

4. Bifacialシミュレーション

発電量シミュレーション結果^①

設置環境による予想発電量

Albedo ^②	地面	モジュールの高さ [m]				
		0.2	0.3	0.5	0.7	1
0.15	Soil, meadows	4.92%	5.20%	5.77%	6.18%	6.74%
0.3	Dirt, Gravel, Concrete	8.35%	9.00%	10.01%	10.86%	11.98%
0.5	Sand	12.90%	13.89%	15.65%	16.94%	18.87%
0.7	Snow	17.49%	18.77%	21.23%	23.22%	25.49%
0.85	White membrane	20.84%	22.48%	25.41%	27.74%	30.69%

① LGの内部シミュレーションの結果 (Module Level)

地域：韓国、グミ市 / 南向き

② Albedo：地面によって反射する光の比率。地面の条件によって反射率が変わる

※ 1段アレイのみでの設置条件です。

Tilt Angle Correction Factor

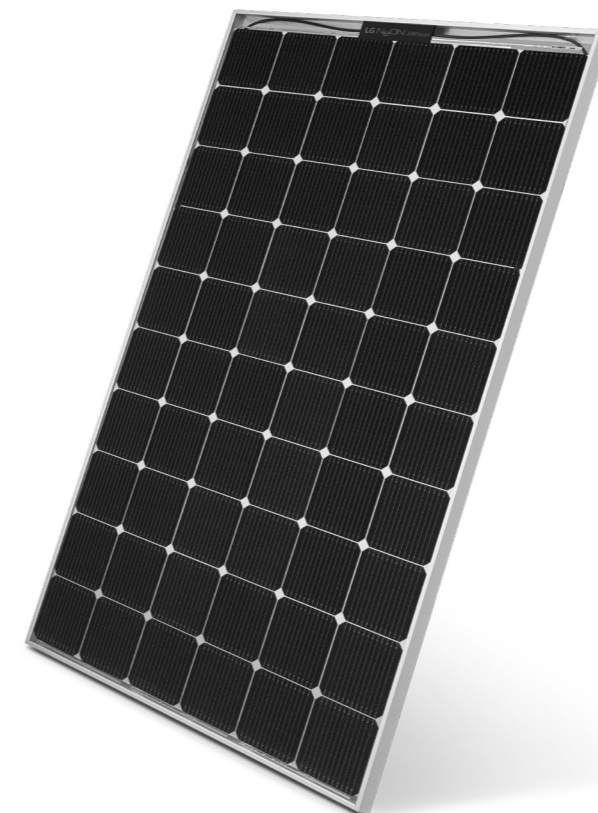
Albedo	モジュール傾斜角 (度)					
	$\theta = 20^\circ$	$\theta = 20^\circ$	$\theta = 25^\circ$	$\theta = 30^\circ$	$\theta = 60^\circ$	$\theta = 90^\circ$
0.3	94%	98%	99%	100%	95%	76%
0.85	91%	96%	98%	100%	102%	93%

より詳しいBifacial Gain情報が必要でしたら、弊社からシミュレーション情報を提供します。

B I F A C I A L

D E S I G N

G U I D E



Contents

1 Basic of Bifacial

- 1-1 Bifacialとは
- 1-2 Bifacial 用語説明

2 Bifacial 設置条件ガイド

- 2-1 Albedo
- 2-2 モジュールの高さ
- 2-3 GCR
- 2-4 Shading
- 2-5 アレイ設計

3 Bifacialシステム設計ガイド

- 3-1 電気的特性
- 3-2 インバーター容量

4 Bifacialシミュレーション

1. Basic of Bifacial

1-1 Bifacialとは

Bifacialは既存の単面発電製モジュールとは異なり、前面だけではなく裏面から取り込む光で追加発電ができる製品です。

Bifacialの期待効果

Bifacialは裏面での追加発電により太陽光システムの経済的な期待効果を高めることができ、最近注目を集めています。

Bifacial PV Module



1-2 Bifacial 用語説明

(1) Bifaciality Coefficient / Bifaciality Factor (BiFi)

Bifaciality Coefficientは、STC条件下での前面と裏面の出力（電流、電圧）の比率です。

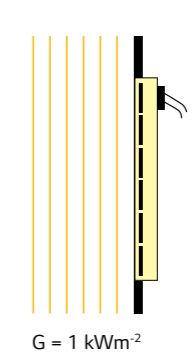
Bifaciality Coefficients

$$\varphi_{ISC} = \frac{ISC_r}{ISC_f}$$

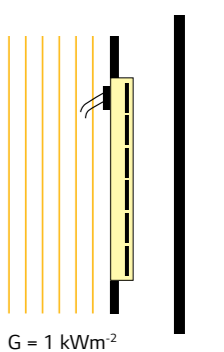
$$\varphi_{VOC} = \frac{VOC_r}{VOC_f}$$

$$\varphi_{Pmax} = \frac{Pmax_r}{Pmax_f}$$

Front-side characterization



Rear-side characterization



* Source : IEC standard 60904-1-2 draft

(2) Bifacial Gain

Bifacial Gainは、前面で発電した電力と裏面で発電した電力の比率です。

$$\text{Bifacial Gain (BG)} = \frac{\text{Energy (Rear)}}{\text{Energy (front)}}$$

* Source : Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE PV Performance Modelling and Monitoring Workshop Cologne, October 23, 2015

2. Bifacial 設置条件ガイド

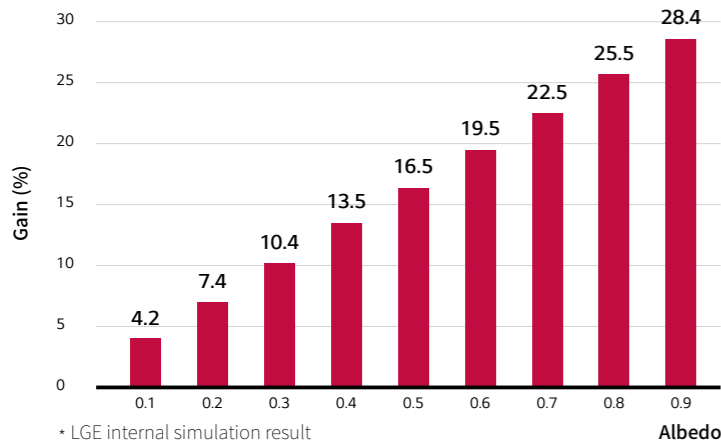
2-1 Albedo

Albedoは、入射する光と反射される光の比率です。反射光が多いほどBifacialの裏面で取り込む光が多く、Gainが増えます。AlbedoはBifacialで一番重要な要素であり、設置する地域のAlbedoはAlbedo表を参考、またはAlbedometerで直接測定が必要です。

$$\text{Albedo} = \frac{\text{反射光}}{\text{入射光}}$$

AlbedoとBifacial Gainの関係

AlbedoによるBifacial Gain



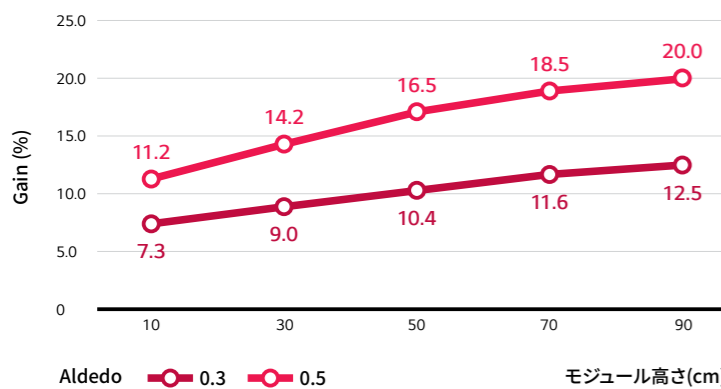
設置環境	Albedo
草	0.15 - 0.25
新雪	0.82
湿雪	0.55 - 0.75
乾いたアスファルト	0.09 - 0.15
コンクリート	0.25 - 0.35
アルミニウム	0.85
亜鉛めっき鋼板	0.35
汚れた亜鉛めっき鋼板	0.08

* Source: PVsyst

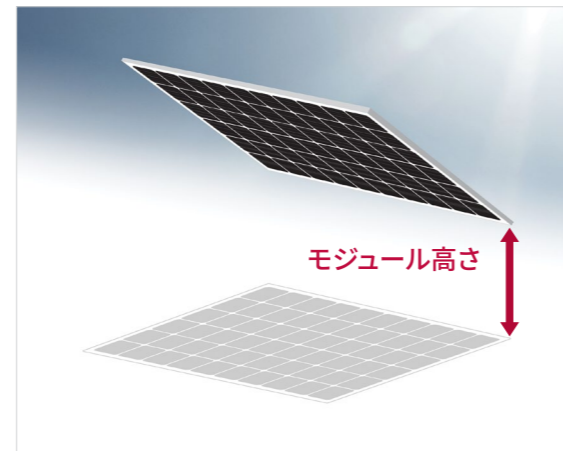
2-2 モジュールの高さ

より多い反射光を確保するためには、モジュールと地面間の距離が重要となります。モジュールの設置高さが高ければ高いほどBifacial Gainは増加します。Bifacialモジュールの設置高さが低いほど、裏面から取組む光が少なくなるためGain効果が低下します。

モジュール高さによるGain



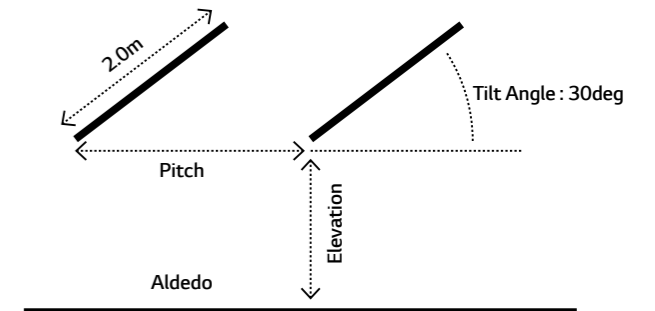
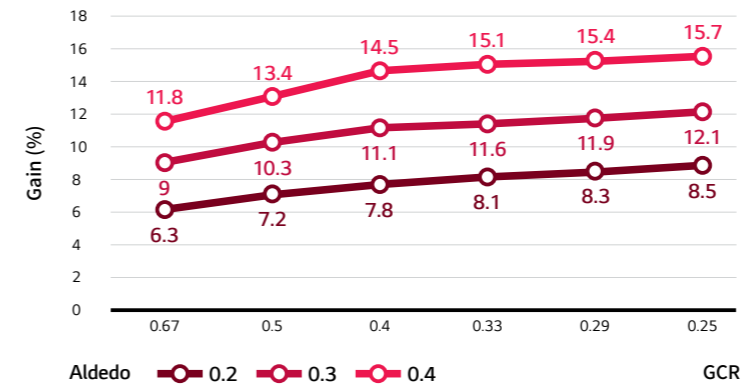
- 1MW システム
- 固定型架台
- 2段横置き設置



2-3 GCR(Ground Coverage Ratio)

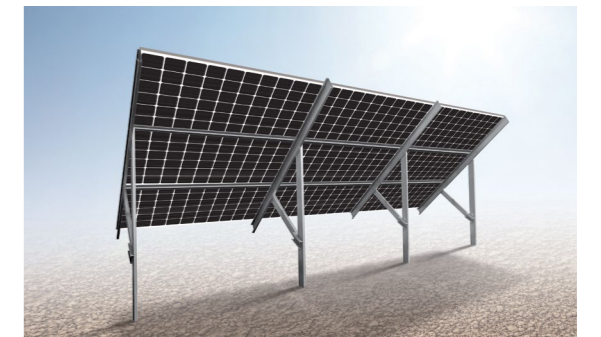
GCRは、設置総面積とモジュール面積の比率です。GCRはアレイ間の距離によって決まり、GCRとアレイ間の距離は反比例します。アレイの間隔が広いほど影の影響が少ないためBifacial Gainが増加します。

GCRによるBifacial Gain



2-4 Shading

架台のデザインや設置方法によっては影が発生しBifacial Gainに影響します。架台のレールの幅、モジュールとレールの距離、レールの数などが影響する為、Bifacial Gainを最大化するためにはBifacialに最適な架台を使用することが重要です。

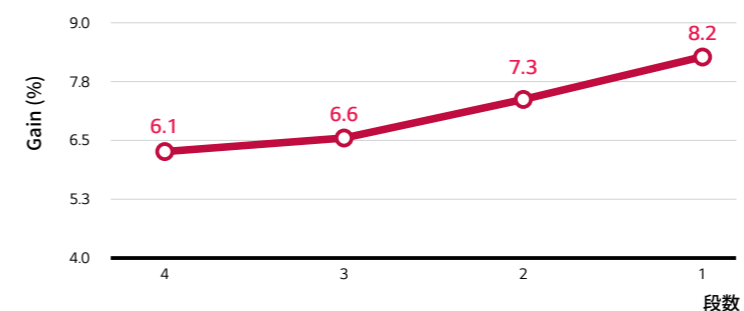


Mounting structure for bifacial (Rail on edge of module)
Source: OPSUN bifacial Racking System.

2-5 アレイ設計

アレイのモジュール段数がBifacial Gainに影響を与えるため、なるべくモジュールの段数を最小化することでより多くのBifacial Gainを得ることができます。

段数によるBifacial Gain



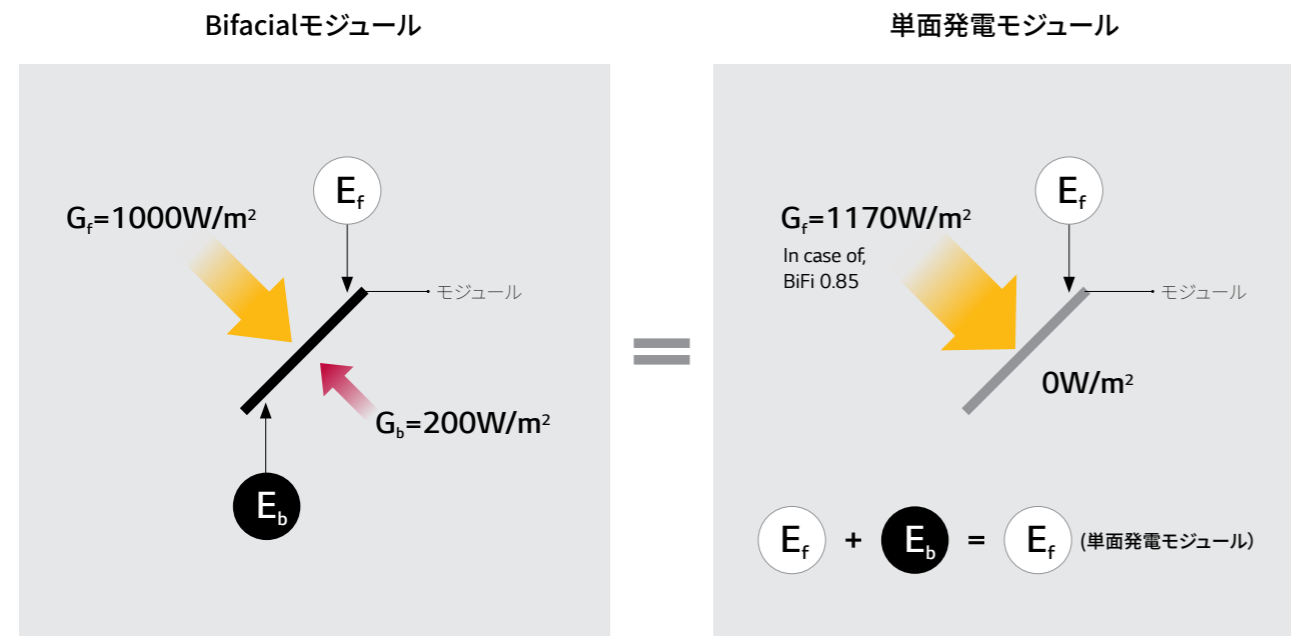
- 地域: California, USA
- 1段~4段 横置き
- アレイ間の距離: GCR 0.4 (1.0m)
(4段: 10m, 3段: 7.5m, 2段: 5m, 1段: 2.5m)
- Albedo: 0.2
- Global Horizontal Irradiation (GHI): 1894.9[mW/m²]

3. Bifacialシステム設計ガイド

3-1 電気的特性

(1) Bifacialモジュールの電気的特性

Bifacialモジュールの発電量は前面と裏面の発電の合計で計算されます。
 これは、単面発電モジュールに前面と裏面を合計した光を照射した際に発生する発電量と同じです。
 従って、Bifacialモジュールの電気的設計は前面と裏面の合計出力を基準に設計されなければなりません。



E_f: 前面発電 E_b: 裏面発電 G_f: 前面入射光 G_b: 裏面入射光

(2) Bifacialモジュールの電気的特性判断

10%のGainが予想される場合は、10%のGainに該当する電気的な仕様をデータシートで参考し、該当値を基準としてケーブルや保護装置の仕様を選定する必要があります。

Model		LG NeON [®] 2 Bifacial						
		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%
公称最大出力 (Pmax)	[W]	315	331	347	362	378	394	410
公称最大出力動作電圧 (Vpm)	[V]	33.5	33.5	33.5	33.5	33.6	33.6	33.6
公称最大出力動作電流 (Ipm)	[A]	9.41	9.88	10.36	10.80	11.25	11.72	12.20
公称開放電圧 (Voc)	[V]	40.8	40.8	40.8	40.8	40.9	40.9	40.9
公称短絡電流 (Ioc)	[A]	10.12	10.63	11.14	11.64	12.11	12.65	13.12

3-2 インバーター容量

(1) インバーター容量の選定方法

インバーター容量の選定もまた、予想されるGainを考慮したSTC出力基準にて選定されなければなりません。
 しかし、単面発電モジュール基準、同一のDC-AC ratioでBifacial Gainにより実際の出力は上昇するためDC-AC ratioは増加され、場合によりClipping Lossが上昇することがあります。

従って、インバーター容量を選定の時は予想Clipping Lossを考量して選ぶべきで、設置状況によりインバーター容量の適用方法は異なります。

- ① Gainと関係なく単面発電モジュールと同一のインバーター容量を適用 (Clipping Loss上昇)
- ② モジュール数を減らしシステム容量を単面発電モジュールと同様に適用 (Clipping Loss同一、Nominalシステム容量減少)
- ③ 予想されるGainを考慮しDC容量を選定後、インバーター容量を増加 (Clipping Loss同一)

	単面発電モジュール	LG NeON [®] 2 Bifacial		
Nominal Power@Front (W)	315	315 ^①	315 ^②	315 ^③
Real Power (W)	315	347 (10% gain)	347 (10% gain)	347 (10% gain)
System Capacity (kW) with Real Power	90.7	99.9	90.2	99.9
Module Q'ty	288	288	260	288
Inverter (kW)	75	75	75	83
DC-AC ratio (%)	121	133	120	120
Expected Clipping Loss (%)	-0.3	-1.5	-0.3	-0.3

DC-AC ratio = DC Capacity / AC Capacity

(2) DC-AC ratioを考慮したインバーター選定 case

以下の表は特定地域を基準でGainによるDC-AC ratioとClipping Lossをシミュレーションした参考資料です。
 Clipping Lossは地域(気候条件)により異なることがあります。

PV Module	単面発電モジュール	LG NeON [®] 2 Bifacial			
		5%	10%	15%	20%
Gain		5%	10%	15%	20%
Output Power (Wp)	315	331	347	362	378
DC-AC ratio (%)	114	120	126	131	137
Clipping Loss Rate (%)	-0.1	-0.3	-0.7	-1.3	-2.0
DC-AC ratio (%)	121	127	133	139	145
Clipping Loss Rate (%)	-0.3	-0.8	-1.5	-	-
DC-AC ratio (%)	128	134	141	147	153
Clipping Loss Rate (%)	-0.9	-1.6	-	-	-

Based Recommended Not Recommended (over 2% Clipping Loss)