



熱損失係数(Q値)算出基準 Ver. 1.1

目次

1.	はじめに	1
	1-1 各数値の表示方法に関する原則	1
2.	熱損失係数の定義	2
2.1	本基準で用いる計算モデル・住宅概要	3
3.	延床面積 S・気積 B の計算方法	4
	延床面積 S・気積 B の計算例	5
4.1	外壁からの熱損失量 Q_W の計算方法	6
	4-1① 外壁の実質熱貫流率 K_W の計算	6
	4-2② 外壁面積 A_W の計算	6
	外壁からの熱損失量 Q_W の計算例	7
4.2	階間部からの熱損失量 Q_D の計算方法	8
	4-2② 階間部外壁の実質熱貫流率 K_D の計算	8
	階間部からの熱損失量 Q_D の計算例	9
4.3	屋根・天井からの熱損失量 Q_R の計算方法	10
	4-3① 屋根・天井の実質熱貫流率 K_R の計算	10
	4-3② 屋根・天井・下屋部の面積 A_{yane} の計算	10
	屋根・天井からの熱損失量 Q_R の計算例	11
4.4①	床まわりからの熱損失量 Q_F の計算方法[床断熱工法]	12
	4-4-1 床断熱工法の場合	12
	4-4-1① 床の実質熱貫流率 K_F の計算	12
	4-4-1② 床の面積 A_F の計算	12
	床断熱の場合の熱損失量 Q_F の計算例	13
4.4②	床まわりからの熱損失量 Q_F の計算方法[基礎断熱工法]	14
	4-4-2 基礎断熱工法の場合	14
	基礎断熱の場合の熱損失量 Q_F の計算例	15
4.5	開口部からの熱損失量 Q_G の計算方法	16
	4-5① 開口部面積 A_G の算定	16
	4-5② 断熱戸併用の場合	16
	開口部からの熱損失量 Q_G の計算例	17
4.6	換気負荷 Q_V の計算方法	18
	換気負荷 Q_V の計算例	19
5.	熱損失係数 Q の計算方法	20
付表	建築材料の熱伝導率	21
Appendix 1	基礎断熱工法の熱損失計算（土間床等の熱貫流率計算）について	22
Appendix 2	Q 値計算過程の四捨五入による計算誤差について	24
Appendix 3	練習問題	25

Version 更新情報

Ver. 1.0	2006/05/26	ドットプロジェクト熱損失係数 (Q 値) 計算基準の発表.
Ver. 1.1	2006/08/11	基礎断熱工法の計算式の簡易化 Appendix1,2,3 の追加

1. はじめに

本基準は、Dot Project 認証を受けるために必要な、住宅の熱損失係数(Q 値)の算出方法についてまとめたものです。なお、日射遮蔽係数および熱取得係数、エネルギー消費量などは認証の対象になっていないので、本基準では特に定めていません。

1-1 各数値の表示方法に関する原則

熱損失係数を算出するにあたり、面積計算や熱貫流率などの数字の扱いには一定のルールが必要になります。本基準では、算出する項目により、以下のような簡便なルールを適用します。

① 長さ・面積

長さ寸法は切り捨てにより 0.01m (10mm) 単位で捨っても良いこととします。また、面積・気積は四捨五入により小数点以下 2 桁まで表示します (面積の場合 0.01m², 気積の場合 0.01m³)。

② 熱貫流率 K・熱貫流抵抗 R

熱貫流率 K・熱貫流抵抗等は小数点以下 5 桁を四捨五入し小数点以下 4 桁まで表示します。例えば以下ようになります。

$$K = 0.0001(W / m^2 K)$$
$$R = 0.0001(m^2 K / W)$$

③ 熱損失量 Q_n

熱損失量 Q_n は小数点以下 4 桁を四捨五入し小数点以下 3 桁まで表示します。例えば以下ようになります。

$$Q_n = 0.001(W / K)$$

④ 熱損失係数 Q

熱損失係数 Q は小数点以下 3 桁を四捨五入し小数点以下 2 桁まで表示します。例えば以下ようになります。

$$Q = 0.01(W / m^2 K)$$

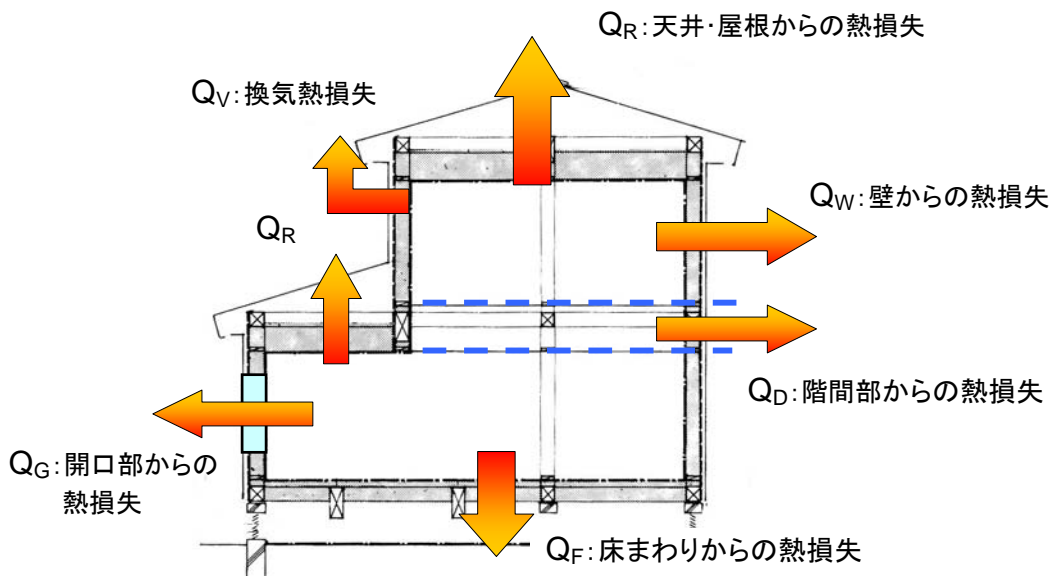
2. 熱損失係数の定義

熱損失係数 Q は、次式で表されます。

$$Q = \frac{Q_W + Q_D + Q_R + Q_F + Q_G + Q_V}{S} \quad (1)$$

ただし、

Q :	熱損失係数 (W/m ² K)	説明ページ
Q_W :	壁からの熱損失量 (W/K)	→ P.6~7
Q_D :	階間部からの熱損失量 (W/K)	→ P.8~9
Q_R :	天井・屋根からの熱損失量 (W/K)	→ P.10~11
Q_F :	床まわりからの熱損失量 (W/K)	→ P.12~15
Q_G :	開口部からの熱損失量 (W/K)	→ P.16~17
Q_V :	換気熱損失量 (W/K)	→ P.18~19
S :	延床面積(m ²)	→ P.4~5

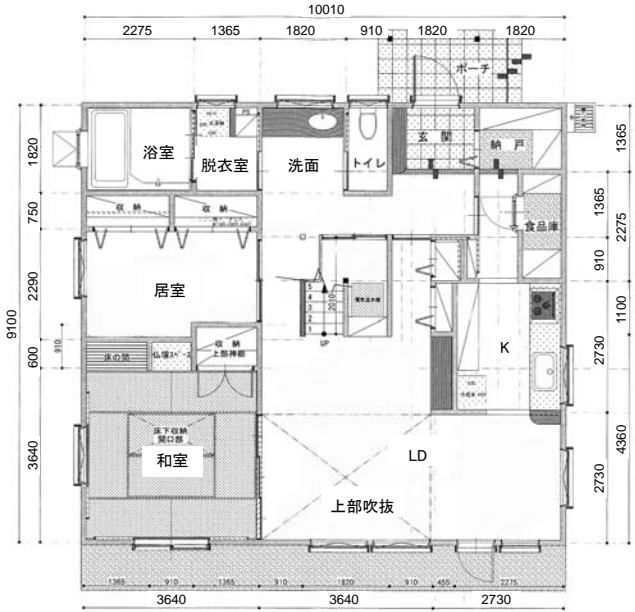


※ 熱伝導率 λ の値について

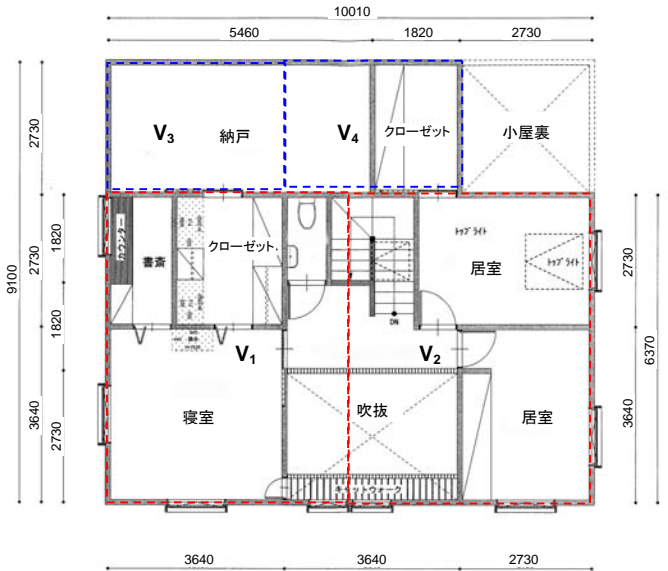
なお、計算で使用する熱伝導率 λ の値は、p.21 の値か、メーカー等が JIS 規格に基づいて測定したデータ、学会等の文献データから引用するようにしてください。

2.1 本基準で用いる計算モデル ・ 住宅概要

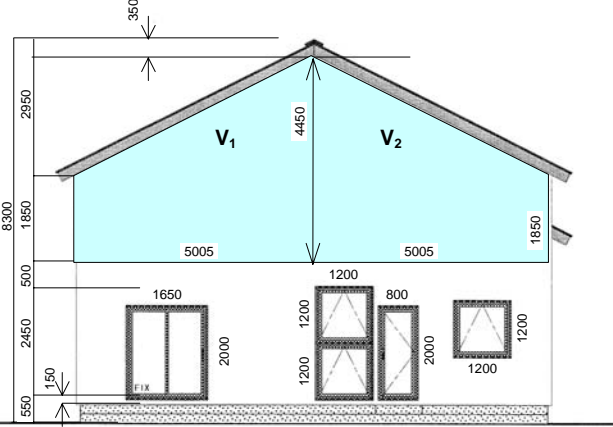
本基準の計算例は下記の住宅プランを用いることにします。



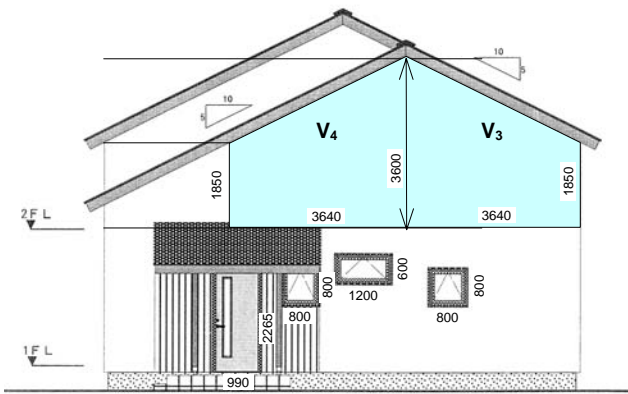
1F 平面図



2F 平面図

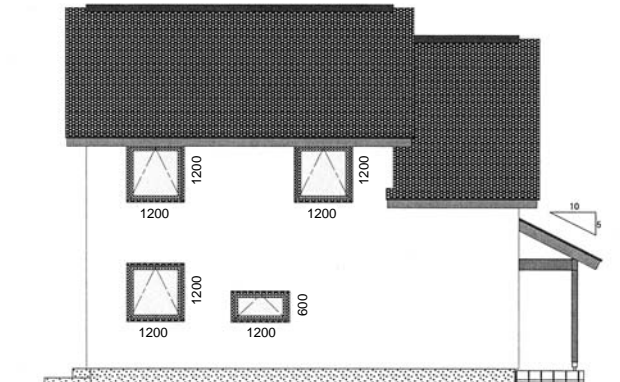


南側立面図

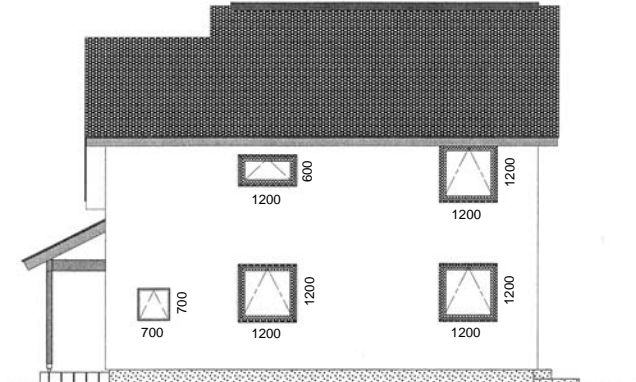


北側立面図

※このほかに屋根窓 780×980 あり。



東側立面図

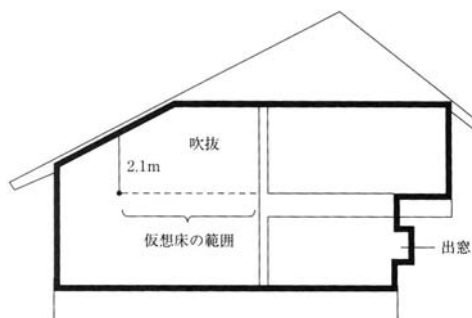


西側立面図

3. 延床面積 S・気積 B の計算方法

3.1 延床面積 S の算定(m²)

延床面積 S は、階段室・吹き抜け（仮想の床面に 2.1m 以上の天井高さが確保される部分）を含む各階の床面積を合算したものとします（ただし、この方法よりも床面積が小さくなる計算でも OK です）。



3.2 室容積 B の算定(m³)

換気負荷を算出するために必要な室容積 B は、各室の床面積に天井高さを乗じたものを積算したものを基本とします。

$$B = S_1 \cdot h_1 + S_2 \cdot h_2 + \dots = \sum S_i \cdot h_i \quad (2)$$

なお、ガラリー等の特別な開口を設けていない「天井懐・基礎断熱した床下」は気積に算入しませんが、「ガラリー等を設けた天井懐・基礎断熱した床下」は気積に算入します。

また、押入・クローゼット等の、居室と同レベルに位置する収納空間は、附属する居室の天井高さと同じであるとして、全て気積として算入します。

3.3 寸法・面積に関する原則


長さ寸法は切り捨てにより 0.01m (10mm) 単位で拾っても良いこととします。また、面積・気積は四捨五入により小数点以下 2 桁まで表示します（面積の場合 0.01m²，気積の場合 0.01m³）。

延床面積 S・気積 B の計算例


延床面積 S

p.3 のモデルの場合における延床面積 S は次のようになります。断熱層の内側が対象面積となります。吹き抜けは仮想床高さが 2.1m 以上ありますので、床面積に含めます。


$$S = 10.01 \times 9.10 + 10.01 \times 9.10 - 2.73 \times 2.73 = 174.73(m^2)$$



1F 全体の床面積



2F 全体の床面積




2F 小屋裏部分の床面積


気積 B

p.3 のモデルの場合における気積 B は次のように求めます。1F の気積 B₁ は


$$B_1 = S_1 \cdot h_1 = 10.01 \times 9.10 \times 2.45 = 223.173(m^3)$$



1F 間口寸法




1F 奥行寸法




1F 天井高

2F の気積 B₂ は、本モデルの場合、屋根断熱で、部位によって棟の高さが違う屋根形状ですから、4つのボリュームに分けて平均天井高さを求め (p.3 参照)、それに各ボリュームの床面積を乗じます。

$$V_1 = S_{2F-1} \cdot h_{2F-1} = 5.005 \times 6.37 \times \frac{4.45 + 1.85}{2} = 100.428(m^3)$$




2F 南側ゾーン半分




2F 南側ゾーン平均天井高

$$V_3 = S_{2F-3} \cdot h_{2F-3} = 3.64 \times 2.73 \times \frac{3.6 + 1.85}{2} = 27.079(m^3)$$



2F 北側ゾーン半分




2F 北側ゾーン平均天井高


$$V_1 = V_2, V_3 = V_4 \text{ より } B_2 = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = (100.428 + 27.079) \times 2 = 255.014(m^3)$$

このほか、吹き抜け部分および階段室は天井懐を含んでいないので、気積に算入します。この部分の気積を B₃ とすると


$$B_3 = (3.64 \times 2.73 + 1.82 \times 1.82) \times 0.5 = 6.625(m^3)$$



吹き抜け部分



階段室部分



階間高さ

よって求める気積 B は

$$B = B_1 + B_2 + B_3 = 223.173 + 255.014 + 6.625 = 484.81(m^3)$$

4. 1 外壁からの熱損失量 Q_w の計算方法

外壁からの熱損失量 Q_w は次式で計算します。

$$Q_w = A_w \cdot K_w \tag{3}$$

ただし、

A_w : 外壁面積 (m²)

K_w : 外壁の実質熱貫流率 (W/m²K)

4-1① 外壁の実質熱貫流率 K_w の計算(W/m²K)

外壁の実質熱貫流率 K_w (W/m²K)は「一般断熱部 K_1 」と柱・間柱、筋違い等の構造部からなる「熱橋部 K_2 」の熱貫流率を別々に算定し、次式を用いて実質熱貫流率として算出します。係数 α は下表 4-1 の値を用います。表面熱伝達抵抗は表 4-2 の値を用います。なお通気層がある場合、外気側の総合熱伝達率は 9.3W/m²K (熱抵抗値では 0.1075 m²K/W) を用いてもよいものとします。

$$K_w = (1 - \alpha) \cdot K_1 + \alpha \cdot K_2 \tag{4}$$

$$K_{1,2} = \frac{1}{R_o + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_i} \tag{5}$$

$$R_n = \frac{l}{\lambda} \tag{6}$$

ただし、

α : 熱橋部の面積比率 (0-1)

K_1 : 一般断熱部の熱貫流率 (W/m²K)

K_2 : 熱橋部の熱貫流率 (W/m²K)

R_n : 構成部材の熱抵抗 (m²K/W)

R_o : 外気側総合熱伝達抵抗 (m²K/W)

R_i : 室内側総合熱伝達抵抗 (m²K/W)

l : 材料厚さ (m)

λ : 材料の熱伝導率 (W/mK)

表 4-1 壁体部分・熱橋部の面積比率 α

		α 熱橋部の面積比率
木造軸組工法	柱・間柱	0.17
枠組壁工法 (ツーバイフォー工法)	スタッド等	0.20
	まぐさ	0.03

表 4-2 表面伝達抵抗 R_o , R_i の値

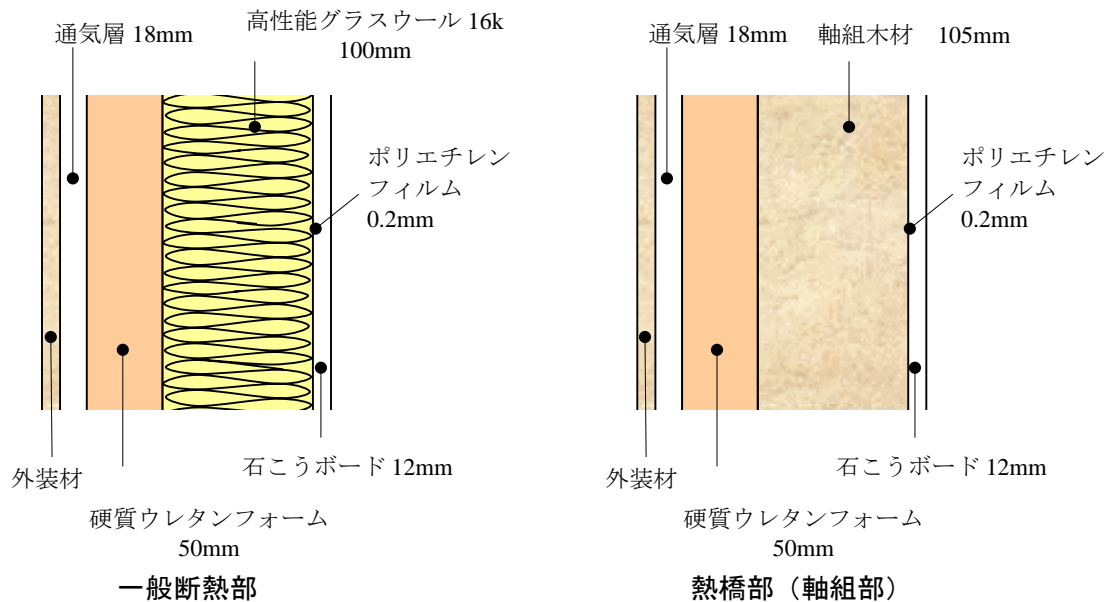
	熱伝達抵抗値 (m ² K/W)
室外側 R_o	0.0429 (通気層なし), 0.1075 (通気層あり)
室内側 R_i	0.1075 (通気層あり)

4-1②外壁面積 A_w の計算(m²)

原則として、方位ごとに外壁全体の面積を算出し、その面積から開口部面積および階間部面積を差し引いた値を外壁面積 A_w とします。簡易的な扱いとして、各階の周囲長さ(m)を算出して、その長さの合計値に各階平均天井高さを乗じ、そして、その面積から開口部面積の合計を差し引いた値を外壁面積とすることもできます。

外壁からの熱損失量 Q_w の計算例

外壁の断熱仕様として、木造軸組の充填断熱に高性能グラスウール 16K を 100mm、その外側に硬質ウレタンフォーム 50mm を外張りし、通気銅線を介して外装がある仕様について計算します。



一般断熱部 K_1

	材料名	熱伝導率 (W/mK)	厚さ(m)	熱抵抗 (m^2K/W)
1	室内側熱伝達率	9.3	1.00	0.1075
2	石こうボード	0.22	0.012	0.0545
3	高性能グラスウール 16k	0.038	0.10	2.6316
4	硬質ウレタンフォーム 50mm	0.024	0.05	2.0833
5	外気側熱伝達率	9.3	1.00	0.1075
熱抵抗の合計 (m^2K/W)				4.9844
熱貫流率 (W/m^2K) K_1				0.2006

熱橋部 (軸組部) K_2

	材料名	熱伝導率 (W/mK)	厚さ(m)	熱抵抗 (m^2K/W)
1	室内側熱伝達率	9.3	1.00	0.1075
2	石こうボード	0.22	0.012	0.0545
3	軸組木材 (天然木材 2種)	0.15	0.105	0.7000
4	硬質ウレタンフォーム 50mm	0.024	0.05	2.0833
5	外気側熱伝達率	9.3	1.00	0.1075
熱抵抗の合計 (m^2K/W)				3.0528
熱貫流率 (W/m^2K) K_2				0.3276

一般断熱部と熱橋部を別々に計算します。ここでは、防湿層であるポリエチレンフィルム 0.2mm は熱抵抗が小さいので無視し、外装材も無視しています。また、通気層があるので、外側の熱伝達率は室内側と同じ $9.3W/m^2K$ とします。なお、木造軸組の熱橋比率 α は 0.17 なので、実質熱貫流率は次のようになります。

$$\begin{aligned}
 K_w &= (1 - \alpha) \cdot K_1 + \alpha \cdot K_2 \\
 &= (1 - 0.17) \times 0.2006 + 0.17 \times 0.3276 \\
 &= 0.2219 (W / m^2 K)
 \end{aligned}$$

外壁面積は、各面全体の外壁面積から、階間部および窓・ドア等の開口部面積を減じます。したがって熱損失量 Q_w は次のようになります。

$$Q_w = 0.2219 \times \left(\underbrace{43.538}_{S \text{ 面}} + \underbrace{31.770}_{W \text{ 面}} + \underbrace{48.670}_{N \text{ 面}} + \underbrace{34.965}_{E \text{ 面}} \right) = 35.269 (W / K)$$

4.2 階間部からの熱損失量 Q_D の計算方法

階間部(天井懐部分)からの熱損失量 Q_D は次式で計算します。

$$Q_D = \beta \cdot L_D \cdot K_D \quad (7)$$

ただし、

β : 階間部分高さ(m) (ただし、不明な場合は 0.45m とします)

L_D : 胴差部の周囲長さ (m)

K_D : 階間部外壁の実質熱貫流率 (W/m^2K)

4-2① 階間部外壁の実質熱貫流率 K_D の計算(W/m^2K)

階間部・外壁の実質熱貫流率 K_D (W/m^2K)は外壁部分 (3-1①) と同様の計算を行いますが、熱橋比率を 0.5 に固定している点が異なります。「一般断熱部 K_1 」と柱・間柱、筋違い等の構造部からなる「熱橋部 K_2 」の熱貫流率を別々に算定し (p.6, 6 式参照)、次式を用いて実質熱貫流率として算出します。係数 α は表 4-1 (p.6 参照) の値を、表面熱伝達抵抗は表 4-2 (p.6 参照) の値を用います。

なお、通気層がある場合、外気側の総合熱伝達率は $9.3W/m^2K$ (熱抵抗値では $0.1075m^2K/W$) を用いてもよいものとします。

$$K_D = 0.5 \cdot (K_1 + K_2) \quad (8)$$

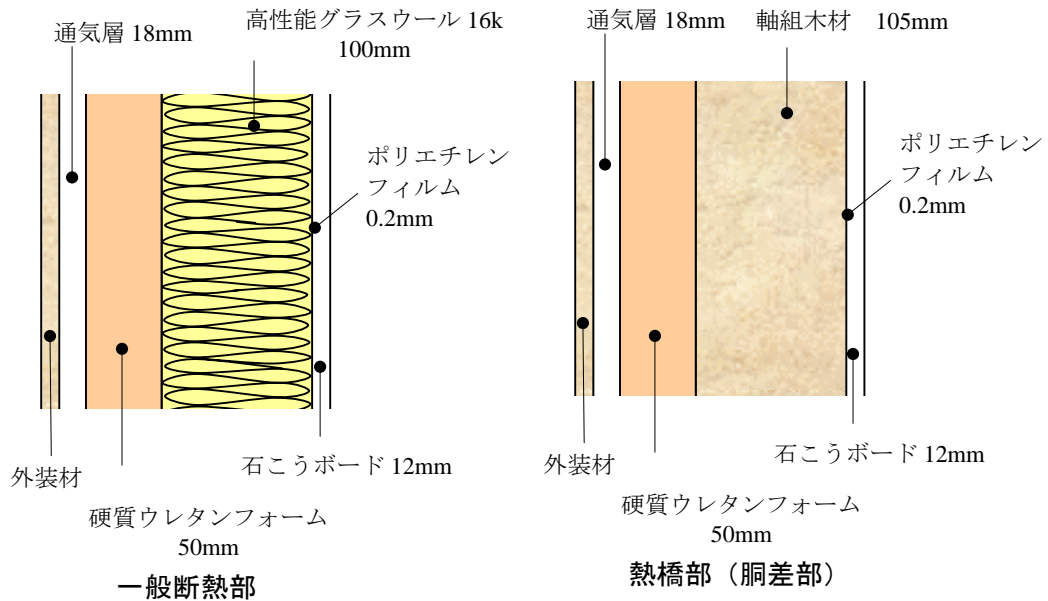
ただし、

K_1 : 一般断熱部の熱貫流率 (W/m^2K)

K_2 : 熱橋部の熱貫流率 (W/m^2K)

階間部からの熱損失量 Q_D の計算例

階間部は胴差があるため、外壁のなかでも熱橋になる部分です。また、階間は 1F 天井から 2F 床面までの範囲の天井懐であり、p.3 のモデルでは 500mm です（一般には、400mm から 600mm 程度であり、不明な場合は 450mm を標準として採用します）。



① 断熱部 K_1 ，熱橋部 K_2 の設定

これらの値は既に p.7 で計算済みですので、その値を使います。 $K_1 = 0.2006 (W/m^2K)$ ， $K_2 = 0.3276 (W/m^2K)$

② 実質熱貫流率の計算

(8)式に代入して、実質熱貫流率を計算します。熱橋比率は 0.5 です。

$$\begin{aligned} K_D &= 0.5 \cdot (0.2006 + 0.3276) \\ &= 0.2641 (W / m^2 K) \end{aligned}$$

③ 階間部（胴差部）周囲長さの計算

階間部の周囲長さを算出します。ここでは $L_D = 38.22m$ とします。

④ 階間部からの熱損失量 Q_D の計算

(7)式に階間部分高さ β ，実質熱貫流率 K_D と周囲長さ L_D を代入して Q_D を算出します。

$$Q_D = 0.50 \times 38.22 \times 0.2641 = 5.047 (W / K)$$

4.3 屋根・天井からの熱損失量 Q_R の計算方法

屋根・天井の実質熱貫流率 K_R に屋根・天井の面積 A_R を乗じて屋根・天井からの熱損失量 Q_R を算出します。1階と2階で屋根がある場合は、別々に算出して合算します。

$$Q_R = A_R \cdot K_R \quad (9)$$

ただし、

A_R : 屋根または天井面積 (m^2)

K_R : 屋根・天井の実質熱貫流率 (W/m^2K)

4-3① 屋根・天井の実質熱貫流率 K_R の計算(W/m^2K)

4-1①外壁の熱貫流率計算方法に準じます(前述)。熱橋面積比率 α は表 4-3 に示すとおりです。

表 4-3 壁体部分・熱橋部の面積比率 α

		α 熱橋部の面積比率
木造軸組工法 枠組壁工法 (ツーバイフォー工法)	垂木間に断熱する場合	0.14

4-3②屋根・天井・下屋部の面積計算(m^2)

屋根・天井の面積を算定します。屋根断熱の場合は、屋根勾配に応じて算出します。もしくは梁間方向の長さ x に、次式で計算される屋根長さ係数 ϕ を乗じたものに、さらに桁行長さを乗じて面積を算出してもよいものとします(図 5 および (11) 式参照)。

$$\phi = 0.0042x^2 + 0.0022x + 1 \quad (10)$$

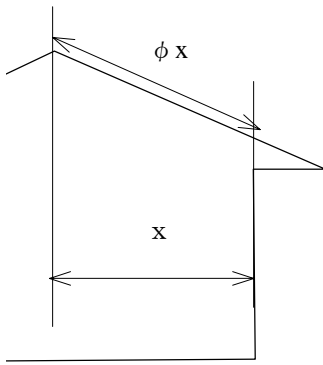


図 3 勾配屋根の寸法の考え方

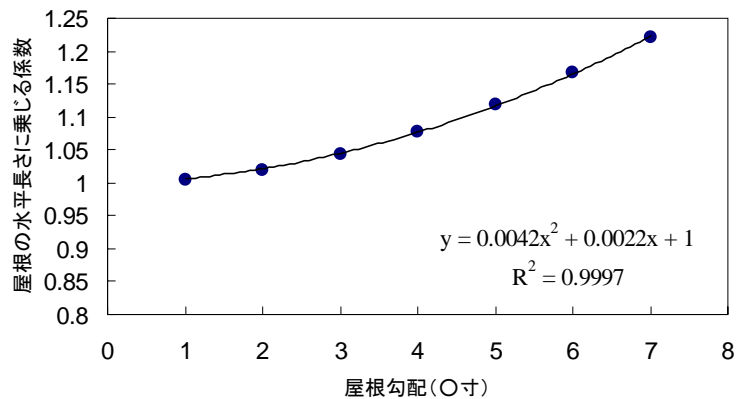


図 4 勾配屋根の長さを計算する近似式

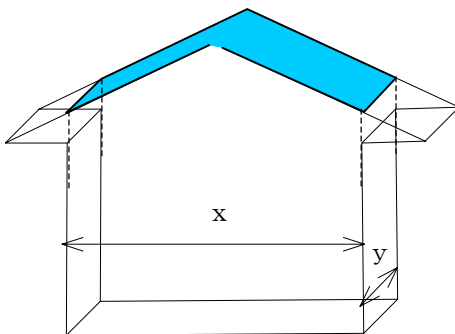
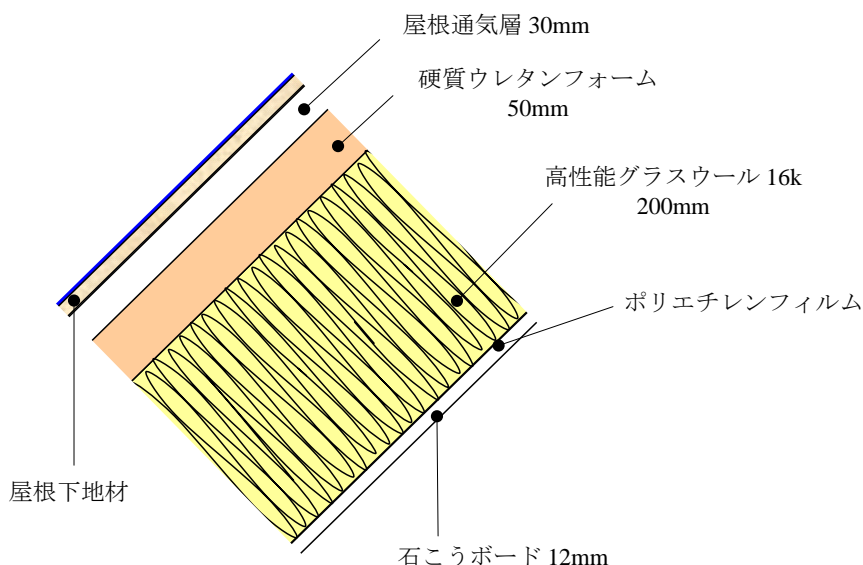


図 5 屋根面積の算出例

$$A_{yane} = \phi \cdot x \cdot y \quad (11)$$

屋根・天井からの熱損失量 Q_R の計算例

屋根断熱の場合と天井断熱の場合がありますが、ここでは屋根断熱の場合について計算します。実質熱貫流率 K_R の計算方法は、外壁・階間部と同様の手続きで算出します。両側表面の熱伝達率は、厳密には熱流の向きによって変更するのが筋ですが、本基準では室内側は全面一定値、通気層も全方位一定値とします。



一般断熱部 K_1

	材料名	熱伝導率 (W/mK)	厚さ(m)	熱抵抗 (m^2K/W)
1	室内側熱伝達率	9.3	1.00	0.1075
2	石こうボード	0.22	0.012	0.0545
3	高性能グラスウール 16k	0.038	0.20	5.2632
4	硬質ウレタンフォーム 50mm	0.024	0.05	2.0833
5	外気側熱伝達率	9.3	1.00	0.1075
熱抵抗の合計 (m^2K/W)				7.6160
熱貫流率 (W/m^2K) K_1				0.1313

熱橋部 (軸組部) K_2

	材料名	熱伝導率 (W/mK)	厚さ(m)	熱抵抗 (m^2K/W)
1	室内側熱伝達率	9.3	1.00	0.1075
2	石こうボード	0.22	0.012	0.0545
3	軸組木材 (天然木材 2種)	0.15	0.20	1.3333
4	硬質ウレタンフォーム 50mm	0.024	0.05	2.0833
5	外気側熱伝達率	9.3	1.00	0.1075
熱抵抗の合計 (m^2K/W)				3.6861
熱貫流率 (W/m^2K) K_2				0.2713

屋根面積 A_R を $92.75m^2$ (これは別途計算しておきます。なお、屋根窓がある場合は屋根面積から減じておきます) とし、熱橋を考慮して Q_R を求めます。

$$\begin{aligned}
 Q_R &= A_R \cdot K_R \\
 &= 92.750 \times \{(1 - 0.14) \times 0.1313 + 0.14 \times 0.2713\} = 13.996(W / K)
 \end{aligned}$$

4.4 ① 床まわりからの熱損失量 Q_F の計算方法 [床断熱工法]

床からの熱損失量 Q_F の計算は、床断熱工法と基礎断熱工法とは異なる方法となります。その各々について以下に説明します。

4-4-1 床断熱工法の場合

4-4-1①床の実質熱貫流率 K_F の計算(W/m^2K)

床の実質熱貫流率 K_F (W/m^2K)は「一般断熱部」と大引・床梁等の構造部からなる「熱橋部」の熱貫流率を別々に算定し、次式を用いて算出します。算出方法は p.6 (4)～(6)式を参照してください。また、熱橋部の面積比率 α は表 4-4 に示すとおりです。

$$Q_F = (0.7 \cdot A_{FC} + A_{FG}) \cdot K_F \quad (12)$$

ただし、

A_{FC} ：外気に通じる床裏のある部分の1階床面積 (m^2)

A_{FG} ：外気に接する部分の1階床面積 (m^2)、

K_F ：床の実質熱貫流率 (W/m^2K)

表 4-4 床部分・熱橋部の面積比率 α

		α 熱橋部の面積比率
木造軸組工法	根太間に断熱する場合	0.20
	束立大引工法で根太間に断熱する場合	0.20
	束立大引工法で大引間に断熱する場合	0.15
	床梁土台同面工法で根太間に断熱	0.30
枠組壁工法 (ツーバイフォー工法)	根太間に断熱する場合	0.13

4-4-1②床の面積 A_F の計算(m^2)

床下空間のある部分の1階床面積 A_{FC} と外気に接する床面積 A_{FG} を別々に算出します。

なお、ユニットバス・玄関土間・勝手口の床面積は、基礎断熱工法とする場合に限り、床下空間のある部分の1階床面積に算入します。

床断熱の場合の熱損失量 Q_F の計算例

床断熱の場合の熱損失量計算は、基本的に外壁、屋根・天井と同様です。ただし、床下空間のある床下空間（外気に接しない床下空間）は床下温度が相応に高くなっていることにより、熱損失量を 0.7 倍にするルールである点に注意してください（(12)式はこのことが既に反映されていますので、この式を用いていけば OK です）。また、熱伝達率は室内側、床下側とも他の部位と同様 $0.1075 \text{ m}^2\text{K/W}$ を利用します。



一般断熱部 K_1

床断熱一般部

	材料名	熱伝導率 (W/mK)	厚さ(m)	熱抵抗 ($\text{m}^2\text{K/W}$)
1	室内側熱伝達率	9.3	1.00	0.1075
2	フロアリング (天然木材 3 種)	0.19	0.012	0.0632
3	下地合板	0.16	0.018	0.1125
4	硬質ウレタンフォーム 100mm	0.024	0.10	4.1667
5	外気側熱伝達率	9.3	1.00	0.1075
熱抵抗の合計 ($\text{m}^2\text{K/W}$)				4.5574
熱貫流率 ($\text{W/m}^2\text{K}$) K_1				0.2194

熱橋部 (軸組部) K_2

	材料名	熱伝導率 (W/mK)	厚さ(m)	熱抵抗 ($\text{m}^2\text{K/W}$)
1	室内側熱伝達率	9.3	1.00	0.1075
2	フロアリング (天然木材 3 種)	0.19	0.012	0.0632
3	下地合板	0.16	0.018	0.1125
4	軸組木材 (天然木材 2 種)	0.15	0.105	0.7000
5	外気側熱伝達率	9.3	1.00	0.1075
熱抵抗の合計 ($\text{m}^2\text{K/W}$)				1.0907
熱貫流率 ($\text{W/m}^2\text{K}$) K_2				0.9168

熱橋比率は、床組みと断熱方法によります。ここでは、床梁土台同面工法で根太間に断熱するものとして、 $\alpha=0.30$ を用います。

$$K_F = (1 - 0.3) \times 0.2194 + 0.3 \times 0.9168$$

$$= 0.4286 (\text{W} / \text{m}^2\text{K})$$

例えば、床下は全て外気に通じる床裏のある床下空間であるとして、その面積が $A_{FC} = 91.09 \text{ m}^2$ とし、外気に接する床はない ($A_{FG} = 0 \text{ m}^2$) とします。(12)式より

$$Q_F = (0.7 \times 91.09 + 0) \times 0.4286$$

$$= 27.329 (\text{W} / \text{K})$$

となります。

4.4 ② 床まわりからの熱損失量 Q_F の計算方法 [基礎断熱工法]

4-4-2 基礎断熱工法の場合

基礎断熱工法の場合の床まわりからの熱損失量 Q_F の算定は、次世代省エネルギー基準の解説書とおりに算出するものとします。ただし、土壌の熱伝導率は $\lambda_{\text{soil}} = 1.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ を用いることとします。

土間床等の熱貫流率は、「土間床等の外周の熱貫流率 KL (外周 1m あたりの熱損失係数: W/mK)」と「土間床等の中央部の熱貫流率 KF (外壁の壁芯から 1m の床周辺部を除いた部分の熱貫流率: $\text{W/m}^2\text{K}$)」に分けて計算します。

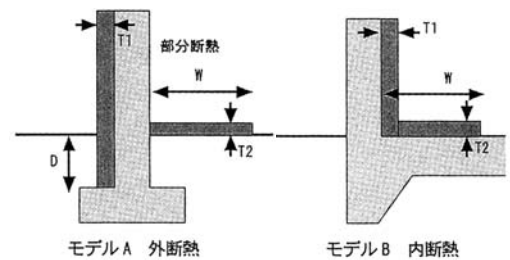
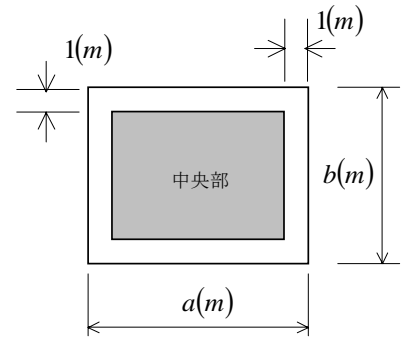
右図に示すような単純な形状の場合、外周長さ L_i (m)は

$$L_i = 2 \times (a + b) \quad (\text{m})$$

中央部の面積 A は

$$A = (a - 2) \times (b - 2) \quad (\text{m}^2)$$

よって、基礎断熱工法の場合の床まわり熱損失量 Q_F は次式で表されます。また (13) 式中の KL , KF はモデルごとに表の値を使います。



基礎断熱工法の床まわり熱損失量 Q_F	$Q_F = KL \times L_i + KF \times A$ (13)
モデル A 外断熱	$KL = 1.31868 - 0.005D + 0.00152 T_1^2 - 0.05363 T_1 - 0.001W - 0.014T_2$ $KF = 0.075$
モデル B 内断熱	$KL = 1.46881 + 0.0115 T_1^2 - 0.04048 T_1 - 0.003W - 0.042T_2$ $KF = 0.076$

D: 基礎の深さ(cm) (適用範囲 10~40 cm)

T1: 基礎外周の断熱材の厚さ(cm) (適用範囲 2.5~15 cm)

W: 土間外周の断熱長さ (外周内面からの距離) (cm) (適用範囲 0~90 cm)

T2: 土間外周の断熱材の厚さ(cm) (適用範囲 0~6 cm)

ただし、T1 並びに T2 の厚みは、断熱材の熱伝導率 $\lambda = 0.0326 \text{ W/mK}$ とした場合であり、これ以外の場合は厚み T1, T2 を次式で換算します。

$$T1 \text{ または } T2 (\text{cm}) = \frac{0.0326 (\text{W/mK})}{\text{断熱材の } \lambda (\text{W/mK})} \times \text{実際の断熱材厚さ } l (\text{cm})$$

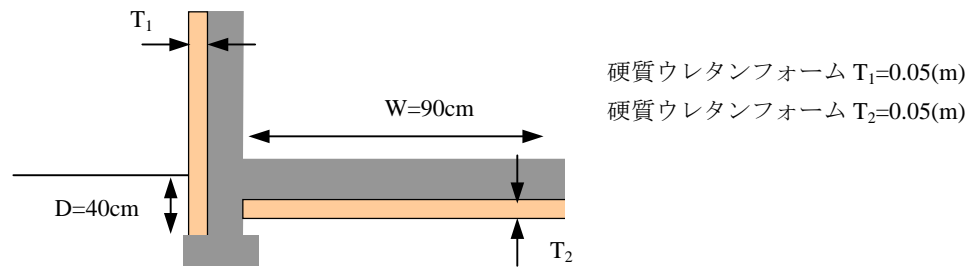
なお、この算出方法の適用範囲は GL からの床棚差が 40cm までの範囲で適用可能であり、それを超える外皮面積部分は「4.1 外壁からの熱損失量 Q_w の計算方法」に従って算出します。

基礎断熱の場合の熱損失量 Q_F の計算例

基礎断熱工法の場合、外周部分と外壁の壁芯から 1m を除いた部分（中央部分）に分けて計算する必要があります。まず、外周長さと中央部分の面積を計算します。その結果、外周長さは 38.22m、中央部分の床面積は 56.87m² になったものとします。

①断熱仕様の設定

基礎外側断熱（硬質ウレタンフォーム 50mm）、スラブ断熱（硬質ウレタンフォーム 50mm）とします。



②断熱厚さの換算

基準の計算における断熱材の熱伝導率 λ は $\lambda = 0.0326(W/mK)$ に設定されていて硬質ウレタンフォームとは異なりますから、厚みを補正します。

$$T1 \text{ または } T2 (cm) = \frac{0.0326 (W/mK)}{0.024 (W/mK)} \times 5 (cm) = 6.79 (cm)$$

③KL, KF の計算

基礎外側断熱モデルですので、モデル A の計算式を適用します。単位に注意してください。

$$\begin{aligned} KL &= 2.38 - 0.005 \times 40 - 1.02 \times 6.79^{0.15} - 0.001 \times 90 - 0.014 \times 6.79 \\ &= 0.6354 (W/mK) \\ KF &= 0.075 (W/m^2K) \end{aligned}$$

④熱損失量 Q_F の計算

以上で必要なデータは揃いましたので、(13) 式を用いて熱損失量を算出します。

$$\begin{aligned} Q_F &= KL \times L_i + KF \times A \\ &= 0.6354 \times 38.22 + 0.075 \times 56.87 \\ &= 28.550 (W/K) \end{aligned}$$

4.5 開口部からの熱損失量 Q_G の計算方法

メーカーが実施した「開口部の断熱性能に関する試験結果成績書」に記載されているサッシの熱貫流率 K_G (W/m^2K) と開口部面積 A_G (m^2) を乗じて開口部からの熱損失量 Q_G を算出します。断熱性能が異なる窓を併用している場合は、各々別々に計算し、あとでそれを合算します。

$$Q_G = A_G \cdot K_G \quad (14)$$

メーカーの試験成績書を入手するのは困難な場合、別の方法で計算しなくてはなりません。開口部のガラス中央部は1次元熱流として扱えますが、枠部は2次元、3次元熱流になるため、専用の解析ソフトを利用することが必要になります。しかし、ここでは簡易的に次の式により算出します（木製サッシおよびPVCサッシの場合に限る）。

$$\text{開き窓} \quad K_G = 0.694 \cdot K_{GLASS} + 0.519 \quad (15-1)$$

$$\text{引き違い窓} \quad K_G = 0.694 \cdot K_{GLASS} + 0.611 \quad (15-2)$$

ただし、

K_{GLASS} ：ガラス中央部の熱貫流率 (W/m^2K)

表 4-5 ガラス中央部の熱貫流率（詳細はカタログデータ等を参照してください）

ガラス種類	熱貫流率 K_{GLASS} (W/m^2K)
単板ガラス	6.0
ペアガラス 3+A12+3	2.9
Low-E ペアガラス 3L+A12+3 (スパッタリング・銀2層)	1.7
Ar ガス封入 Low-E 3L+A12+3 (スパッタリング・銀2層)	1.4
Ar ガス封入トリプル Low-E 3L+Ar12+3+Ar12+3 (スパッタリング・銀2層)	1.1
真空ガラス 3L+Ar12+3+V0.2+3	0.9

4-5①開口部面積 A_G の算定(m^2)

サッシサイズ（呼称寸法）を用いて開口部面積 A_G を算出し、断熱性能が同じ全ての窓面積を積算します。

4-5②断熱戸併用の場合

外付けのシャッターもしくは内側に断熱戸を併用した場合は、(16)式で開口部の熱貫流率 K_G を補正することができます。

$$K_G' = 0.4 \cdot K_G + 0.6 \cdot K_{WP} \quad (16)$$

ただし、

K_{WP} ： K_G に付属品の熱抵抗の効果を加味して補正した熱貫流率 (W/m^2K)

$$K_{WP} = \frac{1}{1/K_G + R_{WP}} \quad (17)$$

表 4-6 開口部の付属品の熱抵抗 (m^2K/W) の例

付属品の種類等	熱抵抗 R_{WP} (m^2K/W)
外付けのシャッター（断熱なし）	0.08
ハニカムサーモスクリーン・レールなし（あり）	0.26 (0.30)

開口部からの熱損失量 Q_G の計算例

3種類の窓を用いることとし、各々各方位の合計値として「窓1 : 27.54m²」, 「窓2 : 0.49m²」, 「窓3 : 0.76m²」とします。また「玄関ドア : 2.24m²」とします。

「窓1」はガラスを高性能なものに変更したもの, 「窓2」「窓3」「玄関ドア」はカタログに熱貫流率が掲載されているものとします。

最初に「窓1」のサッシの熱貫流率 K_G を求めます。PVC サッシ枠で、ガラスがアルゴンガス封入トリプル Low-E ガラスとして (15) 式および表 4-5 より

$$K_G = 0.694 \times 1.1 + 0.519 = 1.2824 \text{ (W / m}^2 \text{K)}$$

	方位	熱貫流率(W/m ² K)	面積(m ²)	各熱損失(W/K)
窓 1	S	1.2824	14.02	17.979
	W		5.04	6.463
	N		3.44	4.411
	E		5.04	6.463
窓 2	S	2.00	0	0.0
	W		0.49	0.98
	N		0	0.0
	E		0	0.0
窓 3	S	2.03	0	0.0
	W		0	0.0
	N		0.76	1.543
	E		0	0.0
玄関ドア		1.16	2.24	2.598
開口部熱損失合計 (W/K)				40.437

以上のデータを計算表にしたものが上記の表です。開口部からの熱損失合計は **40.437 (W/K)** となります。

4.6 換気負荷 Q_v の計算方法

換気負荷 Q_v は、室容積 B に換気回数 n を乗じ、それに空気容積比熱 0.335 ($\text{Wh}/\text{m}^3\text{K}$) を乗じた値とします。

$$Q_v = 0.335 \cdot n \cdot B \tag{16}$$

熱交換換気システムを利用する場合は、エレメントの熱回収効率および有効換気量率とから有効熱回収効率を算出して、換気量を減じることができます。ただし、そのときのファン動力は1次エネルギー換算して換気量に反映させなければなりません。

熱回収換気装置を設置した場合は、その熱回収分を換気回数の低減分としてカウントするとともに、ファン動力を増加分として考慮するものとします（次世代省エネルギー基準解説書と同様の考え方とします）。

$$Q_v = 0.335 \cdot n' \cdot B \tag{17}$$

$$n' = n - e \cdot n \cdot \phi + \frac{2.85 \cdot \Delta F}{0.335 B \cdot \varepsilon_H \cdot \rho_H} \cdot \frac{\tau}{D} \tag{18}$$

ただし、

- n : 換気回数 (標準値 0.5 回/h)
- e : 顕熱回収効率 (0~1)
- ϕ : 有効換気量率 (0-1)
- B : 建物の気積(m^3)
- ΔF : 熱回収装置の熱交換素子による換気用消費電力の増分量 (W)
- ε_H : 暖房熱源機器の2次エネルギー係数 (暖房用の熱量 1W を製造するために消費される2次エネルギー, 効率の逆数)
- ρ_H : 暖房熱源に使用する2次エネルギーの1次エネルギー換算係数 (灯油: 1, ガス: 1, 電気: 2.85),
 τ/D (I地域: 0.112, II地域: 0.116, III地域: 0.112)

この計算方法はやや煩雑です。そこで、利用者の利便性を考えて計算例を掲載しました(表4-6)。この表は、暖房方式としてFFストーブ相当の暖房効率で、II地域を対象として計算したものです。この表にない値は線形補間して求めてください。

表 4-6 みかけの換気回数 (暖房効率 0.8, II地域, 基準換気回数 0.5 回/h)

ファン動力 気積(m^3)	熱回収効率 0.5			熱回収効率 0.6			熱回収効率 0.7		
	40W	60W	80W	40W	60W	80W	40W	60W	80W
200	0.426	0.502	0.577	0.381	0.457	0.532	0.336	0.412	0.487
250	0.396	0.456	0.517	0.351	0.411	0.472	0.306	0.366	0.427
300	0.376	0.426	0.477	0.331	0.381	0.432	0.286	0.336	0.387
350	0.361	0.405	0.448	0.316	0.360	0.403	0.271	0.315	0.358
400	0.351	0.388	0.426	0.306	0.343	0.381	0.261	0.298	0.336
450	0.342	0.376	0.409	0.297	0.331	0.364	0.252	0.286	0.319
500	0.335	0.366	0.396	0.290	0.321	0.351	0.245	0.276	0.306
550	0.330	0.357	0.385	0.285	0.312	0.340	0.240	0.267	0.295

換気負荷 Q_v の計算例

熱回収換気装置を想定します。ここでは、仮に A 社のシステム B として、定義式に従って換気負荷を計算してみます。

⑤ 換気回数 n の設定

換気回数を 0.5 回/h とします。

⑥ e : 顕熱交換効率の設定

顕熱交換効率は、機器カタログを参照します。ここでは $e = 0.70$ とします。

⑦ ϕ : 有効換気量率の設定

有効換気量率を 0.9 (90%) とします。有効換気量率とは、設定換気量に対して、熱交換エレメントでのショートサーキットを除いた実際の換気量との比率です。通常は最大で $\phi = 0.9$ とします。

⑧ ΔF : 熱交換換気システムの消費電力の設定

熱交換換気システムの消費電力 (W) を調べます。ここでは $\Delta F = 74W$ とします。

⑨ B : 建物の気積の設定

次節で計算しますが、建物の気積 (m^3) を計算します。これは換気対象となる部分の全ての気積を合算したものです。ここでは $B = 484.81m^3$ とします (p.5 参照)。

⑩ ε_H : 暖房熱源機器の 2 次エネルギー係数の設定

暖房用熱源機器の効率の逆数です。ここでは FF ストーブ (燃焼効率 0.8) を想定して、 $\varepsilon_H = 1.25$ ($=1 \div 0.8$) とします。

⑪ ρ_H : 暖房熱源に使用する 2 次エネルギーの 1 次エネルギー換算係数の設定

熱源に使用するエネルギーソースが灯油のとき 1, ガスのとき 1, 電気のとき 2.85 とします。ここでは灯油を想定していますので「 $\rho_H = 1$ 」になります。

⑫ τ/D の設定

τ/D とは、熱回収換気装置の年間稼働時間と住宅用暖房デグリーデーとから定められる数値 (1/K) です。熱回収の効果は地域によって異なるため、次世代省エネルギー解説書のなかで定義されているものです。I 地域: 0.112, II 地域: 0.116, III 地域: 0.112 となっています。ここでは II 地域を想定して「 $\tau/D = 0.116$ 」とします。

以上の設定値を (18) 式に代入すると

$$\begin{aligned} n' &= n - e \cdot n \cdot \phi + \frac{2.85 \cdot \Delta F}{0.335 B \cdot \varepsilon_H \cdot \rho_H} \cdot \frac{\tau}{D} \\ &= 0.5 - 0.70 \times 0.5 \times 0.9 + \frac{2.85 \times 74}{0.335 \times 484.81 \times 1.25 \times 1} \times 0.116 \\ &= 0.306 \end{aligned}$$

以上より、A 社、システム B の場合の換気回数設定値は **0.306 回/h** となりますから、換気負荷は (17) 式より

$$Q_v = 0.335 \times 0.306 \times 484.81 = 49.698 (W / K)$$

となります。

5. 熱損失係数 Q の計算方法

以上のプロセスを経ることにより、全ての熱損失量がわかりました。これを(1)式に代入し、延床面積で除することにより熱損失係数 Q を求めます。
延床面積は p.5 で既に求めてある 174.73m^2 を利用します。

各部熱損失量の計算結果一覧

	記号	熱損失量 (W/K)	全体に占める割合(%)
外壁からの熱損失量	Q_W	35.269	20.39
階間部からの熱損失量	Q_D	5.047	2.92
屋根・天井からの熱損失量	Q_R	13.996	8.09
床まわりからの熱損失量	Q_F	28.550	16.50
開口部からの熱損失量	Q_G	40.437	23.37
換気熱損失量	Q_V	49.698	28.73

$$\begin{aligned} Q &= \frac{Q_W + Q_D + Q_R + Q_F + Q_G + Q_V}{S} \\ &= \frac{35.269 + 5.047 + 13.996 + 28.550 + 40.437 + 49.698}{174.73} \\ &= 0.99(\text{W} / \text{m}^2 \text{K}) \end{aligned}$$

以上より、p.3 の住宅モデルの熱損失係数 Q は $0.99\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ となります。

付表 建築材料の熱伝導率

材料名	熱伝導率 (W/mK)	材料名	熱伝導率 (W/mK)
セメントモルタル	1.50	住宅用グラスウール断熱材 10k 相当	0.050
コンクリート	1.60	住宅用グラスウール断熱材 16k 相当	0.045
軽量骨材コンクリート1種	0.81	住宅用グラスウール断熱材 24k 相当	0.038
軽量骨材コンクリート2種	0.58	住宅用グラスウール断熱材 32k 相当	0.036
軽量気泡コンクリートパネル(ALC)	0.17	高性能グラスウール断熱材 16k 相当	0.038
普通レンガ	0.62	高性能グラスウール断熱材 24k 相当	0.036
耐火レンガ	0.99	吹き込みグラスウール GW-1	0.052
銅	370	吹き込みグラスウール GW-2	0.052
アルミニウム合金	200	吹き込みグラスウール 30k 相当(乾式)	0.040
鋼材	53.00	吹き込みグラスウール 35k 相当(乾式・接着剤併用)	0.040
鉛	35.00	住宅用ロックウール断熱材 マット	0.038
ステンレス鋼	15.00	住宅用ロックウール断熱材 フェルト	0.038
フロートガラス	1.00	住宅用ロックウール断熱材 ボード	0.036
アクリルガラス	0.20	吹き込みロックウール 25k	0.047
PVC(塩化ビニル樹脂)	0.17	吹き込みロックウール 35k	0.051
ポリウレタン	0.30	ロックウール化粧吸音板	0.058
シリコン	0.35	吹付けロックウール	0.047
ブチルゴム	0.24	ビーズ法ポリスチレンフォーム保温板 特号	0.034
天然木材 1種(檜, 杉, えぞ松, とど松等)	0.12	ビーズ法ポリスチレンフォーム保温板 1号	0.036
天然木材 2種(松, ラワン等)	0.15	ビーズ法ポリスチレンフォーム保温板 2号	0.037
天然木材 3種(ナラ, サクラ, ブナ等)	0.19	ビーズ法ポリスチレンフォーム保温板 3号	0.040
合板	0.16	ビーズ法ポリスチレンフォーム保温板 4号	0.043
断熱木毛セメント板	0.10	押出法ポリスチレンフォーム保温板 1種	0.040
木片セメント板	0.17	押出法ポリスチレンフォーム保温板 2種	0.034
ハードボード	0.17	押出法ポリスチレンフォーム保温板 3種	0.028
パーティクルボード	0.15	硬質ウレタンフォーム保温板 1種 1号	0.024
石こうボード	0.22	硬質ウレタンフォーム保温板 1種 2号	0.024
石こうプaster	0.60	硬質ウレタンフォーム保温板 1種 3号	0.026
漆喰	0.70	硬質ウレタンフォーム保温板 2種 1号	0.023
土壁	0.69	硬質ウレタンフォーム保温板 2種 2号	0.023
繊維質上塗材	0.12	硬質ウレタンフォーム保温板 2種 3号	0.024
畳床	0.11	吹付硬質ウレタンフォーム(現場発泡品)	0.026
タイル	1.30	ポリエチレンフォーム A	0.038
プラスチック(P)タイル	0.19	ポリエチレンフォーム B	0.042
		フェノールフォーム保温板 1種 1号	0.033
		フェノールフォーム保温板 1種 2号	0.030
		フェノールフォーム保温板 2種 1号	0.036
		フェノールフォーム保温板 2種 2号	0.034
		A 級インシュレーションボード	0.049
		タタミボード	0.045
		シーリングボード	0.052
		吹込用セルローズファイバー断熱材	0.040
		ウール断熱材	0.045

※ 住宅の省エネルギー基準の解説 財団法人 建築環境・省エネルギー機構より引用

Appendix 1 基礎断熱工法の熱損失計算(土間床等の熱貫流率計算)について

基礎断熱工法の熱損失評価方法には、新省エネルギー基準および次世代省エネルギー基準のときに提案された式(以降、これを**赤坂式**と呼びます)と、平成14年6月に変更された式(以降、これを**岩前式**と呼びます)の2種類があります。

Dot Project Q 値算出基準では、熱損失が大きく評価される**岩前式**を採用していますが、以下に、この2つの計算方法の違いについて簡単に説明します。

赤坂式(鹿児島大・赤坂先生)は、土間床等(図1、2)のモデルを用いて、2次元有限要素法による定常温度分布結果をもとに熱流を関数近似化しています。以下に計算方法を示します。

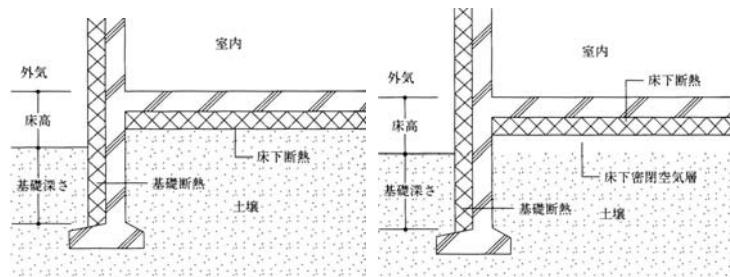


図1 土間床¹⁾

図2 外気に通じない床裏をもつ床¹⁾

KLは外周1mあたりの係数として定義される量であり、単位はW/mKです。

土間床(図1)の場合

$$KL = 1.3\lambda^{0.28}e^{-A}, \quad A = \left\{ \left(0.58 + \frac{0.15}{\lambda} \right) + 0.89 \left(l^{0.1} - l_0^{0.1} \right) \right\} R_w^{0.32} + (0.075 + 0.156\lambda) R_F^{0.42}$$

外気に通じない床裏を持つ(図2)の場合

$$KL = 1.46\lambda^{0.28}e^{-B}, \quad B = \left\{ \left(0.63 + \frac{0.16}{\lambda} \right) + 0.98 \left(l^{0.1} - l_0^{0.1} \right) \right\} R_w^{0.32} + (0.075 + 0.156\lambda) R_F^{0.42}$$

KFは土間中央部(外壁の壁芯から1mの床周辺部を除いた部分)として定義される量であり、単位はW/m²Kです。

$$KF = 0.21\lambda e^{-C}, \quad C = \left\{ 0.157 + 0.19 \left(l^{0.15} - l_0^{0.15} \right) \right\} R_w^{0.3} + 0.2\lambda R_F$$

なお、赤坂式は基礎外断熱、基礎内断熱の区別はありません。

ただし、 λ : 土の熱伝導率 (W/mK)、 l : 基礎の深さ (m)、 l_0 : 基礎の基準深さ (0.45m)、 R_w : 基礎断熱の熱抵抗値 (m²K/W)、 R_F : 床下断熱の熱抵抗値 (m²K/W)

岩前式(近畿大・岩前先生、北総研・鈴木氏)は同様の計算モデルを、有限差分法による線形2次元非定常伝熱により求めています。すなわち、基礎断熱部分の期間熱負荷を算出し、それを内外温度差の期間積算値で割り返して求めていることとなります。赤坂式との違いは、

伝熱計算過程(定常計算か非定常計算か)
近似する関数系の容易さ

という点にあります。KL、KFを計算する式は次式に示すとおりです(p.14の式はこれをさらに簡易化したものです)。外断熱モデルと内断熱モデルの2種類があります。

モデル A (外断熱) $KL = 2.38 - 0.005D - 1.02T1^{0.15} - 0.001W - 0.014T2$
 $KF = 0.075$

モデル B (内断熱) $KL = 2.27 - 0.77T1^{0.15} - 0.003W - 0.042T2$
 $KF = 0.076$

赤坂式と岩前式の比較

赤坂式で計算した結果と岩前式の結果と比較します(図3~6)。建物周囲長さは計算例と同じく外周長さ38.22m,中央部面積56.87m²としています。

この結果に示されているとおり、ほとんどの場合において岩前式のほうが熱損失を大きく評価する傾向にあることがわかります。

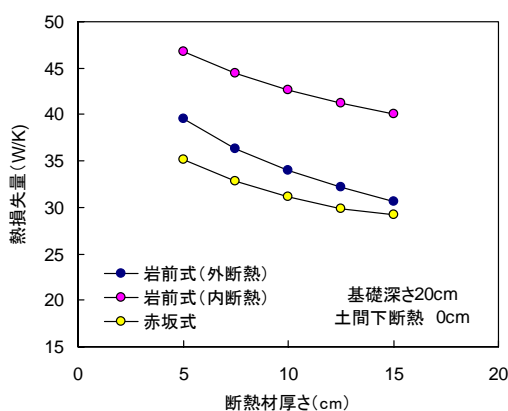


図3 計算法の違いによる熱損失量の比較(基礎深さ20cm, 土間下断熱なし)

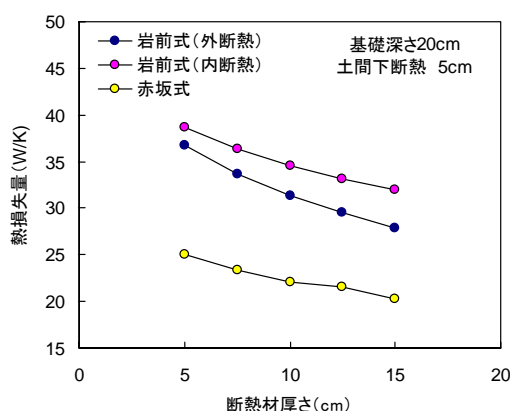


図4 計算法の違いによる熱損失量の比較(基礎深さ20cm, 土間下断熱5cm)

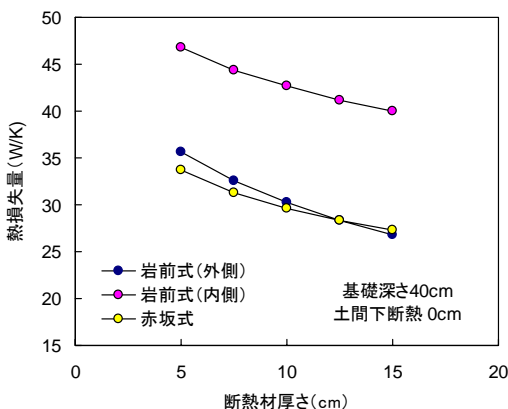


図5 計算法の違いによる熱損失量の比較(基礎深さ40cm, 土間下断熱なし)

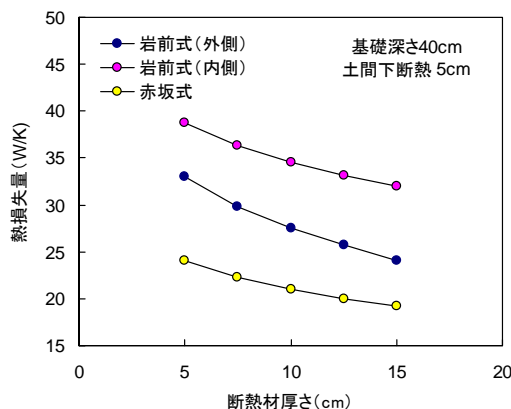


図6 計算法の違いによる熱損失量の比較(基礎深さ40cm, 土間下断熱5cm)

引用・参考文献

- 1) 住宅の次世代省エネルギー基準と指針, 財団法人 住宅・建築省エネルギー機構, 平成11年11月(変更前の赤坂式の載っている解説書)
- 2) 岩前篤・永井久也・鈴木大隆・北谷幸恵: 基礎断熱住宅の基礎部からの熱損失の定量的評価, 日本建築学会環境系論文集, 第567号, 37-42, 2003年5月

Appendix 2 Q 値計算過程の四捨五入による計算誤差について

本基準では、熱貫流率 K 、熱貫流抵抗 R は小数点以下 4 桁まで表示し、各部の熱損失量 Q_n は小数点以下 3 桁、最終的に求める熱損失係数 Q は小数点以下 2 桁まで表示するというルールを設けています。

しかし、スプレッドシートを用いた計算ではこうしたルールを無視してしまうので、手計算との整合性を確認しておく必要があります。ここでは、その計算誤差について考察します。

熱貫流率を K 、各部の面積を A とすると、各々誤差として ΔK および ΔA を考慮すると熱損失量 Q は一般に次のように記述できます。

$$KA - K\Delta A - A\Delta K + \Delta K\Delta A < Q = KA < KA + K\Delta A + A\Delta K + \Delta K\Delta A$$

相対誤差は
$$\frac{(K \pm \Delta K)(A \pm \Delta A)}{KA} = 1 \pm \frac{\Delta K}{K} \pm \frac{\Delta A}{A} \pm \frac{\Delta K\Delta A}{KA}$$

となりますから、各部位の熱損失量 Q_n を求めるときは各数値の相対誤差が加算されていくことになります。

Q 値は、6 部位の熱損失量の和を延べ床面積 S で除していますので、床面積 S の誤差 ΔS も考慮すると正確な Q 値は次の範囲に存在することになります。

$$\frac{\sum(K_i A_i - K_i \Delta A_i - A_i \Delta K_i)}{S + \Delta S} < Q = \frac{\sum K_i A_i}{S} < \frac{\sum(K_i A_i + K_i \Delta A_i + A_i \Delta K_i)}{S - \Delta S}$$

ただし、 $\Delta K \Delta A$ は十分に小さな値になりますので無視しています。従って、 Q 値の相対誤差は

$$\begin{aligned} \text{最小側} \quad & \frac{\frac{\sum(K_i A_i - K_i \Delta A_i - A_i \Delta K_i)}{S + \Delta S}}{\frac{\sum K_i A_i}{S}} = \frac{\frac{\sum(K_i A_i - K \Delta A_i - A_i \Delta K_i)}{\sum K_i A_i}}{\frac{S + \Delta S}{S}} = \frac{\sum\left(1 - \frac{\Delta A_i}{A_i} - \frac{\Delta K_i}{K_i}\right)}{1 + \frac{\Delta S}{S}} \\ \text{最大側} \quad & \frac{\frac{\sum(K_i A_i + K_i \Delta A_i + A_i \Delta K_i)}{S - \Delta S}}{\frac{\sum K_i A_i}{S}} = \frac{\frac{\sum(K_i A_i + K \Delta A_i + A_i \Delta K_i)}{\sum K_i A_i}}{\frac{S - \Delta S}{S}} = \frac{\sum\left(1 + \frac{\Delta A_i}{A_i} + \frac{\Delta K_i}{K_i}\right)}{1 - \frac{\Delta S}{S}} \end{aligned}$$

となります。

各部位の熱貫流率 K の中で $0.2\text{W/m}^2\text{K}$ 程度が最小になりますから、小数点以下 4 桁で表記することに対する相対誤差は 0.05% 以下です。一方、面積は 10mm 単位で計算しますから $0.1\sim 1\%$ 程度はあります。つまり、各部位の熱損失量 Q_n は面積の誤差に大きく影響をうけ、誤差はその累積ですから 6 部位あると最大 6% 程度はでてくる可能性があります。

各部位の熱損失量 Q_n は小さなもので階間部の 5W/K 程度であり、小数点以下 3 桁まで表示することは相対誤差 0.02% 程度です。したがってこの段階で数値を丸めることの誤差は、面積算定のルール(次世代省エネルギー基準での面積計算方法)に比べると非常に小さいものとなります。

具体例として、本基準の計算例で検証してみます(表 1)。四捨五入していますので誤差のプラスマイナスの相殺があつて、全体の累積誤差は 0.000545% です。最終的な標記は小数点以下 2 桁ですから、最後に四捨五入すると、スプレッドシートによる計算でも計算ルールに則った手計算でも結果は同じになります。

表 1 各部熱損失量の計算結果比較

	記号	計算ルール表記 (W/K)	スプレッドシートの計算結果 (W/K)	相対誤差
外壁からの熱損失量	Q_w	35.269	35.2694517	0.0013%
階間部からの熱損失量	Q_D	5.047	5.046951	0.00097%
屋根・天井からの熱損失量	Q_R	13.996	13.995975	0.00179%
床まわりからの熱損失量	Q_F	28.550	28.550238	0.00083%
開口部からの熱損失量	Q_G	40.437	40.438496	0.00369%
換気熱損失量	Q_V	49.698	49.6978731	0.00026%
合計値	$\sum Q_n$	172.998	172.9989427	0.00054%
Q 値 (丸める前の値)	Q	0.9900929	0.990087563	0.00054%

注) 一般に誤差伝播の法則は、最終的な誤差を ε_0 、各々の誤差を $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ とすると右式ようになります。これは数学的にすっきりしていますが、上ではあえてわかりやすく正負の符号付きで誤差の検討をしています。

$$\varepsilon_0^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2 x_1^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)^2 x_2^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)^2 x_n^2$$

Appendix 3 練習問題

2006年5月26日の講習会のときに、受講者のみなさんに例題として解いて頂いた問題を付録として収録します。

本来は、住宅モデルを提示して住宅全体の計算をしていただくのが計算法の理解のうえでも大事なのですが、講習会の時間の関係上、Q値計算基準策定にあたり特に慎重に検討した重要な部分のみを解いていただくことにしました。特に、本基準の計算方法で特徴的な部分について取り上げています。是非、練習問題として解いてみてください。

基礎断熱部分

基礎断熱の基礎壁側断熱材を押出法 PF3 種 100mm に変更

基礎断熱の土間外周断熱材を押出法 PF3 種 50mm に変更

開口部部分

窓ガラスを Ar ガス封入 Low-E ($K_{\text{glass}}=1.4$) に変更し、全ての窓でハニカムサーモスクリーン（レールなし）を併用。天窗・ドアは現状のまま

換気部分

換気回数 0.5 ach, 顕熱交換効率 $e=0.9$, 有効換気量率 $\phi=0.9$, $\Delta F=130\text{W}$, $\varepsilon_H=1.0$, $\rho_H=2.85$ に変更。場所はⅡ地域のまま。

解答は次ページにあります

解答

基礎断熱部分

$$T1(cm) = \frac{0.0326(W/mK)}{0.028(W/mK)} \times 10(cm) = 11.64(cm)$$

$$T2(cm) = \frac{0.0326(W/mK)}{0.028(W/mK)} \times 5(cm) = 5.82(cm)$$

基礎外周(m)	38.22
中央部面積(m ²)	56.87

D : 基礎の深さ (cm)	40
T1: 基礎外周の断熱材厚さ(cm)	11.64
W: 土間外周の断熱長さ(cm)	90
T2: 土間外周の断熱厚さ(cm)	5.82

外断熱の場合

KL (W/mK)	0.5289
KF (W/m ² K)	0.0750

基礎断熱の床周り熱損失量	QF (W/K)	24.479
--------------	----------	---------------

開口部部分

ガラスの熱貫流率 $K_G = 0.694 \times 1.4 + 0.519 = 1.490 (W/m^2K)$

ハニカムサーモ (レールなし) 併用の $K_{WP} = \frac{1}{1/1.49 + 0.26} = 1.074$

断熱戸併用の熱貫流率 $K_G' = 0.4 \cdot 1.490 + 0.6 \cdot 1.074 = 1.2404 (W/m^2K)$

K_G' を p.17 の窓 1 の熱貫流率に置き換えて計算すると Q_G は $Q_G = 39.294 W/K$ になります。

換気部分

設定換気回数	0.5
B: 気積(m ³)	484.81

熱交換換気システムを利用する場合

e: 顕熱回収効率	0.9
ϕ : 有効換気量率	0.9
ΔF : 消費電力(W)	130
εH : 暖房熱源機器の 2 次エネルギー係数	1
ρH : 暖房熱源に使用する 2 次エネルギーの 1 次エネルギー換算係数	2.85
τ/D	0.116

見かけの換気回数 (1/h)	0.188
----------------	-------

換気負荷 Q_v (W/K)	30.509
------------------	---------------

編集： **Dot Project 基準策定部会**

- 本間 義規 岩手県立大学盛岡短期大学部 助教授・博士（工学）
植田 優 植田優建築工房 主宰・一級建築士
末光 喜治 株式会社シャノン東北支店 支店長
小野寺 年也 有限会社オーツー 代表取締役
長土居 正弘 Utuwa Project (Dot Project 事務局長)

○：部会責任者

発行：

座長：佐々木 隆 岩手県立大学盛岡短期大学部 教授・工学博士

事務局 長土居正弘
E-mail: nagadoi@mac.com
TEL 080-5550-3566

2006/8/11 ver. 1.1 発行

定価 ¥2,000