



北の住まいづくり ハンドブック

編集
発行

北海道立北方建築総合研究所
財団法人北海道建築指導センター

はじめに

現在、私たちを取り巻く社会環境は急速に変化しており、地球温暖化、少子高齢化、安全安心への意識向上、住生活の安定・確保への対応が急務となっております。

環境問題に対しては、平成9年に開催された京都会議（COP3）において採択された京都議定書が平成17年に発効され、CO₂排出量の抑制が産業部門のみならず住宅や一般建築物などの民生部門にも求められています。

また、耐震強度偽装事件を契機として平成18年6月に行われた建築基準法の改正、平成19年6月から施行された建築確認における構造計算適合性判定の導入、相次ぐ建築設備等による事故などに対する防止対策など安全と安心を図る観点から、速やかな対応が求められています。

このように、昨今の社会情勢においては建築が大きくクローズアップされ、社会的に関心が高まり、建築技術者に対して必要な技術力修得やより高度な専門分野領域の知識の取得が強く求められています。

北海道立北方建築総合研究所では、北方型住宅の推進を中心として、快適な住環境と、北海道の風土に根ざした住文化の創造を目指した様々な取組みを行っており、講習会等を通して建築技術の普及啓発を行っています。

本冊子は、住宅を建設する技術者の参考となるよう、これまでに蓄積してきた「北方型住宅」の設計・施工手法の研究成果に加え、北国の暮らしや住まい方などにも配慮し、まとめたものです。北海道における住まいづくりの手引き書として北国らしい豊かな住まいづくりのために活用していただければ幸いです。

ハンドブックの使い方

本冊子は、基本的な技術情報を分かりやすく紹介するために、本文の用語解説、基準、文献等を列記し、内容を深めたい方がより詳しい情報を得られるような構成としております。

項目:
マークで分野がひと目でわかります。

インデックス:
分野別にインデックスを付けました。検索に役立ちます。

関連事項:
各ページの下部には、本文の内容を補うために解説や詳細文献などを表示しています。

■解説
本文中の専門用語などを分かりやすく解説しています。

■規格
本文中の試験、評価などについて関連する規格（JISやJAS）を示しています。

■基準等
本文中に示されている関連する基準・告示・条例などについて示しています。

■詳細文献
本文中の内容で、より詳しい文献がある場合に参考となる文献を示しています。

■HP
本文中の内容に関連するホームページ（HP）などがある場合にそのアドレスを示しています。

■参考文献
本文中の内容に参考とした文献を示しています。

→P00
本文中の内容を補う関連ページがある場合に、そのページ数を示しています。

A1 長持ちする住まいづくり
～長寿命な住まいづくり～

1. 住まいの寿命
(1) 北海道の住まい
北海道における住宅ストックの平均築後年数は約30年と推計されます。これは全善平均と比較すると同等程度ですが、アメリカやイギリスなど海外に比べると20年よりも短い状況となっています。住まいの寿命が短ければ建替えなどを行うサイクルが早くなり、住宅建設に関する費用負担が多くなります。また、環境への負荷も大きなものとなります。長寿命な住まいづくりは、これからの住まいづくりを考えるうえで重要な課題となっています。

(2) 住まいの劣化と生活スタイルの変化
住まいが劣化すると、改修を行わなければならない状況が必要となります。また、住み方の生活スタイルが変化し、住まいが生活に对应できなくなった場合にも、何らかの措置が必要となります。長く住まうことに対する課題は、主に次のようなことが挙げられます。

① 構造の劣化
自然災害、特に地震等により構造躯体の強度が不足になります。

② 建材等の劣化
① 構造材の腐食・狂い
乾燥が不十分な木材の使用や湿気によって、構造材に狂いが生じたり、腐食したりします。

② 外装材の劣化
外装材に付着した水が浸透層を繰り返すことで、クラックが発生したり、腐食したりします。

③ 屋根の破損とすずり
小屋裏の断熱や換気が不足していることにより、屋根に積もった雪が溶け、軒先で氷結、つららが発生します。つららが氷塊の落下により、屋根や外壁を破損します。

(3) 配管設備の腐食
配管設備は、一般的に住宅の他の部分に比べ耐用年数が短く、長く住むためには定期的な保守点検、補修、更新が必要となります。

4) 生活スタイルの変化
子供の成長や居住者の加齢、家族構成の変化など生活スタイルは変化していきます。住まいに必要な条件もそれに合わせて変化していきます。


2. 長寿命な住まいづくり
(1) 高い耐久性の確保
長寿命な住まいづくりには、まず地域の地耐力の確認と地耐力に合わせた基礎形式の選択^{※1}、適切な構造設計^{※2}が必要となります。


■解説
① 従来のE-木材
北海道木材林産物振興協会による住宅建設用の構造用木材の規格表示。北海道産針葉樹の製材品で、含水率を17%以下に乾燥し、規格をE-木材として表示している。
<http://www.woodkita.co.jp>

② 従来のE-木材と同等の性能を有する製材に塗しただけで打ち上り面が自然に平滑になる流動性の高いモルタル。


写真1 外装材の劣化
写真2 床下構造材等の劣化


●表紙の写真は北方型住宅に登録された住宅です。


A 住宅・街並み計画 	A 1	長持ちする住まいづくり ～長寿命な住まいづくり～	5
	A 2-1	ユニバーサルデザインに配慮した住まいづくり ～室内のユニバーサルデザイン～	9
	A 2-2	ユニバーサルデザインに配慮した住まいづくり ～積雪を考慮した屋外の計画～	11
	A 3	環境への負荷が少ない住まいづくり ～地球温暖化対策と住宅のLCCO ₂ ～	13
	A 4-1	美しいまちなみの形成 ～美しいまちなみをつくるポイント～	15
	A 4-2	美しいまちなみの形成 ～まちなみ形成に関する建物形態の規制～	17

B 雪処理計画 	B 1-1	敷地内の雪処理 ～除雪負担量から考える雪処理計画～	21
	B 1-2	敷地内の雪処理 ～融雪設備～	23
	B 2-1	屋根工法と雪処理 ～滑雪屋根材～	25
	B 2-2	屋根工法と雪処理 ～非滑雪屋根材～	27
	B 2-3	屋根工法と雪処理 ～M型屋根・フラット屋根～	29
	B 2-4	屋根工法と雪処理 ～雪庇対策～	31

C 室内環境 	C 1	温熱環境 ～快適な環境～	35
	C 2-1	換気・通風 ～換気の基礎知識～	37
	C 2-2	換気・通風 ～換気的设计と運用～	39
	C 2-3	換気・通風 ～自然換気と通風～	41
	C 3-1	暖房 ～暖房の種類と室内環境～	43
	C 3-2	暖房 ～省エネルギー機器とその特徴～	45
	C 4-1	音環境 ～外部騒音の遮音～	49
	C 4-2	音環境 ～内部騒音の防止～	51
	C 5	空気環境 ～室内空気質対策～	53

D 断熱・気密 	D 1	北の住まいに求められる断熱・気密の性能	57
	D 2	断熱の基礎知識 ～断熱材と熱損失～	59
	D 3	断熱工法のポイント	63
	D 4	気密工法のポイント	71
	D 5	開口部断熱のポイント ～開口部の断熱性能～	77
		断熱に関する基本用語	79

E 構造・材料 	E 1	北の住まいに求められる性能	83
	E 2	外装材の耐久性 ～窯業系サイディングの耐凍害性～	85
	E 3	防火性能 ～防火に関する基準と仕様～	87
	E 4-1	木造住宅の耐震性能の確保 ～木造住宅の弱点と在来工法の耐震性能～	91
	E 4-2	木造住宅の耐震性能の確保 ～耐力壁の性能と壁量設計～	93
	E 4-3	木造住宅の耐震性能の確保 ～接合金物の選定～	97

F リフォーム 	F 1	性能改修 ～住宅改修時には性能向上を～	103
	F 2	木造住宅の合理的な改修技術 ～断熱・耐震改修工法～	105
	F 3	バリアフリー改修 ～高齢者・要介護者のための住宅改修～	107

資料	1.住宅に関する基準	111
	2.次世代省エネルギー基準の熱損失係数及び熱貫流率の算出方法及び断熱材の熱抵抗値	
	(1)「住宅に係わるエネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準」の熱損失係数の値と算出方法	112
	(2)「住宅に係わるエネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び維持安全の指針」の熱損失係数の値と算出方法	114
	(3)「住宅に係わるエネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び維持安全の指針」の断熱材の熱抵抗値	115
	3.市町村の標準的な凍結深度	116
4.接合金物を選択する為の算定式	117	

オンラインサポート	118
------------------	-----

A	住宅・街並み計画
----------	----------

B	雪処理計画
----------	-------

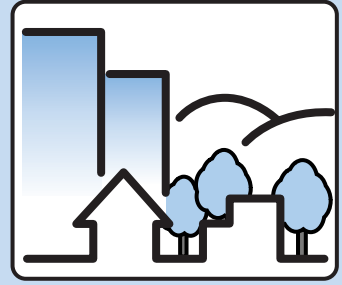
C	室内環境
----------	------

D	断熱・気密
----------	-------

E	構造・材料
----------	-------

F	リフォーム
----------	-------

資料	資料
-----------	----



A

住宅・街並み計画

長持ちする住まいづくり
～長寿命な住まいづくり～

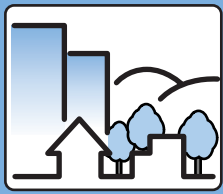
ユニバーサルデザインに配慮した住まいづくり
～室内のユニバーサルデザイン～

ユニバーサルデザインに配慮した住まいづくり
～積雪を考慮した屋外の計画～

環境への負荷が少ない住まいづくり
～地球温暖化対策と住宅のLCCO₂～

美しいまちなみの形成
～美しいまちなみをつくるポイント～

美しいまちなみの形成
まちなみ形成に関する建物形態の規制～



A1 長持ちする住まいづくり

～長寿命な住まいづくり～

1. 住まいの寿命

(1) 北海道の住まい

北海道における住宅ストックの平均築後年数は約30年と推計されます。これは全国平均と比較すると同程度ですが、アメリカやイギリスなど諸外国に比べると20年以上も短い状況となっています。住まいの寿命が短ければ建替えなどを行うサイクルが早くなり、住宅建設に関する費用負担も多くなります。また、環境への負荷も大きなものとなります。

長寿命な住まいづくりは、これからの住まいづくりを考えるうえで重要な課題となっています。

(2) 住まいの劣化と生活スタイルの変化

住まいが劣化すると、改修を行わなければ最終的には建替などが必要となります。また、住まう方の生活スタイルが変化し、住まいが生活に対応できなくなった場合にも、何らかの措置が必要となります。

長く住まうことに対する課題は、主に次のようなことが挙げられます。

1) 構造的な問題→P91

自然災害、特に地震等により構造躯体の強度が不十分になります。

2) 建材等の劣化

① 構造材の腐食・狂い

乾燥が不十分な木材の使用や湿気によって、構造材に狂いが生じたり、腐食したりします。

② 外装材の劣化→P85

外装材に付着した水が凍結融解を繰り返すことで、クラックが発生したり、腐食したりします。

③ 屋根の破損とすが漏り→P25.P68

小屋裏の断熱や換気が不足していることにより、屋根に積もった雪が溶け、軒先で氷結、つららが発生します。つららや氷塊の落下により、屋根や外壁が破損します。

3) 配管設備の腐食

配管設備は、一般的に住宅の他の部分に比べ耐用年数が短く、長く住まうためには定期的な保守点検、補修、更新が必要となります。

4) 生活スタイルの変化

子供の成長や居住者の加齢、家族構成の変化など生活スタイルは変化していきます。住まいに必要な条件もそれに合わせて変化していきます。



写真1 外装材の劣化



写真2 床下構造材等の劣化

2. 長寿命な住まいづくり

(1) 高い耐久性の確保

1) 構造的な問題への対策

長寿命な住まいづくりには、まず地盤の地耐力の確認と地耐力に合わせた基礎形式の選択など、適切な構造設計→P91が必要となります。

■解説

1) 北国のE-1木材

北海道木材林産協同組合連合会による住宅建設用の構造用木材の規格表示。北海道産針葉樹の製材品で、含水率を17%以下に乾燥し、4面をプレーナー仕上げとしている。

<http://www.woodplaza.or.jp/>

2) セルフレベリングモルタル

型枠に流し込むだけで打ち上がり面が自然に平坦になる流動性の高いモルタル。

特に寒冷な北海道においては、凍結深度^{→P115}以下の根入れ深さの確保が重要となりますが、スカート断熱工法^{詳細文献1)}を採用することで、基礎深さを低減することも可能となることから十分な検討が必要です。

2) 建材等の劣化への対策

構造材の腐食・狂い、外装材の劣化、屋根のすげ漏りや破損等を防ぐためには、主に次のようなポイントが挙げられます。

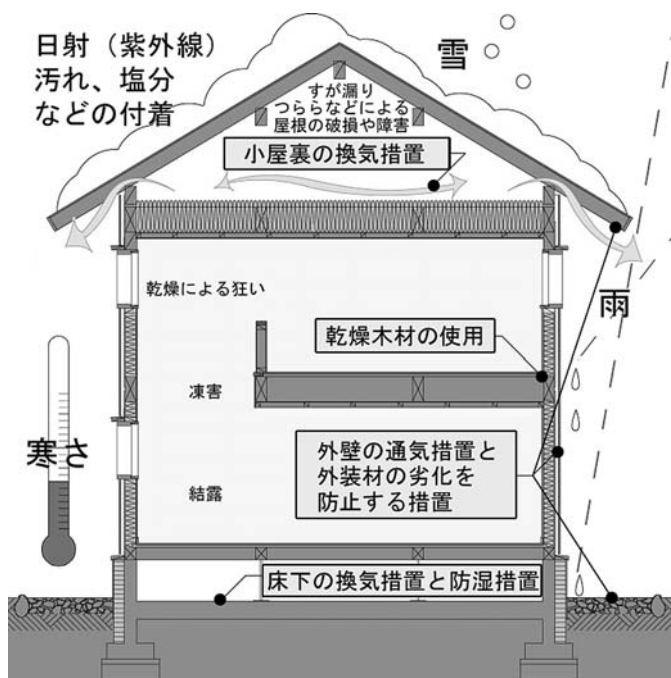


図1 耐久性向上のポイント

① 乾燥木材の使用

構造上主要な部分に使用する木材は、強度確保や腐朽防止の観点から、含水率20%以下の乾燥した木材または集成材を使用することが必要です。このほか、防湿気密フィルム^{規格1)}を押える木材など気密工事に使用する木材にも乾燥材等を使用することで、乾燥収縮によるフィルム押えの緩みを防ぐこと



写真3 建材の規格表示例—北国のE-木材^{解説1)}

ができ、気密性能の保持^{→P71}にも寄与します。

また、床根太など床を構成する木材に乾燥材等を使用することで、竣工後の乾燥収縮による「床鳴り」が発生する可能性を低くします。

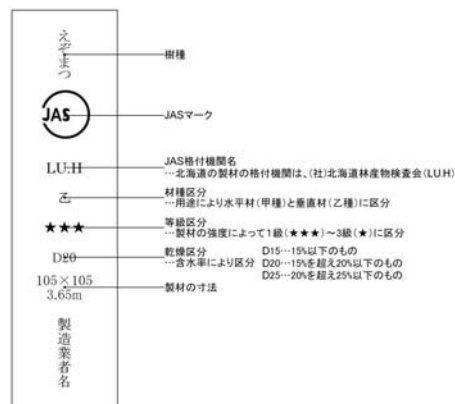


写真4 建材の規格表示例—JAS

② 床下の換気措置と防湿措置^{詳細文献2)}

床材等の構造材の腐食・狂いを防ぐためには、床下空間を乾燥状態に保つことが重要となります。

床断熱工法の場合にあっては、床下の換気を確保するために、有効換気面積300 c㎡以上の床下換気孔を間隔4m以内ごとに設置しなければなりません。

また、土台と基礎の間に基礎パッキンを挟み、土台を浮かせる場合には、1mあたり有効換気面積75c㎡以上の換気孔を土台の周囲にわたって確保しなければなりません。これらの換気措置のほか、地盤からの水蒸気を防ぐために床下の防湿措置も必要です。

基礎断熱工法^{→P64}の場合にあっては、通常床下換気孔は設置しませんので、床下空間の防湿措置が特に重要となります。そのため、地盤からの水蒸気を確実に防ぐ防湿措置ほか、床下空間に外部からの湿気が流入しないように配慮しなければなりません。基礎の天端は天端均し用セルフレベルリングモルタル^{解説2)}により平滑に仕上げるとともに、土台と基礎との間に気密パッキンなどの気密補助材を用いるなどにより、床下空間の気密性を高めることが必要です。^{→P64}

③ 外壁の通気措置と外装材の劣化を防止する措置^{→P66}

壁内の結露を防止し、断熱材の断熱性能及び木材等の耐久性を維持するため、外壁における通気措置を行うことが重要です。

■規格

1) JIS A 6930 住宅用プラスチック系防湿フィルム

■詳細文献

1) Dスカート断熱工法の設計施工マニュアル

<http://www.hri.pref.hokkaido.jp/023-2/kankyo-kagakubu/skart/>

2) 新しい北方型住宅のつくり方-北方型住宅 技術解説書- p.p.15-17

■参考文献

1) 新しい北方型住宅のつくり方-北方型住宅 技術解説書
<http://www.kita-sumai.com/>

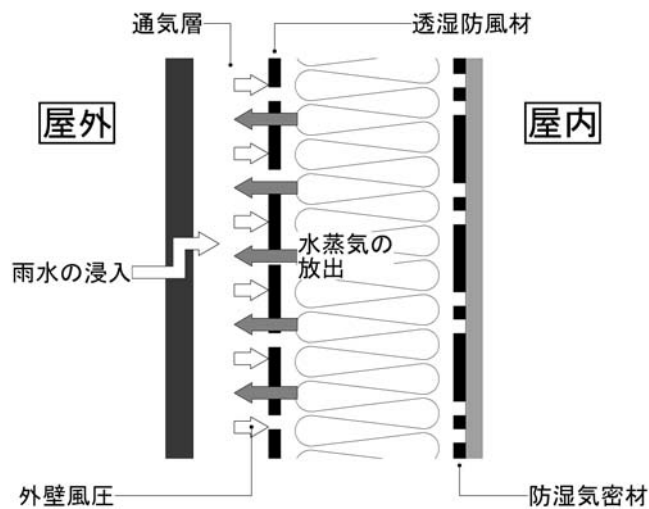


図2 通気層と防風層

また、外装となる材料自体の耐久性能^{→P85}等についても配慮しなければなりません。例えば、窯業系サイディングについては、耐凍害性に関する品質の差が大きく、吸水すると凍害劣化を生じやすい材質のものもあることから注意が必要です。金属サイディングについては、異種金属との接触により腐食（電食^{解説1}）を生じる恐れがあるので、釘などの接合材はめっき処理したもの、またはステンレス鋼のものを使用することが必要となることなど、設計時に配慮することが必要です。

このほか、雨水や屋根雪の融雪水が直接外壁表面を流れることや地面から跳ね返りがあると、外壁の汚損・劣化が進みやすくなることから、これらを防止するため、十分な軒の出を確保し、雨の落ちる地面に採石を入れて跳ね返りを押さえることや、「とい」を設けることなどの措置が有効です。ただし、「とい」の設置にあたっては、地域の気候条件を考慮し、積雪による影響を受けにくい位置に設置することや凍結に対して強く、万が一破損が生じた場合にも部分的に交換できるものを選択することが重要です。

④小屋裏等の換気措置^{→P68}

冬期の小屋裏空間や断熱層内における結露を防止するためには、小屋裏空間等の換気量を確保する必要があります。特に屋根断熱工法の場合には、屋根面と断熱材が近接しており、断熱層内に結露が生じやすいため、外壁と同様に換気措置を行うことが重要です。

また、小屋裏や屋根の通気層内の温度が高くなると、

屋根面から損失する熱により屋根雪が融解し、すが漏りやつらの発生による破損や障害を引き起こす原因となります。これを防止するためには、天井または屋根の断熱性能を十分に確保するとともに、小屋裏または屋根の通気層へ外気を積極的に導入することによって、屋根面を変動する外気温に常に近づけることが必要です。

(2) 高い耐用性の確保

家族構成の変化や居住者の高齢化に対応して、いつまでも暮らし続けることができる住宅であるためには、部屋の使い方や間取りの変更等が、構造躯体に影響を与えず容易に行えるように、計画・設計を行うことが重要です。

特に、高齢化に伴い身体機能が衰えても、安心して自立した生活が送れるようにするためには、自走式車いすでの生活行為に対応できるよう間取りに対する可変性の確保が求められます。

1) 平面計画及び断面計画における可変性の確保

加齢に伴い階段の昇降は心身ともに負担となることから、例えば2階にある主寝室を、1階（接地階）に移すことが考えられます。

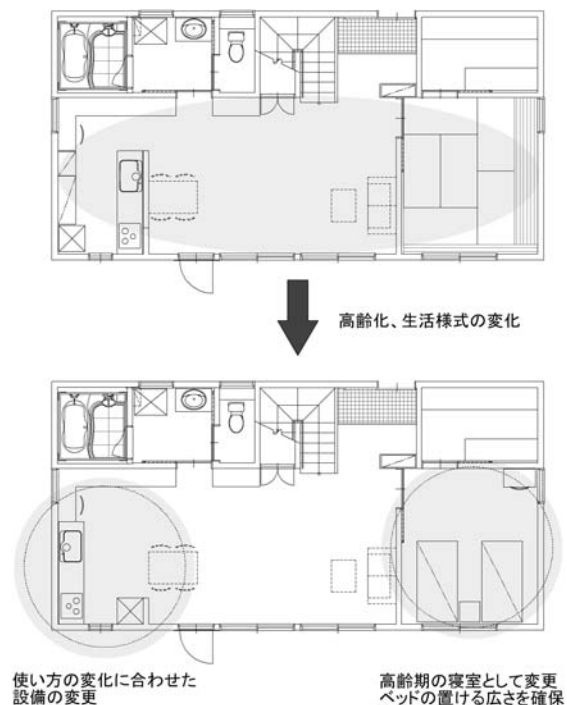


図3 高齢化に合わせた間取りの変更

■解説

- 1) 電食
異なった金属を接触させると電位差が生じ、陽極となる（イオン化傾向が高い）金属が腐食する現象のこと。
- 2) 架橋ポリエチレン
熱可塑性プラスチックとしての鎖状構造ポリエチレンの分子同士の所々を結合させて、立体の網目構造にした超高分子量のポリエチレン。耐熱性、クリープ性能が高い。
- 3) ポリブテン
ポリエチレンやポリプロピレンと同じポリオレフィン系の樹脂。分子量が非常に大きく、耐熱クリープ特性、耐ストレスクラック性優れている。
- 4) スネークワイヤー
先端に取り付けられたワイヤーを排水管内に回転させながら挿入し、押し引きを繰り返しながら、管内停滞・附着物等を除去するもの。ワイヤーは、配管の曲がりに対応できるように、フレキシブルな螺旋構造となっている。

間仕切壁を出入口に変更する部分は、当初から耐力壁として設計しないようにすることが必要です。

天井・床と間仕切り壁等の納まりについては、間仕切壁等の移設による間取りの変更を容易に行えるように、天井・床勝ちとすることが有効です。部品化された間仕切りユニットや収納ユニットを適宜活用することも有効です。

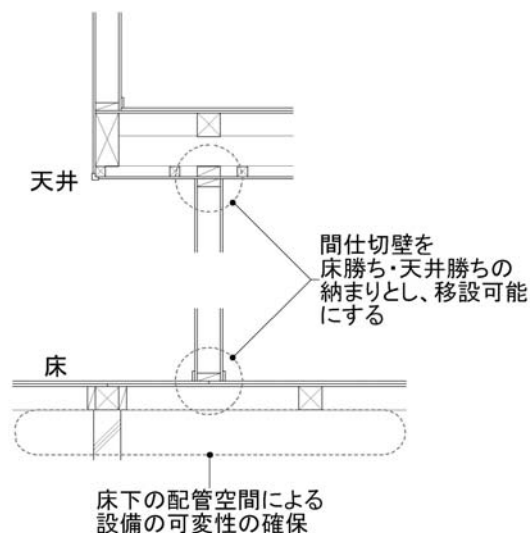


図4 天井・床と間仕切壁の納まり

また、基礎断熱工法を採用することにより床下に自由な配管空間を確保し、更に自由度の高いさや管ヘッダー工法などを採用することで、台所の位置を変更などの設備の可変性を確保することも有効です。

2) 構造計画における可変性の確保

吹き抜けに床を増設し、居室や収納空間として使用する場合には、荷重の変更（増加）を見込んだ構造計画を行うことが必要となります。また、外壁に優先的に耐力壁を配置し、内部間仕切壁はできる限り非耐力壁とするなど、間仕切壁等の移設に際して構造躯体が障害とならないよう配慮することも重要です。^{詳細文献1)}

なお、吹き抜けなどでの床を増設を想定する場合には、床を増設した後の建築基準法の容積率について、増設可能な範囲にあるか事前に確認しておく必要があります。

(3) 容易な維持管理への配慮

1) 給排水管等の補修対策

給排水管等の横引き配管が構造部分のコンクリートに埋設された場合、配管の補修時にコンクリートの除去が必要となるため、そのような配管は避ける必要があります。

有効な給水設備としては、さや管ヘッダー工法が挙げられますが、これは水や湯の流れる樹脂管（架橋ポリエチレン^{解説2)}管、ポリブデン^{解説3)}管など）を「さや」となる管の中に配管する工法で、ヘッダーと呼ばれる部品により分岐し各水栓まで配管します。

配管の端部以外は接続箇所がないため、漏水の危険が殆どなく、配管の更新についても躯体や内装等を壊すことなく行うことができます。また、腐食による水漏れや赤錆の発生等がないことも特徴です。

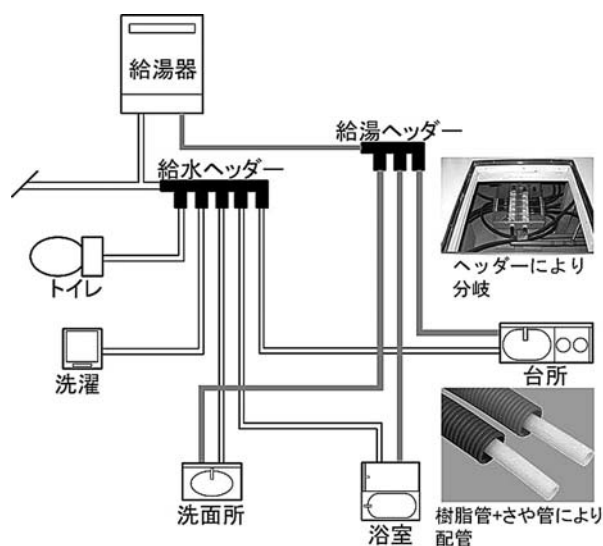


図5 さや管ヘッダー工法

2) 給排水管の点検及び清掃対策

スネークワイヤー^{解説4)}などの清掃用具を用いて排水管を清掃する際に、清掃用具が引っ掛かることがないように、清掃作業により排水管に抜けやたわみが生じないように構造とする必要があります。また、清掃用具を排水管内へ挿入するための掃除口や取り外し可能なトラップなどを設けることが重要です。

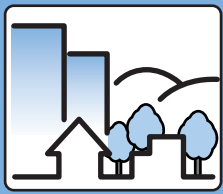
給排水管の清掃や点検が容易に行えるためには、対象となる部分が室内側に露出しているか、隠蔽されている場合は点検口等の開口が設けられている必要があります。壁や床の一部がビス止めとして、取り外し可能とすることも有効な手立ての一つとなります。

■詳細文献

- 1) 木造住宅の構造設計 新しい北方型住宅基準の高い耐久性における構造計画・設計上の配慮項目編
発行：財団法人 北海道建築指導センター
監修：北方建築総合研究所

■HP

- 1) 架橋ポリエチレン官工業会 <http://www.jxpa.gr.jp>
ポリブデンパイプ工業会 <http://www.j-p-b-p-a.com/index.html>



1. 室内の計画

ユニバーサルデザインとは、高齢者や障害のある方が自由に行動し生活するために障壁をなくそうと、いったこれまでの考え方ではなく、誰にとっても使いやすく安全性の高い住宅を目指す考え方です。新築時から将来を考え、加齢によって身体状況が変化しても住み続けられるように、あるいは介護が必要になったときにも在宅での介護が可能な住まいや、子育て環境に配慮した住環境が求められています。

住宅内の段差をなくしたり、手すりを設置したりすることで、転倒の危険性を減らし姿勢を安定させることができ、安心して暮らすことができるようにします。わかりやすい動線になるよう部屋を配置し、身体状態の変化に対応できるようにします。便所や玄関など小さく仕切られた空間はバリアとなるので、広い空間を確保します。

ユニバーサルデザインのポイント

- ★フラットな床と手すり
- ★短くシンプルな動線
- ★オープンな空間

車いすを使うことになったときでも、車いすでの動きや介助のスペースが確保できる幅や広さにして、住み慣れた家に住み続けられるようにします。この環境は、子供にとっても安全性が確保され、使い勝手の良い住まいです。将来のニーズに柔軟に応えられる住宅は、改修費用を抑制することが可能です。最初からユニバーサルデザインに配慮しておけば、特別な仕様ではなくても、簡単な変更で対応できます。

2. 高齢者等が安心して

生活できるための仕様^{規格1)}

(1) 部屋の配置

日常生活空間^{解説1)}のうち、便所は特定寝室^{解説2)}の存する階に配置します。夜間の排泄回数が増えることと、

介護が必要になったときのために、特定寝室から便所への動線を短くします。さらに、浴室や洗面所などの日常生活で利用する部屋も同一階に配置します。身体への負担と同時に心理的な不安感を小さくすることが重要です。

(2) 段差・階段

日常生活空間内の床は、段差のない構造とします。設計寸法で3mm以下に収め、歩行時のつまづきを防ぎ自走式車椅子^{解説3)}でも移動しやすくします。浴室も水処理をしっかりと行い、段差を解消します。玄関出入口やバルコニーなど外部との段差も20mm以下とすることで車椅子での通過も可能になります。

高齢者だけでなく子供も安全に利用できる階段とします。勾配を6/7以下とし、滑り止めや照明などにも配慮して、安全に昇降できるようにします。

(3) 手すりの設置

転倒の防止や姿勢を安定させるため手すりを設置します。(図1)

階段には、踏面の先端からの高さが700mmから900mmの位置に設置します。

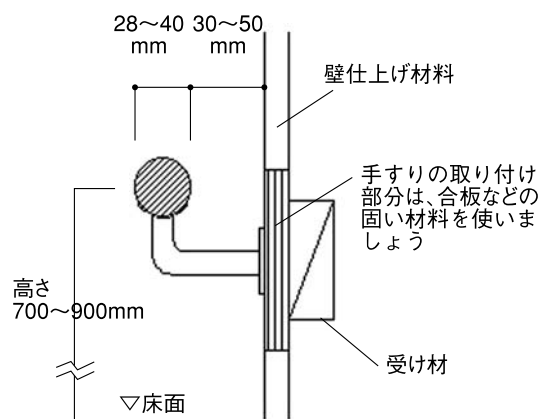


図1 手すりの高さや形状

■解説

1) 日常生活空間

高齢者等の利用を想定する玄関、便所、浴室、脱衣室、洗面所、寝室（以下「特定寝室」という。）、食事室及び特定寝室の存する階（接階を除く。）にあるバルコニー、特定寝室の存する階にあるすべての居室並びにこれらを結ぶ経路のうち主たる一経路。

2) 特定寝室

高齢者の利用を想定する寝室。現在高齢者ではない居住者が高齢者となったときに寝室として使用することを想定する室を指し、必ずしも現在の主寝室を指すものではない。

3) 自走式車いす

車輪にハンドリムがあり、乗車している者が自らの力で操作し、移動するために用いられる車いす。

便所には、立ち座りのためのものを設置します(図2)。浴室には、浴槽出入りのためのもの並びに浴槽内での立ち座り及び姿勢保持のためものを設置します(図3)。さらに、玄関には、上がりかまち部の昇降及び靴等の着脱のための手すりを設置します。脱衣室や廊下にも設置準備しておくといいでしょう。

手すりの形状について、直径は28mm～40mmとし、断面形状は原則として円形とします。手すり端部は、壁側または下側に曲げ、服などが引っかからないようにします。

手すりの取り付けは、柱等に直接取り付けるか、または補強した受け材等に取り付けます。適切な支持間隔で取り付け、手すりとの壁の空き寸法は、30mm～50mmを標準とします。手すりが途中で切れないように設置します。

バルコニー、2階以上の窓、開放された廊下や階段には転落防止用手すりを設置します。手すり高さは床面から1,100mm以上とし、途中で足がかけられる場

合には腰壁等または窓台等から800mm以上の高さとし、また、手すりの間隔については、子供のすり抜けを防ぐため、内法寸法で110mm以下とします。

(4) 廊下及び出入口の幅員等

日常生活空間内の廊下の有効な幅員は、780mm以上とします。廊下の幅員が850mm未満である場合は、自走式車いすの通行に支障がないように出入口と廊下の幅と位置関係に注意します。また、出入口の幅員は780mm(浴室の出入口にあっては600mm)以上とし、車いすでの出入りを確保します。

(5) 特定寝室、便所及び浴室の広さ

特定寝室は、内法寸法で9㎡以上とし、車いすの乗り入れ及びベッドへの移乗が可能な広さを確保します。便器は腰掛式とし、便器と便器前方の壁等との距離は、1,000mm以上とします。便器と便器側方の壁等との距離も同様に、500mm以上とすることで、介助する場所を確保できます(図4)。

浴室の短辺は、内法寸法で1,300mm以上とし、浴室の面積は、内法寸法で2㎡以上とします。洗い場も介助空間に配慮しておきます。

これらの部屋の広さは介助可能な最小限面積であり、介護する人の負担を考えた場合にはより広い空間を確保することが求められます。部屋を広げるために壁の位置を変更することは難しいので、全体計画の段階で撤去できる壁と空間をあらかじめ準備しておき、軽微な改造で対応できるようにしておく必要があります。

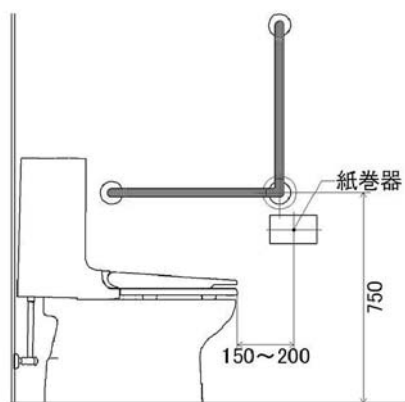


図2 便所の手すりの位置

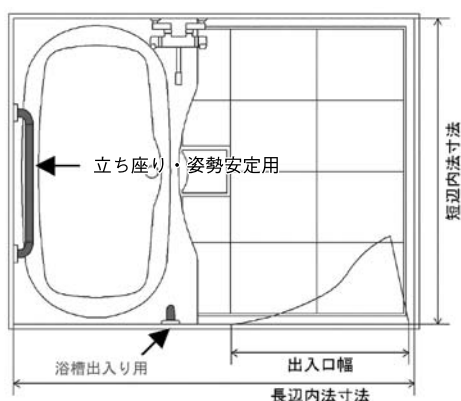


図3 風呂便所の手すりの位置

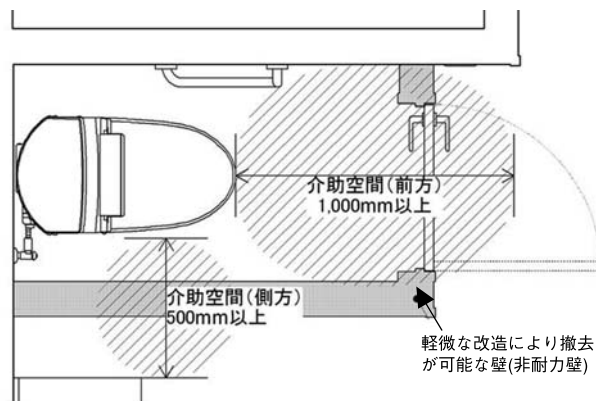
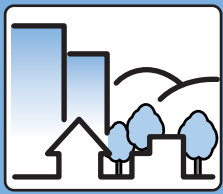


図4 便所の手すりの位置

参考文献

- 1) 新しい北方型住宅のつくり方 北方型住宅技術解説書 <http://www.kita-sumai.com/>



住宅・街並み計画

A2-2

ユニバーサルデザインに配慮した住まいづくり

～積雪を考慮した屋外の計画～

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

1. 冬期間の歩行の危険性

冬の屋外は、積雪や凍結で歩きづらく、転倒する危険性が高くなります。また、高齢化とともに体力が低下することで、つまずいたり転んだりしやすくなるとともに、一度ケガをすると治りにくいためそのまま寝たきりになってしまうおそれもあります。安全に歩けるよう積雪や凍結に関する対策と、普段からの転倒防止に関する配慮が必要です。

2. 屋外アプローチの積雪・凍結に対する床材選び

(1) 路盤面及び床面の仕上げ

路盤面や床面の滑りにくさについては、JISに規定する試験方法^{規準1)}によるC.S.R^{解説1)}（滑り抵抗係数）値で表しており、タイルなどの床仕上げ製品カタログなどで表示されているものがあります。材料の検討の際には、サンプルを用いて比較検討して、安全性を確かめましょう。

床は用途ごとに滑りの最適値や許容値があり、動作により異なりますが、通常の歩行面ではC.S.R値0.4～0.8が歩きやすいとされています。（紳士硬底靴による下足床での歩行感の場合）（図1）。

しかし、乾燥条件、湿潤条件、積雪条件などの表面状態によりC.S.Rは変化し、乾燥条件では滑りにくい材料であっても積雪条件になると逆に滑りやすくなるものがあります（図2）。北海道のような積雪寒冷地での外部床材の評価には常態乾燥状態の試験だけでなく、雪が積もった状態での試験を行うことが必要です^{解説2)}。

雪が積もっていると快適に歩行することが難しくなります。様々な条件の路盤面を実際に歩行して滑り評価をした結果、積雪条件で求められるC.S.Rは、水平面では0.2以上、勾配1/15程度の斜路では0.3以上が必要となります（図3）。車椅子を押すような場合には、必要なC.S.Rはさらに大きくなります。

代表的な材料をみると、平滑なタイルは滑りやすく、インターロッキング・モルタル・ゴムなどは滑りにくい傾向があります。特に、石材などでは同じ材料であっても、本磨き仕上げとバーナー仕上げのように表面の仕上げにより異なるので注意が必要です。

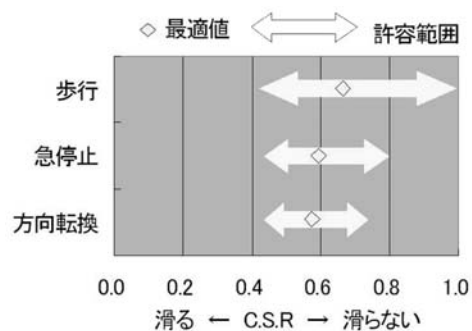


図1 通常の歩行面でのC.S.Rの許容範囲

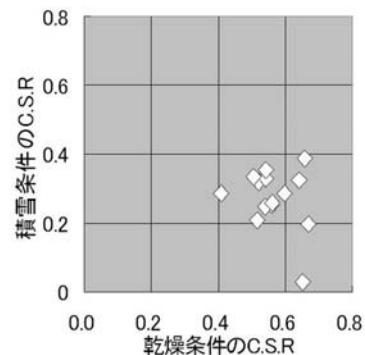


図2 乾燥と積雪でのC.S.Rの相関性

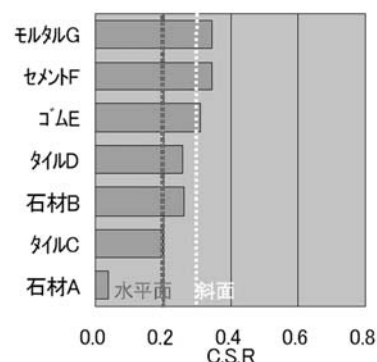


図3 積雪条件での床材料のC.S.R

■解説

- 1) C.S.R (Coefficient of Slip Resistance、滑り抵抗係数)
最大引張力を荷重で除したもので、大きいほど滑りにくいことを示します。
- 2) 北方建築総合研究所では、滑り性試験を依頼試験として行っています。

■規準

- 1) JIS A 14546高分子系張り床材試験方法 6.14滑り性試験
靴底の大きさ80×70 mmの滑り片に785 N約80kgの鉛直荷重を載荷し、18°の角度で斜め上方へ引っ張り、動き始めるまでの最大荷重により滑りの程度を評価する。
- 2) 新しい北方型住宅のつくり方 北方型住宅技術解説書 <http://www.kita-sumai.com/>

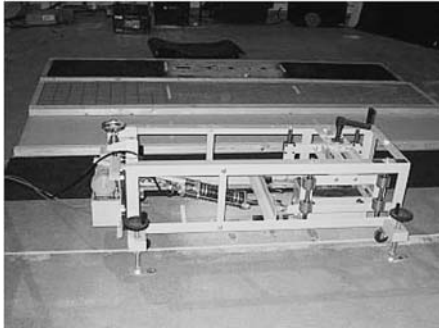


写真1 滑り性試験機

(2) アプローチの積雪防止^{→P21,P33}

アプローチ上に庇や屋根を設けて降雪による積雪を防ぐとともに、腰壁や植栽等を設置することで吹き込みや吹き溜まりを防止することが有効です。また、アプローチ部分の除雪を容易に行えるように、堆雪スペースを隣接して設置することが必要です。

(3) アプローチの凍結防止

透水性のある路盤仕上げとした部分は、路盤下の凍上を防ぐため、排水が凍結深度以下で地盤に浸透するようにします。

透水性のない路盤仕上げとした部分には、排水勾配を確保し、敷地内の排水設備により公共雨水桝に排水するようにします。

また、ロードヒーティング^{→P23}を設置する場合には、融雪水を適切に排水するようにします。

3. 屋外アプローチでの転倒等の防止^{規準2)}

(1) 屋外階段

蹴上は150mm、踏面は300mm、蹴込みは20mmを標準とし、蹴上及び踏面の寸法はそれぞれ一定とします。階段の勾配については、単に緩やかにすればよいわけではなく、足が安定して載る踏面寸法と歩幅にあわせた蹴上と踏面のバランスをとることが重要です。幅員については、介助を考慮し、有効寸法で1,200mm以上とすることが必要です。

なお、回り階段は、高齢者などの歩行が不安定になり危険であることから、避けた方が良いでしょう。

(2) 屋外スロープ

勾配は1/20以下の緩やかなものとし、幅員は有効

寸法で900mm以上とすることが必要です。設置にあたっては、緩やかな勾配を確保するため、アプローチ部分に敷地の余裕が必要となります。余裕がない場合には、玄関上がりかまちの段差が大きくなならないよう配慮が必要となります(図4)。

接続する玄関ポーチ部分や中間の平坦部分で車いすを転回させる場合は、直径1,500mm以上の円が内接する空間を確保しなければなりません。

スロープの下り端部は、直接道路等に進入しないよう配慮し、スロープの開放されている側には、手すりを設置するとともに、手すり子の脚部を50mm以上立ち上げ、転落を防止します。

また、冬期間の使用を考慮するとゴム部材などの滑り止めの対策が重要となります。

(3) 屋外の手すり

床面(階段の部分にあっては、踏面の先端)からの高さが700mmから900mmの位置に、連続して設置します。手すりの径は、30mmを標準とし、手すりの壁等からの離れは、35mm以上とします。手すりの端部は、床の平坦部分で300mm以上水平に延長し、衣服の袖の引っかかりを防止するため下側または壁側に曲げます。

手すりの材質は屋外での使用を考慮すると、濡れても滑らず、かつ、耐久性の高いものとし、触ったときに冷たさを感じない素材であることが望ましいといえます。ステンレス製よりは木製や樹脂製の手すりが有効です。特に冬期は手すりの重要性が高くなるため、十分に検討しなければなりません。

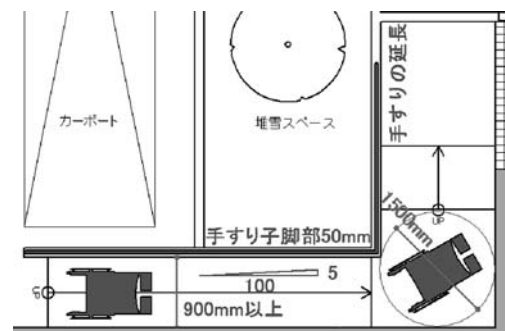
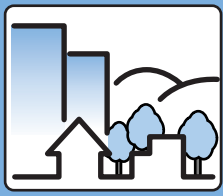


図4 スロープの設置寸法

■参考文献

- 1) 雪が介在する場合の床の滑り性試験方法に関する研究 林昌宏、長谷川雅浩
日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1 P-P.829-830、2004.8



A3

環境への負荷が少ない住まいづくり

～地球温暖化対策と住宅のLCCO₂～

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

1. LCAとLCCO₂

LCA(Life Cycle Assessment)とは製品の一生における温暖化ガス、窒素酸化物、水質汚濁物質などあらゆる環境負荷を評価する手法で、そのうちの温暖化ガスである二酸化炭素に着目したのがLCCO₂ (Life Cycle CO₂) です。LCCO₂はCO₂ (二酸化炭素) の排出量を住宅の建設時、使用時、改修時、廃棄時までトータルに見て、住宅が環境(温暖化)に及ぼす影響を総合的に捉えるもので、環境負荷の軽減を図るための指標になります。

住宅の建設時には、使用される資材によって製造、運搬、施工、交換、解体に係るエネルギー消費・炭素放出量の原単位(建材1kgについてエネルギー消費が何ジュール、炭素放出が何kgあるか)があり、建材毎の原単位と使用量の積み上げで住宅1棟の建設に係るエネルギー消費と炭素放出量が求められます。使用時には暖冷房、給湯、照明など生活に必要なエネルギー消費と炭素放出が発生します。さらに、改修時や解体まで含め、住宅の一生を通してのエネルギー消費や炭素放出量を求めることで、環境への影響を判断することができるようになります。

2. LCCO₂の検討の必要性

人間の活動による化石燃料の燃焼などによって発生する二酸化炭素(CO₂)などの温室効果ガスは、地球表面の大气や海洋の平均気温を上昇させ、気候変動によって生態系や人間活動に影響を及ぼすことがわかってきました。地球規模での持続可能な経済開発を可能とするには、温暖化の主要な原因となっているCO₂の排出を抑制していくことが必要とされています。1997年に議決した「気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書」は、2005年に発効していますが、日本はCO₂の排出量を2008年から2012年までの期間中に1990年比でマイナス6%とすることとなっています。さらに長期的には半減するという目標もたてられてい

ます。CO₂の排出削減は全産業分野、民生需要で取り組まれる必要があり、住宅においても対策を講じていく必要があります。

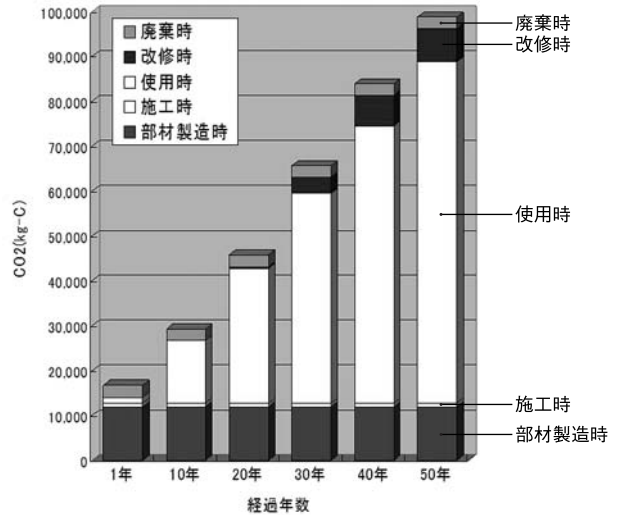


図1 住宅の経年CO₂放出量

3. 住宅でのCO₂放出

札幌市内に建つ住宅をモデルにCO₂発生状況を計算解説¹⁾したものを示します(図1)。モデル住宅の延べ床面積は125m²、断熱性能は新省エネルギー基準程度です。

経過年数ごとの炭素放出量をみると50年で100tonにもなり時間の経過とともに増加し続けます。その内訳を見ると10年経過時には使用時の放出量が建設時の放出量を上回って最も大きな割合を占めるようになります。50年経過時には使用時の放出量が全放出量の77%を占めるに至り、使用時の影響が特に大きいことがわかります。

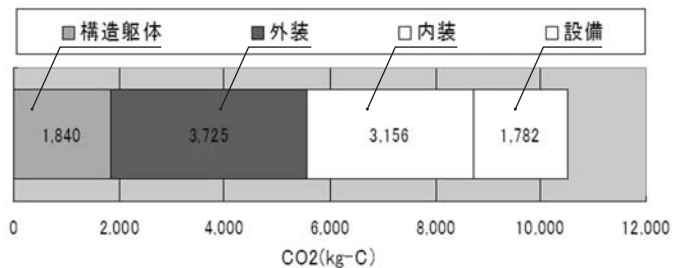


図2 建設時のCO₂放出量

■解説

1) 独立行政法人 建築研究所で1996年に開発したLCCO₂評価プログラムBeat Ver5を使用。建築部材原単位による積み上げ方式プログラム。主に住宅を対象。
独立行政法人 建築研究所 <http://www.kenken.go.jp>

4. 建設時のCO₂放出量

建設時の放出量について建築資材別に見てみると、構造躯体1,840(kg-c)^{解説2)}、外装3,725(kg-c)、内装3,156(kg-c)、設備1,782(kg-c)となっています。この割合は使用資材によって変わり、資材の選択によっては建設時の放出量の低減が可能となります。材料別には、木材が少なく、アルミ、プラスチックの放出量が多くなります。また、材料の寿命も影響し、短いサイクルで交換しなければならないような材料は結果的に放出量が多くなります。

5. 使用時のCO₂放出量

使用時の総CO₂放出量は1.5ton-c/年程度で、用途を暖冷房、給湯、台所、照明電力に分けてその特性を見ると、暖房負荷が60%と大きいことがわかります。暖房での排出量が多いのは寒冷地特有の傾向で、温暖地では暖房が占める割合は小さくなります。ほかに照明動力（家電）が25%を占めています。

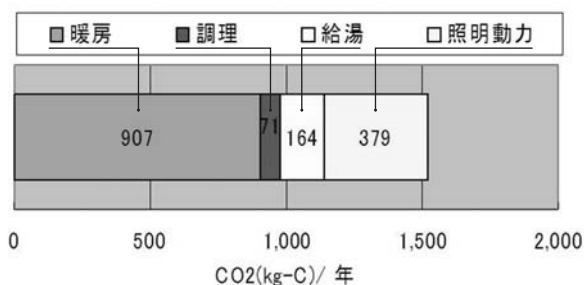


図3 使用時のCO₂放出量

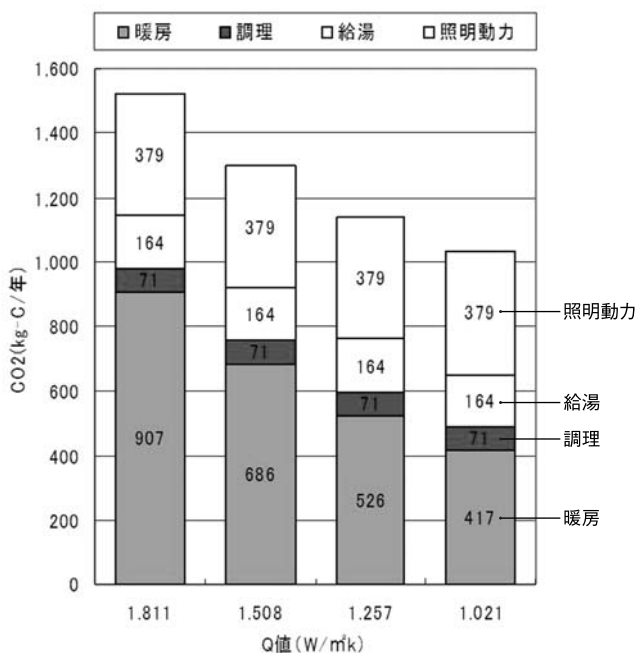


図4 Q値と使用時のCO₂放出量

6. LCCO₂放出量の効果的な低減策

以上のデータから見ると使用時、とりわけ暖房に係るCO₂放出を削減することがLCCO₂低減に効果的であることがわかります。

図4にモデル住宅で省エネルギー化の性能レベルを変えた場合のCO₂放出量を検討した結果を示します。Q値^{※P80}を1.8 (W/m²k) から1.0W/m²k)まで断熱化などの省エネルギー化によって変えたときの年間の総排出量は1,521kg-Cから1,031kg-Cへと大きく低減します。このように断熱性能を上げQ値を小さくすることで効果的にCO₂放出量の削減が可能なることから、建物でのより一層の省エネルギー化の推進が求められるといえます。

図5にモデル住宅で、省エネルギー化の性能レベルを変えた場合のLCCO₂放出量を検討した結果を示します。一層の断熱化を行ったときの50年経過時のLCCO₂の内訳を見てみると、建設時のCO₂放出量は若干増加しますが、総放出量に占める量はわずかで、大きな低減効果が期待できることから、寒冷地ではLCCO₂低減のために断熱性能向上に投資するのは最も有効な方法といえます。

しかし、Q値が1 (W/m²k)程度になると排出量全体に占める暖房部分の削減効果が低減してくるため、照明や他の電力、給湯などでの排出削減を考えなければならなくなってきます。

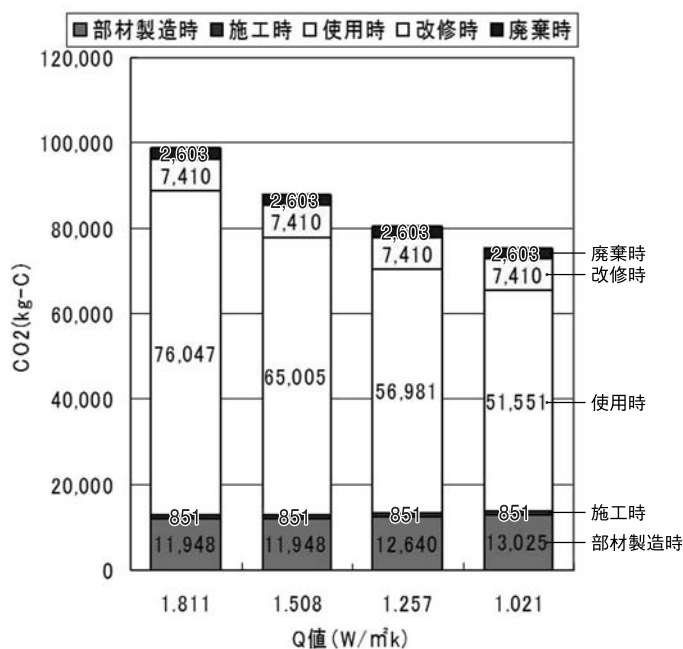
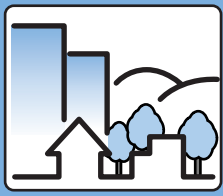


図5 Q値とLCCO₂

■解説

2) kg-c

放出される気体CO₂に含まれる炭素重量を。CO₂放出量を示す単位としてはほかにもkg-CO₂があるが、これは気体CO₂の重量を示す。



A4-1 美しいまちなみの形成

～美しいまちなみをつくるポイント～

1. まちなみとは

豊かなまちなみとはどんなものでしょうか。人によりその感じ方はさまざまですが、多くの人の心をとらえるまちなみには何らかの秩序が存在します。

- 建物（屋根・窓等）の形が揃っている
- 街路樹や生け垣が統一されている
- 建物の外壁面の位置が揃っている
- 屋根や壁の材質や色が同系のものである
- 建物の高さが揃っている

まちなみの構成要素には、次のような領域があります。

- 街路：車道、歩道、街路樹、看板 など
- 境界：門、塀、生け垣、植栽 など
- 庭：芝、植栽、アプローチ

付帯施設（物置・車庫・オイルタンクなど）

- 建物：屋根、外壁、窓 など

これらを所有区分で分けると「街路は、公的（パブリック）」、「境界・庭・建物は、私的（プライベート）」な領域です。

ただし、「私的」な部分も、まちなみという観点から通りから見えるものは全て「公的」な性格を含んでいると言え、「私的」なものについても配慮が必要となります。

現在の北海道の住宅は、20～30年で建替えが行われます。住宅の長寿命化により何世代も続く愛着のあるまちなみづくりは、可能となるでしょう。

美しい、また、愛着のあるまちなみは一朝一夕でつくることは出来ませんが、これからのことを考え、秩序づくりの取り組みや時とともに趣のするような材料選び、適切な維持・管理などが必要です。

2. まちなみをつくるポイント

- 建物の後退
 - ゆとり、後退距離を揃えた統一感
- 建物の外観の工夫

屋根の形状や外壁の色や材質の統一

- 緑
 - シンボルツリーの設置、ボリュームの確保
- 付帯施設
 - 車庫の位置や形状、灯油タンク等の目隠し

3. 事例紹介

ここでは、道内のまちなみに配慮した住宅地（地区）について、特徴や概要を紹介します。

（1）ウッドタウン緑が丘（旭川市）



写真1 ウッドタウン緑が丘

■概要

北国らしい良好な住宅市街地が形成されるよう、戸建専用住宅を主体とした土地利用を図ることとしています。

現在「ウッドタウン緑が丘街並み協定」及び「旭川市ウッドタウン緑が丘地区計画」による規制がかけられています。

建物に関する主な制限

- ・ 建物の用途規制
- ・ 敷地面積の最低限度（200㎡以上）
- ・ 建物の壁面の位置（1 m又は3.5m）
- ・ 建物の高さの最高限度（建築物9 m、軒6.5m）
- ・ 建物の形態及び意匠
- ・ 垣又はさくの構造

（2）あいの里（札幌市北区）



写真2 あいの里

■概要

あいの里地区は、昭和53年に市街化区域に編入され、昭和54年に「篠路拓北土地区画整理事業」として都市計画決定され整備が開始されました。

なお、当時の基本計画では次のような取り組みが行われています。

- ・ 戸建住宅のほか、低層・中層・高層等の多様な密度と形態の集合住宅を供給
- ・ 350～400m間隔に格子状の防風・防雪林配置
- ・ 地区内には、北方型住宅^{解説1)}のモデル地区（パイロット事業）を設置し街並み・家並みを計画的に整備する 地区などを整備

■解説

1) 北方型住宅推進事業

冬を快適に過ごすための工夫を取り入れた質の高い総合的な住まいづくりで、主として住宅の性能について、高断熱・高气密仕様、多雪地対応型の高床式住宅・サンルーム・多目的ルームの設置等の高水準の要件を定めたもの。

（3）江差中歌姥神歴まち地区（江差町）



写真3 いにしえ街道

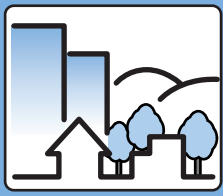
■概要

いにしえ街道地区は旧国道沿い部分で、時代の経過と共に町の中心が上町に移行、上町の建造物等が現代的に刷新される中、歴史的建造物が比較的多く残され、限られた空間の中で昔ながらの街並みを形成する地区です。漆喰塗り純和風商家、問屋・社寺建築、下見板張りの和洋折衷建物等が並び、連続した中に変化に富んだ街並みを形成しています。

道路形状にも独自の変化と特徴があり、街並みが進むにつれ、様々なまちなみが次々と展開していく通りの構成となっています。

■計画コンセプト

- 1) 江差町を代表する顔づくりとして個性ある街並み景観を保全・再生・創造していく
- 2) 歴史的街並み環境を町民・道民全般の共感を育むものとして保全・継承していく
- 3) 快適な生活環境の質的・精神的・経済的な向上が図られていく
- 4) まちなみづくりの取り組みが進み、その取り組みが形になるとともに、より町民の文化意識の高揚が図られていく



住宅・街並み計画

A4-2

美しいまちなみの形成

～まちなみ形成に関する建物形態の規制～

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

1. まちなみ形成に関する建物形態の規制

住宅地などのまちなみは、建物の位置・形態などにより様々な影響を受けます。

住宅地において良好なまちなみを形成するためには住宅路を中心とした沿道の建物形態等への配慮の取り組みが重要であり、建物の外壁位置の後退や建物の高さ、形態・意匠等に関する取り組みが行われています。

ここでは、法律や制度による建物形態の規制に関する制度等について紹介します。

まちなみ形成に関する建物形態の主な規制等は、次のものがあります。

- 行政等が区域を決めて定めるもの
(用途地域、地区計画^{解説1)}、景観地区^{解説2)})
- 地域住民が自主的に定めるもの
(建築協定)
- ※民法によるもの

2. 規制等の概要

(1) 行政等が区域を定めて行うもの

1) 外壁の後退距離及び建物の高さ制限 (建築基準法^{基準等1)})

都市計画地域を有する市町村では第1種及び第2種低層住居専用地域において、良好な住環境を確保するため、建物の外壁(又は、これに変わる柱の面)の後退距離(1.0m又は1.5m)及び建物の高さ(10m)を定めている場合があります。ただし、対象となる外壁等には次のものは除かれます。

- ・外壁又はこれに代わる柱の中心線の長さの合計が3m以下であるもの
 - ・物置その他これに類する用途に供し、軒の高さが2.3m以下、かつ床面積が5㎡以内であるもの
- なお、対象地域地区は各市町村の都市計画に定められています。(道内36市町 H19.3.31現在)

2) 地区計画(都市計画法^{基準等2)}・建築基準法^{基準等3)})

地区計画では、それぞれの区域の特性にふさわしい建物の形態等を整備、保全するため、「建築物の敷地規模」「構造」「建築設備」などについて制限を定めることができます。

道内市町村でも住居系の用途地域内に地区計画を定め、「建築物の外壁の後退距離(1.0m以上)の制限」を設けている地域があります。

なお、対象地区は各市町村の都市計画に定められ、また、規制等の内容は市町の条例に定められています。(道内32市町354地区中281地区H19.3.31現在)

3) 景観地区(景観法^{基準等4)})

都市及び農産漁村における良好な景観の形成を促進することを目的とし、平成17年に景観法が施行されています。

これは、市街地等の良好な景観の形成を図るため、景観行政団体は景観計画を定め良好な景観形成のための方針や制限及びその対象となる景観計画区域を定め、区域内においては、対象となる建築物等の「形態・意匠」「高さの最高限度・最低限度」「敷地の最低限度」のほか「壁面の位置」などを定めることができます。平成19年10月現在、道内では3市町(旭川市・東川町・平取町)で景観計画及び景観計画区域^{IP1)}を定めてお



写真1 外壁後退の例(札幌市/真栄四季のまち)

■解説

- 1) 地区計画
都市計画法に定められている、住民の合意に基づいて、それぞれの特性にふさわしいまちづくりを誘導するための計画。
- 2) 景観地区
建築物の形態意匠の制限等を定める都市計画。
都市計画区域及び準都市計画区域内では、景観地区を設定することができる。

■基準等

- 1) 建築基準法第54条
- 2) 都市計画法第12条の4
- 3) 建築基準法68条の2
- 4) 景観法第16条

り、今後、道をはじめ、道内の各景観行政団体において計画及び区域が定められることが想定されています。

また、より積極的に良好な景観の形成を図る取り組みとしては、都市計画を持つ市町村においては「景観地区」、都市計画を持たない市町村においても「準景観地区」を定め、建物等に係る制限をかけることができることにもなっています。

(2) 地域住民が自主的に定める（建築協定）

建築基準法等の規制は必要最低限の基準であることからよりよい住環境を整備しようとする地区の住民には不十分な部分もあります。

このため、市町村が「建築協定に関する条例」を定め、地権者等全員の合意のもと特定行政庁の許可を受けた地域においては建築協定を定めことができます。建築協定では、地権者等が自主的に各基準（緩和は不可）を定め、建物の敷地・位置（建築物の壁面から敷地境界や道路境界までの距離の制限など）・用途・形態・意匠・建設備等を定めることができます。



写真2 外壁後退の例 (旭川市/ウッドタウン緑が丘)

表1 建物に関する制限の例

	地区計画	景観地区	建築協定
建物用途	○	○	
建ぺい率の最低限度	○	○	
容積率の最高限度	○	○	
高さの最高限度	○	○	○
高さの最低限度	○		
壁面の位置の制限	○	○	○
屋根の形態・色彩・材料	○	○	○
外壁の形態・色彩・材料	○	○	○

(3) 民法によるもの

景観や良好なまちなみ形成ということを目的としたものではありませんが、民法においては、原則敷地の境界線から50cm以上建物を離さなければならないという制限もあります。

民法抜粋

(境界線付近の建築の制限)

第二百三十四条 建物を築造するには、境界線から五十センチメートル以上の距離を保たなければならない。

2 前項の規定に違反して建築をしようとする者があるときは、隣地の所有者は、その建築を中止させ、又は変更させることができる。ただし、建築に着手した時から一年を経過し、又はその建物が完成した後は、損害賠償の請求のみをすることができる。

第二百三十五条 境界線から一メートル未満の距離において他人の宅地を見通すことのできる窓又は縁側（ベランダを含む。次項において同じ。）を設ける者は、目隠しを付けなければならない。

2 前項の距離は、窓又は縁側の最も隣地に近い点から垂直線によって境界線に至るまでを測定して算出する。

(境界線付近の建築に関する慣習)

第二百三十六條 前二条の規定と異なる慣習があるときは、その慣習に従う。

■HP

1) 北海道建設部まちづくり局都市計画課 <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/tki/>

上川郡下川町では、平成10年に地域の木材産業関係者と住宅関連産業関係者の連携によって「下川産業クラスター研究会」が設立されて以降、豊かな地域森林資源を活用した様々な活動が行われています。

平成15年には北海道初となるFSC^{解説1)}による森林認証を取得し、下川町内の森林が経済・社会・環境に配慮した森林管理を実践されているとして国際的に認められました。また、その森林から生産された木材などを使用した「下川ブランド住宅（下川型地域材活用住宅）」の開発や、森林・製材加工・住宅建設それぞれの場面に関わる人々が連携し合い、町内の森林から生産された木材を町内製材業者が製材・集成材加工し、町内の設計者が設計・施工を行う「下川生まれ、下川育ちの家づくり」として、顔の見える住まいづくりが実践されています。（写真1, 2,3）

このほか、町内工務店の住宅建築に関するCoC^{解説2)}取得、北の木の家^{解説3)}認証制度^{HP1)}の活用など、地域森林資源を積極的に活用するために、継続的な検討・実践が行われており、地域資源の積極的な活用が図られています。

カラマツ材などを使用した「下川生まれ、下川育ちの家」



(1) 施工中の室内



(2) 施工中の外観



(3) 完成時の室内



(4) 完成時の外観

※施工中及び完成見学会より

■解説

1) FSC（森林管理協議会）

環境に配慮し、適切な管理がなされている森林を認証し、世界の森林保全へ向け、森林（経営）管理者から、木材製品等の消費者にいたる様々な関係者を一体化することを目的として設立された国際的な非営利組織。

2) CoC認証

FSCが「適正な森林管理」を認証した林産物の製品を普及させるため、製造、加工、流通の全ての過程において、認証材にそれ以外の材が混入しないように管理・製造されていることを認証するもの。

3) 北の木の家認証制度

北海道木材産業協同組合連合会（通称：どうもくれん）により、道産木材の需要拡大を図るため、品質が優れた道産木材を使用した住宅建設を「北の木の家」として認定する制度。

■HP

1) ウッドプラザ北海道 <http://www.woodplaza.or.jp/>



B

雪処理計画

敷地内の雪処理
～除雪負担量から考える雪処理計画～

敷地内の雪処理
～融雪設備～

屋根工法と雪処理
～滑雪屋根材～

屋根工法と雪処理
～非滑雪屋根材～

屋根工法と雪処理
～M型屋根・フラット屋根～

屋根工法と雪処理
～雪庇対策～



雪処理計画

B1-1 敷地内の雪処理

～除雪負担量から考える雪処理計画～

1. 除雪負担軽減の必要性

「除雪がたいへん」という声は、高齢世帯に限らず良く聴かれますが、とくに高齢者にとっては長年住み慣れた住宅を離れ住み替えるきっかけとなるほど生活上の支障となる場合があります。また、雪処理のためにロードヒーティングや融雪槽^{※P23}などのエネルギーを消費する設備機器の導入が急速に広がっていますが、温暖化対策、環境負荷低減が求められている現在、雪処理の方法としては慎重に考えるべきでしょう。

高齢社会、環境問題を考えた場合、除雪負担の少ない住宅の計画が求められることは明かで、住宅計画時から除雪について考えていくことが必要となっています。

2. 敷地内雪処理の基本的考え方

・除雪場所を少なくする

除雪を行う場所は、敷地入り口から玄関までの通路、駐車場所、玄関から物置までの通路等です。除雪量を少なくするにはこれらの距離を短くするように計画するか、通路部分に屋根をかけます。とくに南入りの敷地の場合は、南側に庭を広くとり採光を良くしようと計画するため、通路部分が長くなりがちですが、駐車空間と人の通路を一体として玄関までの屋根をかけることで、除雪量は大幅に低減できます。

・堆雪空間を確保する

どのように計画しても除雪しなければならない空間は出てきます。除雪作業を楽にするには除雪空間に隣接して堆雪空間を確保することが基本です。除雪した雪を堆積しておく場所の確保がなされていないと道路に持ち出すか、融雪機器等を使わなければならなくなります。堆雪空間が確保されていても、除雪空間から離れていると作業がたいへんになるので注意が必要です。

・屋根の落雪を制御する

屋根からの落雪が、通路や窓の前にあるとそれによる除雪負担が発生します。また、堆雪空間に考えていた場所に落雪があると、堆雪空間として十分に活用で

きなくなる場合もあります。屋根形状、勾配、材料の選択によって無落雪屋根にすることも検討し、屋根落雪による除雪負担の増加を抑えることが必要です。

3. 除雪負担量検討の基礎データ

除雪の負担量がどのくらいになるのか、除雪面積、地域の降雪量や気温などによって変わってきますが、おおよそ次のとおりです。除雪量は地域によって大きく違うので、その地域のデータに基づいて検討することが必要です。

表1 各地域の除雪量（1㎡当たり/年）

	除雪重量(kg)	除雪体積※(m ³)
札幌	404.4	1.66
旭川	329.7	1.32
岩見沢	463.1	1.85
倶知安	704.4	2.82
室蘭	138.0	0.55
苫小牧	154.7	0.62
函館	252.5	1.01
帯広	278.3	1.11
網走	228.6	0.91
稚内	346.8	1.39
釧路	298.7	1.19

※雪の密度を250kg/m³とした場合の値。

4. 必要堆雪空間について

堆雪空間は降雪量、堆雪空間の形状、除雪の使用用具によって大きく変わるため、簡単に求めることができません。個別事例ごとに条件設定を行い計算する必要がありますが、簡単に堆雪状況を把握するプログラムが開発されているので活用すると良いでしょう^{解説1)}。

5. 作業量の検討も必要

除雪のたいへんさは単に雪の量だけではありません。除雪する雪をどこまで移動するかによって、作業にかかる運動量、時間が変わります。除雪負担量として検討する場合には除雪場所と堆雪場所の位置関係を考慮しなければなりません。

■解説

1) 平成19年度末に除雪負荷計算プログラムが北方建築総合研究所のウェブサイトから利用できるようになります。
北方建築総合研究所 <http://www.hri.pref.hokkaido.jp/>

6. 除雪負担計算プログラムの活用

除雪負担量を把握するには、除雪面積、堆雪面積、それらの位置関係などの住宅ごとのデータと、地域の降雪量、除雪作業に伴う運動量などの基礎データから計算します。この計算を簡便に実施できるように、北総研では除雪作業に関する研究をもとにした計算プログラムを開発しました。ここでは、そのプログラムを用いた計算結果から、住宅の計画によってどのぐらいの除雪負担になるのかを見てみます。

図1に示す敷地計画の住宅について除雪負担を計算した結果を表2に示します（地域は札幌市を想定）。Aのように車1台分の除雪空間があると、除雪量は膨大で、Bのように車庫の設置によって除雪空間を小さくすることで大幅に除雪量が削減できることがわかります。除雪空間をロードヒーティング（効率20%）した場合は表2のCに示しますが、融雪に灯油換算

表2 敷地条件ごとの除雪負担量（札幌市の場合）

番号	除雪体積 (m ³)	除雪重量 (kg)	運動量 (kcal)	融雪エネルギー (MJ)
A	35.6	8,901	4,066	0
B	11.9	2,697	1,341	0
C	0.0	0	0	14,865

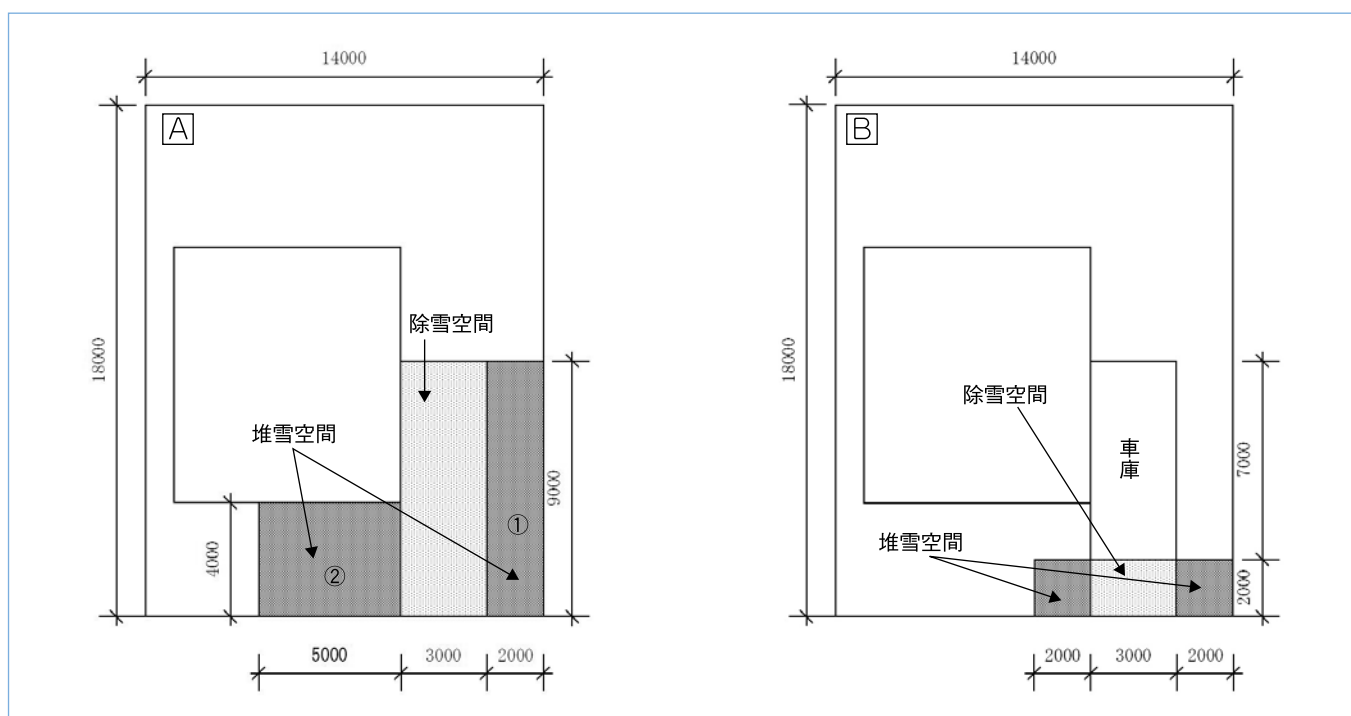


図1 除雪負担量計算モデル

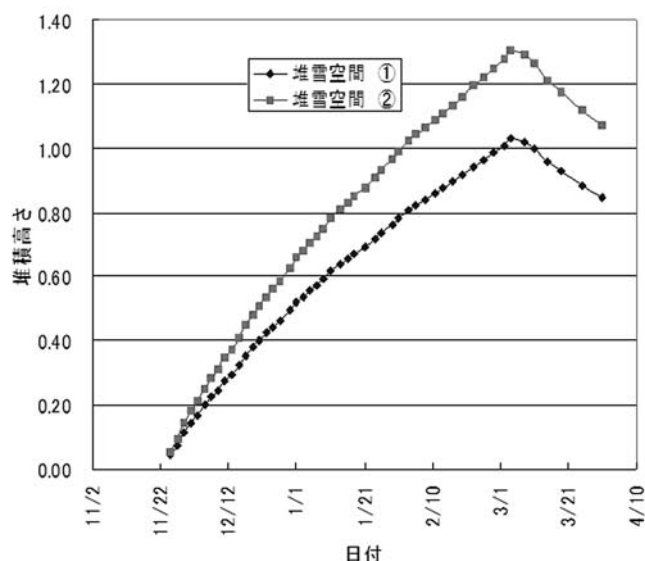


図2 堆雪高さの推移

で約2000リットル必要となります。

堆雪空間毎の堆雪状況を時間経過で確認してみよう（図2）。除雪にスコップを利用した場合2m程度の高さが投げ上げられる限界となるので、堆積高さの経過を見ることで、敷地内処理が可能かどうか判断することができます。



雪処理計画

B1-2 敷地内の雪処理

～融雪設備～

1. 融雪設備の種類 ^{HP1)}

融雪機器には、融雪槽・融雪機、ロードヒーティング、融雪パネル・マットがあります。融雪槽・融雪機は雪をその中に投入して溶かすのに対し、ロードヒーティングや融雪マット・パネルでは降雪をそのまま溶かすので大雪の場合を除き除雪作業が不要です。それらの特徴と選択のポイントなどを以下に述べます。

2. 融雪槽・融雪機

一般に、融雪槽と融雪機は表1のように区別されており、これらの融雪性能は、最大融雪能力と融雪効率で表されています。

表1 融雪機と融雪槽

融雪槽	比較的大容量の槽を地中に埋設し、投入した雪を比較的ゆっくり(1~24時間)溶かす 「電気加熱式」「不凍液循環加温式」「温水散水式」「地下水散水式」などがある
融雪機	本体にバーナーが組み込まれており、雪を投入しながら短時間で雪を溶かす 「地中埋設型」「地上据え置き型」「移動型」がある

最大融雪能力は1時間に溶かすことのできる雪の量を表したものです。融雪機では雪を投入しながら溶かすという使い方になるので、最大融雪能力が大きいほど早く融雪作業を終えることができます。一方、融雪槽では最大融雪能力が小さく、1回の除雪作業で処理できる雪の量は、おもに融雪槽の大きさで決まると考えてよいでしょう。

融雪効率は、燃料のもつエネルギーの何パーセントが融雪に使われるかを表しています。ただし、融雪効率は雪をいっぱい詰めた状態での効率であるので、実際の使用状態の効率は、一般に、表示より小さくなります。図1は、ある融雪機への雪投入速度と効率の関係を示したものです。雪投入速度が遅いと、融雪面が露出し、効率が落ちていきます。また、融雪機は、雪で覆われているほど騒音も小さくなります。したがって、過大な融雪能力の機種を選ばないこと、融雪機

の周りに雪を集めてから融雪することがポイントです。

融雪槽の場合、底が深いので雪を入れると槽の下はプラスの温度になります。したがって、ある程度溶かした後はスイッチを切り、余熱で溶かすなど、省エネルギー的な使い方を工夫してみるとよいでしょう。

3. ロードヒーティング

(1) 種類

ロードヒーティングは、降雪を溶かすもので、除雪後の硬い雪や屋根からの落雪の融雪には向きません。舗装構造の例を図2に示します。発熱の方式は、電熱式、温水式が一般的です。電熱線には、ゴムやプラスチックなどで絶縁した金属発熱体、カーボン発熱体などがあり、形状も線状と面状のものがあります。温水方式の場合、道路ではアスファルトに直接埋設できる比較的高温に強い特殊ナイロンパイプが使用されることが多いようですが、民生用ではパイプ周囲をモルタルやコンクリートとし、架橋ポリエチレン管^{PP7}やポリブテン管^{PB7}がよく使用されます。立ち上がりを速くするため、電熱線や温水パイプの下に断熱材を敷設することもあります。断熱材の厚さは、熱性能的には10mm程度あれば十分です。このほか、舗装にそのま

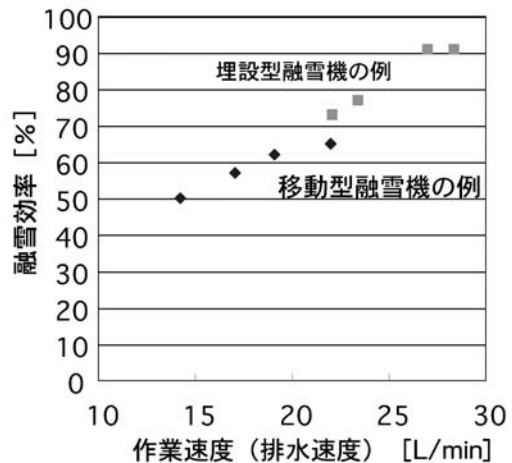


図1 作業速度と融雪効率

■解説

1) 予熱運転

降雪がないときに、路面を暖めておく運転

■HP

1) 北海道融雪工業会 <http://www.yukidoke.jp/>

2) 石油連盟 <http://www.paj.gr.jp>

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

ま固定して用いる電熱線やパイプを組み込んだパネルやマットも市販されており、融雪面積が小さい場合や階段に適しています。また、温水方式の熱源にはボイラとヒートポンプがあります。

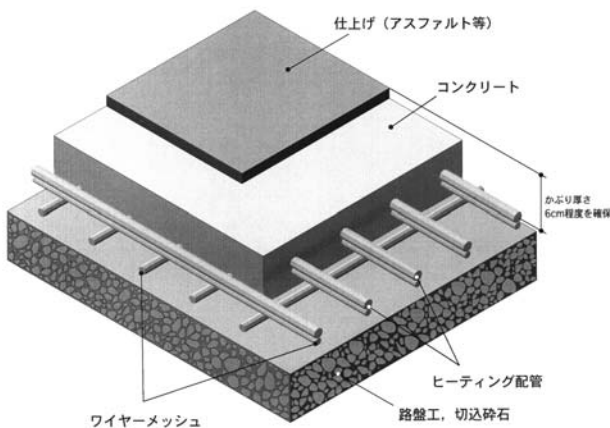


図2 温水ロードヒーティングの例

(2) 設備容量と制御

必要な路面放熱量は、降雪強度や路面凍結の防止を考慮して決定します。札幌の降雪特性を図3に示します。これは雪の降り始めから止むまでを「ひと雪」とし、その間の平均降雪強度の出現回数を表したものです。めったに降らない大雪に合わせて設備を設置することは不経済なので、住宅用としてはある程度の積雪を許容し、年に数回生じる「ひと雪」の平均降雪強度（札幌では2~2.5mm/h、降雪深さに換算して2~3cm/h）をもとに路面放熱量を決定すると良いでしょう。

設備容量は、必要な路面放熱量に、舗装や地盤への蓄熱を考慮して決定します。道路では、路面の凍結防止などのため運転時間が長いので、蓄熱負荷はあまり見込まず路面放熱量の1.2倍程度の設備容量とすることが多いようです。家庭用のロードヒーティングでは、省エネルギーの面から予熱運転を行わなくてもすむように考えると、設備容量の目安は必要な路面放熱量の2倍程度になります。

家庭用ロードヒーティングの制御は、降雪センサーと遅延タイマーを用いるのが一般的であり、舗装温度または温水温度を制御に組み込む場合もあります。

降雪センサーには、いくつかの方式がありますが、センサー面が汚れていたり、設置場所が悪いと誤動作の原因になるので、注意が必要です。

遅延タイマーは雪が止んだ後、溶け残りや凍結を防止するため、一定時間運転を継続させるためのものです。長く設定しすぎると無駄な運転を行うことになり

ます。舗装温度や温水温度センサーは、設備容量（ボイラの熱出力を融雪面積で割った値）が小さい場合、予熱運転^{解説1)}を制御するためによく用いられます。また、設備容量が大きい場合には、過大に放熱するのを防ぐための制御として重要です。温度センサーを舗装の浅い位置に設置できれば、積雪の有無をある程度判定でき、無駄な運転を避けることができます。

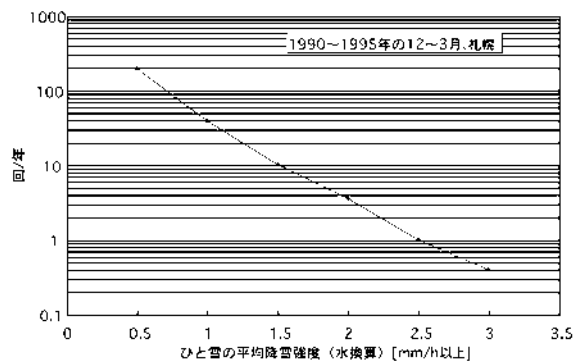


図3 札幌の降雪特性

(3) 効率よく溶かすために

石油連盟^{HP2)}の調査によれば、自動運転に頼らず、路面を見ながら手で運転を止めるなど、自動と手動を使い分けるほうが、灯油消費量は十数%少なくなっていました。遅延タイマーは不在時や消し忘れ防止のための安全装置と考え、なるべく目視で入り切りするほうが経済的なようです。ロードヒーティングの効率を上げる工夫を表2にまとめます。また、融雪後に水溜りができるような場合は、凍結して危険であるため、水が蒸発するまで運転を続けることになりかねず、非常に不経済です。適切な水勾配を設けること、流れた先で凍結して堰を作ることがないように温水パイプ、電熱線を配置することも重要です。

表2 ロードヒーティングの省エネルギー

- 予熱運転が不要な適切な設備容量設計
- 降雪強度が小さい時の適切な温度制御
- 路面状態に応じた運転停止（手動を含む）
- 遅延タイマーや制御温度の適切な設定
- 熱拡散率のよい舗装材の使用



雪処理計画

B2-1 屋根工法と雪処理 ～滑雪屋根材～

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

1. 滑雪屋根材を使用して落雪屋根を採用するための基本条件

滑雪屋根材を用いた屋根は、屋根に積もった雪を落とすため、構造体への負担が少なく、防水処理が容易です。敷地内に落雪スペースを確保できる場合は望ましい屋根といえます。

屋根からの落雪が隣地境界を超えるかどうかは表1によって判断します。表の設定条件に合わない場合は、北総研のホームページ^{HP1)}に計算プログラムを公開していますので活用して下さい。

屋根雪が隣地や道路に落下すると、思わぬトラブルが発生します。雪国の住人としてのマナーを守り、良好な隣人関係を維持されること念頭において、屋根の雪は自敷地内に落下するか否かを事前に検討してください。自敷地外へ雪が落下すると予想される場合は、非滑雪屋根材^{HP27)}を選択し無落雪屋根とすべきでしょう。

2. 望ましい屋根形状

落雪屋根は、降雪後、数日以内に雪を自然に落下させる必要があります。写真1のように複雑な屋根形状にすることは、雪の滑落を大きく阻害する原因となるため、避けるべきでしょう。長期間、屋根上に雪が積もったままにしておくと、氷柱や巻きだれが発生し易くなるため、屋根勾配は可能な限り急勾配とすることが理想です。最低でも5寸勾配を確保する必要があります。ルーフウィンドウを取り付ける場合は、ガラス面は室内の熱を良く伝えるため、解けた雪により軒

先に氷柱が発生しやすくなります。ルーフウィンドウの近くの軒下が冬期間の歩行通路などとならないように配慮しましょう。

3. 広く普及している滑雪屋根材と落雪の特徴

北海道の戸建住宅は、4～5寸の屋根勾配が主流となる東北や北陸に対して、塗装鋼板葺の急勾配の屋根が採用される例が多く、図1のように勾配屋根のうち、6寸以上の勾配が道内全体の48%を占めています。急勾配の屋根は、落雪を期待して計画されることが多いと思いますが、次のことに留意して設計する必要があります。

写真2は、北海道の住宅地内で撮影した屋根雪の軒下堆積状況です。①、②のように、4寸勾配でも10寸勾配と同程度の落雪飛距離になる場合があります。また、近年広く普及しているの横葺②は、従前から普

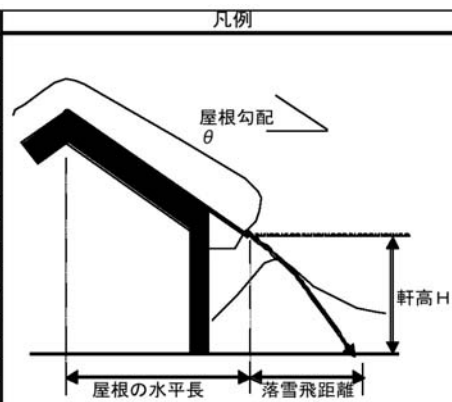


屋根上の突起物は、落雪の妨げになる

写真1 複雑な屋根計上での落雪障害

表1 屋根勾配と落雪飛距離との関係 ※単位(m)

軒高	屋根勾配	屋根の水平長さ										凡例
		2.70	3.15	3.60	4.05	4.50	4.95	5.40	5.85	6.30		
3m	2/10	1.66	1.79	1.90	2.01	2.11	2.21	2.30	2.38	2.47		
	4/10	2.39	2.54	2.68	2.81	2.92	3.03	3.13	3.22	3.31		
	6/10	2.46	2.59	2.70	2.80	2.89	2.97	3.05	3.12	3.18		
	8/10	2.31	2.41	2.49	2.56	2.63	2.69	2.74	2.78	2.82		
	10/10	2.10	2.17	2.23	2.28	2.33	2.37	2.41	2.44	2.47		
6m	2/10	2.39	2.58	2.75	2.91	3.05	3.20	3.33	3.46	3.58		
	4/10	3.57	3.82	4.04	4.25	4.44	4.61	4.78	4.94	5.08		
	6/10	3.83	4.06	4.27	4.45	4.62	4.78	4.92	5.05	5.18		
	8/10	3.73	3.92	4.09	4.24	4.38	4.50	4.61	4.71	4.81		
	10/10	3.49	3.65	3.79	3.91	4.01	4.11	4.19	4.27	4.34		
9m	2/10	2.96	3.12	3.39	3.60	3.78	3.95	4.12	4.28	4.43		
	4/10	4.49	4.80	5.09	5.36	5.61	5.84	6.06	6.27	6.47		
	6/10	4.90	5.22	5.50	5.75	5.98	6.20	6.40	6.59	6.77		
	8/10	4.86	5.13	5.38	5.59	5.79	5.97	6.14	6.29	6.44		
	10/10	4.62	4.85	5.06	5.24	5.40	5.55	5.68	5.80	5.92		

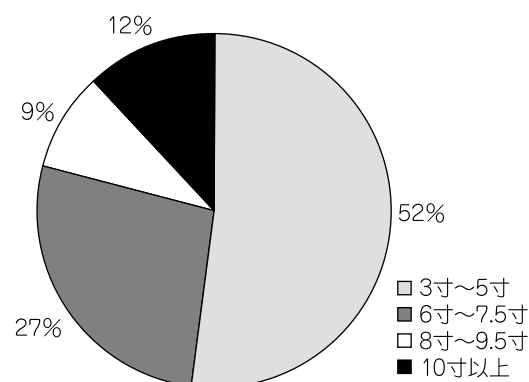


■HP

1) 北方建築総合研究所 <http://www.hri.pref.hokkaido.jp>

及している③の立平葺よりも飛距離が大きくなりやすい特徴もあります。このように住宅地内の落雪飛距離は、屋根勾配に加えて葺工法、気象特性によっても大きく増減します。建築計画時、さらには、リフォームによる屋根葺き替え時には、写真2の事例を勘案し、隣地とのトラブルが発生しないよう、落雪飛距離を適正に予測する必要があります。

勾配を持つ落雪屋根は、雨仕舞が合理的で多様な意匠性を持つ屋根形状です。しかし、隣家への雪の侵入などのトラブルがきっかけで落雪屋根からM型屋根やフラット屋根に改修するとなれば、建て主に大きな費用負担を強いることとなります。採用にあたっては、無理のない配置計画や屋根勾配、葺工法に十分な検討が必要と言えます。



■調査方法
北海道建設部建築指導課より全道の市町村に調査票を配布し、市町村建築確認事務担当者（または各支庁建築確認事務担当者）が、建築基準法に基づく建築確認申請書及び添付される設計図面等より調査票の内容を確認、記入することにより行った。母数は563件。

図1 道内の住宅の勾配屋根の内訳



写真2 屋根勾配と葺工法別にみた落雪状況



雪処理計画

B2-2 屋根工法と雪処理 ～非滑雪屋根～

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

1. 非滑雪屋根の主な特徴

一般的な勾配屋根では、屋根上に雪が積もることや、落雪することによって、図1に示すような様々な障害が発生します。障害の代表例には、「すがもれやつらの発生」、「落雪による人身事故」等が挙げられます。北海道では、これらの障害を少なくするため「フラットルーフやM形屋根」を採用することも多いのですが、排水口を掃除するために屋根に登ったり、箱状の画一化されたデザインを好まない建築主には、受け入れられないこともあります。このような場合、勾配屋根で屋根雪を滑落させない屋根を提案することも可能です。ただし、勾配屋根で障害を発生させないためには、「屋根面や小屋裏での断熱・換気方法」、「滑落を止めるための方法」の2点について十分な技術的検討が必要となります。

2. 設計施工時の留意点

非滑雪屋根の雪は、常に屋根上に載せたままにすることが基本です。すがもれやつらの発生は、室内の熱が屋根の雪に伝わり、融雪することが原因ですので、

小屋裏を換気するとともに、十分な断熱を行う必要があります。小屋裏の換気は¹⁾P68示す数値、断熱については、天井断熱の場合300mm（吹き込み用断熱材）以上が必要でしょう。

天窗は、長期間、雪が堆積することによる採光障害、融雪水の雨漏れや窓面結露が懸念されるので、採用には注意が必要です。

3. 滑落を抑制する方法

非滑雪屋根は、「雪留め金具を用いる方法」、「立ちはげによる方法」、「粗面の屋根葺材を用いる方法」の3つに大きく分類できます。それらの設計施工に関する留意点をまとめると次の通りです。

(1) 雪止め金具の設置方法

雪止め金具は、金具の種類によって設置時の強度に違いがみられます。雪止め金具の設置個数は、設置強度が0.6kN/個^{解説1)}を超える一般的な雪止め金具の場合、表1に示す個数以上の金具を屋根面に分散させて取り付ける必要があります。設置強度が0.6kN/個を下回る金具の場合は、式1)に基づいて、設置個数を

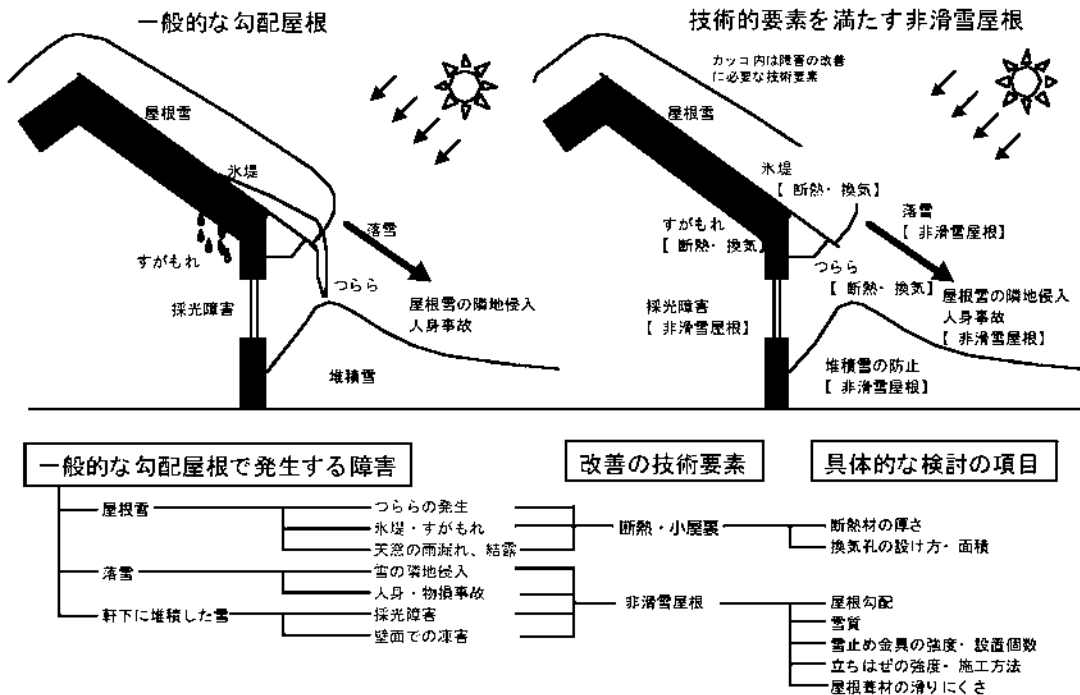


図1 一般的な勾配屋根で発生する積雪障害と具体的な検討の項目

■解説

- 1) 雪止め金物の初期の設置強度は、メーカーが示す設置方法を守り設置した場合は、概ね0.6kN/個を超えます。しかし、時間経過とともに取付部分が緩み、設置強度が落ちることがあるので、定期的な点検が重要です。

別途算定します。

軒先部分は、まきだれ防止のため、500mm以下とします。

屋根葺材の損傷や雪止め効果の不足による落雪を防ぐために、軒先部分のみに雪止め金具を取り付けることは避けてください。

$$N > \{\rho \cdot H(\sin\theta - \mu \cdot \cos\theta)\} / Y \quad \cdots \text{式1)}$$

ここに、

N ：雪止め金具の必要個数（個/m²）

θ ：屋根勾配（°）、 H ：垂直最深積雪量(m)

μ ：屋根葺き材と屋根雪との静止摩擦係数

ρ ：積雪の単位重量（kN/m³）（道内は3kN/m³）

Y ：雪止め金具の設置強度（kN/個）

（2）立ちはぜによる雪止め

立ちはぜによる方法は、屋根雪の滑動力によってハゼが破損したり、雪崩状に滑落したりしないよう、事前に板金メーカーと打ち合わせを行う必要があります。また、小屋裏での断熱・換気不足で融雪水量が多い場合、写真1のように、他の雪止め方法に比べて大きな氷柱が形成されることがあります。氷柱の形成が予想される位置が冬期間の通路として使用されることがないよう配置計画上の考慮も必要です。

（3）粗面の屋根葺材を用いた方法

粗面の屋根葺材を用いた非滑雪屋根は、写真2のように、屋根葺材の粗度を高くすることによって、雪と屋根葺材との摩擦係数を上昇させて滑雪を抑制する技術です。屋根葺材の摩擦係数に対して、著しく急な屋根勾配にすると、雪が滑落して隣地とのトラブルが発生します。このことから、使用する屋根葺材が雪止め効果を発揮することが可能な限界の屋根勾配を把握しておく必要があります。

屋根葺材と雪との摩擦係数は、屋根葺材の粗度の他に雪質の影響も大きく受けます。ザラメ雪になると雪は極めて滑りやすくなるので、融雪水が発生して屋根雪がザラメ雪にならないよう断熱工事は、他の方法よりも慎重に行うべきでしょう。

表1 屋根面積1m²あたりの雪止め金具必要個数（個）

屋根勾配	3/10 (16.7度)	4/10 (21.8度)	5/10 (26.6度)	6/10 (31.0度)
0.6	0.57	0.84	1.08	1.29
0.8	0.76	1.11	1.43	1.72
1.0	0.95	1.39	1.79	2.15
1.2	1.14	1.67	2.15	2.58
1.4	1.33	1.95	2.51	3.01
1.6	1.52	2.23	2.87	3.43
1.8	1.71	2.51	3.23	3.86
2.0	1.90	2.79	3.58	4.29



写真1 断熱・換気不足に起因する氷柱の形成

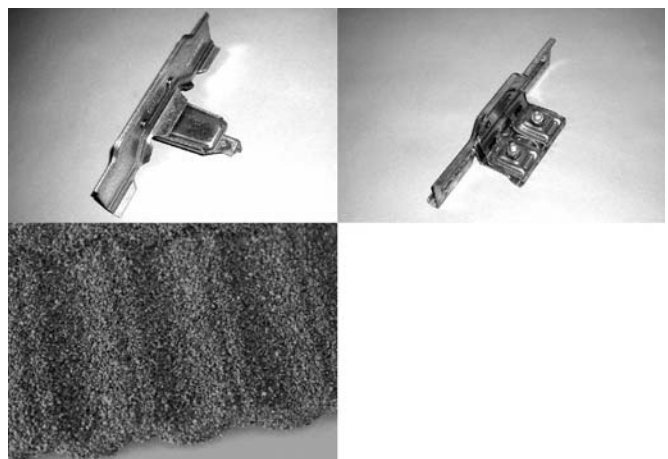


写真2 非滑雪屋根に用いられる屋根葺材と雪止め金具



雪処理計画

B2-3 屋根工法と雪処理 ～M形屋根、フラット屋根～

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

狭小宅地では、軒下での堆雪スペースの確保が難しいため、M形やフラット屋根を採用することが多くなっています。これらの屋根は、札幌や旭川圏を中心に20年以上前から普及していますが、普及当初、すがもれや氷柱などによる障害が多く見られました。最近の住宅では障害が少なくはなりましたが、基本的な工法を守らなければなりません。

1. M形屋根工法

図1にM形屋根の施工の要点を示します。

M形屋根工法は、屋根面に横樋と縦樋を有する工法です。冬期間に室内の熱が小屋裏を通じて屋根面に伝わらないように、適切な断熱気密措置と小屋裏内の必要換気量の確保が必要です。施工上の要点は、次の通りです。

- (1) 天井または、屋根の断熱性能が住宅の省エネルギー基準(平成4年)^{解説1)}と同等以上確保されていること。
- (2) 天井面や間仕切り壁の防湿気密層が切れ目なく連続して形成されていること。

- (3) 小屋裏内が異温しないよう、図1に示すように、小屋裏の換気措置を適正に行うこと。小屋裏換気に必要な有効開口面積は、P68を参照下さい。



写真1 M型屋根の住宅

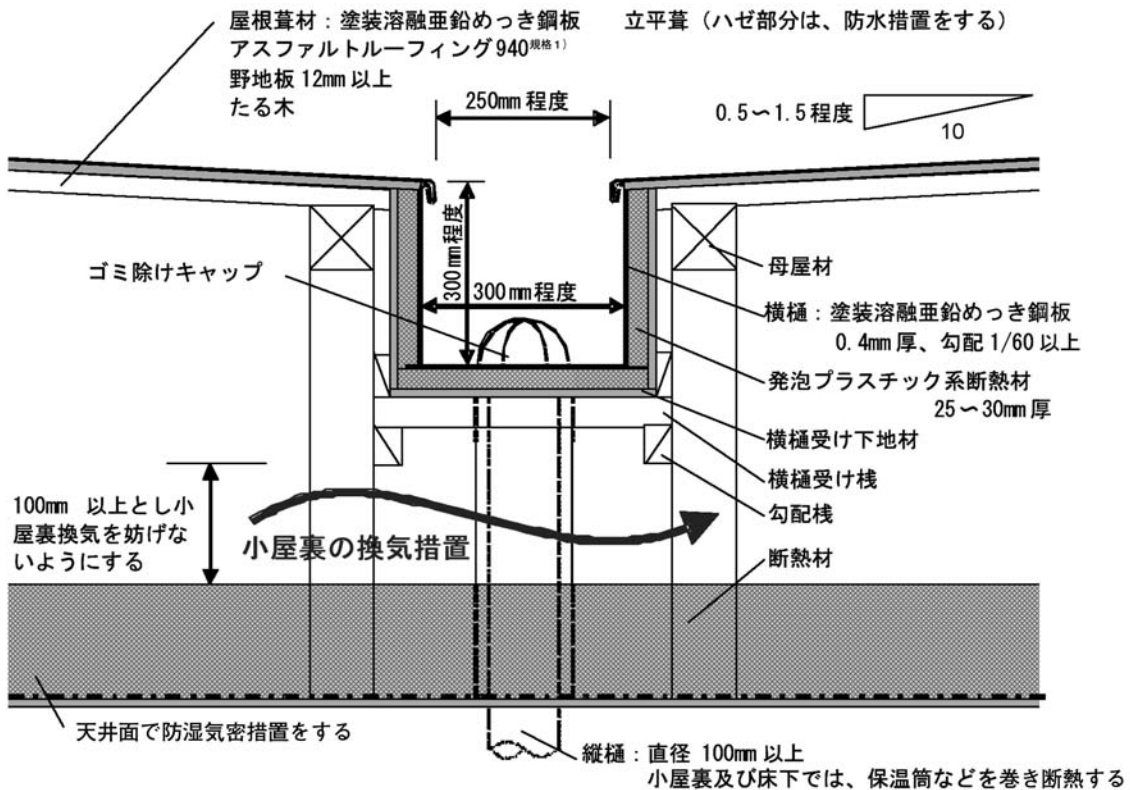


図1 M形屋根の断面例

■解説

1) 平成4年に改正されたいわゆる「新省エネルギー基準」のこと。北海道の1地域の場合、木造の気密住宅の屋根又は天井の断熱材厚さは、伝導率 $\lambda=0.052\text{W/mK}$ の繊維系ブローイングの場合は230mm以上となっている。

■規格

1) JIS A 6005アスファルトルーフィングフェルト

2. フラット屋根

屋根の防水性能が向上したことにより、木造でも樋をつくらずに水勾配(1~5/100勾配)を設けたフラット屋根が普及してきています。フラットルーフは、先に示したM形屋根のように内樋がないことから、定期的な樋の清掃の必要がない利点がある一方、屋根面での融雪が多いと、軒先に氷柱が発生したり、氷板状の雪が落雪する危険があります。

次の点に配慮した設計と施工が重要です。

- (1) ハゼ部分は、シーリング材を取り付けるなど、一般の勾配屋根以上に防水に注意する必要があります。
- (2) 室内の熱が小屋裏内に伝わらないように、天井面の断熱厚・気密措置は、M形屋根と同様の措置を施します。十分な断熱気密が行われていない場合は、氷柱の原因になります。
- (3) フラット屋根は、軒先に向けて僅かながら、水勾配をつけます。3月の融雪期には、徐々に軒先へ移動した氷板状の屋根雪が「巻きだれ」となり、大変危険な状況となりますので、巻きだれ防止用の雪止め金具を取り付けることが望ましいでしょう。
- (4) フラット屋根は、M形屋根のようにパラペットを有しないことから、吹雪発生時の風下に「雪庇^{P31}」が出来やすいのが特徴です。雪庇の下が、通路等にならないように計画することが重要です。

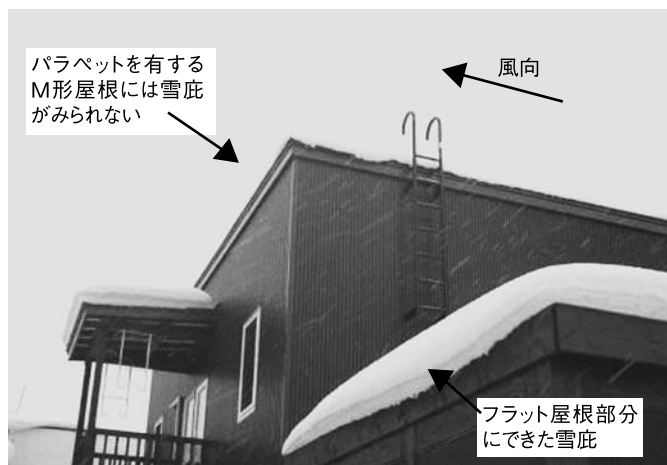


写真2 M型屋根部分とフラット屋根部分の雪庇の状態



写真3 雪庇の危険性

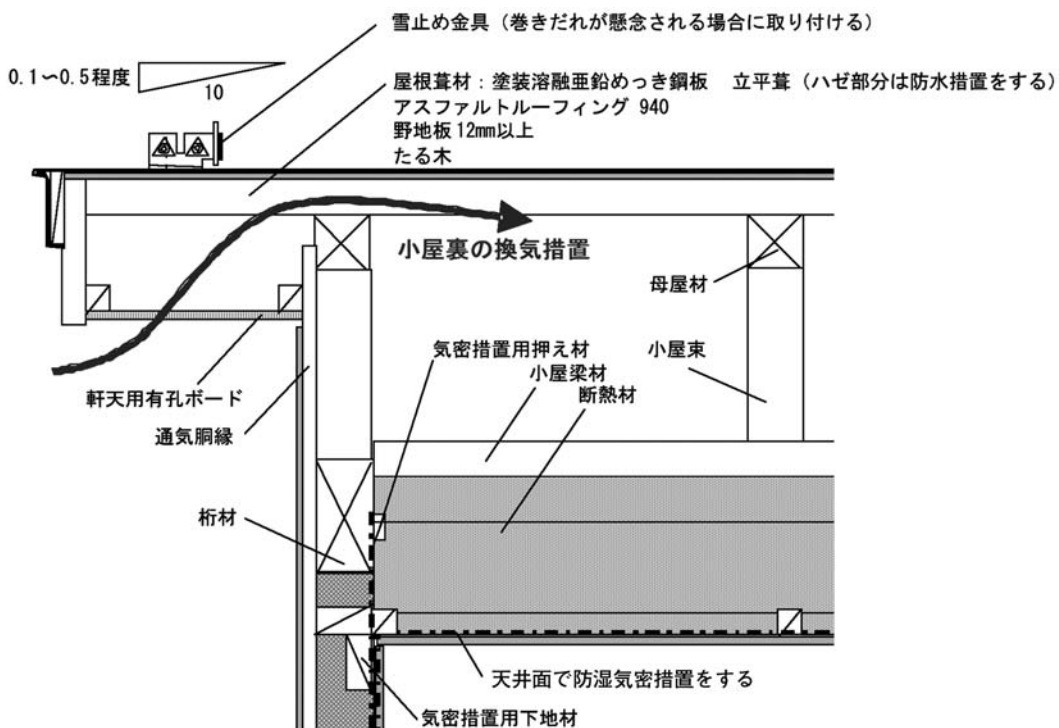


図2 フラット屋根の断面例



雪処理計画

B2-4 屋根工法と雪処理

～雪庇対策～

1. 雪庇について

無落雪屋根などのフラットな屋根形状を持つ住宅では、屋根の軒先で積雪が庇状に張り出す雪庇が発生するケースが多く見られます(写真1)。雪庇を放置すると、やがて巨大化し崩落による壁面や窓ガラスの損傷、人身事故に繋がる恐れがあります。また雪庇を除去するための作業は、屋根からの転落や落雪に巻き込まれる危険性があり大変な労苦を伴います。このようなことから、特にフラットな屋根形状を持つ住宅では雪庇対策を検討することが必要となります。



写真1 住宅の雪庇(滝川市)

2. 雪庇の形成と成長について

雪庇対策を考える上で、最も大事なポイントは雪庇がどの場所で、どのように出来るのかを把握することです。これらを調べるために北総研では、旭川市において実際の建物に形成される雪庇の成長過程をビデオカメラで記録し分析しました(写真2)。結果を以下に要約します。

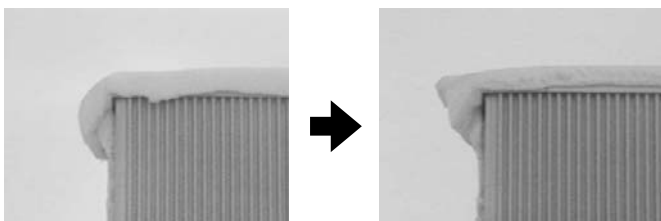


写真2 雪庇の成長過程

(1) 雪庇は風を伴う降雪により屋根風下側など「吹きだまり」が出来る位置に形成される。雪庇が

庇状に張り出す原因には軒先の吹きだまりが大きくかかわっている。

- (2) 雪庇の水平方向への成長は風を伴う降雪により雪庇の先端部に雪が堆積することによる。
- (3) 雪庇が庇状に張り出すと、自重により下向きに垂れ下がる。降雪があると更に自重が増し垂れ下がる。(2)、(3)のプロセスを繰り返しながら成長を続ける。
- (4) 雪庇の形成の位置は、形状が矩形で規模の大きい建物が隣接していない場合、降雪時(概ね5cm/日以上)の風向風下側と良い対応を示す。

(1)を補足すると、軒先にパラペットやフェンスなどの障害物があっても、吹きだまりが成長し、障害物を乗り越えると雪庇の形成が始まります。逆の意味では、吹きだまりの高さを越える障害物を設置することにより雪庇は形成されないこととなります。(2)は、雪庇は一度形成されると、降雪の度に成長を続けることを示しています。(3)については、雪の自重により徐々に変形する「クリープ変形」が起きていることを示しています。この作用により水平方向に形成された雪庇が下向きに垂れ下がります。また、積雪は時間が経過すると圧密し比重が増えます。さらに融解と凍結の影響もあります。そのため、雪庇は時間が経過するにつれ、密度と硬度が増します。日数が経過した雪庇は圧密などにより重量が増え硬くなっており、危険性が高くなっています。以上から、雪庇が形成された場合は、速やかに除去する必要があることが判ります。

3. 具体的な雪庇対策

上述のように雪庇の形成には雪の「吹きだまり」と「クリープ変形」が大きく係っているため、雪庇対策はこれらを考慮する必要があります。

(1) 吹きだまりを考慮した対策

雪庇(吹きだまり)は降雪時の風下側に形成されるため、冬の卓越風向の風下側に玄関や通路、灯油タンク、電気の配線やアンテナ、タラップなどを設置しないよ

■HP

1) 気象庁 <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

■参考文献

北方建築総合研究所 H17年度「建築物の雪庇形成プロセスとその制御技術に関する研究」

うにします。プランの都合上、やむを得ず入口を風下側に設ける場合は、小庇、小屋根などを設けて、落下に備える必要があります。各地域における冬の卓越風向を知るための気象資料^{HP1)}はインターネットなどにより入手可能ですので、雪庇の形成場所の予測に活用できます。

吹きだまりを防止するには、フェンスの設置などが考えられますが、一長一短があります。板を傾けるなど雪を吹き払うタイプは、風が非常に強い沿岸部などでは一定の効果が期待できますが、建物が密集している住宅地や内陸部など、風が弱い場所では吹き払う効果はあまり期待できません。雪が吹き払われる風速は雪質により異なりますが、乾雪で風速5m/s程度と言われており、この程度の風速が屋根面上で安定して吹くことが目安になると考えます。

雪をせき止めるタイプのフェンスは、設置位置を出来るだけ軒先に近い位置にする必要がありますが、吹きだまりがフェンスの高さを超えるまでは雪庇が発生しません。ただし、雪を風下側でせき止めるため、フェンス周辺で雪が過大に堆積する恐れがあり、雪による偏荷重や側圧の発生が予想されます。また、台風などの強風時の風圧に対する配慮が必要です。このような荷重がフェンスに掛かった際に、屋根の板金や防水層の損傷を招かないよう設置に注意する必要があります。フェンスの高さについては、気象資料を参考に建設地点の過去の地上積雪深の平年値^{HP1)}を調べると共に、風圧などの荷重発生を考慮して設定することが求められます。

(2) 雪のクリープ変形を考慮した対策

風によって運ばれた雪が透過するような大きな開口を持つフェンスを設置することによって、雪庇が自重で垂れ下がり成長することを抑制する効果が期待できます。写真3は、部材の幅が12.5mmで格子の大きさが100×100mmの空隙率80%の格子フェンスと、格子材幅が同じく12.5mmで格子の大きさ50×50mmの空隙率64%の格子フェンスの雪庇防止実験の状況です。また比較のため、ステンレス製の格子(格子線径2mm、格子の大きさ40×40mm、空隙率91%)と無設置の状況も示します。写真4に示すように、いずれの格子フェンスにおいても雪庇が形成されますが、格子の大きさ50×50mmの空隙率64%の格子状フェンスでは、

雪庇が成長せずに落下消失していることが判ります(写真5)。これは、雪庇と試験体上の積雪の結合面積が小さいことから、雪庇がある程度の大きさに成長すると、結合面が雪庇の重さを支えることができなくなるためと推測されます。そのほかのフェンスでは、雪庇は落下しませんが、無設置と比較すると雪庇が小さく、成長が抑制されている状況が確認されます。積雪間同士の結合力は時間の経過と共に強まるので、空隙率の大きい格子フェンスでは、結合力が増したため落下しないと考えられます。気温が低い北海道では、このような格子フェンスを用いることにより、雪庇の成長を抑制することが期待できます。

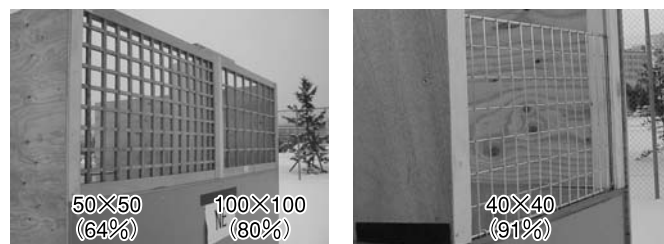


写真3 格子フェンスによる雪庇防止実験

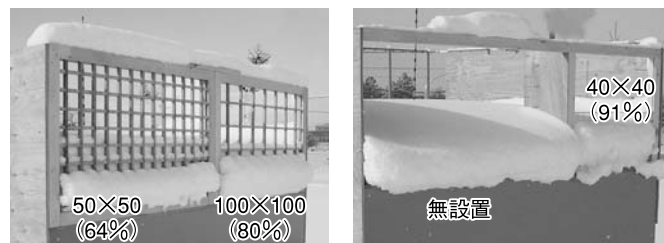


写真4 格子フェンスの雪庇形成状況

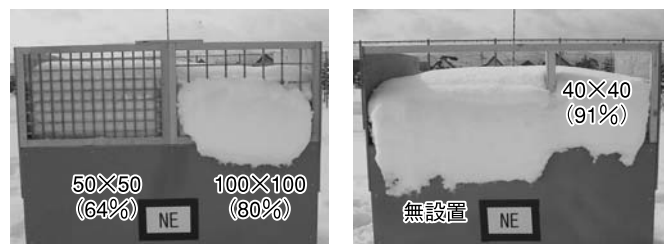


写真5 格子フェンスの雪庇の抑制効果

(3) 市販されている雪庇対策用品

住宅建材市場では、雪庇の発生を抑制するための笠木、雪庇を除去するためのワイヤーシステム、アルミ板を利用した熱式除去システムなど様々な雪庇対策用品が流通しています。これらに共通することは気象条件や立地環境の違いにより効果に差が見られ、全てにおいて万能ではないことです。それぞれの住宅の特性に合わせて、コストや居住者の労力、美観性に配慮しつつ比較検討し選定する必要があるでしょう。

コラム 雪のはなし

雪国で暮らす我々は、一年の半分近くを雪と共に過ごしています。雪は除雪など生活上の負担をもたらすので、いつも厄介者として扱われています。一方で、視点を変えてみると、雪は私たち雪国で暮らす者にとってかけがえのない存在であるとも言えます。山に降り積もった雪は、春になり融けて豊富な水資源となり、川を流れ田畑を潤し、山の栄養分を海に届け豊かな漁場を育てます。北海道の美味しい水もお米も漁業も、雪が降らなくては成り立ちません。

地球規模の水循環の過程で生み出される雪が自然豊かな我々の生活を育んでいます。その水循環の過程の一端が我々の生活圏で降り積もる雪です。それにより、我々は、様々な雪の問題に直面し、頭を悩ませます。雪との付き合い方を誤ると、命を落としたり、怪我をしたり、生活が非常に不便になったりするので、雪国に生きる我々は知恵を絞り、雪に対して様々な抵抗を試みます。

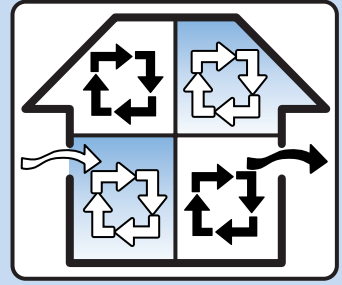
企業は技術開発を行い、行政機関は夜を徹して除雪車とダンプカーを稼働させ、我々は毎朝、除雪作業に汗を流します。生真面目な我々は、生活圏から雪を消し去ることが責務であるかのごとく、膨大な労力と費用を注ぎ込みます。ちなみに札幌市周辺で1㎡の広さに降り積もる雪を灯油ロードヒーティングにより全て融かそうとすると、年間約22%の灯油が消費されるそうです。それによりCO²は約57kg排出されます。自宅の前で、ささやかな勝利に満足しているその陰では、地球環境がほんの少し悪い状況に進んでいます。どんなに沢山積もった雪でも、地球規模の水循環の働きにより、春になれば跡形も無く消え去ることを考えると、雪国に住む我々は、雪との付き合い方を少し見つめ直す必要があるのではないのでしょうか。

雪への抵抗と勝利で得られる満足度は程々にして、どこかで折り合いをつけて雪と仲良く付き合ったほうが賢明ではないかと考えます。住宅の雪処理を考える際も、過度な労力やエネルギーを注ぎ込む必要のない、地球にも居住者にも優しい雪対策をする時代になったと考えます。生活に支障のな

い程度の除雪にとどめ、適度な折り合いをつけることで、冬の生活にも余裕が生まれます。とりあえず、雪が降った日に長靴を履くのはどうでしょう。長靴を履くと玄関前や通路に雪が多少積もっていても除雪する必要はありません。人が歩けば道ができます。冬に沢山の大人が外を歩くことで歩道は踏み固められ子供や老人も安全に通行できるようになります。会社や職場単位では、時差出勤やフレックスタイムの導入はどうでしょう。雪が降った後の自家用車による通勤はノロノロ運転が付き物です。ガソリンを無駄に消費し、空気も汚れるなど好ましい事は何一つありません。冬季間限定でも時差出勤やフレックスタイムであれば、朝の寒い時間帯に駐車場の除雪をする必要も無く、除雪時間の余裕も生まれ、更には渋滞も緩和されます。雪と適度に折り合いをつけ、仲良く付き合うことが、自然の恵みに恵まれ余裕のある雪国のライフスタイルと考えます。



カーポートのある住宅



C

室内環境

温熱環境
～快適な環境～

換気・通風
～換気の基礎知識～

換気・通風
～換気的设计と運用～

換気・通風
～自然換気と通風～

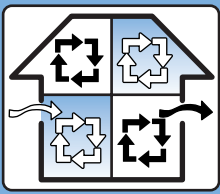
暖房
～暖房の種類と室内環境～

暖房
～省エネルギー機器とその特徴～

音環境
～外部騒音の遮音～

音環境
～内部騒音の防止～

空気環境
～室内空気質対策～



室内環境

C1 温熱環境

～快適な環境～

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

1. 暑さと寒さ

暑さ、寒さなどの温熱感覚は、人体と環境との間の熱交換によって生じる熱収支、皮膚温度などによって生みだされます。人体の熱収支Sは次式で表されます。

$$S = \text{代謝熱生産量} - (\text{対流・放射・蒸発・伝導による放熱量}) - (\text{呼吸による放熱量})$$

Sの値が大きくなるほど暑く、小さくなるほど寒く感じます。熱くも寒くもない中立な状態のときの平均皮膚温度は33~34℃になります。

人体からの放熱には対流、放射、蒸発、伝導があります。この放熱は、気温、平均放射温度（表面温度）、湿度、風速、接触する材料（床や椅子）の熱伝導率などに影響されます。同じ気温でも、温度の低い大きな窓などがあると、放射によって熱が奪われるので寒く感じます。また、扇風機などで風を起こすと、対流や蒸発による放熱が促進されます。床暖房している床に座ると、床から人体に伝導や放射で熱が伝わり、暖かく感じます。

さらに、人体側でも着衣量の調整のほか、発汗、血流量の調整、ふるえ産熱^{解説1)}など体温調節機構が働き、熱生産量や放熱量の調整が行われています。このように、暑さ寒さは単に気温だけで決まるものではありません。

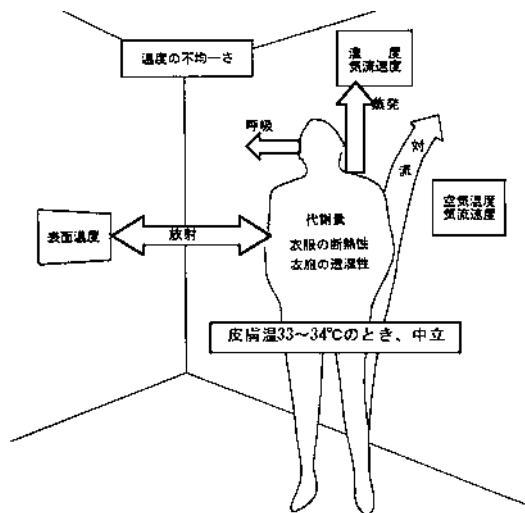


図1 人体と環境との熱交換

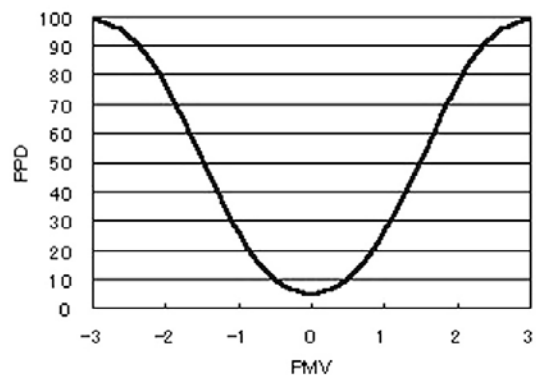
2. 温熱環境指標

家で休息している時と会社で作業している時では代謝量や着衣量が異なり、快適な温熱環境も異なります。人体の条件に合わせて温熱環境を評価するために、人体の熱収支を基礎にしたいくつかの温熱環境指標が提案されています。

室内環境の評価に良く用いられるのは、予測平均温冷感申告^{解説2)} PMVや標準有効温度^{解説3)} SET*です。PMVはその値が、「暑い」や「寒い」の感覚と不満足者率PPDに直結しているのだからわかりやすい指標ですが、適用範囲がやや狭く、中立付近での環境評価に用いることが推奨されています。SET*は標準条件に換算したときの温度で表現され、PMVよりも広い範囲に適用できます。

暖房環境では、多くの場合、作用温度OTで十分評価ができます。これは、気温 θ_a と放射の影響のみを考慮したもので、静穏な環境では次式で近似されます。 $OT = (\theta_a + \theta_r) / 2$

θ_r は平均放射温度であり、近似的にはその環境を取り囲む面（壁・窓・床・天井）の温度をその面積で重み付けして平均したものです（正しくは人体に対する形態係数^{解説4)}での重み付け平均）。温風暖房では、作用温度が空気温度よりも低くなります。冬季の室内においては作用温度20~24℃が目安となります。



PMV -3:非常に寒い、-2:寒い、-1:少し寒い
0:中立、+1:少し暑い、+2:暑い、+3:非常に暑い

図2 PMVとPPD

■解説

- 1) ふるえ産熱
低温環境での骨格筋の不随意で細かい律動運動で産出する熱
- 2) 予測平均温冷感申告
人体と環境との熱交換量に基づいて熱的中立温度を予測し、その条件で暖かいと感じるか、寒いと感じるかを数値として表現するものであり、代謝量、衣服の熱抵抗、放射熱、気温、湿度風速の6因子を快適方程式に代入することにより求められる。
- 3) 標準有効温度
熱の標準環境を設定し、実在の熱環境を、その標準熱環境の温度で表現したもの。

3. 局所的な不快感

全身温冷感が中立の状態にあっても、「足元が寒い」など、部分的に暑い所や寒い所があると快適とは言えません。その主要原因となるのが、上下温度差、ドラフト、不均一放射、床温度です。国際規格のISO7730^規格¹⁾ではそれぞれの項目について不満足者率が示されています。

上下温度差（床上1.1mと0.1mの気温差）と不満足者率は図3のような関係にあります。ISO7730では不満足者率が5%未満となる上下温度差3K（=3℃）を推奨しています。次世代省エネルギー基準^{・P111}を満足する住宅で窓下に窓幅の長さの放熱器を設置した場合や、床暖房を設置した場合に実現可能です。

ドラフトは気流による不快感であり、不満足者率20%のドラフトは図4のように表されています。温度が低いほど、風速が速いほど、気流の乱れ（乱流強度^{解説5)}）が大きいほど不満足者率は増加します。

放射の不均一による不快感は、天井暖房や温度の低い窓があるとき（特にその反対側に放射暖房機があるとき）、生じやすくなります。ISO7730ではそれぞれ5K、10K以内を推奨しています。

床温度は19～26℃（図5）、床暖房の場合でも29℃以下が推奨されています。この温度での床暖房放熱量は70W/m²程度であるので、床暖房の敷設率はある程度大きくなります（暖房負荷が50W/m²のとき敷設率は約70%必要）。

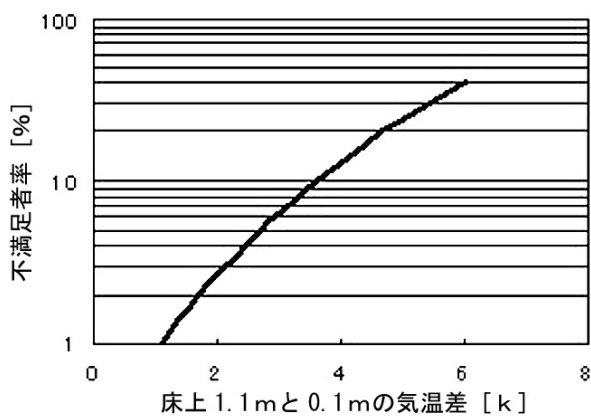


図3 上下温度差と不満足者率

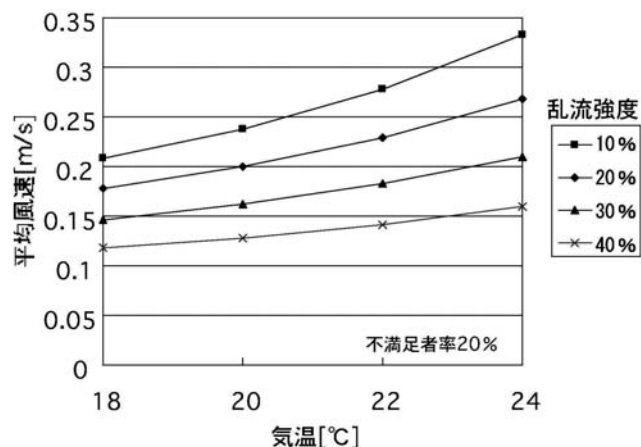


図4 不満足者率20%と気温、風速、乱流強度

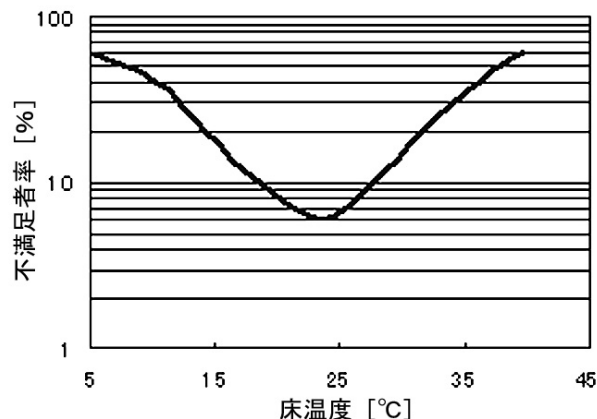


図5 床温度と不満足者率

4. 全屋暖房のすすめ

快適な暖房環境をつくるためには、熱損失が少ないことが重要です。居間だけ暖房し、隣室が寒い場合には、外壁や窓だけではなく、隣室との間仕切り壁からも熱が逃げるので、部屋のすべての壁で冷気流が発生することになり、大きな上下温度分布が生じます。扉を開けたときの冷気の侵入も不快感も招きます。また、壁面温度が低いので平均放射温度が低くなり、空気温度を高くする必要があります。さらに寒い部屋があると、そこでの結露を防ぐことが非常に難しくなります。

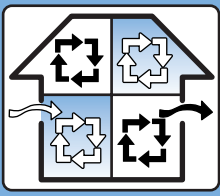
家全体を暖房すると、暖房エネルギーは増加しますが、断熱性能が高くなればなるほど、その増加分は少なくて済みます。高断熱・高气密化したうえで家全体を暖めることが快適な暖房環境をつくるポイントです。

■解説

- 形態係数
ある面Aから出る放射エネルギーのうち、対象とする面Bに到達する割合
- 乱流強度
風速変動の標準偏差と平均風速の比

■規格

- ISO7730: Moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort



室内環境

C2-1 換気・通風 ～換気の基礎知識～

1. 換気必要性

室内では、人や植物、燃焼機器や建材や家具などから、水蒸気、燃焼系ガス、揮発性有機化合物（VOCs）、臭気など様々な汚染物質が発生しています。それらを排出し、室内の空気環境を良好に保つために換気が必要です（図1）。換気が不足すると、不快感や、シックハウス症候群などの体調不良を起こす場合があります。

2. 必要換気量

換気には、汚染物質の排出の仕方により全般換気と局所換気があります。局所換気は、台所のレンジフードファンやトイレ、浴室など、発生した汚染物質を他の部屋に拡散しないように発生した場所から直接排気することをいいます。全般換気は、希釈換気ともいわれ、住宅の居室の空気の汚染物質濃度を薄めるように連続して換気をすることです。表1に局所換気と全般換気の換気量の目安を示します。

3. 換気の種類と特徴

(1) 換気方式

換気の動力の違いで、機械換気と自然換気に分類されます。

1) 機械換気

機械換気には、給気と排気ファンの運転方法の違いで、第1～3種の3つの換気方式があります。表2に特徴を示します。

2) 自然換気

自然方式は、暖かい空気が上昇する力（＝煙突効果）を使ったパッシブ（温度差）換気^{→P41}と、風力換気があります。自然動力が得られないときには、機械換気を併用します。機械換気設備の稼働時間を短くできるので、動力エネルギーの削減と、機械やフィルターのメンテナンスを減らすことができます。

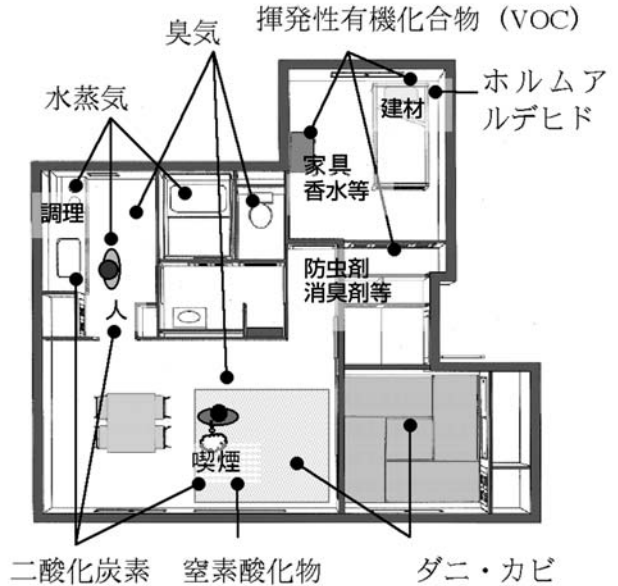


図1 住宅内の空気汚染源の例

表1 必要換気量のめやす

■全般換気

下記①、②のいずれか大きい方

- ①建築基準法で設置義務のある機械換気設備の換気回数（0.5回/h以上）^{基準1)}
- ②以下の各室の必要換気量の合計

部屋用途	目安	備考
居間・食事室	50m ³ /h	2室分の合計
寝室	20m ³ /(h・人)	在室者1人あたり
その他の居室	20m ³ /h	

■局所換気

部屋用途	目安	備考
台所 (レンジフード)	300m ³ /h	機械換気設備は必須
浴室	100m ³ /h	
便所	40m ³ /h	
洗面所	60m ³ /h	—

■基準等

- 1) 建築基準法28条の2、施行令第20条の6、第129条の2の6、国土交通省告示第273号、274号

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

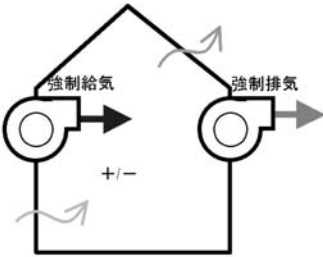
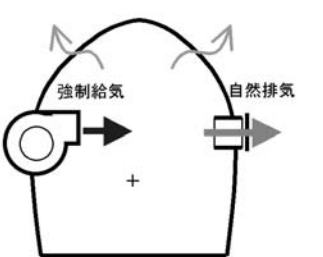
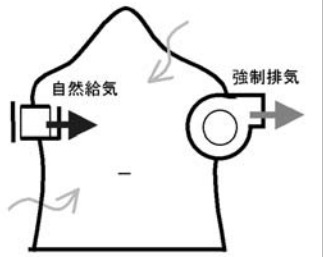
断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

表2 機械換気方式

換気方式	第1種(強制給排気)	第2種(強制給気)	第3種(強制排気)
システム概念			
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 換気をしたい部屋への確実な換気が可能。 熱交換型と組み合わせることで、冷気流防止と暖冷房負荷の低減効果が期待できる。 同じ換気量では、他方式より動力費が大きい。 一般に設備が第3種換気方式より高い。 	<ul style="list-style-type: none"> 換気をしたい部屋への確実な給気が可能。 天井裏や壁体内からの化学物質の発生を抑制できる。 隙間からの外気浸入を抑制できる。(クリーンルーム等で利用。) 壁体内結露防止のために、住宅の防湿気密措置と適切な自然排気口が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> 汚染源の発生室から汚染空気を排気できる 冬に給気量のバランスが悪くなる。 各居室の壁面に自然給気口が必要。 給気口からの冷気流体策が必要。 一般的に安価。

(2) 集中換気と個別換気

機械換気設備を各室に設置する場合を個別換気、各部屋の換気を別の場所に設けた機械換気からダクトで空気搬送する場合を集中換気といいます。図2に示した特徴があります。

(3) 熱交換

1) 熱交換器の種類と特徴

第1種換気方式では、図3のように排気の熱を回収して、給気に与える熱交換を利用することができます。熱交換は、暖冷房エネルギーの削減と、給気が予熱できるので暖房期の給気の冷気流感を抑えることが期待できます。

熱交換には、熱と湿気を回収する全熱型と、熱だけを回収する顕熱型があります。全熱型は、高湿空気を排気すると、室内が高湿になったり、ドレーンを備えてないものは水滴が落ちたりします。浴室は別途換気する必要があります。

2) 夏期片肺運転方式

暖房や冷房をしない時期は室内外の温度差が小さいので、熱交換をしなくても冷気流や暖冷房エネルギーには影響しません。その期間に給気のファンを停止して、第3種換気方式に切り替えすると、給気フィルターの汚れを少なくしたり、ファンの動力エネルギーを削減したりできます。ただし、給気ファンを停止した際の自然給気経路を確保する必要があります。

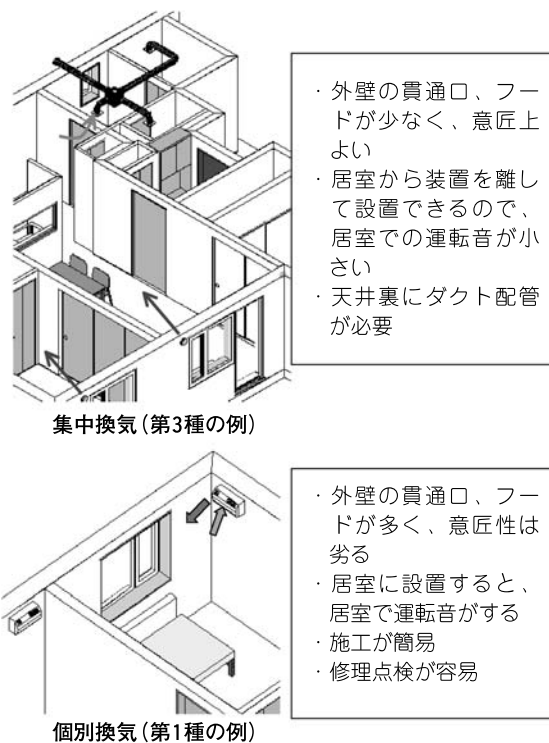


図2 集中換気と個別換気

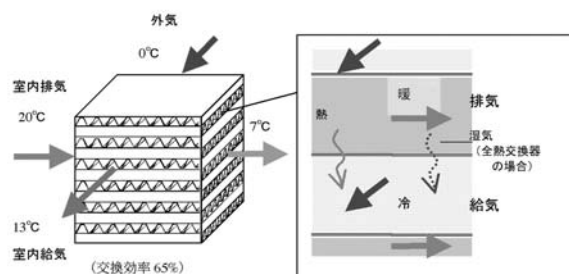
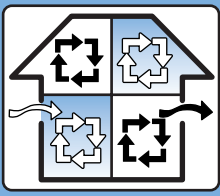


図3 熱交換器のしくみ(暖房期)



室内環境

C2-2

換気・通風

～換気的设计と運用～

1. 機械換気的设计の配慮事項

(1) ダクト系経路

フード、グリル、分岐チャンパー等の換気部材は、抵抗（圧力損失）の小さいものを選びます。ダクトは、内表面が滑らかでつぶれにくい樹脂製やスパイラルダクトにします。また、直径100mm以上の大きいものをできるだけ使用します。

ダクト等は曲がりやを少なく、また、距離を短くできるように、給排気口と換気装置本体との位置関係を計画します。

(2) 換気装置

経路の抵抗（圧力損失）から、必要な換気量を得られる換気装置を選定します（図4）。経路の抵抗（圧力損失）の小さい設計をすると、消費電力を抑えることができます。

換気装置は、ACモーターとDCモーター^{解説1)}があります。DCモーターは、消費電力量が一般にACよりも小さく、風量が無段階で調整可能なものや自動で一定風量に制御する機能のものがあるなど、利点があります。

(3) 住宅

住宅の気密性が高くないと、隙間換気が増えて、計画した換気経路になりません。計画換気を機能させるには、住宅の気密性（相当隙間面積 $2\text{cm}^2/\text{m}^2$ 以下）が要求されます。

また、給気口から排気口（室内吸込み口）の間に

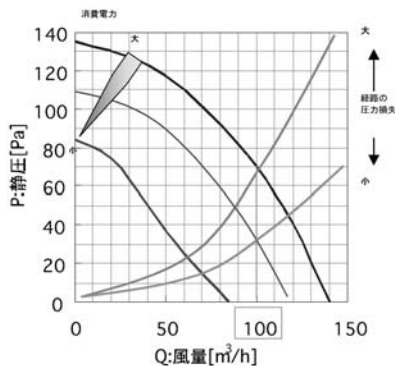


図4 換気装置の能力の選定

ある室内ドアなどは、アンダーカットやガラリを設けて、空気の通りをよくする必要があります。閉鎖性が要求される部屋は、給気口と排気口両方を部屋に設けます。

(4) 局所換気

調理時用のレンジフードファンは排気量が大きいため、気密住宅で運転すると他の換気経路に影響を与えます。排気経路から逆流しないように、同時給排気型にするなど、運転時には十分な自然給気を確保できるよう配慮が必要です。

居室で喫煙等の汚染物質が発生することが想定される場合には、別途専用の排気ファンを設けることなどを検討します。

2. 各換気方式の換気経路設計

(1) 第1種熱交換集中換気（図5）

給気口は各居室あるいは居室に通じた収納に、家具等でふさがれないように設けます。吹出しが直接人にあたらないよう配慮します。

排気口は、ホールやユーティリティまわりに設けるのが一般的ですが、各室の給気口と離れた位置に設ける場合もあります。

(2) 第3種集中換気（図6）

図6に換気設計の例を示します。

自然給気口は、各居室に設けます。外気が直接流入しますので、放熱器の上部にするなど、給気の加温対策が必要です。給気口は、燃焼ガスなどが流入してこない位置にします。

第3種換気では、外気温度が低くなると、1階からの給気量が増え、2階からは減ります。1階の給気口は、開口面積を調整できるものにするのが望ましいでしょう。



室内排気口フィルター



熱交換換気装置内
給気側フィルター



パイプ用ファン
(排気用)

写真1 換気システムの清掃されていない状態

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

3. メンテナンスの配慮事項

(1) 各種フィルター

自然給気口、室内排気口、熱交換型換気装置本体内部またはフィルターボックスには、フィルターやメッシュがあります。フィルターは清掃しやすい位置に設置するとともに、居住者への説明や、見えるところに清掃の表示をするなど、定期的に清掃してもらえるようにします。清掃できない位置にある屋外

フード等にはフィルターや防虫網をつけてはいけません。

(2) 換気装置本体

換気装置も清掃や修理ができるように、天井や床下に隠れるものは点検口を設けます。ファンなどの部品が点検口から取り外しできるものの方が、部品の清掃や交換をして装置を長く使用することができます。

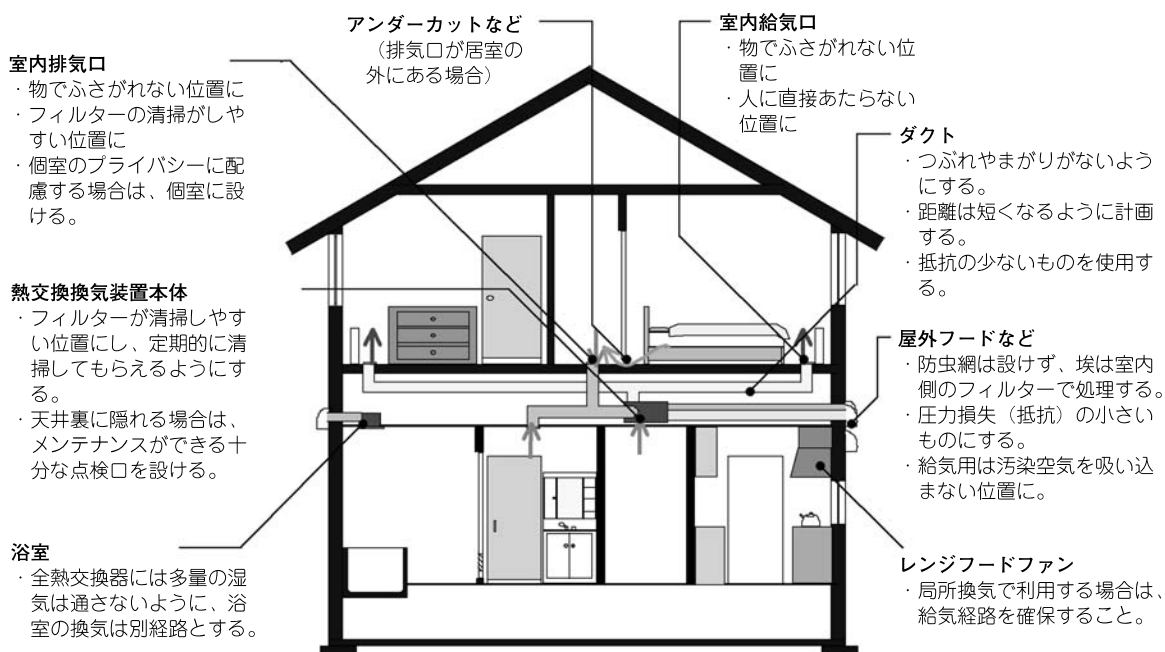


図5 第1種熱交換集中換気システム

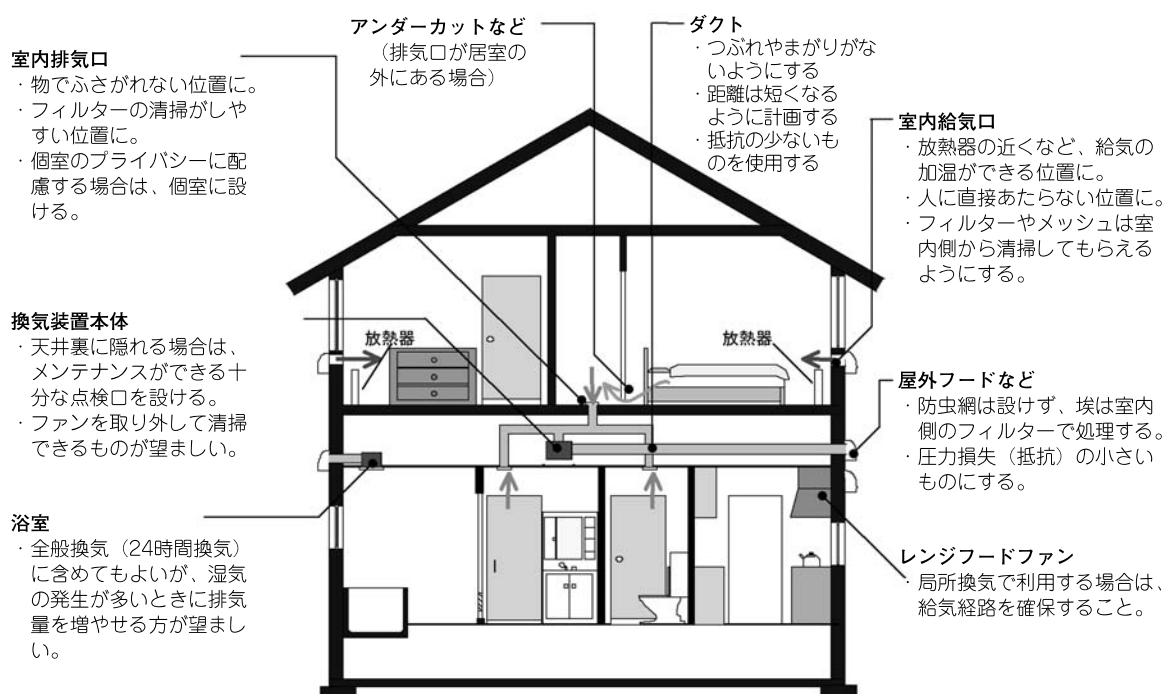
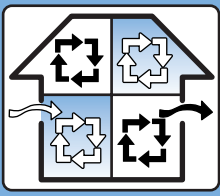


図6 第3種集中換気システム



室内環境

C2-3 換気・通風 ～自然換気と通風～

1. パッシブ換気 （詳細文献1）

（1）パッシブ換気のしくみ

暖かい空気が上昇するという煙突効果を利用したものです。図7のように、基礎断熱^{※P64}した床下など住宅の低い位置と、煙突などの高い位置に開口を設けると、下から給気され、上部から排気されます。冬季に内外温度差がある寒冷地では有効な換気システムです。

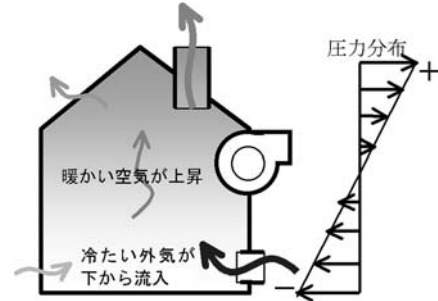


図7 自然換気（パッシブ換気）のしくみ

（2）設計のポイント

パッシブ換気は、住宅のプランに関わるので、設計段階から計画する必要があります。

1) 住宅

図8に、床下給気・排気筒排気方式のパッシブ換気の基本的な考え方を示します。この方式は、給気口と排気口をそれぞれ集中化しているのので、換気の制御がしやすくなります。この方式には、

- ①高い気密性能の確保
- ②基礎断熱
- ③給排気口の十分な高低差

が要求されます。

2) 給排気口

給排気口の必要面積は地域や住宅規模、給排気口の高低差によって異なります。高低差8m以上では給排気口の合計の有効開口面積で $2\text{ cm}^2/\text{m}^2$ 程度が目安です。

①給気口

給気口は基礎断熱した床下空間に設けます。雪等で埋まらないように、また、清掃等ができる位置に設けます。給気を床下の放熱器で加温します。

②排気口

排気口は、階段室の吹き抜け上部付近か、居間中心型のプランで吹き抜けがある場合のその頂部付近など、上昇空気が集まりやすい位置に設けます。

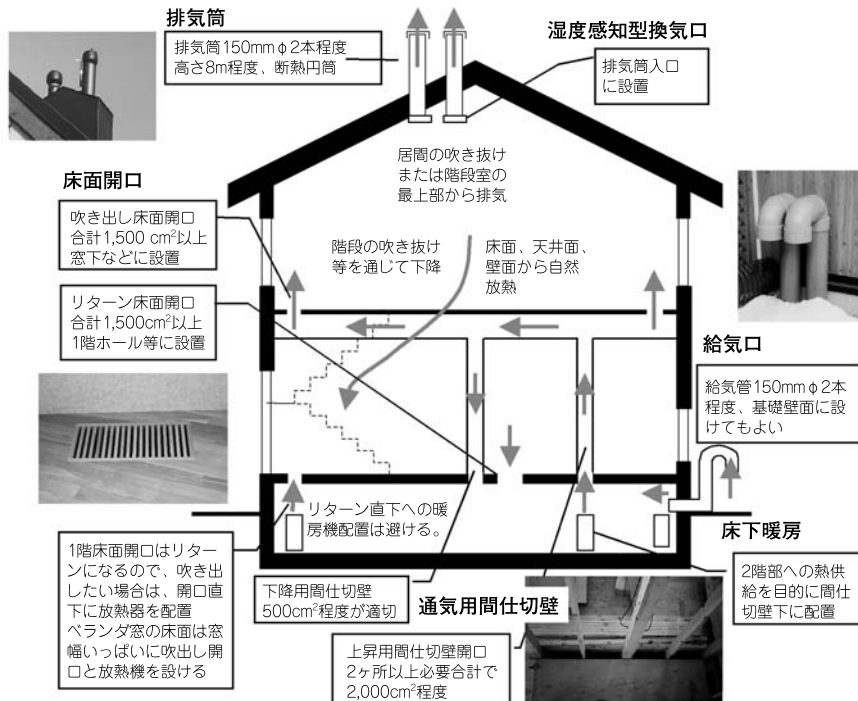


図8 パッシブ換気的设计イメージ

■詳細文献

1) パッシブ換気システム 設計・施工マニュアル 発行：財団法人 北海道建築指導センター

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

③換気量制御

パッシブ換気は、外気温度によって換気量変動するので、過換気を防止するような工夫が望まれます。湿度を感知して自動開閉する換気口を排気口を使用する方法や、サーモスタッドバルブのついた可変給気口を使用する方法、給排気口いずれかを手動で開閉する方法があります。

3) 室内通気

給気が各室に行き渡るように、1階と2階の床面開口、1階と2階の床下間の通気用間仕切壁などが必要です。各室から、ドアアンダーカットやガラリなどを通して排気筒に空気が抜けるようにします。

4) 局所換気

浴室やトイレ、台所には局所換気装置を設ける必要があります。それらを内外温度差がないときの全般換気に使用することができます。

局所換気装置を運転すると排気口から流入する場合があるので、流入しても気にならない位置とするか、逆流防止弁をつけるなどの配慮をします。

2. 通風

(1) 通風・夜間換気について

通風とは、気温が高い夏季に、室内に外風を流して体感温度^{※P35}を下げることを言います。

夜間換気は、室内より外気温度が低い夜間などに冷たい外気を取り入れて、室内の熱を排出し、建物に蓄冷をすることを言います。

夏涼しく過ごすためには、高断熱（遮熱）と日射遮蔽と合わせて、通風と夜間換気を外気の状態に合わせて使い分けられるように、窓の設計も必要です。

(2) 設計のポイント

1) 窓と窓周辺

通風用の窓は大きく開放できるもの、夜間換気は小さな開口面積に調整できるものを選びます。ドレーキップ窓（図9）は、通風時には内開き、夜間換気時には内倒しにして使用できます。

不在時や夜間就寝時なども開放できるようにするには、図10に示すように、雨の浸入対策や防犯に配慮します。

2) 通風用窓の配置

開放できる窓を、居室の風上側の面と、風下側の

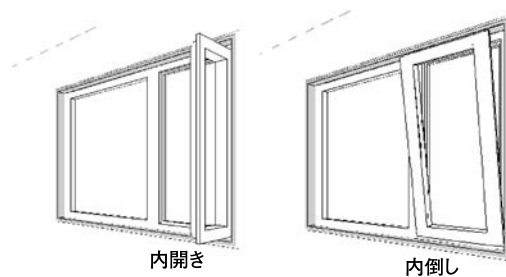


図9 ドレーキップ窓

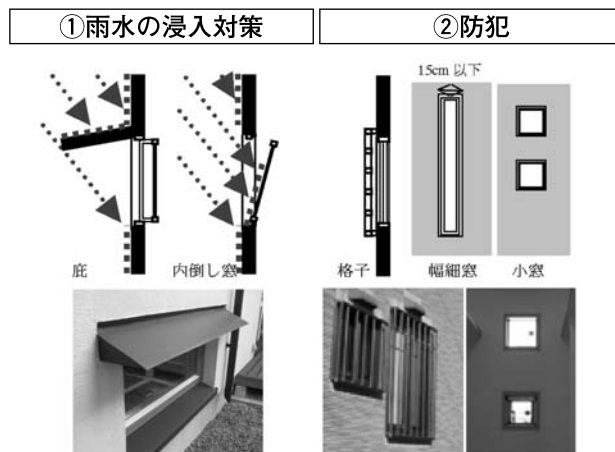


図10 窓の雨水と防犯の対策

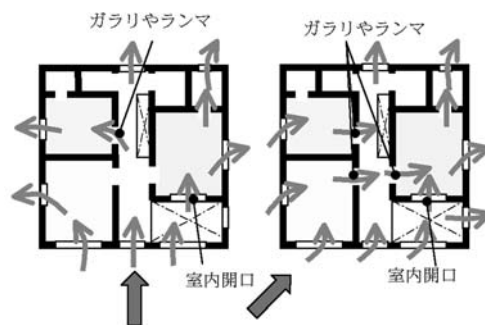


図11 通風窓の考え方

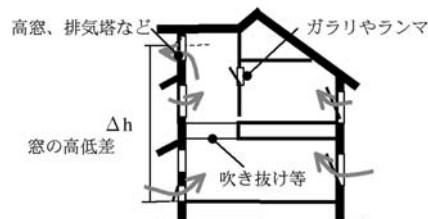
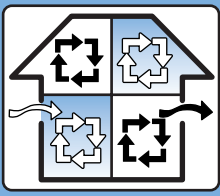


図12 夜間換気窓の考え方

面に設けます（図11）。風上側だけ、あるいは風下側だけしか面さない部屋は、ドアにランマやガラリなどを設けて、他の部屋との風通しを図ります。

3) 夜間換気用窓の配置

パッシブ換気と同じ煙突効果を利用します。そのため、吹抜の上部など高い位置に窓を設けると、下の窓から夜間の冷気が入りやすくなります（図12）。個室から吹き抜け等に空気が抜けるように、ドアにガラリやランマなどを設けます。



室内環境

C3-1 暖房

～暖房の種類と室内環境～

1. 暖房の種類

隣室や廊下の温度が低いとドアを開けたときに冷気が侵入することになり、また、内壁の温度も低いため放射環境もよくありません。快適な暖房環境をつくるためには、高断熱・高气密化したうえで家全体を暖めることが重要です。全屋暖房の方式としては、図1のような温水セントラルヒーティングが一般的です。暖房方式とその特徴を表1、表2に示します。温水暖房の熱源には、灯油・ガスのボイラのほか、融雪電力や時間帯別電灯を使用した電気ボイラやヒートポンプも使用されています。

2. 暖房機の配置と温熱環境

「足元が寒い」など局所的な不快感の解消には、建物の高断熱・高气密化が最も有効ですが、暖房機の種類や設置方法にも配慮する必要があります。

上下温度分布は、低温および高温の気流によって生じます。低温気流の発生原因はいくつかありますが、窓で発生するのが代表的なものと言えます。特に、カーテンを閉めると、窓の温度が下がるため冷気流が強くなり、室内の上下温度分布は図2のように拡大します。この冷気流を打ち消すように放熱器を設置することが重要です(図3)。掃き出し窓がある場合、窓の脇に縦長の放熱器を設置する場合があります。不均一放射を緩和する効果はありますが、上下温度分布は窓前に設置する場合よりも拡大します。

また、放射成分のあるラジエータと対流成分のみのコンベクターを比べると、放射のあるほうが上下温度差は小さいという研究結果もあります。強制対流型の暖房では一般に温水放熱器よりも上下温度差は大きくなります。ただし、放熱器と同様に吹出し位置を窓下にし、窓幅まで温風をよく拡散させると改善することができます。

床暖房は上下温度差ができにくい暖房方式ですが、窓で発生する冷気流を止めることはできません。なる

べく高性能の窓^{P77}を使用します。ストーブ、エアコンなど、窓下に設置できない場合についても同様です。

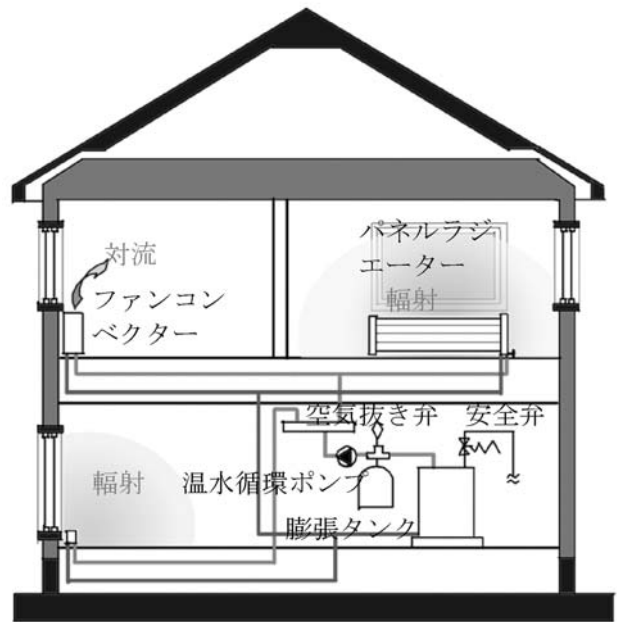


図1 温水セントラルヒーティング

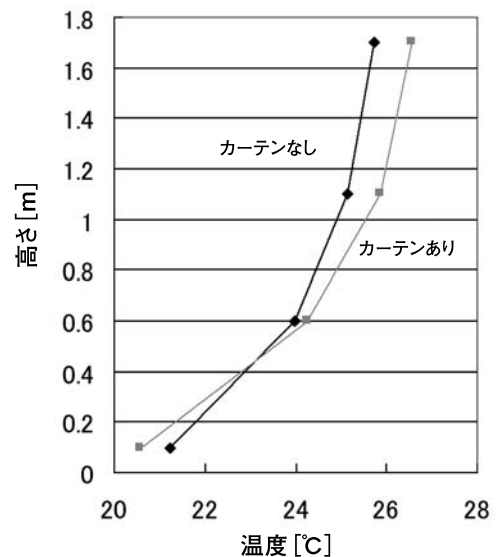


図2 カーテンと上下温度分布

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

表1 暖房システムの種類と特徴

熱源機	端末機	熱源	特徴・注意点
暖房ボイラ	自然対流型放熱器 ファンコンベクタ 床暖房 ダクト吹出し	灯油、ガス、	過大な容量としない(効率が低下する) 温水温度を設定できるものが望ましい
暖房・給湯ボイラ		灯油、ガス、	暖房ボイラと同じ 暖房と給湯が1台にまとまる
電気ボイラ		電気	壁掛け型でコンパクト、騒音がない(ポンプのみ)
電気給湯・暖房温水器		電気	給湯器に暖房回路が内臓、騒音がない(ポンプのみ)
空気熱源ヒートポンプ		電気	外気温が低いと性能低下、床暖房を推奨
地盤熱源ヒートポンプ		電気	地中熱交換器の設置費用は高い 効率は最も良い、床暖房を推奨
暖房・給湯ヒートポンプ (エコキュート)		電気	給湯加熱をしないとき暖房出力が増加 外気温が低いと性能低下、床暖房を推奨
エアコン	室内機 (床暖房)	電気	外気温が低いと性能低下、冷媒配管 床暖房を接続できるタイプもある
電気蓄熱暖房器		電気	ファンを連続運転すると蓄熱量が不足する
電気パネルヒータ、電気床暖房		電気	騒音がない、床暖房では低温やけどに注意
ストーブ		灯油、ガス、 薪、ペレット など	1台で家全体を暖めるには建築計画に工夫が必要、 床暖房を併用できるものもある、最も安価、燃焼音 がある

表2 端末機（室内に設置する機器）の特徴

	端末機	特徴
自然対流・放射型	温水放熱器	窓下に放熱器を設置すると室内の暖かさは均一になる 床下に放熱器を設置する場合には空気循環のための工夫が必要
	電気パネルヒータ	
	床暖房	上下温度分布が最も小さい、室温の制御性がやや劣る
	放射型ストーブ	燃焼音がある、 ストーブ1台で全屋暖房の場合には、室毎の室温制御性が劣る
	電気蓄熱暖房機 (ファンレス型)	室温の制御性が劣る
強制対流型	ダクト吹出し、	天井吹き出しでは上下温度分布が生じやすい、ファンの音がする 部屋毎の室温制御性が劣る
	ファンコンベクタ	
	温風式ストーブ	燃焼音がある ストーブ1台で全屋暖房の場合には、室毎の室温制御性が劣る
	電気蓄熱暖房機	ファンの音がする、ファンOFFのときは自然対流・放射型
	エアコン室内機、	壁上部に室内機を設置した場合、上下温度分布が生じやすい

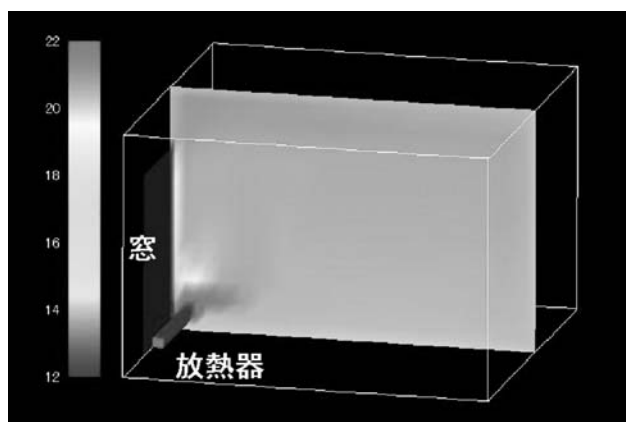


図3 窓と放熱器

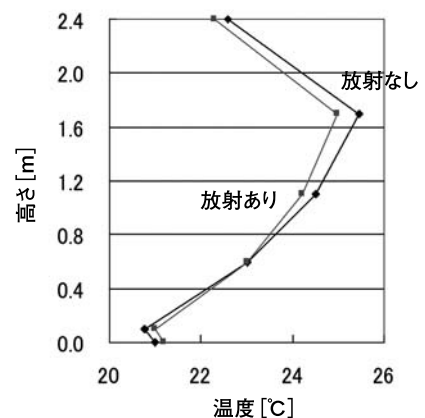
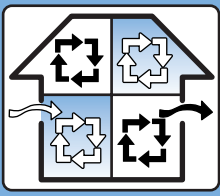


図4 放熱器の種類と上下温度分布



室内環境

C3-2

暖房

～省エネルギー機器とその特徴～

1. 省エネルギー性の比較方法

使用する熱源が異なると、効率が同じでも環境へ与える影響は異なります。現在、地球温暖化への影響や省エネルギー性を比較するとき、二酸化炭素（CO₂）排出量や一次エネルギー換算がよく用いられています。

CO₂の排出係数、一次エネルギー換算値を表1に示します。電力は、発電方式（火力、原子力、水力、太陽光、風力など）によって大きく異なるので、電力会社によって1kWh当たりのCO₂排出係数は異なります。一次エネルギー換算値は、燃料の高位発熱量^{解1)}、発電所の効率、送電ロスなどを考慮したもので「エネルギーの使用の合理化に関する法律施行規則^{「P111」}」によって定められています。

暖房機器の省エネルギー性能・環境性能は、機器効率とこれらの換算値の組み合わせで決まります。CO₂排出量について、電気ヒートポンプと灯油ボイラ、ガスボイラを比較したのが図1です。たとえば、都市ガスを用いるボイラの効率が80%のとき、ヒートポンプのCOP^{解2)}が2.4以上であればヒートポンプのCO₂排出量のほうが少なくなります。また、灯油は都市ガスよりCO₂排出量が多く、効率90%の灯油ボイラと効率60%の都市ガスボイラがほぼ同等な排出量となります。同様に、一次エネルギー換算で比較すると

図2のようになります。なお、電気ボイラ、電気蓄熱暖房機はCOP=1に相当します。

機器は常に一定の効率で動いているわけではありません。灯油やガスを熱源とするボイラは、一般に、低負荷運転のとき（特に、ON/OFFを繰り返すとき）効率が低下するので、過大な機器を選定せず、厳寒期には連続暖房で対応するようにします。ヒートポンプ（エアコンも同様）の場合はもっと複雑で、暖房出力や熱源の温度（外気温や地盤温度）や温水温度に大きな影響を受け、機種による差も大きいようです。図3はヒートポンプエアコンの例です。外気温と室温がある一定の条件に保たれたときの暖房負荷と消費電力の関係を表したものです。低負荷のときに大きく消費電力が減り、COPが向上する機種もあれば、ほぼCOPが一定の機種もあります。

省エネルギー性を検討するためには、暖房機器の部分負荷特性が重要ですが、残念ながらほとんど公開されていないのが現状です。

表1 CO₂排出係数、一次エネルギー換算値

種類	発熱量	CO ₂ 排出係数	一次エネルギー換算値
灯油	36.7MJ/L	2.51kgCO ₂ /L	36.7MJ/L
都市ガス（13A）	46.0MJ/m ³	2.15kgCO ₂ /m ³	46.0MJ/m ³
電力	3.6MJ/kWh	0.502kgCO ₂ /kWh （北海道電力H17）	9.97MJ/kWh （昼間）
		0.368kgCO ₂ /kWh （東京電力H17）	9.28MJ/kWh （夜間）
		0.555kgCO ₂ /kWh （デフォルト）	9.76MJ/kWh （区別なし）

■解説

1) 高位発熱量

燃焼により生じた水分が凝集し、水（液体）となるまでに放出する熱量

2) COP（成績係数）

ヒートポンプの暖房出力[kW]を消費電力[kW]で割った値

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

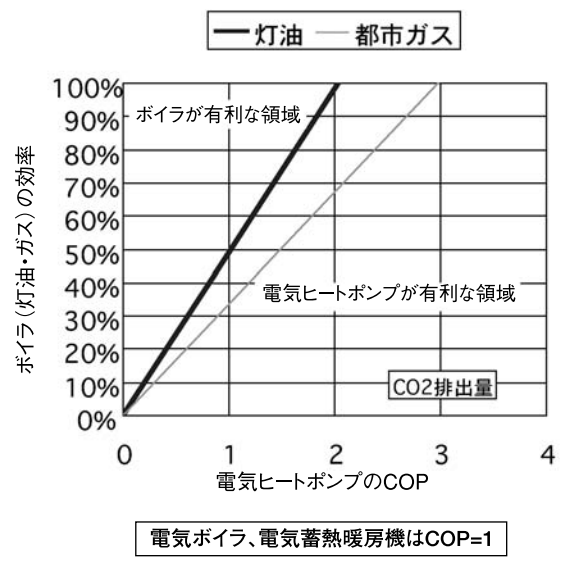


図1 灯油・ガスボイラと電気駆動ヒートポンプの比較 (CO₂排出量)

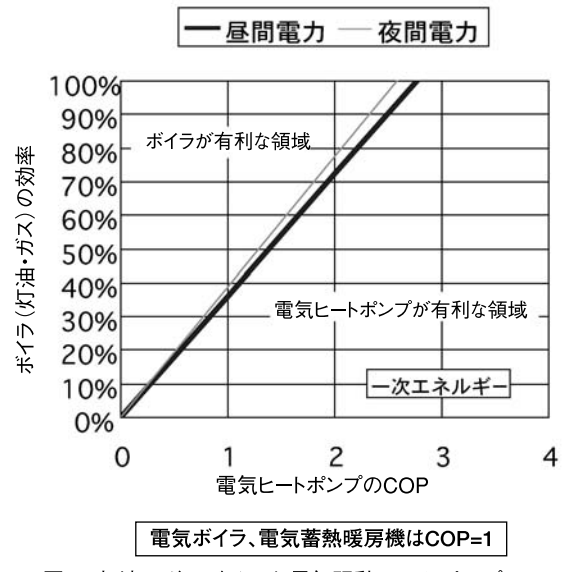


図2 灯油・ガスボイラと電気駆動ヒートポンプの比較 (一次エネルギー)

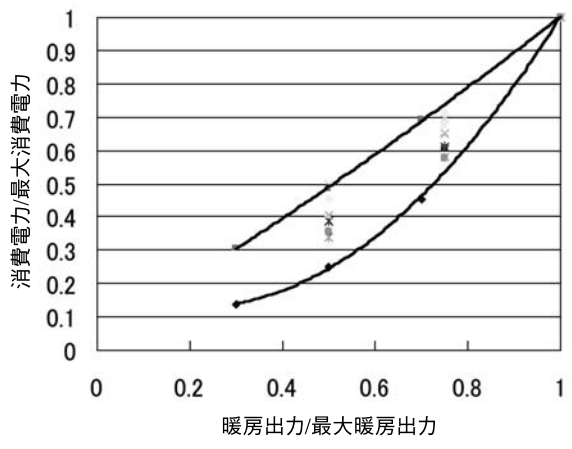


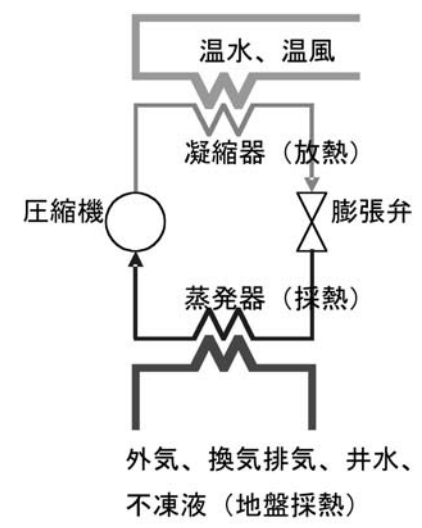
図3 エアコンの部分負荷特性の例

2. ヒートポンプとは

省エネルギー機器として、投入したエネルギーよりも多くの熱量が得られるヒートポンプが注目されています。ヒートポンプは温度の低い空気や水などを利用して温度の高い熱エネルギーを取り出す装置です。水を汲み上げるポンプのように、熱を低いところから高いところへ汲み上げるイメージからヒートポンプと呼ばれています。外気温が氷点下にならない地域では、ヒートポンプを使うことで、非常に効率よく暖房や給湯を行うことができ、省エネルギーや二酸化炭素排出量の削減に大きな効果があります。しかし、北海道のような寒冷地では効率を上げることがなかなか難しいのが現状です。

ヒートポンプには電気駆動のほか、灯油やガスを用いるエンジン駆動ヒートポンプや、吸収式ヒートポンプもありますが、ここでは家庭用ということで電気駆動ヒートポンプに限定して解説します。

ヒートポンプの主要な構成部品は図4に示す4つです。ヒートポンプにより供給される熱は、凝縮器で放出される熱です。これはエアコンのように温風として利用することも、床暖房やパネルヒーター用に熱交換して温水として利用することもあります。空気熱源ヒートポンプ（エアコンも含む）では、蒸発器は室外機の中にあり、外気から熱を吸収します。地盤熱源ヒートポンプ



蒸発器	ヒートポンプ内部の冷媒が低圧力、低温の状態で蒸発し、まわりから熱を吸収する
圧縮機	冷媒の圧力と温度を上昇させる。
凝縮器	比較的高温で冷媒が凝縮し、熱が放出される
膨張弁	冷媒の温度と圧力を下げる。

図4 ヒートポンプの構成

ンプは地中に不凍液配管を埋設し、蒸発器はその不凍液と熱交換して熱を吸収します。

ヒートポンプの効率は「成績係数（COP）」で表されますが、凝縮温度が低く、蒸発温度が高いほどCOPは大きくなります。

3. ヒートポンプの種類と特徴

住宅を対象に現在利用できるヒートポンプの種類を表2に示します。

最も普及しているヒートポンプは、外気を熱源とするエアコンです。外気温が7℃あれば、COPは4以上になるので、本州においては、非常に省エネルギーで二酸化炭素排出量の少ない暖房機です。しかし、北海道のような寒冷地では、外気温が低いため、暖房出力とCOPが大きくなり低下し、運転そのものできなくなることもあります。暖房能力の例を図5に示します。また、北海道で外気熱源ヒートポンプを使用する場合のCOPは、現在のところ1.5～2.5程度のようなのです。

換気の排気を熱源とするヒートポンプはスウェーデンで広く普及しています。室温の空気から熱を吸収するのでCOPは3.5程度が可能です。しかし、換気量が決まっているため暖房出力は小さく、補助暖房が必要です。補助暖房をなるべく少なくするため、次世代省エネルギー基準以上の高断熱・高気密住宅ではじめて採用が可能です。

井水や地盤を熱源とするヒートポンプ（写真1）は、COPを3以上とすることが可能で、寒冷地においては最も省エネルギーな方式です。しかし、地盤熱源では住宅1棟当たり100m程度の地中熱交換器を埋設（写真2）する必要があるなど、設備費が最大の課題です。

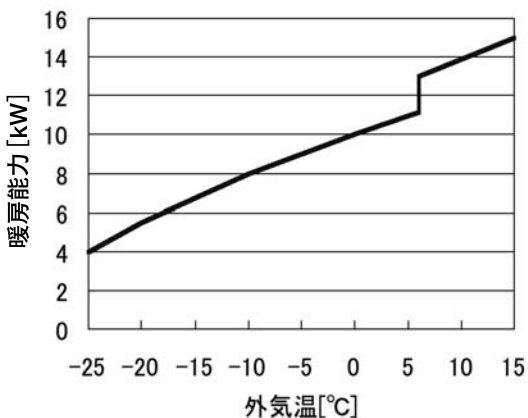


図5 空気熱源ヒートポンプの暖房能力の例



写真1 地熱ヒートポンプの例



写真2 地中熱交換器の設置工事

4. ヒートポンプを効率よく使うために

北海道では空気熱源より地盤あるいは井水を熱源とするほうが効率よく運転できます。地盤熱源ヒートポンプでは、地盤からの採熱量は深さ1mあたり20～40W/mとされていますが、地下水が流れている地盤では採熱量が多く、効率がよくなるようです。地中熱交換器が短すぎると採熱温度が低下し、ヒートポンプのCOPは低下してしまうので注意が必要です。地盤熱源ヒートポンプシステムの適切な設計を行うためのコンピュータプログラムが北海道大学大学院・長野研究室で開発され、販売されています。

負荷側の設計のポイントは暖房出力の温度を低くすることです。空気暖房（エアコン）と低温水暖房が考えられますが、いずれにしても、住宅の断熱性能が重要です。たとえば、暖房負荷が80W/m²の住宅で床暖房をする場合、床表面温度は約30℃必要ですが、40W/m²の住宅では、約25℃でよく、それだけ温水温度を低くできます。

また、放熱面積も広く必要です。ラジエータやコンベクタを使う場合には通常的设计よりも大きなサイズのものを選定し、台数も増やす必要があります。図6はボイラで75℃の温水を使用するときの放熱器のサイズを基準に、温水温度とサイズの関係を表したものです。温水温度を50℃とすると、放熱器のサイズ（または台数）はボイラの場合の2倍以上にする必要があります。COPを向上させるためにはより低温が望ましく、温水放熱器のみではなく、床暖房の採用や換気予熱を組み合わせることを検討すべきです。温水温度を40℃以下とするには、床暖房の採用が不可欠でしょう。

また、暖房負荷が小さいときに設定温水温度を下げる制御も有効と考えられます。

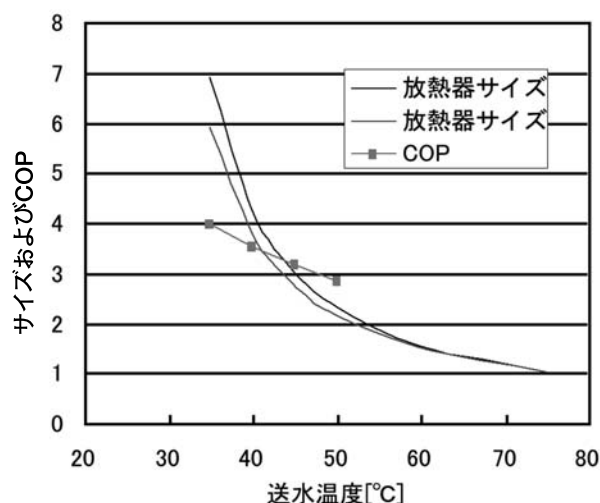
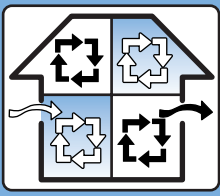


図6 温水温度と放熱器のサイズ、COPの例

表2 ヒートポンプの熱源別種類

熱源	外気	換気排気	井水	地盤
採熱方法	・ 室外機で外気と熱交換	・ 換気用排気ダクトに熱交換器(蒸発器)を接続	・ 井水を汲み上げ蒸発器と接続	・ 地中にパイプを設置し不凍液を循環して採熱。その循環回路と蒸発器を接続。 ・ 地中に蒸発器を埋設
暖房方式	・ 室内機による温風暖房 ・ 温水暖房	・ 換気用取り入れ外気を直接加熱 ・ 温水暖房	・ 温水暖房	・ 温水暖房
長所	・ 設置が容易 ・ 設備費が最も安い ・ 温暖地ではCOPが高い。	・ 寒冷地では外気熱源より高いCOPが期待できる。 ・ 換気設備と一体となる。 ・ 室外機が要らない。	・ 寒冷地では他の熱源より高いCOPが期待できる。	・ 寒冷地では外気熱源より高いCOPが期待できる。
短所	・ 外気温が低いとCOPと暖房出力が低下する。 ・ 外気温が低いと運転できない場合もある。	・ 暖房出力が小さい。(3kW以下) ・ 冷房が難しい。	・ 井戸が必要	・ 地中熱交換器の設備費が高い。



室内環境

C4-1 音環境

～外部騒音の遮音～

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

外部騒音の発生源は、近隣の住戸、人、工事、自動車、鉄道、航空機など音の種類や時間、大きさ、方向など様々です。また、音の種類や大きさは聞く人によって感じ方に差があります。

住宅の設計時には周辺の騒音状況を把握した上であらかじめ必要な対策をとることが必要です。本項では外壁の遮音性能について、外壁を構成する各部材ごとの遮音上の留意点などを説明します。

1. 外装材

外装材単体の遮音性能は面密度が増すほど高くなります。例えば、塩ビサイディング<金属サイディング<窯業系サイディング<レンガなどの順となります。しかし、実際に壁として測定を行うと塩ビサイディングと窯業系サイディングでほとんど差がありません。これは壁内の中空層や合板、せっこうボードなどが有効に働いているためです。

また、一般的には通気層を介して外装材を施工しており、通気層の上下端部に開口があります。外装材の高さや開口幅にもよりますが、通気層上下端部の開閉により遮音性能が中高音域で約5dB程度落ちます。外壁の遮音性能の向上のためには外装材に頼らず下地材や内装材料を中心に考えた方が良いでしょう。

道内で一般的に施工されている外壁の音響透過損失の測定^{規格1)}結果を図1に示します。

2. サッシ

図2にペアガラス単体、ペアガラス+木製(外側アルミ)サッシの音響透過損失を示します。3150Hz付近で性能低下している部分がガラスのコインシデンス効果^{解説1)}によるもの、ペアガラス単体の400Hz付近の性能低下は共鳴透過^{解説2)}によるものです。

ペアガラスはガラスが2枚あるため性能が高いと思われ

ますが、共鳴透過により遮音性能が大きく落ち込むので注意が必要です。

一般的に、外壁ではサッシ部分の遮音性能が最も低いため、外壁全体の総合透過損失はサッシの影響を受けます。遮音性能の異なる部位を有する壁の透過損失を測定する総合透過損失の計算式を式①に示します。

$$\overline{TL} = 10 \log_{10} \frac{S}{\sum_i \tau_i S_i} \quad \dots \text{式①}$$

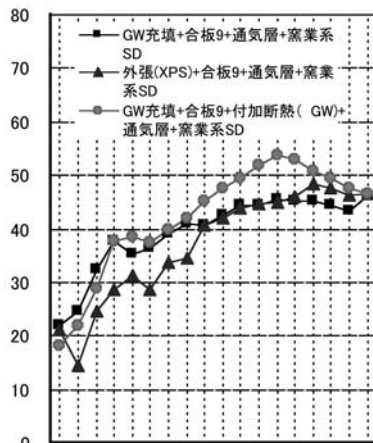
$$\tau = \frac{1}{10^{\overline{TL}/10}} \quad \dots \text{式②}$$

但し

- \overline{TL} : 総合透過損失 [dB]
- S : 各部位面積の合計 [m²]
- S_i : 各部位面積 [m²]
- TL : 部位の音響透過損失 [dB]
- τ : 透過率

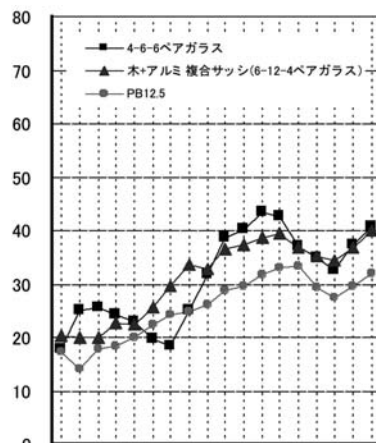
図3に、窓の透過損失を40dBとし、外壁の透過損失を40dBから向上させた場合の、外壁の透過損失と総合透過損失の関係を示します。外壁の透過損失をいくら高めても遮音性能が弱い部分があるため、総合透過損失は一定の値以上になりません。

サッシの遮音性能を高めるためには100mm以上の中空層を設けて二重にして、かつ気密性能を高めます。



1/3 oct.中心周波数帯域 [Hz]

図1 外壁の音響透過損失



1/3 oct.中心周波数帯域 [Hz]

図2 窓とせっこうボードの音響透過損失

また、サッシ間の中空層内を吸音するとより性能が高くなります。

寒冷地における具体的な遮音対策としては、通常の樹脂サッシの室内側に気密性の高い樹脂サッシを追加する方法があげられます。

3. 内装下地材

外壁の遮音性能をより高める場合には、内装下地材の遮音性能を向上させることが最も簡単です。

内装下地材の中で、せっこうボードは遮音に有効です。図2に音響透過損失の測定値を示します。ただし、せっこうボードや合板のような板状の材料は、コインシデンス効果により高音域で大きく性能が低下するので注意が必要です。

コインシデンス効果の影響を受けにくくした、塩ビやアクリルなどの樹脂シートやゴムシート等をせっこうボードや合板に貼ったりサンドイッチにした内装下地材が市販されています。これらを活用することでボード類の本来の性能を発揮できます。

4. 換気口

北海道の住宅は外壁やサッシの遮音性能が高いため換気口からの音が気になる場合があります。第3種換気用の給気口ではフィルターがついたものや吸音材がついたものがあります。穴だけのものより遮音性能が期待できます。

高い遮音性能が必要な場合は、外側のフードに遮音対策をしたものがあります。これは、フード内に吸音材を挿入したもので、40dB程度の遮音性能を有します。但し、圧力損失が大きいため、ダクト配管、ファンの能力などを計算し使用する必要があります。また、防音フードの取り付けは外壁部の凍結融解を防ぐため、ダクト配管を外壁サイディングより外側に突出させて、十分にシーリングを行い、壁体内への結露水の浸入を防ぐことが必要です。

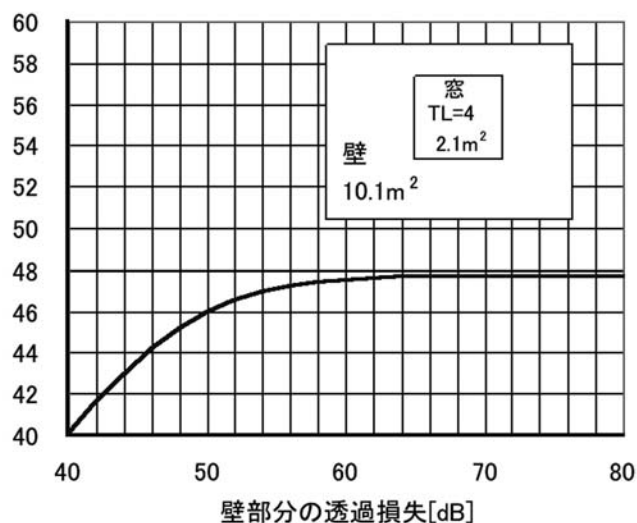


図3 総合透過損失と壁部分の透過損失の関係

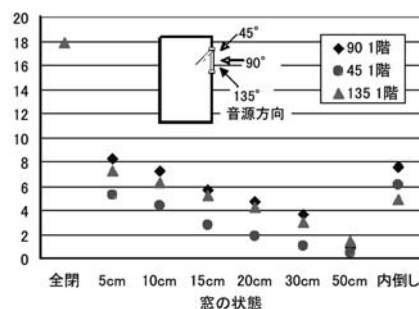
コラム 窓を開けたときの遮音性能

夏の防暑対策のために夜間に窓を開ければなしにするには、窓にどんな性能が必要かを考えていた時の話です。

窓を閉めたときに比べて開けた時の遮音性能は「遮音」という意味からすると、「意味」がないくらい低下します。騒音レベルで表すと窓を閉じた状態から5cm開けただけで15dBも大きくなります。全開した時は25dBになります。遮音しているとは言えないのです。

しかし、見方を変えると5cmと全開との間に10dBの差があります。これは耳でハッキリ大きさが変わったとわかる違いです。つまり、小さく開けることができる窓があれば良いことになります。

また、図のように音の入ってくる方向に対して窓の開け方を変えるだけで3dBの差になります。この差は耳でかろうじてわかる程度の違いです。設計の段階で騒音の方向と窓の開き方向を考慮すると良いわけです。小さな配慮ですが、積み重ねることにより質の高い家づくりにつながります。



■解説

1) コインシデンス効果 (Coincidence)

板の面に音波が入射するとき、ある周波数で音波の波長と板固有の波長とが一致 (コインシデンス) することがあります。この時、音響透過損失が質量則の値より低下します

2) 共鳴透過

中空2重壁の場合に壁面同士がある周波数で共鳴し合い、音響透過損失が低下する現象。中空層の寸法が小さいと高い周波数になり、二つの面材が同じものの時に低下量が大きくなります。

■参考文献

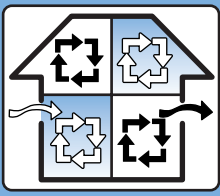
- 1) 窓と防音 板硝子協会、騒音・振動対策ハンドブック 財団法人日本音響材料協会編
- 2) 共同研究「繊維系外張断熱工法における音響・防耐火性能の向上とリフォーム対応技術に関する研究」報告書、平成14～15年度、共同研究相手：硝子繊維協会

■情報提供

ゼオン化成株式会社、大建工業株式会社

■規格

- 1) JIS A 1416 実験室における建築部材の空気音遮断性能の測定
- 2) JIS A 1417 建築物の空気音遮断性能の測定方法
- 3) JIS A 1419-1 建築物及び建築部材の遮音性能の評価方法—第1部：空気音遮断性能
- 4) JIS A 1441-1 音響インテンシティ法による建築物及び建築部材の空気音遮断性能の測定方法—第1部：実験室における測定
- 5) JIS A 1441-2 音響インテンシティ法による建築物及び建築部材の空気音遮断性能の測定方法—第2部：現場における測定
- 6) JIS A 1520 建具の遮音試験方法



室内環境

C4-2 音環境

～内部騒音の防止～

1. 吸音性能を高める

近年の内装材は、天井や壁に石膏ボード、床に木質系フローリングを使用することが多いため、室内の吸音力^{解説1)}は非常に小さくなっています。残響時間^{解説2)}を測定すると1秒以上の場合も少なくありません。音楽を聴いたり、会話をする部屋であれば0.5秒以下にしたいところです。

室内の吸音力を上げ、残響時間を短くすると、室内で聞こえる騒音が小さくなります。

室内の平均音圧レベルと吸音力との関係は式③、④で表されます。また、残響時間の計算式を式⑤に示します。

この式で部屋の残響時間を計算し、壁や天井などの吸音力を向上させる工夫が望まれます。主な内装材の吸音率を表1に示します。

$$SPL = PWL + 10 \log_{10}(4/A) \dots \text{式③}$$

$$A = \sum \alpha_i S_i \dots \text{式④} \quad T = \frac{0.161V}{A} \dots \text{式⑤}$$

但し

SPL	: 室内平均音圧レベル	[dB]
PWL	: 室内に入射する騒音のパワレベル	[dB]
A	: 室内の全吸音力	[m ²]
α_i	: 各部位の吸音率 ^{解説3)}	
S_i	: 各部位の面積	[m ²]
T	: 残響時間	[s]
V	: 室容積	[m ³]

2. 床衝撃音を低減する

(1) 軽量床衝撃音対策

軽量床衝撃音^{規格1)}は、軽く堅いものを床に落下させた場合を想定したピークの鋭い衝撃音で、人間の聴感上、感じやすい中高音域の音です。この音の防止方法は主に3つあります。

1) 床表面仕上げ材を緩衝効果のあるものにする

床表面仕上げ材をじゅうたん等の柔らかいものとして衝撃時間を長くし、衝撃力のピークを抑えると遮音性能に効果があります。じゅうたんの他に効果があるものは、木質系フローリングに溝と緩衝材を貼り付けた木質系防音フローリングです。これは、一般的にRC造の150mm厚さのスラブで軽量床衝撃音レベル低

表1 主な内装材の吸音率

部位	内装材	厚さ	吸音率
床	じゅうたん	1~4mm	0.1
	6~8mm 0.2		
	12~15mm 0.3		
	木質フローリング	12mm	0.1以下
天井	市販天井材(高密度ロックウール)	15~27mm	0.3~0.5
	木毛セメント板	25mm	0.2~0.7
	せっこうボード	12.5	0.1以下
壁	市販吸音下地	各種	0.3以上

減量の試験^{規格2)}を行い、その結果を等級^{規格3)}として表したものを性能として表示しています。現在、最も性能の高いものはL-40となっています。

これを木造床に使用する場合は、木造床の構成にもよりますが、L数が10~20dB程度大きくなります。床の面密度や剛性を向上させ、インピーダンス^{解説4)}を大きくすることでこの差は小さくなります。

2) 天井懐への吸音材の挿入

天井懐にグラスウール等の吸音材を挿入することで、軽量床衝撃音を低減できます。市販されている吸音材(断熱材)の範疇であれば密度による効果の差はほとんどありません。また、厚さは、厚い方が効果は高くなりますが、費用対効果を考慮すると100mmから150mm程度が目安と言えます。

吸音材の効果は、天井を床構造と振動的に独立させることで高くなります。枠組壁工法の直張天井工法の場合は、ほとんど効果が期待ないので注意が必要です。

3) 天井の独立化とインピーダンス増

天井を床構造から振動的に独立させると、天井材の遮音性能を向上した分だけ床衝撃音を低減することができます。

天井の遮音性能を向上させる方法は、市販の遮音内装下地材を使う他、せっこうボードなどの内装下地材を厚くしたり、複数枚使用するなどして面密度とインピーダンスを向上させることです。

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

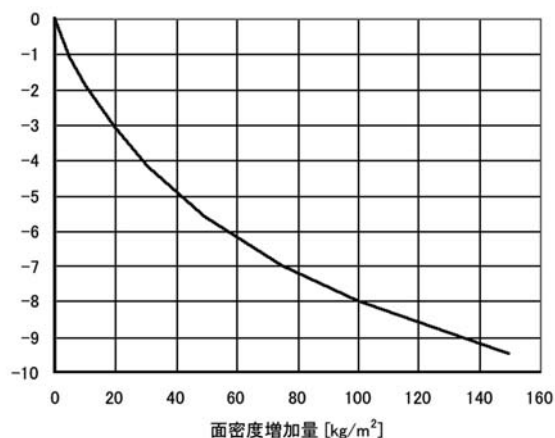
(2) 重量床衝撃音対策

重量床衝撃音^{規格4)}は重く、柔らかいものを床に落させたときの想定した音で、床表面の柔らかさにはあまり関係せず、床の振動のしやすさに関係します。防止方法としては、床や天井、下階の壁を振動しにくく補強したり、防振したりすることが必要となります。

具体的な方法としては、2階床の根太せいを大きくしたり、コンパネ等を接着剤等で一体化し、床の剛性を高めたり、床の質量を増やします。

根太せいを大きくすることは2階床全体に及ぶため材料が増加します。また、接着による一体化は現場の施工精度に依存することになり、不確定要素が多くなります。このため、確かな技術と確実な計画を立てることが重要となります。

実践的で安定した効果が期待できる方法は、床の面密度を向上する方法です。これは床根太上に重い乾式の面材等を敷き込むことで面密度を向上させるものです。図4に面密度と床衝撃音レベル低減量の関係を計算した結果を示します。この計算は、単純



に面密度のみをインピーダンス増加分としていますが、実際には剛性の向上もあるため、これより若干性能が良くなります。

床のインピーダンスを増加しても、ある程度を超えたところから壁からの放射の影響が大きくなり効果が得られなくなります。この場合は、壁の面材の振動絶縁や面密度の増加、高剛性化が必要になります。

軽量床衝撃音の低減方法でふれた、天井の独立化やインピーダンスの増加も効果があります。

■軽量床衝撃音の測定

軽量床衝撃音の測定方法は「JIS A 1418-1 建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法—第1部：標準軽量衝撃源による方法」に示されています。

室の床面对角線上の5点に、写真1に示す標準軽量衝撃源（タッピングマシン）を設置して加振し、下室の床面对角線上5点に設置したマイクにより音圧レベルを測定し、平均して床衝撃音レベルを算出します。標準軽量衝撃源の仕組みは、5個の鋼製ハンマー（500g／個）を内蔵しており、これを40mmの高さから0.1秒間隔で落下させることを繰り返して床に衝撃を与えます。

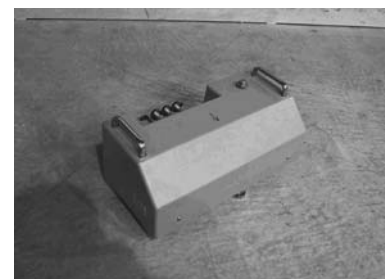


写真1 標準軽量衝撃源

■重量床衝撃音の測定

重量床衝撃音の測定方法は「JIS A 1418-2建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法—第2部：標準重量衝撃源による方法」に示されています。

室の床面对角線上の5点に、写真2に示す標準重量衝撃源（バングマシン）を設置して加振し、下室の床面对角線上5点に設置したマイクにより音圧レベルを測定し、平均して床衝撃音レベルを算出します。標準重量衝撃源は、撃力特性の違いにより2種類あります。一つは「衝撃力特性（1）」を有する約7kgのゴムタイヤで、これを85cmの高さから落下させます。もう一つは、「衝撃力特性（2）」を有する約2.5kgのゴムボールで、100cmの高さから落下させます。現在、「衝撃力特性（1）」が一般的に使用されていますが、木造住宅など軽量の床用としてゴムボールが使用され始めています。



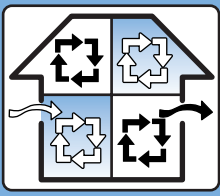
写真2 標準重量衝撃源

■解説

- 1) 吸音力
室の中の壁面などの材料の吸音率と面積を掛けたもの。全吸音力は、室内の壁、床、天井や家具類、人などの吸音力を加算したもの
- 2) 残響時間
室の中で音を発生させ止めた後、60dB減衰するまでの時間
- 3) 吸音率
材料に入射する音と損失した音の比。1の場合は完全に吸音し、0に近づくると反射が多くなる
- 4) インピーダンス
床を加振する衝撃力に対する床構造の振動速度の比で、振動のしにくさを示すもの

■規格

- 1) JISA1418-1 建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法—第1部：標準軽量衝撃源による方法
- 2) JIS A 1440-1 実験室におけるコンクリート床上の床仕上げ構造の床衝撃音レベル低減量の測定方法—第1部：標準軽量衝撃源による方法
- 3) JISA1419-2 建築物及び建築部材の遮音性能の評価方法—第2部：床衝撃音遮断性能
- 4) JISA1418-2 建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法—第2部：標準重量衝撃源による方法



室内環境

C5 空気環境

～室内空気質対策～

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

1. 空気質について^{関連文献1) 2)}

(1) 空気質問題

室内空気が汚染すると、不快であるだけでなく、健康被害を受ける場合もあります。室内粉じん（ハウスダスト^{解説1)}）などによるアレルギーや、シックハウス症候群がその例です。

(2) 濃度基準

表1に汚染物質の濃度指針値を示します。指針値は、その濃度以下に長期間さらされても健康への有害な影響を受けないだろうとされる値です。化学物質過敏症の人は低濃度でも反応を起こす場合があります。

2. 空気質対策

(1) 対策の基本的な考え方

室内空気質対策の基本は、次の2つです。

①発生源対策＝室内の汚染物質の発生を抑える。
屋外に発生源がある場合は室内に侵入しないようにする。

②換気対策＝発生してしまった汚染物質は換気によって速やかに希釈・排出する。

その他に、発生した汚染物質を吸着、分解して除去する建材や空気清浄機などがありますが、効果は不明な部分も多いので、使用する際はよく検討する必要があります。

(2) シックハウス対策

ホルムアルデヒドおよびクロルピリホスについては、室内濃度の規制値が建築基準法（2003年改正）で定められています。それ以外の物質についても対策が必要です。

1) 計画

①発生源対策

化学物質の発生量の少ない材料を使用します。防腐・防蟻措置が必要な場合、可能な限り耐腐朽性、耐蟻性のある樹種の心材を使用し、防腐剤、防蟻剤の使用を控えます。

②換気対策

常時適切に換気されるように計画します^{P37}。屋外から花粉等の汚染物質の侵入を抑制したい場合は、強制給気をする換気方式（第1種または2種）とし、給気中の物質を高性能フィルターで除去します。

表1 室内空気汚染物質の濃度指針

①揮発性有機化合物（厚生労働省濃度指針値）

揮発性有機化合物	室内濃度指針値
ホルムアルデヒド*	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.08ppm)
アセトアルデヒド	48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.03ppm)
トルエン*	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.07ppm)
キシレン*	870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.2ppm)
エチルベンゼン*	3,800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.88ppm)
スチレン*	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.05ppm)
パラジクロロベンゼン	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04ppm)
テトラデカン	330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04ppm)
クロルピリホス	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.07ppb) 小児の場合0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.007ppb)
フェノプロカルブ	33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3.8ppb)
ダイアジノン	0.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02ppb)
フタル酸ジ-n-ブチル	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02ppm)
フタル酸ジ-2-エチルキシル	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (7.6ppb)

※住宅性能表示制度^{解説2)}の濃度等の測定物質

②その他の屋内の汚染質設計基準濃度^{基準1)}

(a) 総合的指標として

汚染物質	設計基準濃度
二酸化炭素 CO ₂	1000ppm

(b) 単独指標として

汚染物質	設計基準濃度
二酸化炭素 CO ₂	3500ppm
一酸化炭素 CO	10ppm
浮遊粉じん	0.15mg/m ³
二酸化窒素 NO ₂	210ppb
二酸化硫黄 SO ₂	130ppb
ラドン	80ppb
アスベスト	150Bq/m ³

■解説

- シックハウス症候群「高気密化や化学物質を放散する建材・内装材の使用等により、新築・改装後の住宅やビルにおいて、化学物質による空気汚染等により、体調不良が生じる状態」のことをいいます。
- 住宅性能表示制度「住宅の品質確保の促進等に関する法律」に基づく制度で、評価機関に申請すると、構造の安定や温熱環境、空気環境など10分野の性能を等級や数値で表示が受けられます。
- VOC 揮発性有機化合物 沸点50- 100～ 240- 260℃の範囲にある物質 トルエン、キシレン、パラジクロロベンゼンなど。沸点がそれより低いホルムアルデヒドなどは、高揮発性有機化合物 (VVOC) に分類される。

表2 気中有機化合物の代表的な測定法

測定手法	測定手法の概要	分析時間	測定物質		精度
			ホルムアルデヒド	VOC ^{解説3)}	
簡易法(検知管法)	ポンプで検知管に空気を吸引、色の変化で判断。	○現場でわかる	○	△	×
パッシブ法	測定室に一定時間設置した後、分析機関に送る。	×分析機関で分析	○	△	×
アクティブ法(標準法)	専門業者が、ポンプで捕集管に空気を採取し、分析する。	×分析機関で分析	○	○	○

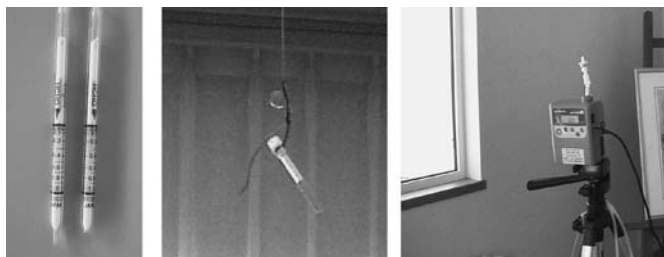


写真1 化学物質の濃度測定法

2) 施工中の管理

①材料

調達してきた建材等が指定したものと違いがないかを確認します。化学物質過敏症の人などに、使用する材料の臭いなど確認してもらうとよいでしょう。

揮発性有機化合物は時間とともに放散して減少するので、建材等は可能な限り養生して使用します。引渡し前のクリーニングでは、使用する洗剤やワックスにも注意する必要があります。

②換気

施工中や、クリーニング後から入居までの間は、可能な限り換気をします。

換気経路では、無理な配管や閉塞など施工不良がないことを確認します。

3) 入居後の管理

新築時と夏季の高温多湿の時期は化学物質の放散量が多くなります。入居者には、24時間全体換気を行うこと、換気設備の清掃等のメンテナンスを行うこと、日用品、家具、おもちゃなどの持ち込み品にも注意することなどの説明を行います。

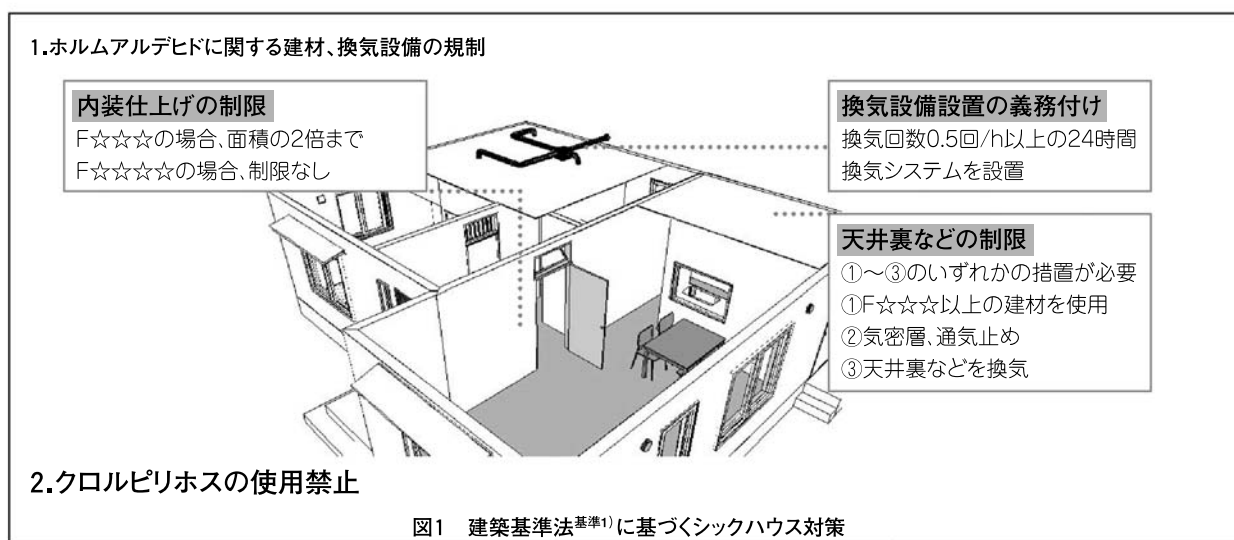
3. 気中濃度の測定

(1) 測定法

化学物質の濃度測定法には表2の方法があります。簡易法やパッシブ法は手軽に測定できますが、精度は低いので、数値はあくまで目安とします。

(2) 測定時の注意

測定時に、室温が低かったり換気が多かったりすると、濃度が低くなります。窓は閉鎖し、通常24時間運転する全般換気のみを稼働させた状態で測定します。測定時の温度や換気の運転状態は、記録しておく必要があります。

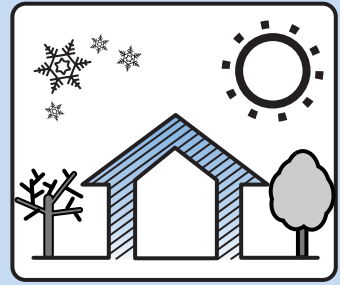


■基準

1) 建築基準法28条の2、令第20条の5第1項第三～五号、告示第1113～1115号、告示274号第1第三号など

■関連文献

- シックハウス対策(初級)発行:財団法人 北海道建築指導センター
- シックハウス対策 作業マニュアル 発行:財団法人 北海道建築指導センター



D

断熱・気密

北の住まいに求められる断熱・気密の性能

断熱の基礎知識
～断熱材と熱損失～

断熱工法のポイント

気密工法のポイント

開口部断熱のポイント
～開口部の断熱性能～

断熱に関する基本用語



D1

北の住まいに求められる断熱・気密の性能

断熱・気密

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

1. 断熱・気密の効果

住宅の適切な断熱・気密化は、消費エネルギーを少なく抑えながら、四季を通じて快適で健康な住まいを目指す基本となる技術です。以下にその効果と注意点を示します。

(1) 健康～体に優しい住まい

住宅を高断熱・気密化すると、少ないエネルギーで全室暖房をすることができるようになります。図1に示すような住宅内での温度差は、ヒートショック¹⁾や表面結露に伴うカビの発生を引き起こす可能性があるため、家の中から寒い部分をなくすことは、住まい手の健康を維持する重要なポイントとなります²⁾。

また、気密化された住宅では意図した部分から外気を取り入れる計画換気^{→P37}を行うことができ、室内の空気質が向上します。

(2) 快適～居心地のよい住まい

冬期、住宅の壁や天井・床の断熱が乏しい場合、室内で暖房をして空気温度を上げて、十分な暖かさが得られません。これは、室内の表面温度が室温よりも著しく低くなるために、体感温度が室温ほど上がらないためです。高断熱化をすることで、室内の表面温度がより室温に近くなり(図2)、体感温度も上昇します。また、寒さを感じる原因の一つに足元の冷えがあります。床や基礎など足元周りの断熱を強化し気密性を上げることで、室内の上下温度差や温度むらを小さくすることができます。

一方、夏期は屋根や天井の断熱を厚くすることにより、日射熱の侵入を防ぎ、室内の温度上昇を防ぎます。これに通風や夜間換気^{→P42}を組み合わせることで、北国ならではの快適な夏の暮らしを得ることができます。

(3) 省エネ～家計と地球に優しい住まい

高断熱化された住宅であれば、冬期は日射や内部発熱熱(人体や家電製品からの発熱)を効率よく利用することができ、少ない暖房エネルギーで快適な

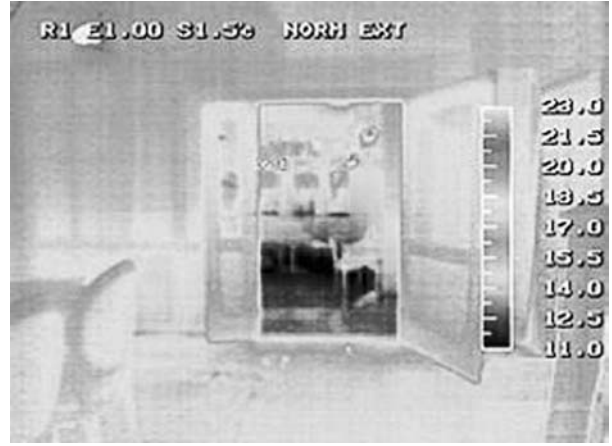


図1 暖房室から非暖房室を見た熱画像

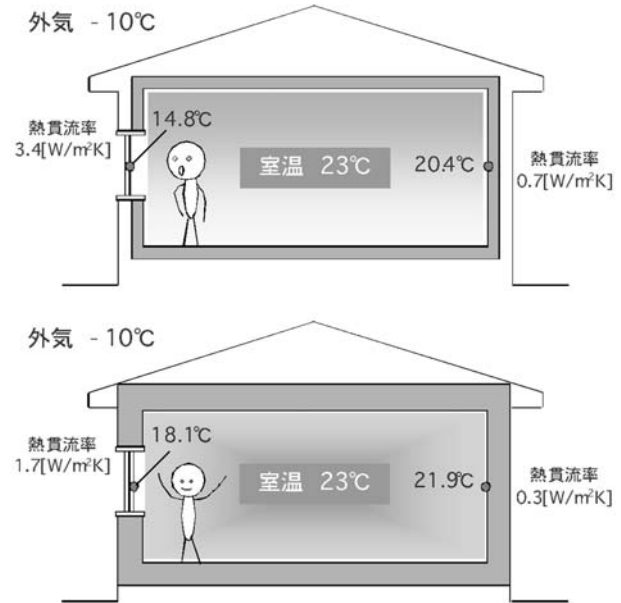


図2 断熱厚さの差による壁表面温度の違い

室温を保つことができます(コラム参考)。最近では、北海道でも冷房が設置されている住宅が増えて(2004年時点のエアコン普及率は約15%^{参考文献3)}いますが、断熱と通風を組み合わせることで、冷房エネルギーや冷房設備を必要としない住まい作りを行うことができます。

温暖化防止対策の目標を定めた京都議定書^{解説2)}の基準年である1990年と比較すると、住宅および業務用建物からなる民生部門からのエネルギー消費量の増

■解説

1) ヒートショック

急激な温度変化が体に及ぼす影響のことで、血圧や脈拍を大きく変動させ、その繰り返しにより脳梗塞等を引き起こす可能性がある。

2) 京都議定書

地球温暖化の原因となる温室効果ガスの先進国における削減率を1990年基準として各国別に定め(日本は6%)、共同で約束期間内に目標を達成することを定めたもの。1997年の地球温暖化防止京都会議で議決された。

■HP

1) 民生用エネルギー消費量削減に関する政策提言

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-20-t38-3.pdf>

2) チームマイナス6%

<http://www.team-6.jp/>

3) 財団法人省エネルギーセンター

<http://www.eccj.or.jp/>

加は全国的にも著しく^{HP1) 2)}、さらなる削減が求められています。その傾向は北海道も同様です(図3)。住宅の断熱化が進み暖房機器の高効率化が進んだことにより一度は減少傾向にあった暖房エネルギーも、居住水準の向上に伴い暖房面積が増え、室温設定も上がっていることなどから、再び増加傾向に転じています。

原油高が深刻な問題となりつつある現在では、エネルギー増加は家計にも大きく影響します。生活の中でできる様々な省エネ対策^{HP3)}が重要であることは言うまでもありませんが、断熱・気密をより強化することは、より少ないエネルギー・コストでこれまで以上の快適性や健康に配慮した住宅を達成できる技術といえます。

(4) 耐久性～長持ちする住まい

高断熱化は多くの利点がありますが、石油危機前後の技術がまだ確立していない時期に不適切な断熱化が行われ、壁内結露などによる住宅の障害が数多く発生し、住宅の寿命を短いものにしてきた経緯があります。写真1は建物内部の結露により木造躯体が腐食し耐力を発揮できず、震災時に被害を受けた住宅です。

断熱は気密・防湿という要素と適切に組み合わせられることによりその効果を発揮し^{→P66}、長持ちする住

まいとなるのです。基礎断熱などの新しい技術は、床下空間の乾燥化をもたらし、土台や床組材の腐朽を防ぐのに役立ちます^{→P64}。

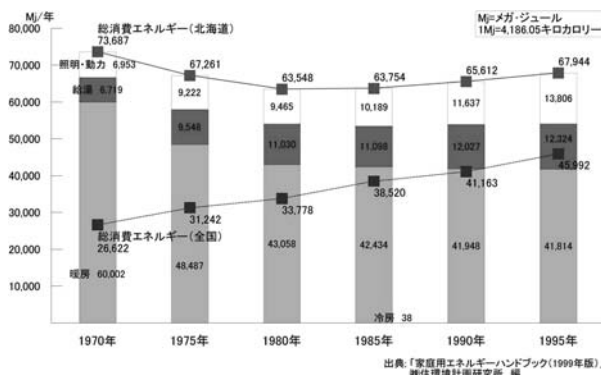


図3 北海道の住宅エネルギー消費量の推移



写真1 結露により構造躯体が腐食した住宅

コラム 断熱は家の底力～自然室温を高く保つ

住宅の断熱性能を表す言葉には、熱損失係数(Q値)や暖冷房負荷などがありますが^{→P79}、住宅本体の実力を示す指標に「自然室温」があります。自然室温とは、日射取得熱や内部発熱のみによる、暖冷房設備を使わないときの室温のことです。高断熱・気密化された住宅では室内の熱が外に逃げにくいため、断熱の乏しい住宅よりも、暖房を停止した後の温度の下がり方が緩やかになります。

自然室温を高く保つことができれば、間欠暖房を上手に取り入れることにより暖房費を抑えることができるほか、冬期間に旅行などで家を空ける際にも室内が冷え切らず、観葉植物にとってもほどほどの暖かさを維持することができます。さらに、地震・暴風・豪雪等の様々な災害により電気、灯油の供給システムが一時的に絶たれた場合、特に寒冷地では、それが生命に関わる危険性があります。自然室温を高く維持できることは、設備に頼らない住宅の底力、本当の実力といえるのです。



■冬期暖房停止後の室内温度低下(実測値)

- ・ Q値1.5[W/m²K]以下、C値0.7[cm²/m²]の住宅の場合
 - ・ 室温上昇後暖房を停止、無暖房のまま翌日まで室温を連続測定
 - ・ 換気装置は稼働
 - ・ 外気は夜間-12℃以下
- 低下率は0.4[℃/h]程度、早朝でも14℃程度に維持

■参考文献

- 1) 居室温度の人体健康性におよぼす影響の検討 その1 神戸市救急搬送データによる低温の影響評価、華山真行・岩前篤・石津京二・石黒晃子、日本建築学会学術講演梗概集D-2、pp.65-66、2007
- 2) 救急搬送データを用いた住宅の安全性に関する調査分析、羽山 広文・絵内 正道・森 太郎、日本建築学会北海道支部研究報告論文集、pp.333-346、2001
- 3) 全国消費実態調査、総務省統計局、2004



断熱・気密

D2

断熱の基本知識

～断熱材と熱損失～

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

1. 断熱材の種類

戸建住宅に主に用いられる断熱材は、大きく分けて、繊維系断熱材（フェルト・ボード）、吹込み用繊維質断熱材（無機系・有機系）、ボード状発泡プラスチック系断熱材、現場発泡断熱材の4種類があります。それぞれ特徴があり、住宅の工法や求める断熱レベルに合わせて使用する断熱材を決定しますが、選択のポイントとしては以下のような点が挙げられます。

- ①断熱性能（熱伝導率^{→P79}・厚さ）
- ②使用環境・部位・工法
- ③材料コスト（付属材料も含む）
- ④施工性（施工コスト）
- ⑤防耐火性能・ホルムアルデヒド放散^{→P53}
- ⑥長期耐久性^{→P83}

断熱材の熱伝導率の一覧を表1に示し、上記の観点からそれぞれの特徴を概説します。

（1）繊維系断熱材（フェルト・ボード）

ガラスを細い繊維状にしたグラスウールと、高炉スラグや天然岩石などを主原料としたロックウールがあります。住宅用の製品規格にはJIS A 9521^{規格1}がありますが、現行の規格では密度表示がなく、厚さも加味した熱抵抗値による分類となっている他、ホルムアルデヒド放散による区分（F☆☆☆☆とF☆☆☆）も規定されています。

繊維系のフェルト状断熱材は、断熱材自体の寸法の可変性、切断・施工の容易さ、比較的安価であること、不燃性を有することなどから、各部位への適用範囲が広く、戸建住宅では最も一般的な断熱材といえます。近年、グラスウールに関しては、従来品に比べて繊維径を6割程度細くして断熱材内の空気保有率を高めた高性能グラスウールが一般的になってきています。柱間等の寸法にプレカットされた製品もあり、施工合理化、施工信頼性の向上に役立っています。

短所は、通気性があるため断熱層内に気流があると

断熱性能が低下すること、柔軟性があるため施工精度（押し込み等）により断熱性能のばらつきが生じやすいこと等です。断熱材を常に乾燥状態に保ち、内部に気流が生じないようにするため、防湿層や防風層、通気層等の工法的な配慮が必要です。

フェルト状よりも密度を高くした無機繊維系のボード状断熱材は、一般により高い断熱性能を持ち、充填断熱のほか躯体の外側に付加断熱材^{→P63}として用いられることも多いです。また、不燃性があるため、耐火建築物の外断熱工法へ適用できます。ただし、断熱材内に雨水等が浸入、滞留を防ぐ撥水性のものを使用した方が安心です。

木質繊維系のボードには、製品規格^{規格2}で主たる用途が断熱とされているA級インシュレーションボード等がありますが、薄く熱抵抗も小さいため、補助的なものと考えることが妥当でしょう。

（2）吹込み用繊維質断熱材

天井ふところや屋根、壁等に吹き込んで使用するバラ状の断熱材です。種類は無機系のグラスウールとロックウール、木質繊維系のセルローズファイバーがあります。製品規格のJIS A 9523^{規格3}では熱抵抗値が定められており、グラスウールのGW-1が2.2[m²K/W]以上、GW-2とロックウールが1.5[m²K/W]以上、セルローズファイバーが2.5[m²K/W]以上となっています。フェルト状と同様、ホルムアルデヒド放散による区分も規定されています。

吹込み用断熱材は、戸建住宅の天井など、下地が錯綜している部分や施工スペースが不足している部分の断熱に特に適していますが、天井面に吹き込む場合には施工後の沈下を想定して、所定の厚さより2～3割程度厚く吹き込む等の注意が必要です。外壁や屋根には、フローイング材に接着剤を混入し、躯体内部に隙間なく充填し固形化する断熱工法も普及しています。

表1 各種断熱材の熱伝導率(単位:W/mK)

種類		熱伝導率	規格	種類	熱伝導率	規格
繊維系断熱材	フェルト	住宅用グラスウール	10K相当	0.050 ^{*1}	1)	6)
			16K相当	0.045 ^{*1}		
			24K相当	0.038 ^{*1}		
			32K相当	0.036 ^{*1}		
		高性能グラスウール	16K相当	0.038 ^{*1}		
			24K相当	0.036 ^{*1}		
	住宅用ロックウール	マット	0.038	2)準用		
	住宅用ロックウール	フェルト	0.038			
	ボード	高性能グラスウールボード	32K相当	0.035 ^{*1}	1)	
			48K相当	0.033 ^{*1}	2)	
		住宅用ロックウールボード	ボード	0.036	2)準用	
		A級インシュレーションボード		0.056	3)	
		シーリングボード		0.065		
		タタミボード		0.055		
	吹込み	吹込み用グラスウール	GW-1	0.052 ^{*1}	4)	
			GW-2	0.052 ^{*1}		
			30K ^{*2}	0.040		
			35K ^{*3}	0.040		
吹込み用ロックウール		25K	0.047 ^{*1}	4)		
		35K	0.051 ^{*1}			
吹込み用セルローズファイバー		25K	0.040 ^{*1}			
		45K,55K ^{*4}	0.040			
吹付けロックウール		180~220 ^{*5}	0.047			
発泡プラスチック系		吹付け硬質ウレタンフォーム	A種1	0.032	5)	
	A種2		0.032			
	A種3		0.040			
	吹付け硬質ウレタンフォーム	B種1	0.022			
		B種2	0.022			

*1 JISでは熱抵抗表示のため、熱伝導率は「省エネルギー基準の解説」から引用、最新の数値は各業界のウェブサイトを参照

*2 乾式、*3 乾式及び接着剤併用、*4 接着剤併用、*5 「省エネルギー基準の解説」から引用

(3) ボード状発泡プラスチック系断熱材

構造躯体の外側に外張断熱工法として、または付加断熱工法として使用することが多い断熱材です。種類は、押出法ポリスチレンフォーム、ビーズ法ポリスチレンフォーム、硬質ウレタンフォーム、フェノールフォーム、ポリエチレンフォームがあります。スチレン系の発泡プラスチック系断熱材は材料自体の保水性和吸水率が低い基礎断熱やスカート断熱にも用いられます。

発泡プラスチック系断熱材の規格^{規格4)}(JIS A 9511)はシックハウス問題や製品の多品種化を組み込んで2006年3月に改正された後、地球温暖化防止対策の一環として、発泡剤の種類を明記しノンフロン製品の普及促進を図るため同年11月に再び改正されました。現在の規格では、発泡剤として炭化水素、二酸化炭素を用いフロン類を用いないA種と、発泡剤としてハイドロフルオロカーボン(HFC)等のフロン類を用いたB種に大別されますが、硬質ウレタンフォーム以外はA

種のみとなっています。また、改正された規格では、23℃での熱伝導率の値を表示するようになっていきますので、設計値を決める際には注意が必要です。

発泡プラスチック系断熱材を設計・施工する際の注意点としては、寸法追従性が小さいので、継目部分で隙間が生じないように施工精度に留意すること、耐火性、耐紫外線性に劣るため、躯体の外側に設ける場合はそれを補う他材料との組み合わせが必要であることが挙げられます。

(4) 現場発泡断熱材

吹付け硬質ウレタンフォーム断熱材などの現場発泡断熱材は、従来一般建築においてよく用いられてきましたが、戸建住宅に採用する例も増えてきています。製品規格のJIS A 9526^{規格5)}は、ボード断熱材と同様に2006年に改正され、発泡剤の種類により分類されました。A種とB種では、熱伝導率が大きく異なるため注意が必要です。

■規格

1) JIS A 9521 住宅用人工鉱物繊維断熱材

2) JIS A 5905 繊維板

3) JIS A 9523 吹込み用繊維質断熱材

4) JIS A 9511 発泡プラスチック保温材

5) JIS A 9526 建築物断熱用吹付け硬質ウレタンフォーム

現場発泡断熱材は、施工が容易な点が最大の特徴といえますが、発泡倍率、施工環境が不適切な状態で施工されている例も多いので、施工仕様書に基づいた施工方法を守ることが重要です。具体的には、吹付け面の汚れや温度に注意すること、多層吹きの場合は下吹きを行い、一回の吹付厚を守ること、施工中の防じん対策、火気の使用に注意することなどが挙げられます。

2. 断熱材の今後

より耐久性の高い建物が求められる昨今の状況下では、断熱材の長期耐久性が注目されています。2002年に制定されたJIS A 1480^{規格1)}では、熱性能の「宣言値」と「設計値」が定義されていますが、これは断熱材の初期断熱性能と長期断熱性能に対応する考え方です。

発泡プラスチック系断熱材は、断熱効果の高いガスを材料内部の気泡に保持することで断熱性能を確保していますが、使用しているうちに内部のガスが徐々に放散し、空気に置換されることで、初期の断熱性能よりは低下します。これを経年変化といい、材料により程度の大小はあるものの性質の一つとしてとらえておく方がよいでしょう。

ISOでは、経年変化の度合いを予測するため促進試験^{規格2)}の方法を定めており、日本でも試験が行われてきています^{参考文献1) 2)}。情報が整備されてきたら、初期の断熱性能ではなく長期的性能を考慮した断熱設計が求められる可能性があります。

また今後は、建物躯体を残したまま断熱材の取り替えや付加を行う改修も増えていくことが予想されます。躯体との分別がしやすいということも、材料選択のポイントとなるでしょう。

■HP

硝子繊維協会 <http://www.glass-fiber.net/>
 ロックウール工業会 <http://www.rwa.gr.jp/>
 日本セルローズファイバー工業会 <http://www.cellulosefiber.jp/>
 押出發泡ポリスチレン工業会 <http://www.epfa.jp/index.html>
 EPS建材推進協議会 <http://www.epskenzai.gr.jp/>
 日本ウレタン工業協会 <http://www.urethane-jp.org/>
 フェノールフォーム協会 <http://www.jpfa.org/>

■規格

- 1) JIS A 1480 建築用断熱・保温材及び製品一熱性能宣言値及び設計値の決定の手順
- 2) ISO 11561 Aging of thermal insulating materials - Determination of the long-term change in thermal resistance of closed cell plastics (accelerated laboratory test methods)

■参考文献

- 1) 断熱材の長期性能評価に関する研究(その1～その3)、菊地裕介・近藤靖史・岩前篤・小浦孝次・布井洋二・太田勇・藤本哲夫・田坂太一、日本建築学会学術講演梗概集D-II、pp.113～118、2006
- 2) 断熱材の長期性能評価に関する研究(その4～その6)、菊地裕介・近藤靖史・岩前篤・長澤康弘・藤本哲夫・田坂太一、日本建築学会学術講演梗概集D-II、pp.79～84、2007

コラム 進化する断熱材～…適材適所でスーパー断熱住宅へ

熱の伝わり方には伝導・対流・ふく射（放射）の3種類があり、現在住宅に使われている様々な断熱材や遮熱材はその3要素をうまく遮断することによって性能を向上させてきました。しかし、さらなる高断熱化が求められる現在においては、厚さを増すことにも限界があり、さらに進化した断熱材に注目が集まっています。

真空断熱材（VIP：Vacuum Insulation Panel）は、発泡体や繊維系断熱材等の心材を金属ラミネートフィルムで包み、内部を真空に近い低圧状態（1～200Pa）まで減圧することにより製造される断熱パネルです。真空は熱を伝えにくい、という魔法瓶と同じ原理を利用したこの断熱材は、熱伝導率が発泡プラスチック系断熱材の約1/2～1/10と小さく、壁の厚さを薄くして高断熱化が図れるため、外張り断熱や付加断熱、断熱改修など様々な用途へ展開できる可能性があります。冷蔵庫などに使われその効果は実証済みですが、住宅へ適用するには、金属フィルムの熱橋対策や現場での施工方法など課題も多く、現在研究が進められているところです。

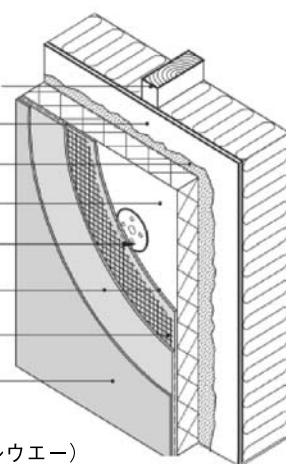
ナノサイズの空孔を持つ多孔質断熱材も実用化が検討されています。これはジェル状または粉末状のもので取り扱いに難点がありますが、熱伝導率は発泡プラスチック系の約1/20と非常に高い断熱性を持っているものです。

熱を反射する特性を利用した断熱塗料も話題に上ることが多い材料です。これは薄い塗膜状の材料であるため、伝導による熱の移動を抑えるものではありません。ふく射による伝熱をカットすることで見かけ上の断熱性能を向上させますが、その効果を定量化することは難しく、適切な評価が行われていない現状があります。効果を最もよく発揮できる使用方法や部位も含めて明らかにしていきたい材料です。

コラム ヨーロッパの断熱改修事情

ヨーロッパ諸国の建築工事の現状は、新築物件が極めて少ないことから、断熱工事でも改修工事が大きな割合を占めています。第2次世界大戦後のコンクリートや木造建築物では、外断熱が圧倒的に多く、最近では、ドイツ起源でアメリカでも実績のある、EPS断熱材の上に左官仕上げをする工法が大きなシェアを占め始めているようです。図はノルウエーの断熱補強技術のパンフのものですが、木造の上にもこのような施工が行われており、低価格であることや左官仕上げのデザイン性もあって、よく見かけるそうです。また、戦前のレンガ積みや礎石造などでは外観の変更ができないため、改修工事では内断熱も盛んです。内部結露の問題はありますが、ポリエチレンフィルムによる防湿気密施工が高い精度で施工できれば、結露被害を避けることは可能だと言われています。減ったとはいえ、日本はまだまだ新築需要が中心ですが、断熱性や耐震性が不十分な住宅ストックは大変な数になります。中小の地場住宅建設業界にとって、人件費比率が高くオーダーメイドが中心の断熱改修は、ヨーロッパと同様に今後の建築工事受注の主戦場になるかもしれません。

ロックウール充填外壁
構造用合板
接着剤
EPS断熱材
ファスナー
下塗り
ガラス繊維メッシュ
上塗り



EPSの外張り断熱工法（ノルウエー）



断熱・気密

D3

断熱工法のポイント

1. 断熱の必要性能

住宅の断熱化は熱損失量が少なくなり暖房エネルギーの抑制に大きな効果をもたらすほか、壁などの輻射環境の改善により温熱環境を質的に高める効果があります。

(1) 断熱基準

国の省エネルギー基準である「住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準^{基準1)}」では、地域の区分毎に「年間暖冷房負荷」、「熱損失係数」などが定められており、北海道のほとんどの地域が該当するⅠ地域^{解説1)}及び東北地域を含めたⅡ地域^{解説1)}で年間暖冷房負荷は両地域とも390 MJ/m²、熱損失係数は1.6W/m²K(Ⅰ地域)、1.9W/m²K(Ⅱ地域)以下となっています。

また、「住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する設計、施工及び維持保全の指針^{基準2)}」では地域の区分毎に躯体の断熱性能等に関する基準として「熱貫流率の基準値」、「断熱材の熱抵抗の基準値」が、開口部の断熱性能等に関する基準として「開口部の熱貫流率」などが定められています。詳しくはP113を参照してください。

北海道が定める北方型住宅の基準^{詳細文献1)}では熱損失係数として1.6W/m²K以下(配慮を求める値は1.4W/m²K)としています。

(2) 断熱性能の算出

断熱性能の表示方法のうち良く用いられるのは「熱損失係数^{→P80}」と「熱貫流率^{→P79}」、「熱抵抗値^{→P79}」です。熱損失係数と熱貫流率の算出方法については巻末の「資料」^{→P111,112}を参照してください。熱抵抗値R[m²K/W]は断熱材や建材などの厚さを熱伝導率で除

した値で式①で表されます。

$$R = \frac{d}{\lambda} \dots\dots \text{式①}$$

但し、d:建材の厚さ[m] λ:熱伝導率[W/mK]

2. 床の断熱施工

最下階の床およ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) 床断熱工法の断熱施工

1) 断熱材の受け材

断熱材の自重によって、施工後にたるみや、室内側

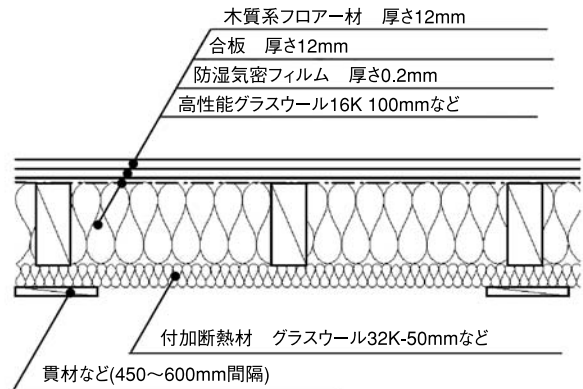


図1 繊維系断熱材による付加断熱の例

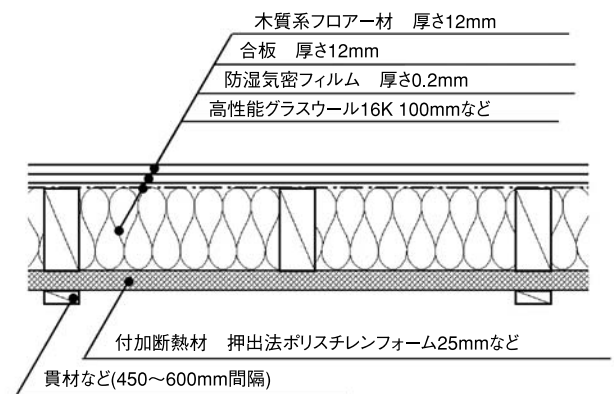


図2 プラスチック系断熱材による付加断熱の例

■基準 (P113参照)

- 1) 住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準
<http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/syouene/shouene/kokuji2.pdf>
- 2) 住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する設計、施工及び維持保全の指針
<http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/syouene/shouene/kokuji3.pdf>

■詳細文献

- 1) 北方型住宅技術解説書
http://www.kita-sumai.com/04_download/pdf_files/giju_all.pdf

■解説

- 1) Ⅰ地域、Ⅱ地域：Ⅲ住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準」に示されている地域区分。P112参照
- 2) 付加断熱(材)
軸組間に充填する断熱材を「充填断熱材」といい、更に高断熱化のために、その外側に加える断熱材をいう。

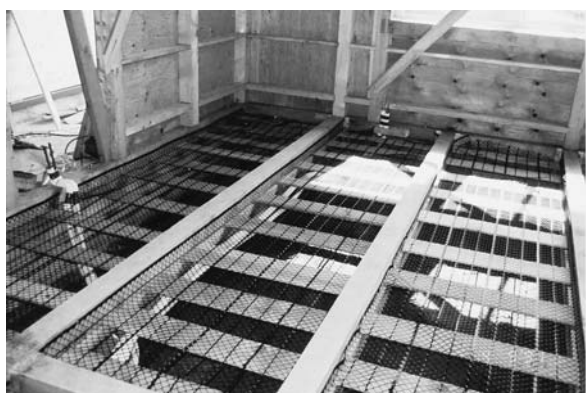


写真1 床に断熱受け材（網十貫）を施工した例

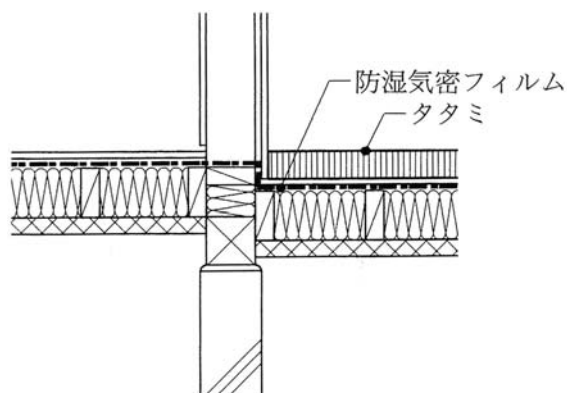
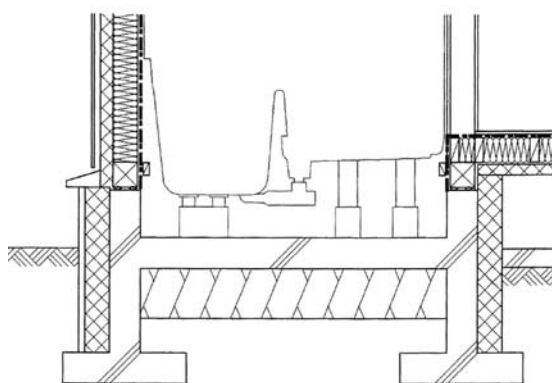
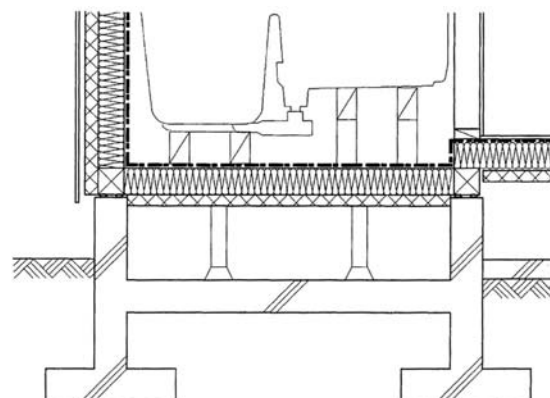


図3 段差を解消した和室の断熱施工例



(a) 基礎断熱の場合



(b) 床断熱の場合

図4 ユニットバス下部の断熱施工例

の気密材との間に隙間が生じないように、しっかりした断熱受け材を設けます。受け材には、透湿防水シート^{規格1)}や網に加えて貫材(450mm~600mm間隔)を併用する方法(写真1)、付加断熱^{解説2)}を兼ねてボード状断熱材を施工する方法(図1、2)があります。

2) 段差のある場所やバスユニット部

段差を解消した和室の床、バスユニット下部の床の部分は断熱材や気密材が途切れやすくなるため、図3に示すように断熱材、気密材を連続して施工します。水周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、図4のように部分的に基礎断熱にする方法もあります。

3) 外気に接する床

外気に接する床の断熱は、断熱材を防湿気密フィルム^{規格2)}に密着させて施工し、断熱材外側は、結露防止のため、換気口などを設けて外気に開放します。な

お、床断熱に必要な断熱材の厚さはP114を参照してください。

(2) 基礎断熱工法の施工

基礎断熱は、床下空間を断熱区画として室内側に取り込むため、床断熱工法に比べて床下及び床組み部分の温度が上昇し、相対湿度を低く保つことができます。つまり、土台、根太、大引きなどの床組みの耐久性を高めることができます^{詳細文献1)}。

温暖地でも基礎断熱が普及し始めています。温暖地では夏季に高湿になるため基礎を開放する工法が昔から行われてきましたが、基礎断熱にすることで北海道以上に高湿になる床下環境が改善され、耐久性向上に効果が高いことが確認されています^{詳細文献2,3)}。

また、基礎断熱は、床断熱に比べて、断熱・気密・防湿施工を簡略化、外壁や間仕切壁下部の通気止めの省略というメリットもあります。断熱施工のポイント

■規格

規格1：JIS A 6111 透湿防水シート
規格2：JIS A 6930 住宅用プラスチック系防湿フィルム

■詳細文献

- 1) 寒冷地における基礎断熱した床下空間の温湿度環境特性 福島明,入江雄二 日本建築学会計画系論文集 第478号 pp17-22, 1995.12
- 2) 温暖地における冬期の基礎断熱床下空間の温湿度特性温暖地における基礎断熱工法に関する研究 その1 本間義規、鈴木大隆、坂本雄三、永田明寛、岩前篤 日本建築学会計画系論文集 第525号 pp33-38, 1999.11
- 3) 梅雨時期を含む夏季の基礎断熱床下空間の温湿度環境温暖地における基礎断熱工法に関する研究 その2 本間義規、鈴木大隆、坂本雄三 日本建築学会計画系論文集 第530号 pp25-30, 2000.4

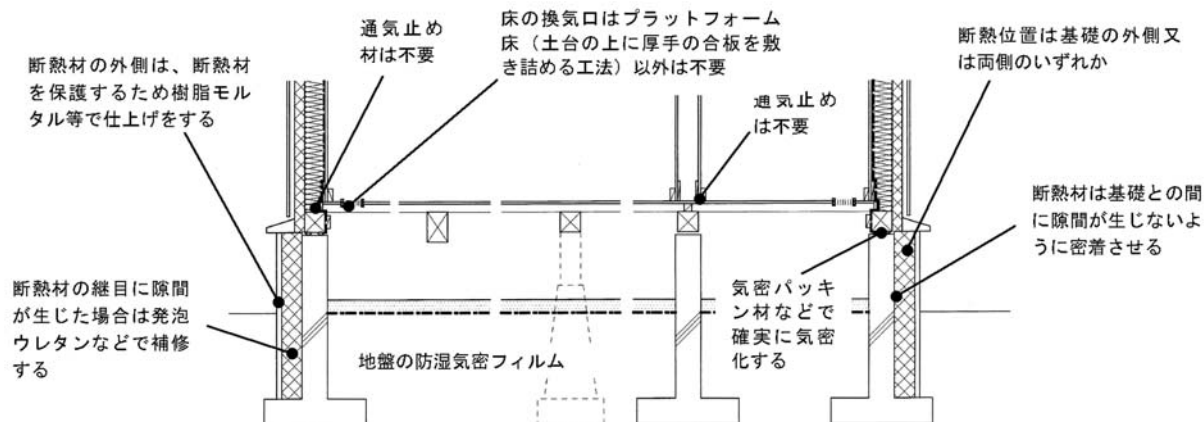


図5 基礎断熱の施工ポイント

は次の通りです。

1) 断熱施工のポイント

断熱施工のポイントを図5、6に、施工例を写真2に示します。これらの図示に注意して断熱の施工を行ってください。基礎断熱の必要断熱厚さは^{→P114}を参照してください。（基礎断熱は「土間床などの外周部、外気に接する部分」を参照します）また、基礎断熱の熱損失量の算出方法については^{詳細文献1}）を参照してください。

2) 基礎と土台の気密化

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、基礎天端の平滑度が悪いと、十分な気密性能を確保できないことがあるので、セルフレベルリングモルタルなどを使って平滑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。

3) スカート断熱工法

スカート断熱工法^{詳細文献2}）は、基礎断熱と併用することを前提とした基礎の凍上防止手法です（図7）。基礎外周の地盤を水平に断熱し、これにより、基礎付近の地盤の凍結深度を低減することができます。基礎

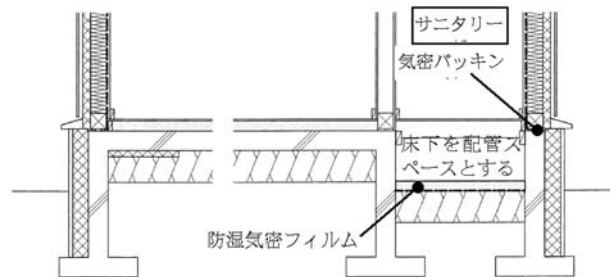


図6 土間床の基礎断熱の例

深さの低減値は、建設する地域や適用部位、スカート断熱の幅によって異なります。詳細文献などで確認ください。

スカート断熱を適用する建物や地盤に求められる条件は次のとおりです。

- 建物の断熱性能は熱損失係数が $2.7\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ 以下であること
- 基礎断熱と併用すること
- 地盤の沈下などにより、スカート断熱の長期的性能に有害な影響を与える恐れのある軟弱地盤への適用は避けること



写真2 スカート断熱の施工例

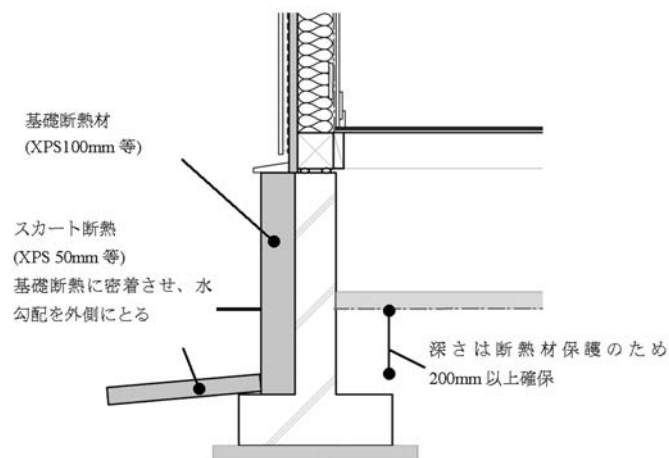


図7 スカート断熱工法の概要

■詳細文献

- 北方型住宅の熱環境計画（BIS）
社団法人北海道住宅リフォームセンター
- スカート断熱工法設計・施工マニュアル
編集：北海道建設部建築指導課 北方建築総合研究所 発行：北海道

3. 外壁の断熱施工

(1) 充填断熱工法の断熱施工

木造軸組工法は通気止めを設置しないで施工を行うと、壁内気流が生じ、断熱性能の低下(表1)を招きますので注意が必要です。充填断熱工法の施工上のポイントは、次の通りです。

1) 通気層工法の採用

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工法を基本とします。

2) 隙間なく断熱材を充填

原則として土台から桁まで隙間なく断熱材を充填します。筋かいや配管等の断熱材を入れにくい部分の周囲に隙間ができないように注意します。

3) 通気止め

土台、胴差、桁部分は通気止め材の措置を行います(図8)

4) 付加断熱材の使用

付加断熱材は、図9のように、プラスチック系断熱材の場合、(a)のように軸組みの外側に直接張り、通気胴縁などで押さえます。付加断熱材が繊維系の場合は、横棧を併用する(b)か、または専用のスペーサーを使用(c)します。





(2) 通気層・防風材の施工

1) 通気層の役割

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10の通りです。室内から壁内に浸入した水蒸気を屋外に排出すること、さらに外装材の乾燥化による耐久性を向上させること、外装材からの漏水が直接躯体内に入

らないこと、通気層内が外壁外側と同じ圧力として漏水しにくくすることなどが挙げられます。

表1 断熱材の施工状態と断熱性能

施工状態		熱貫流率
(a)	 良い施工状態	0.314 (100mm)
(b)	 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	0.376 (84mm)
(c)	 グラスウールの寸法が著しく大きく、両端を押し込みすぎた状態	0.686 (46mm)
(d)	 グラスウールの寸法が小さく、柱との間にすきまができた状態	0.489 (67mm)

熱貫流率: (W/m²·K)

()内は良い施工状態のグラスウールに換算した厚さ

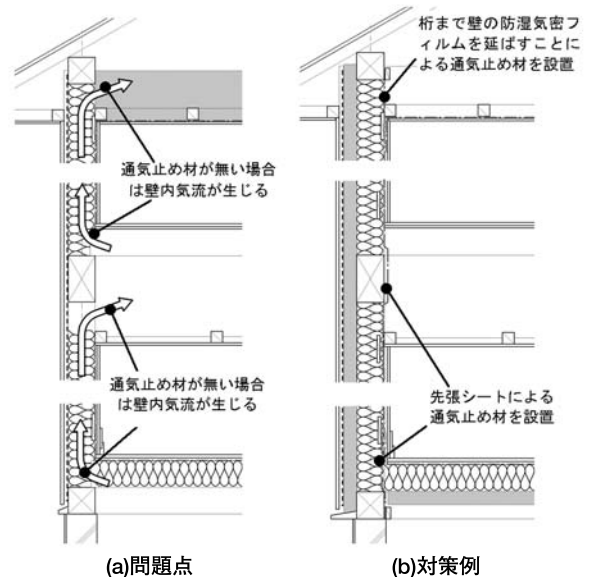
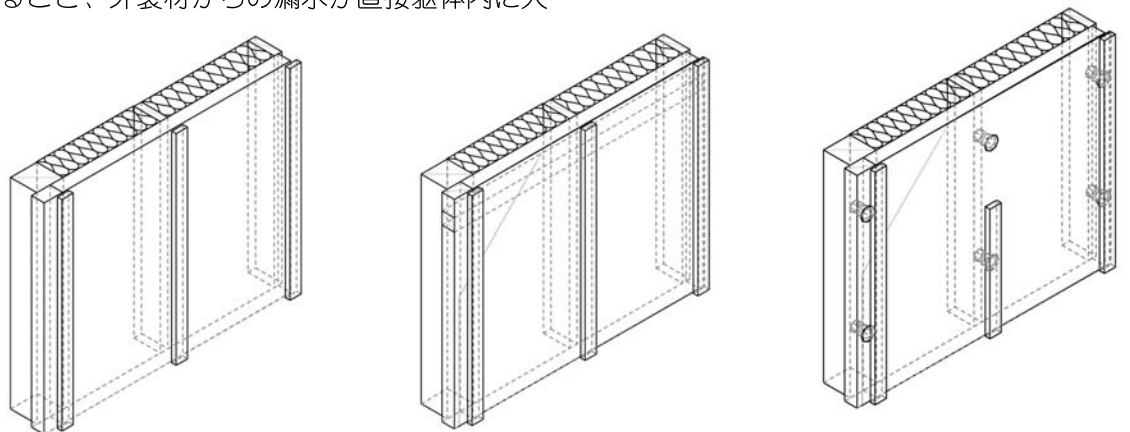


図8 外壁の断熱上の問題点と対策



(a) プラスチック系の付加断熱施工方法

(b) 繊維系の付加断熱施工方法
(横棧式)

(c) 繊維系の付加断熱施工方法
(専用スペーサー式)

図9 付加断熱の施工例

2) 通気層施工の留意点

・通気層は上下端部を外気に開放し、壁の場合の厚さは、市販の胴縁(18mm程度)を目安にします。

・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します(図11)。

・防風材はJIS A 6111 透湿防水シート に適合するもの、もしくはボード状材料として、シーシングボード^{規格1)}、構造用合板^{規格2)}、OSB^{解説1) 規格3)}、無機系や鈹物系等を用います。

・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^{解説2)}により通気層の空間がつぶれることがあるため注意します(特に、繊維系の吹込み断熱工法の場合)^{詳細文献1)}。合板を使用する場合はこの限りではありません。

・透湿防水シートは継目を少なくして、防水・気密性を高めるために、大きなサイズのシートを使用します。

4. 間仕切壁の措置

床断熱工法の場合、外壁部分と同様に間仕切壁でも通気止めの措置が必要です。図12に壁内気流の防止方法を示します。枠組壁工法は間仕切壁より床合板の施工が先で、隙間なく敷き詰められるため床下からの気流は生じません。在来工法の場合もこれと同様に床を先行して施工したり、先張り防湿気密フィルム^{P72}を施工することで、気流を止めることができます。

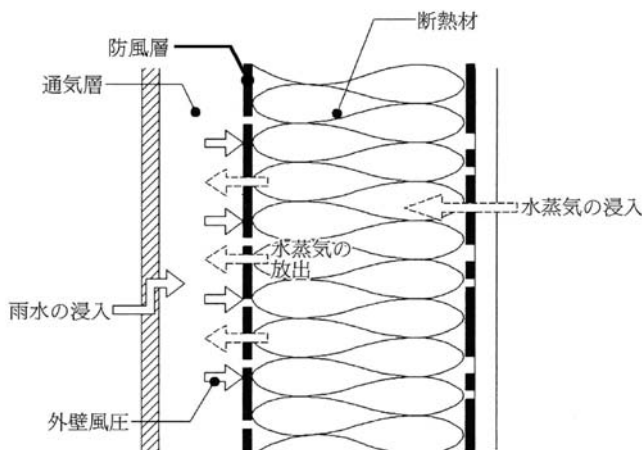


図10 通気層と防風層

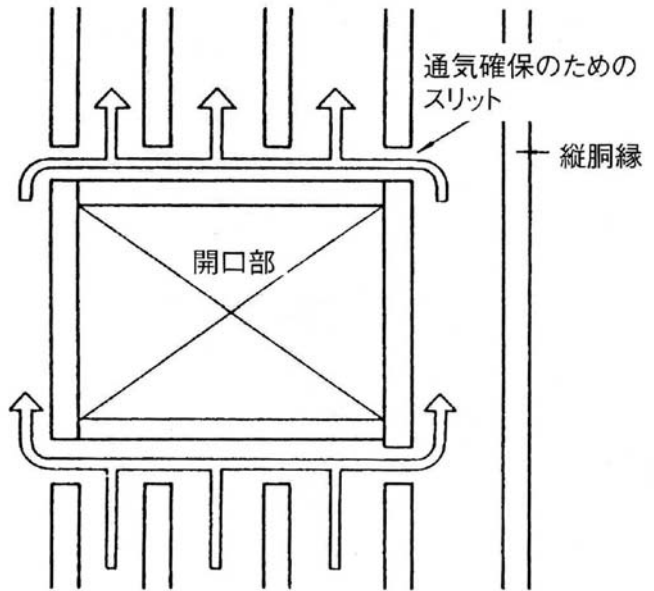


図11 窓周りの通気層の確保例

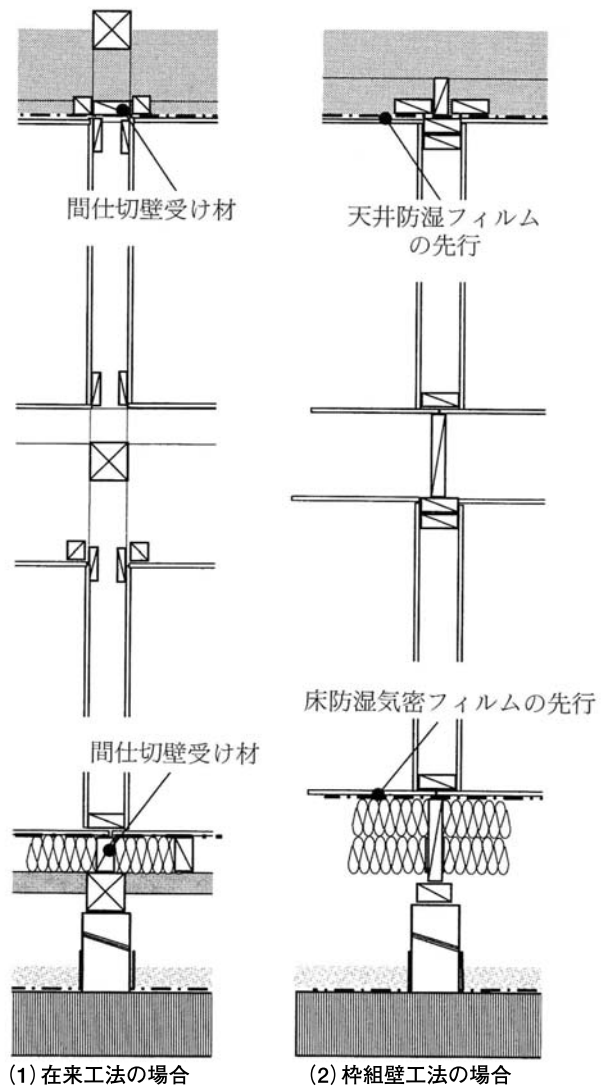


図12 間仕切壁上下端部の断熱・防湿処理の考え方

■解説

1) OSB: Oriented Strandboard

2) 復元厚さ: 輸送時に圧縮梱包し、現場で開封した際に所定の厚さを確保できるように10~20%程度厚くしている。

■規格

1) JIS A 5905 繊維板

2) 構造用単板積層材の日本農林規格、合板の日本農林規格 (JAS)

3) 構造用パネルの日本農林規格

5. 天井・屋根の断熱施工

(1) 天井断熱工法の施工

1) 吹き込み断熱材の使用

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き込み断熱工法を基本とします。吹き込み断熱材は、それぞれ所定の吹き込み密度が定められています。また、天井面に吹き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。

2) 吹き込み断熱材施工の注意点

厚い断熱の場合には、天井の断熱材が小屋裏換気経路を閉塞する可能性があります。該当する部分にせき板(図13)を設置するなどの工夫が必要です。

3) ダウンライト

断熱材の入る天井にダウンライトを使用する場合は、SB型ダウンライトを使用します。

(2) 屋根断熱工法の施工

屋根下地に配される登り梁などに充填断熱をする「屋根断熱工法」は、図14のような断面構成が一般的です。断熱材の施工、防湿気密材の施工は「3. 外壁の断熱施工→P66」と同様です。

北海道の場合、登り梁の梁高さによっては充填断熱だけで、省エネルギー基準に規定されている所定の断熱性能を確保できない場合があります。その場合は付加断熱材を施工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15)。屋根の通気層は、屋根面に積もった雪を室内からの熱で溶かしてしまわないように、また夏季の日射により上昇した屋根面の熱が室内に伝わらないようにするために外壁よりも通気量を多くする必要があります。このため通気層の厚さは30mm以上とし、表2に示されて

いる小屋裏換気を確保します。断熱材に繊維系断熱材を使用する場合は、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必要があります。

(C) 小屋裏換気

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。

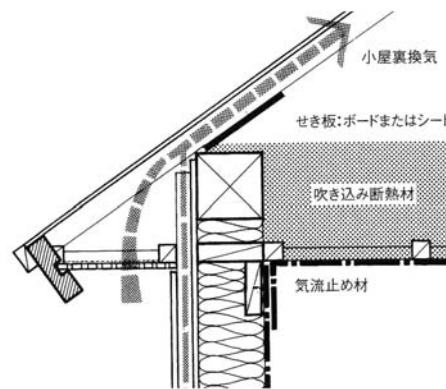


図13 せき板の設置例

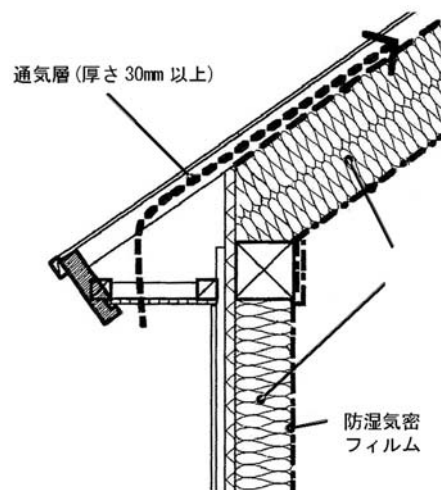
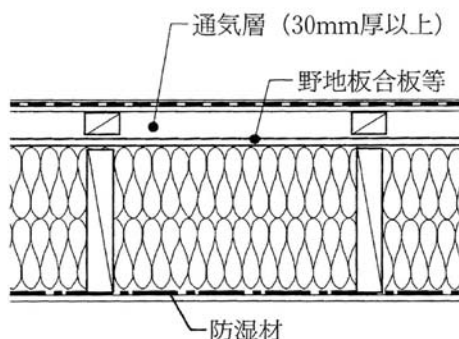
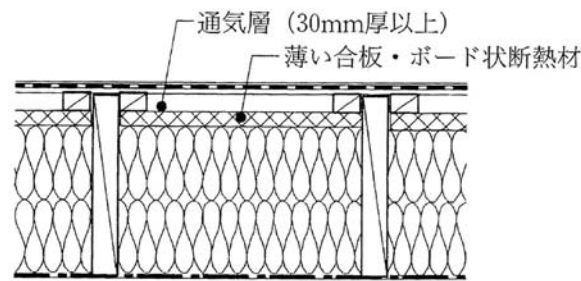


図14 一般的な屋根断熱工法の断面構成



(a) たる木の上に通気層を設けた例



(b) たる木間に通気層を設けた例

図15 屋根断熱の通気層の設け方

■詳細文献

1) シート状防風材を用いた木造断熱壁における通気層空隙の確保に関する実験的研究 鈴木 大隆 廣田 誠一 福島 明 日本建築学会計画系論文集No.480 pp. 123-128 1996.2

■HP

農林水産省JAS規格一覧

http://www.maff.go.jp/j/jas/jas_kikaku/kikaku_itiran.html

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、軒天の必要な換気口の面積が少なくなります。

小屋裏換気口の面積は、断熱方法・屋根形状に応じて、天井もしくは屋根の断熱面積に対して、表2に示す小屋裏換気口の設置が必要です。

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3 棟換気併用軒天換気方式の例

表2 屋根形状・小屋裏換気方式ごとの換気口面積比

		天井見付面積に対する小屋裏換気口の面積（有効開口面積）比		
		勾配屋根 (落雪屋根およ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 軒天換気方式	棟換気口	1/1200以上		
	軒天換気口	1/1200以上	1/720以上	

表3 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
軒天換気口 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3に示す数値は、図16に示す天井見付面積に対する換気口の「有効開口面積」の割合を示す。有効開口面積とは換気口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、換気口の種類に応じて、実開口面積に表3に掲げる係数を乗じたものを有効開口面積として換気設計を行います。

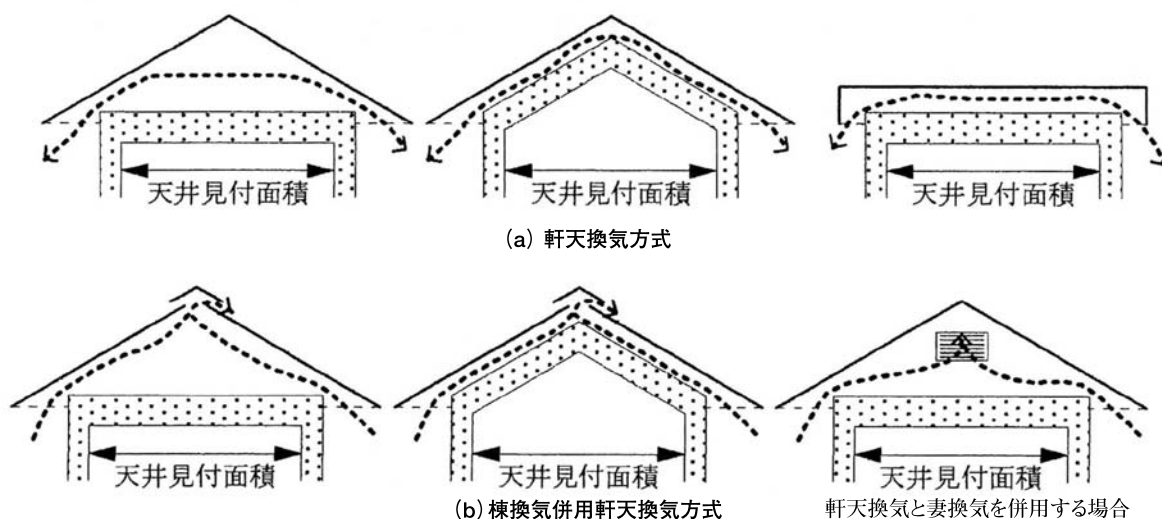


図16 各小屋裏換気方式の天井見付面積の取り方

コラム 外装材にかかる風圧力の不思議

台風が来ると、住宅の壁や屋根には、風圧力が作用し、時には、屋根の鉄板が飛ばされる被害も発生します。通常、住宅の風上の壁には正圧力（押しつける力）が作用し、屋根や風下には、負圧力（はがす力）が作用します（図1）。当然ですが、大きな圧力とともに雨も吹きつけるので、壁や屋根では、漏水の被害も起こりやすくなります。

最近、鉄板や樹脂などの薄板材を用いた外装工法が広く普及し始めています。

鉄板や樹脂の薄い板材を外装とする場合は、その裏面に隙間や通気層を設けるのが普通です。通気層がある場合、台風時の風圧は通気層の内部にも作用します。図2のように通気層内に作用した風圧力は、風の出口を求めて、外装材の隙間などに作用します。一方、外装表面には雨水を含む強い風圧の吹きつけがありますが、外装裏面にある通気層内の圧力とバランスするため、雨水が浸入しにくくなります。また外装の表裏面で風圧力がバランスするため、外装材自身には大きな力が作用しません。この考え方を等圧性理論による外装設計と言い、外装材下地に通気層を設ける工法が大きく普及した背景となっています。

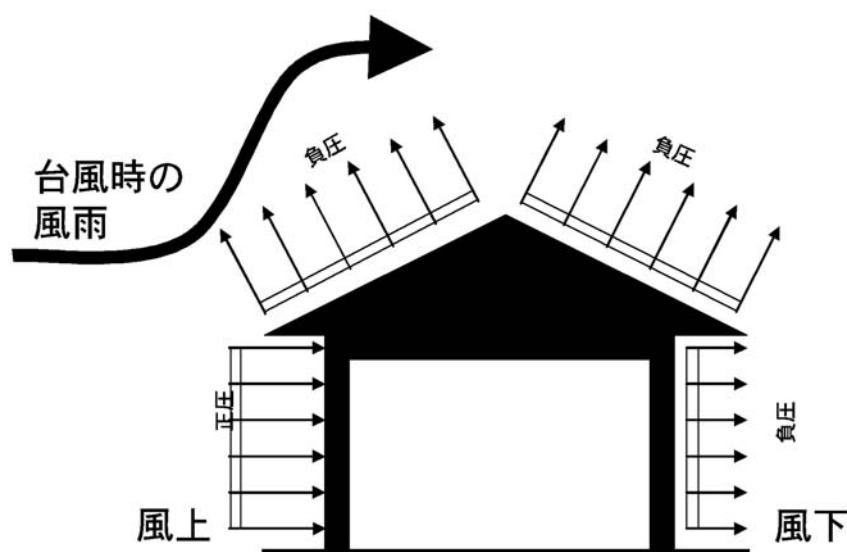


図1 建物に作用する風圧力

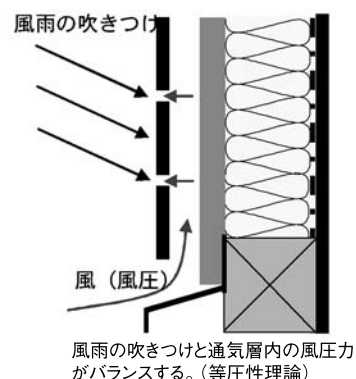


図2 通気層を持つ壁体のしくみ



断熱・気密

D4 気密工法のポイント

1. 気密に関する必要性能

防湿フィルムの役割は、壁内に室内からの湿気が流入して発生する内部の結露を防止することや、気密性能を向上させることにより、外部風速の変化に伴う熱損失の増加を抑え、計画的な換気を行えるようにします。

気密を確保するための材料は、表1に示すように防湿気密フィルムのほか、合板なども該当します。平成9年には、防湿気密フィルム^{規格1)}のJIS規格(JIS A 6930-1997住宅用プラスチック系防湿気密フィルム)が制定されました。住宅に用いる防湿気密フィルムは、このJISに準じたものを使用します(写真1、2)。

(1) 気密性能の測定方法

気密性能の測定方法は、JIS A 2201 送風機による住宅等の気密性能試験方法^{規格2)}で規定されています。住宅の開開口部にファンを設置し室内の空気を排出し、その排出量(=隙間からの通気量)と住宅内外の圧力差の関係から総相当隙間面積を求めます。これを実質延べ床面積で除して相当隙間面積(C値)を求めます。単位は cm^2/m^2 です。

(2) 気密性能の基準など

気密性能の基準は「住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準^{基準1)}」で、地域の区分に応じた相当隙間面積の基準として定められており、北海道のほとんどの地域が該当します。Ⅰ地域^{解説1)}及び東北地域を含めたⅡ地域^{解説1)}で $2.0 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 以下となっています。

また、北海道が勧める北方型住宅の基準^{基準2)}でも同様としています。

表1 気密材の種類

気密材の種類	解説
防湿気密フィルム	JIS A 6930 住宅用プラスチック系防湿気密フィルムに定めるもの、また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	合板又はこれ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します。
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

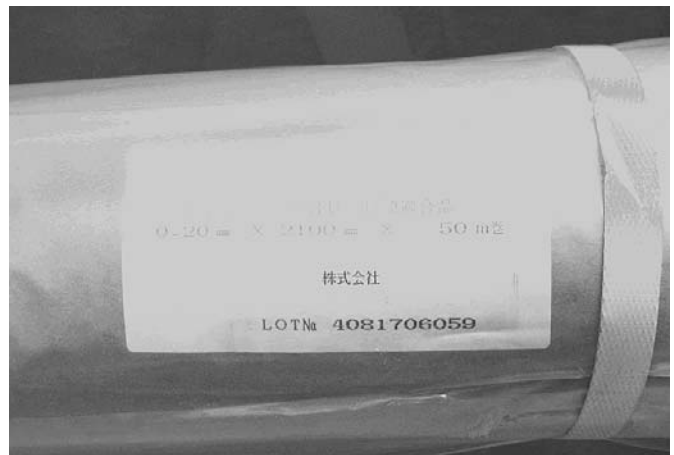


写真1 防湿気密フィルムのJIS適合品の例

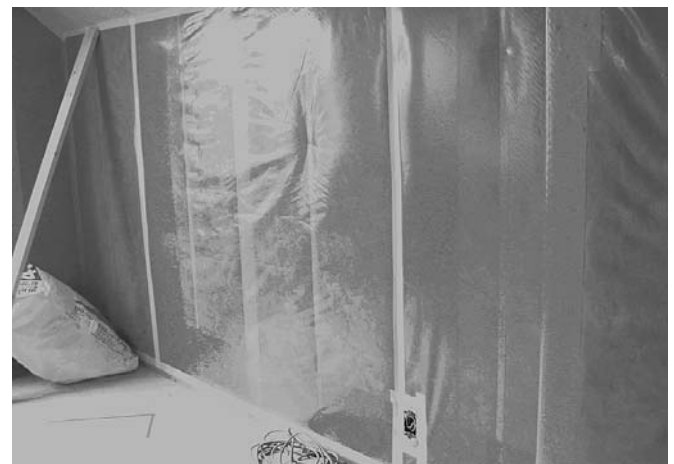


写真2 壁の防湿気密フィルムの施工例

■解説

- Ⅰ地域、Ⅱ地域：住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準で示されている地域区分。→P112
- EPDM：EPDM(エチレンプロピレンジェンゴム)合成ゴムの中では非常に耐候性、耐熱性に優れている。耐油性が悪い。

■規格

- JIS A 6930 住宅用プラスチック系防湿気密フィルム
- JIS A 2201 送風機による住宅等の気密性能試験方法

■基準等

- 住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準
(<http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/syouene/shouene/kokuji2.pdf>) →P111基準一覧参照
- 北方型住宅設計基準 (http://www.kita-sumai.com/04_download/pdf_files/giju_all.pdf) →P111基準一覧参照

2. 防湿気密フィルムの選択と施工上のポイント

防湿気密フィルムは0.2mm程度の厚さのもので、できるだけ継目が少なくなるように幅の広いサイズのものを使用します。気密施工上注意しなければならない点を以下に示します。

- (1) 防湿気密フィルムは、継ぎ目を縦、横とも下地材のある部分で100mm以上重ね合わせ、留め付けます。
- (2) 留め付けはタッカー釘を用い、継ぎ目部分は200～300mm程度の間隔に、その他の箇所は要所に行い、たるみ、しわのないように張ります。
- (3) 防湿気密フィルムの端部は、下地材のある部分に木材等で挟みつけ釘留めとするか、気密テープを用いて留め付けます。
- (4) 真壁の柱部分、中間階床の横架材に乾燥木材を使用した場合は、その部分の防湿気密フィルムを省略することができます。
- (5) 床に防湿気密フィルムを張らない場合は、床下地材に構造用合板、構造用パネル、パーティクルボード等通気性の低い乾燥した面材（以下、「床合板等」という。）を用いるとともに、床合板等の継ぎ目がさね継ぎでない場合は気密補助材で処理します。

3. 気密補助材の選択と上手な使い方

通常、建物の気密は先に示した表1に示す気密材等を使用して施工しますが、これらの気密材の継目などに使用するテープやパッキン材の選択や施工上のポイントを以下に示します。

(1) 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。気密テープは防湿気密フィルムを下地のないところで継ぐ場合や配管、窓周りなどに使用します。

テープの種類によっては耐久性が低く、防湿気密フィルムとの相性が悪く隙間が生じやすいものもあるので、長期的に粘着力が保持でき、耐久性が高く、防湿気密フィルムとテープ間に隙間が生じないテープを選びましょう。

(2) 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（写真3）。材質はほとんどがEPDM^{解説2}（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。

3. 壁、床、天井（または屋根）の取り合い部の気密施工

桁や窓廻りや、間仕切壁、土台周辺部などの取り合い部で継ぎ目をなくす気密施工を行うためには、図1



写真3 窓用気密パッキン材の例

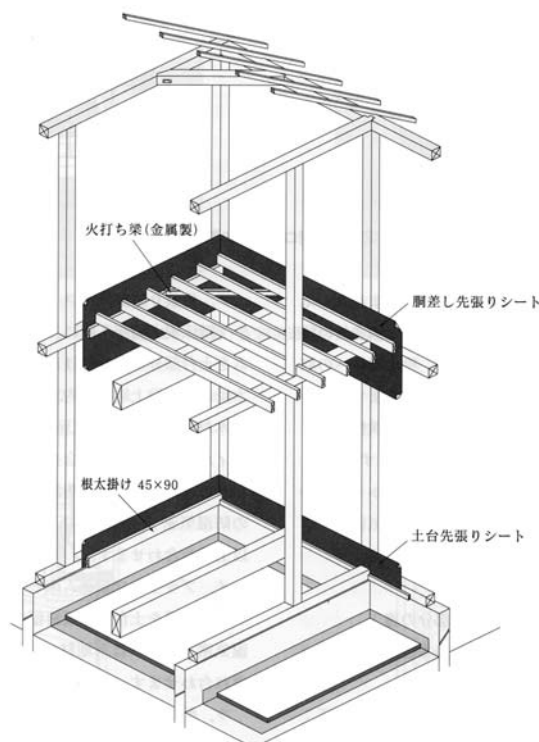


図1 最下階床及びその他の階の床に施工される先張り防湿気密フィルムの例

のように、先張り防湿気密フィルムを施工する必要があります。この施工の注意点を列記すると次の通りです。

(1) 最下階の床と外壁との取り合い部分

- 1) 最下階の床と取り合う外壁部では、先張りの防湿気密フィルムを土台まで連続させ、木材等で挟みつけ釘留めするか、気密テープにより留め付けます。床の防湿気密フィルムは外壁部にまわりこませ、外壁部の防湿気密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。(図2)
- 2) 床合板等を土台に直接釘留めし、床及び外壁の防湿気密フィルムは、下地材のある部分で100mm以上重ね合わせるか、床合板等に気密補助材を用いて留め付けます。
- 3) 床に防湿気密フィルムを張らない場合は、上記の1)または2)に準じて施工を行い、床合板等と外壁の防湿フィルムとを気密補助材を用いて連続させます。

(2) その他の階の床と外壁の取り合い部分

- 1) その他の階の床と取り合う外壁部に先張りの防湿気密フィルムを張ります。先張り防湿気密フィルムと、はり等の横架材との取り合いは、先張りの防湿気密フィルムを切り開き、フィルムの切り開き部分を留めしろとして、はり又は胴差等の横架材にテープを併用して留め付けます。外壁断熱材施工後に、外壁の防湿気密フィルムは先張りの防湿気密フィルムと下地材のある部分で100mm以上重ね合わせます。(図3)
- 2) 中間階においては、下階の外壁の防湿気密フィルムを胴差に留め付けて、さらに上階の外壁の防湿気密フィルムは、胴差に直接釘留めされた床合板等に気密補助材を用いて留め付けます。胴差を配線等が貫通する場合は、その部分ですき間が生じないように気密補助材を施工します。(図4、5)

(3) 屋根の直下の天井(または屋根)と外壁取り合い部分

- 1) 外壁の防湿気密フィルムは桁まで連続させ桁に木材で挟みつけ釘留めするか、気密テープで留め付けます。また、天井の防湿気密フィルムは、下地材のある部分で100mm以上重ね合わせます。(図6)

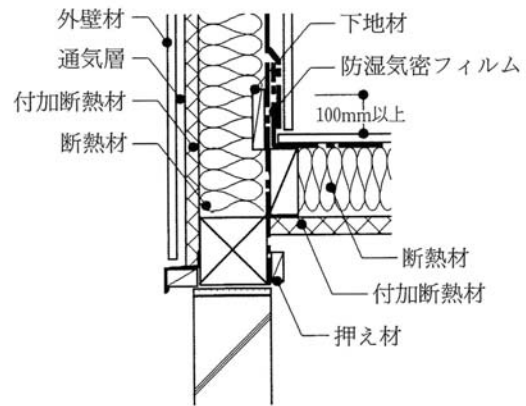


図2 先張り防湿気密フィルムによる最下階の床と外壁の気密化方法の例

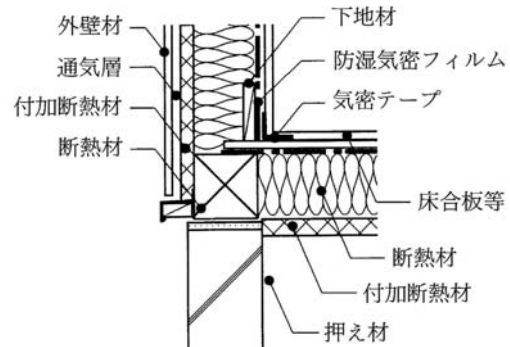


図3 床合板等を用いた場合における最下階の床と外壁の気密化方法の例

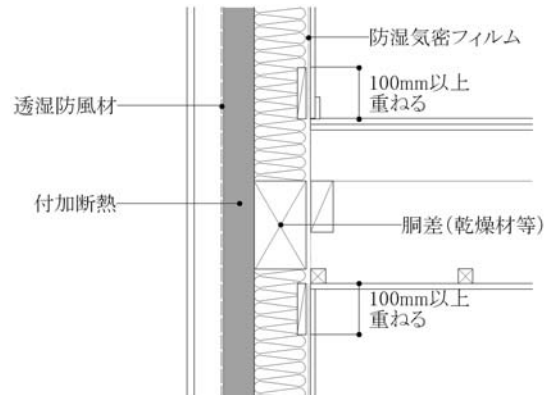


図4 中間階における先張り防湿気密フィルムの施工例

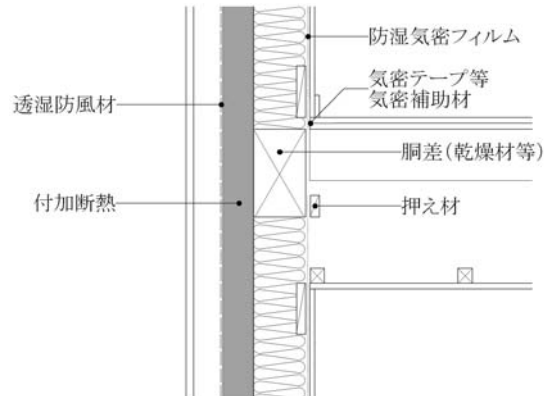


図5 中間階の先張り防湿気密フィルムの施工を省略しながら気密化を行う例

- 2) 屋根の直下の天井（または屋根）と取り合う外壁部に先張りの防湿気密フィルムを桁まで連続させ留めつけます。天井（または屋根）の防湿気密フィルムは外壁部にまわり込ませ、外壁部の防湿気密フィルム及び先張りの防湿気密フィルムと下地のある部分で100mm以上重ね合わせます。

（4）外壁と間仕切り壁との取り合い部分

- 1) 外壁の防湿気密フィルムを留め付けてから間仕切り壁を取り付けます。この部分で防湿気密フィルムを継ぐ場合は、下地材のある場所で100mm以上重ね合わせます。（図7）
- 2) 外壁の間仕切り壁が取り付く部分に先張りの防湿気密フィルムを張ります。この場合、外壁の防湿気密フィルムは、先張りの防湿気密フィルムに下地材のある部分で100mm以上重ね合わせます。（図8）

（5）最下階の床と間仕切り壁の取り合い部分

- 1) 最下階の床の防湿気密フィルムを留め付けてから間仕切り壁を取り付けます。この部分で防湿気密フィルムを継ぐ場合は下地材のある部分で100mm以上重ね合わせます。
- 2) 最下階の床の間仕切り壁が取り付く部分に先張りの防湿気密フィルムを張ります。この場合、最下階の床の防湿気密フィルムは先張りの防湿気密フィルムに下地材のある部分で100mm以上重ね合わせます。
- 3) 床に防湿気密フィルムを張らない施工を行った場合は、床合板等を施工したのち、間仕切り壁を施工します。（図9）
- 4) 基礎断熱を行った場合の施工方法は「D-3断熱工法^{P64}」をご覧ください。

（6）屋根の直下の天井（または屋根）と間仕切り壁との取り合い部分

- 1) 屋根の直下の天井（または屋根）の防湿気密フィルムを留め付けてから間仕切り壁を取り付けます。この部分で防湿気密フィルムを継ぐ場合は下地材のある部分で100mm以上重ね合わせます。（図10）
- 2) 屋根の直下の天井（または屋根）と間仕切り壁が取り付く部分に先張りの防湿気密フィルムを張ります。この場合、屋根直下の天井の防湿気密フィルム

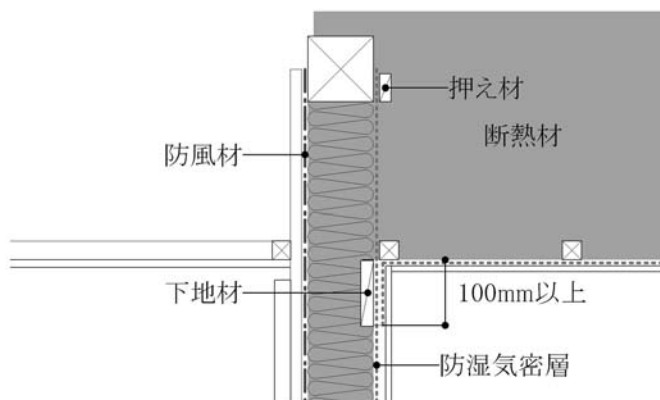


図6 最上階の天井と外壁の取り合い部における気密化施工例



図7 間仕切り壁と外壁の取り合い部の例1

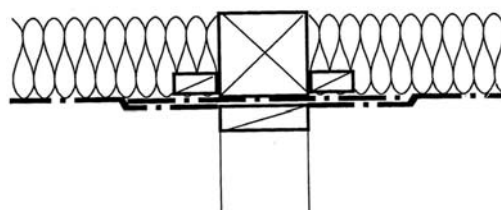


図8 間仕切り壁と外壁の取り合い部の例2（先張り防湿気密フィルムによる方法）

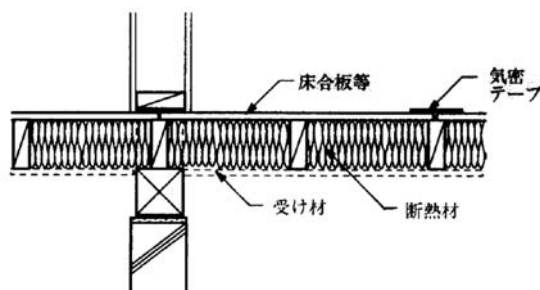


図9 最下階の床と間仕切り壁の取り合い部（床断熱の場合）

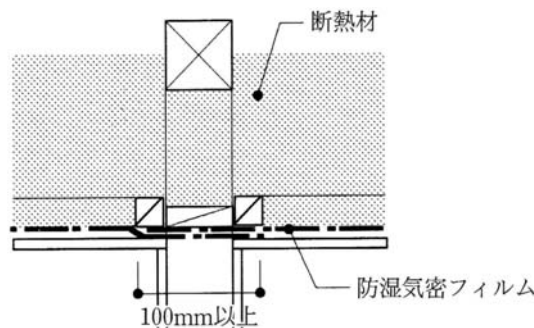


図10 屋根直下の天井と間仕切り壁の取り合い部（床断熱・基礎断熱共通）

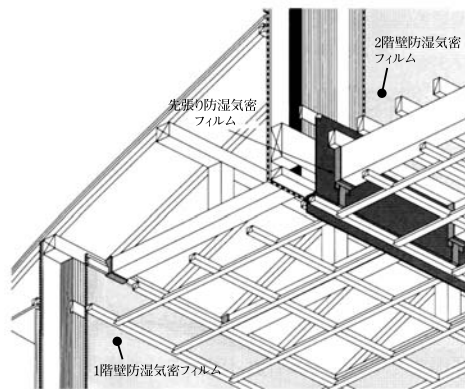
ルムは先張りの防湿気密フィルムに下地材のある部分で100mm以上重ね合わせます。

(7) その他の階の床と外壁の取り合い部分
(2)によります。

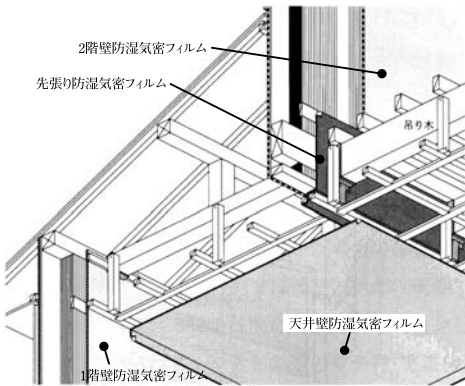
(8) 下屋部分の床、天井、外壁の取り合い部分

1) 下屋部分の天井の気密フィルムは、胴差に留め付けた防湿気密フィルムと連続させるか、下地材のある部分で100mm以上重ね合わせます。

(図11、写真4)



(a) 先張り防湿気密フィルムの施工



(b) 天井防湿気密フィルムの施工

図11 下屋部分の天井における防湿気密フィルムの施工例



写真4 下屋部分に施工された先張り防湿気密フィルム

4. 細部の気密層の施工

住宅には、窓などの開口部の他、電気配線、設備配管などに隙間が発生します。これらの気密施工は次の通りです。

- (1) 構造材が防湿気密フィルムを貫通する場合は、フィルムと構造材を気密テープ等で留め付けます。(図12)
- (2) 開口部周りは、サッシ枠取り付け部で結露が生じないように、構造材や防湿気密フィルムとサッシ枠の隙間を気密補助材で処理します。(図13)
- (3) 床下及び小屋裏等の点検口周りは、防湿気密フィルムを点検口の枠材に、気密テープなどによって留め付けます。(図14)

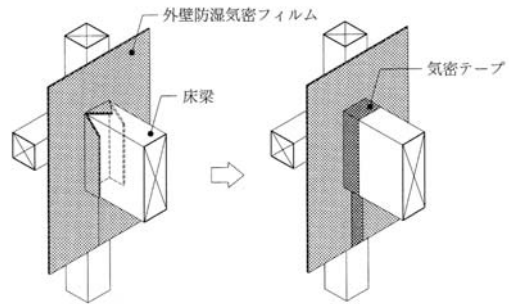


図12 横架材周辺部の先張り防湿気密フィルムの施工例

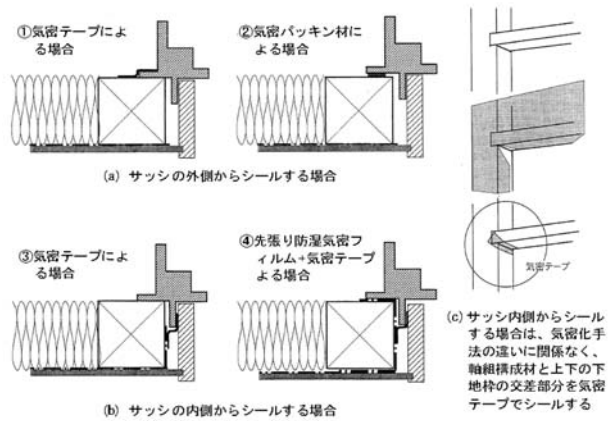


図13 開口部の気密化手法

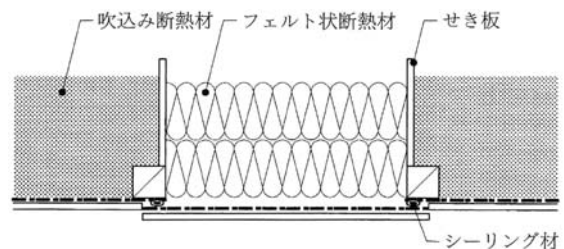


図14 天井点検口周辺の気密化例

- (4) 断熱構造とする部分に用いる床下及び小屋裏点検口は気密性が高く、周囲と同等の断熱性能を有する仕様とします。
- (5) 設備配管または配線により外壁、天井、床の防湿気密フィルムが切れる部分は、貫通する外壁、天井、床のそれぞれの防湿気密フィルムを切り開き、切り開いた部分を留めしろとし設備配管または配線に気密テープで留め付けるなど、防湿気密層が連続するよう処理します。(写真5)
- (6) 電気配線のコンセント、スイッチボックスの周りの施工は次のいずれかとします。(写真5)
- 1) 防湿措置が講じられた専用のコンセントボックスを使用します。(写真6)
 - 2) コンセントと、スイッチボックスの周りを防湿気密フィルムでくくります。



写真5 設備配管、コンセント廻りの気密化例

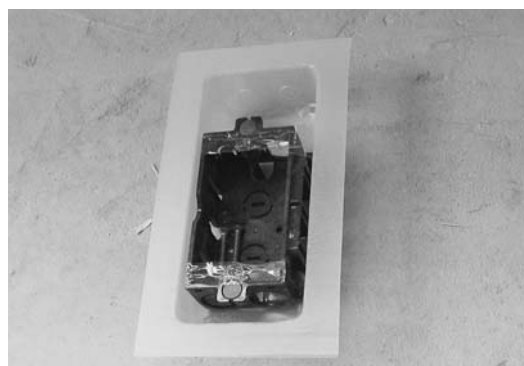


写真6 市販の気密コンセントボックスの例

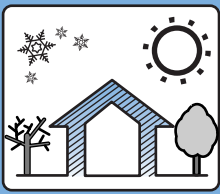
コラム 防湿気密フィルムは良く伸びる？

住宅専用として防湿気密フィルムが発売されてからまだ十数年しか経っていません。それまでは、農業用や包装用のポリ塩化ビニルやポリエチレンフィルムが使用されてきました。農業用は一年中屋外で紫外線を浴び続けるという過酷な条件を耐えるようにつくられていますが、建物の寿命とは長さが異なります。本ハンドブックで書かれている通り、防湿気密フィルムは非常に重要な役割を担っていて、これが無いと性能が保てないものです。つまり、建物の寿命と同じだけ耐えてもらわねばなりません。

住宅用の防湿気密フィルムのJIS規格を検討していた時の話ですが、フィルムの耐久性を調べる方法を確認して、それをJISに盛り込むことになっていました。スウェーデンでは既に住宅用防湿気密フィルムの規格があり、それを参考にしたのですが、フィルムの伸び率と劣化とは大いに関係があります。つまり、フィルムが劣化してくると伸び率が小さくなるという現象がおきるのです。

JISでは、住宅の壁内での熱履歴を40℃で50年間受け続けても所定の性能を確保できることとしました。これを試験で確認するのですが、実際に50年間の時間はかけられないので、促進劣化試験として90℃、34週間という条件で、その後の伸び率が1/2より低下しないこととしました。

ポリエチレンフィルムの伸びはナント500～800%に達します。劣化すると伸び率が低下するということは、リフォームの現場などで既存の防湿フィルムを引張ってみると劣化の程度がわかるかもしれません。



断熱・気密

D5 開口部断熱のポイント

～開口部の断熱性能～

1. 開口部の高断熱化の必要性

北海道の住宅の開口部には、結露障害、ダウンドラフトや冷輻射など室内環境面で様々な課題がありました。しかし、近年、ガラス、枠材の性能が飛躍的に向上したことで、これまでのような問題は解消することが可能になりつつあります。

図1は、熱損失係数 $Q=1.6$ 、 1.3 、 1.0 [W/m^2K]の住宅における住宅全体の熱損失量に占める開口部の割合を示したのですが、平成11年住宅省エネ基準 ($Q=1.6$)に準拠する住宅では開口部からの熱損失比率は30%以上となり、外皮の中で最も熱損失が大きい部位であることがわかります。地球温暖化防止、居住空間の熱的快適性を高めていくには、開口部の一層の断熱化が必要です。

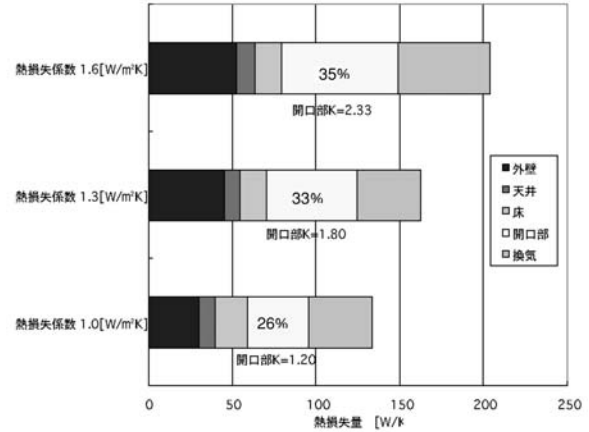
2. 断熱性能^{規格1) 2)}

開口部の断熱性能(熱貫流率)はガラスや枠材の種類、中空層内に封入するアルゴンガス等の有無により異なります。図2に北海道で市販されている熱貫流率 2.33 [W/m^2K]以下の代表的な開口部仕様を紹介します。この他にもガス入り低放射三層ガラス、真空ガラスなどがあり多様な高断熱ガラスがありますので、メーカー等のカタログ値等を参照の上、仕様を決定する必要があります。

なお、熱貫流率は標準的なサイズ(中型窓)を対象に評価・表示したもので、一般的に開口面積が小さくなるほど、枠面積比率が大きくなるため熱貫流率は大きくなります。高断熱開口部材を採用しても、窓を小型化すると実際の熱貫流率は大きくなるため、熱計画上(暖房エネルギー予測や暖房設備容量の決定)の注意が必要です。

3. 冬期日射取得を利用する —パッシブソーラー—

北方圏諸国と比較して北海道は冬期間の日射量に恵まれているため、H11年省エネ基準 ($Q=1.6$: 現行の北方型住宅基準) を満たす住宅であれば、住宅の暖房

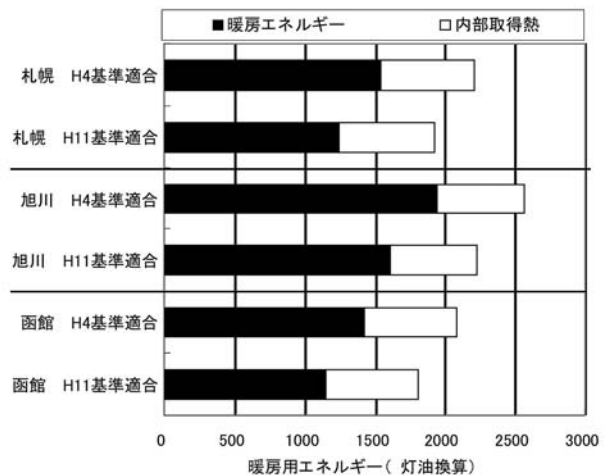


延床面積130㎡の住宅計算例 開口部面積は30㎡と仮定
図1 住宅における開口部熱損失量の比率

仕様	熱貫流率 [W/m^2K]		
	1.0	1.5	2.0
樹脂製枠 または 樹脂製 複合枠 ^{※1)}	低放射複層 (12mm)		
	ガス入り低放射複層 (12mm)		
	低放射三層 (12mm+12mm)		
木製枠 または 木製 複合枠 ^{※2)}	低放射複層 (12mm)		
	ガス入り低放射複層 (12mm)		
	低放射三層 (12mm+12mm)		

※1 樹脂枠と金属または樹脂の複合枠
※2 木製枠と金属の複合枠

図2 代表的なサッシの熱貫流率(参考値)



南面開口面積 15 ㎡、延床面積 136 ㎡の標準的な総2階建住宅を対象とした試算結果。断熱仕様は各基準の設計施工指針による。

図3 暖房用エネルギーと内部取得熱

■規格

- 1) JIS A 4706:2000 サッシ
- 2) JIS A 4702:2000 ドアセット

■HP

(財)全国防犯協会連合会 <http://www.cp-bohan.jp/>

に必要な全エネルギー量の30%以上を内部取得熱（日射量や人体、家電製品や照明器具からの生活発熱など）で補っています（図3）。

採光面に位置する開口部（窓）は、晴天日は日射熱を取り入れ、暖房用エネルギーの低減に大きく貢献します。図4は、H11年基準レベルの住宅で主採光面に熱貫流率 $2.33[W/m^2K]$ の開口部を採用した場合の開口部面積と暖房用エネルギーの関係を示したものです。釧路、根室、帯広などの道東地方では、採光面積の増加に伴い暖房用エネルギーが減少し、パッシブソーラーに適した地域であることがわかります。一方、冬期日射量が乏しい旭川、稚内などの道北地方は、採光面の開口部面積を増加させると暖房用エネルギーが微増する傾向にありますが、この結果は「寒い地域では開口部面積をできる限り小さくする」必要は必ずしもないことを示しているといえるでしょう。

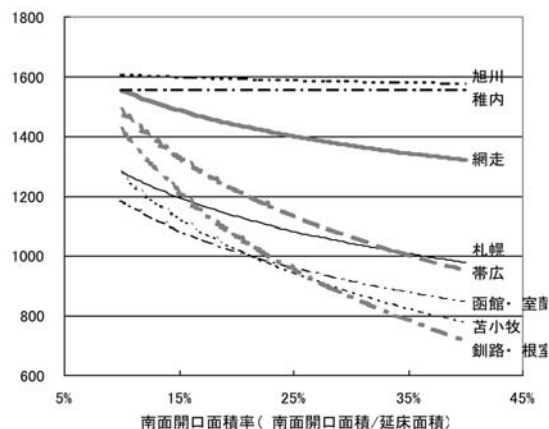
夜間の開口部からの熱損失を低減するために、夜間は断熱スクリーンや断熱戸を併用する方法があります（図5）。非採光面の開口部は熱貫流率 $2.0[W/m^2K]$ 以下に高断熱化し、採光面は図5に示したような付属物による断熱強化を図ることで、北海道全域でパッシブソーラーによる暖房エネルギーの低減が実現できます。

4. 開口部の気密性能

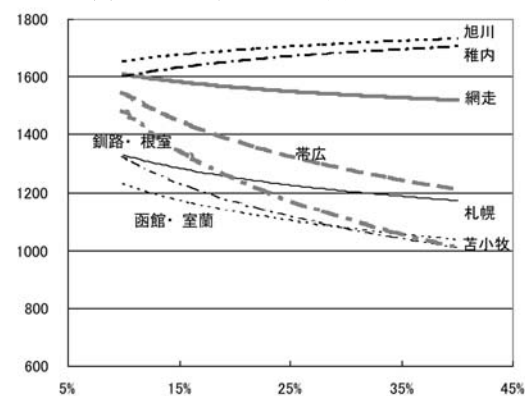
サッシの気密性能はJIS A-4706^{規格1)}にて内外圧力差が $10[Pa]$ の時の通気量で120、30、8、 $2[m^3/h \cdot m^2]$ の4段階で規定されています。北海道の住宅用サッシとしては、冬期間の隙間風防止の観点から、等級A-4（ $2[m^3/h \cdot m^2]$ ）を満足するサッシを選択する必要があります。なお、サッシの気密性は‘建て付け’により大きく左右されますので、サッシは精度良く取付け、取付け・引渡し時には必ず調整する必要があります。

5. 開口部の断熱改修

既存住宅で開口部を断熱改修することは、省エネルギー、冬季快適性向上の観点から非常に有効な手段といえます。断熱改修方法としては、①既存サッシ内側に内窓用断熱サッシを付設（図6a）、②既存サッシ枠を利用し真空ガラスや複層ガラスなどの高断熱ガラスに交換（図6a）、③既存サッシを取り外し高断熱サッシに更新するなどの方法があります。これらの方法により新築建物と同等レベル以上の断熱性を確保することが可能です。

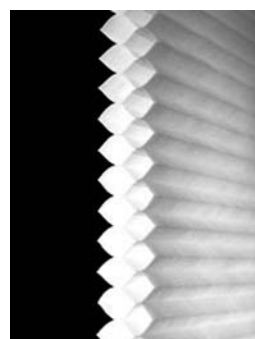


(a) 南面開口部面積と暖房用エネルギー

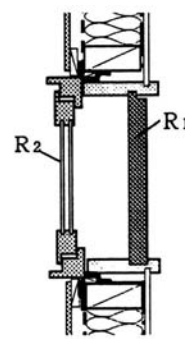


(b) 南東・南西面開口部面積と暖房用エネルギー

図4 開口部のパッシブソーラー効果試算例



(a) 断熱スクリーン



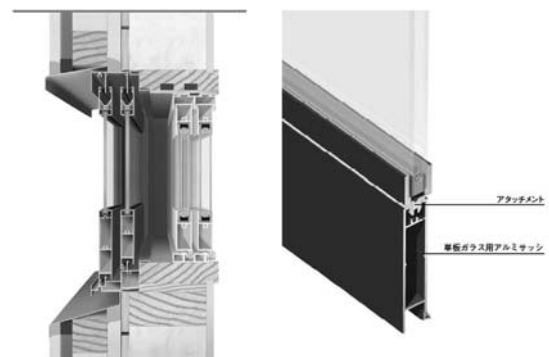
(b) 断熱戸

開口部の平均熱貫流率 $=0.4Kd+0.6Kn$

Kd : 日中の熱貫流率

Kn : 夜間の熱貫流率

図5 付属物による夜間の開口部断熱強化例



(a) 内窓改修

(b) アタッチメント付き複層ガラス

図6 開口部の断熱改修例

断熱に関する基本用語

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

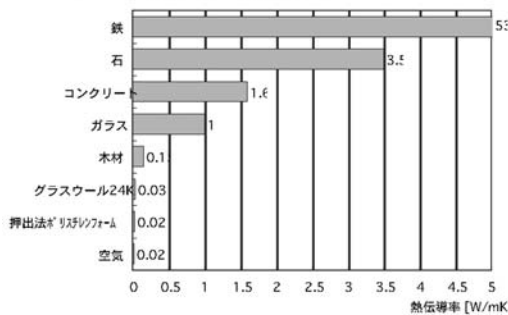
資料

①熱伝導率(λ) 単位:[W/mK]

熱伝導率とは、ある材料の内部を通る熱の伝わりやすさを示した数値です。これは厚さによらない材料固有の値で、数値が小さいほど断熱性が高くなります。多くの材料の熱伝導率には温度依存性といって、材料の温度が高くなるほど伝導率も大きくなる性質がありますが、建築材料が使用される範囲では一定の値を用いることが一般的です。

身近な物質の中で熱伝導率が非常に小さいものは動かない空気、熱伝導率は0.022~0.024W/mKです。断熱材は動かない空気を保持することによって断熱性を確保しますが、水に濡れてしまうと性能が低下します。これは、水の熱伝導率が約0.59W/mKと、空気の27倍もの熱の伝わりやすさをもっているためです。

■いろいろな材料の熱伝導率



②熱抵抗(R値) 単位:[m²K/W]

熱抵抗は、材料の厚さを考慮した熱の伝わりにくさを示した数値です。材料の厚さを熱伝導率で割って得られる値であり、数値が大きいほど断熱性が高くなります。材料厚さと熱抵抗は比例する(例えば厚さを3倍にすれば抵抗も3倍)ため、わかりやすい指標です。熱抵抗の便利な点は、建築壁体のように様々な材料が層として重なった場合に、一つ一つの材料の熱抵抗を足し合わせることで全体の熱抵抗が得られる点です。

③熱橋 (ヒートブリッジ)

室内と外気を隔てる部位(壁など)の中で、他の部分に比べ特に熱を通しやすい部分を熱橋(ねっきょう)といいます。充填断熱工法の木造住宅では柱や間柱の

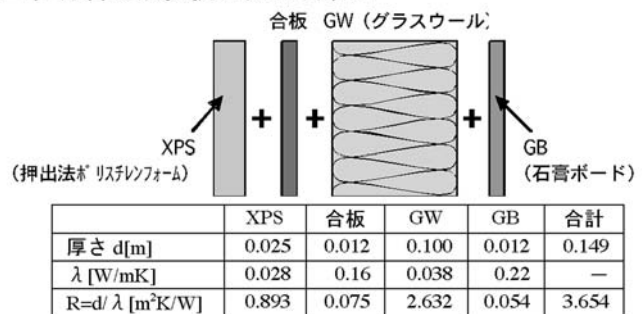
部分、RC造建物ではバルコニー周りなどが熱橋となります。

熱橋があると室内からの熱損失量が増えるばかりでなく、熱橋部分の室内側表面温度は他の部分よりも下がってしまうため、表面結露の危険性が増します。木造住宅の場合は、熱橋を考慮した実質熱貫流率で部位の断熱性能を表すことが必要です。RC造の場合も同様ですが、コンクリートは木材と比べ特に熱を通しやすいため、熱損失の軽減と防露のための断熱補強などの措置が必要となります。木造の外張り断熱工法、RC造の外断熱工法は、いずれも熱橋の影響を軽減できる工法です。

④熱貫流率 (K値) 単位:[W/m²K]

熱貫流率とは、建物の部位としての熱の伝わりやすさを示した数値です。具体的には、各部位の内外空気温度差を1℃とした時、その部位1m²を通る熱量を表します。部位の内外の空気の熱抵抗(伝達抵抗)も考慮した数値です。熱貫流率に内外の空気温度差と部位面積をかけることで、単位時間にその部位を

■各材料の熱抵抗と足し合わせ

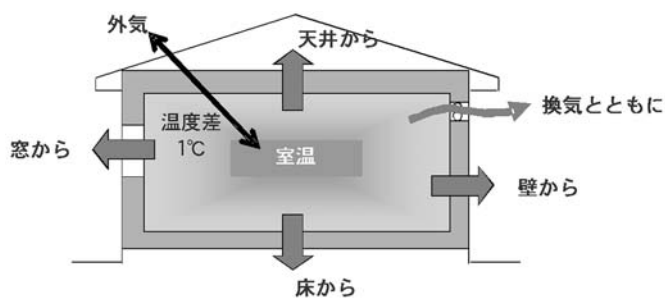


どれだけの熱が通るかを計算することができます。部位に熱橋がある場合は、その面積的な影響を考慮した実質熱貫流率を用います。

窓やドア等の開口部の断熱性能も熱貫流率で表され、試験*関連規格において測定することができます。* JIS A 4710 建具の断熱性試験方法

⑤熱損失係数（Q値）単位：[W/m²K]

建物内部と外気の温度差を1℃としたときに、建物内部から屋外に逃げる熱量を1時間あたり、床面積1㎡あたりで表したものです。下図のような住宅の場合、**Q値＝（貫流熱損失〔天井から＋外壁から＋床から＋窓から〕＋換気熱損失）／延べ床面積**という式で表されます。数値が小さいほど省エネルギー性能の高い住宅であるといえます。

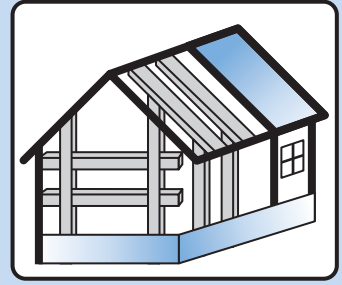


⑥熱負荷

所定の温度を保つとき必要とする熱量(顕熱負荷)、水分(潜熱負荷)の総量をいい、暖房負荷と冷房負荷とがあります。負荷を表わす単位は、単位時間当りの熱量で示します。例えば省エネルギー基準では年間暖冷房負荷として、1年間の冷暖房負荷*参考文献の合計を住宅の床面積で割ったものと定めています。

これは日射による取得熱や、壁などへの蓄熱効果も考慮した値となっており、実際に住宅に住んだときに使用するエネルギー、つまり暖冷房費の目安ともなる指標といえます。数値が小さいほどお金をかけずに快適な環境を得られることを意味しています。

※ある計算条件における負荷。参考文献：住宅の省エネルギー基準の解説、財団法人建築環境省エネルギー機構、2002



E

構造・材料

北の住まいに求められる性能

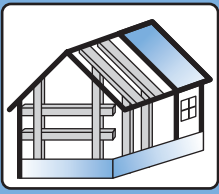
外装材の耐久性
～窯業系サイディングの耐凍害性～

防火性能
～防火に関する基準と仕様～

木造住宅の耐震性能の確保
～木造住宅の弱点と在来工法の耐震性能～

木造住宅の耐震性能の確保
～耐力壁と壁量設計～

木造住宅の耐震性能の確保
～接合金物の選定～



1. 長寿命な住宅を目指して

長い間守られ育まれてきた古い街並みや住まいの住まいに、ほっとさせられることがあります。古さがみずぼらしさではなく、誇りとなるような北国らしい街並みや住まいを文化として創造するためには、個性と調和を大切に、北海道の気候風土の中で長く住み続けられる住宅が必要です。

北海道の自然条件は優しいものばかりではなく、この中で長く暮らしを支える住宅は、材料・部材の耐久性が高く強固な構造であることが基本で、これは安全で快適な暮らしの基本でもあります。しかしこのことは、保全がいらぬ完成された住宅を意味するのではなく、劣化部材のメンテナンスはもちろん、変化するユーザーの暮らしに合わせてリフォームなどを行う「育てていく」意識が必要でしょう。

長寿命の住宅を支える基本は、構造や材料といった技術でしょう。しかし、「確かなつくり」を技術として提供する技術者の意識だけではなく、常に暮らしを見つめ住宅を育てていく意識としっかりした価値観がユーザーにも必要なのかもしれません。



写真1 木造住宅の建設（在来軸組構法）

2. 確かなつくりを支える技術の考え方

住宅を建て新たな暮らしを始めようとするユーザーの期待は何でしょう。おそらく「技術」は、ふだんユーザーの意識の外にあるもので、構造・材料の視点から見た場合、大雪、台風、地震時の崩壊や、変形、たわみ、きしみで不安を感じることもなく暮らせるのが理想です。技術者もこのために障害がない強固な構工法と構造部材の選択を適切に行うはずで、さらにユーザーは、屋根や壁の外装材も劣化しないことを望むでしょう。しかし実際にはそれは不可能で、適切な保全を要することを理解してもらう必要がありますが、少なくとも保全がしやすい工法や材料選択は、技術者として提案が可能です。

(1) 立地条件と構造・材料

通常の温湿度環境下で構造材料の強度等が著しく変化することはありませんが、立地条件としての積雪深度^{解説1)}や風荷重、地震荷重等は構造材の寸法やその構成に影響します。また凍結深度^{解説2)}により、凍上を防止するため基礎深度を確保する必要がありますが、スカート断熱工法^{解説3)}を用いて基礎深度の低減を図ることが可能です。

(2) 強固な構造・材料

木造住宅の場合、地震、風等の水平荷重に対しては、建物を強固にすることで対抗します。かつては不明確だった耐力壁の配置や筋かい・柱端部仕口の金物等の仕様も、多くの地震を教訓に規定されました。しかし一般に仕様規定で建築できる木造住宅では、部材断面について経験的に決定されることも多く、品確法で瑕疵保証^{解説4)}が義務づけられている現在、使用する木材の等級（日本農林規格^{HP1)}）等とともに再度確認して見る必要があります^{解説5)}。

■解説

- 1) 北海道における積雪荷重を計算する垂直積雪量は、建築基準法施行細則に多雪区域とともに定められている。
- 2) 凍結深度は法令に規定はなく、昭和52年度の当所調査報告に基づく数値が用いられることが多いが、地質や地下水位、積雪量等により適切に設定される必要がある。
- 3) スカート断熱工法設計・施工マニュアル
北方建築総合研究所 <http://www.hri.pref.hokkaido.jp/023-2/kankyo-kagakubu/skart/index.html/>
- 4) 平成12年に施行された「住宅の品質確保の促進等に関する法律（品確法）」では、新築住宅の構造耐力と雨水浸入について10年間の瑕疵担保責任を定めている。
- 5) 「木造建築のためのスパン表（北海道立林産試験場^{HP2)}）」等が参考となる。
- 6) 道産I形梁
北海道林産試験場が開発し当所と共同で実用化した木質複合軸材料で、建築基準法第37条の指定建築材料として認定されている。
- 7) 耐久性区分の高い樹種
構造用製材等の日本農林規格に耐久性区分D1として定められており、ヒノキ、ヒバ、ベイヒバ、ベイヒ、ベイスギ、ケヤキ、クリ、タイワンヒノキ、ウェスタンレッドシーダー等がある。

また木造住宅は、建築基準法に基づく仕様規定で建築が可能なため一般に設計の自由度が高いといわれますが、「様々な荷重がどのように地盤に伝達されるか」を考えながら柱、梁、耐力壁等の配置を検討しなければ、床のたわみや柱の土台へのめり込み、地震時のねじれ等の障害を招きます^{参考文献1)}。

木材は、乾燥技術・加工技術の向上により性能や精度が安定・高度化していますが、木質材料を組み合わせで作られた複合材料も開発されており、主に床根太として「道産Ⅰ形梁^{解説6)}」も使われています。また外装材は、強風や地震時に脱落する危険のないよう、強固に取り付けられる必要がありますが、地震時に脱落の危険が大きいとされるモルタル壁の耐震性を高める研究も行われています^{参考文献2)}。

(3) 耐久性と材料

木部材は、腐朽菌と水分の存在下で腐朽の恐れがあります。構造体は容易に修繕交換ができないため、構造用製材の日本農林規格で耐久性区分の高い樹種^{解説7)}とするか、防腐処理を行います。長期的な耐久性の観点では木材の乾燥状態を保つことが必要で、このために外壁の外装材や屋根材を用いて防水します。構造体を保護する外装材、屋根材は最も過酷な条件にさらされるため、高い耐久性（耐水性、防水性、耐紫外線性、耐食性、耐凍害性等）が求められますが、メンテナンスフリーとすることは困難で、修繕や更新を前提に材料選択をします。



写真2 道産Ⅰ形梁による根太施工（枠組壁工法）

(4) 工法で材料を保護する

構造材が水と接する要因は、雨水や融雪水の外部からの浸入の他、水蒸気が壁内に流入して起こる結露水、給排水設備の不備による漏水等が考えられます。漏水は、雨水や融雪水の流れを想定し、水が長時間停滞しない納まりや水切り等の工法選択で防止します。水蒸気による結露は、水蒸気を含んだ空気の流れを住宅全体で考え、防湿気密工法や通気工法、断熱工法で対応を考えます。

また構造体を保護する外装材や屋根材も、長期的には水が関与して凍害や腐食等の劣化を起こします。屋根は緩勾配や複雑な形状による滞水がないか、外装材は、窓や換気部材周囲で外壁面の流水がないか設計時に検討し、水切りや部材形状、屋根形状等による排水処理を考えることにより、材料表面が長時間水と接しない工夫をします。

(5) 保全で耐久性を支える

構造体や外装材の性能を維持するために、点検や修繕・改修等の保全は避けられません。しかし一般にユーザーはこれらの保全を負担と捉えているようです。

ユーザーができるだけ少ない費用や労力で保全が行えるよう、「保全のしやすさ」を考慮することは設計の一部と考えられます。設計時には、新築時の性能や美しさだけでなく、使用中の性能低下や劣化を想定し、「保全性^{参考文献3)}」を考慮した材料・工法選定と保全計画の提案が必要です。さらに、ユーザーが保全に興味を持ち積極的に関わるためのDIYの提案や情報提供も望まれます。

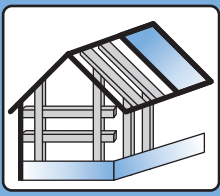
住宅を50年、100年と使い続けるためには、確かなつくりと確かな保全を両輪と考える必要があります。北方型住宅サポートシステム等を活用しながら、技術者とユーザーが協力して住まいを育てていく意識が大切です。

■HP

- 1) JAS協会 <http://www.jasnet.or.jp/>
- 2) 北海道立林産試験場 <http://www.fpri.asahikawa.hokkaido.jp/>
- 3) 財団法人日本住宅・木材技術センター <http://www.howtec.or.jp/>

■参考文献

- 1) 省エネルギー100年住宅に関する研究 北海道立寒地住宅都市研究所調査研究報告 No.68 1997.3
- 2) 木造住宅におけるモルタル外装構法の応力伝達機構の解明と耐震化構法の開発 北方建築総合研究所（平成18～19年度）
- 3) 木造住宅の構工法・部材における長寿命化技術に関する調査研究 北方建築総合研究所 2005.3



構造・材料

E2 外装材の耐久性

～窯業系サイディングの耐凍害性～

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

1. 耐久性の確保

構造躯体の風雨からの保護、外部と調和した外観の確保、廃棄物の削減などの観点から、外装材の耐久性の向上が求められています。

窯業系サイディングはその内部に大量の空隙を持っており、この空隙が、ある限界以上に吸水すると凍害を生じます。以前と比較して板の耐凍害性能は格段に向上していますが、なかにはまだ十分とは言えないものもあります。また、比較的耐凍害性に優れていても、不適切な使用や納まりのため凍害を生じている例が見られます（写真1、2）。

外装材に対する要求性能は様々ありますが、窯業系サイディングにとって、耐凍害性は最も重要な性能の一つです。

2. 凍害のメカニズム

窯業系サイディングのなかには大小さまざまな寸法の連続した空隙があります。空隙に含まれた水は凍結する際に9%の体積膨張を生じますが、その体積膨張を緩和するだけの水を含んでいない空隙が材料中に存在すると凍害を免れ、存在しないと凍害を受けます（図1）。このように、凍害はサイディング中に含まれている水の存在しない空隙の割合に依存し、水を含む空隙の割合がある限界値（これを限界飽水度¹⁾という）を超えることによって凍害を生じる、このような考え方を限界飽水理論といいます。

もう一つ重要な点は、空隙中の水は零度以下になったら全て同時に凍るのではなく、より小さな寸法の空隙に含まれる水は、より低い温度にならなければ凍らないということです。

したがって、サイディングの凍害を防止するためには、製造の面からは

①水分で満たされにくい空隙（気泡や気泡の代わりとなる材料）を十分に入れる。



写真1 サイディングの凍害（排気口からの結露水の漏れ）



写真2 サイディングの凍害（通気層の不備）

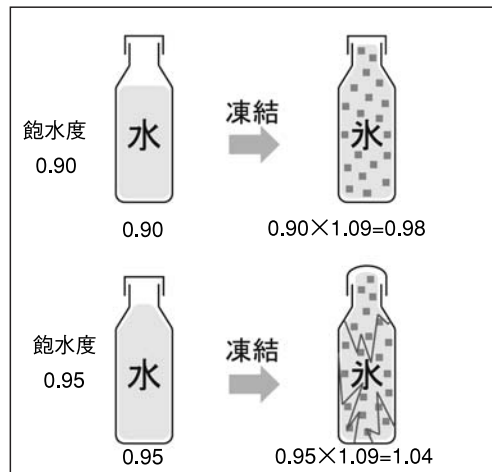


図1 凍害発生概念図

②組織を緻密にし、空隙をできるだけ小さくかつ少なくする。

また、設計や施工の面からは、

①サイディングの含水が高まらないような使い方や納まりとする。

②吸水しても危険な含水に至る前に放水（乾燥）させることが重要です。

■解説

1) 飽水度

材料中に吸水された水量と材料中の全空隙量との比限界飽水度 理論的な限界飽水度は約0.91（ $0.91 \times 1.09 \approx 1$ ）であるが、実際は理論値より小さい。

2) 抄造法

セメント粒子などを水媒体に懸濁させた粥状のものをメッシュに濾し取り成形する方法。

3) 乾式プレス法

セメントが硬化するのに必要な最小限度の水分を与えた原料を成型型に供給し、加圧加熱することにより成形する方法。

3. 組成・製法と耐凍害性

窯業系サイディング^{規格¹⁾}は、主原料としてセメント、けい酸質原料、繊維質原料、混和材料などを用いて板状に成形し、養生・硬化させたものです。主原料である結合材（セメントやけい酸質原料）、補強繊維（繊維質原料）、混和材料の組合せにより表1のように分類されます。

製法には、①抄造法^{解説²⁾}（丸網式、長網式、フローオン）②押出法、③乾式プレス法^{解説³⁾}、④型枠流し込み法などがあり、使用原料や製品板厚、生産性などを考慮して適切な製法がとられています。

組成や製法からみた耐凍害性能は次のとおりです。

○組成からみた耐凍害性能

- ・木繊維補強セメント板系：表面が緻密で強く、曲げたわみ性、耐衝撃性、耐凍害性に優れる
- ・繊維補強セメント・けい酸カルシウム板系：表面が緻密で強く、耐凍害性に優れる
- ・繊維補強セメント板系：密度の割に曲げ強度が高く、曲げたわみ性、耐衝撃性、施工性に優れる

○製造方法からみた耐凍害性能

- ・乾式プレス法：水を含まない空隙要因を内包した木片や木繊維を使用した板の製法に適用され、耐凍害性に優れる。
- ・押出法：気泡や気泡代替材を混入した板の製法に適用され、また空隙組織が緻密になりやすいため、耐凍害性に優れる。
- ・抄造法：気泡や気泡代替材を混入することが困難であり、また、比較的空隙組織が粗いため、なかには吸水すると凍害を生じやすいものがあり、設計・

施工や維持管理に注意が必要です。

4. 凍害を防止する方法

窯業系サイディング外壁の凍害防止には2つのアプローチがあり、一つは材料選択の面から、もう一つは設計・施工の面からです。

(1) 凍害に強い板の選択

比較的凍害に強い板は、木繊維補強セメント板系や繊維補強セメント板系の製品です。ただし、製品によって耐凍害性に相違がありますので、耐凍結融解性試験^{規格¹⁾}による厚さ変化率ができるだけ小さいもの、できれば1%以下のものが望ましいでしょう。製品の組成に関する情報は、製品の材料認定番号（不燃、準不燃）をもとに国土交通省のホームページ^{HP¹⁾}から得ることができます。

(2) 水を遠ざける設計・施工

どのようなサイディングでも、限界値以上に吸水していなければ凍害は生じないので、このことを念頭に置いた設計・施工が大切です。

外壁通気工法は吸水が限界値に達しないよう板の乾燥を保つのにとても効果的です。軒の出や基礎の高さを通常より大きくとることも有効です。また、通気工法による通気では処理しきれない著しい吸水の恐れのある部位、特に排気口周りや屋根との取合い部、窓、パラペットなどでは、排気漏れや水たれを生じない排気部材の選定、雨水や融雪水が集中して壁表面を流れないような水切部材の設置や壁からの距離の確保が必須です。

表1 窯業系サイディングの組成による分類^{参考文献¹⁾}

分類	内容	品目名(通商)
木繊維補強セメント板系	セメントなどの無機結合材を木繊維または木片を用いて補強し硬化させたもの	硬質木片セメント板, 木繊維混入セメント・ケイ酸カルシウム板
繊維補強セメント板系	セメントなどの無機結合材を無機質・有機質繊維を用いて補強し硬化させたもの	繊維混入セメントパーライト板, 繊維混入パーライトセメント板, 繊維混入スラグセメント板, スラグセメントパーライト, 繊維混入フライアッシュスラグセメント板, スラグ石膏セメント板
繊維補強セメント・ケイ酸カルシウム板系	セメント及びケイ酸カルシウムなどの無機結合材を無機質・有機質繊維で補強し硬化させたもの	繊維混入ケイ酸カルシウム板, 繊維混入ケイ酸カルシウム押出板, パルプ混入軽量セメント押出板, 繊維混入軽量成形板, セメント押出成形板

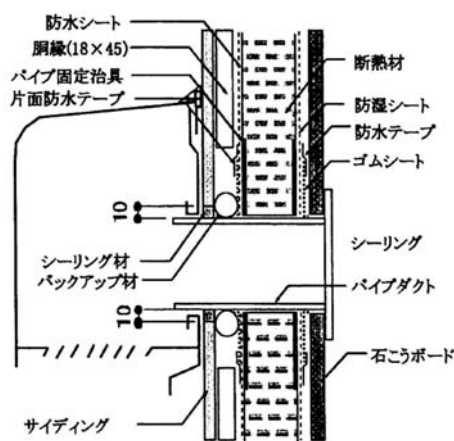


図2 排気フードの例（外挿型）^{参考文献²⁾}

■規格

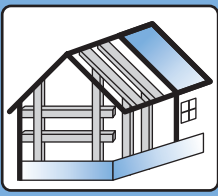
1) JIS A 5422-2002 窯業系サイディング

■HP

1) 国土交通省 構造方法等の認定に係る帳簿 <http://www.milt.go.jp>

■参考文献

- 1) 永富辨,これが窯業系サイディングの「正体」,建築知識,1998.3
- 2) NPO法人住宅外装テクニカルセンター 講演会資料,2004.10



構造・材料

E3 防火性能

～防火に関する基準と仕様～

1. 火災進展の過程

出火から始まる火災進展は、一般的に①出火、②初期火災、③フラッシュオーバー、④火盛り期、の過程をたどります（表1）。①出火後、しばらくの間の燃焼は出火源近傍の可燃物にとどまっていますが、時間の経過とともに燃焼範囲は徐々に拡大します（②初期火災）。そしてある時期に室内の燃焼が急激に拡大して火災室全体が火災に包まれる③フラッシュオーバーと呼ばれる現象が起こります。フラッシュオーバー以後は、火災室内出火の起こった火災室内全体で定常的な燃焼が続きます（④火盛り期）。この火盛り期が長く続くと火災室の壁や天井・床が燃え抜けて隣接室へ延焼する場合があります。

2. 防火対策と防火材料・防耐火構造の役割

以上のような火災進展の各段階に応じて、防火対策を立てる必要があります。防火材料や各種防耐火構造などは、種々の防火対策を実現するための手段の一つです。これらは性能ごとにいくつかに級別されて、建物の用途、規模、構造、敷地・市街地条件に応じて、求められる材料、構造が定められています（表2）。

最も基本的な防火対策は、出火を防止し、たとえ出火しても、初期火災にまで至らないようにすることです。そのためには、燃焼を出火源及びその周辺にとどめる必要があり、壁や天井を通常の火源による加熱では着火しにくい、または着火しない防火材料で仕上げることが最も効果的です。

表1 火災の進展段階

①出火	②初期火災		③フラッシュオーバー	④火盛り期
	着火物燃焼	室内部分燃焼		

表2 火災の進展段階と防火対策及び防火材料等の関係

火災の種類	火災の進展段階	防火対策			該当する防火材料および防耐火構造
		目的	対象部位	対策の内容	
内部火災	出火	内装材への着火防止	壁、天井	着火しにくい内装材を用いる。	不燃材料、準不燃材料、難燃材料
	初期火災	内装材の燃焼拡大防止	壁、天井	熱の発生が少なく、燃え広がりにくい内装材料を設ける。	同上
	フラッシュオーバー	煙・有害ガスの発生防止（非難安全）	壁、天井	熱、煙及び有害ガスの発生が少ない内装材を用いる。	同上
	火盛り期	建物内部及び隣棟への延焼防止 倒壊防止及び隣棟への延焼防止	壁、床、屋根 開口部 柱、はり、 耐力壁	耐火被覆を設ける等により、燃え抜けない構造とする。 耐火被覆を設ける等により、崩壊しない構造とする。	耐火構造、準耐火構造 防火設備、特定防火設備
外部火災	隣棟火災	類焼防止	屋根、軒裏、 外壁、開口部 耐力外壁	耐火被覆を設ける等により、燃え抜けない構造とする。 耐火被覆を設ける等により、崩壊しない構造とする。	耐火構造、準耐火構造 防火構造、準防火構造 屋根の構造、防火設備、 特定防火設備
	市街地火災	類焼防止	隣棟火災に同じ	上記の隣棟火災対策をより強化する。	同上

■参考文献

- 1) 国土交通省住宅局建築指導課／防火材料等関係団体協議会編
「防火材料のしおり（2003改訂版）防火材料で安全建築をつくろう」（2003）27頁、表-19

次に、万一内装材に着火しても、初期火災の拡大やフラッシュオーバーの発生を防止、または遅らせて初期消火や早期避難のための時間を確保する対策が必要となります。このためには、たとえ燃えていても火災拡大を助長する熱や火炎をあまり出さない防火材料で内装仕上げを行います。

フラッシュオーバーが起こると火災室から大量に放熱される熱、煙および有害ガスの量や毒性により、安全避難を阻害します。そこで内装材には、これら3つの阻害要因の発生量が少ない防火材料を用いる必要があります。

火盛り期での防火対策では、火災を発生した室にとどめて、他の部分への延焼拡大を防止することが重要です。また屋根、外壁、外壁開口部などの建物外周部から隣棟へ延焼するのを防止するためにも、構成する壁や床などを燃え抜けない構造としなくてはなりません。さらに柱、梁などの架構部材が崩壊すると、建物の倒壊を招き、その周囲へ危害を及ぼすおそれがあります。これらの架構部材についても火災時の高温加熱を受けてもこれに耐えて荷重を十分に支持できる必要があります。

3. 防火材料の性能と種類

出火から初期火災の段階で火災に対して有効な防火対策として用いられる防火材料には、建築基準法上、通常の火災による火熱が加えられた場合に求められる性能が3つあります。

- ① 燃焼しないものであること。
- ② 防火上有害な変形、溶融、き裂その他の損傷を生じないものであること。
- ③ 避難上有害な煙又はガスを発生しないものであること。（外部の仕上げに用いるものを除く。）

これら3つの性能を、加熱開始後20分間満たしているものを不燃材料^{基準等1)}、加熱開始後10分間満たしているものを準不燃材料^{基準等2)}、加熱開始後5分間満たしているものを難燃材料^{基準等3)}とといいます。性能を時間により区分しているため、不燃材料は準不燃材料、難燃材料の上位性能となり、図1のような関係が成立します。

不燃材料、準不燃材料、難燃材料には、それぞれ適合する建築材料として、国土交通省の告示によって指定されたものがあります（表3）。

告示に指定された防火材料以外の建築材料を、防火

材料として用いる場合には、国土交通省から指定を受けた性能評価機関にて試験を実施して性能評価を行い、国土交通大臣の認定を受ける必要があります。

表3 法令で定められた防火材料の種類

① 不燃材料 ^{基準等4)}
コンクリート、れんが、瓦、陶磁器質タイル、繊維強化セメント板、ガラス繊維混入セメント板（厚さ3mm以上）、繊維混入けい酸カルシウム板（厚さ5mm以上）、鉄鋼、アルミニウム、金属板、ガラス、モルタル、しっくい、石、せっこうボード（厚さ12mm以上）、ロックウール、グラスウール板
② 準不燃材料 ^{基準等5)}
不燃材料、せっこうボード（厚さ9mm以上）、木毛セメント板（厚さ15mm以上）、硬質木片セメント板（厚さ9mm以上、かさ比重0.9以上）、木片セメント板（厚さ30mm以上、かさ比重0.5mm以上）、パルプセメント板（厚さ6mm以上）
③ 難燃材料 ^{基準等6)}
準不燃材料、難燃合板（厚さ5.5mm以上）、せっこうボード（厚さ7mm以上）

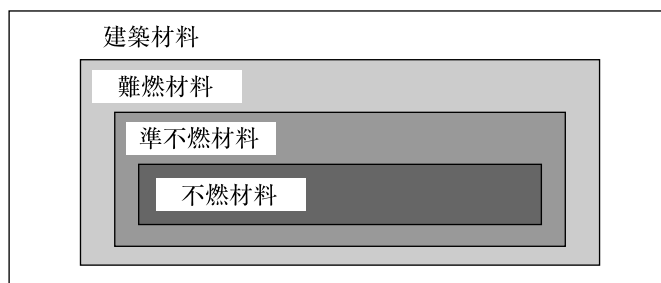


図1 防火材料の関係性

4. 内装制限^{基準等7)}

建築物を建てる際、防火材料との関連が大きい規定が、内装制限です。

内装制限は建物内の人命の安全確保を目的に、初期火災の成長を遅延させ、火災における安全避難を実現

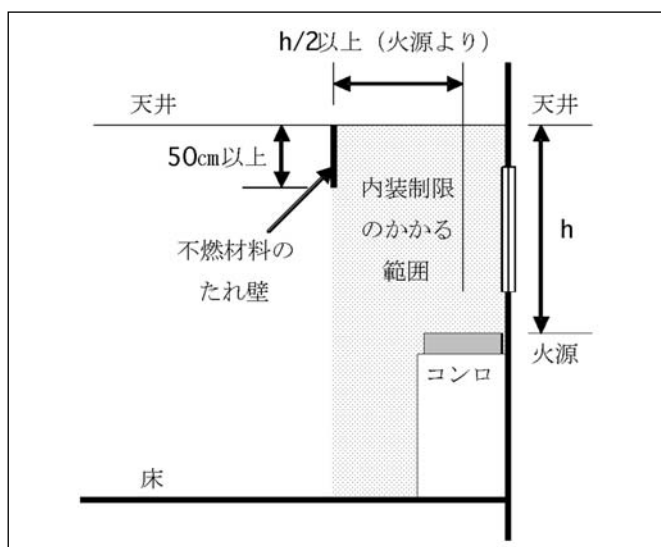


図2 ダイニング・キッチンでの内装制限

■基準等

「法」、「令」はそれぞれ建築基準法、建築基準法施行令を示す。

- 1) 法2条九号、令108条の2
- 2) 令1条五号
- 3) 令1条六号
- 4) 平成12年建設省告示第1400号
- 5) 平成12年建設省告示第1401号
- 6) 平成12年建設省告示第1402号
- 7) 法35条の2、令第128条の4、令129条

させるとともに、火災が成長しても煙の発生を少なくし、避難を妨げないようにするために、建築物の内装材料に防火材料を用いることを指定しています。

戸建て住宅の場合では火気使用室に対して内装制限が規定されています。この場合の火気使用室とは、階数が2以上の住宅の最上階以外の階に設ける台所や浴室等で、コンロ等火気を使用する設備または器具を設けた室です。

内装制限が適用される火気使用室では、RC造のような耐火建築物である場合を除き、その壁及び天井の室内に面する部分を準不燃材料で仕上げなくてはなりません。

ダイニング・キッチンのように火気使用部分とその他の部分とが一体である室では、図2のように天井から50cm以上下方に突出し、かつ不燃材料で造り又は覆われたたれ壁等で当該部分が相互に区画された場合はその区画部分が、それ以外の場合はその室全体が内装制限の対象となります。

一方で近年普及しているIHヒーター等の電磁調理器は火気を使用しないので、「火気を使用する設備または器具」に該当しません。例えば火気使用室となる台所でガスコンロの代わりに電磁調理器を用いた場合、内装制限を受けません。

また季節的にストーブを用いる室や、臨時的にコンロを用いる室は内装制限の対象とはなりません。ただし1階の居間に暖炉を造り付けで設ける場合は、その使用が例え季節的であっても内装制限を受けますので注意が必要です。

5. 防耐火構造の種類

材料単体ではなく、建築部位での防耐火性能を定めた防耐火構造は、その性能ごとに耐火構造^{基準等1)}、準耐火構造^{基準等2)}、防火構造^{基準等3)}、準防火構造^{基準等4)}の4つがあります。また主要構造部と外壁の開口部で延焼のおそれのある部分に、それぞれ定められた性能の防耐火構造と防火設備^{基準等5)}により建築された建築物として、その性能ごとに耐火建築物^{基準等6)}、準耐火建築物^{基準等7)}があります。

建築物を建てる場合、その地域、用途、階数、規模により、用いる防耐火構造の種類が定められております。500㎡以下の戸建て住宅の場合では、表4のようになります。

道内で防火地域に指定されているのは、札幌市、旭川市、函館市などの主要都市の中心市街地のほかいくつかの市町に限られます。また準防火地域に指定されているのは、道内主要都市では市街地近辺の住宅地を含む地域や各町村では中心市街地などです。

したがって北海道で戸建て住宅を建築するにあたって、外壁等に求められる防耐火性能は、準防火地域で該当する防火構造、法22条地域で該当する準防火構造である場合が多く見られます。

表4 防火地域と必要とされる防耐火性能
(戸建て住宅の場合)

地域	階数	面積	
		100㎡以下	100㎡超500㎡以下
防火地域 ^{基準等8)}	3階建	耐火建築物	
	1,2階建	準耐火建築物	
準防火地域 ^{基準等9)}	3階建	令136条の2で定める技術的基準に適合する建築物	
	1,2階建	外壁・軒裏：防火構造 屋根：令136条の2の2で定める技術的基準に適合する構造	
準防火地域 ^{基準等10)}	3階建	外壁・軒裏：準防火構造 屋根：令109条の5で定める技術的基準に適合する構造	
	1,2階建	外壁・軒裏：準防火構造 屋根：令109条の5で定める技術的基準に適合する構造	

6. 防火構造・準防火構造の性能と仕様

ここでは北海道の戸建て住宅でよく用いられる防火構造、準防火構造の外壁について、それぞれ取り上げます。

防火構造、準防火構造で求められる防耐火性能は次のとおりです。

防火構造（外壁・軒裏）は加熱開始後30分間、準防火構造（外壁）は加熱開始後20分間、それぞれ建築物の周囲において発生する通常の火災によって加熱された場合に、次に示す性能を満足しなくてはなりません。

- ①構造耐力上支障のある変形、溶融、破壊その他の損傷を生じない。（耐力壁の場合のみ）
- ②当該加熱面以外の面（屋内に面するものに限る。）の温度が可燃物燃焼温度以上に上昇しない。

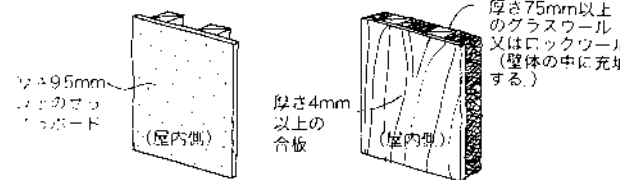
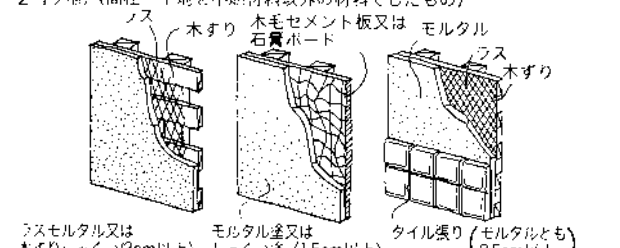

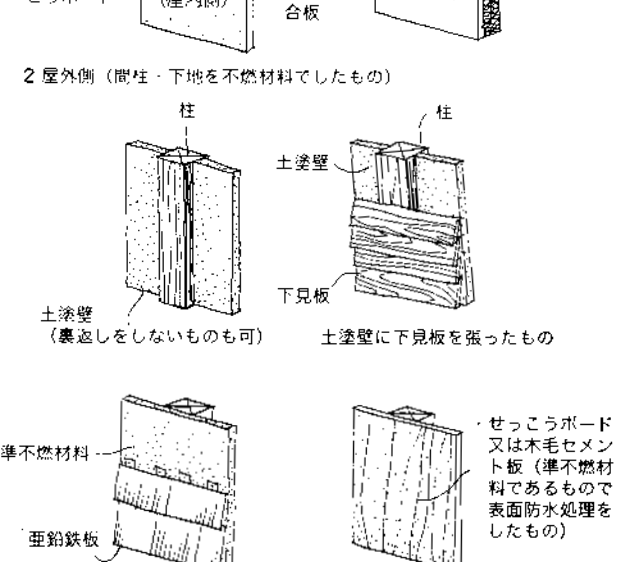
防火構造、準防火構造には、それぞれ適合する構造として、建築基準法の告示によって指定されたものがあります（表5）。告示の仕様以外の仕様を防火構造、準防火構造として用いる場合には、防火材料の場合と同様に、性能評価機関にて試験を実施して性能評価を行い、国土交通大臣の認定を受ける必要があります。

防火構造および準防火構造の告示では、屋内側の仕様と屋外側の仕様が別々に記されており、屋内側と屋外側を組み合わせることにより、壁体を構成します。

例えば、木下地を用いるとすると、屋内側の仕様を「9.5mm以上のせっこうボード」とし、屋外側の仕様

を「モルタル塗の上にタイルを張ったもので、その厚さの合計が25mm以上のもの」とした場合にはじめて、告示仕様の防火構造となります。屋内側だけ、もしくは屋外側だけ、片面のみを告示の仕様としても、告示仕様の防火構造とはなりませんので、ご注意ください。

表5 法令で定められた防火構造及び準防火構造の種類

防火構造 ^{基準等1)}	準防火構造 ^{基準等2)}
<p>(外壁) 耐力壁・非耐力壁共通</p> <p>1 屋内側 (2の屋外側と組合せて使用するもの)</p>  <p>厚さ9.5mm以上のせっこうボード (屋内側)</p> <p>厚さ4mm以上の合板 (屋内側)</p> <p>厚さ75mm以上のグラスウール又はロックウール (壁体の中に充填する)</p> <p>2 屋外側 (間柱・下地を不燃材料以外の材料としたもの)</p>  <p>フス 木ずり 木毛セメント板又はモルタル石膏ボード</p> <p>フスモルタル又は木ずりしゅくい(2cm以上)</p> <p>モルタル塗又はしゅくい塗(1.5cm以上)</p> <p>タイル張り(モルタルとも)(2.5cm以上)</p> <p>厚さ1.2cm以上の石膏ボード又は2.5cm以上の岩綿保温板</p> <p>柱 小まい竹</p> <p>土塗壁 (裏返し塗)</p> <p>鉄板張り又はスレート張り</p> <p>この他にも次の仕様がある ・土蔵造 ・セメント板又は瓦張りの上モルタル塗(厚さの合計2.5cm以上) 注) 間柱・下地を不燃材料とした仕様もある</p> <p>(軒裏) 上記の2の屋外側を使用する。</p>	<p>(外壁) 耐力壁・非耐力壁共通 防火構造としたものは、すべて適合する。</p> <p>1 屋内側 (2の屋外側と組合せて使用するもの)</p>  <p>厚さ9.5mm以上のせっこうボード (屋内側)</p> <p>厚さ4mm以上の合板 (屋内側)</p> <p>厚さ75mm以上のグラスウール又はロックウール (壁体の中に充填する)</p> <p>2 屋外側 (間柱・下地を不燃材料としたもの)</p>  <p>柱</p> <p>土塗壁</p> <p>下見板</p> <p>土塗壁 (裏返しをしないもの)</p> <p>土塗壁に下見板を張ったもの</p> <p>準不燃材料</p> <p>亜鉛鉄板</p> <p>・せっこうボード又は木毛セメント板(準不燃材料であるもので表面防水処理をしたもの)</p>

■基準等

「法」、「令」はそれぞれ建築基準法、建築基準法施行令を示す。

- 1) 法2条七号、令107条
- 2) 法2条七号の2、令107条の2
- 3) 法2条八号、令108条
- 4) 法23条、令109条の6
- 5) 法2条九号の2、令109条
- 6) 法2条九号の2、令108条の3
- 7) 法2条九号の3、令109条の3
- 8) 法61条
- 9) 法62条、法63条
- 10) 法22条、法23条
- 11) 平成12年建設省告示第1359号
- 12) 平成12年建設省告示第1362号

■HP

○防火材料等の国土交通大臣認定仕様の紹介

1.国土交通省HP

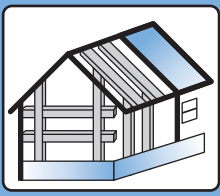
・構造方法等の認定に係る帳簿 <http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/register.html>

2.防火材料等関係団体協議会HP

・各業界団体取得の防火材料等の大臣認定 <http://www.kenchiku-bosai.or.jp/Jimukyoku/Bouka/Bouka.htm>

■参考文献

- ・国土交通省住宅局建築指導課/防火材料等関係団体協議会編「防火材料のしおり(2003改訂版)防火材料で安全建築をつくろう」(2003)
- ・日本建築行政会議編「建築物の防火避難規定の解説2005」ぎょうせい(2005)
- ・国土交通省住宅局建築指導課/防火材料等関係団体協議会/建築技術研究会編「基本建築基準法関係法令集2007年度版」建築資料研究社(2007)



構造・材料

E4-1

木造住宅の耐震性能の確保

～木造住宅の弱点と在来工法の耐震性能～

1. 地震被害から得る耐震設計のポイント

木造住宅の地震による被害は、被害の程度こそ地震動や住宅の強さなどによって大きく異なりますが、被害の内容は過去のいずれの地震においてもほぼ同じです。木造住宅の地震被害はパターン化していますので、逆に耐震性能を確保するためのチェックポイントは明らかになっていると言えるでしょう。

躯体の耐震性を確保するためのポイントを列記すると次のようになります。

- ①壁量が不足していないか。
- ②耐力壁の配置・バランスは悪くないか。
- ③柱・梁・土台の緊結が十分か。
- ④腐朽・蟻害が生じないように配慮しているか。
- ⑤基礎の耐力は十分か。
- ⑥地盤が悪くないか。



写真1 壁量不足と接合部の緊結不足による被害例



写真2 壁量の不足・偏心による被害例

写真1は、建物全体に耐力壁が少なかったことと、柱・梁・筋かいの接合部の緊結が不十分であったために1階が倒壊した例です。

写真2は、1階の2面に壁がほとんどない店舗兼事務所で、壁量不足と配置の悪さが原因で、地震時にねじれも発生して傾斜した例です。

写真3は、接合部の耐力不足による被害の例です。柱・梁・筋かいと土台の結合に固定金物が用いられていません。

写真4は無筋コンクリート基礎のため、液状化や地割れなどの地盤変動によって基礎が破断し、上部構造に変形が生じた例です。



写真3 接合部の緊結不足による被害例

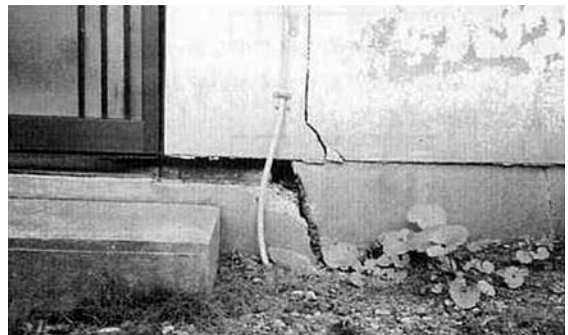


写真4 脆弱な基礎による上部構造の被害例

躯体に被害が及ばない程度の地震でも、外装材に被害が発生する場合があります。特に、比重の大きなモルタル外装材では、地震の度に大きなひび割れが生じたり、剥落したりする被害が数多く発生しています。写真5はその1例ですが、このようなモルタル外装材の被害は、モルタルの比重が大きいことが直接の原因ではなく、住宅の断熱・気密技術、あるいは水切りなどを含む防水処理が不適切であったために、モルタルを躯体へ留め付けているステーブルが劣化してしまったことが原因となっている場合がほとんどです。

■解説

- 1) 耐力壁線
建物の平面を構造的に仕切ってその線上に耐力壁をバランスよく配置する考え方
- 2) 面内剛性
平面が変形しないように抵抗する場合

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料



写真5 モルタル外装材の被害例

2. 木造住宅の分類と耐震性能の目標値

「この工法とあの工法はどちらがどれ位強いのか?」、「設計してくれたこの家は震度いくつで壊れるのか?」などの問いに対し、「あの工法がこの工法より1.9倍強いです」、「震度6強で2階の軒先が8cm傾き、震度7では倒壊します」などと完璧に答えることはできません。その理由としては、地震力が不確定であることから始まり、木造住宅は、柱材・横架材・斜材・面材・ファスナー（釘・ビス・金物類）・外装材・内装材などの様々な部材で構成されていること、それらの構成部材が一体化していないこと、更には、要求される生活様式に対応させた多様な間取りや部材の組み合わせが存在することなどが挙げられます。飛行機や車などの機械製品と大きく異なる点と言えるでしょう。

木造住宅は一般に、「軸組構法」と「桝組壁工法（ツープайフォー工法）」と「パネル工法」に大別されています。「軸組構法」は、柱と梁と筋かいで構成され、地震に対しては筋かいが抵抗する構造形式であると分類されていますが、「軸組構法」は「在来工法」とも呼ばれ、これまでの経験値と、時代や地域のニーズに応じて変貌を遂げています。実際、北海道の「在来工法」の住宅では、「桝組壁工法」における耐力要素である面材が多用されています^{参考文献1)}。「桝組壁工法」や「パネル工法」には、「軸組構法」には無い多くの構造規定が定められていますが、それは「軸組構法」よりも後発の工法であったからであって、多くの構造規定によって確保しようとする耐震性能は「軸組構法」と同等の耐震性能なのです。兵庫県南部地震（阪神淡路大震災）では、鉄筋コンクリート造などの近代建築の被害はもとより、「在来工法」の木造住宅の被害が顕著であったことが取り上げられました。これによ

て「在来工法」は弱いのではとの風潮が高まりましたが、「在来工法」における被害は、「新耐震設計法」（1981年）以前の既存不適格の住宅に集中していたことが明らかとなっています。また、兵庫県南部地震後、実大住宅の加振実験など、各地で木造住宅の研究が精力的に行われた結果、「新耐震設計法」を遵守している「在来工法」は兵庫県南部地震に耐えられる十分な耐震性能を有していることがわかりました。

その様な中、「在来工法」を強くするためではなく、「在来工法」の耐震性能を確保し、兵庫県南部地震のような惨事を二度と起こさぬようにするために、構造上重要な事項が平成12年に改めて法令化^{基準1)}されました。例えば、「在来工法」では、それまでは住宅が全ての方向に対して安全であるように耐力壁を釣り合いよく配置するようには定められていましたが、具体的にどのように釣り合いよく配置すべきかまでは規定されていませんでした。「桝組壁工法」や「パネル工法」では耐力壁線^{解説1)}の考え方を導入し、法令化されていましたが^{基準2)}、「在来工法」では明確にされておらず、法的な規制も無く、耐力壁線のような考え方を守ることが推奨されているだけでした。また、近年のように、耐力壁に構造用面材や剛性の高い面材が使用されるようになってくると、その面内剛性^{解説2)}に適合した耐力が接合部になれば、接合部が弱点となって倒壊に結びつく甚大な被害が発生してしまいますので、継ぎ手や仕口などの接合部についても仕様規定化されました。

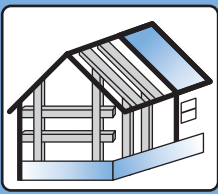
いずれも所要の性能を確保するための使用規定であり、納まりだけでなく、その規定によってどのような性能を確保しようとしているのかを理解しておく必要があります。種々の設計法・評価法が定められている中、設計者・施工者には、ユーザーの生活と財産を守るために、どのような考え方で設計・施工しているのかをユーザーへ説明できる能力がより一層求められています。

■基準

- 1) 建築基準法施行令第3章第3節
- 2) 平成13年国土交通省告示第1540号

■参考文献

- 1) 「北海道における木造住宅の耐震性に関する研究」 北方建築総合研究所 平成8.9年度



構造・材料

E4-2 木造住宅の耐震性能の確保 ～耐力壁の性能と壁量設計～

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

阪神・淡路大震災の以前も以降も、木造住宅では「壁量計算」と呼ばれる簡便な設計法によって、様々な間取りの住宅設計が行なわれています。しかも、「壁量計算」の核である「必要壁量」は、同震災以降も変更されませんでした。しかしながら、「必要壁量」が見直されなかったことは、新耐震基準による設計法が完璧であったということの意味するものではありません。

阪神・淡路大震災が発生する以前より、「性能規定化」への移行を念頭に置いた、新たな設計法の開発プロジェクトの発足が検討されていました。そして、阪神・淡路大震災を契機としてそのプロジェクトの加速度が増し、平成12年の建築基準法の改定に至りました。この改定では、「限界耐力計算」や「許容応力度計算」が設計法の選択肢として新たに設けられましたが、一定規模以下の木造住宅においては従前のような「壁量計算」による簡便設計が認められました。この時、「壁量計算」による簡易設計法を確実に成立させる為に、接合部や耐力壁の配置に関する仕様がより細かに規定されることとなりました^{基準等1)}。更には、構造計算による設計法との整合性に配慮して、耐力壁の強度、即ち「壁倍率」の評価方法が変更されました。

木造住宅の主要耐力要素である耐力壁がどのように評価されているのか、また、壁量設計が成立するための要件を理解することは、現在取り扱っている、あるいは今後開発しようとしている耐力壁・工法の性能を理解する上で非常に有効です。

1. 耐力壁の性能の求め方—壁倍率—

旧基準法では、幅1mの壁の頂部に1.275kN（基準耐力）の水平力を作用させた時に、変形角が1/120rad（特定変形角）となる性能の壁を「壁倍率1.0」と評価していました。壁倍率を求めるために、壁の加力実験データから直接算出する指標値は次の3つでした。

- ① 特定変形時の荷重 ⇒ 剛性
- ② 最大荷重の2/3の荷重 ⇒ 最大耐力
- ③ 最大変形時の荷重の1/2の荷重 ⇒ 靱性

①～③の荷重の中の最小値を用い、試験体のばらつきなどを考慮して壁倍率を算出していました。試験方法は、無載荷式、タイロッド式、あるいは載荷式としていました。これに対し、現行の告示によって壁倍率を求める場合、試験方法は、タイロッド式あるいは無載荷柱脚緊結式によることとなりました。これは、耐力壁のせん断変形に対する抵抗力をより適正に評価できるよう、柱脚接合部の破壊などの影響を排除するためです。耐力壁そのもののせん断性能を把握する試験とし、柱脚など接合部の設計は別途行うという考え方が取られました。また、壁倍率を求めるために、壁の加力実験データから直接算出する指標値は次の4つとなりました（図1）。

- ① 特定変形時の荷重 ⇒ 剛性
- ② 最大荷重の2/3の荷重 ⇒ 最大耐力
- ③ 降伏耐力 ⇒ 降伏耐力
- ④ 終局耐力と塑性率による指標値 ⇒ 靱性

③と④は完全弾塑性モデル^{解説1)}から求めることになっています。そして、基準耐力は1.275kN/mから1.96kN/mへと変わりました。これは、「許容応力度

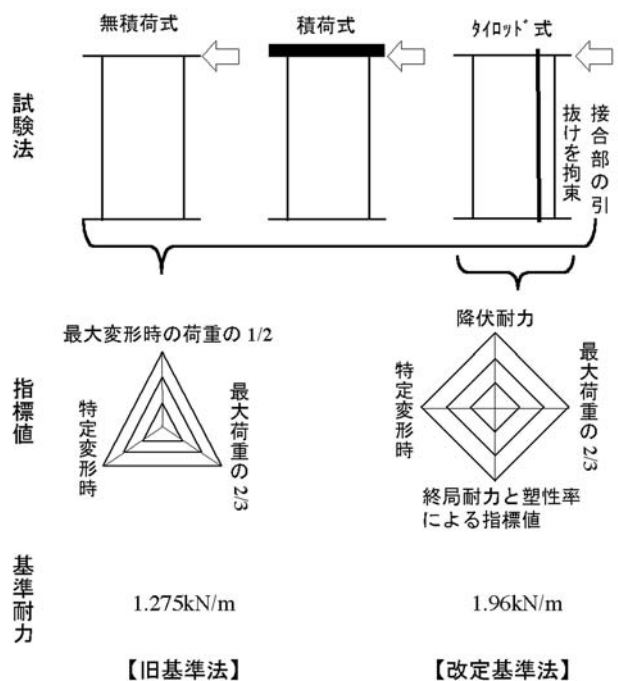


図1 耐力壁の評価方法

■解説

1) 完全弾塑性モデル

応力と歪みの関係で、応力がある点に達するまでには完全弾性を保ち、それ以降、応力は一定を保ち歪みだけが進行していくようにモデル化したもの。

設計」などの構造計算時の基準耐力と整合性を取るという意図もありました。これによって、木造住宅の設計体系が一本化しました。

耐力壁では、①剛性、②最大耐力、③降伏耐力、④靱性の4つの性能のうち、どれか一つの性能が突出していても、壁倍率として良い評価は得られないことがわかります。脆いビスを用い、間隔を狭めて面材を躯体へ留め付けても、初期剛性は高くなるかもしれませんが、ねばり強さ（靱性）が確保できないでしょう。当然のことながら、釘・ビスなどのファスナーの性能も壁倍率へは反映されるのです（写真1参照）。4つの性能のバランスを考えて耐力壁を構成することが肝要です。

また、試験方法と評価方法が整理され、従前にもまして、壁倍率は耐力壁のせん断抵抗力に特化した性能を示す指標値となりました。耐力壁のせん断耐力を十分に発揮させるために、壁倍率と壁脚部接合部の耐力とのバランスに配慮すること、そのための知識が改め必要となっています^{基準等1)}。

2. 必要壁量

木造住宅における「必要壁量」は、昭和55年から現在まで変更されていません。従いまして、「壁量計算」によって耐震設計を行う際の留意事項は、一貫して変わっていないと言えます。必要壁量算出の前提条



写真1
施工性の向上を図る、あるいは新しい壁工法を開発する際にはビスの性能も確認

件について熟知し、固定荷重や積雪荷重に配慮して、余裕のある壁量を確保するように心がける必要があります。

(1) 積雪荷重の取り扱い

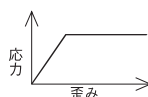
積雪地域において最も注意しなければならないことは、「在来工法」に対する建築基準法の「必要壁量」については、その誘導過程において積雪荷重が考慮されていないことです。これを鑑みて、北海道では、平成5年より、最低でも「重い屋根」に対して規定されている「必要壁量」を準用することとしてきました。また、後発の「枠組壁工法（ツーバイフォー工法）」^{基準等2)}の規定には、1mの積雪荷重を考慮して算出された必要壁量が示されていますので、大いに参考にすべきでしょう。平成10年には、通称「性能表示制度(品確法)」^{基準等3)}が制定されました。「性能表示制度」では、住宅の等級を評価する際に積雪荷重を考慮した「必要壁量」を指標値とすることができますが、注意しなければならないのは、建築基準法における「必要壁量」と、「性能表示制度」における「必要壁量」とは異なるという点です。「性能表示制度」では、住宅の耐震性能に係る等級を1、2、3に分けており、建築基準法の必要壁量が確保できていれば等級1とし、基準法の耐震性能を基準として、その1.25倍、1.50倍の耐震性能を有する場合を、それぞれ等級2、3と評価します。しかしながら、等級2や3で求められる必要壁量は、基準法の必要壁量の1.25倍、1.50倍よりも多くなる場合があります。等級2の必要壁量を1.25で除した壁量を「性能表示制度」における等級1相当の必要壁量と解釈して、各種必要壁量との関係を図2に示します。要するに、等級1は基準法同等ですが、「基準法の1.25倍の壁量を入れたから品確法の等級2です。」ということにはならないのです。こうしてみると、「住宅表示制度」の必要壁量を満たすことは大変なように感じるかもしれませんが、「性能表示制度」では、耐力壁の他に準耐力壁・腰壁・垂れ壁に対しても等価な壁倍率を与えており、実情報をより多く取り入れて耐震性能を評価できるようになっています。これに対し、基準法の必要壁量は、地震荷重の2/3を耐力壁が負担することを前提として算定された壁量です。ユーザーへの性能説明を果たすと共に、

■基準等

- 1) 平成12年5月31日建設省告示第1460号
- 2) 平成13年10月15日国土交通省告示第1540号
- 3) 品確法
住宅の品質確保の促進等に関する法律

■HP

- 1) http://www.jtcpm.or.jp/seino_siryu_list#gyoumuhouhoucho



設計中の住宅の実性能を検証する上でも、「性能表示制度」に準じた検討手法を大いに活用するべきでしょう。

におさまっているか否かに配慮し、ユーザーの持つ不安に対して説明ができるようにすることが肝要です。

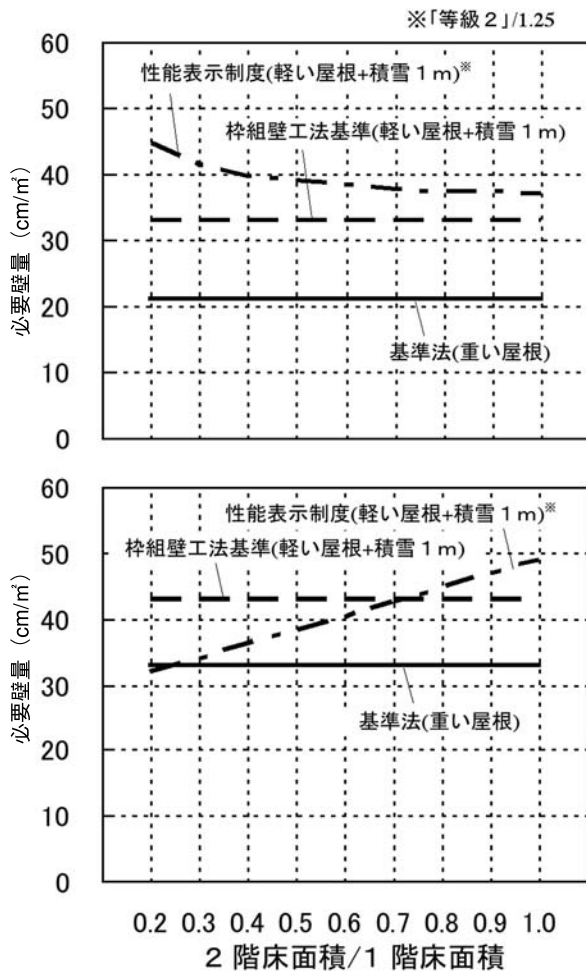


図2 2階建て木造住宅の必要壁量 (地震地域係数=1.0)

表1 必要壁量算出時の地震時の固定・積載荷重 (単位: 単位床面積当り、kgf/m²)

	基準法	住宅表示制度
軽い屋根	60	95
(重い屋根)	(90)	
壁	60	95 (ラスモル+石膏ボード)
床	50	60
床積載	60	61

3. 壁量設計を成立させるために

壁量設計は構造計算を行わない簡便な設計法ですが、壁量設計を成立させるためにはいくつかの要件があり、それぞれの要件を満たすための仕様が建築基準法に定められています。定められた仕様によらない場合は、構造計算によることとなります。

壁量設計を成立させるための要件としては、大きく次の3つが挙げられます。

- ① 柱頭柱脚などの接合部が先行破壊しないこと
- ② 耐力壁がバランス良く配置されていること
- ③ 水平構面（床組・小屋組）が先行破壊しないこと

壁量設計では、地震力や風圧力などの外力は全て耐力壁で負担することを前提としています。外力を耐力壁へせん断力として作用させる条件として①が挙げられます^{→P97}。また、壁量設計では、各階・各方向において、耐力壁の耐力の単純加算が成り立つように要件を整える必要があります。そのためには②耐力壁の配置と③水平構面の耐力への配慮が必要になります。

(1) 耐力壁の配置

耐力壁の配置バランスの確認方法を図2に示します。これは通称「1/4分割法」として、建築基準法に規定されている手法です^{基準等1)}。充足率とは、(存在壁量/必要壁量)のことを意味します。「性能表示制度」では、「耐力壁線」という指標値を用いて、水平構面のチェックと一連の作業の中で確認を行うことができます。

(2) 必要壁量算出時の固定荷重

「在来工法」の必要壁量を算出する際に想定された木造住宅の各部材の質量は概ね表1に掲げるとおりであることを把握しておく必要があります。

レンガやブロックは、地場の砂・砂利を使用しての生産が可能であり、統一感のある町並みを形成することもでき、何よりも耐久性の高いことが魅力ですが、一般の外装材と比べて非常に重い材料ですので、剥落に対する配慮はもちろんのこと、軸組への負担が大きくなることについての配慮も必要になります。レンガやブロックを外装材として使用する際には、地震時の剥離・剥落に対する留め付け強度の確認だけで終わらず、壁の重量が必要壁量算出時の想定内

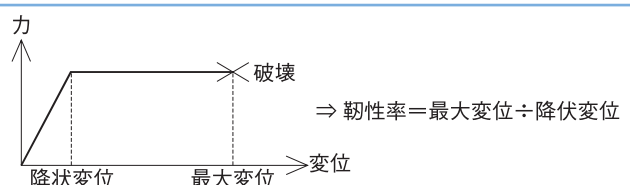
■解説

1) 靱性率

粘り強さを表す指標値の一つ。
最大変位を降伏変位で除した値。塑性率の逆数。

■基準等

- 1) 平成12年5月23日建設省告示第1352号



なお、規定化はされていませんが、次の2項目は、構造計画上非常に重要な確認項目と言えます。

- ①上下階の耐力壁を揃えること
- ②2階耐力壁直下に柱を配置すること

即ち、必要壁量は総2階建てを想定して算定されているので、セットバックを設ける場合などは、「性能表示制度」に準じた検討を必要とします。

(2) 水平構面（床組・小屋組）剛性の確保

耐力壁より水平構面が先行破壊する場合として、主に次の2つの場合が考えられます。

- ①耐力壁間隔が大きい、あるいは水平構面の奥行きが小さい場合
- ②上下階の壁線のずれなどの不釣合いがある場合

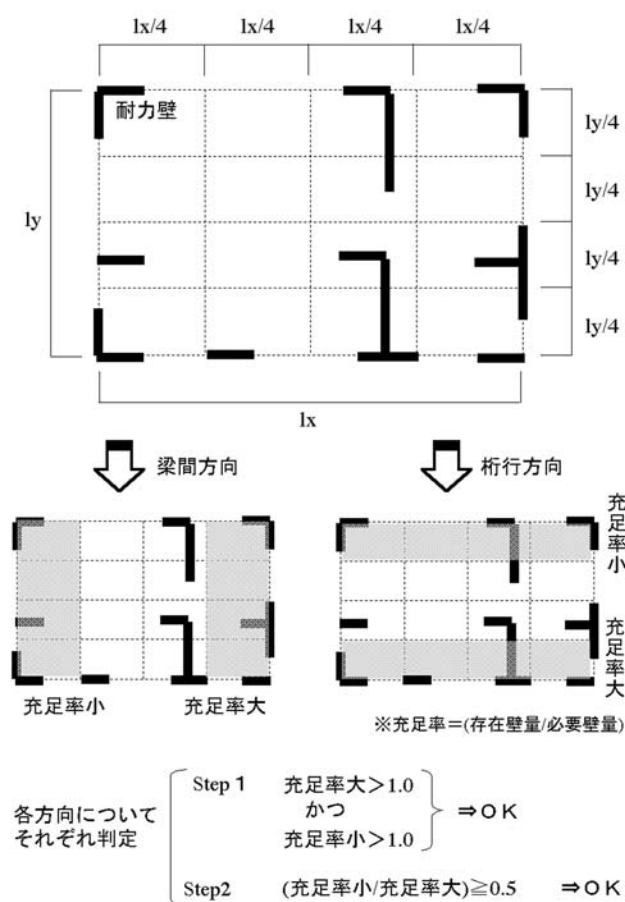


図2 耐力壁の配置：1/4分割法による確認方法

これらのことに配慮して、「性能表示制度」では、「必要床倍率」と「耐力壁線距離の最大値」を設定しています。

1) 床倍率

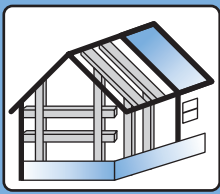
床倍率とは、前出の壁倍率と基本的に同じ考え方で算定した、床水平構面のせん断耐力の指標値で、様々な床組の仕様について床倍率が設けられています。また、小屋裏を含む水平構面を評価する場合などは、壁倍率と同様に、床組水平構面と勾配屋根水平構面のそれぞれの床倍率を足し合わせて評価することも許されています。

水平構面のせん断耐力が定義できれば、その水平構面にせん断力が作用した時に、水平構面と横架材（胴差）との接合部に生じる応力が算定できるようになります。「性能表示制度」では、「接合部倍率」という指標値を使って、水平構面と横架材との接合部の耐力を検証できるようになっています。

2) 耐力壁線距離

耐力壁線とは①各階各方向の外壁線の最外周を通る平面上の線、②各階各方向の床の長さの6/10以上でかつ、4m以上の有効壁長を有する平面上の線のいずれかに該当するものをいいます。

耐力壁線距離には制限が設けられており最大値は「8m以下」あるいは「筋かいのない壁だけの住宅の場合12m以下」となっています。筋かい壁か面材壁かの仕様の相違で判断するようになっていますが、これは、階高2.7mとした検討モデルの耐力壁と水平構面との変形の幾何学的な関係から求められた判断値です。耐力壁の剛性と粘り強さに関係する指標値「靱性率」^{解説1)}が、3以上4未満の耐力壁の場合が前者、4以上が後者となっています。即ち、筋かい壁は面材壁より靱性が乏しいということです。また、耐力壁線距離は剛性が大きく、かつ、粘り強い耐力壁を用いると、間隔を広げてよいことが読み取れます。



構造・材料

E4-3 木造住宅の耐震性能の確保 ～接合金物の選定～

壁量設計が成立するための重要な要件のひとつに、「柱頭柱脚などの接合部が先行破壊しないこと」が挙げられます^{→P95}。この要件を確保するために、

- ①筋かい端部と軸組みとの留め付け部
- ②軸組端部の柱頭柱脚と横架材との仕口

における接合金物の仕様が、それぞれ告示で規定されています^{→P93}。しかしながら、柱頭柱脚については、必要とされる引抜力を検証することによって、告示^{基準等¹⁾}に示された接合金物の仕様を緩和することも認められています。

1. 柱頭柱脚の引抜力の評価

柱頭柱脚の引抜力を算定する方法の一つに、通称「N値計算」^{参考文献¹⁾}があります。告示の接合金物の仕様もこの算定手法によって決定されました。告示の仕様を決定する際には次の仮定が設けられています。

- ①上階と下階に同じ耐力壁が配置されている
- ②上階と下階の筋かいは同寸法で逆向き
- ③片側に壁倍率^{→P93}を有する耐力壁がない

その結果、大きく安全側の結果が得られることになり、告示の仕様は部位によってはかなり過剰なものとなっています。

2. N値計算の特徴

N値計算は、実際に柱に生じる引抜力を、その柱に隣接する壁倍率を用いて簡便に算定する計算法です。実状に応じて適切なN値計算を行えば、接合金物を合理的に選択することができます。

N値計算では、隣接する耐力壁の壁倍率を使用し、筋かい耐力壁の場合、筋かいの断面寸法・向き・組み合わせに応じて補正するという考え方が基本となっています。検討対象とする柱の両側に耐力壁が付く場合

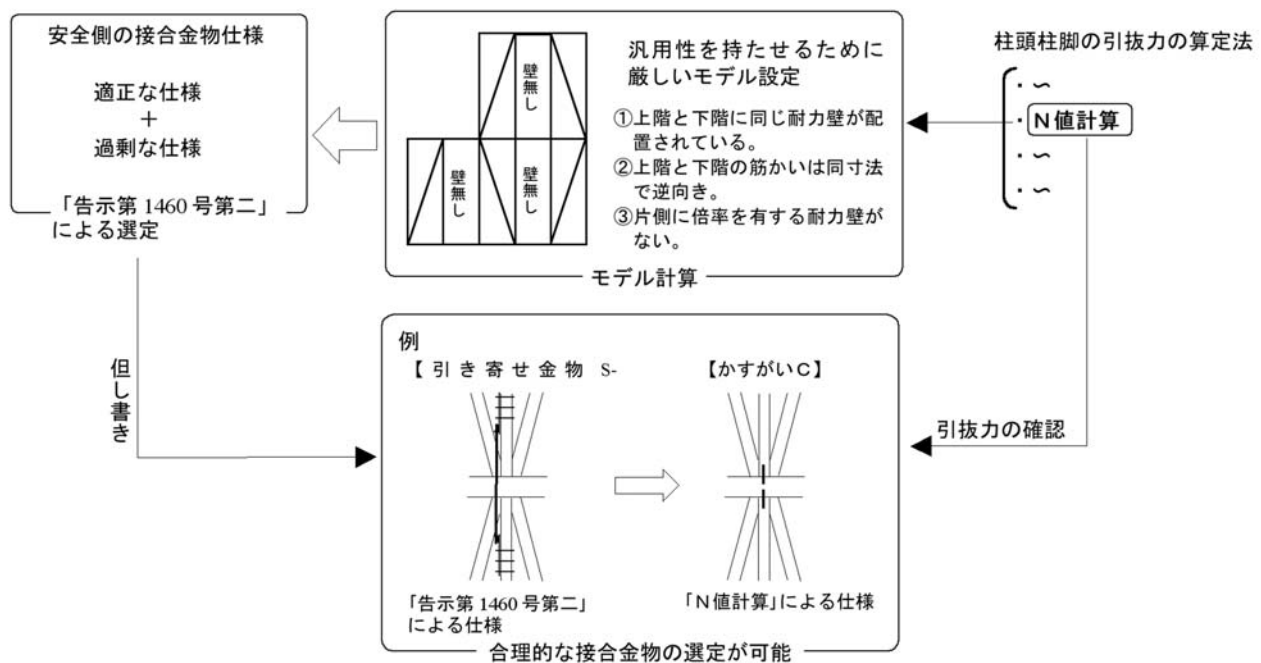


図1 接合金物の選定：告示の仕様とN値計算

■基準等

1) 平成12年5月31日建設省告示第1460号

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

は、補正して得られる両値の差をとって引抜力とします。面材を使った耐力壁の場合は、補正は必要ありません(図2) 参考文献2)。この補正のための値を、現場での筋かいの向きの管理状況などの不確定要素を考慮して安全側に修正した値が(財)日本住宅・木材技術センターより示されています参考文献3)。補正して得られる引抜き力を基に、柱周辺部材による押さえの効果・上階の引抜力の影響・鉛直荷重による押さえの効果を考えて、柱の位置に応じた引抜力を算定します。告示の仕様は、算定時の仮定より、押さえの効果などが考慮されていない分、安全側の仕様ということになります。

このようにして得られるN値は、倍率1の耐力壁1mの単位許容せん断耐力^{P94}と反力間距離とで規準化されていることとなりますので、単位せん断耐力として1.96kN、反力間距離を階高さ2.7mと仮定してそれぞれを乗じることで、必要耐力が得られることとなります。

$$N \text{ 値} \times 1.96 \text{ k(N/m)} \times 2.7 \text{ (m)} = \text{必要耐力 (kN)}$$

実用可能な接合部には、それぞれ許容耐力が示されていますので、その許容耐力を(1.96kN/m×2.7m)で除せば、N値としての比較が可能となります。許容耐力と必要耐力、あるいはN値として比較し、必要耐力または必要なN値を上回る接合部仕様を選択します。

なお、「性能表示制度」では、床構面を構成する梁・胴差しなどの接合部を検討する際の指標値として「接合部倍率」を設けていますが、これも(1.96kN/m×2.7m)で規準化された接合部の耐力の指標値で、同様のものです。

3.柱頭柱脚の引抜力を低減するための配置

N値計算の考え方に基づくと、柱頭柱脚の引抜力を低減するためには、柱の両側には同程度の壁倍率を有する耐力壁を配置するような配慮が有効であることがわかります。

N値計算を行うことにより、引き寄せ金物のランクを落とすことや、羽子板ボルトやかすがいへ変更することも可能となります。このような検討例も前出の(財)日本住宅・木材技術センターより示されています参考文献3)、大いに活用すべきでしょう。

4.N値計算の運用上の留意点

告示の仕様による場合も、N値計算による場合も、柱頭柱脚は同じ接合金物を使用することとなっています。また、建築基準法において壁倍率が与えられている耐力壁を計算の対象とするため、準耐力壁・腰壁・垂れ壁は考慮しないこととなっています。より詳細に接合部の仕様を検討したい場合は、許容応力度設計などの構造計算が必要となります。

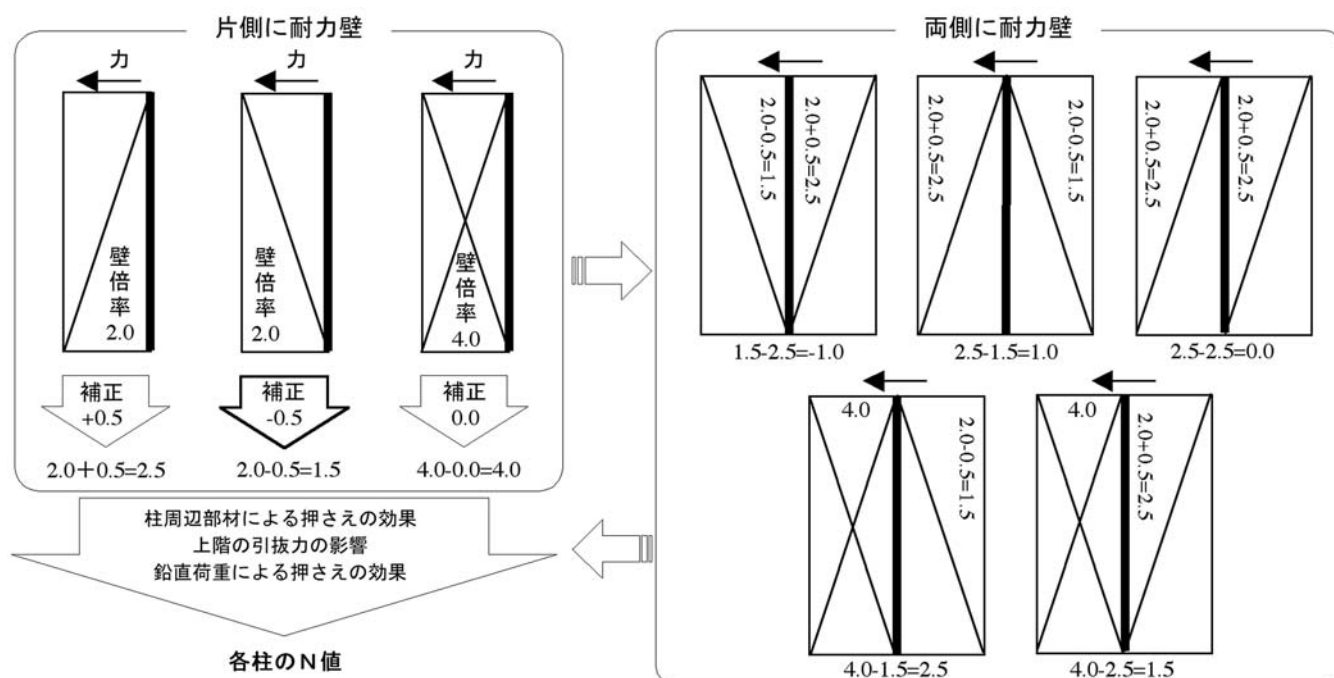


図2 N値計算の基本的な考え方
(筋かい: 45mm×90mm)

参考文献

- 1) 平成12年6月1日施行改正建築基準法(2年目施行)の解説(監修:建設省住宅局建築指導課、平成12年7月9日)
- 2) 改正建築基準法の構造関係規定の技術的背景(編著:国土交通省建築研究所、協力:(社)建築研究振興協会、平成13年3月30日)
- 3) 平成12年建設省告示1460号に対応した木造住宅用接合金物の使い方—Zマーク表示金物と同等認定金物—(財)日本住宅・木材技術センター、平成13年6月)

廃棄物、あるいは道内で産出される資源などを「建材」に出来ないだろうか？という相談はよく寄せられます。しかし、一口に建材と言っても要求される性能は使用部位により異なり、また、それに関するJISなどの規格・基準類も多岐に及びます。建材を開発する方が、これら全てを網羅することは容易ではありません。更には、建材の開発者が建築に関する知識を持ち合わせていない場合もあります。相談内容も「どのような性能を知りたい」より「手元に原材料はあるが、物性をどう生かせば良いのか解らない」「どのような試験を行えば良いのか解らない」といった例が多く見られます。

平成19年7月より、北海道立の試験研究4機関（工業試験場、林産試験場、衛生研究所、北方建築総合研究所）にて、道内企業の建材開発をサポートするシステム「建材開発支援システム（Do! Ecomatシステム）」の試行を始めました。本システムは、北海道にある未利用資源や廃棄物などを原材料とした建材を開発しようと考えている道内企業に対して、原材料から建材開発へ至るまでの全ての過程でサポートを行う仕組みです。

従来、道内企業への建材開発のサポートは、依頼試験や技術相談などを通じ、様々な形で各試験研究機関ごとに行って来ました。本システムでは「建材」を対象に、図1のとおり試験研究機関個々のサポートを連携させることで、企業にとってより良いサポートを提供できるようにしました。

- ①手元にある原材料を建材化したい
- ②原材料の長所を生かして、付加価値のある建材としたい
- ③建材を開発したが、建材としての各種性能を調べたい

などの要望がありましたら、まずは北方建築総合研究所にご連絡下さい。一度、お話をお伺いさせていただき、本システムにて原材料あるいは建材の情報を4機関にて共有し、どのような試験が必要なのか、また、それはどの機関で対応できるのか、更に特性をより生かすような方法がないかなどについて、まとめてお答えします。なお、相談受付は先に挙げた試験研究機関で行っています。

4機関共通メールアドレス

E-mail : do-ecomat@hri.pref.hokkaido.jp

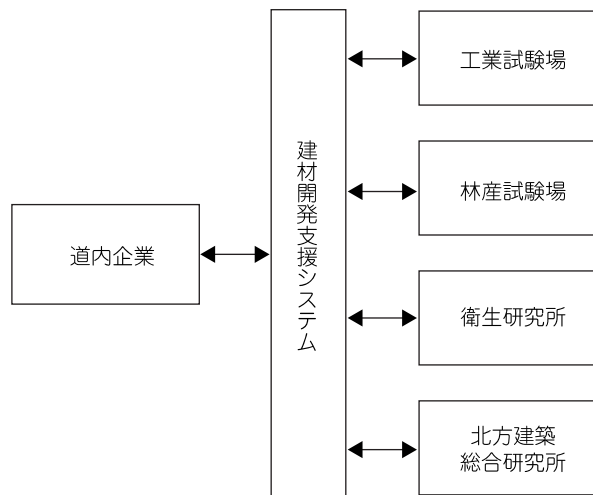


図1 建材開発支援システム概要

■HP

- 北海道立工業試験場 <http://www.hokkaido-iri.go.jp/>
- 北海道立林産試験場 <http://www.fpri.asahikawa.hokkaido.jp/>
- 北海道立衛生研究所 <http://www.iph.pref.hokkaido.jp/>
- 北方建築総合研究所 http://www.hri.pref.hokkaido.jp

★免震設計

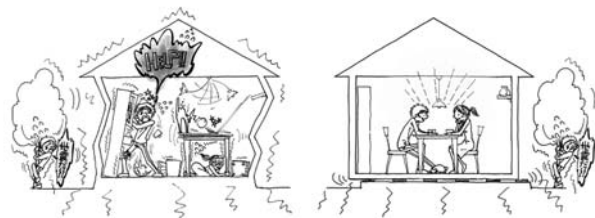
建物の耐震設計の基本は、地震動によって建物へ作用する力・揺れ方を想定し、その力・揺れ方に対して十分に抵抗できる耐力を確保することです。地盤の揺れがそのまま建物へ伝わる一般的な構造形式の場合、地震時に建物は地盤と共に大きく揺れるため、建物内でも、什器の転倒や設備・精密機器の損傷などを防ぐための耐震対策が必要となります。

これに対し、地震動によって建物へ作用する力や揺れそのものを小さくするための工夫を施した構造形式を「免震構造」と呼びます。幾度か地震を受けた免震構造の建物で得られたデータの解析結果からもその効果が認められ、新築はもとより、既存の病院などにも後施工で適用されてきています。

★共同研究による免震装置の開発

既存住宅の耐震改修の促進が国や道の施策として取り組まれている昨今ですが、当所では平成12年度に、既存住宅への適用が可能な免震装置を開発する共同研究をスタートさせました。このプロジェクトで開発した免震装置は、特殊な材料を使わないことで低コスト化と高耐久化を実現すると共に、ニーズに合わせて様々な変位・荷重仕様に応用できる機構となっています。

現在、既存住宅に先駆けて、精密機器や文化財を地震から守る部分免震での実用化が進んでいます。



▲免震構造は 住宅自体の損傷も室内での被害も低減できる▲

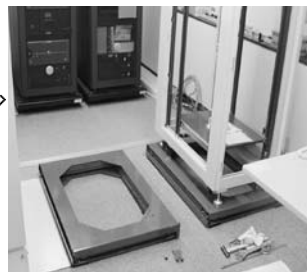
★北国における既存住宅の免震化のメリット

既存住宅を免震化できるとどのようなメリットがあるのでしょうか？既存の住宅の下に新たに階を造ることができます。すると、新しい階の分だけ床面積が増え、そこに車庫を設けると、路上駐車が少なくなります。また、ファミリー・ルームや趣味の部屋などを設けると、冬期の屋外活動が難しい雪国では特に利用価値があります。更に、新設の階と既存部分の間に免震装置を設けることによって、既存部分を補強することなく、地震に対する安全性を高めることができます。このような新しい工法を実現させるには、装置・技術面のみではなく、高さ制限などに対する法制面からのアプローチも重要となってきます。



後施工に適した薄型の免震装置
北総研、ドーピー建設工業(株)、日本電気システム建設(株)、(株)サポートテクノスの共同研究により開発しました。
詳しくは北総研または(株)NewsT研究所 (<http://www.newst.biz/>) へお問い合わせ下さい。

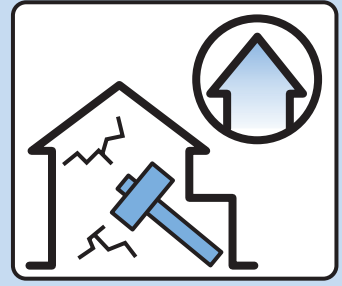
住宅より一足早く
部分免震で実用化



精密機器の保護に
(ネットワークサーバー用ラック)



文化財の保護に
(福岡市博物館の金印)



F

リフォーム

性能改修
～住宅改修時には性能向上を～

木造住宅の合理的な改修技術
～断熱・耐震改修工法～

バリアフリー改修
～高齢者・要介護者のための住宅改修～

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料



F1 性能改修

～住宅改修時には性能向上を～

リフォーム

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

1. 既存住宅の性能レベル

道内には約119万戸（平成15年住宅・土地統計調査）の木造戸建て住宅がありますが、建設された年代によって性能に大きな隔りがあります。

耐震性能については、建築基準法が昭和34年、56年の2度にわたり改正されて、必要軸組量が大幅に強化されているため、全体の43%を占める昭和56年以前の建物（図1）については耐震性能が不足しているものが多いことが考えられます。

断熱性能については、昭和55年に省エネ基準が示されたあと2度にわたり改正されています。北方型住宅の普及もあり、比較的新しい住宅については一定水準の省エネルギー性能を確保した住宅が多いのに対して、古い住宅ではそうでないものも多くみられます。

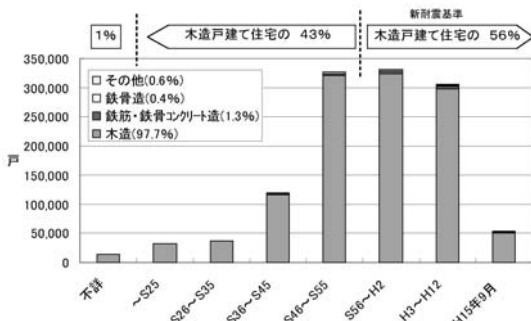


図1 建築時期別の戸建て住宅数(道内)

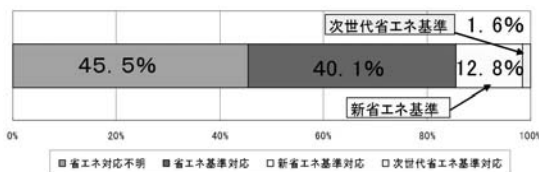


図2 戸建て住宅における各省エネ基準の普及率推計(道内)

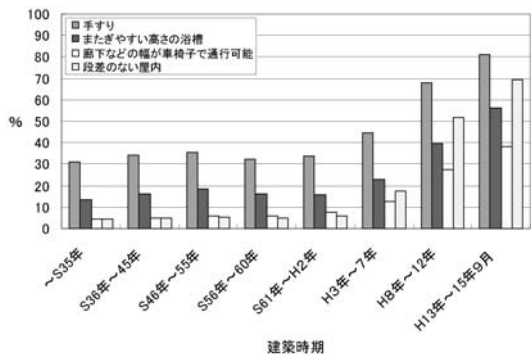


図3 戸建て住宅における高齢者等のための設備を有する割合(道内)

断熱性能がある程度高いといえる新省エネルギー基準レベルに達している住宅は、14%程度に過ぎない（図2）と推計されます。

高齢化対応についても融資制度などにおいてバリアフリー化が進められはじめたのが平成3年（1991年）からで、多くの住宅でバリアフリー化は進んでいない（図3）と考えられます。

2. 性能改修の方法

(1) 耐震改修

耐震改修は地震時に倒壊しないよう建物を補強します。耐震改修を行うには、はじめに建物が持っている性能を把握するための耐震診断^{解説1)}を行います。診断結果に応じてどのような改修を行うか計画を立ててから工事を行います。

耐震改修工事では、必要な耐力がえられるよう筋交いや構造用合板、金物で補強を行います。

(2) 断熱改修

断熱改修は暖かく健康に、省エネルギーで経済的に暮らすために、断熱化、気密化を行います。壁や天井、床の断熱材の強化、断熱性能の高い窓への交換、気密化などの改修を行います。

(3) 高齢化対応

居住者の加齢に伴う身体機能の低下によるケガの予

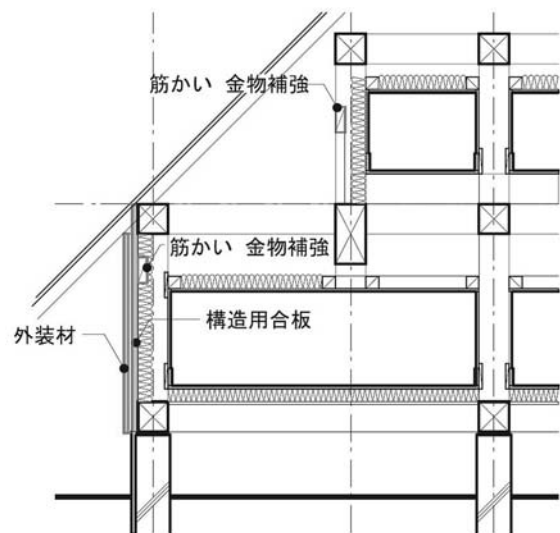


図4 耐震改修例

■解説

1) 耐震診断

建物の耐震性能を評価する手段。参考「木造住宅の耐震診断と補強方法」(財)建築防災協会)など。

防、自立生活の維持、介護のしやすさなどを達成するための改修です。段差の解消や広さの確保、使いやすい設備の設置などの改修を行います。

3. 同時施工による工事の合理化

住宅の改修では、外壁の改修が多いようですが、外壁改修は耐震改修、断熱改修を行ういい機会です。耐震改修、断熱改修とも外壁の全部、または一部交換を行うため、この3つの工事をまとめて行うことで、建物の耐久性向上と耐震性、断熱性向上が合理的に行うことが可能となります。

反対に、外壁改修だけを実施してしまった場合は、あとで耐震改修を行うために再度外壁をはがすことでの工事費用の増加、若しくははがさないで工事を行うために工事が難しくなる等の支障をきたすことになります。

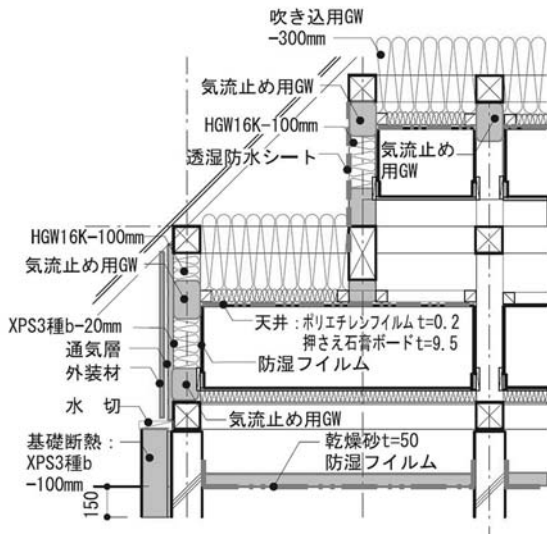


図5 断熱改修例



図6 高齢化対応改修例

4. 断熱改修時の性能目標

断熱改修では性能を上げれば上げるほど省エネルギー化も図られ、室内環境も改善され快適になりますが、改修費用が増加してくるため適切な目標を設定することが重要です。

図7は1970年代の断熱材がほとんど機能していない住宅を改修して、次世代省エネルギー基準、新省エネルギー基準まで引き上げたときの、工事費用や全屋暖房を前提とした灯油消費量を試算した結果をまとめたものです。次世代省エネ基準にするための工事費用（外壁の取り替え工事も含む）は374万円ですが、灯油代の節約が年13万円となり、長い期間で見れば回収可能な費用と考えることができます。また、このときの室内環境の快適さには大きな差があり、断熱化の総合的な価値は高いといえます。性能レベルを新省エネ基準とした場合の工事費用の差は19万円に過ぎず、次世代省エネ基準高断熱化してしまう方がよいといえるでしょう。

5. 建て替えよりも改修

耐震化、断熱化、外装改修と大規模改修を行っておけば建物の耐久性も高くなり、相当の期間使い続けられる住宅となります。このときの費用は同等の性能の新築住宅と比べて3、4割安くすることも可能で、居住者にとっては経済的負担が少なく済みます。築年数の経過した住宅に住むことの多い高齢者にとっては、大規模改修は合理的な選択肢といえます。結果的に建物の寿命を長くなれば環境負荷の低減にもつながるでしょう。

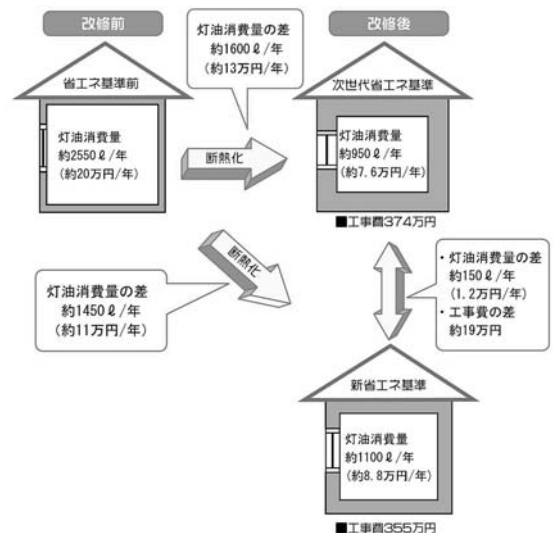


図7 断熱改修時の性能と改修費用

参考文献

住宅の性能向上リフォームマニュアル 編集・発行 北海道立北方建築総合研究所
北方建築総合研究所 HP よりダウンロード可能 <http://www.kri.pref.hokkaido.jp>



リフォーム

F2

木造住宅の合理的な改修技術

～断熱・耐震改修工法～

住宅・街並み計画

雪処理計画

室内環境

断熱・気密

構造・材料

リフォーム

資料

1. 合理的な改修技術の構築

住宅の諸性能を同時に向上させるリフォーム計画を提案できれば、ユーザの負担をかなり軽減できることをご紹介しました^{P104}。ここでは耐震改修と断熱改修を一度に行う一石二鳥（外装改修を入れると三鳥）の改修技術をご紹介します。

2. 耐震・断熱改修工法の構成

ここでご紹介する改修方法は、次の2つの技術で構成されています。

A工法：構造用合板による仕口・筋かいの補強・断熱改修工法

B工法：既存モルタル外装を活用した耐震・付加断熱改修工法

この技術は、北方建築総合研究所の共同研究（室蘭工業大学（鎌田研究室）・NPO法人住宅外装テクニカルセンター）と重点研究の成果を一般化したものです。

3. 断熱改修のポイント

気密・断熱が不適切な住宅では、部屋の中をどんなに暖かくしても、暖めた空気は壁の中を通過して上へ移動し、そして外へ逃げてしまいます。また、その時に壁の中に冷たい空気があった場合、あるいは、気流によって壁の中へ冷たい空気が引き込まれた場合は、室内で発生した空気中の水蒸気が水滴となって現われ、結露となります。

このようなメカニズムを考えると、壁の上の部分と下の部分を何らかの方法でふさぎ、壁の中の空気の流れを

止めることが、室内で暖めた空気の流失を防ぎ、壁の中の結露を抑えるのに有効であることがわかります^{P66}。

また、暖めた空気が壁の中を通過して上へ逃げていくような場合は、いくら壁内に断熱材を入れても効率が上がりませんが、その逃げ道をふさぐことによって、断熱材も本来の役割を果たすことができるようになります。

「壁の中の気流を止めること」、これが、ここで紹介する耐震・断熱改修工法の断熱改修に当たる部分です。壁内結露の防止、暖めた空気の流失防止、既存断熱材の再利用と、断熱改修だけでも一石二鳥（三鳥？）の効果を期待します。

4. A工法の手順

A工法の手順は、概ね次の通りです（図1参照）。

Step 1：壁の上部と下部の外装材とその下地を一定幅で切り取り、軸組み（柱・梁・土台）をあらわにする。

Step 2：軸組みが腐っていないか確認する。腐っている場合は適切な補修を施す。

Step 3：グラスウール断熱材を、ビニール袋に詰め、中の空気を抜いて圧縮した状態で軸組みの中へ詰め込む。

Step 4：ビニール袋に傷を付けて、挿入した断熱材の圧縮を解除する = 気流止め

Step 5：構造用合板を打ち付けてふたをする。

「Step2」と「Step5」で耐震改修の要素がでできます。

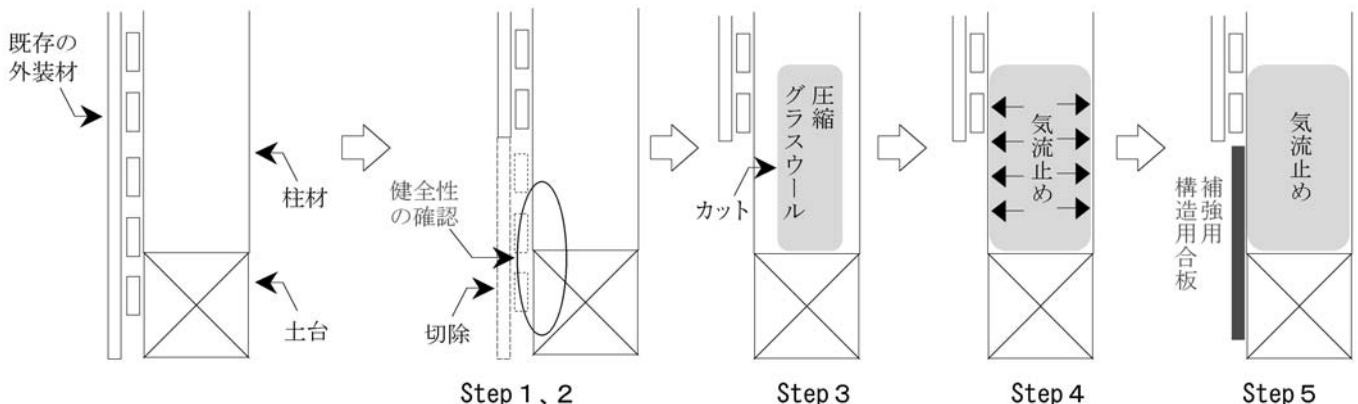


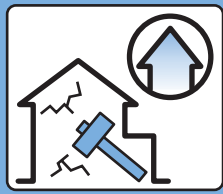
図1 構造用合板による仕口・筋かいの補強・断熱改修工法の手順

■解説

- 1) Zマーク金物
(財)日本住宅・木材技術センターが承認または同等認定する高品質な金物。
- 2) 壁強さ倍率
耐震診断における壁の強さの指標値。「壁倍率」とは異なる。
- 3) 技能評価
既存建築物の防災に関する新技術の評価 (財)日本建築防災協会HP参照 (右頁HP)

■規格

- 1) JAS規格 1類2級 (C-D以上)
- 2) JIS A 5508 (くぎ)



リフォーム

F3

バリアフリー改修

～高齢者・要介護者のための住宅改修～

1. 高齢化に対応するための住宅改修

(1) 住宅改修の必要性

加齢によって身体機能が低下することは、個人差があるにしても避けられないものです。高齢になっても生活を豊かに快適なものにするには、慣れ親しんだ自宅での暮らしを継続できることが重要です。安心して住み続けるためには、高齢化に対応した住宅改修が必要になります。

高齢化のための住宅改修は、正しい知識に基づき人それぞれの身体状況に合わせた工事によって目的が達成されます。ただ単に段差を解消し、手すりを付ければよいというものではありません。握っても回転してしまう手すり、麻痺側で使えない手すり、急勾配のスロープで設置したためにかえって危険になってしまう改修などの失敗も起きてしまいます。使用する人の個別性をよく理解することで改修する目的を明確にし、場合によっては介護などの専門家の意見を確認しながら改修を行うなど、間違いが起きないようにすることが重要です。

退院時には病院からアドバイスをもらい、介護保険を利用する場合は、居宅介護支援事業所や地域包括支援センターなどに相談します。

(2) 住宅改修の目的

改修は高齢者本人の希望をかなえ、日常生活を自立してできることが必要です。食事や排泄、移動などの行為を可能にしたり、家族が介助しやすくしたり、それぞれの目的について検討します。

1) ADL^{解説1)}(日常生活動作)の向上

生活上の動作を自分の力で可能にすることが目的です。物理的なバリアを取り除き動作をできるようにしたり、時間がかかっていた動作を早くできるようにしたりします。

2) 介護負担の軽減

高齢者による介助を継続できるようにすることも重要です。動作を介助しやすくするなどの身体的な負担のほか、つきっきりの介護には精神的な負担の軽減にもつながります。

3) QOL^{解説2)}(生活の質)の向上

これまでと変わらない、自分らしい快適な生活を送ることができるようにします。また、寒さ、暗さ、臭さなどの見えないバリアを取り除き、在宅での生活が安全で豊かになるように住環境を整えます。

2. 要介護者の住宅改修

(1) 改修の進め方

まず本人や家族がどのような生活を望み、何が障害になっているか、その立場に立って正しくとらえることが必要です。

改修案の検討にあたっては現地調査を行い、住宅の状況、本人の生活習慣と身体状況、疾患の経時的変化を含めた特性、家族の介護能力、福祉機器や用具との関係、経済的な側面などを把握することが重要です。

改修案を作成した後は、改修の目的や効果、改修によって生じるメリットやデメリット、改修費用などを本人や家族にわかりやすく伝えることが求められます。また、工事を実施している時にも関係者とのコミュニケーションを取りながら行うことが必要です。

(2) 他職種との連系と対応

改修を適切に行うためには、様々な職種との連携も重要なこととなります。

ケアマネージャー^{解説3)} HP¹⁾ は、介護サービスとの調整などを行いますので、最初に相談できる窓口になります。その他にも医療系や福祉系の方と連携し、工事内容について検討します。保健師や看護師は要介護者の疾病などの健康状態を把握していますし、理学療法士^{解説4)}や作業療法士^{解説5)}には身体機能や動作から、手すりの位置などの指示を求めることができます。社会福祉士は、暮らしの支援について相談できます。地域に住宅改善支援チームがあれば、積極的に活用することが有効です。

3. 介護保険制度を活用した住宅改修

(1) 介護保険制度を活用した住宅改修工事

住宅改修に介護保険制度を活用する場合には、工事で

■解説

1) ADL (Activities of Daily Living 日常生活動作)

食事・排泄・更衣・入浴・移動・整容など生活を営む上で不可欠な基本的行動。

2) QOL (Quality of life 生活の質)

人としての満足や幸福感をもって生活できているかどうかの観点。排尿の自立による自尊心の確保、外出による社会生活の維持など、精神的な面を含みます。

3) ケアマネージャー (介護支援専門員)

介護保険制度における要介護者からの相談に応じ、介護サービスの内容を提案する。2000年に施行された「介護保険料」に定められた公的な資格。

4) 理学療法士 (PT)

身体的に障害をもった人に対し、測定や検査により要因を明らかにし、運動療法や物理療法などを行います。

工前に、市町村へ申請することが必要です。事前申請がない場合は、たとえ対象となる工事を行っていても介護保険給付がされません。

介護保険では、要介護(要支援)区分に関わらず対象工事費20万円を上限としてその9割が支給されます(最高18万円の支給)。一度の改修で全額を使いきらない場合は、数度に分けて活用することも可能です。

また、このほかに市町村などで助成を行っているところもあります。詳しくは、各市町村の窓口にお問い合わせください。

表1 介護保険給付対象工事

手すりの取り付け
段差の解消
床材料の変更(滑りの防止・移動の円滑化等)
引き戸等への扉の取り替え
洋式便器等への便器の取り替え
その他上記工事に付帯して必要な工事

(2) 工事以外の介護サービス

(1)の工事以外にも介護保険制度では、手すりやスロープなどで工事を伴わない(固定式ではない)ものについて、貸与や購入のサービスを受けることができ、これにより改修工事に係る給付限度額を有効に活用することができます。ただし、介護保険制度により指定された福祉用具事業所からのサービスに限られるため留意が必要です。

表2 福祉用具貸与^{解説6)}対象

手すり	体位変換器
スロープ	歩行器
車椅子と付属品	歩行補助杖
特殊寝台と付属品	認知症老人徘徊感知機器
床ずれ防止用具	移動用リフト

表3 特定福祉用具購入^{解説7)}対象

腰掛便座
特殊尿器
入浴補助用具
簡易浴槽
移動用リフトのつり具

いずれの場合であっても、介護保険を活用することを検討するのであれば、ケアマネージャーと事前に相談することが必要です。

4. 各部屋の改修ポイント

(1) 便所の改修

便所は、日常生活でよく使われる場所です。また身体機能がどんなに低下しても、排泄は人に頼りたくない行為の一つです。できる限り自立できるように配慮が必要です。

1) 便所空間

車いすから便器に安全に乗り移るためには、車いすから便器に近づくことができるように、まず入口とドアの幅を確保し、段差をなくすことが必要です。

また、空間を広く確保することによって、車いすが便所内に収まることができれば、ドアを閉めて排泄できるようになり、プライバシーを守ることができます。便所空間の確保は、歩行可能な方においても介助を必要とした場合には、介助者の動作を容易にし、負担を軽減することになります。

2) 便所までの通路

便所までの動線を短くすることにより、便意を催してからの時間を短くでき、安心感を得ることができます。場合によっては、これまでおむつやポータブル便所等を使用している方が改修により便所での排泄が可能になることがあります。

3) 便所の手すり

側方へのL字形手すりの設置は、便座への立ち座り動作が安定し、安全に動作できるようになります。また、座っている姿勢の保持やお尻を浮かす動作の補助が可能となることから、介助負担の軽減にもつながります。

また、L字形手すりと前方手すりの併設が有効な場合もあるので、高齢者本人の動作確認が重要です。また、便器のかさ上げなどにより、座面を高くし立ち座りを楽にすることもできます。

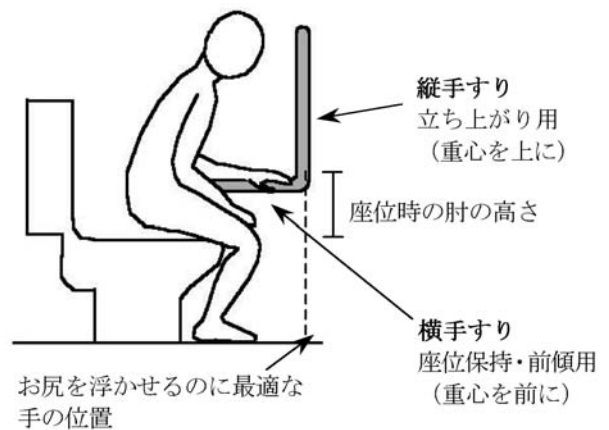


図1 便所の手すり位置

■解説

5) 作業療法士 (OT)

身体や精神の機能回復を促すために、生活作業活動を用いて、治療・訓練・指導を行います。

6) 福祉用具貸与

介護用品の貸出。ケアマネージャーが他のサービスとあわせて限度額内で貸与されます。

7) 福祉用具購入

介護用品の購入補助。1年間で10万円を上限に9割が支給されます

■HP

1) 日本介護支援専門協会 <http://www.jcma.gr.jp/index.html>

(2) 浴室等の改修

入浴は、体を清潔にするだけでなく、気持ちをリラックスさせてくれますので、入浴を毎日楽しみにしている高齢者は多いかと思えます。しかし、浴室は、床が濡れると滑りやすくなり、衣服の着用がないため温度変化が身体に大きく影響する場所です。高齢者や要介護者が安全にかつ快適に使用できる環境を整えなければなりません。

浴室以外にも、入浴後は血圧の変化によりふらつきやすくなることから、安全に着替えを行うためには脱衣室も同様の配慮が必要であり、着替えを寝室で行う場合には、浴室との道のりも暖かく安全にするとともに、プライバシーに対する配慮も求められます。

1) 浴室空間

浴室と脱衣室との段差は、浴室の入口の反対側に排水が流れるように配慮し、入口部分に排水溝を付けることで、段差を解消することが有効です。また、浴室への移動の介助を容易にするためにドア幅を確保するほか、浴槽への移動を容易にするためシャワーチェア¹⁾を活用するためには浴室空間の確保が必要となります。

全介助となり、浴室移動が困難になった場合には、脱衣室から浴槽までの固定リフト²⁾を設置することで、楽に浴場に入浴することができます。ただし、設置にあたっては床や、天井などの強度の確認が必要となります。

2) 浴室内の手すり

浴室内では、立ち上がり、座り、浴槽のまたぎなど様々な動作を行います。滑りやすい床では転倒などの事故の危険性があります。

安全に入浴を行えるように手すりを設置することが有

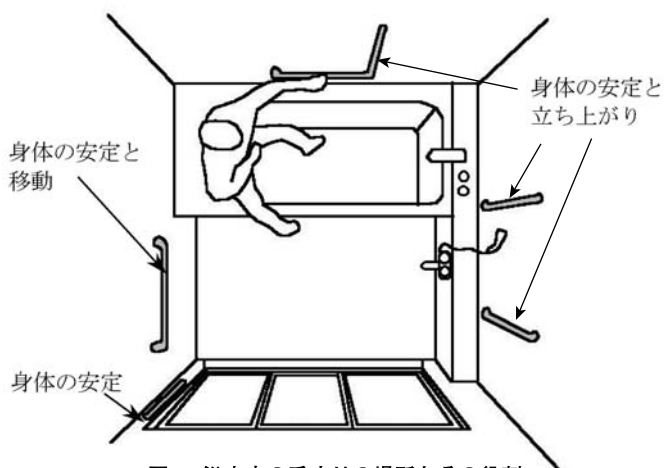


図2 浴室内の手すりの場所とその役割

効ですが、その設置位置については、身体状況に応じて、浴室内の動作を実際に確認したうえで、適切な位置にしなければなりません。

(3) 通路の改修

1) 通路の手すり

安全に移動できる廊下にするためには手すりを設置することが有効です。ただし、取り付ける位置に手すりを固定するためには、柱など十分な強度を持つ下地材が必要です。無い場合は35mm×105mm以上の受け材か、厚さ12mm以上の構造用合板で補強します。設置する下地材の大きさは、手すり設置位置の変更などに対応できるように幅や高さゆとりを持たせることが必要です。

2) 建具の変更

廊下が狭く動作に制限がある場合などには、開き戸から引き戸へ変更することにより、立ち位置を変えずに開閉動作を可能にすることができます。しかし、引き戸へ変更することだけが改修方法ではなく、場合によっては、開き勝手を逆にするだけで、移動しやすくなることもあります。身体状況や部屋の位置関係などを考慮し検討することが重要です。

和室の出入口段差は、小さなスロープで解消することも出来ませんが、歩行が不安定な人に人にとっては、かえって危険となることもあり、その場合には、敷居を撤去し段差をなくすようにします。

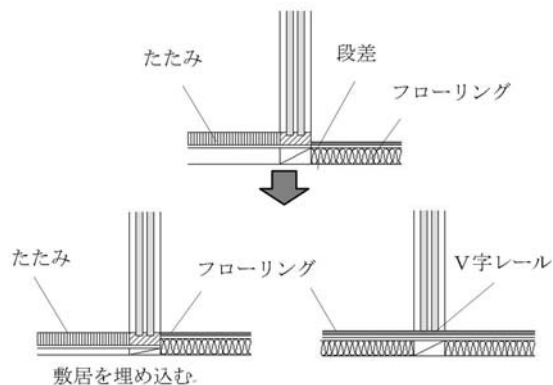


図3 和室の段差解消

(4) 玄関・アプローチの改修

社会生活を続けるためには玄関に行くことや屋外へ出ることが大切です。しかし、室内から外出するまでの動線には、様々な段差があります。このような段差によって外出機会を制限されている高齢者も少なくありません。

■解説

1) シャワーチェア

入浴時に体を洗うときや浴槽への移乗時に使用します。

2) リフト

移動において全介助が必要な人に使用します。固定式の他に天井走行式や床走行式のものがあります。

3) 段差解消機

人や車いすを乗せたまま、機械的に台が上下することによって、段差を上り下りすることができる装置のことです。

4) 階段昇降機

階段部分に取り付けられたレールによって移動するリフトのこと。住宅では椅子に乗り換えるものが主流ですが、立って乗るものや車いすごと乗るものもあります。

1) 段差の解消・軽減

玄関には上がり框に大きな段差があるほか、玄関扉の段差、さらに屋外に階段がある住宅もあります。このような場合には、地盤面から室内までの段差を解消するような配慮が必要になります。

① 段差解消機^{解説3)}の設置

地盤面からの段差が1m程度までの車いす移動に有効です。乗り降りの方向に注意し、できるだけ車いすがまっすぐ進入できる動線にし、車椅子を乗り換える場所に車椅子収納スペースを確保します。

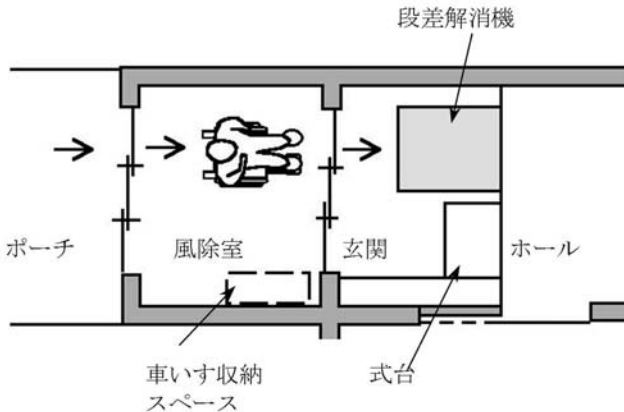


図4 段差解消機の設置例

② 階段昇降機^{解説4)}の設置

高床住宅など、地盤面から1階床までの段差が大きい住宅で、椅子から立ち上がる動作と椅子に安定して座っていることができる場合に有効です。

車いすで移動している場合には、乗り換えスペースや、階段の上に屋内用、下に屋外用の車いすが必要になります。

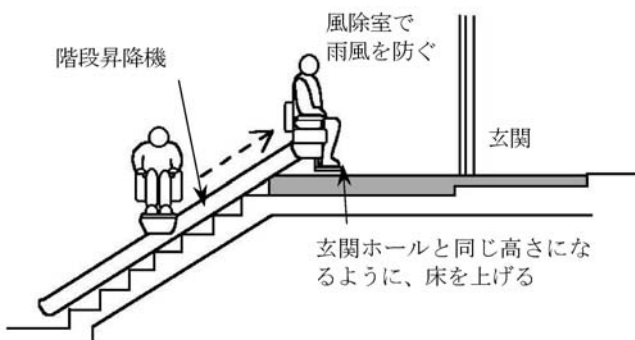


図5 階段昇降機の設置例

③ スロープの設置

地盤面から玄関ホールまでの段差が小さく、敷地に余裕がある場合に有効です。ただし、歩行が不安定な場合

には、スロープの方が階段より危険な場合もあるため留意が必要です。

勾配は可能な限り1/20以下にすることが有効であり、冬期も使用するためにはロードヒーティングの設置や屋根をかけるなど、積雪や凍結への対策が必要となります。また、スロープの設置だけではなく、階段を併設することで家族にとっても使いやすくなります。(図6)

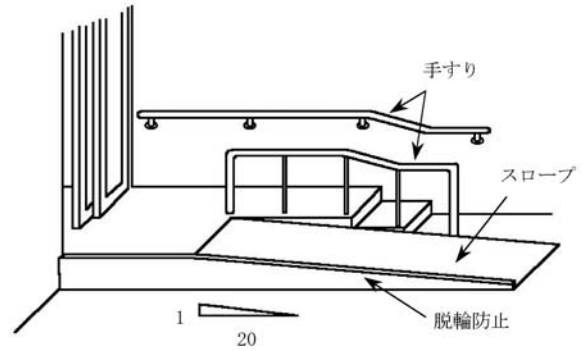


図6 スロープの設置例

④ 段差の軽減

階段の段数を増やし1段あたりの蹴上げ高さを低くすることで、負担を軽減することができます。

床には滑りにくい材料を使い、滑り止めは足が引っかからないように突出させず、目立つ色にすることなどの配慮が必要です。階段の両側に手すりを付け、屋外の場合は、積雪・凍結への対策を行うことが必要です。



図7 緩い階段の設置例

2) 動線の変更

玄関での段差の解消が難しい場合には、居間などの掃き出し窓を利用して、外出できるように動線を変更する方法が考えられます。このとき、掃き出し窓が重たくて操作しにくい場合には、軽いものへの変更や、扱いやすい引き手に取り替えることも必要です。また、段差解消機やスロープ、緩い階段を設置したときは、新たな動線のアプローチの整備も必要となります。

■HP

北海道 保健福祉部 介護高齢課 <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/nf/kgh/>
厚生労働省 <http://www-bm.mhlw.go.jp/topics/kaigo/>

■参考文献

高齢者・障害者のための住宅改造マニュアル 編集 北海道保健福祉部

1.住宅に関する基準

国の基準・告示など

■省エネルギー関係

国土交通省改正省エネルギー法関連情報(住宅・建築物関係)

<http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/syouene/shouene.html>

エネルギーの使用の合理化に関する法律(抄)(住宅・建築物関係部分)

(昭和54年法律第49号 最終改正:平成17年8月10日)

<http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/syouene/shouene/houritsu.pdf>

住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準

(平成18年経済産業省・国土交通省告示第3号 公布:平成18年3月27日)

<http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/syouene/shouene/kokuji2.pdf>

住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する設計、施工及び維持保全の指針

(平成18年国土交通省告示第378号 公布:平成18年3月27日)

<http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/syouene/shouene/kokuji3.pdf>

■品確法

住宅の品質確保の促進等に関する法律関連情報

<http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/torikumi/hinkaku/hinkaku.htm>

住宅の品質確保の促進等に関する法律(平成11年法律第81号)

平成18年 5月1日【会社法の施行による一部改正の施行】

<http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/torikumi/hinkaku/180501law.pdf>

日本住宅性能表示基準(平成13年国土交通省告示第1346号)

平成18年10月1日【変更】

<http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/torikumi/hinkaku/061001hyouji.pdf>

エネルギーの使用の合理化に関する法律施工規則

<http://www.law.e-gov.go.jp/cgi-bin/idxsearch.cgi> (e-Gov法令データ提供システム)

※法令索引検索で法令名を入力して検索できます(他の法令などもここで検索できます)

道の基準、条例など

■北方型住宅

北方型住宅に関する各種情報

http://www.kita-sumai.com/04_download/download.html

北方型住宅技術解説書

http://www.kita-sumai.com/04_download/pdf_files/giju_all.pdf

その他

日本工業標準調査会(日本工業規格JISの検索、閲覧が可能)

<http://www.jisc.go.jp/index.html>

JAS協会(日本農林規格JASの閲覧)

<http://www.jasnet.or.jp/>

日本建築学会(研究論文の検索、閲覧ができます)

<http://www.aij.or.jp/aijhomej.htm>

2.次世代省エネルギー基準の熱損失係数及び熱貫流率の算出方法と断熱材の熱抵抗値

(1)「住宅に係わるエネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び特定建築物の所有者の判断の基準」の熱損失係数の基準値

熱損失係数(Q値)とは建物内部と外気の温度差を1℃としたときに、建物内部から屋外に逃げる熱量を1時間あたり、床面積1m²あたりで表したものです。表記基準では表1.1に示す値以下としています。計算は式①及び②を用いて行います。北海道の地域区分はⅠ地域とⅡ地域(13市町村[※])があります。また、実例を上げた計算方法の解説は「BIS北方型住宅の熱環境計画」社団法人北海道住宅リフォームセンターを参考にしてください。

表1 熱損失係数の基準値(単位(W/m²K))
(次世代省エネルギー基準)

	地域区分Ⅰ	地域区分Ⅱ
熱損失係数	1.6	1.9

表2 Hiの値

外気	気に通じる小屋裏 又は天井裏	気に通じる床裏
1.0	1.0	0.7

$$\text{熱損失係数} Q = (\sum A_i \cdot K_i \cdot H_i + \sum (L_{Fi} \cdot K_{Li} \cdot H_i + A_{Fi} \cdot K_{Fi})) + 0.35 \cdot n \cdot B / S \quad \cdots \text{式①}$$

$$K = \frac{1}{R_1} \quad \cdots \text{式②}$$

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \cdots + R_0$$

- Q: 熱損失係数 (W/m²K)
- A_i: 外気又は外気に通じる床裏、小屋裏若しくは天井裏(以下「外気等」という。)に接する第 i 部位(地盤面をコンクリートその他これに類する材料で覆った床又は床裏が外気に通じない床(以下「土間床等」という。)を除く。)の面積 (m²)
- K_i: 第 i 部位の熱貫流率(内外の温度差1℃の場合において1m²当たり貫流する熱量をワットで表した数値であって、当該部位を熱の貫流する方向に構成している材料の種類および厚さ、熱橋により貫流する熱量等を勘案して算出するものとする。ただし、熱橋により貫流する熱量は断熱補強の方法に応じて適切に算出するものとする。)
- H_i: 第 i 部位又は第 i 土間床等の外周の接する外気等の区分に応じて次の表1.2に掲げる係数
- L_{Fi}: 第i土間床等の外周の長さ(m)
- K_{Li}: 第i土間床等の外周の熱貫流率(W/m²K)
- A_{Fi}: 第i土間床等の中央部の面積(m²)
- K_{Fi}: 第i土間床等の中央部の熱貫流率(W/m²K)
- n: 換気回数(回/h)
- B: 住宅の気積(m³)
- S: 住宅の床面積の合計(m²)

※ 函館市、松前町、福島町、知内町、木古内町、江差町、上ノ国町、厚沢部町、乙部町、熊石町、せたな町(大成区、北桧山区)、島牧村、寿都町

(2) 「住宅に係わるエネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び維持安全の指針」の熱損失係数の値と算出方法熱貫流率の基準値

熱貫流率とは、各部位の内外の温度差1℃の場合において1m²あたりに貫流する熱量を表します。表記基準と北方型住宅基準では表1.3に示す値以下としています。なお、熱貫流率の算出式を式③に示します。また、実例を上げた計算方法の解説は「BIS 北方型住宅の熱環境計画」社団法人北海道住宅リフォームセンターを参考にしてください。

$$K = \frac{1}{R_1 + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + R_0} \quad \dots\dots \text{式③}$$

- R_1 : 室内側表面熱伝達抵抗 (m²K/W)
- R_0 : 外気側表面熱伝達抵抗 (m²K/W)
- $d_1 + d_2 \dots\dots d_n$: n 番目の部材の厚さ (m)
- $\lambda_1 + \lambda_2 \dots\dots \lambda_n$: n 番目の部材の熱伝導率 (W/mK)

表3 熱貫流率の基準値(単位(W/m²K))

		地域区分 I	地域区分 II
		木造の住宅	
屋根又は天井		0.17	0.24
壁		0.35	0.53
床	外気に接する部分	0.24	
	その他の部分	0.34	
土間床等の外周	外気に接する部分	0.37	
	その他の部分	0.53	
開口部		2.33	

(3) 「住宅に係わるエネルギーの使用の合理化に関する建築主等及び維持安全の指針」の断熱材の熱抵抗値

表4 断熱材熱抵抗値と厚さⅠ地域

住宅の種類	断熱材の 施工法	部 位		断熱材の熱 抵抗の値 [m ² K/W]	断熱材の厚さ[mm]					
					A-1	A-2	B	C	D	E
木造の住宅	充填断熱工法	屋根又は 天井	屋根	6.6	345	330	300	265	225	185
			天井	5.7	300	285	260	230	195	160
		壁		3.3	175	165	150	135	115	95
		床	外気に接する床	5.2	275	260	235	210	180	150
			その他の床	3.3	175	165	150	135	115	95
		土間床など の外周部	外気に接する床	3.5	185	175	160	140	120	100
			その他の部分	1.2	65	60	55	50	45	35
		枠組壁工法 の住宅	充填断熱工法	屋根又は 天井	屋根	6.6	345	330	300	265
天井	5.7				300	285	260	230	195	160
壁				3.6	190	180	165	145	125	105
床	外気に接する床			4.2	220	210	190	170	145	120
	その他の床			3.1	165	155	140	125	110	90
土間床など の外周部	外気に接する床			3.5	185	175	160	140	120	100
	その他の部分			1.2	65	60	55	50	45	35
木造、枠組壁 工法又は鉄骨 造の住宅	外張断熱工法			屋根又は天井		5.7	300	285	260	230
		壁		2.9	155	145	135	120	100	85
		床	外気に接する床	3.8	200	190	175	155	130	110
			その他の床							
		土間床など の外周部	外気に接する床	3.5	185	175	160	140	120	100
			その他の部分	1.2	65	60	55	50	45	35

表5 断熱材の熱抵抗値と厚さⅡ地域

住宅の種類	断熱材の 施工法	部 位		断熱材の熱 抵抗の値 [m ² K/W]	断熱材の厚さ[mm]					
					A-1	A-2	B	C	D	E
木造の住宅	充填断熱工法	屋根又は 天井	屋根	4.6	240	230	210	185	160	130
			天井	4.0	210	200	180	160	140	115
		壁		2.2	115	110	100	90	75	65
		床	外気に接する床	5.2	275	260	235	210	180	150
			その他の床	3.3	175	165	150	135	115	95
		土間床など の外周部	外気に接する床	3.5	185	175	160	140	120	100
			その他の部分	1.2	65	60	55	50	45	35
		枠組壁工法 の住宅	充填断熱工法	屋根又は 天井	屋根	4.6	240	230	210	185
天井	4.0				210	200	180	160	140	115
壁				2.3	120	115	105	95	80	65
床	外気に接する床			4.2	220	210	190	170	145	120
	その他の床			3.1	165	155	140	125	110	90
土間床など の外周部	外気に接する床			3.5	185	175	160	140	120	100
	その他の部分			1.2	65	60	55	50	45	35
木造、枠組壁 工法又は鉄骨 造の住宅	外張断熱工法			屋根又は天井		4.0	210	200	180	160
		壁		1.7	90	85	80	70	60	50
		床	外気に接する床	3.8	200	190	175	155	130	110
			その他の床							
		土間床など の外周部	外気に接する床	3.5	185	175	160	140	120	100
			その他の部分	1.2	65	60	55	50	45	35

3.市町村の標準的な凍結深度

本表は以下の建築指導課のホームページに掲載されています。
<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/ksd/kijun/touketsushindo.htm>

石狩支庁管内

市町村名	凍結深度	備 考
千歳市	60cm	
恵庭市	60cm	
北広島市	60cm	
石狩市	60cm	下記以外
	70cm	旧厚田村の区域
	80cm	旧浜益村の区域
当別町	60cm	
新篠津村	60cm	

渡島支庁管内

市町村名	凍結深度	備 考
北斗市	60cm	
松前町	60cm	
福島町	60cm	
知内町	60cm	
木古内町	60cm	
七飯町	60cm	
鹿部町	60cm	
森町	50cm	旧砂原町の区域
	70cm	旧森町の区域
八雲町	70cm	旧熊石町の区域
	60cm	旧八雲町の区域
長万部町	60cm	

檜山支庁管内

市町村名	凍結深度	備 考
江差町	60cm	
上ノ国町	60cm	
厚沢部町	60cm	
乙部町	60cm	
奥尻町	60cm	
せたな町	60cm	旧大成町の区域
	70~80cm	旧瀬棚町の区域
	50cm	旧北檜山町の区域
今金町	50cm	

後志支庁管内

市町村名	凍結深度	備 考
島牧村	60cm	
寿都町	60cm	
黒松内町	60cm	
蘭越町	60cm	
二セコ町	60cm	
真狩村	60cm	
留寿都村	70cm	
喜茂別町	60cm	
京極町	60cm	
倶知安町	60cm	
共和町	60cm	
岩内町	60cm	
泊村	60cm	
神恵内村	60cm	
積丹町	60cm	
古平町	60cm	
仁木町	60cm	
余市町	50cm	
赤井川村	60cm	

空知支庁管内

市町村名	凍結深度	備 考
夕張市	60cm	
岩見沢市	60cm	下記以外
	50cm	旧北村の区域
美唄市	60cm	
芦別市	70cm	
赤平市	70cm	
三笠市	60cm	
滝川市	60cm	
砂川市	70cm	
歌志内市	90cm	
深川市	70cm	
南幌町	60cm	
奈井江町	60cm	
上砂川町	80cm	
由仁町	60cm	
長沼町	60cm	
栗山町	60cm	
月形町	80cm	
浦臼町	60cm	
新十津川町	60cm	
妹背牛町	60cm	
秩父別町	70cm	
雨竜町	80cm	
北竜町	80cm	
沼田町	60cm	
幌加内町	80cm	

上川支庁管内

市町村名	凍結深度	備 考
士別市	70cm	旧士別市の区域
	80cm	旧朝日町の区域
名寄市	80cm	
富良野市	70cm	
鷹栖町	90cm	
東神楽町	80cm	
当麻町	100cm	
比布町	80cm	
愛別町	80cm	
上川町	80cm	
東川町	80cm	
美瑛町	80cm	
上富良野町	80cm	
中富良野町	90cm	
南富良野町	80cm	
占冠村	80cm	
和寒町	90cm	
剣淵町	80cm	
下川町	90cm	
美深町	80cm	
音威子府村	80cm	
中川町	70cm	

留萌支庁管内

市町村名	凍結深度	備考
留萌市	60cm	
増毛町	60cm	
小平町	60cm	
苫前町	60cm	
羽幌町	60cm	
初山別村	70cm	
遠別町	60cm	
天塩町	80cm	
幌延町	80cm	

宗谷支庁管内

市町村名	凍結深度	備考
稚内市	80cm	
猿払村	90cm	
浜頓別町	100cm	砂
	80cm	他
中頓別町	90cm	
枝幸町	80cm	
豊富町	80cm	
礼文町	80cm	
利尻町	70cm	
利尻富士町	90cm	

網走支庁管内

市町村名	凍結深度	備考
網走市	80cm	
紋別市	80cm	
大空町	100cm	
美幌町	80cm	
津別町	90cm	
斜里町	80cm	
清里町	80cm	
小清水町	80cm	
訓子府町	100cm	
置戸町	120cm	
佐呂岡町	120cm	
遠軽町	90cm	旧生田原町、旧遠軽町の区域
	80cm	旧丸瀬布町、旧白滝村の区域
上湧別町	80cm	
湧別町	80cm	
滝上町	80cm	
興部町	80cm	
西興部村	80cm	
雄武町	80cm	

胆振支庁管内

市町村名	凍結深度	備考
登別市	60cm	
伊達市	50cm	下記以外
	70cm	旧大滝村の区域
豊浦町	50cm	
洞爺湖町	50cm	
壮瞥町	60cm	
白老町	60cm	
安平町	70cm	旧早来町の区域
	100cm	旧追分町の区域
厚真町	80cm	
むかわ町	80cm	旧鶴川町の区域
	70cm	旧穂別町の区域

日高支庁管内

市町村名	凍結深度	備考
日高町	100cm	旧日高町の区域
	80cm	旧門別町の区域
平取町	70cm	
新冠町	70cm	
新ひだか町	70cm	旧静内町の区域
	90cm	旧三石町の区域
浦河町	50~60cm	
様似町	70cm	
えりも町	70cm	

十勝支庁管内

市町村名	凍結深度	備考
音更町	80cm	
士幌町	90cm	
上士幌町	80cm	
鹿追町	80cm	
新得町	80cm	
清水町	90cm	
芽室町	80cm	
中札内村	100cm	
更別村	100cm	
大樹町	80cm	
広尾町	80cm	
幕別町	110cm	下記以外
	90cm	旧忠類村の区域
池田町	100cm	
豊頃町	90cm	
本別町	80cm	
足寄町	120cm	
陸別町	120cm	
浦幌町	100cm	

釧路支庁管内

市町村名	凍結深度	備考
釧路町	120cm	
厚岸町	110cm	
浜中町	90cm	
標茶町	100cm	
弟子屈町	100cm	
鶴居村	100cm	
白糠町	80cm	

根室支庁管内

市町村名	凍結深度	備考
根室市	100~110cm	
別海町	100cm	
中標津町	90cm	
標津町	100cm	
羅臼町	90cm	

建築基準法第4条第1項及び第2項に基づく特定行政庁

市町村名	凍結深度	備考
札幌市	60cm	
旭川市	80cm	
函館市	50cm	下記以外
	60cm	旧戸井町、旧南茅部町の区域
	70cm	旧恵山町の区域
小樽市	50cm	
室蘭市	60cm	
釧路市	100cm	下記以外
	90cm	旧音別町の区域
帯広市	100cm	
苫小牧市	60~80cm	
北見市	100cm	下記以外
	90cm	旧常呂町
	20cm	旧端野町、旧留辺蘂町の区域
江別市	60cm	

4.接合金物を選択する為の算定式

(1) 平屋建ての場合、若しくは2階建ての部分における2階の柱の場合

$$N=A1 \times B1 - L \cdots \cdots (1)$$

- N 表1に規定するNの数値
- A1 当該柱の両面における軸組の倍率の差（片側のみ軸組が取り付く場合には、当該軸組の倍率）の数値。ただし、筋かいを設けた軸組の場合には、表2～表4に該当する補正値を加えたものとする。
- B1 周辺の部材による押さえ（曲げ戻し）の効果を表す係数で、出隅の柱においては0.8、その他の柱においては0.5とする。
- L 鉛直荷重による押さえの効果を表す係数で、出隅においては0.4、その他の柱においては0.6とする。

(2) 2階建ての部分における1階の柱の場合

$$N=A1 \times B1 + A2 \times B2 - L \cdots \cdots (2)$$

- N 表1のNの数値
- A1・B1 式(1)の場合と同じ
- A2 当該柱に連続する2階柱の両側における軸組の倍率の差（片側だけに軸組が取り付く場合には当該軸組の倍率）の数値。ただし、筋かいを設けた軸組の場合には、表2～表4に該当する補正値を加えたものとする。（当該2階柱の引抜き力が、他の柱などによって下階に伝達される場合は0とする。）
- B2 2階の周辺部材による押さえ（曲げ戻し）の効果を表す係数で、出隅の柱においては0.8、その他の柱においては0.5とする。
- L 鉛直荷重による押さえの効果を表す係数で、出隅においては1.0、その他の柱においては1.6とする。

これらの算定式から導き出されたN値を表1に照らし合わせると、継手・仕口に用いる接合金物が決まります。

表1 接合部の仕様

告示表三	Nの値	継手・仕口の仕様
(い)	0	短ほど差し及びかすがい打ち
(ろ)	0.65	長ほど差し込み栓又はかそ金物CP-L
(は)	1.0	かど金物CP-T
		山形プレートVP
(に)	1.4	羽子板ボルト又は短ざく金物（スクリューくぎなし）
(ほ)	1.6	羽子板ボルト又は短ざく金物（スクリューくぎなし）
(へ)	1.8	引き寄せ金物HD-B10(S-HD10)
(と)	2.8	引き寄せ金物HD-B15(S-HD15)
(ち)	3.7	引き寄せ金物HD-B20(S-HD20)
(り)	4.7	引き寄せ金物HD-B25(S-HD25)
(ぬ)	5.6	引き寄せ金物HD-B15(S-HD15)×2個

注：継手・仕口の仕様から「又は同等以上」を省略してあります。

表2 補正値1：筋かいが片側から取り付く柱

筋かいの種類	筋かいの取り付く位置			たすき筋かいの場合は、補正値を0とする。
	図①：柱頭部	図②：柱脚部	図③：柱頭・柱脚部	
15×90mm以上の木材 又はφ9以上の鉄筋	0	0		
30×90mm以上の木材	0.5	-0.5		
45×90mm以上の木材	0.5	-0.5		
90×90mm以上の木材	2.0	-2.0		

表3 補正值2：筋かいが両側から取り付く柱

a) 図④：両側が片筋かいの場合

一方が片筋かい 他方が片筋かい	15以上×90以上の 木材又は φ9以上の 鉄筋	30以上×90以上の 木材	45以上×90以上の 木材	90以上×90以上の 木材	備 考
15×90mm以上の木材 又はφ9以上の鉄筋	0	0.5	0.5	2.0	両筋かいがともに柱脚部に取り付く 場合は、補正值を0とする。
30×90mm以上の木材	0.5	1.0	1.0	2.5	
45×90mm以上の木材	0.5	1.0	1.0	2.5	
90×90mm以上の木材	2.0	2.5	2.5	4.0	

表4 補正值3：筋かいが両側から取り付く柱

b) 図⑤：一方が片筋かい、他方がたすき筋かいの場合

一方が片筋かい 他方が たすき筋かい	15以上×90以上の 木材又は φ9以上の 鉄筋	30以上×90以上の 木材	45以上×90以上の 木材	90以上×90以上の 木材	備 考
15×90mm以上の木材 又はφ9以上の鉄筋	0	0.5	0.5	2.0	片筋かいが柱脚部に取り付く場合 又は両筋かいがともにたすきに 取り付く場合は、補正值を0とする。
30×90mm以上の木材	0	0.5	0.5	2.0	
45×90mm以上の木材	0	0.5	0.5	2.0	
90×90mm以上の木材	0	0.5	0.5	2.0	

オンラインサポート

北の住まいづくりハンドブックをより活用していただくために、北方建築総合研究所のホームページ内にサポートページをつくりました。ご活用ください。

1. 北の住まいづくりハンドブックダウンロード
2. 解説、規準、基準等、詳細文献、参考文献一覧（関連ホームページへのリンク付）
3. 関連ホームページ一覧
4. 修正、更新情報の公開

北方建築総合研究所トップページ

<http://www.hri.pref.hokkaido.jp>

北方建築総合研究所のホームページ内にある「北の住まいづくりハンドブック」からお入りください。

北の住まいづくりハンドブック

平成20年1月 第1版

編集 北海道立北方建築総合研究所
発行 財団法人北海道建築指導センター

本ハンドブックに関するお問い合わせは
北海道立北方建築総合研究所
電 話：0166-66-4211
F A X：0166-66-4215
E-mail：info@hri.pref.hokkaido.jp



北の住まいづくり
ハンドブック

