

## 第14章 太陽光発電プランニング実習

### 演習テーマ

学校施設への防災対応型太陽光発電システム導入プランを設計する  
蓄電池を併設し緊急時のライフラインを確保する

演習の狙い：発電電力量をソフト利用ブラックボックスで推計するのではなく、太陽エネルギー賦存量から段階を踏んで推測し、基本的な仕組みを演習で習得する。

演習の方法：数人一組で設計プランニングにあたる。  
ワークシートの空欄を埋める形で進める。  
講師によるオリエンテーション1時間  
(太陽光発電導入の基礎など)  
講師はナビゲータ役。

### I. 与件の提示（前日配布）

#### 1. 学校施設の概要

・所在地：

福島県福島市近郊の中学校

・施設の規模：

竣工は1995年、校舎全体の建築面積4,500㎡、うち本館の建築面積は3,000㎡が鉄筋コンクリート造り3階建て、その屋上は陸屋根式、広さは1,000㎡弱ある。

#### 2. 教育委員会の要望

- ・エコスクール化の流れ、再生可能エネルギーへの取り組み強化、災害時の電力ライフライン確保、付近の住民のための防災拠点作りなどの観点から、施設が対応できる規模の太陽光発電を導入したい。
- ・防災対応の方法としては、電力貯蔵装置を考えている。学校が管理するに適した蓄電システムを考えてほしい。
- ・合わせて、教育的視点から、電力エネルギー需給の見える化システムも導入し、省エネルギーへの関心を高めたい。
- ・公的資金による資金供給は80%の見込みであるが、導入の長期的成果を明らかにしておくために、当プロジェクトの長期事業収支＝キャッシュフローを明らかにしてほしい。
- ・固定価格全量買上制度の採用は考えず、余剰電力売電方式を採用する。その理由は

節電による売電量の増加を生徒に見せ環境効果を体験させるためと、全量買上のための別系統連系工事費を節減するためである。

## II. 演習用参照資料の配布（前日配布）

1. 再生可能エネルギー用語解説資料
2. 一般的プロジェクトエンジニアリングの全工程図
3. 太陽光パネル、代表的製品の性能比較
4. メーカー別出力あたりのパネル面積
5. パワーコンディショナ、代表製品の概要
6. パネル架台、代表製品の概要
7. タイプ別蓄電池の性能比較
8. 蓄電池設置に係わる関連法規
9. 福島県内の全天日射量データ
10. 再生可能エネルギー全量買上制度
12. 電力会社との電力供給契約（サンプル）
13. 防災型太陽光発電事業費積算例

## III. 事業プランニングの手順の解説と工程表作成

### 立案から事業性評価までの『前工程』

1. 導入から保守までの全工程（参考）
2. 立案から企画設計～事業性評価
  - (1) 導入理由、目的の確認
  - (2) 構想の立案（WBS 展開の順序）
    - ①設置施設、場所の想定
    - ②防災対応型の想定
    - ③電力消費量の把握
    - ④太陽電池と蓄電池の導入規模の大まかな想定
    - ⑤この段階での概略結線図
    - ⑥周辺環境との調和
  - (3) 現地調査と確認  
【今回省略、コメントのみ】
  - (4) 企画設計（WBS 展開の順序）
    - ①設置点の全天日射量の調査
    - ②全天日射量から方位角、傾斜角別パネル 1kW あたりの発電量の計算
    - ③設置方位角、傾斜角の設定
    - ④月別発電量の計算、有効発電量の計算

- ⑤発電量の温度差補正
  - ⑥蓄電池利用計画と蓄電システムの選定
  - ⑦蓄電池設置に係わる消防署との協議
  - ⑧⑦季節別電力収支の計算
  - ⑨全量買上制度適用か、余剰電力買上制度適用かの選択
  - ⑩系統連系、売電に係わる電力会社との協議
  - ⑪採用候補のパネル、パワーコンディショナ等機器システムの選定
  - ⑫概略レイアウトの作成
  - ⑬パネル設置工法の選定
  - ⑭パネル荷重の確認
  - ⑮概略単線結線図の作成
- (5) 事業性検証
- ①概算事業費の想定
  - ②事業資金源の確認
  - ③発電コストの計算
  - ④導入メリットの計算
  - ⑤事業性向上のためのエンジニアリング検討
  - ⑥想定されるリスクへの対応
  - ⑦長期事業収支の計算、長期キャッシュフローの計算
  - ⑧環境効果の検証
  - ⑨プロジェクトプランニング完了

演習

以上の作業項目を配布する時間軸工程表上に配置する

WBSの展開

#### IV. プロジェクトエンジニアリングの手順の解説と工程表作成

##### 基本設計から竣工検査までの『後工程』

##### 1. 基本設計、実施設計の段階

(企画設計段階で基本設計まで済ませる場合もあれば、基本設計と実施設計を同時に行う場合もある)

##### (1) 入札～発注先選定まで (WBS 展開の順序)

- ・入札先の選定
- ・入札仕様書の作成、入札

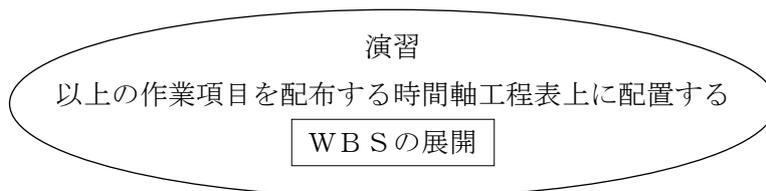
- ・プロポーザル協議（金額と仕様書との最終調整）
  - ・発注先の決定
- (2) 発注先による基本設計、実施設計
- ・太陽電池アレイの設計と施工法
  - ・架台の設計と施工法
  - ・基礎の設計と施工法
  - ・周辺機器の設計と施工法
  - ・蓄電池の設計と施工法
  - ・全体制御システムの設計と施工法
  - ・プロジェクト全体を俯瞰した単線結線図
- (3) 基本設計書、実施計画書の点検、確認

## 2. 施工監理～竣工検査の段階

- (1) 工事計画書
- (2) 検査実施計画書
- (3) 所管官庁等への届け出
- (4) 電力会社との契約締結

## 3. 維持管理の段階

- (1) 日常点検実施計画書
- (2) 定期点検実施計画書



## V. 事業プランの作成実習

この作成例は、ワークシート方式で、随所が空欄になっており、実習の中で空欄を埋めていく。

以下では、空欄にする部分を赤で示してある。

### 1. 導入から保守までの全工程

配布する「プロジェクトプランニングから建設までの全工程図」から、本テーマに係わる領域をマーキングで示すことにより、フロー図作成に代える。

演習参加者がどのような業種に所属しているかにより関心の置き方が変わるが、ここ

では前工程の前半に絞ることで条件を統一する。

## 2. 立案から企画設計～事業性評価

### (1) 導入理由、目的の確認

与件をそのまま採用する。

### (2) 構想の立案

#### ①設置施設、場所の想定

設置場所としては、陸屋根式の屋上 1,000 m<sup>2</sup>を第一候補とする。屋上に学校施設の室外機や倉庫などがどの程度の面積を占めているかにより、また太陽光パネルの設置工事上の障害があるかどうかにより、屋上の利用可能性が増減するが、大きな問題はないとする。

#### ②防災対応型の想定

防災対応型を緊急時のライフライン確保と考えると、電力の確保が最重要となる。通信を含む情報システム用電源、プールの水を利用するための電源、EV用充電電源などが想定される。

#### ③電力消費量の把握

東北電力からの月別料金請求書を集計した結果、この学校施設の電力消費量は次のようになっていた。

- ・契約電力は業務用高圧受電契約で 50kW  
うち、動力契約が 5kW、これはプールの給水排水ポンプ用らしい。
- ・年間電力消費量は 91,366kWh

#### ④太陽電池と蓄電池の導入規模の大まかな想定

フラットな面積に導入する場合一般的には、出力 1kW あたりの太陽電池設置面積は 10 m<sup>2</sup>～15 m<sup>2</sup>、保守管理用通路を考えると 18 m<sup>2</sup>程度が必要と考えた。この学校の屋上は 1,000 m<sup>2</sup>ほどあるので、単純に計算すると、

演習

程度のパネルを導入できる。

一方、学校の契約電力は 50kW であるから、太陽光発電の最大出力時 = 55kW でも既存の受電設備の大幅な改造は不要と判断される。

しかし、この事業は非営利事業であること、陸屋根のフル利用は学校運営上好ましくないことから、総合的に判断して 30kW 前後の導入が適切であろうと判断した。

蓄電池は災害時の非常用としての利用のほか、ピーク時の消費電力を下げ、基本料金削減を狙う利用法もあるが、リチウムイオン電池のように大容量の機種がなく、維持管理が難しい機種もある。

非常時緊急用でかつ太陽光発電の補完的利用を考えると2kWの出力で5時間供給（\_\_\_\_\_の蓄電容量）が得られれば十分ではないかと考えたが、蓄電容量の設定には、許容放電深度の制約があり、単純ではない。詳しくは企画設計の段階で検討する。

#### ⑤この段階での概略結線図の作成

この段階ではこれまでのイメージを図解する程度の「結線図らしいもの」で十分である。作成例に基づき、質疑応答を行う。

演習：席上配布する結線図に基づく質疑応答

#### ⑥周辺環境との調和

自然環境の破壊や騒音もなく、全く問題はないと考えた。

ただパワーコンディショナから漏れる高調波の問題が残るが、これはパワーコンメーカーに確認することにした。

### (3) 企画設計

#### ①設置点の全天日射量の調査

日射量は1㎡の面積が太陽から受ける放射エネルギーの量で表し、単位はkWh/㎡・日、MJ/㎡・日がよく用いられる。日射量には直達日射量、散乱日射量、全天日射量の3つがあり、太陽電池の発電量やソーラーシステムの集熱量を計算するときに使われるのは全天日射量である。

直達日射量はいわゆる「直射日光」を測定したもので、全天空のうち太陽の球面の範囲から照射される日射量を入射方向と直角の角度で測定される。散乱日射量は太陽の方角とは別に大気中の空気や水分で散乱された太陽の光を観測したもので、全天日射量は概念的にはこの二つを合わせたものになる。

全天日射量については、日本気象協会がNEDOの委託により作成した全国801地点の月平均日積算斜面日射量データ（MONSOLA 00(801)）が一般に公開されており、広く利用されている。

ここでは参照資料に掲げてある福島市のデータを用いる。

#### ②方位角、傾斜角別パネル1kWあたりの発電量の計算

与えられた参照資料の福島市のデータを利用し、月平均日・積算集熱面日射量の値のうちの年平均値を見ると、次のようになっていた。MJはメガジュール。

単位：MJ/m<sup>2</sup>・日

傾斜角	0°	10°	20°	30°	40°	50° 以降省略
方位角 0°						
方位角 15°						
方位角 30°						
以降省略						

### ③設置方位角、傾斜角の設定

与えられた資料では学校の方位角は 15° であったので、15° のデータを見るとパネルの傾斜角は 30° で集熱面日射量が最大の                    になることが分かった。陸屋根の事情からみてパネル設置の方位角は 15° で問題はなく、またパネルの傾斜角 30° も問題ないことに決定した。

1MJ は 3.6kWh なので、方位角 15°、傾斜角 30 度の年間発電量は  
  kWh/ m<sup>2</sup>・年……( U )

となるが月別に集計すると誤差が生ずる。ただしこの値は理論値である。また m<sup>2</sup> は地表の面積であり、パネルの面積ではない点、注意を要する。

### ④月別発電量の計算、有効発電量の計算（モデル計算値）

月平均日・積算集熱面日射量 (U) とパネル 1 枚または 1 台当たりの発電出力 (P) とからどのようにして発電量を求めるかについてまとめてみた。

P の値は地表 1 m<sup>2</sup>あたり最大 1k W降り注ぐ太陽光のエネルギーから、このパネル (1 m<sup>2</sup>とは限らない) では最大で何 kW の発電電力が得られるかを示した数値、すなわち太陽電池パネルの公称最大出力である。従って実際に発電できる量は、地理的気象条件などで地表 1 m<sup>2</sup>あたり何% (q) が実現されるかによって決まる。

一方、U の値 (kWh 換算値) は、地理的気象条件のもとで実現する太陽エネルギー ( kWh/ m<sup>2</sup>・年 ) であるので q の値そのものになる。

その結果、定格出力 P (kW) が年間どれだけの発電ができるかは、

$$P \times 8,760 \text{ 時間} \times [U \div 1\text{kWh/ m}^2 \times 8,760 \text{ 時間}] = P \times \underline{1,409}$$

となる。

以上の計算式から、出力 1kW のパネルの年間発電量の計算をすると：

$$\underline{\hspace{15em}} \text{ kWh}$$

となる。

これは年間平均値である。ここでは季節別に捉える必要があるなので、方位角 15°、傾斜角 30° の設定で参照データを用い、季節別の発電量を再計算する。

[付記] いわゆる「変換効率」はパネルの面積 1 m<sup>2</sup>への到達エネルギー 1 kW に対する発電出力の割合を示すので、最初に 30 kW という設備容量が設定されていれば、あらためての変換効率は論外になる。ただし、太陽電池設置に必要な面積や施工方法を問題にする場合は変換効率は検討対象になる。

[ 方位角 : 15° 傾斜角 : 30° の場合 ]

月別全天日射量 (MJ/m<sup>2</sup>・日)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
電力量 (モジュール)	11.4	13.9	16.2	16.9	17.5	14.9	14.5	15.3	12.4	12.2	10.7	10.3	13.9

1kWあたりの月別発電量 (モジュール) (kWh)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
電力量 (モジュール)	98	108	140	141	151	124	125	132	103	105	89	89	1,405

電力量 (モジュール) (kWh)

	夏季 (7, 8, 9月)	冬季 (12, 1, 2月)	中間季 (それ以外)	合計
電力量 (モジュール)	360	295	750	1,405
各季節の%	25.6%	21.0%	53.4%	100%

さて、上記の計算で得られたパネルの公称最大出力 1kW からの発電量は、結晶系パネルを用いた場合の福島市の理論値であり、気温 (パネル表面温度) の事情は考慮されていない。ここで「温度補正」について述べる。

#### ⑤出力の温度補正

太陽電池の出力は、太陽電池を構成するセルの温度が上昇すると低下する傾向がある。いわゆる「セルの変換効率」で計算される発電出力は温度の基準以上の上昇による影響を計算しないレベルの数値であり、システムとしての発電可能量を計算する場合には、設置条件下での温度からセル表面温度を想定し、それを使って「温度補正」をする必要がある。

一般にはセルの表面温度 25°C を基準にして、セルの表面温度との差に 0.004 (結晶系) または 0.002 (アモルファス系) を掛けた数値を 1 から差し引いた数値を温度補正係数として用いている。

$$\text{温度補正係数} = 1 - 0.004 (\text{または } 0.002) \times (\text{セルの表面温度} - 25^\circ\text{C})$$

温度補正率は季節により変化し、全国の平均値で、大まかに温度補正をする場合の外気温度補正係数は、結晶系、CIS, CIGS 系で夏季 20%、冬季 10%、その他季 15%、薄膜系は上記の半分と仮定し、これらを平均して夏季 17%、冬季 8%、その他季 12% といった簡略法を用いることがある。

上述の「セル」はセルの集合体である「モジュール」に置き換えてもよい。

ここで福島の場合の温度補正係数求めてみることにする。

福島の平均気温は、

夏 季 = 23.1°C

冬 季 = 3.7°C

中間季 = 12.7°C

であるが、福島大学共生システム理工学類校舎屋上の環境観測場で簡易測定した結果では、平均気温+ 40℃前後という数値が得られている。この結果から、セルの表面温度を次のように推計した。

夏 季 = 75℃

冬 季 = 45℃

中間季 = 55℃

パネルはここでは結晶系にし、温度補正係数を計算する。

夏季の温度補正係数 = \_\_\_\_\_

冬季の温度補正係数 = \_\_\_\_\_

中間季の温度補正係数 = \_\_\_\_\_

これらの温度補正係数を用いて、福島市での発電量を再計算する。

福島市での 30kW の有効発電量モデル計算値 (kWh)

項 目	夏 季 7, 8, 9 月	冬 季 12, 1, 2 月	中間季 その他	年間計
発 電 量				
発電量 (モジュール)				
外気温温度補正				
補正後の発電量				
インバータ損失				
そ の 他 損 失				
有効発電量計				

インバータ損失：補正後の発電量に対して8%と仮定

その他損失：補正後の発電量に対して5%と仮定

以上の結果、理論値の発電量の \_\_\_\_\_ %前後が実際に利用可能な発電量となる。

なお、正確を期す上では、パネルの選定が済み、パネルの仕様書のデータを用い、再度発電量を計算し直すことも必要になる。

#### ⑥蓄電池利用計画と蓄電システムの選定

災害時の緊急対応における電力供給は、テレビ、電話、携帯電話充電、照明、広域放送、給油施設動力、電気自動車充電、生活用水供給動力など様々な需要がある。

これらの電力需要を最大 5kW、平均 2kW、利用時間延べ 5 時間、許容放電深度を 70%と想定し、

$$2\text{kW} \times 5 \text{ 時間} \div 70\% = 14.3\text{kWh}$$

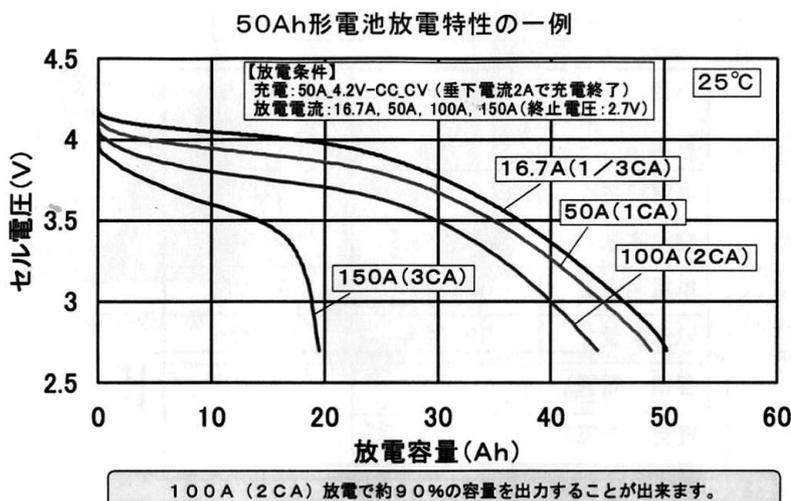
15kWh の蓄電池導入を設計値とする。

#### 演 習

参照資料：リチウムイオン電池の放電特性図を確認する

## 参照資料

### 50Ah形リチウムイオン電池特性の一例



出典：新神戸電機パンフレット

蓄電池はピーク電力の蓄電池からの供給で、デマンド引き下げ効果があり、基本料金削減効果が期待できるが、蓄電池からの電力を売電することは現在認められていないので、この分野の利用は考慮の対象外とする。

(将来的にはスマートグリッドでは想定されている)

蓄電池の種類には、新開発高性能の鉛蓄電池、普及が拡大しているリチウムイオン電池、大容量のナトリウム硫黄電池、その他があるが、参考資料に記載の特徴や問題点を考慮しここではリチウムイオン電池を選定する。

リチウムイオン電池で現在商品化されている大型の機種は10kWh～15kWhであり、これ1台でこのシステムに対応させていくことにする。

容量定義に注意；kWh と kW

リチウムイオン電池はすべての面で高性能であるが、価格が鉛蓄電池の数倍と高価である上、制御システムが高度化されていて取り扱いにも課題があるが、安全面の課題は非常に少なくなっており、学校施設での運用には問題はないと判断される。

#### ⑦蓄電池設置に係わる消防署との協議

キュービクル式蓄電池設備であるので、換気面（背面）200mm以上、換気面（上部）200mm以上、全面または操作面1,000mm以上を確保し届け出を行う。

⑧季節別電力収支の計算

電力需要は冷房と照明コンセントなどで計 91,366kWh、暖房用と給湯用は灯油ボイラによるものである。(与件資料から)

電力の季節別電力需要量 (kWh)

	夏季3ヶ月	冬季3ヶ月	中間季6ヶ月	年間計
冷房需要季節別割合	100%			100%
多目的図書館	16,154			16,154
冷房用計	16,154			16,154
照明コンセント季節別割合	20%	30%	50%	100%
教室等				49,852
多目的図書館				14,400
体育館プール				6,560
動力その他	880	1,320	2,200	4,400
照明等計	15,042	22,564	37,606	75,212
季節別電力需要量計	31,196	22,564	37,606	91,366

季節別電力収支バランス (kWh)  
初年度ベースで年々の発電量減少は見込まない

項 目	夏 季 7, 8, 9 月	冬 季 12, 1, 2 月	中間季 その他	年間計
発 電 量				
発電量 (モジュール)				
外気温温度補正				
補正後の発電量				
インバータ損失				
その他損失				
有効発電量計				
余剰電力発生割合				
余剰電力売電量				
休日最低負荷量				
修正売電量				
有効給電量				
電力需給バランス				
電力需要量				
有効給電量				
(有効給電割合)				
差引購入量				

余剰電力発生割合は休校日の発電量はすべて余剰と見做し、休日最低負荷量は想定困難なため考慮の対象外とする。

余剰電力発生割合

	余剰電力発生割合の推計基礎 (季間中発電量/日を平均化)
夏 季	暦日数 92 日中休校日を 55 日とすると、余剰電力発生割合は 59.8%となる。
冬 季	暦日数 90 日中休校日を 42 日とすると、余剰電力発生割合は 46.7%となる。
中間季	暦日数 183 日中休校日を 68 日とすると余剰電力発生割合は 37.2%となる。

⑨全量買上制度適用か、余剰電力売電制度適用かの選択

電力会社との契約締結上、全量買上制度を適用する場合は、系統との連系線を別配線とすることが決められていて、太陽光発電を自家用電源として使うことができない。

よって、余剰電力売電方式を採用する。

その理由を考えてみましょう。

①

②

③

⑩系統連系、売電に係わる電力会社との協議

電力会社との電力供給契約（サンプル）を一覧して感想を述べ合う。

⑪パネル、パワーコンディショナなど採用機器の選択

これまで太陽電池導入規模は概略想定で30kWとしてきたが、その経緯を詳しく検証してみよう。

太陽電池出力あたりのパネル面積から太陽電池の出力（公称最大出力）あたりの面積を、太陽電池の代表的なタイプごとに比較すると次のようになる。（再掲）

メーカー	タイプ	モジュール面積	公称最大出力	出力あたり面積
シャープ	多結晶シリコン	1.153 m <sup>2</sup>	160 W	7.2 m <sup>2</sup> /kW
京セラ	多結晶シリコン	0.467 m <sup>2</sup>	62 W	7.5 m <sup>2</sup> /kW
三洋電機	単結晶+アモルファス	1.179 m <sup>2</sup>	200 W	5.9 m <sup>2</sup> /kW
三菱電機	多結晶シリコン	1.422 m <sup>2</sup>	185 W	7.7 m <sup>2</sup> /kW
カネカ	薄膜多結晶+アモルファス	0.280 m <sup>2</sup>	19.5 W	14.4 m <sup>2</sup> /kW
昭和シェル	薄膜（CIS系）	0.792m <sup>2</sup>	75 W	10.6 m <sup>2</sup> /kW
ホンダ	薄膜（CIGS系）	1.121 m <sup>2</sup>	125 W	9.0 m <sup>2</sup> /kW
三菱重工	微結晶+アモルファス	1.575 m <sup>2</sup>	130 W	12.1 m <sup>2</sup> /kW

ガイドラインによれば通路やメンテナンス用のユーティリティ・スペースを含めて利用可能面積は700 m<sup>2</sup>以下とする。たとえば傾斜角30°の場合のモジュール設置平面面積はモジュール面積の0.89（cos30°）であるから設置面積とユーティリティ面積の比率を70対30とすれば700 m<sup>2</sup>に導入可能な最大出力は次のように計算される。

$$\begin{aligned} \text{導入可能な最大出力} &= (700 \times 0.7 \div 0.89) \div \text{出力あたりの面積} \\ &= \text{約 } 550 \text{ m}^2 \div \text{出力あたりの面積} \end{aligned}$$

多結晶シリコン系：550 m <sup>2</sup> ÷7.2～7.7 m <sup>2</sup> /kW	= 76～71 kW
単結晶+アモルファス系：550 m <sup>2</sup> ÷5.9 m <sup>2</sup> /kW	=93 kW
薄膜多結晶+アモルファス系：550 m <sup>2</sup> ÷14.4 m <sup>2</sup> /kW	= 38 kW
薄膜 CIS、CIGS 系：550 m <sup>2</sup> ÷9.0～10.6 m <sup>2</sup> /kW	= 61～52 kW
微結晶+アモルファス系：550 m <sup>2</sup> ÷12.1 m <sup>2</sup> /kW	= 45 kW

太陽電池の変換効率はパネルの面積に対する発電出力の値であるので、定格の出力（太陽が真上に来たときの出力）を確保できる太陽電池の面積は、変換効率にはほぼ逆比例することになる。

今般検討対象とする3種類の太陽電池は変換効率がそれぞれ異なっている。変換効率をモジュール変換効率で見ると、多結晶シリコン系は13～14%、単結晶シリコン+アモルファス系（HIT型）は17%、新開発のCIS系、CIGS系は10～11%程度になっていて、一定の定格出力（1kW）を確保できる太陽電池の面積は単純に計算すると次のようになっている。

多結晶シリコン系
単結晶シリコン+アモルファス系
新開発のCIS系、CIGS系

平均すると                      m<sup>2</sup>/kW になり、30kW の定格容量を確保するには、“敷き詰めベース”で 230 m<sup>2</sup> 程度になるので、屋上の設置スペースには問題はないと判断された。

太陽電池からの発電電力はこの教育施設で消費する電力の一部として利用されるが、休日などで施設の電力消費量が発電量を下回る場合は「余剰電力」として電力会社に売電することにした。すでに電力会社とは太陽光発電を系統連系にて運用することで話し合いをすすめる。

余剰電力量の把握に注意！

太陽光発電の定格容量は直流30kWであり、まず直交逆変換装置（インバータ）が必要である。余剰電力は商用系統に売電する「逆潮あり」の方式なので、系統連系技術要件ガイドラインにより高圧連系）が要求され、これに伴い、商用系統と安全に連系するための系統連系保護装置が設置される。

太陽電池の場合にはインバータと系統連系保護装置が一体になった数kW～250kWクラスの「パワーコンディショナー」が商品化されており、30kWの製品も調達可能であるが、このプランでは10kW3台併設とした。

通常の系統連系保護装置はパワーコンディショナーに組み込まれているが、高圧連系に関わる一部の保護装置を組み込んだ系統連系装置は、3つのパワーコンディショナーを並列構成にしたあと、一つの装置として配置する。

⑫概略レイアウトの作成

サンプルを示し、自由に作成してもらう。

席上、概略レイアウトサンプルを配布

⑬パネル設置工法の選定

参照資料（当日配布）から自由を選択して、提案してもらう。

⑭パネル荷重の確認

太陽電池パネルの質量は平均すると1kWあたり90～160kg前後の質量がある。架台を含めるとその1.5倍～2倍になり、システムとしての質量は25kg / m<sup>2</sup>～50kg / m<sup>2</sup>に達する。

一方、建築基準法では学校の屋上に要求される積載荷重値の最低値は：

床設計用の積載荷重	2,900N/m <sup>2</sup> ≒290kgf/m <sup>2</sup>
架構設計用の積載荷重	2,400N/m <sup>2</sup> ≒240kgf/m <sup>2</sup>
地震力算出用の積載荷重	1,600N/m <sup>2</sup> ≒160kgf/m <sup>2</sup>

このようになっていて、基準法を満たす限りは太陽電池の設置には十分とみられるが、太陽電池パネルには個体荷重のほかに風圧荷重、積雪荷重、地震荷重などがかかり、この中でも風圧荷重はパネルの設置条件や風の条件により3,000N/m<sup>2</sup>～4,000N/m<sup>2</sup>の値になる。暴風時を想定するとさらに大きな値になる。これにより総荷重は陸屋根の部分的には上記の最低値を超えることも考えられる。

建物の経年劣化で耐久性が低下しているとか、強風対策のために大規模な基礎強化工事をしなければならないとか、さらには屋上の随所に構築物があり安全面を考慮した十分なまとまったスペースが確保できないような場合は問題になる。

⑮概略単線結線図の作成

モデルとして作成し配布する結線図をチームで確認し、理解し合う。

モデル単線結線図のサンプルを示し、協議してもらう

(4) 事業性検証

①概算事業費の想定

参照資料の太陽光発電事業費積算例を用いて30kWのケースを想定する。

事業費には防災関係設備費、啓蒙用見える化システムを含む。

30 kW 太陽光発電システムの事業費（陸屋根に設置）

項 目	積 算 根 拠	金 額 (千円)	備 考
機器費			
太陽電池パネル	30 kW@平均 200 千円	6,000	多結晶タイプ
パワーコンディショナー	10 kW@1,200 千円×3 台 (非双方向型歯 7 掛け)	3,600 (-1,000)	双方向型
蓄電池システム	kWh@180,000 円	2,700	
連系用機器装置	パワーコンディショナーに含む	—	
パネル設置架台		1,200	
付帯機器装置他	接続箱、制御装置など	800	
機器費計		14,300	@47.7 万円/kW
工事費			
基礎、据付工事費	kW あたり 400 千円	1,200	インフラ込
現地工事諸経費他	機器費の 7%	2,000	
見える化システム		2,000	特別注文
工事費計		5,200	
事業費合計		19,500	
kW あたり総事業費		65 万円	

※実際の事業費はケースバイケースであり標準事業費というものは想定し難い。  
この数値は複数の情報に基づくひとつの目安である。導入サイトの条件、設備販売の取り扱いマージンや、一括請負させた場合のマージンをどうみるかでも金額は変動する。なお、固定価格買取制度設計に際しては、10kW 以上の本体部分のみの事業費を 32.5 万円と想定している。

②事業資金源の確認

現在、福島県内の自治体が用意している補助金を確認する。

ただし、発電コストの計算上は無視する。

③発電コストの計算

モジュール発電量はどの機種も年々低下していく傾向があり、メーカーは所定の低下傾向を越えて低下した場合に「出力保証」を行うことを標準にしている。従って、以下の発電コストは初年度出力ベースとみてもよい。

30kW の発電コストの計算（本体部分のみの計算）  
初年度ベースで年々の発電量減少は見込まない

項 目	積 算 基 礎	数 量、金 額	備 考
有効発電量			
モジュール発電量	モジュール出力ベース	kWh	
ロスなど差引		kWh	変換～配線ロス、温度補正
有効発電量		kWh	
事業費			
事業費積算額		千円	
発電原価			
減価償却費	定額法 20 年	千円	総事業費÷20 年
修繕費	機器装置費×1.5%	千円	機械装置費 10,600 千円
固定資産税			公共施設で免除
損害保険料	機器装置費×0.5%	千円	
維持管理費			学校施設全体で対応
発電原価計		千円	
発電コスト		円/kWh	

発電コストに関する意見交換を行う。問題点を洗い出す。

意見 1	
意見 2	
意見 3.	
意見 4	
意見 5	

④導入メリット（ランニングコスト・メリット）の計算

以下の前提で計算する。

- 電力供給契約は高圧 6kV 受電、業務用
- 基本料金は、1,585 円 50 銭 /kW・月
- 力率割引きは 15%とする
- 電力量料金は、夏季：13.63 円 /kWh その他季：12.49 円 /kWh  
年間平均では、12.78 円 /kWh（これを用いる）
- 夏季とは 7,8,9 月をいう
- 余剰電力売電単価は 42 円 /kWh（2013 年 1 月現在）
- 季節別時間帯別料金の適用はない。
- 太陽光発電導入後の契約電力＝導入前の契約をそのままとする。
- グリーン電力証書メリットは自家消費分について考慮する

導入メリット（ランニングコスト・メリット）  
初年度ベースで年々の発電量減少は見込まない

項 目	計 算 根 拠	金 額（千円）	備 考
<u>太陽光発電導入前</u>			
契約電力基本料金			業務用電力
電 力 量 料 金			業務用電力
導入前費用計			
<u>太陽光発電導入後</u>			
契約電力基本料金			
不足電力購入料金			
余剰電力売電料金			
導入後費用計			
ランニングコスト・メリット計			

導入メリットに関する意見交換を行う。問題点を洗い出す。

意見 1	
意見 2	
意見 3.	
意見 4	
意見 5	

⑤ 想定されるリスクへの対応

太陽光発電プロジェクトのリスクの第一はパネルの発電性能の劣化である。メーカーの性能保証の仕組みを理解し、それを事業性評価に組み込むことが重要。

第二のリスクは機器調達先の企業存続性である。とくに海外製パネルメーカーは経営破たんリスクがあり、注意を要する。これはパワコンについても同様である。対策としては、必ず代替品の調達可能性、代替品を使用した場合のシステム適合性（いわゆる相性の問題）を確認しておくことが望ましい。

そこでこれらリスクを想定した長期事業収支を試算する。

⑥長期事業収支（キャッシュフロー）の計算

20年間生涯年のランニングコストメリット計算を行う。

政府の発表によれば、非住宅の太陽光発電の売電単価 42 円 /kWh（23 年度以降の導入）の適用は 20 年間である。一方パワコンや周辺電気機器の耐用年数は 10 年程度であって太陽光発電システム全体の耐用年数 20 年という設定からすれば、後半の 10 年は経済性の面でマイナス面が多く現れる。

またパネルは必ず年々劣化し発電量は逡減する。アクシデントで破損交換するケースもあるが、パネルの交換はないものとし、この様子を 20 年間の生涯年経済計算で検証してみよう。

以下の前提を置いて試算した。

[前提条件]

- ・ 防災対応型の部分と見える化部分は計算の対象外とする。
- ・ 東北電力の電気料金は変わらない。
- ・ 余剰電力売電単価：20 年間は 42 円 /kWh
- ・ パネルの出力低下は 20 年目までは年々 1%（単利）を見込む。
- ・ メンテナンスコスト：11 年以降、パワコン等電気機器の交換費用を平均化して計上するため、

パネルのメンテナンス：機器費 × 2% = 6,000 × 2% = 120 千円

その他機器のメンテナンス：機器費 × 10% = 4,600 × 10% = 460 千円

を計上する。

- ・20年後撤去費用は見込まない。

### 20年間生涯年のランニングコストメリット（累計）（千円）

		前半10年間	後半10年間	生涯年累計
<u>太陽光発電導入前</u>				
契約電力基本料金	前後で同額、計算省略	—	—	—
電力量料金	91,366kWh@12.78	11,680	11,680	23,360
導入前費用計		11,680	11,680	23,360
<u>太陽光発電導入後</u>				
各10年間の電力消費量	不変	913,660kWh	913,660kWh	1,827,320kWh
	基準は：91,366kWh			
各10年間の発電量累計	基準の1%/年減 基準は：31,827kWh	318,270kWh	302,357kWh	620,627kWh
各10年間の余剰売電量	基準の1%/年減 基準は：14,211kWh	142,110kWh	135,005kWh	277,115kWh
各10年間の給電可能量	基準の1%/年減 基準は：17,616kWh	176,160kWh	167,352kWh	343,512kWh
各10年間の不足購入量	給電可能量減少分が 増加分となる	737,500kWh	746,308kWh	1,483,808kWh
<u>導入後費用計</u>				
契約電力基本料金	前後で同額、計算省略	—	—	—
不足電力購入料金	@12.78円/kWh	9,425	9,538	18,963
余剰電力売電料金	@42円/kWh	-) 5,969	-) 5,670	-) 11,639
発電原価中の修繕費	前半159千円/年 後半580千円/年	1,590	5,800	7,390
その他の償却前発電原価	53千円/年	530	530	1,060
システム撤去費用			—	—
導入後費用計		5,576	10,198	15,774
ランニングコスト・メリット計		6,104	1,482	7,586
事業費回収率	事業費 16,562千円	36.9%	8.9%	45.8%

長期事業収支に関する意見交換を行う。

意見1	
意見2	
意見3.	
意見4	
意見5	

#### ⑤事業性向上のためのエンジニアリング検討

事業性向上に係わるエンジニアリング的課題は、規模の適正さ、採用機器システムの適正さ、採用機器システムの組み合わせ方の適正さ、機器調達価格の適正さ、施工方式の適正さ、工事費積算の適正さ、資金調達源の適正さ等に区分される。また、採用したパワコンの機種（タイプ）の代替案との比較検証も行う。とくにパワコンの耐久性、耐用年数、メンテナンス性などは長期キャッシュフローの評価の面で大きな影響を及ぼす。

#### エンジニアリング面の課題と対策

課 題	対 策
採用機器システムの組み合わせ方の適正さ	30kWのパネルに対してパワコン10kW×3系列で対応しているが、それ以外の対応の仕方の有無、メリット、デメリットについても検証する
機器調達価格の適正さ	入札による合理的な調達、入札仕様書の的確な内容、海外製の安価なパネル調達とリスクのトレードオフ、調達時期の判断等の検証を行う。
工事費積算の適正さ	工事費の積算上、工事環境の中で最適な工法の採用の有無、代替可能な工法との比較検討の有無、安全面、メンテナンスの容易性の考慮の有無等の検証を行う。
資金源の適正さ	有利子負債を最小化できる資金源の検証、部分的なリース契約の採用（採用によるコスト増のリスクあり）
規模の適正さ	30kWという規模の適正さ、妥当性について検証する。30kWという規模が障害になってシステム構成上問題が生じていないかどうかの検証。
採用機器システムの適正さ	晶薄膜系のハイブリッドなどを採用した時のメリット、デメリットについて結晶系パネルを採用したが、アモルファス系、薄膜系、アモルファス＋単結晶系も検証する。 これらの検討、検証はかなりの専門的知識を必要とする分野であるので、それぞれの機器メーカーとの協議の中で検証することが望ましい。

#### ⑧環境効果の検証

プランから期待される環境効果をCO<sub>2</sub>排出削減量と原油換算削減量によって試算した。電力のCO<sub>2</sub>排出係数は平成18年3月発表の環境省「改正地球温暖化対策推進に関する法律施行令」に基づく0.555 kg/kWhを採用した。その他エネルギーの排出係数を含め詳細は用語解説参照。また、CO<sub>2</sub> 1t（年ベース）削減に要する初期投資額をも試算した。なお発電量は20年間の平均値である。

### 環 境 効 果

エネルギー消費量		CO <sub>2</sub> 削減効果		原油換算削減効果	
		排出原単位	CO <sub>2</sub> 排出量	消費原単位	原油消費量
電 力	kWh/年				
年間発電量	310,314kWh	0.555kg/kWh	172t	0.254L/kWh	78.8kL

CO <sub>2</sub> 削減量	初期投資額	CO <sub>2</sub> 1t 削減に要する投資額
172t/年	16,562 千円	96 千円/t

[参考検証]

学校施設に導入された防災型太陽光発電の単線結線図をベースに質疑応答を行う。資料は当日配布。

[演習の最後に再確認]

次の工程表により、演習のプロセスをフォローし確認する。

(工程表はコピーを配布)