

1. 方法論番号

002-B

2. 方法論名称

ヒートポンプの導入による熱源設備の新設

3. 適用条件

本方法論は、次の条件の全てを満たす場合に適用することができる。

- 条件 1：ヒートポンプを導入して熱源設備を新設すること。
- 条件 2：導入したヒートポンプは、標準的な熱源設備よりも高効率であること。
- 条件 3：ヒートポンプは温水・蒸気又は冷水のいずれかの製造のために使用すること（温水・蒸気又は冷水を切り替えて使用する場合も含む）。¹
- 条件 4：ヒートポンプを導入した事業者が、事業実施後のヒートポンプで製造した温水・蒸気又は冷水を自家消費すること。²

上記の条件に加え、次の条件を満たす場合には、低温室効果冷媒（二酸化炭素冷媒等）の使用による排出削減量についても評価することができる。

- 条件 5：事業実施後のヒートポンプにおいて、低温室効果冷媒を利用していること。³

4. バウンダリー

新設される熱源設備及びヒートポンプから温水・蒸気又は冷水の供給を受ける設備。⁴ 自家用発電機を使用する場合はこれを含む。

5. ベースライン排出量

(1) ベースライン排出量の考え方

ベースラインエネルギー起源二酸化炭素排出量は、標準的な熱源設備を導入した場合に想定される二酸化炭素排出量である。

ベースラインエネルギー起源二酸化炭素排出量の算定時に想定する標準的な熱源設備は、排出削減事業の内容等の実施状況を踏まえ一般的に選択し得る標準的なエネルギー消費効率の熱源設備とする。また、ベースラインとして想定した熱源設備の燃料は、排出削減事業の実施地域において通常選択し得るもののうち、排出係数の小さい化石燃料とする。

また、低温室効果冷媒の使用による排出削減量を評価する場合には、標準的に使用される冷媒（冷媒種及び冷媒充填量）が漏洩した場合に想定される温室効果ガス排出量を、冷媒起源のベースライン排出量とする。

¹ 熱回収型ヒートポンプ（冷温水同時製造）を導入する場合は方法論 002-A を使用すること。

² ヒートポンプを導入した事業者が事業者の外部に熱を供給する場合には、自家消費する熱量分についてのみ本方法論の対象とする。

³ ただし、事業実施後の冷媒種として地球温暖化対策推進法対象の代替フロン等 3 ガス、オゾン層保護法の特定物質及び HFC-245fa は対象外とし、単体であるか混合であるかは問わない。

⁴ 附帯の補機類については、本方法論のバウンダリー外とする。

(2)ベースラインエネルギー使用量

1)事業実施後の使用熱量から算定する場合

①温水又は冷水を製造する場合

$$Q_{fuel,BL} = \sum_{i=h,c} \left(Q_{heat,PJ_i} \times \frac{100}{\varepsilon_{BL_i}} \right) \quad (式 1)$$

$$Q_{heat,PJ_h,c} = F_{heat,PJ_h,c} \times \Delta T_{heat,PJ_h,c} \times C_{heat,PJ_h,c} \times \rho_{heat,PJ_h,c} \times 10^{-3} \quad (式 2)$$

記号	定義	単位
$Q_{fuel,BL}$	ベースラインエネルギー使用量	GJ/年
$Q_{heat,PJ_h,c}$	事業実施後の温水又は冷水からの使用熱量	GJ/年
$\varepsilon_{BL_h,c}$	ベースラインとして想定する熱源設備の温水又は冷水製造時のエネルギー消費効率	%
$F_{heat,PJ_h,c}$	事業実施後の温水又は冷水の使用量	m ³
$\Delta T_{heat,PJ_h,c}$	事業実施後のヒートポンプで加熱又は冷却された水の熱利用前後の温度差	K
$C_{heat,PJ_h,c}$	温水又は冷水の比熱	MJ/ (t・K)
$\rho_{heat,PJ_h,c}$	温水又は冷水の密度	t/m ³

- 熱量計を用いて、事業実施後の温水又は冷水からの使用熱量 ($Q_{heat,PJ_h,c}$) を計測できる場合は、直接 $Q_{heat,PJ_h,c}$ を用いてベースラインエネルギー消費量を求めることができる。

②蒸気を製造する場合

$$Q_{fuel,BL} = Q_{heat,PJ} \times \frac{100}{\varepsilon_{BL}} \quad (式 3)$$

$$Q_{heat,PJ} = F_{heat,PJ} \times \Delta H_{heat,PJ} \quad (式 4)$$

記号	定義	単位
$Q_{fuel,BL}$	ベースラインエネルギー使用量	GJ/年
Q_{heat,PJ_s}	事業実施後使用熱量	GJ/年
ε_{BL}	ベースラインとして想定する熱源設備のエネルギー消費効率	%
$F_{heat,PJ}$	事業実施後のヒートポンプで加熱された蒸気の使用量	kg
$\Delta H_{heat,PJ}$	加熱前後のエンタルピー差	kJ/kg

- 熱量計を用いて、事業実施後の温水又は冷水からの使用熱量 (Q_{heat,PJ_s}) を計測できる場合は、直接 Q_{heat,PJ_s} を用いてベースラインエネルギー消費量を求めることができる。

2)事業実施後の電力使用量から算定する場合

①系統電力を使用する場合

$$Q_{fuel,BL} = \sum_{i=h,c} \left(EL_{PJ_i} \times 3.6 \times 10^{-3} \times \frac{\varepsilon_{PJ_i}}{\varepsilon_{BL_i}} \right) \quad (式 5)$$

記号	定義	単位
$Q_{fuel,BL}$	ベースラインエネルギー使用量	GJ/年
$EL_{PJ_h,c}$	事業実施後の温水又は冷水製造時の電力使用量	kWh/年
$\varepsilon_{PJ_h,c}$	事業実施後の温水又は冷水製造時のヒートポンプのエネルギー消費効率	%
$\varepsilon_{BL_h,c}$	ベースラインとして想定する熱源設備の温水又は冷水製造時のエネルギー消費効率	%

- 事業実施後のヒートポンプの電力使用量に、電力の単位発熱量と事業実施後のヒートポンプのヒートポンプ COP⁵を乗じて、事業実施後のヒートポンプで生産した温水・蒸気・冷水量を算定する。
- 事業実施後のヒートポンプで生産した温水・蒸気・冷水量を、ベースラインとして想定する熱源設備の効率で割り戻すことで、ベースラインエネルギー使用量を算定する。

②自家用発電機による発電電力を使用する場合

a)燃料使用量から算定する場合

$$Q_{fuel,BL} = \sum_{i=h,c} \left(F_{fuel,PJ,S_i} \times HV_{fuel,S} \times \frac{\varepsilon_{PJ_i}}{\varepsilon_{BL_i}} \right) \quad (式 6)$$

記号	定義	単位
$Q_{fuel,BL}$	ベースラインエネルギー使用量	GJ/年
$F_{fuel,PJ,S_h,c}$	事業実施後の温水又は冷水製造時の年間燃料使用量	t,kL,Nm ³ 等
$HV_{fuel,S}$	自家用発電機燃料の単位発熱量	GJ/t, GJ/kL, GJ/Nm ³ 等
$\varepsilon_{PJ_h,c}$	事業実施後の温水又は冷水製造時のヒートポンプのエネルギー消費効率	%
$\varepsilon_{BL_h,c}$	ベースラインとして想定する熱源設備の温水又は冷水製造時のエネルギー消費効率	%

⁵ ヒートポンプ COP (Coefficient Of Performance) とは、ヒートポンプの成績係数のことで単位電力使用量当たりの加熱・給湯又は冷却・冷房能力のこと。ヒートポンプ COP は、(加熱・給湯又は冷却・冷房能力[kW]) ÷ (消費電力を単位発熱量 (3.6MJ/kWh) で換算した値[kW]) にて算定する。

b)電力使用量から算定する場合

$$Q_{fuel, BL} = \sum_{i=h,c} \left(EL_{PJ,S-i} \times 3.6 \times 10^{-3} \times \frac{100}{\epsilon_S} \times \frac{\epsilon_{PJ-i}}{\epsilon_{BL-i}} \right) \quad (式 7)$$

記号	定義	単位
$Q_{fuel, BL}$	ベースラインエネルギー使用量	GJ/年
$EL_{PJ,S}$	事業実施後の温水又は冷水製造時の自家発電電力使用量	kWh/年
ϵ_S	自家用発電機の発電効率	%
$\epsilon_{PJ,h,c}$	事業実施後の温水又は冷水製造時のヒートポンプのエネルギー消費効率	%
$\epsilon_{BL,h,c}$	ベースラインとして想定する熱源設備の温水又は冷水製造時のエネルギー消費効率	%

(3)ベースライン排出量

<エネルギー起源二酸化炭素排出量>

1)ベースラインとして想定する熱源設備が燃料で稼働する場合

$$EM_{BL} = Q_{fuel, BL} \times CF_{fuel, BL} \times \frac{44}{12} \quad (式 8)$$

記号	定義	単位
EM_{BL}	エネルギー起源二酸化炭素のベースライン排出量	tCO2/年
$Q_{fuel, BL}$	ベースラインエネルギー使用量	GJ/年
$CF_{fuel, BL}$	ベースラインとして想定する燃料の単位発熱量あたりの炭素排出係数	tC/GJ

2) ベースラインとして想定する熱源設備が電力で稼働する場合

①系統電力を使用する場合

$$EM_{BL} = Q_{fuel, BL} \times \frac{1}{3.6 \times 10^{-3}} \times CF_{electricity, t} \times \frac{44}{12} \quad (式 9)$$

記号	定義	単位
EM_{BL}	エネルギー起源二酸化炭素のベースライン排出量	tCO2/年
$Q_{fuel, BL}$	ベースラインエネルギー使用量	GJ/年
$CF_{electricity, t}$	電力の炭素排出係数	tC/kWh

② 自家用発電機による発電電力を使用する場合

$$EM_{BL} = Q_{fuel, BL} \times CF_{fuel, S} \times \frac{44}{12} \quad (式 10)$$

記号	定義	単位
EM_{BL}	エネルギー起源二酸化炭素のベースライン排出量	tCO2/年
$Q_{fuel, BL}$	ベースラインエネルギー使用量	GJ/年
$CF_{fuel, S}$	自家用発電機燃料の単位発熱量あたりの炭素排出係数	tC/GJ

< 冷媒起源温室効果ガス排出量 >

$$EM_{C, BL} = FA_{C, BL} \times LR_{C, BL} \times GWP_{C, BL} \quad (式 11)$$

記号	定義	単位
$EM_{C, BL}$	冷媒起源温室効果ガスのベースライン排出量	tCO2e/年
$FA_{C, BL}$	ベースラインとして想定する冷媒の充填量	t
$LR_{C, BL}$	ベースラインとして想定する冷媒の年間漏洩率	%
$GWP_{C, BL}$	ベースラインとして想定する冷媒の地球温暖化係数	tCO2e/t

6. 事業実施後排出量

< エネルギー起源二酸化炭素排出量 >

1) 事業実施後の使用熱量から算定する場合

① 系統電力を使用する場合

$$EM_{PJ} = \sum_{i=h,c} \left(Q_{heat, PJ_i} \times \frac{100}{\varepsilon_{PJ_i}} \times \frac{1}{3.6 \times 10^{-3}} \times CF_{electricity, t} \times \frac{44}{12} \right) \quad (式 12)$$

記号	定義	単位
EM_{PJ}	エネルギー起源二酸化炭素の事業実施後排出量	tCO2/年
$Q_{heat, PJ, h, c}$	事業実施後の温水又は冷水からの使用熱量	GJ/年
$\varepsilon_{PJ, h, c}$	事業実施後の温水又は冷水製造時のヒートポンプのエネルギー消費効率	%
$CF_{electricity, t}$	電力の炭素排出係数	tC/kWh

② 自家用発電機による発電電力を使用する場合

$$EM_{PJ} = \sum_{i=h,c} \left(Q_{heat,PJ_i} \times \frac{100}{\varepsilon_{PJ_i}} \times \frac{100}{\varepsilon_S} \times CF_{fuel,S} \times \frac{44}{12} \right) \quad (式 13)$$

記号	定義	単位
EM_{PJ}	エネルギー起源二酸化炭素の事業実施後排出量	tCO2/年
$Q_{heat,PJ_h,c}$	事業実施後の温水又は冷水からの使用熱量	GJ/年
$\varepsilon_{PJ_h,c}$	事業実施後の温水又は冷水製造時のヒートポンプのエネルギー消費効率	%
ε_S	自家用発電機の発電効率	%
$CF_{fuel,S}$	自家用発電機燃料の単位発熱量当たりの炭素排出係数	tC/GJ

2) エネルギー使用量から算定する場合

① 系統電力を使用する場合

$$EM_{PJ} = EL_{PJ} \times CF_{electricity,t} \times \frac{44}{12} \quad (式 14)$$

記号	定義	単位
EM_{PJ}	エネルギー起源二酸化炭素の事業実施後排出量	tCO2/年
EL_{PJ}	事業実施後の電力使用量	kWh/年
$CF_{electricity,t}$	電力の炭素排出係数	tC/kWh

② 自家用発電機による発電電力で稼働する場合

a) 燃料使用量から算定する場合

$$EM_{PJ} = F_{fuel,PJ,S} \times HV_{fuel,S} \times CF_{fuel,S} \times \frac{44}{12} \quad (式 15)$$

記号	定義	単位
EM_{PJ}	エネルギー起源二酸化炭素の事業実施後排出量	tCO2/年
$F_{fuel,PJ,S}$	事業実施後自家用発電機の温水又は冷水製造時の燃料使用量	GJ/年
$HV_{fuel,S}$	自家用発電機燃料の単位発熱量	GJ/t, GJ/kL, GJ/Nm ³ 等
$CF_{fuel,S}$	自家用発電機燃料の単位発熱量当たりの炭素排出係数	tC/GJ

b) 電力使用量から算定する場合

$$EM_{PJ} = EL_{PJ,S} \times 3.6 \times 10^{-3} \times \frac{100}{\varepsilon_S} \times CF_{fuel,S} \times \frac{44}{12} \quad (式 16)$$

記号	定義	単位
EM_{PJ}	事業実施後エネルギー使用量	GJ/年
$EL_{PJ,S}$	事業実施後の温水又は冷水製造時の自家用発電電力使用量	kWh/年
$CF_{fuel,S}$	自家用発電機燃料の単位発熱量当たりの炭素排出係数	tC/GJ

<冷媒起源温室効果ガス排出量>

$$EM_{C,PJ} = FA_{C,PJ} \times LR_{C,PJ} \times GWP_{C,PJ} \quad (\text{式 17})$$

記号	定義	単位
$EM_{C,PJ}$	冷媒起源温室効果ガスの事業実施後排出量	tCO2e/年
$FA_{C,PJ}$	事業実施後の冷媒の充填量	t
$LR_{C,PJ}$	事業実施後の冷媒の年間漏洩率	%
$GWP_{C,PJ}$	事業実施後の冷媒の地球温暖化係数	tCO2e/t

7. リークージ排出量

$$LE \quad (\text{式 18})$$

記号	定義	単位
LE	リークージ排出量	tCO2/年

- 排出削減事業の実施により生じるバウンダリー外での温室効果ガス排出量の変化であって、技術的に計測可能かつ当該事業に起因するものを、リークージ排出量として考慮する。
- 設備の生産、運搬、設置、廃棄に伴う温室効果ガス排出量は、リークージとしてカウントしない。

8. 排出削減量

<エネルギー起源二酸化炭素排出削減量>

$$ER = EM_{BL} - (EM_{PJ} + LE) \quad (\text{式 19})$$

記号	定義	単位
ER	エネルギー起源二酸化炭素の排出削減量	tCO2/年
EM_{BL}	エネルギー起源二酸化炭素のベースライン排出量	tCO2/年
EM_{PJ}	エネルギー起源二酸化炭素の事業実施後排出量	tCO2/年
LE	リークージ排出量	tCO2/年

<冷媒起源温室効果ガス排出削減量>

$$ER_C = EM_{C,BL} - EM_{C,PJ} \quad (\text{式 20})$$

記号	定義	単位
ER_C	冷媒起源温室効果ガスの排出削減量	tCO ₂ e/年
$EM_{C,BL}$	冷媒起源温室効果ガスのベースライン排出量	tCO ₂ e/年
$EM_{C,PJ}$	冷媒起源温室効果ガスの事業実施後排出量	tCO ₂ e/年

9. モニタリング方法

ベースライン排出量と事業実施後排出量を算定するために必要となる、モニタリング項目及びモニタリング方法例を下表に示す。添え字 h,c,s が付いているモニタリング項目に関しては、その用途（温水、冷水、蒸気）ごとにモニタリングする必要がある。

<エネルギー起源二酸化炭素>

モニタリング項目		モニタリング方法例
$Q_{heat,PJ,h,c}$	事業実施後の使用熱量	<ul style="list-style-type: none"> ・熱量計による計測 ・$F_{heat,PJ,h,c,s}$、$\Delta T_{heat,PJ,h,c}$等をもとに算定
$F_{fuel,PJ,S,h,c}$	事業実施後の自家発電機燃料使用量	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料計による計測 ・燃料供給会社からの請求書をもとに算定
$F_{heat,PJ,h,c}$	事業実施後の温水又は冷水の使用量	<ul style="list-style-type: none"> ・流量計による計測
$F_{heat,PJ}$	事業実施後のヒートポンプで加熱された蒸気の使用量	<ul style="list-style-type: none"> ・流量計による計測
$EL_{PJ,h,c}$	事業実施後の温水又は冷水製造時の電力使用量	<ul style="list-style-type: none"> ・電力計による計測 ・電力会社からの請求書をもとに算定
EL_{PJ}	事業実施後の電力使用量	<ul style="list-style-type: none"> ・電力計による計測 ・電力会社からの請求書をもとに算定
$EL_{PJ,S,h,c}$	事業実施後の温水又は冷水製造時の自家発電電力使用量	<ul style="list-style-type: none"> ・電力計による計測
$EL_{PJ,S}$	事業実施後の自家発電電力使用量	<ul style="list-style-type: none"> ・電力計による計測
$\Delta T_{heat,PJ,h,c}$	事業実施後のヒートポンプで加熱又は冷却された水の熱利用前後の温度差	<ul style="list-style-type: none"> ・温度計による計測 ・管理温度をもとに算定⁶

⁶ 管理温度は、事業者が季節別、時間別に管理・運営している温度。

$\Delta H_{heat,PJ}$	温度変化前後のエンタルピー差	<ul style="list-style-type: none"> ・ 蒸気及び給水の温度、圧力をもとに算定
$C_{heat,PJ,h,s}$	温水又は冷水の比熱	<ul style="list-style-type: none"> ・ 計測 ・ 文献値を利用
$\rho_{heat,PJ,h,s}$	温水又は冷水の密度	<ul style="list-style-type: none"> ・ 計測 ・ 文献値を利用
$\mathcal{E}_{BL,h,c}$	ベースラインとして想定する熱源設備のエネルギー消費効率	<ul style="list-style-type: none"> ・ 計測 ・ カタログ値をもとに算定
$\mathcal{E}_{PJ,h,c}$	事業実施後の温水又は冷水製造時のヒートポンプのエネルギー消費効率	<ul style="list-style-type: none"> ・ 計測 ・ カタログ値をもとに算定
\mathcal{E}_S	自家用発電機の発電効率	<ul style="list-style-type: none"> ・ 計測 ・ カタログ値をもとに算定
$HV_{fuel,S}$	自家用発電機燃料の単位発熱量	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃料供給会社のスペックシートをもとに算定 ・ デフォルト値を利用
$CF_{fuel,BL}$	ベースラインとして想定する燃料の単位発熱量当たりの炭素排出係数	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃料供給会社のスペックシートをもとに算定 ・ デフォルト値を利用
$CF_{fuel,S}$	自家用発電機燃料の単位発熱量当たりの炭素排出係数	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃料供給会社のスペックシートをもとに算定 ・ デフォルト値を利用
$CF_{electricity,t}$	電力の炭素排出係数	<ul style="list-style-type: none"> ・ デフォルト値を利用 $CF_{electricity,t} = Cmo \cdot (1-f(t)) + Ca(t) \cdot f(t)$ <p>ここで、</p> <p>t : 電力需要変化以降の時間 (事業開始日以降の経過年)</p> <p>Cmo : 限界電源炭素排出係数</p> <p>$Ca(t)$: t 年に対応する全電源炭素排出係数</p> <p>$f(t)$: 移行関数</p> $f(t) = \begin{cases} 0 & [0 \leq t < 1 \text{ 年}] \\ 0.5 & [1 \text{ 年} \leq t < 2.5 \text{ 年}] \\ 1 & [2.5 \text{ 年} \leq t] \end{cases}$ <ul style="list-style-type: none"> ・ 排出削減事者等からの申請に基づき、$CF_{electricity,t}$ として全電源炭素排出係数を利用することができる

<冷媒起源温室効果ガス>

モニタリング項目		モニタリング方法例
$FA_{C,BL}$	ベースラインとして想定する冷媒の充填量	・カタログ値をもとに算定 ⁷
$FA_{C,PJ}$	事業実施後の冷媒の充填量	・計測 ・カタログ値をもとに算定
$LR_{C,BL}$	ベースラインとして想定する冷媒の年間漏洩率	・産業構造審議会 化学・バイオ部会 地球温暖化防止対策小委員会資料を利用
$LR_{C,PJ}$	事業実施後の冷媒の年間漏洩率	・計測 ・産業構造審議会 化学・バイオ部会 地球温暖化防止対策小委員会資料を利用 ⁸
$GWP_{C,BL}$	ベースラインとして想定する冷媒の地球温暖化係数	・デフォルト値を利用
$GWP_{C,PJ}$	事業実施後の冷媒の地球温暖化係数	・デフォルト値を利用 ・カタログ値をもとに算定

⁷ 事業実施後の冷媒の充填量を、ベースラインとして想定する冷媒の充填量として利用することができる。

⁸ 事業実施後の冷媒の年間漏洩率を、ベースラインとして想定する冷媒の年間漏洩率として利用することができる。

10. 付記

- 排出削減事業実施後の熱需要の使用条件によって、ヒートポンプからの生産熱量のうち、利用できていない熱量が相当程度見込まれる場合は、ヒートポンプ COP を算定するために必要な項目をモニタリングし、事業実施後の有効利用熱量の調整を行う必要がある。
- 必要な項目をモニタリングできない場合は、把握可能なデータを使用して、利用できていない熱量の推定を行う。その場合、推定の算定式が合理的であることを、十分な根拠資料を用いて説明できることが必要である。
- 冷水供給における標準的な熱源設備効率について、標準的な熱源設備がボイラーと吸収式冷凍機の場合には、「ボイラー効率×吸収式冷凍機効率」とする。ただし、吸収式冷凍機効率を1とみなしても合理的な場合は「ボイラー効率」を直接使用することができる。
- 複数のヒートポンプを導入する場合は、機器ごと、用途（温水・蒸気・冷水）ごとに算定式を適用し、最後に合算して排出削減量を算定することが可能である。
- 限界電源炭素排出係数を適用する排出削減事業については、当該事業の承認申請に当たって、全電源炭素排出係数を適用した場合の排出削減量の試算を付すこととする。
- 施設として複数の電力源を常時併用する場合、事業実施後の当該施設における系統電力使用量と自家発電電力量を測定し、その割合によって、当該設備の電力使用量がいずれの電力源由来であるか按分することで、本方法論を適用することができる。ただし、バックアップ発電機の利用のような計画外の電力使用量については、リーケージとして評価することとする。