「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 |
|---|---|---|---|
| 設備導入 | 変圧器の統合（設備更新あり） | C22032 | 変圧器の統合（設備導入） |
| 工程名 | 受変電・配電 | 対象設備 | 変圧器 |
| システム／設備区分名 | 受変電・配電設備 | | |
| 対策内容 | 長年稼働している変圧器は、各種機器の増減等で負荷が軽い状態で使用されている場合がある。変圧器の更新の際に、複数の負荷の軽い変圧器を、最新の高効率変圧器に統合して更新することにより変圧器損失を低減し、$CO_2$の削減を図る。 | | |

## 1．計画時の効果算定

| | | |
|---|---|---|
| 効果算定のポイント | | ① 稼働時間帯と夜間･休日の変圧器損失を、別々に設定する。<br>② 対策実施前の負荷率は、負荷電流を計測し、定格電流で除して得る。<br>③ 実施計画の負荷率は、負荷電流の合計値が対策実施前とほぼ等しくなるように設定する。<br>④ 本シートは、4 台の変圧器のうち 2 台を撤去し 2 台を高効率変圧器に更新する対策の効果算定手順例を示す。 |
| 対策実施前 | 活動種別 | 系統電力 |
| | 年間活動量 | 対策実施前の変圧器の台数、特性、稼働条件を調べ、年間変圧器損失を算定する。<br>以下に、対策実施前の変圧器特性が表 1、稼働条件が表 2 の場合の算定例を示す。<br>対策実施前の変圧器は 1980 年製で、更新時期を迎えているとする。<br><br>$W1=\Sigma_k[Wi1k+Wc1k]$ (1)<br>ここで、W1 ：年間変圧器損失 [kWh/年]<br>Wi1k ：機器 k の無負荷損失 [kWh/年]<br>Wc1k ：機器 k の負荷損失 [kWh/年]<br><br>表 3 の数値を式(1)に代入して、対策実施前の年間変圧器損失を求める。<br>W1＝5.26[千 kWh/年]＋3.07[千 kWh/年]＋3.20[千 kWh/年]＋0.34[千 kWh/年]＋2.89[千 kWh/年]＋1.33[千 kWh/年]<br>＋1.97[千 kWh/年]＋0.19[千 kWh/年]<br>＝18.25[千 kWh/年] |

**表 1　対策実施前の変圧器特性**

| No.(k) | 変圧器 | 電圧 V1k[V] | 定格電流 I1k[A] | 無負荷損 Pi1k[W] | 負荷損 Pc1k[W] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 50Hz 3φ200kVA | 210 | 550 | 600 | 2,900 |
| 2 | 50Hz 3φ100kVA | 210 | 275 | 365 | 1,620 |
| 3 | 50Hz 3φ75kVA | 210 | 206 | 330 | 1,280 |
| 4 | 50Hz 3φ50kVA | 210 | 137 | 225 | 900 |

「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）

対策実施前

年間活動量

**表 2　対策実施前の変圧器の稼働条件**

| No. (k) | 負荷率[%] | | | 稼働時間[h/日] | | | 稼働日数[日/年] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 平日昼 rw1k | 平日夜 rn1k | 休日 rh1k | 平日昼 tw1k | 平日夜 tn1k | 休日 th1k | 平日昼 dw1k | 平日夜 dn1k | 休日 dh1k |
| 1 | 49 | 16 | 16 | 12 | 12 | 24 | 323 | 323 | 42 |
| 2 | 22 | 7 | 7 | 12 | 12 | 24 | 323 | 323 | 42 |
| 3 | 49 | 16 | 16 | 12 | 12 | 24 | 323 | 323 | 42 |
| 4 | 22 | 7 | 7 | 12 | 12 | 24 | 323 | 323 | 42 |
| 備考 | 負荷率[%]＝負荷電流[A]÷定格電流[A]×100 | | | 年間通電時間 ty1：24×365＝8,760[h/年] | | | | | |

**表 3　対策実施前の無負荷損失、負荷損失、平日昼の負荷電流**

| No. (k) | 無負荷損失 [千 kWh/年] | 負荷損失 [千 kWh/年] | 平日昼の負荷電流[A] |
|---|---|---|---|
| | Wi1k | Wc1k | Iw1k |
| 1 | 5.26 | 3.07 | 270 |
| 2 | 3.20 | 0.34 | 60 |
| 3 | 2.89 | 1.33 | 100 |
| 4 | 1.97 | 0.19 | 30 |
| 備考 | Wi1k[千 kWh/年]＝Pi1k[W]×ty1[h/年] × 0.000001[千 kWh/Wh] 補足説明② | Wc1k[千 kWh/年]=Pc1k[W]×{(rw1k)$^2$×tw1k[h/日]×dw1k[日/年]+(rn1k)$^2$×tn1k[h/日]×dn1k[日/年]+(rh1k)$^2$×th1k[h/日]×dh1k[日/年]} × 0.000001[千 kWh/Wh] 補足説明③ | 計測による合計：460[A] 補足説明④ |

**表 4　エネルギー使用量と $CO_2$ 排出量の算定に使用する数値とその根拠**

| 記号 | 項目 | 数値 | 根拠 |
|---|---|---|---|
| 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 |

エネルギー使用量

対策実施前のエネルギー使用量 PE1 は、対策実施前の変圧器の年間変圧器損失 W1 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＝W1×H

＝18.25[千 kWh/年]× 8.64[GJ/千 kWh]＝ 158[GJ/年]

$CO_2$ 排出量

対策実施前の $CO_2$ 排出量 C1 は、対策実施前の変圧器の年間変圧器損失 W1 に電

「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）

力の $CO_2$ 排出係数αを乗じて下記になる。

C1＝W1×α

＝18.25[千 kWh/年]×0.000 436[t-$CO_2$/kWh]＝0.00 796[千 t-$CO_2$/年]

＝ 7.96[t-$CO_2$/年]

実施計画

活動種別：系統電力

年間活動量

対策実施前の No.2、No.4 変圧器は負荷率が 30[%]未満と低いので、変圧器の容量を見直して、それぞれ No.1、No.3 と統合して更新した場合について算定する。以下に、実施計画の変圧器特性が表 5、稼働条件が表 6 の場合の算定例を示す。実施計画の変圧器はトップランナーⅡとする。

$W2=\Sigma_g[Wi2g+Wc2g]$ (2)

ここで、W2　：年間変圧器損失 [kWh/年]

Wi2g ：機器 g の無負荷損失 [kWh/年]

Wc2g ：機器 g の負荷損失 [kWh/年]

表 7 の数値を式(2)に代入して、実施計画の年間変圧器損失を求める。

W2＝3.68[千 kWh/年]＋2.00[千 kWh/年]

＋1.88[千 kWh/年]＋1.16[千 kWh/年]

＝8.72[千 kWh/年]

**表 5　実施計画の変圧器特性**

| No.(g) | 変圧器 | 電圧 V2g[V] | 定格電流 I2g[A] | 無負荷損 Pi2g[W] | 負荷損 Pc2g[W] |
|---|---|---|---|---|---|
| i | 50Hz 3φ300kVA | 210 | 825 | 420 | 2,845 |
| ii | 50Hz 3φ100kVA | 210 | 275 | 215 | 1,180 |

**表 6　実施計画の変圧器の稼働条件**

| No.(g) | 負荷率[%] | | | 稼働時間[h/日] | | | 稼働日数[日/年] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 平日昼 rw2g | 平日夜 rn2g | 休日 rh2g | 平日昼 tw2g | 平日夜 tn2g | 休日 th2g | 平日昼 dw2g | 平日夜 dn2g | 休日 dh2g |
| i | 40 | 13 | 13 | 12 | 12 | 24 | 323 | 323 | 42 |
| ii | 47 | 16 | 16 | 12 | 12 | 24 | 323 | 323 | 42 |
| 備考 | 負荷率[%]=負荷電流[A]÷定格電流[A]×100 補足説明① | | | 年間通電時間 ty2：24×365＝8,760 [h/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 7　実施計画の無負荷損失、負荷損失、平日昼の負荷電流**

<table>
<tr><th rowspan="2">No.<br>(g)</th><th>無負荷損失<br>[千 kWh/年]</th><th>負荷損失<br>[千 kWh/年]</th><th>平日昼の<br>負荷電流[A]</th></tr>
<tr><th>Wi2g</th><th>Wc2g</th><th>Iw2g</th></tr>
<tr><td>i</td><td>3.68</td><td>2.00</td><td>330</td></tr>
<tr><td>ii</td><td>1.88</td><td>1.16</td><td>129</td></tr>
<tr><td>備考</td><td>Wi2g[千 kWh/年]=<br>Pi2g[W]×ty2[h/年] ×<br>0.000001[千 kWh/Wh]<br>補足説明②</td><td>Wc2g[千 kWh/年]=Pc2g[W]×<br>{(rw2g)$^2$×tw2g[h/日]×dh2g[日/年]+<br>(rn2g)$^2$×tn2g[h/日]×dn2g[日/年]+<br>(rh2g)$^2$×th2g[h/日]×dh2g[日/年]} ×<br>0.000001[千 kWh/Wh]<br>補足説明③</td><td>Iw2g[A]=<br>I2g[A]×rw2g<br>合計：459[A]<br>補足説明④</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、実施計画の年間変圧器損失 W2 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。<br>PE2＝W2×H<br>＝8.72[千 kWh/年]× 8.64[GJ/千 kWh]＝ 75.3[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、実施計画の年間変圧器損失 W2 に電力の $CO_2$ 排出係数αを乗じて下記になる。<br>C2＝W2×α<br>＝8.72[千 kWh/年]×0.000 436[t-$CO_2$/kWh]＝0.00 380[千 t-$CO_2$/年]<br>＝ 3.80[t-$CO_2$/年]</td></tr>
<tr><td colspan="2">実施計画の<br>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。<br>PE1－PE2＝ 158[GJ/年]－ 75.3[GJ/年]＝ 82.7[GJ/年]</td></tr>
<tr><td colspan="2">実施計画の<br>$CO_2$ 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。<br>C1－C2＝ 7.96[t-$CO_2$/年]－ 3.80[t-$CO_2$/年]＝ 4.16[t-$CO_2$/年]</td></tr>
<tr><td colspan="2">補足説明</td><td>① 負荷率<br>稼働時間帯と夜間･休日の電力使用量の差が大きい場合には、年間の平均値とせずに、別々に設定すること。なお、負荷率として年間の平均値を用いて算定した年間変圧器損失は、別々に設定した負荷率を用いて算定した年間変圧器損失よりも小さい値になる。保守的な算定を行う場合には留意すること。<br>② 無負荷損失<br>無負荷損失は下記式で計算する。<br>【無負荷損失】[kWh/年]＝【無負荷損】[W] ×0.001[kW/W]×【稼働時間】[h/日]×【稼働日数】[日/年]<br>③ 負荷損失<br>負荷損失は下記式で計算する。<br>【負荷損失】[kWh/年]＝【負荷損】[W] ×0.001 [kW/W]×【負荷率】$^2$×【稼働時間】[h/日]×【稼働日数】[日/年]</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 負荷電流<br>実施計画の負荷電流の合計値が対策実施前とほぼ等しくなるように、実施計画の負荷率を設定すること。 |
| 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。<br>② 数値は参考値なので、実際に即して適宜変更すること。<br>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。<br>④ 負荷電流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。<br>（記載例）<br>電流計の仕様は、以下の通りである。<br>メーカー名　：〇〇精機<br>型式型番　：PA-123<br>計測精度　：±〇 [%]<br>精度管理方法　：毎年〇月に〇〇計器にて校正 |
| 備考 | ① 変圧器は概ね 50%程度の負荷率で最高効率になるように設計されている。<br>② 負荷率が 30%を下回る変圧器は、統合・更新の検討対象となる。 |

**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。<br>PE1＝ 158[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。<br>7.96[t-$CO_2$/年] |
| 対策実施後 | 活動種別 | 系統電力 |
| | 年間活動量 | ① 負荷電流を計測して対策後の負荷率の実績値を求め、実施計画と同様な方法で年間変圧器損失を算定する。<br>年間変圧器損失：8.70[千 kWh/年] |
| 対策実施後 | エネルギー使用量 | 対策実施後の年間変圧器損失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。<br>PE3＝8.70[千 kWh/年]× 8.64[GJ/千 kWh]＝ 75.2[GJ/年] |
| | $CO_2$排出量 | 対策実施後の年間変圧器損失に電力の $CO_2$ 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。<br>C3＝8.70[千 kWh/年]×0.000 436[t-$CO_2$/kWh]＝0.00 379[千 t-$CO_2$/年]<br>＝ 3.79[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。<br>PE1－PE3＝ 158[GJ/年]－ 75.2[GJ/年]＝ 82.8[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。<br>C1－C3＝ 7.96[t-$CO_2$/年]－ 3.79[t-$CO_2$/年]＝ 4.17[t-$CO_2$/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）

| | |
|---|---|
| 留意事項 | ① 変圧器の導入時に想定した負荷率の記録があれば、確認する。<br>② 変圧器の導入後の負荷率の推移の記録があれば、確認する。 |
| 備考 | ① 今後も電力使用量の削減対策が変圧器の負荷低減につながるので、負荷率の推移を観察すること。 |

**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。<br>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。<br>③ ①、②を総合的に判断して、対策の有効性を評価する。 |