「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

【対策効果算定シート】

対策の種類	対策名称	シート番号	対策メニュー名
部分更新・機能付加	冷凍・冷蔵設備の断熱強化	C26024	冷凍・冷蔵設備の断熱強化
工程名	冷凍・冷蔵	対象設備	冷凍・冷蔵設備
システム／設備区分名	冷凍・冷蔵設備		
対策内容	冷凍庫表面（外部または内部）の断熱を強化して庫壁からの熱侵入を防止し、冷凍機の電力消費量を低減することにより、CO_2 排出量を削減する。		

1．計画時の効果算定

効果算定のポイント		① 荷の出入りが全く無く、冷凍庫にかかる熱負荷がほぼ全て外気から壁面、天井および床を通して侵入する貫流熱と考えられる休日の 1 日を通じて冷凍機の消費電力量を実測し、そこから得た冷凍機の平均消費電力に COP を乗じて対策実施前の貫流熱負荷 Qp1 を推測する。 ② ①の実測で得た外気、床下および庫内温度、貫流熱負荷より対策実施前の熱貫流率 K1 を算出する。 ③ 対策する断熱材の熱抵抗 R と②で得た対策前熱抵抗 R1（＝1/K1）を加算し全体の熱抵抗を得て、これより対策実施後の熱貫流率 K2 を算出する。 ④ 対策実施後の貫流熱負荷 Qp 2 を断熱材施工部と非施工部（床）に分けて求める。 ⑤ 対策実施前の冷凍庫の全熱負荷 Qt1＝Qp1÷ε（0.30）とする。（貫流熱負荷比率εは全熱負荷の 20%～35%と言われている。） ⑥ ①で得た冷凍機の消費電力は、貫流熱負荷 Qp1 のみが掛かった時のもので、全負荷 Qt1 が掛かる通常運転時の消費電力 W1 は、Qt1 を COP で除して得る。
対策実施前	活動種別	系統電力
	年間活動量	冷凍機の年間電力使用量は次式で与えられる。 E1＝W1×t　　(1) ここで、E1　：対策実施前の冷凍機の年間電力使用量［kWh/年］ W1　：冷凍機の消費電力[kW] t　　：稼働時間［h/年］ 表 1 の数値を式(1)に代入して、対策実施前の冷凍冷蔵機の電力使用量を求める。 E1＝6.944[kW]×8,760[h/年] ＝60,830[kWh/年]＝60.8[千 kWh/年]

「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

表 1　対策実施前の電力使用量の算定に使用する数値とその根拠

記号	項目	数値	根拠
Ep	完全休業日の冷凍機電力使用量	50[kWh/日]	計測値
A1	冷凍庫の床面積	132[m^2]	補足説明①
A2	冷凍庫の壁・天井面積	356[m^2]	補足説明①
Ta	外気温度　（1 日の平均）	20[℃]	計測値
Tu	冷凍庫の床下温度（1 日の平均）	5[℃]　（凍上防止）	計測値
Tr	庫内温度　（1 日の平均）	-15[℃]	計測値
COP	冷凍機の COP	2.5	メーカー性能表
t	稼働時間	8,760[h/年]	24[h/日]×365[日/年]
W1	冷凍機の消費電力	6.944[kW]	補足説明⑥
K1	壁・床・天井部熱貫流率	0.3449[W/(m^2·K]	補足説明③
Qp1	壁・床・天井部貫流熱負荷	5.208[kW]	補足説明②
ε	貫流熱負荷比率	0.3	一般的な値
H	電力の一次エネルギー換算係数	8.64[GJ/千 kWh]	省エネ法施行規則（経産省 2024.4.1 施行）
α	電力の CO_2 排出係数	0.000436[t-CO_2/kWh]	SHIFT 事業モニタリング報告ガイドライン Ver.4.1

対策実施前

エネルギー使用量

対策実施前のエネルギー使用量 PE1 は、対策実施前の電力使用量 E1 に電力の一次エネルギー換算係数 H を乗じて下記になる。

PE1＝E1×H

＝60.8[千 kWh/年]×8.64[GJ/千 kWh]＝525[GJ/年]

CO_2 排出量

対策実施前の CO_2 排出量 C1 は、対策実施前の電力使用量 E1 に電力の CO_2 排出係数αを乗じて下記になる。

C1＝E1×α

＝60.8[千 kWh/年]×0.000436[t-CO_2/kWh]＝26.5[t-CO_2/年]

実施計画

活動種別

系統電力

年間活動量

実施計画の冷凍機の年間電力使用量を算定する。以下に、実施計画の各数値が表 2 の場合の算定例を示す。

$E2 = E1 - \{(Qp1 - Qp2) \div COP\} \times t$　　(2)

ここで、E2　：実施計画の冷凍機の年間電力使用量 [kWh/年]

E1　：対策実施前の冷凍機の年間電力使用量 [kWh/年]

Qp1 ：対策実施前の壁・床・天井部からの貫流熱負荷 [kW]

Qp2 ：実施計画の壁・床・天井部からの貫流熱負荷[kW]

COP ：冷凍機の COP

表 1、表 2 の数値を式(2)に代入して、実施計画の電力使用量を求める。

E2＝60.8[千 kWh/年]－(5.208[kW]－3.454[kW])÷2.5×8,760 [h/年] ÷1,000

＝54.7[千 kWh/年]

「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

<table>
<tr><td rowspan="3">実施計画</td><td></td><td>表 2　実施計画の電力使用量の算定に使用する数値とその根拠
<table>
<tr><th>記号</th><th>項目</th><th>数値</th><th>根拠</th></tr>
<tr><td>λ</td><td>断熱強化材の熱伝導率</td><td>0.021[W/(m·K)]</td><td>カタログ</td></tr>
<tr><td>l</td><td>断熱強化材の厚み</td><td>0.042[m]</td><td>カタログ</td></tr>
<tr><td>K2</td><td>壁・天井部熱貫流率</td><td>0.2041[W/(m^2·K)]</td><td>補足説明④</td></tr>
<tr><td>Qp2</td><td>壁・天井部貫流熱負荷</td><td>3.454[kW]</td><td>補足説明⑤</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>エネルギー使用量</td><td>実施計画のエネルギー使用量 PE2 は、実施計画の電力使用量 E2 に電力の一次エネルギー換算係数 H を乗じて下記になる。
PE2＝E2×H
＝54.7[千 kWh/年]×8.64[GJ/千 kWh]＝473[GJ/年]</td></tr>
<tr><td>CO_2 排出量</td><td>実施計画の CO_2 排出量 C2 は、実施計画の電力使用量 E2 に電力の CO_2 排出係数α を乗じて下記になる。
C2＝E2×α
＝54.7[千 kWh/年]×0.000436[t-CO_2/kWh]＝23.8[t-CO_2/年]</td></tr>
<tr><td colspan="2">実施計画の
エネルギー削減量</td><td>対策実施前と実施計画のエネルギー使用量の差異より下記になる。
PE1－PE2＝525[GJ/年]－473[GJ/年]＝52[GJ/年]</td></tr>
<tr><td colspan="2">実施計画の
CO_2 削減量</td><td>対策実施前と実施計画の CO_2 排出量の差異より下記になる。
C1－C2＝26.5[t-CO_2/年]－23.8[t-CO_2/年]＝2.7[t-CO_2/年]</td></tr>
<tr><td colspan="2">補足説明</td><td>① 冷凍庫の寸法及び天井、壁、床の面積
冷凍庫は 3 室、横につながった、以下の寸法である。
巾：22[m]、奥行き：6[m]、高さ[4m]
床面積　　A1＝22[m]×6[m]＝132[m^2]
壁・天井面積　A2＝22[m]×4[m]×2＋4[m]×6[m]×2＋22[m]×6[m]
＝356[m^2]
② 消費電力、貫流熱負荷
休日 1 日の実測により以下を得た。
・冷凍機の電力消費量　：Ep＝50[kWh/日]
・冷凍機の平均消費電力　：Wp1＝50[kWh]÷24h＝2.083[kW]
これより、次を得る。
・貫流熱負荷　Qp1＝Wp1×COP＝2.083[kW]×2.5＝5.208[kW]
③ 対策前熱貫流率
次に、外気からの熱侵入による貫流熱負荷 Qp1 は、以下により求まる。
ただし、簡単のため、天井、壁、および床の熱貫流率は、全て同一(K1)とする。
Qp1＝K1×A2×（Ta－Tr）＋K1×A1×（Tu－Tr）　（3）
＝K1｛356×（20－（-15））＋132×（5－（-15））｝
＝K1×15,100
＝5.208[kW]
これより、対策前熱貫流率は、次となる。
K1＝0.3449×10^{-3}[kW/(m^2·K)]
＝0.3449[W/(m^2·K)]</td></tr>
</table>

「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

④ 対策後熱貫流率

対策によって、硬質ポリウレタンフォームの断熱強化材（熱伝導率λ＝0.021[W/(m･K)]、パネル厚み：l ＝0.042[m]）を冷凍庫の壁と天井部に設置し、施工困難な床部には設置しないとする。

対策後の貫流熱抵抗は、

$R2＝1/K1+l/λ＝1/0.3449+0.042/0.021＝4.899[(m^2･K) / W]$

これより、対策後の熱貫流率は、次となる。

$K2＝1/R2＝0.2041[W/(m^2･K)]$

⑤ 対策後の貫流熱負荷

・壁・天井からの貫流熱負荷

$Qp2w＝K2×A2×（Ta－Tr）$

$＝0.2041[W/(m^2･K)]×356[m^2]×（20－(-15)）[℃]$

$＝2,543[W]$

・床からの貫流熱負荷

床は対策無しなので対策前と同じで、

$Qp2f＝K1×A1×（Ta－Tu）$

$＝0.3449[W/(m^2･K)]×132[m^2] ×（5－(-15)）[℃]$

$＝911[W]$

以上より、対策後の貫流熱負荷は以下となる。

$Qp2＝Qp2f＋Qp2w＝2,543＋911＝3,454[W]＝3.454[kW]$

⑥ 対策前冷凍機消費電力

・対策前全熱負荷

Qt1＝貫流熱負荷 Qp1÷同左比率ε

＝5.208[kW]÷0.3＝17.36[kW]

・冷凍機消費電力

W1＝Qt1÷COP

＝17.36[kW]÷2.5＝6.944[kW]

⑦ 対策後冷凍機消費電力（参考）

・対策後全熱負荷

Qt2＝対策前全熱負荷 Qt1－対策前貫流熱負荷 Qp1+対策後貫流負荷 Qp2

＝17.36[kW]－5.208[kW]+3.454[kW]

＝15.61[kW]

・冷凍機消費電力

W2＝Qt2÷COP

＝15.61[kW]÷2.5＝6.244[kW]

「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

補足説明

表３　発泡プラスチック系断熱材の熱伝導率

材料名	種類	熱伝導率標準値 [W/(m·K)]
ビーズ法ポリスチレンフォーム保温板	１号	0.0325
	２号	0.033
	３号	0.035
	４号	0.036
押出法ポリスチレン	１種	0.033
	２種	0.029
	３種	0.025
硬質ウレタン	１種１号	0.022
	１種２号	0.021
	１種３号	0.021
	２種１号	0.022
	２種２号	0.021
	２種３号	0.021
吹付け硬質ウレタン		0.020
ポリエチレン	A 種	0.038
	B 種	0.040
フェノール	１種１号	0.025
	１種２号	0.024
	２種１号	0.031
	２種２号	0.030

出典：『省エネ法令集』（省エネルギーセンター）

留意事項

① 推定による数値を用いる場合には、必ず根拠を明確にすること。
② 数値は参考値なので、実際に即して適宜変更すること。
③ CO_2 排出係数など係数の値は、最新のものを確認して使用すること。
④ 冷凍機の電力使用量のように実測データを使用する際は、実測に使用した計測機器の名称・型式及び精度等を示し、精度管理されていることを説明する必要がある。

（記載例）

電力量計の仕様は、以下の通りである。

メーカー名　：〇〇精機
型式型番　　：PA-123
計測精度　　：±〇 [%]
精度管理方法：毎年〇月に〇〇計器にて校正

備考

① 冷凍庫表面を断熱材で断熱補強する場合、既存の断熱板との隙間に水分が侵入しないようにするなどメンテナンスを考えたパネル施工が必要である。

「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

2．対策実施後の効果算定

対策実施前	活動種別	系統電力
	エネルギー使用量	計画時の効果算定で得た対策実施前のエネルギー使用量 PE1。 PE1＝525[GJ/年]
	CO_2 排出量	計画時の効果算定で得た対策実施前の CO_2 排出量 C1。 C1＝26.5[t-CO_2/年]
対策実施後	活動種別	系統電力
	年間活動量	① 実測により、冷凍機の年間電力使用量を算定する。 ② 対策実施前に算定した実施計画の電力使用量 E2 と比較し、大きな差異がないことを確認する。 年間電力使用量：58.3[千 kWh/年]
	エネルギー使用量	対策実施後の年間電力使用量に電力の一次エネルギー換算係数 H を乗じて対策実施後のエネルギー使用量の実績値 PE3 を求める。 PE3＝58.3[千 kWh/年]×8.64[GJ/千 kWh]＝504[GJ/年]
	CO_2 排出量	対策実施後の年間電力使用量に電力の CO_2 排出係数αを乗じて対策実施後の CO_2 排出量の実績値 C3 を求める。 C3＝58.3[千 kWh/年]×0.000436[t-CO_2/kWh]＝25.4[t-CO_2/年]
対策実施後のエネルギー削減量		対策実施前と対策実施後のエネルギー使用量の差異より下記になる。 PE1－PE3＝525[千 GJ/年]－504[千 GJ/年]＝21[GJ/年]
対策実施後の CO_2 削減量		対策実施前と対策実施後の CO_2 排出量の差異より下記になる。 C1－C3＝26.5[t-CO_2/年]－25.4[t-CO_2/年]＝1.1[t-CO_2/年]
留意事項		① 断熱強化材の経年劣化を抑えるために、点検・メンテナンスの仕組み作りが必要である。
備考		

3．対策効果の検証・有効性評価

効果検証と有効性評価の手順	① 対策実施前（診断・計画時）に算定した CO_2 削減量と対策実施後（報告時）に算定した CO_2 削減量を比較する。 ② 対策によって、他のシステムの CO_2 排出量に与える影響があれば調査する。 ③ ①、②を総合的に判断して、対策の有効性を評価する。