏を室内と同等扱いとする ・断熱材の設置位置を屋根に変える ・壁の断熱材との連続性を確保する 	<ul style="list-style-type: none"> ・屋根はそのままとする ・既存の天井断熱材がある場合は、撤去する ・小屋裏換気口がある場合は閉鎖する 	<ul style="list-style-type: none"> ・垂木間に断熱材を充填、または、断熱材を吹き付ける →屋根充填断熱工法 注1)断熱材と野地板の間に通気層を確保する →屋根吹付断熱工法 注2)断熱材の種類によって注1)を考慮する	部位・全体	
	遮熱	<ul style="list-style-type: none"> ・小屋裏側から遮熱改修する 	<ul style="list-style-type: none"> ・屋根はそのままとする ・既存の天井断熱材がある場合は残して活用する ・既存屋根に棟換気口を設置する 	<ul style="list-style-type: none"> ・垂木下端に遮熱フィルムを貼付ける →手法2:屋根遮熱工法	部位・全体
壁) 下屋(下	断熱	<ul style="list-style-type: none"> ・下屋が取付く胴差の下端から下屋天井までの範囲を断熱改修する ・階間部分を塞ぐ 	<ul style="list-style-type: none"> ・下屋の天井の一部を撤去、もしくは、点検口を設ける 	<ul style="list-style-type: none"> ・胴差から天井までの間(下り壁)を合板などによって塞ぎ、断熱材を設置する →下り壁充填断熱工法	全体

部位	改修内容	手法の概要			適性
		基本方針	既存部の処理	改修方法	
天井	断熱	<ul style="list-style-type: none"> ・小屋裏側から断熱改修する ・断熱材を追加もしくは入替える ・壁の断熱材との連続性を確保する 	<ul style="list-style-type: none"> ・天井はそのままとする ・既存の天井断熱材がある場合は、原則として残して活用する(湿気・結露などで劣化し、状態が悪い場合は撤去する) 	<ul style="list-style-type: none"> ・既存断熱材は敷直す ・天井裏に断熱材を敷込む ・小屋裏換気が無い場合は、換気口を設置する →手法3:天井敷込み断熱工法 関連工事)小屋裏気流止め工法、階間気流止め工法	部位・全体・部分
天井	断熱	<ul style="list-style-type: none"> ・小屋裏から断熱改修する ・断熱材を追加もしくは入替える ・壁の断熱材との連続性を確保する 	<ul style="list-style-type: none"> ・天井はそのままとする。 ・既存の断熱材がある場合は、原則として残す(防湿層としての利用を検討する) 	<ul style="list-style-type: none"> ・防湿シートを敷設する(既存断熱材で置き換える場合、施工困難な場合は省略できる) ・小屋裏に断熱材を吹込む ・小屋裏換気が無い場合は、換気口を設置する →手法4:小屋裏吹込断熱工法 関連工事)小屋裏気流止め工法	部位・全体
		<ul style="list-style-type: none"> ・室内側から断熱改修する ・断熱材の位置を室内側に変える ・既存断熱材がある場合は付加する ・壁の断熱材との連続性を確保する 	<ul style="list-style-type: none"> ・天井を下地とする ・既存の断熱材がある場合は、そのままとする 	<ul style="list-style-type: none"> ・天井に室内側から断熱材を貼付ける ・下地材を設置し内装を仕上げる →手法5:天井内張断熱工法 関連工事)階間気流止め工法	部分
	気密	<ul style="list-style-type: none"> ・小屋裏から気密改修する 	<ul style="list-style-type: none"> ・天井はそのままとする 	<ul style="list-style-type: none"> ・小屋裏から外壁および間仕切壁の上端部に気流止めを設置する →手法6:小屋裏気流止め工法	体部位・
		<ul style="list-style-type: none"> ・室内側から気密改修する 	<ul style="list-style-type: none"> ・天井付近の壁を帯状(幅 200mm程度)に撤去する 	<ul style="list-style-type: none"> ・撤去した内壁から気流止めを挿入する ・撤去部分を補修し、内装を仕上げる →階間気流止め工法	部分

部位	改修内容	手法の概要			適性
		基本方針	既存部の処理	改修方法	
外壁	断熱	<ul style="list-style-type: none"> 外壁の外側から断熱改修する 断熱材を充填もしくは入替える 天井(屋根)・床の断熱材との連続性を確保する 	<ul style="list-style-type: none"> 外装材を撤去する 既存の断熱材がある場合は撤去する 	<ul style="list-style-type: none"> 外壁側から柱、間柱間に断熱材を充填するか、あるいは断熱材を吹付ける →外壁充填断熱工法(新築同等) →外壁吹付断熱工法(新築同等)関連工事)小屋裏気流止め工法、床下気流止め工法 	全体
		<ul style="list-style-type: none"> 外壁の外側から断熱改修する 断熱材の施工位置を軸組みの外側に変更する 屋根・床の断熱材との連続性を確保 	<ul style="list-style-type: none"> 外装材を撤去する 既存の断熱材がある場合は撤去する 	<ul style="list-style-type: none"> 軸組みの外側に断熱材を貼付ける 下地材を設置し、外装を仕上げる →外壁外張断熱工法(新築同等)関連工事)小屋裏気流止め工法、床下気流止め工法 	全体
		<ul style="list-style-type: none"> 外壁の外側から断熱改修する 断熱材の設置位置を軸組みの外側に変更する 既存断熱材がある場合は付加する 屋根・床の断熱材との連続性を確保 	<ul style="list-style-type: none"> 外装材を撤去する 既存の断熱材がある場合は残して活用する 	<ul style="list-style-type: none"> 軸組みの外側に断熱材を付加する 下地材を設置し、外装を仕上げる →外壁外張断熱工法(付加断熱)関連工事)小屋裏気流止め工法、床下気流止め工法 	全体
			<ul style="list-style-type: none"> 外壁を下地とする 既存の断熱材がある場合は、残して活用する 	<ul style="list-style-type: none"> 外装材の上に断熱材を設置する 下地材を設置し、外装を仕上げる →手法7:外壁外張断熱工法関連工事)小屋裏気流止め工法、床下気流止め工法 	全体
外壁・間仕切壁	断熱	<ul style="list-style-type: none"> 室内側から断熱改修する 断熱材を充填もしくは入替える 天井(屋根)・床の断熱材との連続性を確保する 	<ul style="list-style-type: none"> 内装材撤去する 既存の壁断熱材がある場合は撤去する 	<ul style="list-style-type: none"> 室内側から柱、間柱間に断熱材を充填、または、吹込む 下地材を設置し、内装を仕上げる →外壁充填断熱工法(新築同等) →外壁吹込断熱工法(新築同等)関連工法)階間または小屋裏気流止め工法、幅木または床下気流止め工法 	部分
		<ul style="list-style-type: none"> 室内側から断熱改修する 断熱材を付加する 天井(屋根)・床の断熱材との連続性を確保する 	<ul style="list-style-type: none"> 内壁を下地とする 既存の断熱材がある場合は残して活用する 	<ul style="list-style-type: none"> 内装材の上に断熱材を設置する 下地材を設置し、内装を仕上げる →手法8:外壁内張断熱工法関連工法)階間または小屋裏気流止め工法、幅木または床下気流止め工法 	部分

部位	改修内容	手法の概要			適性
		基本方針	既存部の処理	改修方法	
床	断熱	<ul style="list-style-type: none"> 床下から断熱改修する 断熱材を充填もしくは入替える。天井壁の断熱材との連続性を確保する 	<ul style="list-style-type: none"> 床はそのままとする 根太間に断熱材がある場合は、撤去する 	<ul style="list-style-type: none"> 根太や大引間に断熱材を充填する 落下防止の受材を設置する →手法9: 床下充填断熱工法 (無機繊維系断熱材) →手法10: 床下充填断熱工法 (発泡プラスチック系断熱材) 関連工法) 床下気流止め工法 	部位・全体・部分
			<ul style="list-style-type: none"> 床はそのままとする 根太間に断熱材がある場合は撤去する 	<ul style="list-style-type: none"> 根太間に断熱材を吹付けるか、もしくは吹込む →床下吹付断熱工法 →床下吹込断熱工法 注) 狭小空間での吹付工法は、作業者が安全な環境で施工が行えるように十分な対策を講じること 関連工法) 床下気流止め工法 	部位・全体・部分
床	断熱	<ul style="list-style-type: none"> 室内側から断熱改修する 断熱材を充填もしくは入替える 壁の断熱材との連続性を確保する 	<ul style="list-style-type: none"> 床材を撤去する 既存の断熱材がある場合は撤去する 	<ul style="list-style-type: none"> 根太間に断熱材を充填する 床材を仕上げる。 →床充填断熱工法(新築同等) 関連工法) 床下気流止め工事 	部分
		<ul style="list-style-type: none"> 室内側から断熱改修する 断熱材を付加する 壁の断熱材との連続性を確保する 	<ul style="list-style-type: none"> 床はそのままとする 根太間に断熱材がある場合は、残して活用する 	<ul style="list-style-type: none"> 床材の上に根太を設置する 根太間に断熱材を設置する 床材を仕上げる。 →床上張付断熱工法 関連工法) 床下気流止め工事 	部分
	気密	<ul style="list-style-type: none"> 床下から気密改修する 	<ul style="list-style-type: none"> 床はそのままとする 	<ul style="list-style-type: none"> 外壁や間仕切壁の下端に気流止めを設置する →手法11: 床下気流止め工法 	部位・全体
	<ul style="list-style-type: none"> 室内側から気密改修する 	<ul style="list-style-type: none"> 床はそのままとする 幅木回りを撤去する 	<ul style="list-style-type: none"> 幅木部分(外壁及び間仕切壁の下端)を撤去し、気流止めを設置する 幅木回りを補修する →幅木気流止め工法 	部分	
	<ul style="list-style-type: none"> 和室の畳下地を気密改修する 	<ul style="list-style-type: none"> 畳を上げて、荒板を撤去する 	<ul style="list-style-type: none"> 合板を張付ける 根太と敷居等、畳厚さ分の隙間(4周)に気流止めを設置する →畳床気流止め工法 	部分	

部位	改修内容	手法の概要			適性
		基本方針	既存部の処理	改修方法	
基礎	断熱	<ul style="list-style-type: none"> 基礎の外側又は内側で断熱改修する 床下を室内と同等扱いとする 断熱材の設置位置を変更する 壁の断熱材との連続性を確保する 	<ul style="list-style-type: none"> 既存の床断熱材がある場合は撤去する 床下換気口を閉鎖する 	<ul style="list-style-type: none"> 床下の防湿対策を行う 基礎の外側又は内側に断熱材(防蟻対策品)を張り付ける 外張りした場合は、断熱材の表面を仕上げる →手法 12:基礎外張断熱工法	部位・全体
開口部	断熱	<ul style="list-style-type: none"> 既存サッシのガラスを交換して断熱改修する 	<ul style="list-style-type: none"> 既存サッシからガラスを取り除く 	<ul style="list-style-type: none"> アタッチメントにより、高性能ガラスを設置する →手法 13:アタッチメント工法	部位・部分
	断熱・気密	<ul style="list-style-type: none"> 既存サッシを残し、高性能サッシを追加して断熱・気密改修する 	<ul style="list-style-type: none"> 既存のサッシはそのまま残す 	<ul style="list-style-type: none"> 既存のサッシの室外側または室内側に高性能サッシを追加する →手法 14:2重化工法	部分
		<ul style="list-style-type: none"> 既存サッシの枠を利用して断熱・気密改修する 	<ul style="list-style-type: none"> 既存のサッシ枠を活かす 	<ul style="list-style-type: none"> 既存のサッシ枠を残し(障子は撤去)、その上に新規サッシをかぶせるように設置する →手法 15:カバー工法 関連工法:外壁外張断熱工法	全体・部分
		<ul style="list-style-type: none"> 既存サッシを本体ごと交換して断熱・気密改修する 	<ul style="list-style-type: none"> 既存のサッシを撤去する 	<ul style="list-style-type: none"> 既存サッシに変わる高性能サッシを設置する →手法 16:カット工法 関連工法:外壁外張断熱工法	全体・部分
	断熱	<ul style="list-style-type: none"> 既存ドアを取り外して断熱ドアに交換する 	<ul style="list-style-type: none"> 既存のドアを丁番から取り外す 	<ul style="list-style-type: none"> 既存ドアを断熱ドアに交換する →ドアチェンジ工法	部分
建具内部	断熱	<ul style="list-style-type: none"> 内部建具に断熱材を充填し、断熱改修する 	<ul style="list-style-type: none"> 既存建具を撤去する 	<ul style="list-style-type: none"> 断熱材を充填した内部建具に交換する 	部分
雨戸	断熱	<ul style="list-style-type: none"> 雨戸に断熱材を設置する 	<ul style="list-style-type: none"> 既存雨戸を取り外す 	<ul style="list-style-type: none"> 既存雨戸を断熱雨戸に交換するか、断熱材を充填(張り付ける)する 	部分

■つくば実験棟の概要

独立行政法人建築研究所内(茨城県つくば市)に実際に建てられた実験棟(延べ床面積 134.98 m²)は、築 25 年程度の平均的な木造戸建住宅の仕様を想定しています。本書の基礎データを得るために、断熱改修の施工および性能に関して様々な実証実験が行なわれました。実験棟の詳しい仕様等は、第3章に掲載してあります。

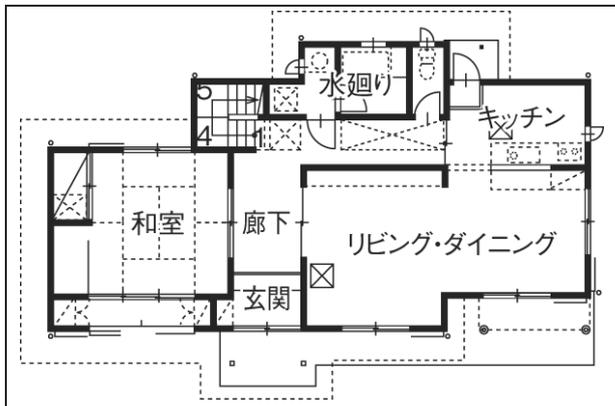


図1 1階平面図 (80.33 m²)

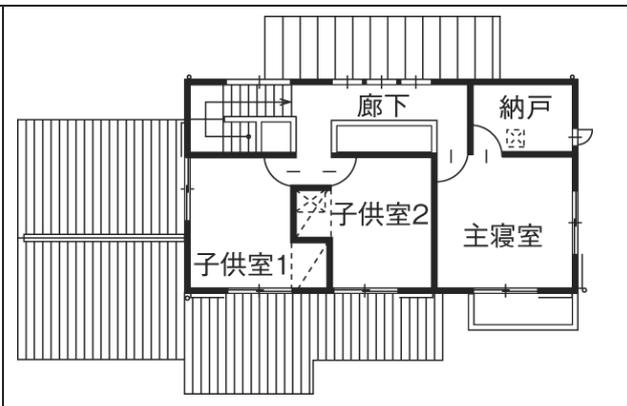


図2 2階平面図 (54.65 m²)

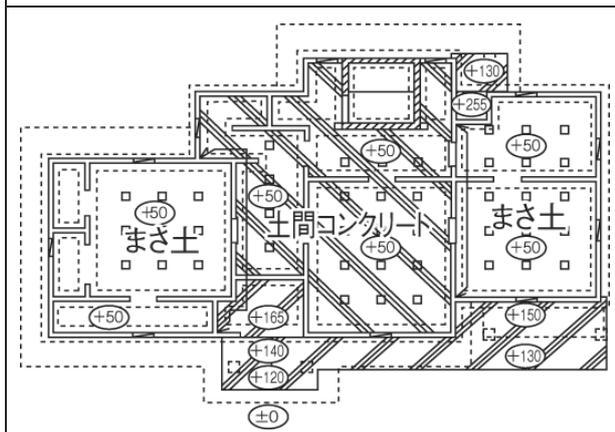


図3 基礎伏図



図4 外観写真(南・東面)



図5 外観写真(北・西面)



図6 内観写真(LD)

2.2.2 断熱・気密・遮熱改修工法の種類

ここで解説する改修手法は、在来軸組木造による一般的な戸建住宅を想定し、それに適応しやすいものに焦点を合わせました。

表5は、多くの木造住宅が抱える断熱・遮熱・気密の問題をそのテーマごとに、木造の実験住宅(図1～6)を用いて、省エネルギー改修手法に関する施工性と性能について検証し、その結果をまとめた一覧です。

各改修手法は共通のフォーマットに整理され、工法の概要、改善効果、施工手順などについて詳しく解説しています。また、建物外皮の省エネルギー改修に関する設計や施工の際に参考となる情報も掲載していません。ただし、新たに実証実験ができなかった工法については、既往の知見を援用しました。

手法は、屋根、天井、外壁、床、基礎、そして開口部と「部位」を中心に整理し分類されています(表5)。従って、「部位改修」であれば改修を検討している対象部位の手法を参照し、検討を進めることができます。「全体改修」や「部分改修」であれば、部位毎の手法の組合せを検討した上で、それぞれの取合い部分の納まりに注意し、建物全体の検討を行ってください。

また、断熱改修工法で採用している断熱材の仕様は、平成11年基準の地域区分の中からIV地域における断熱材の熱抵抗の基準を部位毎に確認し検討しました。例外として、手法8 外壁内張断熱工法は、既存断熱材(グラスウール 10K50mm)があることを前提に断熱材の仕様を検討しています。

表5 改修手法の一覧

部位・分類		工法名称	
1) 屋根	遮熱改修	手法1	屋根外張断熱工法
		手法2	屋根遮熱工法(遮熱シート)
2) 天井	断熱改修	手法3	小屋裏敷込断熱工法
		手法4	小屋裏吹込断熱工法
		手法5	天井内張断熱工法
	気密改修	手法6	小屋裏気流止め工法
3) 外壁	断熱改修	手法7	外壁外張断熱工法
		手法8	外壁内張断熱工法
4) 床	断熱改修	手法9	床下充填断熱工法(無機繊維系断熱材)
		手法10	床下充填断熱工法(発泡プラスチック系断熱材)
	気密改修	手法11	床下気流止め工法
5) 基礎	断熱改修	手法12	基礎外張断熱工法
6) 開口部	断熱改修	手法13	アタッチメント工法
		手法14	2重化工法
	断熱・気密改修	手法15	カバー工法
		手法16	カット工法
7) その他	断熱改修		吹付断熱工法
			吹込断熱工法
	気密改修		和室畳床の気密工法

2.2.3 改修工法の解説

各改修手法は、見開き2ページの構成で解説されています。ここでは、ページごとに示されている解説の内容を紹介します。

■工法の概要・施工図を掲載するページ

改修コストの試算条件

1)断熱仕様

- 断熱材の仕様は、平成 11 年基準における地域区分の中からIV地域における断熱材の熱抵抗の基準に基づき部位毎に検討しています。

2)目安となる費用の算定条件-1

- コストの目安は、つくば実験棟を基に、実際の改修工事を想定し、その工事内容に応じて必要な建材・部材、断熱材を積算しました。
- 既存建物の改修対象部位の解体費用、断熱を施工する工事費用、内外装などの仕上げ工事が伴う場合の費用等、その総額を手法ごとに算出しました。

■施工手順を具体的に紹介するページ

3)目安となる費用の算出条件-2

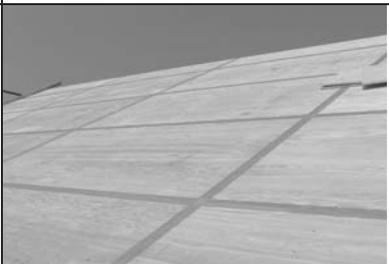
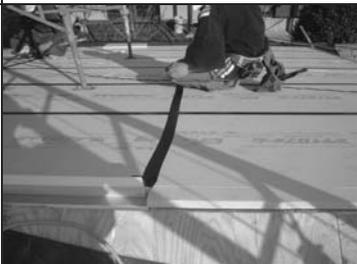
- 積算に用いた材料費の単価は、2009 年版の建設物価や積算資料を用いました。また、それらの資料に掲載されていない製品などは、メーカーのカタログ価格の 80%を計上しました。
- 運搬・諸経費として 10%を計上し、税抜き価格を表記しています。
- 断熱材確認等の既存の状態に関する現地調査費用は、物件の状況により大きく異なるため、含んでいません。ただし、開口部は室内での採寸となるため、費用に計上しています。
- 積算した総額を手法ごとの施工面積(もしくは施工長さ)で割り算し、目安となる単価を算出しました。

※これらの条件を基に算出した単価はあくまでも目安であり、実際の改修費用を決定するための根拠となるものではありませんので、必ず案件ごとに積算して下さい。

2.2.4 屋根の断熱・遮熱改修

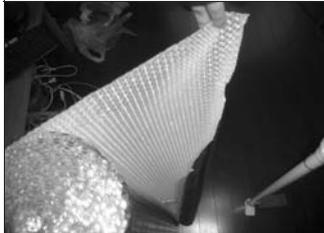
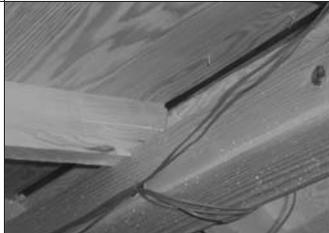
1) 手法1 屋根外張断熱工法 (暑さ・寒さ対策)

工法の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・建物外側からの工事であるため、住まいながらの改修が可能。主に夏期の2階居室等の「焼け込み現象」に効果がある。また、冬期の熱損失も抑えられる ・屋根材を剥がし、防水層から工事を行う。屋根材の葺き替え等の修繕工事の際に同時に施工すると効率的である ・連続的な断熱材の配置、防湿・気密性を確保しやすく、既存建物に対して効果的な断熱化が可能だが、大掛かりな工事となる
使用材料	<ul style="list-style-type: none"> ・屋根に使用するため透湿抵抗が高く吸水率が低い発泡プラスチック系断熱材を選択する ・夏期の熱線反射を考慮し、遮熱フィルムを張り付けた断熱材も有効である 【断熱材】A種押出法ポリスチレンフォーム(XPS)3種bt=120mm(60mmの断熱材を2層張り) 【副資材】断熱材用栈木 60×45(2層張り)、通気垂木 45×35、野地板、防湿シート、気密テープ、防水シート(ルーフィング)、長ビス、屋根材
改善効果	<ul style="list-style-type: none"> ・特に夏期の2階居室等の温熱環境が改善される ・構造材や補強金物の熱橋が無くなるため、冬期の結露などの発生を抑えることができる ・躯体の外側で屋根を覆うため、連続的な気密性を確保しやすい ・構造体への外部熱負荷が軽減され劣化防止につながる
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・既存の垂木は軒桁の端部で切り落とし、外壁の断熱材を屋根の断熱材に連続させる ・通気垂木は、屋根垂木を兼ねるため、軒の出を考慮した断面寸法とする。また、外壁と屋根の通気層を連続させ、棟換気を設けて排気できるように設計する ・高い断熱性能を確保する場合は、一度に厚いものを貼付けるのではなく、多層張りとする。その際、断熱材の付きつけ部を一層目と二層目で変える ・小屋裏空間を室内と同等とし、妻壁に断熱材がない場合は充填する
関連工事	<p>【関連工法】手法7 【関連工事】屋根材の葺き替え</p>
参考価格	<p>23,000円/㎡(撤去、仮設、断熱工事、仕上工事、諸経費)</p>
参考図面	

施工手順の解説		
1	2	3
		
<ul style="list-style-type: none"> ・既存の屋根(小屋裏)に断熱材がある場合は取除く ・既存屋根材とルーフィングを剥がし、野地板や垂木の腐朽、劣化、雨漏り跡等を確認する ・問題がある個所は、垂木や野地板を取替える 	<ul style="list-style-type: none"> ・野地板の継ぎ目を気密テープ等の気密補助材で目貼りする ・透湿抵抗が高くない断熱材を採用する場合は、野地板の上に、防湿シートを施工する 	<ul style="list-style-type: none"> ・下地垂木を設置し、断熱材を隙間が生じないように敷込み、継ぎ目を、気密テープ等の気密補助材で目貼りする
4	5	6
		
<ul style="list-style-type: none"> ・断熱材の上面に、長ビスを用いて通気垂木を設置する 	<ul style="list-style-type: none"> ・通気垂木の上面に、新規の屋根下地として野地板を施工する 	<ul style="list-style-type: none"> ・既存垂木と断熱材、通気層(通気垂木)の位置関係
7	8	9
		
<ul style="list-style-type: none"> ・野地板に通気層の排気口となる棟換気口の隙間を確保する 	<ul style="list-style-type: none"> ・野地板の上にアスファルトルーフィングを敷込む 	<ul style="list-style-type: none"> ・棟換気材を設置し、屋根を葺替える ・耐震性を考慮すれば軽量の屋根材が良い
<p>施工のポイント</p> <ul style="list-style-type: none"> ・既存の小屋裏換気口がある場合は塞ぎます。小屋裏は、室内の温熱環境と同等になるように施工します。 ・通気垂木は、断熱材を挟み込んで既存垂木に長ビスで固定します。留め付けに使用するビスは、軸径が太く通気垂木の割れ防止機能を有する専用ビスを使用することが望まれます。 ・屋根と外壁の取り合い部分は、断熱層および防湿・気密層に隙間が生じないように気密補助材(気密テープ等)を用いて措置し、連続性を確保します。 ・下屋の断熱材は、外壁の断熱材と隙間が生じないように突きつけ、気密テープなどの気密補助材を用います。また、隙間がある場合は、現場発泡断熱材(スプレー缶タイプ)等で処理し断熱気密層の連続性を確保します。 ・外壁と下屋の取合い部分は、断熱・気密・防水の納まりが複雑になるので、事前に手順を充分検討の上、施工を進めます。 ・施工時の降雨に備え、養生に十分注意します。 		

2) 手法2 屋根遮熱工法（遮熱シート）（暑さ対策）

工法の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・主に夏期に高温となる小屋裏の温度環境を改善する、住まいながらの改修が可能な遮熱改修工法 ・既存の天井等に手を加えることなく、押入やクローゼットの天井から小屋裏に入り施工する。遮熱材は、垂木の下端に貼付ける ・垂木間を通気層として熱気を排気する必要があるため、棟換気口がない場合は、同時に改修が必要となる
使用材料	<ul style="list-style-type: none"> ・アルミをシート状に加工したものが一般的だが、塩ビ系の素材と貼合わせ柔軟性があるものが適している ・シートに穴の開いた製品を採用すれば野地板面の湿気を放出でき、夜間の放射冷却による野地板裏面の結露対策となる <p>【遮熱材】遮熱シート／通気穴あり(0.91m×50m、t=4mm) 【副資材】タッカー 【その他】足場板L=1.2m程度(梁上に渡して狭小部分の足場とする)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・既存建物に棟換気口が設置されていない場合、以下が必要となる <p>【換気口】棟換気材、軒裏換気材(換気開口材、穴あき珪カル板等) 【副資材】コーキング、棟押え部材(補修用)</p>
改善効果	<ul style="list-style-type: none"> ・小屋裏温度を低減(約-10℃)できる ・居室への「焼け込み現象」を解消できる
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・垂木間を通気層とするため、熱気が棟木部分で棟換気口に流れ込むように隙間を確保する ・遮熱シートの重なりを10~20cm程度確保する。その場合、材料同士の気密性に配慮する必要はない ・夏期の小屋裏は非常に高温となるため、送風機等で小屋裏内の空気を排出・攪拌しながら作業を行なう
関連工事	<p>【関連工法】手法3、手法4、手法5 【関連工事】屋根の棟換気口と軒裏の給気口の設置(未施工の場合)</p>
参考価格	2,700円/㎡(遮熱工事、換気工事、諸経費)
参考図面(瓦屋根の場合)	<p>のし瓦</p> <p>垂木間を通気層とするため、熱気を排気する棟換気口と空気を取り込む軒裏給気口の設置が必須条件となる</p> <p>棟換気口</p> <p>遮熱シート：0.91m×50m、t=4mm (穴ありタイプ)</p> <p>棟木</p> <p>通気層：熱気の流れ</p> <p>小屋裏換気口</p> <p>母屋</p> <p>軒裏給気口</p> <p>棟換気口から熱気が排気されるように、棟木の下端で遮熱フィルムを水平に貼付け、垂木下端に空間を確保する</p> <p>母屋と束の取り合い部分は、形状が複雑となるため、母屋下端で水平に貼付けると施工しやすい</p>

施工手順の解説		
<p>1</p> 	<p>2</p> 	<p>3</p> 
<ul style="list-style-type: none"> ・施工個所の既存のし瓦を幅約 1.5m(部品 900mm+両脇 300mm 程度)の範囲で取外す ・防水紙及び野地板(合板)をカットして換気口(幅25mm程度)を開ける ・換気部材の本体を設置し、防水紙の納まりを補修する 		
<ul style="list-style-type: none"> ・換気部材に設置した椽木に排気口を釘止めし、部材間の隙間をコーキングする ・外したのし瓦を再利用し、積み直して完了 		
<p>4</p> 	<p>5</p> 	<p>6</p> 
<ul style="list-style-type: none"> ・遮熱シートは、熱線反射アルミフィルムにエアキャップを貼付けた製品を選択 ・熱によって野地板から放散される湿気を拡散、排出するために、細かな穴が開けられている(野地板裏面の結露対策) ・遮熱シートを天井の点検口もしくは押入の天井等から搬入できるサイズに分割(材料延長の約半分)にする 		
<ul style="list-style-type: none"> ・換気ルートは、軒先に設置された給気口(ここでは、穴開き珪酸カルシウム板)から給気し、垂木間を通して棟の換気口へ空気が流れる ・設置されていない場合は新設する ・棟換気口から熱気を排出するため、野地板に開けられた換気開口部分 		
<p>7</p> 	<p>8</p> 	<p>9</p> 
<ul style="list-style-type: none"> ・遮熱シートはエアキャップを室内側に向けて、垂木と母屋下端にタッカーで固定する ・素材に柔軟性があれば、小屋裏の狭い空間でも取り扱いやすい ・遮熱シートは、100～200mm 程度重ねて固定すれば、気密テープは使用しなくてもよい 		
<ul style="list-style-type: none"> ・母屋と束の取り合い部分は、形状が複雑となるため、母屋下端で水平に貼付けると施工しやすい。束部分は、シートに切り込みを入れて巻き込む ・垂木間を通過してきた空気が棟の換気口にたどり着くように、棟木の下端で遮熱フィルムを水平に納める ・遮熱シート張り付けに要する作業時間の目安は、約 10 m²/1時間・人である(実験実測値) ・夏期における作業の場合は、小屋裏が高温となるため送風機等を用い、空気を循環すると作業効率も上がる 		
<p>施工のポイント</p> <ul style="list-style-type: none"> ・垂木間の熱気を排出するために棟換気口と軒裏給気口の設置が必須条件となります。 ・棟換気口から熱気を排出できるように、棟木の下端で遮熱シートを水平に貼付け垂木下端に空間を確保します。 ・遮熱シートは、母屋と平行に貼付けると効率的です。また、母屋と束の取合い部分は、形状が複雑となるため、母屋の下端で水平に貼付けると施工しやすくなります。 ・軒桁回りは、空間が狭く非常に作業が困難で、かつ、足場板等を梁や吊木に掛け渡し、横になった状態での作業となります。時間を要するので作業工程に注意して下さい。 		

2.2.5 天井の断熱・気密改修

1) 手法3 小屋裏敷込み断熱工法 (暑さ対策)

工法の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・主に夏期の小屋裏にこもった熱気が室内に与える「焼け込み現象」を解消する、住まいながらの改修が可能な断熱改修工法 ・夏期の冷房効率が改善されると共に、冬期の暖房対策としても効果がある ・押入れ等の天井から小屋裏に入り、ロール状の無機繊維系断熱材を天井面に敷き込む ・解体等を伴わないため、半日～1日ほどで工事を完了することができる
使用材料	<ul style="list-style-type: none"> ・柔軟性のあるロール状の無機繊維系断熱材で防湿シート付きが適している <p>【断熱材】マット状グラスウール防湿フィルム付き (GW) 16Kt=100 (430mm×1370mm)</p>
改善効果	<ul style="list-style-type: none"> ・夏期の小屋裏からの「焼け込み現象」が解消される
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・小屋裏換気を十分に確保する ・グラスウール同士の重なりや吊木回りなどに隙間を生じないように敷込む ・ダウンライト等の照明器具類の養生 (断熱材が被らないよう堰を設けること) や、断熱材施工対応型の照明器具への交換が必要となる ・無機繊維系断熱材は、搬入時や切断時に細かな繊維が飛散するため、室内の養生を充分に行うこと
関連工事	【関連工法】手法2、手法4、手法6
参考価格	1,800 円/㎡ (断熱工事、諸経費)
参考図面	

施工手順の解説		
1	2	3
		
<p>・押入れがある場合は、押入れ天井から小屋裏に入り、施工することができるため、解体等を伴わない</p>	<p>・下屋や階間に断熱材を敷設する場合は、天井の一部を切断し、進入口を開ける ・進入口は、施工後に点検口として納めるか、もしくは、切断した天井材を復旧し、クロス等の内装仕上げを施す</p>	<p>・北側の下屋などへ進入する場合は、ユニットバスの天井点検口が有効である</p>
4	5	6
		
<p>・吊木を挟んで設置する場合は、断熱材同士の密着(連続)具合等を確認し、隙間の生じないように留意する</p>	<p>・下屋部分などの狭い部位では、ロール状に丸めたグラスウールを搬入した後、設置方向に向かって断熱材の反発力を利用して敷込む</p>	<p>・階間となる天井裏の範囲は、写真のように、2本の丸棒の上にグラスウールを乗せて、設置すると施工性がよくなる</p>
7	8	9
		
<p>・下屋等の幅の狭い部分では、断熱材が重ならないように、幅に合わせて断熱材のサイズ(430mm+470mm等)を組み合わせる。写真は、断熱材が重なり空隙ができた様子</p>	<p>・梁間に密実に充填された断熱材の設置例</p>	<p>・改修の現場で密実に充填された断熱材の設置例(写真6)</p>
<p>施工のポイント</p> <ul style="list-style-type: none"> ・防湿フィルム付きの断熱材を選択し、防湿フィルムを室内側に向けて設置します。 ・断熱材同士が重なり、空隙が生じないように敷込みます。重ならないようにするためには、事前診断の際に断熱材の設置に障害になる吊木などの間隔を測定し、その寸法に合った断熱材の幅を合わせます。→430mm+470mm、395mm+430mmなど ・階間などの狭い部分で作業者が入れない場合は、長さ 1.2m ほどの棒を2本使い、進入口から断熱材を搬入後、その上を滑らせるように挿入すると、施工性が向上します(写真6)。 		

2) 手法4 小屋裏吹込み断熱工法 (暑さ対策)

工法の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・主に夏期の小屋裏にこもった熱気が室内に与える「焼け込み現象」を解消する、住まいながらの改修が可能な断熱改修工法 ・夏期の冷房効率が改善されると共に、冬期の暖房対策としても効果がある ・押入れ等の天井から小屋裏に入り、バラ状断熱材を天井裏に吹き込む。専門の施工業者による工事となる ・バラ状の断熱材は、小屋裏の細部まで行渡り密実に充填できるため、改修の施工に向いている ・解体等を伴わないため半日～1日ほどで工事を完了できる
使用材料	<ul style="list-style-type: none"> ・バラ状断熱材の素材としては、無機繊維系、木質繊維系、ポリエステル樹脂など様々な種類がある 【断熱材】バラ状グラスウール(BGW) 13Kt=210mm、 間仕切壁、外壁上部のこぼれ止め(気流止めグラスウール) 【副資材】防湿シート 【その他】吹込み断熱工事用機材(専用トラック)
改善効果	<ul style="list-style-type: none"> ・夏期的小屋裏からの「焼け込み現象」が解消される ・天井面の気密性が向上する
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・小屋裏換気を十分に確保する ・ダウンライト等の照明器具類の養生(断熱材を被せないように堰を設けること)や、断熱材施工対応型の照明器具への交換が必要となる ・外壁回りに既存のグラスウールが設置されている場合、その断熱材が桁下まで上がっている箇所にこぼれ止め(気流止め)の施工は必要ない ・天井に断熱材がある場合は、その上に断熱材を吹き込むことができる(防湿フィルム付きの製品の場合) ・新築の現場であれば天井面に防湿シートを設置するが、その施工が困難な改修現場(温暖地)では、天井面にビニルクロスなどの透湿抵抗が高いものが貼り付けてある場合に限り、防湿シートを省略することができる。 ・無機繊維系断熱材は、搬入時や切断時に細かな繊維が飛散するため、室内の養生を充分に行うこと
関連工事	【関連工法】手法2、手法3、手法6
参考価格	4,300 円/㎡(断熱工事、諸経費)
参考図面	

施工手順の解説		
<p>1</p> 	<p>2</p> 	<p>3</p> 
<ul style="list-style-type: none"> 断熱材の吹込み用機材を搭載した専用のトラック この車輛から専用ホースで小屋裏まで吹込み用グラスウールを送る 2t トラック程度の駐車スペースの確保が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 押入れがある場合は、押入れ天井から小屋裏に入り施工できるため、解体等を伴わない 材料の搬入も同様に押入れ天井から。写真はこぼれ止め(気流止め)用の搬入状況 	<ul style="list-style-type: none"> バラ状グラスウールがこぼれないよう、カットした断熱材で間仕切上部を塞ぐ 外壁回りは、桁の高さまで既存の断熱材が上がっている場合、こぼれ止めの施工を省略できる
<p>4</p> 	<p>5</p> 	<p>6</p> 
<ul style="list-style-type: none"> 450×450mm 程度にカットしたグラスウールで、点検口回りの養生を行う ダウンライト等の照明器具が設置されている場合も同様に囲いを作り、断熱材が被らないように養生を行う 	<ul style="list-style-type: none"> 吊り束等に吹込む厚さを確認する目盛を設置する 防湿フィルムは、温暖地であれば軒先や吊木廻りなど、施工が困難な箇所は、省略することもある(天井の防湿抵抗が高い場合) 	<ul style="list-style-type: none"> 吹込み用ホースの搬入は、2階小屋裏の場合は、居室の窓やバルコニーから行う
<p>7</p> 	<p>8</p> 	<p>9</p> 
<ul style="list-style-type: none"> 目盛を目安にして吹込みを開始する 1人が小屋裏で吹込み作業を行い、他の1人が吹込み用グラスウールを機械に順じ投入する 	<ul style="list-style-type: none"> 全体に吹込んだ後に、エアブローで厚さを平均的にならして完成 実際に吹込む厚みは空気を含むため 210mm よりも大きくなる場合もある 	<ul style="list-style-type: none"> 軒先の狭い部分まで、密実にグラスウールが吹込まれたか確認する
<p>施工のポイント</p>		
<ul style="list-style-type: none"> 外壁回りは、既存の断熱材が設置されていて、かつ、桁下まで上がっている場所は、こぼれ止め(気流止め)を施工する必要はありません。 既存の天井断熱材がある場合は、防湿フィルムの方向を確認した上で敷き直し、断熱材が欠損している部分には同等の断熱材を追加して、その上からバラ状断熱材を吹込むことができます。 延べ床面積約 120 m²の住宅の小屋裏(60 m²内外)であれば3時間程度で工事は完了します。 		

3) 手法5 天井内張断熱工法 (暑さ・寒さ対策)

工法の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・天井材を下地として発泡プラスチック系断熱材を貼付ける断熱改修工法 ・住まいながらの改修が可能だが、間取りの変更など内装の更新に伴うリフォームと併せて行うと効率的に施工できる ・12畳程度の部屋の場合、概ね半日程度で断熱工事は完了するが、クロスの上塗り工事まで含めると2日間が必要。また、部屋の家具などを移動する必要がある ・LDK や寝室など、部屋単位での改修工事に適している
使用材料	<ul style="list-style-type: none"> ・室内側に貼付けるため、薄くて断熱性能が高く透湿抵抗の高いボード状の発泡プラスチック系断熱材が適している <p>【断熱材】A種押出法ポリスチレンフォーム(XPS)3種 bt=20mm ※階間の天井を想定した断熱仕様</p>
改善効果	<ul style="list-style-type: none"> ・夏期は外部の暑い空気の流入を防ぎ、冬期は暖房により暖められた空気の外部への流出を防ぐ ・天井面の気密性能が向上する
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・断熱材と石膏ボードの厚みによって、天井面が既存の天井よりも30mm程度低くなるため、部屋が狭く感じる場合がある ・部屋単位で施工する場合、廊下などとの温度差が生じる可能性があることを事前に施主に周知する
関連工事	<p>【関連工法】手法8、手法9、手法10 【関連工事】内装の更新、間取り変更</p>
参考価格	6,600 円/m ² (断熱工事、仕上工事、諸経費)
参考図面	

施工手順の解説		
1	2	3
 <ul style="list-style-type: none"> ・天井に設置されている照明器具を取りはずす ・配線を延長できるか確認する ・断熱材や石膏ボードをビスで固定する際に、目安となる天井野縁の位置をあらかじめ壁側に墨出する 	 <ul style="list-style-type: none"> ・断熱材は軽量なため片手で押さえながら、ビス留めすることができる ・墨出した位置に留めつける位置を合わせながら、2人から3人で1組の貼付け作業となる 	 <ul style="list-style-type: none"> ・天井面の配線などを引き出しながら、隙間無く断熱材を貼付ける ・天井照明などがある場合は、復旧の際に取付け下地材となる合板や角材を設置する
4	5	6
 <ul style="list-style-type: none"> ・壁際や入隅・出隅などは、回り縁との間に隙間が生じやすい ・隙間には細く加工した断熱材や、缶タイプの現場発泡ウレタンなどで充填する ※施工実験であったため、回り縁を撤去しなかったが、実際の現場では、取り除いて断熱材を設置する。ただし、凹凸がある場合は、隙間が生じやすい 	 <ul style="list-style-type: none"> ・断熱材の施工完了後、石膏ボードを順次貼付ける ・気密性を考慮し、断熱材と石膏ボードの突き付け部が重ならないようにずらして貼付けるとよい ・石膏ボードは重量があるため、中央で1人が押さえ端部を別の作業員がビスで固定するなど2～3人1組の作業となる 	 <ul style="list-style-type: none"> ・固定箇所は、両端と中央の3列を300mm ピッチで固定する ・石膏ボードを貼付けた後、仕上げの壁紙等を貼付け、回り縁を設置する ・壁に設置されたエアコンと天井の間隔が狭い場合は、予めエアコンの位置を調整する必要がある
施工のポイント <ul style="list-style-type: none"> ・断熱材と石膏ボードの厚みによって、天井高さが既存の天井よりも数センチ低くなるため、予め施工者に確認することが必要です。 ・断熱材や石膏ボードを加工するための作業場所を室外に確保することが必要です。 ・天井に取り付けてある照明器具を一時撤去・復旧するため、電気工事が必要です。 ・断熱材の施工は、ほぼ隙間無く連続的に貼付けることが可能です。ただし、断熱材の加工が必要な壁際、入隅・出隅などでは隙間が生じやすくなるため注意が必要です。 ・天井面に断熱材を貼付けることで、壁付けのエアコン上部との隙間が狭くなる場合、メンテナンスの際に前面カバーが開けられなくなることも予想されます。設備機器の設置状況は、事前診断時に確認が必要です。 ・改修する部屋は、一時的に荷物の移動が必要になります。そのため、この工法は間取りの変更や内装の更新時、もしくは、賃貸アパート等の空き室改修時等に適しています。 		

4) 手法6 小屋裏（階間）気流止め工法（気密性能の向上）

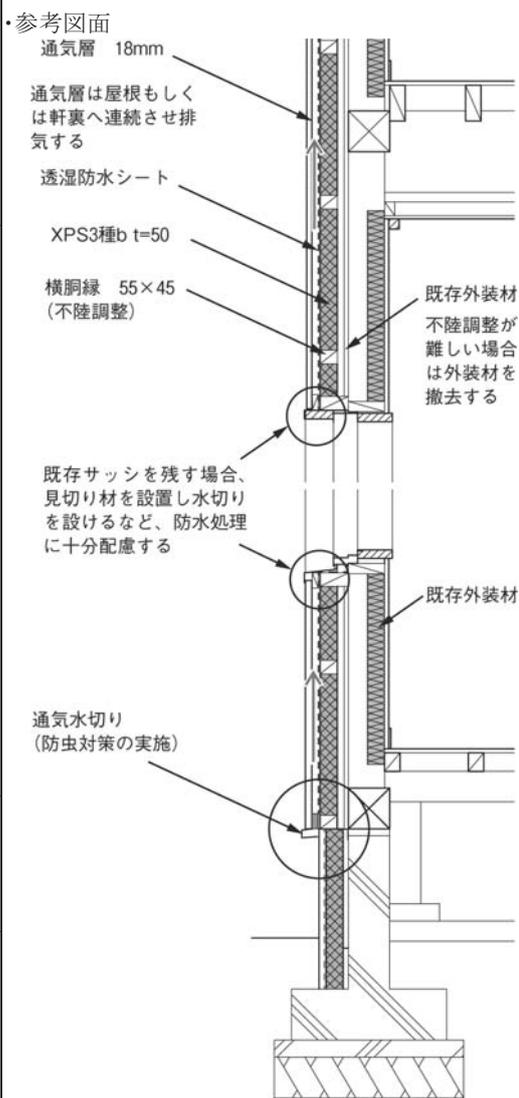
工法の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・冬の冷気が壁体内を流れ外壁や間仕切り壁の室内側表面温度が低下することを防ぐ、住まいながらの改修が可能な気密改修工法 ・小屋裏へは押入れ等の天井から入り、無機繊維系断熱材をポリ袋に詰めて圧縮したものを壁の上部から差し込む。その他の方法として無機繊維系断熱材を短く切断し、折り曲げて挿入する方法もある(手法11 床下気流止め工法と同様) ・小屋裏の施工は、短時間で容易に実施することができる ・施工が容易なため、他の断熱改修工法と組み合わせて実施すると効果的
使用材料	<ul style="list-style-type: none"> ・柱、間柱の隙間に充填するため、柔軟性のある無機繊維系断熱材が適している。メーカーによっては、専用部材が用意されている 【断熱材】気流止め専用グラスウール(GW)16Kt=150mm(395mm×430mm) 【副資材】ポリ袋、気密シート、気密テープ 【その他】掃除機(ポリ袋を圧縮する時に使用)
改善効果	<ul style="list-style-type: none"> ・壁体内に冷気が流れなくなるため、室内側壁面の温度低下や、温められた室内空気の熱損失を防ぐことができる ・コンセントボックスや壁と床・天井取合いの隙間等からの冷気が流入することを防ぐ
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・小屋裏換気を十分に確保する ・気流止めと柱、間柱の間に隙間が生じないように施工する ・外壁回りだけでなく、間仕切り壁にも施工する ・冬期の壁体内結露を防ぐため、室内の湿度上昇に注意する(防湿層が室内側で連続して確保されている場合は問題ない) ・無機繊維系断熱材は、搬入時や切断時に細かな繊維が飛散するため、室内の養生を充分に行う
関連工事	【関連工法】手法3、手法4、手法5、手法8
参考価格	1,300 円/m(気密工事、諸経費)
参考図面	

施工手順の解説		
<p>1</p> 	<p>2</p> 	<p>3</p> 
<p>・小屋裏の気流止めには、あらかじめ柱の間隔に合わせてカットされた高性能グラスウールを圧縮したものを使用する ・グラスウールは厚みがあるため、ポリ袋に詰めた後、掃除機で空気を抜き取り圧縮すると、壁体内に入れやすくなる</p>	<p>・圧縮グラスウールの製作は現場で行い、「袋詰め、圧縮、縛る」を流れ作業で行うと効率が良い</p>	<p>・グラスウールを袋に詰めた状態から掃除機で空気を抜く時は、片手でポリ袋の口と掃除機のホースを押さえながら、もう片方の手でポリ袋を軽く押さえると四角い形を保ったままきれいに圧縮できる</p>
<p>4</p> 	<p>5</p> 	<p>6</p> 
<p>・圧縮グラスウールを小屋裏の外壁、間仕切り壁の隙間に上から差し込む。圧縮すると非常に薄くなり隙間に挿入しやすく、作業効率が良くなる ・カッターで袋を切り、空気を入れて膨らませ、隙間を塞ぐ</p>	<p>・間柱間隔が狭い部分では、間隔に合わせて圧縮用のグラスウールをカットし、同様の工程にて圧縮してから、間柱間に差し込み袋をカッターで切る</p>	<p>・サイズの合わない圧縮グラスウールを折って使用することは、間柱と圧縮グラスウールの間に隙間が生じるため、避けたほうが良い</p>
<p>7</p> 	<p>8</p> 	<p>9</p> 
<p>・下屋部分の小屋裏では、壁に施工されている断熱材と壁との間に圧縮グラスウールを差し込む</p>	<p>・下屋の下り壁は、胴差から1階天井の階間に繋がる部分を、気密フィルムと気密テープにより塞ぎ(※1)、垂木掛けと2階外壁の取合い部には、圧縮グラスウールを差し込む(※2)</p>	<p>・胴差と1階天井の隙間が広く開いていない場合は、圧縮グラスウールを差し込むことで気流止めとすることもできる(※3)</p>
<p>施工のポイント</p>		
<p>・気流止めを使用した圧縮グラスウールは、「袋詰め→掃除機による圧縮→袋の口を閉じる」という現場での一連の作業が必要となります。袋を閉じる際に上手く縛ることができないと、挿入前に膨らみ始めてしまうことがあり、製作に多少の慣れが必要となります。 ・これらの圧縮グラスウールの製作には、人工と時間が掛かりますが(100枚作成するのに3人で約50分)、小屋裏で圧縮グラスウールを挿入する作業は効率よく短時間で行えます。 ・間柱間隔が狭い部分に、気流止めを折り曲げて縦にして差し込むと、折り曲げた山の部分と間柱間に隙間が生じるため(写真6)、間柱間隔に合わせて切断したグラスウールを使用します。 ・下屋回りの施工は、階間(1階天井裏)に通じる下り壁部分の封鎖や外壁上部への挿入など作業空間が狭いため、非常に困難です。実際の改修現場では、設置できない箇所があるので、事前診断の際に確認が必要です。 ・下屋の天井に進入口を開ける場合は、進入口の復旧、クロス貼替えなどが発生します。気流止め単独の工事が難しい場合は、水回りの修繕等の改修工事と一緒に実施してください。</p>		

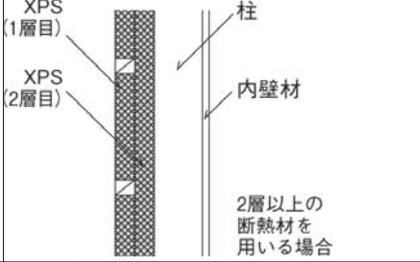
2.2.6 外壁の断熱改修

1) 手法7 外壁外張断熱工法 (暑さ・寒さ対策)

<p>工法の概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・建物外側からの工事であるため、住まいながらの改修が可能な断熱改修工法 ・モルタル外装の場合は、その上に直接断熱材を施工することができる。また、既存の断熱材がある場合は、残して活用する。ただし、劣化や腐朽箇所、不陸が著しい場合等は、外装を撤去する。既存の外壁断熱材がある場合についても同様である ・足場などが必要になると共に、関係工事が増えるため大掛かりな改修となる。従って、外装の模様替えの際に同時に実施すると効率的である ・充填断熱に比較して、防湿・気密性を確保しやすく、熱橋防止も含めた効果的な断熱化が可能
<p>使用材料</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・外壁に使用するため、透湿抵抗が高く吸水率が低い断熱材が適している。基本的に発泡プラスチック系断熱材が考えらるが、無機繊維系の断熱材であれば、不陸に対応しやすい ・無機繊維系断熱材の場合は、特に防水処理を考慮すること <p>【断熱材】A種押出法ポリスチレンフォーム(XPS)3種 bt=50mm 【副資材】下地横胴縁55×45、通気胴縁18×45、気密テープ、透湿防水シート、長ビス、外装材(サイディング等)</p>
<p>改善効果</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・構造材や補強金物の熱橋が無くなるため、結露の発生を抑えることができる ・躯体の外側で建物を覆うため、連続的な気密性を確保しやすい ・構造体への外部熱負荷が軽減され、劣化防止につながる
<p>留意点</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・室内空間を狭めることが無い代わりに外側にふけるため、敷地に作業足場も考慮した余裕が必要 ・高い断熱性能を確保する場合は、一度に厚いものを貼付けるのではなく、多層貼りとする(目安は50mm以上の場合) ・モルタル等の自重が大きい外装材の場合は、通気胴縁の取り付けに受け材を用いると共に、ビスの剪断強度を考慮し、そのピッチと製品を検討する ・通気層は必ず18mm程度確保し、屋根に連続させ棟換気等で排気する。軒下で排気しても問題ない ・建築基準法を遵守し、外装材を選択すること。特に防火・準防火地域内、第22条地域内の場合は、既存不適格にならないように注意する
<p>関連工事</p>	<p>【関連工法】手法1、手法12、手法15、手法16 【関連工事】外壁の模様替え、耐震改修等</p>
<p>参考価格</p>	<p>21,000 円/㎡(仮設、断熱工事、仕上工事、諸経費)</p>

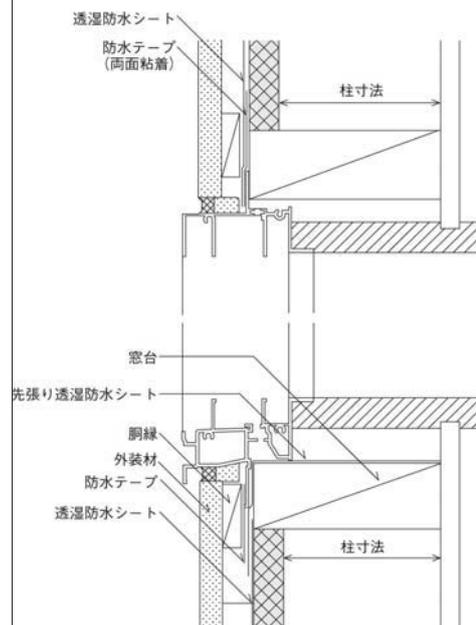


施工手順の解説

<p>1</p> 	<p>2</p> 	<p>3</p> 
<ul style="list-style-type: none"> 既存の外壁に断熱材がある場合は残しても問題ない 既存の外壁仕上材(モルタルリシン仕上げ)は、大きく不陸している個所や腐朽個所を確認する その状況が劣悪な場合は、外壁を剥がす。問題なければ活かしてその上に施工する 	<ul style="list-style-type: none"> 断熱材の厚さと同等の横胴縁を設置する 横胴縁で既存外壁の不陸を調整する 間隔は、455mm 内外 外壁下端には、通気層の導入口となる部材を設置する 図版は多層張りであるが、IV地域の場合は、1層(使用材料参照)で平成 11 年基準の性能を確保できる 	<ul style="list-style-type: none"> 断熱材を横胴縁の間に設置し、ビスで仮固定する 断熱材の突合せ部分に気密テープを貼り付ける
<p>4</p> 	<p>5</p> 	<p>6</p> 
<ul style="list-style-type: none"> 断熱材の上に透湿防水シートをタッカーで横胴縁に留めつける。シートは重ねをとり、端部を気密テープで張り合わせる 透湿防水シートの上に、通気層を形成する縦胴縁 18×45 を設置する 	<ul style="list-style-type: none"> 開口部廻りは、断熱材の厚さ分の窓台を新規に取り付け、適切な防水処理を行ない、水切りを被せる 新規に開口部を設置する場合は(※1)を参照のこと 雨戸は、断熱材を設置するため撤去する必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> 縦胴縁の上にサイディング等の乾式仕上げ材を張り付ける

施工のポイント

- 断熱材を貼付ける際、突き付け部に隙間が生じないように、突き付け部を柱や下地材のある所に合わせます。
 - 屋根や床、基礎等との取り合い部分は、断熱層および防湿・気密層に隙間が生じないよう気密補助材(気密テープ等)を用います。
 - 留め付けに使用するビスは、軸径が太く通気胴縁の割れ防止機能を有する専用ビスを使用することをお勧めします。
- ※1 新規に開口部を設置する場合は下記の要領で施工します。
- ① サッシ下枠の窓台に先貼り防水シートを貼る。先貼り防水シートの切断幅は 300mm 以上とし、垂れ下がり幅 200mm 以上、窓上の覆い 100mm 以上、左右の立ち上げ 100mm 以上を確保する
 - ② サッシ枠を取付けた後、両面粘着タイプの気密防水テープを、サッシ枠の釘打ちフィンまわりに施工する。テープの幅は 75mm 以上が望ましく、サッシ枠下部→左右たて部→上部の順に施工する
 - ③ たて部と上部は、気密防水テープに透湿防水シートを抑えつけ、しわが生じないように貼合わせる
 - ④ 下部は、先張り防水シートの下に、透湿防水シートをもぐり込ませる



2) 手法8 外壁内張断熱工法 (暑さ・寒さ対策)

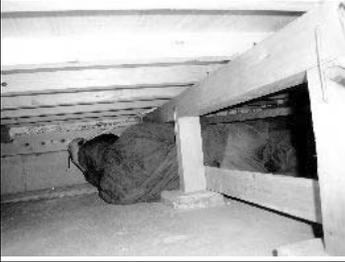
<p>工法の概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・内装材を下地として発泡プラスチック系断熱材を貼付ける断熱改修工法 ・住まいながらの改修が可能だが、間取りの変更など内装の更新に伴うリフォームと併せて行うと効率的に施工できる ・施工には、12 畳程度の部屋の場合、概ね1日程度で完了するが、クロスの上塗り工事まで含めると 2 日間が必要。また、部屋の家具などを移動する必要がある ・LDK や寝室など、部屋単位での改修工事に適している
<p>使用材料</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・室内側に貼付けるため、薄くて断熱性能が高く透湿抵抗の高いボード状の発泡プラスチック系断熱材が適している 【断熱材】A種押出法ポリスチレンフォーム(XPS)3種 b t=20mm ※既存断熱材(グラスウール 10K 50mm)が設置されている場合の断熱材仕様。無断熱の場合は、上記の断熱材厚では平成 11 年基準を確保できない
<p>改善効果</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・夏期は外部の暑い空気の流入を防ぎ、冬期は暖房により暖められた空気が外部に流出するのを防ぐ ・壁面の気密性能が向上する
<p>留意点</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・事前調査を行い家具、壁面のスイッチ、コンセント、エアコンなどの状況を確認する ・部屋の状況によっては、家具の移動、エアコンの取外しなどが必要となることを事前に施主に周知する ・部屋単位で施工する場合、廊下などとの温度差が生じる可能性があることを事前に施主に周知する
<p>関連工事</p>	<p>【関連工法】手法5、手法9、手法 10、手法 11</p> <p>【関連工事】内装の更新、間取り変更、設備改修(キッチンなど)</p>
<p>参考価格</p>	<p>7,100 円/㎡(断熱工事、仕上工事、諸経費)</p>
<p>参考図面</p>	

施工手順の解説		
<p>1</p> 	<p>2</p> 	<p>3</p> 
<ul style="list-style-type: none"> ・事前診断時に、壁面に設置されているコンセント、スイッチボックス、換気扇、エアコンの位置やサイズを確認する ・壁面に設置されているコンセント、スイッチボックス、換気扇、エアコンなどを一時取り外す ・壁面に設置されているコンセントやスイッチ類は、壁厚が増すため、手前に引き出す必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・断熱材を貼付ける前に、窓や扉回りに枠材を付け足す。出幅は、断熱材と下地材(石膏ボードなど)の厚みによって調整する 	<ul style="list-style-type: none"> ・壁面への施工は、定尺の断熱材を一方の壁際から順次貼付けていく。定尺で入らない箇所については、その都度採寸しカットして貼付ける ・断熱材同士、断熱材と壁の入り隅などとの間に隙間が生じないように施工する ・断熱材は、間柱にビスで固定する。間柱の位置は事前に墨出ししておく
<p>4</p> 	<p>5</p> 	<p>6</p> 
<ul style="list-style-type: none"> ・既存の壁に取り付けられている幅木に合わせて断熱材に切り欠きの加工を施す ・間仕切壁等に見切り材の枠が突出している部分も同様に切り欠きを施し貼付ける ・幅木、見切り材等は取外すことも考えられる 	<ul style="list-style-type: none"> ・断熱材を貼付けた後に、下地の石膏ボードを設置する ・石膏ボードは、間柱にビスで固定する。間柱の位置は事前に断熱材上に墨出ししておく 	<ul style="list-style-type: none"> ・回り縁や幅木を取り付け、内装を仕上げる
<p>施工のポイント</p>		
<ul style="list-style-type: none"> ・断熱材と石膏ボードの厚みによって、既存の壁よりも厚みが増し部屋が狭くなるため、予め居住者に確認することが必要です。 ・断熱材や石膏ボードを加工するための場所を室外に確保することが必要です。 ・壁面に取り付けてあるスイッチ、コンセント、エアコンを一時撤去・復旧するため、電気工事が必要となります。エアコンを移動する際には冷媒管に余裕があるか確認が必要です。 ・断熱材は、ほぼ隙間無く連続的に貼付けることが可能です。ただし、断熱材の加工が必要な壁の入り隅・出隅などでは隙間が生じやすくなるため注意が必要です。 ・改修する部屋は、一時的に荷物の移動が必要になります。そのため、この工法は間取りの変更や内装の更新時、もしくは、賃貸アパート等の空き室改修時等に適しています。 		

2.2.7 床の断熱・気密改修

1) 手法9 床下充填断熱工法（無機繊維系断熱材）（寒さ対策）

工法の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・冬の底冷えや床面の接触温度環境を改善する、住まいながらの改修が可能な断熱改修工法 ・施工は、既存の床に手を加えることなく、和室床やキッチン等の床下収納庫から床下に入り行う ・断熱材は、床下から根太間に充填し、受け材を設置して固定する ・施工の難易度は、床下の基礎から大引き下端までの高さによって変わる。450mm くらいの高さがあると比較的容易に施工可能だが、床下空間での作業に慣れが必要
使用材料	<ul style="list-style-type: none"> ・ボード状断熱材が適している。特に専用の製品は、根太間のサイズにカットされているため、現場加工を抑制した施工が可能 【断熱材】ボード状グラスウール(GW ボード)32Kt=80mm(切欠き品) 【断熱受材】PPバンド(金物または胴縁材等)
改善効果	<ul style="list-style-type: none"> ・1階床面の接触温度が向上する ・1階室内の上下温度差が小さくなる
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・床下換気を十分に確保する ・断熱材の落下・垂れ下がり防止のため、受材を設置する ・断熱材と根太、大引き間に隙間が生じないよう留意する ・無機繊維系断熱材は、搬入時や切断時に細かな繊維が飛散するため、室内の養生を充分に行う
関連工事	【関連工法】手法7、手法8、手法11
参考価格	12,000 円/㎡(断熱工事、諸経費)
参考図面	

施工手順の解説		
<p>1</p> 	<p>2</p> 	<p>3</p> 
<ul style="list-style-type: none"> ・始めに、充填する根太間の寸法を採寸する。寸法と箇所数をメモする ・床下が土敷きの場合は、養生シートを全面敷き込むと、作業性が良くなる 	<ul style="list-style-type: none"> ・採寸した寸法に断熱材をカットする。ボードタイプのグラスウールは、カッターで容易に切断できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・カットした断熱材の裏面に、寸法を記載すると、床下で充填箇所を特定しやすくなる
<p>4</p> 	<p>5</p> 	<p>6</p> 
<ul style="list-style-type: none"> ・根太間への断熱材の挿入は、定尺の場所から開始する ・始めに片側の切欠き部分を大引き上に押込み、次に中央部を少し折り曲げるようにして、反対側も同様に押込む。最後に中央部を押し上げ充填する 	<ul style="list-style-type: none"> ・外壁や間仕切壁回りなどの定尺以外の部分は、事前にカットした断熱材を、裏面の寸法を確認しながら充填する 	<ul style="list-style-type: none"> ・配管回りはグラスウールボードに穴を開け設置する ・材料の柔軟性を活かし、穴を若干小さめに加工することで、隙間無く配管回りを埋めることができる
<p>7</p> 	<p>8</p> 	<p>9</p> 
<ul style="list-style-type: none"> ・断熱材は、密度の高いボード状であることと、端部の切欠き部分が大引きに掛かっているため、たわむことも落下する様子も見られない 	<ul style="list-style-type: none"> ・落下防止措置を施す ・断熱材中央部に、荷造りなどに用いられるプラスチックのバンド(PPバンド)をタッカーで1列固定する 	<ul style="list-style-type: none"> ・落下防止に、新築用の受金物を利用することもできる ・ただし、床下でのビスによる固定は作業性が悪く、作業時間を多く費やすことになる
<p>施工のポイント</p>		
<ul style="list-style-type: none"> ・床下は空間が狭く、束・根がらみなどにより自由に動いたり複雑な作業を行うことが困難です。そのため、床下での作業を極力単純化できるように、事前の準備や外部での加工作業が必須となります。 ・事前準備では、始めに根太間のサイズを採寸しメモを取ります。次に、メモの寸法を元に断熱材をカットします。カットした断熱材には、裏面にサイズを記載すると識別しやすくなります。 ・断熱材の充填は、断熱材の加工を不要な定尺部分を先行的に設置します。その作業の間に不定形部分の断熱材の加工を行うと効率よく施工することができます。 ・高密度なボード状無機繊維断熱材は適度な硬さのため、少々きつめでも根太間に挿入することができます。また、狭小部や配管廻りなどにも隙間無く充填することができます。 ・関連する工事の気流止めは、断熱材を根太間に充填する前に施工する必要があります。 ・搬入、設置の際にグラスウールが室内に飛散しないよう、十分な養生対策を取ることが必要です。 		

2) 手法 10 床下充填断熱工法（発泡プラスチック系断熱材）

（寒さ対策）

工法の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・冬の底冷えや床面の接触温度環境を改善する、住まいながらの改修が可能な断熱改修工法 ・施工は、既存の床に手を加えることなく、和室床やキッチン等の床下収納庫から床下に入り行う ・断熱材は、床下から大引き間に充填し、受け材を設置して固定する ・施工の難易度は、床下の基礎から大引き下端までの高さによって変わる。450mm くらいあると比較的容易に施工可能だが、床下空間での作業には慣れが必要
使用材料	<ul style="list-style-type: none"> ・ボード状断熱材が適している 【断熱材】 A種押出法ポリスチレンフォーム(XPS)3種 bt=60mm、もしくは、t=30mm 2層張り 【副資材】 気密テープ、缶タイプの現場発泡ウレタン、PPバンド(固定方法によっては必要となる)
改善効果	<ul style="list-style-type: none"> ・1階床面の接触温度が向上する ・1階室内の上下温度差が小さくなる
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・断熱材と大引き間に隙間が生じないようにする ・床下換気を十分に確保する
関連工事	【関連工法】手法7、手法8、手法 11
参考価格	12,400 円/m ² (断熱工事、諸経費)
参考図面	

施工手順の解説		
<p>1</p> 	<p>2</p> 	<p>3</p> 
<ul style="list-style-type: none"> ・充填する大引き間の寸法を採寸する。寸法と箇所数をメモする ・断熱材を寸法に合わせて加工。カッターにて簡単に切断が可能だが、刃を垂直に入れ端部までしっかり引かないと、部分的に欠損することがある 	<ul style="list-style-type: none"> ・通常の住宅では、大引き間の寸法に比べ、断熱材の搬入に利用する点検口や床下収納庫などの間口が小さい。また、大きなサイズの断熱材は、床下での取回しが難しい ・そのため、折りたたんで搬入できるように断熱材を2つ繋ぎ合わせた形に加工する 	<ul style="list-style-type: none"> ・在来軸組み構法の木造住宅であれば、通常大引き間の内寸が820mmとなる ・その場合、床下での取回しや作業性を考慮して320mmと500mmの断熱材を繋ぎ合わせる ・410mm×410mmでは、床下で開く時に体が邪魔になる
<p>4</p> 	<p>5</p> 	<p>6</p> 
<ul style="list-style-type: none"> ・大引き間への挿入は、山折りにした状態で大引き間に差し込み、最後に頂部を押込む。落下防止のため、四隅と中央をビスで固定する ・PPバンドを利用して、落下防止とすることも可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・断熱材を大引き間の内寸に合わせて加工すると、多少きつめに挿入できる ・そのため、大引きと断熱材の間にはほとんど隙間は生じていない 	<ul style="list-style-type: none"> ・断熱材同士を突き付ける部分では隙間が生じやすい ・隙間は、現場発泡断熱材(スプレー缶タイプ)などで塞ぐ
<p>7</p> 	<p>8</p> 	<p>9</p> 
<ul style="list-style-type: none"> ・キッチンや洗面所・トイレなどの配管が床下に延びている部分は、断熱材を配管部分だけ切り抜き充填する。残った隙間は、スプレー缶タイプの現場発泡断熱材で塞ぐ 	<ul style="list-style-type: none"> ・発泡プラスチック系の断熱材であるためたわみは見られない 	<ul style="list-style-type: none"> ・大引き間に充填すると、根太高さ分の隙間が生じる。根太間の空気層に外気が流入しないように隙間を塞ぐことが肝心となる
<p>施工のポイント</p> <ul style="list-style-type: none"> ・床下は、空間が狭く束・根がらみなどにより、自由に動いたり複雑な作業を行うことが困難です。そのため、床下での作業を極力単純化できるように、事前の準備や外部での加工作業が必須です。 ・事前準備では、始めに大引き間のサイズを採寸しメモを取ります。加工作業は、メモの寸法を元に断熱材をカットします。切り出した断熱材には、サイズを記載すると識別しやすくなります。 ・大引き間に充填した場合、根太高さ分(約55mm)の空隙(空気層)が生じます。前提条件として、この根太間の隙間に外気が入り込まないように、外壁・間仕切り壁の気流止を設置したり、大引きと断熱材、断熱材同士の取合い、配管周りなどの隙間を十分に塞いだりする必要があります。 ・隙間の部分には、現場発泡断熱材(スプレー缶タイプ)を使用すると密実に塞ぐことができます。 		

3) 手法 1 1 床下気流止め工法 (気密性能の向上)

工法の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・冬の冷気が壁体内を流れることによる外壁や間仕切り壁の室内側表面温度の低下を防ぐ、住まいながらの改修が可能な気密改修工法 ・床下へは床下収納や和室の畳を一次撤去して入り、壁最下部の根太と土台の隙間に無機繊維系断熱材を差し込む ・施工の難易度は、床下の基礎から大引き下端までの高さによって変わる。450mm くらいの高さがあると比較的容易に施工できる ・小屋裏の気流止めと同時に施工することが必須
使用材料	<ul style="list-style-type: none"> ・根太と土台の隙間に充填するため、柔軟性のある無機繊維系断熱材が適している。断熱材の入らない極狭部には、現場発泡断熱材(スプレー缶タイプ)を使用する 【断熱材】マット状グラスウール(防湿フィルム付)(GW)10Kt=50mm 【副資材】養生シート
改善効果	<ul style="list-style-type: none"> ・壁体内に冷気が流れなくなるため、室内側壁面の温度低下や温められた室内空気の熱損失を防ぐことができる ・コンセントボックスや、壁と床・天井との取合いの隙間等から冷気が流入することを防ぐ
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・床下換気を十分に確保する ・気流止めと柱・間柱の間に隙間が生じないように留意する ・外壁回りだけでなく、間仕切り壁にも施工する ・冬期の壁体内結露を防ぐため、室内の湿度上昇に注意する(防湿層が室内側で連続して確保されている場合は問題ない) ・無機繊維系断熱材は、搬入時や切断時に細かな繊維が飛散するため、室内の養生を充分に行うこと ・外装にクラックや漏水の形跡がある場合は、断熱・気密改修の前に補修対策を実施すること
関連工事	【関連工法】手法8、手法9、手法 10
参考価格	900 円/m(気密工事、諸経費)
参考図面	<p>既存断熱材</p> <p>気流止め QW10K t=50mm (430mm×1370mm)</p> <p>場所によっては、片側しか入らない場合もある</p>

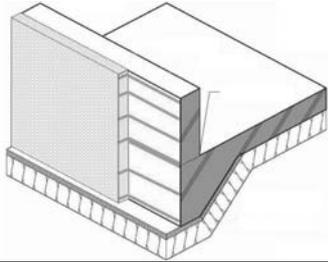
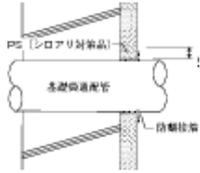
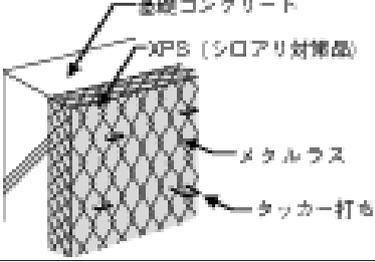
施工手順の解説		
1	2	3
		
<p>・床下気流止め用にグラスウール(430mm×1370mm)を1/3 にカットし、挿入しやすいサイズに加工する</p>	<p>・カットしたグラスウールを、何枚かまとめてポリ袋に入れると、床下での持ち運びが効率良く行える</p>	<p>・床下へは、和室の畳を取り外し下地の荒板を撤去して進入する。もしくは、床下収納庫を取り外しても進入が可能である</p>
4	5	6
		
<p>・グラスウールは、防湿フィルム側を外側にして棒状に丸める</p>	<p>・外壁、間仕切壁下部の隙間に、カットしたグラスウールを丸めてから指先で押込むように挿入する</p>	<p>・大壁の間仕切壁では、隙間が大きいこともある。その場合は、間仕切り壁の両側からグラスウールを挿入するか、グラスウールを大きめにカットする</p>
7	8	9
		
<p>・和室では畳の厚さ分根太が下がっているため、根太と土台が平行に設置されている箇所は間隔が狭く、挿入し難い</p>	<p>・和室は、荒板と敷居の間に大きな隙間が生じているため、忘れずに気流止めを挿入する</p>	<p>・階段の床下にも、壁とささらに隙間があるため、気流止めを入れ忘れないように注意する</p>
施工のポイント		
<p>・気流止めは、外壁及び間仕切り壁下部だけでなく、和室の荒板と敷居の間(写真8)や階段室の間仕切り壁の隙間(写真9)にも忘れずに設置してください。</p> <p>・床下における外壁や間仕切り壁の隙間は、根太の方向や根太と間柱の位置関係によって変わります。そのため、柔軟性のあるグラスウールを裁断して丸めた部材は、挿入しやすく細かな隙間を塞ぐことに適しています。</p> <p>・指が入らないほど狭い箇所には、補助的に現場発泡断熱材(スプレー缶タイプ)を使用し、充填して隙間を塞ぐ方法が適しています。</p>		

2.2.8 基礎の断熱改修

1) 手法12 基礎外張断熱工法

(寒さ対策)

工法の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・建物外側からの工事であるため、住まいながらの改修が可能な断熱改修工法。また、外壁の外張断熱工法と同時に行なうと効果的である ・床下の防湿・防蟻対策が必要となるため、予め土間(防湿)コンクリートがある場合やベタ基礎の場合は簡易に工事ができる。土が露出している床下の場合は、一度床を剥がして、防湿コンクリート等を打設する必要があり、大掛かりな工事となる ・防蟻処理が行なわれている床下は、有害物質が残留している場合があるため、この構法は採用できない
使用材料	<ul style="list-style-type: none"> ・土に接する場所であるため、透湿抵抗が高く吸水率が低い断熱材で、かつ、防蟻処理が施されている発泡プラスチック系断熱材を使用する 【断熱材】A種押出法ポリスチレンフォーム(XPS)3種b t=50mm シロアリ対策品 【副資材】防蟻接着剤、メタルラスモルタル
改善効果	<ul style="list-style-type: none"> ・床下が室内と同等の温熱環境となるため、収納庫としての利用や土間コンクリート部分を蓄熱体として利用することもできる ・構造体への外部熱負荷が軽減され、劣化防止につながる
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・エアコンの室外機や給湯器の配管、貯湯タンクなどによって連続的に断熱材が設置できない場合があるため、事前調査が重要 ・基本的に断熱材は基礎の下端(フーチン上端)まで挿入する必要があり、また、紫外線劣化等に配慮して養生し、なるべく早く基礎外装を仕上げる ・基礎天端と土台との隙間から漏気しないように気密対策をすると共に、壁と基礎との断熱材の連続性を確保する ・床下の防湿施工に十分に配慮する。また、メンテナンスのための点検口を設置する ・防蟻処理がなされている床下の場合で、処理後5年以上経過していないものは、有害物質が残留している場合があるため、この工法は採用しない ・シロアリ対策は、断熱材だけではなく、基礎周辺の土壌に対策を施すと甚大な被害を未然に防ぐことができる(健康被害には十分配慮する)
関連工事	【関連工法】手法7、手法11(外壁を改修しない場合)
参考価格	9,800 円/㎡(断熱工事、仕上工事、諸経費)
参考図面	<p>・既存の外壁断熱(充填断熱)に基礎外断熱をおこなう場合</p> <p>・外壁外張断熱工法と組み合わせる場合</p>

施工手順の解説		
1	2	3
		
<ul style="list-style-type: none"> ・事前調査の際に基礎回りの状況を確認する ・特にエアコン室外機や配管との取り合いを確認する 	<ul style="list-style-type: none"> ・基礎廻りをフーチンの深さまで掘り起こす ・床下換気口は、断熱材を用いて塞ぐ。その際、防蟻接着剤を用いて4周をとめる ・断熱材を基礎の外側から貼付ける 	<ul style="list-style-type: none"> ・断熱材とコンクリートの隙間からシロアリが這い上がらない様に、防蟻接着剤を線状に切れ目無く塗布する
4	5	6
		
<ul style="list-style-type: none"> ・基礎を貫通する配管回りについても防蟻接着剤を充填する 	<ul style="list-style-type: none"> ・断熱材の突合せ部分に防蟻接着剤を塗りつける 	<ul style="list-style-type: none"> ・断熱材の上にメタルラスをタッカーで貼付ける ・メタルラスに仕上げモルタルを塗る
施工のポイント		
<ul style="list-style-type: none"> ・断熱材の継目は隙間が生じないように施工します。 ・断熱及び気密欠損が生じないよう、基礎天端と土台の間に、現場発泡断熱材(スプレー缶タイプ)、もしくは、気密テープ等の気密補助材を用いて断熱気密を連続させます。 ・床下換気口がある場合はそれを塞ぐと共に、漏気に注意する必要があります。また、床下地盤の防湿施工(土間(防湿)コンクリートの打設など)に充分配慮します。 ・床下点検口等を設置し、定期的に床下空間を点検できるようにします。 		
●シロアリ対策について		
<p>・様々なシロアリ対策の薬剤や断熱材がありますが、それらの対策を行っていても被害を受ける事例は多くあります。そこでシロアリ被害を最小限に抑える対策として物理的に侵入を防ぐ方法があります。以下の対策を基礎外断熱工法と共に検討することをお薦めします。</p> <p>・基礎及び断熱材の天端に金属製の板や専用のシートを設置し、シロアリが断熱材に侵入しても基礎から上には這い上がれないようにする「蟻返し」という方法があります。被害を拡大させない方法として有効です。ただし、連続的に設置されていないと、切れ目から土台や柱へ侵入されてしまう場合があり、また、改修の場合は、基礎の天端に設置できないことが課題です。</p> <p>・その他に、特殊なステンレスメッシュ(シロアリが侵入できない構造のメッシュ)を利用する方法もあります。ステンレスメッシュは、断熱材の外側に専用のモルタルで設置します。ただし、既存住宅への施工は、構造的な制限がある場合があり、費用も高くなる傾向があります。</p>		

2.2.9 開口部の断熱・気密改修

1) 手法13 アタッチメント工法 (窓廻りのコールドドラフト対策)

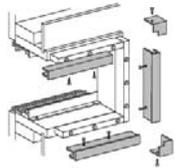
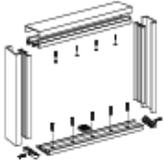
工法の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・既存サッシの障子を利用して、高性能なガラスをはめ込む簡易的な開口部の断熱改修工法 ・冬期における窓廻りのコールドドラフトを緩和する対策として有効 ・通常のガラス交換と同等の作業であるため、暮らしながらの改修が可能で、既存住宅の全ての窓ガラスを交換しても1日程度で完了する。他の開口部改修工法に比べ最も安価
使用材料	<ul style="list-style-type: none"> ・交換するガラスは、高性能単板ガラス、複層ガラスなど、目標とする性能によってその選択を検討する 【ガラス】アタッチメント付き Low-E 複層ガラス (FL3 + 空気層5~6mm + FL3) 【副資材】戸車、ゴムパッキン
改善効果	<ul style="list-style-type: none"> ・冬季における窓廻りのコールドドラフトによる不快感を緩和できる ・ガラス面の結露が減少する
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・サッシの形状によりはめ込むガラスが、網戸と干渉することがある。事前調査の際に網戸とのクリアランスを確認されたい ・ガラスのみの交換であるため、サッシの気密性を高めることはできない ・アタッチメント部分によって有効採光面積が若干減少するため、予め居住者への事前確認が必要 ・シングルガラスのサッシの場合、複層ガラス化による荷重の増加に対応した戸車でないため、その荷重負荷が許容範囲にあるか否かを確認する必要がある ・荷重が超過したガラスを使用したことによって戸車などが破損した場合、メーカー保障の対象外となるため注意する
関連工事	【関連工事】日射遮蔽改修(2.3 参照)
参考価格	30,000 円/m ² (ガラス工事、諸経費)
参考図面	

施工手順の解説		
<p>1</p> 	<p>2</p> 	<p>3</p> 
<ul style="list-style-type: none"> ・事前に既存サッシのガラスを採寸する ・戸車やパッキン、窓台の状況も確認する 	<ul style="list-style-type: none"> ・搬入されたアタッチメント複層ガラス 	<ul style="list-style-type: none"> ・既存サッシを取り外し、作業場へ運ぶ
<p>4</p> 	<p>5</p> 	<p>6</p> 
<ul style="list-style-type: none"> ・既存サッシのビスを緩めて障子の一部を取り外し、ガラスを取り除く 	<ul style="list-style-type: none"> ・アタッチメント複層ガラスを障子にはめ込む ・気密性を改善するために、サッシのゴムパッキンを交換する(劣化していない場合は状況判断する) 	<ul style="list-style-type: none"> ・左側のサッシが、施工前、右側が施工後の状況。既存の状態に比べガラスの面積が若干減少する
<p>7</p> 	<p>8</p> 	<p>9</p> 
<ul style="list-style-type: none"> ・サッシを設置する前に、戸車、クレセントを調整し、潤滑油を吹く ・すべりが悪い場合は、戸車を交換する 	<ul style="list-style-type: none"> ・取り外したガラスは、産廃処理業者を通してリサイクルする 	<ul style="list-style-type: none"> ・施工後の全体像
<p>施工のポイント</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サッシの種類、はめ込むガラスの種類によっては網戸と干渉することがあるため、事前に確認します。干渉する恐れがある場合は、複層ガラスの空気層の厚みを調整します(6mm→5mm程度)。 ・ガラスの交換だけでは気密性を高めることはできないため、気密性の改善が必要な場合は、サッシごと交換する工法をお勧めします。 		

2) 手法14 2重化工法

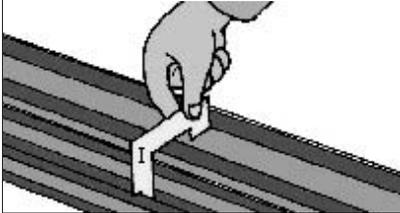
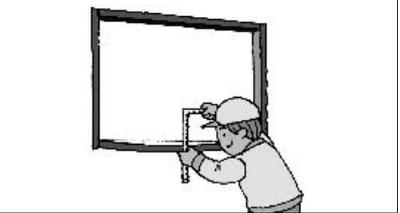
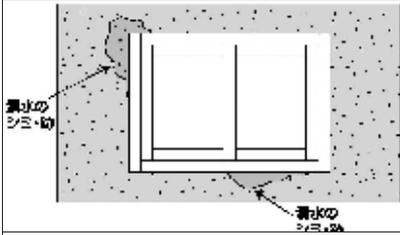
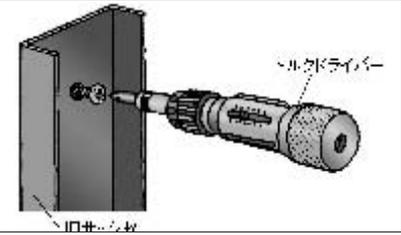
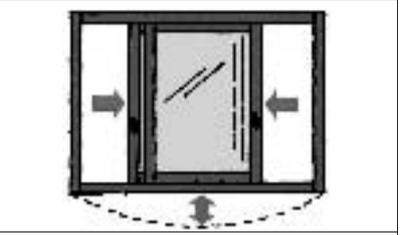
(窓廻りの断熱・気密対策)

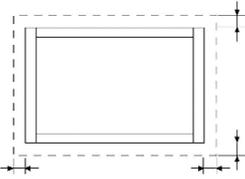
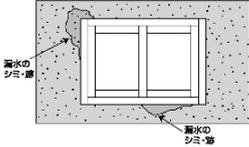
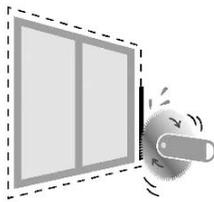
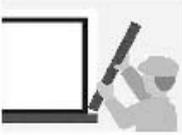
工法の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・冬期の窓回りからのコールドドラフトや隙間風を改善する断熱・気密改修工法で、住まいながらの改修が可能 ・施工は、既存のサッシに手を加えず、室内側の額縁や床に対して建具(サッシ)を追加設置する ・室内側からの作業で一ヶ所の標準的な施工時間は1～2時間程度で完了する
使用材料	<ul style="list-style-type: none"> ・追加するサッシは、金属(アルミ)製、樹脂(PVC)製、木製のサッシと、単板ガラス、複層ガラスの組み合わせにより、目標とする性能によってその選択を検討する 【内窓本体】金属(アルミ)製、樹脂(PVC)製、木製 【ガラス】単板ガラス、複層ガラス
改善効果	<ul style="list-style-type: none"> ・窓面からのコールドドラフトが抑えらると同時に、窓廻りの気密性が向上する ・窓面の結露が減少する
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ・内窓の取付けスペースが無い場合は、追加で額縁工事が必要となる ・取付け箇所には重量がかかるので、必要な場合は補強工事が必要 ・室内側に取り付けるので、約10cm程度部屋が狭くなる
関連工事	<p>【関連工法】手法7、手法8 【関連工事】日射遮蔽改修(2.3参照)</p>
参考価格	<p>185,000円/箇所(サイズ1730×1660樹脂サッシシングルガラス材工、仕上工事、諸経費)</p>
参考図面	

施工手順の解説		
1	2	3
		
<ul style="list-style-type: none"> ・内窓を取り付ける場所の開口寸法を測る ・設置箇所のスペース、強度を確認し、施工後の安全性を確保する ・その際、下記の内容に留意する/額縁工事の必要性追加工事(額縁の補強など)の有無搬入時の障害物のチェック 	<ul style="list-style-type: none"> ・測定した寸法に従って加工・組立てた枠及び障子を搬入する。必要に応じて養生をする ・カーテンレールなど、施工時に邪魔になるものを取り外す 	<ul style="list-style-type: none"> ・取り付けの既存の額縁の出幅が足りない場合、増枠を取り付ける
4	5	6
		
<ul style="list-style-type: none"> ・増枠はビスで固定することが多いので、既存の額縁にビス打ち出来ることが前提条件である ・増枠は、各社が用意しているものを使用しても良いし、造作工事で別途用意することも可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・額縁に障子を乗せて重さに耐えられない場合、柄や金具などを取り付けて補強する 	<ul style="list-style-type: none"> ・カーテンレールなど付属品を付け直す場合は、内窓取付けの邪魔にならないタイミングで行う(なお2～6の工事は必ず全てを行うわけではないので、打合せによって決める)
7	8	9
		
<ul style="list-style-type: none"> ・内窓の枠を、額縁にタッカーやビスなどで決められた位置に固定する 	<ul style="list-style-type: none"> ・枠の固定は、各社所定の方法に従って行う ・額縁との間に隙間ができないように確実に固定する 	<ul style="list-style-type: none"> ・障子を吊り込み、障子や枠の調整を行う ・枠と障子の間に隙間が無いことを確認する ・クレセントがある場合は、かかり具合の確認を行う
施工のポイント		
<ul style="list-style-type: none"> ・改修工事の場合、額縁がゆがんでいることがあるので、確実に測定することが重要です。 ・内窓の取付け位置は、外窓の召合せや金物(クレセントやハンドルなど)とぶつからないように設置して下さい。 ・ある程度のゆがみはサッシの構造で吸収できますが、その範囲を超える場合は、額縁とサッシ枠の間にカットしたベニヤなどを敷き、隙間はシールなどで塞ぐなど、枠のゆがみに対応することが必要です。どの程度対応できるかは各メーカーによって異なるので、事前に確認して下さい。 ・既存の額縁が重さに耐えられることが前提となるので、必ず窓台などの状況を確認して下さい(大きさやガラスの種類にもよりますが、障子は1枚 20kg を超えることもあります)。なお、増枠は、額縁の見込みを増やすためのものなので、それ自体に重さを支える機能はありません。 		

3) 手法15 カバー工法 (窓廻りの断熱・気密対策)

<p>工法の概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> 古いサッシの枠を残したまま新しいサッシとカバーモールを取り付ける開口部の断熱・気密改修工法で、既存の窓や外壁を傷めない ゴミや音の発生が少なく、1日で作業が完了する
<p>使用材料</p>	<ul style="list-style-type: none"> 交換する窓等は、金属(アルミ)製、樹脂(PVC)製のサッシと、単板ガラス・複層ガラスの組み合わせにより、目標とする性能によってその選択を検討する 【窓本体】金属(アルミ)、樹脂(PVC) 【窓枠】カバーモール用窓枠(MDF+HPJシート) 【部材】カバーモール、カバーモール用ケーシング、カバーモール用下枠、カバーモール用水切り化粧カバー
<p>改善効果</p>	<ul style="list-style-type: none"> 開口部の断熱性能及び遮音性能が向上する
<p>留意点</p>	<ul style="list-style-type: none"> カバー工法が採用できるサッシは限定されるので、各メーカーのカタログ、施工マニュアルなどを参照されたい サッシ以外にも玄関ドア、玄関引戸、勝手口などもメーカー毎に製品の設定がある。また、浴室の窓には使用できない場合がある 外装材にアスベストが含まれている場合もあるので、部分的な解体時には、事前の調査を十分に行う
<p>関連工事</p>	<p>【関連工法】手法7、手法8 【関連工事】外壁の修繕工事、日射遮蔽改修(2.3 参照)</p>
<p>参考価格</p>	<p>340,000 円/個所(サイズ 1600×1600 樹脂複層ガラス材工、仕上工事、諸経費)</p>
<p>参考図面</p>	

施工手順の解説		
1	2	3
		
<ul style="list-style-type: none"> ・カバー工法が適用できるサッシであるか確認する。また、枠に傾き・ねじれがないか確認する 	<ul style="list-style-type: none"> ・枠の対角の差が規定値以内であることを確認する 	<ul style="list-style-type: none"> ・上枠・下枠のそり寸法が規定値以内であることを確認する
4	5	6
		
<ul style="list-style-type: none"> ・開口周りに漏水によるしみ・跡がないことを確認する 	<ul style="list-style-type: none"> ・ねじ込みトルクが十分であることを確認する 	<ul style="list-style-type: none"> ・下枠の垂れ下がりがないことを確認する
7	8	9
		
<ul style="list-style-type: none"> ・既存のサッシの障子だけを取り外す 	<ul style="list-style-type: none"> ・既存のサッシの枠にベース材を取り付ける 	<ul style="list-style-type: none"> ・新しいサッシを取り付ける
10	11	
		
<ul style="list-style-type: none"> ・カバー材を取り付ける 	<ul style="list-style-type: none"> ・サッシ周りに防水処理を施す 	
施工のポイント <ul style="list-style-type: none"> ・旧サッシ枠の形状を必ず確認し、旧サッシへのカバーモール使用の可否を判定してください。 ・上下枠の網戸レールの位置がそろっていない場合、カバーモールは使用できないので注意してください。(例：下枠がレール式、上枠がドブ溝式の網戸仕様のサッシ) ・2階以上の窓にカバー工法を採用する場合、足場を確保する必要があります。 ・アスベストを含有する外壁材の切断(破砕)を行う場合には、「石綿障害予防規則」(法令)に基づく措置を必ず行なってください。 		

施工手順の解説		
1	2	3
		
・既存のサッシの周囲に、カットするための十分なスペースがあるか確認する	・開口周りに漏水によるしみ・跡がないことを確認する	・外壁の厚さを確認する
4	5	6
		
・外壁材の反り・凹凸寸法を確認する	・外壁をカットして、既存のサッシを取り外す	・新しいサッシを取り付ける
7	8	
		
・サッシ周りに防水処理を施す	・カバー材を取り付ける	
<p>施工のポイント</p> <ul style="list-style-type: none"> ・玄関ドア・玄関引戸・勝手口ドア(土間納まり)・店舗引戸・土間シャッターにカット工法を採用する場合、土間部分の埋め戻し工事が発生します。 ・取付け作業に必要なスペース・足場を確保する必要があります。 ・外壁の厚さにより使用するモールの種類が異なるので注意してください。 ・アスベストを含有する外壁材の切断(破砕)を行う場合には、「石綿障害予防規則」(法令)に基づく措置を必ず行ってください。 		

2.2.10 その他の断熱・気密改修

様々な断熱改修の手法を紹介してきましたが、その他にも断熱性や気密性等を向上する有効な改修手法があります。ただし、施工する部位や断熱材の種類によって、高い専門性を求められると共に、施工の際に十分に注意しなければならないことがあります。ここでは、断熱専門業者による施工が必要とされる吹付けや吹込み等の工法について、特殊な方法を紹介します。

1) 床下と小屋裏の吹付断熱工法

新築の木造住宅において吹付断熱工法が、高気密・高断熱化する手法としてよく採用されています。断熱改修としても採用できる工法ですが、施工箇所が床下や小屋裏の場合、特別な注意が必要です。それは、現場発泡ウレタン等を吹付ける際の発泡ガスの取扱いです。床や天井を剥がさないで施工する場合は、狭い場所へ潜り込んでの作業となり、作業員へのガスマスクと新鮮空気の供給が不可欠です。また、体が自由に動かせない体勢での作業となる場合も多く、吹付け厚さの不ぞろいや欠損が発生しやすくなります。

こうした場合の工事を検討する場合は、必ず専門の断熱施工業者への確認が必要となります。図7は、床下に施工している事例ですが、この手法によって複雑で隙間の多かった床の断熱性と共に気密性も高めることができました。改修の場合、気流止め等を挿入できない部分にも、この工法であれば十分に断熱材を充填することが可能です。図8では、断熱材が行き渡った結果、既存壁と床の隙間から床上へ吹き付けた断熱材が出てきている様子が伺えます。改修の効果が高い工法ですが、作業員のリスクを伴う場合がありますので、事前に十分な打合せをすると共に、施工会社の経験を確認してください。

また、気流止め施工で断熱材を充填できない箇所は、補助的に現場発泡断熱材(スプレー缶タイプ)を利用することがあります。充填断熱と適宜組み合わせると効果的です。



図7 床下への吹付け施工の様子



図8 床下から吹付けた断熱材が壁と床の隙間から床上に漏れ出した様子

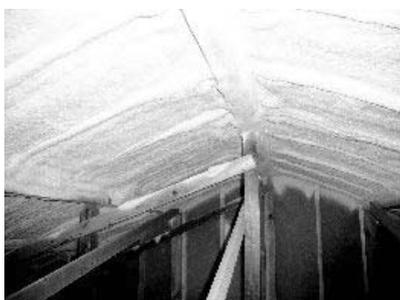


図9 垂木の高さ分の断熱材を吹付けた様子



図10 天井を撤去して工事を行えば、新築の場合と同等の施工状況となり安全

2) 壁体内への吹込断熱工法

壁体内へ断熱材を充填する方法は、壁を剥がして充填する方法が一般的ですが、大掛かりな工事となりがちです。壁体内へ断熱材を吹込む場合も、バラ状の無機繊維系断熱材や木質繊維系断熱材を用いると同等の工事となり手間が掛かりますが、ここでは壁に穴を開け、簡易的に壁体内に断熱材を充填する例を紹介します。

図 11 の施工状況は、粒状のビーズ法ポリスチレンフォーム(EPS 直径3mm 程度)を壁体内(間仕切壁)へ吹込んでいる様子です。壁の上部に直径 60mm 程度の穴を開けるか、もしくは壁を一部撤去し、そこから送風機によって充填を行ないました。押入れの天井や新たに点検口を設け、そこから階間や小屋裏を通じて壁の上端から断熱材を充填することも可能です。施工上の注意点は、コンセントやスイッチボックスから断熱材が漏れ出ることを防ぐために、気密施工等で用いられるコンセントカバーを用いること、そして、壁の下端に必ず気流止めを挿入することです。また、2階の場合は、壁の下端に気流止めを挿入することが難しい場合が多いので、この工法は1階の壁に向いているといえます。また、この断熱材は静電気を帯びやすいため、十分に充填できない場合があることが報告されています。この事例の場合は問題となりませんでした。この事例の場合は問題となりませんが、充填されていることを確認しながら工事を進めてください。



図 11 壁体内へ EPS を吹き込む様子



図 12 吹込みに使用した送風機

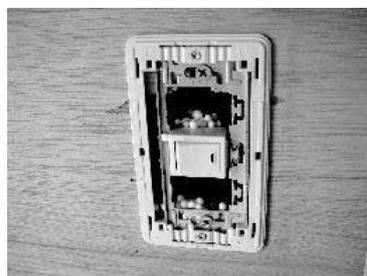


図 13 養生が不十分であったためスイッチボックスから漏れ出た EPS

3) 和室の床回りの気密工法

和室の畳を上げるとその下には荒板(下地板)がありますが隙間を開けて施工されているため、住宅の気密性を著しく下げる原因の一つであると考えられます。

この荒板を合板に交換し、合板のジョイント部分に気密テープを貼付けると、床の面剛性を高めると共に気密性を向上させることができます。その際、敷居や板間との取り合い部分の隙間も塞ぐ必要があります。これは、根太が畳の厚さだけ下げて設置されているため、荒板と敷居などの間には、30mm 程度の隙間が生じています。この隙間に気流止めと同様の方法で、繊維系断熱材を充填すると床面全体の気密性能が高まります。簡易に実施できる気密改修のひとつです。さらに、簡単に気密性を高める方法としては、気密フィルム等を畳下に敷き込むことも有効です。



図 14 畳下地の荒板の隙間



図 15 荒板と敷居の隙間



図 16 ●荒板と敷居の間に気流止めを充填

2.2.11 断熱・遮熱・気密改修における注意事項

1) 断熱改修工事による防露性能への影響

断熱改修によって気密性能が向上すると、同時に室内湿度が上昇し、部分的に結露を発生する可能性があります。この問題は加湿する開放型暖房設備の使用を控えることや、生活習慣の改善、換気システムの導入などによって緩和することができます。木部の劣化やカビ発生の原因となる結露の防止の観点から十分注意する必要があります。

本書で改修対象と想定している昭和 55 年基準相当の住宅では、平成 11 年基準で必須となっている防湿気密層の連続性が保たれていない物件が多く、室内の水蒸気が内外壁や小屋裏などに侵入しやすい構造となっています。特に、当時の関東以西の温暖地における施工現場では、関係者の間で内部結露に関する認識が低かったため、このような物件が多いと考えられます。

図 17 は防湿層付き断熱材の施工事例の写真ですが、外壁に充填された断熱材が胴差に到達していないことや、土台に架かる根太に邪魔されて断熱材の室内側に隙間が生じていることがわかります。このような施工状態では、壁内気流や濃度拡散によって水蒸気が侵入し、内部結露が発生しやすくなります。ただし、建設当時の温暖地では局所的に間欠暖房を行う生活習慣や、建物自体の低い気密性能が幸いし、実際には結露による実害がそれ程発生しなかったと考えられています。

また、断熱改修工事によって居室の湿度が上昇した場合、それとともに壁内や床下等の湿度も上昇すると考えられます。図 18 は、断熱改修前後(断熱改修工事は床の断熱と気流止めのみ)の外気と、室内及び壁内など各部位の絶対湿度の日平均値の関係を示したグラフです。居室における絶対湿度の上昇とともに、1階天井裏に位置する階間空間や床下、および付属防湿層の外側に位置する断熱材外気側の絶対湿度もともに上昇しています。

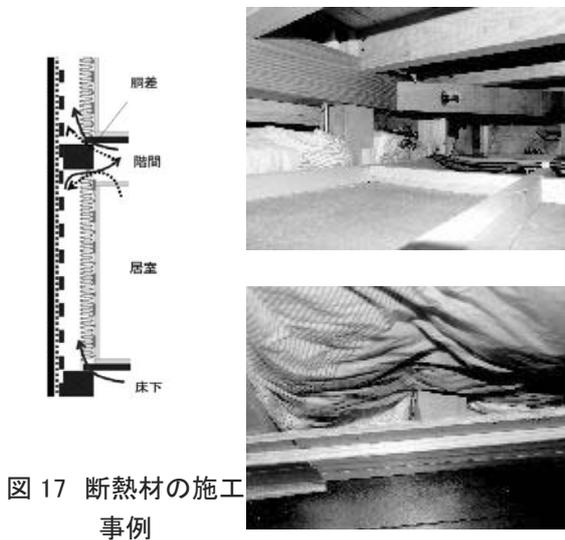


図 17 断熱材の施工事例

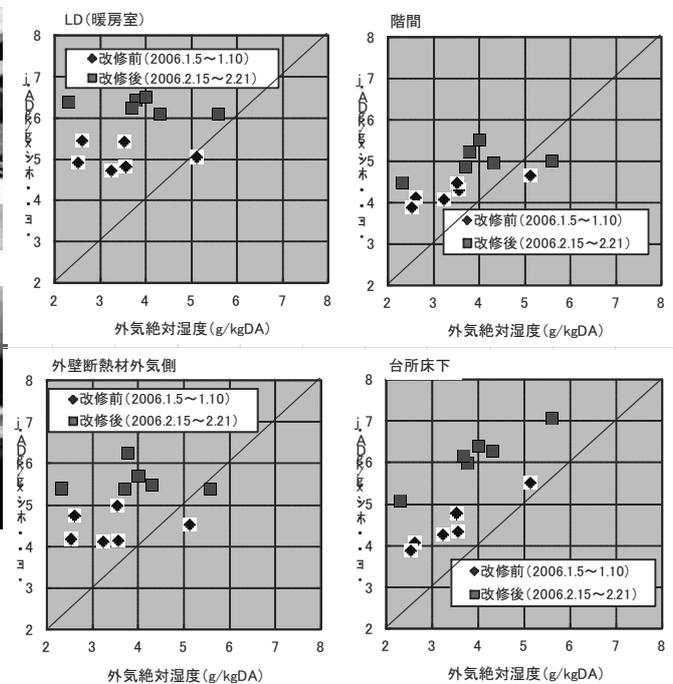


図 18 断熱改修前後の日平均値絶対湿度

図 19 は実験住宅における断熱改修工事後の絶対湿度の変動を示したグラフです。室内は朝方と夕方に暖房運転を行い、相対湿度を 50%程度に維持しています。外壁の断熱材外気側の値は、防湿層の外側にもかかわらず、外気よりも室内の変動パターンに近いことが読み取れます。

また、図 19 の床下空間については、地盤面の状態(べた基礎か布基礎)や水平方向の位置によって変動が異なります。その原因は、通気止めや断熱材の施工によって、壁内空隙の隙間性状や空気移動の経路が変化したことによるものと考えられます。

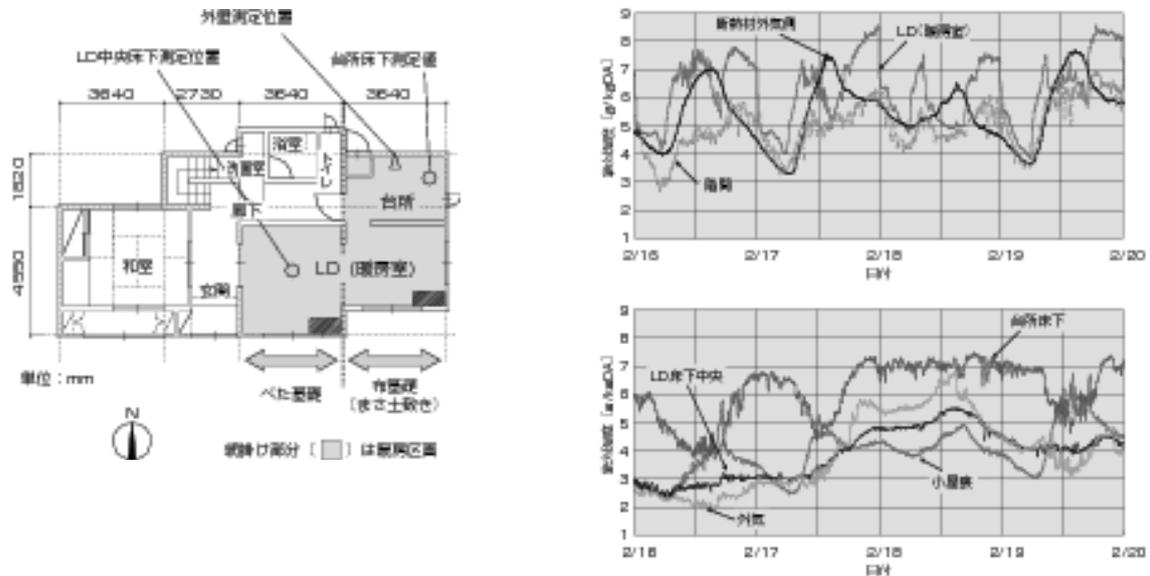


図 19 実験住宅における断熱改修工事後の絶対湿度変化

2) 生活上の注意事項

以上のように、断熱改修工事によって住宅内の湿度に変化が生じると予想されます。温暖地における一般的な改修物件は外皮の防湿措置も完全ではないため、内部結露を防止するためには、室内湿度を低く保ったり、高湿な状態の時間帯をできるだけ短縮したりするなどの生活上の対策が不可欠となります。本書が対象とする改修住宅の立地はIV地域以南に限定されますが、内部結露防止のために以下の対策を推奨します。

① 生活習慣の改善による水蒸気発生抑制

- ・開放型暖房機器の使用を控える。
- ・こまめに換気を行う。特に暖房・調理中や入浴後は注意する。
- ・加湿器の使用や洗濯物の室内干しを控える。

② 設備機器の導入等による湿度制御

- ・ルームエアコン(ヒートポンプ)や密閉型暖房器具(FF式暖房機)を導入する。
- ・換気システムを設置する。
- ・床下地盤の防湿工事を行う。

また、III地域以北の外気温度が低い地域や、IV地域でも24時間連続暖房を行なう住宅では、防湿層を連続させる等、内部結露対策が必要と考えられます。

第3章 省エネルギー改修効果の推計

3.1 省エネルギー改修効果のケーススタディ

3.1.1 ケーススタディの概要

1) 既存住宅の断熱性能に関する実態調査

① 既存住宅の実態調査

我が国の住宅ストックは現在約 4,700 万戸に上ると言われていますが、その性能実態に関する系統的な情報は極めて不足しているのが実情です。そこで、本書で扱う省エネルギー改修の手掛かりとして、2002～2004 年に既存住宅の断熱性能に関する実態調査を実施しました。その結果、省エネルギー基準の地域区分による I、III、IV、V、VI 地域におけるおおよその傾向を把握することができました。ここではその成果をもとに、それぞれの地域で典型的な住宅を抽出し、その特性に応じた標準的な改修手法について検討しました。

② IV 地域における住宅の断熱性能の特徴

実態調査として、工務店および設計事務所の実務者へのアンケート調査と現地調査を行いました。その結果、図1に示すように、IV 地域では外壁の断熱性能が高く、平成4年基準相当以上の水準を達成している住宅が80%近い割合を占めていることがわかりました。一方、最下階床は、昭和55年基準以下の住宅が約60%と、最も性能が低い部位です。また、最下階床を除く部位ではいずれも昭和55年基準に満たない住宅は10%以下にすぎず、調査した地域の中では、IV 地域の断熱水準が最も寒冷な地域である I 地域に次いで高いことが確認されました。

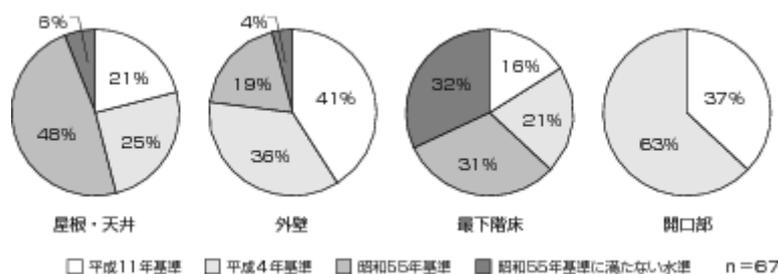


図1 各部位における断熱水準の達成状況 (IV 地域)

また、図2は住宅の建設年代区分による部位ごとの断熱水準の推移状況を示したもので、以下のような傾向が確認されました。なお、図中の年代区分については、省エネルギー基準が制定・改定された年を勘案し、①～1981年、②1982～1991年、③1992～1998年、④1999～2003年の4つの区分に設定しました。

・屋根・天井と外壁については①以降 $1.00 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ 以上の熱抵抗性能を示し、特に屋根・天井を見ると、

④は①に比べ、4倍近く性能が向上している。

・開口部については、②以前はすべて単板ガラスのアルミ製サッシで、性能の向上が見られないが、④では複層ガラスが増え、平均熱抵抗値は $0.25 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ に向上した。

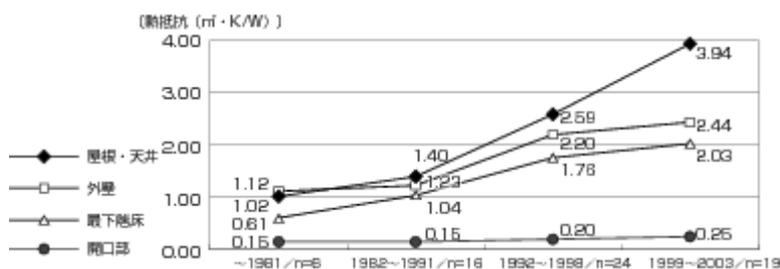


図2 年代区分別にみた各部位における断熱水準の推移 (IV地域)

2) 断熱改修による省エネルギー効果のケーススタディ

① ケーススタディの条件

実態調査の結果から各年代区分の平均的な住宅仕様を分析し、部位ごとに典型的な仕上材や断熱材の仕様を抽出しました。その中から、調査物件の多くを占めたIV地域 (関東地区) を選択し、年代ごとの仕様を表1のように設定しました。

本書の検証では、築年数と性能実態から最も省エネルギー改修のターゲットとなることが予想される、①の住宅 (築 25~30 年の住宅) 仕様をケーススタディに採用しました。

表1 典型的な在来木造住宅モデルの仕様 (IV地域) n=65

部位	① ~1981	② 1982~1991	③ 1992~1998	④ 1999~2003
屋根	和瓦	和瓦	彩色スレート	洋瓦
天井	繊維板 GW10K t=25	クロス GW10K t=50	クロス GW10K t=100	クロス GW16K t=160
外壁	ラスモルタル・リシン GW10K t=50	ラスモルタル・リシン GW10K t=50	サイディング GW10K t=100	サイディング GW16K t=100
内壁	化粧合板	クロス	クロス	クロス
開口部	アルミサッシ シングルガラス	アルミサッシ シングルガラス	アルミサッシ シングルガラス	アルミサッシ ペアガラス
床	フローリング 無断熱	フローリング XPS(1B)t=20	フローリング XPS(1B)t=50	フローリング XPS(3B)t=45

GW: グラスウール、XPS(1B/3B): 押出法ポリスチレンフォーム(1種/3種)

図3、4は改修効果を検証した住宅モデルで、2章で紹介したモデルと同じです。この住宅モデルに表1の①の仕様をあてはめると、改修前の住宅モデルの熱損失係数は、 $4.95 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (昭和 55 年基準相当) となります。

次に、表2はこのモデルに適用する建物外皮の断熱改修工法の一覧です。部位ごとの省エネルギー改修効果をより明確にするために、対象住宅の構造的な問題点や住み手の改修ニーズ等は改修条件として特に勘案せず、各部位の仕様が平成 11 年基準相当以上の断熱水準を満たすことを目標レベルに設定しました。なお、改修範囲は、部位ごとに建物全体としました。

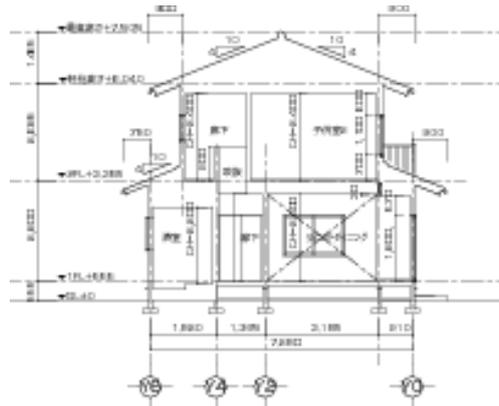


図3 住宅モデルの概要:断面図

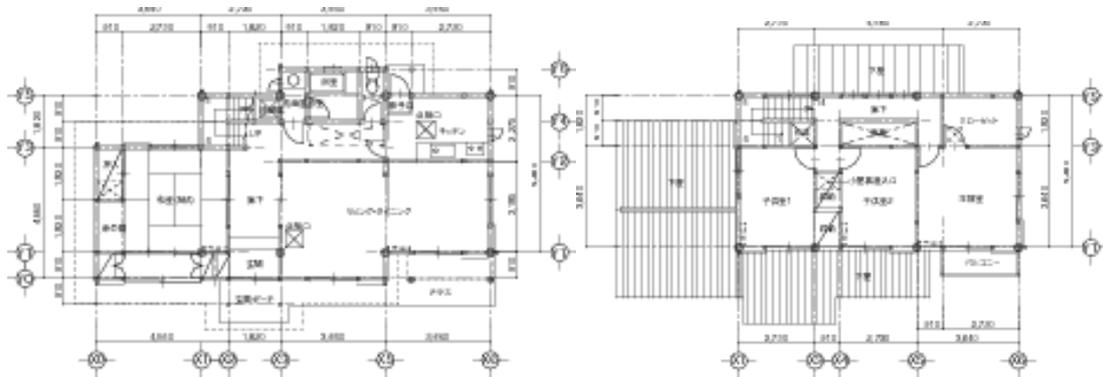


図4 住宅モデルの概要 平面図

表2 建物外皮の改修内容

改修部位	改修内容・断熱材
①:天井(手法4)	小屋裏から断熱材を吹き込む:ブローイング GW-2 t=200mm
②:外壁(手法7)	外壁に断熱材を付加(既存の断熱材を活用):XPS(3B)t=50mm
③:開口部(手法14)	全ての開口部の二重サッシ化:既存アルミ・シングル+樹脂サッシ・シングル
④:最下階床(手法9)	床下から断熱材を設置:GW 32K t=80mm

3.1.2 ケーススタディの結果

1) イニシャルコスト

表3は、断熱改修工事に要したA改修部位、B概算費用、C改修後の熱損失係数(Q値)、D改修前後の改善値(ΔQ 値)の一覧です。

IV地域を想定した住宅モデルの場合、最も高額な部位は仕上材の更新をともなう外壁工事で、また最も安価な部位は、床の改修工事でした。床や天井の工事は、仕上材は残して裏側(小屋裏や床下)から行うため、作業空間を確保できれば安価に行うことが可能です。また、床については改修前後の熱損失係数の改善値も他の単独改修に比べて大きくなっています。一方、全ての部位の改修を行った場合は、概算工事費は約 637 万円になりました。この場合は、大掛かりな修繕工事を想定していますが、熱損失係数は

2.34W/m² K、改善値は 2.61 で平成 11 年基準が達成されました。

表3 断熱改修に要した概算費用、及び改修後のQ値とその改善値(ΔQ値)

A. 改修部位	B. 概算費用(千円)	C. Q値(W/m ² K)	D. ΔQ値(W/m ² K)
① 天井(手法4)	345	4.21	0.74
② 外壁(手法7)	3,161	4.53	0.42
③ 開口部(手法14)	1,956	4.14	0.81
④ 最下階床(手法9)	906	4.16	0.79
⑤ ③+④	2,862	3.53	1.60
⑥ ①+③+④	3,208	2.87	2.08
⑦ ①+②+③+④	6,369	2.34	2.61

2) 暖冷房負荷

建物外皮の断熱改修による暖冷房負荷の削減率をもとに、年間の暖冷房エネルギー消費削減量の試算を行いました。その結果は概ね以下の通りです(図5参照)。

IV地域では、断熱改修による暖冷房負荷の軽減効果が最も高い改修部位は開口部、次いで天井で、年間の暖冷房エネルギー消費削減割合はそれぞれ約 15%、7%でした。いずれも顕著な効果が期待できません。

また、開口部の改修は省エネルギー効果が高いと同時に、居住しながら工事が行えるため、改修の重要な要素である施工性の観点からも優れています。従って、省エネルギー改修において比較的选择順位の高い部位であると言えます。

一方、最下階床の改修は、熱損失係数で比較した場合に比べてエネルギー削減量が少なく、大きな改修効果を得にくい部位です。しかしながら、工事費が 20 万円程度と他の部位に比べて安価で、費用対効果で見るとその順位は高くなりますから、優先すべき選択肢の一つとして考慮すべきです。

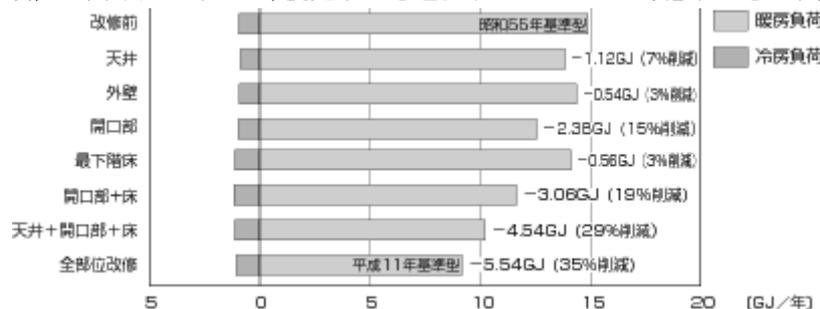


図5 年間の戸当たり暖冷房エネルギー消費量と削減率

3) IV地域で有効な省エネルギー改修のポイント

実態調査およびケーススタディの結果から、省エネルギー改修技術の有効性と今後の課題を、以下のようにとまとめることができます。

- ・IV地域(主として関東地区)における在来木造住宅の場合、建物外皮の断熱改修による暖冷房エネルギー

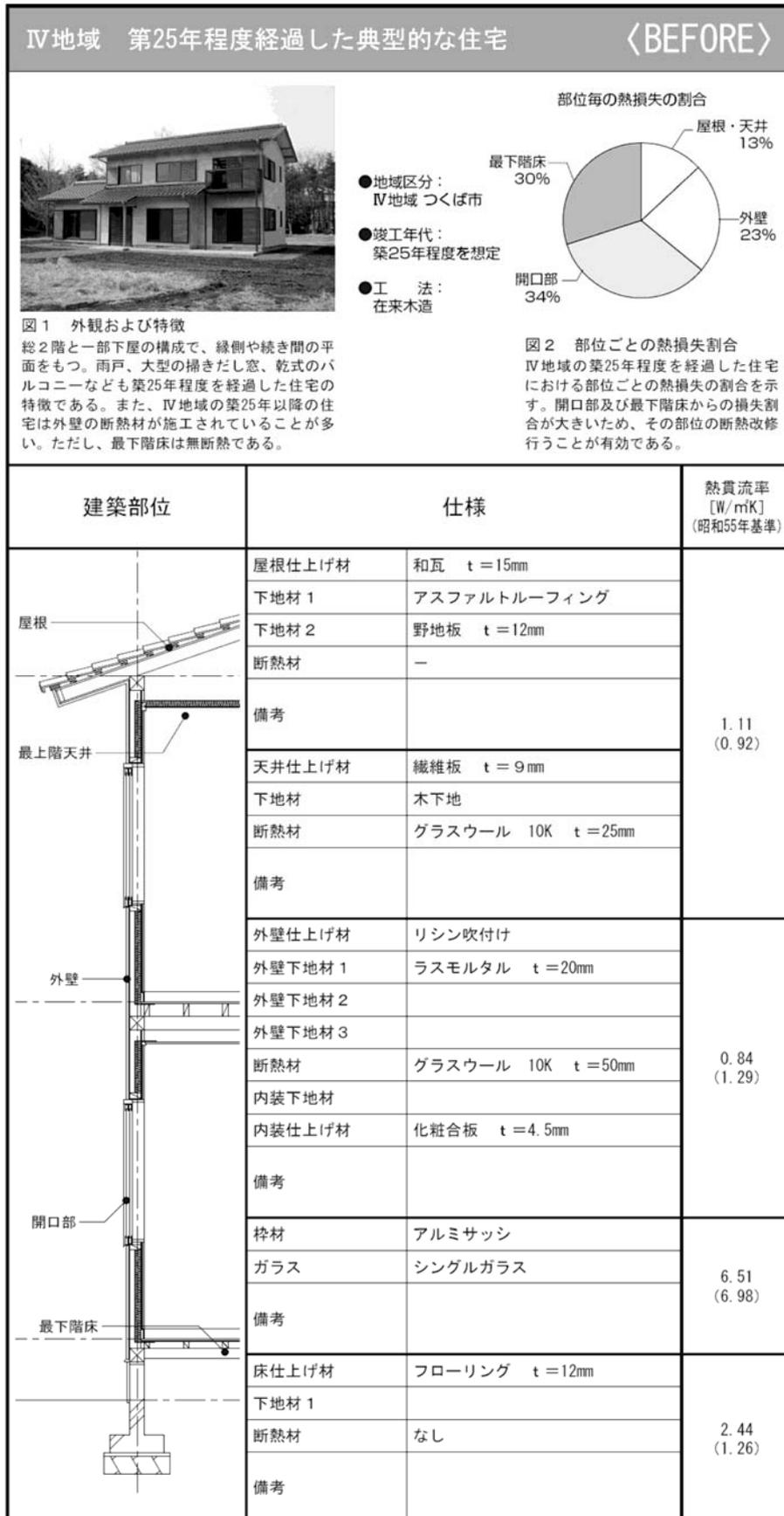
ギー削減効果が最も大きい部位は開口部である。

- ・全ての部位の断熱改修を行った場合、修繕を目的とした一般的な改修費用よりも高コストとなるが、最大約 35%の暖冷房エネルギー削減効果が得られる。

- ・天井および最下階床の改修は、省エネルギー効果は顕著ではない。しかし、比較的安価に実施でき、夏季に天井からの放射熱を遮断する効果や、冬季に床面に近い足元の温度分布を改善する効果がある。従って、住まいの快適性や質を向上する上で、重要な改修部位であると言える。

- ・暖冷房機器に係わる設備更新は、一連の研究結果からエネルギー削減効果が明らかにされており、建物外皮の断熱改修と同時に実施することにより、さらに省エネルギー効果を高めることが期待できる。

●既存住宅断熱改修シート1(改修前)



●既存住宅断熱改修シート2(改修後)

IV地域 断熱改修モデル 昭和55年基準型⇒平成11年基準型 <AFTER>

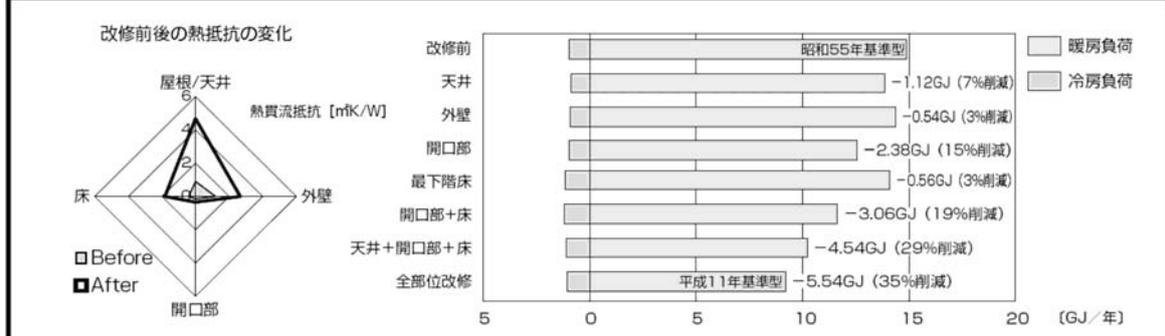


図3 改修前後の熱貫流抵抗の変更
改修後は、下表の通り、すべての部位を平成11年基準仕様に変更した場合である。

図4 断熱改修による年間の暖冷房エネルギー消費量の試算結果(1戸当たり)
改修前の1年間の暖冷房エネルギー消費量と、改修後の暖冷房エネルギー消費量及び消費量削減率を示した。全部位改修を行った場合には、35%の削減効果が見込まれる。
(図4はAE-CADを用いて、年間の暖冷房エネルギー消費量をシミュレーションした結果)

建築部位	仕様	熱貫流率 [W/mK]	改修費用 [円/㎡]	年間光熱費削減量 [円]
屋根	屋根仕上げ材	和瓦 t=15mm	4,300	4,000
	下地材1	アスファルトルーフィング		
	下地材2	野地板 t=12mm		
	断熱材	—		
	備考	既存屋根は現状のまま		
	天井仕上げ材	繊維板 t=9mm		
	下地材	木下地		
	断熱材	吹込み用グラスウール 20K t=200mm		
	備考	・小屋裏吹込断熱工法(手法4) ・既存断熱材の上に増し吹き ・気流止めを設置(手法6)		
	備考	・外壁外張断熱工法(手法7) ・既存壁の外側に断熱材を追加		
外壁	新規外壁仕上げ材	サイディング t=12mm	21,000	1,500
	外壁下地材1	通気用胴縁 t=18mm		
	新規断熱材	押出法ポリスチレンフォーム3種 50mm		
	外壁下地材3	モルタル下地リシン吹きつけ t=20mm		
	既存断熱材	グラスウール 10K 50mm		
	内装下地材	なし		
	内装仕上げ材	化粧合板 t=4.5mm		
開口部	枠材	既存アルミサッシ+新規樹脂サッシ	64,000~	6,000
	ガラス	シングルガラス		
	備考	・2重化工法(手法14) ・既存サッシを残し、室内側にサッシを追加		
最下階床	床仕上げ材	フローリング t=12mm	12,000	1,700
	下地材1			
	断熱材	グラスウール 32K t=80mm		
	備考	・床下充填断熱工法(手法9) ・断熱材を床下から充填 ・気流止めを設置(手法11)		

3.2 部分断熱改修による効果の検討

3.2.1 断熱改修手法の検討

茨城県つくば市に、概ね 25 年ほど前の建物仕様による実験用の木造住宅(在来木造軸組工法、延床面積:134.98 m²)があります。この住宅で部分断熱改修による効果の検証を行いました。検証した断熱改修手法を図6と表4に示しますが、天井や床、気流止めといった工事中も居住者の退去を必要としない手法を採用しています。この一連の断熱改修によって、在室時間が長いと考えられるLDKの空間に断熱区画が形成されます。温暖地におけるこのような住宅では局所間欠暖房が一般的で、費用対効果の観点から小規模改修が現実的です。そこで、ここでは小規模な部分断熱改修による冬期の温熱環境の向上と暖房エネルギー削減効果について検証しました。

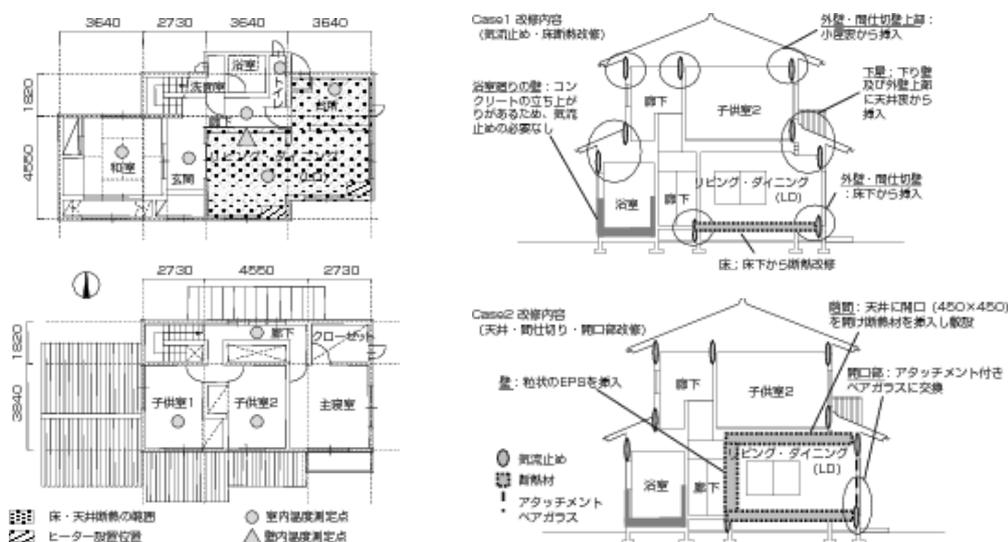


図6 建物概要と断熱改修手法

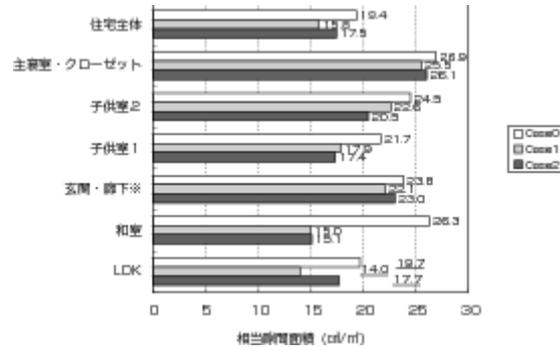
表4 断熱改修手法の概要と工事費用

記号	部位	施工範囲	改修方法(Case0は竣工時の仕様)	熱損失係数 (W/m ² K)	工事費用
Case0 *1	床・天井	建物全体	無断熱	3.49	-
	外壁	建物全体	グラスウール 10k t=50mm		
	サッシ	建物全体	アルミサッシ・単板ガラス(パッキン加工)		
Case1	壁の上下 端部	建物全体	床下から気流止めを設置(手法2)*2	3.30	約45 万円
		建物全体	小屋裏から気流止めを設置(手法1)*2		
	床	LDKのみ	床下からグラスウールボード 32K 80mmを充填(手法10)*2		
Case2	階間	LDKのみ	天井に開口を開けグラスウール 16K 100mmを敷設(手法5)*2	3.12	約90万円
	間仕切 壁	LDK廻り	天井の開口を経由し、発泡ポリスチレンビーズを挿入		
	開口部	LDKのみ	既存ガラスをアタッチメント付きペアガラスに交換(手法13)*2		

3.2.2 部分断熱改修の効果

1) 気密性能との関係

気密性能の測定結果を図7に示します。気密化されていない在来木造工法は壁内の隙間が床下から小屋裏まで繋がっているため、Case1の気流止め施工によって相当隙間面積が減少していることがわかります。特に和室では気流止め施工により相当隙間面積が10(c㎡/㎡)以上減少しており、効果の大きいことが読み取れます。



※1階の洗面室・浴室、トイレのドアは開放し、「玄関・廊下」に含まれる。

図7 気密性能の測定結果

2) 体感温度への効果

一般に、断熱性能が向上すれば壁の表面温度が上昇し、同じ空気温度でも体感的に暖かく感じます。図8は体感温度に相当するグローブ温度という指標と空気温度(乾球温度)の差と、室内外温度差の関係を比較したグラフです。これから断熱改修によって体感温度が1℃程度向上したことが読み取れます。これは、断熱改修によって暖房温度の設定を1℃下げても、同様の暖かさが感じられることを意味しており、表面温度が改善されたことが推測できます。

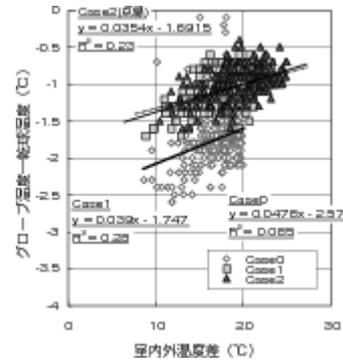


図8 グローブ温度と乾球温度の差

3) 足元温度の改善

足元の寒さは非常に不快ですが、断熱性能の向上は足元温度の改善にも貢献します。図9は、暖房運転時における上下温度差(床上50mmと900mm)と室内外温度差の関係を示したものです。改修前のCase0では上下温度差は7℃に達しており、足元がとても寒い状態になっています。これは、断熱が貧弱な住宅で発生するコールドドラフトという冷気流と、気密性の悪さに起因する隙間風が主な原因と考えられます。Case1、Case2では断熱改修によって足元温度は3℃程度改善されたことが読み取れます。

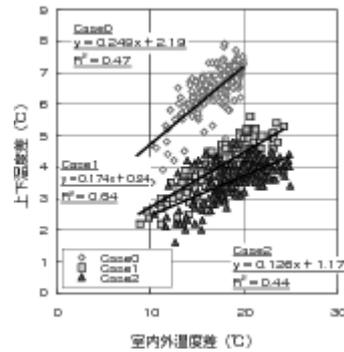


図9 上下温度差

4) 暖房運転前の明け方最低室温

間欠暖房の生活では、一般に暖房開始前の明け方に室温が最も下がります。図 10 はこの点に着目し、明け方の最低室温と最低外気温の関係を示したものです。

改修前の Case0 では明け方の温度は常に10℃を下回りますが、断熱改修後は10℃以上の日もみられ、明け方の温度低下が改善されていることがわかります。

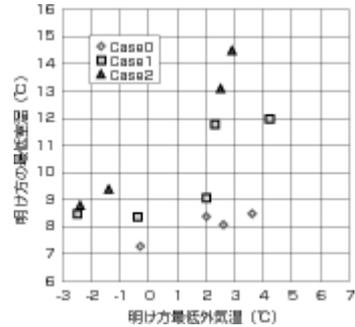


図 10 明け方の最低室温

5) 気流止めの重要性

一般に、断熱気密に配慮されていない在来木造住宅は、間仕切り壁において床下から低温の空気が侵入し、室内の温熱環境の悪化と暖房負荷の増大を招きます。図 11 は廊下に接する間仕切壁からの熱損失と室内外温度差の関係を示したものです。この部位からの熱損失は、Case1 のように通気止めを施工するだけでも改修前の6割程度に削減することができます。また、間仕切壁に断熱を施せば約4割程度までの削減が見込めます。局所暖房では非暖房室に接する間仕切壁からの熱損失は無視し得ないので、間仕切壁の改修は重要です。

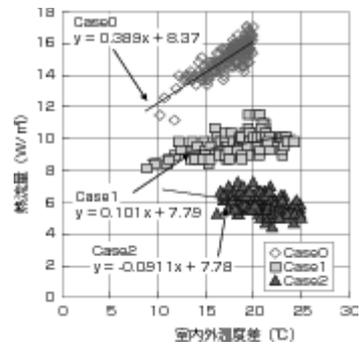


図 11 間仕切壁からの損失熱量

6) 非暖房室の温熱環境

部分断熱改修では、改修を行っていない非暖房室の温度低下が懸念されます。図 12 は暖房時における暖房室(LD)と、非暖房室であるトイレとの室内外温度差の関係を示したものです。図中の r は原点からの傾きであり、データ群が x 軸に近づくほど(図中の r が小さいほど)、トイレの温度が外気温度に近いことを意味します。住戸全体に気流止めを施工した Case1 では、トイレの温度が改善されていますが、間仕切壁に断熱材を施工した Case2 では、Case1 に比べ若干温度が低下していることが読み取れます。

このように住戸全体を断熱改修する場合は非暖房室の温熱環境も改善されますが、部分断熱改修では逆に温度低下が生じることがあるので注意が必要です。

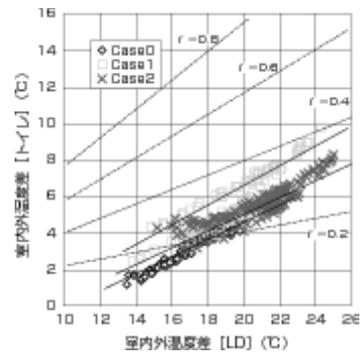


図 12 暖房室と非暖房室の室内外温度差

7) 暖房コストの削減効果

本実験では、LDK のみを暖房した際の断熱性能(保温性能)を実測によって求めています。この保温性能と気象データを用いて、冬季の暖房コストを推定してみました。図 13 の [] 内の暖房費は、暖房設備に比

ートポンプエアコンを想定し、COP を3、電力料金を 22 円/kWh として算出した年間の暖房コストです。図 13 の試算結果によれば、Case2 の改修工事を行った場合、間欠暖房では約 12,000 円/年、連続暖房では 24,000 円/年程度の暖房費の削減が見込めます。その結果、改修工事後の住宅の償却期間を 15 年と仮定すれば、前者は工事費用の 20%、後者は 38%回収できる可能性があることが読み取れます。

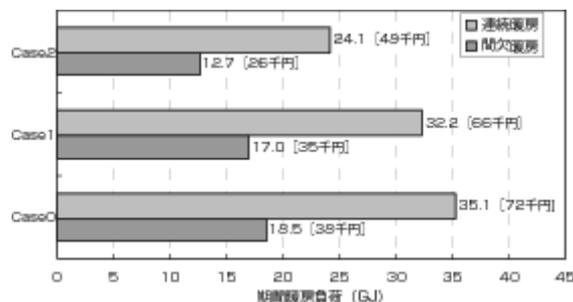


図 13 LDK の期間暖房負荷及び暖房費の推定値([]内は暖房費用)

表5に示した「LDK の保温性能」は、15 ページのコラムで解説した住宅の熱損失係数の測定方法を LDK に適用し求めたものです(LDK のみ加熱)。したがって、数値は熱損失係数と同じ意味合いを持ちますが、同等の断熱材が施工されていても床面積が小さいことや非暖房室への熱損失があるため、住宅全体の値に比べ大きめの値になります。

表5 LDK の保温性能の同定結果

	Case0	Case1	Case2
LDK の保温性能 (W/m ² K)	6.75	5.92	4.60

現在のエネルギーコストを前提に計算すると、部分改修による暖房費の削減分だけでは 15 年の償却期間中に工事費用を回収するのは難しいという結果となりました。しかしながら、単なる暖房機器の買い替えだけでは達成できない、体感温度や足元の寒さ、朝方の冷え込みなどの改善効果によって、温熱環境の快適性が確実に向上することが実証されました。

第4章 改修事例の紹介

4.1 改修事例の概要

ここでは、様々な改修手法を組み合わせられて実施された改修事例を紹介します。その内容は、解体を伴う大掛かりなものから、解体を伴わない簡易なもの、部屋単位で改修したものなど、実務の参考となる事例からなり、それらを以下のように改修規模別に整理しました。

	地域・竣工年	改修の概要	事例概観(改修前)
住まいながら実施した省エネ改修	① 神奈川県 A邸 1981年竣工 在来木造 2階建一部平屋 延床面積:118.0 m ²	<ul style="list-style-type: none"> ・建物の部位毎に解体を伴わない手法で改修を実施 ・事前調査:1日、工期:2日間 	
	② 東京都 B邸 2005年竣工 在来木造 2階建 延床面積:77.7 m ²	<ul style="list-style-type: none"> ・一部の解体のみで部位毎に改修を実施 ・同時に換気システムを導入 ・事前調査:1日、工期:3日間 	
大規模リフォームによる省エネ改修	③ 東京都 C邸 1974年竣工 在来木造 2階建 延床面積:91.1 m ²	<ul style="list-style-type: none"> ・中古住宅を購入し、入居前に大規模な全体改修を実施 ・下地合板の面剛性によって耐震性能を向上 ・工期:5ヶ月 	
	④ 山口県 D邸 1972年竣工 在来木造 2階建一部平屋 延床面積:132.7 m ²	<ul style="list-style-type: none"> ・老朽化した住宅の大幅な性能向上を目指して、大規模な全体改修を実施 ・高齢者世帯であるため、バリアフリー改修も実施 ・工期:4ヶ月 	
新しい工法による省エネ改修	⑤ 茨城県 実験住宅 1980年代の建物を想定した 在来木造 2階建一部平屋 延床面積:134.9 m ²	<ul style="list-style-type: none"> ・リビング・ダイニング、キッチンを中心に真空断熱材を用いた部分断熱改修(6面断熱)を実施。 ・工期:7日間 	
	⑥ 東京都 集合住宅 1977年竣工 SRC造 10階建 延床面積:40.3 m ² /戸	<ul style="list-style-type: none"> ・内装リフォームに伴い部分的な断熱改修を実施。同時に換気システムを導入 ・工期:7日間 	

紹介する改修事例は木造の戸建住宅を中心としましたが、RC造の集合住宅も1件含まれています。立地は全て次世代省エネルギー基準のIV地域であり、適用された改修手法は本書の手法に掲載している断熱仕様と同等のものや、中にはそれ以上のものも含まれています。以下に改修事例で採用された部位別の改修手法と、それによってもたらされた性能改善(熱損失係数:Q値、相当隙間面積:C値)の概要をまとめました。

表1 改修事例で採用された部位別改修手法と性能改善の一覧

改修部位	採用した工法	性能改善	
		熱損失係数(Q値)	相当隙間面積(C値)
1) 天井(小屋裏)+ 床+窓ガラス	<ul style="list-style-type: none"> ●天井:手法4 小屋裏吹込断熱工法+手法6 小屋裏気流止め ●外壁:既存のまま ●床:手法9 床下充填断熱工法+手法11 床下気流止め ●開口部:手法13 アタッチメント工法 	<改修前> 5.5W/m ² K ↓ <改修後> 3.3W/m ² K	<改修前> 11.8 cm ² /m ² ↓ <改修後> 5.6 cm ² /m ²
2) 屋根(垂木間)+ 床(大引き間)+ 換気改修	<ul style="list-style-type: none"> ●屋根:吹込断熱工法(垂木間充填) ●外壁:既存のまま ●床:吹き込み断熱工法(大引き間充填) ●換気改修(ダクト式第3種換気システム) 	未測定	5.5 cm ² /m ² ↓ 4.8 cm ² /m ²
3) 屋根・天井+外 壁+床+開口部	<ul style="list-style-type: none"> ●屋根・天井:手法2 屋根遮熱工法+手法4 小屋裏吹込断熱工法+気流止め ●外壁:手法7 外壁外張断熱工法 ●床:床下充填工法(大引き間に充填) ●開口部:サッシ交換 	4.42W/m ² K ↓ 1.77W/m ² K	20.4 cm ² /m ² ↓ 2.1 cm ² /m ²
4) 屋根+外壁+床 +開口部	<ul style="list-style-type: none"> ●屋根:手法1 屋根外張断熱工法+小屋裏吹付断熱工法(補助断熱) ●外壁:手法7 外壁外張断熱工法 ●床:吹付断熱工法(床下から吹付け) ●開口部:サッシ交換 	5.26W/m ² K ↓ 1.42W/m ² K	19.0 cm ² /m ² ↓ 1.3 cm ² /m ²
5) 天井+外壁+間 仕切壁+床+窓 ガラス	<ul style="list-style-type: none"> ●天井:手法5 天井内張断熱工法 ●外壁:手法8 外壁内張断熱工法 ●床:内張断熱工法 ●開口部:既存のまま 	LDK 部分 保温性能 5.29W/m ² K ↓ 2.47W/m ² K	未測定
外壁+戸境壁+ 開口部+換気改 修	<ul style="list-style-type: none"> ●天井:既存のまま ●外壁:手法8 外壁内張断熱工法 ●戸境壁:内張断熱工法 ●開口部:手法14 2重化工法 ●換気改修(ダクト式第3種換気システム) 	未測定	5.8 cm ² /m ² ↓ 1.6 cm ² /m ²

4.2 軽微な改修事例

4.2.1 事例① 神奈川県 A邸

建物の解体を伴わない省エネルギー改修事例

この住宅は神奈川県南部に立地し、1981年に竣工した築24年(改修時)の在来木造2階建て一部平屋の住宅です。建物の解体を伴わない省エネルギー改修事例として紹介します。

1) 改修条件の把握と建物診断

① ヒアリングの結果

- ・家族構成は、子供達が独立した夫婦二人居住であり、主婦が終日在宅している。
- ・解体を伴わない、かつ短期間の工事を希望。
- ・冬は2階から1階に降りてくると寒く感じる。特に居間と和室の窓周りが冷える。1階床のフローリングも冷たい。
- ・夏は留守にしていなければ、地域性(海風)もあると思うが、蒸し暑く感じることは少ない。また、留守にして蒸し暑くなっても、窓を開けて換気してから冷房を入れれば問題ない。

改修部位	天井(2階天井)		開口部
断熱改修方法	手法4 小屋裏吹込断熱工法	手法6 小屋裏気流止め	手法13 アタッチメント工法
	小屋裏の既存断熱材を残し(防湿層としての機能に期待)、その上に新規断熱材を吹き込む	間仕切壁の上部に圧縮 GW(グラスウール)を用いて気流止めを設置	既存サッシのガラスを撤去し、アタッチメント複層ガラスに交換
断熱材の種類	既存断熱材 GW10K t=50mm+吹込み用 GW-2 13K t=160mm(欠損部 GW10K t=50mm 充填の上吹き込み)	圧縮断熱材 GW 16K t=100(圧縮時:330×240×30→膨張時:470×250×100)	既存アルミサッシ+アタッチメント複層ガラス(3mm+A5+3mm)
施工範囲 (面積・個所)	・小屋裏全体	・全ての間仕切り壁上部 ※外壁廻りは、断熱材が桁下まで伸びており、かつ室内側の壁に密着しているため、気流止めは必要ないと判断	・1階居間:3ヶ所 ・1階和室8帖:1ヶ所 ・2階洋室6帖:2ヶ所 ・2階和室8帖:1ヶ所
	41.4 m ²	21.4m(間仕切り延長)	7ヶ所
コスト(手法の総額)	3,200 円/m ² (147,840 円)	500 円/m(9,750 円)	21,600 円/m ² (469,000 円)
施工状況 (作業時間)			
	約5時間/作業員3名、監督1名	新築の場合は、約3時間で完了するが、改修のため養生等、準備に時間がかかった	約5時間/作業員3名、監督1名約3時間で7ヶ所のガラス交換作業を終了した

② 建物条件の把握

- ・建物の構造的な問題点は特に見当らなかった。小屋裏の金物使用状況も良好であり、かつ床下の木材の腐朽なども無かった。
- ・改修前の断熱仕様は、天井と外壁にグラスウール 10K50mm が施工されていたが、床下は、無断熱であった。外壁は設置されている断熱材を活かし、改修の必要は無いと判断。天井裏も概ね充填されているが、物入れとトイレ上部に欠損があった。
- ・開口部は、アルミサッシの単板ガラス。特に1階居間と和室のサッシは大型であり熱負荷が大きい。

③ 改修目標の設定

- ・床と天井、サッシ廻りを断熱改修の対象とし、解体を伴わない工法によって平成4年基準以上(4.2W/㎡K 以下)の性能値を目指した。

2) 改修計画と施工状況

① 改修手法の選択

- ・大掛かりとなる外壁改修は避け、新築時に充填されているグラスウール 10K50mm を活かすこととした。改修部位は無断熱である床、比較的作業のし易い天井、開口部のガラス交換に絞られた。
- ・解体を伴わないで実施するために、床は床下からの充填断熱工法、天井は小屋裏への吹込み断熱工法、開口部は負荷の大きな居間のサッシを中心にアタッチメント工法を選択した。

床(1階床下)		
手法 9 床下充填断熱工法(無機繊維系断熱材)	手法 11 床下気流止め	
床材はそのまま、床下から根太間に断熱材を充填。根太の下も同様に充填	落下防止対策:タッカーによって落下防止ネットを大引き間に設置	間仕切り壁の下部、及び外壁廻りに気流止めを設置
GW32K t=80mm (根太下端 GW32K t = 42mm)	不織布 幅 900mm	GW10K t=50mm(壁用を切断して使用) 一部圧縮断熱材を使用 GW16K t=100 (圧縮時:330×240×30→膨張時:470×250×100)
・居間 ・和室8帖 ・ダイニングキッチン	・居間 ・和室8帖 ・ダイニングキッチン	・居間、和室8帖、ダイニングキッチン、廊下 上記室の間仕切り壁下部、及び外壁回り
49.7 ㎡	49.7 ㎡	18.2m(間仕切り延長) 20.2m(外壁回り)
7,200 円/㎡(357,840 円)	左記金額に含む	500 円/m(9,100 円)
		
約 10 時間/作業員5名、監督2名(内1名は、断熱材のカットを担当)	予定していなかった外壁廻りの気流止め作業が発生。落下防止ネットの扱い、根太下端の断熱材充填など、試行的に行った内容もあり、通常8時間程の作業時間が10時間に伸びた	

- ・コストは税抜き価格を示す

② 施工状況

- 改修工事に際しては、特に床下充填断熱工事に時間を要した。その主な理由は、根太下にも断熱材を充填したこと、落下防止材にネット状のものを利用したことによって、床下での取り回しに手間が掛かったことなどである。
- その他の断熱工事については、床下、小屋裏共に密実に隙間無く断熱材を充填することができた。

③ 省エネ改修図面

- 小屋裏から間仕切壁の上部に圧縮GWを用いて気流止めを設置。小屋裏の既存断熱材の防湿性能を期待して断熱材を残し、その上に新規断熱材を吹き込んだ。
- 既存サッシの単板ガラスを撤去し、アタッチメント複層ガラスに交換した。
- 床下から間仕切り壁の下部、及び外壁回りに気流止めを設置、同様に床下から根太間に断熱材を充填し、さらに根太下にも断熱材を充填した。
- 断熱材の落下防止用のネットを、タッカーによって大引き間に設置した。

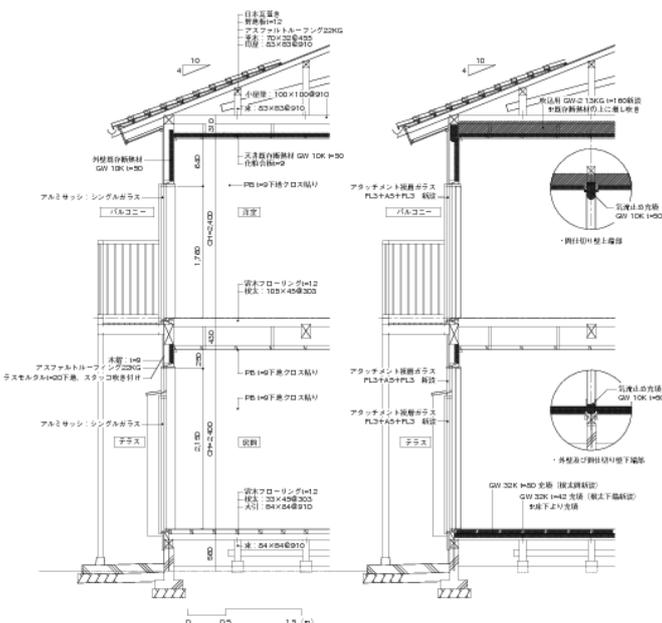


図1 改修前矩計図

図2 改修後矩計図

3) 事後検証の結果

① 改修後のヒアリング

- 冬期の暖房効果を実感している。日中の晴天であれば、少し厚着をすれば全室とも暖房機の運転は不要である。また、就寝時や起床の際に1月頃でもさほど寒さを感じない。暖房用エネルギー消費は灯油換算で実施前の2/3程度である。
- 居間は、ガラスの複層化に加えて、床断熱や気流止めが効いているのではないかと感じる。さらに、気密性の向上も帰宅時に玄関まで届く料理の香りを感じることもある。
- 極端な高断熱化ではなく、①容易に工事できる場所は行い、②漏気などの無駄を解消する、この程度の対策が現実的で受け入れられやすいと感じる。

② 気密性能

- 改修前に $11.8(\text{cm}^3/\text{m}^2)$ であった相当隙間面積は、改修により約半分の $5.6(\text{cm}^3/\text{m}^2)$ となった。
- 開口部に関する改修工事は、既存サッシのガラス部分を交換しただけのため、気密性能に対する影響が大きいと考えられる項目は気流止めの設置のみであった。
- 気流止めを設置し壁内空隙の気密化を図ることにより、旧基準レベルの住宅でも $5.5(\text{cm}^3/\text{m}^2)$ 前後の気密性能を達成できることが実証された。また、壁内気流の防止によって、壁面下部の表面温度の低下が緩和され、室内から床下への水蒸気の流入も抑制された。

③ 断熱性能

- 改修前に $5.5[\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ であった熱損失係数は、改修により $3.3[\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ となった。
- 昭和 55 年基準程度の性能の戸建木造住宅でも、床、天井、開口部のみの改修工事によって、目標性能であるIV地域の平成4年基準相当(熱損失係数 $4.2[\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$)を上回る断熱性能を得ることができた。

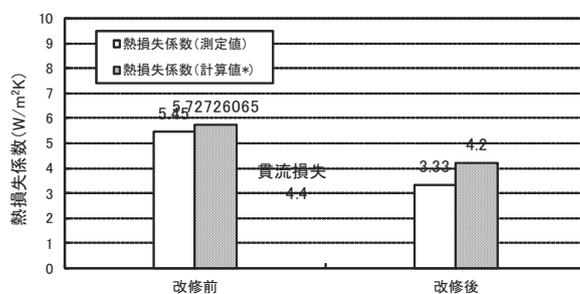


図3 ●熱損失係数の測定結果(※計算値は設計図書より算出)

④ 熱画像による効果の確認

- 根太と土台の位置関係によっては、気流止めの設置が困難となる箇所が生じ、室内表面において、床下空気の侵入によると思われる局所的な温度低下が見られた(①)。
- 気流止めの施工精度の向上には、根太組みを考慮した施工法の検討、現場発泡断熱材(スプレー缶タイプ)の併用が不可欠である。



図4居間東側外壁表面温度分布(改修前:室内 18.8°C 、外気 6.1°C 、改修後:室内 19.4°C 、外気 11.2°C)

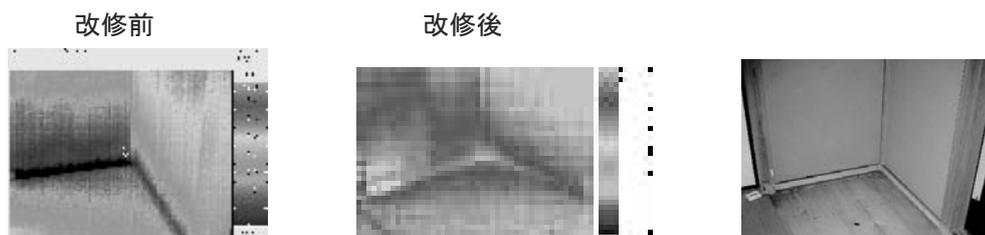


図5和室東側外壁表面温度分布(改修前:室内 18.8°C 、外気 6.1°C 、改修後:室内 19.4°C 、外気 11.2°C)

4.2.2 事例② 東京都 B邸

一部の解体のみで実施する省エネルギー改修事例

この住宅は、東京都に立地し、2005年に竣工した築1年半(改修時)の在来木造2階建て(延床面積:77.7 m²)の住宅です。内装の一部を解体する省エネルギー改修事例として紹介します。



1) 改修要件の把握と建物診断

① ヒアリングの実施

- ・家族構成は、夫婦2+子供3人の5人が居住している。
- ・施主は新築の建売住宅を購入したが、夏季には2階ロフト部が暑く、冬季には1階 LDK において足元の冷えを感じていた。
- ・新築後の年数が少ないため極力解体を伴わない工事を希望。
- ・断熱改修後に気密性能が向上することを考え、ダクト式第3種換気システムの導入を希望。

② 建物条件の把握

- ・建物の構造的な問題は特に見当たらなかった。
- ・屋根と壁には、グラスウール 10K50mm が設置され、床下には根太間にビーズ法ポリスチレンフォームの 30mm が充填されていた。床下の断熱材は、一部に配管工事等の破損が見られ、また断熱材が固定されていないため落下しそうになっている部分もみられた。

改修部位	断熱改修		
	屋根	床(1階床下)	
断熱改修方法	屋根吹込断熱工法	床下吹込断熱工法	
	勾配天井の内装材の一部と既存断熱材を撤去し、室内側から垂木や母屋間及び小屋裏にセルロースファイバーを吹込む。	床下の大引き間にセルロースファイバーを吹込む。	
断熱材の種類	吹込み用セルロースファイバー 60kg/m ³ t=100mm	吹込み用セルロースファイバー 60kg/m ³ t=150mm 程度	
施工範囲	2階吹抜け・小屋裏収納/2階A・C洋室	1階床下(玄関、浴室を除く)	
施工状況			
	勾配天井の石膏ボードをはがし、既存断熱材を撤去。その後、吹きこぼれ防止シートをタッカーにて貼り付ける。	吹きこぼれ防止シートに、吹込み用ホースを差し込む穴を開け、セルロースファイバーを充填する。	既存の断熱材は、そのまま使用し、大引きの側面に吹きこぼれ防止シートをタッカーにて貼り付ける。

2) 改修計画と施工状況

① 改修手法の選択

- ・屋根面は勾配天井であり、野地板と下地プラスターボードの隙間が狭く、新規に断熱材を充填しにくい
ため、既存断熱材は撤去した。一方、床下の既存断熱材は活かすこととした。
- ・仕上材(勾配天井や床フローリング)の撤去を極力少なくすることや、改修部位が狭小な空間であるた
め、断熱欠損が生じ難い吹込断熱工法を採用した。
- ・新設換気設備は、ダクト式第3種換気システムを採用した。この設備は、フレキシブルダクトを用いること
による高い施工性と、外壁側へのダクト用貫通孔を1箇所とすることができ躯体への影響を最小限にす
ることが特徴である。
- ・また、日常的な清掃も、本体ユニット一箇所で行えることから、維持管理の点でも優れている。

② 施工状況

- ・小屋裏収納及び吹抜けの施工は、勾配天井であり下地プラスターボードが母屋下に貼付けられていた
ため、母屋間ごとにプラスターボードを一部撤去し、セルローズファイバーを吹き込んだ。その際、吹込
み口には、落下防止用シートを張付けた。
- ・断熱施工がなされる箇所の天井面のダウンライトは、断熱施工対応型に交換した。
- ・床下は、根太間の既存断熱材を残し、大引き間に断熱材受けシートを貼付けた後にセルローズファイ
バーを吹き込んだ。
- ・土間基礎から大引き下までの高さが約 300mm しかなかったため、床下での移動や作業に手間取った。
- ・換気設備は、洗面所の天井裏に本体を設置し、外壁に屋外側ダクト用の貫通孔を開口した。室内側は、
室内端末位置の天井を開口し、フレキシブルダクトと室内側端末とを接続した。(※整流モーター式排
気型換気ユニット:最大換気量 80 m³/h(機外静圧 80Pa 時)消費電力5~13W/大きさ 390×390×176
(mm))

断熱改修	換気改修	
床(1階床下)	1階洗面所・2階トイレ	
床下吹込断熱工法	換気システム交換	
床下の大引き間にセルローズファイバーを吹き込む。	ダクト式の全般換気設備を導入する。	
吹き込み用セルローズファイバー 60kg/m ³ t=150mm 程度	ダクト式第3種換気システム	
1階床下(玄関、浴室を除く)	1階洗面所・2階トイレ	
 <p>吹きこぼれ防止シートに吹き込み用ホースを差し込む穴を開け、セルローズファイバーを充填する。床下は土間と大引き間が約 300mm 程度と狭小のため、作業に時間を要した。</p>	 <p>1階洗面所の天井面を一部撤去し、ファン本体のユニットを設置する。改修後、清掃を行えるように点検口を設置した。</p>	 <p>ダクトが梁下などを通過する場合、室内側に露出するため、ダクトを隠すための下がり天井などの工夫と施工が必要となった。</p>

- ・ダクトが梁下などを通過する場所は、天井より下側(室内)に露出するため、ダクトを隠すための下がり天井などの工夫とそのための施工が必要となる。
- ・ダクトの設置作業や確認のために、室内側端末を設置する開口以外に天井に点検口を空けることが必要になる場合がある。

＊既存換気設備(パイプ用ファン)の風量

既設換気設備は、設置位置の問題等から入居後、一度も清掃が実施されておらず、使用頻度が高い LDK および B 洋室では目詰まりを起こしていた。本体は分解清掃等が容易に行えるような工夫がなされているが、屋外フードの防虫網は、掃除機を用いた程度の清掃では、蓄積された埃の除去はできなかった。そのため工事用のエアコンプレッサーを用いて、その風圧により埃の除去を行った。

清掃前後の風量を測定したところ、清掃前は使用頻度の高い部屋に設置されたファンの風量は減少しており、清掃後は住宅全体で清掃前の倍以上の風量となった。

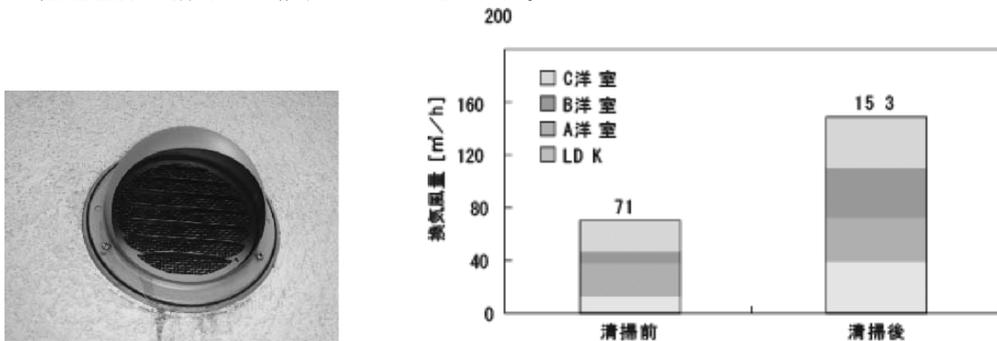
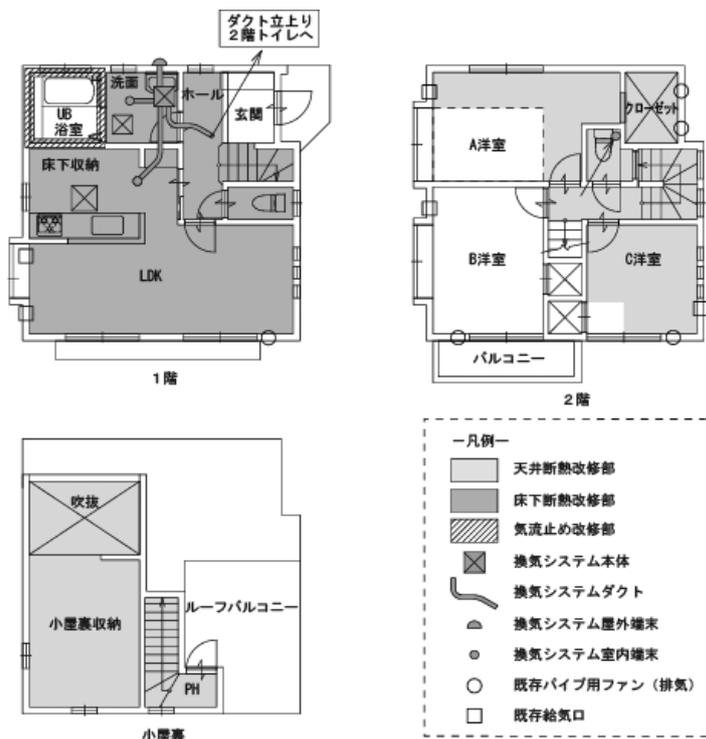


図6 清掃前後の換気風量

③ 省エネ改修平面図



3) 事後検証の実施

① 改修後のヒアリング

- ・改修前の冬期は、ファンヒーターを最大に使用し(運転し続けていた)暖房していた。
- ・改修後は、ファンヒーターを使用しても停止するようになり、現在ではこたつ一台を使用し、時々エアコンを使用している。
- ・特に、床からの冷えが大きく改善され快適に生活できるようになった。
- ・夏期は、洋室Aで5人全員で寝ているが、外気温度が下がったときは窓とドアを開ければ、通風で涼しいため、エアコンを使用しないで寝ることができる。

② 気密性能・断熱性能

- ・断熱改修の効果を検証するため、夏季における改修前後の天井表面温度の比較を実施した。
- ・外気温度と日射量の変動がほぼ同じ日の16時ごろの天井表面温度の測定結果を表1に示す。
- ・外気温度に日射による熱量を加味した相当外気温度は断熱改修前後ともに50℃に達し、改修前の天井表面温度は40℃を越えているが、改修後の天井表面温度は34℃程度となった。
- ・また、表中の基準化温度は相当外気温度(外壁の表面温度)を1、室内空気温度を0とした指標で、0に近づくほど室内の温度に近いことを意味している。天井表面の基準化温度は0.325から0.060へと低下しており、天井付近の温熱環境が断熱による日射遮へいの効果によって大幅に改善されたことを示している。
- ・熱画像も同様の傾向が見られ、断熱改修後は天井面のほとんどが室内空気温度に近い状態になっている。これは、天井からの焼け込みが緩和され、冷房負荷の低減と快適性の向上が期待される。
- ・改修前に5.5[cm³/m²]であった相当隙間面積は、改修により4.8[cm³/m²]と改善された。



図7 改修前後の天井面の熱画像(上=改修前、下=改修後)

表1 断熱改修による夏季の天井表面温度の変化

記号	相当外気温度(℃)	室内空気温度(℃)	天井表面温度(℃)	天井表面の基準化温度
改修前	51.3	38.7	42.8	0.325
改修後	51.5	33.2	34.3	0.060

③ 換気設備の風量測定

- 新設換気設備と既設換気設備を6ヵ月間同時に稼働させ、風量低下の経過を一月ごとに測定した。
- 既設換気設備は毎月風量が減少し、5ヶ月ほどで図8に示した清掃前の風量と同程度となったが、新設換気設備は施工後一週間で若干風量が増加した後、大きな風量減少が見られない結果となった。今後、既設の換気扇風量はさらに低下することが予想されるが、新設したダクト式の換気扇は、安定した風量を確保できることが期待される。

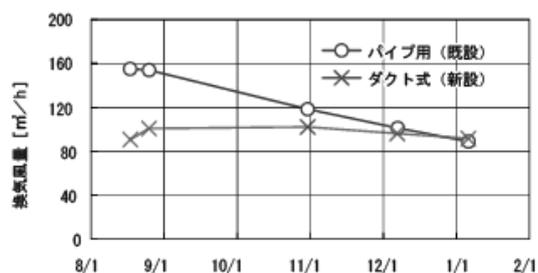


図8 既設パイプ用換気扇と新設ダクト式換気扇の風量変化

4.3 大規模な改修事例

4.3.1 事例③ 東京都 C邸

大規模なリフォームに伴う省エネルギー改修事例

この住宅は、東京都都下に立地し、1974年に竣工した築34年(改修時)の在来木造2階建て一部平屋の住宅(延床面積91.1㎡)です。建物の大規模なリフォームに伴う省エネルギー改修事例として紹介します。



1) 改修条件の把握と建物診断

① ヒアリングの結果

- ・家族構成は、夫婦2人と子供1人の3人家族である。
- ・施主は、この住宅を中古で購入し入居前に大規模なリフォームによって暮らしやすく快適な住宅とすることを希望した。
- ・リフォームの内容は、自分達の暮らしやすい環境を得ることを目的に、間取りや内装仕上げ、設備機器などの更新と合わせて、温熱環境の改善のための断熱改修工事を計画した。
- ・外皮は既存外壁と2階屋根、柱・梁を残し(南側外壁のみ撤去)、床、間仕切壁、天井は下地から全て撤去することとした。

② 建物条件の把握

- ・既存断熱材の有無を、2階の押入れと1階和室から確認したところ、壁と小屋裏にグラスウールが設置されていた。床下は無断熱の状態であった。
- ・建物の構造的な問題点は、改修前の目視調査では特に見られなかった。床下は布基礎であったが、東や地面は乾燥した状態であった。

改修部位	屋根	天井(2階天井)	
断熱改修方法	手法2 屋根遮熱工法	手法4 小屋裏吹込断熱工法	気流止め(気密フィルム)
	既存屋根の垂木下母屋間に遮熱シートを貼付ける	新規天井面に防湿・気密シートを設置後、小屋裏に断熱材を吹き込む	室内側の構造用合板を軒桁まで延長し、気密テープを貼り付ける。間仕切壁上部には断熱材を吹込む前に気密シートでふさぐ
断熱材の種類	遮熱シート	吹込み用 GW13K t=210mm 防湿・気密シート	気密テープ、気密シート
施工範囲	2階屋根全面	2階小屋裏全面	外壁、間仕切壁周り
施工状況			
	遮熱シートは、エアキャップ付きを使用した。シートは柔軟性があるため施工性も良かった。母屋間に遮熱シートを貼るため、垂木にタッカーで固定した。施工は約1日で完了。	天井下地を貼上げる前に、野縁に防湿・気密シートを室内側から貼付けた。その後、プラスターボードを設置し小屋裏に断熱材を吹込んだ。断熱材は、吹込み用のバラ状断熱材で、隙間無く充填することができた。	外壁は、合板と気密シートで気密化した。合板は、軒桁との取合い部で気密テープを貼付けた。モルタル外壁面では、気密シートを貼り気密化した。間仕切り上部は、天井を貼上げる前に気密シートを先貼りし気密化した。

- ・ただし、解体後1階窓周りの土台に雨水の浸食による腐食と、洗面所窓枠廻りの一部にシロアリによる食害が見られた。

③ 改修目標の設定

- ・改修後の目標性能は、Ⅲ、Ⅳ地域平成11年基準の熱損失係数である、Q値 2.7W/m² K、そして、Ⅰ、Ⅱ地域の相当隙間面積基準であるC値 2.0 cm³/m² を目指した。

2) 改修計画と施工状況

① 改修手法の選択

- ・外壁は、既存モルタル壁を残してその外側に断熱材、通気層、外壁仕上げを行う、外張断熱工法を選択した。
- ・床は、当初基礎外断熱の実施を考えていたが、既存床下木材に施した防蟻処理剤の臭いが気になったため、床下での断熱とした。なお、床下の土面には土間コンクリートを打設した。
- ・天井は、密実に断熱材が充填できる吹込断熱工法を採用した。
- ・窓は、木製又は樹脂製のサッシに交換し、ガラスも Low-E 複層ガラスとした。

② 施工状況

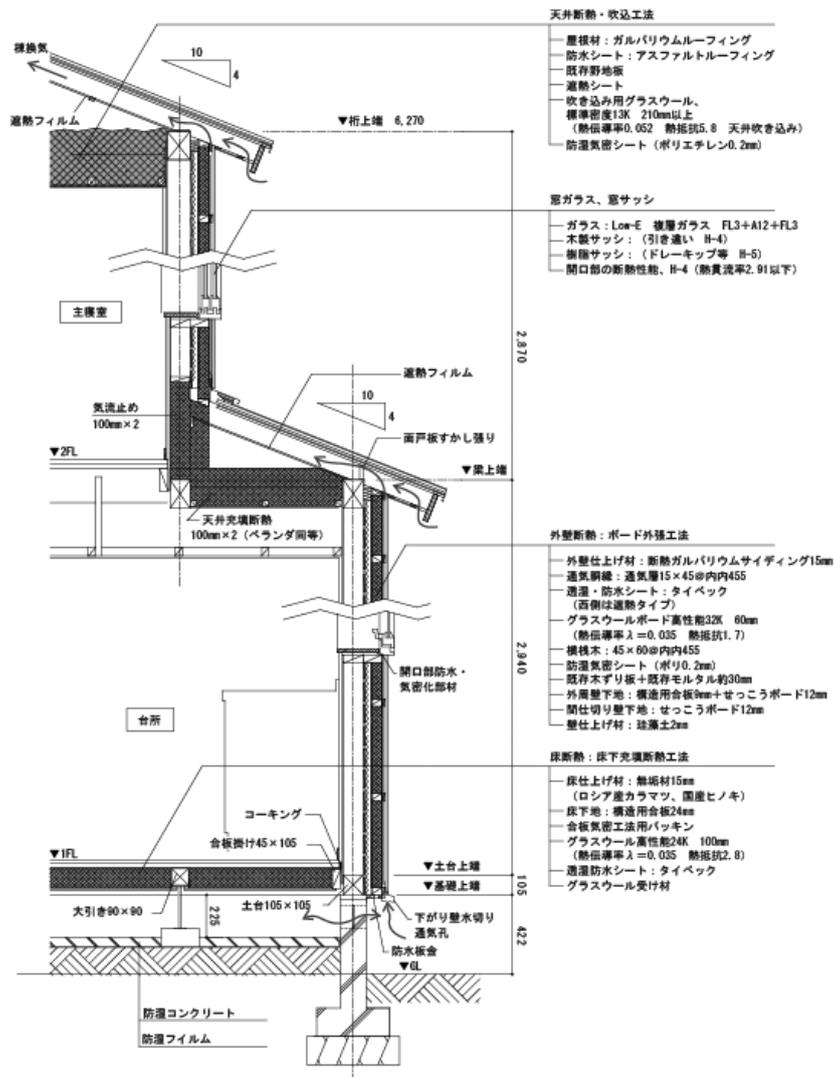
- ・外壁は、既存モルタル面に防湿気密シートを貼り付け、次に、断熱材を受ける横桟を設置し、その間に断熱材を充填した。最後に、透湿防水シートを貼り付け、横胴縁(通気層を取るため、一定間隔で通気口を設けた)を設置し、外壁仕上げは縦張りガルバリウム鋼板とした。
 - ・床は、大引き下に断熱材受けを設置し、透湿防水シートを敷き込んだ後に高性能グラスウールを充填した。
 - ・天井面は、防湿シートを貼り付けた後に、バラ状グラスウールを吹き込んだ。
- *断熱工事については、断熱工事を専門とする、大工に指導を受けながら施主とその知人・学生等がDIYで実施した。

開口部	外壁	床(1階床下)
サッシ交換	手法7 外壁外張断熱工法	床下充填断熱工法
新規に窓を設置。木サッシか樹脂サッシに Low-E 複層ガラスを採用	既存のモルタル外壁を撤去せず、その外側に断熱材を張りつける外張り断熱工法	大引き間に高性能グラスウールを充填
・木製サッシ、樹脂製サッシ ・Low-E 複層ガラス3+A12+3	防湿・気密シート GW32K t=60mm 透湿防水シート	高性能グラスウール 24K t=100mm
・木サッシ5箇所 ・樹脂サッシ9箇所	・外壁全面	1階床全面(バスルームは基礎の内側に押し出し法ポリスチレンフォームを貼り付け)
		
サッシの交換は、ほぼ新築の工事と同様の施工であったため、特に問題なく行うことができた。サッシと窓枠との間の気密化のために気密・防水部材を用いた。	既存モルタル外壁の上に横胴縁を設置し、その間に断熱材を充填した。既存モルタル面の不陸により横胴縁と壁の間に隙間が生じたためその処理に手間が掛かった。外壁は、通気胴縁を設置後、ガルバリウム鋼板を貼付けた。	大引き間に断熱材を受ける桟木を設置し、透湿防水シートを貼付けた後、断熱材を充填した。気密は、合板でとる方法とし、合板の突き付け部は気密テープで処理した。大引きと合板の重なり部には、気密パッキンを使用し気密化した。

- ・施工上で苦勞した点は、防湿・気密シートを隙間なく貼り合わせることであった。プチルゴムテープを使用して気密シートを貼り合せたが、テープの接着が悪くシート間に隙間が生じることもあった。応急対応としてコーキングを併用し、シートを接着した。また、既存外壁モルタル面に不陸のある部分では、横桧と既存外壁面に隙間が生じたため、不陸調整として隙間にグラスウールを細かく裂いたものを詰めて対応したが、作業に手間がかかった。

③ 省エネ改修図面

- ・下屋部分の通気層は土台回りを入口とし、下屋の屋根と2階外壁の取合いに出口を設置した。



3) 事後検証の実施

① 改修後のヒアリング

- ・高性能エアコンを 28.5 度～29 度設定で、外気温が 30 度を超すときだけ運転している。
- ・夜は、エアコンによる体の冷え込みが嫌なのでエアコン運転を休止し、窓と換気による外気を入れて快適に就寝できる。

② 気密性能

- 改修前に $20.4[\text{cm}^3/\text{m}^2]$ であった相当隙間面積は、改修により9割減の $2.1[\text{cm}^3/\text{m}^2]$ となった。
- これは、平成 11 年基準におけるⅢ・Ⅳ地域の $5.0[\text{cm}^3/\text{m}^2]$ を上回るだけでなく、寒冷地であるⅠ・Ⅱ地域の $2.0[\text{cm}^3/\text{m}^2]$ に迫る結果となった。
- また、改修前の気密測定では、サッシ回りの目張りの有無などの条件を変えて比較測定した。その結果、サッシの隙間面積は $66[\text{cm}^2]$ であったが、これは改修前の総相当隙間面積の3～4%に過ぎない値であった。
- このことから、サッシ周りからの漏気は比較的少なく、建物躯体に非常に多くの隙間があったことを物語っている。



③ 断熱性能

- 改修前に $4.42[\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ であった熱損失係数は、改修により $1.77[\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ となり大幅に向上した。
- 築 34 年の木造住宅であっても、大規模な省エネルギー改修を行うことによって、平成 11 年基準におけるⅣ・Ⅴ地域の $2.7[\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ を上回るだけでなく、Ⅱ地域の $1.9[\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ をも上回る結果となった。
- 改修前の熱損失係数は、気密性が低かったものの天井・外壁にはグラスウール 50mm が用いられていたこともあり、平成4年基準におけるⅣ地域の $4.2[\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ に近い値であり、1974 年に建設された住宅としては、断熱性能の高い住宅であったといえる。
- 熱損失係数の測定では、電気ヒーターにより一定の発熱量で加熱を行った。改修前は平均室温が SAT 温度の変化(外部)に応じて上下しているが(図9)、改修後は、平均室温が時間経過と共に上昇し、省エネルギー改修の効果が現れている(図 10)。

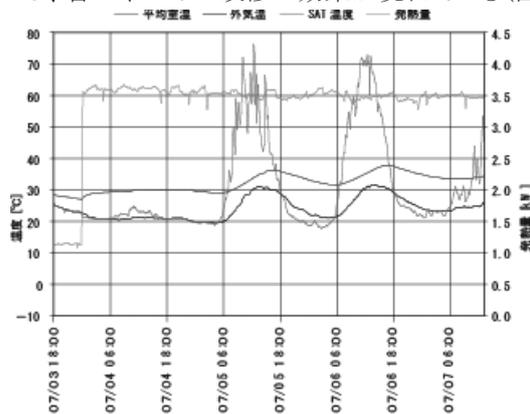


図9 気温などの経時変化(改修前)

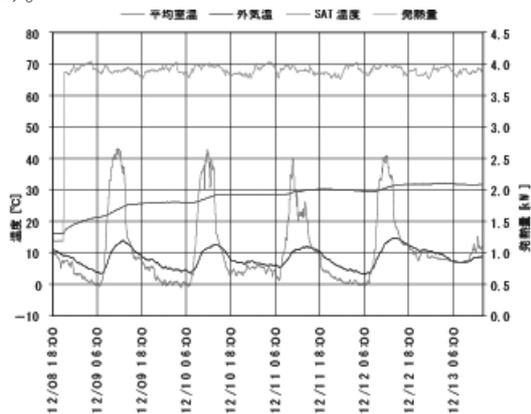


図 10 気温などの経時変化(改修後)

4.3.2 事例④ 山口県 D邸

大規模リフォームによる省エネルギー改修事例

この住宅は山口県に立地し、1972年に竣工した築35年(改修時)の在来木造2階建て一部平屋の住宅(延床面積132.7㎡)です。内外装と設備関連の修繕、耐震改修、一部増築工事とともに、大規模な省エネルギー改修を行った事例です。



1) 改修条件の把握と建物診断

① ヒアリングの結果

- ・家族構成は、高齢の夫婦の2名であり、終日在宅している。
- ・気候が温暖な地域であるが、冬のトイレやお風呂は非常に寒く厳しい状況であった。
- ・夏の猛暑時に冷房を利用すると、冷気により足元が冷え、高齢の夫婦には不快で不健康な住環境であった。



既存の壁を解体した際に現われた土壁

改修部位	屋根(2階大屋根・下屋)		開口部
断熱改修方法	手法1 屋根外張断熱工法	小屋裏吹付断熱工法(断熱補強)	サッシ交換
	既存屋根材および垂木を撤去し、新規垂木の上に熱線反射アルミ付き断熱材を貼り付ける	小屋裏側から屋根面に現場発泡断熱材を吹き付ける ※屋根外張断熱の断熱補強	外装の撤去とともにサッシも撤去し、新規に高性能樹脂サッシを設置(部分的にサッシの大きさも変更)
断熱材の種類	熱線反射アルミ付き押出法ポリスチレンフォーム(3b)t=50mm	現場発泡ウレタン t=50mm	樹脂サッシ+Low-E 複層ガラス 空気層 24mm
施工範囲(面積・個所)	・屋根全体	・小屋裏全体	・全てのサッシを交換
	149㎡	108㎡	17箇所(トップライト新設2箇所 玄関含む)
コスト(手法の総額)	約4,900円/㎡(730,000円)	約6,500円/㎡(700,000円)	約85,000円/箇所(1,450,000円)
施工状況	 <p>屋根は、熱線反射アルミ箔付き断熱材を外張り。断熱材のジョイント部分に気密テープを貼り付け隙間を塞ぐ。気密を確保する重要な作業</p>	 <p>吹付けウレタン施工後の屋根面。梁と束の取り合い部分等小屋組みは、金物で補強。合板のジョイント部分にも断熱材を充填</p>	 <p>外壁に断熱材の厚さを考慮した下地を施し、新規に樹脂サッシを設置。外壁を解体してサッシ交換を行う範囲は新築工事と同等であるため、特に問題は生じない</p>

② 建物条件の把握

- ・天井には、従前の改修時に設置した断熱材を確認。1階グラスウールロールタイプ、2階袋入りグラスウール防湿シート付きタイプ、いずれも 10Kt=50mm 程度。
- ・内外壁共に、柱芯に厚さ 60mm 程の土壁があり、これは地域に見られる特徴的なつくりである。熱容量の大きな土壁は、断熱化された後、どのように機能するかがポイント。
- ・外壁も天井と同様に、従前の改修の際に室内側から土壁を取り除いたところに断熱材が部分的に設置された様子が見られたが、無断熱部分が多くを占める。
- ・床は無断熱であり、床下に土間コンクリート等は無い。換気口は設置してあるが、湿気が上がり易い状況であるとのこと。部分的にシロアリの被害を受けている柱等があるが、甚大な被害はない。
- ・開口部は、アルミサッシのシングルガラス。サッシ回りの隙間が問題であった。

③ 改修目標の設定

- ・ヒアリングおよび事前診断の結果を踏まえ、内外装と設備関連の修繕工事、耐震改修、一部増築を伴う全面的な省エネルギー改修によって平成 11 年基準(2.7W/m² K 以下)を超える性能を確保することを目標とした。

2) 省エネルギー改修手法と施工状況

① 改修方法の選択

- ・外壁および屋根は、土壁を残すことができる外張断熱工法を採用。屋根は、小屋裏側から現場発泡断熱材による吹付断熱工法で補強。
- ・床は、気流止めを兼ねて床下から現場発泡断熱材による吹付断熱工法を選択した。
- ・開口部は、全て撤去して樹脂サッシ、Low-E 複層ガラスに交換した。

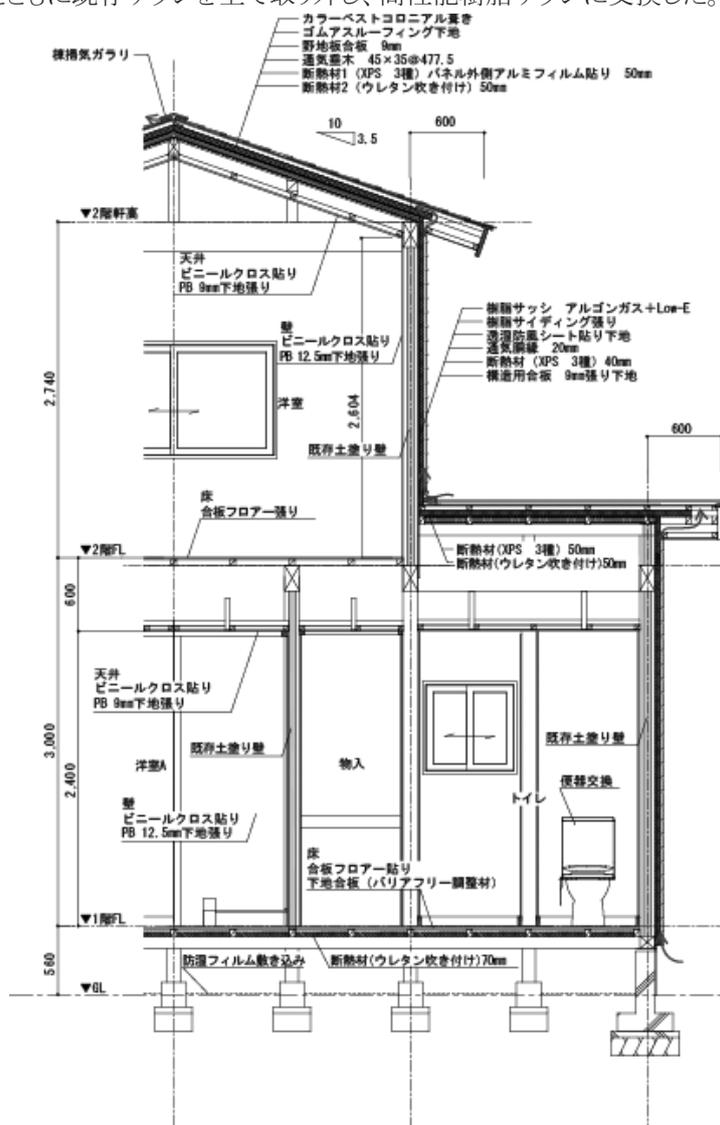
外壁	床(1階床下)	
手法7 外壁外張断熱工法	床下吹付断熱工法 (床下から吹き付け)	床下気流止め (吹付断熱工法)
既存外装を剥がし、壁体内の土壁を残して、軸組みの外側に、断熱材を貼り付ける	床下から根太間に現場発泡断熱材を吹き付ける	土台と根太の隙間から現場発泡断熱材を壁体下端に吹き付ける
押出法ポリスチレンフォーム(3b)t=40mm	現場発泡断熱材 t=70mm	現場発泡断熱材
・外壁全体	・床下全体	・外壁、内壁(間仕切壁)
161 m ²	95 m ²	左記に含む
約 2,700 m ² /円(440,000 円)	約 6,500 m ² /円(620,000 円)	左記に含む
 <p>既存の軸組みの外側に構造用合板(9mm)を下地調整しながら設置し、面剛性を確保。その上に断熱材を外張りし、通気層を形成</p>	 <p>床下からの吹き付け作業は、高さ約40cm程度での作業。地面には、防湿シートを敷き込んだ</p>	 <p>既存壁の土壁を残した範囲は、床下から吹付けた断熱材が隙間を塞ぎ、気流止めとなった</p>

② 施工状況

- ・屋根、外壁の外張断熱工事の難しさに、既存住宅の躯体(柱、梁)の歪みや不陸への対応が挙げられる。特に外壁は、隙間が生じやすい。
- ・断熱材に現場発泡ウレタンによる吹付工法を採用したことで、木材の収縮で隙間があった屋根と床の気密性能を高めることができ、建物全体の気密性の向上に結びついたと考えられる。

③ 省エネ改修図面

- ・外壁は、外装材を撤去した上で軸組みの外側に断熱材を外張りする外壁外張断熱工法を採用した。下屋回りは、2階外壁の取り合う水切り部分に通気口を設置した。
- ・外壁と同様に屋根も、外張断熱工法を採用し、かつ、小屋裏から屋根面への現場発泡ウレタンによる断熱補強を行うことで、高断熱化を図った。
- ・床は、床下から根太間に現場発泡ウレタンを吹き付けた。床下地面には防湿フィルムを敷き込み、ジョイント部分にプチルゴムテープを貼り付けた。
- ・外装材の撤去とともに既存サッシを全て取り外し、高性能樹脂サッシに交換した。



3) 事後検証の実施

① 気密性能

- 改修前に $19.0 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ であった相当隙間面積は、改修により $1.3 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ となった。
- 現場発泡断熱材を面的に使用したことで、複雑な取り合い部分の隙間を塞ぐことができ、かつ、サッシを全て交換したことによる気密性の向上が大きく寄与していると考えられる。

② 断熱性能

- 改修前に $5.26 [\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ であった熱損失係数は、改修により $1.42 [\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ へと大幅に向上した。
- 築 35 年の木造住宅であっても、大規模な省エネルギー改修を行うことによって、平成 11 年基準におけるⅣ・Ⅴ地域の $2.7 [\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ を上回るだけでなく、Ⅱ地域の $1.9 [\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ をも上回る結果となった。
- 図 11 は、夏期冷房運転時の建物西側の居室温度と外壁からの侵入熱流量の日変化を示したものである。断熱改修によって外壁からの侵入熱流量が減少し、改修後は空気温度が高いにもかかわらず、体感温度(グローブ温度)が大幅に改善されたことを読み取ることができる。
- 写真 1 及び写真 2 は、断熱改修前後の外壁及び間仕切壁の熱画像である。これからも、断熱改修によって壁や床の表面温度が上昇し、特に隅角部や間仕切壁下端の温度低下が改善されたことが分かる。

・グローブ温度

開口部や壁面からの放射熱の影響を加味した温度で、快適性の評価に用いられます。エアコンの使用を前提とすれば、空気温度に比べ夏季は高く、冬季は低いほど躯体の断熱性能が低いと考えられます。

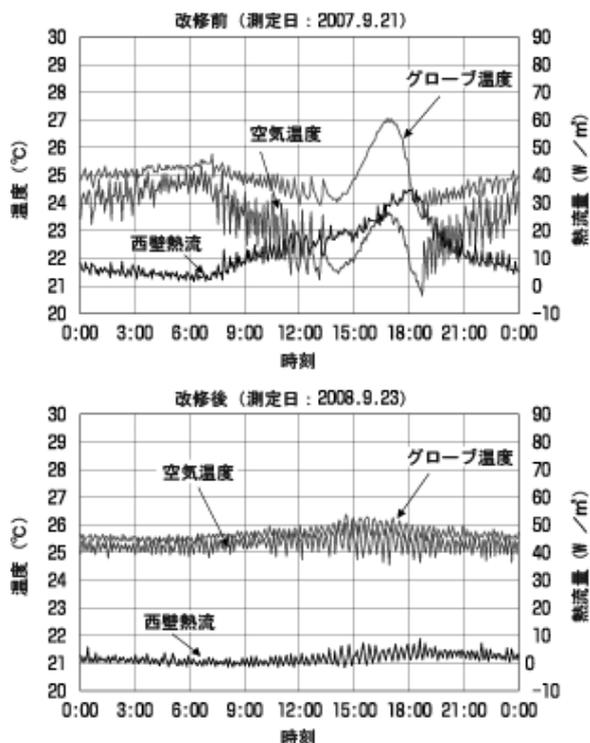


図 11 夏期の外壁からの熱流および室温の測定結果

改修前

改修後



写真 1 1階南東隅角表面温度分布(改修前:室内 20.3°C、外気 7.8°C、改修後:室内 32.3°C、外気 9.3°C)

改修前

改修後



写真 2 1階廊下間仕切壁表面温度分布(改修前:室内 20.3°C、外気 7.8°C、改修後:室内 32.3°C、外気 9.3°C)

4.4 新しい工法による改修事例

4.4.1 事例⑤ つくば戸建実験住宅

リビング・ダイニング、キッチンを中心に真空断熱材を用いた部分断熱改修

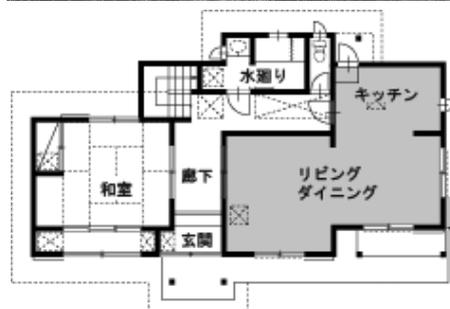
この住宅は、つくば市にある独立行政法人建築研究所内に建てられた戸建実験住宅(延床面積 134.9 m²)です。この実験住宅の詳細については2章、3章にも記載してありますが、築20～30年の一般的な在来軸組木造住宅の仕様や断熱・気密性能を想定して建設されました。



1) 改修要件の把握と建物診断

① 建物条件の把握

- 改修前の断熱仕様は、外壁に10Kt=50mmのグラスウールが充填されているのみで、床、天井は無断熱である。また、窓はアルミサッシのシングルガラスが設置されている。
- 改修前のLDKの保温性能をP15の方法にて実測した結果、5.29[W/m² K]であった。また、気密性能は、19.7[cm³/m²]であった。



改修部位	天井	外壁・間仕切壁	
断熱改修方法	天井内張断熱工法	外壁・間仕切壁内張断熱工法	
	既存天井に、直接真空断熱材を貼り付ける	既存内壁面に、直接真空断熱材を貼り付ける	
断熱材の種類	真空断熱材t=8mm	真空断熱材t=8mm	
施工範囲 (面積・箇所)	・LDK 天井(1階)	・LDK 外壁・間仕切壁	
	35.0 m ²	71.0 m ²	
施工状況			
	既存天井に真空断熱材をタッカーによって固定した後、みみの部分に胴縁を設置する	既存壁面に真空断熱材をタッカーによって固定する。コンセントボックス周りや入隅など真空断熱材を貼り付けられない部分は、発泡プラスチック系断熱材を貼り付ける	真空断熱材を貼り付けた後、みみの部分に重ねて胴縁を設置する

② 改修手法の選択

- ・改修工事は、部屋単位で断熱性能を向上させることを目的とした。
- ・そのため、既存仕上材(天井・壁・床)の内側に断熱材を貼り付ける手法が検討され、高性能で厚みが薄い真空断熱材による施工が試行された。
- ・開口部(雨戸と内部建具)についても、真空断熱材を使用した製品(試作品)へと交換した。

2) 施工状況

① 真空断熱材の制作

- ・真空断熱材は、現場での寸法調整ができないため、あらかじめ工場にて製作されたものを使用した。製作サイズは、施工範囲の事前実測によりいくつかのモジュールを検討し、その組み合わせにより決定した。
- ・真空断熱材を貼ることのできない(モジュールに合わない)部分には、同じ厚みの発泡プラスチック系断熱材を使用して断熱処置した。

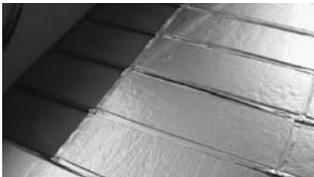


図 12 真空断熱材



図 13 壁面の改修状況

真空断熱材で被覆できない部分(例えばエアコンやコンセントボックス周り)は、発泡プラスチック系断熱材を充填した

床	建具・雨戸
床上内張断熱工法	建具・雨戸交換
既存フローリング床面の上に、真空断熱材の破袋防止用に養生シートを敷く。その後、胴縁を設置しその間に真空断熱材を貼付ける	既存の雨戸、内部建具を、真空断熱材を使用したものに交換する
真空断熱材t=8mm	真空断熱材t=8mm
・LDK 床(1階)	・雨戸:LDK3箇所 ・建具:リビング引戸1箇所 キッチン開き戸1箇所
35.0 m ²	5箇所
 <p>既存床面に、養生シートを敷きその上に胴縁を設置する</p>	 <p>設置した胴縁の間に真空断熱材を充填し、みみの部分を胴縁に固定する</p>
	 <p>既存の雨戸と内部建具を、真空断熱材を挟み込んだものと交換する</p>

- ・真空断熱材は、床・壁・天井とも既存仕上材を撤去せずに直接貼り付けた。
- ・真空断熱材の固定は、芯材を取囲む目地(みみ)部分をタッカーで固定した。さらに、内装下地用の胴縁をみみの部分に重ねて設置した。
- ・真空断熱材のみみは断熱性能がないため熱橋(ヒートブリッジ)となる。そのため、胴縁には断熱性能のある発泡プラスチック系断熱材を使用した。ただし、荷重のかかる床では、断熱性とある程度の硬さを併せ持つコルクで代用した。
- ・真空断熱材の上に石膏ボードを貼る際に、タッカーの刃がみみからそれて芯材に穴を空けてしまうことがあった(穴が開くと性能がいちじるしく下がる)。
- ・壁面への施工では、窓やコンセントボックス回りなどで発泡プラスチック系断熱材の加工が必要となったため、こうした加工の少ない天井や床に比べて作業に時間を要した。

② 省エネ改修図面

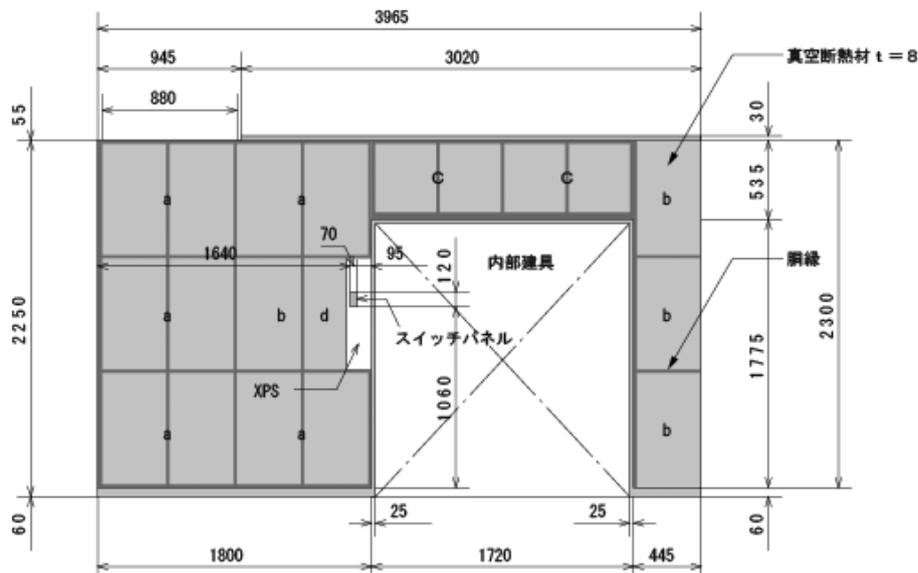


図 14 真空断熱材の割付図の例。壁面の寸法に合わせて真空断熱材のモジュールを割り付ける
(a、b、c、dはそれぞれ真空断熱材のモジュール記号を表す)

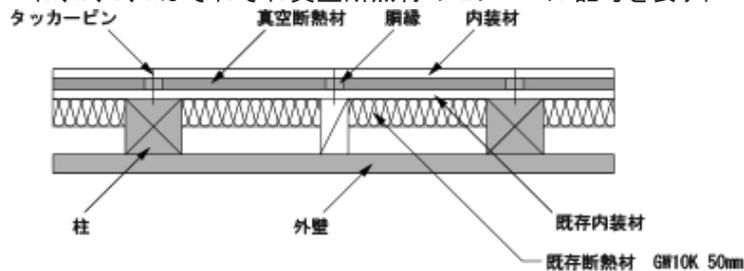


図 15 壁面の断面構成図

3) 事後検証の実施

① 断熱性能

- 断熱性能を検証するため、LDK 内を均一な温度に加熱し、外部や周囲の居室、廊下等への熱損失量 (LDK の保温性能) の実態を測定した。
- 改修前に $5.29[\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ であった LDK 保温性能は、改修により $2.47[\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ となり、約 50%性能が向上した。
- 改修前の測定データ(図 16)は、LDK を一定温度に加熱した結果、LDK 上部に位置する2階洋室3の温度が玄関(非暖房室)に比べ、 4°C 高くなった。これは、LDK の熱が上部へ逃げていることが原因である。
- 一方、改修後の測定データ(図 17)は、2階洋室3と玄関の温度差がほとんどみられず、改修の効果が現れている。

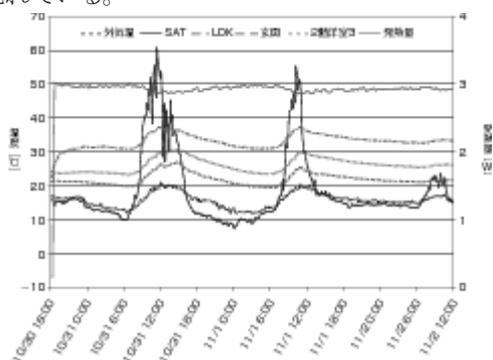


図 16 改修前の測定データ(2007.10.30~11.02)

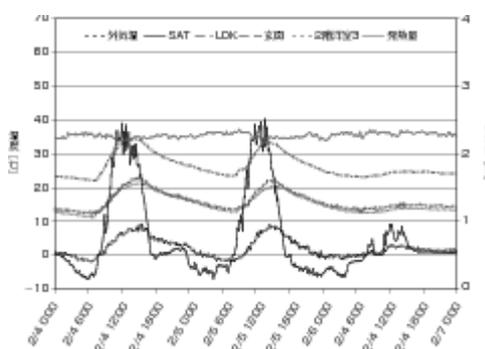


図 17 改修後の測定データ(2008.02.04~02.07)

- 図 18 は体感温度に相当するグローブ温度と空気温度(乾球温度)間の差と、室内外温度差の関係を比較したグラフである。断熱改修により壁面温度が上昇し、体感温度が 1°C 程度向上したことが読み取れる。

- 図 19 は暖房運転時における LDK の上下温度差(床上 50mm と 900mm)と室内外温度差の関係を示したものである。断熱改修により足元温度が上昇し、温熱環境の快適性が向上したことを示している。

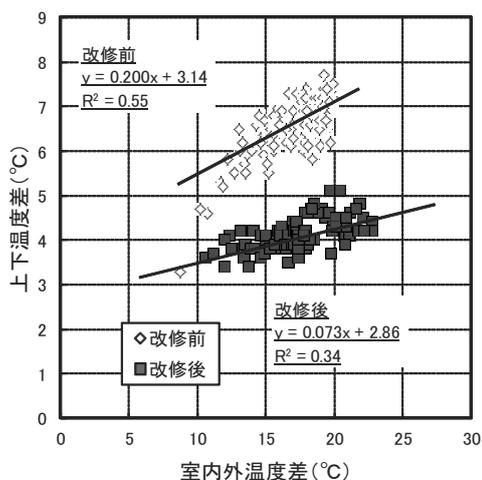


図 18 グローブ温度と乾球温度の差

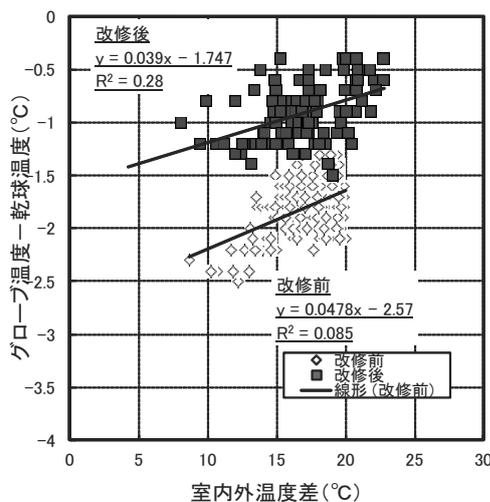


図 19 上下温度差

4.4.2 事例⑥ 東京都 集合住宅

内装リフォームに伴う部分的な断熱改修

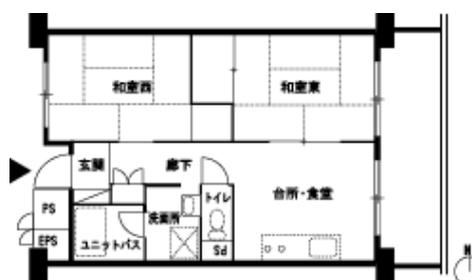
この住宅は、東京都荒川区に立地し、1977年に竣工した築30年(改修時)のSRC(梁・床・壁はPC構造)10階建て集合住宅(企業の社宅、延床面積40.3㎡/戸)です。



1) 改修条件の把握と建物診断

① 改修計画の経緯

事例の改修工事は、集合住宅の住戸単位における断熱改修工事の施工性の把握と、その効果の検証を目的に行った。そのため、仕上げ工事を実施していないなど一般住宅での改修工事と異なる点があり、また、断熱材として使用した真空断熱材は現在流通していない商品であるため、この改修事例は参考例として紹介する。



② 建物条件の把握

- 改修を実施した住戸は1階の中住戸で、改修前の断熱仕様は外壁に押出法ポリスチレンフォーム25mm、床面(東西和室)にネダフォーム70mm、基礎スラブ下に押出法ポリスチレンフォーム25mmであった。
- 開口部は、アルミサッシ単板ガラスであった。
- ユニットバスを撤去したところ、外壁PCと上階床スラブとの取り合いに隙間が生じていることが確認された。

改修部位	開口部(和室東)	開口部(和室西)	熱橋
断熱改修方法	手法14 2重化工法	手法14 2重化工法	手法8 外壁内張断熱工法
	床スラブに東を設置しその上に新規窓台を設置し二重化する	既存窓枠を撤去し、そこに新規の窓枠を嵌め込んで二重化する	押出法ポリスチレンフォームを貼り付ける
断熱材の種類	樹脂サッシ(単板ガラス)	樹脂サッシ(単板ガラス)	押出法ポリスチレンフォーム3種 b t=30mm
施工範囲(面積・個所)	和室東窓(掃き出し窓)	和室西窓(腰窓)	台所/ ユニットバス
施工状況	 <p>既存枠を撤去せず、新規の枠を付け足す工法とした</p>	 <p>既存窓枠を撤去し、新規の枠はめ込む工法とした。窓障子の重さに対応するため、枠下端には金属製のL字アングルを設置し補強した</p>	 <p>ユニットバスや、台所周りの熱橋部には、押出法ポリスチレンフォームを使用し断熱補強した</p>

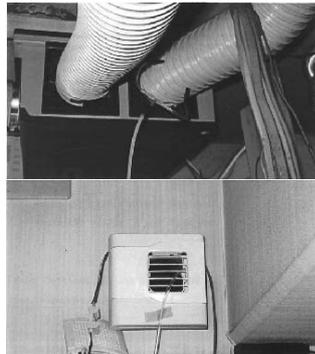
2) 改修計画と施工状況

① 改修手法の選択

- ・壁面の断熱化は、室内側からの貼付け工法のため、薄くて断熱性能の高い真空断熱材での施工を試行した。
- ・窓の断熱化は、室内側から新規の窓を付加する2重化工法を採用した。
- ・改修工事はまず窓の二重化を実施し(窓工事)、その後壁面及び熱橋の断熱改修を実施した(壁工事)。

② 施工状況

- ・掃出し窓の二重化は、既存の木枠を残し、スラブに木束を設置してその上に新規の窓枠(あらかじめ採寸し現場サイズに工場で加工されたもの)を設置した。窓障子がのった時に枠の下部がたわまないように注意する必要があり、本工事では、木束を設置した。
- ・腰窓の二重化は、既存木枠を撤去し新たな窓枠をはめ込む方法とした。ただし、既存木枠にはめ込むだけでは、新規の窓枠が障子の重量を支え切れないため、枠の下部に金属製のL型アングルを取り付け、新規の木枠を補強した。
- ・戸境壁の施工では、まず壁面に縦胴縁を設置し、その間に真空断熱材を貼り付けた。真空断熱材の4辺のみみ(30mm程度)と胴縁をタッカーによって固定した。
- ・ただし、真空断熱材は、現場でサイズの加工ができないため、あらかじめ工場で製作されたもの(現場の寸法に合わせていくつかのモジュールに加工)を使用した。
- ・そのため、真空断熱材を貼ることのできない(部材のモジュールに合わない)部分には、同厚の発泡プラスチック系断熱材を使用して断熱処置した。
- ・事前調査時に確認されたPC板の隙間には、現場発泡断熱材(スプレー缶タイプ)を吹付けた。

外壁面	戸境壁	換気改修
手法8 外壁内張断熱工法	戸境壁内張断熱工法	換気システム交換
外壁面に、断熱材一体型のプラスターボードを貼付ける。	戸境壁に、縦胴縁を設置しその胴縁間に真空断熱材を貼付ける。	
断熱材一体型のプラスターボード(40mm+9.5mm)	真空断熱材t=8mm	湿度を感知して排気風量を変動させるダクト式第3種換気システム
・和室、台所・食堂外壁面	・東西和室戸境壁面 ・和室西外壁面	—
 <p>既存壁面に断熱材一体型のプラスターボードを貼付ける。換気口やコンセントボックス周りなどはボードを切欠き設置する</p>	 <p>縦胴縁の間に真空断熱材を貼付ける。固定は、真空断熱材の耳を縦胴縁にタッカーによって固定する</p>	

③ 省エネ改修図面

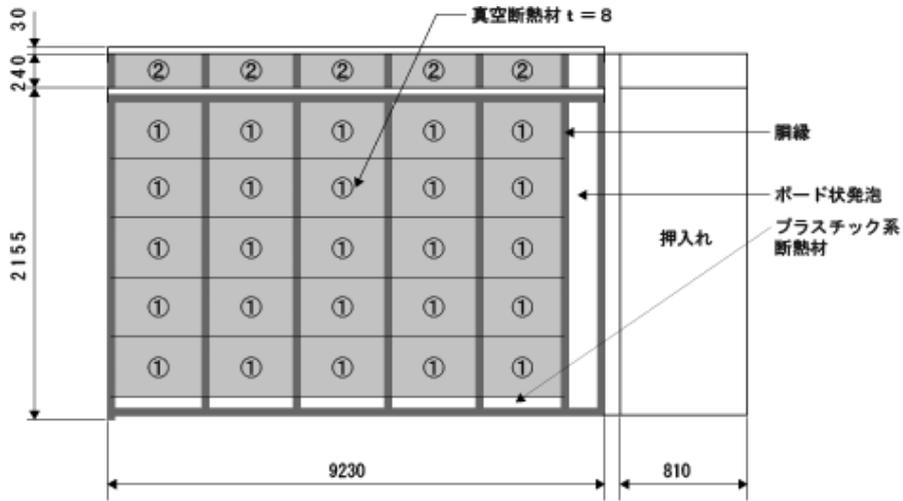


図 20 真空断熱材の割付図の例(和室西戸境壁面)

和室西戸境壁では、①と②というモジュールの真空断熱材を使用した。被覆できない部分については、ボード状発泡プラスチック系断熱材を使用した。

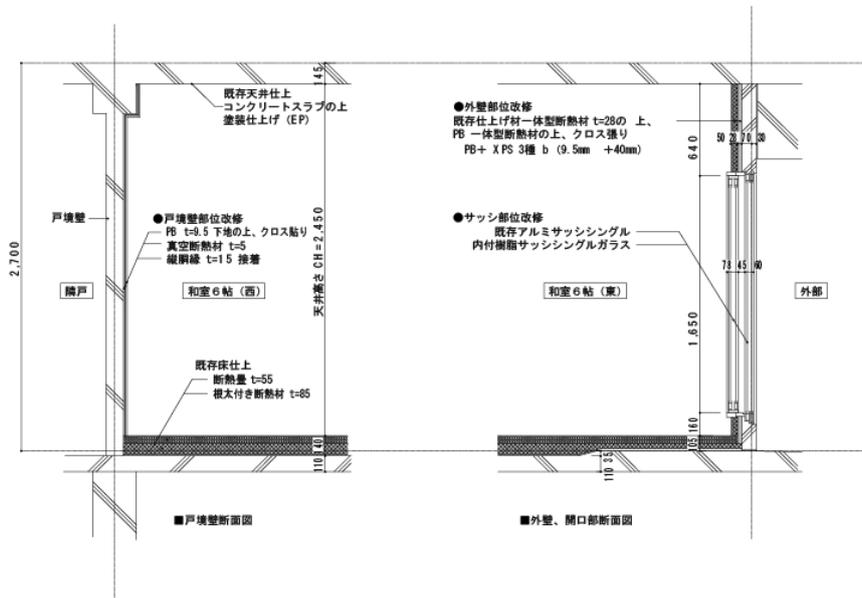


図 21 戸境壁と外壁(東面)の断面図

3) 事後検証の実施

断熱改修による性能検証として、住戸内を一定に加熱して各部位の熱流を測定しました。また、熱画像の撮影と、気密測定も実施しました。

① 気密性能

- 改修前に $5.8 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ であった相当隙間面積は、改修後に $1.6 \text{ cm}^3/\text{m}^3$ に向上した。躯体の隙間をスプレー缶タイプの現場発泡断熱材で塞いだことや、サッシの2重化による効果と考えられる。
- 図 22 は室内と外気の日平均絶対湿度の相関を示したものである。各プロットが図中の実線に近い程、室内の絶対湿度が外気の値に近いことを意味している。
- なお、開口部改修によって気密性能の向上とともに室内絶対湿度が高くなり、RC 集合住宅でよく報告される低温部分での表面結露が懸念される。この問題に対しては、換気システムの設置・運転により、絶対湿度が改修前のレベルに低下したことが示されている。

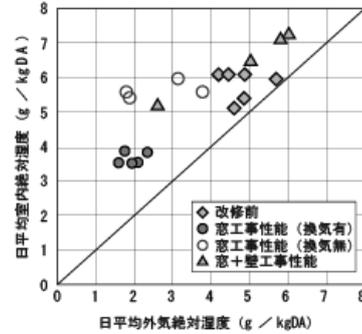
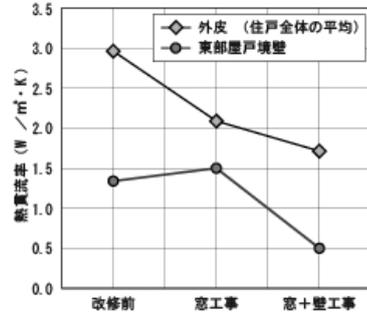


図 22 室内と外気の日平均絶対湿度の相関

② 断熱性能

- 改修前後の外皮と戸境壁の熱貫流率を実験結果に基づき推定した。
- 図 23 が示すように、開口部改修により外皮の熱貫流率が低減され、壁工事後は戸境壁の断熱性能が大幅に改善された。
- また、集合住宅においては、戸境壁の断熱強化が重要であることが示された。

図 23 改修前後の部位別断熱性能



③ 熱画像等による確認

- 赤外線カメラにより改修前後の表面温度の変化を比較した。改修前の画像では、戸境壁の入り隅部の温度が低いことが分かる。
- 特に床に近い部分は室内側に向かって温度の低い部分が広がっている。
- 壁面を断熱改修した壁工事後は、壁面の温度が高くなっていることが分かる。
- ただし、壁面に設置した同縁部分は真空断熱材に比べて温度が低く、熱橋(ヒートブリッジ)になっていることが伺える。



図 24 改修前(和室西戸境壁入り隅)(改修前:室内 24.5°C 、外気 1.5°C)



図 25 改修後(和室西戸境壁入り隅)(改修後:室内 31.5°C 、外気 12.5°C)

第5章 附録1 自然エネルギーを活用した省エネルギー改修

5.1 附1-1 自然風利用

自然風の利用は、夏期夜間や中間期など気象条件が温熱感覚上の体感改善に有効な場合に、外気を通風という形で積極的に取り入れ、冷房エネルギー消費の削減と快適性の向上を実現することを目的とした技術です。自然風をうまく取り込み、住宅の安全性・快適性を損なうことのないように省エネルギーを図るためには、建物の形状・プランの工夫、開口部の形状・開閉操作の工夫、防犯・騒音面での配慮をうまく融合させて計画する必要があります。しかし、プランや開口部位置の変更が可能となる大規模改修の場合を除いて、自然風の活用のために採り得る手法は限られてきます。

ここでは、通風の基本的な考え方を述べるとともに、比較的小規模な改修で適用できる、防犯性向上を伴う開口部改修と、室内開口部改修の2点を紹介します。

1) 基本的な考え方

自然風利用の可能性は、住宅の建設されている地域や周辺環境に大きく左右されます。周辺が開けた立地では卓越風向(その地域・期間・時間帯に特有の風向)を意識した開口部配置が特に有効です。一方、周囲が建て混むにつれ、周辺建物の影響を受けて外部風速が低下し風向も安定しなくなります。密集度の高い住宅地では風向を意識した開口部の配置は難しくなるため、大きな開口面積の確保や複数の通風経路を可能とする開口部配置、高窓の利用が有効となります。

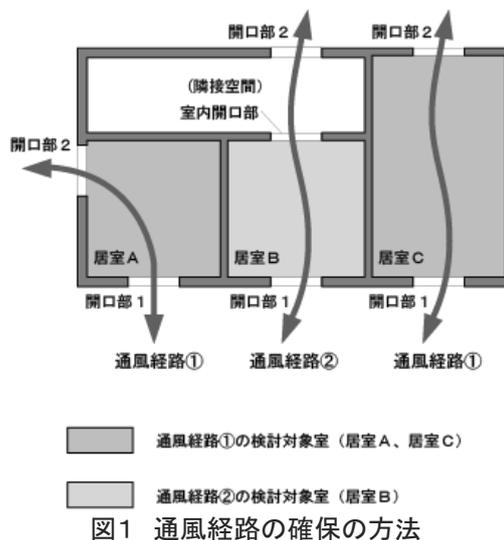
外気を効果的に取り入れるためには「入口」と「出口」が必要です。外部に面した開口部が方位の異なる二面以上にあると自然風をより効果的に利用することができます(通風経路①)。外部に面した開口部が一面のみにある場合は、室内側開口部(ドアや欄間)を介して隣接する空間に外部に面した開口部があると、「入口」と「出口」を確保することができます(通風経路②)。

自然風を活用する技術は、住まい手が開口部を適切に開放することを前提としています。開口部の防犯性向上のための改修も、住まい手が安心して開放するために有効な工夫の一つです。また、外部に面した開口部だけでなく、内部建具を工夫し開放的な間取りにすることで室内の風の通り道を確保することもできます。

2) 防犯性向上をあわせた開口部改修

開口部の断熱性能向上と同時に防犯性向上も目的とした改修を行うことで、住まい手に安心感を与えながら開口部の開放を促すことにつながり、通風の手法を積極的に導入することが可能となります。

- ・閉鎖時に加え、通風時の防犯性にも配慮する必要があります。
- ・窓の防犯性能は、サッシの構造(開閉方式、施錠機構、窓サイズ等)、ガラスの種類、シャッターや面格子



等の併用によって大きく異なります。

防犯の効果が見込める改修の例

・侵入等の手口はいろいろありますが、ここでは、素手もしくは小型のネジ回し等を使用してほとんど音をたてないで侵入する「忍び込み犯」、および工具等を使用して窓を破壊して侵入する「破壊侵入犯」に対して、防犯の効果が見込める窓・ドアの改修の事例をあげました。

【忍び込み犯対応窓の例】

<p>①面格子付き窓 ・窓に外部から面格子を設置する</p>  <p>図2 面格子付きルーバー窓の例</p>	<p>②ルーバー状格子付き窓 ・窓に外部からルーバー状格子を設置する</p>  <p>図3 ●ルーバー状格子付き窓の例 (ルーバー角度は調整可能)</p>
<p>③ 風雨戸や通風シャッター付き窓 閉めた状態で通風が可能な雨戸やシャッターがある。主に引き違い窓と組み合わせて使用し、改修向けに後から設置できる製品もある</p>	
 <p>図4 通風状態でシャッター一部が屋外から引き上げにくいもの(電動タイプあり)</p>	 <p>図5 通風(採風)雨戸の例</p>
<p>④ 風(採風)ドア カバー工法、カット工法により、上げ下げ窓等を内蔵した玄関ドア、勝手口ドアに改修することができる</p>	
 <p>図6 採風勝手口ドアの例</p>	 <p>図7 採風玄関ドアの例</p>

【破壊侵入犯対応窓の例】

①防犯面格子付き窓

通常の面格子に比べてより壊しにくい対策がとられている。取付けネジを隠す、もしくは頭をつぶして外せないようにする、格子を交差して強度を増す、サッシと一体化する等により、防犯性が強化されている



図8 ステンレス製面格子と上げ下げ窓の組み合わせ例



図9 外開き窓に室内面格子を組み合せた例

3) 室内開口部改修

内部建具を工夫し、開放的な間取りにすることで風の通り道を室内に確保することができます。

・室内開口部を確保するためには扉を開放することが最も容易ですが、プライバシーの確保が難しくなります。また、扉を単に開けたままでは突然の強風により急に閉まることがありますので、ドアストッパーの設置が望まれます。ドアストッパーは歩行時の障害とならないように、床からの出っ張りが少ない形状のものを選定することが勧められます。

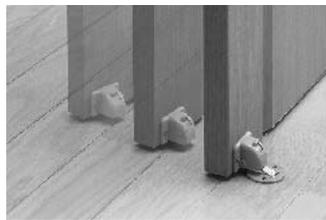


図 10 ドアストッパーの例

・引戸は、開き幅を変えることで通風の調整を容易に行えます。



図 11 引戸の例

・昔ながらの欄間は、視覚的な区画を保持しながら、空気の流れを確保できる優れた手法です。最近では、片開き建具の上部に欄間機能を付加した建具も商品化されています。また、扉の横に縦長の通風用開口部を設けるといった方法や、上げ下げ窓等の開閉可能な開口を組み込んだ扉に置き換える方法もあります。



図 12 欄間の例

5.2 附 1-2 昼光利用

昼光利用改修は、外皮の開口部を利用することから室内環境に及ぼす影響が大きく、事前の計画を十分に行う必要があります。基本的な考え方としては、太陽光を上手に採り入れることにより住宅室内の昼間の明るさを確保し、照明エネルギー消費の削減と快適性の向上を実現することを目的としており、大きくは開口部から光を直接採り入れる「採光」と、室奥へ光を間接的に導く「導光」という2つの方法があります。

昼光利用は、冬期においては日射の取得につながり温熱環境にもよい影響を与える一方で、夏期においては、日射遮へいとのバランスや通風との関係を考慮することが必要となるため、現実の改修計画においては

他の要素の改修内容との関係を総合的に勘案して計画することが非常に重要となります。

1) 基本的な考え方

昼光利用改修は、図1のような手順で検討を進めます。まず、十分に昼光利用ができるかどうか、季節毎の太陽高度や隣棟の影響など、日照条件としての敷地状況をチェックし(①)、次に、その状況に応じて採用する昼光利用手法を検討し(②、③)、最後に、照明設備の設定へ反映させます(④)。

例えば、改修検討時に周辺の状況が変化している、すなわち新築時に想定していなかった隣棟が建てられ、昼光利用の可能性が低くなった場合などは、開口部の位置による採光手法の工夫や装置的・設備的な導光手法を考慮し、最終的に昼間の明るさを確保しながら照明エネルギーを削減できるように検討します。

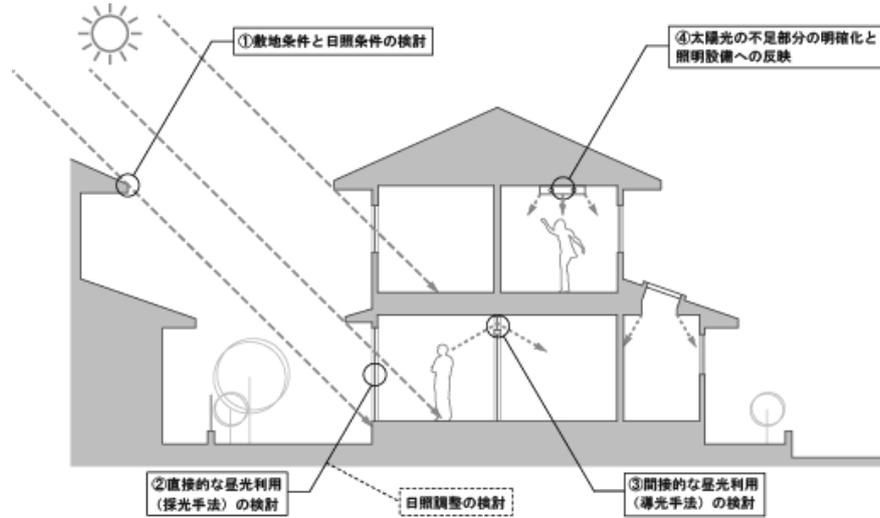


図1 昼光利用技術の全体像

2) 採光改修（開口部の配置と日照調整）

開口部の配置は、昼光利用が厳しい状況などにおいて有効となることから、第一に考えるべき採光改修の手法です。建物外皮の改修に相当するため、他の要素技術との関係から綿密な計画を行う必要があります。

開口部の配置の違いによる昼光利用効果は以下の通りです。

- ・壁面に設置する側窓については、高い位置に設置すると、低い位置に設置する場合(図2(a))に比べ、窓近傍だけでなく室の奥も明るくなり、全般的にある程度均一な明るさが確保できます(図2(b))。
- ・より高い位置に設置する窓として、頂側窓と天窗があります。頂側窓は、室奥の壁面を照らしたりする効果もありますし、通風改修などと兼ねることが可能です(図2(c))。天窗は、天井に設置されるため、周辺に建物があり採光が困難な場合に有効で、明るさも側窓の3倍程度得ることができます。ただし、南側に設置すると季節によっては日射が厳しいため、後述するブラインドやルーバーなどの日照調整装置を付けたり、北に窓を設置するなどの工夫が必要です(図2(d))

次に、日射遮へいのみならず、グレア(眩しさ)を防ぎながら、適切な明るさを確保することのできる日照調整装置は、庇など建築的な部位を除けば設置が容易であり、採光改修として取り組みやすい手法といえます。窓面は、グレアが無ければ明るいほど室内も明るくなって良い、というわけではありません。窓面の輝度(見た目の明るさ)が高過ぎると、室奥部分の照度(床面の明るさ)が十分に確保されていても、相対的に暗く感じて人工照明を無駄に点灯してしまう場合があるからです。照明エネルギー削減の為には、開口部の見た目の明るさを適度に調節することも重要です。

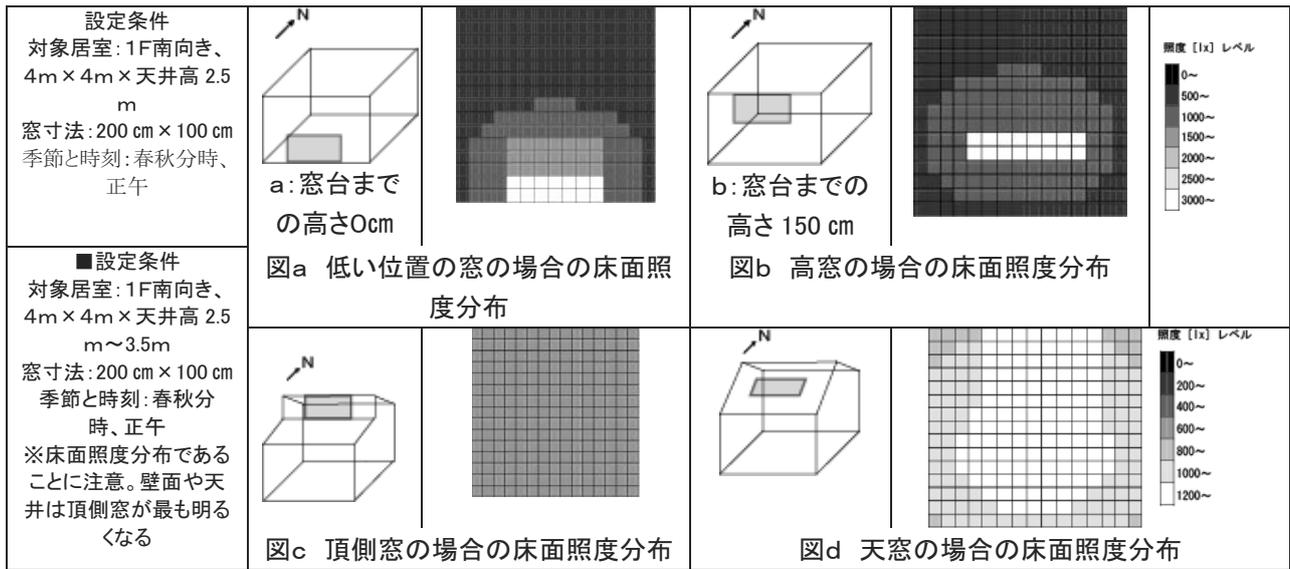


図2 開口部位置の違いによる採光効果

3) 導光改修

直接的に採光した光を最大限利用するため室奥等へ導くようにする改修(導光改修)も、昼光利用改修として有効です。

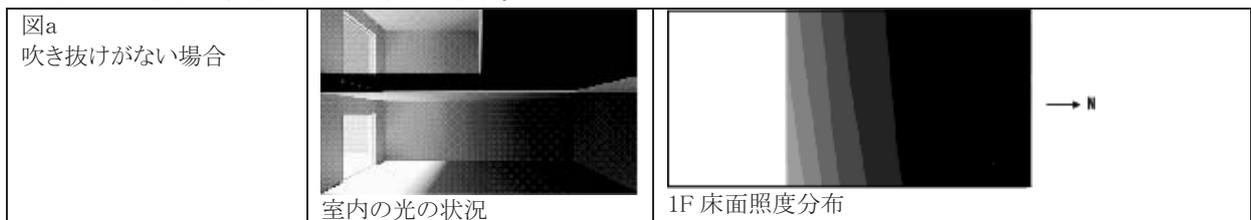
まず、吹き抜けや欄間など、「空間的な導光」があります(図3(a)、図4(b))。その他の空間的な導光手法としては、光井戸や光庭のように中庭形状の上下階に貫く光の通り道を作る例があります。

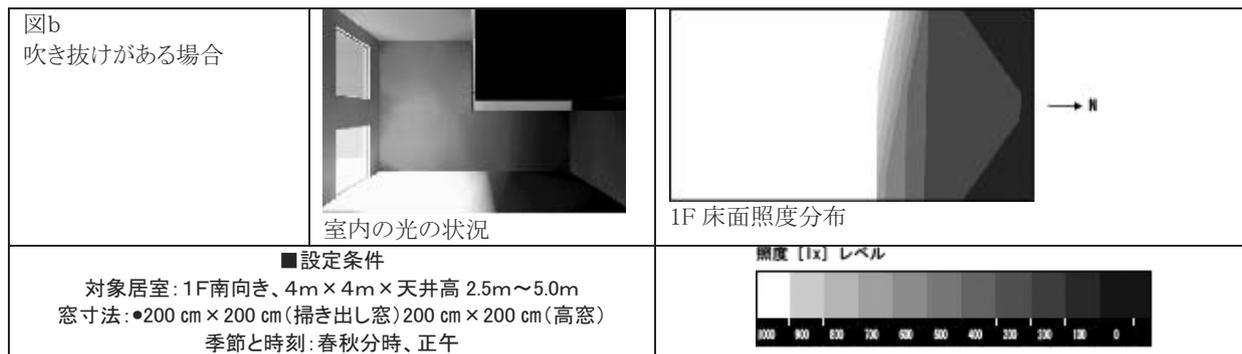
次に、日本の伝統的な建物に使われている手法で、現代の住宅にも有効に活用できる「仕上げ面による導光」があります(図4(c))。地面や縁側で反射した光を軒裏や天井で更に反射させて室奥へ導きます。地面など全ての反射を考慮しなくとも導光効果は見込めるので、例えば内装反射だけ考慮するという改修もあり得ます。

さらに、ライトシェルフのように、窓を中庇で上下に区切って日射遮へいと両立させながら庇上面と天井面の反射で光を室奥へ導いたり、ルーバー等の日照調整装置の羽根上面と天井面の反射で同様に導光したりする「装置的な導光」があります。ライトシェルフは天井を高くする改修の場合に有効です(図4(d))。

より設備的な手法として、ライトダクトや光ファイバーのように、光の経路を設備的に設ける手法もありますが、住宅では、イニシャルコストの関係から現段階では導入は難しい部分があります。とにかく採光が困難で暗いというような理由で改修しようとする場合には、設備的なものも検討しても良いでしょう。

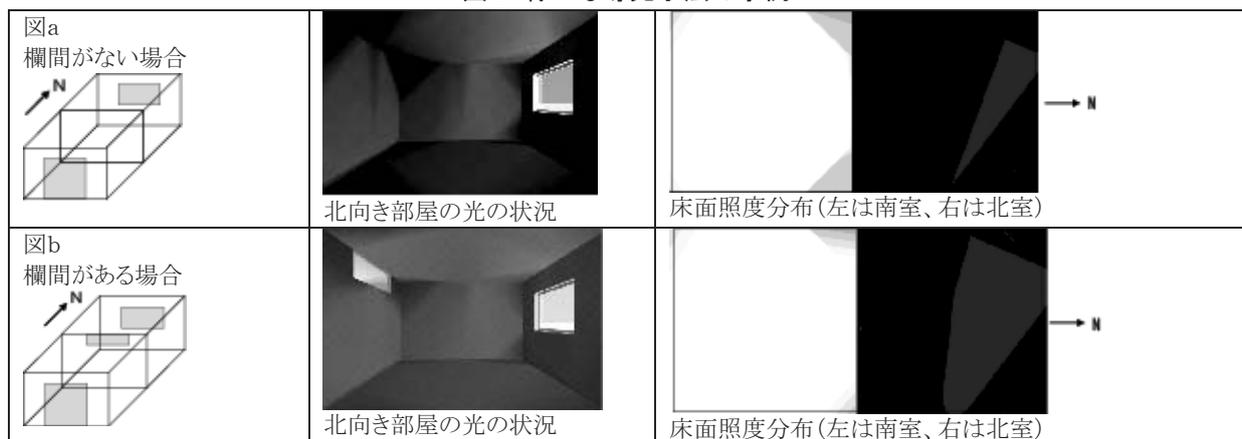
以上のような工夫による改修を行うことで、室奥や、廊下などの非居室部分が暗く人工照明を昼間に点灯しななければならない場面が格段に減少します。



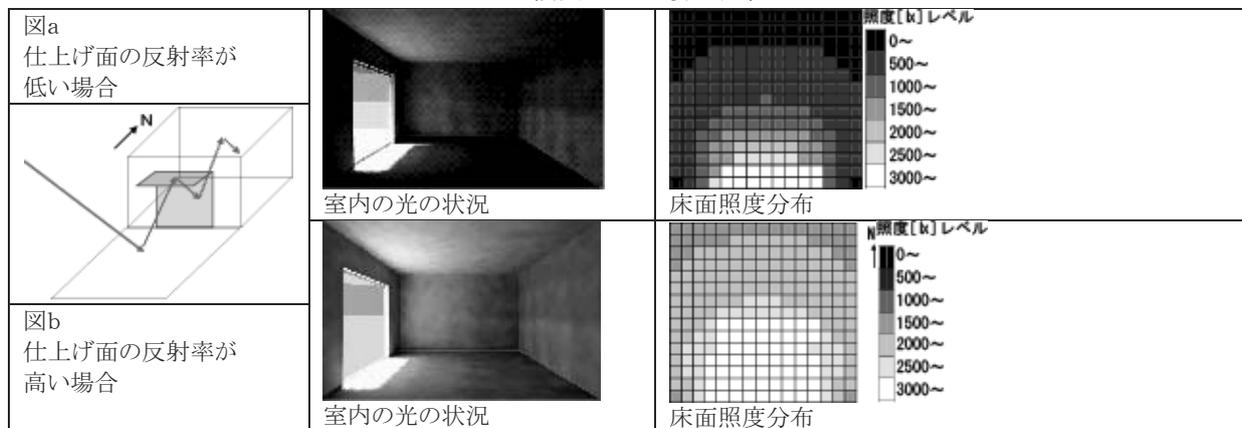


(a) 吹き抜けによる導光効果

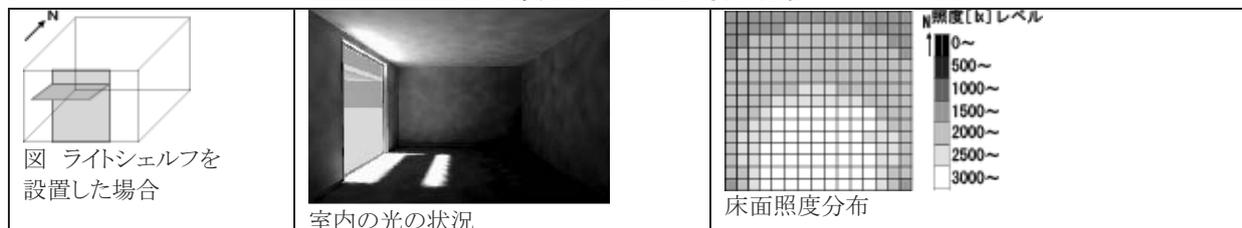
図3 様々な導光手法の事例



(b) 欄間による導光効果



(c) 内装面反射による導光効果



(d) ライトシェルフによる導光効果

図4 様々な導光手法の事例

5.3 附 1-3 太陽光発電

太陽光発電システムを設置し、建物の電力需要を賄う、もしくは系統連系によって運用することは、エネルギー需要の自然エネルギーへの代替が直接的に行われることから、建物での需要のみならず、社会的にも有益な省エネルギー改修と言えます。

1) 基本的な考え方

住宅用太陽光発電システムは、光を電気に変える素子(セル)を組み込んだ太陽電池モジュールと、太陽電池モジュールからの電力を集める端子台・保守点検用の開閉器・雷サージ保護器などの機能を内蔵した接続箱、そして発電した電力(直流)を商用電源と同じ交流に変換する機能を持つパワーコンディショナ等の機器の組み合わせによって構成されます。そのシステムから得られるエネルギー量は、太陽電池の設置容量、日射量、システム効率によっておおよそ決定されるため、改修時には、システム効率と共に、環境条件、建物への設置の条件に留意する必要があります。

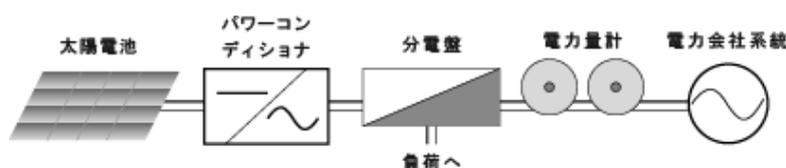


図1 太陽電池システム概念図

2) 地域の日射量

太陽光発電システムは、JIS (JIS C8918) によって規格化されたモジュールによって構成されており、発電量は得られる日射量にほぼ比例します。

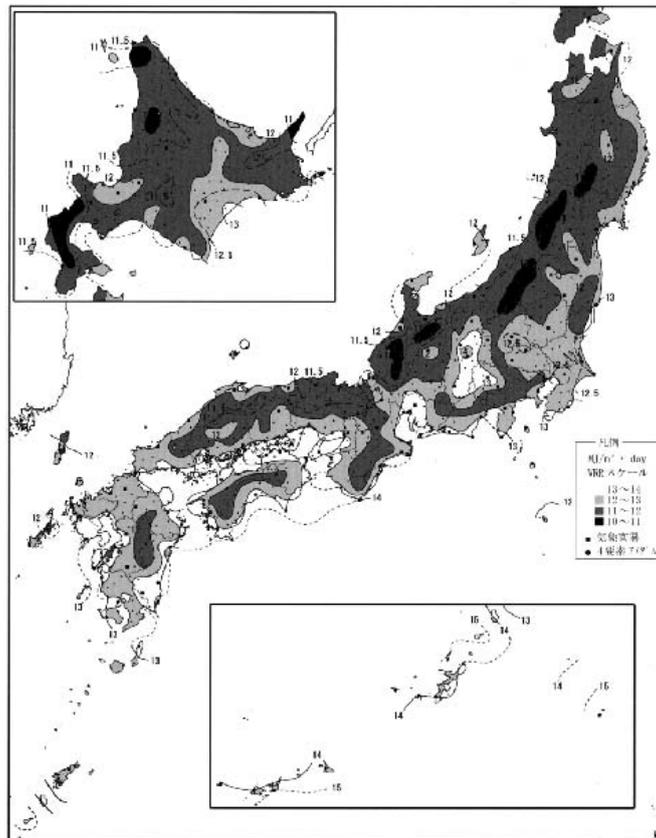
地域ごとに得られる日射量は、図2「水平面年間全天日射量の平年時データ(1961～1990)」(出典:「全国日射関連データマップ」、平成10年度 NEDO)から、当該建築物の立地地域における、おおよその値を読み取ることができます。

日本全国の平年値の分布は、山間部を除き、東京が含まれる薄い水色の地域(12～13MJ/m²・日)を中心に多いところで13～14MJ/m²・日、少ないところで11～12MJ/m²・日と、約1割程度の違いであり、発電エネルギー量(一次)としては、設置容量1kWあたり、約10GJが得られます。

3) 設置方位と傾斜角

地域の日射量と共に、太陽光発電パネルを設置する方位と傾斜角によっても、太陽光の利用効率は異なります。方位については、局地的な条件を除けば真南に向けて設置することが最も効率が良くなりますが、東北～中国地方の緯度において真南に向けて設置した場合の年間発電量を100%とすると、一般的な4寸程度の屋根勾配の場合、東西は80%、北は50%程度と効率は悪くなります。

また設置の傾斜角については、真南に向けて設置した場合、水平面より30°(5寸7分勾配程度)程度の場合が最も効率が高くなり、このときの年間発電量を100%とすると、20°(3寸6分勾配程度)で98%、水平面で88%程度になり、方位の違いほどの大きな差は生じません。



出典:「全国日射関連データマップ」平成10年度 NEDO

図2 年平均全天日射量の平年値(1961~1990年)
(単位: MJ/m²・日)

出典:「全国日射関連データマップ」平成10年度 NEDO

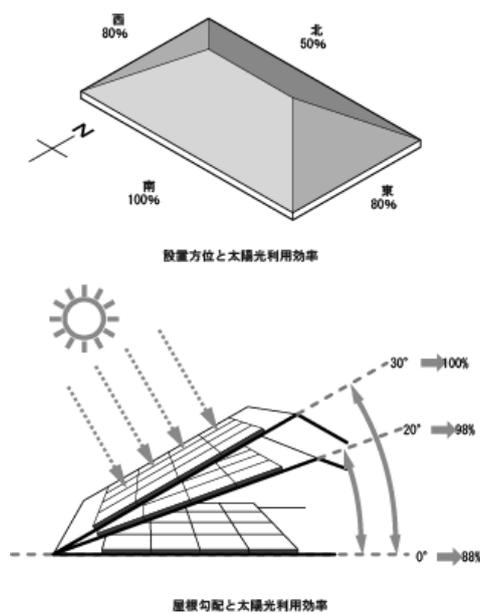


図3 太陽光発電パネルの設置方位と傾斜角による太陽光利用効率
(東北~中国地方の緯度の場所に設置した場合)

表1 傾斜面が得られる日射量の地域ごとの仰角・方位角の違いによる変化割合

	地域	青森	秋田	盛岡	八戸	仙台	大館	新庄	山形	福島	長野
	緯度	40.82	39.71	39.69	40.52	38.25	40.27	38.75	38.25	37.75	36.66
	経度	140.77	140.10	141.16	141.52	140.9	140.53	140.31	140.34	140.47	138.19
	標高	3	6	155	27	39	59	105	152	67	418
仰角 南面時	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	15	1.07	1.07	1.09	1.09	1.10	1.08	1.05	1.07	1.09	1.09
	22.5	1.09	1.08	1.11	1.12	1.13	1.10	1.06	1.09	1.11	1.11
	30	1.09	1.08	1.12	1.13	1.14	1.10	1.05	1.09	1.12	1.12
	45	1.05	1.04	1.09	1.11	1.12	1.07	1.00	1.06	1.10	1.09
	90	0.65	0.63	0.70	0.73	0.74	0.68	0.59	0.66	0.71	0.69
方位別 (仰角 30°)	E	0.91	0.90	0.92	0.95	0.94	0.91	0.90	0.93	0.93	0.93
	W	0.94	0.95	0.94	0.91	0.92	0.94	0.95	0.93	0.93	0.92
	S	1.09	1.08	1.12	1.13	1.14	1.10	1.05	1.09	1.12	1.12
	N	0.74	0.74	0.72	0.70	0.69	0.73	0.77	0.74	0.71	0.71

	地域	東京	高知	宮崎	鹿児島	那覇	宮古島	石垣島
	緯度	35.68	33.56	31.92	31.57	26.20	24.79	24.33
	経度	139.76	133.55	131.42	130.55	127.68	125.27	124.16
	標高	7	1	6	4	28	40	6
仰角 南面時	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	15	1.10	1.10	1.08	1.08	1.04	1.03	1.03
	22.5	1.12	1.12	1.10	1.10	1.04	1.03	1.03
	30	1.13	1.14	1.11	1.10	1.03	1.01	1.01
	45	1.11	1.11	1.07	1.06	0.96	0.94	0.93
	90	0.73	0.71	0.66	0.65	0.52	0.49	0.48
方位別 (仰角 30°)	E	0.93	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.97
	W	0.92	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	1.00
	S	1.13	1.10	1.08	1.08	1.04	1.03	1.03
	N	0.69	0.86	0.88	0.88	0.92	0.93	0.93

表2 東京における仰角・方位角の違いによる日射量の取得割合

		方位角				
		0° (真南)	15°	30°	45°	90° (東、西)
傾斜角	水平面	88.4	88.4	88.4	88.4	88.4
	10°	94.3	94.1	93.4	92.3	87.6
	20°	98.2	97.8	96.6	94.6	85.8
	30°	100	99.6	97.8	95.1	82.8
	40°	99.7	99	97	93.6	78.9

東京地区での設置角度に対する年間発電電力量比率(真南
(方位角0°)、傾斜角30°設置を100%とした場合)



図4 竣工後に太陽光発電モジュールを設置した例

4) 局地的条件、設置の安全性

太陽光発電は曇りの日でも可能ですが、日影が生じた場合は発電されません。北向きの傾斜地や山間部、近隣の建物条件など、日照への影響を考慮し、場合によっては設置方位などに配慮する必要があります。

また、粉塵や枯れ葉などによって発電モジュール面が覆われたりすることの無いよう、保守点検について考慮しておく必要があります。特に積雪地域では、モジュール面の融雪や落雪方法への対策をとっておくことが、より多くの発電につながります。

太陽光発電のモジュールには、屋根一体型と据え置き型がありますが、据え置き型を設置する場合には、屋根への重量増加や、風害への対策に留意する必要があります。

参考文献:

「自立循環型住宅設計のためのガイドライン」、建築環境・省エネルギー機構、2005年

「住宅用太陽光発電システム設計・施工指針」、NEF、2008年

「建築材料活用事典」、産業調査会、2007年

5) 参考)

- ・太陽光発電システムには大部分の製品が稼働できると推測される「期待寿命」と、メーカーが性能を保証する「保証期間」があります。いずれも技術開発により伸びつつある傾向です。
- ・屋外用大型モジュールの場合、通常期待寿命は20～35年以上です。現在、10～25年間程度の性能を保証(公称値の85～90%を確保)する製品が市販されています。
- ・太陽電池の型式によっては、使用開始時に数%程度性能が低下し、その後安定する挙動を示します(初期劣化)が、定格値としては初期劣化後の値が用いられています。
- ・パワーコンディショナなどの周辺機器にも寿命(10年～)があり、部品交換などのメンテナンスが必要となります。
- ・太陽光発電モジュールは長寿命であるため、それを取り付ける架台および施工部分にも長寿命が求められます。また、一般の建築物同様に数年ごとの保守点検が推奨され、メーカーや代理店によっては定期保守点検のプランを用意している場合もあります。点検項目のガイドラインとしては日本電気工業会が定めたものなどを参考とすると良いでしょう(技術資料 JEM-TR228、小出力太陽光発電システムの保守・点検ガイドライン、平成15年12月)。
- ・通常、降雪地域の積雪による発電効率の低減は含んでいません。同様に、枯れ葉や周囲の状況による日影の影響も含んでいない数値が用いられています。

5.4 附1-4 日射熱利用

暖房エネルギー削減やより暖かな室内環境を得るために、断熱改修は最も重要な手段であると言えますが、日当たりのよい住宅であれば日射熱を利用できるようにする改修も可能です。

1) 基本的な考え方

日射熱の取得・利用は、取得熱量を増やすこと(集熱)、取得熱の損失を抑えること(断熱)、取得熱を有効に利用し室温の低下を防ぐこと(蓄熱)の3つの手法を用いることにより実現できます。

2) 立地条件

日射熱の利用のためには、冬期の晴天日がより多く、また冬季外気温がより高い地域が有利になります。その程度を判断するには、図2に示すパンプ地域区分図(PSP 区分図)が参考となり、関東以西の太平洋沿岸部に多く分布する「は地域」が最も日射熱の利用に適しています。

また、住宅周辺の日照障害物の影響については、冬至においても終日日照が得られるか、悪くても5時間以上の日照が得られることが、日射熱利用によって明らかな省エネルギー効果を実現するための目安となっています。参考までに、表1、図1に2階建て隣家からの距離と日照時間との関係を示します。

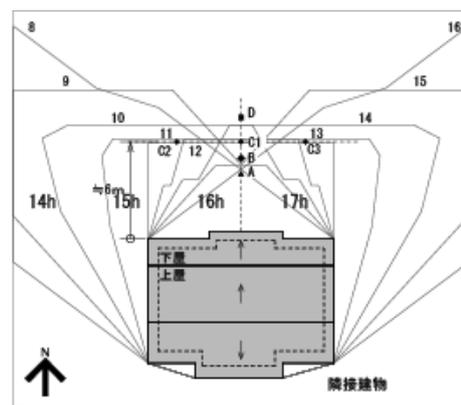
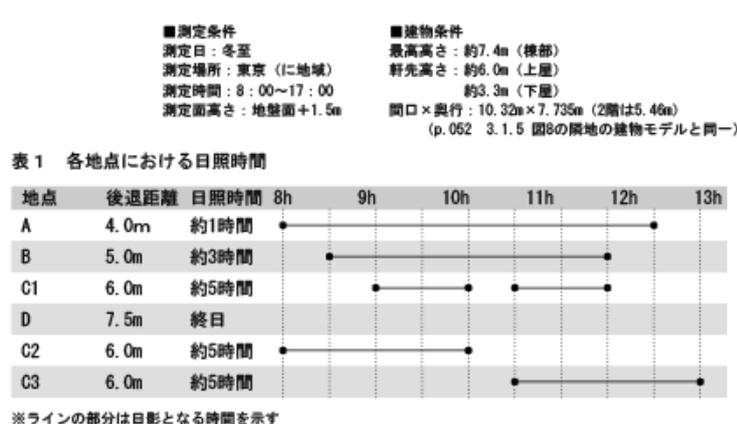


図1 2階建て住宅の日影図の例

3) 建物の方位(集熱面となる開口部の方位)

日射熱を取得・利用する効果は、集熱面となる開口部が面する方位が大きく関係します。開口部の方位は、地域区分に係わらず真南から東または西に15°以内である場合に集熱上の効果が高くなりますが、逆に真南から30°を超えると開口部からの集熱量は急減します。

パッシブ地域区分

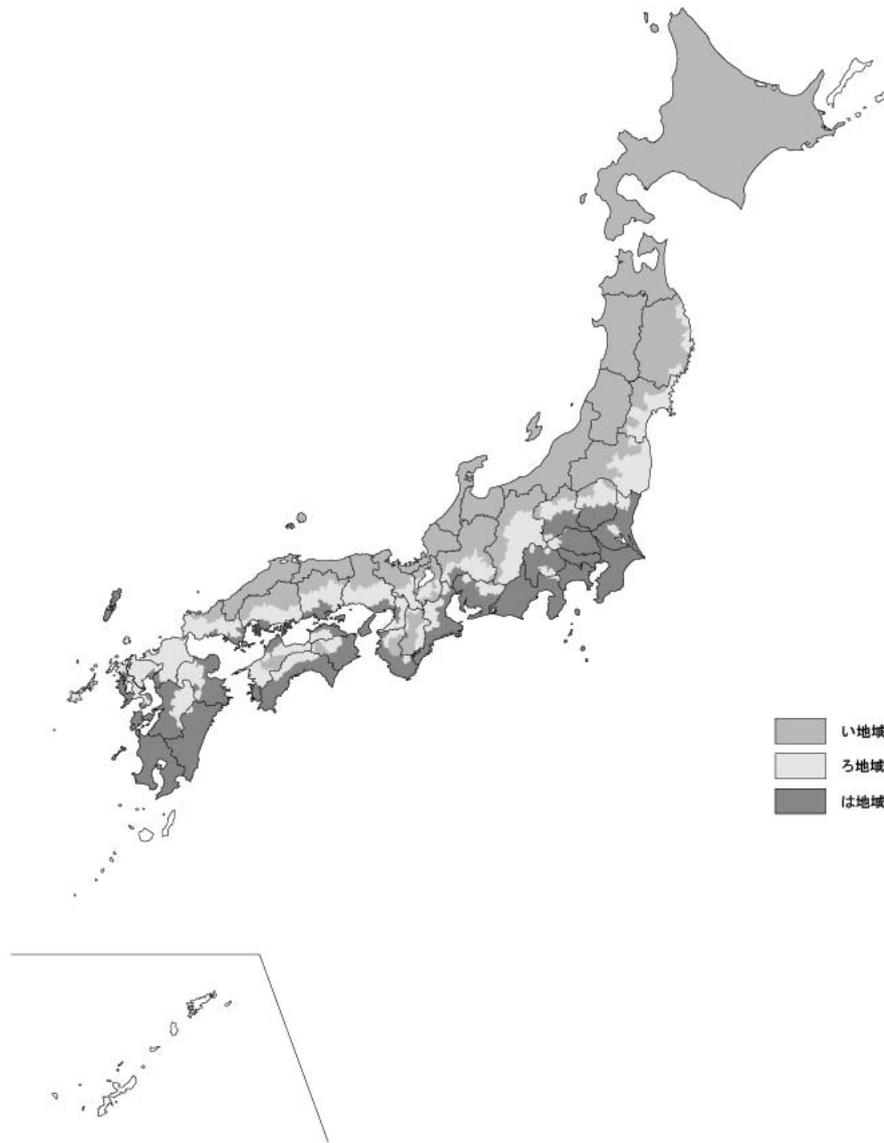


図2 パッシブ地域区分図(PSP 区分図)

PSP(Passive Solar Potential)とは、1月の暖房度日(日平均外気温が18℃を下回る日について、室温18℃と当該平均外気温の差を合計した値をいう)に対する1月の平均日射量の比をいい、地域における日射利用の可能性を示しています。これにより、全国は3つの地域に区分されます。

4) 住宅全体又は部屋の断熱性向上との関係

冬の晴天日であれば南向きの大きな窓の近くはたいへん暖かい空間となります。しかしながら、住宅の断熱性が低い場合は、暖かいのは日射の当たっている時間帯に限られ、夜間における暖房のために日射熱を活かすことは極めて困難になります。

ここで解説する日射熱利用の技術は、住宅の断熱性を代替するものではなく、断熱性の向上と合わせて適用することが前提である点を忘れてはなりません。省エネルギー改修の際には、日射熱利用を住宅や部屋の断熱性向上と合わせて行うことで、より一層の暖房エネルギーの削減と暖かい室内空間の実現が可能となります。

5) 日射熱利用のための3つの手法

①^L 開口部断熱性能の向上

建物からの熱損失を小さくするためには、住宅全体の断熱性を高めることが必要になりますが、とくに大きな熱損失部位となるおそれの高い開口部の断熱化が重要になります。

ガラスについては、熱損失を抑えることと取得熱を増やすことの両面が求められます。このことから一般には、断熱性能が高く(熱貫流率が小さく)かつ日射透過率の大きい仕様のガラスを選択することが有効と考えられます。

窓枠部分の断熱性能を向上させるためには、建具自体を木材や樹脂など、断熱性が高く熱を伝えにくい材料でつくることも効果があります。サッシの気密性も開口部からの熱損失に影響しますので、気密サッシの使用が望まれます。

●開口部断熱性能の要件

断熱・気密性能の低い既存サッシの性能を高めるためには、金属製熱遮断構造サッシ＋低放射複層(A12)ガラスや樹脂製サッシ＋複層(A12)ガラス等の仕様の開口部(表1)に交換する必要があります。

そのためには、開口部のカバー工法(手法 15)やカット工法(手法 16)の採用、もしくは、内窓を設置する2重化工法(手法 14)が不可欠です。アタッチメント工法(手法 13)による窓ガラスの交換では、サッシ本体の性能が高められないため、日射熱利用を考慮する際には、建具およびガラスの断熱性能を高められる手法を選択してください。

表1 日射熱の利用に必要な開口部の断熱性能

開口部の熱貫流率	建具およびガラスの仕様例
2.91(W/m ² K)以下	・木製または樹脂製サッシ＋複層(A12)ガラス ・金属製熱遮断構造サッシ＋低放射複層(A12)ガラス

② 集熱開口部面積の増加

室内空間の床面積の20%以上に相当する集熱開口部を真南から30°以内の方位に向けて設置することが望ましく、最低でもその範囲の方位に10%以上に相当する集熱開口部を設けることが日射熱利用の要件となり

ます。

日射熱利用を考慮して集熱開口部の面積を増加する場合は、耐力壁の配置に注意しながら、有効面積を確保してください。

③ 蓄熱材の利用

蓄熱は室温を安定して保つのに効果のある技術で、日中は熱を吸収して室のオーバーヒートを防ぎ、夜間は吸収・蓄熱した熱を放出して室温の低下を防ぎます。

蓄熱に有効な建築部位の対象には、床、外壁、間仕切り壁、天井があげられます。生活のためには家具など多くのものが室内に持ちこまれますが、これらの熱容量も蓄熱効果があります。

日射熱利用のために目安となる蓄熱材の熱容量の目安として、床面積当たりの熱容量が $170\text{kJ}/\text{C m}^2$ 以上という数値が提案されています。熱容量の計算は次式と表2の数値を用いて行うことができます。

●熱容量の計算式

$$\text{熱容量}(\text{kJ}/\text{C}) = \text{蓄熱部位の容積}(\text{m}^3) \times \text{蓄熱材の容積比熱}(\text{kJ}/\text{C m}^3)$$

表2 主な材料の容量比熱と有効厚さ

材料		有効厚さ(m)	容積比熱(kJ/m ³ C)
コンクリート	普通コンクリート	0.20	2,013
	軽量コンクリート	0.07	1,871
左官材料	モルタル	0.12	2,306
	しっくい	0.13	1,381
	プラスター	0.07	2,030
	壁土	0.17	1,327
木材	マツ	0.03	1,624
	スギ	0.03	783
	ヒノキ	0.03	933
	ラワン	0.04	1,034
	合板	0.03	1,113
せっこう等	せっこうボード	0.06	854
	パーライトボード	0.06	820
	フレキシブルボード	0.12	1,302
	木毛セメント板	0.06	615
その他	タイル	0.12	2,612
	ゴムタイル	0.11	1,390
	リノリウム	0.15	1,959

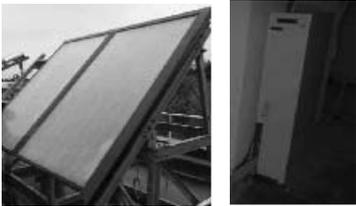
※材料には蓄熱部位として計上できる「有効厚さ」が設定されています。材料の容積算定時において、材料の厚さが有効厚さ以上の場合は、有効厚さまでのみを計上することができます。これは、有効厚さ以上の材料の蓄熱効果は小さいことを意味しています。熱が伝わりやすい材料ほど、有効厚さは大きくなります。

5.5 附1-5 太陽熱給湯

住宅で必要になる湯の温度は 40℃を少し上回る程度の低温であることから、太陽熱の利用用途として給湯は非常に適しています。現在においても太陽熱給湯は給湯の省エネルギーに最も有効な手段であり、改修時においても積極的に採用を検討することが望まれます。

1) 基本的な考え方

太陽熱給湯装置には様々な種類がありますが、一般的なものは「太陽熱温水器」と「ソーラーシステム」です。太陽熱温水器は構造がシンプルで安価なため、非常に広く普及しています。ソーラーシステムは不凍液をポンプで循環して集熱するため、冬期でも集熱が可能などのメリットがありますが、構成が複雑で高価です。改修時には、建物の構造や給湯用途を考えて選択する必要があります。

【太陽熱温水器】	【ソーラーシステム】
 <ul style="list-style-type: none"> ●構造が簡単で安価 ●電力を消費しない ●貯湯タンクが開放型のため、給水と縁切りが必要で水圧が低い ●冬期に凍結するため水抜きが必要 ●貯湯タンクが集熱部と一体化しているため重く、屋根構造への負担が大きい 	 <p>(左:集熱器 右:貯湯ユニット)</p> <ul style="list-style-type: none"> ●システムが複雑で高価 ●集熱時に循環ポンプが電力を消費 ●貯湯タンクが閉鎖型のため、水道圧を利用できる ●不凍液を使うことで、冬期でも集熱が可能 ●貯湯ユニットが別になっているため、屋根に載るのが集熱器のみで軽いため、建物構造への負担が小さい

2) 太陽熱導入時の注意点

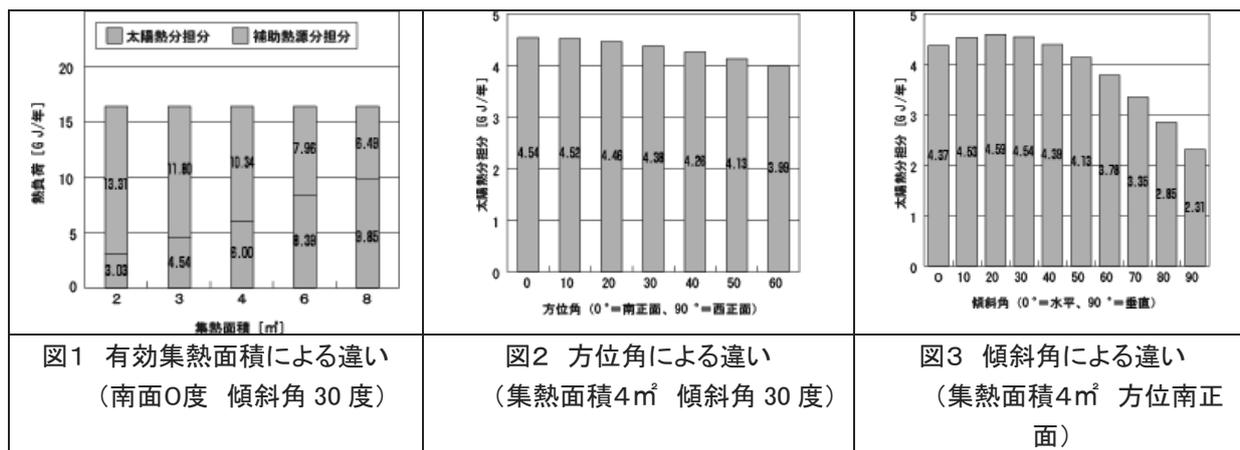
太陽熱給湯設備の省エネルギー性を十分に発揮するためには、設計時に以下のような適切な配慮が必要です。

① 集熱面積と傾斜角・方位角

図は、温暖地(岡山)において、標準的な4人世帯の住戸に太陽熱温水器を設置した場合の試算例を示します。太陽熱分担分とは、給湯熱負荷(給水を給湯にするのに必要な熱量)の全体のうち、太陽熱温水器が分担できる熱量を指します。太陽熱の集熱量を増やすには、有効集熱面積(日射を実際に集めることのできる部位の面積)を増やすことが最も有効です。一般的には温暖地では3~4㎡程度、寒冷地では6㎡程度のものを採用します。

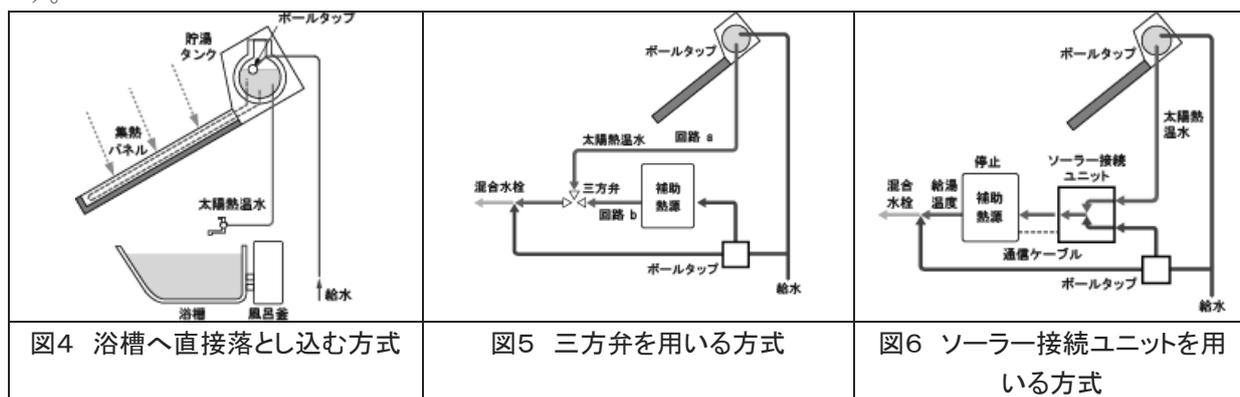
方位は南に正対するのが最善ですが、方位が変わっても集熱は十分できます。屋根形状の関係で南に向けるのが難しい場合は、西向きにすると夕方に温水が出て入浴ですぐ使われるため、効率がよくなります。傾斜角も集熱量に関係しますが、それほど神経質になる必要はありません。積雪の多い地域では、傾斜を強くすると雪がよく落ちます。

なお、貯湯量は一般に有効集熱面積1㎡あたり 50ℓ程度が目安となります。



② 給湯機との接続

太陽熱給湯設備は、一般に補助熱源と組み合わせて使用されますが、接続方法は様々なものがあります。既設の風呂釜をそのまま用いる場合には、浴槽に直接落とし込む方式も単純で効果的です。補助熱源と連結する場合は、ソーラー接続ユニットを用いると切り替えの手間がいらぬため、太陽熱の利用率が高くなります。



③ 構造や屋根面への配慮

改修で太陽熱給湯装置を設置する場合には、建物の構造や屋根面を傷めないよう、十分な配慮が必要です。特に、太陽熱温水器は貯湯タンクを含めて屋根に設置するため、重量が全体で300kg程度と重くなります。ソーラーシステムの場合は集熱器のみを設置するため、屋根面への負担は100kg以下と軽くなります。いずれの方式でも、固定方法等は慎重に検討する必要があります。

第6章 附録2 設備の省エネルギー改修

6.1 附2-1 暖冷房設備改修

近年、暖冷房設備の省エネルギー性能の向上は著しく、暖冷房のエネルギー消費量の削減には断熱改修と同様に有効な手段となります。

1) 基本的な考え方

暖冷房設備の改修は、機器を高効率なものに買い換えることが主な手法となります。また、床暖房等の温水暖房設備においては、配管やパネルから床下等への熱損失を抑えるために断熱を適切に施工し直すことも重要となります。

断熱改修を行うと室内の環境が良好になり暖房負荷も減るため、選択できる暖冷房設備も変わります。断熱改修を行う場合は、同時に暖冷房設備の買い換えやその使い方の見直しを検討するのも良いでしょう。

2) 暖冷房設備の改修と省エネルギー効果

① エアコンの機器の買い換え

- ・エアコンの効率は定格効率(COP)という指標で表され、この値が大きいほど省エネ機器であるといえます。COP が高くなるべく高い機器に買い換えるのが良いでしょう。
- ・エアコンの機器効率は下記にも示すように、その負荷率に依存するため、適切な容量のエアコンを導入することが重要であると言えます。断熱改修や日射遮へいを行うと暖冷房負荷が減るため、同時にエアコンの機器容量の見直しを考慮することも重要です。また機器容量が小さい機械には高効率な機器も多いため、機器容量の適切な見直しと、定格効率の良い機器を選べる両方の効果が期待できます。

エアコンの機器効率

- ・図は、測定結果に基づく外気温度、負荷率(定格能力に対する暖冷房能力の割合)と COP の関係を示しています。例えば、暖房時は外気温度が高いほど COP が向上します。また、最大負荷率の約半分の能力近傍で最も COP が高くなり、この領域に相当する暖冷房負荷が多いほど、年間の運転効率が向上することが分かります。
- ・エアコンは断続運転を行うとエネルギー消費効率が低下します。従って、例えば、断熱改修(平成4年基準相当以上)によって建物の暖冷房負荷の減少が見込まれる場合、8帖の部屋でも6帖用のエアコンを設置するなど、なるべく断続運転をしないような運転の仕方が省エネ上、望ましいといえます。

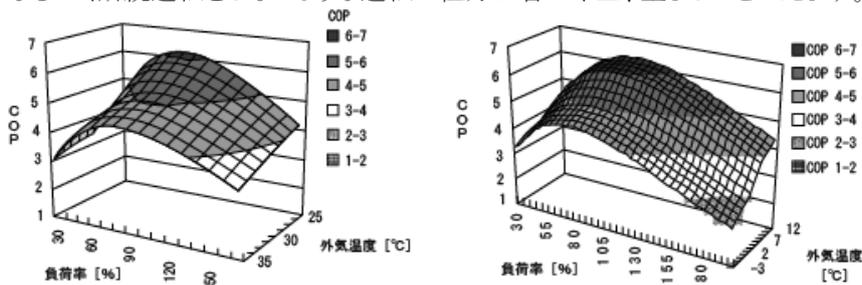


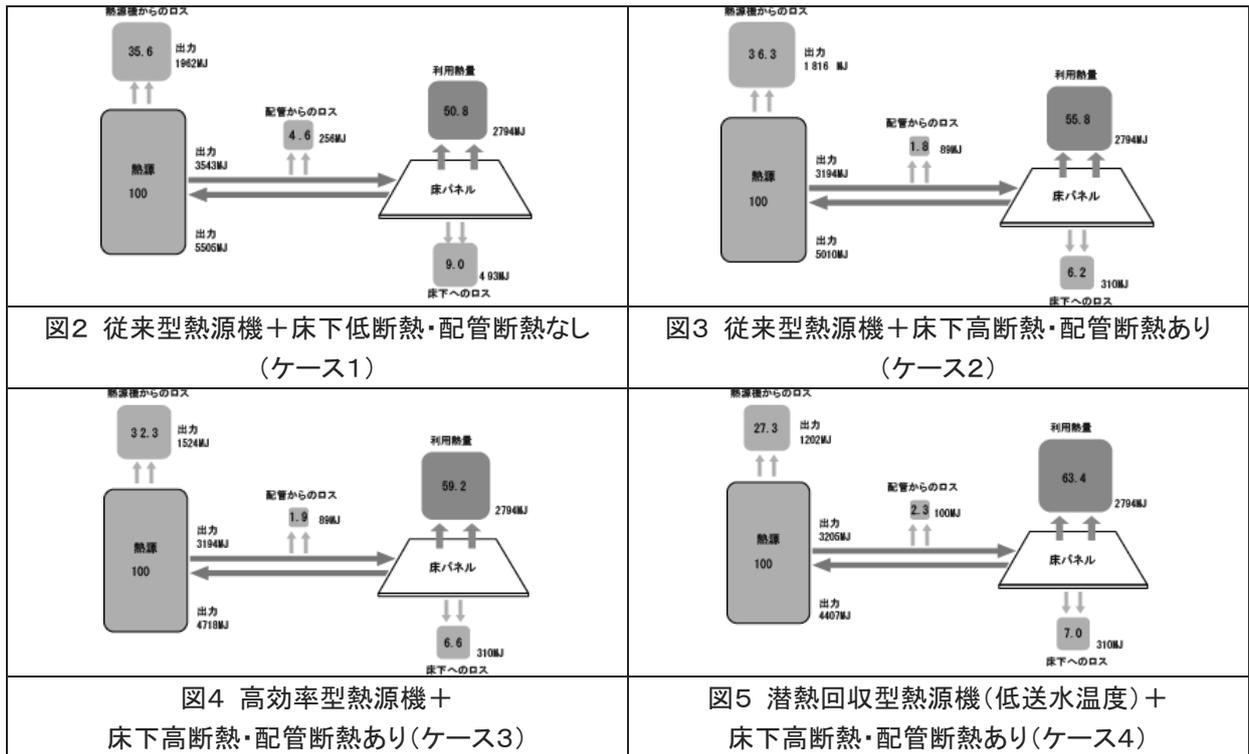
図1 外気温度、負荷率と COP の関係(左:冷房、右:暖房)

② 温水床暖房の熱源機(ガス)の買い換えと断熱の強化

・温水床暖房のエネルギー消費を減らすためには、高効率熱源機を採用すること、配管や床裏の断熱を強化することが重要となります。これらの対策を施した場合に、それぞれの部位で熱損失がどの程度減少するかについては以下を参照してください。

熱源機、床下および配管断熱による熱損失

- ・熱源機の種類、配管断熱の有無と床暖房パネル下面の断熱材の厚さの違いによる温水式床暖房のエネルギー消費の一例を示します。
- ・図2は、省エネルギー手法を導入しなかった場合です。
- ・これに対し、図3は、配管断熱と床下断熱をともに行った場合に、さらに敷設面積を大きくし、配管の長さを短くしたケースを想定しています。両者を比較すると、エネルギー消費は約9%減少します。
- ・図4は、図3からさらに熱源機を高効率にした場合を示します。
- ・図5は、図3から熱源機を高効率にし、送水温度を低く(40℃)できる潜熱回収型などの機器を選定した場合を示します。送水する温水温度を下げることにより熱源機効率が良くなり、さらにエネルギー消費を約11%減少させることができます。



■計算条件

- ・床暖房の設置箇所: 戸建て住宅1F部分の居間・食事室(床面積 21.5 m²)、台所(床面積 8.3 m²)
- ・床暖房の敷設率: ①標準 70%(床暖房面積 20.9 m²)、②高い 75%(床暖房面積 22.4 m²)
- ・配管長: ①標準 29.6m、②短い 15.5m
- ・熱源機(定格効率): ①従来型 78.0%、②高効率型 83.0%、③潜熱回収型 86.0%
- ・床下断熱: ①低断熱(熱抵抗値 1.0 m²K/W、グラスウール 16K50mm)、②高断熱(熱抵抗値 1.6 m²K/W、グラスウール 32K60mm) ※①は敷設率を標準、②は敷設率を高く設定
- ・配管断熱: ①配管断熱なし(熱損失係数 0.21W/mK)、②配管断熱あり(熱損失係数 0.15W/mK) ※①は配管長を標準、②は配管長半分 ・行き水温: 60℃(標準)、40℃(低送水温度の場合)

断熱改修による室内環境の改善効果

- 断熱改修を行うことで、暖冷房負荷が減少しエネルギー消費量が減少するという効果に加え、非暖房室と暖房室の温度差が少なくなる、部屋の温度分布が均一になるなど、室内環境が改善する効果が得られます。
- 表1は、温暖地において居住者が部屋に居るときのみ暖冷房する部分間欠暖房を行った場合を想定し、断熱レベルごとに暖房室と非暖房室の温度差を計算した結果です。断熱レベルが温度差の解消に大きく影響を与えることがわかります。
- 図6は暖房時の上下温度分布を示したものです。住まい手は床や椅子に座ることが多いため、床面からの高さが0～1,200mm程度の温度が重要となります。エアコンでは、とくに断熱性能が低い場合において、床に近づくほど温度が低下することがわかります。これを解消するためには、断熱性・気密性を高める、カーテンを床まで届くようにしてコールドドラフトを防ぐ、吹き出し方向をなるべく下方にするなどの配慮が求められます。一方、床暖房は上下温度分布がほとんどついておらず、床表面近傍でも暖かい空間であるといえます。

表1 暖房室と非暖房室の断熱レベルごとの温度差(単位:°C)

断熱レベル	暖房室		非暖房室		温度差(平均)
	居間・食事室	浴室	1階便所	寝室	
レベル0	20.0	11.7	12.9	12.1	7.8
レベル1	20.0	13.6	14.8	14.3	5.8
レベル2	20.0	14.9	16.3	15.9	4.3
レベル3	20.1	15.5	16.8	16.3	3.9
レベル4	20.3	15.9	17.5	17.1	3.5

■設定条件 暖房運転方式:部分間欠暖房方式、比較時間・室:22時における平均温度、

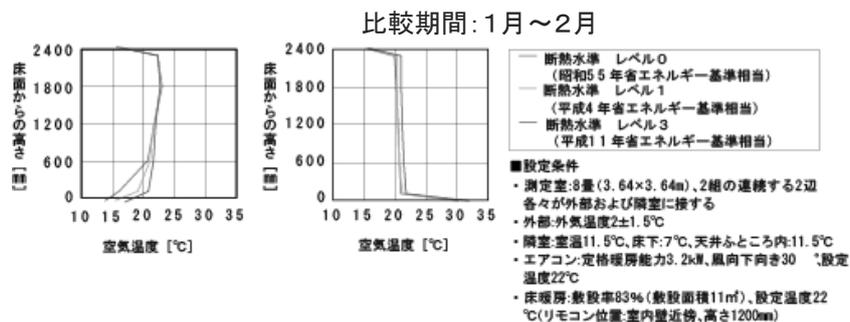


図6 上下温度分布(部屋中央)(左:エアコン 右:床暖房)

6.2 附 2-2 換気設備改修

省エネ改修によって住宅の気密性が高くなることで、改修前は居住者が知らずに生じていた自然換気(漏気)が少なくなります。その結果、生活行為で必ず発生する水蒸気等の排出によって、断熱性能が向上したにもかかわらず、結露やその他の空気質の問題が以前よりも生じがちになることも考えられます。そのため省エネルギー改修とともに全般換気設備(24時間換気)に関する検討が必要です。

1) 基本的な考え方

省エネルギー改修を実施すると、一般に気密性が向上するため自然換気量も減少し、必要な外気導入量が得られない可能性があるため、省エネルギー改修時に全般換気設備の導入を検討する必要があります。

全般換気設備は、開口部(窓)を締め切った状態においても、建築基準法で求められている0.5回/h以上の換気量を確保し、住宅内の空気環境を安全・快適に保つことを目的としています。全般換気設備は24時間365日稼働することから、省エネルギー性と風量の維持に配慮した機器の選択が必要となります。ダクトや外部フードの圧力損失の低減、高効率ファンの採用および換気量を長期にわたり維持するためのメンテナンスを意識した計画とすまい手への注意喚起が重要です。

2) 換気設備導入時のポイント

① 選択する換気システムの検討

換気設備導入には、省エネルギー改修の実施前にどのような換気設備を選択するかについての検討が必要となります。導入する換気設備として下記の①～④の様な場合が考えられ、それぞれ検討時に以下に記載されたような確認が必要です。

a. 既存の換気設備を使用する場合

- ①既存の局所換気設備を利用
- ②既存の全般換気設備を利用

b. 新規の換気設備を導入する場合

- ③局所換気設備兼用の全般換気設備の導入
- ④局所換気設備と兼用でない全般換気設備の導入

a. 既存の換気設備を使用する場合の確認事項

- ・端末部材、本体の汚れ具合の確認と清掃
- ・必要風量が得られていることの確認※
- ・消費電力(本体に記述されている)の確認
- ・その他(異音がしないか等)の確認

b. 新規の換気設備を導入する場合の確認事項

- ・ダクト式のシステムの場合は梁などがダクト配管の邪魔とならないかなど、構造との取り合いを確認と清掃
- ・外壁の換気設備用のダクト(パイプ)貫通孔を工事する時に防湿層などに影響が出ないかを確認
- ・その他の導入時に必要な確認※※

※「自立循環型住宅への設計ガイドライン」の換気設備における風量測定について参照

※※「自立循環型住宅への設計ガイドライン」の換気設備における換気設備計画の検討ステップを参照

既存の換気設備を使用する場合は、端末部材や本体の汚れ具合を確認し、必要に応じて換気設備の清掃をすることが必要となります。図は、2階建て木造住宅の省エネ改修に併せて既存の壁付け式換気システム4台(各居室に排気ファンが設置されているもの)の清掃を行った事例で、対象ファンは1年半の期間清掃がなされていませんでした。清掃後の風量は住宅全体で倍以上となりました。換気設備の汚れは使用頻度の高いLDKや主寝室に多く付着しており、清掃前の風量が少なくなっています。また2階の洋室では外部フードが手の届かないところにあり清掃が困難であったため、写真のようにエアガンにより圧縮空気を送ってホコリを可能な限り吹き飛ばしました。しかし、風量の回復はあまり認められませんでした。

このように日常の清掃が出来ない位置に設置されている換気設備があれば、室内側から清掃が可能な設備への転換か、新規の設置が望まれます。

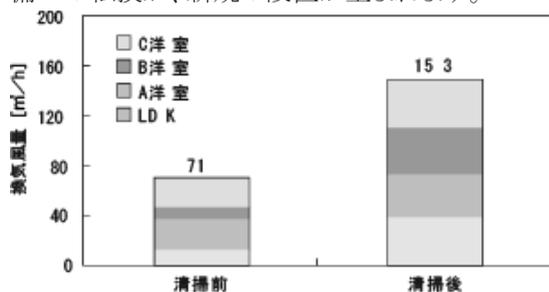


図1 清掃前後の排気風量



図2 手の届かなかった外部フード



図3 圧縮空気による清掃

② 工事のポイント

新規で換気設備を導入することになった場合には、換気設備を設置するための作業の他に、大工工事、電気工事(換気設備用電線等の設置)、クロス工事(換気設備設置後のクロス貼り)が発生します。たとえば大工工事だけでも以下のような工事が考えられます。

[大工工事の例]

- ・換気設備用の下がり天井等の設置
- ・換気設備用の天井点検口の設置
- ・換気設備用のダクト(パイプ)貫通孔の設置

そのため、換気設備の設置工事についても、様々な職種の関わる躯体の省エネルギー改修の実施時に行うと作業効率が良くなります。

また、上述のように換気設備の設置の際に外壁に孔をあける工事が発生するため、可能な限り外壁への孔あけ施工が少ないシステムや部材(たとえばダクト式のシステムや窓サッシに設置が可能な換気框など)を導入することが重要です。



図4 換気設備用の下がり天井および点検口の設置



図5 換気設備用の外壁の貫通孔

③ 施工後の確認

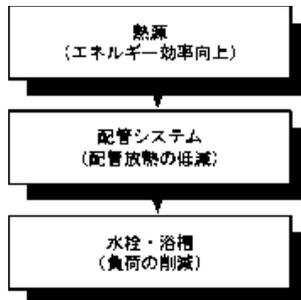
施工後には、端末部材を中心に風量測定を実施し、性能の確認をすることが望まれます。

6.3 附 2-3 給湯設備改修

住宅の全消費エネルギーの3分の1程度は給湯で消費され、給湯設備における省エネルギー措置は非常に重要です。近年になって、各種の高効率給湯機や節湯型機器の登場・普及により、効果的に省エネルギー化できるようになりました。住宅で最も多くリフォームされるのは風呂やトイレ等の「水回り」で、一般に給湯設備改修は建物外皮等より頻繁に行われます。改修の機会に、給湯設備もできるだけ省エネルギー化することが強く望まれます。

1) 基本的な考え方

現在一般的な、大型の熱源から配管で接続された各水栓に集中して給湯を行うセントラル給湯設備は、熱源、配管システム、水栓・浴槽の3つの部分から構成されています。給湯の省エネルギーには、それぞれに適切な省エネ措置を行うことが必要です。



- 高効率給湯機の採用**
- ・太陽熱利用システムの導入(付録1-5)
 - ・ガス・石油の場合は、潜熱回収型を選択
 - ・電気の場合は、ヒートポンプ式を選択
- 配管ロスの低減** ・サヤ管ヘッダー工法の採用
- ・配管長の短縮・小口径化 湯消費の低減
 - ・節湯型シャワー・水栓の採用
 - ・高断熱浴槽の採用

2) 高効率給湯機の採用

給湯機を高効率なものに置き換えることは、非常に有効な省エネルギー手法です。高効率給湯機としては、ガス・石油を燃料とするものでは潜熱回収型、電気ではヒートポンプ式が上げられます。図1の数値は、2次エネルギー換算時のエネルギー収支です。

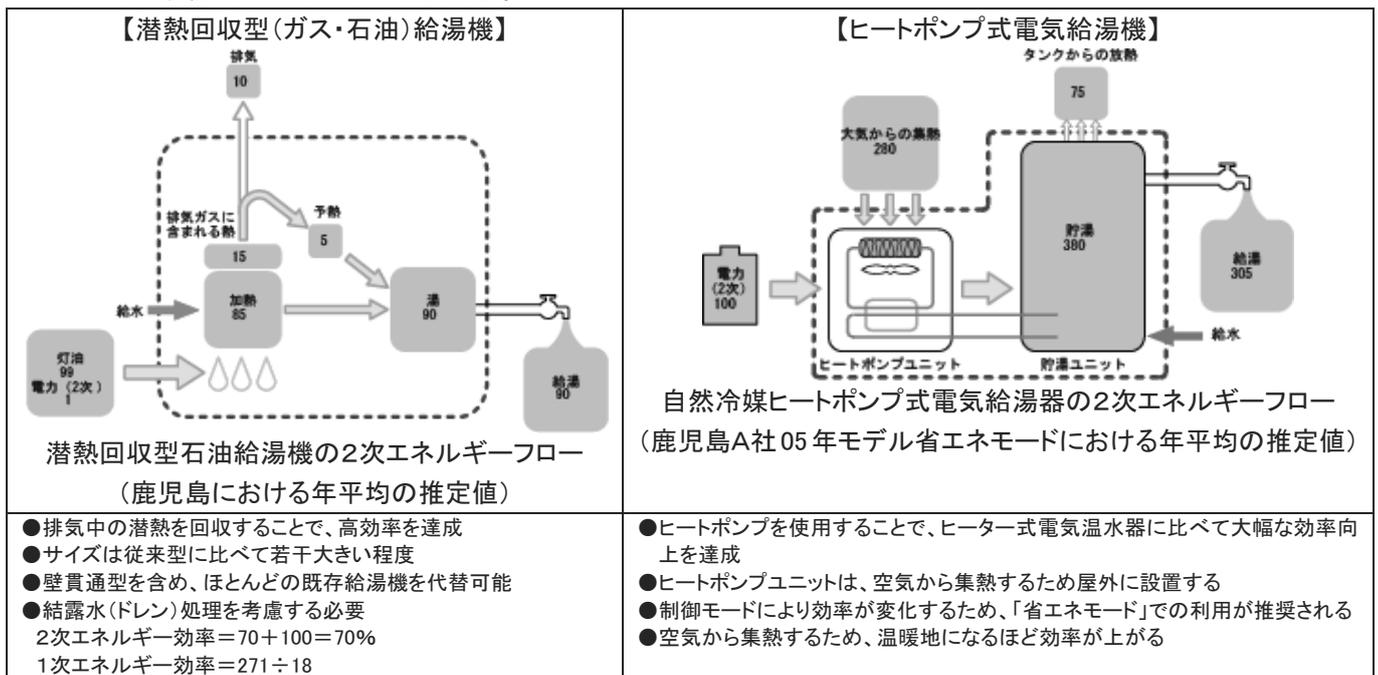


図1 高効率給湯機のエネルギー収支

ガス・石油を燃料とする潜熱回収型給湯機は、登場当初は形式が限られていましたが、現在ではほとんどの既存機器を代替できるほど種類が増えており、積極的な採用が可能です。BF 風呂釜の排気口に納まる壁貫通型は非常にコンパクトですが、最近ではこのタイプにも潜熱回収型が登場しています。給湯に電気を用いる場合には、ヒーター式の電気温水器は効率が低いため、必ずヒートポンプ式を採用し、制御モードを「省エネモード」に設定することが重要です。

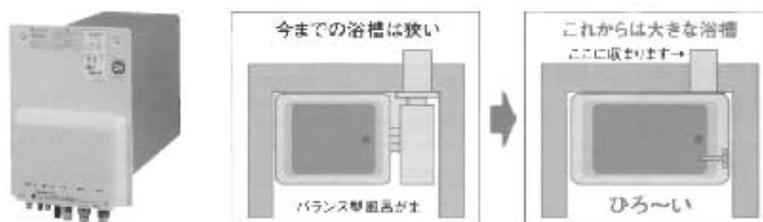


図2 壁貫通型の潜熱回収型ガス瞬間式給湯機

3) 配管ロスの低減

セントラル給湯設備においては配管長が長くなりがちのため、配管における熱ロスの低減を考慮する必要があります。配管は一般に交換が困難であり、給湯機以上に長期にわたり使用される場合が多いため、改修時に対策を行うと有効です。住宅の配管は先止まり方式のため、熱ロスの低減には配管内に滞留する湯量の削減が最も有効です。そのためには、配管長をできるだけ短くするとともに、配管径を給湯に支障をきたさない範囲で細くすることが有効です。ヘッダー方式はヘッダー分岐後の配管が1つの水栓とだけつながっているため、小口径化(13A以下)が容易です。

4) 湯消費の低減

給湯の省エネルギーにおいては、湯消費の削減も欠かすことができません。水栓やシャワーに節湯型を採用する(付録2-6参照)ほかに、浴槽に高断熱のものを採用すれば、保温・追焚の熱負荷を低減できます。合わせて浴室自体を高断熱なものにすれば、入浴時の温熱環境を大幅に改善できます。

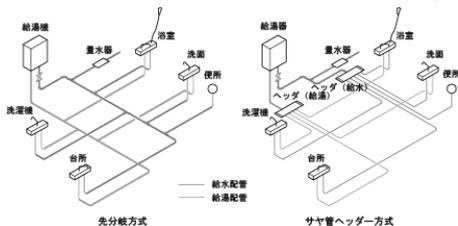


図3 配管方式



図4 高断熱性浴槽

6.4 附 2-4 照明設備改修

照明設備改修の考え方は、新築における照明計画と基本的に同じです。昼間の昼光利用による明るさの不足分を補い、夜間の光環境を良好に保つと同時に、人工照明エネルギー消費を削減することが目的になります。

1) 基本的な考え方

照明設備の改修による省エネルギー手法は、大きくは機器の交換等による手法、機器の運転・制御による手法、機器の適切な配置設計による手法の3つに分けられます。導入のしやすさが手法毎に異なりますので、改修の程度や要素技術相互の関係を考慮して決定することが重要です。

なお、明るさの感じ方は年齢や視力によって個人差があるだけでなく、明・暗順応の状況により同一人物でも異なります。居住空間内の安全性にも関係するため、慎重な検討が必要です。

2) 照明機器の交換等による省エネルギー手法

照明設備の改修において、導入しやすく、かつ省エネルギー効果が大きいのが照明機器の交換です。改修前に白熱電球が多く使用されていた場合は、照明エネルギー消費全体の最大 30%の削減効果が見込めます。

機器を選択する際には、光源(ランプ)の「消費効率」にまず着目します。消費効率は $[lm/W]$ 、すなわち1ワットあたりの光束(光の量)で表され、蛍光灯の場合は、安定器の消費電力を含めた消費効率(総合効率:単位同じ)として示されます。省エネ効果を上げるためには消費効率の値の高いものを選択します。

器具については、照明器具から出る光の量(光束)／ランプから出る光の量(光束)の比で表される「器具効率」に着目します。高効率の反射板を用いた器具の器具効率は高くなります。その他、汚れにくい器具(屋外用の光触媒膜付器具など)や配光(どの方向へ光を出すか)も考慮します。

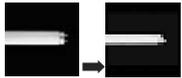
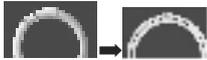
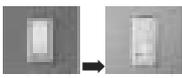
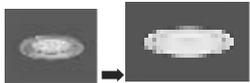
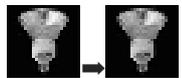
照明機器の適切な種別選択により、少ないエネルギーで同じ効果、あるいは同じエネルギーでより明るい空間を実現することが可能になります。

表1は、代表的な照明機器の交換によるエネルギー削減効果をまとめたものです。

例えば白熱電球を電球形蛍光ランプに替えると、78%のエネルギー削減になります。電球形蛍光ランプは、イニシャルコストは白熱電球に比べ高くなりますが、低消費電力であることに加え寿命が長いこと、トータルコストは低く抑えられます。ただし、電球形蛍光ランプは、調光を想定している場合は、調光可のタイプを選ぶ必要がある点に注意が必要です。

また、LED は、効率が向上し続けている次世代光源で、配光が直線的という特徴があるため、スポットライトのように局所的に明るくする機器として用いると良いでしょう。機器の単純な交換以外にも、天井・壁の改修と併せ、テーブルライトによる壁面の間接照明やダウンライトとして用いる方法なども、LED を利用した改修として有効です。注意点としては、輝度が高くまぶしさ(グレア)を生じさせやすいため、光源を直接見せないようにすることがあげられます。

表1 機器の交換による省エネルギー手法例と効果

省エネルギー手法例	省エネルギー効果 (電力削減割合※1)
白熱電球(60W)を電球形蛍光ランプ(13W)に交換する 	78%
一般蛍光ランプ(40W)をHf蛍光ランプ(32W)に交換する 	20% 明るさ 14%アップ
環形蛍光ランプをHf二重環形蛍光ランプに交換する  消費効果 102.9(1m/W) 消費効果 57.1(1m/W)	45%
ダウンライトを一般形ハロゲンランプから12V反射形ハロゲンランプに交換する※  12V50W ハロゲンダウンライト 平均照度 291(lx) 85W ハロゲンダウンライト 平均照度 253(lx)	41% 明るさ 15%アップ (テーブル面の照度※2)
フットライトの白熱電球(5W)をLED(0.35W)に交換する 	90%
一般的なダウンライトを高効率反射板ダウンライトに交換する  一般ダウンライト 反射板:オフホワイトつや消し ランプ:22W 電球形蛍光ランプ 平均照度 121(lx) 高効率反射板ダウンライト 反射板:銀蒸着仕上げ ランプ:22W 電球形蛍光ランプ 平均照度 158(lx)	0% 明るさ 31%アップ (床面の照度)
ダウンライトを広角形(ビーム角 35°)から中角形(ビーム角 20°)に交換する※  40W 中角ハロゲンダウンライト 平均照度 149(lx) 40W 広角ハロゲンダウンライト 平均照度 113(lx)	0% 明るさ 32%アップ (テーブル面の照度※2)

※1 電力削減割合(%)=1-(交換後の消費電力/交換前の消費電力)

※2 照明設計時は、テーブル面の照度分布も検討する必要があります

3) 照明機器の運転・制御による省エネルギー手法

照明機器の運転・制御は、スイッチやセンサーなどの制御装置を設置する省エネルギー手法であり、天井や壁の改修と同時に計画することで導入が比較的容易な手法です。

まず、個別の機器の調光スイッチは、最適な明るさに調節することができるため、On-Off のみのスイッチと比べて、無駄な明るさを除く可能性が高くなります。

複数の機器を一括で調光するシーン記憶式調光器は、一室に照明機器を複数設定する多灯分散照明(後述)を想定した改修の場合に導入の効果がより、タイマー機能を内蔵しているタイプでは、自動で設定時刻に調光をすることが可能です。

消し忘れが多い場所や、点灯時間が少ないけれども頻繁に人が行き来するような場所に対しては、タイマーやセンサーを設置して、自動で点灯・消灯するようにすることも改修として効果的です。

上記の調光器(個別・複数機器用)とセンサー(人感センサー)の例を図1に示します。

これらの運転・制御手法の導入によって照明エネルギー消費のうち、最大で 10%程度の削減効果があります。

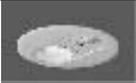
調光スイッチ単体用			人感センサー 器具内蔵形	
				【ポーチ・キッチン流し元・クローゼット】 写真はポーチ用
白熱電球用口 タター式	白熱電球用ス ライド式	Hf 蛍光ランプ用 ロータリー式	特徴 ・器具に人感センサーが内蔵されており、人(熱)の動きを感知して自動的に点灯し、設定時間後に消灯する。	
※少数ですが、電球形蛍ランプで白熱電球用調光スイッチが使えるものもあります。				
複数器具一括制御用  【リビング】			特徴 ・複数の器具の調光設定を記憶させて、その設定シーンをボタン1つで再生できる。 ・白熱電球と Hf 蛍光ランプが対象	

図1 照明機器の運転・制御方法の例(調光器・センサー)

4) 照明機器の適切な配置設計による省エネルギー手法

この手法は、主として多灯分散照明方式の採用を意味しており、住宅全体で最大 10%程度の照明エネルギー削減効果があります。多灯分散照明方式とは低 W 数の照明器具を分散配置させ、様々な点灯状況を可能にする照明手法で、リビングなどの多目的な部屋において光環境の質の向上と省エネを両立させることを目的としています。通常住宅では一つの部屋に一つの照明器具を設置する一室一灯照明が主流ですが、一室一灯照明は光環境を変化させられないというデメリットがあります。それに対して多灯分散照明は、照明の点灯状況を変えることで光環境を変化させることができるため、生活行為に敵した光環境を形成することを可能にするとともに、無駄な照明を部分的に無くすことで省エネルギーが図れます。

以下、一室一灯照明と多灯分散照明の事例を具体的に比較して示します。リビング・ダイニングの一室一灯照明の夜間の消費電力量を100%とした場合(図2、表2)と比較して、多灯分散照明の場合、消費電力量が、60%～95%の間で散らばります(図3、表3)。

多灯分散照明を計画する際には、計画時に最大W数を抑えておくようにして、運用時に点灯状況を変化させる、という2段階の考え方が必要になります。また、改修前に一室一灯用のシーリングライトが設置されており、これを生かすことにとらわれすぎると合計W数が多くなってしまいますので、中心となる照明を、まずはW数の小さな機器で考え直すことが重要です。

そうすることで、スタンド等の照明を加える必要が生じ、自然に多灯分散照明になります。壁や天井の改修を実施する場合、ブラケット・ダウンライトなどの工事や、スイッチや調光器などの制御装置、内装の反射効果なども考慮すると良いでしょう。



図2 一室一灯の設計例



シーン例1 (全点灯)



シーン例2 団らん等(シャンデリア+ペンダント1灯)



シーン例3 映画鑑賞等

(ダウンライト 50%+フロアスタンド 1/2 点灯+デスクスタンド)

図3 多灯分散照明の設計例

表2 一室一灯による消費電力量

器具	ランプ	灯数	消費電力[W]	消費電力量合計[Wh]	消費電力量比
1 シーリング	72W 環形蛍光ランプ	1	70	280	
2 ペンダント	100W 白熱電球	1	90	80	
				370	100%

表3 多灯分散照明による消費電力量と省エネルギー効果

器具	ランプ	灯数	消費電力[W]	消費電力量合計[Wh]	消費電力量比
1 シャンデリア	13W 電球形蛍光ランプ×4	1	52	156～208	多灯分散照明設計例の消費電力量合計／一室一灯設計例の消費電力量合計
2 ダウンライト	5WLED(調光可)	4	20	32～52	
3 フロアスタンド	8W 電球形蛍光ランプ×2	1	16	24～40	
4 ペンダント	12W 電球形蛍光ランプ	2	24	24	
5 デスクスタンド	8W 電球形蛍光ランプ	1	8	4～8	
				240～332	約 65～90%

6.5 附 2-5 高効率家電機器の導入

一般的な住宅のエネルギー消費は、給湯、暖冷房用の消費が大きな要因ですが、それ以外では、テレビ、冷蔵庫など各種家電機器の使用が大きな割合（一次エネルギーで住宅全体の約3割）を占めており、住宅の省エネルギーを図る上で配慮すべき要素です。

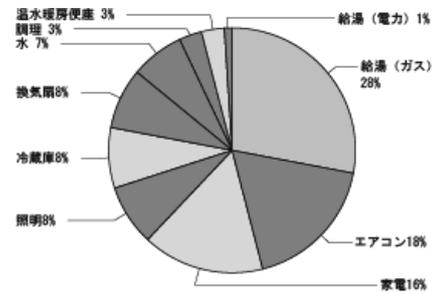


図1 一般的な住宅における1次エネルギー消費割合(2000年)

1) 基本的な考え方

家電の種類により、消費電力量には大きな違いがあります。住宅のエネルギー消費量削減のためには、消費電力量の大きな家電から優先的に省エネルギー化を進めることが効果的です。図2は、住宅で使用される主要な家電製品について、従来型機器*1の電力消費量と、それを省エネ型機器*2に変更したときの電力消費量および削減効果の例です。消費電力量は年間の合計値(kWh/年)で、削減効果は割合(%)で示しています。

年間の消費電力量は、冷蔵庫、テレビ、温水暖房便座がその多くを占めており、これらの製品を省エネルギー性の高い物に代えることが、消費電力量の削減に効果的です。また洗濯機や自動食洗機などは、電力と共に水を消費するため、資源保護の観点から節水型の機器に変更することも重要なポイントです。

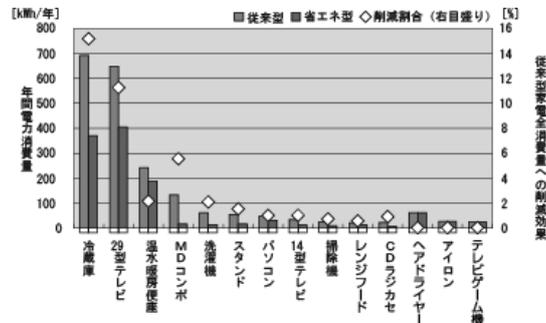


図2 従来型家電の電力消費量と省エネ型家電の採用による削減効果

従来型=1997年度に高い販売シェアを占めていた製品

省エネ型=2003年度に販売されていた最も省エネルギー化の進んだ製品

稼働時間の長い製品の電力消費量が大きくなるので、実際は各家庭によって違いが生ずる

2) 待機電力

家電機器のうち4番目に消費電力量が大きかったMDコンポは、その消費のほとんどが未使用時の待機電力によって生じています。待機電力による消費電力量は、待機電力1Wあたり年間8.76kWhが必要になり、その大きさは製品によって様々です。ただし、2004年以降の製品のほとんどが極小化の傾向にあり、年間の消費電力量も僅かに留まるようになってきました。しかしながら2000年以前の製品の中には、数十Wもの待機電力を生じる製品もあり、製品ごとの配慮が必要となります。

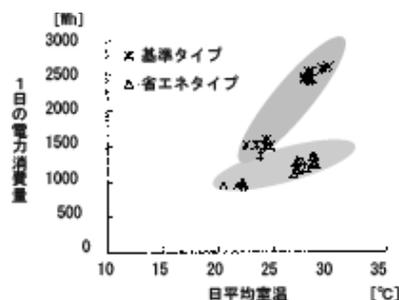
3) 長時間運転機器

待機電力と同様に、一日中、もしくは一日のうち長時間使用される製品は、大きな電力消費を生じます。一般的に普及し、使用頻度の高まっているネットワーク機器、空気清浄機やセキュリティー機器などがその例にあげられます。これらの家電機器は、近年のライフスタイルが生んだものであり、省エネルギー型の機器を見つけることが難しいのが現状です。従って省エネルギーの方法としては、「不必要なときにはなるべく使わない」、「未使用、あるいはこまめに主電源を切る」といった原則を心がけることが唯一の対処法です。

4) 室温、使い方等の影響を受ける家電

冷蔵庫や電気ポット、暖房温水便座などは、室温や水温が消費電力量に大きな影響を与えます。冷蔵庫の省エネタイプと基準タイプについて、室温と消費電力量の関係(図3)をみると、省エネタイプの冷蔵庫では室温の影響を受けにくい一方、2000年における基準タイプの冷蔵庫では非常に大きな影響を受け、室温20℃と30℃における電力消費量の差は約2.5倍もあります。

室温等の家電に対する影響	
室温等の影響を受ける機器の例	冷蔵庫 電気ポット 温水暖房便座 食器洗乾燥機 衣類乾燥機
室温等の影響を受けない機器の例	テレビ ビデオ・DVD パソコン 掃除機 MD コンポ・CD ラジカセ レンジフード 洗濯機



冷蔵庫に対する室温の影響
(省エネタイプと基準タイプの場合)
図3 室温と消費電力量の関係

室温の影響を受ける家電機器の場合には、その影響を最小限に抑えることが省エネルギーにつながります。冷蔵庫の場合であれば、冷蔵庫周囲の空気温度を低く保つことが重要であり、直射日光や暖房機の近くなどに設置することを避けるような計画が求められます。また、温水暖房便座の場合には、便所の室温が低いと温水暖房便座の消費電力が大きくなるため、住宅の断熱性能を上げ、非暖房室である便所の室温を上げる、使用時のみ瞬間的に暖められる機器を導入するなどの工夫が必要となります。

また、家電の使い方による省エネルギーとして、冷蔵庫の冷却温度を弱めに設定する、TVの明るさを落とすなどの工夫が挙げられます。TVは近年大型化が進んでおり、モニターの種類も液晶やプラズマなど種類が増えています。製品種別により消費の特性も異なるが、画面の明るさを押さえて試聴することで、消費電力量を抑えることができます。

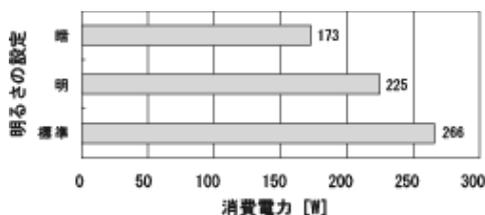


図4 家電の使い方による省エネルギー対策

2) 水と生ゴミの処理と効率的利用の手法

① 節水型機器の利用(手法1)

節水型機器は、それに交換するだけで効果が得られますので、たいへん採用しやすいものです。ただし、その効果は機器によって大きな差がありますので、選択する際に注意が必要です。

a. 大便器

大便器は、洗浄方式と洗浄水量の違いによって、表のように区分されます。この表は、JIS 規格と財団法人ベターリビングの優良住宅部品認定基準の基準値(BL 基準)を示したものです。

節水という観点からみれば、洗浄水量の少ないものが優れていると評価できます。

ただし、改修にあたっては、適正な配管勾配を確保し、トイレトーパーや汚物が円滑に搬送できるように設計することが大切です。

表1 大便器の種類と洗浄水量に関する規格

大便器の種類	洗浄水量[L]	
	JIS 規格	BL 基準
洗出し便器、洗落し便器	11	—
洗出し便器(節水型)、洗落し便器(節水型)	8	≤9.5
洗落し便器(超節水型)	—	大洗浄≤6.5 小洗浄≤5
サイホン便器、サイホンゼット便器	13	≤13
サイホン便器(節水型)	9	—
サイホンボルテックス便器	—	≤18

b. 給水・給湯水栓金具

2バルブ混合栓に比べ、サーモスタット式混合栓の方が温度設定を一定にでき、温度調節のための捨て水が少なくなる傾向があり、その結果、省エネルギー効果が高くなります。

自動水栓はセンサーにより手を感知し給水・止水を行うため、水の出し放しによる無駄が削減できます。また、水栓に手を触れる必要がないので、衛生面でも優れています。



サーモスタット式混合栓



2バルブ混合栓

図2 給水・給湯水栓金具

c. シャワーヘッド

最近では、図のように手元で止水が容易にできる止水機構付きシャワーヘッド(止水型)が市販され、節水効果の高いことが確認されています。



図3 止水機構付きシャワーヘッドの例

d. 洗濯機

洗濯機の節水機能としては、風呂の残り湯の使用と洗濯時の節水の2種類があります。

前者については、ほぼすべてのメーカーで対応しています。ただし、汚れの多い残り湯は使用しないように注意する必要があります。

洗濯時の節水技術には「高濃度洗剤循環方式」や「節水ビート洗浄」などがあり、メーカーによって様々な工夫がされています。

② その他の手法

雨水・排水再利用システム、雨水浸透枡等、下水道未整備地域における排水の高度処理技術、生ゴミの効率的処理技術に関して、各手法の内容を以下に示します。これらの手法は、定性的ですが効果のあることが確認されていますので、可能な限り採用するか、あるいは高性能のものに交換することでエネルギー消費および環境負荷を減少させることにつながります。

a. 雨水・排水再利用システム(手法2)

雨水・排水再利用のためには、雨水・再利用水の貯留のためのタンクが必要であり、また、水質の面から利用できる範囲が限られているため、その効果は敷地の条件によっても大きく左右されます。したがって、敷地条件に合った方式を選択することが重要です。

雨水・排水再利用システムには、雨水用の簡易タンクを設置して植栽への水やりを行う程度のものから、高度処理型合併処理浄化槽を設置し処理水をトイレ洗浄水に利用するものまで、いくつかのパターンがあります。

このシステムについては、雨水・排水のタンク内の衛生管理が大きな課題となってきます。大型のオフィスビル等では先進的なシステムを採用することができますが、住宅スケールでは、衛生面でのハードルが高くなりすぎない範囲で採用するのが適当です。

表2 雨水・排水利用システムの方式

用途	タイプ
植栽散水用	雨水貯留タンクの設置
植栽散水等+トイレ洗浄水	①雨水貯留タンク+揚水ポンプ ②雨水貯留タンク+揚水ポンプ+高度処理型合併処理浄化槽

b. 雨水浸透枡等の採用(手法3)

敷地に降った雨は、雨水浸透舗装や植栽土壌を通じて地中にしみ込ませることで、集中豪雨等による下水道の過負荷が軽減できます。また、屋根面に降った雨は、雨水浸透枡を通してしみ込ませることで、より高い効果が期待できます。

これらの手法のメリットとしては、雨水の地下への浸透量を増やすことで、街路樹や緑空間への灌水や植物の育成による地盤の流出の防止、都市の生態系の自然回復といった住環境の向上があげられます。また、地下水の確保、湧水の復活、地下水の塩水化の緩和、地盤沈下の防止等にも効果が期待でき、都市環境に潤いを与えることができます。

初期コストはかかりますが、自治体によっては補助金等を支給していますので、問い合わせの上、採用を検討することが望まれます。

表3 雨水浸透枡等の方式

用途	タイプ
雨水処理	・屋根面雨水を外部に排出 ・敷地内を非透水性の材料で被覆
	・屋根面雨水を雨水浸透枡で処理 ・敷地内を非透水性の材料で被覆
	・屋根面雨水を雨水浸透枡で処理 ・敷地内を植栽または透水性の材料で被覆

c. 排水の高度処理技術の採用(手法4)

下水道未整備地域においては、浄化槽が水域環境の保全という重要な役割を担っており、単独処理浄化槽の設置は禁止され、合併処理浄化槽の設置が義務づけられています。とくに水源地域や閉鎖系水域では、BOD(生物化学的酸素要求量)で表される有機系の汚濁負荷だけでなく、窒素(T-N)、リン(T-P)の除去が要求されるため、窒素、リンの高度な除去性能を有する高度処理型合併処理浄化槽の設置が求められています。

表4 排水の高度処理技術の方式

用途	タイプ
生活排水のBOD 処理	合併処理浄化槽 処理水のBOD、20mg/L 以下
生活排水のBOD 処理、窒素処理	高度処理型合併処理浄化槽 処理水のBOD、T-N20mg/L 以下
生活排水のBOD 処理、窒素 (必要に応じてリン)の高度処理	高度処理型合併処理浄化槽 処理水のBOD、T-N10mg/L 以下 付加装置等によりT-P1mg/L 以下

d. 生ゴミの効率的処理技術の採用(手法5)

家庭用生ゴミのリサイクル技術については、ライフスタイル、立地条件(とくに下水道整備状況)、発生堆肥の利用頻度が大きな採用の条件となります。それらを確認した上で、利便性や設備機器のイニシャル・ランニングコストを加味して採用を検討する必要があります。

表5 生ゴミの効率的処理技術の方式

用途	タイプ
生ゴミのリサイクル・減量化	コンポスト
	家庭用生ゴミ処理機
	ディスポーザ排水処理システム

※ディスポーザは自治体による認可・指導などがあるかどうか、確認が必要です。

国土技術政策総合研究所資料
TECHNICAL NOTE of N I L I M
No. 593 April 2010

建築研究資料
Building Research Data
No. 121 April 2010

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所
©独立行政法人建築研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは
〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地
国土技術政策総合研究所 企画部
研究評価・推進課 TEL.029-864-2675
〒305-0802 茨城県つくば市立原1番地
独立行政法人建築研究所 企画部
企画調査課 TEL.029-864-2151