

# リチウムイオン蓄電池を併用した 太陽光発電システムの自家消費電力量の 計測と計算に関する方法の検討

本編（1～8頁）

資料編（9～14頁）

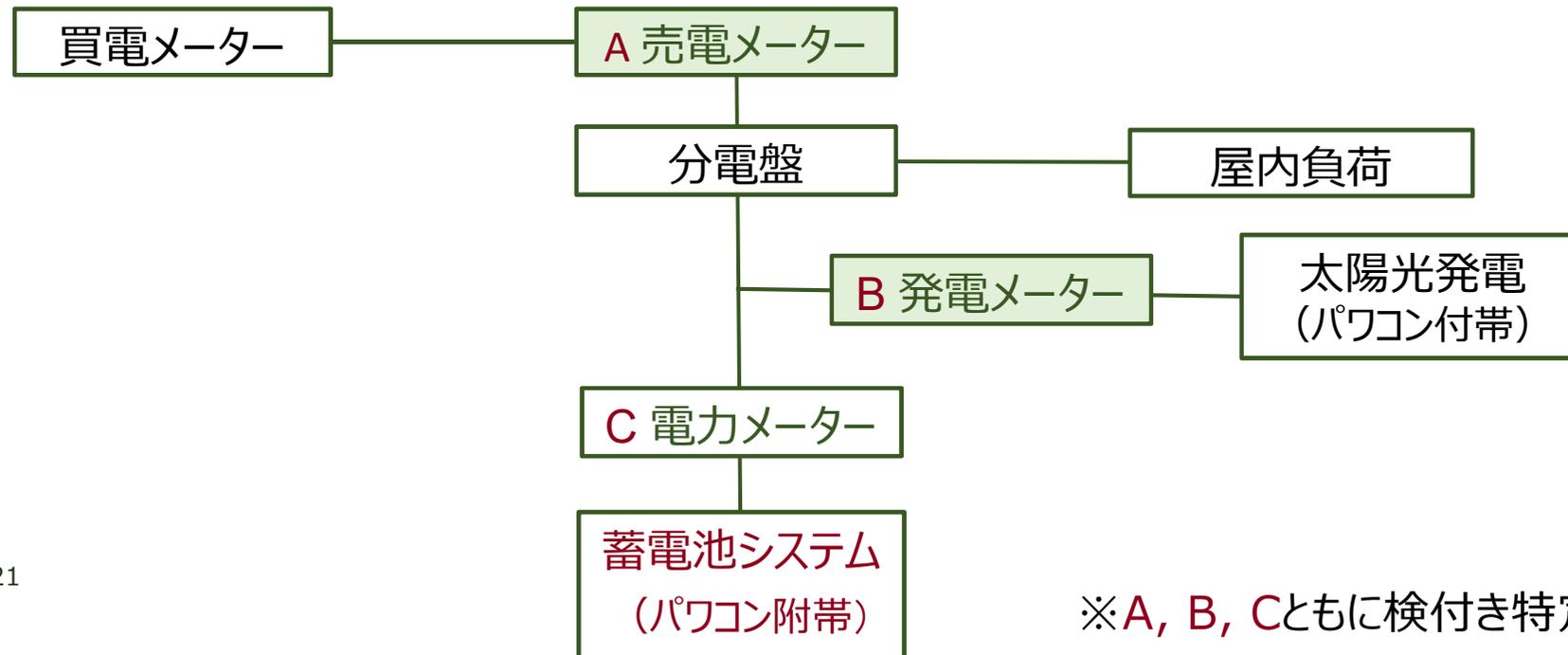
2021年 8月

一般財団法人 日本品質保証機構  
グリーンエネルギー認証室

# はじめに

## リチウムイオン蓄電池（以下、蓄電池）を併用した太陽光発電システムの自家消費電力量のモニタリングについて

- ① 下図の「A 売電メーター」で売電量を「B 発電メーター」で太陽光発電量を計測
- ② 蓄電池の上流側に「C 電力メーター」を設置し、双方向の電力の差から、蓄電池の充放電ロス分を算定
- ③ グリーン電力証書の認証対象となる自家消費の電力量を測定するには、上記の①②に基づいたモニタリングシステムが本来は求められる。
- ④ しかし、コスト面等の問題により C の設置が困難な場合があるので、C を設置せずに付帯設備のカタログ値等を利用して蓄電池の充放電ロスなどを推定する方法を以下に説明する。



# 1. 蓄電池充放電効率の低下

蓄電池の充放電効率は、クーロン効率、エネルギー効率の2種類に分別される。  
メーカー側では、蓄電池の効率をクーロン効率のみで認識しているケースや、両者の違いが区別されていないケースも多いことから、注意が必要である。

**クーロン効率**：充放電に伴う、電気量（クーロン量）のロス分を考慮した効率。殆どロスは発生しないため、年度を経過しても概ね100%のままである。

**エネルギー効率**：充放電が回路のインピーダンス（抵抗）を通過する際に発生する熱によるエネルギーロス等を考慮した効率。年数による回路の劣化によりインピーダンスは増加し、効率は悪くなる。



フォーカスすべきはエネルギー効率の低下であるが、それを示す計測データはほとんど公表されておらず、入手可能なものが非常に限られている。

また、その計測についてはJIS等で統一的な計測方法が定められておらず、計測する主体により計測方法が異なることが想定されるが、それに関する情報はほとんど入手できない。

## 2. 蓄電池併用の場合の自家消費電力量の計算

グリーン電力証書の認証対象となる電力量（自家消費のみ）の計算式は、以下の通りとする。

$$EC_{pj} = EG_{pv} - EG_{pvr} - EC_{battery} - EC_{condition}$$

- $EC_{pj}$  : 認証対象となる自家消費分の電力量  
 $EG_{pv}$  : 発電メーター（B）での太陽光発電電力量計測値  
 $EG_{pvr}$  : 売電メーター（A）での余剰分売電電力量計測値  
 $EC_{battery}$  : 蓄電池使用による電力ロス（エネルギー効率の低下に起因）  
 $EC_{condition}$  : その他、パソコン等における電力消費量

単位はすべてkWh

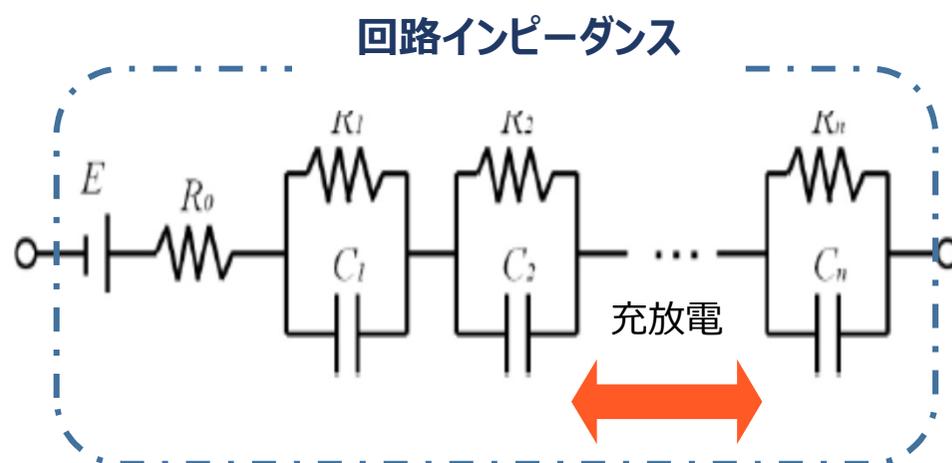
項目	計測及び概算方法
$EG_{pv}$	検定証印付き（以下、検付）メーターでの計測
$EG_{pvr}$	検付メーターでの計測または電力会社からの購買伝票の集計
$EC_{battery}$	今回、以下の二種類に関するロスを検討（p5～p8参照） <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自然放電時の電力ロス</li> <li>・ 充放電時のインピーダンスに伴う電力ロス</li> </ul>
$EC_{condition}$	対象機器の定格消費電力×稼働時間により計算

### 3. エネルギー効率低下によるロスの計算（1）

充放電時のインピーダンスに起因する電力ロスを踏まえて、ECbatteryについては計測以外に以下の方法による推計を可能とする。

自家消費分の全てが蓄電池を通過し、さらに充放電量は使用年数の経過に伴って減少する蓄電池容量に比例すると仮定して、エネルギー効率を設定し、電力ロスを計算する。

蓄電池の使用年数の経過に伴うインピーダンスの増大を考慮し、エネルギー効率はメーカーの仕様書に記載されたエネルギー効率と使用年数をもとに計算する。



充放電時に左図のインピーダンスを通過することによりエネルギーロスが生じ、エネルギー効率が低下する。

出典：蓄電システムの制御、監視データを用いた劣化診断法の検討（株）大和製罐

### 3. エネルギー効率低下によるロスの計算（2）

#### 充放電時の電力ロス計算方法

ECbattery =

$$(EG_{pv} - EG_{pvr}) \times CR \times (1 - \alpha t) + (EG_{pv} - EG_{pvr}) \times CR \times \alpha t \times (1 - \alpha t)$$

充電時ロス

放電時ロス

$\alpha t$  : t年使用後の蓄電池のエネルギー効率、  $\alpha t = \alpha 0 \times DREET$

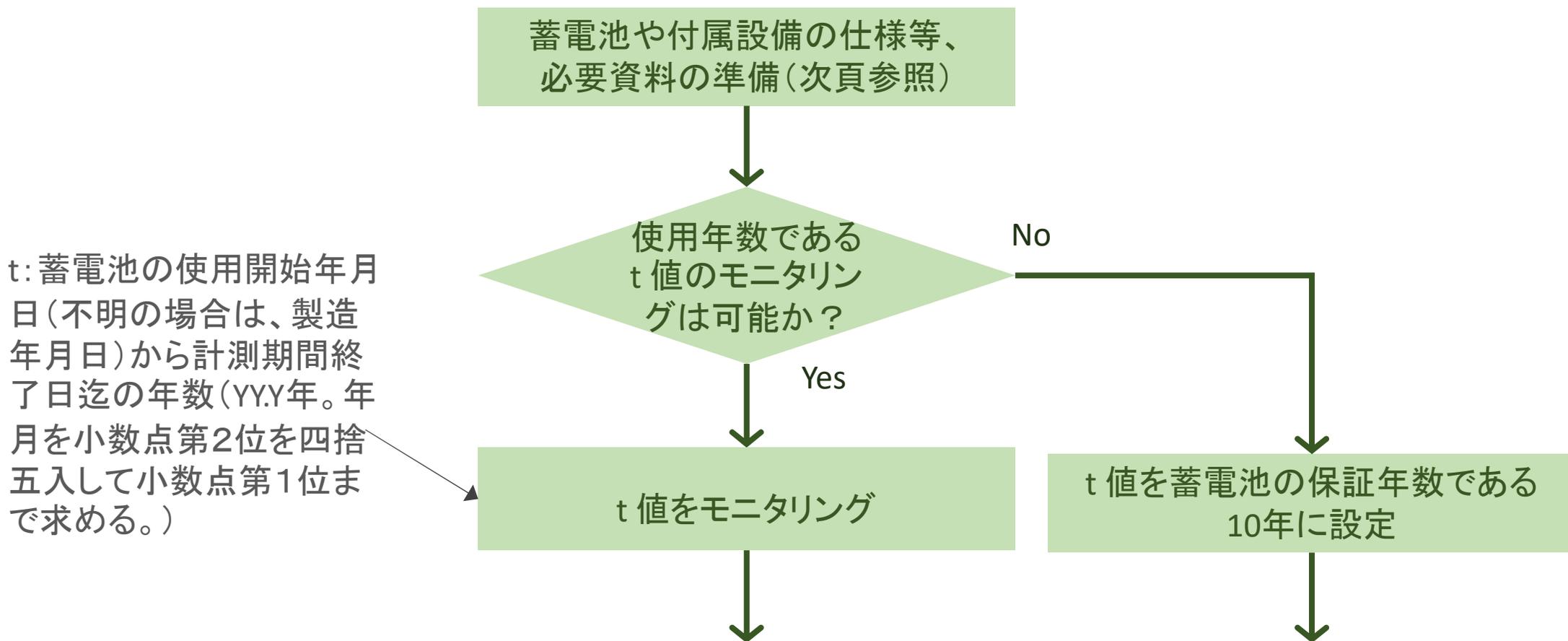
$\alpha 0$  : 初期状態のエネルギー効率（蓄電池の仕様書等の定格効率より設定）

DREET : t年後の劣化率（Degradation Ratio of Energy Efficiency）

CR : 初期値を1としたときの蓄電池の容量の比（Capacity Ratio of storage battery）

# 4. 蓄電池充放電ロス の推計フロー

(特定計量器による充放電ロス の計測が困難なケース)



$$EC_{battery} = (EG_{pv} - EG_{pvr}) \times CR \times (1 - \alpha t) + (EG_{pv} - EG_{pvr}) \times CR \times \alpha t \times (1 - \alpha t)$$
$$\alpha t = \alpha 0 \text{ (定格効率)} \times DREEt$$
$$DREEt : 1 - 0.0168 \cdot \sqrt{t}, \quad CR : 1 - 0.0632 \cdot \sqrt{t},$$

t: 使用年数、モニタリングが不可であればdefault値は10

## 5. パワコンの消費電力について

ECcondition については計測以外に、以下の方法による消費電力の推計を可能とする。

ECcondition =

$$(PC_{RSPC,pv} \times \text{年間稼働時間} \div 1,000) + (PC_{RSPC,battery} \times \text{年間稼働時間} \div 1,000)$$

$PC_{RSPC,pv}$  : 太陽光発電設備に付帯するパワコンの定格待機消費電力(W)

$PC_{RSPC,battery}$  : 蓄電池設備に付帯するパワコンの定格待機消費電力(W)

年間稼働時間 : 保守的に8,760 時間 (= 24 時間 × 365 日) とする

$PC_{RSPC,pv}$  と  $PC_{RSPC,battery}$  については、原則として導入するパワコン（パワーコンディショナー）のカタログ値を基に設定する。

ただし、 $PC_{RSPC,pv}$  に限っては、カタログ値の入手が困難な場合はdefault値である“1W”を使用することができる。（ウェブサイト等によるカタログ値の調査と、国内で使用されている家庭用インバーターの主要メーカーのヒアリング結果により、default値である“1W”の妥当性を確認している。）

## 6. 設備認証時等で確認する資料

- ① 売電、発電量計測に用いる計測器の仕様書  
(検付メーターであること、及び検定の有効期限が分かる資料)
- ② 計測器、蓄電池、太陽電池の位置関係が分かる配線図
- ③ 蓄電池の容量、充放電効率等を記載した仕様書
- ④ 蓄電池の使用開始年月日（不明の場合は、製造年月日）を示す書類  
※本書類が準備できなければ、default値である10年を採用
- ⑤ 発電システムのパワコンの消費電力に関する仕様書  
※本仕様書が準備できなければ、default値である1Wを採用
- ⑥ 蓄電池システムのパワコンの消費電力に関する仕様書  
※パワコンの消費電力は充放電効率で考慮されているということであれば、それを証明する資料が必要

## <資料 1> 使用年数に伴う蓄電池エネルギー効率の変化

公表されている論文を参照すると、容量劣化量（容量の減少量）は使用年数の0.5乗に比例する傾向が示されている。また、エネルギー効率の劣化が蓄電池の容量劣化に比例すると仮定される。

これらに基づけば、初期状態の蓄電池のエネルギー効率（仕様書の定格効率により設定）を1とすると、使用年数t年のリチウムイオン蓄電池のDREE<sub>t</sub>（劣化率）が以下の計算式で求めることができる。

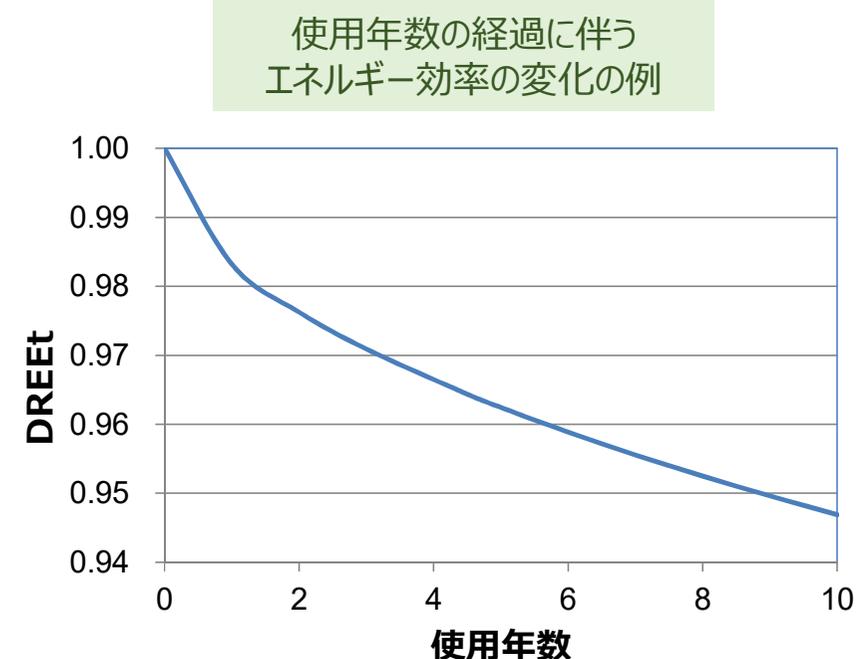
$$DREE_t = 1 - DF \cdot \sqrt{t}$$

t : 使用年数  
DF : 劣化係数

既存の充放電効率劣化に係る調査結果を踏まえ、上記のDF（劣化係数）のdefault値を設定する。

また、使用年数のモニタリングが可能な場合はモニタリングによって得られた値を用いるが、モニタリングが困難な場合は、t値のdefault値を保守的に設定する。

上記のパワコンの消費電力と使用年数のdefault値の設定により、**C** 電力メーターによる蓄電池の充放電量のモニタリングなしでも、グリーン電力証書の認証対象となる自家消費電力量の計算が可能となる。



## <資料 2> 既存の調査データに基づく充放電ロス率の算定

文献などにより入手可能な充放電ロスに関するデータが極めて少なく下表の4件にとどまっているが、各データに関して次の点を検討した。

- 一般的なりチウムイオン蓄電池の性能保証に基づき、10年の使用によって容量が80%に減少すると想定
- 1回の充放電で1サイクルとすると、年間のサイクル数は365回と想定
- 上記の2点より、使用年数を推計することができる
- 使用年数と劣化率（実測値）をもとに、劣化係数（DF）を推計

上記の検討結果より、もっとも劣化速度の速いNo. 1のデータに基づいて劣化係数を"0.0168" に設定することが保守的であり、妥当であると判断することができる。

蓄電池のエネルギー効率劣化の調査サンプル及び劣化係数(DF)の算定

No	計測時の条件	想定される使用年数	劣化率 (DREE)	劣化係数 (DF) の推計値	出典
1	容量低下率：20%	10	0.947	0.0168	DESWP16-01: Daiwa Can Company, 2016
2	容量低下率：30%	22.5	0.924	0.0159	IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL. 55, NO.2, MARCH/APRIL 2019
3	容量低下率：30%	22.5	0.989	0.0023	
4	サイクル数：1350	3.70	0.969	0.0161	Journal of Japan Society of Energy and Resources, vol.39, No3, 2018

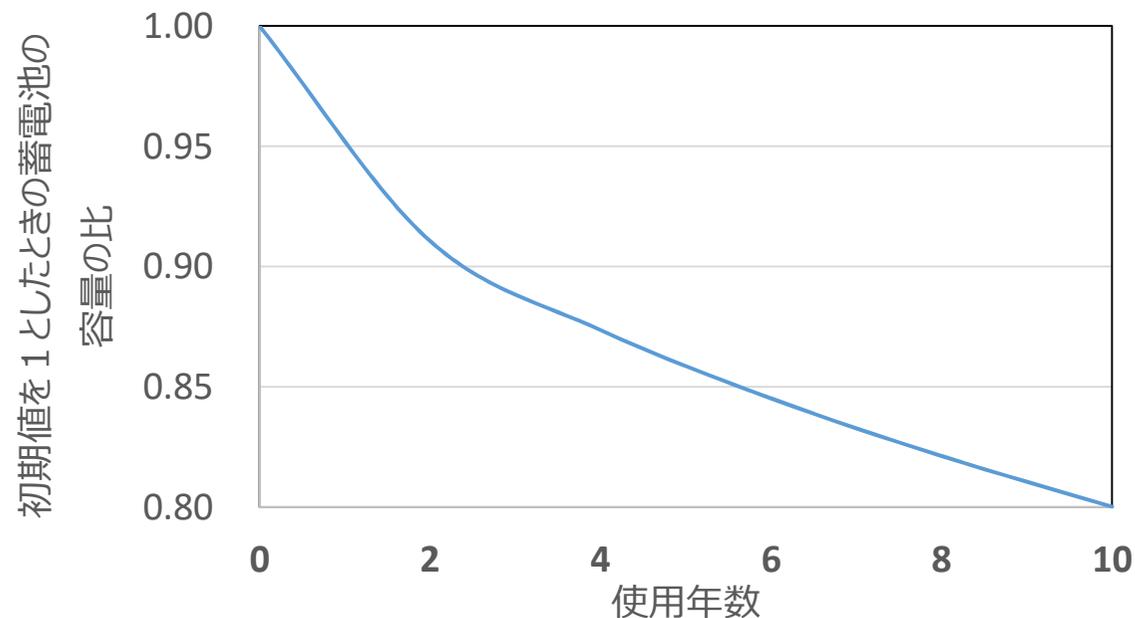
## <資料3> 蓄電池の容量変化に伴う自家消費量の推移

前述のように、容量劣化量は使用年数の0.5乗に比例するという傾向が示されている。また、一般の蓄電池の性能保証では10年後に容量が80%まで縮小することを踏まえ、 $t=10$ 年で容量が80%となるように、以下の式で電池容量の比（CR）を計算する。

$$CR = 1 - 0.0632 \cdot \sqrt{t}$$

t : 使用年数  
CR : 蓄電池の容量の比

CRの経年劣化



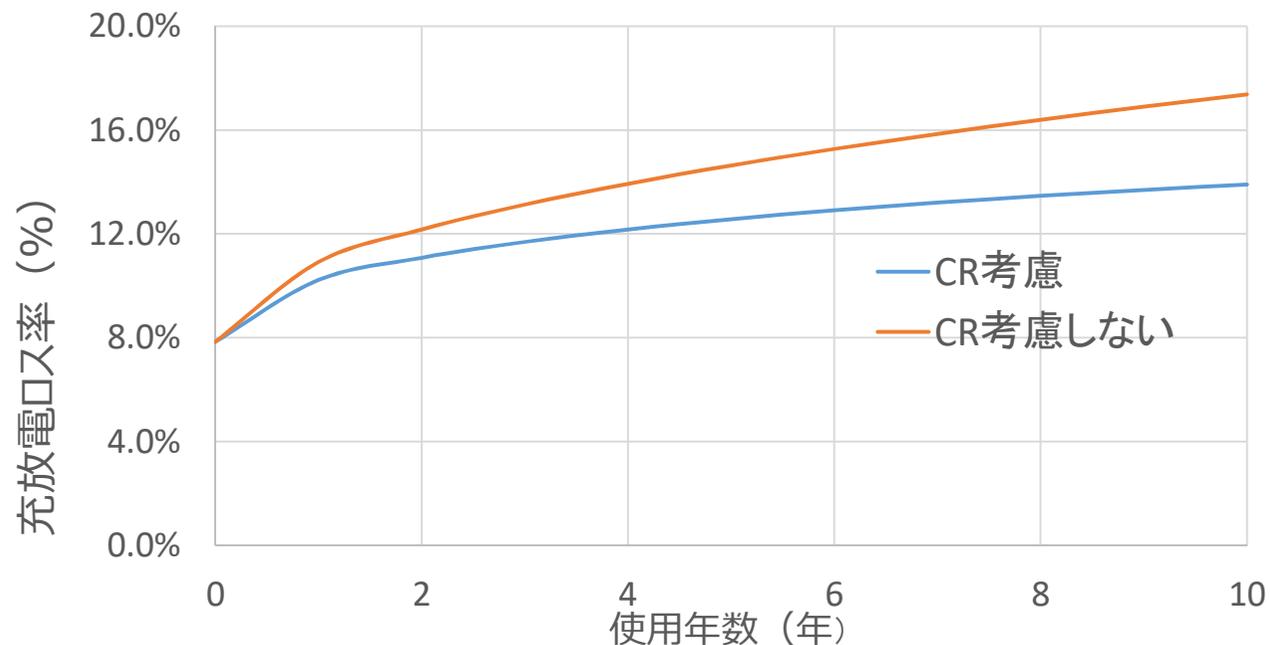
## <資料4> 蓄電池充放電ロスを経年変化の算定結果

前述の使用年数に伴って低下する蓄電池のエネルギー効率（DREE<sub>t</sub>）及び容量の劣化に伴う充放電量の減少を考慮し、前述の「充放電時の電力ロス計算方法」の計算式で、蓄電池充放電ロス率の使用年数に伴う変化を計算した結果を以下に示す。

使用年数の3年から10年の7年間の充放電ロス率の変化は小さく、大きな差異は生じないと考えられる。

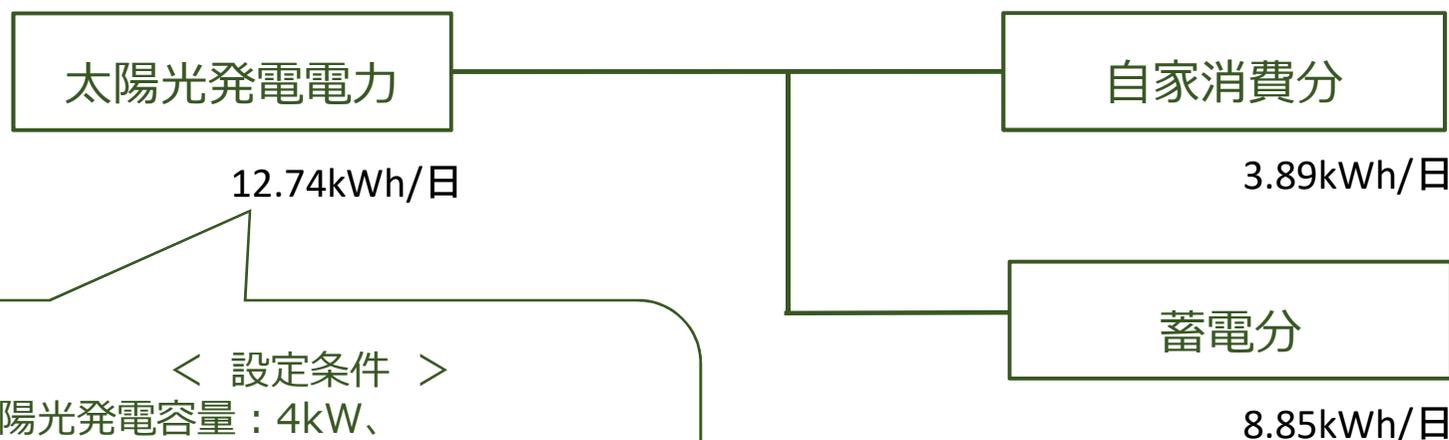
### 蓄電池充放電ロスの使用年数に伴う変化

設定条件：  $\alpha_0$  : 96%、DF : 0.0168



## <資料5> 自然放電による蓄電池ロス分

一般的な戸建て太陽光（4kW）で、昼間の発電電力の余剰電力が全て蓄電池に回るケースを想定し、蓄電池の自然放電によるロス分を以下のように検討した。



< 設定条件 >  
 太陽光発電容量：4kW、  
 発電原単位：3.185kWh/kW・日  
 自家消費原単位：0.973kWh/kW・日  
 日内電力消費量：12.66kWh/日  
 夜間電力消費率：50%

昼間の余剰電力の蓄電分は夜間自家消費され、夜間の消費電力量が6.33kWh/日であることから2日以内で自家消費される計算となる。

蓄電池メーカーへのヒアリングによれば、一般的なリチウムイオン蓄電池の自然放電率は、一年間充放電を行わない場合でも年数%程度であり、数日間の蓄電期間におけるロス率は極めて小さく考慮しなくても問題ないものとする。

# ＜資料6＞ J-クレジット制度とグリーン電力証書の 太陽光発電自家消費分の算定方法の比較

今回のように発電量、売電量のみを計測して自家消費電力を検証または認証するケースは、J-クレジット制度でも取り扱われている。今回の提案内容と比較したものを下表に示す。

	グリーン電力認証制度	J-クレジット制度
自家消費分電力量	発電量-売電量 売電量、発電量ともに特定計量器での計測が求められる。	発電量-売電量 検定付きでない場合は、計測値を10%、（売電量の場合1.1倍、発電量の場合0.9倍）保守的に増減させる。
蓄電池ロス分の計算方法	発電量から売電量を差し引いた自家消費分が、すべて蓄電池を経由するとし、蓄電池充放電効率のカタログ値を用いて算定 ・蓄電池容量は、メーカーによるカタログ値から、使用年数による劣化を考慮した値とする。	$(EG_{pv} - EG_{pvr}) \times (1 - \alpha t) \times 0.7 + (EG_{pv} - EG_{pvr}) \times \alpha t \times (1 - \alpha t) \times 0.7$ （蓄電池容量4kWhの場合） 発電量から売電量を差し引いた自家消費分の6割（蓄電池容量が4kWh以上の場合7割）の電力が蓄電池を通過したとし、同電力量と充放電効率のカタログ値を用いて算定。経年劣化は考慮しない。また、カタログがない場合放電効率を90%としてもよい。 なお、同制度では定格効率が97%、蓄電池容量4kWhの場合の充放電ロスは、4.1%となる。
補機消費電力	補機消費電力×稼働時間で算定	左記と同様