

令和5年度 国土交通省補助事業

住宅の省エネルギー 設計と施工 2023

〈改正〉平成28年 省エネルギー基準対応

1~3地域版
(主に北海道)



令和5年度 国土交通省補助事業

住宅の省エネルギー

設計と施工

【1～3地域版（主に北海道）】

【改正】平成28年省エネルギー基準対応

一般社団法人 木を活かす建築推進協議会

目次

第1章

北海道の気候特性005

- 1. 基本的特徴006
- 2. 気象特性を踏まえた計画・設計010

第2章

北海道の住宅づくり011

- 1. 北海道の住宅のこれまで012
 - 1.1. 北海道の住宅の歩み012
 - 1.2. 北海道の住宅の現状015
- 2. 北海道の住宅づくりの基本条件021
 - 2.1. 住まいづくりに求められる視点021
 - 2.2. 省エネルギー化の推進023
- 3. 住まい方と維持管理029
 - 3.1. 北海道の気候・住宅を踏まえた住まい方029

第3章

省エネルギー化のための住宅設計033

- 1. 断熱設計の基本034
 - 1.1. 木造軸組構法の問題点034
 - 1.2. 断熱工法035
 - 1.3. 断熱材038
 - 1.4. 結露対策の基本042
- 2. 断熱設計の方法044
 - 2.1. 断熱設計のポイント044
 - 2.2. 断熱層048
 - 2.3. 防湿層050
 - 2.4. 気密層052
 - 2.5. 防風層056
 - 2.6. 通気層057
 - 2.7. 気流止め058
- 3. 開口部の断熱設計の方法059
 - 3.1. 窓に関する基礎知識059
 - 3.2. 窓の熱貫流率062
 - 3.3. 窓の日射遮蔽性能064
 - 3.4. ドアの構成065
 - 3.5. 開口部製品の選定066

本テキストに記載の断熱に関する施工方法、納まり等の解説及び図版、写真等は、断熱設計及び施工の基本的な考え方（理論）に基づいて代表的な例を示したものです。

第4章

適切な断熱施工の必要性069

1. 不適切な断熱施工により生じる問題070
 - 1.1. 正しい断熱施工070
 - 1.2. 不適切な断熱施工により生じる問題の例071
2. 外皮性能確保のための配慮事項072
 - 2.1. 断熱材等の施工に関する基準072
 - 2.2. 気密性能の確保074
 - 2.3. 防露性能の確保074

第5章

各部位の施工075

1. 各部の断熱気密施工076
 - 1.1. 床076
 - 1.2. 外壁079
 - 1.3. 天井・屋根082
 - 1.4. 間仕切壁085
2. 木造軸組構法（充填断熱工法）086
 - 2.1. 工程1：建前から中間階床根太の施工086
 - 2.2. 工程2：最下階床の断熱・防湿フィルムの施工 ...089
 - 2.3. 工程3：外壁の断熱・防湿フィルムの施工090
 - 2.4. 工程4：最上階天井の防湿フィルムの施工092
 - 2.5. 工程5：下屋部分の断熱・防湿フィルムの施工 ...093
3. 木造軸組構法の外張断熱工法と桁上断熱094
 - 3.1. 外壁094
 - 3.2. 各部の取合い096
 - 3.3. 桁上断熱工法098
4. 枠組壁工法099
 - 4.1. 最下階床と外壁の取合い部099
 - 4.2. 中間階床と外壁の取合い部100
 - 4.3. 外壁と内部壁枠組（間仕切壁）の取合い部 ...101
 - 4.4. 天井と内部壁枠組（間仕切壁）の取合い部 ...102
 - 4.5. 下屋部分102

目次

5. 細部の気密	103
5.1. 梁、柱が防湿・気密層を貫通する部分	103
5.2. 配管や配線が防湿・気密層を貫通する部分	...104
5.3. 床下及び小屋裏の点検口	105
5.4. ばら状断熱材用作業口の気密化	105
6. 開口部まわり	106
 第6章	
断熱施工チェックリスト	107
1. 断熱施工チェックリスト（充填断熱工法用）	108
2. 断熱施工チェックリスト（外張断熱工法用）	110
 第7章	
最近の高断熱工法の事例	113
1. 外壁・天井	114
2. 基礎	115
 第8章	
断熱改修計画・工法	117
1. リフォームの計画	118
1.1. ヒアリング	118
1.2. 事前調査	119
1.3. 断熱改修の方針の検討	120
2. 断熱改修の方法	121
2.1. サッシの改修	121
2.2. 気流止めの改修	122
2.3. 内側及び外側から改修する方法	128
2.4. 外側のみから改修する方法	132

※本文中の図版・写真等の出典・出所等は、図版等のタイトル近傍に付記していますが、付記していないものは巻末を参照ください。

第 1 章

北海道の気候特性

1. 基本的特徴

北海道は、一年のうち半分程で雪と寒さを意識した暮らしが必要となります。そのため家づくりには、寒さへの対応や気候風土に適応した生活を営むための居住空間の実現が求められます。しかし、北海道は広く、気候をひとくくりにすることができません。ここでは北海道の気候特性を見ていきたいと思います。

図 1.1.1 は北海道（札幌、旭川）と本州（仙台、長野、東京）の各都市の月別の日最低気温の平均値を比較しています。北海道は特に寒さへの対応が重要な地域であることや、夏期であっても最低気温は 20℃を下回ることが多いことがわかります。

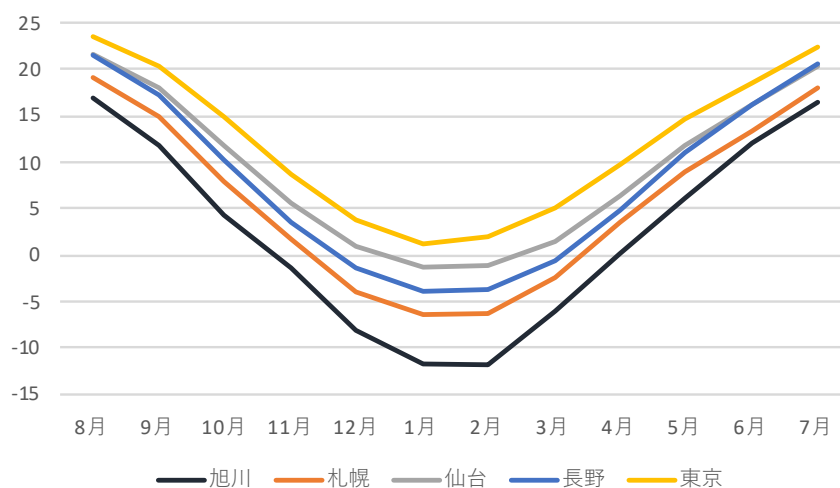


図 1.1.1 北海道と本州各都市の月別の日最低気温の平均値
気象庁のデータによる（2020 年版平均値）

図 1.1.2 は暖房度日の分布です。暖房度日 $18-18[^\circ\text{C}\cdot\text{日}]$ とは日平均気温が 18°C を下回る期間を暖房期間として 18°C まで暖房する場合の積算温度で、大きいほど冬の寒さが厳しいことを意味しています。

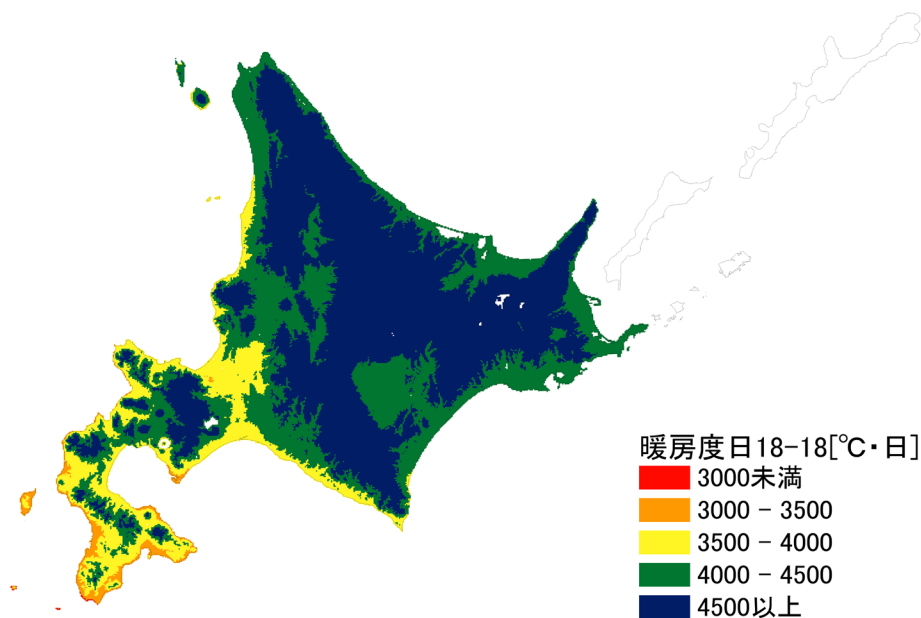


図 1.1.2 北海道の暖房度日の分布

出典：メッシュ平年値 2020 より作成（気象庁、令和 4 年公表）

図 1.1.3 は最深積雪の分布です。日本海側や山間部においては、最深積雪の値が大きく、屋根や配置計画において特段の配慮が求められます。

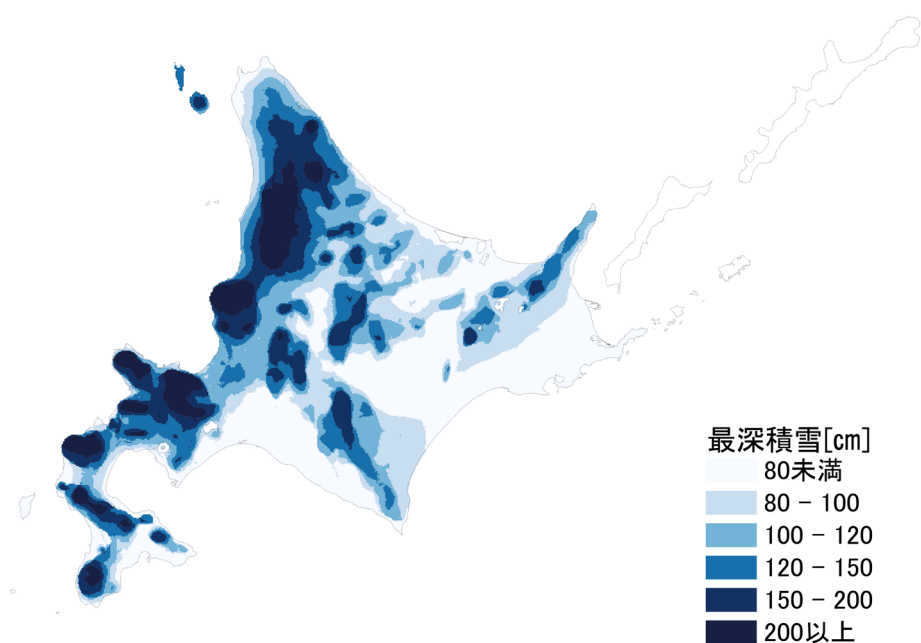


図 1.1.3 北海道の最深積雪の分布

出典：メッシュ平年値 2020 より作成（気象庁、令和 4 年公表）

図 1.1.4 は年間日射量^{*1}の分布です。北海道の日射量は、全国的には少ない方ですが、太平洋側の地域では比較的日射に恵まれています。

図 1.1.5 は暖房期日射量^{*2}の分布です。十勝、釧路、根室地域は暖房期における日射に恵まれています。日射の少ない地域でも日射の多い地域の 7 ～ 8 割の日射が得られることがわかります。室内に入る日射は夏の暑さの原因になる一方、冬期は暖房負荷の低減に寄与しますので、地域の日射特性を踏まえた設計が重要です。

* 1：年間の日積算水平面全天日射量を平均したもの。

* 2：暖房期間における日積算水平面全天日射量を平均したもの。

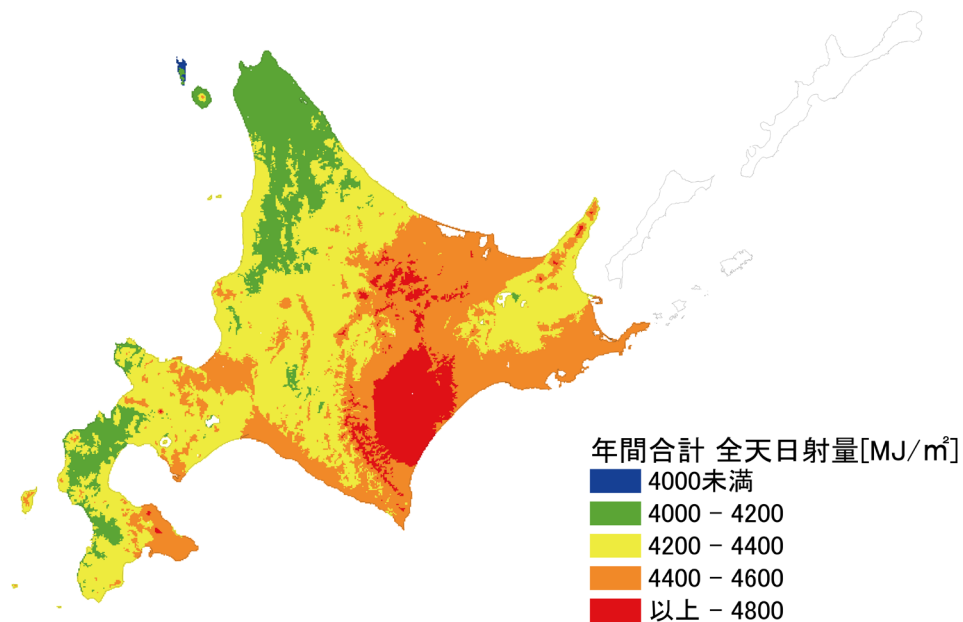


図 1.1.4 北海道の年間日射量の分布
出典：メッシュ平年値 2020 より作成（気象庁、令和 4 年公表）

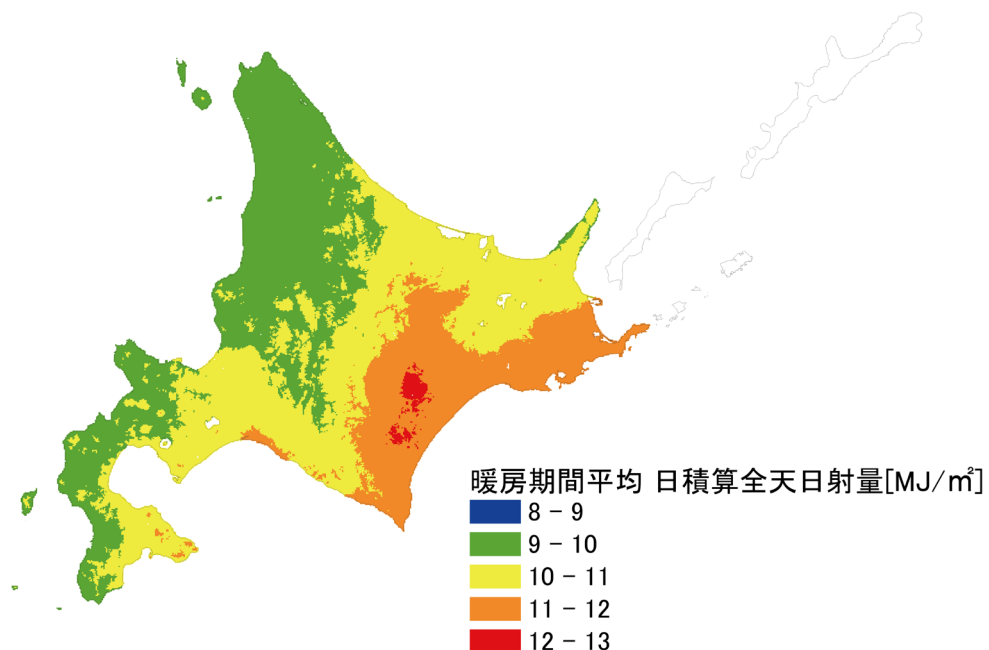


図 1.1.5 北海道の暖房期日射量の分布
出典：メッシュ平年値 2020 より作成（気象庁、令和 4 年公表）

省エネ基準の地域区分は市町村ごとに本庁舎における暖房度日 $18-18[^\circ\text{C}\cdot\text{日}]$ をもとに、 $4,500 (^\circ\text{C}\cdot\text{日})$ 以上が 1 地域、 $3,500 \sim 4,500 (^\circ\text{C}\cdot\text{日})$ が 2 地域、 $3,000 \sim 3,500 (^\circ\text{C}\cdot\text{日})$ が 3 地域とされています。

また省エネ基準では、年間日射量と暖房期日射量の地域区分も設けられています。年間日射量は一次エネルギー消費量基準における太陽光発電や太陽熱給湯の評価に、暖房期日射量は蓄熱が大きい住宅の日射取得による暖房負荷削減の評価に反映されます。

2. 気象特性を踏まえた計画・設計

地域の気象特性に応じた住まいの計画・設計において配慮が必要な項目を以下に記載します。

(1) 寒さへの対応

寒冷地の住宅で快適な暮らしを実現するためには、居住空間内から寒さをいかに取り除くか、また結露など寒さに起因する被害をいかに防ぐかが重要です。このテキストで詳しく解説する断熱、気密施工を確実に行うほか、単に断熱性能の基準値をクリアするのみでなく、熱橋などの断熱上の弱点をなくすことへの配慮も必要です。窓下など寒さの原因となる場所に放熱器を置くこと、換気の給気口を直接気流が体に当たらない場所に配置することなども重要です。

地面の上に積もった雪には保温効果があります。そのため、雪の下の地面は凍結が抑えられますが、雪の少ない地域や除雪を行う場合は、地盤の凍結深度が深くなります。特にポーチ部分や、設備の基礎は凍上による被害に注意が必要です。

冬の最低気温は、室外機を用いるヒートポンプ式の暖房・給湯設備の機器効率に影響します。地域の気象条件に対応した機器を選定することが必要です。

(2) 暑さへの対応

北海道は夏期であっても、夜間の気温が20℃以下に低下することが多いのが特徴です。そのため、夜間や朝方に積極的に通風を行って室内温度を下げ、昼間は日射の遮蔽により室温の上昇を防ぐのが暑さ対策の基本です。

(3) 雪への対応

特に雪の多い地域では建築での対応が重要です。

敷地内で雪処理を行うことを基本とし、屋根からの落雪空間と、日常の除雪の堆雪空間を確保します。玄関アプローチに車庫や外部収納を設けることも、除雪面積を少なくする点で有効です。ロードヒーティングや融雪槽は省エネルギーの点から極力設置を控えるようにしましょう。

(4) 日射への対応

窓から入射した日射は、室内で熱に変わります。住宅の断熱性能の向上により、日射の影響はより大きくなります。特に冬期に日射が豊富な地域では、日射を取り入れることで省エネルギーにもつながります。ただし、冬期は太陽高度が低くなるため、周囲の住宅や樹木によって日射がさえぎられることがありますので、敷地をよく確認することが必要です。

逆に夏期は防暑対策のため日射の遮蔽が必要です。南面の軒の出や庇は、太陽高度の季節による変化を利用することで、夏は日射を遮り、冬は日射を取り入れることができます。

第 2 章

北海道の住宅づくり

1. 北海道の住宅のこれまで

1.1. 北海道の住宅の歩み

(1) 凍上とすがもれ

北海道の住宅は第2次世界大戦後しばらくまで、本州以南の様式をそのまま移して建てたような家がほとんどでした。当時の住宅で起こっていた典型的な問題が凍上（写真 2.1.1、図 2.1.1）とすがもれ（写真 2.1.2、図 2.1.2）で、北海道の住宅の寿命を短くする原因となっていました。



写真 2.1.1 凍上による被害

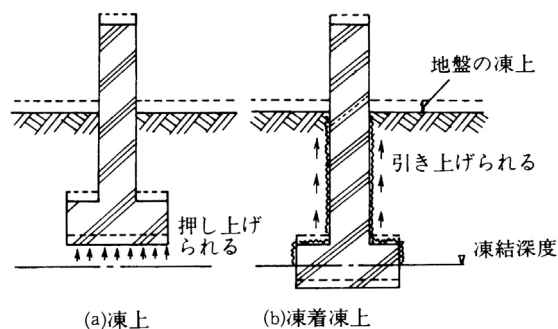


図 2.1.1 凍上の原因（主なもの）

【凍上の対策】

地盤の状況に応じて①～④の対策を組み合わせます。

- ①基礎周囲の土を、砂や砂利などの凍上・凍着しにくい材料に置換する。
- ②排水によって地下水位を下げる。
- ③基礎の根入れを凍結深度以下に下げる。
- ④基礎周囲に断熱層を設けて、地中温度の低下を防ぐ（スカート断熱）。



写真 2.1.2 すがもれによる被害

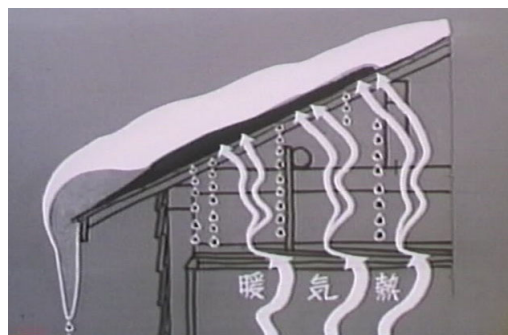


図 2.1.2 すがもれの原因

【すがもれの対策】

天井断熱の場合は以下の対策を行います。

- ①室内の暖気が小屋裏に流入しないよう天井に防湿層と断熱層を設ける。
- ②小屋裏に換気口を設け、外気を導入する。

(2) 断熱の普及

北海道の住宅建設で、断熱が強く意識されるようになったのは、1953年に制定された北海道防寒住宅建設等促進法（以下、「寒住法」という）がきっかけです。防寒性や防火性能の向上を目的に、写真 2.1.3 に示すようなコンクリートブロック造の住宅建設が推進されました。



写真 2.1.3 コンクリートブロック造の住宅

市販の断熱材が使用されるようになるのは、グラスウールや発泡ポリスチレンフォームが一般に流通し始める 1950 年代の末以降で、1960 年代前半まではオガクズ、モミガラ、タンガラも断熱材として使用されていました。ただし、依然として断熱材を使用しない住宅もかなりありました。

1969 年 7 月の寒住法改正では、住宅金融公庫の融資対象を木造住宅にも拡大するとともに、融資要件として各部位の熱貫流率が示されました。また、1973 年にはオイルショックもあり、北海道の木造住宅では断熱化が急速に進みました。

(3) 結露と壁内気流による問題への対応

一方、温暖地の伝統的な住宅との違いを意識しないまま、断熱化や気密化が進んだことから、構造体の寿命に影響を及ぼすほどの結露被害（写真 2.1.4）や、壁内気流の発生により想定した断熱性能が発揮されないなどの問題（図 2.1.3）が顕在化しました。



写真 2.1.4 結露被害

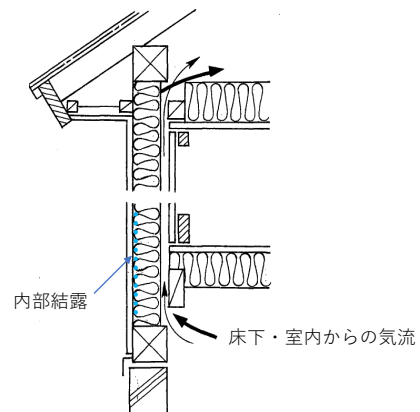


図 2.1.3 気密層の欠損が引き起こす問題

これらの課題に対して、1970 年代後半以降、道内の研究者や住宅関係事業者による実証的な研究が行われ、1980 年代半ばには、防湿施工、気密施工、通気層の設置、気流止めの設置など、現在では全国的にも行われるようになった一連の結露、壁内気流対策の重要性が示されました。

(4) 設備の変遷

北海道の住宅の暖房設備としては、長くストーブが主役を担っていました。ストーブの熱源は1960年代前半まで大部分が石炭・薪炭でしたが、1960年代後半以降、燃焼機器の発達とともに取り扱いの容易な灯油への移行が急速に進みました。

1970年代になると、集中暖房（セントラルヒーティング）が導入され始めましたが、当初は不完全な断熱気密施工のため暖房費の増加を招いたことで一時普及が停滞し、本格的には1990年代以降に一般化します。1990年に創設された北方型住宅の認定基準（認定制度は2004年度で廃止、基準は2005年度から新基準へ移行）では「住宅の暖房方式は、集中暖房など住宅内の室温が適正に確保できるものであること」と、集中暖房の採用が原則とされました。その理由として、部分暖房では非暖房室の結露防止が難しいことや、開口部からの冷気流の防止、ストーブでは室温が上昇し過ぎることが挙げられていました。

また、1990年代以降、全電化住宅の普及が進み、2008年をピークとする灯油価格の高騰により、新築住宅における石油熱源機器の採用は激減しました。2010年代に入ると電気料金の値上げもあり、ガスを熱源とする暖房・給湯設備の採用が増えています。さらに、住宅の高断熱化や寒冷地向け機器の開発により、エアコンによる暖房も一般化しています。このように、近年は熱源、空調・給湯方式の多様化が進んでいます。

1.2. 北海道の住宅の現状

(1) 省エネルギー基準適合率

道総研建築研究本部が道内住宅事業者へ行った、2021年に建設された木造新築戸建住宅の調査では、平成28年省エネルギー基準の外皮平均熱貫流率 U_A （等級4）の適合率はほぼ100%となっています（図2.1.4）。住宅建設事業者の年間建設棟数別にみると9棟以下と50棟以上の事業者の累積頻度が高めになっています。一次エネルギー消費量についてもBEIでみると100%に達しています（図2.1.5）。

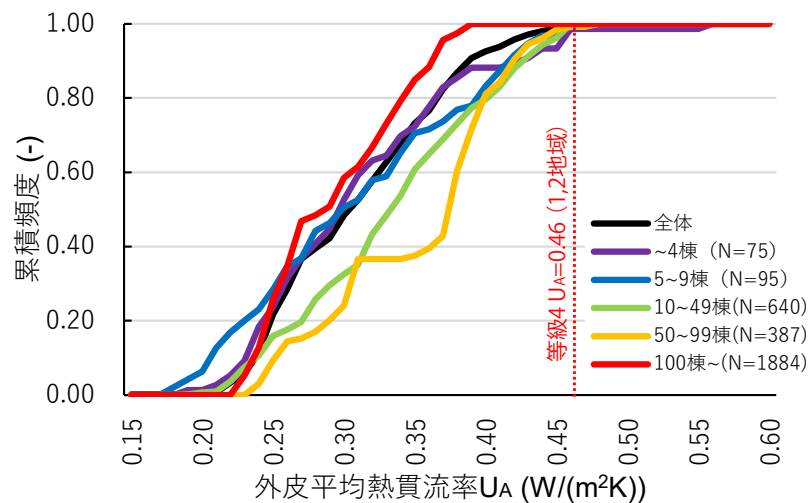


図 2.1.4 北海道内の住宅事業者が建設した木造新築戸建住宅の U_A の累積頻度
(図中の棟数は住宅事業者の年間建設棟数)

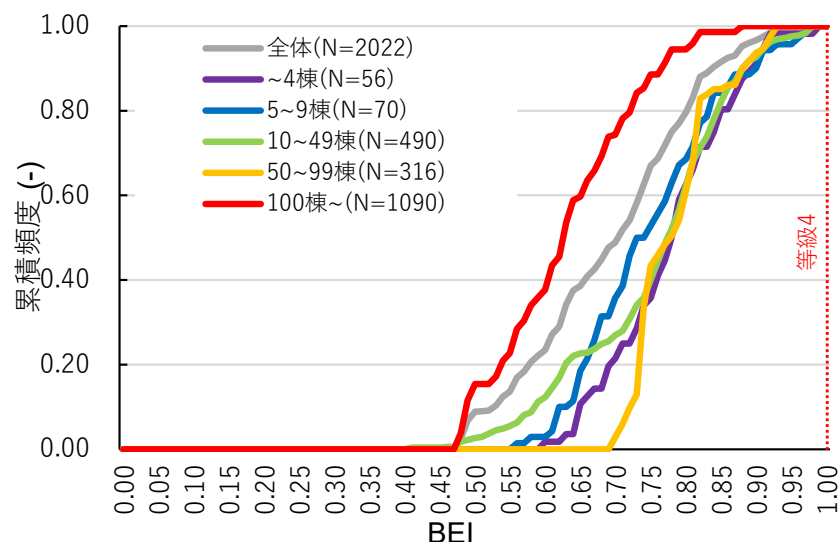


図 2.1.5 北海道内の住宅事業者が建設した木造新築戸建住宅のBEIの累積頻度
(図中の棟数は住宅事業者の年間建設棟数)

(2) 北海道の木造住宅の特徴

外壁の断熱工法の種類を図 2.1.6 に示します。充填断熱に付加断熱を行った住宅が 66%、充填断熱のみは 30% となっています。2018 年の調査と比較すると充填断熱に付加断熱を行った住宅が 2 割程度増加しています。充填断熱を行わず外張断熱のみは 4% でした。充填断熱の断熱材種類を図 2.1.7 に示します。繊維系断熱材が最も多く 65% を占めていますが、2018 年の調査時から 7% ほど少なくなっています。図 2.1.8 に付加断熱の断熱材種類を示します。発泡プラスチック系断熱材が 86% を占めています。

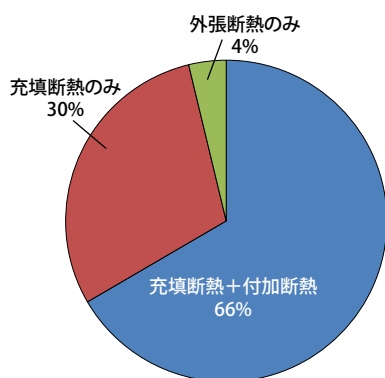


図 2.1.6 断熱工法の割合

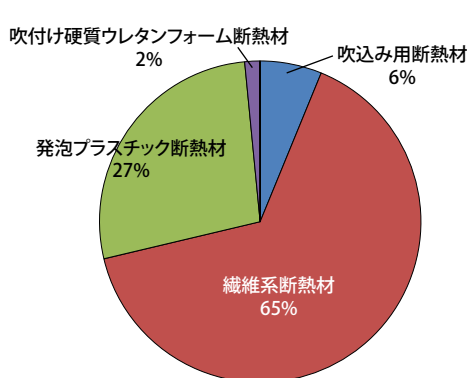


図 2.1.7 充填断熱の断熱材種類

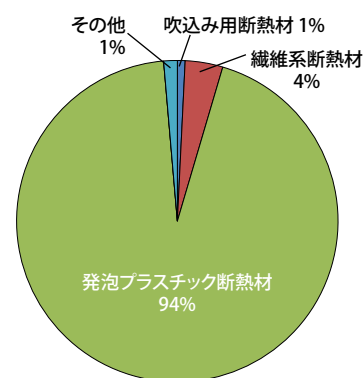


図 2.1.8 付加断熱の断熱材種類

天井・屋根の断熱工法は「天井断熱」が 70%、「屋根断熱」が 30% です（図 2.1.9）。「天井断熱」で使用されている断熱材は 98% が吹込み断熱材です。

図 2.1.10 に床・基礎の断熱工法の種類を示します。床断熱工法は 66% で 2018 年の調査から 5% 程度増加しました。基礎断熱工法は 34% で、そのうち両面断熱が 8.6% となっています。

図 2.1.11 に窓のガラス種類を示します。トリプルガラスが 75% で高い割合になっています。これは、本調査に年間建設棟数 100 棟以上のハウスメーカーが含まれているため割合を押し上げたと考えられます。

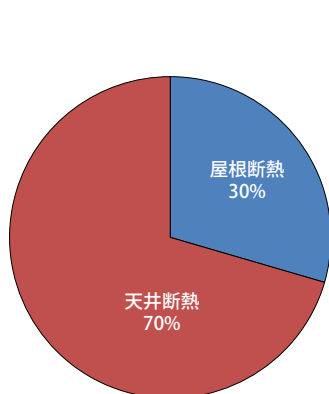


図 2.1.9 天井・屋根の断熱工法の種類

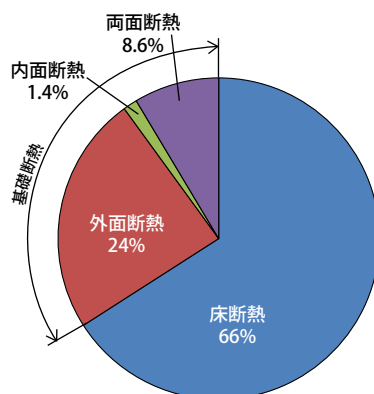


図 2.1.10 床・基礎の断熱工法

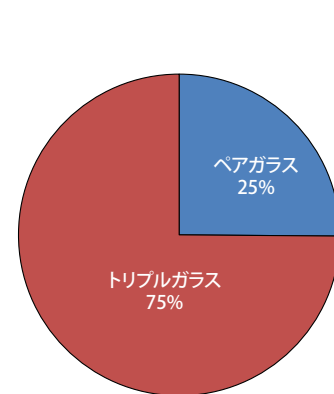


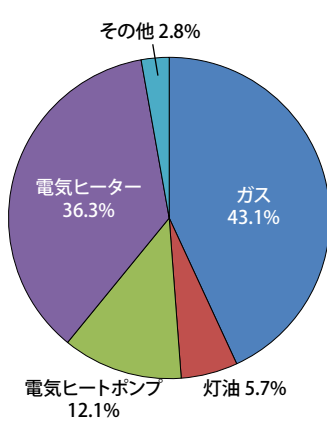
図 2.1.11 窓のガラスの種類

(3) 北海道の住宅の設備機器

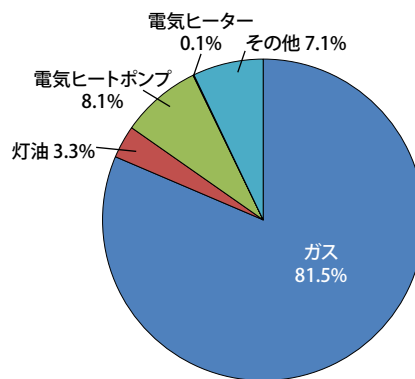
住宅のエネルギー消費量を削減するためには、外皮性能とともに、設備機器の効率の向上が重要です。

図 2.1.12 に道内の新築戸建住宅の暖房熱源の種類として、(a) に 2012 年調査、(b) に 2018 年調査、(c) に 2021 年調査の結果を示します。また、図 2.1.13 に給湯熱源の種類を示します。

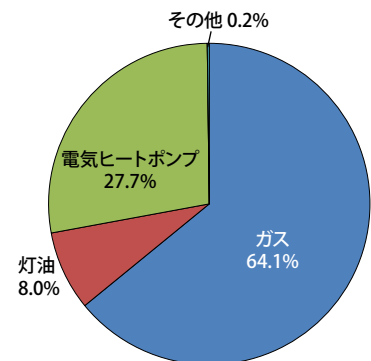
北海道の暖房及び給湯熱源は、2000 年頃までは灯油の割合が高く、その後は全電化住宅の普及により電気ヒーター（電気温水器や蓄熱式電気暖房機等）の割合が高まってきました。しかし、2011 年の東日本大震災を契機に電気ヒーターの割合が急速に減少し始めました。このため、2012 年調査で暖房、給湯ともに電気ヒーターが 30% を超える採用率でしたが、2018 年調査では、暖房、給湯ともにガスが大半を占め、電気ヒーターはほとんど見られなくなりました。その後、2021 年調査ではエアコンの普及などにより電気ヒートポンプ製品の割合が 30% 程度まで増加しています。



(a) 2012 年調査

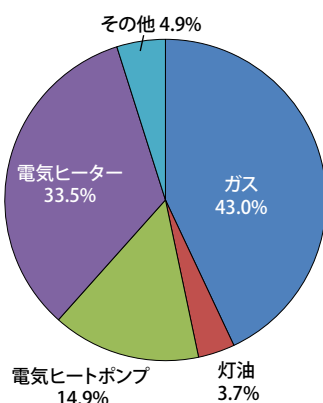


(b) 2018 年調査

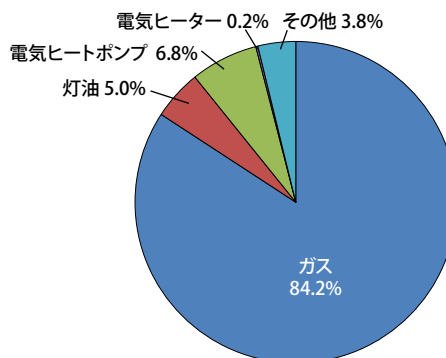


(c) 2021 年調査

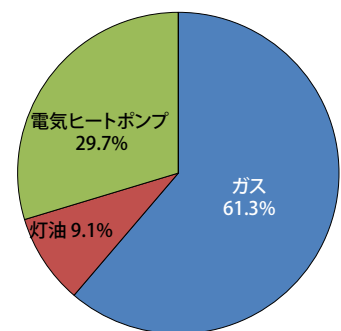
図 2.1.12 道内の新築戸建住宅の暖房熱源の種類



(a) 2012 年調査



(b) 2018 年調査



(c) 2021 年調査

図 2.1.13 道内の新築戸建住宅の給湯熱源の種類

図 2.1.14 に換気方式の種類を示します。ダクト式の第一種熱交換換気装置が最も多く 58%、次いで第三種ダクト式換気装置が 35% となっています。2012 年の調査では、前者は 21%、後者は 47% でしたので、省エネ性能の高いダクト式の第一種熱交換換気装置の普及が進んだと言えます。

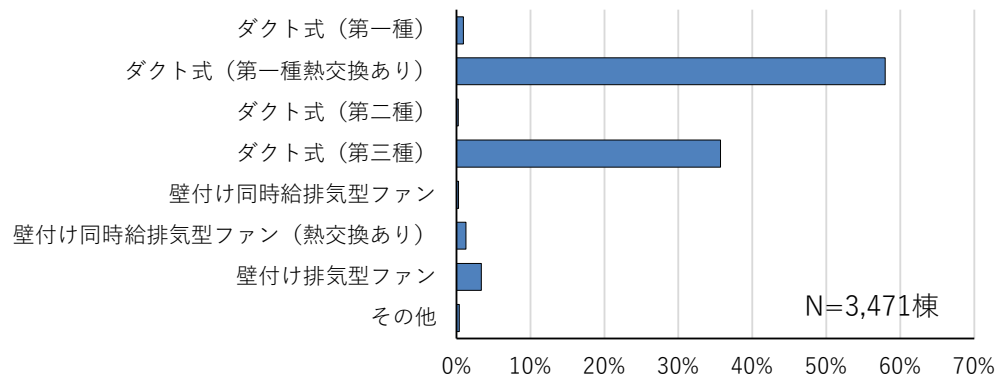


図 2.1.14 道内の新築戸建住宅の換気方式

出典：

図 2.1.4 ～図 2.1.11、図 2.1.12 (c)、図 2.1.13 (c)、図 2.1.14：

2021 年の新築戸建住宅を対象にした全道住宅事業者へのアンケート調査結果（道総研建築研究本部，2022 年）

図 2.1.12 (a)、図 2.1.13 (a)：同 2012 年調査

図 2.1.12 (b)、図 2.1.13 (b)：同 2018 年調査

(4) 住宅のエネルギー消費

1) 国内のエネルギー消費の動向

我が国では、1973年のオイルショックをきっかけに省エネルギーが進められました。エネルギー消費の部門別の動向を見ると、1973年度から2021年度までの伸びは、企業・事業所他部門が0.9倍(産業部門0.8倍、業務他部門2.0倍)、家庭部門が1.8倍、運輸部門が1.5倍となっています。

- ・運輸部門：自動車、鉄道、海運、航空など
- ・家庭部門：自家用自動車等の運輸関係を除く家庭での消費
- ・業務他部門：事務所ビルや商業施設、サービス業など
- ・産業部門：製造業、農林水産業、鉱業、建設業など

【第211-1-1】最終エネルギー消費と実質GDPの推移

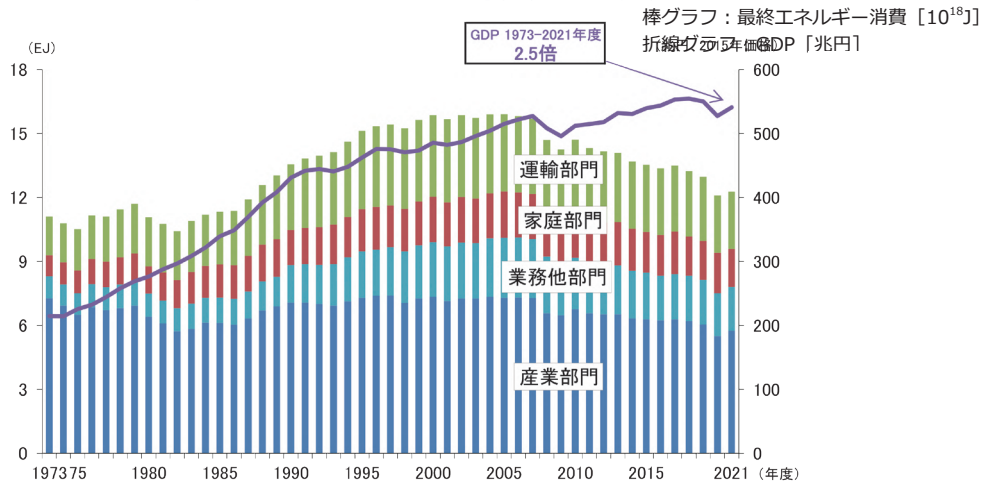


図 2.1.15 最終エネルギー消費と実質 GDP の推移
出典：資源エネルギー庁 「エネルギー白書 2023」

2) 世帯当たりの用途別エネルギー消費

家庭用エネルギー消費を用途別にみると、シェアが大きいのは、①暖房、②照明・家電ほか、③給湯です。特に北海道は全国平均と比べて暖房用エネルギー消費が多い状況にあります（図 2.1.16）。

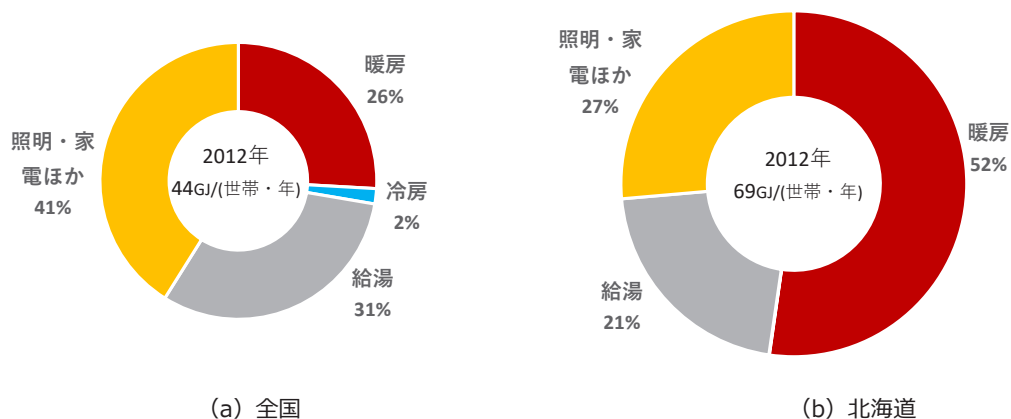


図 2.1.16 家庭のエネルギー消費量
出典：住環境計画研究所「2014 家庭用エネルギーハンドブック」

また、北海道の1世帯当たりのエネルギー消費量を戸建て住宅と集合住宅で比べると、戸建て住宅のほうが大きく、使用している熱源の傾向にも違いが見られます（図 2.1.17）。

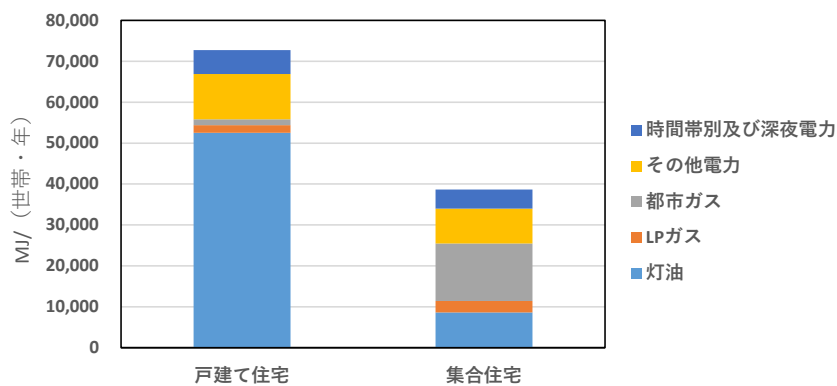


図 2.1.17 北海道の戸建て住宅と集合住宅のエネルギー消費量
出典：北海道消費者協会「平成 30 年度北海道家庭用エネルギー消費実態調査報告書」

図 2.1.18 は家庭部門のエネルギー消費の推移です。近年は横ばいの傾向となっています。

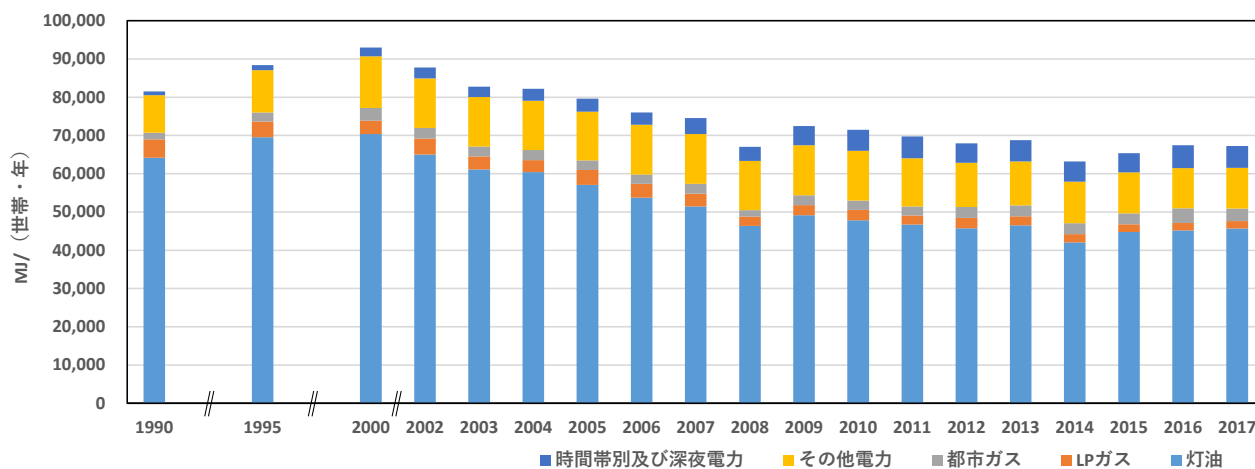


図 2.1.18 北海道の住宅のエネルギー消費の推移
出典：北海道消費者協会「平成 30 年度北海道家庭用エネルギー消費実態調査報告書」

図 2.1.16 ～図 2.1.18 は一次エネルギー換算を行っていないエネルギー消費量（最終エネルギー消費量）であること、既存住宅を含むデータであるため近年の新築住宅のエネルギー消費傾向とは異なることに注意してください。

2. 北海道の住宅づくりの基本条件

2.1. 住まいづくりに求められる視点

わが国は温暖化問題や大震災を契機としたエネルギー問題に直面しており、低炭素型の社会をつくることが大きな課題となっています。

早急に取り組まねばならない民生部門のエネルギー対策のために、小規模住宅・建築物の省エネルギー性能に係る説明義務制度が2021年4月に施行され、住宅の設計・施工技術者も省エネルギー化のための適正な技術習得が求められています。

また、省エネルギー性能を基準に適合させるだけでなく、住宅建設そのものに要する資源の削減や環境負荷の低減を図ることも重要です。さらには、居住環境の快適性や建物の耐久性、地域の気候風土にしっかりと根差したその地域ならではの魅力的な住宅づくりも大切な視点です。

(1) 省エネルギー

図2.1.18で示すように、これまでの省エネルギーの取組みにもかかわらず、北海道の住宅の消費エネルギーはあまり減っていません。暖房空間・暖房時間の拡大や、利便性・快適性への要求の高まりから給湯や家電製品のエネルギー消費が増加していることが影響していると考えられます。

更なるエネルギー消費の削減には、省エネルギー基準を満たすべき最低水準と認識し、躯体の断熱強化、日射取得熱を考慮した開口部の計画、高効率な設備の採用をできる限り進めることが必要です。また、建築物の敷地周囲の状況をよく理解して通風や日射遮蔽、雪処理の計画を行い、冷房や融雪エネルギーの削減に配慮することも重要です。

(2) 快適性との両立

断熱は快適な室内づくりにも大きな役割を果たします。断熱性能の向上によって、足元のぞくぞくする寒さや結露・かびの被害は過去のものとなり、冬でも温度差の少ない穏やかな室内環境を実現できます。夏は屋根や壁面からの熱の流入を減少させ、室内表面温度の上昇を抑えます。

快適な環境の実現のためには、必ずしも一定環境を維持する必要はなく、穏やかな変動を許容しながら、居住者自らが設備の運転、通風・日射のコントロールを行えるよう、わかりやすい建築・設備のあり方も求められます。

(3) 耐久性の向上

近年の新築住宅では少なくとも結露のような障害によって修繕、建替えを余儀なくされることは、かなり少なくなりました。しかし、躯体、設備とも経年劣化は避けられず、維持保全をしやすいか、十分な長期性能を確保する対応が必要です。換気設備は日常のメンテナンスによって性能が大きく変わる代表例です。シーリング材に頼った外装・屋根防水、数年で補修が求められる外部仕上げにも改善の余地があります。

(4) 気候風土・地域への対応

第1章「北海道の気候特性」で示すように、北海道内においても、気温や日射量、積雪量に大きな違いがあるため、それぞれの地域条件に応じた住まいの計画・設計が必要です。

単に運用エネルギーの低減ばかりでなく、生産、運用、解体に要する環境負荷の低減を図ることも重要です。そのためにはその地域にある資源をできるだけ用いて、その地域で住宅をつくり、エネルギーの地産地消にも配慮することが望ましいと言えます。また、解体後に再資源化しやすいよう建設時に配慮することも必要です。

雪や寒さなどの厳しい気候への対処は、無落雪屋根、総二階建て住宅に代表される北海道独特の住宅デザインをつくり出しました。しかし、日射遮蔽のためのひさしを失ったことやそれら住宅が良好な景観デザインと言えるのかなど、住宅デザインとしてはいまだ多くの課題を抱えています。北海道の恵まれた気候風土の中で、地域にふさわしい魅力的な住宅づくり、技術的にも矛盾のない住宅デザインは、住宅技術者として今後も真摯に取り組んでいかなければならない課題です。

住まいづくりの4つの視点

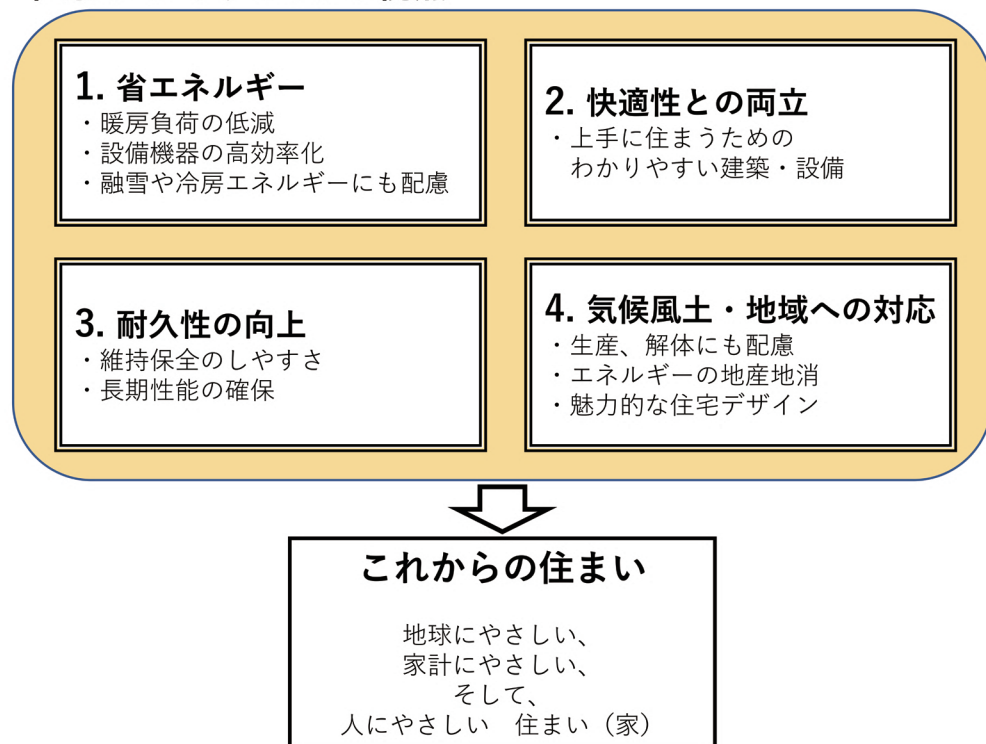


図 2.2.1 住まいづくりの視点

2.2. 省エネルギー化の推進

(1) 省エネルギー効果

1) 暖房負荷の低減

断熱化された住宅は、暖冷房にかかるエネルギーを大幅に削減できます。図 2.2.2 はある計算例ですが、冬の暖房に必要なエネルギーを半減できる計算になります。より少ないエネルギーで快適な温熱環境を得られる高断熱住宅は、省エネルギーで、家計の負担軽減にもつながります。

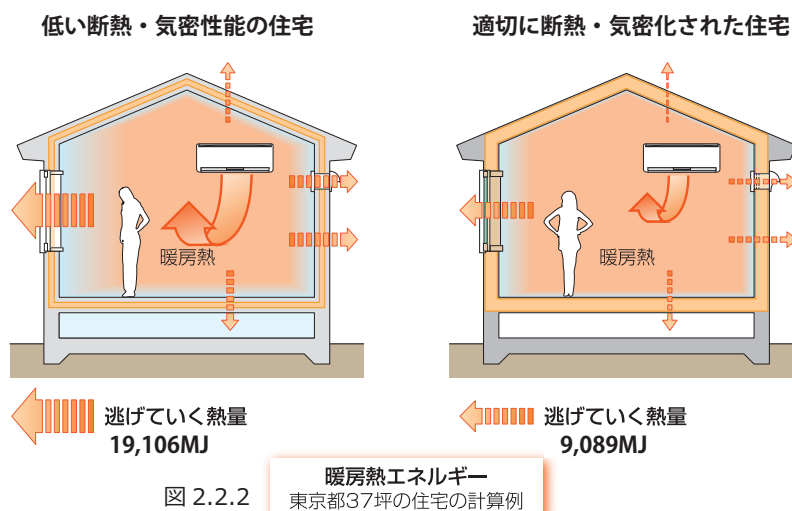


図 2.2.2

低い断熱・気密性能の住宅：昭和 55 年省エネ基準相当以下

適切に断熱・気密化された住宅：平成 28 年省エネ基準相当

省エネ性、快適性ととともに、経済性も大切な要素です。長いスパンのランニングコストも視野に入れましょう。

この計算例では、逃げていく熱量が半分以下になり、暖冷房費が低減できます。

2) 日射遮蔽部材による冷房負荷の低減

開口部に日射遮蔽部材（レースカーテン、ブラインド等）を取り付けることにより、夏期の日射熱取得をおさえ、冷房負荷を低減することができます。図 2.2.3 は、6 地域の省エネ基準（平成 28 年基準相当）の住宅において、全館連続冷房（27℃・60%）をした場合の比較です（レースカーテンなしを 100 としています）。なお、レースカーテン等建築的に取り付けられていない付属部材は、省エネ基準では評価の対象になりませんので、ご注意ください。

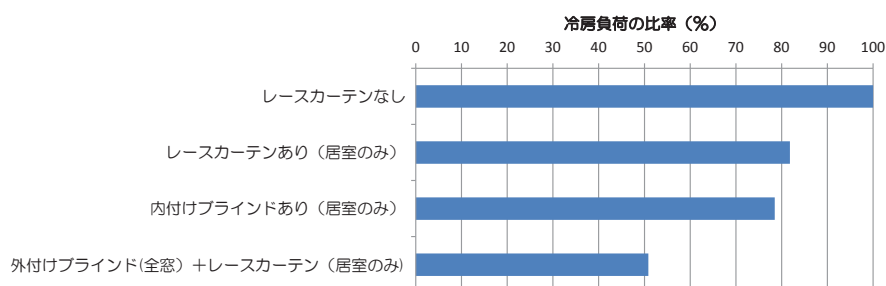


図 2.2.3 日射遮蔽部材による冷房負荷

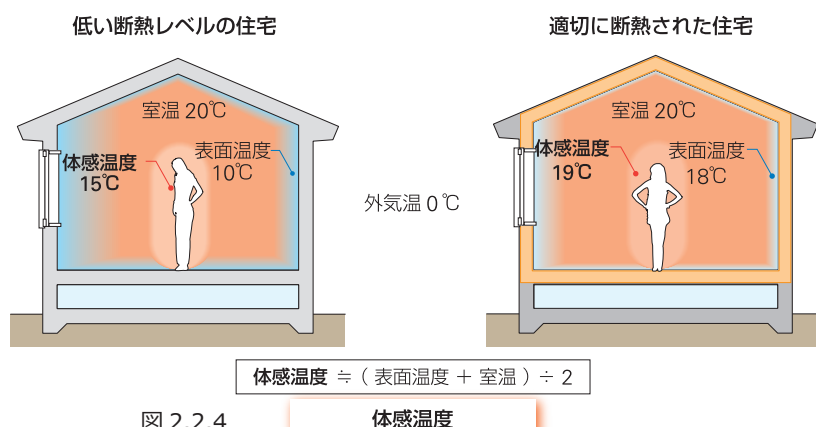
日射遮蔽をガラスのみに頼ると、地域によっては冬期に熱取得が減ってしまうことになります。付属部材を利用し、開け閉めなどによって調整することが肝要です。

(2) 省エネルギー以外の効果

1) 体感温度の改善

私たちが室内で感じている暑いや寒いといった感覚は、室温だけでは決まりません。壁や床の表面温度の影響も大きく受けており、これを「体感温度」といいます。住宅を断熱化すると、冬期に壁などの表面温度が下がらないため、暖房して同じ室温にしているにもかかわらず、断熱化住宅の方が断熱をしていない住宅よりも体感温度が高くなります。

体感温度は、表面温度と室温の和のほぼ 1/2 といわれています。同じ室温 20℃でも、表面温度に差がでるため、体感温度が異なります。体感温度が低いとさらに室温を上げようとするために暖房エネルギー消費が増えます。



低い断熱レベルの住宅: 昭和 55 年省エネルギー基準相当以下

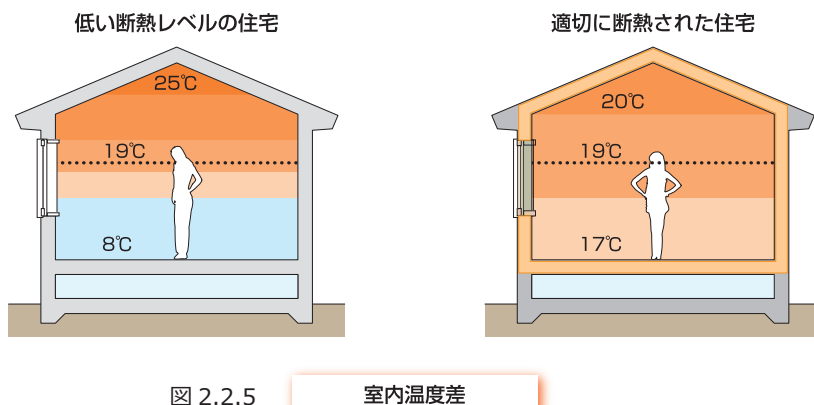
適切に断熱された住宅: 平成 28 年省エネルギー基準相当

高断熱の住宅は、床や外壁、開口部周辺の表面温度が高まり、また、足元付近の温度も上昇させますので体感温度を更に改善します。

2) 室内の上下温度差の低減

断熱性能が不十分な住宅では、上下の温度差がでやすくなります。冬の暖房時、天井付近が温かく、足元が冷えるという場合、それは不十分な断熱性能により室内の上下で大きな温度差があるため、このような場合は、いくら暖房を行っても快適にはならず、エネルギーの効率的利用とはいえません。これに対し、室内の上下の温度差が小さい場合は、少ない暖房エネルギーで快適さを得ることができます。

十分な断熱性能をした住宅が室内の天井付近と床付近の温度差が 3℃以内であるのに対し、断熱が不十分な住宅は、10℃以上におよぶ場合があります。



低い断熱レベルの住宅: 昭和 55 年省エネルギー基準相当以下

適切に断熱された住宅: 平成 28 年省エネルギー基準相当

3) 部屋間の温度ムラの改善

断熱性能が高い住宅は、暖房していない部屋の温度も高くする効果（自然室温の向上）があるので、部屋間の温度差も小さくなります。断熱性能が低いと、居間などの南側の部屋と、日当たりが悪く暖房設備のない北側のトイレ・浴室などの部屋間で大きな温度差ができ、ヒートショックの原因にもなります。

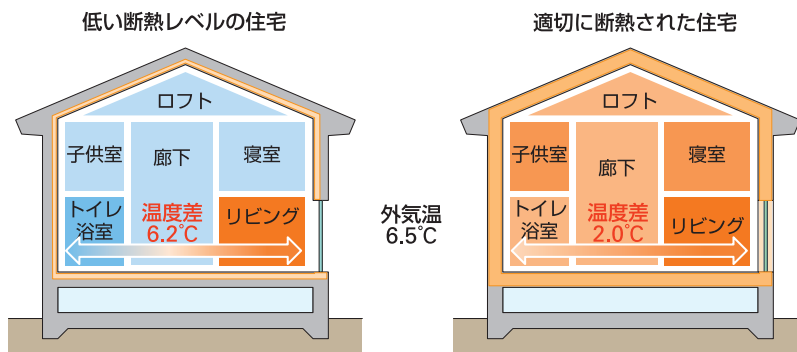


図 2.2.6

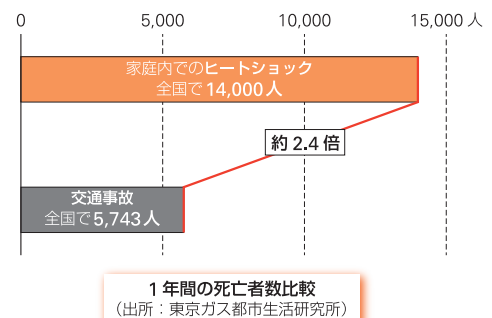
部屋間温度差

低い断熱レベルの住宅：
昭和 55 年省エネ基準
相当以下

適切に断熱された住宅
：令和 4 年誘導基準相
当の断熱水準

住宅全体をみても、断熱が低い場合は、部屋間で温度差が顕著に現れます。

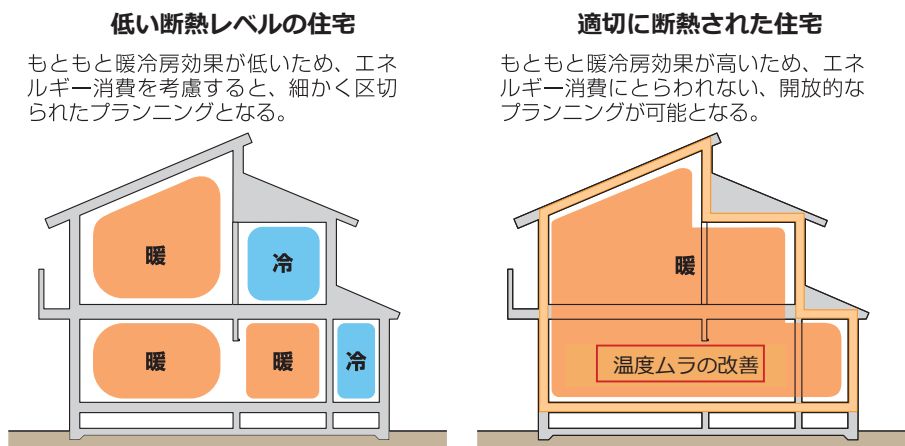
ヒートショックとは、室温の急激な温度変化によって、血圧が急激に上昇・下降したり、脈拍が早くなったりするなど体に及ぼす影響のことで、これにより心筋梗塞や脳血管障害などが発生することがあります。東京ガス都市生活研究所によると、1 年間にヒートショックが原因でなくなる人は推定 14,000 人で、交通事故の死者よりも多いといわれています。



1 年間の死亡者数比較
(出所：東京ガス都市生活研究所)

図 2.2.7 1 年間の死亡者数の比較

また、低い断熱レベルの住宅は、住宅全体を暖冷房するとロスが大きくなるため、部屋を細かく区切り、必要な部屋だけを暖冷房する方法が一般的です。住宅全体を断熱化すると、部屋間の温度ムラの改善が図れ、内部空間を開放的なプランにすることができ、設計の自由度も高まります。



低い断熱レベルの住宅

もともと暖冷房効果が低いため、エネルギー消費を考慮すると、細かく区切られたプランニングとなる。

適切に断熱された住宅

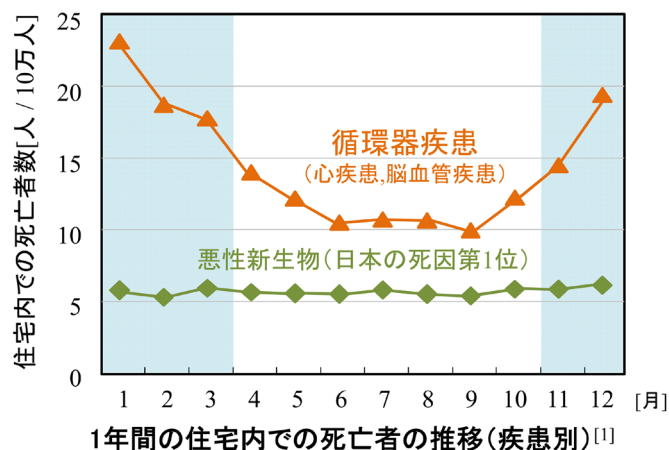
もともと暖冷房効果が高いため、エネルギー消費にとらわれない、開放的なプランニングが可能となる。

住宅をつくる時、性能だけを求める住まい手はいません。空間やそこで繰り広げられる生活が大切です。我慢しない自由な設計を実現するためにも、断熱・気密化は大切です。大きな吹抜けを設けることも可能になります。

図 2.2.8 温度ムラを意識しない自由な設計

4) 住宅内での循環器疾患の予防

下のグラフは、住宅内での月別死亡者数を示しています。悪性新生物（がんなどの悪性腫瘍のこと）は年間を通して一定なのに対して、循環器疾患は死亡者数も多く、特に冬に大きく増加しています。冬季の住宅内の寒さや温度差を改善することにより、循環器疾患予防の可能性あります。



[1] 羽山広文 他,「住環境が死亡原因に与える影響 その1気象条件・死亡場所と死亡率の関係」, 第68回日本公衆衛生学会総会, 2009
慶應義塾大学 伊香賀教授資料より

図 2.2.9 1年間の住宅内での死亡者の推移(疾患別)

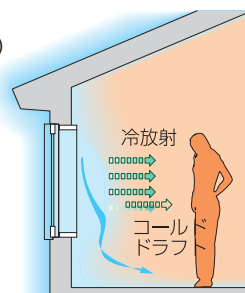
出典：国土交通省資料「建築物省エネ法の概要 平成 28 年 2 月時点版」

5) コールドドラフトと冷放射の低減

窓の断熱性が低いと、窓近辺ではコールドドラフトという現象が起こります。これは、窓のガラスの表面で冷やされた空気が下降し、冷気が床に沿って移動する現象です。

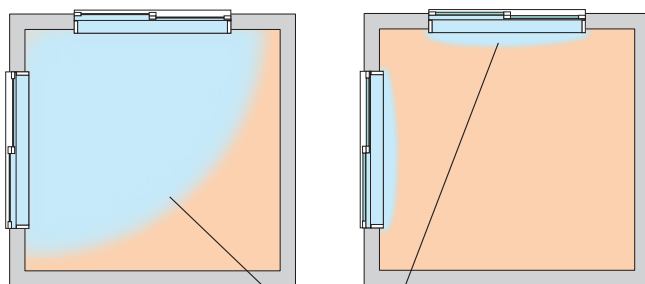
単板ガラスの場合、室内の7割近くのスペースが低温になるのに対し、Low-E（低放射）複層ガラス等の高性能ガラスを使用した場合は、その影響を大幅に改善することができます。

●窓付近が低温になる理由
(コールドドラフトと冷放射)



コールドドラフトは、暖房負荷を増すだけでなく、日常生活の不快感にもつながります。窓の断熱化も、大切です。

●単板ガラスと高性能ガラスの比較



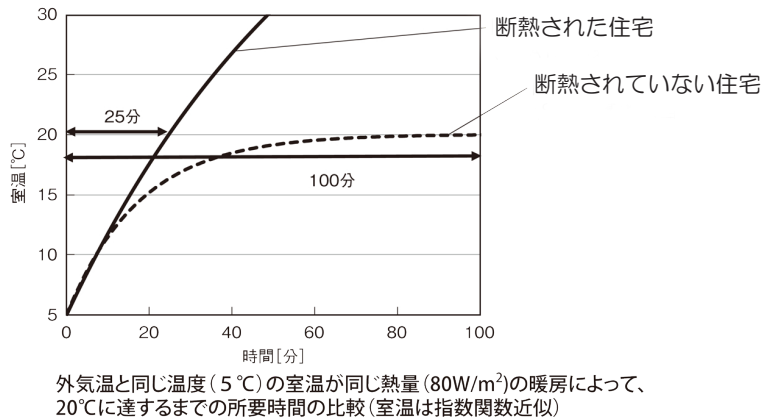
冷放射により低温(不快)に感じるゾーン

図 2.2.10 コールドドラフト

6) 暖まるまでの所要時間の短縮

断熱性能が十分な住宅は、部屋が「暖まりやすく」「冷えにくく」なります。冬に室温 20℃を確保するまでの所要時間が、断熱された住宅では、25 分かかるのに対し、断熱されていない住宅では、その4 倍の 100 分かかるというデータもあります。

●外気温（5℃）と同じ室温が 20℃になるまでの所要時間



これも、快適性と経済性に繋がります。

図 2.2.11 暖まるまでの所要時間
出典：HEAT20「設計ガイドブック」

7) 結露防止

断熱・気密・換気が不十分な住宅には、結露が発生することがよくあります。温かい水蒸気を多く含んだ空気が急に冷やされた場合、空気中に含めなくなった水分は、近くにある温度が低い物の表面に水滴として付着します。これが結露です。特に、北側の非暖房室内で、暖房室からの暖かい空気が冷やされて、結露が発生することがあります。

結露が発生すると、じめじめして不快であるだけでなく、カビやダニの発生源となり、空気質を悪化させ不衛生な環境をつくり出します。また、構造体が腐朽し劣化の原因にもなり、住宅の寿命を縮めることにもなります。

断熱等の性能は、人体、健康面に大きく影響するだけでなく、建物の耐久性にも大きく関係します。

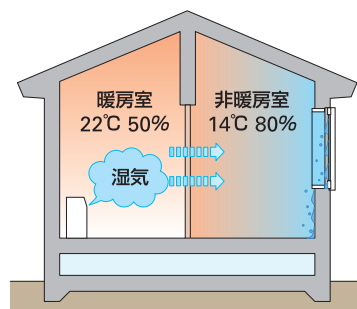


図 2.2.12 結露の発生

8) インフラが途絶えたときの温度低下の低減

災害や事故等で冬期にエネルギーインフラが途絶えると、暖房設備が使えません。断熱化してあれば、温度低下をある程度防げます。下のグラフは、厳寒期に暖房を停止した時の室温の温度変化を示しています。外気温が12時間で10℃低下しているのに対し、居間では5℃、トイレでは4℃低下しており、暖房停止後の室温の低下が外気に比べて緩やかなのがわかります。

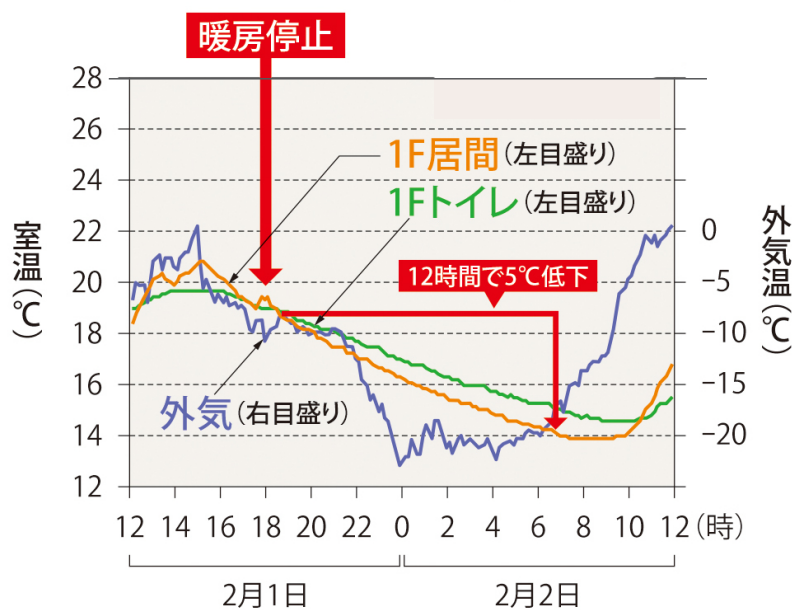


図 2.2.13 厳寒期の平成 11 年基準対応住宅の実測結果
出典：道総研建築研究本部 測定結果

3. 住まい方と維持管理

3.1. 北海道の気候・住宅を踏まえた住まい方

より快適で、
より健康で、
より地球にやさしい、
暮らしのために。

省エネ住宅は、従来の住宅に比べ、極めて優れた性能を持ち、その性能を活かし、適切に住まえば、より快適で、健康で、地球にやさしい暮らしを実現することができます。しかし、誤った住まい方をすると、危険な状況を引き起こす場合も考えられます。ぜひ、以下を参考にして、優れた性能を充分に活かした、快適な生活を実現させてください。

(1) 北海道の住宅の温熱環境の特徴

1) 冬期

1990年代に全国各地の新築住宅を対象として行われた調査では、北海道の住宅は冬期の日平均室温がほかの地域に比べて高く住戸間のばらつきが少ないことなど、本州以南の住宅と明らかに傾向が異なることを示しています。

住宅内の温度は居住者の生活習慣によってもかなり違いがありますが、十分に断熱され温度差の少ない部屋では、平均的には22℃程度あれば十分快適性が確保されます。

一方、少数ながら冬でも「Tシャツと短パンなど夏と変わらない」服装をしている居住者もあり、それらの住宅では居間の室温が高いという調査結果もあります（表2.3.1）。適切な着衣によって、室温を必要以上に上昇させないことも重要です。

表 2.3.1 冬期の服装と実測室温

設問	選択肢	回答数	2月上旬居間（6-21時）室温
日中の服装	コート、ウィンドブレーカーなどを室内でも着用	0	-
	フリースの上下など保温性の高い衣服	19	22.0℃
	トレーナーとジーパンなど春や夏の衣服	37	22.4℃
	Tシャツと短パンなど夏と変わらない	6	24.0℃

北海道の断熱・気密住宅の居住者を対象とした調査結果（2010年調査）

2) 夏期

図 2.3.1 は外気温が 30℃を超えた真夏日における室温の調査結果です。冷房装置を設置している住宅は、昼から夜にかけて室温の低下が見られ、特に外気温の高い旭川で、冷房装置の影響が大きくあらわれています。ただし、冷房装置がない住宅でも、外気温より室温が低く抑えられています。これは断熱性能の高い住宅では、屋根、天井、外壁からの日射熱の室内への侵入が少なくなり、そのため木造住宅であっても熱容量（物体の周囲の温度が変化しても物体の温度はすぐには変化しない性質）の効果が大きくあらわれるためです。夏期でも夜間に気温が低下する北海道では、夜間や朝方に積極的に通風、昼間は窓を閉じることで冷房装置の使用を抑えることができます。また、ひさしなどで日射遮蔽を行うことも夏期を涼しく過ごすために非常に重要なことです。

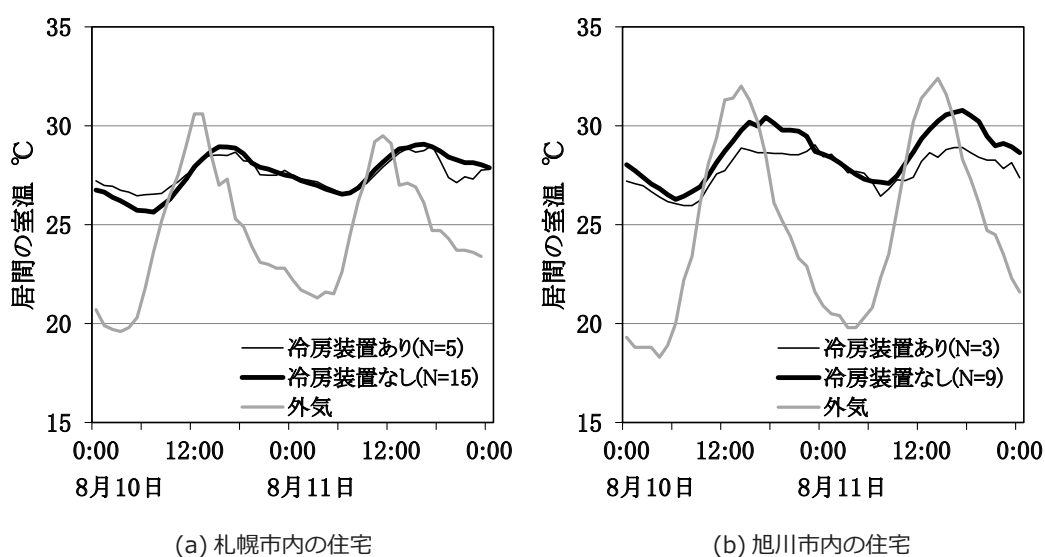


図 2.3.1 夏の温度推移

断熱・気密住宅を対象とした実測調査の結果。N は調査住宅の件数で、グラフはその平均値を示している。

図 2.3.2 は各時間帯の通風の実施率です。昼間は 8 割以上で通風を実施していますが、外気温が下がり冷却効果が大きい日没後、就寝時間帯は通風の実施率が下がることがわかります。図 2.3.3 は通風を行わない理由を尋ねた結果で、「防犯」「プライバシー確保」の問題が多く挙げられています。これらの問題は開口部の選択や配置の工夫など、技術的に解決できる部分もありますので、適切な開口部の設計が望まれます。

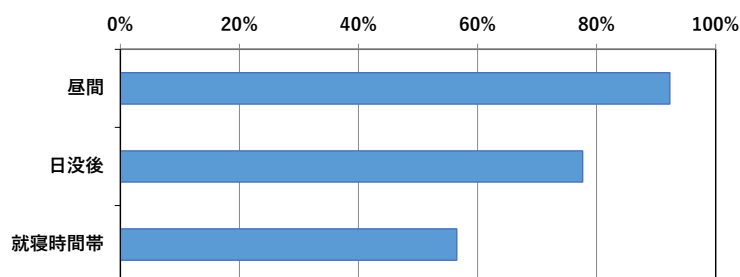


図 2.3.2 夏の通風の実施率

道内の戸建て住宅居住者を対象としたアンケート調査（2012 年に Web アンケートで実施、回答数：2,000）

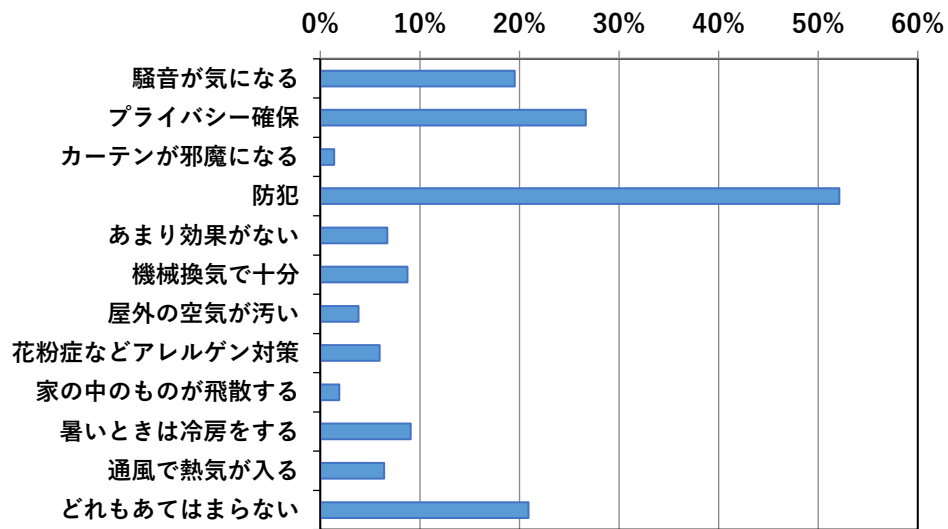


図 2.3.3 通風を行わない理由

道内の戸建て住宅居住者を対象としたアンケート調査（2012年にWebアンケートで実施、回答数：938）

memo

第 3 章

省エネルギー化のための住宅設計

1. 断熱設計の基本

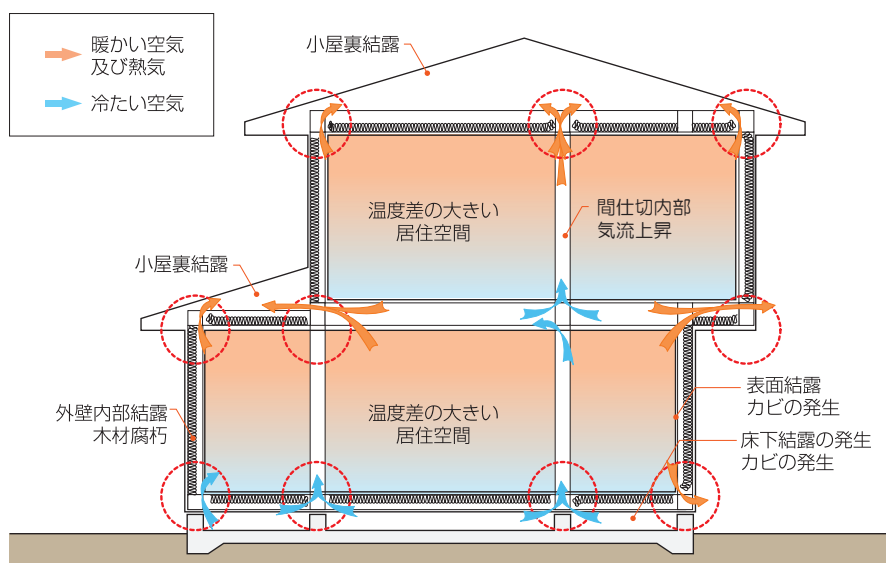
1.1. 木造軸組構法の問題点

壁内や天井などで無造作に断熱材を施工すると断熱欠損が生じたり、壁と床や天井などの取合い部では隙間ができることにより壁内気流が生じ、断熱性能が十分に発揮されないことになります。また、○印部分では断熱層や防湿層が切断されがちです。

このような状態では、断熱性能の低下だけでなく、防露性の確保や躯体の気密性を上げることが難しくなり、その結果、

- ・温度差の大きい居住空間
- ・間仕切内部の気流上昇
- ・表面結露や外壁内部結露、床下結露、小屋裏結露
- ・カビの発生や木材の腐朽など、

快適性だけでなく、構造躯体の耐久性も著しく損なうことになります。



昔からある在来工法に、断熱施工を新たに追加したので、そのままでは、施工しづらい部分や納まりがよろしくない部分が多々あります。むやみに断熱材を押し込んだり、張ったりするだけでは、断熱材の性能が十分発揮されず、そのことにより、耐久性が低下する原因になります。

各部位において、断熱化に適した正しい納まり、施工をしましょう。

図 3.1.1 木造軸組構法の断熱上の問題点

これらの問題を防ぎ、快適な住まいと長寿命の建物をつくるために、正しい断熱設計及び施工をしましょう。

および
→ 及び

1.2. 断熱工法

(1) 断熱工法の種類

断熱工法は大別すると、「充填断熱工法」と「外張断熱工法」があります。また、寒冷地では充填断熱に外張断熱を併用した「付加断熱工法」が多く採用されています。このほか、充填断熱工法と外張断熱工法を部位ごとに組み合わせる場合もあります。

1) 充填断熱工法

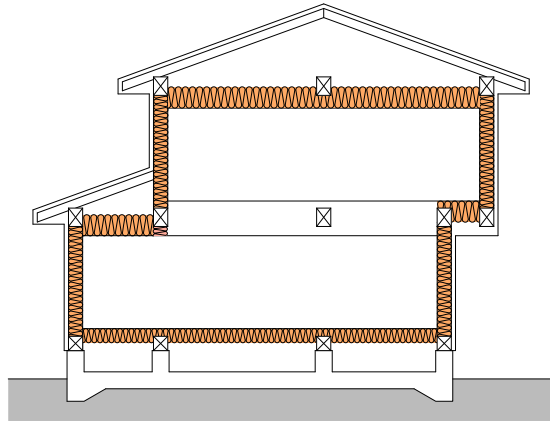


図 3.1.2 充填断熱工法

2) 外張断熱工法

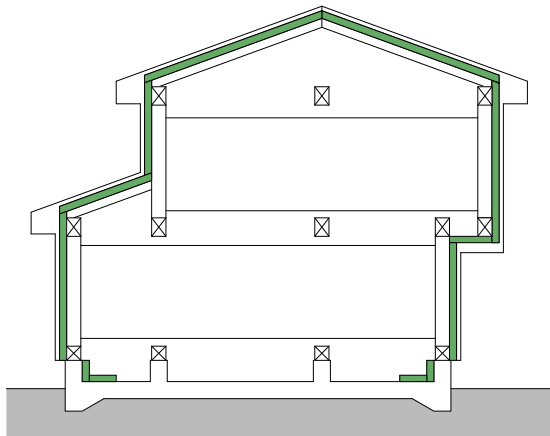


図 3.1.3 外張断熱工法

3) 付加断熱工法

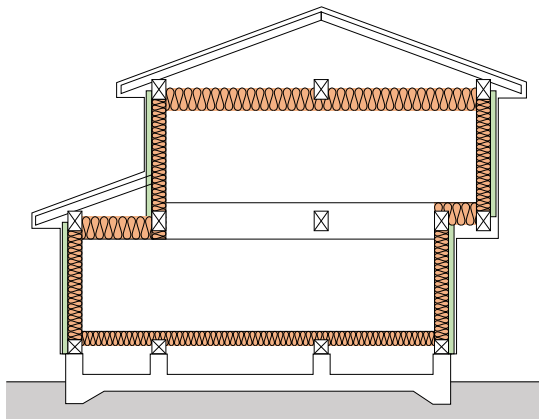


図 3.1.4 付加断熱工法

(2) 充填断熱工法の特徴

1) 概要

- ・壁内の柱・間柱、梁など軸組み間の空隙に断熱材を施工する工法です。
- ・壁に用いる場合は壁厚以上の断熱ができないため、寒冷地などで高い断熱性能が必要な場合は、外張断熱を付加した付加断熱工法や、枠組壁工法では2×6材を使用することにより断熱性能を確保する場合があります。
- ・はめ込み工法、敷込み工法、吹付け工法、吹込み工法があります。

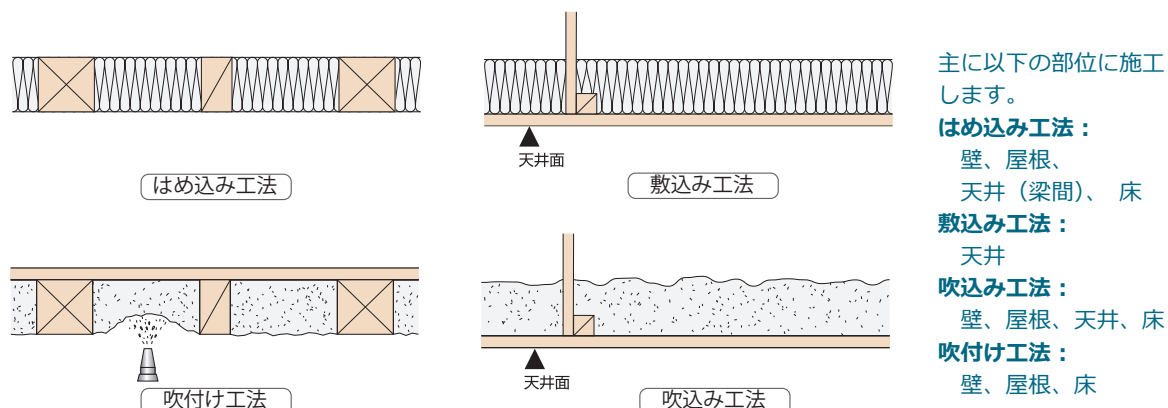


図 3.1.5 充填断熱工法の種類

2) 断熱材

- ・充填断熱材には、繊維系断熱材が用いられますが、発泡プラスチック系断熱材（ボード状）を用いる場合は、隙間を生じさせないように注意が必要です。
- ・繊維系断熱材の場合は、保管時や施工時の水濡れに注意が必要です（湿気を含むと断熱性能が低下します）。

3) 気密化の方法

- ・断熱材施工のほかに、防湿材や気密材などで構成される気密層を施工しなければなりません。

4) 内部結露対策

- ・主に用いられる繊維系断熱材は水蒸気を通しやすいため、充填断熱材として用いる場合は、水蒸気が侵入しないように、断熱材の室内側に防湿層として防湿フィルムの施工が必要です。同時に、断熱材の外側には、水蒸気を外気に排出しやすくするための通気層、防風層（透湿防水シートなど）の施工が必要です。

5) 施工上の留意点

- ・空隙に断熱材を充填する工法ですので、柱や間柱等との間に隙間が生じないように留意すること。
- ・断熱壁において、電気配線、コンセント・スイッチボックス類を施工する際は、断熱欠損が生じないように留意するとともに防湿層や気密層に穴を開けないように注意すること。穴を開ける場合は、専用のプラスチック成形気密材や気密テープ等を用いて適切に補修すること。

(3) 外張断熱工法の特徴

1) 概要

- ・柱・間柱、梁など軸組みの外側に断熱材を施工する工法です。
- ・外側に壁厚が増すので、狭小敷地では、注意が必要です。
- ・張付け工法、敷込み工法があります。

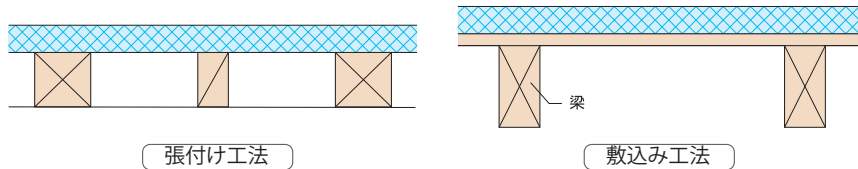


図 3.1.6 外張断熱工法の種類

外張断熱工法の場合は、建築基準法上の外壁の後退規制に対しても注意を要します。

主に以下の部位に施工します。

張付け工法：

壁、屋根、床(外気床)

敷込み工法：

天井(梁上)

2) 断熱材

- ・主に、発泡プラスチック系断熱材(ボード状)が用いられますが、ボード状の繊維系断熱材を用いることもあります。

3) 気密化の方法

- ・気密化の方法は、充填断熱工法と異なります。P054 参照。
- ・発泡プラスチック系断熱材(ボード状)の室内側に防湿フィルムを施工する方法のほか、目地を気密テープで処置した構造用合板等を気密層とする方法があります。

4) 内部結露対策

- ・発泡プラスチック系断熱材(ボード状)を用いる場合は、断熱材が水蒸気を通しにくいいため、防湿フィルムの施工は不要です。ただし、外気側は、断熱材と外装材の間に水蒸気が滞留しないように通気層が必要です。

5) 施工上の留意点

- ・断熱材は、柱等に釘、ビスなどで留めつけること。外装材取付けに際しては、断熱材の外側に通気層を形成し、外装材の下地となる胴縁を釘等で留め付けるため、外装材の重量を考慮し、釘やビス等の選定、留め付け間隔などに留意する必要があります。
- ・壁内が空洞のままであるため、配線等は容易です。
- ・外側に壁厚が増すため、サッシ固定枠を壁外側に別途設けなければなりません。
- ・「桁上断熱」といわれる桁・梁の天端を揃えて面材を敷き、その上に断熱材を施工する「敷込み工法」も、外張断熱工法の一つです。梁間に断熱材を施工する場合は、充填断熱工法です。
- ・基礎の断熱方法には、外断熱・内断熱・両面断熱がありますが、住宅本体の断熱工法はそれとは関係なく、充填断熱工法、外張断熱工法が採用されています。

1.3. 断熱材

(1) 断熱材の分類

断熱材にはいろいろなものがあり、素材や形状、用途はさまざまです。大きく分けると表 3.1.1 のように分類することができます。

表 3.1.1 断熱材の分類

			フェルト状	ボード状	ばら状	現場発泡	小さい透湿抵抗
断熱材	繊維系断熱材	a: グラスウール	○	○	○		○
		b: ロックウール	○	○	○		○
		c: セルローズファイバー			○		○
		d: インシュレーションファイバー	○	○			○
	発泡プラスチック系断熱材	e: ビーズ法ポリスチレンフォーム		○			
		f: 押出法ポリスチレンフォーム		○			
		g: 硬質ウレタンフォーム		○		○	△※1
		h: ポリエチレンフォーム		○			
		i: フェノールフォーム		○			

透湿性能

透湿性能の大小により内部結露防止のための防湿に対する施工方法が大きく異なります。
発泡プラスチック系断熱材は、水蒸気を通しにくい材料ですが、※1は、水蒸気を通しやすいため、繊維系断熱材と同じく防湿層が必要です。

※1: 硬質ウレタンフォームのうち、
JISA 9526 (建築物断熱用吹付け硬質ウレタンフォーム) A 種3に該当するもの

1) 素材による分類

断熱材は素材によって「細かい繊維で空気を動きにくくする繊維系断熱材」と、「独立した気泡の中に気体を閉じ込める発泡プラスチック系断熱材」の2つに大別できます。

2) 形状や用途による分類

繊維系断熱材は密度によって形状が変わり、綿のような密度のフェルト状が一般的で、密度の高いものにはボード状のもの、吹込み用にはばら状のものがあります。発泡プラスチック系断熱材には、工場で成型されて出荷されるボード状の製品の他、現場発泡の断熱材があります。

3) 透湿性による分類

外壁などの断面構成において、透湿性（水蒸気を通しやすさ）は、とても重要な意味があります。透湿抵抗の大小によって断面の構成が異なり、透湿抵抗の小さな断熱材には防湿層が必要です。

(2) 断熱材の特徴

1) 繊維系断熱材

a : グラスウール

- ・ガラスを溶融して綿状に繊維化し、バインダーなどを加えフェルト状、ボード状、ばら状に加工した断熱材です。
- ・床・壁・天井と住宅のほとんどの部位に使用可能です。
- ・不燃性、遮熱性、吸音性があります。



b : ロックウール

- ・鉱物原料等を溶融して綿状に繊維化し、バインダーなどを加えフェルト状、ボード状、ばら状に加工した断熱材です。
- ・床・壁・天井と住宅のほとんどの部位に使用可能です。
- ・撥水性、不燃性、耐熱性、吸音性があります。



c : セルローズファイバー

- ・新聞紙などを繊維状に裁断し、防燃材、その他の添加物を混入してばら状にした断熱材です。
- ・壁・天井等の断熱材として使うことができます。
- ・吸音性、湿気を吸放出する機能があります。



d : インシュレーションファイバー

- ・木材などの植物繊維を、マット状、ボード状に成形した断熱材です。
- ・床・壁・天井・屋根等の断熱材として使うことができます。
- ・吸音性、湿気を吸放出する機能があります。

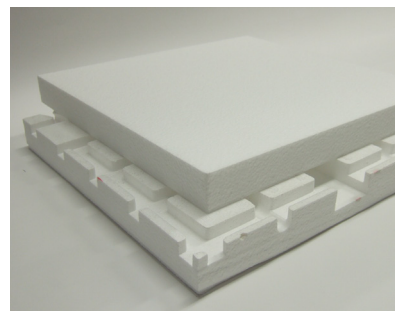


写真 3.1.1 繊維系断熱材

2) 発泡プラスチック系断熱材

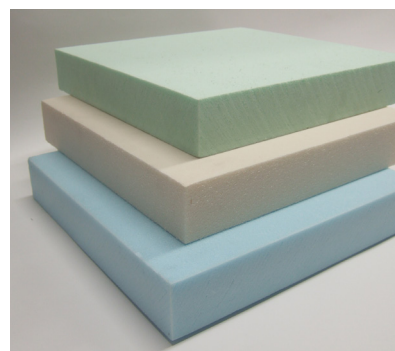
e : ビーズ法ポリスチレンフォーム

- ・ポリスチレン等に発泡剤、難燃剤及び添加剤を加えた発泡性ビーズを、金型内で発泡成形した断熱材です。
- ・外張断熱工法や床・基礎の断熱に適した断熱材です。
- ・耐水性、耐湿性があります。



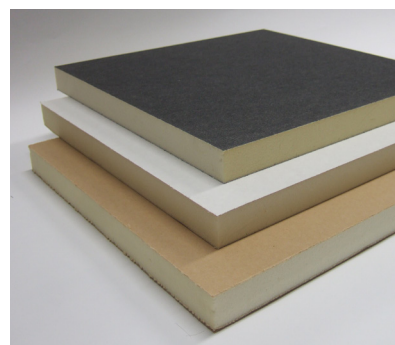
f : 押出法ポリスチレンフォーム

- ・ポリスチレン等に発泡剤、難燃剤及び添加剤を熔融混合し、連続的に押出発泡成形したボード状の断熱材です。
- ・外張断熱工法や床・基礎の断熱に適した断熱材です。
- ・耐水性、耐湿性があります。



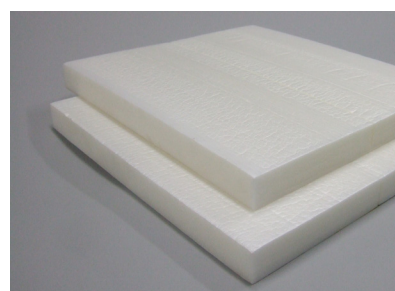
g : 硬質ウレタンフォーム

- ・ポリイソシアネート、ポリオール及び発泡剤を主剤として、発泡成形したボード状の断熱材の他、上記主剤を施工現場で混合し、施工箇所に直接吹き付けて使用する現場発泡品があります。
- ・ボード状の製品は外張断熱工法に、現場発泡品は自己接着性を有するため、隙間塞ぎや複雑な構造物でも隙間のない連続的な断熱層を形成することができます。



h : ポリエチレンフォーム

- ・ポリエチレン等に発泡剤及び添加剤を混合して、発泡成形したボード状の断熱材です。
- ・床、壁などのほか、屋根や屋上、配管カバーなどの断熱・防水と用途も多彩です。また柔軟性があるため、他の発泡プラスチック系断熱材と比べると隙間なく施工することが可能です。
- ・高い耐吸湿・耐吸水性があります。



i : フェノールフォーム

- ・レゾール樹脂、発泡剤及び硬化剤を主剤として、主に成形面材の間で発泡成形した、ボード状の断熱材です。
- ・外張断熱工法や床の断熱に適した断熱材です。
- ・発泡プラスチック系断熱材の中では防火性にも優れています。

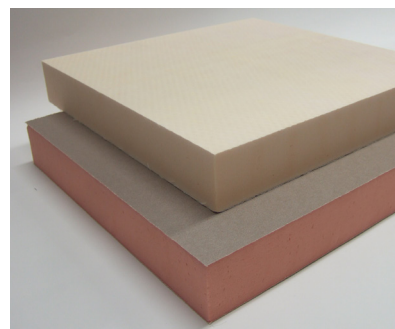


写真 3.1.2 発泡プラスチック系断熱材

(3) 断熱材の性能

断熱材の最も大切な性能である熱の伝わり方を示す数値に熱伝導率 λ があります。この熱伝導率が小さいほど熱を伝えにくく断熱性能が高い材料です。同じ断熱性能を得ようとする場合、熱伝導率の小さい断熱材ほど厚さが薄くなります。同じ種類の断熱材でも密度等の違いにより熱伝導率が異なる場合がありますので、注意が必要です。下表に主な断熱材の熱伝導率 λ を記載します。

表 3.1.2 主な断熱材の熱伝導率 λ

種類		製品記号	熱伝導率λ [W/(m・K)]	
JIS A 9521_2022 建築用断熱材 (抜粋)				
グラスウール断熱材	通常品	10-50	GW10-50	0.050
		16-45	GW16-45	0.045
		24-38	GW24-38	0.038
		32-36	GW32-36	0.036
	高性能品	HG10-45	GWHG10-45	0.045
		HG10-43	GWHG10-43	0.043
		HG14-38	GWHG14-38	0.038
		HG16-38	GWHG16-38	0.038
		HG16-37	GWHG16-37	0.037
		HG20-36	GWHG20-36	0.036
		HG20-35	GWHG20-35	0.035
		HG20-34	GWHG20-34	0.034
		HG24-36	GWHG24-36	0.036
		HG24-35	GWHG24-35	0.035
		HG24-34	GWHG24-34	0.034
		HG28-33	GWHG28-33	0.033
		HG32-35	GWHG32-35	0.035
		HG36-32	GWHG36-32	0.032
		HG38-32	GWHG38-32	0.032
ロックウール断熱材	LD	RWLD	0.039	
	MA	RWMA	0.038	
	MB	RWMB	0.037	
	MC、HA	RWMC、RWHA	0.036	
	HB	RWHB	0.035	
	HC	RWHC	0.034	
インシュレーションファイバー断熱材	ファイバーマット	IM	0.040	
	ファイバーボード	DIB、DIBP	0.052	
ビーズ法ポリスチレンフォーム断熱材	1号	EPS1	0.034	
	2号	EPS2	0.036	
	3号	EPS3	0.038	
	4号	EPS4	0.041	
JIS A 9523_2023 吹込み用繊維質断熱材 (抜粋)				
吹込み用グラスウール断熱材		LFGW1052	0.052	
		LFGW1352	0.052	
		LFGW1852	0.052	
		LFGW2040	0.040	
		LFGW2238	0.038	
		LFGW3240	0.040	
		LFGW3238	0.038	
吹込み用ロックウール断熱材		LFRW2547	0.047	
		LFRW6038	0.038	
吹込み用セルローズファイバー断熱材		LFCF2540	0.040	
		LFCF4040	0.040	
		LFCF4540	0.040	
		LFCF5040	0.040	
		LFCF5540	0.040	
		LFCF6040	0.040	

種類				製品記号	熱伝導率λ [W/(m・K)]	
JIS A 9521_2022 建築用断熱材 (抜粋)						
押出法ポリスチレンフォーム断熱材	1種	b	A	XPS1bA	0.040	
			C	XPS1bC	0.036	
	2種	b	A	XPS2bA	0.034	
			3種	a	A	XPS3aA
	C	XPS3aC			0.024	
	D	XPS3aD			0.022	
	b	A		XPS3bA	0.028	
		C		XPS3bC	0.024	
		D		XPS3bD	0.022	
			AⅠ、AⅡ	XPS3bAⅠ XPS3bAⅡ	0.028	
硬質ウレタンフォーム断熱材	1種	1号	Ⅰ、Ⅱ	PUF1.1Ⅰ PUF1.1Ⅱ	0.029	
			2種	1号	AⅠ、AⅡ	PUF2.1AⅠ PUF2.1AⅡ
	2号	AⅠ、AⅡ			PUF2.2AⅠ PUF2.2AⅡ	0.024
		CⅠ、CⅡ		PUF2.2CⅠ PUF2.2CⅡ	0.022	
		DⅠ、DⅡ		PUF2.2DⅠ PUF2.2DⅡ	0.021	
		EⅠ、EⅡ		PUF2.2EⅠ PUF2.2EⅡ	0.020	
		GⅠ、GⅡ		PUF2.2GⅠ PUF2.2GⅡ	0.018	
	3種	1号		CⅠ、CⅡ	PUF3.1CⅠ PUF3.1CⅡ	0.024
			DⅠ、DⅡ	PUF3.1DⅠ PUF3.1DⅡ	0.023	
		2号	CⅠ、CⅡ	PUF3.2CⅠ PUF3.2CⅡ	0.024	
			DⅠ、DⅡ	PUF3.2DⅠ PUF3.2DⅡ	0.023	
	ポリエチレンフォーム断熱材	1種	1号	PE1.1		0.042
			2号	PE1.2		0.042
2種				PE2	0.038	
		3種			PE3	0.034
フェノールフォーム断熱材	1種	2号	CⅠ、CⅡ	PF1.2CⅠ PF1.2CⅡ	0.020	
			DⅠ、DⅡ	PF1.2DⅠ PF1.2DⅡ	0.019	
			EⅠ、EⅡ	PF1.2EⅠ PF1.2EⅡ	0.018	
		3号	CⅠ、CⅡ	PF1.3CⅠ PF1.3CⅡ	0.020	
			DⅠ、DⅡ	PF1.3DⅠ PF1.3DⅡ	0.019	
			EⅠ、EⅡ	PF1.3EⅠ PF1.3EⅡ	0.018	
			JISA9526_2022 建築物断熱用吹付け硬質ウレタンフォーム (抜粋)			
吹付け硬質ウレタンフォーム	A種		1	NF1	0.034	
			1H	NF1H	0.026	
			2	NF2	0.034	
			2H	NF2H	0.026	
			3	NF3	0.040	

1.4. 結露対策の基本

(1) 結露のメカニズム

結露はどうして発生するのでしょうか。空気には水蒸気が含まれていますが、含むことができる最大の水蒸気量は、温度により異なります。

例えば、右図のように、

- ・ 6℃では、 $7.3\text{g}/\text{m}^3$
- ・ 8.7℃では、 $8.65\text{g}/\text{m}^3$
- ・ 20℃では、 $17.3\text{g}/\text{m}^3$ となります。

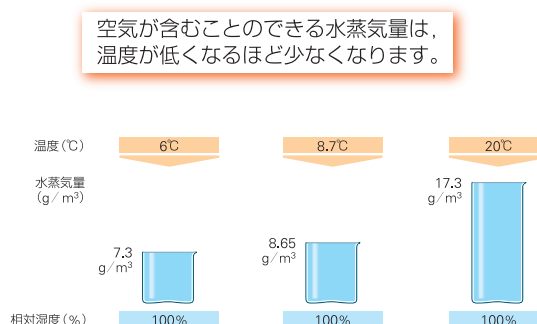


図 3.1.7 飽和水蒸気量

この最大限に水蒸気を含んだ状態は相対湿度 100%で、「飽和状態」といいます。

20℃の空気の相対湿度 100%（飽和状態）の水蒸気量は、 $17.3\text{g}/\text{m}^3$ ですので、相対湿度が半分の 50%の場合の水蒸気量は、 $17.3\text{g}/\text{m}^3 \times 0.5 = 8.65\text{g}/\text{m}^3$ となります（A）。

今、この 20℃ 50%の空気を冷やして 8.7℃にしたとすると、含まれる水蒸気の量は変わりませんので、相対湿度が 100%となり（B）、これ以上水蒸気を含めない状態になります。

そしてさらに温度が下がり 6℃になると、今まで含んでいた水蒸気を含みきれなくなり、そのオーバー分が結露としてあらわれるのです（C）。

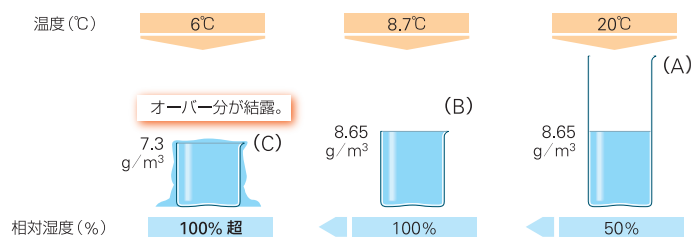


図 3.1.8 含むことのできる水蒸気量

(2) 表面結露

結露には、「表面結露」と「内部結露」の2つがあります。

表面結露は、室内側の表面温度と室内の水蒸気量が問題で、窓ガラス面や暖房していない部屋の壁など、他より冷たい所に暖かく湿った空気が触れた時に、表面に現れる結露です。壁体等の断熱性能が低く外気の影響を受けて表面温度が低温になった時に、室内の水蒸気量の多少によって発生します。

表面結露は、断熱性の高いガラスを使ったり、壁体内に断熱施工をし、表面温度を上げることで防ぐことができます。

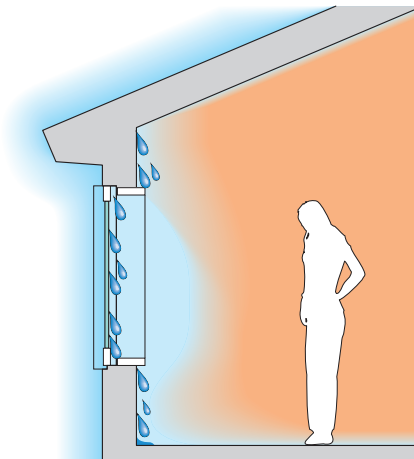


図 3.1.9 表面結露

(3) 内部結露

内部結露は、壁体内の温度とその部分の水蒸気量が問題で、壁体内や床下などの建物内部に侵入した水蒸気が、冷えた外壁裏などに触れた時に発生します。表面結露と比べるとその発見が難しいため、発見した時は、深刻な被害になっている場合があります。

壁体内への水蒸気の侵入を抑えるとともに、壁体内にその水蒸気を滞留させないことが大切です。

内部結露は、断熱材の性能を低下させるばかりでなく、建物の躯体が腐朽し構造耐力を低下させ、建物の寿命を短くする大きな原因にもなります。

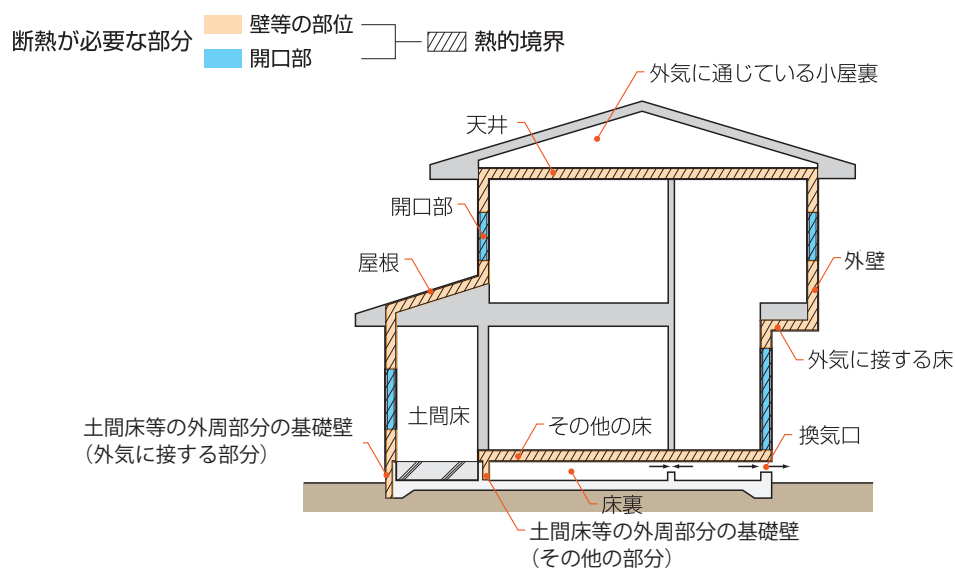
2. 断熱設計の方法

2.1. 断熱設計のポイント

(1) 熱的境界

最初に、断熱する空間を決めます。基本的に、居間や寝室などの居室の他、廊下やトイレ、浴室などの屋内空間が断熱の対象となります。これらの空間を覆う全ての断熱層、すなわち外壁や天井・屋根・床などの部位を、「断熱対象部位」といいます。また、断熱対象部位は、屋外と断熱空間（室内）を熱的に区分するという意味で「熱的境界」ともいいます。

熱的境界を明確にすること、そして連続させることがとても大切です。曖昧にしておくと、施工も中途半端になりがちです。



熱的境界を明確にし、その空間が屋外なのか、室内（断熱空間）なのかをはっきり区別し、曖昧な空間を作らないことが大切です。

部位の名称（特に床や基礎まわりの表現）に注意しましょう。

図 3.2.1 熱的境界

- ・ 下屋の屋根（天井）と2階外壁の取合い部
- ・ 屋根断熱における小屋裏（小屋壁）
- ・ 基礎断熱による床下
- ・ ユニットバスまわり
- ・ 屋内の車庫

などは、特に断熱層が不連続になりがちなので注意してください。

曖昧になりがちな部分を特に注意しましょう。

(2) 断面構成

住宅の外壁や天井・屋根・床などは、さまざまな材料で作られていますが、どんな材料でどのようなつくとよいのか、外皮の断面構成が大切です。

基本的な考え方は、

室内側：水蒸気を通しにくくする
外気側：水蒸気を通しやすくする

断熱層の室内側に防湿層を設けて、断熱層に室内の水蒸気が入りにくくし、また、断熱層の外気側は透湿性を高くし、通気層を設けることで外気に水蒸気を通しやすくします。

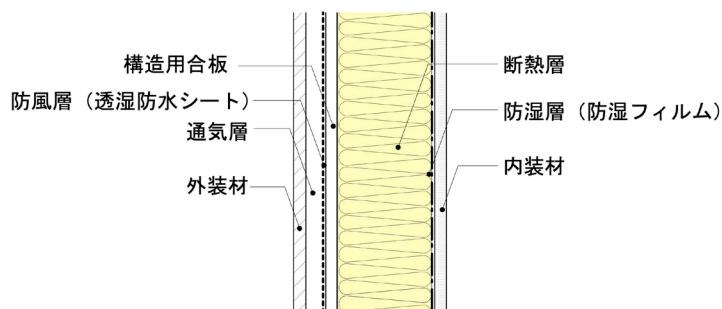


図 3.2.2 充填断熱工法 繊維系断熱材を使用した例

繊維系断熱材による充填断熱工法の壁では、防湿層と通気層の設置がポイントです。

繊維系断熱材は透湿抵抗が小さいので、断熱層の室内側に防湿層が必要です。室内側に防湿層がある場合でも断熱層の外側に通気層は必要です。

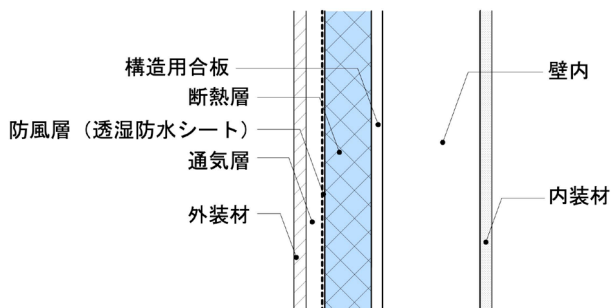


図 3.2.3 外張断熱工法

発泡プラスチック系断熱材（ボード状）を使用した例

発泡プラスチック系断熱材（ボード状）による外張断熱工法の壁では、通気層の設置がポイントです。発泡プラスチック系断熱材（ボード状）が水蒸気を通しにくいので、防湿層は必ずしも必要ではありませんが、通気層は必要です。なお、断熱層の外気側に、水蒸気を通しにくい材料を施工するのは避けてください。

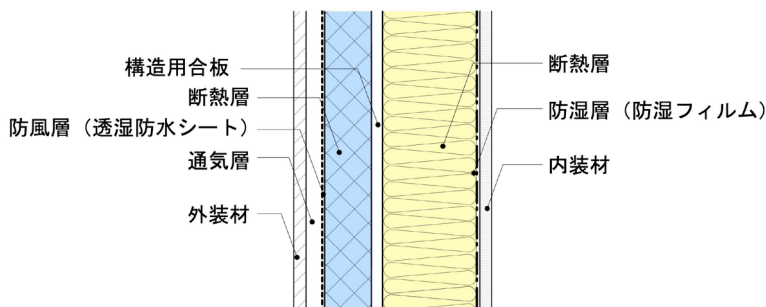


図 3.2.4 付加断熱工法

繊維系断熱材と発泡プラスチック系断熱材（ボード状）を使用した例

繊維系断熱材による充填断熱工法と発泡プラスチック系断熱材（ボード状）による外張断熱工法を併用した付加断熱工法の壁では、両者のポイントを合わせた断面構成となります。

繊維系断熱材の内部に水蒸気を通しにくくするための防湿層を断熱層の室内側に設置し、発泡プラスチック系断熱材（ボード状）の外気側に水蒸気を排出するための通気層が必要です。

外張断熱工法における気密層の設け方には、さまざまな方法があります。図は一例です。

上記によらない場合は、性能表示制度における透湿抵抗比の基準値に適合するか、計算により内部結露が発生しないことを確認する必要があります。

断面構成の各層の役割は、以下のとおりです。

1) 断熱層：

充填断熱工法では柱・間柱間に、外張断熱工法では躯体の外側に断熱材を施工します。住宅全体を連続してすっぽり包みます。

2) 防湿層：

室内の水蒸気が壁体内に侵入するのを防ぐ層です。防湿材やテープ等を用いて隙間が生じないように連続させて設けます。

3) 気密層：

隙間風や屋外への漏気を防ぐ層です。繊維系断熱材による充填断熱工法の場合は、断熱材の室内側に設ける防湿層と兼ねることが一般的です。発泡プラスチック系断熱材（ボード状）による外張断熱工法の場合は、断熱材の室内側に防湿フィルムを施工する方法のほか、目地を気密テープで処置した構造用合板等を気密層とする方法もあります。

4) 防風層：

外気から断熱材内部への風の侵入を防ぐ層です。防風材やテープ等を用いて連続的に隙間が生じないように設けます。また、防風性ととともに、壁体内の湿気を逃がすために、透湿性を有することが必要です。

5) 通気層：

壁体内に入ってしまった湿気を逃がす層です。

防風層は、防水層を兼ねることもあります。

(3) 気流止め

外壁や屋根、天井、床などを十分に断熱しても、下図のようにその取合い部から壁の内部に床下の冷気が入り込むと、断熱性能の低下を引き起こし、内部結露の原因にもなります。壁が冷気の通り道となる場合は、壁の上下の取合い部に気流止めを施工します。枠組壁工法は、壁体内気流が発生しない構造になっているため気流止めは不要です。

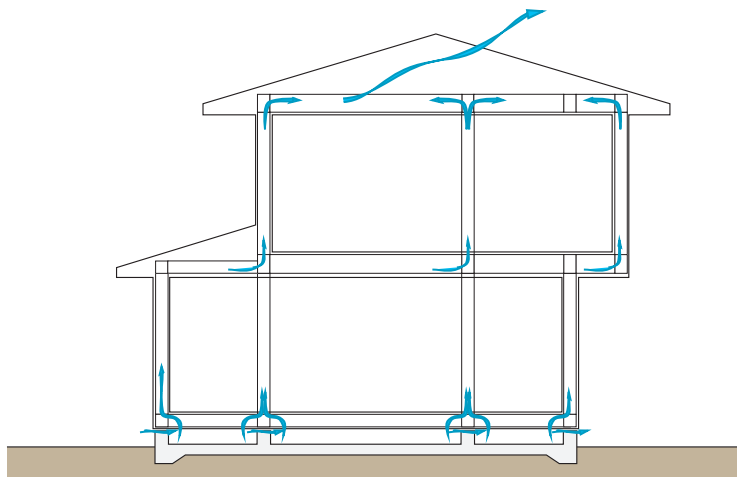


図 3.2.5 気流止めを施工しない場合に起こる壁内気流の例

(4) 基本性能とその方法

断熱設計における基本性能は、

- ・断熱性能
- ・防露性能
- ・気密性能 の3項目で、

これらはいずれも欠かせない3点セットです。

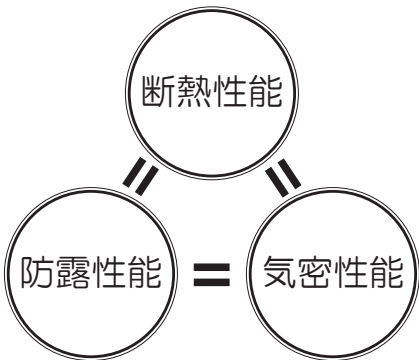


図 3.2.6 断熱設計における3つの基本性能

3つの基本性能を確保するための方法と、それに関わる断面構成の層は下表のとおりです。また、気流止めも基本性能を確保するために大切です。

表 3.2.1 断熱設計の基本性能と関わる層

基本性能	目的と方法	関わる層					気流止め
		断熱層	防湿層	気密層	防風層	通気層	
断熱性能	断熱欠損を生じさせないために、適切な厚さの断熱層を連続させる	○					
	断熱層内に気流を生じさせないために、気流止めを設ける						○
	通気層からの外気の侵入を防ぐために、防風層を設ける				○		
防露性能	内部結露を生じさせないために、適切な断面構成にする	○	○	○	○	○	
	断熱層内への湿気の侵入を防ぐために、防湿層を連続させる		○				○※
	入ってしまった湿気を逃がすために、通気層を設ける					○	
気密性能	室内と室外の隙間をなくすために、気密層を連続させる			○			○※

※：防湿層や気密層を連続させるために、気流止めを併用することもあります。

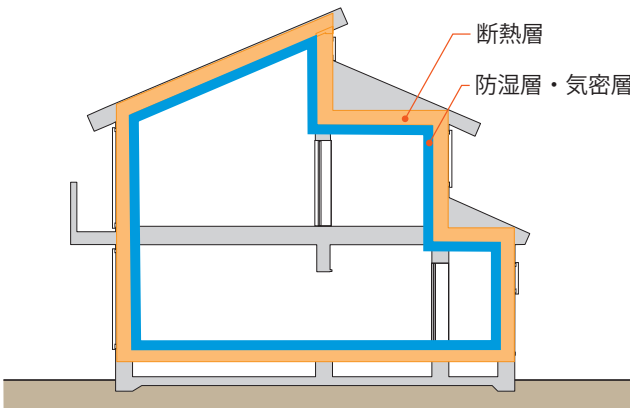


図 3.2.7 連続させる断熱層と防湿層・気密層

適切な断面構成とし、断熱層・防湿層・気密層を連続させ、気流止めを設ける。

2.2. 断熱層

断熱層を設置することで、以下の性能が確保できます。

基本性能	目 的 と 方 法
断熱性能	断熱欠損を生じさせないために、適切な厚さの断熱層を連続させる
防露性能	内部結露を生じさせないために、適切な断面構成にする

(1) 断熱材の厚さ

断熱材の厚さは、躯体の断熱性能に最も関わります。

(2) 均一な施工

適切な厚さの断熱材が施工されていても、断熱材と柱などの部材との間や断熱材同士の間隙を生じさせると、本来の性能が十分に発揮されません。また、詰め込み過ぎても断熱性能を悪化させることになります。

下表は繊維系断熱材の施工状態による断熱性能の違いを示しています。また、押し込み過ぎて通気層の空隙を塞いでしまうと、通気層がその役割を果たせなくなります。

表 3.2.2 断熱材の施工状態と熱貫流率

施工状態		熱貫流率 U [W/ (m ² · K)]
	良い施工状態	0.366 (100mm)
	グラスウールの寸法が著しく大きく、 押し込みすぎた状態	0.438 (84mm)
	グラスウールの寸法が大きく、 両端を押し込みすぎた状態	0.798 (46mm)
	グラスウールの寸法が小さく、 柱との間に隙間ができた状態	0.569 (67mm)

左表の熱貫流率の値は、実験値に基づく熱貫流率を示しており全ての場合に当てはまるものではありませんが、施工状態によって断熱性能が大きく損なわれる危険性があることに注意してください。

() 内は、グラスウールの施工において、「良い施工状態」を 100 mm とした場合の換算厚さです。

(3) 連続した断熱層

熱的境界を断熱材ですっぽり覆い、断熱層が隙間なく連続していることが大切です。断熱層の連続性が損なわれた箇所は断熱欠損となり、熱損失が増大するだけでなく、室内側表面温度が低下し不快な環境となり、表面結露発生の危険性にもつながります。

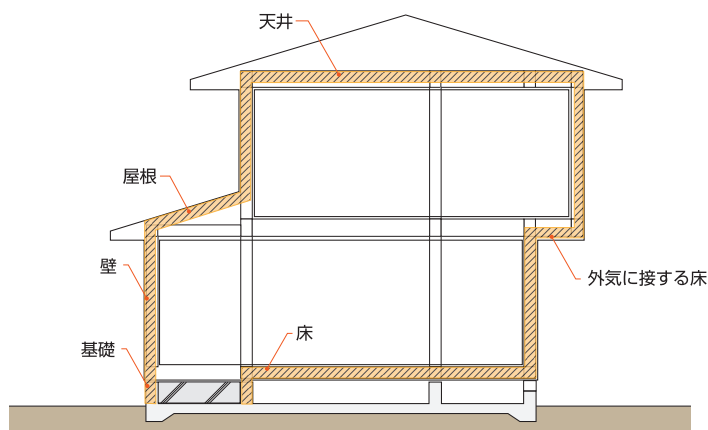


図 3.2.8 断熱層の連続

熱的境界を常に意識しましょう。

図は、2階を天井断熱、下屋を屋根断熱とした場合です。他のケースもあります。

(4) 取合い部に注意

断熱部位の取合い部も重要です。木造軸組構法は、柱や梁の施工後に床面や天井面が施工されるため、壁（外壁、間仕切壁）と床、壁と天井の取合い部など隙間が生じやすい構造となっています。また、下屋や胴差まわりも断熱欠損となりやすいので、注意が必要です。

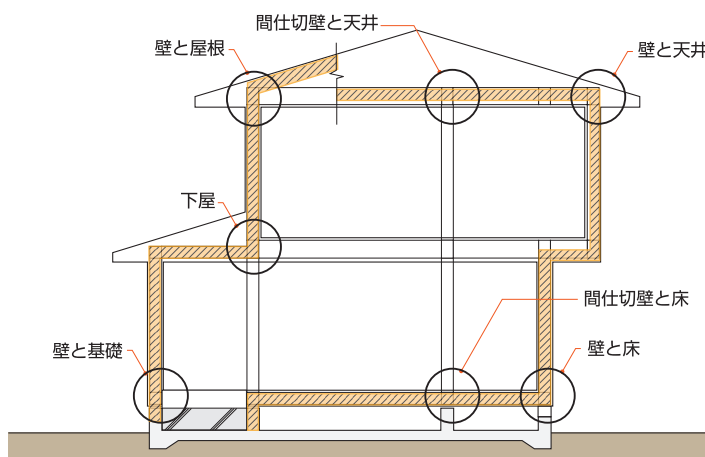


図 3.2.9 注意する取合い部

断熱層の連続性を確保するために、取合い部には特に注意が必要です。

図は、下屋を天井断熱とした場合ですが、屋根断熱の場合など断熱層の位置に応じて注意が必要です。

2.3. 防湿層

防湿層を設置することで、以下の性能が確保できます。

基本性能	目 的 と 方 法
防露性能	内部結露を生じさせないために、適切な断面構成にする
	断熱層内への湿気の侵入を防ぐために、防湿層を連続させる

(1) 防湿材

内部結露の防止のために、壁体内への水蒸気の流入を抑えることが大切です。そのために、断熱層に繊維系断熱材等の透湿抵抗の小さい断熱材を施工する場合は、防湿層を必ず設けなければなりません。

※防湿層が必要な「透湿抵抗の小さな主な繊維系断熱材等」とは、以下のものをいいます。

- 繊維系断熱材
 - ・グラスウール、ロックウール、セルローズファイバー等の繊維系断熱材
- 発泡プラスチック系断熱材
 - ・吹付け硬質ウレタンフォームのうち、JIS A 9526:2017
(建築物断熱用吹付け硬質ウレタンフォーム) A 種 3 に該当するもの

※特別評価方法認定により防湿層や通気層等を省略する場合は、対象地域、仕様、断面構成等を確認してください。

断熱材に付属している「付属防湿フィルム」はその商品によって使われている防湿材が異なりますので、よく確認をしてください。

透湿性は透湿抵抗 [$\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa} / \text{ng}$] で表われ、数値が大きいほど、水蒸気を通しにくくなります。

s : セCOND (秒)
Pa : パスカ
ng : ナノグラム

防湿材の材料としては、表 3.2.3 のものがあります。

表 3.2.3 防湿材

透湿抵抗 [$\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa} / \text{ng}$]	該当する防湿材
0.029 (60)	・ 材厚 0.015mm 以上の防湿材
0.082 (170)	・ 材厚 0.05mm 以上の防湿材 ・ JIS A 6930:2008 に規定する A 種と同等以上の透湿抵抗を有する防湿材
0.144 (300)	・ 材厚 0.1mm 以上の防湿材 ・ JIS A 6930 :2008 に規定する B 種と同等以上の透湿抵抗を有する防湿材

防湿層の必要性能は、断熱工法、断面構成や地域等により異なります。計算等によって防露性を確認していない場合は、透湿抵抗の大きい材厚 0.1mm 以上の防湿材、又は JIS A 6930 の B 種同等以上の防湿材とすること。

透湿抵抗の () 内は、単位を [$\text{m}^2 \cdot \text{hr} \cdot \text{mmHg} / \text{g}$] とした場合の値

(2) 防湿層の連続

湿気を壁体内に侵入させないために、防湿層を連続させることが大切です。防湿材の継ぎ目は、下地のある部分で 100mm 以上重ね、ボード又は木材等で押さえます。

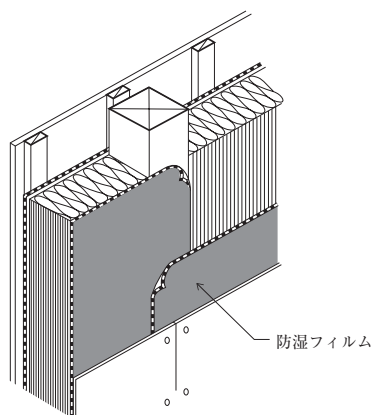


図 3.2.10 別張り防湿フィルムの場合

防湿材の施工では、必ず材料の継ぎ目が生じます。継ぎ目に隙間があると、防湿材の性能が高くて、防湿層としては連続しておらず、性能が確保されないので、注意が必要です。

構造躯体などの木部と取り合う防湿フィルムの端部は、乾燥木材、ボード等で押さえます。

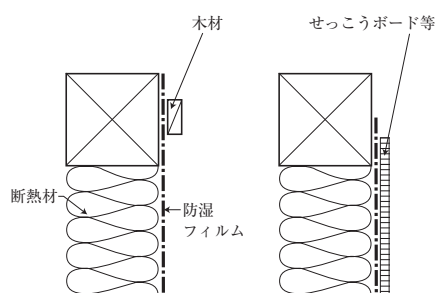


図 3.2.11 防湿フィルムの端部の押さえ

柱、胴差などの乾燥木材を介して防湿層を連続させることもあります。

また、各取合い部においても、防湿層の連続に注意が必要です。

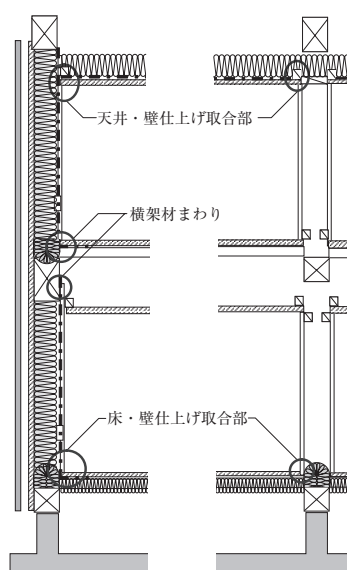


図 3.2.12 各部位における防湿層の連続

2.4. 気密層

気密層を設置することで、以下の性能が確保できます。

基本性能	目 的 と 方 法
防露性能	内部結露を生じさせないために、適切な断面構成にする
気密性能	室内と室外の隙間をなくすために、気密層を連続させる

(1) 気密材

気密材を隙間なく施工して気密層をつくることにより、躯体の隙間における内外の空気の移動を防止します。

気密材の材料としては、表 3.2.4 のものがあります。

表 3.2.4 気密材の種類(例)

気密材の種類	解 説
防湿フィルム	JIS A 6930:2008 住宅用プラスチック系防湿フィルム、又はこれと同等以上の防湿性及び気密性を有するもの
合板等	合板、せっこうボード、構造用パネル（JAS 製品）又はこれらと同等以上の防湿性及び気密性を有するもの。これらは床断熱の防湿・気密層やプラスチック系断熱材を用いて外張断熱した場合の気密層としての使用を前提とする
コンクリート	長期的にクラックなどが生じないように、密実に打設されたもの

繊維系断熱材を用いた充填断熱工法では、防湿フィルムにより気密化を図ります。

防湿フィルムは、できるだけ継目が少なくなるように幅の広いサイズのフィルムを使用します。継目は必ず柱や間柱などの下地のあるところで 100mm 程度重ねます。



写真 3.2.1 防湿フィルムの JIS 適合品の例



写真 3.2.2 防湿フィルムの施工例

JIS 適合品は、透湿抵抗、耐久性、タッカー針に対する引き裂き強度などの性能が確保されています。

気密材の継ぎ目などは、気密テープやパッキン材で処理を行います。

(2) 気密テープ

気密テープは、粘着層がブチルゴム系とアクリル系のものがあります。ブチルゴム系は厚手で、粗面にも使用できるため汎用性が高いのが特徴です。アクリル系は薄くて粘着力が高いのが特徴です。

気密テープは防湿フィルムを下地のないところで継ぐ場合や配管、窓まわりなどに使用します。長期的に粘着力が保持でき、防湿フィルムとテープの間に隙間が生じない製品を使用します。

(3) 気密パッキン材

気密パッキン材は、基礎断熱の基礎天端と土台の間や、サッシと躯体の隙間の気密化のときに使用します。材質はほとんどが EPDM（エチレンプロピレンゴム）で、ポリエチレン発泡体も使用され始めています。EPDM は非常に耐久性が高いのが特徴です。厚さの 50% 以上を圧縮しないと気密が確保できないため、基礎天端に使用する場合は、まず、天端ならしを精度良く行うことが必要です。



(a) 窓用パッキン



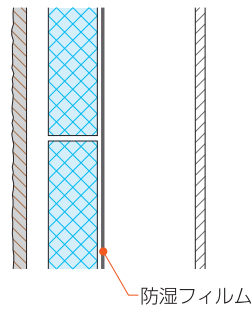
(b) EPDM

写真 3.2.3 気密パッキン材の例

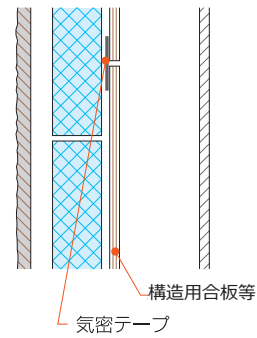
気密テープや気密パッキン材などは、それぞれの特徴を把握し、適材適所で使用してこそ性能を発揮します。気密性能を長期的に確保することができるように耐久性の高いものを選びます。

(4) 外張断熱工法における気密層

- 1) 断熱材の室内側に防湿フィルムを施工する方法
- 2) 目地を気密テープで処置した構造用合板等を気密層とする方法
- 1) と 2) を併用する（構造用合板等の上に防湿フィルムを施工する）こともあります。



(a) 断熱材の室内側に防湿フィルムを張る



(b) 断熱材の室内側の構造用合板等の目地を気密テープで処置する

図 3.2.13 外張断熱工法における気密層の確保の方法

(5) 気密性能

住宅の気密性能を高めることは、漏気負荷の低減による省エネルギー化に加え壁内結露の防止や外壁などの水密性が向上することによる構造体等の耐久性向上が期待できるほか、外皮の意図しない隙間が減ることにより、住宅内換気の入口と出口を明確にすることが可能となり、適切な換気計画が行えるようになります。

2020年度創設の北方型住宅 2020 や 2023 年度創設の北方型住宅 ZERO ※の基準では、相当隙間面積（C 値）は $1.0\text{ cm}^3/\text{m}^2$ 以下となっています。

気密材は防湿フィルムを使用することが一般的ですが、合板なども使用することができます。

※北方型住宅 ZERO：ゼロカーボン北海道を実現に資するため「北方型住宅 2020」をベースに、更なる断熱性能の強化、再生可能エネルギーの活用、道産木材の活用などの脱炭素化に資する対策を地域特性等に応じて組み合わせた住宅。

(6) 相当隙間面積の算出方法

住宅の「気密性能試験方法」は、漏気量の多寡の原因となる建物外皮（建物内外を気密に隔てるもので、気密層を含んだ外壁・屋根・天井・床等の建物全体を指し、窓や郵便受けも含まれる）の隙間の大きさを定量的に測定し、表示するものです。

測定方法は図 3.2.14 に示すように、住宅の窓などの開口部に送風機を取り付け、室内空気を屋外に排気することにより、内外差圧を発生させます。この時の通気量と差圧の関係から隙間面積を算出します。

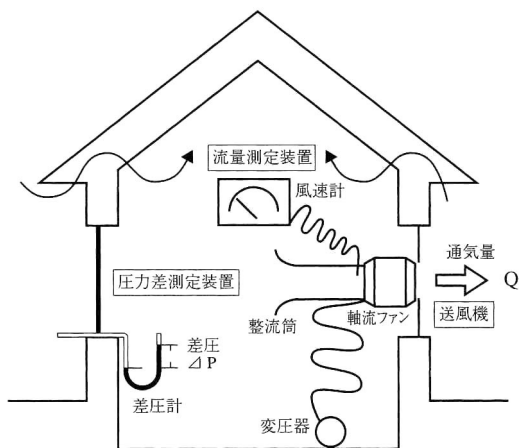


図 3.2.14 気密測定装置の構成例（減圧法）



写真 3.2.4 気密測定の様子

高い気密性能を確保できるということは、施工技術が高いことを示すことにもなります。

知識、施工、管理がそろうことにより実現できる性能だからです。

気密性能の測定方法は JIS A 2201-2017 送風機による住宅等の気密性能試験方法に規定されています。

2.5. 防風層

防風層を設置することで、以下の性能が確保できます。

基本性能	目 的 と 方 法
断熱性能	通気層からの外気の侵入を防ぐために、防風層を設ける
防露性能	内部結露を生じさせないために、適切な断面構成にする

(1) 防風材

通気層から、外部の冷気が壁体内に入ると温度の低下を招き、内部結露の原因にもなるため、防風層を通気層と断熱層の間に設け、外気が壁体内に侵入しないようにします。

防風層は、外気が断熱材の内部に侵入するのを防ぐためのものです。防風材は、断熱材内部の湿気を通気層に放散させるために透湿性を有することが必要です。

防風層の材料としては、表 3.2.5 のものがあります。

表 3.2.5 防風層の材料

透湿防水シート（JIS A 6111:2016）

合板、シーリングボード、火山性ガラス質複層板、MDF、
構造用パネル（OSB）等の面材

付加断熱材として使用される発泡プラスチック系断熱材

ボード状繊維系断熱材

付属防湿層付き断熱材の外側表皮

繊維系断熱材を用いる場合は、必須です。

防風層の役割は、

- ・防風性
→空気を通さない
- ・透湿性
→水蒸気を通す

機能は、衣類などに用いられる防水透湿性素材に似ています。



写真 3.2.5 透湿防水シートの施工例

2.6. 通気層

通気層を設置することで、以下の性能が確保できます。

基本性能	目 的 と 方 法
防露性能	内部結露を生じさせないために、適切な断面構成にする
	入ってしまった湿気を逃がすために、通気層を設ける

(1) 通気層の確保

防湿層を連続して隙間なく施工しても、壁体内への水蒸気の侵入を完璧に止めることはできません。防湿フィルムの透湿抵抗も無限大ではありません。この侵入した水蒸気を滞留させると内部結露の原因になりますので、すみやかに外気へ逃がすために、通気層を設けます。

外壁や屋根には、断熱層の外側に通気層を必ず設け、通気層の入口から出口まで、滞りなく通気できるように、空間を確保してください。特に窓まわりでは図 3.2.15 のように窓上下で通気が遮断されないよう、通気胴縁と窓取付け下地材の間に隙間を確保する対策が必要です。

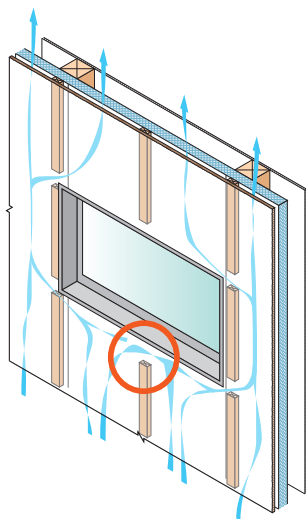


図 3.2.15 開口部まわりの通気層

通気層は、充填、外張工法のいずれにも必須です。

外壁だけでなく、屋根断熱でも設置しなければなりません。

外壁の通気層の厚さは16~18mm程度とし、屋根の通気層の厚さは30mm以上を標準とします。

通気胴縁が、窓取付け下地材にドン付けにならないように30mm程度の隙間を設けます(図の○部分)。

また、断熱材の押し込みにより、通気層の空間が塞がれてしまわないように注意してください。天井又は床には、通気層を設ける代わりに、断熱層の外側に小屋裏換気（天井断熱の場合）、床下換気（床断熱の場合）等を設ける必要があります。

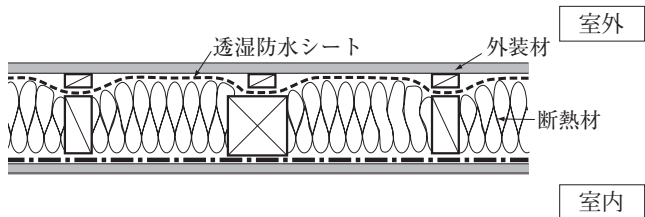


図 3.2.16 不適切な施工例

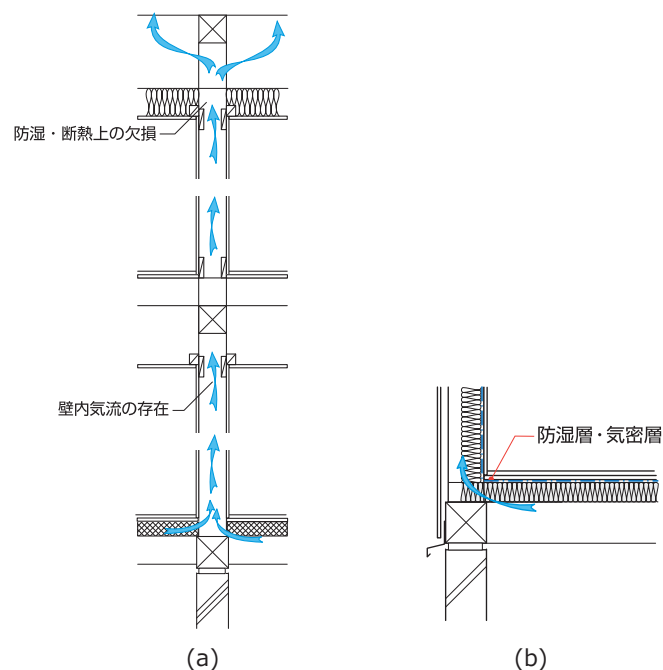
2.7. 気流止め

気流止めを設置することで、以下の性能が確保できます。

基本性能	目 的 と 方 法
断熱性能	断熱層内に気流を生じさせないために、気流止めを設ける

(1) 気流止めの施工箇所

壁に床下の冷気が入り込むことを防ぐために、壁の上下の取合い部に気流止めを施工します。間仕切壁は、床下から小屋裏まで煙突状態になり、空気が抜けることがあります。また、外壁と床の取合い部では、図 3.2.17(b) のように防湿層・気密層を連続して施工しても、気流が生じる場合がありますので、注意が必要です。なお、基礎断熱として床下が熱的境界の内側にある場合は、壁の下の気流止めは必要ありません。同様に屋根断熱として小屋裏が熱的境界の内側にある場合は、壁の上の気流止めは必要ありません。枠組壁工法は、壁体内気流が発生しない構造になっているため気流止めは不要です。



外壁上下の取合い部と、間仕切壁上下の取合い部では、状況が異なります。外壁の上下では、防湿・気密層を連続して施工しても気流が発生する場合があります。

間仕切壁上下においては、防湿・気密層を連続施工することで、気流止めの役割を果たします。

図 3.2.17 気流止めを施工しない場合に起こる壁内気流の例

3. 開口部の断熱設計の方法

3.1. 窓に関する基礎知識

(1) 窓の構成

窓は、「枠」と「ガラス」から構成され、表 3.3.1 に示す仕様が一般的です。

表 3.3.1 窓の構成

窓	枠	金属製
		金属製熱遮断構造
		木又はプラスチックと金属の複合材料製
		プラスチック製
		木製
	ガラス	単板ガラス
		複層ガラス
		Low-E 二層複層ガラス [日射取得型] (ガス入り、無し)
		" [日射遮蔽型] (ガス入り、無し)
		Low-E 三層複層ガラス※ [日射取得型] (ガス入り、無し)
		" [日射遮蔽型] (ガス入り、無し)
		遮熱複層ガラス

※ 2 枚以上のガラス表面に Low-E 膜を使用したものもあります。

金属製：
アルミサッシ

金属製熱遮断構造：
金属製建具で、枠又は
框等の中間部にプラス
チック等の断熱性のあ
る材料を挟みこんだ構
造

**木又はプラスチックと
金属の複合材料製：**
屋外側に金属、屋内側
に木又はプラスチック
を使用した構造

(2) 枠の材種

枠はその素材と構造によって断熱性能が異なります。枠に使用される素材は、金属や木材、プラスチック等ですが、その熱伝導率には大きな差があります。

金属製の枠は、熱を通しやすいため、木や樹脂との複合構造とし、より断熱性能を高める仕様になっているものもあります。

表 3.3.2 枠の材種

材種	熱伝導率 λ [W/(m・K)]
アルミニウム	210
PVC (塩化ビニル)	0.17
天然木材	0.12

出典：(国研) 建築研究所「平成 28 年省エネルギー基準に準拠したエネルギー消費性能の評価に関する技術情報 (住宅)」

(3) ガラスの種類

ガラスには、次のような種類があります。

① 単板ガラス

最も一般的な透明な平板ガラスで日射の約 9 割が透過します。

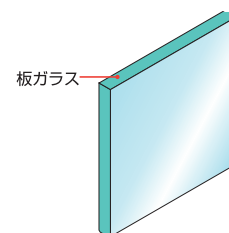


図 3.3.1 単板ガラス

② 複層ガラス

2 枚の板ガラスの間に乾燥空気等を封入することで断熱性能を高めています。日射の約 7 ～ 8 割が透過します。

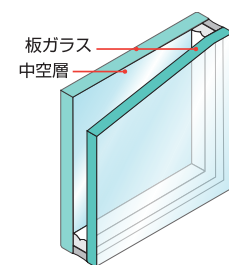


図 3.3.2 複層ガラス

③ Low-E 複層ガラス

低放射膜（銀や酸化スズ等をガラス表面にコーティングして放射熱伝達を抑制した薄膜のこと。Low-E 膜ともいい、高断熱 Low-E 膜と遮断高断熱 Low-E があります）を使用した複層ガラスを、Low-E 複層ガラスといい、日射取得型と日射遮蔽型があります。

・ Low-E 複層ガラス [日射取得型]

高断熱 Low-E 膜を、主に複層ガラスの室内側のガラス（空気層面）に使用し、ガラスの日射熱取得率が 0.5 以上のものをいいます。波長の短い日射は室内に透過させ、波長の長い室内からの放射熱を反射するので暖房効果を高める特徴を持っています。

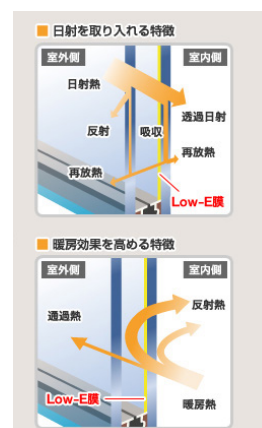
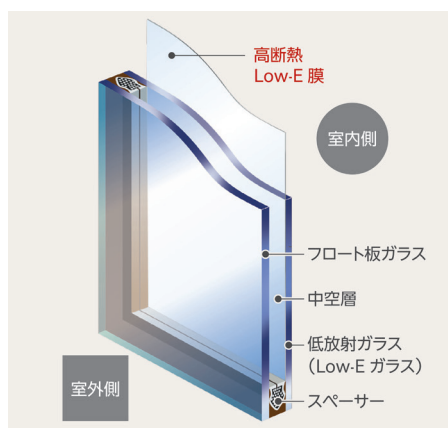


図 3.3.3 Low-E 複層ガラス [日射取得型]

・ Low-E 複層ガラス [日射遮蔽型]

遮熱高断熱 Low-E 膜を、主に複層ガラスの室外側のガラス（空気層面）に使用し、ガラスの日射熱取得率が 0.49 以下のものをいいます。断熱性を高めるとともに、夏期の日射侵入も軽減します（冬期の日射熱取得は軽減されてしまいます）。

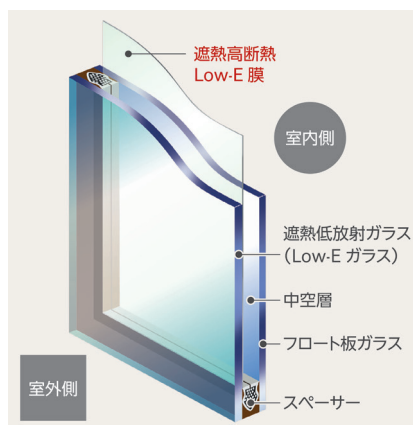


図 3.3.4 Low-E 複層ガラス [日射遮蔽型]

④ Low-E 三層複層ガラス

3枚の板ガラスと2つの中空層からなり、1枚以上の板ガラスに低放射膜を使用した三層複層ガラスを Low-E 三層複層ガラスといい、日射取得型と日射遮蔽型があります。冬期における暖房効果や夏期における日射侵入の軽減などの特性は Low-E 複層ガラスと同じです。

・ Low-E 三層複層ガラス〔日射取得型〕

1枚以上の板ガラスに高断熱 Low-E 膜を中空層に面するように使用しているものです。ガラスの日射熱取得率が 0.5 以上のものをいいます。

・ Low-E 三層複層ガラス〔日射遮蔽型〕

1枚以上の板ガラスに遮熱高断熱 Low-E 膜を中空層に面するように使用しているものです。ガラスの日射熱取得率が 0.49 以下のものをいいます。

⑤ 遮熱複層ガラス

室外側のガラスに熱線反射ガラス又は熱線吸収板ガラスを使用して、日射熱取得率を低減した複層ガラスです。

(4) ガラスの断熱性能

図 3.3.5 は、ガラスの種類による断熱性能を比較したものです。ガラスの断熱性も外壁にだんだん近づいています。

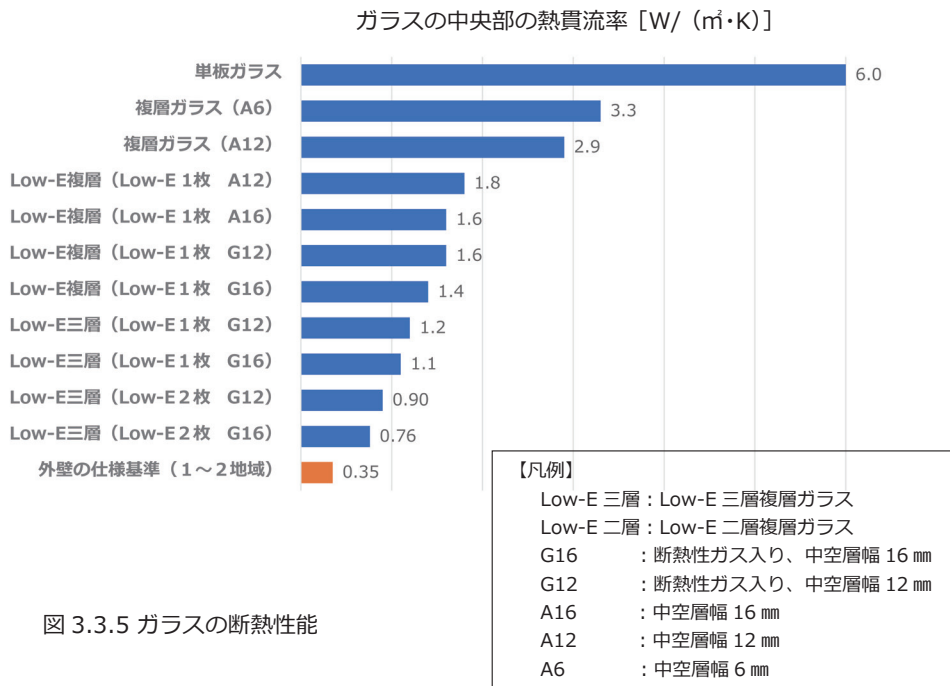


図 3.3.5 ガラスの断熱性能

3.2. 窓の熱貫流率

窓は複層ガラスを用いることによって高い断熱性を有することが出来ます。複層ガラスを保持する窓の構造は大きく分けて金属製建具、樹脂と金属の複合材料製建具、樹脂製建具の3つの構造に分類されます。材料の熱伝導率が低いほど断熱性が高く、図3.3.6に示すように、断熱性が高い順では樹脂製建具、樹脂と金属の複合材料製建具、金属製建具の順となります。

断熱性が高い製品としては、アルミ樹脂複合サッシ（樹脂と金属の複合材料製建具）と樹脂サッシ（樹脂製建具）等があります。

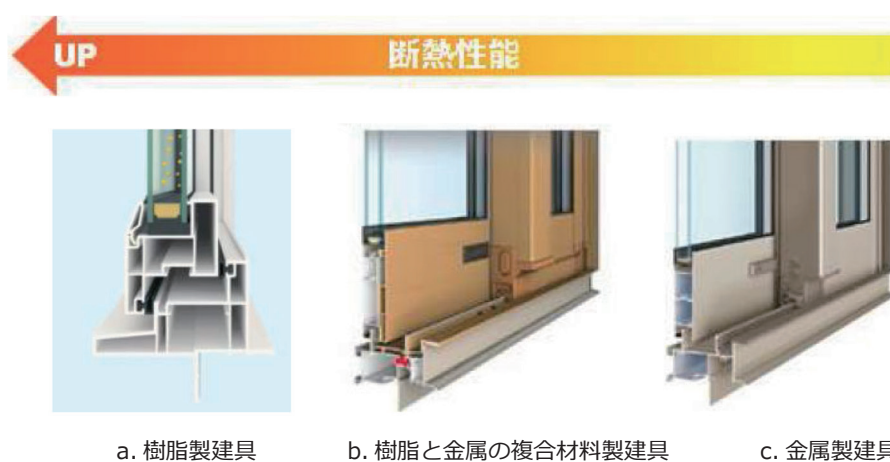


図3.3.6 建具枠の断熱性能

また、窓の断熱性能は、熱貫流率 U の値で表わされ、この値が小さいほど熱を伝えにくく断熱性能が高い開口部となります。窓の（建具とガラスの組み合わせによる）熱貫流率を表3.3.3に示していますが、これらの他、サッシメーカーで製品ごとに熱貫流率を示しているものもあります。

省エネ仕様基準・誘導仕様基準における開口部の熱貫流率の単位

省エネ仕様基準・誘導仕様基準の開口部の熱貫流率の基準は小数第一位となっていますが、次ページの表3.4.3の熱貫流率は、小数第二位まで表記されています。またメーカーのカタログ等でも小数第二位で記載されているものもありますが、その場合、小数第二位を四捨五入した値（例えば、2.33 → 2.3）に読み替えても差し支えありません。

表 3.3.3 大部分がガラスで構成されている窓等の開口部の熱貫流率

建具の仕様	ガラスの仕様		中空層の仕様		開口部の熱貫流率 [W/(m ² K)] ^{※2}			
			ガスの封入 ^{※1}	中空層の厚さ	付属部材 無し	シャッター・ 雨戸付	和障子付	風除室あり
樹脂製建具 又は木製建具	三層複層 ガラス	Low-E ガラス 2枚	されている	13 mm以上	1.60	1.49	1.43	1.38
				10 mm以上 13 mm未満	1.70	1.58	1.51	1.46
				7 mm以上 10 mm未満	1.90	1.75	1.66	1.60
				7 mm未満	2.15	1.96	1.86	1.77
		されていない		13 mm以上 ^{※4}	1.70	1.58	1.51	1.46
				9 mm以上 13 mm未満	1.90	1.75	1.66	1.60
				7 mm以上 9 mm未満	2.15	1.96	1.86	1.77
				7 mm未満	2.33	2.11	1.99	1.89
		Low-E ガラス 1枚	されている	10 mm以上	1.90	1.75	1.66	1.60
				10 mm未満	2.15	1.96	1.86	1.77
			されていない	13 mm以上	1.90	1.75	1.66	1.60
				9 mm以上 13 mm未満	2.15	1.96	1.86	1.77
				7 mm以上 9 mm未満	2.33	2.11	1.99	1.89
				7 mm未満	2.91	2.59	2.41	2.26
	二層複層 ガラス	Low-E ガラス	されている	12 mm以上	2.33	2.11	1.99	1.89
				12 mm未満	2.91	2.59	2.41	2.26
			されていない	10 mm以上	2.15	1.96	1.86	1.77
				8 mm以上 10 mm未満	2.33	2.11	1.99	1.89
		一般ガラス	されていない	8 mm未満	2.91	2.59	2.41	2.26
				14 mm以上	2.15	1.96	1.86	1.77
樹脂（又は木） と金属の 複合材料製 建具	三層複層 ガラス	Low-E ガラス 2枚	されている	11 mm以上 14 mm未満	2.33	2.11	1.99	1.89
				11 mm未満	2.91	2.59	2.41	2.26
			されていない	13 mm以上	2.91	2.59	2.41	2.26
				13 mm未満	3.49	3.04	2.82	2.59
		Low-E ガラス 1枚	されている	12 mm以上	2.15	1.96	1.86	1.77
				8 mm以上 12 mm未満	2.15	1.96	1.86	1.77
				8 mm未満	2.33	2.11	1.99	1.89
			されていない	16 mm以上	1.90	1.75	1.66	1.60
				10 mm以上 16 mm未満	2.15	1.96	1.86	1.77
				8 mm以上 10 mm未満	2.33	2.11	1.99	1.89
				8 mm未満	2.91	2.59	2.41	2.26
	二層複層 ガラス	Low-E ガラス	されている	12 mm以上	2.15	1.96	1.86	1.77
				9 mm以上 12 mm未満	2.33	2.11	1.99	1.89
				9 mm未満	2.91	2.59	2.41	2.26
			されていない	16 mm以上	2.15	1.96	1.86	1.77
				12 mm以上 16 mm未満	2.33	2.11	1.99	1.89
				12 mm未満	2.91	2.59	2.41	2.26
その他 ・金属製建具 ・金属製熱遮 断構造建具等	二層複層 ガラス	Low-E ガラス 2枚	されている	7 mm以上	2.91	2.59	2.41	2.26
				7 mm未満	3.49	3.04	2.82	2.59
			されていない	14 mm以上	2.33	2.11	1.99	1.89
				14 mm未満	2.91	2.59	2.41	2.26
		Low-E ガラス 1枚	されている	9 mm以上	2.91	2.59	2.41	2.26
				9 mm未満	3.49	3.04	2.82	2.59
			されていない	11 mm以上	3.49	3.04	2.82	2.59
				11 mm未満	4.07	3.49	3.21	2.90
	単板ガラス	－	－	－	6.51	5.23	4.76	3.95
				－	6.51	5.23	4.76	3.95
				－	6.51	5.23	4.76	3.95
				－	6.51	5.23	4.76	3.95

表中の用語の定義については、国立研究開発法人建築研究所が公表する「平成 28 年省エネルギー基準に準拠したエネルギー消費性能の評価に関する技術情報（住宅）」の「2. エネルギー消費性能の算定方法 2.1 算定方法 1. 概要と用語の定義」を参照（<https://www.kenken.go.jp/becc/house.html>）

※ 1 「ガス」とは、アルゴンガス又は熱伝導率がこれと同等以下のものをいいます。 ※ 2 国立研究開発法人建築研究所ホームページ内「平成 28 年省エネルギー基準に準拠したエネルギー消費性能の評価に関する技術情報」の熱貫流率及び線熱貫流率（ドア等の大部分がガラスで構成されない開口部）の熱貫流率の表及び風除室に面する場合の計算式によります。簡易計算の結果よりも安全側に丸めていますのでご注意ください。

平成 28 年省エネ基準の代表的な仕様における開口部と外壁、屋根・天井の熱貫流率の値をみると、開口部は外壁、屋根・天井よりも 7 ～ 20 倍も熱を通しやすいということがわかります（熱貫流率が小さいほど、断熱性能が高くなります）。

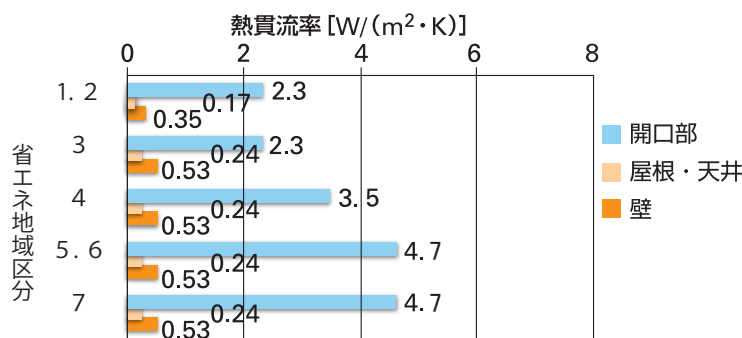


図 3.3.7 各部位の省エネ基準の熱貫流率

3.3. 窓の日射遮蔽性能

断熱性能を熱貫流率 U で表わしたように、日射遮蔽性能は日射熱取得率 η （イータと読みます）であらわされます。

窓の日射熱取得率とは、窓に入射した日射熱が、室内側へ流入する割合をいい、日射熱取得率が大きいものほど日射熱を室内に取り入れるので、暖房を重視する地域・部屋に適しています。逆に、日射熱取得率が小さいものほど日射熱を遮蔽するので、冷房を重視する地域・部屋に適しています。

窓の日射熱取得率は、窓（枠とガラス）や付属部材の性能で評価しますが、省エネ仕様基準（令和 4 年国土交通省告示第 1105 号）及び誘導仕様基準（令和 4 年国土交通省告示第 1106 号）ではガラスのみの性能値で評価する基準もあります。

日射熱取得率：大きい＝取得効果が高い＝日射取得重視の部屋

日射熱取得率：小さい＝遮熱効果が高い＝遮熱重視の部屋

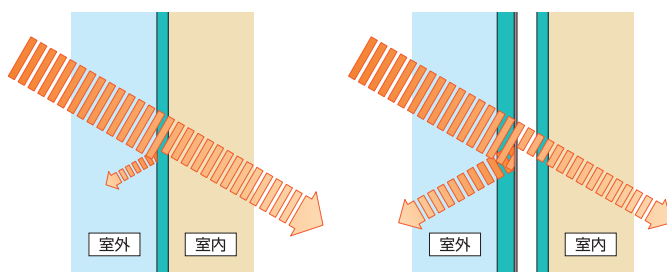


図 3.3.8 日射熱取得率の大小

3.4. ドアの構成

ドアは、「枠」と「戸」から構成され、表 3.3.4 に示す仕様が一般的です。

表 3.3.4 ドアの構成

ドア	枠		金属製
			金属製断熱構造
			樹脂又は木と金属の複合構造
			木製
	戸	扉	金属製
			金属製ハニカムフラッシュ構造
			金属製フラッシュ構造
			金属製断熱フラッシュ構造
			金属製高断熱フラッシュ構造
			木製
	ガラス		単板ガラス
			複層ガラス
			Low-E 二層複層ガラス（ガス入り、無し）
			Low-E 三層複層ガラス（ガス入り、無し）

戸の仕様では、複層ガラスを組み込んだ金属製のものや、断熱材を充填した金属製フラッシュ構造等があり、断熱材には熱伝導率の低いウレタン断熱材が使われている場合があります。

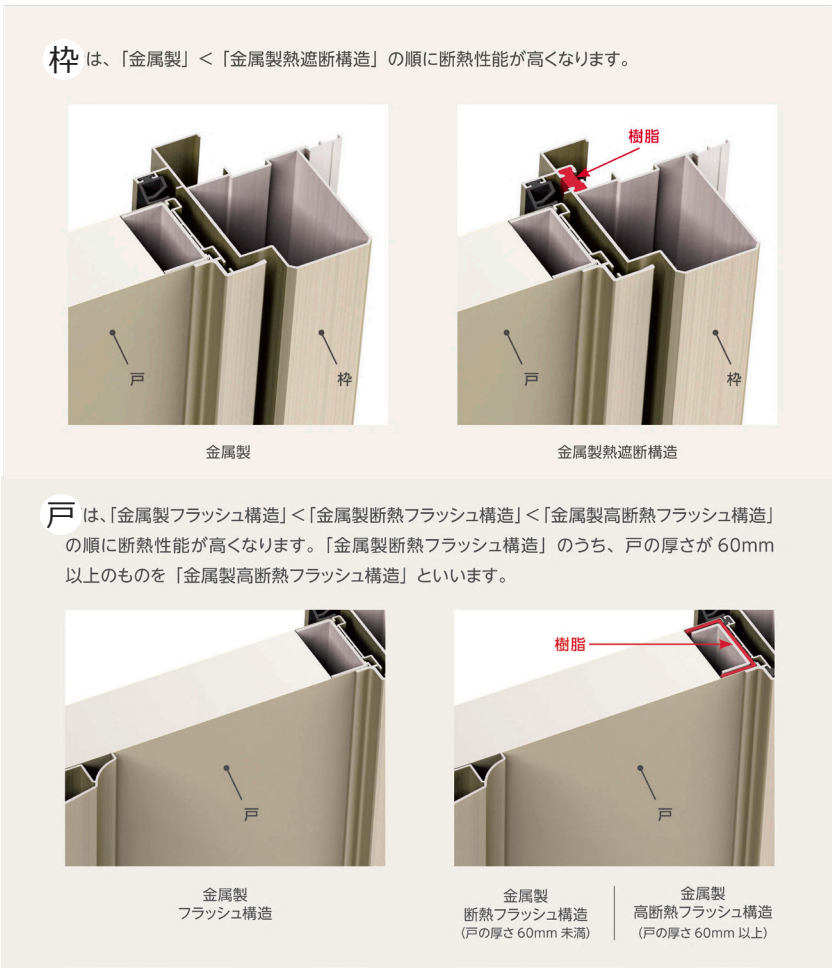


図 3.3.9 フラッシュドアの構造

3.5. 開口部製品の選定

開口部製品は次のような観点から選定していきます。

(1) 断熱性能

表 3.3.5 に北海道の住宅で採用される代表的な開口部仕様の熱貫流率を示します。外皮平均熱貫流率の計算では、この値を用いるほか、次の条件を満たす性能確認による個別の製品の性能値を用いることができます。

- ・ 第三者機関での試験実施、第三者試験等審査機関での審査実施、又は自己適合宣言による試験品質の担保
- ・ ISO 登録工場もしくは JIS 認証取得工場での生産、第三者生産品質審査機関で審査実施、又は自己適合宣言による生産品質の担保

表 3.3.5 代表的な開口部仕様の熱貫流率

枠の仕様	ガラスの仕様	中空層の仕様		熱貫流率 W/(m ² ・K)
		ガス※の封入	中空層の厚さ	
木製建具 又は 樹脂製建具	2枚以上のガラス表面に Low-E 膜を使用した Low-E 三層複層ガラス	されている	7mm 以上	1.60
	Low-E 複層ガラス	されている	12mm 以上	1.90
木と金属の複合材料製建具 又は 樹脂と金属の複合材料製建具	Low-E 複層ガラス	されている	8mm 以上 16mm 未満	2.33

※ 「ガス」とは、アルゴンガス又は熱伝導率がこれと同等以下のものをいう。

(2) 気密性能

開口部の気密性能は、JIS A 4706:2015 にて内外圧力差が 10[Pa] の時の通気量で 120、30、8、2[m³/h・m²] の 4 段階で規定されています。北海道の住宅の開口部としては、冬期間の隙間風防止の観点から、等級 A-4 (2[m³/h・m²]) が望ましいです。なお、開口部の気密性は '建て付け' により大きく左右されますので、開口部は精度良く取付け、引渡し時には必ず調整する必要があります。

(3) 通風性能

近年、北海道においても住宅にエアコンが導入されるケースが多くなっています。夏季でも夜間は外気温が下がる北海道の気候特性を活かし、上手に夜間換気を図ることで終日過ごしやすい室内環境を得ることができます。そのためには、夜間、降雨時でも常時開放可能な開口部製品を選ぶなどの工夫（写真 3.3.1）が必要です。

表 3.3.6 は、代表的な開口部の種類別の開口面積（単純開口）と隙間形状を考慮した有効開口面積を示したものです。引違いや外開きは開放時には有効開口面積は大きくなりますが、夜間の降雨や防犯のことを考えると「常時開放」には適していません。大きな開口面積の開口部を設置するよりも、内倒し（ドレーキップ形式など）の開口部を数箇所設置し、少量の外気導入を図る方が、心地よい涼しさを得ることができます。



写真左：ドレーキップ窓を常時内倒し状態としたときにも、突然の降雨によって、雨水の浸入が少なくなるように配慮した庇の例。夏季の日射遮蔽の効果も同時に考慮している。

写真右：ドレーキップ窓（JIS呼称の縦横寸:16511窓）の内倒し状態。内倒し状態におけるカーテンやブラインドとの取り合いは、設計時から配慮する必要がある。

写真 3.3.1 常時開放に適したドレーキップの窓

表 3.3.6 代表的な開口部製品の開放時の有効開口面積 αA

サッシ種別			有効開口面積 $\alpha A[\text{cm}^2]$
種類	サッシ寸法 幅×高さ [mm]	開口面積	
引違い	1700 × 1870	1.58 m ²	9480(全開)
	1700 × 1300	1.10 m ²	6600(全開)
外開き	1700 × 1300 (FIX 付)	0.89 m ²	1246(10cm 開)
	740 × 1100	0.81 m ²	1134(10cm 開)
	740 × 700	0.51 m ²	725(10cm 開)
ドレーキップ	1650 × 1300 (FIX 付)	0.89 m ²	1068(内倒し時)
	740 × 1100	0.81 m ²	972(内倒し時)
	740 × 700	0.51 m ²	612(内倒し時)

網戸を取り付けた際の αA は、表中の数値に「引違い」の場合 0.7 を、「外開き・内倒し」の場合 0.9 を乗じた数値を用いる。

(4) 遮音性能

開口部の遮音性能は、建具閉鎖時を想定し JIS A 4706:2015、JIS A 4702:2015 において T-1 ～ 4 の 4 段階に規定されています。防音性に配慮した住宅では通常 T-1 (25dB 低減)、T-2 (30dB 低減)、T-3 (35dB 低減) の遮音性能を持った開口部製品が使用されます。なお、開口部の開放時の遮音性能は、JIS 規格上、評価の対象外となっていますが、実測調査の結果によれば、内倒し、横すべり出し形式の開口部については、障子部分で音を反射する効果が見込めるため、数 dB の遮音効果があります。

(5) 水密性能

開口部の水密性能は JIS A 4706:2015、JIS A 4702:2015 の規定により W-1 ～ 5 の 5 段階で規定されます。北海道の住宅で使用する開口部は気密性が高いことから、水密性能に関しても高いレベルにあると考えて良いでしょう。

(6) 防犯性能

屋内侵入者が 5 分以上の侵入時間を要するための性能試験に適合した開口部製品は「CP マーク」で識別することができます。特に防犯性に留意する必要がある住宅には、これらの規定を満足する開口部を使用することが望まれます。

第 4 章

適切な断熱施工の必要性

1. 不適切な断熱施工により生じる問題

1.1. 正しい断熱施工

1) 正しい断熱材の施工

- 熱的境界には、断熱施工忘れのないようにする。
- 隙間のないように施工する。
- 繊維系断熱材は、たるみなどがないように施工する。

不適切な施工をすると



断熱欠損

隙間等の発生

表面結露の発生

2) 正しい防湿層、通気層、防風層の施工

- 繊維系断熱材の室内側に防湿フィルムを適切に施工する。
- 外壁断熱と屋根断熱は、通気層と防風層を適切に施工する。
- 断面構成材料の配置を適切にする。

不適切な施工をすると



内部結露の発生

気密性能の低下

3) 正しい気流止めの施工

- 外壁、及び間仕切壁の上下端部に気流止めを適切に設置する。

不適切な施工をすると



壁内気流の発生

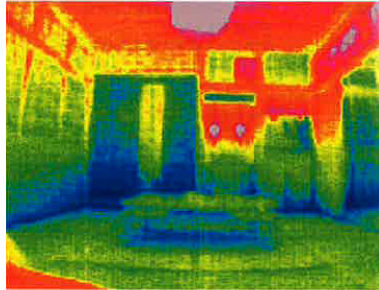
表面結露の発生

内部結露の発生

1.2. 不適切な断熱施工により生じる問題の例

熱ロスが大きい

外気の影響が大きく、表面温度低下が起こり、寒く、暖房費が増大。



和室の床の間、仏壇等

写真 4.1.1 サーモカメラによる表面温度分布

カビの発生

内装材は汚損し、不衛生となり、人にも不健康。



写真 4.1.2 カビによる汚損

壁体内結露水の発生

木材が腐朽し、耐久性の低下。
金物の腐食。



写真 4.1.3 結露による腐朽

設計通りの性能が発揮されない

想定する室内温度環境がえられない。設備容量不足。

2. 外皮性能確保のための配慮事項

住宅の暖冷房エネルギーに関する躯体の断熱計画及びその適切な施工のため、建築物省エネ法の告示第793号には、気密性能と防露性能に関して以下の規定があります。いずれの事項も設計においても重要です。

2.1. 断熱材等の施工に関する基準

告示第793号別表3には、「住宅の断熱材の施工に係る留意事項」として特に重要な事項が示されています。

(1) 断熱材の施工について

断熱材相互、断熱材と構造部材（柱など）との間に隙間が存在して、断熱層に外気や室内空気が侵入する構造では、設計通りの断熱性能が確保できません。また、表面結露、内装材汚損、それに伴うカビ菌類の発生による空気質の悪化などの原因ともなります。断熱材の施工に際しては隙間なく施工することが求められ、設計の段階でも隙間の生じにくい納まり等を意識することが重要です。

(2) 気流止めについて

木造軸組構法の外壁及び間仕切壁の上下端部では、壁の内部空間が床下、小屋裏に通じた納まりとなる 경우가多くあります。この状態をそのまま放置すると、外気が床下から壁内に侵入し、小屋裏に抜け出るといった気流の経路が生じることになります。この気流は、壁の断熱性能を低下させ、さらに、天井ふところや小屋裏空間の通気量を想定以上に増大させることになるため、住宅全体の断熱性能を低下させる大きな原因となります。

防湿フィルムや乾燥木材など通気性の低い材料を、壁上下端部の取合い部に設置して気流発生を防止することが重要です。この措置に用いる通気性の低い材料を「気流止め」といい、告示にも定められています。

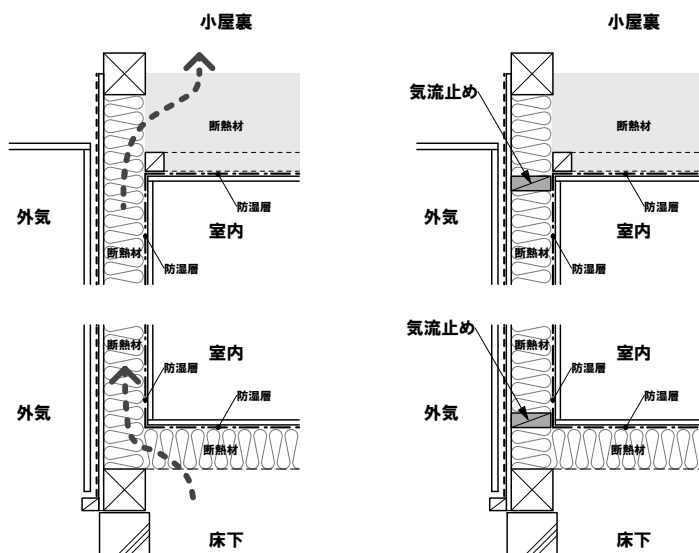


図 4.2.1 気流止めの有無による違い

(3) 防湿層の設置について

壁の内部に結露が発生すると、断熱性能の低下、結露水による木材等の腐朽などの住宅全体の断熱性能及び耐久性に大きな悪影響を及ぼすことに繋がりがねません。

壁などの断熱を施した部位は、断熱層の室内側に透湿性の少ない（水蒸気を通しにくい）材料等を受け、断熱材の外気側は透湿性（水蒸気を通しやすい）及び防風性、防水性を有する材料等を設けて、その外側に通気層等のある断面とすることが基本的な考え方となります。

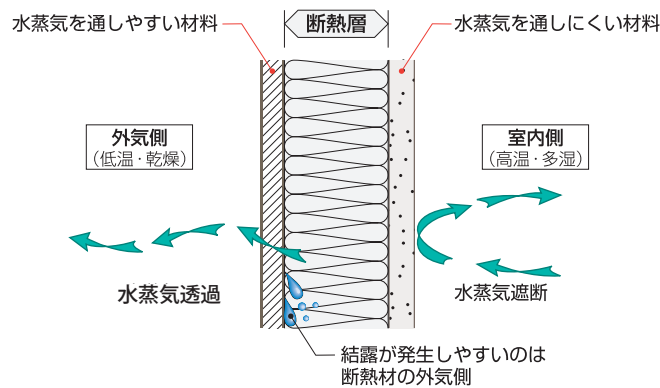


図 4.2.2 壁体内の水蒸気の流れ

特に、断熱材に繊維系断熱材など透湿性の高い（水蒸気を通しやすい）材料を使用する場合は、告示において「断熱材の室内側に防湿層を設けること」が定められています。防湿層は、「防湿材」を連続して施工することにより一体として断熱層への漏気や水蒸気の侵入を防止するための層のことをいいます。

防湿材（防湿フィルム）は、その重ね部を下地のある箇所にて十分な重ね代（原則 100 mm 以上）を確保し、合板、木材やせっこうボードなどの押え材で挟み付けて施工します。

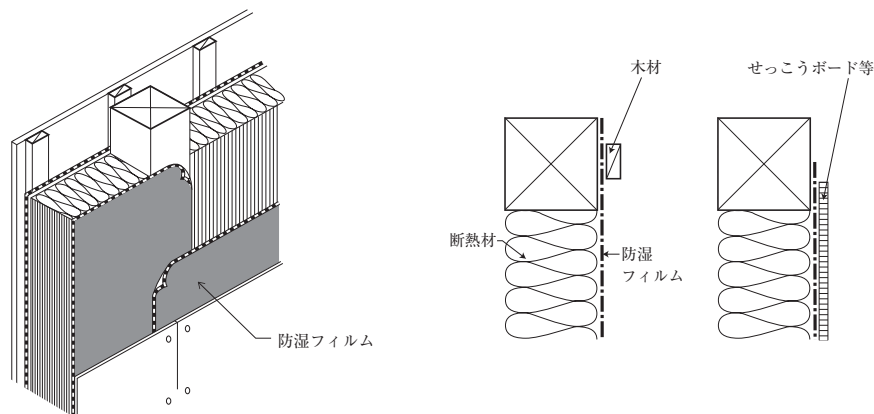


図 4.2.3 防湿フィルムの施工

防湿材の施工を要する断熱材は、繊維系断熱材（グラスウール、ロックウール、セルローズファイバー等）ですが、発泡プラスチック断熱材においても「吹付け硬質ウレタンフォームのうち、JIS A 9526:2017（建築物断熱用吹付け硬質ウレタンフォーム）A 種 3」等に類する透湿抵抗の小さい断熱材も繊維系断熱材と同等に扱われ、防湿層の施工が必要であることに注意が必要です。

2.2. 気密性能の確保

「室内に直接侵入する隙間風の防止による暖冷房負荷の削減、壁体内気流の防止措置による断熱材の断熱効果の補完及び適確な計画換気の実現のため、気密性の確保のための措置を講じるものとする。」と告示第 793 号別表 1 の「1 気密性の確保」に定められています。省エネ基準の平成 21 年改正において気密性能の定量的な基準は削除されましたが、以下の目的のためには重要な事項です。

- ① 漏気を減らし省エネルギー化と室内温度環境の快適性向上を図るため
- ② 壁体通気を抑制し断熱性能の低下を防止するため
- ③ 壁内結露を防止するため
- ④ 計画換気の性能を保持するため

2.3. 防露性能の確保

住宅の断熱性能及び耐久性能を損なうおそれのある結露の発生を防止するため、告示第 793 号別表 1 の「2 防露性能の確保」に表面結露と内部結露の防止に関する定性的な規定が示されています。

- ① 表面結露の防止
断熱構造とすべき部位において、表面結露の発生のおそれのある著しく断熱構造を欠く部分を設けないこと。
- ② 内部結露の防止
断熱材の内部又は断熱材よりも屋外側で外気に開放されていない部分においては、内部結露の発生を防止するため、水蒸気の侵入及び排出について考慮し、当該部分に多量の水蒸気が滞留しないよう適切な措置を講じること。

第 5 章

各部位の施工

1. 各部の断熱気密施工

1.1. 床

最下階の床及び外気に接する床に断熱する場合の施工上のポイントを以下に示します。

(1) 床断熱

断熱材などの自重によって、施工後にたるみや、室内側の気密材との間に隙間が生じないように、しっかりした断熱材受け材を設けます(写真 5.1.1)。受け材は透湿防水シートと貫材(450mm ～ 600mm 間隔)を併用する方法と、ボード状断熱材を施工する方法(図 5.1.1、5.1.2)があります。最近では、図 5.2.2 に示すように、剛床の大引間に、厚さ 100mm 程度の発泡プラスチック系断熱材を施工し、断熱材受けを設けない施工方法が増えています。

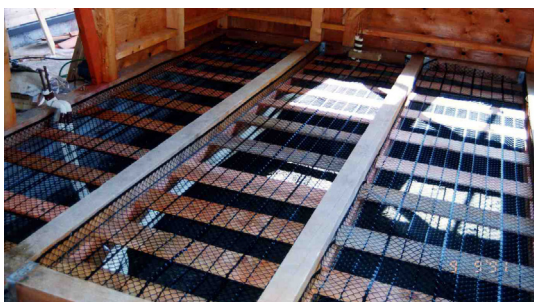


写真 5.1.1 床の断熱材受けの施工例

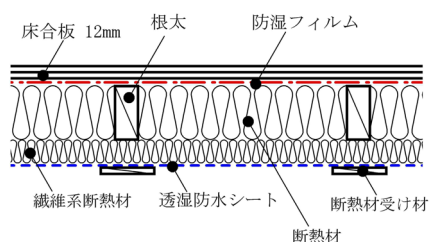


図 5.1.1 繊維系断熱材による付加断熱の例

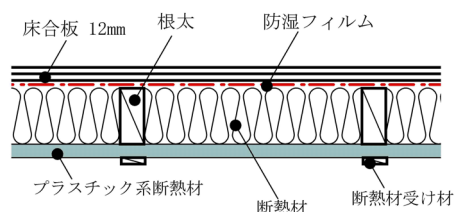


図 5.1.2 発泡プラスチック系断熱材による付加断熱の例

段差を解消した和室の床（図 5.1.3）、バスユニット下部の床（図 5.1.4）においても断熱材、気密材を連続して施工することに注意します。水まわり空間を床断熱する場合は、設備、配管工事の際に断熱・気密層を破損するケースが多いため、施工後の確認が必要です。これら为了避免のために、部分的に基礎断熱にする方法が主流です。

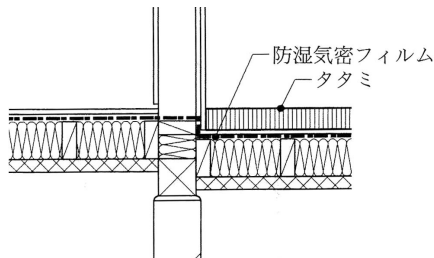


図 5.1.3 段差を解消した和室の断熱施工例

通気パッキン材：基礎天端に設置するパッキン材で、基礎と土台の間に隙間を作り床下の換気をよくします。旧来は猫土台と云われていた手法です。

気密パッキン材：基礎天端と土台の間に挟み込み、基礎と土台の隙間をなくした気密性を高めるパッキン材です。板状のものとシート状のものがあります。

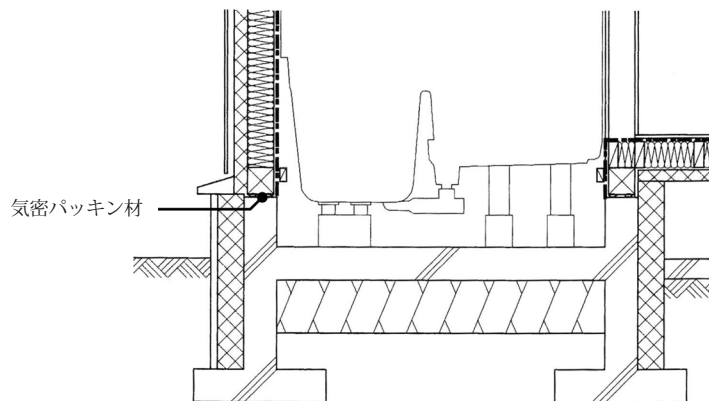


図 5.1.4 バスユニット下部の断熱施工例

外気に通ずる床の断熱では、断熱材を防湿フィルムに密着させて施工し、断熱材外側の床下空間は、結露防止のため、床下換気口や通気パッキン材などを設けて外気に開放します。

（２）基礎断熱

１）断熱施工

基礎断熱は、床断熱に比べて、断熱・気密・防湿施工を簡略化できる点に最大の特徴があります。また、外壁や間仕切壁下部の気流止めの省略、床下結露障害の防止、床下地盤の熱容量の活用など、様々なメリットがあります。断熱施工のポイントを図 5.1.5、図 5.1.6 に、施工例を写真 5.1.2 に示します。

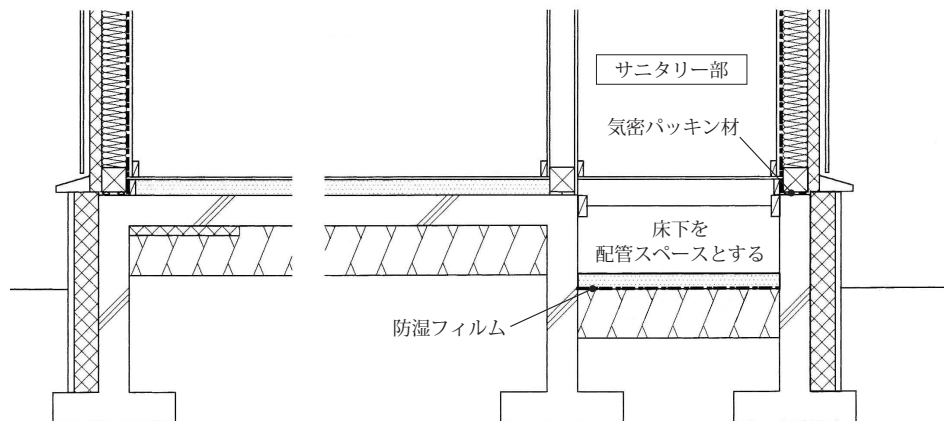


図 5.1.5 土間床の基礎断熱の例

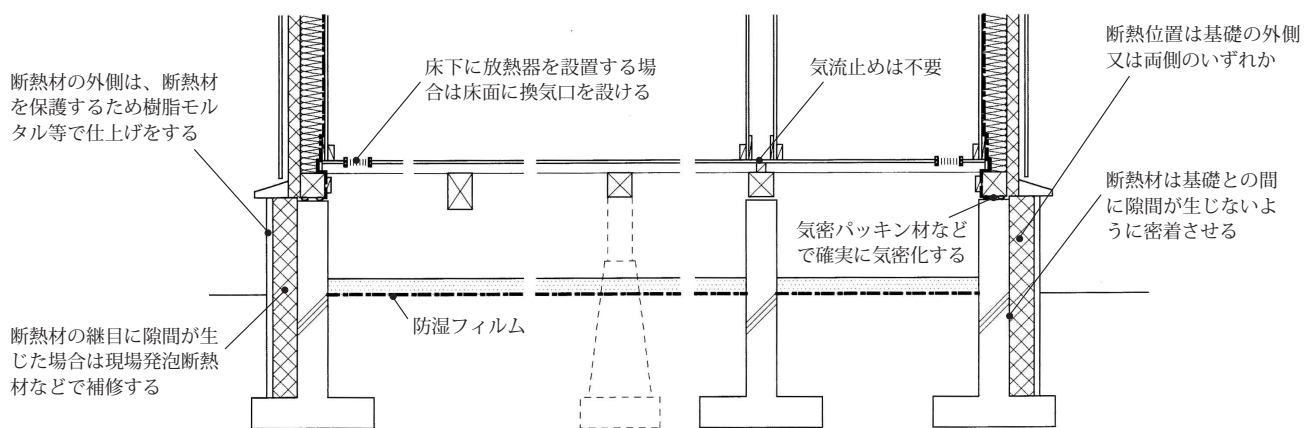


図 5.1.6 基礎断熱の例

写真 5.1.2 基礎断熱の施工例



2) 気密施工

基礎のコンクリートは密実に打設します。また、基礎天端と土台の間には、気密パッキン材を施工するなど、隙間が生じないようにします。この際に、基礎天端の施工精度が悪いと、十分な気密性能を確保できないことがあるので、セルフレベリングモルタルなどを使用するなどして精度を向上させる必要があります。また、復元力が強い気密パッキン材を使用する場合は、アンカーボルトの間隔を狭くするなどの配慮が必要です。

基礎断熱工法では基礎と土台間の気密化がとても重要です。
実際にこの部分の気密化に失敗する例も多くあります。

1.2. 外壁

木造軸組構法は、気流止めを設置しないことによる壁内気流の発生や施工不良によって断熱性能の低下が生じる可能性があります。特に繊維系断熱材の押し込みすぎや切断寸法の不良で壁の中に隙間が生じた場合、気流止めがないと壁の中に気流が生じ、断熱性能が著しく低下するので注意が必要です。

(1) 外壁断熱のポイント

壁体の乾燥、内部結露の防止、雨水浸入の防止を図って長期的に壁体の乾燥が維持されるように通気層を確保します。以下に充填断熱工法の場合の断熱施工のポイントを示します。

- ・原則として土台から桁まで隙間無くはめ込む
- ・筋かいや配管のある部分で隙間ができないように施工する
- ・土台、胴差、桁部分は気流止め材の措置をする(図 5.1.7)
- ・発泡プラスチック系断熱材による付加断熱工法では、図 5.1.8(a) に示すように軸組みの外側に直接張り、通気胴縁などで押さえる。
- ・繊維系断熱材による付加断熱工法では、横棧を併用する(図 5.1.8(b))。

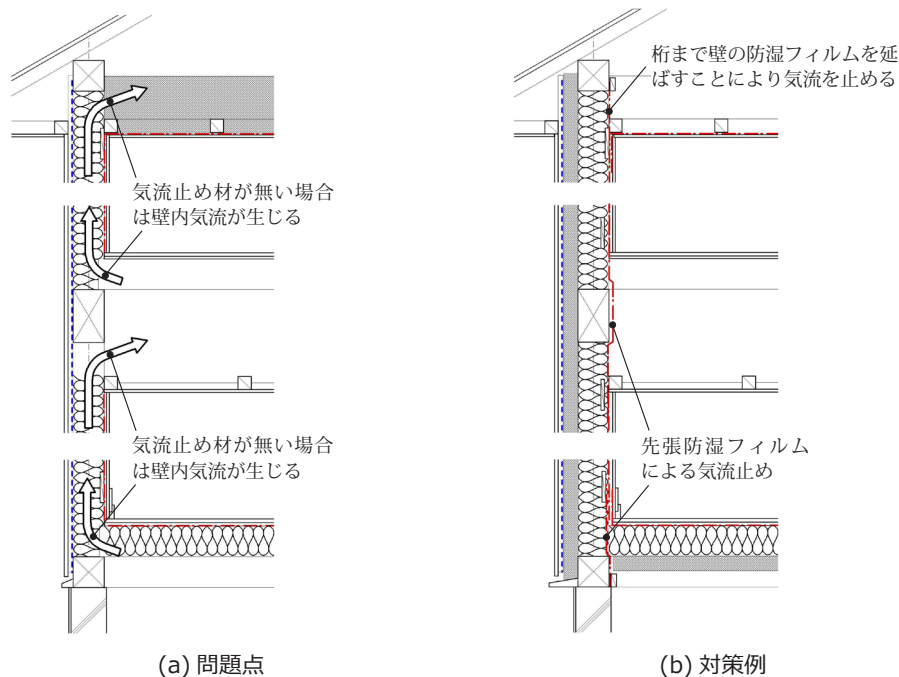
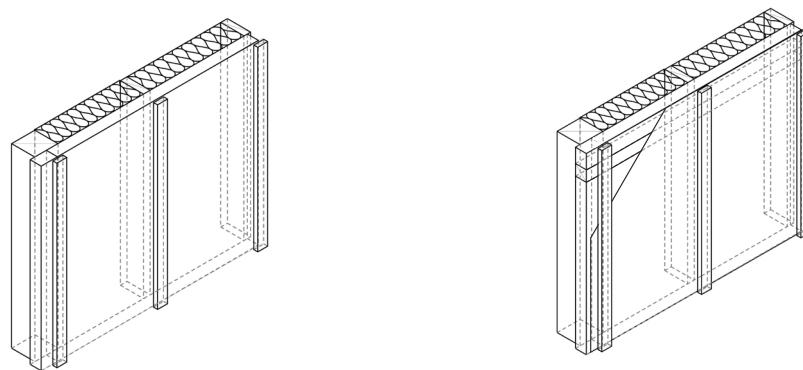


図 5.1.7 外壁の断熱上の問題点と対策



(a) 発泡プラスチック系断熱材の付加断熱施工方法

(b) 繊維系断熱材の付加断熱施工方法(横棧式)

図 5.1.8 付加断熱の施工例

(2) 防湿・気密施工

充填断熱工法の場合の防湿・気密施工のポイントを示します。

- ・使用する材料は第3章2.4. 気密層（P052）に示すものを使用する。
- ・防湿フィルムは断熱材の室内側に密着して施工する。
- ・防湿フィルムは断熱された天井・床、中間階床、間仕切壁などとの取合い部分において、切れ目が生じないように施工する。
- ・防湿フィルムは、継目になるべく少なくなるように大きいサイズのものを使用する。継目は、柱や間柱などの下地のあるところで重ねて施工し上からボードなどで押さえる。
- ・防湿フィルムを下地のないところで継いだり、梁や柱まわりなど上からボードなどで押さえることができない箇所は気密テープで隙間が生じないように留め付ける。
- ・窓まわりや配管貫通部などは特に隙間の生じやすい部分であるため気密部材や気密テープを用いてしっかり気密化する。

(3) 通気層・防風材

壁内結露を防止するためには、断熱層の屋外側に通気層を設けることが効果的です。通気層の役割は図5.1.9に示すように、室内から壁内に侵入した水蒸気を屋外に排出することの他に、外装材の乾燥化による耐久性の向上、外装材からの漏水を直接躯体内に入れないことなどです。

以下に通気層の施工上のポイントを示します。

- ・通気層は上下端部を外気に開放し、壁の場合の厚さは15mm以上を目安にする。
- ・通気層内に浸入した雨水が外部へ速やかに排出できるような納まりとする。
- ・防風材は第3章2.5. 防風層（P056）に示すものを使用する。
- ・繊維系断熱材と透湿防水シートを使用する場合、断熱材の復元厚さにより通気層の空間がつぶれることがあるため注意する（特に、繊維系断熱材の吹込み工法の場合）。
- ・防風層に透湿防水シートを使用する場合、継目を少なくして、防水・気密性能を高めるために、大きなサイズのシートを使用し、住宅瑕疵担保責任保険の設計施工基準等に準じて施工する。

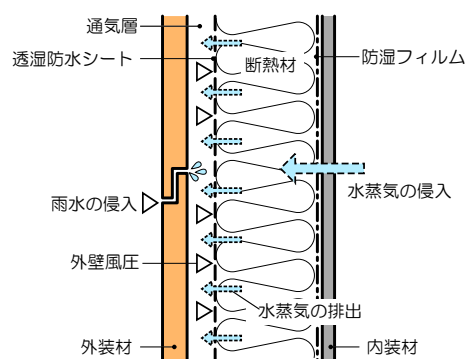
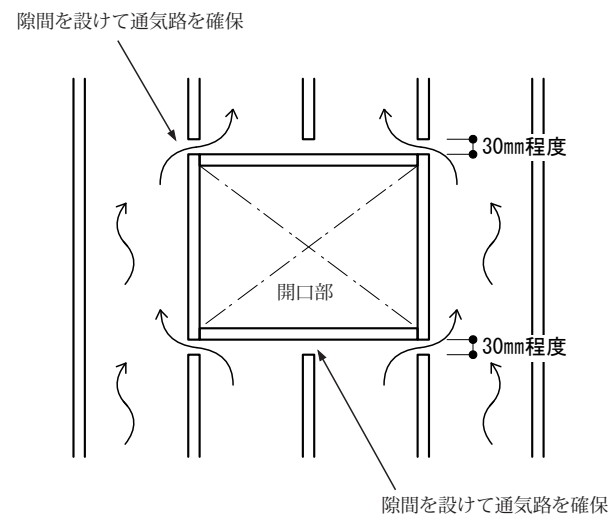


図 5.1.9 通気層と防風層



通気胴縁が窓取付け下地材にドン付けにならないように 30mm 程度隙間を設ける。

図 5.1.10 窓まわりの通気層の確保例



写真 5.1.3 縦胴縁と軒天部の納まり例



写真 5.1.4 縦胴縁による通気層の施工例

1.3. 天井・屋根

(1) 天井断熱

1) 断熱施工

天井の断熱材は、天井と外壁の取合い部、間仕切壁との交差部、吊木周辺の部分で隙間が生じないように、吹込み工法とすることが一般的です。ばら状断熱材は、それぞれ所定の吹込み密度が定められています。また、天井面に吹込む場合には施工後の沈下を想定して、設計厚より2～3割程度厚く吹き込まなければいけません。施工の際には各施工仕様書に基づいて行ってください。

厚い断熱の場合に天井の断熱材により小屋裏換気経路がふさがれないように、該当する部分にせき板(図5.1.11)を設置するなどの工夫が必要です。なお、せき板は透湿性のある材料を使用します。

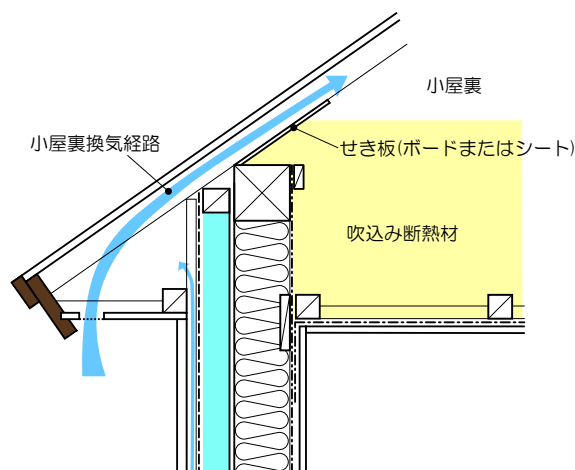


図 5.1.11 せき板の設置例

2) 防湿・気密材の施工

天井の防湿フィルムは、断熱材の室内側に密着して施工し、継ぎ目は野縁のあるところで重ねます。また、外壁、間仕切壁等との取合い部で切れ目が生じないように連続して施工します。

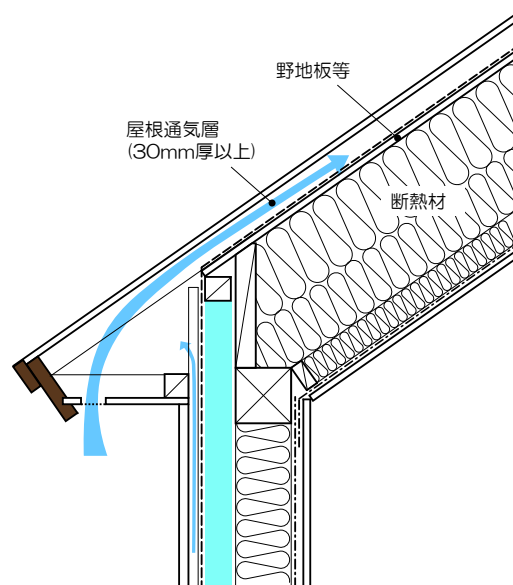
(2) 屋根断熱

充填断熱は、図 5.1.12 に示す垂木構造による方法が一般的です。断熱材の施工、防湿材・気密材の施工などは外壁の場合と同様です。

また、断熱仕様に関しては、1, 2 地域では屋根垂木間等に断熱材を充填するだけでは所定の断熱厚さを確保できない場合があるため、付加断熱の併用を検討する必要があります。

断熱材の外側には、通気層を設けます (図 5.1.13)。通気層の厚さは 30mm 以上とし、次項の (3) に示すように小屋裏換気を確保します。

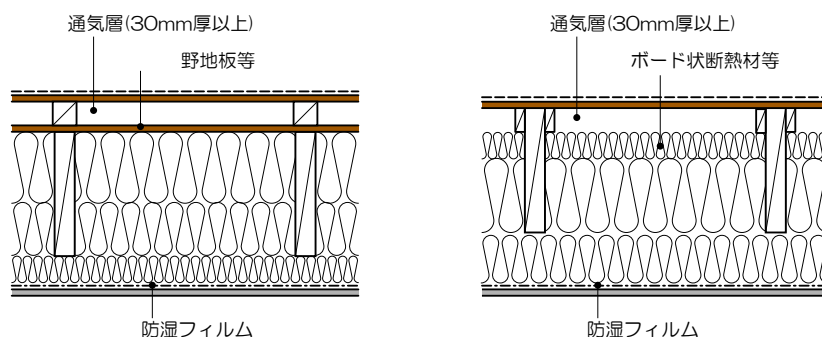
繊維系断熱材を使用する場合には、断熱材と通気層の間に防風材を設けます。防風材に透湿防水シートを用いる場合は、通気層がふさがれないようにボード状の材料を使用することが望まれます。



屋根断熱にダウンライトを施工する場合は埋め込むと断熱厚さが確保できないため、シーリングライト (直付式照明器具) を使用するのが原則です。

屋根断熱の通気層は防暑対策にも効果があります。

図 5.1.12 垂木構造の屋根の例



(a) 垂木の上に通気層を設けた例

(b) 垂木間に通気層を設けた例

図 5.1.13 屋根断熱の通気層の設け方

(3) 小屋裏換気（屋根断熱の通気層を含む）

小屋裏換気には、3つの役割があります。1つ目は小屋裏などで発生する結露を防止すること、2つ目は屋根のすがもれやつららなどの屋根雪障害を防止すること、3つ目は夏の防暑対策です。

換気方式には軒天換気方式と棟換気併用軒天換気方式、軒天換気と妻換気併用方式などがあります。棟換気は換気量を多く得ることができるため、軒天のみの換気方式に比べて、軒天の換気孔の必要面積が少なくなります。

小屋裏換気孔の面積は、断熱方法・屋根形状に応じて、天井見付面積に対して、表 5.1.1 に示す面積比の小屋裏換気孔の設置が必要です。なお、本表では、軒天換気と妻換気を併用する場合は棟換気併用軒天換気方式の欄の値を用います。



写真 5.1.5 棟換気併用軒天換気方式の例

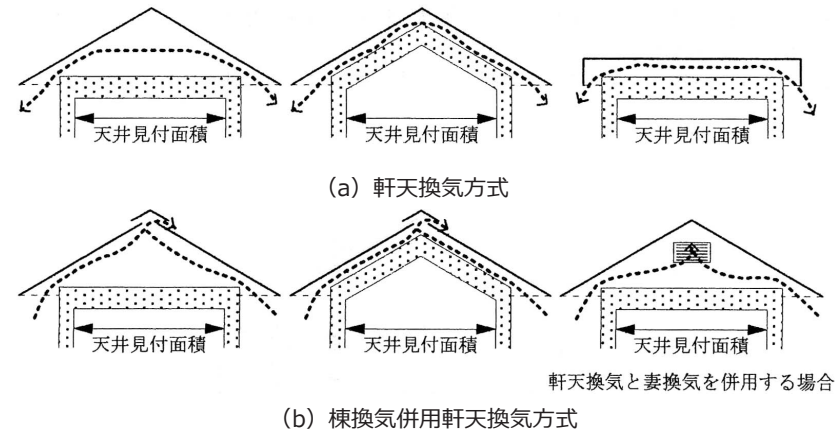


図 5.1.14 各小屋裏換気方式の天井見付面積の取り方

「有効開口面積」を理解する必要があります。

M 型屋根の場合や小屋裏面積が大きい場合には、必要な開口面積を確保できない場合があります。

換気部材の有効開口面積を確認したうえで、確保されているかの計算を行いましょう。

表 5.1.1 屋根形状・小屋裏換気方式ごとの換気孔面積比

		天井見付面積に対する小屋裏換気孔の面積比		
		勾配屋根 (落雪屋根及び雪止め金具などを用いる勾配屋根)		M 型屋根 (フラット屋根)
		天井断熱方式	屋根断熱方式	
軒天換気方式		1/290 以上	1/240 以上	1/360 以上
棟換気併用	棟換気孔	1/1200 以上		
軒天換気方式	軒天換気孔	1/1200 以上	1/720 以上	

表 5.1.2 有効開口面積を求めるための係数

換気部材の種類		実開口面積に 乗じる係数
軒天換気孔 部材	軒天用有孔ボード（孔径 5mm）	0.15
	防虫網（3mm メッシュ）・ガラリ付換気部材	0.15
	ガラリ付換気部材	0.30
	パンチングメタル部材	0.30
	積層プラスチック換気部材	0.40
棟換気部材	積層プラスチック換気部材	0.20

注：有効開口面積と実開口面積

表 5.1.1 の数値は、図 5.1.14 に示す天井見付面積に対する換気孔の「有効開口面積」の割合を示します。有効開口面積とは換気孔の通気抵抗などを考慮したもので、カタログなどに表示されている「実開口面積」より小さな値になるのが一般的です。実開口面積しか表示されていない場合は、換気孔の種類に応じて、実開口面積に表 5.1.2 に掲げる係数を乗じたものを有効開口面積とし、必要な換気孔面積（実開口面積）を求めます。

1.4. 間仕切壁

床断熱工法の場合、外壁部分と同様に間仕切壁でも気流止めの措置が必要です。

枠組壁工法は間仕切壁より床合板の施工が先行するため床下からの気流は生じません。木造軸組構法の場合もこれと同様に床を先行したり、先張り防湿フィルムを施工したりすることで、気流止めができます。また、床を基礎断熱工法としたり、大引き間で断熱することによって防湿フィルムを連続させたり、桁上で断熱するなどして、間仕切壁内の気流を防止する方法もあります。図 5.1.15 に壁内気流の防止方法を示します。



写真 5.1.6 間仕切壁部分の床を先行して施工した例

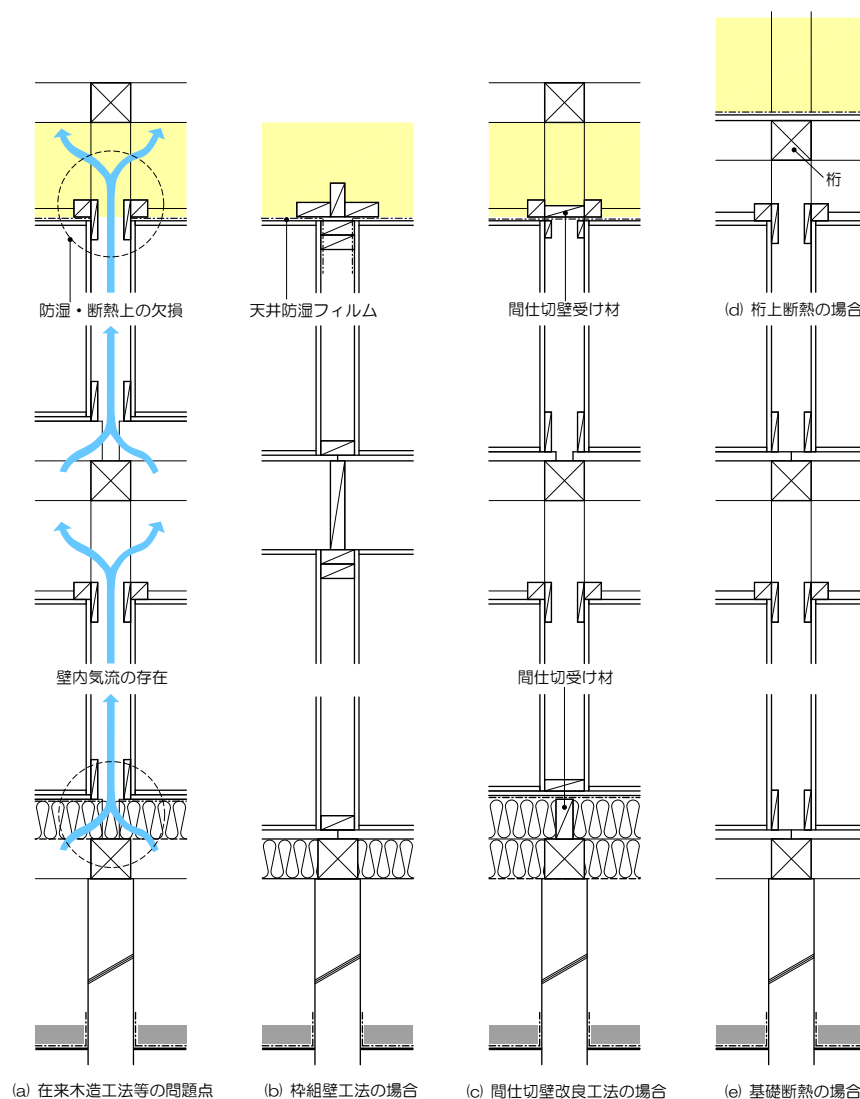


図 5.1.15 間仕切壁上下端部の断熱・防湿処理の考え方

2. 木造軸組構法（充填断熱工法）

2.1. 工程1：建前から中間階床根太の施工

この段階で注意すべき点として、1階外壁下端部に気流止め材を施工することと、2階床ふところ部分で外壁の気密層に断点が生じないように工夫をすることがあげられます。

（1）最下階床と外壁取合い部

最下階の床と外壁の取合い部は、次のいずれかによるものとします。なお、床に防湿フィルムを張らずに、床合板等で防湿・気密層を兼ねる場合は、床合板等と外壁の防湿フィルムは気密テープなどを用いて連続させます。

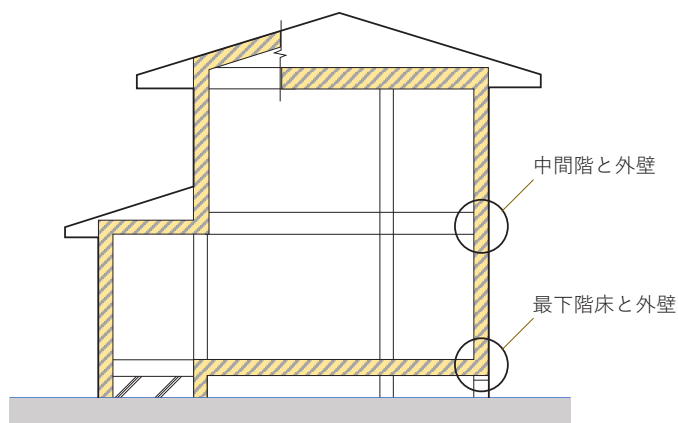


図 5.2.1 工程 1

1）先張り防湿フィルムによる方法

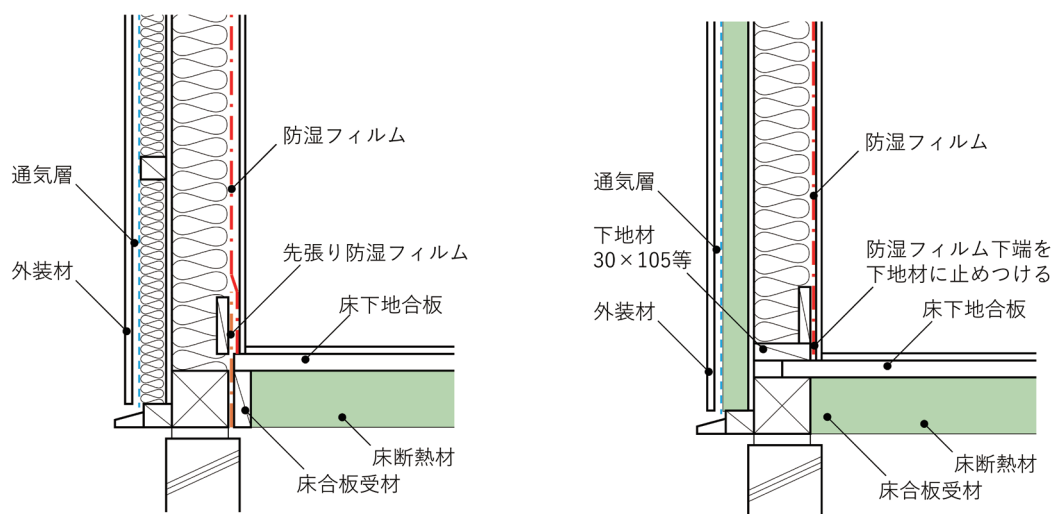
最下階の床と取合う外壁部に、先張り防湿フィルムを土台まで連続させ、気密テープによるか、木材等で挟み付け釘留めします。床の防湿フィルムは外壁部にまわり込ませ、外壁部の防湿フィルム及び先張り防湿フィルムと下地のある部分で 100mm 以上重ね合わせます。



写真 5.2.1 先張り防湿フィルムの施工例

2) 剛床とする方法

床合板等を土台に直接釘留めし、外壁の防湿フィルムは下地のある部分で 100mm 以上重ね合わせます。



(a) 先張り防湿フィルムによる方法

(b) 剛床とする方法

図 5.2.2 最下階の床と外壁の取合い部

(2) 中間階と外壁取合い部

1) 先張り防湿フィルムによる場合

2 階胴差しに先張り防湿フィルムを取り付けます。幅は 700mm 程度とし、根太掛け材で根太を受けることで、しわがよらずにしっかりと施工することができます。床梁や火打ち梁が先張り防湿フィルムを貫通する部分は気密テープで処理する必要があります (写真 5.2.2、写真 5.2.3)。

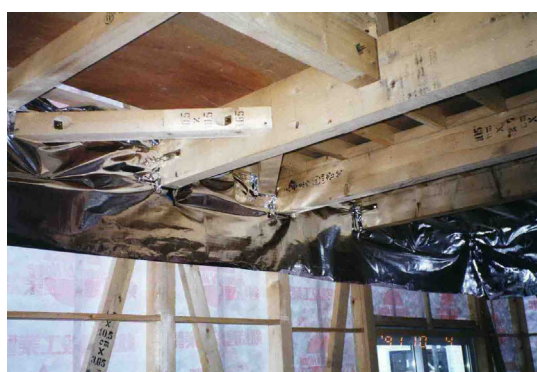
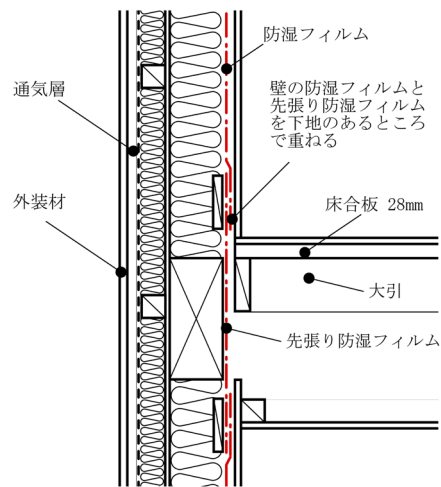


写真 5.2.2 先張り防湿フィルムの施工例 1



写真 5.2.3 先張り防湿フィルムの施工例 2



気流止め、気密層を連続させる方法は他にも様々あります。基本を理解することで工法の応用が利くようになります。

図 5.2.3 先張り防湿フィルムによる方法 中間階の床と外壁の取合い部

2) 先張り防湿フィルムを省略する場合

1 階壁防湿フィルムを胴差しに留め付け、上から乾燥材（木材、ボードなど）で挟みつけます。2 階床合板と 2 階外壁の防湿フィルムは気密テープなどで処理する必要があります（図 5.2.4）。

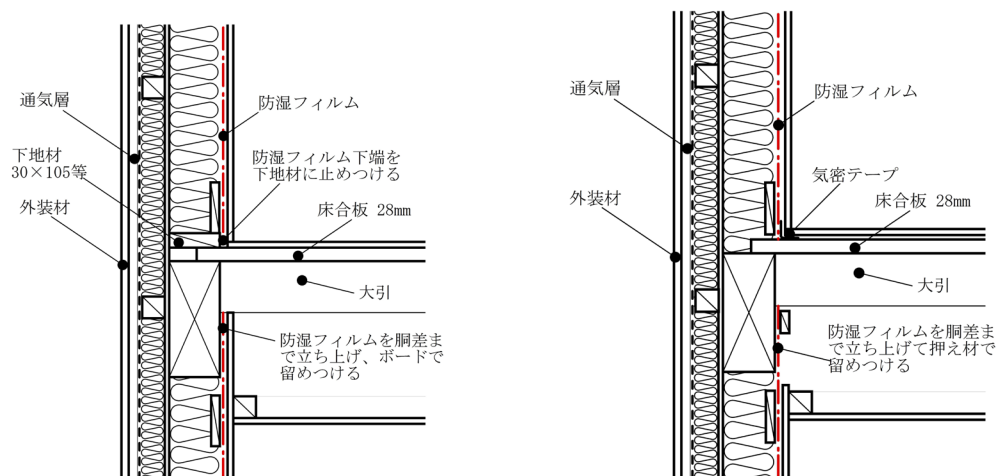


図 5.2.4 先張り防湿フィルムを省略する方法 中間階の床と外壁の取合い部

2.2. 工程2：最下階床の断熱・防湿フィルムの施工

(1) 床の断熱気密施工

1) 断熱材の施工

1階床は地盤の防湿フィルム施工後、十分な剛性を持った断熱材受けをネット又は透湿防水シートを併用してつくり、断熱材を施工します。

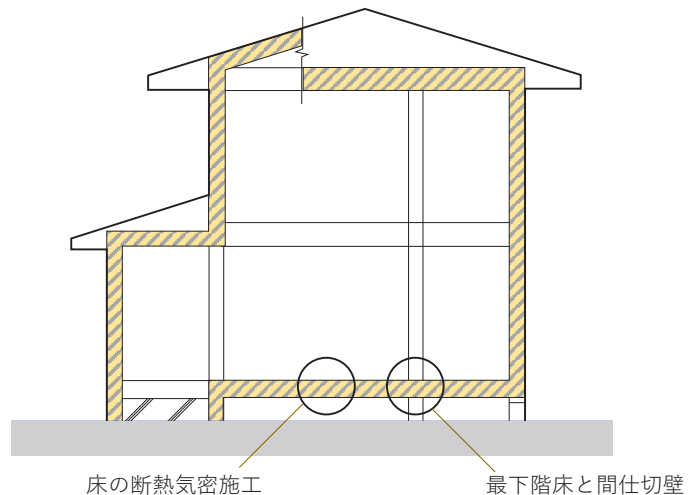


図 5.2.5 工程2

2) 床の防湿フィルムの施工

合板を土台に直接留めつける場合は合板を気密層とできるため、床の防湿フィルムを省略できます。この場合は、合板の継ぎ目などの気密措置が必要です。

床の防湿フィルムを施工する場合は床と外壁の防湿フィルムの重ねを 100mm 以上確保できるように、外壁の四周で防湿フィルムを 150mm 以上立ち上げておきます。

床の防湿フィルムは原則的に、間仕切下端部も連続して施工します。あらかじめ間仕切部分のみ防湿フィルムを先張りする場合は、先張り防湿フィルムと床防湿フィルムの重ねは木下地がある部分で 100mm 以上確保します。

(2) 最下階床と間仕切壁

床合板等による気密層を施工したのち、間仕切壁を施工します（図 5.2.6、図 5.1.15 参照）。

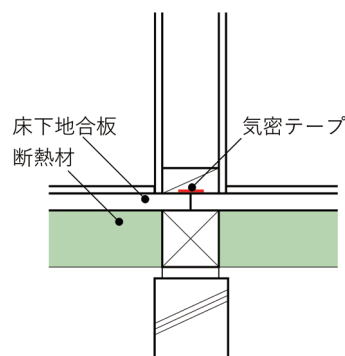


図 5.2.6 最下階床と間仕切壁の取合い部

2.3. 工程3：外壁の断熱・防湿フィルムの施工

外壁の断熱防湿施工は、間仕切壁を施工する前に行います。外壁の断熱材は丁寧に、先張り防湿フィルム施工部分も忘れずに施工します。

壁の防湿フィルムは、1階は1階床先張り防湿フィルムから胴差しの先張り防湿フィルムまで重ね幅を100mm以上とり施工します。2階上端は桁まで伸ばし、押え材、合板やボード等、乾燥した材料で挟みつけます。

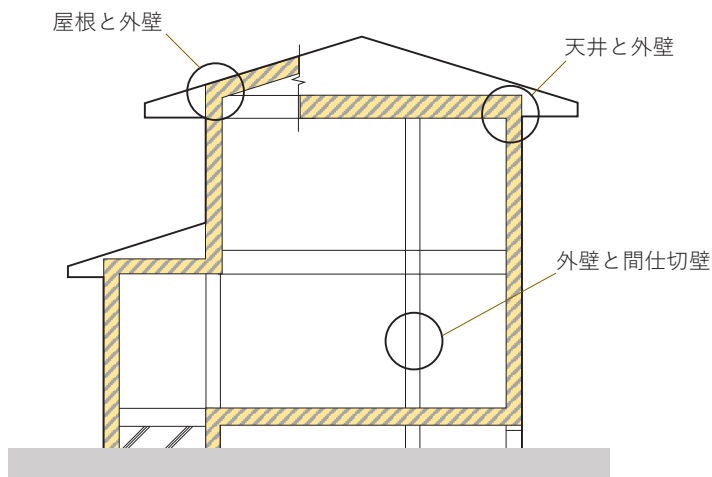


図 5.2.7 工程 3

(1) 屋根の直下の天井（又は屋根）と外壁の取合い部

屋根の直下の天井（又は屋根）と外壁の取合い部は、次のいずれかによります。

1) 外壁の防湿フィルムによる方法

外壁の防湿フィルムを桁まで連続させ留め付けます（図 5.2.8(a)(b)）。防湿フィルムの桁への固定は、気密テープによるか、木材等で挟みつけ釘留めします。天井の防湿フィルムは下地材のある部分で100mm以上重ね合わせます。

2) 先張り防湿フィルムによる方法

屋根の直下の天井（又は屋根）と取合う外壁部に先張りの防湿フィルムを桁まで連続させ留め付けます（図 5.2.8(c)）。天井（又は屋根）の防湿フィルムは外壁部にまわりこませ、外壁部の防湿フィルム及び先張りの防湿フィルムと下地材のある部分で100mm以上重ね合わせます。

なぜ、先張り防湿フィルムが必要かを理解する。

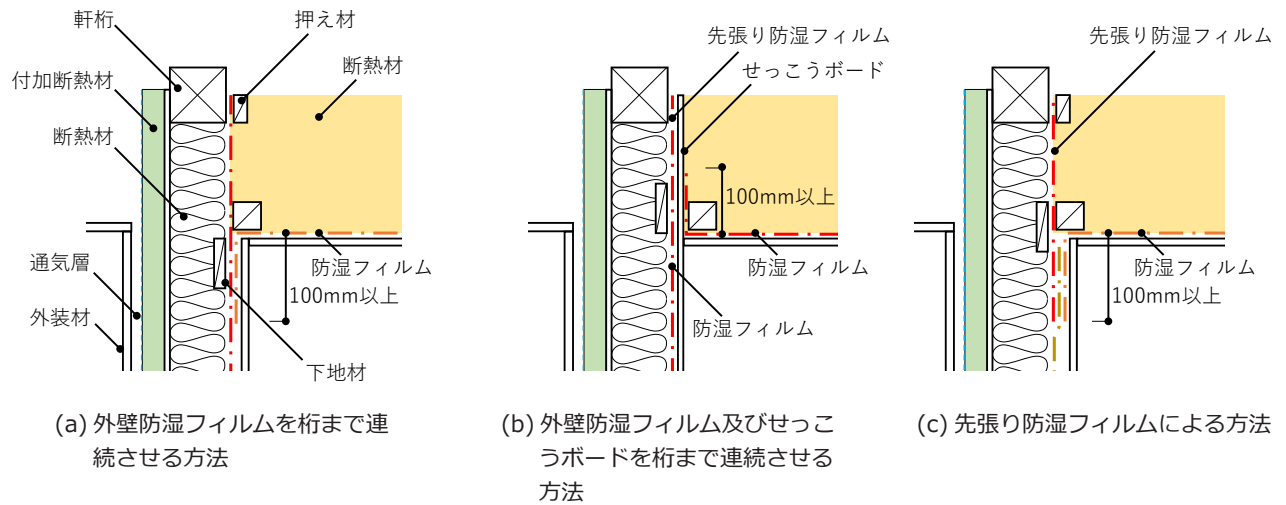


図 5.2.8 最上階天井と外壁の取合い部

(2) 外壁と間仕切壁の取合い部分

外壁の間仕切壁が取付く部分に先張り防湿フィルムを張ります。外壁の防湿フィルムは先張りの防湿フィルムに下地材のある部分で 100 mm 以上重ね合わせます。

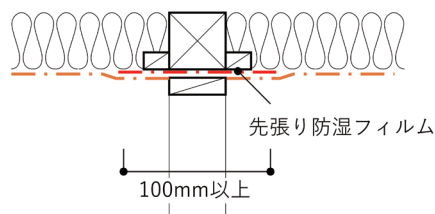


図 5.2.9 外壁と間仕切壁の取合い部

2.4. 工程4：最上階天井の防湿フィルムの施工

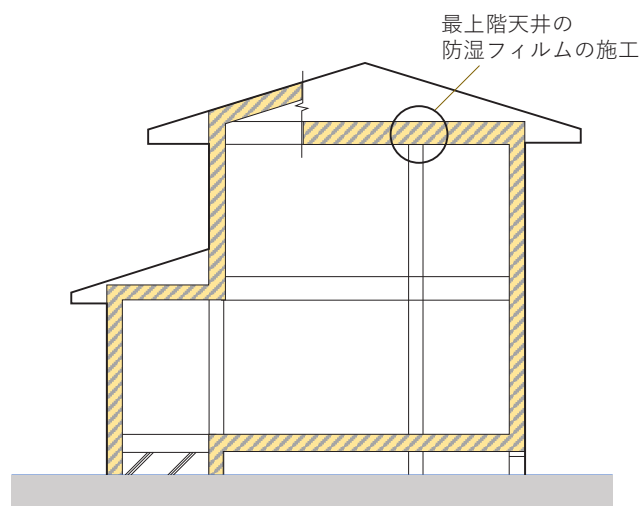


図 5.2.10 工程4

天井の防湿フィルムは、壁下地の違いによらず、外壁の防湿フィルムとの重ねを 100mm 以上確保できるように、外壁周りで垂れ下げて施工します。防湿フィルム相互の重ねは、木下地のある部分で 100mm 以上確保します。

間仕切壁との取り合いは、間仕切壁下地の施工前に天井防湿フィルムを先行するか、又は取り合う部分のみ先張り防湿フィルムを張り、後から天井防湿と防湿フィルムを連続させる方法などがあります。いずれにしても、間仕切壁のせっこうボードなどは、床から桁まで一気に施工せず、天井との取合い部分で気流止めの措置を忘れずに行うことが大切です。

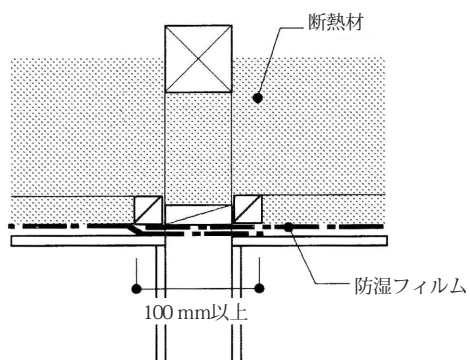


図 5.2.11 最上階天井と間仕切壁の取合い部
(天井の防湿フィルムを先行する方法)



写真 5.2.4 天井の防湿フィルムの施工例

2.5. 工程5：下屋部分の断熱・防湿フィルムの施工

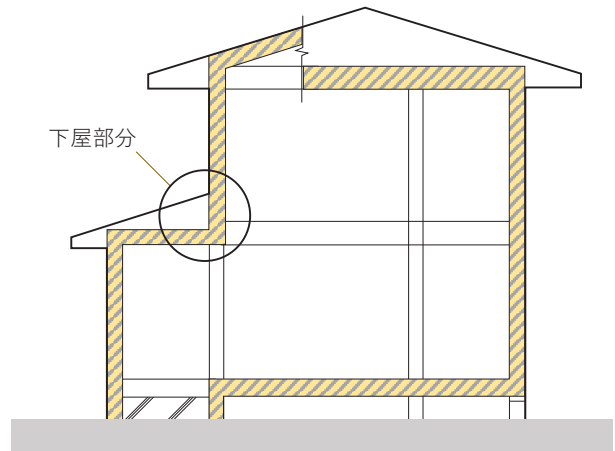


図 5.2.12 工程5 下屋部分の天井及び下がり壁の施工

在来木造構法住宅の下屋部分は、1階天井から2階外壁へ断熱・防湿・気密層の施工が行われないことが多く、断熱や気密にも大きな欠損が生じやすい部分です。

1階天井から2階外壁へ断熱・気密層を連続させるように、断熱した下がり壁を設けます。下がり壁の防湿気密は、先張り防湿フィルムなどを施工する必要があります。また、断熱は外壁と同様に考えます。

下部に間仕切壁がある場合とない場合も基本的な違いはありません。ただし、1階が大きな部屋となる場合は、中央部分にむくりをもたせることが多いので、下がり壁を天井下地から独立して構成し、天井下地は多少逃げをもたせた方が良いでしょう。

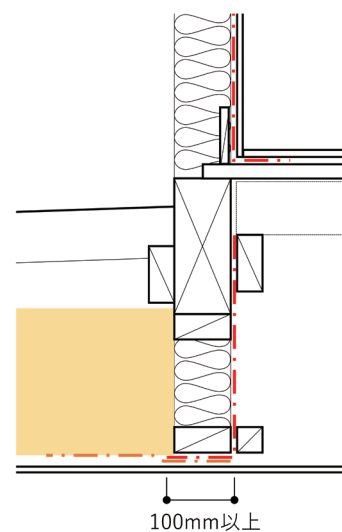


図 5.2.13 下屋部分の先張り防湿フィルムの施工例

3.

木造軸組構法の外張断熱工法と桁上断熱

充填断熱工法に比べ、断熱・防湿・気密施工が容易であり、構造材などの熱橋による影響をほとんど受けずに断熱化できることなどが特徴です。

一方で、外壁や屋根の断熱厚さを増した場合は、多層張りになるため、断熱工事で若干の手間が増すこと、外壁においては、モルタル、タイルなど外壁材の自重が大きい外壁材を用いる際には下地の取り付けに工夫を要すること、高所作業となる屋根においては作業安定性、強風地域における軒先の取り付けや、屋根下地に工夫を要することなどの注意点があります。

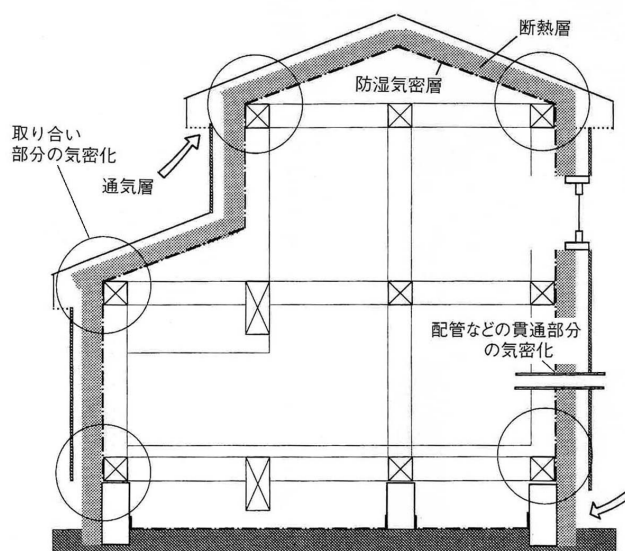


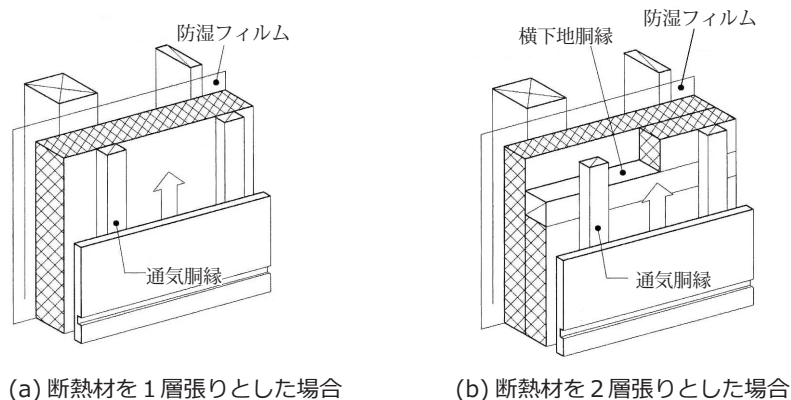
図 5.3.1 外張断熱工法

3.1. 外壁

(1) 断熱の施工方法

外張断熱工法の断熱材と下地の構成例を図 5.3.2 に示します。現状では、下地を留め付ける釘などの長さから、80mm 程度の断熱厚さまでは断熱材を一層張りとして、下地を設けない方法が一般的です。外壁や屋根などで、それより断熱材が厚くなると、断熱材を二層、三層にしてどちらかの層に下地を設ける方法になります。

モルタル、タイルなど自重が大きい外壁材を使用した場合は、一層張りでも下地を併用した方が安全です。



(a) 断熱材を1層張りとした場合

(b) 断熱材を2層張りとした場合

図 5.3.2 発泡プラスチック系断熱材の下地の構成例

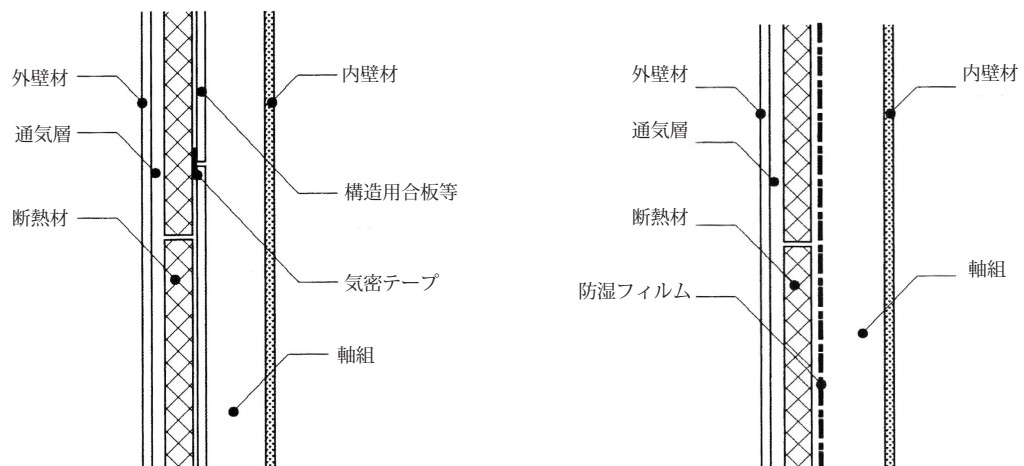
(2) 気密層の施工方法

外壁・屋根などの気密を確保する方法は、合板等による方法と防湿フィルムによる方法があります(図5.3.3)。

① 発泡プラスチック系断熱材の室内側に構造用合板など通気性の低い乾燥した構造用合板等を張る方法 (図5.3.3 (a))

軸組と発泡プラスチック系断熱材の間に構造用合板などを全面に張り、合板などの継目は気密テープで処理します。構造補強を兼ねることができる合理的な方法です。

② 発泡プラスチック系断熱材の室内側に防湿フィルムを張る方法 (図5.3.3 (b))



(a) 室内側に構造用合板等を用いる場合

(b) 室内側に防湿フィルムを用いる場合

図5.3.3 外壁の気密化方法を用いる場合

3.2. 各部の取合い

(1) 屋根断熱と外壁の取合い部

外壁・屋根の断熱材内側に防湿フィルムを気密層として施工した仕様を図 5.3.4 に示します。ここでは、屋根に防湿フィルムを施工していますが、降水時の作業の安全性を考え、屋根合板の継目に気密テープを張り、気密層とする方法もあります。

いずれの場合でも、屋根断熱材と外壁断熱材の間で、有害な断熱欠損が生じないように、必要に応じて現場発泡断熱材などで補修します。また、外壁の気密材と屋根の気密材の間に隙間が生じないように、気密テープなどを使用して気密層を連続させます。屋根の断熱をさらに厚くする場合は、外壁を外張断熱として屋根を充填断熱とすることもできます。

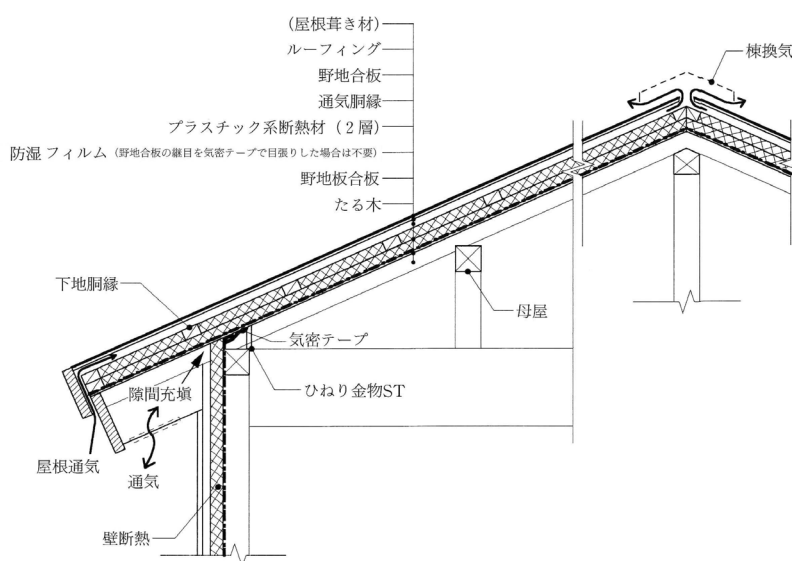


図 5.3.4 屋根と外壁の取合い部の施工例

(2) 天井断熱と外壁の取合い部

天井面を充填断熱とし、外壁を外張断熱とした例を図 5.3.5 に示します。この例では外壁上部の天井下地レベルに乾燥木材を柱間に施工し、天井の防湿フィルムと連続させ、一体の防湿層を形成しています。

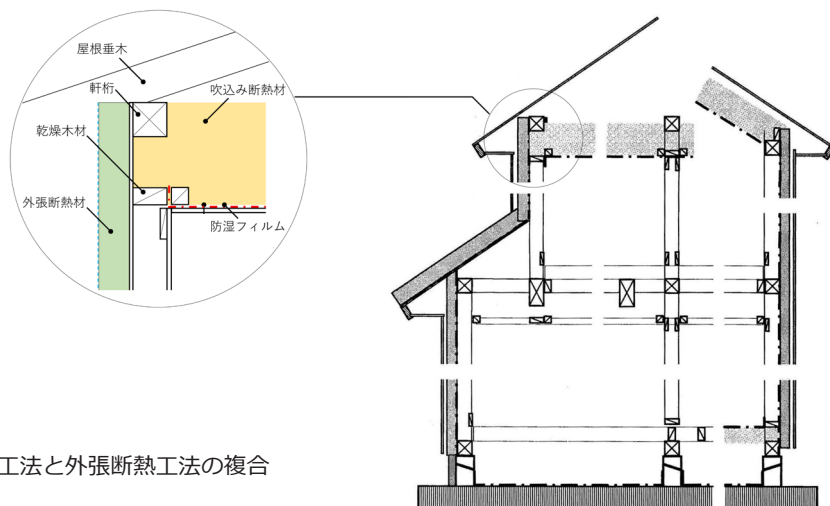


図 5.3.5 充填断熱工法と外張断熱工法の複合

(3) 基礎と外壁の取合い部

図5.3.6、図5.3.7は基礎断熱と外壁の取合い部の例です。この場合、基礎断熱材と外壁断熱材の間に、断熱・気密欠損が生じないように、基礎天端と土台の間に専用の気密パッキン材を施工するか、又は、現場発泡断熱材、気密テープなどを施工します。

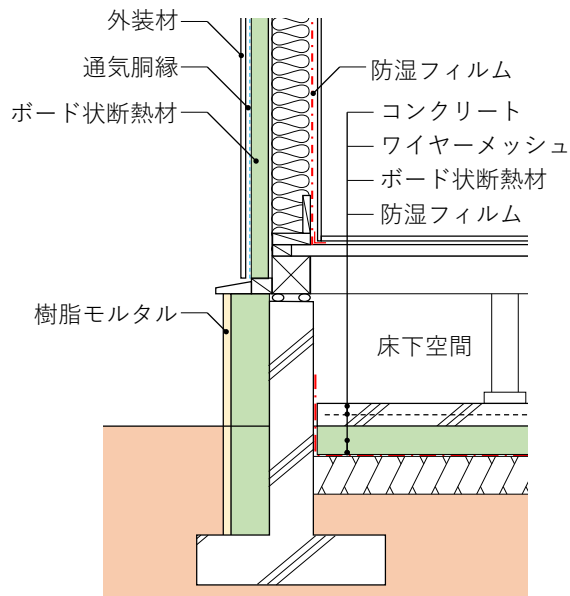
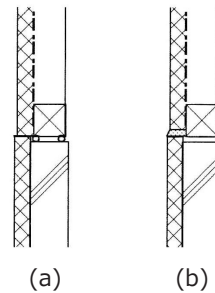


図 5.3.6 基礎と外壁の取合い部の施工例



(a) 基礎上端部に気密パッキン材を施工
(b) 断熱材の継目に現場発泡断熱材を施工

図 5.3.7 基礎と外壁の取合い部の気密施工例

断熱材の中をシロアリが這い上がり構造材等を食害する恐れがありますので、シロアリ生息地域では地盤を土壌処理をしたり、使用する断熱材においては公益社団法人木材保存協会から認定を受けた防蟻断熱材等、防蟻性能の有効性や耐久性が確認された材料の使用を推奨します。具体的な防蟻方法に関しては、部材メーカーの施工要領に沿って施工してください。

3.3. 桁上断熱工法

住宅の桁上でフラットに断熱層を構成する工法を桁上断熱工法といいます。桁上断熱工法は、外壁を充填断熱とする場合及び外壁を外張断熱とする場合に適用できます。図 5.3.8 は、外壁を充填断熱とした例です。外壁を外張断熱とする場合の納まりは図 5.3.9 に示すようになります。外壁と桁上部の気密層の連続性が取りやすくなります。また、桁上断熱工法のメリットとして、作業の安全性が確保されること、深い軒の出の屋根でも施工が可能になること、厚い断熱にも比較的容易に対応できることや気流の生じる構造でも間仕切壁の気流止めなどが不要となり、断熱・気密施工が単純化されるといった点があります。

図 5.3.8 桁上断熱工法の例

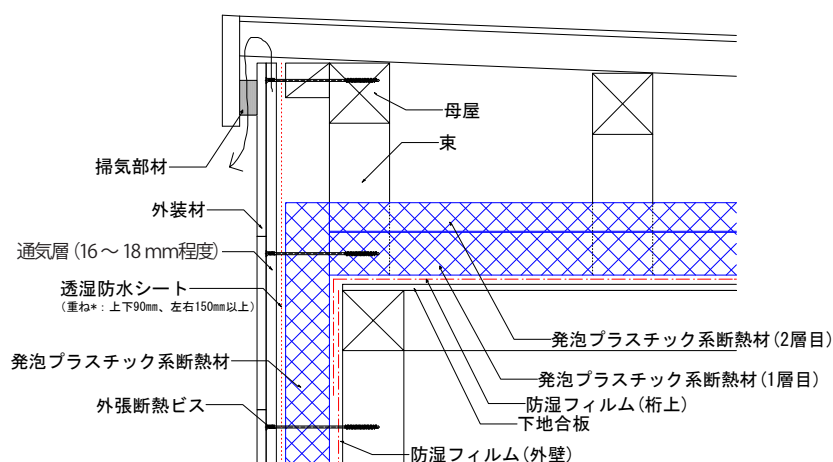
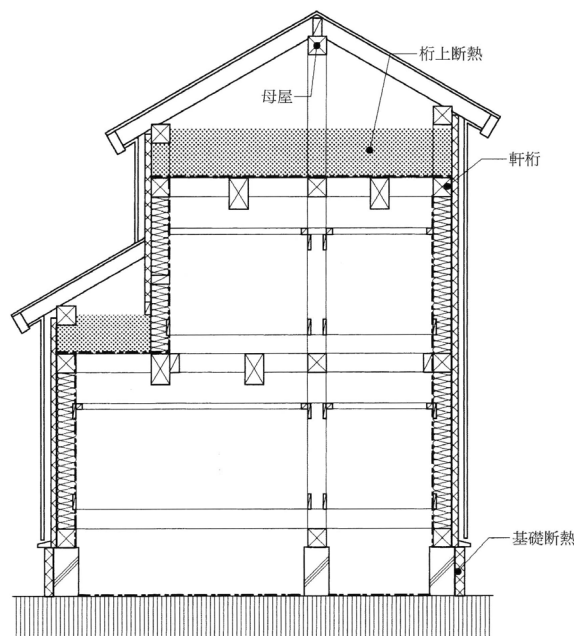


図 5.3.9 外張断熱外壁と桁上断熱部の納まり

桁上断熱工法を導入することのメリットが大きい在来木造構法を想定して、以下に標準的な施工の手順と留意点を示します。

- ・ 小屋梁の上端を軒桁の上端にそろえて設置します。なお、小屋梁の間隔は 900mm ～ 1350mm を標準とします。
- ・ 小屋梁などの上面に合板を施工し、作業床とします。
- ・ 気密施工を行います。繊維系断熱材を用いる場合は合板の上面に、防湿フィルムを連続して施工します。
- ・ 断熱材、小屋束などを施工して、その後、屋根たる木、野地板など通常の屋根工事を行います。なお断熱材は、相互の隙間が生じないように施工します。
- ・ 小屋裏部分の防露、排熱のため小屋裏換気孔を設けます。

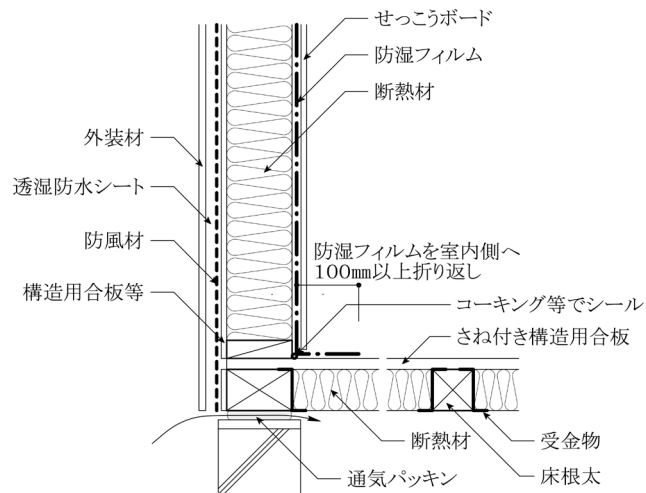
4. 桢組壁工法

4.1. 最下階床と外壁の取合い部

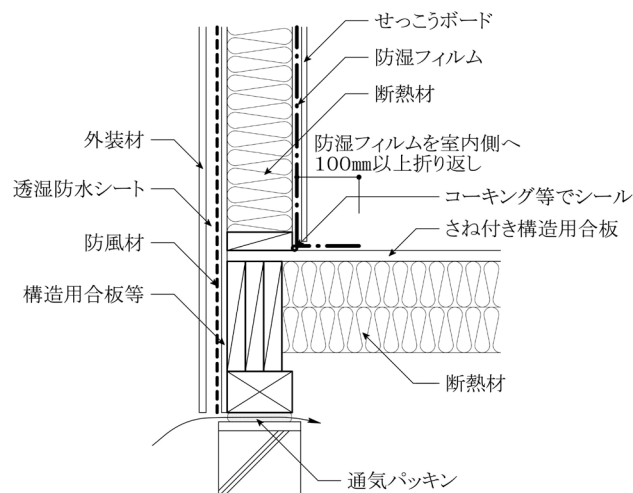
桢組壁工法は各部位が独立しているため、断熱・気密上の大きな欠陥は起こりにくいのが特徴で、木造軸組構法のような気流への対処は原則として不要です。

最下階床と外壁の取合い部は、壁の防湿フィルムと床合板をコーキングでシールする。

- ・大引き間断熱の場合：図 5.4.1 (a)
- ・根太間断熱の場合：図 5.4.1 (b)



(a) 大引き断熱の場合



(b) 根太間断熱の場合

図 5.4.1 最下階床と外壁の取合い部

4.2. 中間階床と外壁の取合い部

中間階床と外壁の取合い部は、次に示す施工方法などがあります。

- ・側根太を気密層として考え、その四周を気密にシールし、床合板と上階のたて桟下部の納まりは壁の防湿フィルムと床合板をコーキングでシールする。
- ・下階の天井の防湿フィルムとたて桟上部はコーキングでシールし、防湿フィルムは室内側へ伸ばし、床根太・ころび止め等に留めつける。

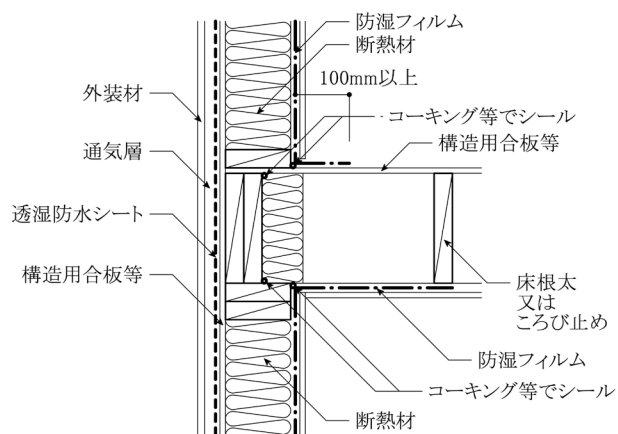


図 5.4.2 中間階床と外壁の取合い部

4.3. 外壁と内部壁枠組（間仕切壁）の取合い部

外壁と間仕切壁の取合い部は、壁の防湿フィルムとたて枠の交差部をコーキングでシールする（図5.4.3）。

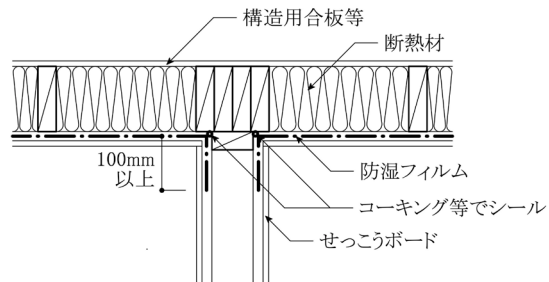


図 5.4.3 外壁と内部壁枠組（間仕切壁）の取合い部

4.4. 天井と内部壁枠組（間仕切壁）の取合い部

天井と間仕切壁の取合い部は、天井の防湿フィルムとたて枠の交差部をコーキングでシールする（図5.4.4）。

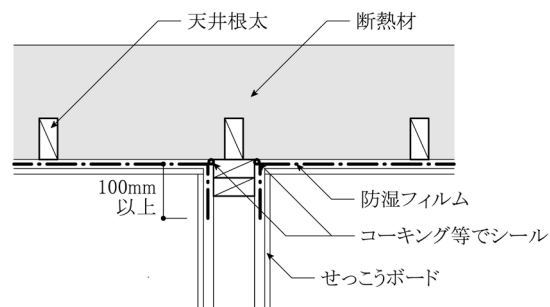


図 5.4.4 屋根直下の天井と内部壁枠組の取合い部

4.5. 下屋部分

下屋部分は、次に示す施工方法などがあります。

- ・側根太を気密層として考え、その四周を気密にシールし、床合板と上階のたて枠下部の納まりは壁の防湿フィルムと床合板をコーキングでシールする。下屋の天井防湿フィルムは室内側へ伸ばし側根太等に留めつける。

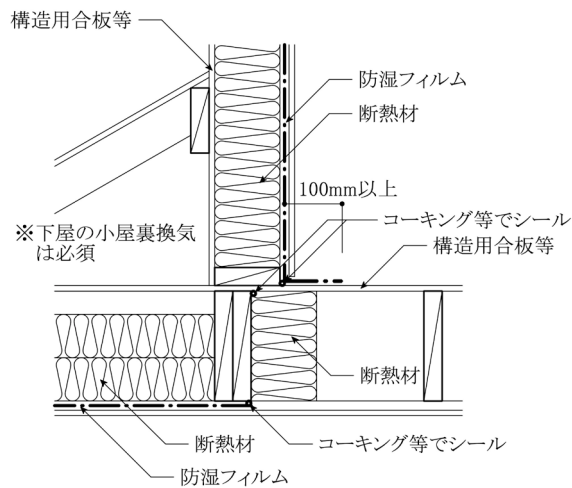


図 5.4.5 下屋部分の天井と上階床の取合い部

5. 細部の気密

相当隙間面積を $1.0\text{cm}^2/\text{m}^2$ 以下とするためには構造材や配管などが気密層を貫通する部分において、丁寧に気密処理を行う必要があります。また、漏気による壁体内部での結露を防ぐためにも気密処理が必要です。このような気密処理を行うことで、室内温熱空気環境の維持や暖房負荷の増大を抑えることにつながります。

細部の気密処理は、設備計画や断熱計画の段階から検討を行うことで、その箇所を大幅に少なくすることができます。具体的には、配管・配線・コンセントなどを、間仕切壁や中間階床ふところなどの非断熱構造部分に設置すると、気密工事をする必要がなく、気密・防露性能を損なうこともありません。また、基礎断熱工法を採用すると、床下を配管スペースとして積極的に利用することが可能となり、気密層の貫通部分を大幅に減らすことができます。以下に、細部処理の必要な箇所と代表的な納まりの例を示します。

5.1. 梁、柱が防湿・気密層を貫通する部分

写真 5.5.1、図 5.5.1 は最下階の柱が、写真 5.5.2、図 5.5.2 は中間階の床梁が、防湿・気密層を貫通する部分を気密テープ等で気密化する方法です。いずれも、カッターで防湿フィルムを丁寧に切断し、気密テープで処理します。



写真 5.5.1 柱下部が防湿フィルムを貫通する部分の施工例

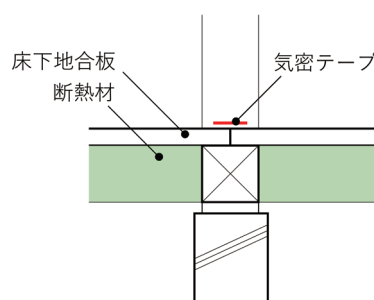


図 5.5.1 柱下部が防湿フィルムを貫通する部分の施工例



写真 5.5.2 梁が防湿フィルムを貫通する部分の施工例

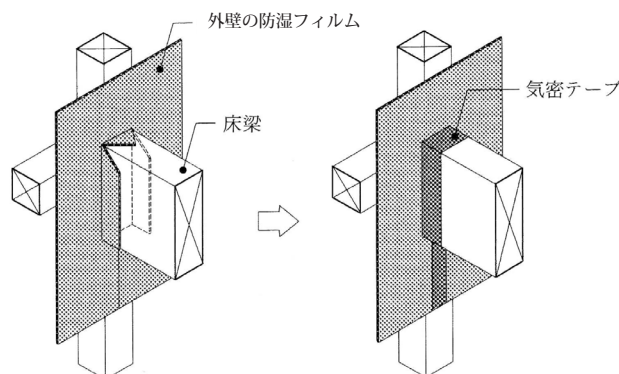


図 5.5.2 梁が防湿フィルムを貫通する部分の施工例

5.2. 配管や配線が防湿・気密層を貫通する部分

(1) 設備配管周りの気密化

写真 5.5.3 は、設備配管や配線が防湿・気密層を貫通する部分を、気密テープでシールする方法です。また、専用のプラスチック系の部材と気密テープを用いて、気密の簡略化を図る方法もあります。



写真 5.5.3 換気孔貫通部の気密化例

(2) 電気配線のコンセント、スイッチボックスの周りの気密化

写真 5.5.4、写真 5.5.5 は、専用のプラスチック成型気密材を用いて気密化する例です。また、コンセントボックス自体に防湿気密措置が講じられたものを使用する方法もあります。



写真 5.5.4 コンセント部などの気密化例



写真 5.5.5 気密コンセントボックスの例

(3) 照明器具等の周りの気密化

最上階で天井断熱している部位に設ける照明器具は、断熱層、防湿・気密層の欠損を防ぐためにシーリングライト（直付け式照明器具）を使用することが原則です。

5.3. 床下及び小屋裏の点検口

床下・小屋裏空間に通じる点検口を設ける場合は、写真 5.5.6 に示すように、既製品の気密点検口などを使用すると簡単に断熱気密化が図れます。



写真 5.5.6 気密点検口による断熱気密化の例

5.4. ばら状断熱材用作業口の気密化

天井や屋根にばら状断熱材を施工するための作業口は、図 5.5.3 に示すように、その部分で断熱・防湿・気密上の断点が生じないように施工します。

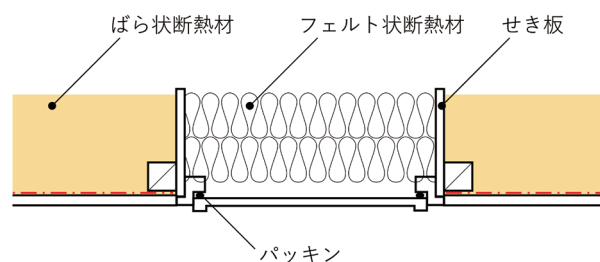
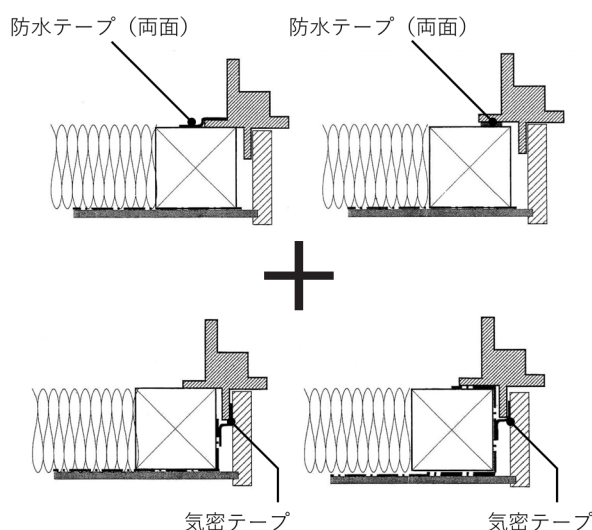


図 5.5.3 ばら状断熱材用の作業口まわりの気密施工例

6. 開口部まわり

外窓、玄関ドアなど、開口部の枠の周りは、防湿・気密層と開口部の枠との間に隙間が生じないように気密テープを張ります。通常、枠の四周は、図 5.6.1(a) に示すように、防水のため、枠の外気側にブチルゴム系の防水テープを張るのが一般的です。しかし、この仕様では、室内側の水蒸気が枠と構造材の隙間まで侵入し、枠の躯体への取付け部分で結露が発生する恐れがあります。特に、隙間に断熱材を挿入した場合は、その危険性は大きくなります。そこで、図 5.6.1(b) に示すように、枠の室内側にも気密テープを張り、防湿気密処理をする必要があります。

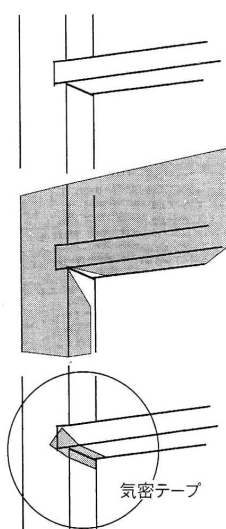


(a) サッシの外側からシールする場合

ブチルゴム系の両面テープでシールします。両面テープは、躯体と開口部の枠だけではなく、透湿防水シートとも密着させ、防水・防湿層の連続性を確保します。

(b) サッシの内側からシールする場合

結露水などが躯体に浸透しないように、防湿フィルムを巻き込んで施工し、気密テープで開口部の枠とシールします。その際、防湿層の欠損になりやすい(c)の施工に注意します。



(c) サッシ内側からシールする場合

気密化手法の違いに関係なく、軸組構成材と上下の下地枠の交差部分を気密テープでシールします。



図 5.6.1 開口部の気密化方法

写真 5.6.1 開口部の気密化例

第 6 章

断熱施工チェックリスト

本テキストに掲載しているチェックリストは、充填断熱工法と外張断熱工法です。

充填断熱に外張断熱を併用した付加断熱工法などの場合は、該当する断熱施工チェックリストの該当する箇所をご活用ください。

1. 断熱施工チェックリスト（充填断熱工法用）

1) 一般事項

- ☐ 地盤の防湿措置を行ったか？
 - ☐ 外壁、窓枠周り、軒下、棟などで通気層出入口が確保されているか？
 - ☐ 各部位で必要な性能（密度・厚さ等）の断熱材を施工したか？
 - ☐ 断熱材は隙間なく施工し、各取合い部で連続しているか？
 - ☐ 別張り防湿フィルムは、各取合部で連続しているか？（透湿性の高い断熱材^{※1}の場合）
- ※ 1：透湿性の高い断熱材：グラスウール、ロックウール、セルローズファイバー等の繊維系断熱材及びプラスチック系断熱材のうち吹付け硬質ウレタンフォーム A 種 3 等、その他これに類する透湿抵抗の小さい断熱材
- ☐ 防湿フィルムの継ぎ目は、下地のあるところで原則 100mm 以上重ねられているか？
 - ☐ 防湿フィルムは、乾燥木材やせっこうボードで挟み、留め付けているか？
 - ☐ 吹付け硬質ウレタンフォーム A 種 3 に該当する断熱材を使用する場合は、別張り防湿フィルムを施工したか？
 - ☐ 特別評価方法認定により防湿層や通気層等を省略する場合は、対象地域、仕様、断面構成等を確認したか？

2) 浴室・玄関まわり

- ☐ 壁の断熱施工を行い、防湿フィルムを合板等（乾燥木材、せっこうボード、部分的には気密テープも可）で押さえたか？
- ☐ 下屋の場合、天井の断熱施工をして、防湿措置を行ったか？
- ☐ 玄関部や浴室基礎部の断熱施工を行ったか？（基礎断熱の場合）
- ☐ 基礎断熱材は基礎天端まで施工したか？（基礎断熱の場合）
- ☐ 浴室や玄関土間部の土台部の隙間を気密パッキン等で塞いだか？（基礎断熱の場合）
- ☐ 隣室基礎部との開口に断熱構造の蓋を施工したか？（床断熱と基礎断熱を併用する場合）

3) 一般床

- ☐ 床と外壁の取合い部では、断熱と気流止めを施工したか？
- ☐ 間仕切壁下部に断熱と気流止めを施工したか？（床断熱の場合）
- ☐ 床の気密は取れているか？（床断熱の場合）
- ☐ 配管貫通部は気密テープ等で留め付けたか？（床断熱の場合）
- ☐ 断熱材と床合板の間に隙間ができていないか？（床断熱の場合）

4) 外気に接する床

- ☐ 暖房・給排水管は、断熱区画の内側に施工されているか？
- ☐ 床と外壁の取合い部では、断熱と気流止めの措置を行ったか？
- ☐ 断熱材受け材の施工をしたか？
- ☐ 断熱材は隙間なく全体に施工をしたか？

5) 外壁

- ☐ 15mm 以上の通気層は確保できているか？
- ☐ 野縁を組む前に胴差・桁まで断熱材を張り上げ、先張り防湿フィルムや気流止めを施工したか？
- ☐ 断熱材を筋かいの裏側にも充填し、筋かいに沿って切り込みを入れ同面まで盛り上げているか？
(筋かいが室内側にある場合)
- ☐ 造作下地や階段のささら桁を設けることで、別張り防湿フィルムの断点が生じていないか？
- ☐ 開口部まわりの防湿フィルムは、窓部材などと連続して一体になるように留め付けているか？
- ☐ 配管周り、貫通部は気密テープで留め付けているか？
- ☐ 電気配線のコンセントやスイッチ部分は、気密化の措置がされているか？

6) 下屋（天井断熱の場合）

- ☐ 外壁部では、胴差・桁まで断熱材を張り上げ、防湿フィルムをせっこうボード等や乾燥木材で押さえているか？
- ☐ 野縁の上に断熱施工しているか？
- ☐ 天井部分の野縁の下に別張り防湿フィルムを施工したか？
- ☐ 下がり壁の断熱、防湿フィルムの施工を行ったうえでせっこうボード等や乾燥木材で押さえているか？
- ☐ 照明器具は、直付け型照明器具を使用し、配線貫通部は、気密措置をしているか？
- ☐ 小屋裏換気が確保されているか？（断熱材等で垂木間等の換気経路が塞がれていない等）

7) 天井

- ☐ 小屋裏換気が確保されているか？（断熱材等で垂木間等の換気経路が塞がれていない等）
- ☐ 断熱材は隙間なく施工され、既定の厚さが確保されているか？
- ☐ 野縁の下に別張り防湿フィルムを施工したか？
- ☐ 間仕切壁上部（最上階）は断熱し、気流止めを施工したか？
- ☐ 埋込み型照明器具まわりの断熱材は、器具種類に応じて適切に施工されているか？
- ☐ 天井点検口の上部に断熱材を施工したか？

8) 屋根

- ☐ 30mm 厚さ以上の通気層は確保できているか？
- ☐ 垂木の間に断熱材を施工し、垂木の見付け面に防湿フィルムを留め付けせっこうボード等で押さえているか？
- ☐ 軒裏に小屋裏換気措置用の換気孔を設けたか？

2. 断熱施工チェックリスト（外張断熱工法用）

1) 一般事項

- ☐ 外壁、窓枠周り、軒下、棟などで通気層出入口が確保されているか？
- ☐ 別張り防湿フィルムは、各取合い部で隙間なく連続して施工したか？（透湿性の高い断熱材※¹の場合）
※ 1：透湿性の高い断熱材：グラスウール、ロックウール、セルローズファイバー等の繊維系断熱材及びプラスチック系断熱材のうち吹付け硬質ウレタンフォーム A 種 3 等、その他これに類する透湿抵抗の小さい断熱材
- ☐ ボード状断熱材で隙間が生じた場合は現場発泡断熱材等で適切に補修したか？
- ☐ 吹付け硬質ウレタンフォーム A 種 3 に該当する断熱材を使用する場合は、別張り防湿フィルムを施工したか？
- ☐ 特別評価方法認定により防湿層や通気層等を省略する場合は、対象地域、仕様、断面構成等を確認したか？

2) 基礎

- ☐ 地盤の防湿措置を行ったか？
- ☐ 床下に溜まった雨水を除去したか？（床材施工前まで）
- ☐ 基礎断熱材は基礎天端まで施工したか？
- ☐ 玄関部の断熱施工を行ったか？
- ☐ 基礎／土台間に気密パッキン材等を施工して隙間を塞いだか？

3) 屋根・下屋

●屋根断熱の場合

- ☐ 通気層は、30mm 厚さ以上が確保されているか？
- ☐ 軒裏に小屋裏換気措置用の換気孔を設けたか？
- ☐ 下屋部分は、屋根通気が可能なよう、換気孔の出入り口が確保されているか？
- ☐ 下屋が取り付く上階外壁には、通気の入口となる換気孔が設けられているか？
- ☐ 屋根と壁の取合い部分に断熱材が隙間なく施工されているか？
- ☐ 壁と屋根の取合いは先張り防湿フィルムや現場発泡ウレタンなどで隙間を塞ぐ措置をしたか？
- ☐ 棟部の断熱材突付け部や屋根と外壁の断熱材取合い部は隙間が生じないように施工したか？
- ☐ 断熱材の下地の継ぎ目は、気密テープを張るか、防湿フィルムを敷いて措置したか？

●桁上断熱の場合

- ☐ 小屋裏換気が確保されているか？（断熱材等でたる木間等の隙間経路が塞がれていない等）
- ☐ 屋根断熱材と壁断熱材が隙間なく施工されているか？
- ☐ 断熱材等を受ける下地材を設置したか？
- ☐ 断熱材の下地の継ぎ目は、気密テープを張るか、防湿フィルムを張って措置したか？

4) 外壁

- ☐ 入隅には断熱材等及び通気胴縁の受け材を施工したか？
- ☐ 開口部まわり等に下地材を施工したか？
- ☐ 外壁部に取り付ける羽子板ボルト等は座掘りして施工したか？
- ☐ 壁断熱材を屋根の断熱材のところまで施工したか？
- ☐ 断熱材の下地の継ぎ目は、気密テープを張るか、防湿フィルムを敷いて措置したか？
- ☐ 通気胴縁は外張断熱専用ビスで固定したか？
- ☐ エアコンのスリーブ等、外壁貫通部周りを気密テープ等で措置したか？

5) 外気に接する床

- ☐ 通気胴縁及び断熱材や下地材の受け材を設置したか？
- ☐ 断熱材の下地の継ぎ目は、気密テープを張って措置したか？

6) 充填断熱工法と組合わせた場合

- ☐ 床や天井が充填断熱工法の場合、気流止めを設置したか？

memo

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

第 7 章

最近の高断熱工法の事例

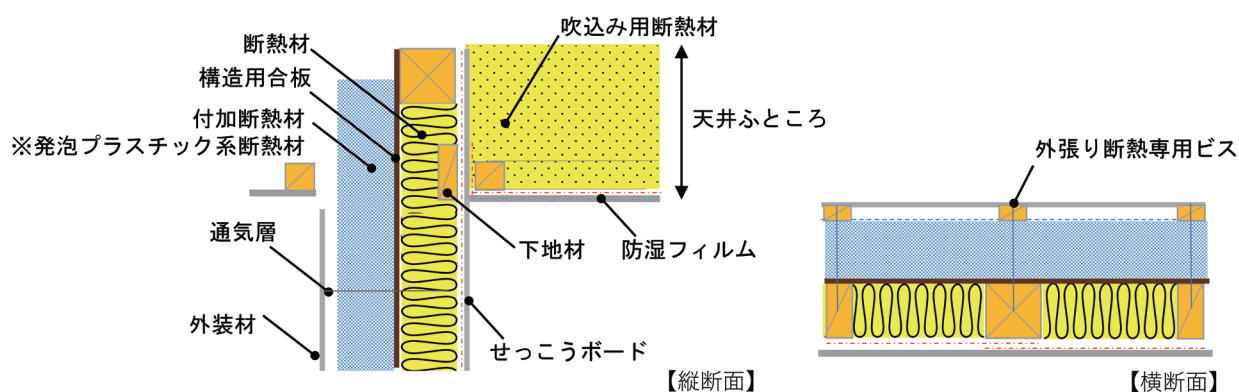
1. 外壁・天井

1～3地域における外壁は、従来、平成28年省エネ基準を満たす断熱仕様として、20～30mm厚さの付加断熱材を施すのが一般的でしたが、求められる高断熱化への要求から、付加断熱の厚さを増加した高断熱壁体が増加しています。

図7.1.1(a)は、付加断熱材として用いられる発泡プラスチック断熱材の厚さを100mmとした例です。取り付ける付加断熱材は、下地を組まずに、通気胴縁を介して、柱や間柱に留め付けています。施工の効率化を図れますが、あらかじめ断熱材に墨付けを行うなど、留め付けに用いるビスが確実に躯体に留められるよう注意が必要です。なお、留め付けに使用するビスは、断熱材メーカーが指定する構造用ビスを用いなければなりません。

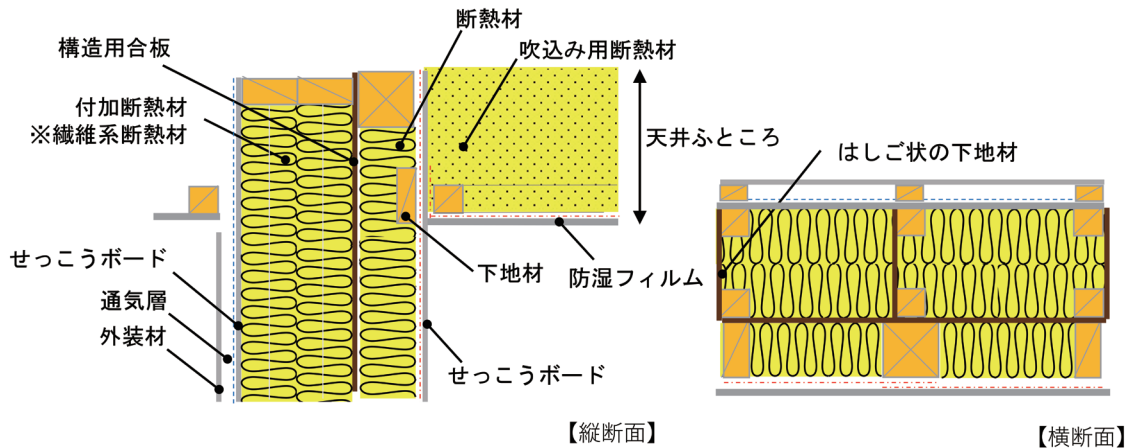
図7.1.1(b)は、繊維系断熱材を用いて、200mmの付加断熱を施した高断熱壁体の例です。繊維系断熱材で付加断熱を施す場合、あらかじめ下地材を施工する必要があります。ここでは、たる木と合板で「はしご状」の下地材を組み、付加断熱用の下地材としています。図のように構造体よりも200mmほど外側に外装材が張られることになります。下地材は、垂直方向に取り付けることが多いですが、必ず「ころび止め」を取り付けてください。地震の揺れなどの際に付加断熱部分が脱落することがないように注意が必要です。

図には、天井断熱との収まりが記載されていますが、通常、9尺建て（≒2700mm）となる在来木造住宅では、桁と天井との間のふところが300～350mmとなりますので、この以上の厚さの断熱材を施工することが難しくなります。天井の更なる高断熱化を行う場合は、10尺建て（≒3000mm）を採用するか、桁上断熱を採用するなどの工夫が必要です。



(a) 外張り断熱専用ビスを使用して柱・間柱に固定する方法

図7.1.1 付加断熱の厚さを増加した高断熱壁体の例



(b) 合板と垂木で梯子状の下地を組み断熱材を充填する方法で高断熱化
図 7.1.1 付加断熱の厚さを増加した高断熱壁体の例

2. 基礎

高断熱の外壁に基礎断熱工法を組み合わせた場合の断面は、図 7.2.1 となります。土台の外側へ大きく張り出した断熱層は、基礎断熱の上端に接続されることになります。付加断熱層の最下部の施工をする際には、下枠材を設けて、基礎断熱材に荷重が作用しないよう注意してください。布幅は通常 150mm 程度ですが、予め布の幅を増やし、下枠材があご掛けできるようにしておく考え方もあります。

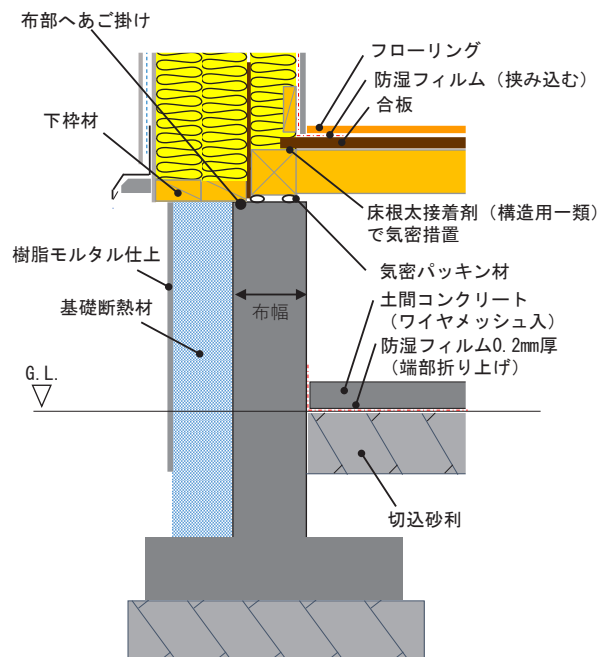


図 7.2.1 高断熱壁体と基礎断熱の取合い部の例（縦断面）

memo

第 8 章

断熱改修計画・工法

1. リフォームの計画

住宅ストックを長く活用することは、住まい手にとっても、社会にとっても有益なことです。近年、古い既存ストックを今後活用していくために、性能向上リフォームの重要性が増してきています。また、新築着工棟数が伸び悩む中、性能向上リフォームは住宅産業としても重要な市場となっていくます。

事前に住まい手の要望、予算はもちろん、生活スタイルや今までの暮らしの中での不満や不都合なことなども聞きながら、さらに現状の建物の状況を調査したうえで、住まい手にとって、また社会的資産として価値ある住宅となるように適切な断熱リフォームの方法を提案することが望まれます。

1.1. ヒアリング

断熱性能・気密性能の低い住まいでは、暮らしているうちに不満を感じる点が多くなります。毎日の生活の中で、どのように感じているかを住まい手に聞きます。これは問題を顕在化するとともに、解決策の発見にもつながります。また、「暑さ・寒さ対策」、「暖房費の低減」だけでなく、構造躯体の劣化対応、設備機器・配管の交換、台所・浴室洗面まわりの設備改修、及び騒音対策、防犯対策等についても併せてヒアリングを行うことが肝要です。

・寒さ、暑さ、暖房費に関すること

暖房方式、暖房機の配置、暖房費

・冬の生活に関する話題

全室暖房・部分間欠暖房、上下温度差、窓際の寒さ・床面の温度、洗面・脱衣室、トイレの温度、すき間風、結露、カビの発生

・夏の生活に関する話題

夜間の暑さによる寝苦しさ・日差しによる暑さ・エアコンの有無、簾の使用有無

・家族構成、住まい方に関すること

家族構成と変化（間取り、広さ・狭さ）・住まい方の変化（間取り）

・建物の構造に関すること

地震時の安全性、構造躯体の腐朽

・設備機器・配管に関すること

給湯器、厨房機器、浴槽の老朽化・設備配管の劣化

・騒音、防犯に関すること

野外の騒音・防犯対策（主に窓）など

1.2. 事前調査

ヒアリングとともに、現状の断熱仕様を確認しておく必要があります。現状の断熱仕様に応じて、目標とする断熱水準に不足する断熱を付加しますので、事前の断熱仕様確認は、リフォーム後の性能、効果に大きく影響する非常に重要な作業です。現状の断熱仕様確認方法には、いくつかの方法があり、精度を高めるには、複数の方法で確認することが望めます。

・設計図書による確認

設計図書が保管されている場合は、平面図、矩計図などから各部位の断熱仕様を確認します。

・現場調査による確認

天井裏、床裏から確認したり、壁のコンセント、スイッチボックスを外したりして、その部分から壁の内部（壁体内）の状況を確認することができます。携帯型の小型ファイバースコープがあれば壁体内などの目視確認に有用です。断熱材の厚みや状態、結露状況等も確認します。

・その他の方法

旧住宅金融公庫の融資を受けた住宅で、割増融資等を受けていれば、それによる確認も行えます。昭和 55 年から平成元年にかけて割増融資を受けていれば、品確法の断熱等性能等級 2 であることが推察できます。平成 2 年以降は、断熱等性能等級 2 が融資条件であり、省エネルギー断熱工事割増融資などを受けていれば、断熱等性能等級 3 であるとみることができます。

・構造強度、耐久性の確認

断熱リフォーム工事は、躯体の構造強度、耐久性に支障がないことが前提です。計画に先立ち、躯体の構造強度、耐久性に問題がないかを現地にて確認することが必須です。特に、土台、柱、床組みの結露や漏水などによる腐朽状況の確認を行います。構造強度に問題がある場合は、構造強度を高めるための措置を優先させなければなりません。

また、窓改修に際しては、窓の重量が増加しますので取付け下地の強度も確認しておく必要があります。

1.3. 断熱改修の方針の検討

断熱改修は、住宅内の温熱環境の改善や暖房負荷の削減を主な目的に行います。できるだけ少ないコストで、効率的に性能向上を図ることが、ユーザーから望まれます。

そのためには、まず、現在の住宅の中でどの部分が断熱や気密の弱点かを把握します。次に外皮平均熱貫流率 U_A や気密性能 C 値の達成目標値を定め、その性能を達成するにはどのような仕様が必要かを確認し、予算と合わせて改修方針を立てるのが効率的といえます。

断熱改修の方法の一覧を表 8.1.1 に示します。

表 8.1.1 断熱改修方法一覧

改修内容	目標 U_A 値 [W/(m ² ・K)]	目標 C 値 [cm ³ /m ³]	既存の仕様	改修後仕様	工事方法
気流止め材による改修	0.46	5.0	・ 外壁グラスウール 16K-100mm 程度 ・ $U_A = 0.8$ 程度	・ 耐震改修 ・ 気流止め材による気密化と気流止め ・ 外壁付加断熱 ・ サッシ高断熱化	・ 気流止め材で建物全体の気流止めを行う ・ 内装や外装材の一部を剥がし施工する ・ サッシ交換は外装材の張り替えや周囲の補修が必要 ・ ガラスのみの交換も枠の種類によっては可能 ・ 付加断熱で $U_A = 0.46$ 以上が可能
内側から改修	0.46	2.0	・ モルタル外装 ・ 通気層無し ・ 防湿フィルム無し	・ 耐震改修 ・ 防湿フィルムによる気密化と気流止め ・ 床断熱、基礎断熱 ・ サッシ高断熱化	・ 外装材の土台・胴差・桁まわりを剥がし、耐震改修+付加断熱施工 ・ その他の部位の外壁は既存外装材の上から付加断熱を施工（調査時に結露や腐朽が確認されなければ通気層無しのみで可と判断してもよい）
	0.46	2.0	・ サイディング外装 ・ 通気層あり ・ 防湿フィルムあり ・ 気流止め無し	・ 防湿フィルムによる気密化と気流止め ・ 床断熱、基礎断熱 ・ サッシ高断熱化	・ 内装材及び床を剥がし、防湿フィルムにより防湿、気密化+気流止め ・ 基礎断熱の場合は床下地盤防湿措置
	0.46	5.0	・ サイディング外装 ・ 通気層あり ・ 防湿フィルムあり ・ 気流止め無し	・ 防湿フィルムによる気密化と気流止め ・ 基礎断熱 ・ サッシ高断熱化	・ 既存外装材をそのままにして、通気層を塞ぎ付加断熱施工 ・ 床以外の内装材を剥がし、防湿フィルムや気流止め材などにより気密化+気流止め ・ 床下地盤防湿措置
既存外皮に付加断熱改修	0.46	5.0	・ 平成4年省エネ基準適合	・ 外壁付加断熱 ・ サッシ高断熱化	・ 既存住宅の C 値が 5.0 以下であることが前提 ・ 既存外装材外側に直接ビーズ法ポリスチレンフォームを張り付け、サッシを高断熱に
外側から改修	0.46	2.0	・ モルタル外装 ・ 通気層無し ・ 防湿フィルム無し ・ 気流止め無し	・ 外張断熱工法 ・ 基礎断熱 ・ サッシ高断熱化	・ 外装材を全て剥がし、合板や気密層を施工し外張断熱とする ・ 既存断熱材は 50mm 程度であれば撤去不要（調査時に結露や腐朽が確認されなければ防湿層無しのみで可と判断してもよい） ・ 屋根は既存屋根上に断熱層を構成 ・ 基礎天端と土台間の気密化と基礎への断熱材施工 ・ 床下地盤防湿措置

※表示している U_A 値や C 値は本仕様で実現できる値を示していますが、保証する値ではありません。

2. 断熱改修の方法

2.1. サッシの改修

住宅の中で最も断熱性能の低い部位が開口部です。例えば、外壁の熱貫流率は壁内の断熱材をグラスウール 10K-50mm とした場合に $0.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 程度ですから、表 8.2.1 に示す窓の熱貫流率と比較すると壁は 3 倍以上断熱性能が高いといえます。このため、窓の断熱性能を高めることは、最も効果の高い改修方法といえます。達成できる建物全体の断熱性能は、他の部位の性能により決まるため一概に言えませんが、窓の結露や隙間風の防止といったメリットが得られます。

窓の改修方法は表 8.2.2 に示すように、二重窓の内側のサッシを断熱性能の高いものに交換する方法、二重窓を取り払い、断熱性能の高い一重窓に交換する方法があります。また、元々一重のプラスチック製サッシが付いている場合はガラスのみの交換も効果があります。

二重窓内側のサッシを断熱性能の高いものに交換する場合は、外側の窓での結露を防ぐために室内側の方に気密性能の高いサッシを取り付けます。室内側のサッシを樹脂製とし、ガラスをペアガラス Low-E アルゴンガス入りとした場合、サッシの断熱性能は大きく向上します。また、二重窓は防音性能も高まるためコストパフォーマンスの非常に高い方法といえます。

本州では事例が多い、アルミサッシの単板ガラスを真空ガラスに取り替える場合は、既存のサッシ部分の気密性能と断熱性能が低いため、サッシ部分の結露防止や断熱性能の向上効果が得られにくいことがあるので注意が必要です。

気密性の高いサッシに改修した場合は住宅内の換気量が減り、室内の湿度が高くなることがあります。そうなると結露が生じやすくなりますので、適切な換気量を確保できる換気を行います。

表 8.2.1 窓の構成と断熱性能

枠の仕様	ガラスの仕様	熱貫流率 ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)
(一重) プラスチック枠	複層ガラス (空気層 12mm)	2.91
(一重) プラスチック枠	複層ガラス (空気層 6mm)	3.49
(二重) アルミ+木	単板+単板	2.91

表 8.2.2 改修後の窓の構成と断熱性能

既存の窓構成			改修内容	改修後の窓構成		
枠の仕様	ガラスの仕様	熱貫流率 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]		枠の仕様	ガラスの仕様	熱貫流率 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
アルミ+木	単板+単板	2.91	内側の木サッシをプラスチック製サッシ (複層ガラス) に交換	アルミ+プラスチック	単板+複層ガラス (空気層 12mm 以上)	2.33
アルミ+木	単板+単板	2.91	内側の木サッシをプラスチック製サッシ (低放射ガス入り複層ガラス) に交換	アルミ+プラスチック	単板+複層ガラス (空気層 12mm 以上、低放射, ガス入り)	1.9
アルミ+木	単板+単板	2.91	二重のサッシを取外しプラスチック製サッシ (低放射ガス入り複層ガラス、一重) に交換	プラスチック	複層ガラス (低放射, ガス入り)	1.9
プラスチック	複層ガラス (空気層 12mm)	2.91	ガラス交換	プラスチック	複層ガラス (低放射, ガス入り)	1.9

2.2. 気流止めの改修

(1) 気流止めの部位と材料

昭和に建設された木造軸組構法の建物は図 8.2.1 に示すように壁内などに気流を生じていることが多くあります。断熱材が施工されていても、この気流によりその性能はかなり低下します。

内外装をなるべく壊さずに気流止めのみを行うことでも、これまでに比べて格段に断熱性能の向上が見込めます。

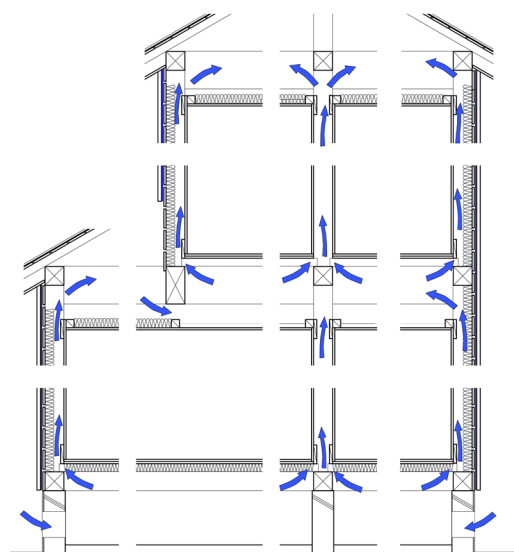


図 8.2.1 壁内気流の生じている住宅の断面

気流止めを行う部位は、図 8.2.2 に示す様に、外壁と1階床、胴差、桁の取合い部、下屋部、間仕切壁と1階床及び最上階天井の取合い部です。基礎断熱工法によって改修を行う場合は、間仕切壁と1階床の取合い部分は省略できます（床部分に既存の断熱材を残す場合は床下の温度が低くなることがあり、この部分にも気流止めを要することがあります）。

気流止めの施工部位は全てを行うことが前提ですが、予算が少ない場合などは土台まわりを優先し、胴差、桁に向かって施工範囲を増やすことも考えられます。

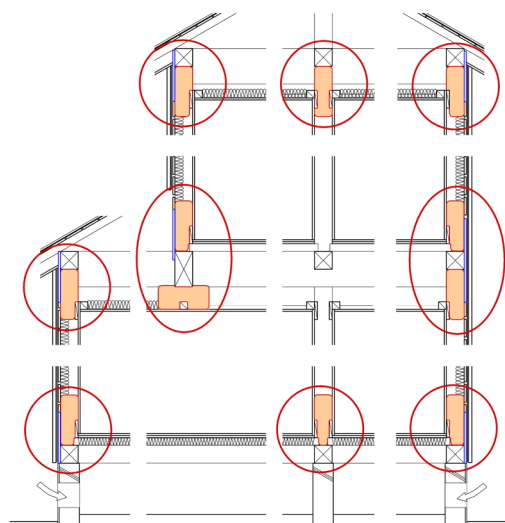


図 8.2.2 気流止めを設置する場所

気流止めとして使用する材料は、グラスウール（HG16-38）厚さ 140mm などが必要な大きさにカットし、ある程度の厚さのあるポリエチレン袋に入れ、掃除機などで中の空気を吸い込み圧縮したものを作成し、それを施工部位に入れ、切れ目を入れてふくらませる方法が提案されており¹⁾、グラスウールメーカーや建材メーカーで製品として販売されています（写真 8.2.1）。



写真 8.2.1 気流止め製品の例

1)：一般社団法人 新木造住宅技術研究協議会で提案。
技術情報は同会発行の「新住協 技術情報第 42 号」参照。

気流止めの施工は、各部位の内か外の一部を剥がす必要があるため、主要構造部の確認と同時に行うことができます。また、耐震改修を同時に行うことが可能です。

気流止めを住宅全体に施工した場合の性能は、断熱性能については各部位に入っている断熱材の本来の性能が発揮されるようになります。気密性能については、基礎断熱とする場合にはおおよそ $3.0\text{ cm}^3/\text{m}^2$ 程度まで高めることが可能です。床断熱の場合は、土台まわり、間仕切部分などの隙間が残るためもう少し大きい隙間面積となります。

なお、気流止め改修は結露などの不具合が起きないことを保証するものではありません。気流止めを行うことで壁内及び室内表面の結露を大幅に減少することが可能ですが、壁内に湿気が入りにくくするために、室内側表面仕上げ材をビニルクロスなどの透湿抵抗の高いものにする、壁と床や天井などの取合い部分をシールしたりするといった措置や室内の湿度が高くなりすぎないように適切な換気を行うなどの対策を併用する必要があります。

■ 気流止め製品情報

パラマウント硝子 https://www.pgm.co.jp/items/product_tome.html

マグ・イソバー <https://www.isover.co.jp/products/kiryudome>

既存断熱材がグラスウール（16-45）100mm 程度、気密性能 $5.0\text{ cm}^3/\text{m}^2$ 以上の住宅を既存の外装材や断熱材などをなるべく活かして省エネルギー基準に適合するように改修する例を示します。

■ 既存住宅の仕様

外装材：サイディング（通気層あり）

断熱材：各部位にグラスウール（16-45）100mm 程度、床断熱

防湿層：あり

気密層：あり

壁内気流：あり

耐震性能：新耐震後

外皮平均熱貫流率： $0.8\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 程度

相当隙間面積： $5\text{ cm}^3/\text{m}^2$ 以上

■ 改修後仕様

外装材：既存サイディング＋付加断熱＋サイディング

断熱材：壁付加断熱、基礎 押出法ポリスチレンフォーム 3 種 100mm

防湿層：そのまま

気密層：そのまま

壁内気流：気流止め

耐震性能：新耐震適合

外皮平均熱貫流率： $0.46\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 以下（開口部の熱貫流率を $2.33\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 以下とした場合）

相当隙間面積： $5\text{ cm}^3/\text{m}^2$ 以下

(2) 土台まわり

- ・既存外装材の土台部分を剥がし、土台や柱、間柱、断熱材や防湿フィルムなどの状態を確認します。不具合があれば適切な措置をするとともに、その原因を特定し対策を行います。
- ・外壁の断熱材の下端部を抜き取り、そこへ気流止めを施工します。この気流止めは既存の外壁にある壁の防湿フィルム及び土台や基礎断熱材、基礎などと気密のラインを形成できるように必要に応じて両面テープなどの気密補助材を使用して気密化を行います。
- ・既存の外壁に通気層がある場合は、通気層の上下端部を気流がとおり抜けないように措置をします。基礎の断熱材は押出法ポリスチレンフォーム 3 種 100mm などを用いて、上端部は基礎天端まで、下端部は基礎のベース上端まで施工します。この際、基礎と断熱材の間に隙間が生じないように気をつけます。
- ・付加断熱材を取り付け、通気層を設けて新しい外装材を施工します。
- ・既存の床の断熱材は、断熱性能が高いほど床下の温度が低くなり、初夏などに基礎部分や大引きなどに結露する可能性があるため、できるだけ撤去します。厚さが 50mm 程度であればそのままでも構いません。
- ・床下地盤面に防湿フィルムを敷設して防湿します。室内側は巾木を取り外し床と壁の取合い部分をコーキングなどでシールします。

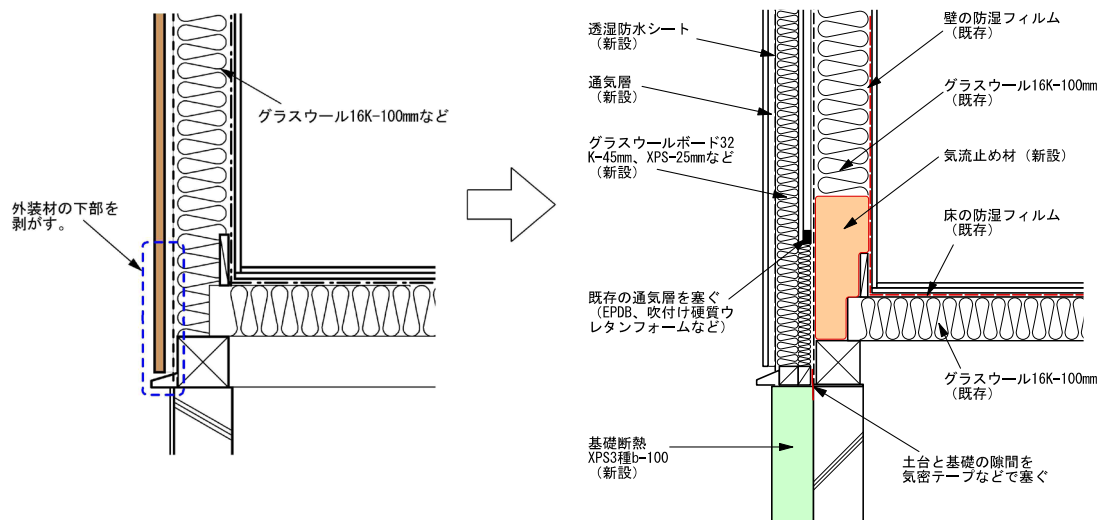


図 8.2.3 外壁と 1 階床の取合い部

(3) 胴差まわり

- ・既存外装材の胴差部分を剥がし、胴差や柱、間柱、断熱材や防湿フィルムなどの状態を確認します。不具合があれば適切な措置をするとともにその原因を特定し対策を行います。
- ・胴差上下の断熱材を抜き取り、そこへ気流止めを施工します。この気流止めは既存の外壁にある壁の防湿フィルム及び胴差と気密のラインを形成できるように必要に応じて、両面テープなどを使用して気密化を行います。
- ・付加断熱材を取り付け、通気層を設けて新しい外装材を施工します。

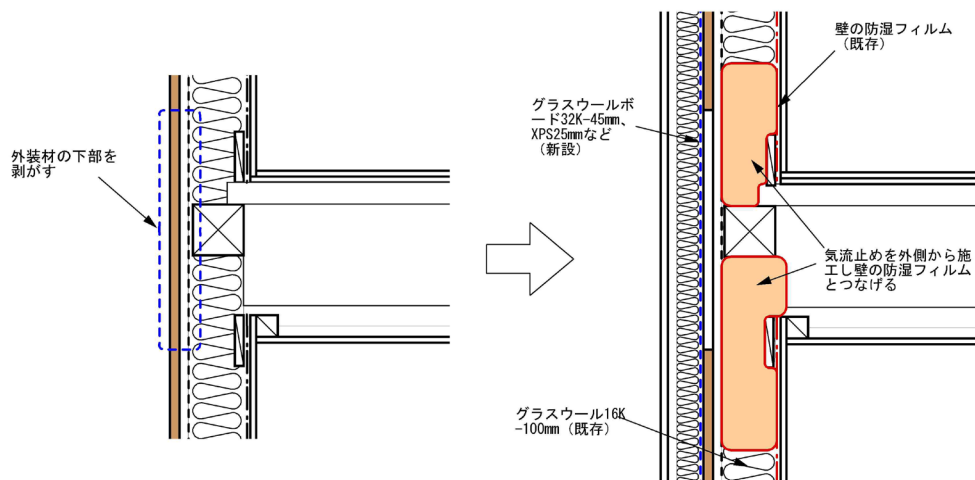


図 8.2.4 外壁と胴差の取合い部（床断熱、基礎断熱）

(4) 桁まわり

- ・既存外装材の桁部分と軒天を剥がし、桁や柱、間柱、断熱材や防湿フィルムなどの状態を確認します。不具合があれば、適切な措置をするとともにその原因を特定し対策を行います。
- ・桁下部の断熱材を抜き取り、そこへ気流止めを施工します。この気流止めは既存の外壁にある壁の防湿フィルム及び桁と気密のラインを形成できるように必要に応じて、両面テープなどを使用して気密化を行います。
- ・付加断熱材を取り付け、通気層を設けて新しい外装材を施工します。
- ・室内側は廻縁を取り外し天井と壁の取合い部分をコーキングなどでシールします。気流止めの施工後に天井の断熱材としてブローイングなどを吹き込みます。

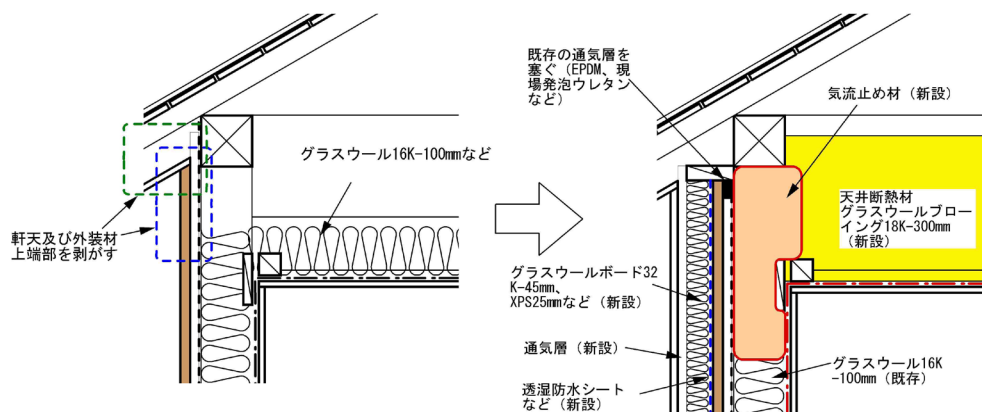


図 8.2.5 外壁と桁の取合い部（床断熱、基礎断熱）

（５）間仕切壁と１階床の取合い部（基礎断熱工法）

- ・基礎断熱工法の場合は、間仕切壁と１階床の取合い部の断熱気密施工は不要です。

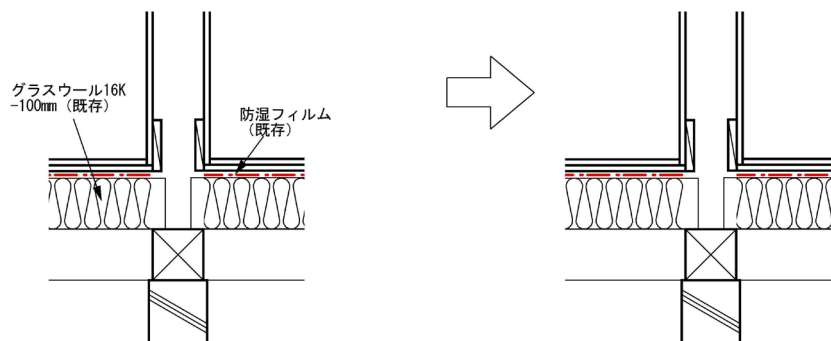


図 8.2.6 間仕切壁と１階床の取合い部（基礎断熱工法の場合）

（６）間仕切壁と最上階天井の取合い部

- ・基礎断熱の場合でも間仕切壁と最上階天井の取合い部の気流止めは施工します。
- ・間仕切壁上部を片側だけ剥がし、気流止めを施工します。この気流止めは既存の天井にある防湿フィルムと気密のラインを形成できるように必要に応じて、両面テープなどの気密補助材を使用して気密化を行います。
- ・気流止めの施工後に、天井の断熱材としてブローイングなどを吹き込みます。

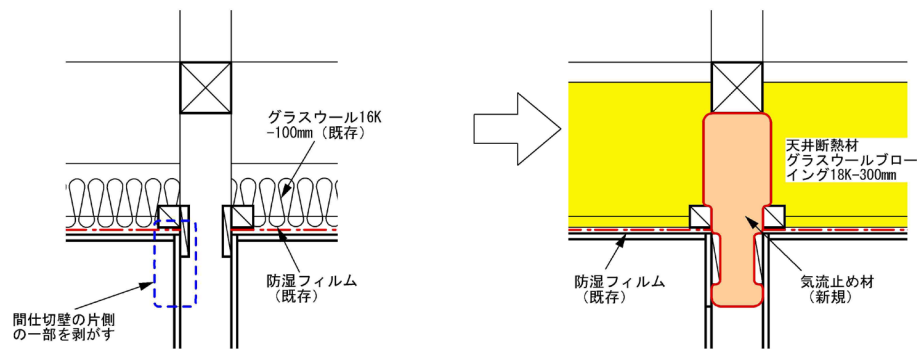


図 8.2.7 間仕切壁と最上階天井の取合い部（床断熱、基礎断熱工法の場合）

（7）下屋部分

- ・下屋部分は断熱気密施工を行える小屋裏スペースがあれば、そこに入って施工できますが、大概はスペースが足りません。よって、下屋下の天井を剥がして施工の方が適切で迅速な施工が行えます。
- ・下屋の胴差と上階外壁部分の気流止めを施工します。この場合、上階外壁の防湿フィルムと気流止め、胴差が気密上連続するように配慮します。また、下屋の垂木受け材と垂木部分は上階外壁とつながっており、小屋裏から外壁内に気流が通る可能性があるため、気密テープなどで措置します。
- ・小屋裏内の上階外壁部分に付加断熱を施工します。
- ・胴差と下階天井部分の気密を連続させるために、防湿フィルムなどを施工します。最後に下屋部分にブローイングなどの断熱材を施工します。

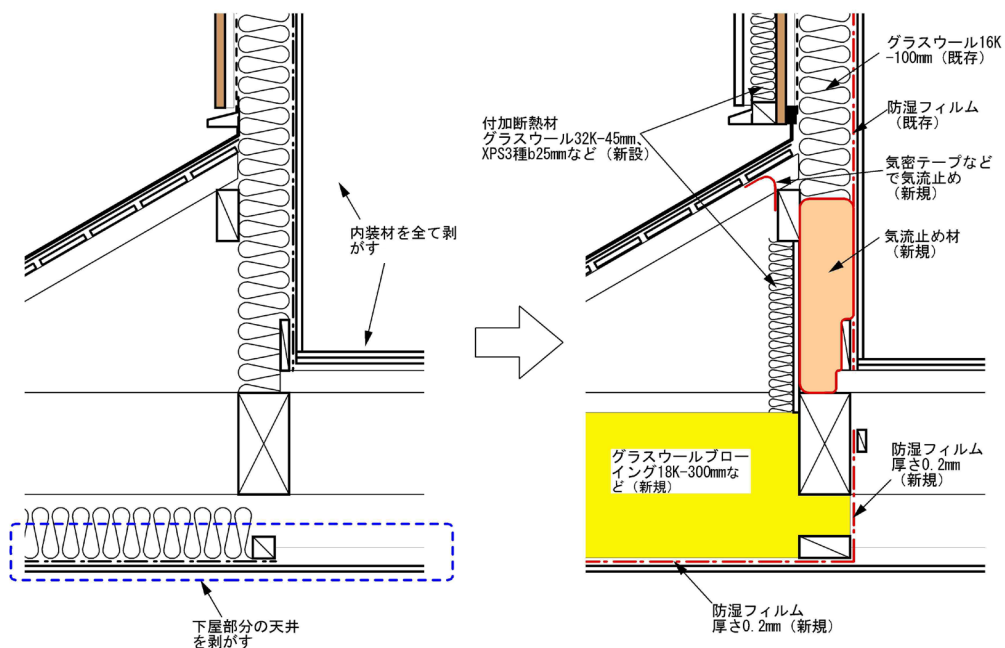


図 8.2.8 下屋部（床断熱、基礎断熱）

2.3. 内側及び外側から改修する方法

- ・内装材側から改修する場合の例を示します。なお、内装材側から改修ということは、施主の方はその期間、別の住居を確保する必要があること、設備機器を移動もしくは変更することを伴うため、予想以上に費用のかかることがあるので、事前に充分計画をしてから実施する必要があります。
- ・外皮平均熱貫流率 $0.46 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 以下、相当隙間面積 $2.0\text{c m}^2 / \text{m}^2$ 以下、耐震改修を併用（既存住宅が新耐震基準（S55 年）に適合していない場合）する場合の例を紹介します。

(1) 土台まわり

- ・断熱気密施工のために、壁・床の内装材、断熱材を全て剥がした上、各部位の断熱材及び防湿フィルムを施工します。
- ・外壁の断熱性能は充填断熱のみでは足りないため、既存外装材の上から付加断熱を施工します。床の断熱材は、繊維系断熱材を選んだ場合は大引き間と根太間の両方に施工することになります。断熱材が垂れ下がらないようにしっかりした受け材を取り付けてから施工します。
- ・根太をそのままにする場合は、壁内と床下間の気流止めを防湿フィルムで行うことが難しいため、横桟を入れるなどの措置を行います。根太を取り替える場合は、先張り防湿フィルムを施工し大引き部分は防湿フィルムに切れ目を入れて、気密テープで処理します。
- ・壁の防湿フィルムと先張り防湿フィルム、床の防湿フィルムは下地のあるところで 100mm 以上重ねて内装材などで押さえつけます。
- ・より高い気密性能とする場合は、防湿フィルムの継ぎ目を気密テープで処理します。
- ・基礎断熱工法の場合は、床下防湿処理が必要になります。

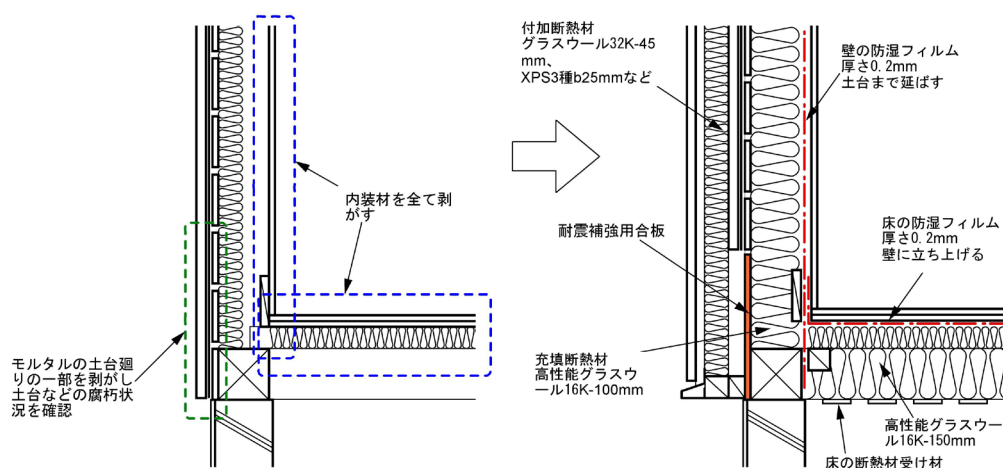


図 8.2.9 外壁と1階床の取合い部

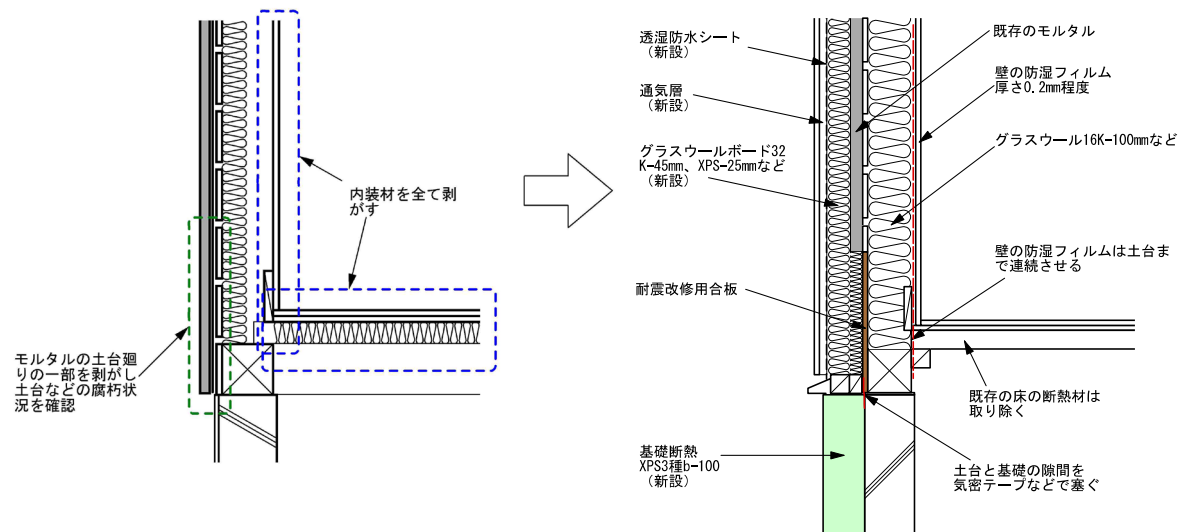


図 8.2.10 外壁と1階床の取合い部（基礎断熱工法）

（2）胴差まわり

- ・土台まわりと同様に、下階天井と上階床材、壁の内装材、断熱材を剥がした上、各部位の断熱材及び防湿フィルムを施工します。
- ・外壁の断熱性能は充填断熱のみでは足りないため、既存外装材の上から付加断熱を施工します。
- ・根太をそのままにする場合は、壁内と階間天井裏の気流止めを防湿フィルムで行うことが難しいため、横档を入れるなどの措置を行います。根太を取り替える場合は、先張り防湿フィルムを施工し梁部分は防湿フィルムに切れ目を入れて気密テープで処理します。
- ・耐震改修のため、胴差まわりの外装材を剥がして、構造用合板を用いて耐震改修を行います。

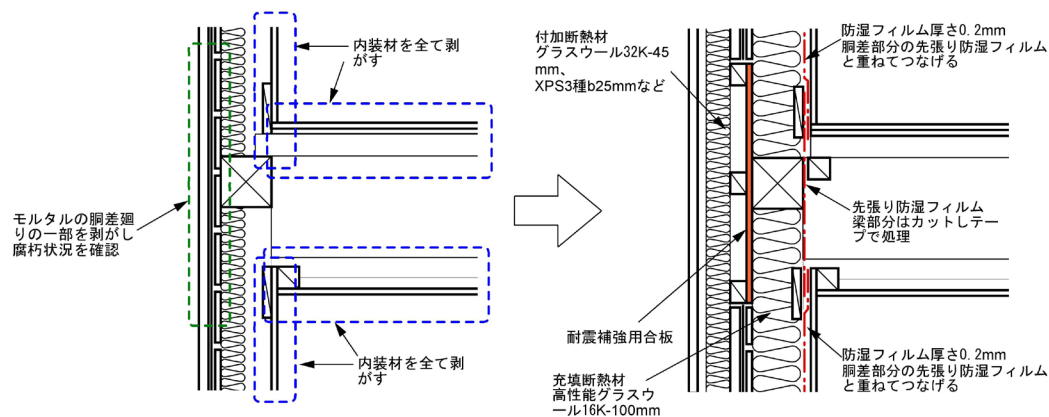


図 8.2.11 外壁と胴差の取合い部

(3) 桁まわり

- ・ 最上階天井と壁の内装材、断熱材を剥がした上、各部位の断熱材及び防湿フィルムを施工します。
- ・ 外壁の断熱性能は充填断熱のみでは足りないため、既存外装材の上から付加断熱を施工します。
- ・ 壁内気流を止めるため、壁の防湿フィルムは桁まで届くように張り上げるか、横档を入れるなどの措置を行います。梁部分は防湿フィルムに切れ目を入れて気密テープで処理します。
- ・ 耐震改修のため桁まわりの外装材、軒天を剥がして、構造用合板を用いて耐震改修を行います。

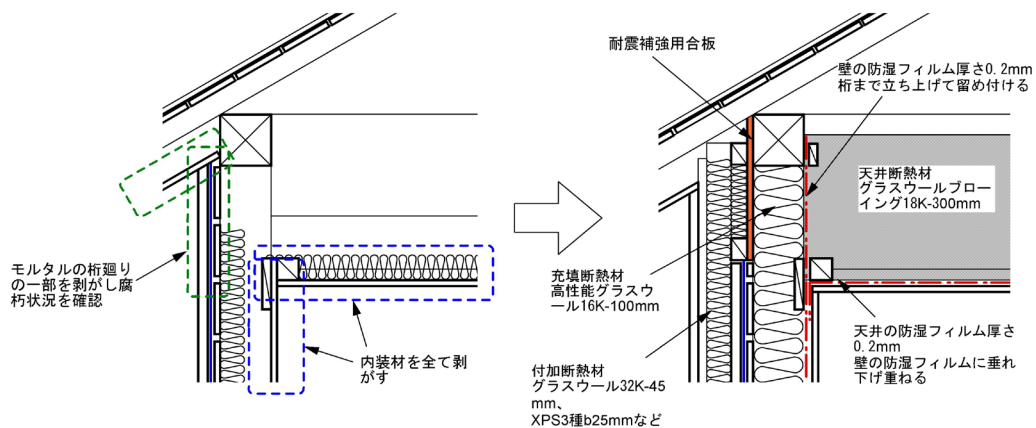


図 8.2.12 外壁と桁の取合い部

(4) 間仕切壁と床の取合い部

- ・ 床と間仕切壁の内装材、断熱材を剥がした上、各部位の断熱材及び防湿フィルムを施工します。
- ・ 床の断熱材は、繊維系断熱材を選んだ場合は、大引き間と根太間の両方に施工することになります。断熱材が垂れ下がらないようにしっかりした受け材を取り付けてから施工します。
- ・ 壁内気流を止めるため、床の防湿フィルムを連続させ、その上に後から間仕切壁を施工します。
- ・ 基礎断熱工法の場合は、この部分の対策は不要です。

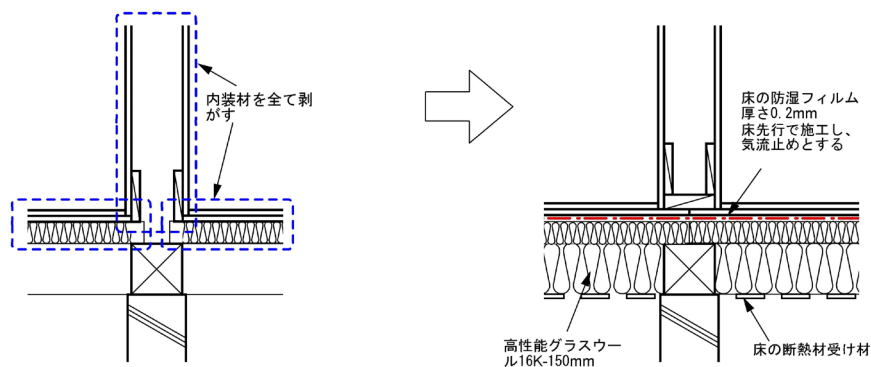


図 8.2.13 間仕切壁と1階床の取合い部

(5) 間仕切壁と最上階天井の取合い部

- ・最上階天井と間仕切壁の内装材、断熱材を剥がし、各部位の断熱材及び防湿フィルムを施工します。
- ・間仕切壁の施工よりも先に天井ラインに間仕切壁の下地を取り付け、天井の防湿フィルムを連続して張ります。その後、間仕切壁を施工します。柱と防湿フィルムの取合い部は気密テープで処理します。
- ・天井の断熱材としてブローイングなどを吹き込みます。

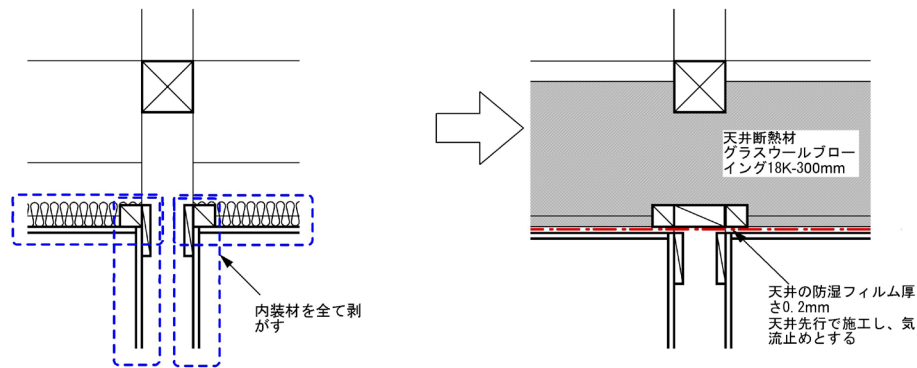


図 8.2.14 間仕切壁と最上階天井の取合い部

(6) 下屋部分

- ・下屋下の天井と下屋に面する内装材を剥がします。
- ・壁の断熱材を入れ替え、防湿フィルムを施工します。
- ・小屋裏内の上階外壁部分に構造用合板を張り付けの上、付加断熱を施工します。
- ・胴差と下階天井部分の気密を連続させるために防湿フィルムを施工します。最後に下屋部分にブローイングなどの断熱材を施工します。

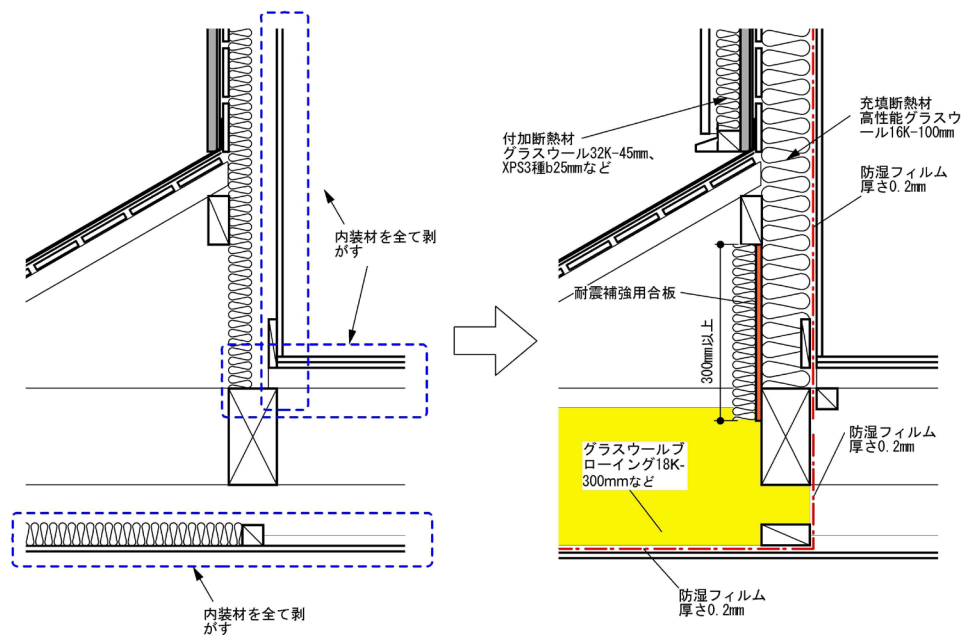


図 8.2.15 下屋部

2.4. 外側のみから改修する方法

建物の外側からの改修は主に二つの方法があります。一つは充填断熱改修、もう一つは外張断熱改修です。いずれも住みながら行えるため、施主にとってメリットの大きい工法です。しかし、充填断熱改修の場合は、外装材を全て剥がしても軸組の内側に防湿フィルムを隙間なく施工できないため、気流止めを用いるなどして気密性能を確保するしかなく、高い気密性能を実現することは困難です。目標の気密性能が $3.0 \sim 5.0 \text{ c m}^3 / \text{m}^2$ 程度の気密性能と、今より若干高い断熱性能であれば実現可能です。

外張断熱改修は、より高い性能を実現することができます。以下に外張断熱改修の例を示します。

(1) 土台まわり

- ・ 壁は外装材を全て剥がし、主要構造材の状態を確認します。腐朽している部分があれば修復します。
- ・ 軸組内の断熱材は、グラスウール 50mm 程度であれば撤去せずにそのままでも構いません。軸組の外側に構造用合板を施工し、耐震性能を確保します。
- ・ 構造用合板の外側に気密フィルムを、その外側に断熱材を施工します。断熱材の施工は必要に応じて下地を組みます。通気層を確保するための縦胴縁を介して外装材を施工します。
- ・ 既存の床の断熱材は、断熱性能が高いほど床下の温度が低くなり、初夏などに基礎部分や大引きなどに結露する可能性があるため、できるだけ撤去します。厚さが 50mm 程度であればそのままでも構いません。床下地盤面に防湿フィルムを敷設して防湿します。

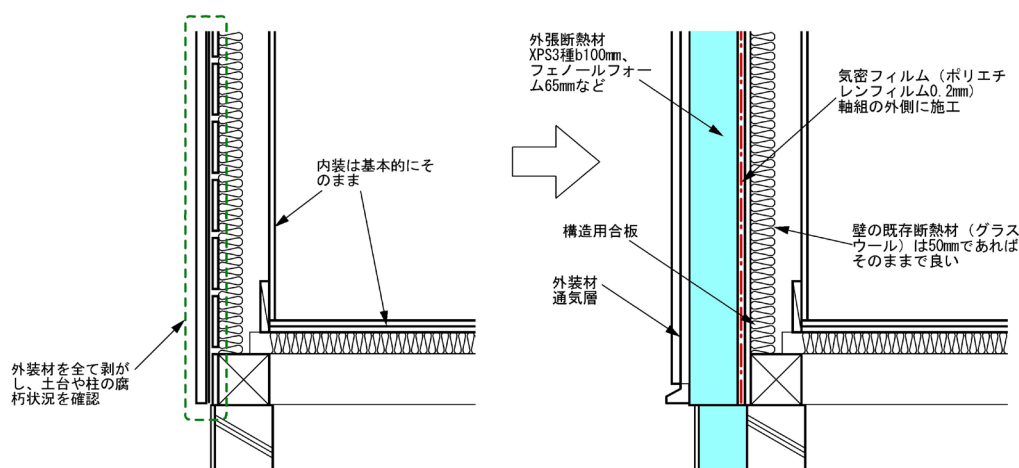


図 8.2.16 外壁と1階床の取合い部

(2) 胴差まわり

- ・外装材を剥がし、主要構造材の状態を確認します。腐朽している部分があれば修復します。
- ・軸組内の断熱材は、グラスウール 50mm 程度であれば撤去せずにそのままでも構いません。軸組の外側に構造用合板を施工し、耐震性能を確保します。
- ・構造用合板の外側に気密フィルムを、その外側に断熱材を施工します。断熱材の施工は必要に応じて下地を組みます。通気層を確保するための縦胴縁を介して外装材を施工します。

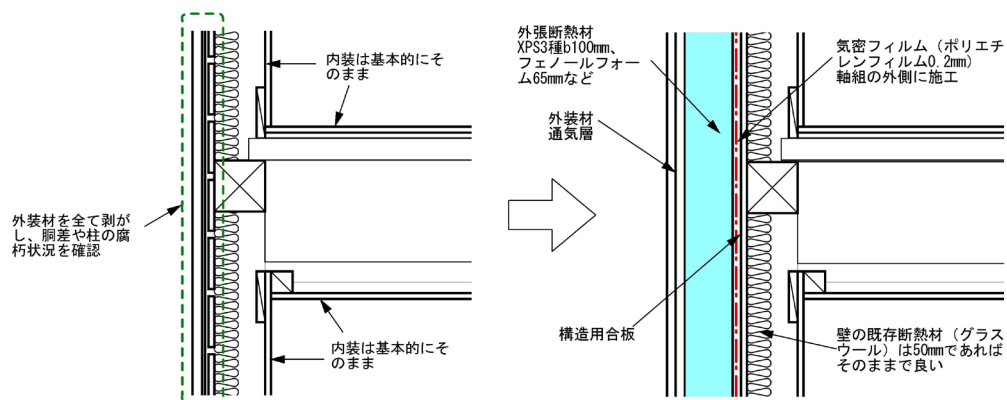


図 8.2.17 外壁と胴差の取合い部

(3) 桁まわり

- ・屋根部分は、外壁と同様に屋根垂木の手前まで剥がします。その上に構造用合板、気密フィルム、断熱材の順に施工します。断熱材の外気側には通気層を設けます。
- ・断熱材の厚さは、省エネルギー基準の設計施工指針では、屋根断熱は熱抵抗値で $6.6 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ になっています。よって高性能グラスウール 16K を使用する場合は 265mm 必要です。屋根断熱の場合は 2×10 材や 2×12 材を屋根垂木に使用するので通気層を 30mm 以上とすることを考慮すると 265mm を入れることができません。よって、240mm 程度として、他の部位で断熱性能を確保すると良いでしょう。
- ・押出法ポリスチレンフォーム 3 種では 185mm 以上となります。
- ・壁面の気密フィルムと屋根面の気密フィルムの連続性の確保に注意します。

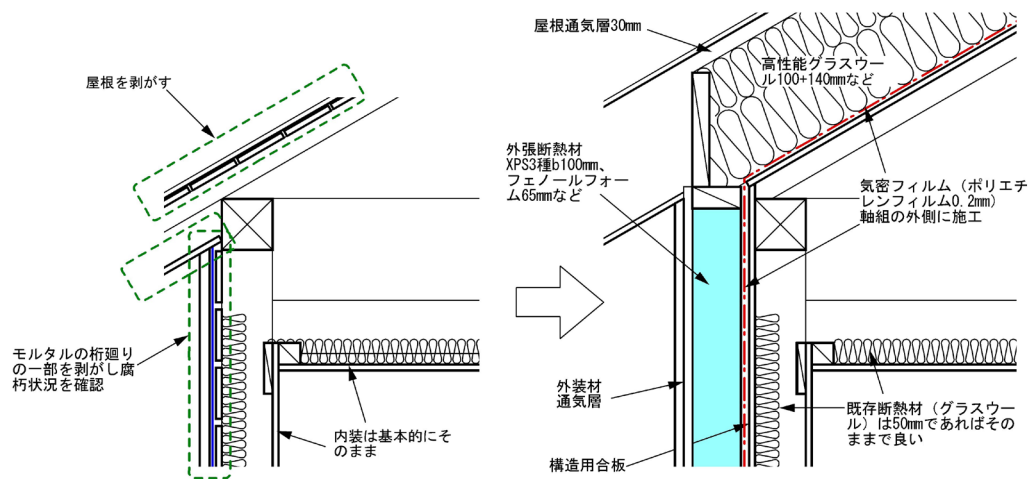


図 8.2.18 外壁と桁の取合い部

(4) 間仕切壁と床及び最上階天井の取合い部

- ・外張断熱工法の場合は、間仕切壁と床及び最上階天井の取合い部は既存のままで良いです。ただし、床下の防湿措置は必要です。

memo

参考 Web

国土交通省 / <https://www.mlit.go.jp/>

国立研究開発法人 建築研究所 / <https://www.kenken.go.jp/>

経済産業省 資源エネルギー庁 / <https://www.enecho.meti.go.jp/>

一般財団法人住宅・建築SDGs推進センター / <https://www.ibec.or.jp/>

一般社団法人 日本サステナブル建築協会 / <https://www.jsbc.or.jp/>

一般社団法人 住宅性能評価・表示協会 / <https://www.hyoukakyokai.or.jp/>

一般財団法人 省エネルギーセンター / <https://www.eccj.or.jp/>

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 建築研究本部 / <https://www.hro.or.jp/list/building/>

参考文献

住宅の省エネルギー基準の解説／一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構

「北海道の住宅結露と地域性への研究」博士論文、1997.10／福島明

「積雪寒冷地における断熱外壁の防露・防水・断熱性向上、および、屋根の積雪障害防止に関する研究－
－環境と地域に向けた住宅断熱外皮技術の再構築と具現化への提案－」博士論文、1998.9／鈴木大隆

新在来木造構法マニュアル 2002 / 新木造技術研究協議会

自立循環型住宅への設計ガイドライン／一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構

住宅の熱環境計画／一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構

デザイナーのための暖冷房ガイドライン／一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構

住宅省エネルギー技術講習テキスト（平成 30 年度版）／一般社団法人 木を活かす建築推進協議会

資料協力

断熱建材協議会 / <https://dankenkyou.com/>

図版・写真等の出典・出所

※図版・写真等の出典は図版等のタイトル近傍に記載しています。それ以外は下記のとおりです。

図 3.2.14, 写真 3.2.1, 写真 3.2.2, 写真 3.2.4, 写真 3.2.5, 図 5.1.1, 図 5.1.2, 図 5.1.3, 図 5.1.4, 図 5.1.5, 図 5.1.6, 図 5.1.7, 図 5.1.8, 図 5.1.9, 図 5.1.10, 図 5.1.15, 図 5.2.3, 図 5.2.4, 図 5.2.11, 図 5.3.1, 図 5.3.2, 図 5.3.3, 図 5.3.4, 図 5.3.5, 図 5.3.7, 図 5.3.8, 図 5.5.2, 図 5.6.1, 写真 5.1.1, 写真 5.1.2, 写真 5.1.3, 写真 5.1.4, 写真 5.1.5, 写真 5.1.6, 写真 5.2.1, 写真 5.2.2, 写真 5.2.3, 写真 5.5.2, 写真 5.5.4, 写真 5.5.5, 写真 5.6.1

	北海道建築指導センター	北方型住宅の断熱・気密施工実践マニュアル、2004
図 2.1.1	北海道建築士会	第 52 回寒地技術講習会テキスト、2009、P18
図 2.1.2, 写真 2.1.2	北海道	北海道の住まい＜農・漁村編＞、1964
図 2.1.3	日本建築学会	JASS24 断熱工事、2013、P111
図 2.3.1, 表 2.3.1	道総研建築研究本部（北総研）	調査研究報告 No.285、2011
図 2.3.2, 図 2.3.3	立松宏一	学位論文「優良ストック形成に向けた北海道の戸建住宅の省エネルギーに関する研究」、2015
写真 2.1.1	建設情報社	新しい農漁村の住宅、1961、P60
写真 2.1.3	道総研建築研究本部（北総研）	北海道の住宅事情、2018、P9
写真 3.1.1, 写真 3.1.2	断熱建材協議会	
表 3.3.6, 写真 3.3.1	北海道建築士会	第 51 回寒地技術講習会テキスト、2008、P43
図 5.1.14, 表 5.1.1, 表 5.1.2	住宅金融普及協会	木造住宅工事共通仕様書（分冊）平成 14 年版（北海道版）を道総研北方建築総合研究所が再編
図 8.2.1, 図 8.2.2	道総研建築研究本部（北総研）	住宅の性能向上リフォームマニュアル（耐震・断熱改修方法編）、2016
写真 8.2.1	北海道建築技術協会	北方型住宅を超える高性能リフォームの計画、2013、P29

住宅省エネルギー技術講習会 資料作成委員会		
委員長	鈴木 大隆	地方独立行政法人 北海道立総合研究機構
委員（五十音順）	新井 政広	株式会社 アライ
	池田 浩和	岡庭建設 株式会社
	井上 理一郎	独立行政法人 住宅金融支援機構
	小山 剛	一般社団法人 住宅性能評価・表示協会
	坂口 晴一	一般社団法人 日本ツーバイフォー建築協会
	多田 季也	断熱建材協議会
	谷原 敏博	断熱建材協議会
	布井 洋二	断熱建材協議会
	三原 典正	断熱建材協議会
	久保田 博之	株式会社 プレスト建築研究所
協力委員（五十音順）	砂川 雅彦	住宅環境コンサルタント
	村田 直子	MOON設計 合同会社
	加来 照彦	株式会社 現代計画研究所
コンサルタント	須藤 育代	株式会社 現代計画研究所
	沼田 良平	一般社団法人 木を活かす建築推進協議会
事務局	高田 峰幸	一般社団法人 木を活かす建築推進協議会
	谷合 亜男	一般社団法人 木を活かす建築推進協議会

北海道版作成 SWG		
主査	福島 明	学校法人 北海道科学大学
委員（五十音順）	遠藤 卓	地方独立行政法人 北海道立総合研究機構
	菊澤 里志	株式会社 キクザワ
	高倉 政寛	地方独立行政法人 北海道立総合研究機構
	立松 宏一	地方独立行政法人 北海道立総合研究機構
	平川 秀樹	学校法人 北海道科学大学
	山本 亜耕	株式会社 山本亜耕建築設計事務所
オブザーバー	廣田 誠一	地方独立行政法人 北海道立総合研究機構
	飯泉 元気	地方独立行政法人 北海道立総合研究機構
事務局	吉野 利幸	一般社団法人 北海道建築技術協会

memo

令和5年度 国土交通省補助事業

住宅の省エネルギー 設計と施工 2023

〈改正〉平成28年省エネルギー基準対応

1～3地域版
(主に北海道)

令和5年10月

企画・発行 一般社団法人 木を活かす建築推進協議会

監修 省エネ講習資料作成WG

〒107-0052

東京都港区赤坂 2-2-19 アドレスビル 5F

TEL 03-3560-2882 FAX 03-3560-2878

E-mail: sho-ene@kiwoikasu.or.jp

1~3 地域版
(主に北海道)

