

1. 方法論番号

004-A

2. 方法論名称

フリークーリングの導入

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: 冷凍機で製造した冷水を利用する事業実施前の空調設備に対して、冷却塔で自然冷却された冷水を直接あるいは熱交換器を介して空調設備へ供給するシステム（以下「フリークーリング」という。）を導入すること。
- 条件 2: フリークーリングによる冷水供給ができなかった場合、事業実施前の水配管による搬送ポンプを持つ冷凍機を継続的に利用できること。
- 条件 3: フリークーリングを導入した事業者が、フリークーリングにより供給された冷水を自家消費すること。
- 条件 4: 排出削減実施前及び実施後のエネルギー使用量に最も影響を与える活動量（フリークーリングによる供給冷水熱量、フリークーリングの稼働時間又は電力量等）のデータを計測できること。

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）への代替による排出削減量についても評価することができる。¹

- 条件 5: 事業実施後のフリークーリングにおいて、低温室効果冷媒を利用していること。²

4. バウンダリー

建物の全部又は一部であって、導入されるフリークーリングにより空調が行われる範囲。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、空調機器の更新（フリークーリングの導入）を行わずに、事業実施前の空調機器を使用し続けた場合に想定される二酸化炭素排出量である。

また、低温室効果冷媒への代替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 ただし、事業実施前において低温室効果冷媒を使用している場合は対象外とする。

² 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。

(2) ベースラインエネルギー使用量

ベースラインエネルギー使用量の算定に当たっては、事業実施後のフリークーリングによる供給冷水熱量を、事業実施前の冷熱源機のエネルギー消費効率で割り戻すことで冷熱源機本体のエネルギー使用量算定を行う。また、事業実施前の冷熱源機のポンプ及び冷却塔ファンの電力使用量の原単位に更新後のフリークーリング稼働時間を乗じて、事業実施前のポンプ及び冷却塔ファンのエネルギー使用量算定を行う。

1) 冷熱源機本体のエネルギー使用量

$$Q_{fuel, BL_r} = Q_{heat, PJ} \times \frac{100}{\varepsilon_{BL}} \quad (式 1)$$

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

記号	定義	単位
Q_{fuel, BL_r}	冷熱源機本体のベースラインエネルギー使用量	GJ/年
$Q_{heat, PJ}$	事業実施後のフリークーリングによる供給冷水熱量	GJ/年
ε_{BL}	事業実施前の冷熱源機のエネルギー消費効率	%
$F_{heat, PJ}$	事業実施後の設備で加熱された温水の使用量	m ³
$\Delta T_{heat, PJ}$	事業実施後の設備で加熱された温水の熱利用前後の温度差	K
$C_{heat, PJ}$	冷水の比熱	MJ/ (t・K)
$\rho_{heat, PJ}$	冷水の密度	t/m ³

2) 冷熱源機のポンプ及び冷却塔ファンのベースラインエネルギー使用量

$$EL_{BL_p} = R_{BL} \times \alpha_{PJ} \quad (式 3)$$

記号	定義	単位
EL_{BL_p}	ポンプ及び冷却塔ファンのベースライン電力使用量	kWh/年
R_{BL}	事業実施前のポンプ及び冷却塔ファンの電力使用量の原単位	kW
α_{PJ}	事業実施後のフリークーリング活動量	h/年

(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) 事業実施前の熱源機器が燃料で稼動する場合

$$EM_{BL_r} = Q_{fuel, BL_r} \times CF_{fuel} \times \frac{44}{12} \quad (\text{式 4})$$

$$EM_{BL_p} = EL_{BL_p} \times CF_{electricity, t} \times \frac{44}{12} \quad (\text{式 5})$$

$$EM_{BL} = EM_{BL_r} + EM_{BL_p} \quad (\text{式 6})$$

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	tCO ₂ /年
EM_{BL_r}	冷熱源機本体のベースライン排出量	tCO ₂ /年
EM_{BL_p}	ポンプ及び冷却塔ファンのベースライン排出量	tCO ₂ /年
Q_{fuel, BL_r}	冷熱源機本体のベースラインエネルギー使用量	GJ/年
EL_{BL_p}	ポンプ及び冷却塔ファンのベースライン電力使用量	kWh/年
CF_{fuel}	燃料の単位発熱量あたりの炭素排出係数	tC/GJ
$CF_{electricity, t}$	電力の炭素排出係数	tC/kWh

2) 事業実施前の熱源機器が電力で稼動する場合

① 系統電力を使用する場合

$$EM_{BL_r} = Q_{fuel, BL_r} \times \frac{1}{3.6 \times 10^{-3}} \times CF_{electricity, t} \times \frac{44}{12} \quad (\text{式 7})$$

$$EM_{BL_p} = EL_{BL_p} \times CF_{electricity, t} \times \frac{44}{12} \quad (\text{式 8})$$

$$EM_{BL} = EM_{BL_R} + EM_{BL_p} \quad (\text{式 9})$$

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	tCO ₂ /年
EM_{BL_r}	冷熱源機本体のベースライン排出量	tCO ₂ /年
EM_{BL_p}	ポンプ及び冷却塔ファンのベースライン排出量	tCO ₂ /年
Q_{fuel, BL_r}	冷熱源機本体のベースラインエネルギー使用量	GJ/年
EL_{BL_p}	ポンプ及び冷却塔ファンのベースライン電力使用量	kWh/年
$CF_{electricity, t}$	電力の炭素排出係数	tC/kWh

② 自家発電機による発電電力を使用する場合

$$EM_{BL_r} = Q_{fuel, BL_r} \times \frac{100}{\varepsilon_S} \times CF_{fuel, S} \times \frac{44}{12} \quad (式 10)$$

$$EM_{BL_p} = EL_{BL_p} \times 3.6 \times 10^{-3} \times \frac{100}{\varepsilon_S} \times CF_{fuel, S} \times \frac{44}{12} \quad (式 11)$$

$$EM_{BL} = EM_{BL_R} + EM_{BL_p} \quad (式 12)$$

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
EM_{BL_r}	冷熱源機本体のベースライン排出量	tCO2/年
EM_{BL_p}	ポンプ及び冷却塔ファンのベースライン排出量	tCO2/年
Q_{fuel, BL_r}	冷熱源機本体のベースラインエネルギー使用量	GJ/年
EL_{BL_p}	ポンプ及び冷却塔ファンのベースライン電力使用量	kWh/年
ε_S	自家発電機の発電効率	%
$CF_{fuel, S}$	自家発電機燃料の単位発熱量当りの炭素排出係数	tC/kWh

< 冷媒起源温室効果ガス排出量 >

$$EM_{C, BL} = FA_{C, BL} \times LR_{C, BL} \times GWP_{C, BL} \quad (式 13)$$

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) 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}	事業実施後のポンプ及び冷却塔ファンの電力使用量	kWh/年
$CF_{electricity, t}$	電力の炭素排出係数	tC/kWh

- 事業実施後の電力使用量を、事業実施後活動量と事業実施後のフリークーリング用ポンプ・冷却塔ファン原単位から算定する場合は次式による。

$$EL_{PJ} = R_{PJ} \times \alpha_{PJ}$$

2) 自家用発電機による発電電力を使用する場合

$$EM_{PJ} = EL_{PJ} \times 3.6 \times 10^{-3} \times \frac{100}{\varepsilon_S} \times CF_{fuel,S} \times \frac{44}{12} \quad (\text{式 15})$$

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
EL_{PJ}	事業実施後のポンプ及び冷却塔ファンの電力使用量	kWh/年
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電量当りの炭素排出係数	tC/kWh

<冷媒起源温室効果ガス排出量>

$$EM_{C,PJ} = FA_{C,PJ} \times LR_{C,PJ} \times GWP_{C,PJ} \quad (\text{式 16})$$

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

$$LE \quad (\text{式 17})$$

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>

$$ER = EM_{BL} - (EM_{PJ} + LE) \quad (\text{式 18})$$

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	tCO ₂ /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	tCO ₂ /年
EM_{PJ}	エネルギー起源二酸化炭素の事業実施後排出量	tCO ₂ /年
LE	リーケージ排出量	tCO ₂ /年

<冷媒起源温室効果ガス排出削減量>

$$ER_C = EM_{C,BL} - EM_{C,PJ} \quad (\text{式 19})$$

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。

<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
$Q_{heat,PJ}$	事業実施後のフリークーリングによる供給冷水熱量	<ul style="list-style-type: none"> ・熱量計による計測 ・$F_{heat,BL}$、ΔT_{heatBL}等をもとに算定
EL_{PJ}	事業実施後のポンプ及び冷却塔ファンの電力使用量	<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
R_{PJ}	事業実施後のフリークーリングの電力使用量の原単位 ³	<ul style="list-style-type: none"> ・計測 ・カタログ値をもとに算定
R_{BL}	事業実施前のポンプ及び冷却塔ファンの電力使用量の原単位	<ul style="list-style-type: none"> ・計測 ・カタログ値をもとに算定
ε_{BL}	事業実施前の冷熱源機のエネルギー消費効率 ⁴	<ul style="list-style-type: none"> ・計測 ・カタログ値をもとに算定
ε_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
$F_{heat,PJ}$	事業実施後の設備で冷却された冷水の使用量	<ul style="list-style-type: none"> ・流量計による計測
$\Delta T_{heat,PJ}$	事業実施後の設備で冷却された冷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⁵
$C_{heat,PJ}$	冷水の比熱	<ul style="list-style-type: none"> ・計測 ・文献値を利用
$\rho_{heat,PJ}$	冷水の密度	<ul style="list-style-type: none"> ・計測 ・文献値を利用
α_{PJ}	事業実施後のフリークーリング活動量	<ul style="list-style-type: none"> ・BEMS等のタイムスケジュール運転記録をもとに算定 ・営業月報等による記録（フリークーリングの運転が確認できるもの）をもとに算定

³ 電力使用量の原単位を実測する場合、原則、事業実施前後で統一された測定条件で実測することが必要である。

⁴ 蒸気吸収式冷凍機の場合は、蒸気製造効率を考慮した値とする。

⁵ 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。

CF_{fuel}	燃料の単位発熱量あ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 デフォルト値を使用
$CF_{fuel,S}$	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 $CF_{electricity,t} = C_{mo} \cdot (1 - f(t)) + C_a(t) \cdot f(t)$ <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>C_{mo}: 限界電源炭素排出係数</p> <p>$C_a(t)$: 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"> 排出削減事業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

- フリークーリングによる供給冷水熱量とは、負荷側へ供給され、消費された熱量を指す。

<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	<ul style="list-style-type: none"> カタログ値をもとに算定⁶
$FA_{C,PJ}$	事業実施後の冷媒の充填量	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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⁷
$GWP_{C,BL}$	ベースラインとして想定する冷媒の地球温暖化係数	<ul style="list-style-type: none"> デフォルト値を利用 カタログ値をもとに算定⁸
$GWP_{C,PJ}$	事業実施後の冷媒の地球温暖化係数	<ul style="list-style-type: none"> デフォルト値を利用 カタログ値をもとに算定

⁶ 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。

⁷ 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。

⁸ 事業実施前の冷媒種にオゾン層保護法の特定物質が使用されていた場合は、標準的に使用されている冷媒をベースラインとして想定する冷媒の地球温暖化係数に使用する。

10. 付記

- 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。