

ハウス・オブ・ザ・イヤー・イン・エレクトリック 2008

－エネルギー消費量計算法の詳細－

2008年10月

本資料では、申請用の「建物の設備と仕様」シート（以下、申請シート）の記入内容を用いてどのように暖冷房・給湯負荷および消費エネルギー量を計算するかを示します。

1 計算ツール

暖冷房負荷のシミュレーションソフトとして SMASH（建築環境・省エネルギー機構）を用います。暖冷房・給湯・換気の各消費エネルギー量のシミュレーションには今回開発した専用プログラムを使用します。

計算の流れ、および申請シートの内容をどの計算で使用するかを以下に示します。

■SMASHによる暖冷房負荷計算

壁・床・屋根等の断熱性能、開口部の断熱・日射遮蔽性能、熱交換型換気の有無、および暖冷房方式（セントラル方式=全館 24 時間暖冷房か、個別空調=部分間欠暖冷房か）などの記入内容を使用します。

■暖冷房消費エネルギー計算

SMASH により求められる暖冷房負荷と、暖冷房設備（エアコン等）の効率等の記入内容を使用します。

■給湯消費エネルギー計算

給湯設備の仕様および水栓等の省エネ措置の記入内容を使用します。

■換気消費エネルギー計算

換気設備の消費電力等の記入内容を使用します。

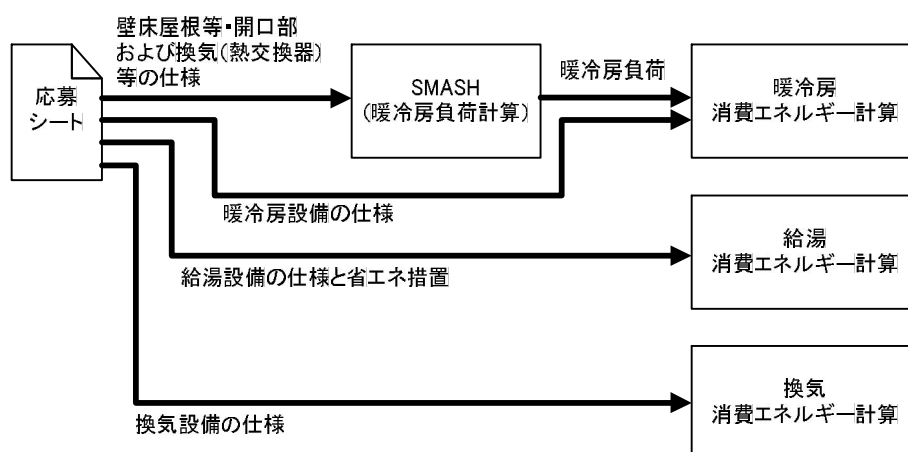


図 1.1 計算の流れ

2 SMASHによる暖冷房負荷計算

暖冷房負荷計算では、申請シートに記入された躯体の断熱仕様・開口部の仕様などを主催者側で前記のSMASHに入力し、室内を設定温度・湿度に保つために必要な熱量（暖冷房負荷）を1時間間隔で1年間にわたって計算します。

2.1 間取り

申請シートにも記載されているように、評価の基準となる建物の間取りは下図に示すもの（「住宅の次世代省エネルギー基準の解説」において計算例として使用されている住宅）に固定しています。これは、応募案件ごとに自由な間取りを許した場合、各案件に共通して適用する基準値の策定や案件間での絶対値の比較が困難になるためです。

申請時には、下図の間取りで住宅を建設することを想定していただき、そのうえでどのような壁体・開口部仕様および設備機器を導入したらよいかを想定して下さい。

なお、屋根断熱で申請された場合の屋根形状は切妻屋根（勾配4/10。ただし、RC造の場合を除く）とします。

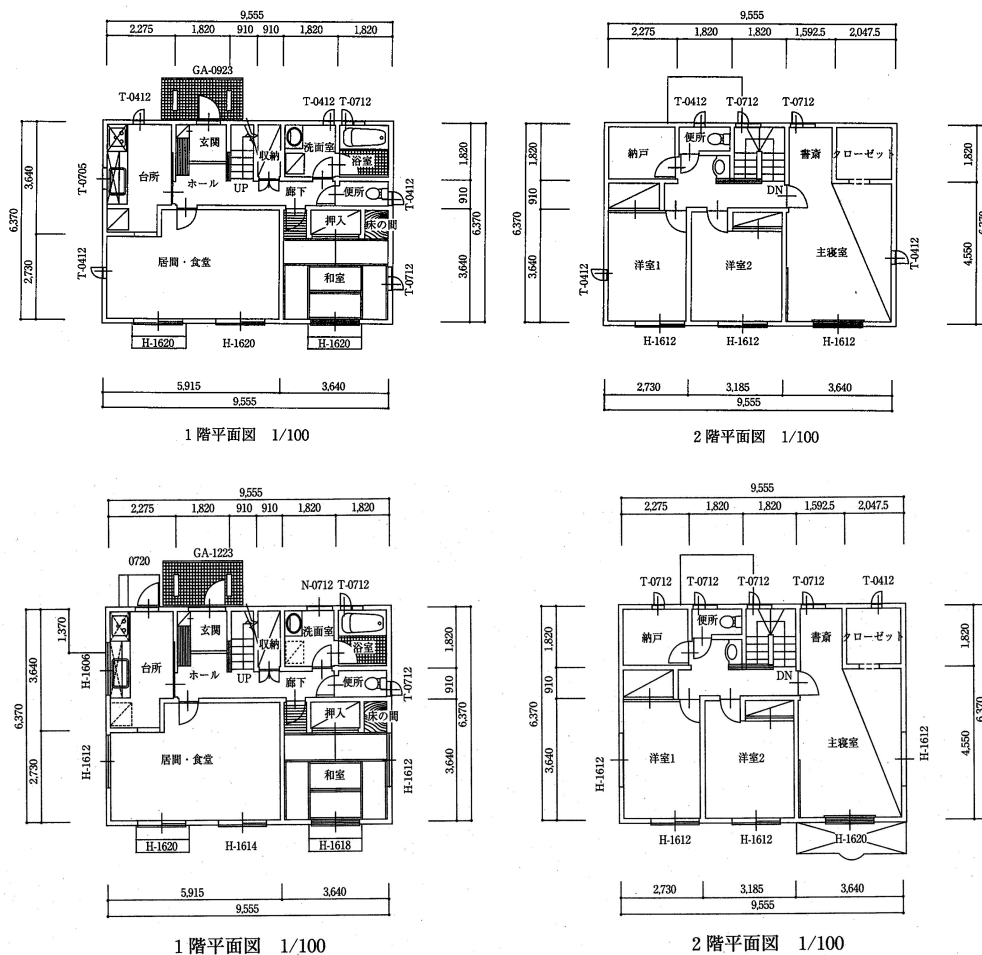


図 2.1 評価基準となる建物の平面図（上：Ⅰ・Ⅱ地域用、下：Ⅲ～Ⅵ地域用）

2.2 計算用の空間区分

実際の計算にあたっては、図 2.1 の細かい空間区分では計算や条件設定が煩雑になるため、クローゼットや押入れ、納戸などの非居室部分についてはできるだけ簡略化を行い、下図に示す空間区分にモデル化します。

全館暖冷房として計算する場合、下図のすべての空間が暖冷房の対象となります。部分間欠暖冷房の場合、「LDK」「主寝室」「洋室 1」「洋室 2」が暖冷房を行う空間となります。

なお、断熱部位の記入内容によって「床下」および「小屋裏」が断熱部位より室内側となる場合は、それらも含めて計算を行います。

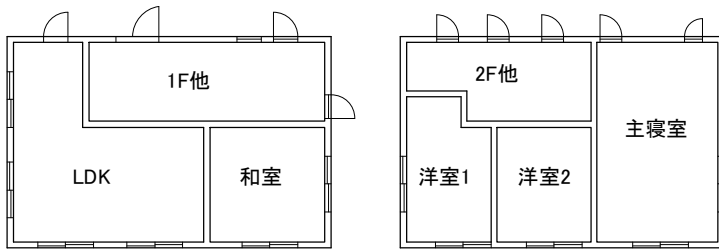


図 2.2 暖冷房負荷計算における空間区分

表 2.1 各室床面積

フロア	室名	床面積[m ²]
1F	LDK	27.74
	和室	13.25
	1F他	19.87
2F	主寝室	23.19
	洋室1	11.59
	洋室2	11.59
	2F他	14.49
他	(床下)	(60.87)
	(小屋裏)	(60.87)
合計(床下小屋裏は除く)		121.73

上記のように空間を区分した場合、各室の外皮（外壁、窓など）の面積は下表のようになります。

表 2.2 各室外皮面積

室名	方位	部位	I・II地域プラン			III～VI地域プラン		
			壁床など	窓	ドア	壁床など	窓	ドア
			面積[m ²]	面積[m ²]	面積[m ²]	面積[m ²]	面積[m ²]	面積[m ²]
LDK	S	外壁	10.61	6.40		11.57	5.44	
	W	外壁	17.83	0.48		15.43	2.88	
	N	外壁	6.06		0.48	5.14		1.40
	(床下)	床	27.74			27.74		
和室	E	外壁	9.63	0.84		8.55	1.92	
	S	外壁	7.27	3.20		7.59	2.88	
	(床下)	床	13.25			13.25		
1F他	N	外壁	17.54	1.32	2.07	16.49	1.68	2.76
	E	外壁	7.37	0.48		7.01	0.84	
	(床下)	床	19.87			19.87		
主寝室	N	外壁	7.99	0.84		7.51	1.32	
	E	外壁	14.97	0.48		13.53	1.92	
	S	外壁	6.91	1.92		5.63	3.20	
	(小屋裏)	天井	23.19			23.19		
洋室1	S	外壁	4.70	1.92		4.70	1.92	
	W	外壁	10.55	0.48		9.11	1.92	
	(小屋裏)	天井	11.59			11.59		
洋室2	S	外壁	5.80	1.92		5.80	1.92	
	(小屋裏)	天井	11.59			11.59		
2F他	W	外壁	4.41			4.41		
	N	外壁	13.02	1.32		11.82	2.52	
	(小屋裏)	天井	14.49			14.49		
合計			266.38	21.60	2.55	256.00	30.36	4.16

2.3 スケジュール設定

ここでいうスケジュール設定とは、暖冷房負荷計算に必要となる以下のような項目を指します。

- ・暖冷房の設定温度・湿度を何度（湿度は何％）に設定するか、および暖冷房する時間帯はいつか
- ・何時にどの部屋でどれだけの熱（家電機器・照明・人体等）が発生するか

このうち、暖冷房は **4 人家族** を想定して以下のように設定しますので、エアコン選定時の参考にして下さい。

①セントラル方式

すべての空間で常時暖冷房を行います。主な居室 4 室とそれ以外とで設定温度・湿度を変えています。

表 2.3 全館 24 時間暖冷房の設定

室	暖房・冷房	平日・休日	時間帯	設定温湿度
LDK、主寝室、洋室1、洋室2	暖房	共通	0～24時	20℃、湿度設定なし
	冷房	共通	0～24時	27℃、60%
上記以外の室	暖房	共通	0～24時	15℃、湿度設定なし
	冷房	共通	0～24時	28℃、60%

②個別空調方式

主な居室 4 室のみ、時間帯を定めて暖冷房を行います。平日・休日、時間帯により設定温度・湿度を変えています。

表 2.4 部分間欠暖冷房の設定

室	暖房・冷房	平日・休日	時間帯	設定温湿度
LDK	暖房	平日	7～10時 13～14時 17～23時	20℃、湿度設定なし
		休日	8～13時 17～23時	
	冷房	平日	7～10時 13～14時 17～23時	27℃、60%
		休日	8～13時 17～23時	
主寝室	暖房	平日	23～6時	15℃、湿度設定なし
		休日	23～7時	
	冷房	平日	23～6時	28℃、60%
		休日	23～7時	
洋室1、洋室2	暖房	平日	21～23時	20℃、湿度設定なし
			23～7時	15℃、湿度設定なし
		休日	10～12時 21～23時	20℃、湿度設定なし
	冷房	平日	23～8時	15℃、湿度設定なし
			21～23時	27℃、60%
		休日	23～7時	28℃、60%
		休日	10～12時 21～23時	27℃、60%
			23～8時	28℃、60%
上記以外の室	(暖冷房なし)			

同様に、発熱要素（人体・家電機器・照明器具）のスケジュールについても4人家族を想定して設定しています。

なお、給湯機器の消費エネルギー計算では、ここで設定したスケジュールや家族人数等は使用しません。

2.4 壁体等の層構成

壁体等の層構成（断熱性能）は、申請シートに記入された内容をもとに主催者側でSMASHへの入力を行います。原則として、断熱材は申請シートの記入内容に応じて入力し、断熱材以外の材料については応募案件によらず固定とします。

(1) 屋根または天井

主体構造等に応じて以下のように設定します。

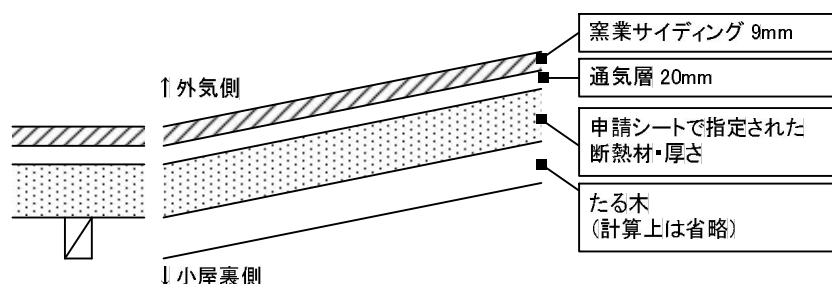


図 2.3 屋根層構成の設定（木造または鉄骨造、外張断熱）

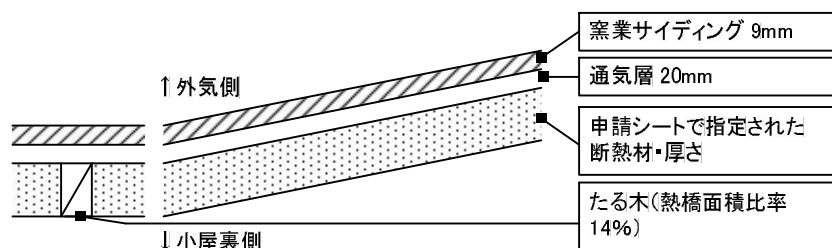


図 2.4 屋根層構成の設定（木造、充填断熱）

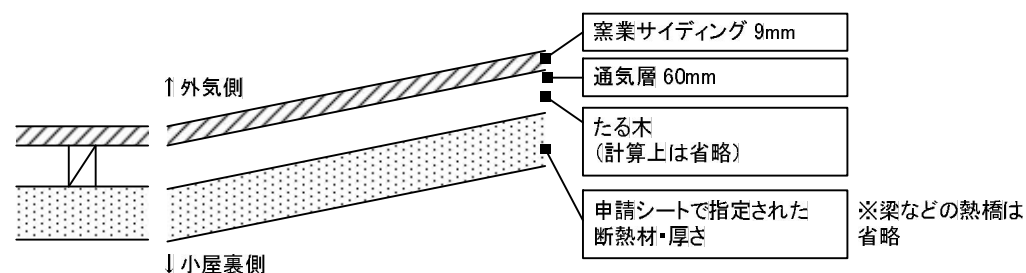


図 2.5 屋根構成の設定（木造、内断熱）

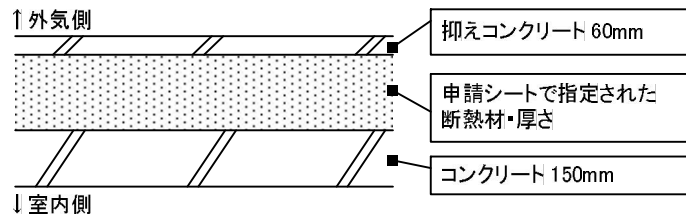


図 2.6 屋根層構成の設定 (RC 造、外断熱)

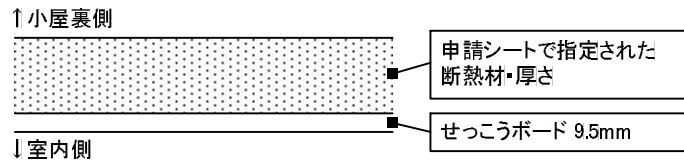


図 2.7 天井層構成の設定 (天井断熱)

その他の断熱方式の場合は、申請シートに記入された図および熱橋係数等に従って SMASH に入力を行います。

(2) 外壁

主体構造等に応じて以下のように設定します。

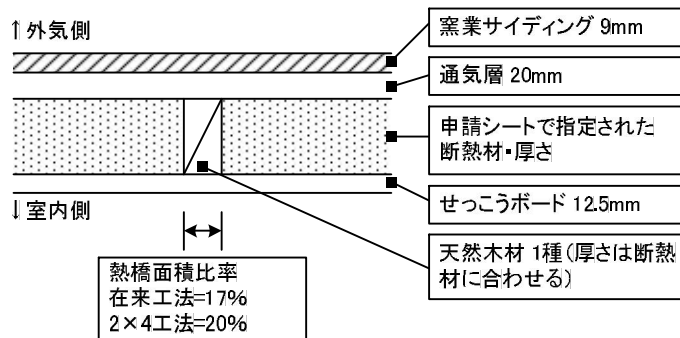


図 2.8 外壁層構成の設定 (木造在来工法または 2×4 工法、充填断熱)

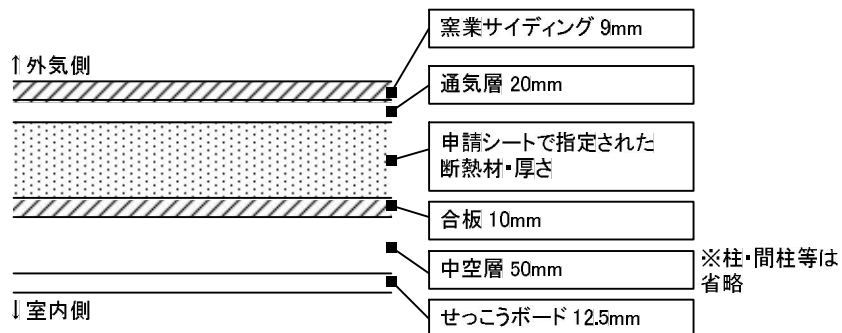


図 2.9 外壁層構成の設定 (木造または鉄骨造、外張断熱)

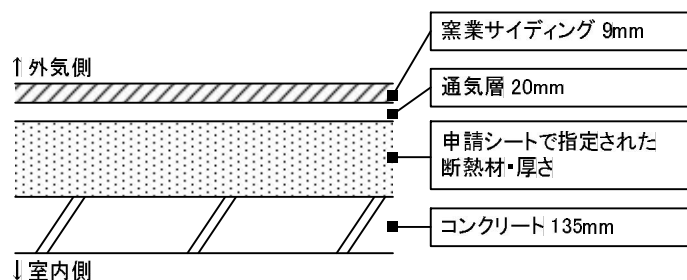


図 2.10 外壁層構成の設定 (RC 造または組積造、外断熱)

その他の断熱方式の場合は、申請シートに記入された図および熱橋係数等に従って SMASH に入力を行います。

(3) 床

主体構造等に応じて以下のように設定します。

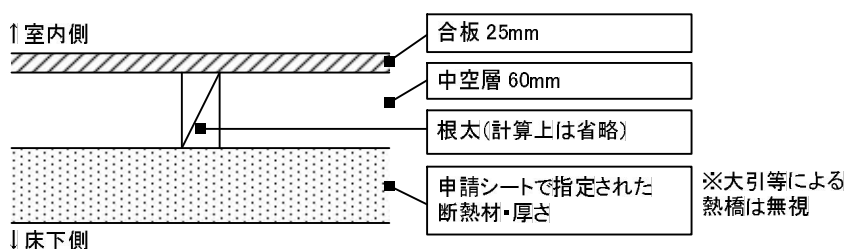


図 2.11 床層構成の設定 (床断熱)

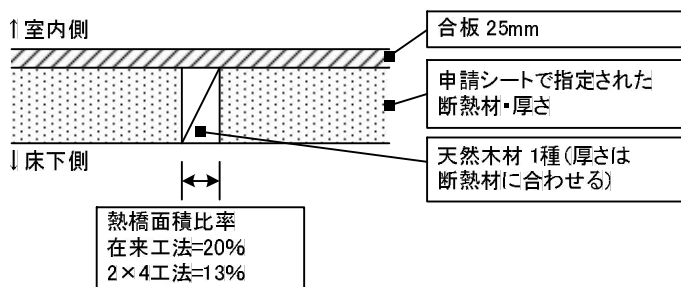


図 2.12 床層構成の設定 (木造在来工法または 2×4 工法、根太間断熱)

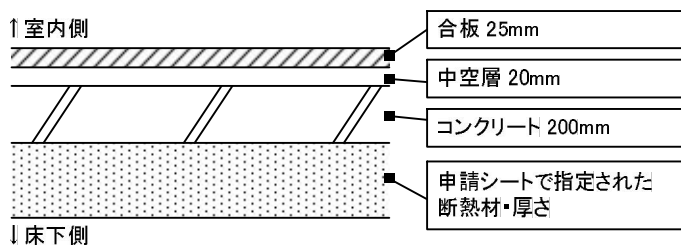


図 2.13 床層構成の設定 (RC 造または組積造)

基礎断熱がチェックされた場合は別途記入された基礎断熱の断熱材、断熱範囲等を用いて計算します。その他の断熱方式の場合は、申請シートに記入された図および熱橋係数等に従って SMASH に入力を行います。

2.5 開口部の仕様

申請シートに記入された開口部（窓および玄関ドア）の仕様をそのまま計算に使用します。

2.6 換気装置（熱交換型換気扇）の仕様

申請シートで換気排熱の回収装置の効率が記入されている場合、各室の換気（0.5回/h）に対して顕熱回収効率および潜熱回収効率を設定します。

2.7 建設地（気象データ）

申請シートに記入された省エネ地域区分に応じて SMASH で使用する気象データを以下のように設定します。

表 2.5 使用する気象データ

地域区分	気象データ地点名
I a	北見
I b	岩見沢
II	盛岡
III	長野
IV a	宇都宮
IV b	岡山
V	宮崎
VI	那覇

3 暖冷房機器消費エネルギー量計算

SMASH の計算結果（暖冷房負荷）と、申請シートに記入されたエアコン等の特性を組み合わせ、暖冷房機器の消費エネルギー量を計算する手順を以下に示します。

(1) SMASH の計算結果

前記の SMASH の計算結果（暖冷房負荷）は、空間ごと・1時間ごとの熱量（単位 kJ など、便宜上 W に換算）として求められます。これを以下の形に整理します。

表 3.1 暖冷房負荷計算結果（例）

	LDK	和室	1F他	主寝室	洋室1	洋室2	2F他	計
1/1 0時	0	0	0	1013	320	20	0	1353
1/1 1時	0	0	0	1083	399	55	0	1537
1/1 2時	0	0	0	1166	588	374	0	2128
1/1 3時	0	0	0	1214	652	442	0	2308
1/1 4時	0	0	0	1234	682	475	0	2391
1/1 5時	0	0	0	1295	728	515	0	2538
1/1 6時	0	0	0	1267	733	521	0	2521
1/1 7時	7558	0	0	0	290	118	0	7966
1/1 8時	1004	0	0	0	0	0	0	1004
...
12/31 20時	1193	0	0	0	1086	890	0	3169
12/31 21時	1287	0	0	0	599	508	0	2394
12/31 22時	1293	0	0	1646	504	396	0	3839
12/31 23時	0	0	0	773	0	0	0	773

(2) 外気温

SMASH の計算で使った気象データファイルから外気温を抜き出し、以下のような表に整理します。

表 3.2 外気温（例）

	外気温
1/1 0時	2.4
1/1 1時	1.8
1/1 2時	-0.3
1/1 3時	-0.6
1/1 4時	-1.2
1/1 5時	-1.4
1/1 6時	-1.8
...	...
12/31 20時	10.4
12/31 21時	9.8
12/31 22時	9.4
12/31 23時	9.3

(3) エアコン性能曲線のモデル化

消費エネルギー量計算では、実際に設置される機器（エアコン）が、表 3.1 に示した熱量を部屋に与える（冷房時は奪う）ためにどれだけ電力を消費するかを計算します。

一般に、エアコンは運転状況に応じて効率（COP）が変化し、定格能力付近で最も効率が高く（消費電力に対して供給または除去する熱量が大きい）なります。

ここでは、下図のグラフに示す形でエアコンの性能の変化を仮定し（性能曲線）、申請シートに記入された「定格能力」「最大能力」および「定格 COP」をもとにグラフの値を確定させます。エアコン 1 台につき暖房用・冷房用それぞれ 1 つずつ下のようなグラフが作成されることとなります。

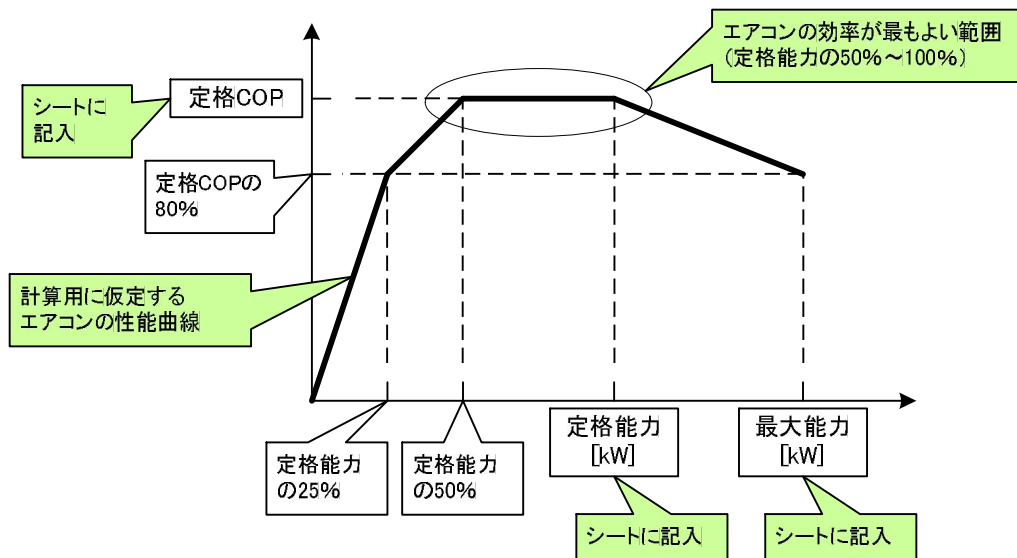


図 3.1 エアコン性能曲線モデル

(4) 外気温に応じた性能曲線の調整

一般に、エアコンは外気温（室外機の設置された位置の温度）と室内温度の温度差が大きいほど効率が低下します。

これを考慮するため、基準となる図 3.1 の曲線に対して外気温に応じた効率の上昇・低下を反映させた曲線を用意します。同様のものを冷房時の曲線に対しても用意します。

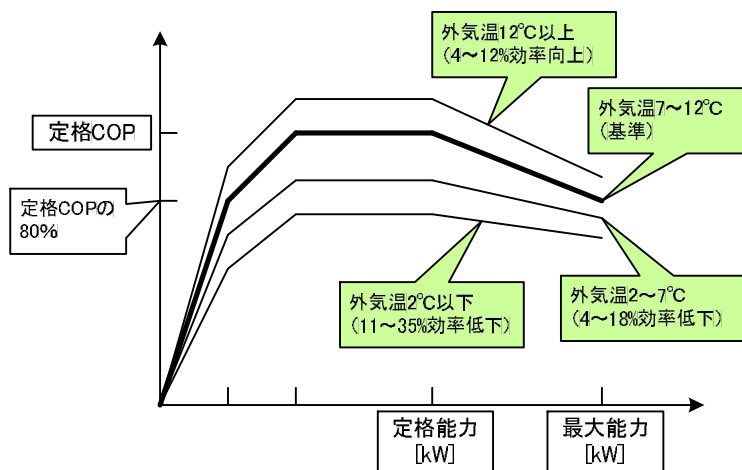


図 3.2 外気温を考慮したエアコン性能曲線（暖房時）

(5) 消費エネルギー量の算出（暖冷房負荷・外気温・特性曲線の突き合せ）

これまでに示した内容をもとに、各時刻のエアコンの消費エネルギーを算出します。

ある空間・ある時刻について着目し（例えば「主寝室」で1月1日0時）、その空間に設置されるエアコンに対して（4）に示したような性能曲線を考えます。

1月1日0時の外気温（例えば2.4℃）から、どの特性曲線を使用するかが決まり（この場合、外気温2～7℃用のエアコン性能曲線となります）、さらにこの時刻の主寝室の暖房負荷（例えば1013W）がX軸の値となります。

使用する特性曲線とX軸の値が決まればY軸の値が決まり、これがこの空間・この時刻に対して適用されるCOPとなります。このCOPが例えば5.0であれば、消費エネルギー量は $1013 \div 5.0 = 202.6[W]$ と求められます。冷房負荷の場合も同様に計算します。

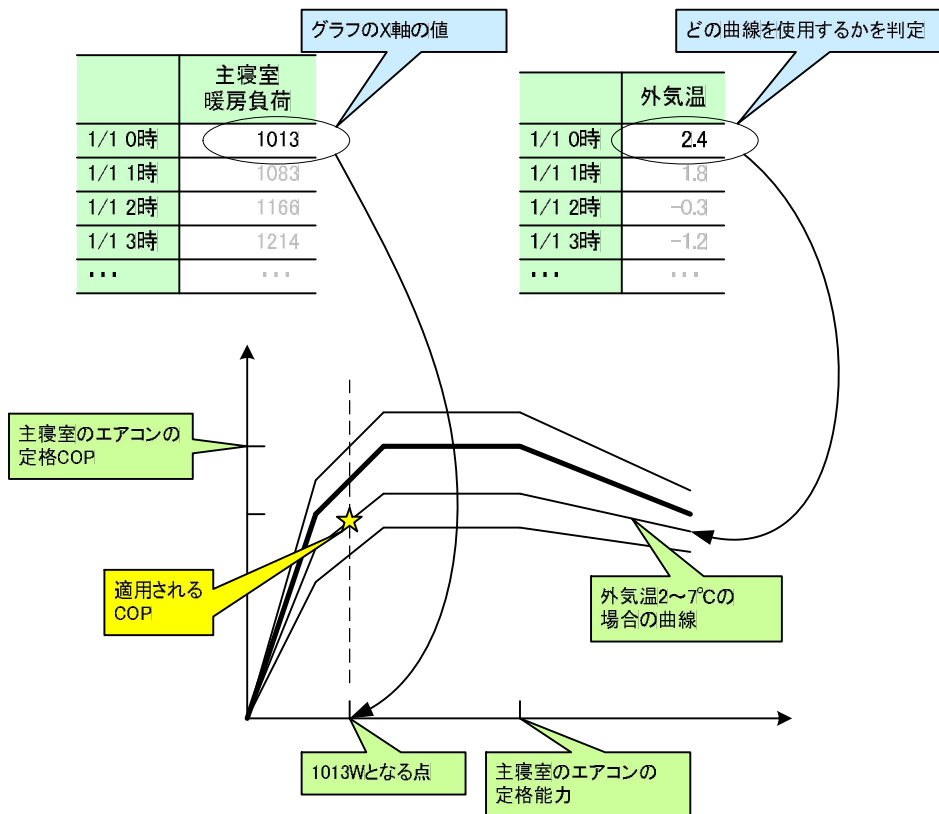


図 3.3 適用される COP の算出

以上のような、一室・一時点における COP および消費エネルギー量の算出を、

- ・ 暖冷房を行うすべての空間
- ・ 24 時間×365 日=8760 時間

に対して繰り返し、消費エネルギー量を合計した値が最終的な暖冷房消費エネルギーとなります。

なお、「全館連続暖冷房」の場合は、各時刻の暖冷房負荷として全ての空間の負荷の和を用います。

(6) エアコン能力不足時の計算

申請シートに記入されたエアコンの設定によっては、暖冷房負荷がエアコンの最大能力を超える時間帯が生じます。その場合は以下のように計算します。

■2台目のエアコンが設定されている場合

1台目の最大能力を超過した分の負荷を、2台目のエアコンで処理するものとして計算します。計算方法は、暖冷房負荷を超過分の負荷に置き換える以外は(5)と同じです。

■2台目のエアコンが設定されていない、または2台目を使用しても超過負荷が生じる

この場合、超過負荷はCOP=1.0のエアコンで処理するものとして消費エネルギー量を算出します。

(7) 厳寒時の計算

エアコンを暖房に使用できる外気温の下限を定め、外気温がそれ以下となる時間帯の暖房はヒーター一式(COP=1.0)の器具で行うものとします。

(8) 温水ヒートポンプの計算

温水ヒートポンプの計算も、エアコンと同様に負荷率(各時刻の負荷と定格能力の比)と外気温に応じてCOPが下図のように変化するものとして扱います。

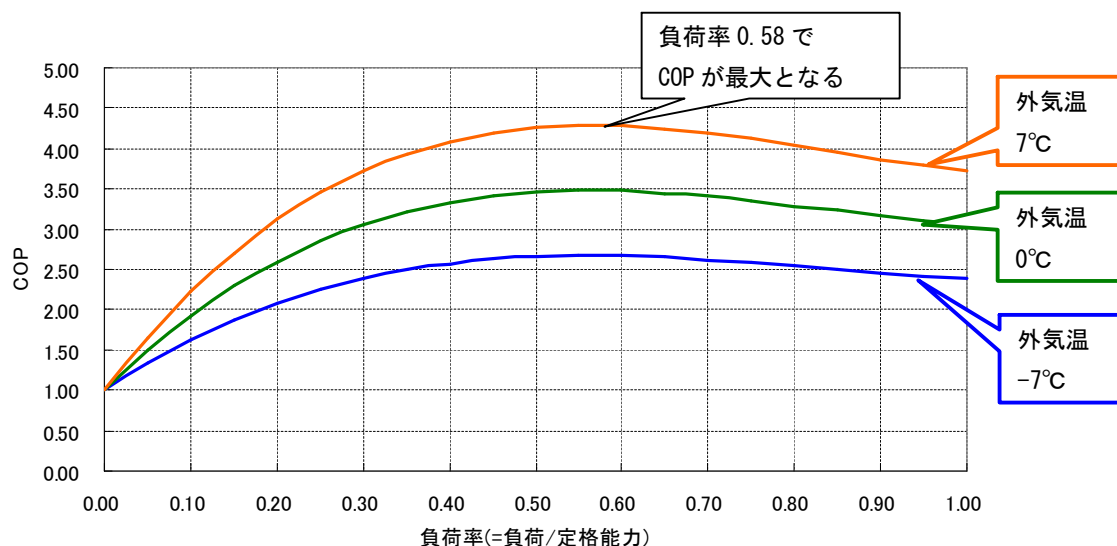


図 3.4 温水 HP の COP

計算は以下の実験式によります¹。

$$COP = f(T_{out}) / f(7) \times (c_1 r^3 + c_2 r^2 + c_3 r) + 1.0$$

$$\text{ただし } f(T) = 0.11715 \cdot T + 2.5178$$

$$c_1 = -0.12039 \cdot T_{ws} + 11.27$$

$$c_2 = 0.45852 \cdot T_{ws} - 33.397$$

$$c_3 = -0.40182 \cdot T_{ws} + 26.888$$

$$T_{out} : \text{外気温} [^{\circ}\text{C}], \quad r : \text{負荷率}, \quad T_{ws} : \text{行き水温} [^{\circ}\text{C}] \quad (32^{\circ}\text{Cに設定})$$

¹ 温水ヒートポンプ床暖房システムの適用可能性に関する研究 第3報 定常時システム性能の予測, 平成20年空調和・衛生工学会大会, 金田一清香・金秀耿・赤嶺嘉彦・前真之・坂本雄三(東京大学)、井田浩文・小川智広(東京電力)

4 給湯消費エネルギー量計算

給湯消費エネルギー計算では、まず記入された地域区分に応じて「基準給湯熱負荷」を下表より求めます。

表 4.1 基準給湯熱負荷

地域区分	I a	I b	II	III	IVa	IVb	V	VI
基準給湯熱負荷[GJ/年]	22.6	22.0	20.4	19.8	19.0	17.1	14.7	11.8

上記基準給湯熱負荷は、4 人家族を想定した給湯量（時刻変動を含む。「修正 M1 モード」）に、出湯温度（40℃）と地域区分に応じた給水温度との差を乗じて算出された値となっています。

さらに、申請シートの省エネ措置の記入に応じて下表に従い給湯負荷を削減します。

表 4.2 給湯省エネ措置による給湯負荷削減効果

省エネ措置		削減率[%]
浴槽	高断熱浴槽	5.0
配管	サヤ管小口径配管	5.0
台所	シャワー吐水型水栓	4.0
	止水の容易な水栓	3.0
浴室	節水型シャワーヘッド	4.0
	手元止水シャワー	6.0

基準給湯熱負荷から削減分を除いた給湯熱負荷を L_w [GJ] とし、次式により給湯消費エネルギー量

E_w を算出します。

$$E_w = C_w \cdot C_t \cdot (COP_{ref} / COP) \cdot L_w \text{ [GJ]}$$

C_w : 一次エネルギー消費係数（給湯負荷の一次エネルギー換算値）。値は下表に示します。

表 4.3 ヒートポンプ給湯機の一次エネルギー消費係数

地域区分	一次エネルギー消費係数							
	I a	I b	II	III	IVa	IVb	V	VI
一次エネルギー消費係数	1.11	1.06	1.00	0.97	0.94	0.90	0.86	0.78

C_t : 貯湯タンクの断熱効果を表す係数。断熱材熱抵抗が $2.4\text{m}^2\text{K/W}$ 以上の場合 0.95、それ未満の場合は 1.0 とします。

COP_{ref} : 参照 COP。ここでは 4.0 とします。上記一次エネルギー消費係数測定に使用した給湯機の COP です。

COP : 実際に使用される HP 給湯機の COP です。

5 換気消費エネルギー量計算

ダクト式の換気システムの場合のみ、次式により換気による消費エネルギー量 E_v を算出します。

$$E_v = 8760 \times k \times E_{fan} \times 10^{-9} \times ECEL \text{ [GJ]}$$

E_{fan} : ファンの消費電力合計[W]

k : 換気方式ごとの補正係数。排気機のみ、または給気機のみにより構成される換気システムでは 1.0、給気機と排気機で構成される場合は 0.5。

$ECEL$: 電気の一次エネルギー換算値 (9760 [J/Wh])

例えば、給気ファン・排気ファンとも 50W として第一種換気を行う場合、消費エネルギー量は 4.27GJ となります。

なお、中間期用のバイパス経路が付いている場合には、中間期に熱交換器の圧力損失を回避できるため、換気風量の増加および消費電力の低減を見込めるものとし、次式で計算します（ここでは、中間期を 180 日、その時の消費電力は 50%低減されるものとしています）。

$$E_v = (4320 \times 0.5E_{fan} + 4440 \times E_{fan}) \times k \times 10^{-9} \times ECEL$$

本資料の無断転記等を禁止します。

ハウス・オブ・ザ・イヤー・イン・エレクトリック委員会事務局