

公共施設等への太陽光発電導入によるCO₂削減の取り組みについて

—一般国道36号 花ロードえにわの事例紹介—

札幌開発建設部 施設整備課

○平井 和範
泉 亙
飯田 芳彦

政府の低炭素社会づくり行動計画に基づく施策として、公共施設への太陽光発電導入拡大が位置づけられた。札幌開発建設部では道の駅 花ロードえにわに実証実験のための設備を導入し、今後5年間に渡りデータを取得することで本施策の効果について検証するものである。本文では導入する設備事例の紹介、想定される環境負荷軽減データの検証を行うとともに、本取り組みを進めるうえで発生した課題と、その解消の事例を報告し今後の展望を探る。

キーワード：省エネルギー、自然環境

1. 施策について

(1) 施策概要

本取り組みで設置する太陽光発電設備は、二酸化炭素を削減し低炭素社会を実現するため、高速道路及び直轄国道における公共管理施設等に必要な電力について太陽光発電施設の本格導入に向けた実証実験を行うことを目的に設置するものである。

この実験は、平成21年度より25年度までの5年にわたり行われるもので、直轄国道では全国で20箇所が選定され、北海道開発局では直轄国道に一般国道36号（花ロードえにわ）と一般国道334号（うとろシリエトク）にそれぞれ太陽光発電設備を設置することとなった。本文は、札幌開発建設部が担当した一般国道36号（花ロードえにわ）の事例を報告し、その環境負荷軽減効果の検証及び今後の導入方法について検討を行うものである。

(2) 検討事項

a) 協議事項

冬期の施工のみならず、道の駅構内での作業となるため、一般来客への配慮や恵庭市と道の駅管理者と施工内容について協議を行い了承を得なければならなかった。また、電気事業者とは本取り組みで設置する設備が売電契約に適合するものなのか確認を行う必要があった。また、機器の製作期間が不明なため、工期内に確実に竣工するには、速やかに協議をすすめ製作期間の確保に務めた。

b) 現地調査

太陽電池アレイを設置するスペースは空き地を利用し

て設置する事になるが、冬期間は堆雪スペースとなっている。このため道の駅管理者、恵庭市役所と現地立会のもと確認を行う必要があった。

c) その他

設置箇所である花ロードえにわは平成18年7月1日に一般国道36号初の道の駅として登録され、道内では87番目であった。施設全体面積は24,400㎡となっており、駐車場は65台分完備されている。大型車専用スペースもあり、24時間駐車出来るため、絶えず車両が駐車している状況である。このため、施工には特段の配慮が必要となるため、仮設設備や施工計画について、道の駅管理者、恵庭市役所と入念な確認を行う必要がある。



写真-1 花ロードえにわ内部

2. 設備設計の考え方

(1) システム概要

本取り組みにおける指定事項により、太陽電池アレイの総面積は 100㎡、公称出力は 15kw、かつ電力補償を目的とした蓄電池の設置とされ、さらに発電電力が供給先である設備負荷電力容量を超過する、いわゆる「余剰電力」が発生した場合、商用（電気事業者）側への売電を行う事とされていた。また、本取り組みは直轄事業に対する実証実験である事から、設置先である道の駅 花ロードえにわの構内既設の駐車場照明を電力供給対象負荷設備とした。

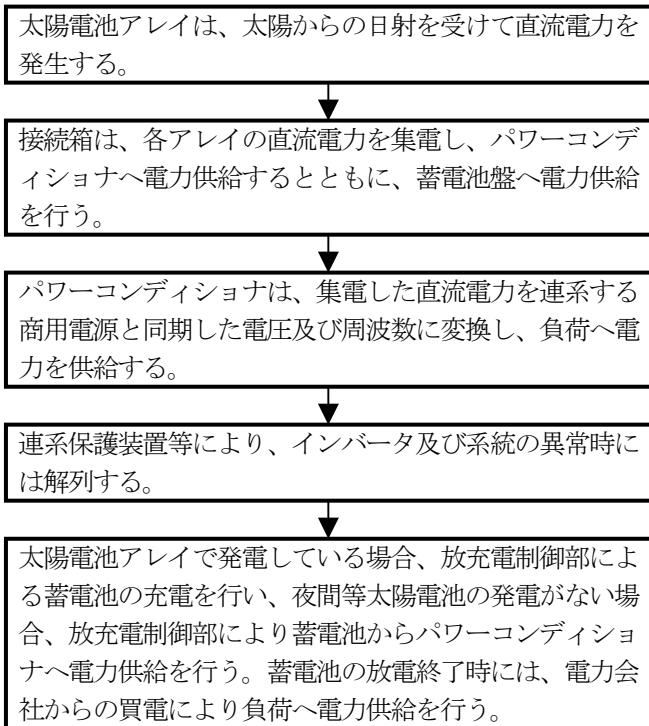
次に蓄電池の容量についてはこれらを考慮し過剰とならないよう算定している。蓄電池は発電した電力によって蓄えられ、あらかじめ設定されたタイマーによって時間的に構内照明へ供給されるものとした。

日中の設備負荷が無く、蓄電池に十分な電力が蓄えられた際の余剰な電力については、無駄の無いよう商用側への売電を行う。これにより、環境負荷軽減へさらなる貢献が期待できる。

これ以外の事項は発注担当課所での決定によるとのことであったので、次に概要を記載する。

まず太陽電池アレイの設置箇所であるが、一般家庭では屋上や屋根に設置するケースが多いが、道の駅の景観やアレイへの積雪時の対応を考慮し、地上に設置することとした。

発電から負荷設備までの受電の流れはだまかに下記の通りとなる。



(2) 発電設備主要機器概要

以下に本取り組みで設置する太陽光発電設備の主要な機器について概要を説明する。

a) 太陽電池アレイ

太陽からの日射を受けて直流電力を発生する。太陽電池アレイの種類は、単結晶（結晶系）、多結晶（結晶系）、アモルファス（非結晶系）の3種類がある。アレイ変換効率はそれぞれ、単結晶（12～15%）、多結晶（10～14%）、アモルファス（6～8%）となっており、最も高い（12～15%）単結晶を採用した。

b) パワーコンディショナ

集電した直流電力を連系する商用電源と同期した電圧及び周波数に変換し、負荷へ電力を供給するもので、インバータ及び系統連携保護装置等により構成される。なお、系統連系保護装置は、系統側やインバータ側に異常が発生した場合、これを検知し速やかに系統側の安全を確保するものである。

c) 蓄電池部

蓄電池と架台等により構成され、日中においては太陽電池の発電電力により充電され、夜間もしくは太陽電池の発電量が規定値に満たない場合において、太陽電池に代わりパワーコンディショナに対し電力供給されるものである。

e) データ記録装置

本設備における、太陽電池発電量、買電電力量、負荷の消費電力量、蓄電池の充電・放電電力を計測・演算し、電子データとして記録を行う。測定イメージ図を図-2に示す。

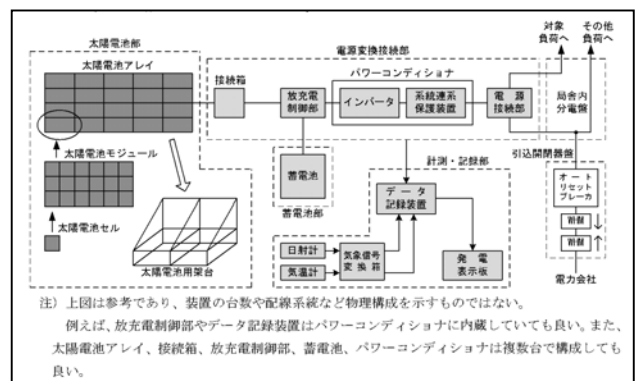


図-1 発電設備構成（参考図）

(3) 対象負荷設備の容量計算

本取り組みで設置する設備の負荷容量について説明する。

a) 駐車場照明

- 高圧ナトリウムランプ180W～1灯 (0.24kW) 8台
- 高圧ナトリウムランプ180W～1灯 (0.24kW) +110W～1灯 (0.15kW) 1台

b) 太陽光発電設備

- 気象信号変換箱 (0.24kW) 1台
- データ記録装置 (0.24kW) 1台

実運用面を考慮（4. 想定された懸念事項とその解消についてにて後述）し、高圧ナトリウムランプ 180W～1灯 (0.24kW) の5台分を負荷とした。よって、対象とす

る負荷容量は高圧ナトリウムランプ 180W (0.24kW) ×5台=1.20kW となる。

(4) 太陽光発電容量計算に関わる条件

a) 包围 真南 (0°)

b) 取付角度50°

表一より傾斜角を40° にすることで最適な日射量を得る事が出来るが、冬期間の積雪を考慮し、発電効率が落ちない範囲でさらに傾斜を設けることが必要と考えたため、傾斜角は50° とした。

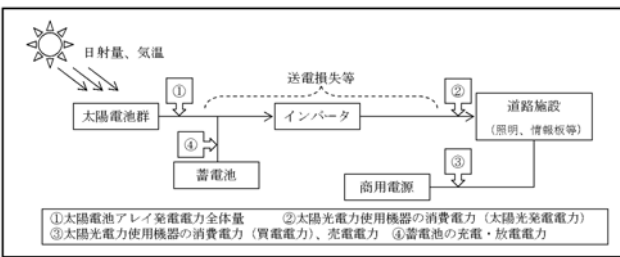
c) 日射量(kWh/(㎡・期間))

上記条件より3.69(kWh/(㎡・期間))

表一 全国日射量平均値データマップ (一部抜粋)

恵庭島松 42° 55' 141" 34.2' 30m		単位:kWh/㎡・日																
方位角	傾斜角	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年	冬	春	夏	秋
水平面(°)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1-12月	12-2月	3-5月	6-8月	9-11月
0	10	2.08	3.03	4.03	4.44	4.97	5.04	4.49	4.07	3.66	2.93	1.83	1.55	3.29	1.88	4.27	4.48	2.53
0	20	2.42	3.38	4.32	4.54	4.96	4.97	4.44	4.10	3.81	3.21	2.07	1.79	3.67	2.53	4.61	4.50	3.03
0	30	2.70	3.68	4.54	4.56	4.84	4.80	4.31	4.04	3.88	3.41	2.25	2.00	3.75	2.79	4.64	4.38	3.18
0	40	2.94	3.91	4.68	4.48	4.82	4.54	4.10	3.91	3.86	3.53	2.39	2.18	3.76	3.00	4.59	4.18	3.26
0	50	3.12	4.07	4.73	4.31	4.31	4.20	3.81	3.70	3.77	3.56	2.47	2.27	3.69	3.15	4.45	3.91	3.27
0	60	3.23	4.15	4.70	4.05	3.93	3.79	3.47	3.42	3.59	3.52	2.49	2.34	3.56	3.24	4.23	3.56	3.20
0	70	3.28	4.15	4.59	3.72	3.48	3.32	3.07	3.08	3.33	3.39	2.45	2.35	3.35	3.26	3.93	3.16	3.06
0	80	3.25	4.07	4.39	3.32	2.96	2.82	2.64	2.70	3.01	3.18	2.36	2.31	3.08	3.21	3.56	2.72	2.85
0	90	3.16	3.91	4.12	2.86	2.43	2.29	2.19	2.27	2.62	2.90	2.21	2.22	2.76	3.10	3.14	2.25	2.58

計算式を3ページに示す。



図一 データ記録装置イメージ

(5) 蓄電池の仕様検討

本設備で設置する蓄電池はその運用形態から毎日、充放電が繰り返される。これを放電深度が深いと言う。蓄電池はこの放電深度を元に寿命が変動する。広く使用されているMSE形蓄電池は安価に購入する事が出来るが、本施策の運用条件では、その実験期間である5年間の運用に耐えられず、その寿命は1.4年となる。また、高効率、高寿命で知られるリチウムイオン電池は小型かつ軽量である事から、特に設置スペースが限られている本取り組みの場合では優位性はあるが、放電深度が深い条件での運用は試験中であり、その効果は未知のものとなっている。また、インシヤルコストが非常に高価であり、MSE形蓄電池の10倍以上となる。制約の多い本施策では導入出来る物では無く、費用対効果という面でも過剰な設備投資と言わざるを得ない。そこで、本施策ではMSE形蓄電池をベースに改良し、寿命を大幅に向上させ、インシヤルコストはMSE形のおおよそ1.5倍程度であるSLE形と呼ばれる蓄電池が最適と判断し

た。一般的な蓄電池の性能比較表を表一2に示す。

表一 蓄電池比較表

型式	MSE	SLE	Li-ion
種類	制御弁式鉛蓄電池	制御弁式鉛蓄電池	リチウムイオン電池
公称電圧	2V, 6V, 12V	2V	3.7V
単電池容量	50~3000Ah	500~1000Ah	40~80Ah
期待サイクル寿命 (DOD70%)	約500サイクル 約1.4年使用可能 △	約2000サイクル 約5.5年使用可能 ◎	1000サイクル以上(試験中) 約2.7年使用可能 ○
価格	安価 ◎	普通(MSEの1.5倍) ○	高価(MSEの10倍以上) △
安全性	○	○	△
設置スペース	△	○	◎
特徴	・長年の納入実績により高信頼	・MSE電池をベースにサイクル寿命性能を向上	・高エネルギー密度 ・小形軽量 ・大電流充放電特性に優れる ・単電池ごとに充電制御を行う必要があり充電制御が複雑になる。
総合評価	○	◎	△

DOD(放電深度):Depth of Discharge

3. 法的 (電気事業法等) な制約

(1) エネルギー供給構造高度化法によるもの

余剰電力を電力会社に売電 (系統連係, 逆潮流あり) する場合、その契約種別は公衆街路灯契約であってはならない、また、余剰電力を電力会社に売電 (系統連係, 逆潮流あり) する場合、インバータ容量に対する自家消費電力の割合が50%以上であることがエネルギー供給構造高度化法によって平成21年8月28日に施行された。技術的な面においては、設計段階で考慮すれば問題は無いが、商用側との契約を行う際には元契約との兼ね合いから電気料金の増減が見込まれるため、留意しなければならない。

(2) 商用側都合によるもの

北海道電力の契約約款によると、1構内 (1需要場所) につき1契約としての扱いである事から、太陽光発電設備のための受電を別途契約する事が出来ない。これは北海道電力から需要家である道の駅の受電点を本設備の局舎とし、そこから太陽光発電向のものと、それ以外の道の駅電気設備向のもので配電することにより解決した。なお、既設は構内に設置された分電盤から受電を行っている。本取り組み終了後は元の運用に戻すため、既設設備は廃棄せず休止扱いとした。

太陽電池容量計算書 (対象負荷：駐車場照明及び太陽光発電関連機器 放電深度：70%)

1. 太陽電池容量計算

太陽電池容量と負荷消費電力量との関係は次式で表される。

$$P_{AS} = \frac{E_L \times D \times R}{(H_A / C_S) \times K}$$

P_{AS} : 基準状態における太陽電池アレイ出力 (kW)

基準状態：AM1.5、日射強度1000W/m²、太陽電池セル温度25℃

E_L : ある期間における負荷消費電力量 (需要電力量) [kWh/期間]

対象負荷 (駐車場照明及び道路照明)

$$\left. \begin{array}{l} \textcircled{1} 1.20\text{kW} \times \text{需要率}1.0 \times 12\text{h} = 14.40\text{kWh/日} \\ \textcircled{2} 0.41\text{kW} \times \text{需要率}0.5 \times 24\text{h} = 4.92\text{kWh/日} \end{array} \right\} 19.32\text{kWh/日}$$

①NHT180W (0.24kW) × 5台 = 1.2kW

②太陽光発電関連機器 (0.3kW + 0.11kW) = 0.41kW

D : 負荷の太陽光発電に対する依存率 一般的に 1.0

R : 設計余裕係数 (確定した日射量の確からしさなどの設置環境にともなう補正)
一般的に 1.1

H_A : ある時期に得られるアレイ面日射量 [kWh/(m²・期間)] (3.69)
恵庭島松 方位角0°, 傾斜50° の値

C_S : 基準状態における日射強度 [kW/m²] 一般的に 1.0

K : 総合設計係数 (太陽電池モジュール出力のばらつきの補正、回路損失、機器による損失などを含む) 一般的に 0.7

$$P_{AS} = \frac{19.32 \times 1.0 \times 1.1}{(3.69 / 1.0) \times 0.7}$$

$$= 8.22764 \quad (\text{kW}) \quad \underline{\text{よって太陽電池の容量は、9.0kW 以上とする。}}$$

2. 蓄電池容量計算 (放電深度 70%)

蓄電池の種類、不日照日及び放電深度を決定し、次式より算出する。

蓄電池容量Cは次式で表される。

$$C = \frac{L_D \times D_F \times 1000}{L \times V_B \times N \times \text{DOD} / 100}$$

L_D : 1日の積算負荷電力量 [kWh] (19.32)

D_F : 不日照日 [日] (1)

L : 保守率 (0.8)

V_B : 公称蓄電池電圧 [V] (2.0)

N : 蓄電池個数 [個] (128) } インバータ入力電圧を250Vとした場合とする

DOD : 放電深度 [%] (70)

$$C = \frac{19.32 \times 1 \times 1000}{0.8 \times 2 \times 128 \times 70 / 100}$$

$$= 134.8 \quad (\text{Ah}) \quad \underline{\text{よって蓄電池の容量は、140Ah 以上とする。}}$$

4. 想定された懸念事項とその解消について

(1) 設備設置面

道の駅は普段から一般利用者で賑わっており、周囲からは興味を持って見られる事が想定される。その際、誤って設置スペースへ侵入してしまう事例が懸念される。政府としての取り組みの一環であるため、本取り組みを広く知っていただきたく、興味を持っていただけるのは大変ありがたい事ではあるが、不測の事態による一般利用者へ危害が及ぶ事を未然に防ぐ必要がある。そこで本工事では侵入不可の設置看板を立てる事による注意喚起を行うとともに、立入防止柵を設ける事で解決した。

(2) 実運用面

当初検討していたシステムでは、商用電力への切替の際には構内照明が一時的に全て消えてしまう恐れがあった。これは蓄電池からの放電が規定の電圧を下回った際、発電設備から商用電力への切替のために起こる事である。夜間の来客の多い設備にとっては、安全面での配慮をしなければならない。そこで、商用側と発電側それぞれ並行して受電し、電流検知器を設備に設ける事で設備への電流の増減で自動切替を行う事とした。これで一時不点灯になることなく商用側へ切り替えを可能とし、道の駅利用者の安全に配慮した。

また、機器の予期せぬ故障により構内照明全てが不点灯となるのを防ぐため、構内照明を全てを太陽光発電設備の負荷とせず、一部を常時商用側からの受電した。

(3) 設置後の維持管理面

冬期間の積雪、夏期の樹木や雑草の成長による太陽光の遮断により、発電量の低下が懸念されるが、設置位置を堆雪スペースを避けるよう考慮し、雑草の成長や太陽光アレイ付近の積雪については、通常の施設維持管理の中で対応することで整理した。

5. 導入効果の検証と今後の展望について

(1) CO₂削減効果の検証

CO₂削減予想効果を6ページに示す。CO₂削減効果は10,184kg-CO₂となり、環境に資する効果が期待出来る。

北海道開発局では、当初紹介したとおり、道の駅うとろシリエトクにも同等の設備を設置しており、そちらとの実証データを用いる事で、北海道内における地域差を考慮した検証を行い、地域特性という観点からの削減効果の検証を行える。

(2) 今後の導入拡大

本取り組みは試験的な位置付であったが、今後の導入においては日中でも発電電力が有効に活用できるような設備への導入を探りたい。例としてトンネル設備は負荷対象となる設備が、構内照明、ジェットファン、各種通

信機器と豊富であり、防災や実運用の観点から、本工事と同様に商用電力との二重化は必要であるが、対象となる設備の負荷から環境負荷軽減への効果はより大きなものとなると考える。

また、各種情報通信設備においても、屋外に設置する道路情報板やCCTVカメラにおいても、設置条件や運用に慎重な検討が必要となるが、導入拡大の余地はあると考える。

(3) さらなる環境負荷削減のために

本取り組みで対象となった負荷設備である構内街路灯を、より長寿命、省エネルギーであるLEDに変更する事で、さらなる負荷軽減が見込まれる。今後の取得データの推移によっては導入の検討を行いたい。これは太陽光発電による設備の維持の効果の向上を図るとともに、環境負荷への軽減に資する事が出来るため有用であると言える。

なお、一般国道に設置する場合は照明均斉度や隣接のランプ等への影響も考慮する必要があり、冬期間の運用の実績が無いため降雪時どのような影響が出るのかわからないため、慎重な検討が必要である。

6. まとめ

本取り組みで設置した太陽光発電設備は、政府が推進する低炭素社会づくり行動計画を、より推進するための一翼を担うものである。環境負荷軽減に対する施策は注目度が高く、予算や工期に制約がある中で慎重な検討が求められたが、本実験は一定の効果を得られるものと期待している。今後5年間で取得するデータでその効果について検証、最新の技術動向を踏まえ、本格運用に向けての検討を行いたい。

太陽光発電システムの年間予想発電量と環境貢献

発電電力量算出式

$$\text{kWh} = \frac{U \times P_m \times N}{P_o} \times K1 \times K2 \times (1-K3)$$

kWh : 発電電力量(kWh)
 U : 日射量(kWh/m²・day)
 Pm : モジュール出力(W/合)
 N : モジュール台数(台)
 Po : 放射照度(1000W/m²)
 K1 : 温度補正係数
 K2 : パワーコンディショナ効率
 K3 : 汚れ係数・回路損失

15kWシステム算出データ

地名	恵庭		
設置方位	南		
設置傾斜角	50 °		
太陽電池容量 ※2	15 kW		
モジュール出力	180 W	Pm	
モジュール台数	84 台	N	
温度補正係数	6～8月 0.80	K1	
	3～5月 0.85		
	9～11月 0.85		
	12～2月 0.90		
パワーコンディショナ効率	92 %	K2	
汚れ係数・回路損失	7 %	K3	

月	日射量※1 [kWh/m ² ・日]	発電量		
		日発電量 [kWh/日]	日数 [日/月]	月発電量 [kWh/月]
1	3.12	36.3	31	1,125
2	4.07	47.4	28	1,327
3	4.73	52	31	1,612
4	4.31	47.4	30	1,422
5	4.31	47.4	31	1,469
6	4.20	43.5	30	1,305
7	3.81	39.4	31	1,221
8	3.70	38.3	31	1,187
9	3.77	41.5	30	1,245
10	3.56	39.1	31	1,212
11	2.47	27.2	30	816
12	2.27	26.4	31	818
年計	平均: 3.69	平均: 40.0	365	14,759

※1 日射量は基準点データを使用する。
 出典: NEDO「全国日射関連データマップ」【1997】

※2 太陽電池容量は、JIS規格に基づいて算出された太陽電池モジュール出力の合計値である。
 実使用時の出力は日射強度、設置条件(方位・角度・周辺環境)、地域差及び温度条件により異なる。
 瞬時発電量は最大でも上記の損失(K1・K2・K3)により、太陽電池容量の70～80%程度になる。
 注)上記の予想発電量はモジュールにかかる影は考慮していない。

◆環境貢献(年間予想発電量からの算出)

- ・ CO₂排出量年間削減効果
- ・ 石油消費削減効果
- ・ 森林相当面積

年間発電量	火力発電排出係数	CO ₂ 削減効果
14,759 kWh	0.69 kg-CO ₂ /kWh	10,184 kg-CO ₂
	商用電力の原油換算係数	石油消費削減効果
	0.254 L/kWh	3,749 L
日本の森林の年間CO ₂ 吸収量		森林相当面積
0.357 kg-CO ₂ /m ²		28,527 m ²