

---

## 資料-4. 日本の寒冷地における住宅省エネルギーの状況

### 1. 寒冷地（北海道）における省エネルギーの実情と取り組み

2008.03.31 協議資料

資料中の図表の出典

スライド 6 の左図：北海道ガス（株）ホームページ

スライド 6 の右図：北海道電力（株）ホームページ

スライド 11 の図：よくわかる！外断熱工法【(社)北海道建築技術協会】

スライド 14 の図：よくわかる！外断熱工法【(社)北海道建築技術協会】

スライド 22,23 の図：よくわかる！外断熱工法【(社)北海道建築技術協会】

日本の寒冷地域(北海道)における  
省エネルギー住宅の実情  
(外断熱建築の実情を中心として)

1

■札幌は、北京より3度高い緯度に位置する



2

## ■ 気候の特徴

- ・1月の平均気温は、北京・札幌とも-5度でほぼ同じである。
- ・年間降雪量は、札幌市が約5m程度あり、降雪量が少ない北京とは異なる点である
- ・一方、夏の北京は内陸性気候のため、札幌より高温多湿である

3

## ■ 札幌市・旭川市の人口

- ・札幌市人口約190万人（日本第5の都市）
- ・旭川市人口約35万人（北海道第2の都市）

北京市



人口1500万

札幌市



人口190万

旭川市



人口35万

4

## ■中国と日本の省エネルギー基準における外壁・屋根・窓の熱貫流率の比較

・下表より、中国の省エネルギー設計基準は、日本の省エネルギー設計基準と比較して、同等の水準にある。

表 3 中国と日本の省エネ基準における外壁、屋根、窓の熱貫流率の比較

中国（住戸容積に対する外表面積の割合が0.3以下の集合住宅）				日本（鉄筋コンクリート造等、外断熱工法）			
熱貫流率 (W/m <sup>2</sup> ・K) (注1)				熱貫流率 (W/m <sup>2</sup> ・K) (注1)			
地域	外壁	屋根	窓	地域	外壁	屋根	窓
厳寒地域（ハルビン）	0.52	0.50	2.5	I地域（札幌）	0.49	0.32	2.33
				II地域（盛岡）			
寒冷地域（北京）	0.90	0.80	4.7	III地域（仙台）	0.86	0.43	3.49
				IV地域（東京）			
夏熱冬冷地域（上海）	1.16	1.00	2.5、3.2、4.7 (注2)	V地域（鹿児島）	1.76	6.51	4.65
温暖地域	-	-	-	VI地域（那覇）	-	-	-
夏熱冬暖地域	-	-	-	-	-	-	-

注1) 熱貫流率は、値が小さいほど性能が優れていることを表す。

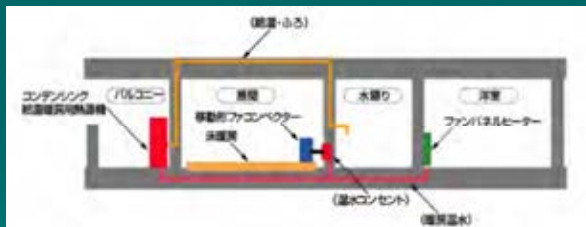
注2) 外表面積に対する窓面積の割合に応じて設定される。

〔出所〕九州大学・渡辺徹行教授

5

## ■北海道における住宅の暖房方式は個別暖房方式が一般的。熱源は、ガス・電気・灯油様々である。

省エネ型ガス床暖房・給湯システム



電気蓄熱暖房器



6

■換気設備は全熱交換型換気扇により24時間換気を行っている住宅が増えている。



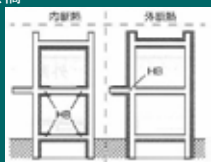
7

■開口部は、二重サッシ仕様が増えている。

・民間分譲マンションでは、二重サッシの外部側をアルミ製サッシ(シングルガラス)、内部側を樹脂製サッシ(ペアガラス:低放射ガラス)とする仕様が一般的にみられるようになってきている。



8

外断熱と内断熱の比較			
	項目	内断熱建築	外断熱建築
熱性能	熱橋 	外断熱建築に比べ熱橋部分が多い。よって、断熱補強のヶ所数は多くなる。	内断熱建築に比べ熱橋部分が少ない。よって、断熱補強のヶ所数は少なくてすむ。
	内部結露の防露性	冬期RC躯体の温度が低くなるため内部結露の可能性が有る	冬期RC躯体の温度が高くなるため内部結露は生じにくい
	室温の安定	RC躯体の熱容量が利用できないため安定しにくい	RC躯体の熱容量のため安定している
	暖房(開始時の立上り)	はやい	おそい (終日暖房に適している)
	暖房(停止後の温度低下)		
施工性	施工コスト	安価である	外装施工に手間がかかるため内断熱に比べ多くのコストがかかる
	現場における分別解体性	一般に難しい	工法によっては比較的容易
耐久性	RC躯体の温度収縮	温度変動が大きいのでひび割れが生じやすい	温度の変動が少ないので高耐久
居住性	室内の広さ	断熱材を厚くすると部屋が狭くなる	外に断熱をするので室内を広く使える
内装・外装の分離性	内装・外装のインターフェイス	内装・外装のインターフェイスが発生するため、内装での断熱設計が必要となる。	内装設計範囲と完全に分離できる。 9

## ■北海道における外断熱建築の取り組み

### 第一次発展期 1977年～1984年

日本で最初の外断熱建築が建築されて以来、複数の工法による新しい技術が試みられた。

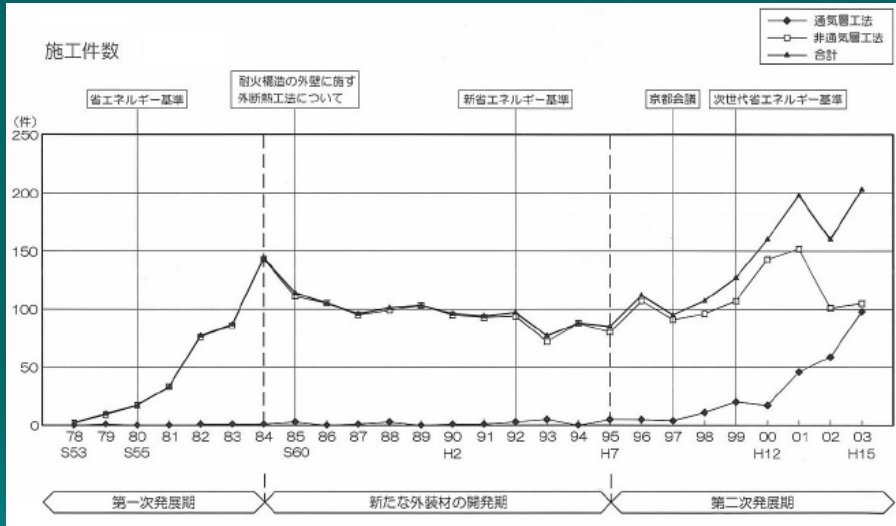
### 新たな外装材の開発期 1985年～1994年

1985年(昭和60年)に旧建設省住宅局建築指導課長より「耐久構造の外壁に施す外断熱工法について」の通達が出され断熱材の工事費が上がり、外装材の見直しが必要になった。外断熱建築全体の実績は頭打ちとなったが、この間でも公営住宅の実績は増え、多くの認定工法が開発された。

### 第二次発展期 1995年～現在

1992年(平成4年)新 省エネルギー基準が制定され外断熱建築に追い風が吹きだし、1995年(平成7年)以降増加傾向になり、1997年(平成9年)京都議定書、1999年(平成11年)の次世代型省エネルギー基準の制定以降は本格的な第二次発展期を迎えた。

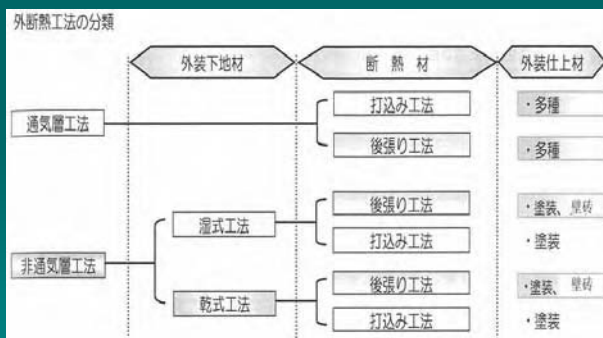
## 施工数



11

## ■ 日本での一般的な外断熱工法の分類

・外壁の外断熱工法は「通気層の有無」によって、通気層工法と非通気層工法に分かれる。非通気層工法は「外装下地材の造り方」によって、「湿式工法と乾式工法」に分かれる。また「断熱材の張り方」によって「後張り工法と打込み工法」に分かれる。これを表にすると次のようになる。



12

## ■外断熱建築の普及は現在進行中

・民間住宅(分譲マンション)では内断熱が大部分である  
 : 消費者は、コストアップする外断熱への関心よりも目に見える設備等へ投資する傾向にある。

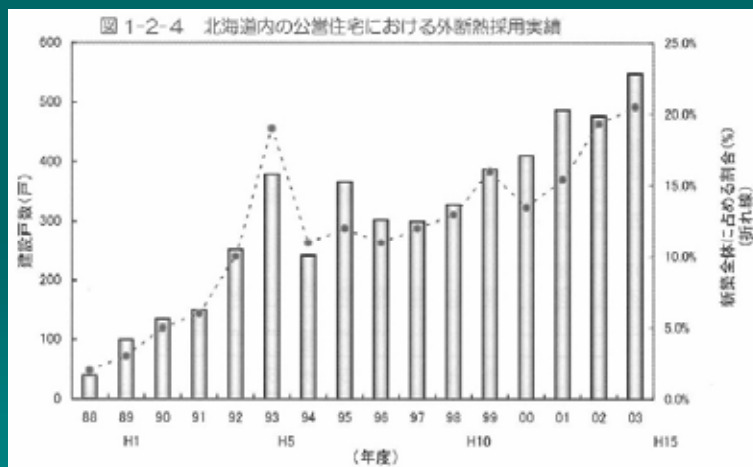
・公営住宅では、  
 : I 中低層住宅を中心に普及が進んでいる  
 : II 北海道営住宅・札幌市営住宅(高層以外)では、今後は外断熱工法の採用の方向である。



13

## ■北海道内の公営住宅の取り組み

・外断熱工法を採用した公営住宅(特公賃を含む)の建設戸数は、2003年(平成15年)時点で548戸/年、20.4%に達している。



14



## ■北海道立北方建築総合研究所での外断熱における基本的な考え方

・公的集合住宅の外断熱に関わる技術開発にあたって、次の4つのコンセプトをあげている。

- 1, 地域で生産・建設・修繕が可能であること
- 2, ローメンテナンスであること
- 3, 循環型材料で構成され、分別解体ができること
- 4, 外装選択の自由度が高いこと

このコンセプトは、外断熱建築と内断熱建築に共通する考え方である。また今後の地球環境もあり方を考えると官民を問わず同様の発想が必要である。

15

### 1,地域で生産・建設・修繕が可能であること

・北海道内で材料が入手でき、取り付けや組み立て修繕が地域の施工者で可能なことが必要である。責任施工体制をとる製品は地域の施工業者が体制に組み込まれない限り、地域での建設・修繕に繋がらないことになる。

・外断熱工法をだれでもできるようになるためには、数少ない特定の施工者に限定されない工法の開発が不可欠であり、同時に地域の施工者自身の技術力向上が必要である。

16

## 2,ローメンテナンスであること

・ローメンテナンスを実現するためには2つの方法がある。ひとつは「材料の耐久性の向上」もうひとつは、「メンテナンスビリティが良い状態を造る」ことである。

・「耐久性のある外装材」の多くはコストも高いので、イニシャルコストを下げるためには材料の大量供給による生産性向上が必要である。

・安く寿命が短い材料でも簡単に補修できればメンテナンスビリティが向上し継続的に補修することで寿命を長くすることができる。そのためには、シール材のように寿命が短い材料は足場なしに簡単に補修できる部分に限定し、足場を必要とする部分はノンシール工法を使用するなど、きめ細かい設計上の配慮が必要である。

17

## 3, 循環型材料で構成され、分別解体ができること

・発泡系断熱材の多くが循環型材料には該当しにくい上、現在の分別技術では、後張り工法でなければ分別解体が難しい状況である。また、躯体に打ち込まれた発泡系断熱材、現場発泡断熱材、断熱材に直接左官で塗りこむ湿式工法、非通気層工法の多くが循環型材料に該当しないので、新しい分別解体技術の開発が必要である。

・繊維系断熱材による通気層工法は、分別解体が容易なので循環型材料として使用できる。

18

## 4, 外装選択の自由度が高いこと

・ 通気層工法は非通気層工法に比べ、外装材の選択幅が広い工法である。

この4つのコンセプト全てに該当する工法は「通気層工法」になるが、外断熱工法が普及するためには「イニシャルコストの低減」も必要条件である。非通気層工法はイニシャルコストを下げるために考えられた工法なので、今後は4つのコンセプトに該当する改善も必要である。

通気層工法・非通気層工法それぞれに特色があります。ひとつの建物でもメンテナンスしやすい部分とにくい部分があるので、メンテナンスビリティをよくし、イニシャルコストを下げるためにはきめ細かい使い分けが必要である。

19

## ■近年の外断熱工法は、北海道営住宅においては乾式通気工法を推進している

### ・ 鋼板外装システム



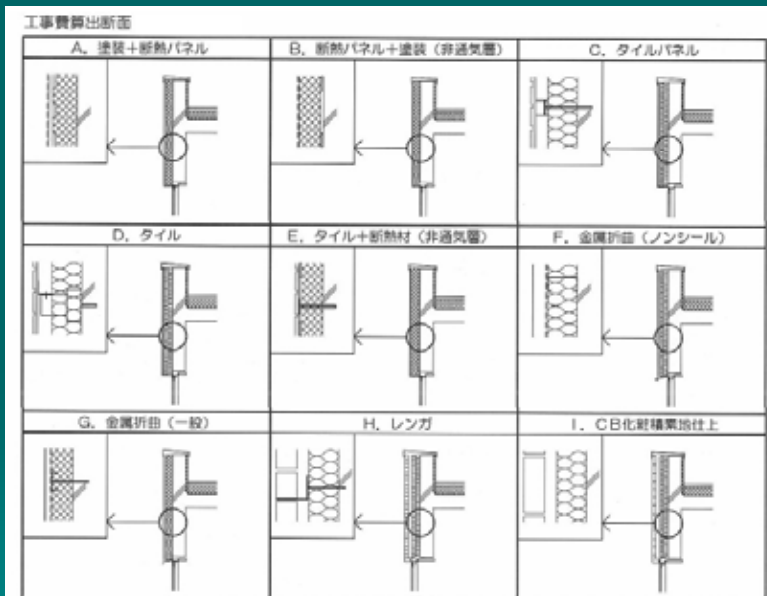
20

## ■外断熱工法(乾式通気層工法)の高層住宅への普及の課題

・地震・風圧による外装材の落下対策など中低層建築の範囲を超える技術検討が必要である。

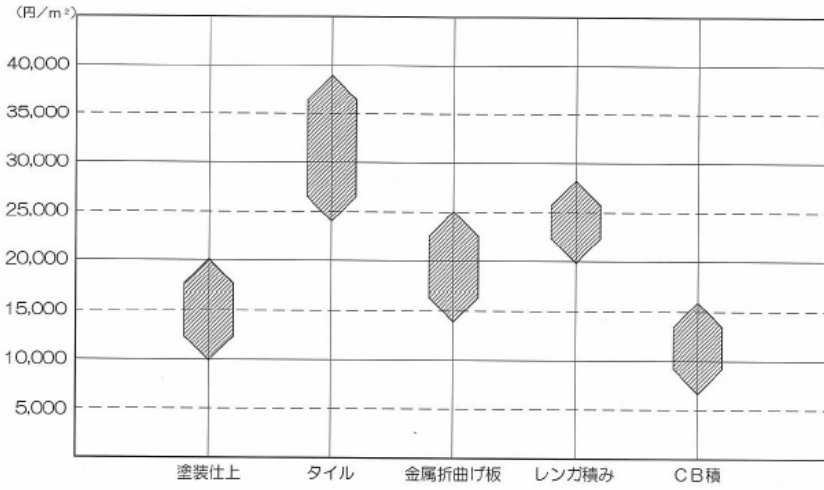
21

## <参考>工事費概算の一例施工



22

外壁面積当りの工事費比較



---

## 資料-5. 省エネルギー計算の日中比較

### 1. 日本の省エネルギー計算での熱橋の扱い

2008.04.11 協議資料

資料中の図表はすべて下記より抜粋

住宅の省エネルギー基準の解説【(財)建築環境・省エネルギー機構】

### 2. 日本の省エネ計算手法による中国の高層住宅の省エネ計算

2008.09.05 協議資料を一部修正

### 3. 壁面の平均熱貫流率計算

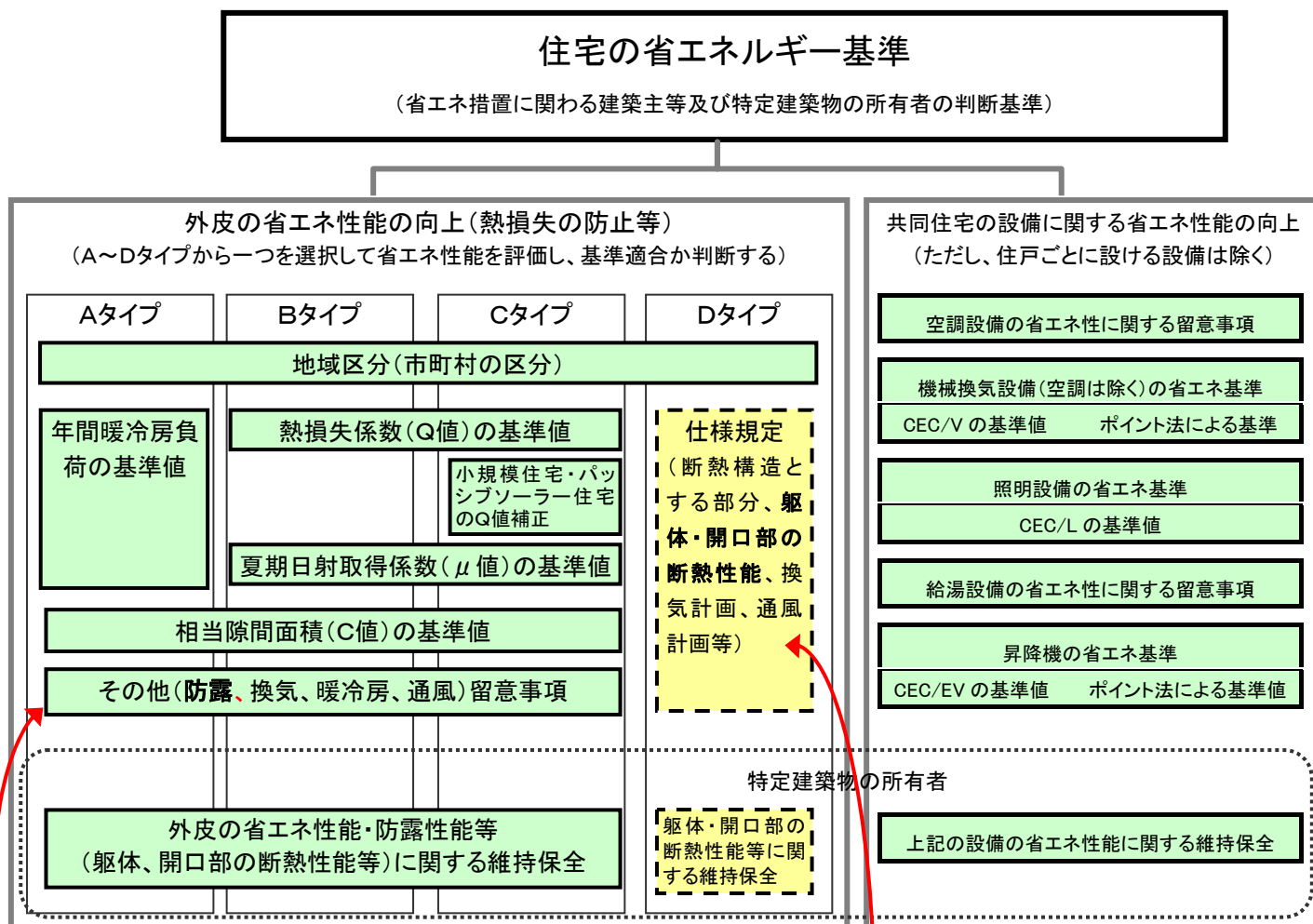
2008.09.16 協議資料

資料中の図表の出典

スライド 7,8 の図：住宅の省エネルギー基準の解説【(財)建築環境・省エネルギー機構】

## 日本の省エネルギー計算での熱橋の扱い

### 1. 住宅の省エネルギー基準における熱橋に関する規定



建築主等の判断基準 1-5 防露性能の確保で、表面結露防止と内部結露防止を規定

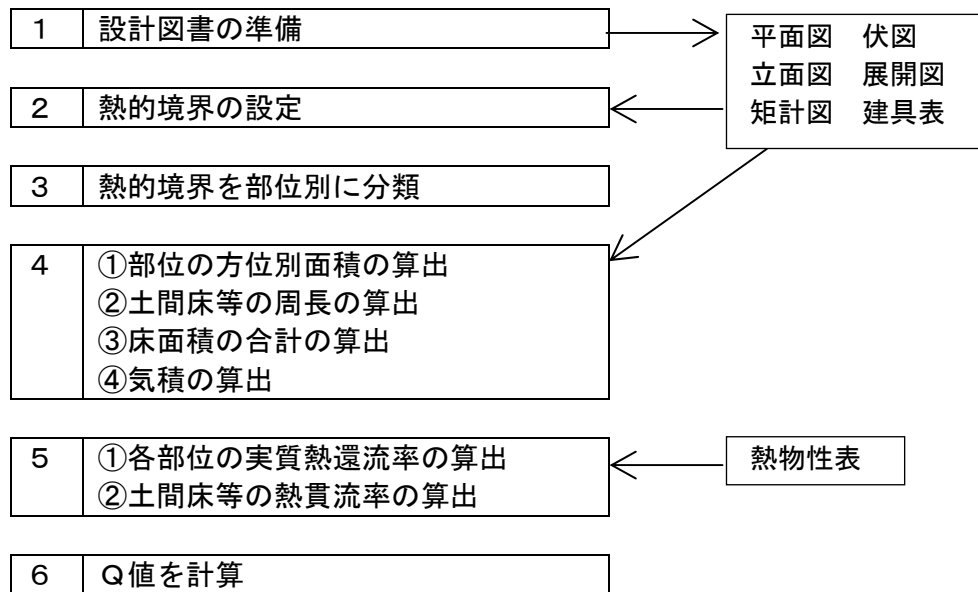
設計・施工指針 3(2)ハで、熱橋となる部分の熱損失の低減及び結露を防止するための断熱補強の仕様を規定

結露を防止するためには断熱補強が不可欠

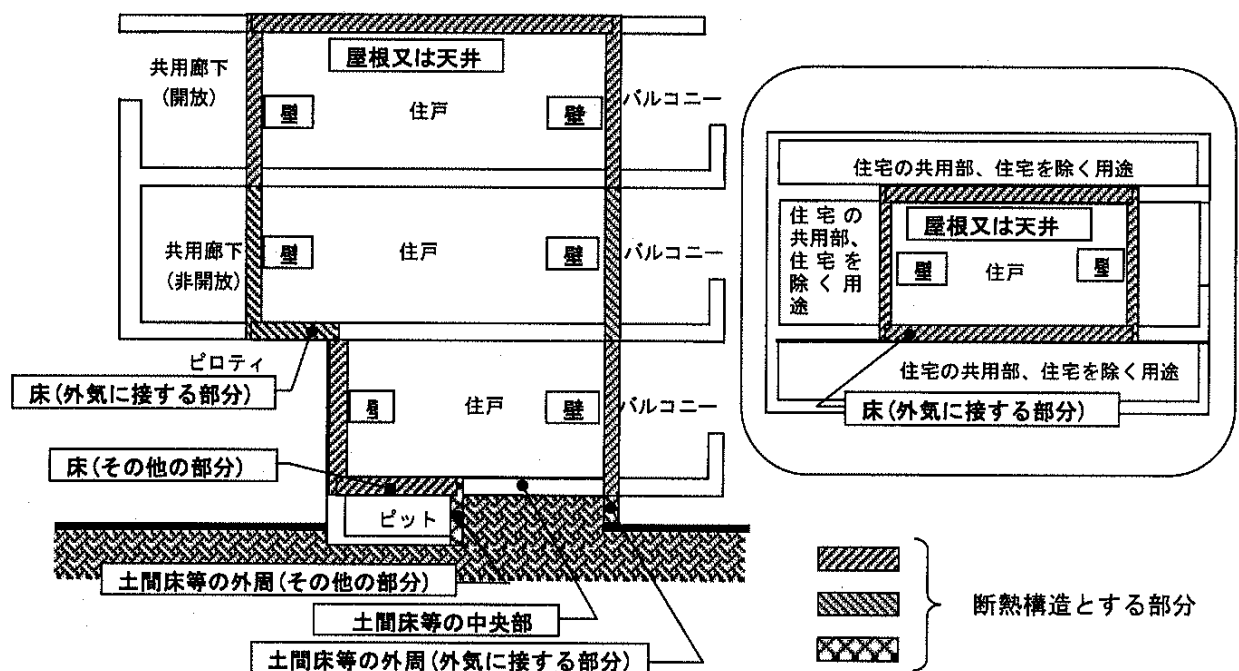
年間暖冷房負荷や熱損失係数(Q値)は、熱橋部分の熱損失も反映して計算する。

## 2. 熱損失係数（Q値）の計算での熱橋の扱い

### ● 熱損失係数の計算フロー

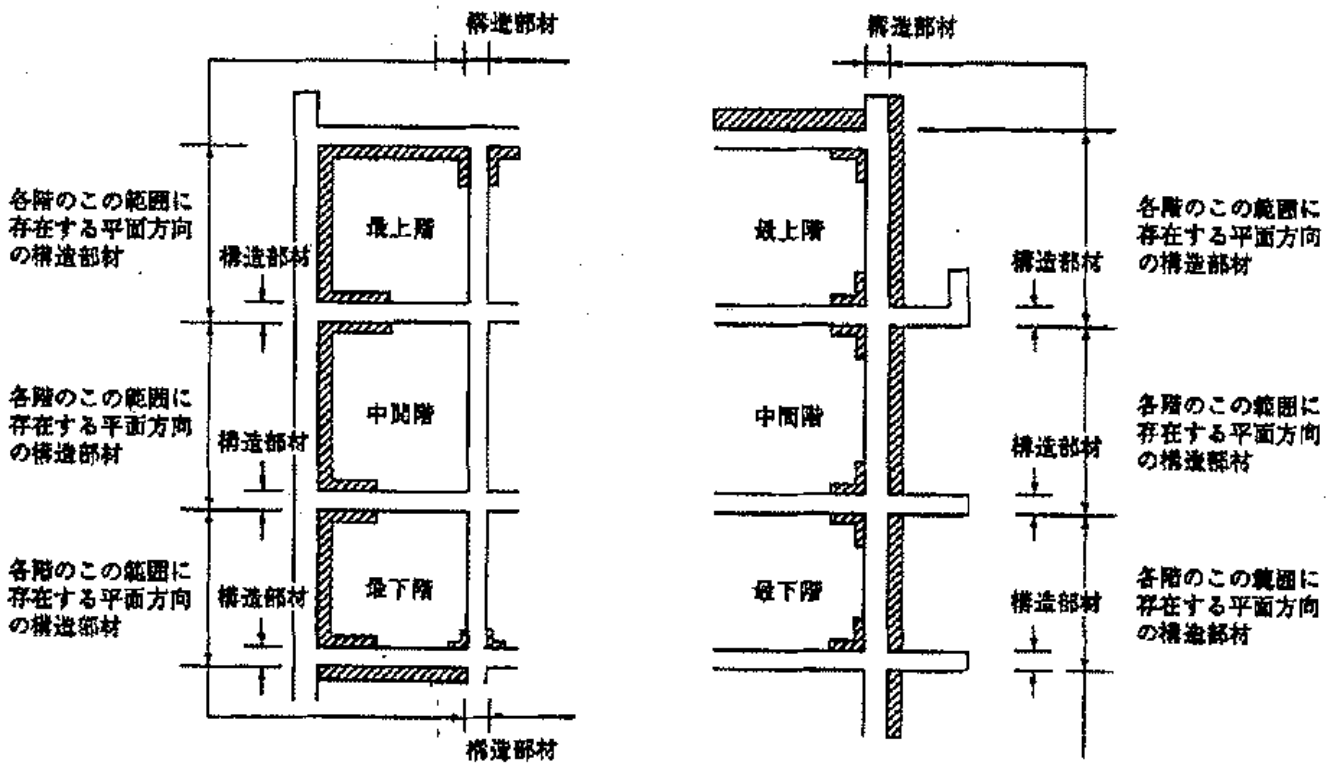


### ● 断熱構造とすべき部位（熱的境界）





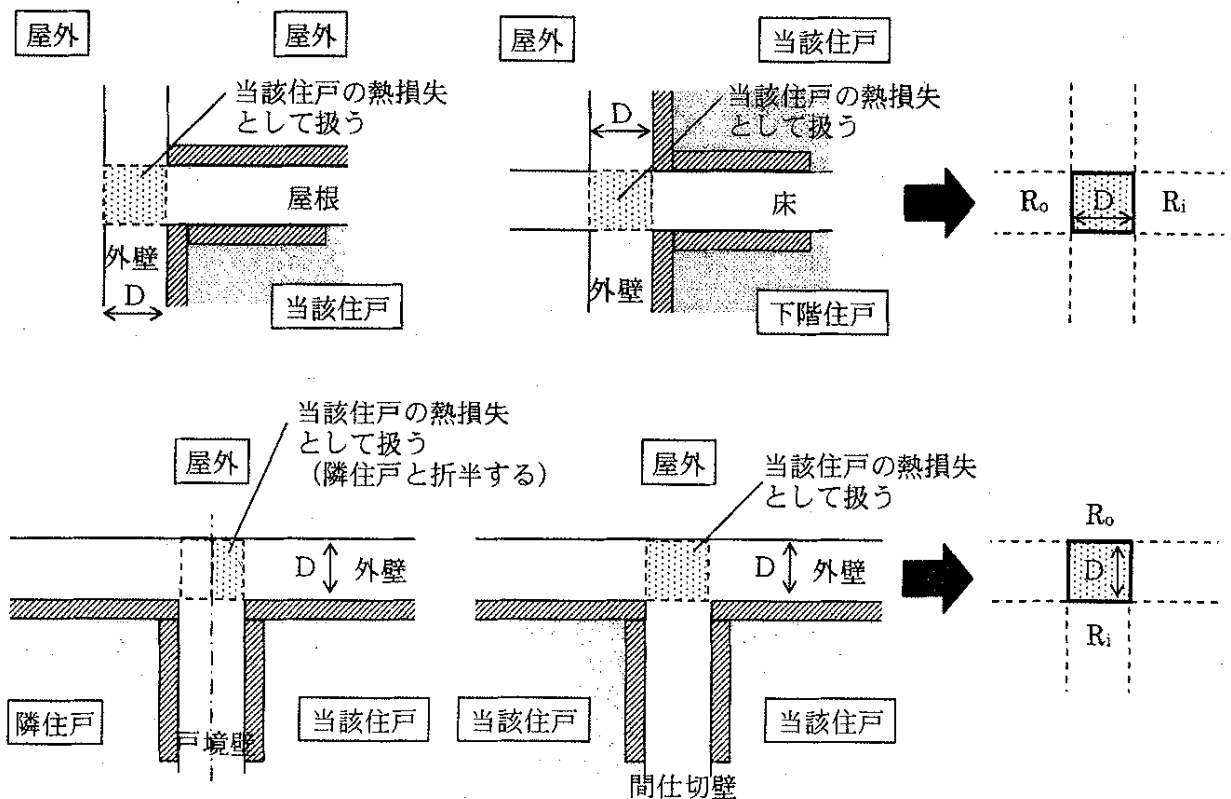
● 共同住宅における構造部材（熱橋）の位置



(a) 内断熱工法による場合

(b) 外断熱工法による場合

● 構造熱橋部の面積と熱貫流率の算出



● 構造熱橋部の熱貫流率

名称	部位仕様モデル	材料	厚さ (mm)	λ 値 (W/mK)	R 値 (m <sup>2</sup> K/W)	K 値 (W/ m <sup>2</sup> K)	
w-1		外側熱伝達抵抗R <sub>o</sub>			0.04		
		コンクリート	135	1.600	0.084		
		内側熱伝達抵抗R <sub>i</sub>					0.11
				合計	0.234	4.274	

名称	部位仕様モデル	材料	厚さ (mm)	λ 値 (W/mK)	R 値 (m <sup>2</sup> K/W)	K 値 (W/ m <sup>2</sup> K)	
w-2		外側熱伝達抵抗R <sub>o</sub>			0.04		
		コンクリート	135	1.600	0.084		
		内側熱伝達抵抗R <sub>i</sub>					0.11
				合計	0.234	4.274	

名称	部位仕様モデル	材料	厚さ (mm)	λ 値 (W/mK)	R 値 (m <sup>2</sup> K/W)	K 値 (W/ m <sup>2</sup> K)	
w-3 w-4		外側熱伝達抵抗R <sub>o</sub>			0.04		
		コンクリート	135	1.600	0.084		
		内側熱伝達抵抗R <sub>i</sub>					0.11
				合計	0.234	4.274	

● 構造熱橋部の面積と低減係数

取合部名	低減係数 $a_H$ ※表 4.1.33 参照	熱橋部			面積 ( $m^2$ )
		方位	寸法 (m)		
			部位 長さ	部位幅 (W)	
屋根-外壁 (部位名:w-1)	0.50	南	6.50	0.15	0.49
		西	12.00	0.15	0.90
		北	6.50	0.15	0.49
		東	2.18	0.15	0.16
床-外壁 (部位名:w-2)	0.50	南	6.50	0.2	0.65
		西	12.00	0.2	1.20
		北	6.50	0.2	0.65
		東	2.18	0.2	0.22
戸境壁-外壁 (部位名:w-3)	0.50	南	2.6	0.075	0.10
		北	2.6	0.075	0.10
間仕切壁-外壁 (部位名:w-4)	0.50	南	2.6	0.15	0.20
		西	2.6	0.15	0.20

注:w-3の部位幅は、 $W/2$ である。

● 構造熱橋部の低減係数一覧

(b) 外断熱工法の場合 (■ 一般断熱部分 ■ 断熱補強部分)

構造形式	低減係数 $a_H$			
	1.0	0.75	0.5	
(外壁と間仕切壁・外壁と床の間の部等) T型及び+型熱橋部	鉄筋コンクリート造 壁式構造等			
	鉄筋コンクリート差 ラーメン構造1			
	鉄筋コンクリート差 ラーメン構造2			
バラベット部等	鉄筋コンクリート造 壁式構造等			
	鉄筋コンクリート造 ラーメン構造1			
	鉄筋コンクリート造 ラーメン構造2			

【適用条件】

(a) 表と同じ

(a) 主に内断熱工法の場合 (■ 一般断熱部分 ■ 断熱補強部分)

構造形式	低減係数 $a_R$			
	1.0	0.75	0.5	
(外壁と間仕切壁・外壁と床の間の間合い部等) T型及び+型熱橋部	鉄筋コンクリート造壁式構造等			
	鉄筋コンクリート造ラーメン構造1			
	鉄筋コンクリート造ラーメン構造2			
バラベット部等	鉄筋コンクリート造壁式構造等			
	鉄筋コンクリート造ラーメン構造1			
	鉄筋コンクリート造ラーメン構造2			

【適用条件】

- 各部位の断熱性能：平成4年設計施工指針に掲げるものと同等以上の断熱性能が確保されていること
- 躯体鉄筋コンクリート厚さ：外壁 120~200mm 屋根、床スラブ 150~250mm
- 熱橋部の断熱補強の仕様：上表に掲げる熱橋部分の片面若しくは両面の断熱補強仕様については下表とする

a) 補強の範囲

断熱工法	地域区分・断熱補強の範囲		
	I	II、III	IV、V
内断熱工法	900	600	450
外断熱工法	450	300	200

b) 断熱厚さ

断熱材の種類別厚さ (mm)						
A-1	A-2	B	C	D	E	F
35	30	30	25	25	20	15

断熱材の種類は表 4.1.3 参照のこと

- 室内側及び外気側の表面熱伝達抵抗は表 4.1.28 による

● 熱損失係数の算出

$$\text{熱損失係数 (W/m}^2\text{K)} = \text{全熱損失 (W/K)} \div \text{床面積 (m}^2\text{)}$$

$$\text{全熱損失 (W/K)} = \text{貫流熱損失 (W/K)} + \text{換気熱損失 (W/K)}$$

貫流熱損失

部位		熱的境界の 部位種類	熱貫流率 K (W/m <sup>2</sup> K)	面積 A (m <sup>2</sup> )	温度差係数 H ※表 4.1.35 参照	貫流熱損失 KAH (W/K)
屋根	C	天井	0.296	70.00	1.0	20.700
南外壁	W	外壁	0.755	8.57	1.0	6.473
	w-1 (屋根-外壁)	構造熱橋部	4.274	0.49	1.0	2.094
	w-2 (外壁-床)	構造熱橋部	4.274	0.65	1.0	2.778
	w-3 (戸境壁)	構造熱橋部	4.274	0.10	1.0	0.427
	w-4 (間仕切壁)	構造熱橋部	4.274	0.20	1.0	0.855
	WD-1	窓	4.070	5.00	1.0	20.350
	WD-2	窓	4.070	3.33	1.0	13.553
北外壁	W	外壁	0.755	11.20	1.0	8.459
	w-1 (屋根-外壁)	構造熱橋部	4.274	0.49	1.0	2.094
	w-2 (外壁-床)	構造熱橋部	4.274	0.65	1.0	2.778
	w-3 (戸境壁)	構造熱橋部	4.274	0.10	1.0	0.427
	WD-3	窓	4.070	2.04	1.0	8.303
	WD-4	窓	4.070	2.04	1.0	8.303
	DR	玄関ドア	4.650	1.62	1.0	7.533
東外壁	W	外壁	0.755	5.67	1.0	4.283
	w-1 (屋根-外壁)	構造熱橋部	4.274	0.16	1.0	0.684
	w-2 (外壁-床)	構造熱橋部	4.274	0.22	1.0	0.940
西外壁	W	外壁	0.755	31.20	1.0	23.566
	w-1 (屋根-外壁)	構造熱橋部	4.274	0.90	1.0	3.847
	w-2 (外壁-床)	構造熱橋部	4.274	1.20	1.0	5.128
	w-4 (間仕切壁)	構造熱橋部	4.274	0.20	1.0	0.855
床	なし		0.000		0.7	0.000
貫流熱損失合計 ΣKAH						144.430

換気熱損失

室名	気積 B (m <sup>3</sup> )	換気回数 n (回/h)	容積比熱 (W/m <sup>3</sup> K)	換気熱損失 0.35nB (W/K)
全室	171.57	0.5	0.35	30.02

熱損失係数算出

		備考
イ) 熱損失係数算定用延べ面積 (m <sup>2</sup> )	70.00	表 4.1.14 参照
ロ) 貫流熱損失 (土間以外) (W/K)	144.43	表 4.1.19 参照
ハ) 換気熱損失 (W/K)	30.02	表 4.1.20 参照
ニ) 全熱損失 (W/K)	174.45	ロ)、ハ) 合計
ホ) 熱損失係数 (W/m <sup>2</sup> K)	2.49	ニ) ÷ イ)

# 日本の省エネ計算手法による 中国の高層住宅の省エネ計算 【主にQ・μ値計算による】

2008年9月5日(2008年12月26日訂正)  
株式会社 イズミシステム設計・東京  
小池 康仁

## 計算概要1

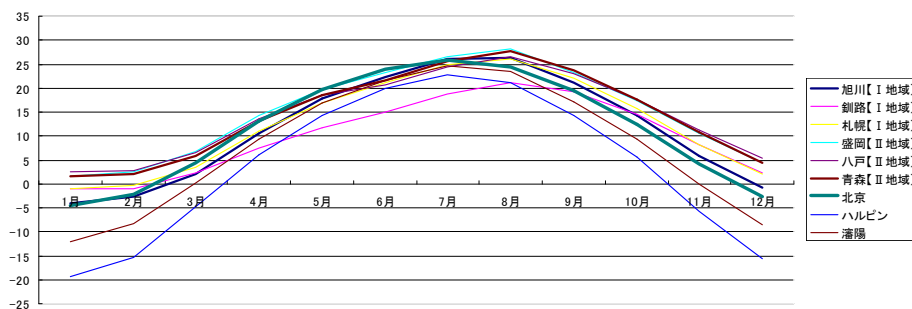
建物地域区分 : I 地域(主に北海道地域)とする。

※北京市の1月の平均気温:-4.2℃程度

I 地域【旭川】の平均気温:-4℃程度

II 地域【仙台】の平均気温:2℃程度

(計算上、地域区分は、基準値が変わるだけで、Q値の結果には影響はない。)



## 計算概要2

計算住戸 : E1～E5タイプ(全タイプ)

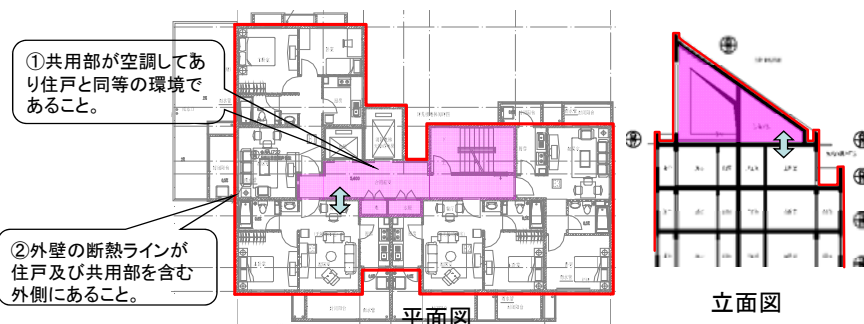
検証方法 : 日本の省エネ法は、住戸毎の計算となるため、一番悪いと考えられる最上階、最下階の妻側住戸のみ計算し、基準値と比較するが、今回は中国との比較となるため、全てのタイプの省エネ計算をする。

		機械室		
18F	機械室	E5 《計算住戸》	E2 《計算住戸》	E3 《計算住戸》
17F	E1 《計算住戸》	E5	E2	E3
3-16F	E1 《計算住戸》	E5 《計算住戸》	E2 《計算住戸》	E3 《計算住戸》
2F	E1 《計算住戸》	E5	E2	E3
1F	E4 《計算住戸》	ENT	E5 《計算住戸》	E2 《計算住戸》
B1F	地下機械室			

## 計算条件1【内廊下・機械室の扱い】

### 1. 内廊下、地下、屋上機械室のとの境界壁の扱い

日本の省エネ法では、以下の条件の場合には内廊下等と住戸間の境界壁の計算が不要となる。



当該物件では、受領した質疑回答より共用部は暖房があるとのことであったが、同時に断熱もしてあるため、上記①の「住戸と同等の環境」と考えるのは難しい。したがって、内廊下-廊下間の壁を「半外部に接する壁」として計算を行う。

## 計算条件2【不透外皮】

### 【一般屋根の構成】

層	材料名	厚さ	熱伝導率	熱抵抗	熱貫流率
1	外気	-	-	0.043	23.3
2	断熱材	150	0.035	4.286	0.023
3	構造材	100	0.170	0.588	1.708
4	内気	-	-	0.176	5.698
合計					29.715

### 【機械室床の構成】

層	材料名	厚さ	熱伝導率	熱抵抗	熱貫流率
1	外気	-	-	0.043	23.3
2	断熱材	100	0.035	2.857	0.035
3	構造材	100	0.170	0.588	1.708
4	断熱材	100	0.035	2.857	0.035
5	内気	-	-	0.176	5.698
合計					32.551

### 【外壁の構成】

層	材料名	厚さ	熱伝導率	熱抵抗	熱貫流率
1	外気	-	-	0.043	23.3
2	外断熱材	50	0.035	1.429	0.070
3	構造材	100	0.170	0.588	1.708
4	内断熱材	50	0.035	1.429	0.070
5	内気	-	-	0.176	5.698
合計					32.198

### 【エントランス等の上スラブの構成】

層	材料名	厚さ	熱伝導率	熱抵抗	熱貫流率
1	外気	-	-	0.043	23.3
2	断熱材	100	0.035	2.857	0.035
3	構造材	100	0.170	0.588	1.708
4	断熱材	100	0.035	2.857	0.035
5	内気	-	-	0.176	5.698
合計					32.551

### 【半外部空間に接する壁の構成】

層	材料名	厚さ	熱伝導率	熱抵抗	熱貫流率
1	廊下	-	-	0.176	5.698
2	構造材	100	0.170	0.588	1.708
3	断熱材	100	0.035	2.857	0.035
4	内気	-	-	0.176	5.698
合計					10.279

※半外部空間の計算を行う場合には、計算上、面積を70%として計算する。

### 【半外部空間に接する床の熱橋の構成】

層	材料名	厚さ	熱伝導率	熱抵抗	熱貫流率
1	廊下	-	-	0.176	5.698
2	断熱材	100	0.035	2.857	0.035
3	構造材	100	0.170	0.588	1.708
4	内気	-	-	0.176	5.698
合計					10.279

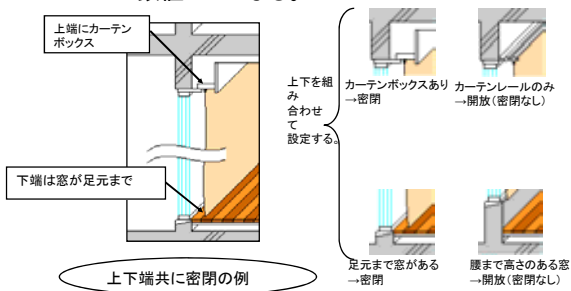
## 計算条件3【透明外皮】

窓種類 : 普通複層ガラス+樹脂サッシ  
熱貫流率 :  $2.7W \cdot m^2 \cdot K$

### ■カーテンを設置した場合の熱貫流率の変化

夜間厚手のカーテンを設置することにより、実際には窓からの冷気の侵入が減少するため、計算上緩和させることができる。

この場合、カーテン上下の一方が密閉か、両方が密閉かによって緩和の数值がことなる。

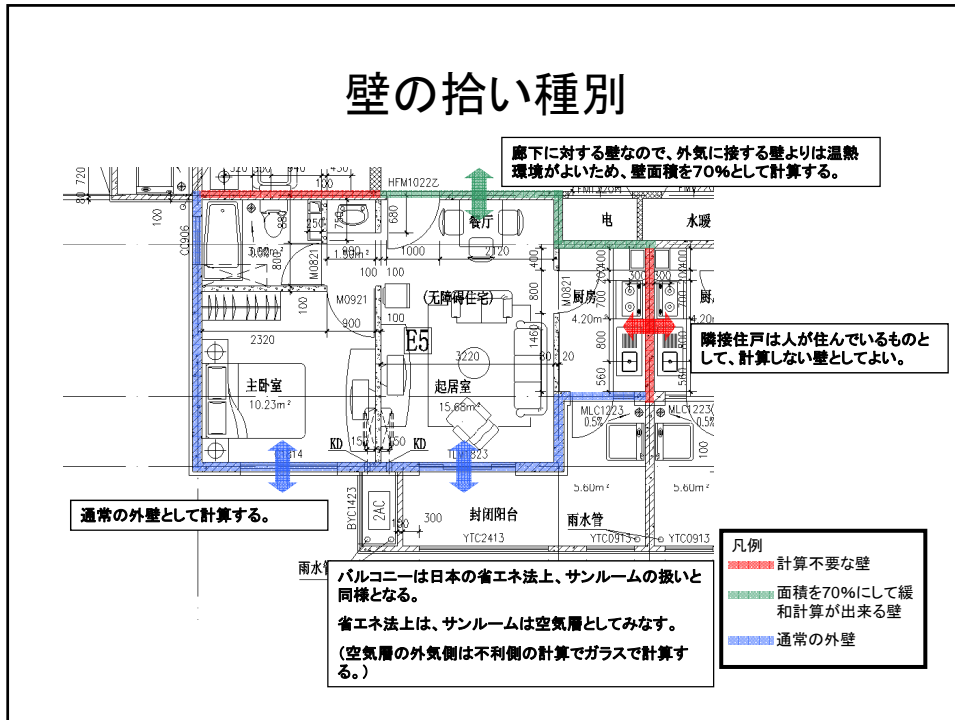


### カーテンの設置有無による熱貫流率の違い

- カーテンによる密閉部分なし  
⇒  $2.7W/m^2 \cdot K$
- カーテンにより一方密閉  
⇒  $2.41W/m^2 \cdot K$
- カーテンにより両側密閉  
⇒  $2.38W/m^2 \cdot K$



## 壁の拾い種別



## 日射計算(μ値)【透明外皮】

窓ガラスの仕様 : 複層ガラス(空気層12mm)

窓ガラスの日射侵入率(η)

レースカーテンを設置しない場合 : 0.79

レースカーテンを設置した場合 : 0.53

※レースカーテンは実際には居住者設置となるが、内装工事でカーテンレールを設置すればレースカーテンを設置しているものとして計算してよい。

## 日射計算(μ値)【透明外皮】

### 庇による日射侵入率の補正

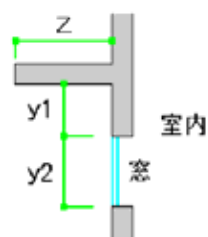
右図の $y_1$ 、 $y_2$ と $Z$ の寸法の関係により庇による日射侵入率の補正を行うことができる。

例)

窓仕様 : 複層ガラス(レースカーテン有り)

窓サイズ : 1500mm × 1400mmH

庇寸法 :  $Z$ :600mm  $y_1$ :0  $y_2$ :1400mm



庇なしの場合の日射侵入率:0.530



庇有りの場合の日射侵入率:0.313

## 換気の熱損失について-1

Q値の計算においては、換気による熱損失の計算も行う。日本の一般的なマンションは、シックハウス対策により0.5回以上の24時間換気を行うため、その分の換気の熱損失も計算する。

中国では、24時間換気システムは一般的に採用しておらず、機械による全般換気は行われていない。中国の基準では、換気は自然換気でも良いことになっており、夏期1回/h、冬期には0.5回/hの換気が必要である。

上記のことより、Q値の計算は断熱性能の基準であり、主に冬期に影響があることから、自然換気ではあるが0.5回/hの換気を考慮して計算した。

## 換気の熱損失について-2(参考)

熱回収装置(全熱交換器)による「みなし換気回数」

今回計算した物件では、採用されていないが、全熱交換器などを採用した場合には、その機器による熱回収分を「みなし換気回数」として計算に反映させることができる。

計算概要としては以下の通り

みなし換気回数

= (実際の換気回数)

− (熱回収により得たエネルギー量の換気回数換算)

+ (設置機器による使用エネルギー量の増加分の換気回数換算)

## Q・μ値による計算結果-1

省エネ計算の結果が以下のように算出された。

計算結果は、すべての住戸において、基準を満足しないという結果となった。

No	住戸名	床面積 [m <sup>2</sup> ] S	容積 [m <sup>3</sup> ] B	基準換気回数 [回/時]	熱損失係数		夏期日射取得係数		備考
					基準値 Q <sub>0</sub> (Q <sub>0s</sub> )	計算値 Q	基準値 μ	計算値 μ	
1	E1017 最上階(17F)	54.03	138.86	0.50	1.64	3.25	0.080	0.058	
2	E1017 中間階(3-16F)	54.03	138.86	0.50	1.64	2.03	0.080	0.048	
3	E1017 最下階階(2F)	54.03	138.86	0.50	1.64	2.18	0.080	0.048	
4	E2017 最上階(18F)	38.43	98.76	0.50	1.77	4.71	0.080	0.040	
5	E2017 中間階(2-17F)	38.43	98.76	0.50	1.77	2.19	0.080	0.036	
6	E2017 最下階(1F)	38.43	98.76	0.50	1.77	2.51	0.080	0.036	
7	E3017 最上階(18F)	38.77	99.63	0.50	1.76	2.57	0.080	0.061	
8	E3017 中間階(2-17F)	38.77	99.63	0.50	1.76	2.21	0.080	0.048	
9	E3017 最下階(1F)	38.77	99.63	0.50	1.76	2.53	0.080	0.048	
10	E4017 最下階(1F)	37.26	95.76	0.50	1.78	2.62	0.080	0.053	
11	E5017 最上階(18F)	38.43	98.76	0.50	1.77	4.81	0.080	0.052	
12	E5017 中間階(2-17F)	38.43	98.76	0.50	1.77	2.28	0.080	0.048	
13	E5017 最下階(1F)	38.43	98.76	0.50	1.77	2.60	0.080	0.048	

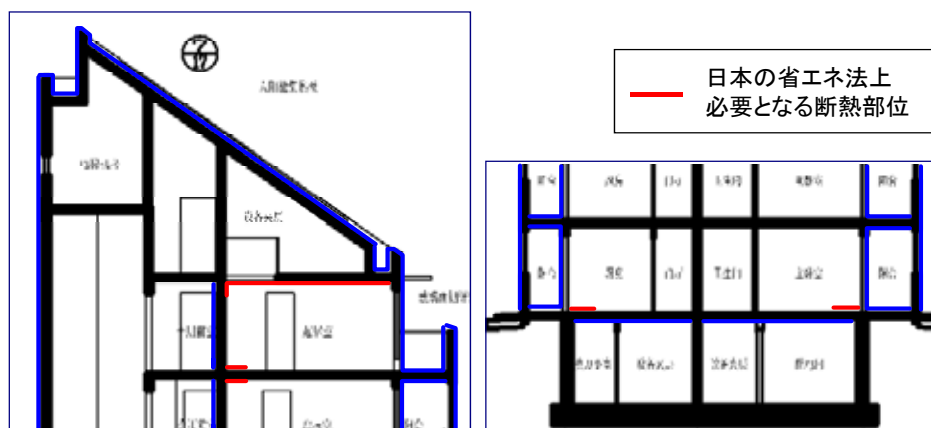
## Q・μ値による計算結果-2

Q, μ計算の結果より、日本の断熱の評価方法と中国の評価方法の違いは以下のようにあることがわかった。

- ・日本の省エネ法では、最上階の住戸と機械空間を評価対象の壁とする必要があるため、計算結果が**他の住戸と比較して著しく悪くなっている**。
- ・日本の省エネ法の場合は60㎡以上の住戸を計算するために基準が出来ているが、本件ではそれに対して住戸が非常に小さいことから、床面積に対する外皮の割合が多くなり、計算結果が通常より悪くなる。(I地域のQ値の基準値は1.6だが、60㎡以下の住戸は規模補正值が考慮された基準値となっている。)

## 日本の省エネ法にて必要となる断熱範囲

日本の省エネ法上では、前述のとおり、設計上考慮されている断熱材の他に、住戸と屋上機械室の間との断熱を行わなくてはならない。また、熱橋となる部分には、断熱補強として900mm以上(I地域)断熱材を重ねて施工する必要がある。



## 計算結果の加重平均

前のページの計算結果の加重平均を行った。  
一部の住戸では、計算結果が非常に悪くなる結果が出たが、全体としてもQ値は基準値(1.60)に対して満足していない。

No	住戸名	床面積 [㎡]	戸数	総熱損失 [W/K]	総日射量 [㎡]	備考
1	E1タイプ最上階(17F)	54.03	1	169.88	3.08	
2	E1タイプ中間階(3-16F)	54.03	14	103.77	2.56	
3	E1タイプ最下階(2F)	54.03	1	110.93	2.56	
4	E2タイプ最上階(18F)	38.43	1	175.28	1.50	
5	E2タイプ中間階(2-17F)	38.43	16	61.10	1.63	
6	E2タイプ最下階(1F)	38.43	1	90.48	1.35	
7	E3タイプ最上階(18F)	38.77	1	96.87	2.34	
8	E3タイプ中間階(2-17F)	38.77	16	82.86	1.83	
9	E3タイプ最下階(1F)	38.77	1	95.35	1.83	
10	E4タイプ最下階(1F)	37.26	1	91.41	1.94	
11	E5タイプ最上階(18F)	38.43	1	180.21	1.97	
12	E5タイプ中間階(2-17F)	38.43	16	83.07	1.82	
13	E5タイプ最下階(1F)	38.43	1	95.45	1.82	

延床面積	総熱損失	総日射量	平均熱損失係数(Q)	平均夏期日射取得係数( $\mu$ )
S	D	G	D/S	G/S
2983.08	6191.12	138.71	<b>2.08</b>	<b>0.046</b>

## 廊下等を計算しなかった場合の Q・ $\mu$ 値計算結果

廊下、地下室、屋上機械室は暖房空間であり、居室と同等の温熱環境と考えたときの計算結果は、以下のようになる。

廊下等は計算対象とならない壁になったため、計算値が大幅に**改善されたが、それでもほとんどの住戸が熱損失係数の基準を満足しなかった。**

なお、日本の省エネ法の場合は、住戸毎の評価となるため、1箇所でも適合していなければ省エネ法に適合しない建物という評価となる。

No	住戸名	床面積 [㎡]	容積 [㎡]	基準換気回数 [回/h]	熱損失係数		夏期日射取得係数		備考
					基準値 Q <sub>0</sub> (Q <sub>0a</sub> )	計算値 Q	基準値 $\mu$	計算値 $\mu$	
1	E1タイプ最上階(17F)	54.03	138.86	0.50	1.64	1.94	0.080	0.058	
2	E1タイプ中間階(3-16F)	54.03	138.86	0.50	1.64	1.68	0.080	0.048	
3	E1タイプ最下階(2F)	54.03	138.86	0.50	1.64	1.68	0.080	0.048	
4	E2タイプ最上階(18F)	38.43	98.76	0.50	1.77	1.79	0.080	0.040	
5	E2タイプ中間階(2-17F)	38.43	98.76	0.50	1.77	1.69	0.080	0.036	OK
6	E2タイプ最下階(1F)	38.43	98.76	0.50	1.77	1.69	0.080	0.036	OK
7	E3タイプ最上階(18F)	38.77	99.63	0.50	1.76	2.34	0.080	0.061	
8	E3タイプ中間階(2-17F)	38.77	99.63	0.50	1.76	1.98	0.080	0.048	
9	E3タイプ最下階(1F)	38.77	99.63	0.50	1.76	1.98	0.080	0.048	
10	E4タイプ最下階(1F)	37.26	95.76	0.50	1.78	1.76	0.080	0.053	OK
11	E5タイプ最上階(18F)	38.43	98.76	0.50	1.77	2.01	0.080	0.052	
12	E5タイプ中間階(2-17F)	38.43	98.76	0.50	1.77	1.90	0.080	0.048	
13	E5タイプ最下階(1F)	38.43	98.76	0.50	1.77	1.90	0.080	0.048	

## 仕様基準による計算結果

日本では、性能基準(Q・μ値)計算と仕様基準のどちらの手法で省エネ性能を検証しても良い。

したがって、仕様基準(熱貫流率)での基準値との比較を下記に行った。その結果、日本のI地域の省エネ法基準値を満足しない結果となった。

		部位の熱貫流率(W/m <sup>2</sup> ・K)		
		日本の基準値 (I地域)	計算値	北京市の基準値 【外断熱】
屋根	外断熱	0.32	0.37	0.60
外壁	外断熱	0.49	0.52	0.60
外気に接する床	外断熱	0.38	なし	0.50
その他の床	内断熱	0.38	0.47	0.55
窓		2.33	2.7	2.8

## 本物件にて使用している断熱材と 日本で一般的に使用されている断熱材 の熱抵抗値の比較

日本では一般的に内断熱のほうが多くなっているため、比較的断熱性能の良い断熱材を使う傾向がある。

また、最近は環境への配慮の重要性という観点から、発泡材にフロン(代替フロンHFC)を使わず水を使った吹付けウレタンフォームを用いることが増えている。

	断熱材	熱抵抗値 (m <sup>2</sup> ・K/W)	主に使われる部位
本物件	押出法ポリスチレンフォーム	0.03	屋根
	ポリスチレンボード	0.042	外壁
日本	押出法ポリスチレンフォーム	0.028	屋根・ピロティ
	吹付け硬質ウレタンフォーム	0.026	外壁
	吹付け硬質ウレタンフォーム(ノンフロンタイプ)	0.034	外壁

## 省エネ計算を終えての考察

- ・本計算方法は日本の住宅を計算するためのものであり、バルコニーの取り扱いなど日本の計算方法では対応しづらい場所もあった。
- ・屋上の機械室との間のスラブは、日本の省エネ法上は熱的境界となるため、断熱が必要となるが、中国の法律では評価されないため、その基準の違いが計算結果に現れた。
- ・本物件では全て外断熱となっているが、計算してみると内断熱でも日本で使っている熱抵抗値に換算して計算するとそれほど断熱材が厚くなりすぎないことが分かった。
- ・日本では、省エネ性能も防災関係法規も性能規定による検証計算により細かいスペックの設定が出来るようになってきている。設計の幅を広げるためにもいろいろな断熱手法やそれを検証する計算手法が出来ればよいと思う。

# 壁面の平均熱貫流率計算

2008年9月8日  
イズミシステム設計・東京 小池 康仁

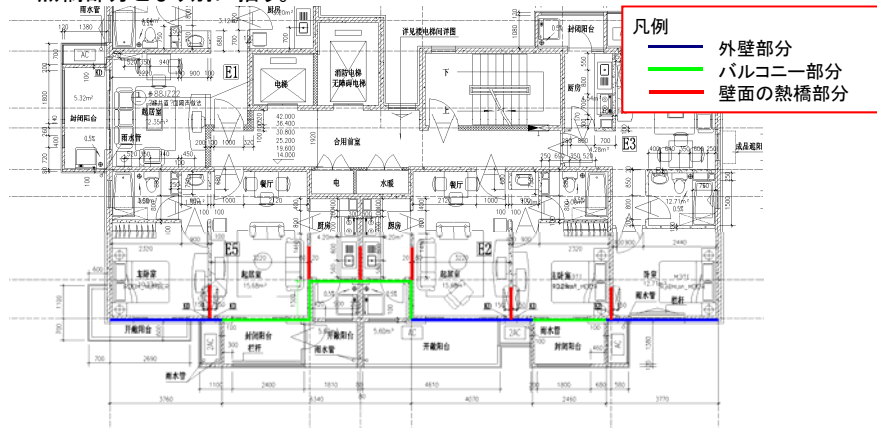
## 平均熱貫流率計算の計算手法

- ・平均熱貫流率計算は、窓を除いた外壁部分の壁・熱橋部分熱貫流率を面積按分して求める。
- ・計算は、階ごとに計算し、その集計を行う。



## 平面図の拾い図

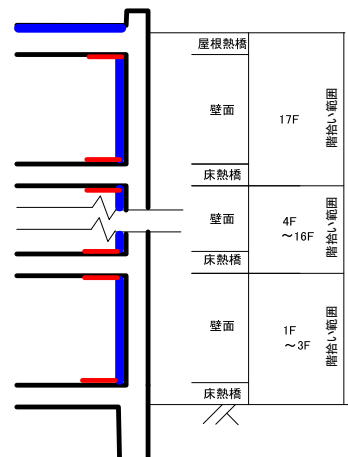
平面図は、外気に直接接する部分およびバルコニーに接する部分で分けて拾う。  
内断熱の場合、外壁に接する内壁は内断熱の断熱材を分断してしまうため、熱橋部分となり別に拾う。



## 立面方向の拾いの考え方

立面的には、外壁面は断熱されている「壁面部」と床スラブによって断熱が切れる「床熱橋部分」に拾い分けを行う。

日本では屋根だけは外断熱となっている場合が多いため、屋根部分の熱橋も分けて拾う。



## 壁面の構成部材-1

### 【外壁】

熱貫流率:  $0.40\text{W/m}^2\cdot\text{K}$   
断熱材: 55mm  
(吹付硬質ウレタンフォーム)

部位別熱伝導率表 (1/UA) (W/m <sup>2</sup> ・K)					
部位	層番号	材料	熱伝導率 λ (W/m・K)	厚さ (mm)	熱抵抗 (1/UA) (m <sup>2</sup> ・K/W)
外壁	1	外気側熱伝達抵抗 (R <sub>o</sub> )	-	-	0.040
	2	コンクリート	1.800	180.0	0.112
	3	吹付硬質ウレタンフォーム (現場製造品)	0.026	55.0	2.115
	4	非密閉空気層	-	20.0	0.090
	5	セッコウボード	0.220	9.5	0.043
	6	室内側熱伝達抵抗 (R <sub>i</sub> )	-	-	0.110
	7				
	8				
仕様符号	外壁	断熱工法: 内断熱工法			Σ R = 2.510 K = 0.40

### 【バルコニー部分】

熱貫流率:  $0.39\text{W/m}^2\cdot\text{K}$   
断熱材: 55mm  
(吹付硬質ウレタンフォーム)

部位別熱伝導率表 (1/UA) (W/m <sup>2</sup> ・K)					
部位	層番号	材料	熱伝導率 λ (W/m・K)	厚さ (mm)	熱抵抗 (1/UA) (m <sup>2</sup> ・K/W)
外壁	1	外気側熱伝達抵抗 (R <sub>o</sub> )	-	-	0.040
	2	フロートガラス	1.000	5.0	0.005
	3	非密閉空気層	-	1,500.0	0.090
	4	コンクリート	1.800	180.0	0.112
	5	吹付硬質ウレタンフォーム (現場製造品)	0.026	55.0	2.115
	6	非密閉空気層	-	20.0	0.090
	7	セッコウボード	0.220	9.5	0.043
	8	室内側熱伝達抵抗 (R <sub>i</sub> )	-	-	0.110
仕様符号	外壁バルコニー	断熱工法: 内断熱工法			Σ R = 2.605 K = 0.39

## 壁面の構成部材-2

### 【床熱橋】

熱貫流率:  $3.82\text{W/m}^2\cdot\text{K}$   
低減係数: 0.5  
※壁の熱橋も同様

構造熱橋部				
層番号	材料	熱伝導率 λ (W/m・K)	厚さ (mm)	熱抵抗 (1/UA) (m <sup>2</sup> ・K/W)
1	外気側熱伝達抵抗 (R <sub>o</sub> )	-	-	0.040
2	コンクリート	1.800	180.0	0.112
3	室内側熱伝達抵抗 (R <sub>i</sub> )	-	-	0.110
4				
5				
6				
7				
8				
断熱工法: 内断熱工法				
種類: E				
厚さ: 20mm L: 900mm				
低減係数 (α): 0.50				
仕様符号	床スラブ			Σ R = 0.262 K = 3.82

### 【屋根熱橋】

熱貫流率:  $3.82\text{W/m}^2\cdot\text{K}$   
低減係数: 0.5

※熱橋補強は吹付硬質ウレタンフォームとする。

構造熱橋部				
層番号	材料	熱伝導率 λ (W/m・K)	厚さ (mm)	熱抵抗 (1/UA) (m <sup>2</sup> ・K/W)
1	外気側熱伝達抵抗 (R <sub>o</sub> )	-	-	0.040
2	コンクリート	1.800	180.0	0.112
3	室内側熱伝達抵抗 (R <sub>i</sub> )	-	-	0.110
4				
5				
6				
7				
8				
断熱工法: 内断熱工法				
種類: E				
厚さ: 20mm L: 400mm				
低減係数 (α): 0.50				
仕様符号	屋根スラブ			Σ R = 0.262 K = 3.82

# 熱橋の低減係数について

右表が熱橋の低減係数の一覧表となる。  
 熱橋からの熱の侵入量は詳細なシミュレーションを行わないと実際には算出できない。  
 したがって、この低減係数は、多くのシミュレーションの結果から得られたデータを基に計算を簡易にするために作られた簡易式となる。

② 窓枠内熱橋工法の場合 (断熱材埋め込み) 一般熱橋係数  $\lambda_{th}$  熱橋低減係数  $\lambda_{th}$

構造形式	熱橋低減係数 $\lambda_{th}$			
	0.0	0.75	0.5	
窓枠内熱橋工法 (断熱材埋め込み)	窓枠内熱橋工法 断熱材埋め込み			
	窓枠内熱橋工法 断熱材埋め込み			
	窓枠内熱橋工法 断熱材埋め込み			
窓枠外熱橋工法 (断熱材埋め込み)	窓枠外熱橋工法 断熱材埋め込み			
	窓枠外熱橋工法 断熱材埋め込み			
	窓枠外熱橋工法 断熱材埋め込み			

# 熱橋の低減係数について(2)

③ 窓枠外熱橋工法の場合 (断熱材埋め込み) 一般熱橋係数  $\lambda_{th}$  熱橋低減係数  $\lambda_{th}$

構造形式	熱橋低減係数 $\lambda_{th}$			
	0.0	0.75	0.5	
窓枠外熱橋工法 (断熱材埋め込み)	窓枠外熱橋工法 断熱材埋め込み			
	窓枠外熱橋工法 断熱材埋め込み			
	窓枠外熱橋工法 断熱材埋め込み			
窓枠外熱橋工法 (断熱材埋め込み)	窓枠外熱橋工法 断熱材埋め込み			
	窓枠外熱橋工法 断熱材埋め込み			
	窓枠外熱橋工法 断熱材埋め込み			

【適用条件】  
 (a) 表と同じ

## 拾い集計表(1~3階)

	幅	高さ	基準面積 [m <sup>2</sup> ]	窓面積 [m <sup>2</sup> ]	熱橋面積 [m <sup>2</sup> ]	壁面積 [m <sup>2</sup> ]	熱貫流率 [W/m <sup>2</sup> ·K]	低減係数	熱貫流量 [W/K]	備考
1~3階 (3層)	一般外壁	8.66	2.64	22.86	-	-	16.90	0.400	-	6.759
	-窓C1814	1.8	1.4	-	2.52	-	-	-	-	-
	-窓C1814	1.8	1.4	-	2.52	-	-	-	-	-
	壁熱橋100	0.1	2.64	-	-	0.26	-	3.820	0.50	0.504
	壁熱橋100	0.1	2.64	-	-	0.26	-	3.820	0.50	0.504
	壁熱橋150	0.15	2.64	-	-	0.40	-	3.820	0.50	0.756
	バルコニー内外壁	14.34	2.64	37.86	-	-	20.37	0.390	-	7.946
	-窓TLM1823	1.8	2.3	-	4.14	-	-	-	-	-
	-窓MLC1223	1.2	2.3	-	2.76	-	-	-	-	-
	-窓TLM2423	1.8	2.3	-	4.14	-	-	-	-	-
	-窓MLC1223	1.2	2.3	-	2.76	-	-	-	-	-
	-窓TLM1823	1.2	2.3	-	2.76	-	-	-	-	-
	壁熱橋100	0.1	2.64	-	-	0.26	-	3.820	0.50	0.504
壁熱橋100	0.1	2.64	-	-	0.26	-	3.820	0.50	0.504	
壁熱橋150	0.15	2.64	-	-	0.40	-	3.820	0.50	0.756	
床熱橋	23.0	0.16	3.68	-	3.68	-	3.820	0.50	7.029	
					5.528	37.272				25.264 (1)

熱橋面積+壁面積	42.8 m <sup>2</sup> (2)
平均熱貫流率((1)/(2))	0.590 W/m <sup>2</sup> ·K

## 拾い集計表(4~16階)

	幅	高さ	基準面積 [m <sup>2</sup> ]	窓面積 [m <sup>2</sup> ]	熱橋面積 [m <sup>2</sup> ]	壁面積 [m <sup>2</sup> ]	熱貫流率 [W/m <sup>2</sup> ·K]	低減係数	熱貫流量 [W/K]	備考
4~16階 (13層)	一般外壁	11.6	2.64	30.62	-	-	20.52	0.400	-	8.208
	-窓C1814	1.8	1.4	-	2.52	-	-	-	-	-
	-窓TLM2423	1.8	2.3	-	4.14	-	-	-	-	-
	-窓C1814	1.8	1.4	-	2.52	-	-	-	-	-
	壁熱橋100	0.1	2.64	-	-	0.26	-	3.820	0.50	0.504
	壁熱橋100	0.1	2.64	-	-	0.26	-	3.820	0.50	0.504
	壁熱橋150	0.15	2.64	-	-	0.40	-	3.820	0.50	0.756
	バルコニー内外壁	11.4	2.64	30.10	-	-	16.75	0.390	-	6.533
	-窓TLM1823	1.8	2.3	-	4.14	-	-	-	-	-
	-窓MLC1223	1.2	2.3	-	2.76	-	-	-	-	-
	-窓MLC1223	1.2	2.3	-	2.76	-	-	-	-	-
	-窓TLM1823	1.2	2.3	-	2.76	-	-	-	-	-
	壁熱橋100	0.1	2.64	-	-	0.26	-	3.820	0.50	0.504
壁熱橋100	0.1	2.64	-	-	0.26	-	3.820	0.50	0.504	
壁熱橋150	0.15	2.64	-	-	0.40	-	3.820	0.50	0.756	
床熱橋	23.0	0.16	3.68	-	3.68	-	3.820	0.50	7.029	
					5.528	37.272				25.300 (1)

熱橋面積+壁面積	42.8 m <sup>2</sup> (2)
平均熱貫流率((1)/(2))	0.591 W/m <sup>2</sup> ·K

## 拾い集計表(17階)

	幅	高さ	基準面積 [m <sup>2</sup> ]	窓面積 [m <sup>2</sup> ]	熱橋面積 [m <sup>2</sup> ]	壁面積 [m <sup>2</sup> ]	熱貫流率 [W/m <sup>2</sup> ·K]	低減係数	熱貫流量 [W/K]	備考
17階 (1階)	一般外壁	14.54	2.64	38.39	-	24.14	0.400	-	9.657	
	-窓C1814	1.8	1.4	-	2.52	-	-	-	-	
	-窓TLM1823	1.8	2.3	-	4.14	-	-	-	-	
	-窓TLM2423	1.8	2.3	-	4.14	-	-	-	-	
	-窓C1814	1.8	1.4	-	2.52	-	-	-	-	
	壁熱橋100	0.1	2.64	-	-	0.26	-	3.820	0.50	0.504
	壁熱橋100	0.1	2.64	-	-	0.26	-	3.820	0.50	0.504
	壁熱橋150	0.15	2.64	-	-	0.40	-	3.820	0.50	0.756
	バルコニー内外壁	8.46	2.64	22.33	-	-	13.13	0.390	-	5.121
	-窓MLC1223	1.2	2.3	-	2.76	-	-	-	-	
	-窓MLC1223	1.2	2.3	-	2.76	-	-	-	-	
	-窓TLM1823	1.2	2.3	-	2.76	-	-	-	-	
	壁熱橋100	0.1	2.64	-	-	0.26	-	3.820	0.50	0.504
	壁熱橋100	0.1	2.64	-	-	0.26	-	3.820	0.50	0.504
	壁熱橋150	0.15	2.64	-	-	0.40	-	3.820	0.50	0.756
	床熱橋	23.0	0.16	3.68	-	-	-	3.820	0.50	7.029
	屋根熱橋	23.0	0.16	3.68	-	-	-	3.820	0.50	7.029
					9.208	37.272			32.365	-①
熱橋面積+壁面積									46.48 m <sup>2</sup> ②	
平均熱貫流率(①/②)									0.696 W/m <sup>2</sup> ·K	

## 結果

1階から17階までの階平均熱貫流率を集計し、全体平均熱貫流率を算出する。

	階平均熱貫流	層数	建物平均		北京基準
1~3F	0.590	3	0.597	<	0.6
4~16F	0.591	13			
17F	0.696	1			

上記の結果より、外壁の断熱材を吹付硬質ウレタンフォーム55mmとした場合、モデルプロジェクトを内断熱とした場合の平均熱貫流率が北京市基準(65%)の外断熱の外壁の基準を満足することがわかった。

## 日本の省エネ法の仕様基準

- 現行の日本の省エネ計算の仕様基準による手法では、外断熱と内断熱による基準値が異なっている。
- 従前の省エネ法(平成4年制定)では、熱橋の規定が無かったことから平均熱貫流率による基準値となっていたが、現行法では、熱橋を含まない外壁の熱貫流率の規定となっている。
- 日本の省エネ法で、内断熱の基準を満たす場合は、吹付硬質ウレタンフォーム60mm必要となる。

■日本のI地域の熱貫流率基準値(平成17年基準(現行法))

		外断熱工法	内断熱工法
屋根		0.32	0.27
外壁		0.49	0.39
床	外気に接する部分	0.38	0.27
	その他の部分	-	0.38