

技 術 資 料

技 資 第 1 5 3 号

太陽光発電所内電力ケーブルの最適導体サイズ設計 — “総合効率と経済性向上を実現する計算ソフト” の使い方 —

2021 年 3 月

一般社団法人日本電線工業会
産業用電線・ケーブル専門委員会
導体サイズ適正化推進小委員会

目 次

	ページ
1 はじめに	1
2 本ソフトの効果	1
3 基本ソフトの概要	3
4 計算条件のインプット：①～⑫の計 12 項目	5
5 計算のプロセス	7
6 計算結果のアウトプット	11
7 シミュレーション：買取価格と設備使用年数をいろいろ変えたらどうなるか？	13
8 おわりに	14

1 はじめに

電線・ケーブルの導体サイズを大きくすることで、通電による電力損失を低減できる。この考えに基づいた“ECSO（環境配慮導体サイズ設計）”は、2013年に日本電線工業会規格（JCS）として制定されたのに始まり、2016年9月には内線規程にも取り入れられ、更には2019年9月16日付で国際規格（IEC 62125 ED1）に制定されるなど、世界でその重要性が認識され、普及拡大に向けた規格化の活動が進んでいる。

一方、原子力・石炭による発電が逆風にある中で、再生可能エネルギー（以下、再エネという）の重要性はかつてないほど高まっており、その中でも特に太陽光発電（PV）が期待されている。（一社）太陽光発電協会の試算によれば、地球温暖化対策としての2050年のPVの比率は30%とされているが、現状は、6%であり、今後PVはより促進していく必要がある。再エネ比率向上のために推進しているPVであるが、そもそもPVにおけるモジュールの変換効率は極めて低く、20%を超えると世界最高水準といえるが、現状は、単結晶系で18%、多結晶系で16%程度を達成するのがやっとである。変換効率向上に向けて技術開発にしのぎを削っている中で、PV構内の配線ロスが3%程度も生じていることは大きな問題である。そこで、ECSO設計の電線を使用することによって、配線ロスをほぼ半減することが可能である。また、そのための投資回収年数は6～7年程度であり、20年以上使用するPV設備においては、容易に回収可能である。このような状況下、国内の普及については、ビル・工場に先んじて太陽光発電所内電力ケーブルにおいて一部ECSO適用が始まっており¹⁾、現地調査など精査の結果、メガソーラー発電所構内配線（直流配線と交流配線）にECSO設計を適用すれば、構内配線で生じる電力損失が3%（従来）→1%（ECSO）に低減できることを確認した²⁾。日本電線工業会は、このメガソーラー発電所での成功事例を、より多くの方々に享受してもらうため、ECSO設計を実際に現場で適用するときの手助けとなる「総合効率と経済性向上を実現する計算ソフト」（以下、本ソフトという）を開発したので、その使い方を以下に分かりやすく解説する。ただし、本ソフトによる計算結果は、その効果を保証するものではない。

なお、PV発電は、これからは自家消費が有利な時代に入っていく趨勢にある。自家消費の場合のECSO設計は、より大きな効果を発揮することとなるが、詳しくは、『あとがき』を参照されたい。

2 本ソフトの効果

図1はメガソーラー発電所構内の直流配線に使用される電線の“太さ（サイズ）”に応じて、通電によって生じる電力損失（以下、配線ロスという）がどのように変化するかを比較したもので、「よいサイズ選定（ECSO）」を行うと「標準的なサイズ選定」や「悪いサイズ選定」に比べ、大幅に配線ロスを低減できることを示したものである。

導体サイズを太径化することによって、イニシャルコストは増加するが、発電時の配線ロスを低減することによる節電効果で売電収入がアップする。合計したライフサイクルコストで考えると最適な導体サイズが存在することとなり、この考え方をもとに多くの太陽光開発事業者が、イニシャルコストだけでなくライフサイクルコストにも着目し、それがミニмумになる建設設計を目指している。その関係を示したのが図2である。この流れの中で、太陽光発電の場合は、電線の全建設コストに占める割合が特に大きいことから、その電線に着目して、ECSOを適用しライフサイクルコストのミニмум化を実現することの意義は極めて大きい。

参考までに、写真1のようにパワーコンディショナー（PCS）から変圧盤までは、太サイズ（38 mm²）の低圧 CVT ケーブルが布設されるため、PCS の内部配線スペースに余裕がない場合、PCS の外部に「導体サイズ変換箱（5.5 mm²→38 mm²）」を設置するなど、工夫が講じられている例もある。

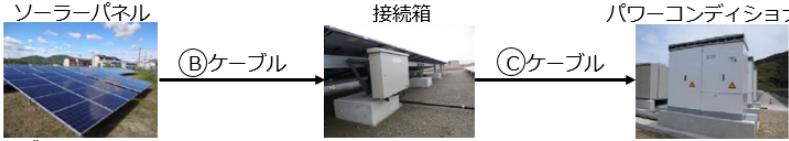
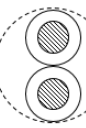
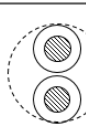
				
(A)ケーブル(モジュール相互間接続)	(A) ケーブル	(B) ケーブル	(C) ケーブル	配線ロス率
標準的な サイズ選定	 (3.5mm ² , 単心)	 (3.5mm ² , 2心)	 (38mm ² , 2心)	2.6%
悪い サイズ選定	 (3.5mm ² , 単心)	 (3.5mm ² , 2心)	 (14mm ² , 2心)	5.8%
良い サイズ選定 (ECSO)	 (8mm ² , 単心)	 (5.5mm ² , 2心)	 (100mm ² , 2心)	4.7%低減 1.5%低減 1.1%

図1ーソーラーパネルからパワーコンディショナー間で生じる配電ロス

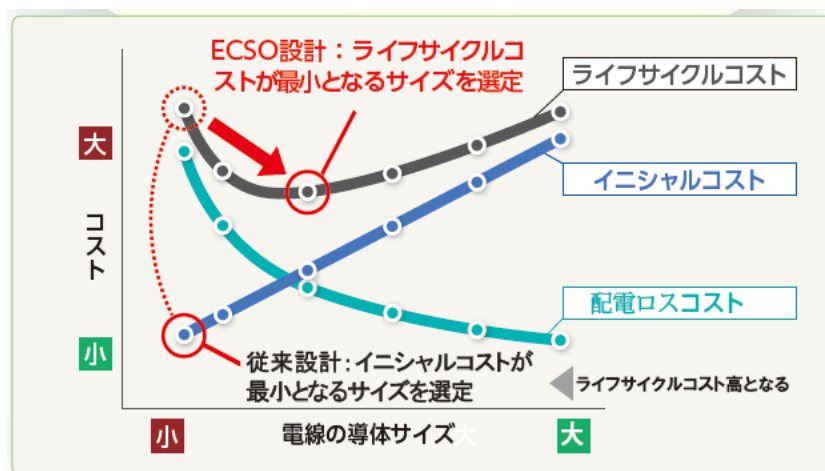


図2ーサイズアップによるライフサイクルコストのミニマム化

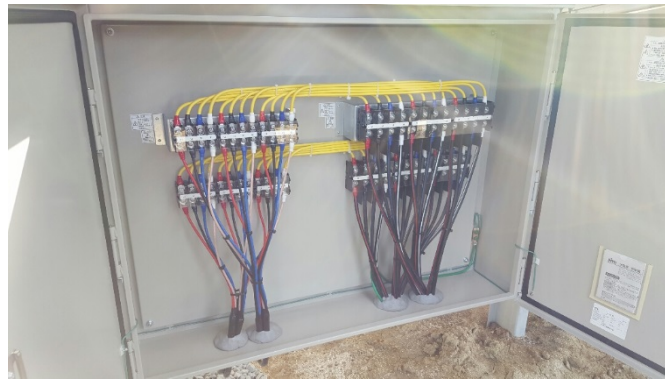


写真1ー導体サイズ変換箱 (5.5 mm²→38 mm²)

3 基本ソフトの概要

メガソーラー発電所の構内配線は、**図3**に示すとおり、A：太陽光モジュール相互間，B：ソーラーパネル～接続箱，C：接続箱～集電盤，D：集電盤～パワーコンディショナー (PCS)，E：PCS～変圧盤，F：変圧盤～変電所の6区間に大別できる。ソーラーパネル（多数のモジュールの集合体）からPCSまでの直流配線には、高圧PV-CQケーブル又は低圧CVケーブルが使用されており、PCSから系統連携点までの交流配線には、低圧CVTケーブルや高圧CVTケーブルが使用されている。本ソフトは、ケーブルに関する諸元（①本数，②ケーブル種類，③電圧値，④電流値，⑤長さ，⑨銅建値価格），PCSに関する諸元（⑥総発電容量，⑦PCS定格容量，⑧PCS台数），及び太陽光発電に関する諸元（⑩買い取り価格，⑪設備利用率，⑫設備使用年数）の合計12項目につきインプットするだけで、以下の計算結果が自動的に得られるものである。

- 1) 使用される全てのケーブル（各サイズ）で、ECSO電流が算出され、ECSO電流表として表示される。
- 2) A, B, C, D, E, FケーブルごとにECSOサイズが決定され、そのときの総合（A+B+C+D+E+F）配線ロス率（％）が算出される。
- 3) A, B, C, D, E, Fケーブルごとに、従来サイズ（許容電流に基づき決定されるサイズ）も自動的に決定され、そのときの総合（A+B+C+D+E+F）配線ロス率（％）が算出される。
- 4) サイズアップ（従来サイズ→ECSOサイズ）に伴うイニシャルコストの増加分が算出され、それをランニングコスト低減分（配線ロス低減効果）によって回収するのに何年かかるか、すなわち増加投資額回収年数（年）が算出される。

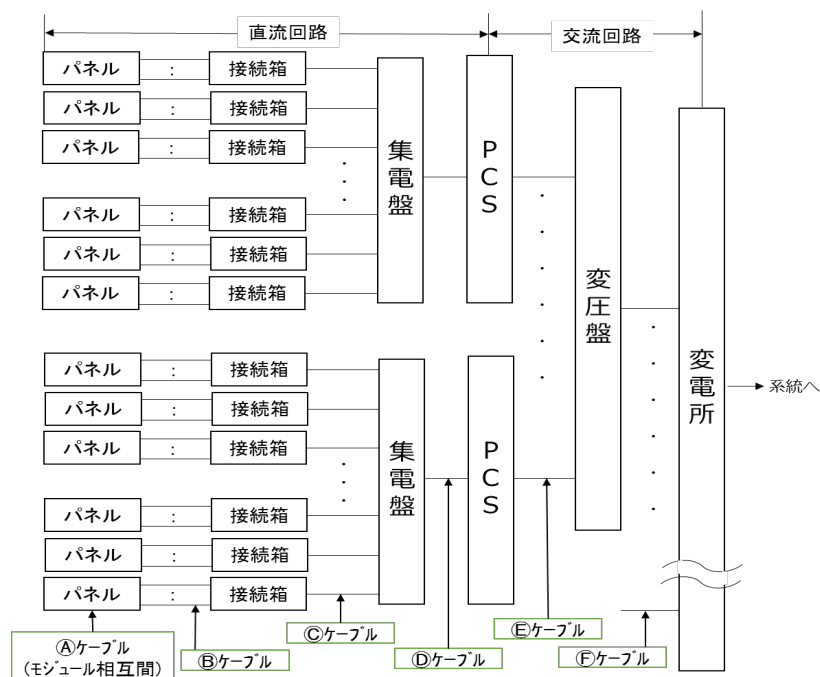


図3-メガソーラー発電所構内配線図（パソコン画面に表示される）



写真2-パソコン画面

メガソーラー発電所構内の配線方式を大別すると、PCS 集中配置方式と PCS 分散方式がある。広大な構内で電力損失をできるだけ小さくしたいという観点から、最近では直流配線部分を短く、交流配線部分を長くする傾向にあり、後者の PCS 分散配置方式が主流となってきている。本稿では、**図4**に示す PCS 分散配置方式の具体例（2MW 級）を用いて、本ソフトの操作手順を（1）計算条件のインプット、（2）計算のプロセス、（3）計算結果のアウトプットの順に解説する。

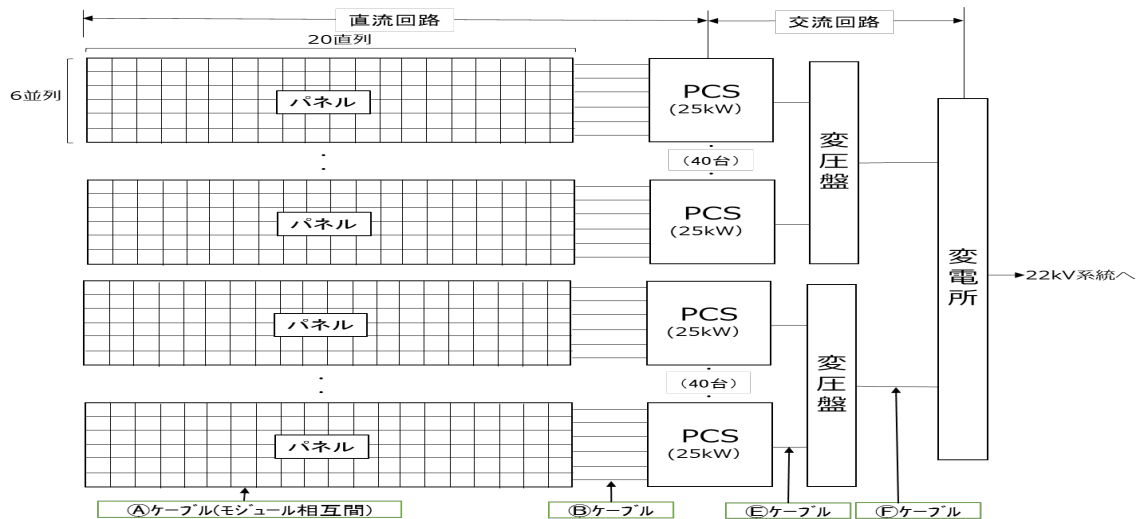


図 4-PCS 分散配置方式の具体例 (2 MW 級)

4 計算条件のインプット：①～⑫の計 12 項目

ステップ 1：「写真 2 のように、パソコン画面に配線図と表が表示される。表の該当する箇所に、A, B, C, D, E, F ケーブルそれぞれの①本数をインプットする。」……表 1 参照

(注 1) A ケーブルの本数とはストリングの本数である。

(注 2) PCS 集中配置方式と分散配置方式の違い、又は発電所規模にもよるが、該当ケーブルがない場合は、本数=☑対象外にチェックを入れる。以後、当該ケーブルは自動的に計算対象から外される。

ステップ 2：「表の該当する箇所に、A, B, C, D, E, F ケーブルそれぞれで使用するケーブルの②種類(心数)をメニューから選択してインプットする。」……表 1 参照

(注 3) 高圧 PV-CQ (単心), 高圧 PV-CQ (2 心), CV (単心), CV (2 心), CV (3 心), 6 600 V CV (3 心) の 6 種のメニューが用意してある。

ステップ 3：「表の該当する箇所に、A, B, C, D, E, F ケーブルそれぞれについて、③電圧 [V], ④電流 [A], ⑤ケーブル長 [m] をインプットする。」……表 1 参照

(注 4) 太陽光モジュールから PCS までの直流配線に流れる電流には“最適動作電流”を入れる。また、PCS から系統連携点までの交流配線に流れる電流は、PCS の定格容量 [kW] から求めることができる。

例えば、

$$E \text{ ケーブルの電流} = (25 \text{ [kW]} \times 10^3) / (\sqrt{3} \times 440 \text{ [V]} \times 1.0 \text{ [力率]}) = 33 \text{ [A]}$$

$$F \text{ ケーブルの電流} = (1000 \text{ [kW]} \times 10^3) / (\sqrt{3} \times 6600 \text{ [V]} \times 1.0 \text{ [力率]}) = 87 \text{ [A]}$$

となる。

ステップ 4：「表の該当する箇所に、⑥総発電容量 (全体) [kW], ⑦PCS の定格容量 [kW], ⑧PCS の台数をインプットする。」……表 1 参照

(注 5) 総発電容量 (全体) = (PCS の定格容量) × (PCS の台数) の関係より、⑦と⑧を

先にインプットすれば⑥は自動的に求まる。

表 1—ケーブルとパワーコンディショナ（PCS）に関する諸元

ケーブル	A	B	C	D	E	F
①本数	480 [本]	480 [本]	(対象外)	(対象外)	80 [本]	2 [本]
②種類	CV (単心)	CV (2 心)	(対象外)	(対象外)	CV (3 心)	6 600 V CV (3 心)
③電圧	600 [V]	600 [V]	(対象外)	(対象外)	440 [V]	6 600 [V]
④電流	8 [A]	8 [A]	(対象外)	(対象外)	33 [A]	87 [A]
⑤長さ	40 [m]	30 [m]	(対象外)	(対象外)	30 [m]	1 000 [m]

$$(\text{⑥総発電容量 (全体)}) = 2\,000 \text{ [kW]} = (\text{⑦PCS 定格容量} = 25 \text{ [kW]}) \times (\text{⑧PCS 台数} = 80 \text{ [台]})$$

ステップ 5 : 「パソコン画面に全てのケーブル（全サイズ）で、価格表（左欄と右欄）が表示される。左欄にはケーブル工事込価格（前提：銅建値価格＝800 [円/kg]）が内蔵データから自動的に表示される。仮に、独自に入手した価格を入れた場合は、右欄にその価格（必ず全サイズ入れること）をインプットする。何も入れたくない場合はそのまま次に進む。その場合、左欄の価格が採用され以後の計算が行われる。」……**オプション操作**

「上記いずれの場合でも⑨銅建値価格を必ずインプットする。なお、銅建値価格をインプットしない場合は、800 [円/kg] が自動的に採用される。」……**800 [円/kg]**

（注 6） 左欄に表示のケーブル工事込価格は、過去の高値レベルの「建設物価」（2008 年 1 月号）の CV（2 心：材工共）、CV（3 心：材工共）・関東価格（銅建値 800 円/kg）を採用している。また、PV-CQ（2 心）の場合は増値率＝1.15（推定値）、6 600 V CV（3 心）の場合は増値率＝1.20（推定値）をそれぞれ乗じて決定している。なお、単心ケーブル（モジュール相互間）の場合は現地工事が不要なので、ケーブルだけの価格とし、同じく「建設物価」（2008 年 1 月号）の CV（単心：材だけ）・関東価格（銅建値 800 円/kg）を採用している。また、PV-CQ（単心）の場合は増値率＝1.25（推定値）をそれに乗じて決定している。

（注 7） 銅建値価格は、ケーブル価格の銅ベーススライドと銅の資産価値を算出するために必要である。上記のケーブル工事込価格は、インプットされた銅建値価格に基づき、自動的に銅ベーススライドされて新しい価格に置き換えられる。

ステップ 6 : 「太陽光発電に関する三つの諸元をインプットする。」

⑩太陽光買い取り価格………**24 [円/kWh]**

⑪設備利用率（0.10 から 0.20 まで 0.01 跳びにメニューが用意されており、内蔵データによって、ロス負荷率が自動的に求まる。**表 2**と**図 5**参照。）………**0.14**

⑫設備使用年数………**20 [年]**

表 2ー設備利用率とロス負荷率

設備利用率	ロス負荷率
0.10	0.07
0.11	0.08
0.12	0.09
0.13	0.10
0.14	0.11
0.15	0.12
0.16	0.13
0.17	0.14
0.18	0.15
0.19	0.16
0.20	0.17

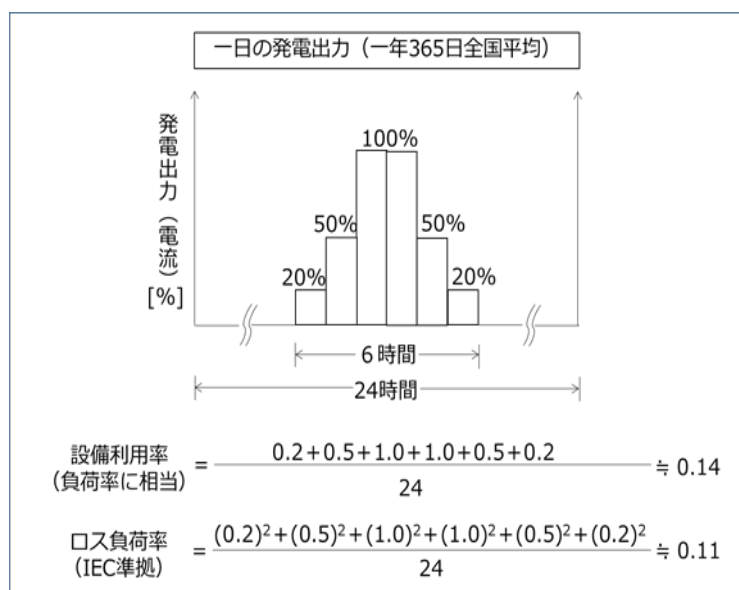


図 5ー設備利用率とロス負荷率

5 計算のプロセス

ステップ 7：「イニシャルコスト（全サイズ）が自動的に求まる。」イニシャルコストとは、ケーブル工事込価格（銅ベーススライド後）から銅の資産価値（スクラップ買い取り価格）を差し引いたものである。なお、（銅のスクラップ買い取り価格） $\approx$ （インプットされた銅建値価格の 1/2 程度）にて計算している。

ステップ 8：「ECSO 電流値（全サイズ）が自動的に求まり，ECSO 電流表が表示される。併せて，許容電流値（全サイズ）も表示される。なお，ほとんどないことだが（ECSO 電流）>（許容電流）の場合は，強制的に（ECSO 電流）＝（許容電流）となる。（印刷可能）」

……表 3, 4, 5, 6 参照

- 最初に F 値が求められる。F 値とは， $F = \{(\text{心数}) \times (\text{設備使用年数}) \times (24 \text{ 時間} \times 365 \text{ 日}) \times (\text{ロス負荷率}) \times (\text{買い取り価格}) \times 10^{-3}\}$ にて求まる値 [円/W] である。
- ECSO 電流 (I_{ECSO}) が下式に基づき求められる。

$$I_{\text{ECSO}} = \sqrt{\frac{(IC_{+1} - IC)}{\{F \times (R - R_{+1}) \times k \times 10^{-3}\}}}$$

ここで，IC：当該のサイズのイニシャルコスト [円/m]

IC_{+1} ：1 つ上のサイズのイニシャルコスト [円/m]

R：当該のサイズの 20℃における導体抵抗値 [Ω/km]

R_{+1} ：1 つ上のサイズの 20℃における導体抵抗値 [Ω/km]

k：温度係数（IEC 規格準拠： $k = 1 + (0.00393 \times 16.7) = 1.065$ ）

表 3—ECSO 電流と許容電流：CV（単心）の例

サイズ	ECSO 電流 (A)	許容電流 (A) (低減率=0.7)
$1 \times 3.5 \text{ mm}^2$	4	$44 \times 0.7 = 30$
$1 \times 5.5 \text{ mm}^2$	6	$58 \times 0.7 = 40$
$1 \times 8 \text{ mm}^2$	9	$72 \times 0.7 = 50$
$1 \times 14 \text{ mm}^2$	15	$100 \times 0.7 = 70$
$1 \times 22 \text{ mm}^2$	23	$130 \times 0.7 = 91$
$1 \times 38 \text{ mm}^2$	42	$190 \times 0.7 = 133$
$1 \times 60 \text{ mm}^2$	69	$255 \times 0.7 = 178$

表 4—ECSO 電流と許容電流：CV（2 心）の例

サイズ	ECSO 電流 (A)	許容電流 (A) (低減率=0.7)
$2 \times 3.5 \text{ mm}^2$	6	$39 \times 0.7 = 27$
$2 \times 5.5 \text{ mm}^2$	10	$52 \times 0.7 = 36$
$2 \times 8 \text{ mm}^2$	15	$65 \times 0.7 = 45$
$2 \times 14 \text{ mm}^2$	24	$91 \times 0.7 = 63$
$2 \times 22 \text{ mm}^2$	38	$120 \times 0.7 = 84$
$2 \times 38 \text{ mm}^2$	65	$165 \times 0.7 = 115$
$2 \times 60 \text{ mm}^2$	99	$225 \times 0.7 = 157$
$2 \times 100 \text{ mm}^2$	145	$310 \times 0.7 = 217$
$2 \times 150 \text{ mm}^2$	203	$400 \times 0.7 = 280$
$2 \times 200 \text{ mm}^2$	283	$490 \times 0.7 = 343$
$2 \times 250 \text{ mm}^2$	361	$565 \times 0.7 = 395$
$2 \times 325 \text{ mm}^2$	469	$670 \times 0.7 = 469$
$(2 \times 200 \text{ mm}^2) \times 2$ 条並 列	566	$343 \times 2 = 686$
$(2 \times 250 \text{ mm}^2) \times 2$ 条並 列	722	$395 \times 2 = 790$
$(2 \times 325 \text{ mm}^2) \times 2$ 条並 列	938	$469 \times 2 = 938$

表 5－ECSO 電流と許容電流：CV（3 心）例

サイズ	ECSO 電流 (A)	許容電流 (A) (低減率=0.7)
3×3.5 mm ²	7	33×0.7=23
3×5.5 mm ²	10	44×0.7=30
3×8 mm ²	14	54×0.7=37
3×14 mm ²	24	86×0.7=60
3×22 mm ²	37	110×0.7=77
3×38 mm ²	58	155×0.7=108
3×60 mm ²	100	210×0.7=147
3×100mm ²	150	290×0.7=203
3×150 mm ²	194	380×0.7=266
3×200 mm ²	275	465×0.7=325
3×250 mm ²	329	535×0.7=374
3×325 mm ²	444	635×0.7=444
(3×200 mm ²)×2 条並 列	550	325×2=650
(3×250 mm ²)×2 条並 列	658	374×2=748
(3×325 mm ²)×2 条並 列	888	444×2=888

表 6－ECSO 電流と許容電流：6 600 V CV（3 心）の例

サイズ	ECSO 電流 (A)	許容電流 (A) (気中 1 条布 設)
3×8 mm ²	16	61
3×14 mm ²	26	83
3×22 mm ²	41	120
3×38 mm ²	65	170
3×60 mm ²	112	225
3×100 mm ²	168	310
3×150 mm ²	215	405
3×200 mm ²	311	485
3×250 mm ²	368	560
3×325 mm ²	578	660

ステップ 9：「A, B, C, D, E, F ケーブルごとに、ECSO サイズが自動的に決定される。」

ステップ 10：「ECSO サイズにおける、A, B, C, D, E, F ケーブルによって生じる電力損失 (kW)，及び総合 (A+B+C+D+E+F) 配線ロス率 (%) が自動的に求まる。」

- 1) 直流回路の配線ロス L [kW] は、A ケーブルでは $L=1 \times I^2 \times R \times \ell \times n$, B, C, D ケーブルでは $L=2 \times I^2 \times R \times \ell \times n$ の算出式で求められる。ここで、 n はケーブル本数、 ℓ はケーブル長、 R は 20 °C における直流導体抵抗値（内蔵）である。
- 2) 交流回路の配線ロス L [kW] は、 $L=3 \times I^2 \times R \times \ell \times n$ の算出式で求められる。ここで、 R は 20 °C における交流導体抵抗値（内蔵）である。
- 3) (A+B+C+D+E+F) ケーブルによる総合配線ロス（合計）が求められる。
- 4) ECSO サイズにおける総合配線ロス率（%）が、 $\{\text{総合配線ロス [kW]} \times 24 \text{ 時間} \times 365 \text{ 日} \times 0.11 \text{ [ロス負荷率]}\} \div \{2\,000 \text{ kW (総発電容量 (全体))} \times 24 \text{ 時間} \times 365 \text{ 日} \times 0.14 \text{ [設備利用率]}\} \times 100$ のとおり求められる。

ステップ 11 : 「A, B, C, D, E, F ケーブルごとに、許容電流によって決定されるサイズ（以下、従来サイズという）が自動的に決定される。」

ステップ 12 : 「パソコン画面に従来サイズの一覧表（左欄と右欄）が表示される。左欄には自動的に求められた従来サイズが表示されているが、独自に別のサイズを入れたい場合、表の右欄でそのサイズをメニューから選択することができる。何も入れたくない場合は、表の左欄のサイズを用いて以後の計算が行われる。」………オプション操作

ステップ 13 : 「従来サイズにおける、A, B, C, D, E, F ケーブルによる配線ロス (kW), 及び総合 (A+B+C+D+E+F) 配線ロス率 (%)が自動的に求まる。」

- 1) 直流回路の配線ロス L [kW] は、A ケーブルでは $L=1 \times I^2 \times R \times \ell \times n$, B, C, D ケーブルでは $L=2 \times I^2 \times R \times \ell \times n$ の算出式で求められる。ここで、 R は 20 °C における直流導体抵抗値（内蔵）である。
- 2) 交流回路の配線ロス L [kW] は、 $L=3 \times I^2 \times R \times \ell \times n$ の算出式で求められる。ここで、 R は 20 °C における交流導体抵抗値（内蔵）である。
- 3) A+B+C+D+E+F ケーブルによる総合配線ロス（合計）が求められる。
- 4) 従来サイズにおける総合配線ロス率（%）が、 $\{\text{総合配線ロス [kW]} \times 24 \text{ 時間} \times 365 \text{ 日} \times 0.11 \text{ [ロス負荷率]}\} \div \{2\,000 \text{ kW (総発電容量 (全体))} \times 24 \text{ 時間} \times 365 \text{ 日} \times 0.14 \text{ [設備利用率]}\} \times 100$ のとおり求められる。

ステップ 14 : 「従来サイズと ECSO サイズにおけるそれぞれの総合配線ロス率の差 (%), すなわち、売電電力の増量率 (%)が算出される。

ステップ 15 : 「A, B, C, D, E, F ケーブルごとに、イニシャルコスト増加分と年当たりランニングコスト低減分が自動的に算出され、増加投資額回収年数 (年)が、(前者) ÷ (後者) = (回収年数) に基づき自動的に算出される。また、全ケーブルを加重平均した総合 (A+B+C+D+E+F) 回収年数 (年)も自動的に求められる。」

(注 8) 仮に、総合回収年数が設備使用年数の 20 [年] を超える場合、本 ECSO 設計は推奨できない旨が表示される。

6 計算結果のアウトプット

最後に、「計算結果のまとめ」と「計算プロセス」が以下のとおり表示される。(印刷可能)

計算結果のまとめ

<計算前提条件>

- ・銅建値価格…… 800 [円/kg]
- ・太陽光買い取り価格…… 24 [円/kWh]
- ・設備利用率…… 0.14
- ・設備使用年数…… 20 [年]

<計算結果>

- ・A ケーブル : CV (単心) …… (1×3.5 mm²) → (1×8 mm²)
 - ・B ケーブル : CV (2 心) …… (2×3.5 mm²) → (2×5.5 mm²)
 - ・C ケーブル : (対象外)
 - ・D ケーブル : (対象外)
 - ・E ケーブル : CV (3 心) …… (3×8 mm²) → (3×22 mm²)
 - ・F ケーブル : 6 600 V CV (3 心) …… (3×22 mm²) → (3×60 mm²)
 - ・総合 (A+B+C+D+E+F) 配線ロス率 :
2.9 [%] → 1.2 [%] (売電電力の増量率 : 1.7 [%])
 - ・増加投資額回収年数
 - A ケーブル : 8.0 [年]
 - B ケーブル : 15.1 [年]
 - C ケーブル : (対象外)
 - D ケーブル : (対象外)
 - E ケーブル : 6.2 [年]
 - F ケーブル : 6.9 [年]
 - 総合 (A+B+C+D+E+F) : 7.4 [年]
- (仮に、設備使用年数の 20 [年] を超える場合、本 ECSO 設計はお勧めできません。)

計算プロセス

(1) ECSO サイズの決定

- ・A ケーブル : 6 A (5.5mm²) < 8 A ≤ 9 A (8 mm²) より, ECSO サイズ = (1×8 mm²)
- ・B ケーブル : 6 A (3.5mm²) < 8 A ≤ 10 A (5.5 mm²) より, ECSO サイズ = (2×5.5 mm²)
- ・C ケーブル : 対象外
- ・D ケーブル : 対象外
- ・E ケーブル : 24 A (14 mm²) < 33 A ≤ 37 A (22 mm²) より, ECSO サイズ = (3×22 mm²)
- ・F ケーブル : 65 A (38 mm²) < 87 A ≤ 112 A (60 mm²) より, ECSO サイズ = (3×60 mm²)

(2) ECSO サイズのケーブルによって生じる電力損失と総合配線ロス率

- ・A ケーブル : $1 \times (8 \text{ A})^2 \times 2.31 \Omega \times 40 \text{ m} \times 480 \text{ 本} \times 10^{-6} = 2.84 \text{ [kW]}$
- ・B ケーブル : $2 \times (8 \text{ A})^2 \times 3.40 \Omega \times 30 \text{ m} \times 480 \text{ 本} \times 10^{-6} = 6.27 \text{ [kW]}$

- ・ C ケーブル : 対象外
- ・ D ケーブル : 対象外
- ・ E ケーブル : $3 \times (33 \text{ A})^2 \times 0.850 \Omega \times 30 \text{ m} \times 80 \text{ 本} \times 10^{-6} = 6.66 \text{ [kW]}$
- ・ F ケーブル : $3 \times (87 \text{ A})^2 \times 0.312 \Omega \times 1\,000 \text{ m} \times 2 \text{ 本} \times 10^{-6} = 14.17 \text{ [kW]}$
- ・ A+B+C+D+E+F ケーブル : 配線ロス = 29.94 [kW]
- ・ ECSO サイズにおける総合 (A+B+C+D+E+F) 配線ロス率 =
 $\{29.94 \text{ kW} \times 24 \text{ 時間} \times 365 \text{ 日} \times 0.11 \text{ [ロス負荷率]}\} \div \{2\,000 \text{ kW (総発電容量 (全体))} \times 24 \text{ 時間} \times 365 \text{ 日} \times 0.14 \text{ [設備利用率]}\} \times 100 = 1.2 \text{ [%]}$

(3) 従来サイズの決定

- ・ A ケーブル : $8 \text{ A} \leq 30 \text{ A} \text{ (} 3.5 \text{ mm}^2 \text{) より, 従来サイズ} = (1 \times 3.5 \text{ mm}^2)$
- ・ B ケーブル : $8 \text{ A} \leq 27 \text{ A} \text{ (} 3.5 \text{ mm}^2 \text{) より, 従来サイズ} = (2 \times 3.5 \text{ mm}^2)$
- ・ C ケーブル : 対象外
- ・ D ケーブル : 対象外
- ・ E ケーブル : $30 \text{ A} \text{ (} 5.5 \text{ mm}^2 \text{) } < 33 \text{ A} \leq 37 \text{ A} \text{ (} 8 \text{ mm}^2 \text{) より, 従来サイズ} = (3 \times 8 \text{ mm}^2)$
- ・ F ケーブル : $83 \text{ A} \text{ (} 14 \text{ mm}^2 \text{) } < 87 \text{ A} \leq 120 \text{ A} \text{ (} 22 \text{ mm}^2 \text{) より, 従来サイズ} = (3 \times 22 \text{ mm}^2)$

(4) 従来サイズのケーブルによって生じる電力損失と総合配線ロス率

- ・ A ケーブル : $1 \times (8 \text{ A})^2 \times 5.20 \Omega \times 40 \text{ m} \times 480 \text{ 本} \times 10^{-6} = 6.39 \text{ [kW]}$
- ・ B ケーブル : $2 \times (8 \text{ A})^2 \times 5.30 \Omega \times 30 \text{ m} \times 480 \text{ 本} \times 10^{-6} = 9.77 \text{ [kW]}$
- ・ C ケーブル : 対象外
- ・ D ケーブル : 対象外
- ・ E ケーブル : $3 \times (33 \text{ A})^2 \times 2.36 \Omega \times 30 \text{ m} \times 80 \text{ 本} \times 10^{-6} = 18.50 \text{ [kW]}$
- ・ F ケーブル : $3 \times (87 \text{ A})^2 \times 0.850 \Omega \times 1000 \text{ m} \times 2 \text{ 本} \times 10^{-6} = 38.60 \text{ [kW]}$
- ・ A+B+C+D+E+F ケーブル : 配線ロス = 73.26 [kW]
- ・ 従来サイズにおける総合 (A+B+C+D+E+F) 配線ロス率 =
 $\{73.26 \text{ kW} \times 24 \text{ 時間} \times 365 \text{ 日} \times 0.11 \text{ [ロス負荷率]}\} \div \{2\,000 \text{ kW (総発電容量 (全体))} \times 24 \text{ 時間} \times 365 \text{ 日} \times 0.14 \text{ [設備利用率]}\} \times 100 = 2.9 \text{ [%]}$

(5) 売電電力の増量率

$$2.9 \text{ [%]} - 1.2 \text{ [%]} = 1.7 \text{ [%]}$$

(6) イニシャルコスト増加分

- ・ A ケーブル : $(80.3 \text{ 円} - 46.2 \text{ 円}) \times 40 \text{ m} \times 480 \text{ 本} = 654\,720 \text{ [円]}$
- ・ B ケーブル : $(539 \text{ 円} - 454 \text{ 円}) \times 30 \text{ m} \times 480 \text{ 本} = 1\,224\,000 \text{ [円]}$
- ・ C ケーブル : 対象外
- ・ D ケーブル : 対象外
- ・ E ケーブル : $(1\,583 \text{ 円} - 880 \text{ 円}) \times 30 \text{ m} \times 80 \text{ 本} = 1\,687\,200 \text{ [円]}$
- ・ F ケーブル : $(3\,891 \text{ 円} - 1\,948 \text{ 円}) \times 1000 \text{ m} \times 2 \text{ 本} = 3\,886\,000 \text{ [円]}$
- ・ A, B, C, D, E, F ケーブルの合計 = 7 451 920 [円]

(7) 年当たりランニングコスト低減分

- ・ A ケーブル : $(6.39 \text{ kW} - 2.84 \text{ kW}) \times (24 \times 365) \times 0.11 \text{ (ロス負荷率)} \times 24 \text{ 円} = 82\,099 \text{ [円/年]}$
- ・ B ケーブル : $(9.77 \text{ kW} - 6.27 \text{ kW}) \times (24 \times 365) \times 0.11 \text{ (ロス負荷率)} \times 24 \text{ 円} = 80\,942 \text{ [円/年]}$

- ・ C ケーブル：対象外
- ・ D ケーブル：対象外
- ・ E ケーブル： $(18.50 \text{ kW} - 6.66 \text{ kW}) \times (24 \times 365) \times 0.11$ （ロス負荷率） $\times 24 \text{ 円} = 273\,817$ [円/年]
- ・ F ケーブル： $(38.60 \text{ kW} - 14.17 \text{ kW}) \times (24 \times 365) \times 0.11$ （ロス負荷率） $\times 24 \text{ 円} = 564\,978$ [円/年]
- ・ A, B, C, D, E, F ケーブルの合計 = 1 001 836 [円/年]

(8) 増加投資額回収年数

- ・ A ケーブル： $654\,720 \text{ 円} \div 82\,099 \text{ 円} = 8.0$ [年]
- ・ B ケーブル： $1\,224\,000 \text{ 円} \div 80\,942 \text{ 円} = 15.1$ [年]
- ・ C ケーブル：対象外
- ・ D ケーブル：対象外
- ・ E ケーブル： $1\,687\,200 \text{ 円} \div 273\,817 \text{ 円} = 6.2$ [年]
- ・ F ケーブル： $3\,886\,000 \text{ 円} \div 564\,978 \text{ 円} = 6.9$ [年]
- ・ A, B, C, D, E, F ケーブルの合計： $7\,451\,920 \text{ 円} \div 1\,001\,836 \text{ 円} = 7.4$ [年]

7 シミュレーション：買取価格と設備使用年数をいろいろ変えたらどうなるか？

以上 2～6 項では、買取価格＝24 円/kWh，設備使用年数＝20 年を前提にすると，A ケーブル＝2 サイズ，B ケーブル＝1 サイズ，E ケーブル＝2 サイズ，F ケーブル＝2 サイズ，それぞれサイズアップして，売電電力の増量率＝1.7 %，増加投資額回収年数＝7.4 年になるという計算結果を示した。ここで，買取価格と設備使用年数をいろいろ変えて，売電電力の増量率と増加投資額回収年数がどのように変化するのかについて本ソフトを用いてシミュレーションを行った。結果は表 7～9 に示すとおりで，それらを纏めると以下のとおりとなる。

- 1) 買取価格が下がると，そのままでは回収年数は長くなるが，サイズアップ幅が小さくなることによって回収年数が長くなるのを抑えることができる。
- 2) 設備使用年数が短くなると，サイズアップ幅が小さくなることによって回収年数は短くなる。
逆に，設備使用年数が長くなると，サイズアップ幅が大きくなることによって回収年数は長くなるが，売電電力の増量率は大きくなり経済的効果が増大する。
- 3) 今後，買取価格が下がり，可能な限り設備を長期間利用していくことが予想され，最も有り得る姿は表 9 に示すケースと考えられる。買取価格が 12 円/kWh となった場合でも，設備使用年数を 30 年で計画すれば，増加投資額の回収年数は 13.5 年となるが，売電電力を 1.6 %増量することができる可能性がある。

表 7ー買取り価格を変えた場合（設備使用年数＝20 年で固定）

買取り価格 (円/kWh)	売電電力 の増量率 (%)	増加投資額 回収年数 (年)	サイズアップ幅（従来サイズ→ECSO サイズ）			
			A ケーブル	B ケーブル	E ケーブル	F ケーブル
24	1.7	7.4	2 サイズ	1 サイズ	2 サイズ	2 サイズ
18	1.6	9.0	2 サイズ	0 サイズ	2 サイズ	2 サイズ
15	1.5	10.5	1 サイズ	0 サイズ	2 サイズ	2 サイズ
12	1.1	9.0	1 サイズ	0 サイズ	1 サイズ	1 サイズ
10	1.1	10.8	1 サイズ	0 サイズ	1 サイズ	1 サイズ

表 8ー設備使用年数を変えた場合（買取り価格＝24 円/kWh で固定）

設備使用 年数 (年)	売電電力 の増量率 (%)	増加投資額 回収年数 (年)	サイズアップ幅（従来サイズ→ECSO サイズ）			
			A ケーブル	B ケーブル	E ケーブル	F ケーブル
5	1.0	4.4	0 サイズ	0 サイズ	1 サイズ	1 サイズ
10	1.1	4.5	1 サイズ	0 サイズ	1 サイズ	1 サイズ
20	1.7	7.4	2 サイズ	1 サイズ	2 サイズ	2 サイズ
30	1.8	8.6	2 サイズ	1 サイズ	3 サイズ	2 サイズ
40	2.2	12.6	3 サイズ	2 サイズ	3 サイズ	3 サイズ

表 9ー買取り価格＝12 円/kWh，設備使用年数＝30 年の場合（今後予想される姿）

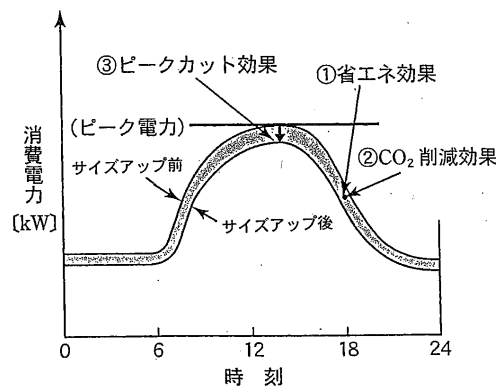
買取り価格 (円/kWh)	設備使用 年数 (年)	売電電力 の増量率 (%)	増加投資額 回 収 年 数 (年)	サイズアップ幅（従来サイズ→ECSO サイズ）			
				A ケーブル	B ケーブル	E ケーブル	F ケーブル
12	30	1.6	13.5	2 サイズ	0 サイズ	2 サイズ	2 サイズ

8 おわりに

従来の PV 事業は、FIT（固定価格買取制度）の中で、できるだけ大きな設備を安く設置し、発電力は高い買い取り価格で長期に買い取ってもらうことを前提としていた。配線設備については、特に設計基準のようなものではなく、電流・電圧条件を満たした初期投資最低レベルのものを目指すことに重きがおかれていた。

これに対し、今後の PV 事業は、既に FIT による売電価格が、電力会社からの電力買取価格よりも安い状況に入っており、PV 事業は売電するよりも自家消費する方向に、急速にシフトが進んでいくと考えられる。また、設置した PV 設備は、FIT 契約期間よりも、さらに長期間使っていく時代に入っていくと考えられる。

PV 自家消費を考えた場合には、工場やビル内の配線と同様に、ECSO 設計によって下図の三つの効果が期待できる³⁾。ECSO 設計は、省エネ・地球温暖化対策・経済性向上のための有力な方策となる。



①省エネ効果 ②CO₂削減効果

配線による kWh ロス低減によって電力会社からの購入電力料金を低減できる。

③ピーク電力低減効果

配線による kW ロス低減によって電力会社からの購入電力基本料金を低減できる。

さらには、世界的に地球環境重視の考え方が高まる中で、SDG's・RE100・ESG 投資への企業経営の転換、昨今の大規模災害に鑑みての BCP（事業継続）の必要性増大も急速に進んでいる。

以上に鑑みると、今後、PV の必要性・重要性は一層高まる共に、その位置付けも従来とは変わっていき、ムダなロスが減らして CO₂ を低減し、総合効率向上と経済性向上の両立を実現する ECSO 配線設計は極めて重要と考えられる。

本計算ソフトは、様々な状況変化に対しても、計算条件を自由にインプットしながら、簡単な操作で最適サイズが選定できるものである。なお、本計算ソフトは、できるだけ多くの方々に活用いただくため、(一社)日本電線工業会ウェブサイト (<https://www.jcma2.jp/gijyutu/esco/index.html>) にて一般公開（無償）している。

参考文献

注 1) 「メガソーラーの電線太径化でエコと銅需要を同時に加速」, 「銅」第 187 号 (日本銅センター発行), pp 4~5, 2019 年 3 月

注 2) 「メガソーラー発電所構内配線への ECSO 適用事例」, 電気と工事, pp 42~51, 2017 年 6 月号

注 3) 「電力ケーブルの環境と経済性を配慮した最適電流計算 解説」, 日本電線工業会規格 : 4521:2020 解説 pp 解 4

付録

導体サイズ適正化推進小委員会

主査	下山 義夫	株式会社フジクラ・ダイヤケーブル
委員	前田 仁志	古河電工産業電線株式会社
委員	山口 雅光	昭和電線ケーブルシステム株式会社
委員	東川 善文	住友電気工業株式会社
委員	坂本 清志	矢崎エナジーシステム株式会社
委員	大澤 勝志	タツタ電線株式会社
委員	北里 敬輔	一般社団法人電線総合技術センター
委員	戸次 孝二郎	一般社団法人日本電線工業会
委員	佐藤 高宏	日立金属株式会社
オブザーバ	和田 正彦	一般社団法人日本銅センター
オブザーバ	益尾 和彦	元一般社団法人日本電線工業会
事務局	横山 繁嘉寿	一般社団法人日本電線工業会
事務局	下川 淳一	一般社団法人日本電線工業会

©一般社団法人日本電線工業会 2021

技術資料第 153 号

太陽光発電所内電力ケーブルの最適導体サイズ設計—

“総合効率と経済性向上を実現する計算ソフト”の使い方—

委員会 産業用電線・ケーブル専門委員会
導体サイズ適正化推進小委員会

初 版 2021 年 3 月 発行

発行者 一般社団法人日本電線工業会 技術部

〒104-0045

東京都中央区築地 1-12-22 コンワビル 2F

電話 03-3542-6035

FAX 03-3542-6037