

**GHP の省エネルギー量・
CO₂削減量算出ガイドライン
ver.2**

平成 22 年 3 月
社団法人 日本ガス協会
エネルギーシステム部

改訂版（ver.2）について

日本ガス協会では、GHPを導入することによって得られる省エネルギー量やCO₂削減量を定量的に把握するための方法を検討し、「GHPの省エネルギー量・CO₂削減量算出ガイドライン」を、平成21年3月に公開しています。

今回、よりわかりやすい記述にすることを目的に、主にGHPの省エネルギー量・CO₂削減量の算出に用いる式や手順の表記について、下記のような改訂を実施しました。

主な改訂内容

- ①記号名を系統的に整理
- ②算出過程で用いられる二次エネルギーベースで表現された電力と一次エネルギーを明確に区別できるように、前者はkWh、後者はMJ単位で表現
- ③式番号を付記
- ④算出式を簡略化

※ なお、今回の改訂は式や手順の表記を見直ただけであり、算出結果が初版(ver.1)と変わることはありません。

目 次

I. 目的	3
II. ガイドラインの基本的な考え方	4
III. GHP の年間エネルギー消費量の算出法	9
IV. 標準 EHP の年間エネルギー消費量の算出法	10
V. GHP の導入による省エネルギー量と CO ₂ 削減量の算出法	12
VI. 複数台の GHP、EHP が設置されている場合の算出法と計算例	13
記号表	19

I. 目的

地球温暖化問題がますます重要な課題になっている中、CO₂ 排出量削減に寄与する高効率な機器の普及が求められており、そのためには機器の省エネルギー性や CO₂ 削減効果を適切に評価することが必要である。

平成 18 年に地球温暖化対策の推進に関する法律（以下、温対法という）が改正され、温室効果ガス排出量を算定し、報告することが義務化された。また、この温室効果ガス排出量の報告に加え、省エネルギーや CO₂ 削減に関して事業者が取り組んだ対策努力とその効果も報告できるようになっている^{※1-1}。

そこで、GHP を導入することによって得られる省エネルギー量や CO₂ 削減量を定量的に把握するための方法を示し、温対法に規定された報告書の作成などにも活用できるガイドラインを作成した。

本ガイドラインは、空調分野における省エネルギーや CO₂ 削減の取組みの効果を定量的に把握するにあたって課題とされている以下の項目に対し、合理的な仮定を設けて算出する方法を提示し、冷暖房機の適切な省エネルギー性や CO₂ 削減効果の算定を可能とした。

- ①冷暖房機の効率は外気温度や負荷によって変化するため、評価が難しい。
- ②エネルギー消費量が測定されていない、もしくは一部しか測定されていない場合が多い。
- ③CO₂ 削減量評価のためには、比較対象となる標準的な機器を設定する必要がある。
- ④ガス方式と電気方式があり、異なるエネルギーを使用した機器を比較する必要がある。

今回の評価対象は GHP としている。ガス吸収冷温水機については、以下の理由により、今回は対象外とする。

- ①JIS 等の基準で明確な年間効率が定められていない。
- ②ガス吸収冷温水機の比較対象として、ターボ冷凍機、空冷ヒートポンプチラー、水冷チラーなど多種の機器が存在し、標準機を特定することが難しい。

※1-1 報告書の様式には、提出義務のある様式第 1 と任意で提出できる様式第 2 がある。様式第 1 は温室効果ガス算定排出量を記述し、様式第 2 では事業者が省エネルギーや CO₂ 削減に関して取り組んだ対策努力やその効果などを記述できる。

II. ガイドラインの基本的な考え方

1. 本ガイドラインの特徴

冷暖房機の適正な評価を可能にするため、本ガイドライン作成に当たっては以下の点を配慮した。

- ①GHP のエネルギー消費量については、ガス消費量だけでなく、室内外機で使用する電力消費量も含めて算出している^{*2-1}。
- ②省エネルギーの評価は一次エネルギーベース^{*2-2}で行っている。
- ③冷暖房機の負荷率や外気温度に対する効率変化を考慮した数値として、通年エネルギー消費効率 (APF) および APF を一次エネルギー換算した係数 (APFp) を用いて算出している。
- ④数値や数式は、入手可能かつ公に認められた基準によって規定されたものを使用している。
- ⑤機器を新設する場合や更新前の機器の APF が不明の場合、比較基準 (ベースライン) として公的な資料を基に定義した標準的な EHP^{*2-3} (以下、標準 EHP という) を採用している。

なお、通年エネルギー消費効率 (APF) および APF を一次エネルギー換算した係数 (APFp) の定義は、以下のとおりである。

(1) 通年エネルギー消費効率 (APF)

Annual Performance Factor の略。1年間を通して、一定条件のもとに GHP もしくは EHP を運転したときの年間効率を表わす。GHP では JIS B 8627-1 : 2006、EHP では JIS B 8616 : 2006 に定義されている。

$$\text{EHP の APF : } APF_{EHP} = \frac{\text{年間冷暖房負荷[MJ]}}{\text{年間電力消費量[kWh]} \times 3.6}$$

$$\text{GHP の APF : } APF_{GHP} = \frac{\text{年間冷暖房負荷[MJ]}}{\text{年間ガス消費量[MJ]} + \text{年間電力消費量[kWh]} \times 3.6}$$

※ 3.6…電気エネルギーの熱量への単位換算係数 (1kWh=3.6MJ)

上式を、記号表 (本ガイドライン p. 19) の記号を用いて表すと、

$$APF_{EHP} = \frac{Q}{3.6 \times W_{EHP}} \quad (2.1)$$

$$APF_{GHP} = \frac{Q}{E_G + 3.6 \times W_{GHP}} \quad (2.2)$$

なお、 APF は地域、用途に応じて算出できるが、本ガイドラインでは、代表値として東京・事務所の数値を用いる。

(2) APF を一次エネルギー換算した係数 (APF_p)

APF を一次エネルギーベースで表したもの（年間電力消費量を一次エネルギーベースに換算したもの）を、本ガイドラインでは APF_p と表記する。JIS で定義されている APF は二次エネルギーベースである。標準 EHP との比較においては、異なるエネルギー間の比較（ガスと電気）になるため、一次エネルギーベースに換算した APF での比較が適切である。

EHP の APF_p :

$$\begin{aligned} APF_{p,EHP} &= \frac{\text{年間冷暖房負荷[MJ]}}{\text{年間一次エネルギー消費量「MJ」}} \\ &= \frac{\text{年間冷暖房負荷[MJ]}}{\text{年間電力消費量[kWh]} \times 3.6 / h} = h \cdot APF_{EHP} \end{aligned}$$

GHP の APF_p :

$$\begin{aligned} APF_{p,GHP} &= \frac{\text{年間冷暖房負荷[MJ]}}{\text{年間一次エネルギー消費量「MJ」}} \\ &= \frac{\text{年間冷暖房負荷[MJ]}}{\text{年間ガス消費量[MJ]} + \text{年間電力消費量（一次エネルギーベース）[MJ]}} \\ &= \frac{\text{年間冷暖房負荷[MJ]}}{\text{年間ガス消費量[MJ]} + \text{年間電力消費量[kWh]} \times 3.6 / h} \end{aligned}$$

$$\eta \quad [-] \quad : \quad \text{火力発電所受電端発電効率} \quad (=3,600 \div 9,760)$$

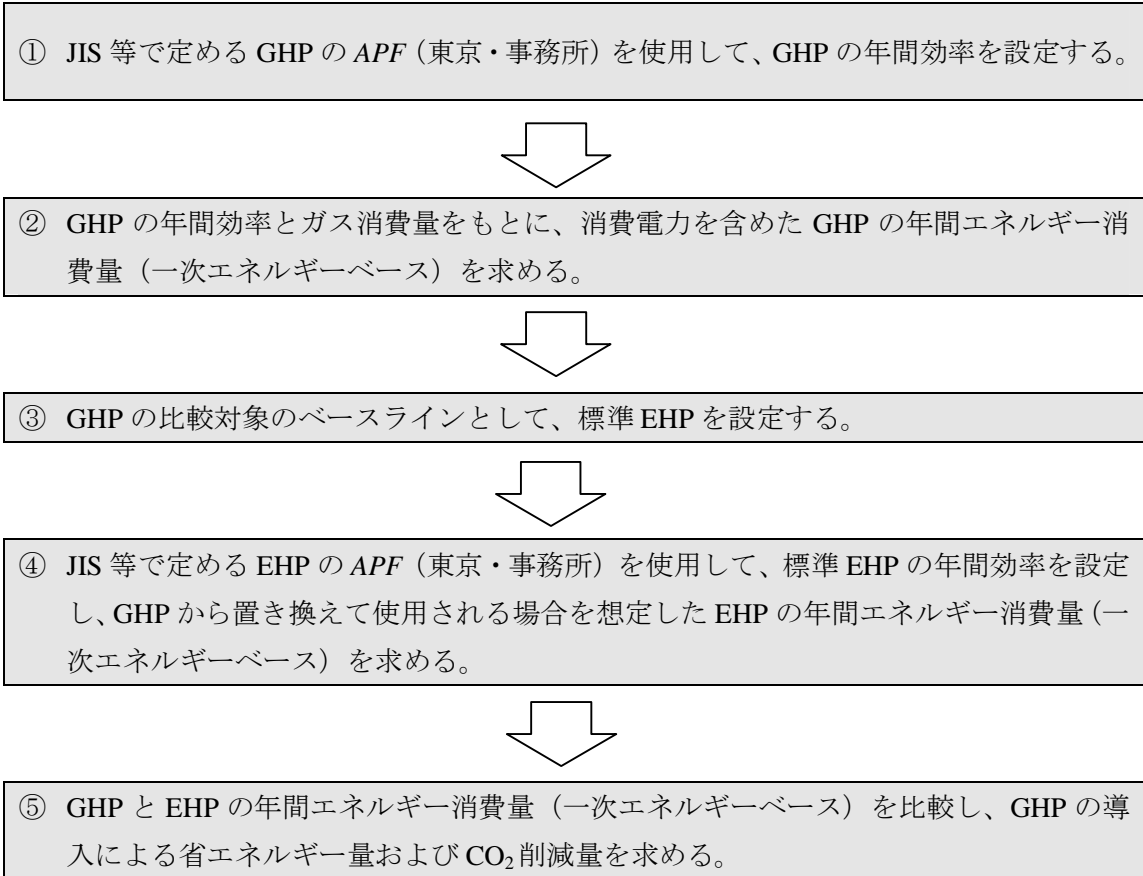
上式を、記号表の記号を用いて表すと、

$$APF_{p,EHP} = \frac{Q}{E_{EHP}} = \frac{Q}{3.6 \times W_{EHP} / h} = \frac{h \cdot Q}{3.6 \times W_{EHP}} = h \cdot APF_{EHP} \quad (2.3)$$

$$APF_{p,GHP} = \frac{Q}{E_{GHP}} = \frac{Q}{E_G + E_{W1}} = \frac{h \cdot Q}{E_G + 3.6 \times W_{GHP} / h} \quad (2.4)$$

2. 算出フロー

GHP の省エネルギー量、CO₂削減量の算出フローは、以下の通り。



3. 適用条件と適用機種

(1) 適用条件

本ガイドラインを適用するためには次の2つの条件が必要である。

- ①設置後1年間のガス使用量の実績があること
- ②設置したGHPのAPFがわかること

また、設置区分および更新前の機器の条件によってGHPの比較対象とするベースラインは表2-1に示すとおりとする。

表 2-1. 比較対象のベースライン

設置区分	更新前の機器の条件	比較対象のベースライン
新たに冷暖房機を導入した場合 (新設・増設)		GHP を新設した年度の標準 EHP
既存の冷暖房機を更新した場合 (更新)	更新前の機器の APF がわかる	更新前の機器
	更新前の機器の APF が不明	GHP を更新した年度の標準 EHP

なお、更新前後における空調機の高ス消費量や電力消費量が計測または推定できる場合には、その値を使用して、省エネルギー量やCO₂削減量を求めることができる。

(2) 適用機種

本ガイドラインの適用機種は、次の機種とする。

- ・ JIS B 8627-1 : 2006 「ガスヒートポンプ冷暖房機 第1部一般要求事項」に定める GHP
- ・ JRA 4058 : 2007 「発電機付ガスヒートポンプ冷暖房機」に定める GHP

発電した電力を機器外部に出力する機種については、別途算出法を検討中である。

なお、冷暖同時取り出し GHP 及び複数台の室外機を組み合わせた GHP については、構成要素となる室外機と同等の性能を有する GHP の APF を用いることにより、本ガイドラインを適用することが可能である。

※2-1 GHP におけるエネルギー消費量（一次エネルギーベース）の算出にあつては、GHP の年間ガス消費量（熱量ベース）に対する年間エネルギー消費量（一次エネルギーベース）の比率を表す消費電力補正係数（一次エネルギーベース） α を定義し、室内外機の補機電力を含めた GHP のエネルギー消費量（一次エネルギーベース）を算出している。

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{\text{年間エネルギー消費量（一次エネルギーベース）[MJ]}}{\text{年間ガス消費量 [MJ]}} \\ &= \frac{\text{年間ガス消費量[MJ]} + \text{年間電力消費量（一次エネルギーベース）[MJ]}}{\text{年間ガス消費量[MJ]}} \\ &= \frac{\text{年間ガス消費量[MJ]} + \text{年間電力消費量[kWh]} \times 3.6}{\text{年間ガス消費量[MJ]}} \quad / h \end{aligned}$$

上式を、記号表の記号を用いて表すと、

$$\alpha = \frac{E_{GHP}}{E_G} = \frac{E_G + E_{W1}}{E_G} = \frac{E_G + 3.6 \times W_{GHP}}{E_G} / h \quad (2.5)$$

※2-2 本来、1kWh は 3,600kJ のはずであるが、火力発電では、化石燃料の持つエネルギーのすべてを使うことができない。燃焼排ガスや、復水器から冷却水に失う熱のほか、各種機械的損失、受配電損失などがあり、現在の技術水準で 1kWh の電気を使用すると昼間電力 9,970kJ、夜間電力 9,280kJ に相当する化石燃料を消費したことになる(省エネ法)。この値を電気の一次エネルギーという。

3,600kJ をこの値で割ったものが受電端効率で、現在、昼間電力で 36.1%、夜間電力で 38.8%、平均で 36.9%に相当する。一次エネルギーの値は平成 15 年改正までは 10,250kJ、平成 18 年改正までは 10,050kJ(いずれも昼間電力)であったが、平成 15 年度前に比べて 2.7%改善された値が採用された。このように、火力発電設備の

効率改善に伴い一次エネルギーの値は小さくなっていく性質のものである。

※出典：(財) 省エネルギーセンターHP 「省エネルギー用語集」より

http://www.eccj.or.jp/qanda/term/kana_i.html#01

なお、「建築物に関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」(平成 21 年 経済産業省・国土交通省告示第 3 号) では、昼間、夜間に関わらず一般電気事業者のエネルギー換算値として 9,760 kJ/kWh を記載している。詳しくは、以下の HP を参照。

<http://www.mlit.go.jp/common/000038487.pdf>

※2-3 標準 EHP の定義は、IV.1 項を参照

Ⅲ. GHP の年間エネルギー消費量（一次エネルギーベース）の算出法

1. GHP の年間エネルギー消費量（一次エネルギーベース）の算出法

GHP の年間エネルギー消費量 E_{GHP} [MJ] は、GHP の年間ガス消費量および年間電力消費量（一次エネルギーベース）から、以下のとおり求める。

$$E_{GHP} = E_G + E_{w1} \quad (3.1)$$

記号表より E_G [MJ] : GHP の年間ガス消費量（熱量ベース）
 E_{w1} [MJ] : GHP の年間電力消費量（一次エネルギーベース）

ここで、GHP の年間ガス消費量（熱量ベース） E_G [MJ] および年間電力消費量（一次エネルギーベース） E_{w1} [MJ] は、以下の式により求まる。

$$E_G = k \cdot F_G \cdot HV \quad (3.2)$$

$$E_{w1} = (a - 1) \cdot E_G \quad (3.3)$$

記号表より κ [-] : 温圧補正係数
 F_G [m³] : GHP の年間ガス消費量（流量ベース）
 HV [MJ/m³N] : 都市ガスの標準発熱量
 a [-] : 消費電力補正係数（一次エネルギーベース）

また、温圧補正係数 κ は、以下の式により求まる。

$$k = \frac{P_{atm} + p_G}{P_{atm}} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_G} \quad (3.4)$$

記号表より P_{atm} [kPa] : 大気圧 $P_{atm} = 101.325$ [kPa]
 T_0 [K] : 0°Cにおける絶対温度 $T_0 = 273.15$ [K]
 p_G [kPa] : 都市ガスのゲージ圧力
 t_G [°C] : 都市ガスの温度

なお、二次エネルギーベースでの GHP の年間電力消費量 W_{GHP} [kWh] は、以下の式により求まる。

$$W_{GHP} = h \cdot E_{w1} \div 3.6 \quad (3.5)$$

記号表より η [-] : 火力発電所受電端発電効率
 E_{w1} [MJ] : GHP の年間電力消費量（一次エネルギーベース）

IV. 標準 EHP の年間エネルギー消費量の算出法

1. 標準 EHP の定義

個別空調方式の主流は、1 台の室外機で複数の室内機を個別に運転する機能を有するビル用マルチエアコンタイプである。ビル用マルチエアコンタイプのベースラインとして電気式ビル用マルチエアコン（標準 EHP）を設定する。

なお、電気式ビル用マルチエアコンは、JIS B 8616 : 2006「パッケージエアコンディショナ」にて「マルチ形」として規定されている。

2. 標準 EHP の効率

標準 EHP の効率指標として、JIS B 8616 : 2006 に定める APF （東京・事務所）を採用する。各年度における標準 EHP の APF_{EHP} は、以下のとおり求める。なお、JIS B 8616:2006 においては定格冷房能力 28kW 以下の機種のみを対象としているが、28kW を超えるマルチ形の機種の APF については JRA 4048:2009 に規定されており、そちらを採用する。

$$APF_{EHP} = APF_{2006} + \frac{Y - 2006}{2015 - 2006} (APF_{2015} - APF_{2006}) \quad (4.1)$$

Y [－] : 機器を購入した年度

APF_Y [－] : Y 年度における標準 EHP の APF (表 4-1 を参照)

表 4-1. 2006 年度と 2015 年度における標準 EHP の APF

定格冷房能力 q ※4-1	APF_{2006} ※4-2	APF_{2015} ※4-3
10kW 未満	4.7	5.7
10kW 以上 20kW 未満	4.5	$5.7 - 0.110 \times (q - 10)$
20kW 以上 40kW 未満	4.2	$5.7 - 0.065 \times (q - 20)$
40kW 以上 50.4 以下	3.7	$4.8 - 0.040 \times (q - 40)$
50.4kW を超えて	3.7	4.38 ※4-4

※4-1 q は、標準 EHP の定格冷房能力[kW]を表す。

※4-2 APF_{2006} は、ビル用マルチエアコンの 2006 年度 APF 平均値。

出典：「総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会エアコンディショナー判断基準小委員会最終取りまとめ」（2008 年 4 月 24 日 第 11 回省エネルギー基準部会配布資料）

詳しくは、以下の HP を参照。

<http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g80424c07j.pdf>

※4-3 APF_{2015} は、ビル用マルチエアコンにおける 2015 年度のトップランナー目標値。

出典：「エアコンディショナーの性能の向上に関する製造事業者等の判断の基準等」

(2009年6月22日 経済産業省告示第213号)

※4-4 50.4kW 超の冷房能力の場合は、50.4kW の目標値とした。

<参考> トップランナー目標値について

トップランナー目標値とは、

- ・省エネ法で指定するエネルギー多消費機器（自動車、電気機器、ガス・石油機器等）の省エネルギー基準を、各々の機器において、基準設定時に商品化されている製品のうち、最も省エネ性が優れている機器の性能以上に設定する
- ・目標年度において、目標基準値に達成しているかどうかの判断は、製造事業者または輸入事業者毎に、区分毎に加重平均（自動車、エアコンは加重調和平均）方式により行う

とされている。

出典：(財) 省エネルギーセンター作成「トップランナー基準早わかり」2006年9月版より。

3. 標準 EHP の年間エネルギー消費量（一次エネルギーベース）の算出方法

標準 EHP の年間エネルギー消費量 E_{EHP} [MJ] を、GHP の年間エネルギー消費量 E_{GHP} 、GHP と EHP の APF_p から、以下のとおり求める。

$$E_{EHP} = E_{GHP} \cdot \frac{APF_{GHP}}{APF_{EHP}} \quad (4.2)$$

記号表より E_{GHP} [MJ] : GHP の年間エネルギー消費量
(一次エネルギーベース)
 APF_{pGHP} [-] : 対象となる GHP の APF_p
 APF_{pEHP} [-] : 標準 EHP の APF_p

ここで、 APF_{pEHP} は、以下の式により求まる。

$$APF_{pEHP} = h \cdot APF_{EHP} \quad (4.3)$$

記号表より APF_{pEHP} [-] : JIS B8616:2006 等に定める EHP の APF
 h [-] : 火力発電所受電端発電効率

なお、二次エネルギーベースでの EHP の年間電力消費量 W_{EHP} [kWh] は、以下の式により求まる。

$$W_{EHP} = h \cdot E_{EHP} \div 3.6 \quad (4.4)$$

記号表より h [-] : 火力発電所受電端発電効率
 E_{EHP} [MJ] : 標準 EHP の年間エネルギー消費量
(一次エネルギーベース)

V. GHP の導入による省エネルギー量と CO₂ 削減量の算出法

1. GHP の導入による年間省エネルギー量の算出方法

GHP の導入による年間省エネルギー量 ΔE [MJ] は、以下の式のように、標準 EHP の年間エネルギー消費量（一次エネルギーベース）と GHP の年間エネルギー消費量（一次エネルギーベース）の差より求める。

$$\Delta E = E_{EHP} - E_{GHP} \quad (5.1)$$

式 (4.2) より E_{EHP} [MJ] : 標準 EHP の年間エネルギー消費量
(一次エネルギーベース)

式 (3.1) より E_{GHP} [MJ] : GHP の年間エネルギー消費量
(一次エネルギーベース)

2. GHP の導入による CO₂ 削減量の算出方法

GHP の導入による年間 CO₂ 削減量 ΔGM [kg-CO₂] は、以下の式のように、「GHP 導入による電力削減量 × 電力 CO₂ 排出係数」と「GHP のガス消費量（熱量ベース） × ガス CO₂ 排出係数」の差より求める。

$$\Delta GM = CF_E \cdot \Delta W - CF_G \cdot E_G \quad (5.2)$$

記号表より ΔW [kWh] : GHP 導入により削減できる年間電力消費量
(二次エネルギーベース)

E_G [MJ] : GHP の年間ガス消費量（熱量ベース）

CF_E [kg-CO₂/kWh] : 電気の使用に係る CO₂ 削減効果の評価に
用いる CO₂ 排出係数

CF_G [kg-CO₂/MJ] : 都市ガスの CO₂ 排出係数

ここで、GHP 導入による二次エネルギーベースでの年間電力削減量 ΔW [kWh] は、以下の式のように標準 EHP の年間電力消費量（二次エネルギーベース） W_{EHP} と、導入した GHP の年間電力消費量（二次エネルギーベース） W_{GHP} の差で求める。

$$\Delta W = W_{EHP} - W_{GHP} \quad (5.3)$$

式 (4.4) より W_{EHP} [kWh] : 標準 EHP の年間電力消費量
(二次エネルギーベース)

式 (3.5) より W_{GHP} [kWh] : GHP の年間電力消費量
(二次エネルギーベース)

VI. 複数台の GHP、EHP が設置されている場合の算出法と計算例

1. 使用する記号

添字として、以下の記号を使用する。

- n : 設置された GHP の台数
 $i = 1 \dots n$: i 番目の機械、 q_i は、 i 番目の GHP の冷房能力[kW]を表す。
添字の数字なしは、設置された機械合計に対する値とする。

2. 複数の GHP が設置されている場合の算出法

(1) 算出にあたって設定した仮定

複数の GHP が設置されている場合、ガスメータは複数の GHP のガス消費量（流量ベース）合計を計測している場合がほとんどである。従って、各機器のガス消費量を求めることは困難である。同一建物内であれば使い勝手も同様と考え、すべての GHP に対し負荷率は同一と仮定する。

(2) 算出方法

複数の GHP が設置されている場合は、以下の数値で表される 1 台の GHP とみなし、Ⅲ. 2 に記載されている方法でエネルギー消費量、CO₂ 排出量等を算出する。

$$\text{定格冷房能力 } q[\text{kW}] \quad : \quad q = \sum_{i=1}^n q_i \quad (6.1)$$

$$APFp_{GHP} \quad : \quad APFp_{GHP} = \sum_{i=1}^n q_i / \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{APFp_{GHP,i}} \quad (6.2)$$

$$\text{消費電力補正係数 } \alpha \quad : \quad a = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{APFp_{GHP,i}} / \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{a_i} \cdot \frac{q_i}{APFp_{GHP,i}} \right) \quad (6.3)$$

- 記号表より $q_i[\text{kW}]$: i 番目の GHP の定格冷房能力
 $APFp_{GHP,i}$: i 番目の GHP の APFp
 α_i : i 番目の GHP の α

3. 複数の標準 EHP が設置される場合を想定した算出法

(1) 算出にあたって設定した仮定

- ① GHP と同容量の EHP が同じ台数設置されているものとする。
② 運転条件は、GHP と同一とする。

(2) 算出方法

設置されていると想定する複数の EHP を、以下の数値で表される 1 台の EHP とみなし、IV. 3 に記載されている方法でエネルギー消費量、CO₂排出量等を算出する。

$$\text{定格冷房能力 } q[\text{kW}] \quad : \quad q = \sum_{i=1}^n q_i \quad (6.1)$$

$$APFp_{EHP} \quad : \quad APFp_{EHP} = \sum_{i=1}^n q_i / \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{APFp_{EHP,i}} \quad (6.4)$$

記号表より $q_i[\text{kW}]$: i 番目の EHP の定格冷房能力。 i 番目の GHP の定格冷房能力に等しい。

$APFp_{EHP,i}$: i 番目の EHP の $APFp$

4. 複数台の GHP、EHP が設置されている場合の省エネルギー量と CO₂削減量

V に記載されている方法で、複数台の GHP、EHP を 1 台とみなした $APFp$ 、 α をもとめ、省エネルギー量と CO₂削減量を算出する。

5. 計算例

例として、以下の GHP が 2007 年度に設置されたとする。

台数	定格冷房能力[kW]	$APFp$	α
2	28	1.6	1.1
1	56	2.0	1.2

年間ガス消費量（流量ベース）は 11,000m³ とする。都市ガス会社から供給されるガスの標準発熱量と CO₂ 排出係数は以下の通りとする。

標準発熱量 HV : 45.0[MJ/m³N]

CO₂ 排出係数 CF_G : 0.0509[kg-CO₂/MJ]

GHP による省エネ効果、CO₂削減効果を算出する。

3 台の GHP を 1 台の GHP とみなした場合の $APFp$ および α は、式(6.2)、式(6.3)より

$$APFp = \left[\sum_{i=1}^n q_i / \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{APFp_i} \right] = \frac{28 \times 2 + 56}{\frac{28}{1.6} \times 2 + \frac{56}{2.0}} = 1.778 \quad (6.5)$$

$$a = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{APFp_i} / \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{a_i} \cdot \frac{q_i}{APFp_i} \right) = \frac{\frac{28}{1.6} \times 2 + \frac{56}{2.0}}{\frac{1}{1.1} \times \frac{28}{1.6} \times 2 + \frac{1}{1.2} \times \frac{56}{2.0}} = 1.1423 \quad (6.6)$$

年間ガス消費量（熱量ベース） E_G [MJ]は、式(3.2)、式(3.4)より

$$E_G = k \cdot F_G \cdot HV = \frac{P_{am} + P_G}{P_{am}} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_G} F_G \cdot HV \quad (6.7)$$

記号表より、 $p_G=2$ [kPa]、 $t_G=15$ [°C]として、式(6.7)に代入し、

$$E_G = \frac{101.325 + 2}{101.325} \times \frac{273.15}{273.15 + 15} \times 45.0 = 478,500[\text{MJ}] \quad (6.8)$$

電力消費量（一次エネルギーベース） E_{W1} [MJ]は、式(3.3)、式(6.6)、式(6.8)より、

$$E_{W1} = (a - 1) \cdot E_G = 0.1423 \times 478,500 = 68,090[\text{MJ}] \quad (6.9)$$

電力消費量（二次エネルギーベース） W_{GHP} [kWh]は、式(3.5)、式(6.9)より

$$W_{GHP} = h \cdot E_{W1} / 3.6 = 3,600 / 9,760 \times 68,090 / 3.6 = 6,976[\text{kWh}] \quad (6.10)$$

年間エネルギー消費量（一次エネルギーベース） E_{GHP} [MJ]は、式(3.1)、式(6.8)、式(6.9)より、

$$E_{GHP} = E_G + E_{W1} = 478,500 + 68,090 = 546,600[\text{MJ}] \quad (6.11)$$

標準 EHP を想定すると、以下の通り。設置年度 2007 年度として式 (4.1) を適用する。

台数	定格冷房能力[kW]	APF_{EHP}
2	28	$4.2 + \{(5.7 - 0.065 \times (28 - 20) - 4.2)\} \times 1/9 = 4.31$ (6.12)
1	56	$3.7 + (4.38 - 3.7) \times 1/9 = 3.78$ (6.13)

3 台の EHP を 1 台の EHP とみなした場合の $APF=APF_{EHP}$ は、式(4.1)、式(6.4)、式(6.12)、式(6.13)より、

$$APF_{EHP} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n q_i}{\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{APF_{EHP,i}}} \right] = \frac{28 \times 2 + 56}{\frac{28}{4.31} \times 2 + \frac{56}{3.78}} = 4.03 \quad (6.14)$$

3 台の EHP を 1 台の EHP とみなした場合の $APFp=APFp_{EHP}$ は、式(2.3)、式(6.14)より、

$$APFp_{EHP} = h \cdot APF_{EHP} = 3,600 \div 9,760 \times 4.03 = 1.487 \quad (6.15)$$

標準 EHP の年間エネルギー消費量（一次エネルギーベース） E_{EHP} [MJ]は、式(4.2)、式(6.5)、式(6.11)、式(6.15)より、

$$E_{EHP} = \frac{APFp}{APFp_{EHP}} E_{GHP} = \frac{1.778}{1.487} \times 546,600 = 653,600[\text{MJ}] \quad (6.16)$$

標準 EHP の年間消費電力（二次エネルギーベース） W_{EHP} [kWh]は、式(4.4)、式(6.16)より

$$W_{EHP} = h \cdot E_{EHP} / 3.6 = 3,600 / 9,760 \times 653,600 / 3.6 = 66,970[\text{kWh}] \quad (6.17)$$

以上より、GHP の導入による年間省エネルギー量 ΔE [MJ]は、式(5.1)、式(6.11)、式(6.16)より、

$$\Delta E = E_{EHP} - E_{GHP} = 653,600 - 546,600 = 107,000[\text{MJ}] \quad (6.18)$$

次に、GHP の導入による CO₂ 削減量出量 ΔGM [kg-CO₂]を求める。

GHP 導入による電力削減量 ΔW [kWh]は、式(5.3)、式(6.10)、式(6.17)より

$$\Delta W = W_{EHP} - W_{GHP} = 66,970 - 6,976 = 59,990[\text{kWh}] \quad (6.19)$$

GHP 導入による CO₂ 削減量 ΔGM [kg-CO₂]は、電力消費量削減による CO₂ 削減量とガス消費

による CO₂ 排出量を差し引いて、式(5.2)、式(6.8)、式(6.19)より

$$\begin{aligned}\Delta GM &= CF_E \cdot \Delta W - CF_G \cdot E_G = 0.69 \times 59,990 - 0.0509 \times 478,500 \\ \Delta GM &= 17,040[\text{kg} - \text{CO}_2]\end{aligned}\tag{6.20}$$

GHP を設置した効果をまとめると以下の通り。

項目	GHP	標準 EHP	差分
<i>APF_p</i>	1.78	1.49	---
エネルギー消費量 (一次エネルギーベース) [MJ]	546,600	653,600	107,000
CO ₂ 削減量[kg-CO ₂]			17,040

※有効数字は 4 桁で計算を行った (4 桁まで計算し、温対法報告書の集計表には四捨五入して 3 桁まで記載する。「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル」、平成 21 年 3 月、環境省、経済産業省発行による。詳しくは、以下の HP を参照のこと)。

<http://www.env.go.jp/earth/ghg-santeikohyo/manual/chpt2.pdf>

ただし、*APF* は JIS で小数点 2 桁表示と定義されているので、JIS に従った。

5. 上記の算出根拠 (参考)

(1) GHP について

GHP について規定する JIS B 8627-1:2006 において、*APF* 計算に当たり、業務用分野の空調機器の容量選定は冷房能力基準で選定されることを前提としている (EHP について規定する JIS B 8616:2006 も同様)。従って、負荷パターンが同じであれば、記号表にもある通り、以下で定義した全負荷相当運転時間 τ [h] は、容量によらず同じ値となる (暖房定格能力に影響されない)。

$$\tau = Q / 3.6q\tag{6.21}$$

記号表より Q [MJ] : 年間冷暖房負荷 (年間冷房負荷 + 年間暖房負荷)

q [kW] : 定格冷房能力

VI.2 で、「同一建物内であれば使い勝手も同様と考え、すべての GHP に対し負荷率は同一と仮定」しており、従って、同一建物に設置した各 GHP の全負荷相当運転時間 τ [h] は一定と考える、以上より、複数の GHP が設置された建物の年間冷暖房負荷 Q [MJ] は以下の通り求めることができる。

$$Q_i = 3.6t \cdot q_i\tag{6.22}$$

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i = 3.6t \sum_{i=1}^n q_i\tag{6.23}$$

i 番目の GHP の年間エネルギー消費量 (一次エネルギーベース) $E_{GHP,i}$ [MJ] を求める。

式(2.4)、式(6.22)より、

$$E_{GHP,i} = \frac{Q_i}{APFP_{GHP,i}} = 3.6t \frac{q_i}{APFP_{GHP,i}} \quad (6.24)$$

n 台の GHP の年間エネルギー消費量（一次エネルギーベース）合計 E_{GHP} [MJ]は、式(6.24)より

$$E_{GHP} = \sum_{i=1}^n E_{GHP,i} = 3.6t \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{APFP_{GHP,i}} \quad (6.25)$$

i 番目の GHP の年間ガス消費量（熱量ベース）合計 $E_{G,i}$ [MJ]は、式(2.5)、式(6.24)より

$$E_{G,i} = \frac{E_{GHP,i}}{a_i} = 3.6t \frac{q_i}{a_i \cdot APFP_i} \quad (6.26)$$

n 台の GHP の年間ガス消費量（熱量ベース）合計 E_G [MJ]は、式(6.26)より

$$E_G = \sum_{i=1}^n E_{G,i} = 3.6t \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{a_i \cdot APFP_i} \quad (6.27)$$

n 台の GHP の年間電力消費量（一次エネルギーベース）合計 E_{W1} [MJ]は、式(3.1)、式(6.25)、式(6.27)より

$$E_{W1} = E_{GHP} - E_G = 3.6t \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{APFP_i} - 3.6t \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{a_i \cdot APFP_i} = 3.6t \sum_{i=1}^n \left(\frac{a_i - 1}{a_i} \cdot \frac{q_i}{APFP_i} \right) \quad (6.28)$$

n 台の GHP の $APFP$ は、式(2.4)、式(6.23)、式 (6.25) より

$$APFP = \frac{Q}{E_{GHP}} = \left[\frac{3.6t \sum_{i=1}^n q_i}{3.6t \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{APFP_i}} \right] = \left[\frac{\sum_{i=1}^n q_i}{\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{APFP_i}} \right] \quad (6.29)$$

n 台の GHP の消費電力補正係数 a は、式(2.5)、式(6.25)、式(6.27)より

$$a = \frac{E_{GHP}}{E_G} = \left[\frac{3.6t \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{APFP_i}}{3.6t \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{a_i} \cdot \frac{q_i}{APFP_i} \right)} \right] \quad (6.30)$$

$$a = \left[\frac{\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{APFP_i}}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{a_i} \cdot \frac{q_i}{APFP_i} \right)} \right]$$

(2) 標準 EHP について

GHP と同様の負荷が与えられると想定し、建物の年間冷暖房負荷 Q [MJ]は、以下の式で表わされる。

$$Q = 3.6t \sum_{i=1}^n q_i \quad (6.23)$$

τ [h]： 全負荷相当運転時間

i 番目の標準 EHP の年間エネルギー消費量合計 $E_{EHP,i}$ [MJ]は、式(2.3)、式(6.23)より

$$E_{EHP,i} = \frac{Q_i}{APFP_{EHP,i}} = 3.6t \frac{q_i}{APFP_{EHP,i}} \quad (6.31)$$

n 台の標準の年間電力消費量合計（一次エネルギーベース） E_{EHP} [MJ]は、式(6.31)より

$$E = \sum_{i=1}^n E_{EHP,i} = 3.6t \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{APFP_{EHP,i}} \quad (6.32)$$

n 台の EHP の $APFP=APFP_{EHP}$ は、式(6.23)、式(6.32)より

$$APFp_{EHP} = \frac{Q}{E_{EHP}} = \left[3.6t \sum_{i=1}^n q_i / 3.6t \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{APFp_{EHP,i}} \right] = \left[\sum_{i=1}^n q_i / \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{APFp_{EHP,i}} \right] \quad (6.35)$$

記号表

記号	単位	項目
q	kW	定格冷房能力
Q	MJ	年間冷暖房負荷（年間冷房負荷＋年間暖房負荷）
F_G	m ³	GHP の年間ガス消費量（流量ベース） ^[1]
E_{GHP}	MJ	GHP の年間エネルギー消費量（一次エネルギーベース）
E_{EHP}	MJ	標準 EHP の年間エネルギー消費量（一次エネルギーベース）
E_G	MJ	GHP の年間ガス消費量（熱量ベース）
E_{w1}	MJ	GHP の年間電力消費量（一次エネルギーベース）
ΔE	MJ	GHP 導入による年間省エネルギー量（一次エネルギーベース）
W_{GHP}	kWh	GHP の年間電力消費量（二次エネルギーベース）
W_{EHP}	kWh	EHP の年間電力消費量（二次エネルギーベース）
ΔW	kWh	GHP 導入により削減できる年間電力消費量 （二次エネルギーベース）
κ	—	ガス消費量（流量ベース）の温圧補正係数 $k = \frac{P_{atm} + p_G}{P_{atm}} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_G} \quad \text{[式(3.4)参照]}$
P_{atm}	kPa	大気圧 $P_{atm} = 101.325[\text{kPa}]$
T_0	K	0℃における絶対温度 $T_0 = 273.15[\text{K}]$
p_G	kPa	都市ガスのゲージ圧力 ^[2] 特に指定がなければ $p_G = 2[\text{kPa}]$ とする。
t_G	℃	都市ガスの温度 ^[3] 特に指定がなければ $t_G = 15[^\circ\text{C}]$ とする。
HV	MJ/m ³ N	都市ガスの標準発熱量 ^[4]
APF_{GHP}	[—]	JIS B 8627-1 : 2006 に定める GHP の APF
APF_{EHP}	[—]	JIS B 8616 : 2006 に定める EHP の APF
$APFp_{GHP}$	[—]	GHP の APF を一次エネルギーベースで表したもの
$APFp_{EHP}$	[—]	EHP の APF を一次エネルギーベースで表したもの
APF_Y	[—]	Y 年度における標準 EHP の APF（表 4-1 を参照）
η	[—]	火力発電所受電端発電効率 ^[5] $\eta = 3,600 \div 9,760$
α	[—]	消費電力補正係数（一次エネルギーベース） $a = \frac{E_G + E_{w1}}{E_G} \quad \text{[式(2.5)参照]}$
τ	h	全負荷相当運転時間。以下の式で定義される。 $\tau = Q / 3.6q \quad \text{[式(6.21)参照]}$
CF_G	kg-CO ₂ /MJ	都市ガスの CO ₂ 排出係数 ^[6]

CF_E	kg-CO ₂ /kWh	電気の使用に係る CO ₂ 削減効果の評価に用いる係数 ^[7] $CF_E=0.69[\text{kg-CO}_2/\text{kWh}]$ (二次エネルギーベース) ※出典:環境報告ガイドライン 2007 年版(環境省 2007 年 6 月) 等
ΔGM	kg-CO ₂	GHP 導入による年間 CO ₂ 削減量
Y	[-]	機器を購入した年度

[1]都市ガス会社からの請求書に記載された各月の使用ガス量を積算して算出してもよい。

[2]通常、都市ガスのゲージ圧力は 1~2.5Pa であり、この間の数値を代表値とした。

都市ガスのゲージ圧力については、例えば、以下のような記載がある。

・「一般家庭など低圧供給のお客さま (15℃、ゲージ圧 2kPa の状態)」

出典：東京ガスの HP (詳しくは、以下の HP を参照)

<http://home.tokyo-gas.co.jp/userguide/netsuryou.html>

[3]東京の年平均気温は、東京管区気象台で観測された 1971 年~2000 年の平均値:15.9℃を、小数点以下を切り下げて 15℃とした。

なお、ガス温度を年平均外気温で代表する事例については、「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル - 電気電子業界用算定方法マニュアル rev.1(2006.11)」においても記載がある。詳しくは、以下の HP を参照。

<http://www.jema-net.or.jp/Japanese/kankyuu/pdf/ghg6.pdf>

[4]都市ガスの標準発熱量はガス会社によって値が異なるため、その地域でガスを供給しているガス会社に確認する必要がある。なお、参考までに代表例を以下に示す。

標準発熱量： $HV=45[\text{MJ}/\text{m}^3\text{N}]$

[5]第 II 章の注※2-2 による。

[6]都市ガスの CO₂ 排出係数はガス会社によって値が異なるため、その地域でガスを供給しているガス会社に確認する必要がある。なお、参考までに代表例を以下に示す。

CO₂ 排出係数： $CF_G=0.0509[\text{kg-CO}_2/\text{MJ}]$

[7] 省電力による CO₂ 削減効果は電力需要の増減により年間発電量に影響を受ける電源(「マージナル電源」)がどのような電源であるかを考慮して評価する必要がある。現状における日本のマージナル電源は火力発電と考えられる。

このため電気の使用を減らした場合の CO₂ 削減効果は、火力発電の稼働が減るとして、「火力電源平均係数」を用いて計算し、評価することが妥当である。

この考え方は、国際的な規格(例えば GHG プロトコル、以下 HP を参照)

<http://www.env.go.jp/council/06earth/y061-11/ref04.pdf>

にも整合しており、国内の各種行政資料においても採用されている。

<参考> 「排出量の算定」と「削減効果の算定」について

排出量の算定においては、一般的に原子力や水力も含む全電源平均係数を用いる

ことが妥当である。地球温暖化対策推進法において、電気の使用による CO₂ の排出実績量の算定・報告でも基本的にこの方法を用いている。

しかし、削減効果の計算で全電源平均係数を用いると、電気の使用を減らしても影響を受けない原子力や水力の発電量も減ったとみなすことになり、CO₂ 削減量が過少評価されることになる。従って、排出量と削減効果の算定にあたっては、排出係数を使い分ける必要がある。

詳しくは、以下の HP ((社)日本ガス協会作成「CO₂削減対策の評価に用いる電気の CO₂ 排出係数について」) を参照。

<http://www.gas.or.jp/kankyo/co2h.pdf>