

岡谷酸素太陽光発電所の運転性能に関する評価報告 No.6

日本大学 理工学部

西川 省吾

1. 概要

今回は以下の 4 点について述べる。

①気象状況（毎回報告）

太陽光発電の発電性能に影響する気象状況（日射量，積雪量）について実績値を示す。また，参考に昨年との比較を行う。

②連続運転特性（毎回報告）

一般エリア，角度検証エリアにおける 1 カ月毎の発電実績の解析結果を示す。

③ストリング出力特性（毎回報告）

角度検証エリアのストリング毎の出力特性を示す。

④経年変化（毎回報告）

運転 2 年目に入ったことから，過去の同月の運転特性と比較することにより，経年変化の状況を示す。

2. 試験設備の仕様

表 1 にモジュール，表 2 に一般エリアのアレイ，表 3 に角度検証エリアのアレイの仕様を示す。

表 1 中の曲線因子 FF は $P_m / (V_{oc} \times I_{sc})$ で求められる。

また，表 2 以後の「SF」は「ソーラーフロンティア」の略である。

表 1 モジュールの仕様

メーカー		ソーラーフロンティア	三菱電機	京セラ
型 式		S155-S	PV-MGJ250BBFR	KS242P-3CF3CE
種 類		CIS	単結晶Si	多結晶Si
性能	公称最大出力 P_m [W]	155	250	242
	公称開放電圧 V_{oc} [V]	109	37.4	36.9
	公称短絡電流 I_{sc} [A]	2.2	8.8	8.8
	公称最大出力動作電圧 V_{pm} [V]	82.5	30.2	29.8
	公称最大出力動作電流 I_{pm} [A]	1.88	8.28	8.13
	モジュール変換効率 η [%]	12.6	15.2	14.7
	曲線因子 F.F.	0.65	0.76	0.75

表2 一般エリアのPCS別アレイの仕様

PVメーカー	モジュール Pm [W]	アレイ構成			アレイ電気特性				
		モジュール直列数	ストリング並列数	モジュール枚数	Voc[V]	Isc[A]	Vpm[V]	Ipm[A]	Pm[kW]
三菱①	250	10	40	400	374	352	302	331	100
三菱②	250	10	40	400	374	352	302	331	100
三菱③	250	10	42	420	374	370	302	348	105
三菱合計		10	122	1,220					305
京セラ①	242	10	44	440	369	387	298	358	106
京セラ②	242	10	46	460	369	405	298	374	111
京セラ③	242	10	44	440	369	387	298	358	106
京セラ合計		10	134	1,340					324
SF①	155	4	178	712	436	392	330	335	110
SF②	155	4	156	624	436	343	330	293	97
SF③	155	4	172	688	436	378	330	323	107
SF合計		4	506	2,024					314

表3 角度検証エリアのPCS別アレイの仕様

PVメーカー	モジュール Pm [W]	アレイ構成			アレイ電気特性				
		モジュール直列数	ストリング並列数	モジュール枚数	Voc[V]	Isc[A]	Vpm[V]	Ipm[A]	Pm[kW]
京セラ	241	10	4	40	369	35	298	33	9.64
SF	155	4	15	60	436	33	330	28	9.30

注:4種類の傾斜角度(0°, 10°, 20°, 30°)全てに共通

3. 解析結果

3.1 気象状況

図1に2014年と2015年の各月の「平均日積算水平面日射量」を示す。

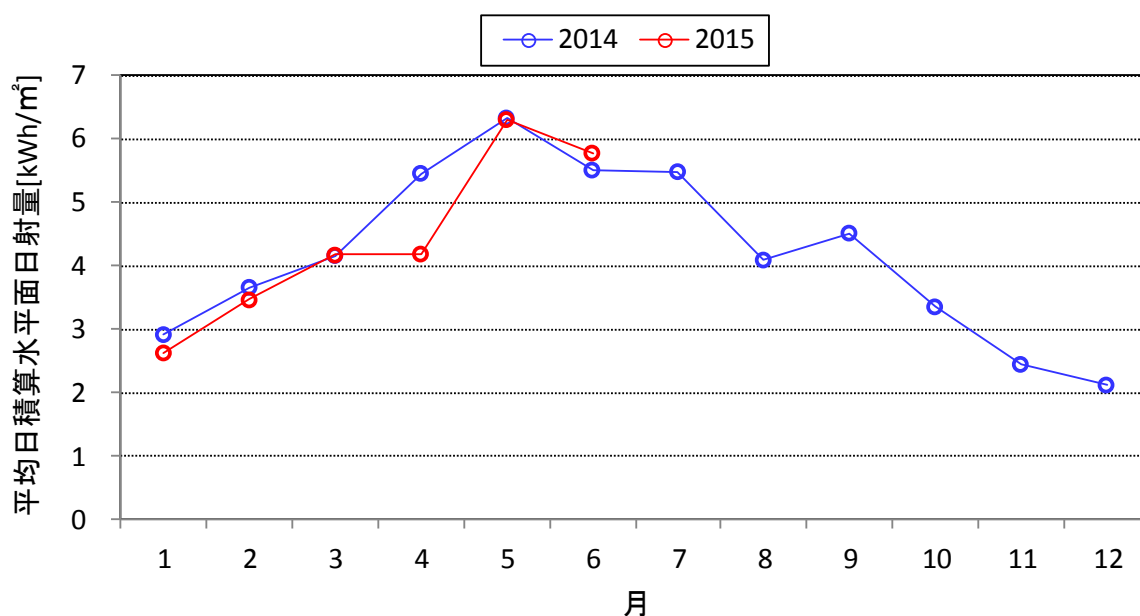


図1 平均日積算水平面日射量

ただし、2015年6月は日射計の不具合により1～10日の平均値である。

図1からわかる通り、概ね昨年とほぼ同じ値を示しているが、4月は1kWh/m²以上も低下している。内訳をみるため4月の2年分の日積算水平面日射量を図2に示す。この図から分かる通り、月の前半は2015年の値が2014年に比較して低日射量の日が連続している。

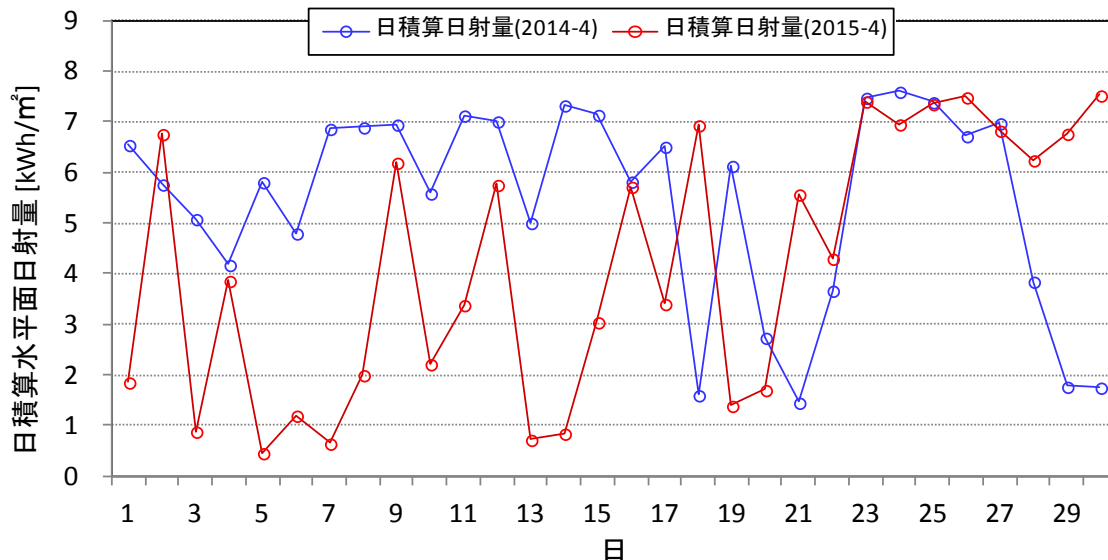


図2 日積算水平面日射量

3.2 連続運転特性

3.2.1 一般エリア

2015年1～6月の月積算発電量を図3に示す。何れもパワーコンディショナの(AC)出力電力量である。なお、3種類の太陽電池は定格容量、面積ともに異なるため、性能が比較できるように、太陽電池容量1kW当りの発電量と太陽電池面積1m²当りの発電量を、各々、図4、図5に示した。

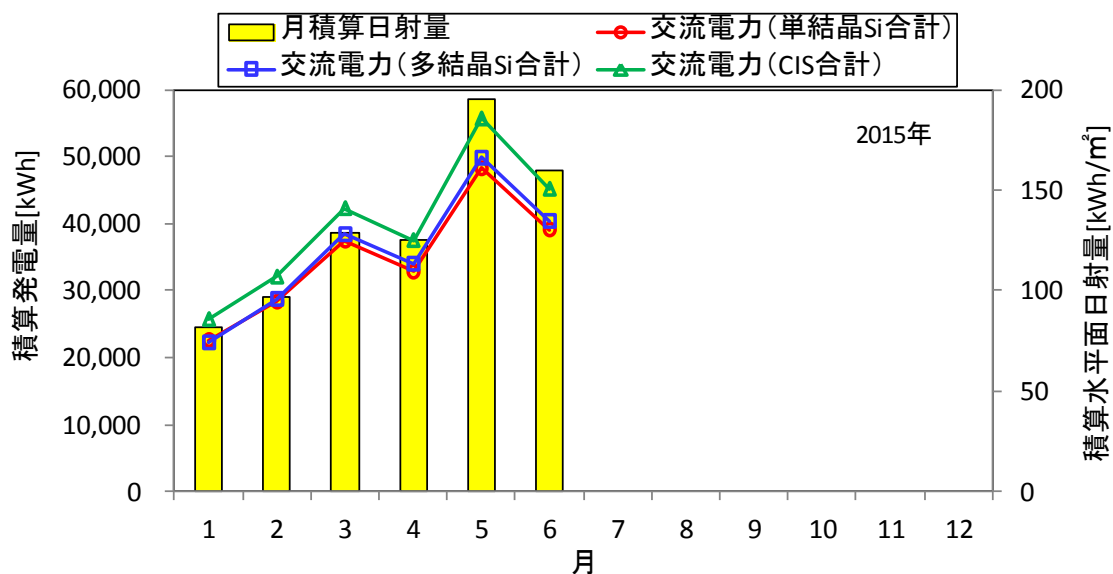


図3 積算発電量

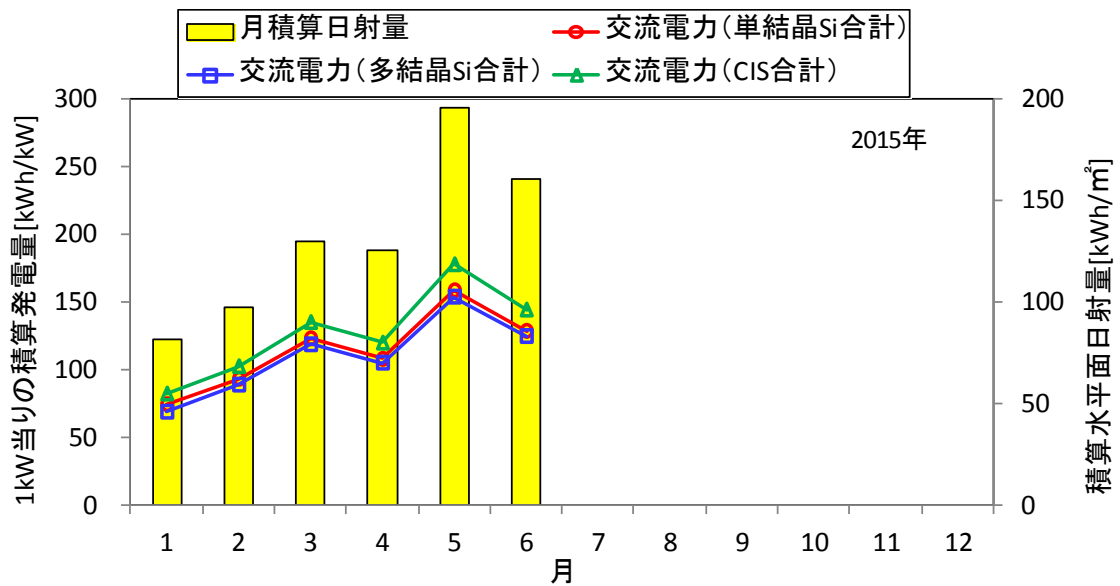


図4 太陽電池 1kW 当りの積算発電量

注：単結晶 Si（仕様値 305kW），多結晶 Si（仕様値 325kW），CIS（仕様値 314kW）

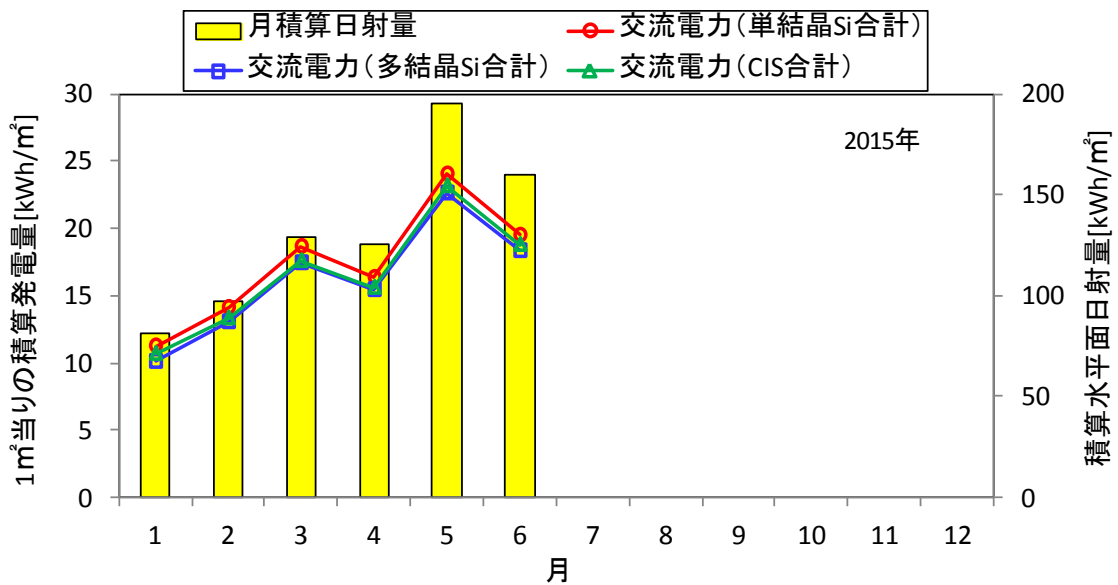


図5 太陽電池 1 m²当りの積算発電量

注：単結晶 Si（2,009 m²），多結晶 Si（2,205 m²），CIS（2,407 m²）

1kW 当りの発電量において多結晶 Si が他に比較して低いが、これは仕様値（表 2 参照）に対する実際の太陽電池モジュールの Pm（工場データの値）が、太陽電池により異なることが大きな原因であり、多結晶 Si の（実力(工場データ)/仕様値）が他の太陽電池に比べて低い領域に数多く分布していることが主な理由である。（詳しくは報告No.5 を参照）

水平面日積算日射量と各太陽電池の日積算発電量の相関関係を、図6（2015年3月）、図7（2015年4月）、図8（2015年5月）および図9（2015年6月）に示す。日射量と発電量はほぼ比例するが、図から分かる通り高日射になると CIS の発電量が他に比較して高くなっていることが確認できる。

また、5月には日射量が $5.5\text{kWh}/\text{m}^2$ 付近（点線内）で発電量が飛びぬけて大きくなっている日があるが、この理由は不明である。（想定できる原因としては、日射量の記録が本来の値よりも低くなっており、発電量との相関がとれていないことが考えられるが、確認はできない。）

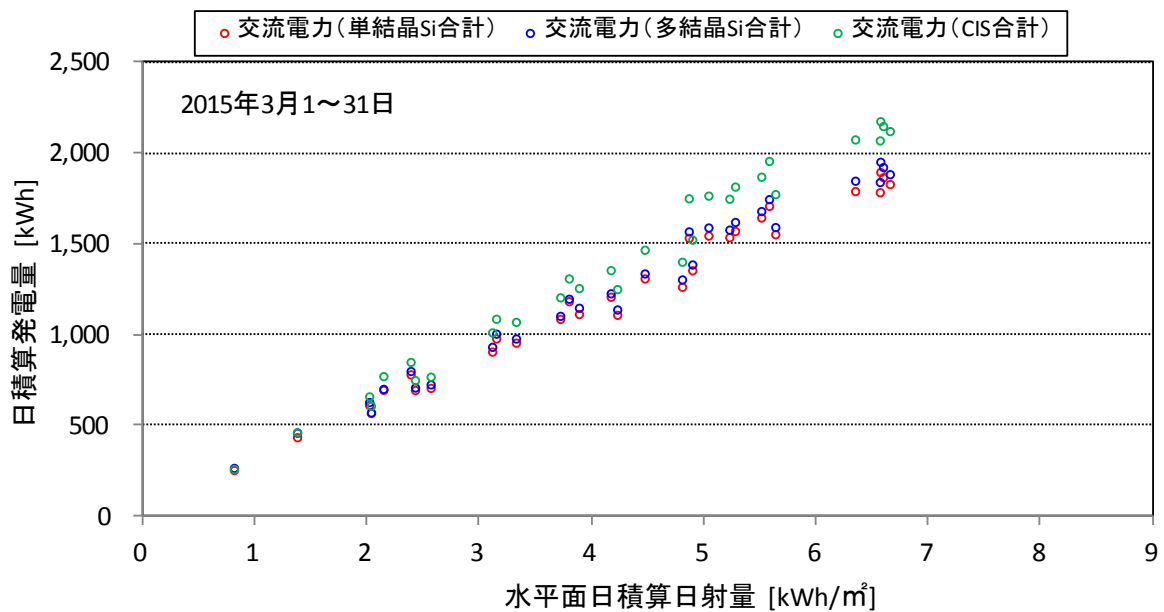


図6 水平面日積算日射量と 1kW 当りの日積算発電量の関係（一般エリア：2015年3月）

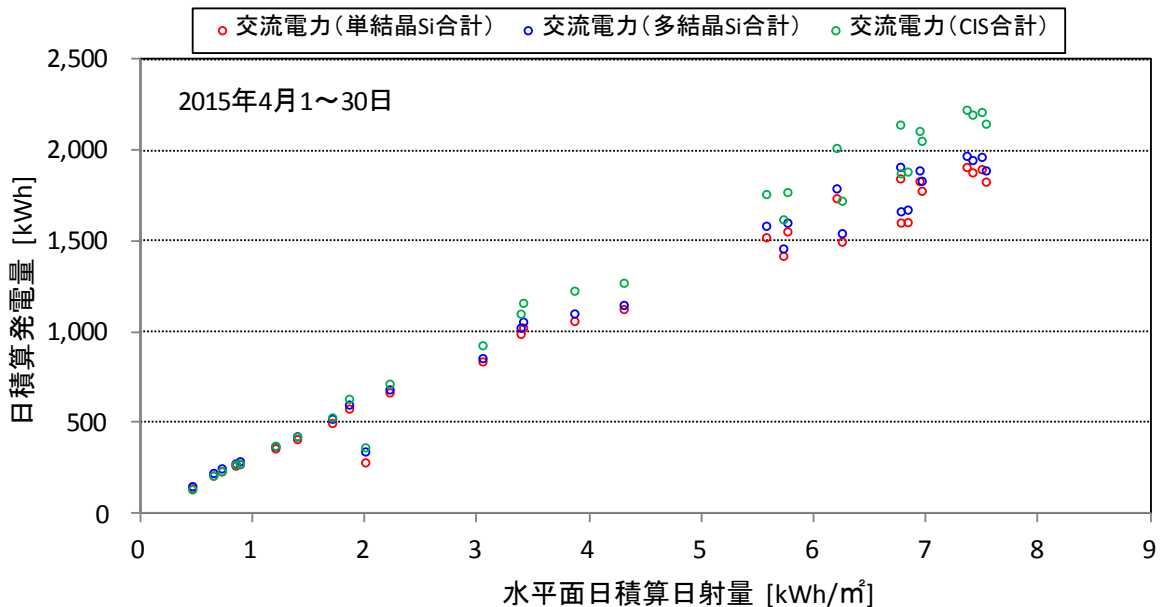


図7 水平面日積算日射量と 1kW 当りの日積算発電量の関係（一般エリア：2015年4月）

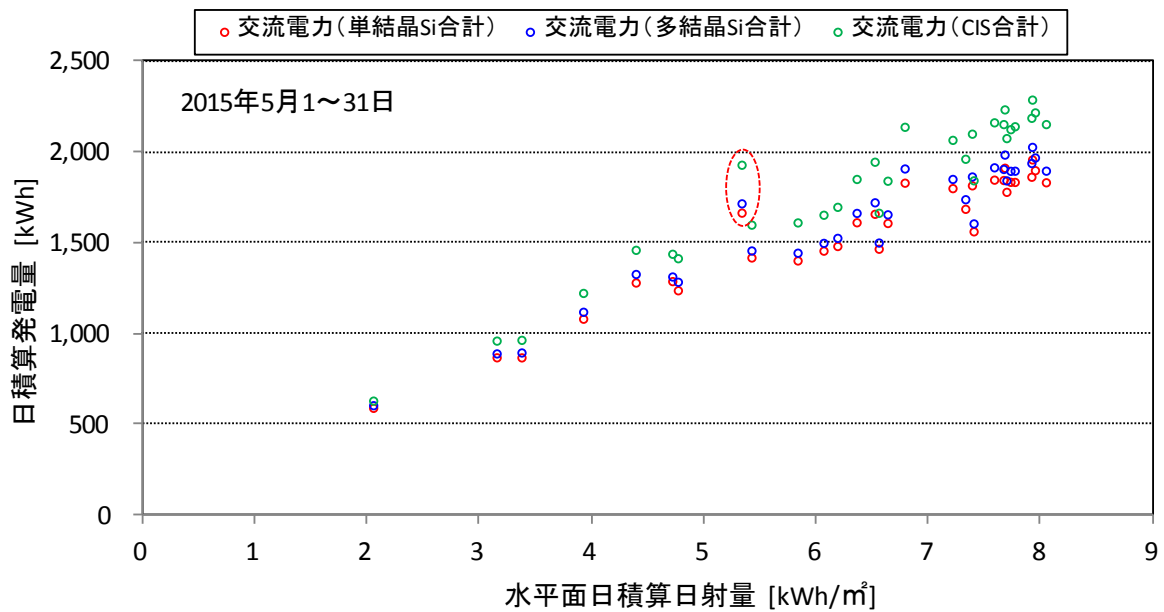


図8 水平面日積算日射量と1kW当りの日積算発電量の関係（一般エリア：2015年5月）

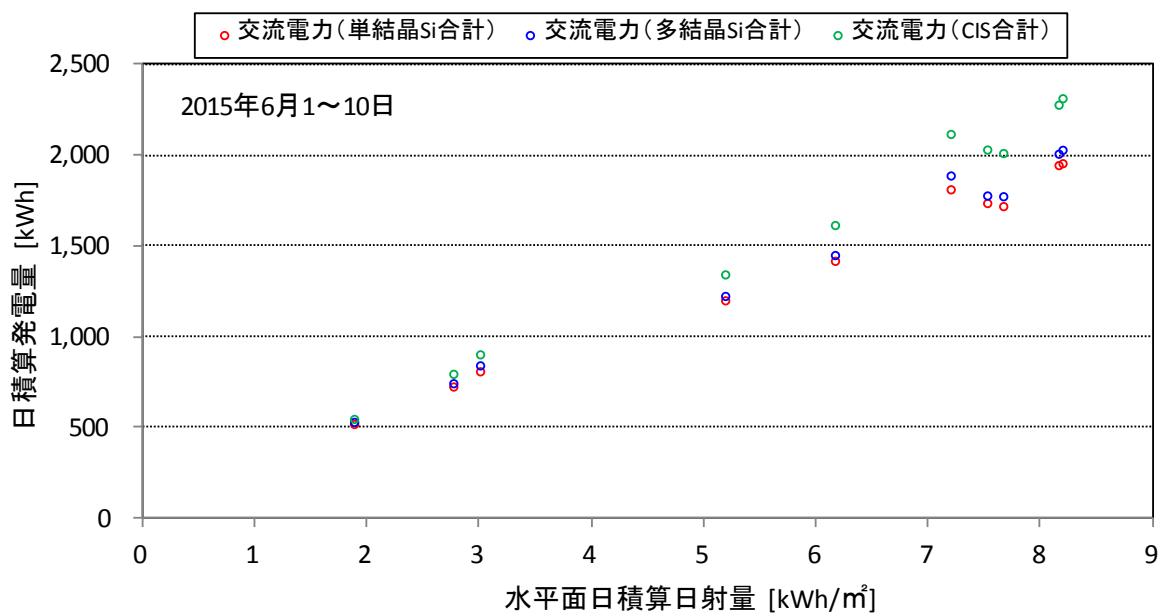


図9 水平面日積算日射量と1kW当りの日積算発電量の関係（一般エリア：2015年6月）

3.2.2 角度検証エリア

多結晶Siにおける傾斜角度毎の月積算発電量を図10に示す。また、角度毎の比較を容易にするため、傾斜角 20° の発電量を1とした場合の相対値を図11に示す。なお、図10の6月の日射量データは現地では10日までしか取得できていないため、11日以降は参考として気象庁が公表している「長野」の値を引用している。

これらの図より3月までは傾斜角度 30° の発電量が最大であったが、4、5月は傾斜角度の違いによる差がほとんどなく、6月になると 30° が最小になっている。また、3月から5月までは発電量比が全て1未満となり、 20° が最大の発電量ということが分かるが、6月には太陽高度が一段と高くなったことから 0° 、 10° がほぼ1まで増加している。

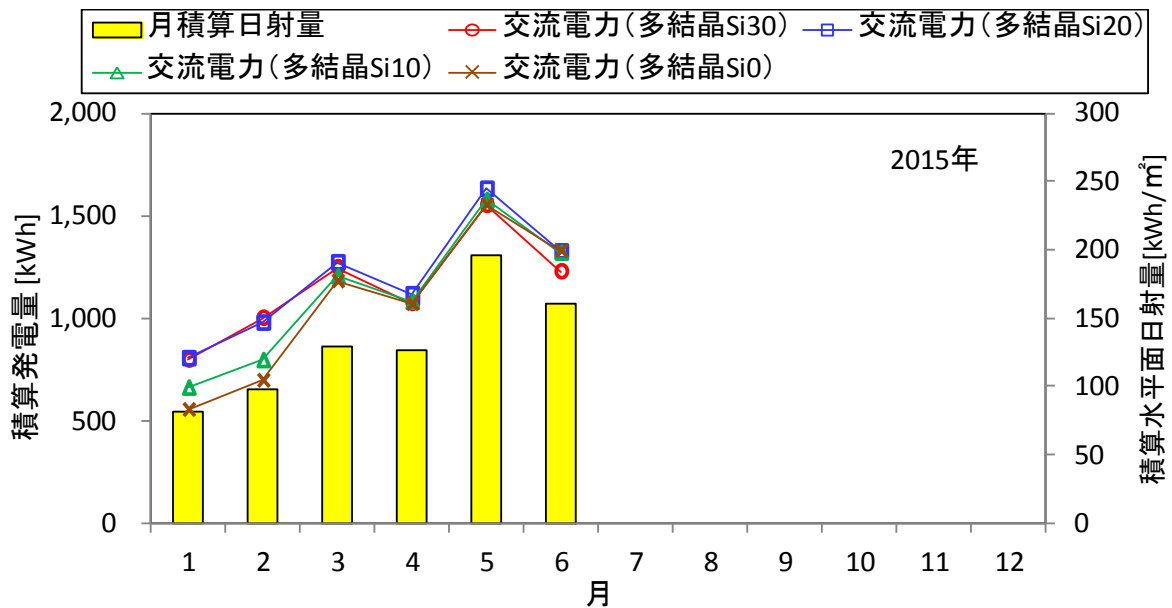


図 10 傾斜角度毎の月積算発電量（角度検証エリア，多結晶 Si）

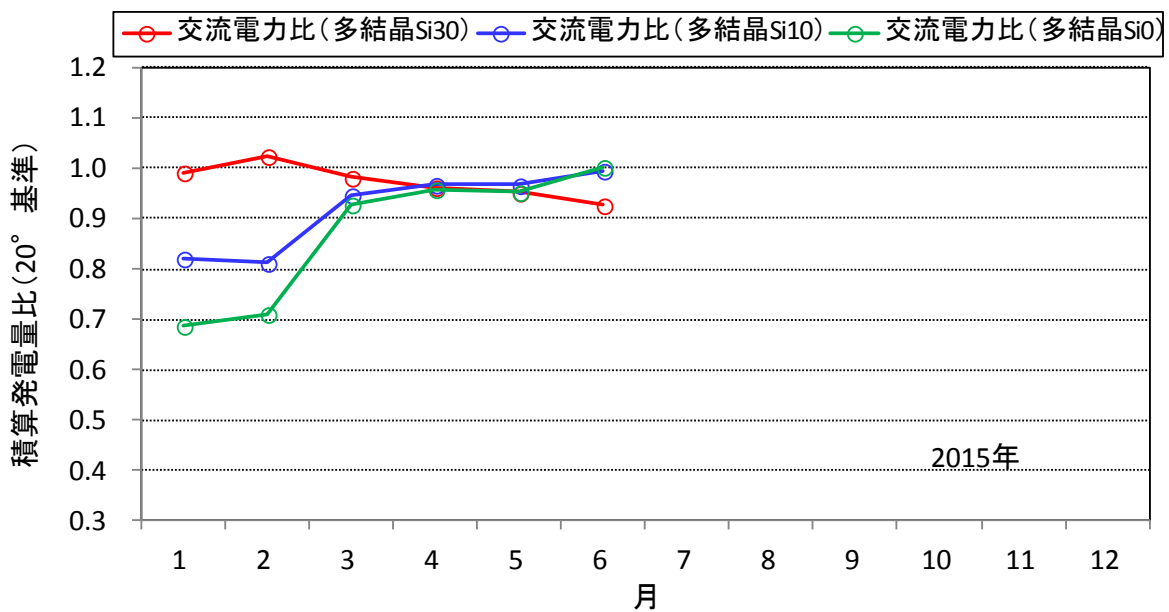


図 11 月積算発電量比（角度検証エリア，多結晶 Si，傾斜 20° 基準）

3.3 スtring出力特性

傾斜角度毎に 4 本の String があるが，主に前列アレイの影による String 間での発電量のばらつきの有無を調査した。多結晶 Si における 2015 年 3 月の結果を図 12，同年 6 月の結果を図 13 に示す。String は最前列で最も低い String の電力を「電力 1」，その上を「電力 2」，「電力 3」とし，最後列で最も高い位置にある String の電力が「電力 4」である。何れの図も「電力 4」を基準にした相対値である。

これらの図より，電力 2～4 は何れの傾斜角度においてもほとんど差が無いことが分かる。一方，最下段の電力 1 は傾斜角度に違いによるばらつきがあり，特に傾斜角度 30° における値が低い。これは，30° は前列アレイの影の影響を最も受けやすく，その中でも電力 1 は最前列の最も低い位置にあり，影のかか

る時間が最も早く、かつ影が抜ける時間が最も遅いためである。電力1の具体的な値は、太陽高度が高い6月では0.95であるのに対し、3月は0.9まで低下している。

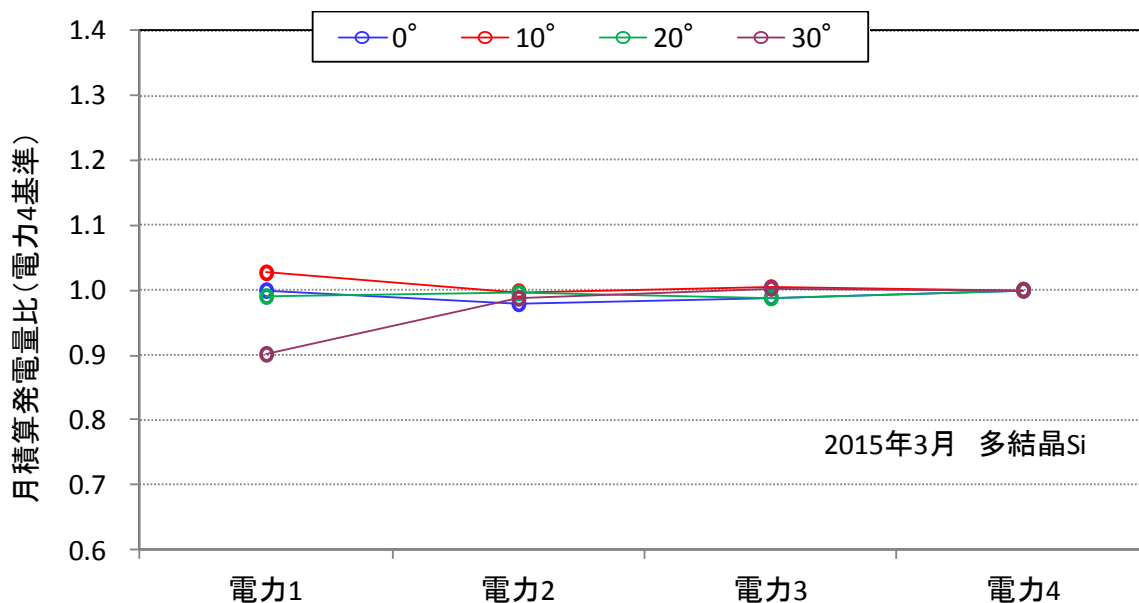


図 12 各ストリングの月積算発電量比 (多結晶 Si : 2015 年 3 月)

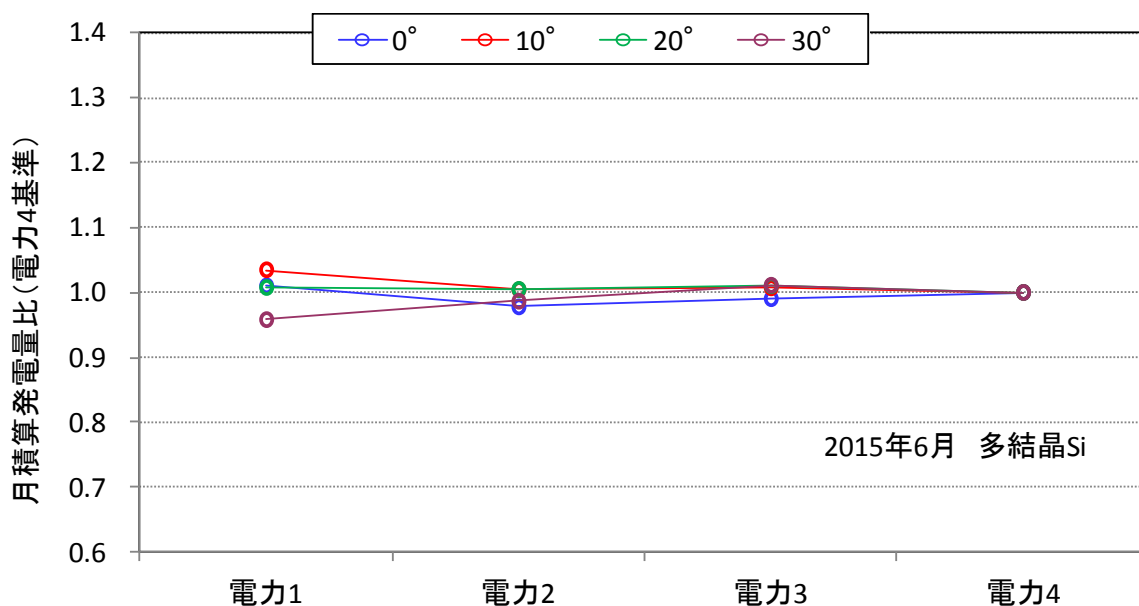


図 13 各ストリングの月積算発電量比 (多結晶 Si : 2015 年 6 月)

3.4 経年変化

太陽電池の発電特性について経年変化の有無を把握するため、1年前のデータと日積算発電量を比較した。角度検証エリアの多結晶 Si の例として、傾斜角度 0° の結果を、図 14 (4月) と図 15 (5月) に示す。

これらの図より、日射量が低い日の発電量は 2014 年と 2015 年で差がほとんど見られないが、5月では日射量が 6kWh/m²日以上になると 2015 年の値が若干、低くなっていることが分かる。

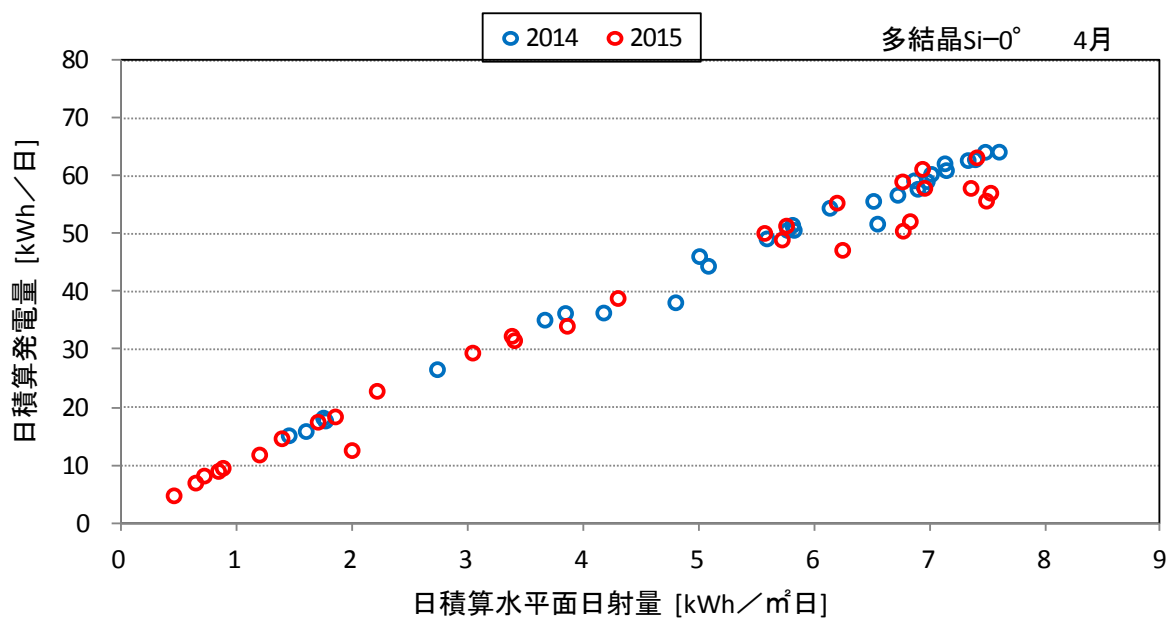


図 14 日積算発電量の経年変化（多結晶 Si，傾斜角 0°，4 月）

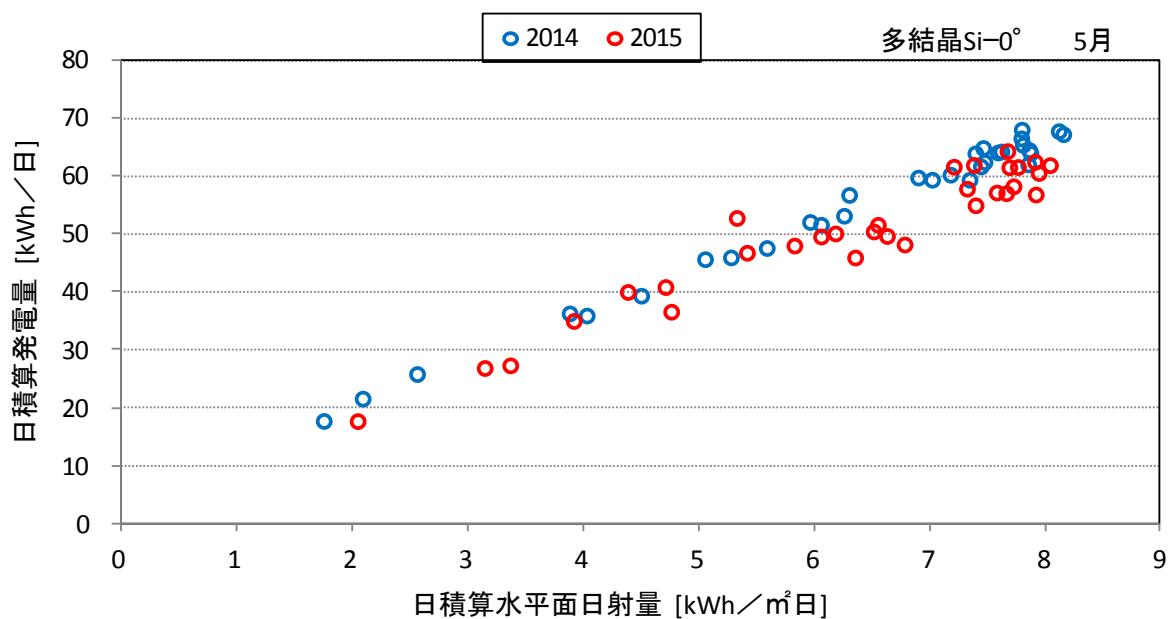


図 15 日積算発電量の経年変化（多結晶 Si，傾斜角 0°，5 月）

日射量以外で発電量に影響を及ぼす要因として太陽電池温度が挙げられる（太陽電池温度が高いほど発電効率は低下する）。しかしながら、現地では温度としては外気温のみ計測しているため、その影響を評価するため 5 月における昼間（6～18 時）の平均気温を図 16 に示す（太陽電池温度は外気温とともに上昇する）。これより、2014 年と 2015 年では平均気温に差は見られないことから、発電量低下の原因として経年劣化も考えられるが継続して観測する必要がある。なお、6 月については 2015 年の日射データが 10 日間しか無いため 2014 年との比較はしていない。

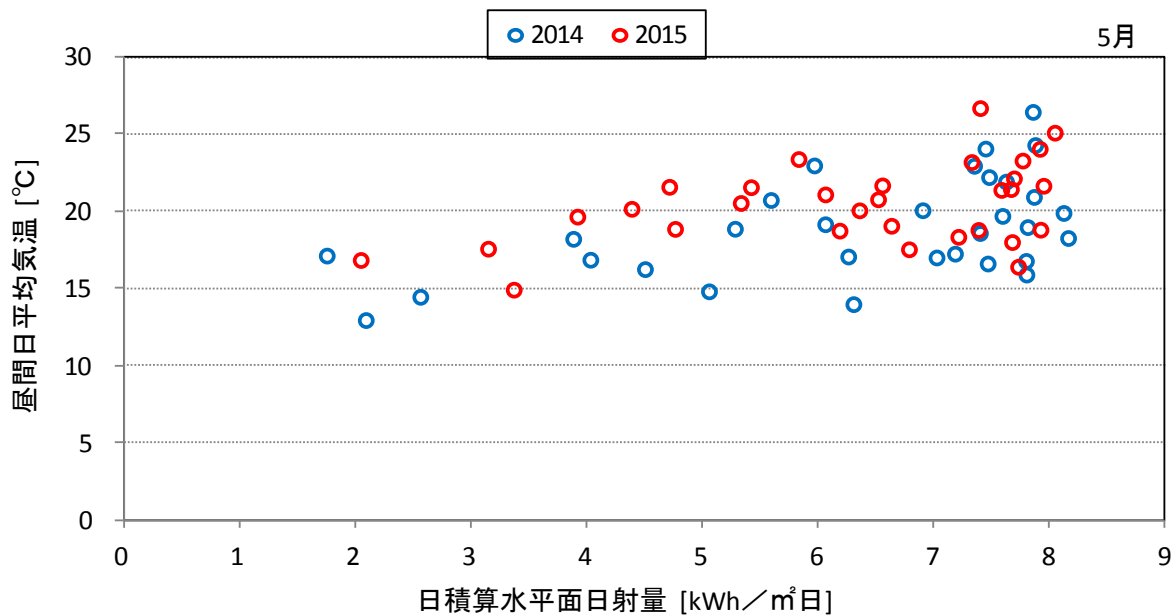


図 16 昼間の日平均気温（多結晶 Si，傾斜角 0°，5月）

次に、角度検証エリアの CIS の例として、傾斜角度 0° の結果を、図 17（5月）に示す。これより、CIS の場合、2014 年と 2015 年では発電性能に差の無いことが分かる。

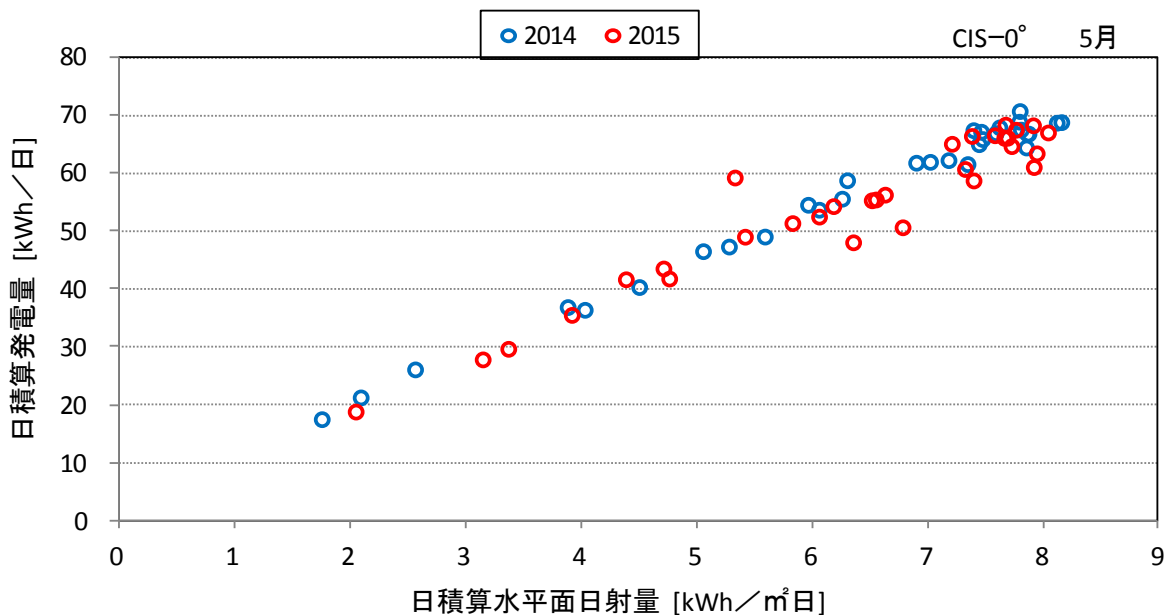


図 17 日積算発電量の経年変化（CIS，傾斜角 0°，5月）

4. まとめ

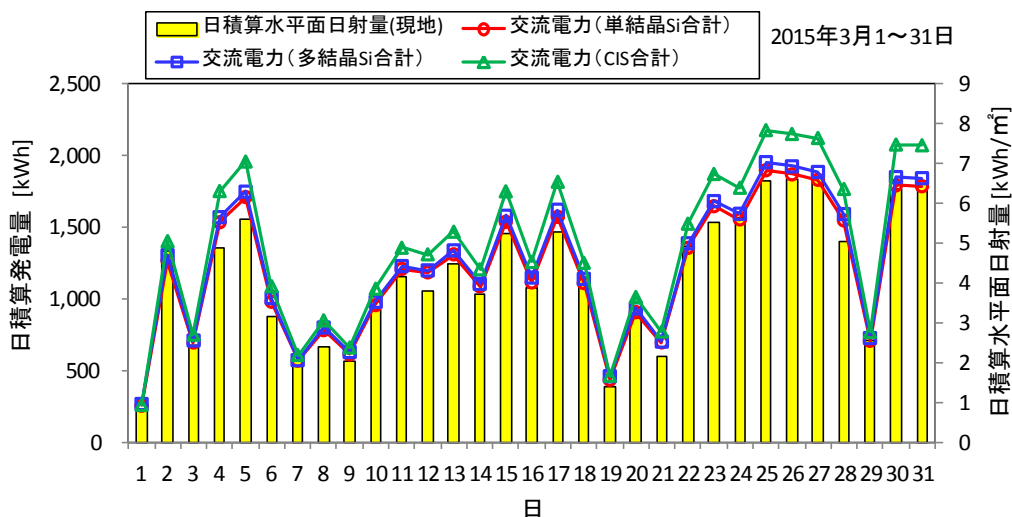
本報告では 2015 年 3～6 月の 4 ヶ月間について、月ごとの発電性能を評価した。

その結果、5 月に関して多結晶 Si の発電性能が、昨年に比べて高日射時に若干、低下気味であること

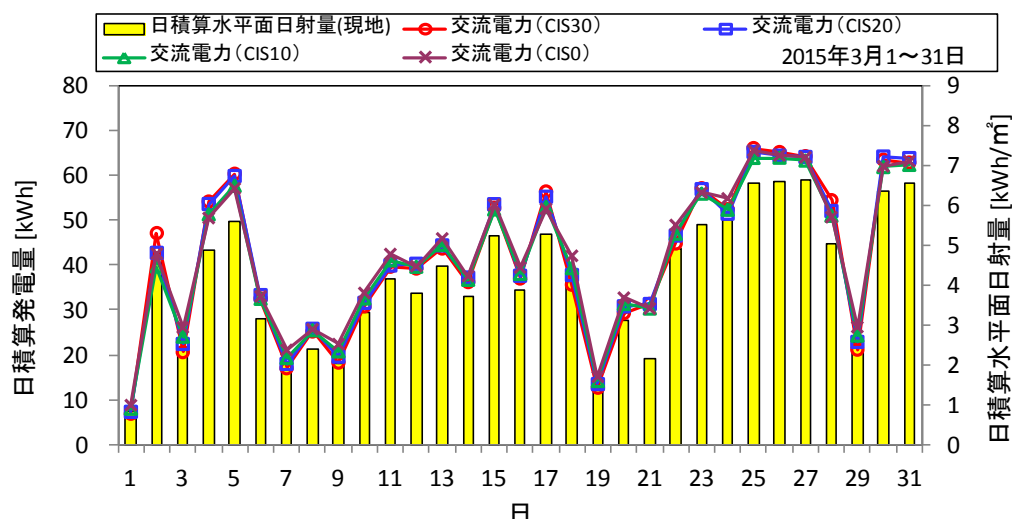
を確認した。ただし、経年劣化と断定するには不十分で、今後、継続して観察する必要がある。一方、CIS では昨年との差は見られなかった。

以上

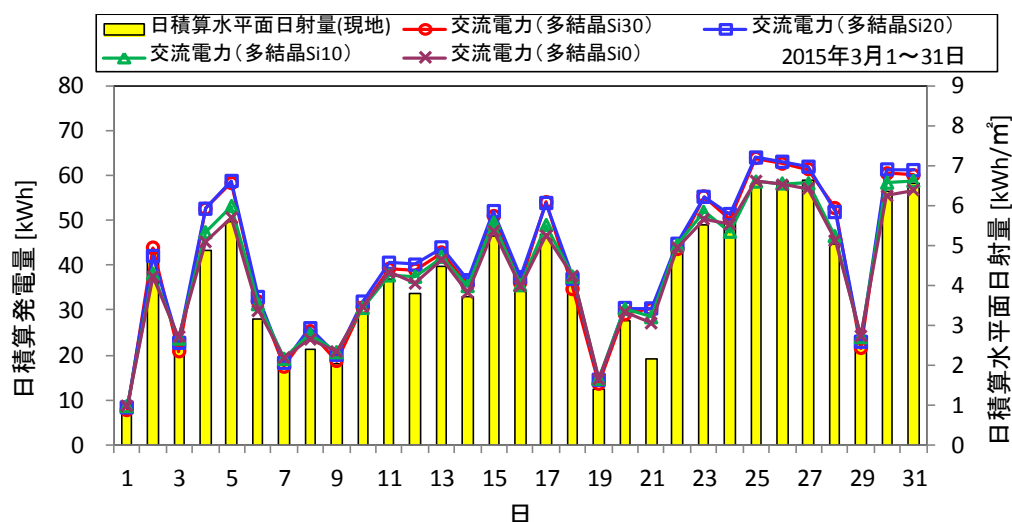
<参考データ：2015年3月>



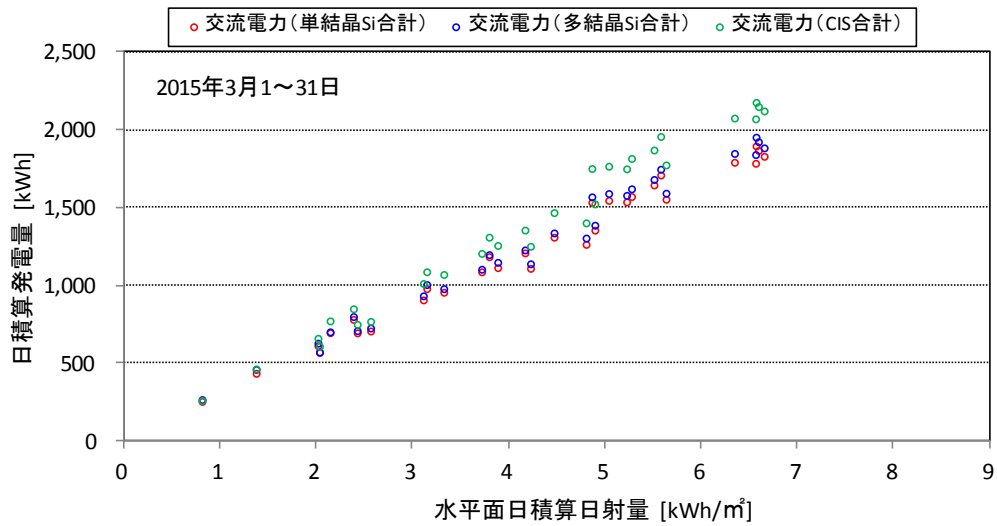
参考図 1-1 日積算発電量 (一般エリア, 全種類)



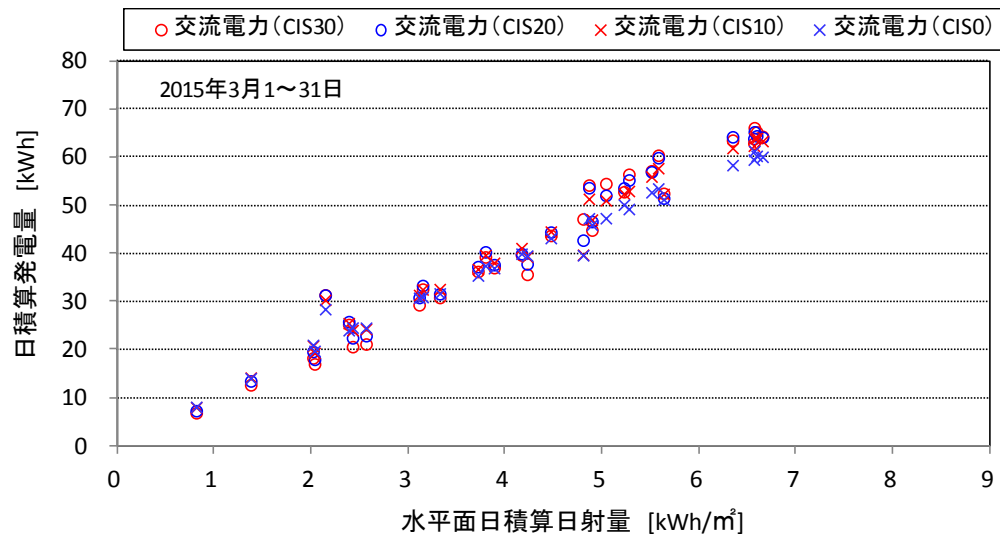
参考図 1-2 日積算発電量 (角度検証エリア, CIS)



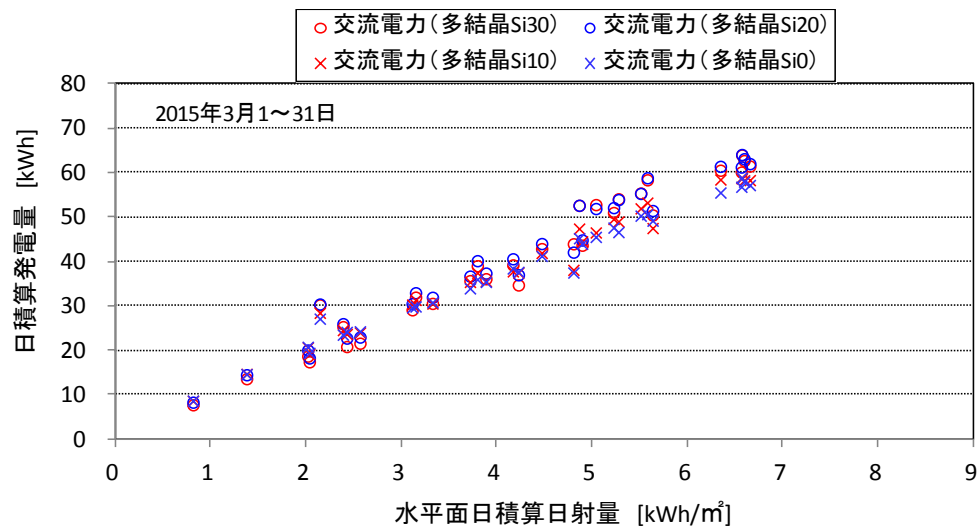
参考図 1-3 日積算発電量 (角度検証エリア, 多結晶)



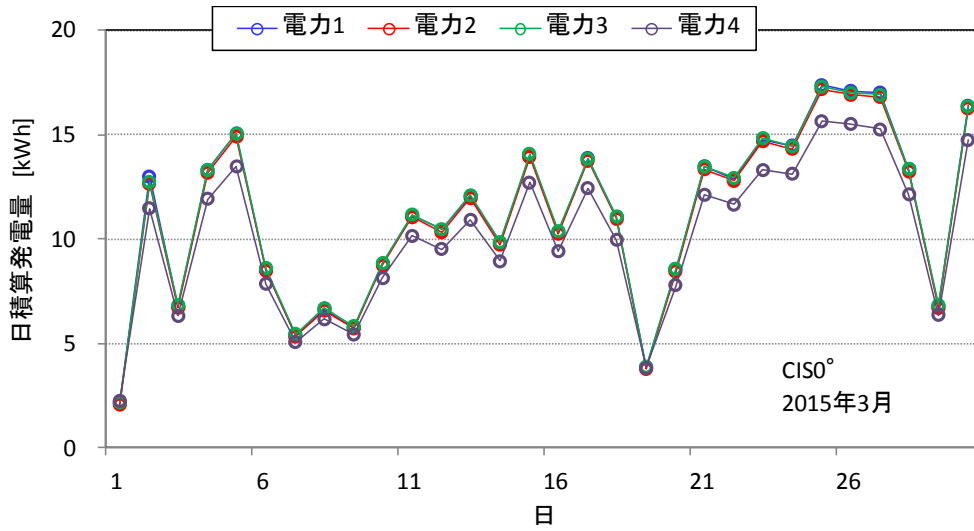
参考図 1-4 日積算日射量と日積算発電量の関係（一般エリア，全種類）



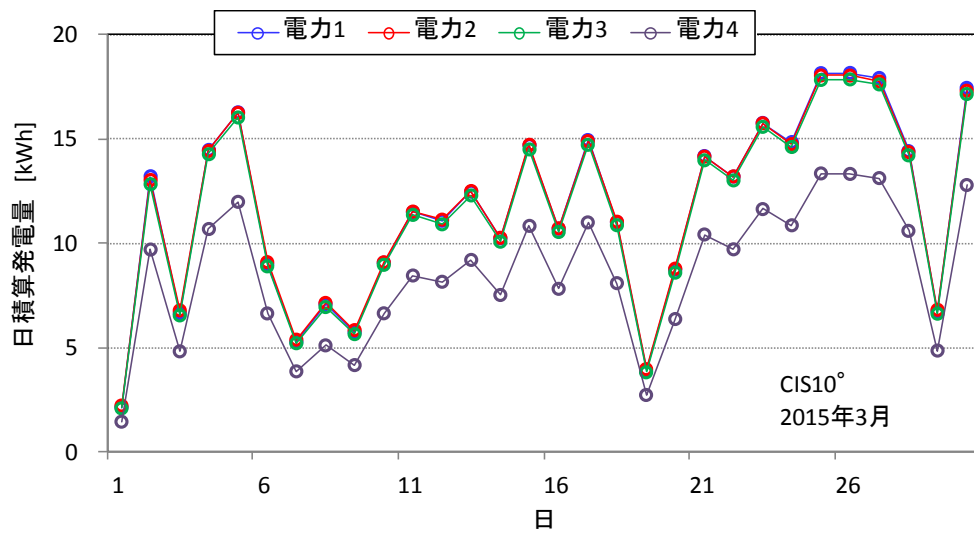
参考図 1-5 日積算日射量と日積算発電量の関係（角度検証エリア，CIS）



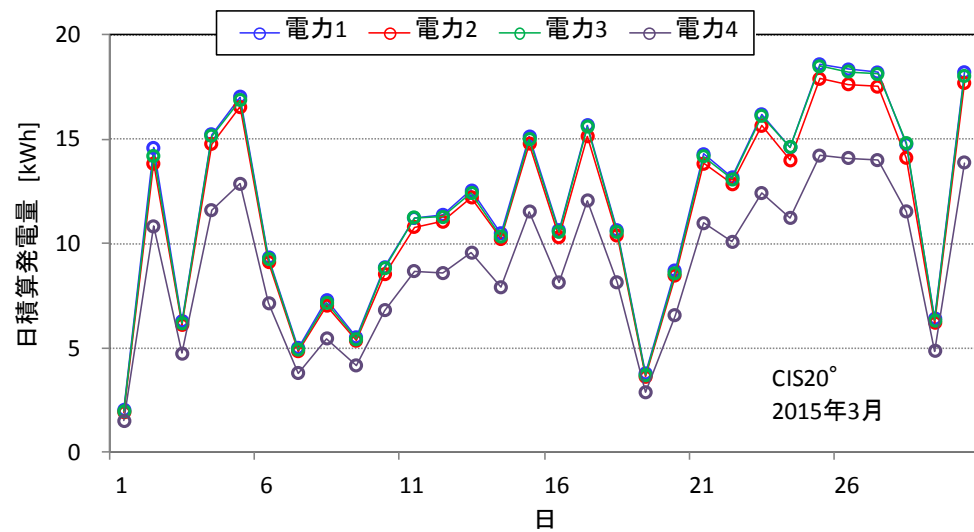
参考図 1-6 日積算日射量と日積算発電量の関係（角度検証エリア，多結晶）



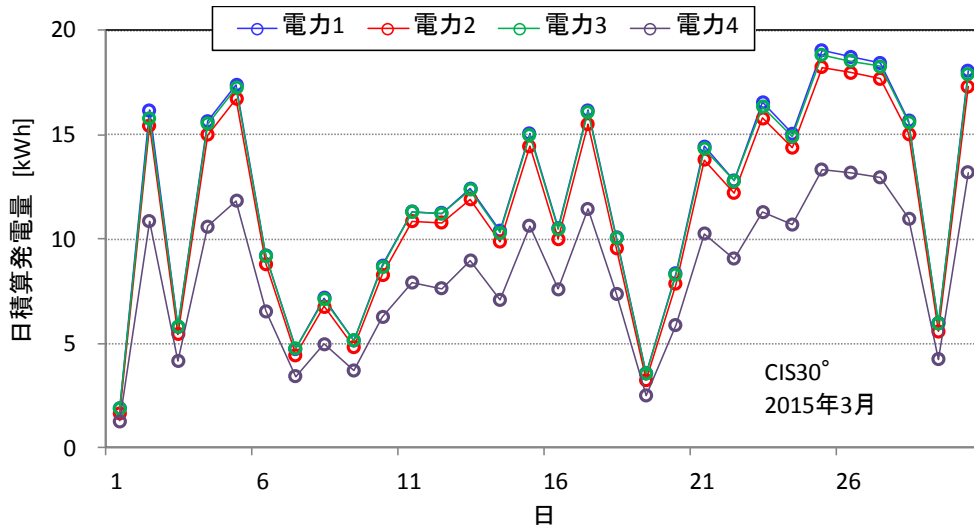
参考図 1-7 日積算ストリング発電量 (CIS, 傾斜角 0°)



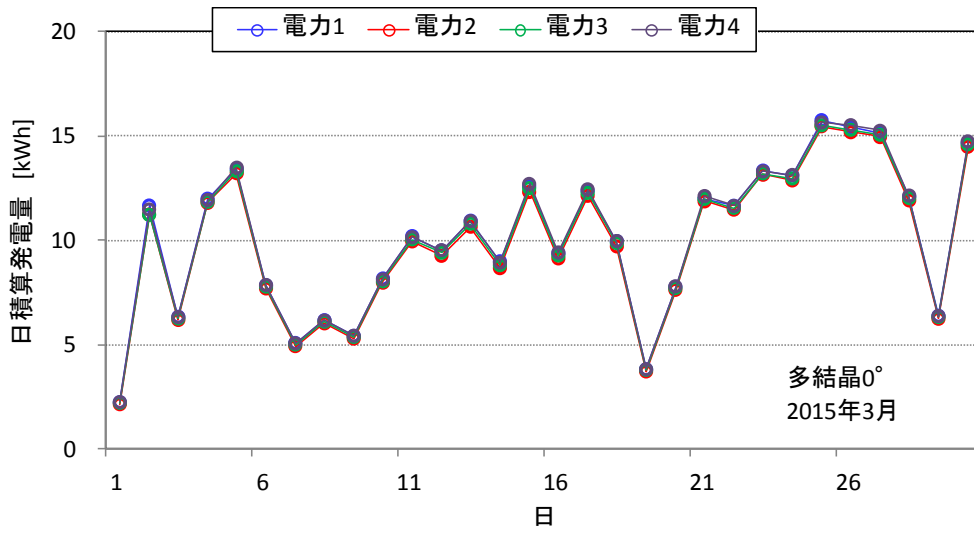
参考図 1-8 日積算ストリング発電量 (CIS, 傾斜角 10°)



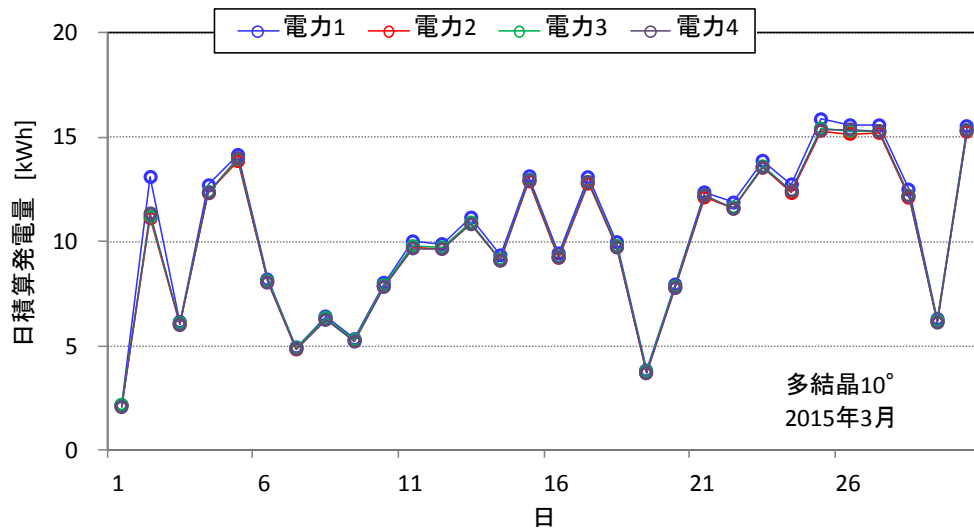
参考図 1-9 日積算ストリング発電量 (CIS, 傾斜角 20°)



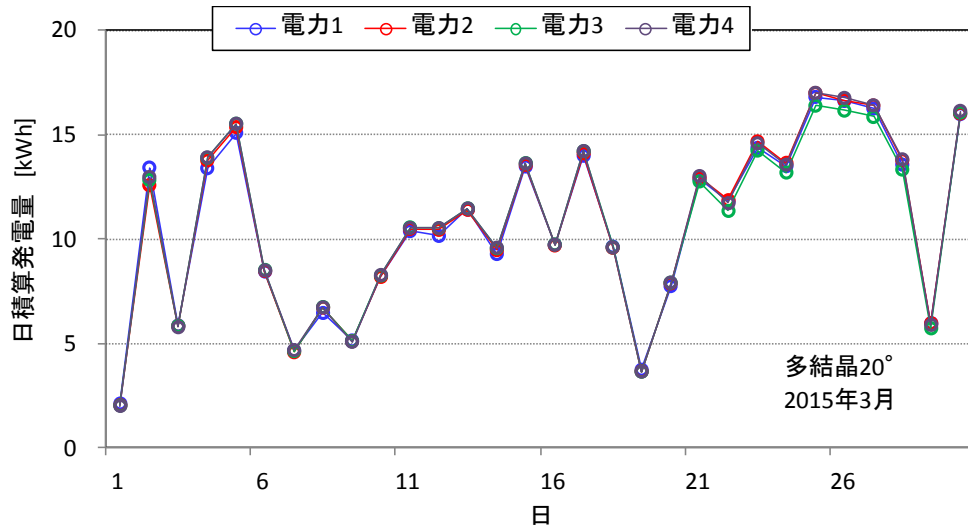
参考図 1-10 日積算ストリング発電量 (CIS, 傾斜角 30°)



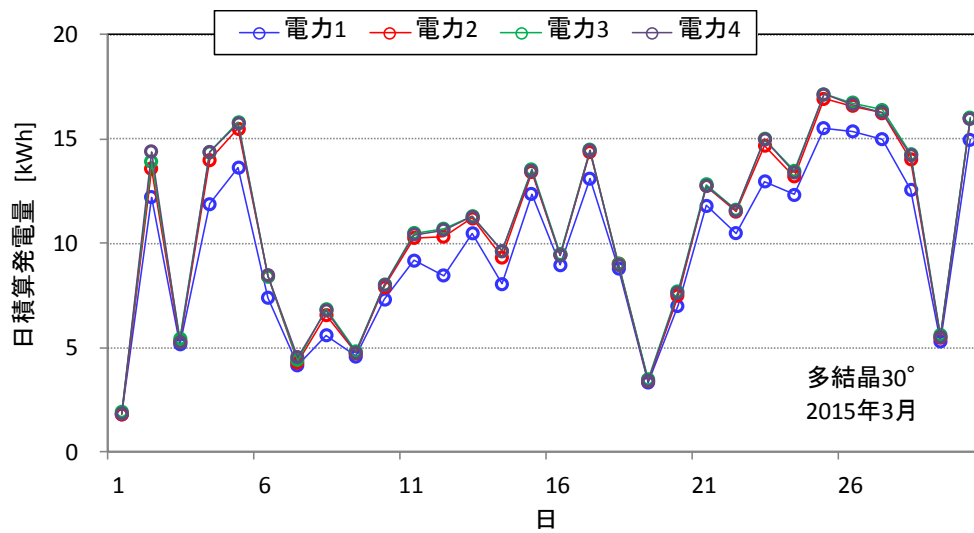
参考図 1-11 日積算ストリング発電量 (多結晶, 傾斜角 0°)



参考図 1-12 日積算ストリング発電量 (多結晶, 傾斜角 10°)

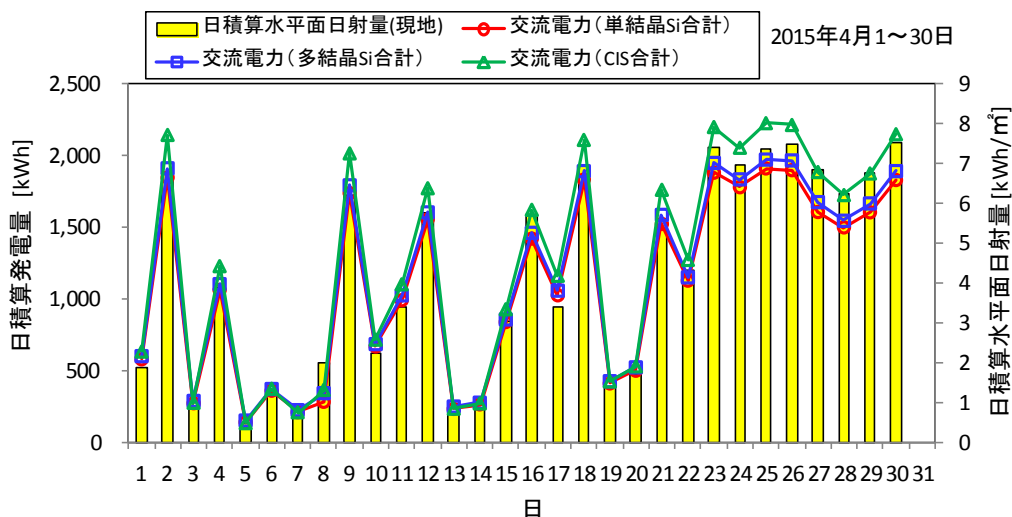


参考図 1-13 日積算ストリング発電量（多結晶，傾斜角 20°）

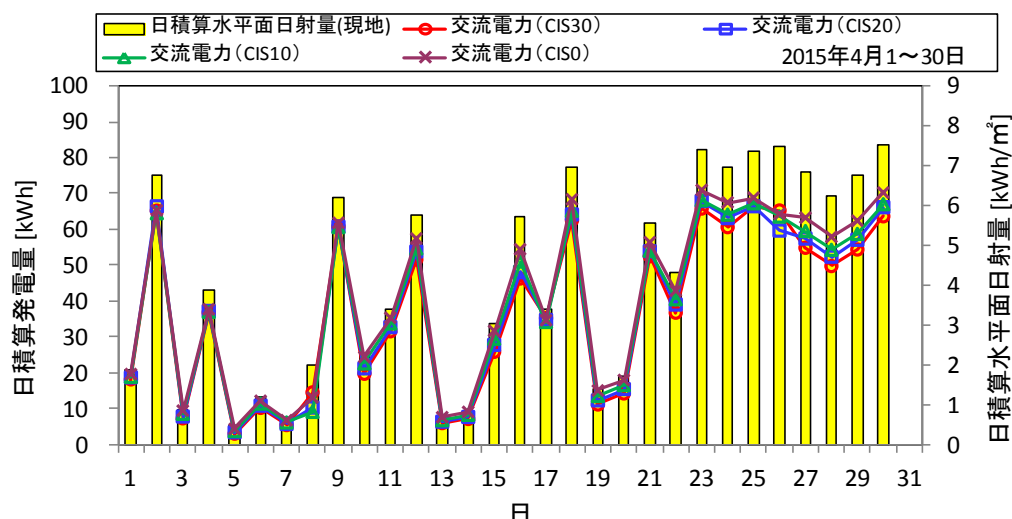


参考図 1-14 日積算ストリング発電量（多結晶，傾斜角 30°）

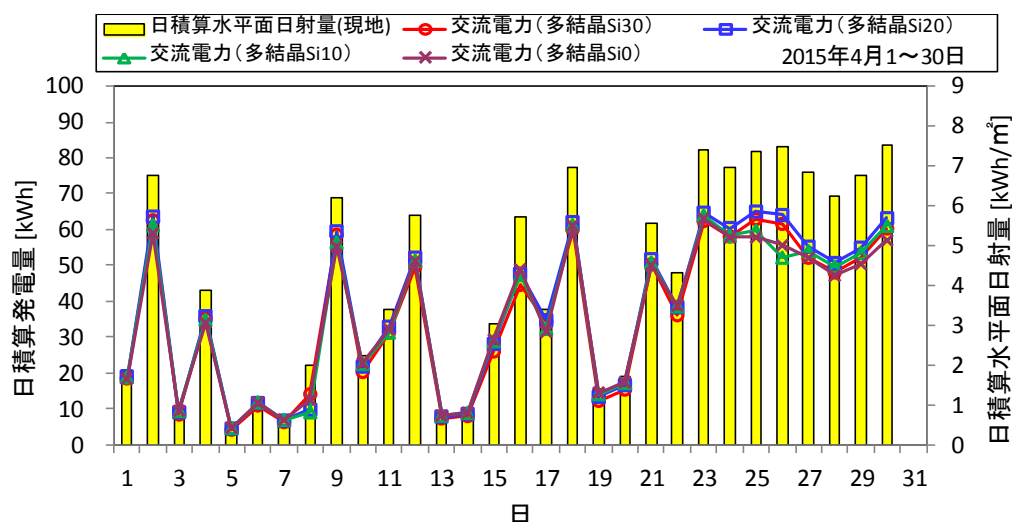
<参考データ：2015年4月>



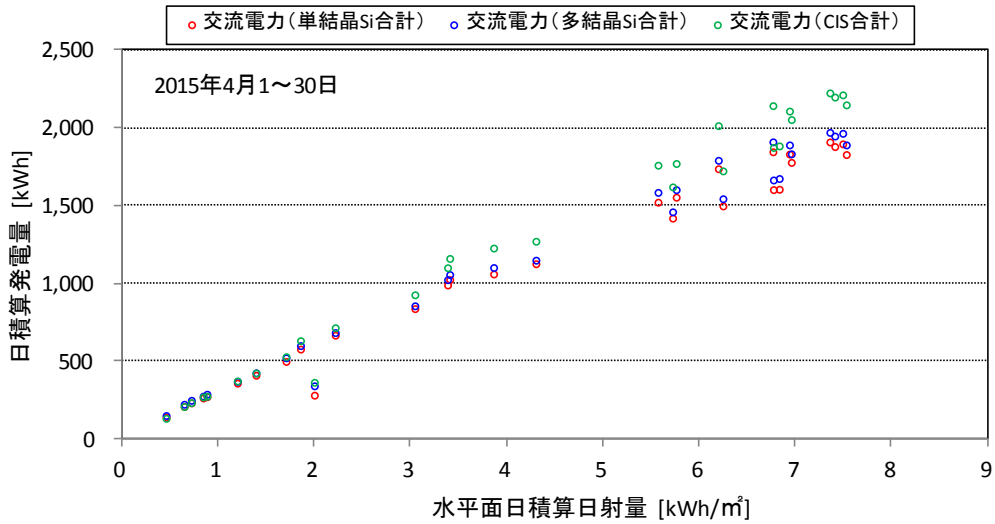
参考図 2-1 日積算発電量（一般エリア，全種類）



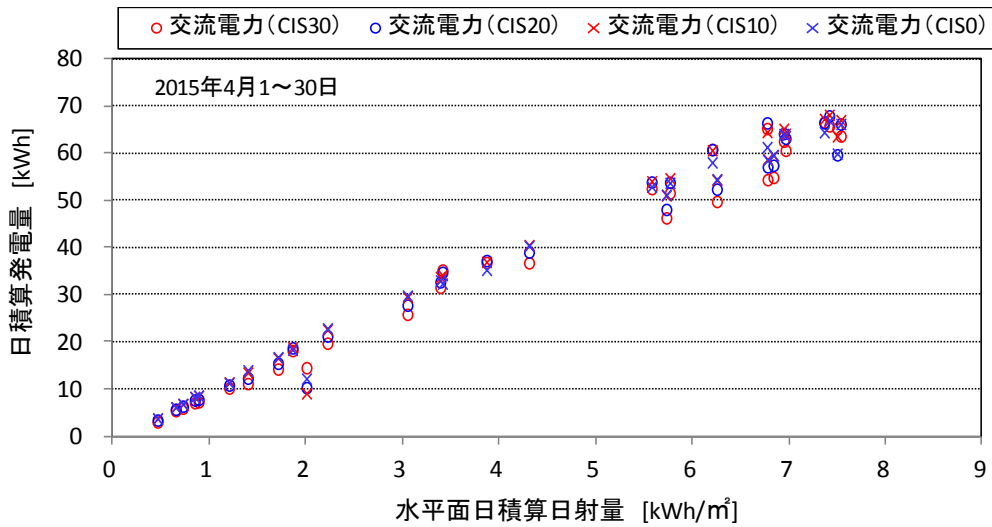
参考図 2-2 日積算発電量（角度検証エリア，CIS）



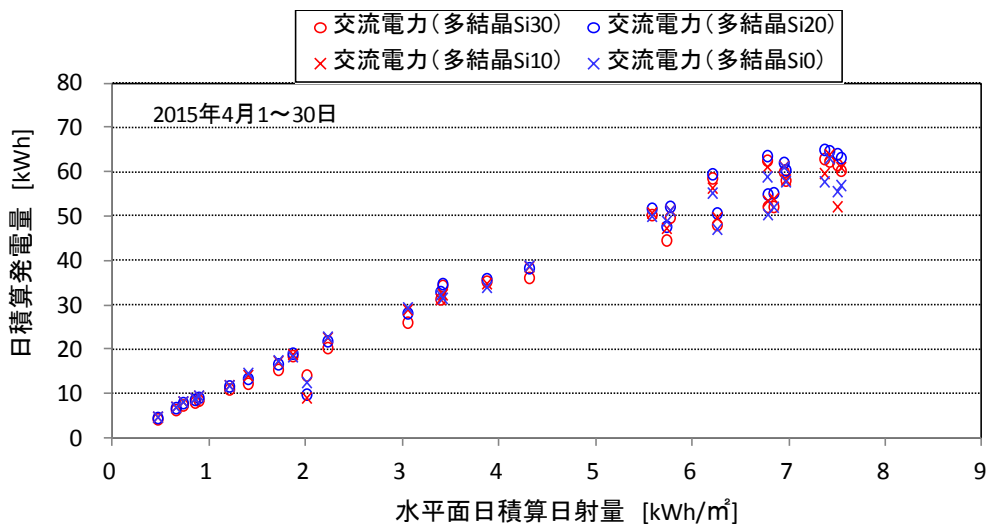
参考図 2-3 日積算発電量（角度検証エリア，多結晶）



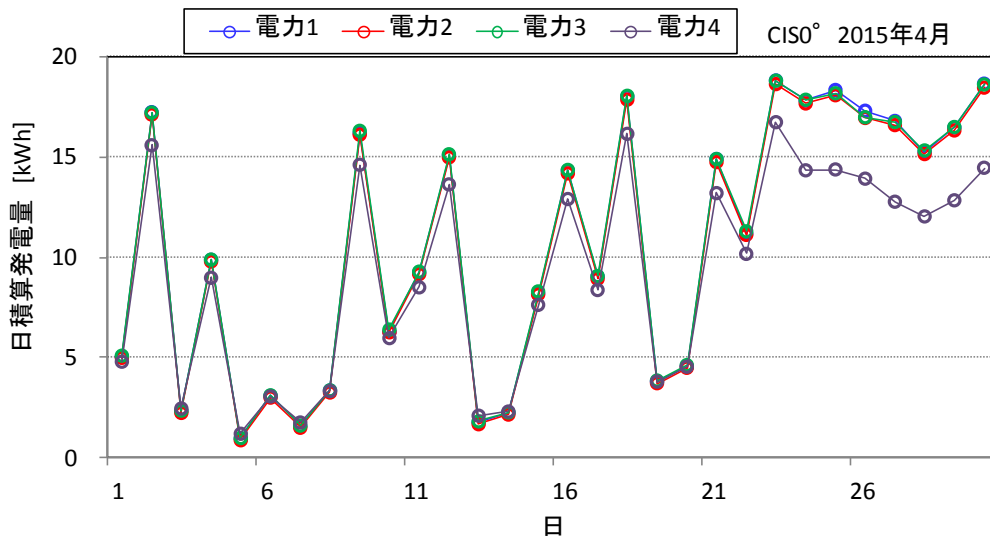
参考図 2-4 日積算日射量と日積算発電量の関係（一般エリア，全種類）



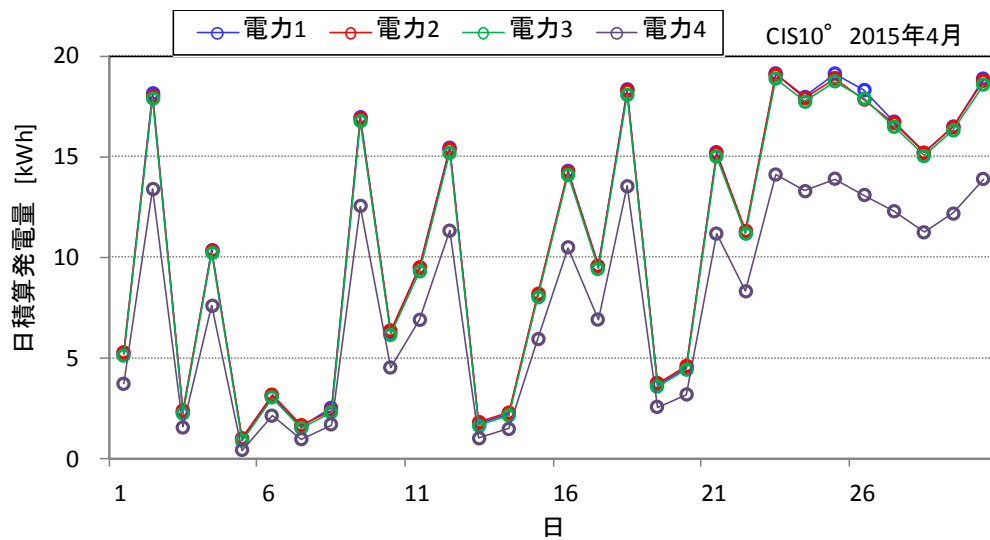
参考図 2-5 日積算日射量と日積算発電量の関係（角度検証エリア，CIS）



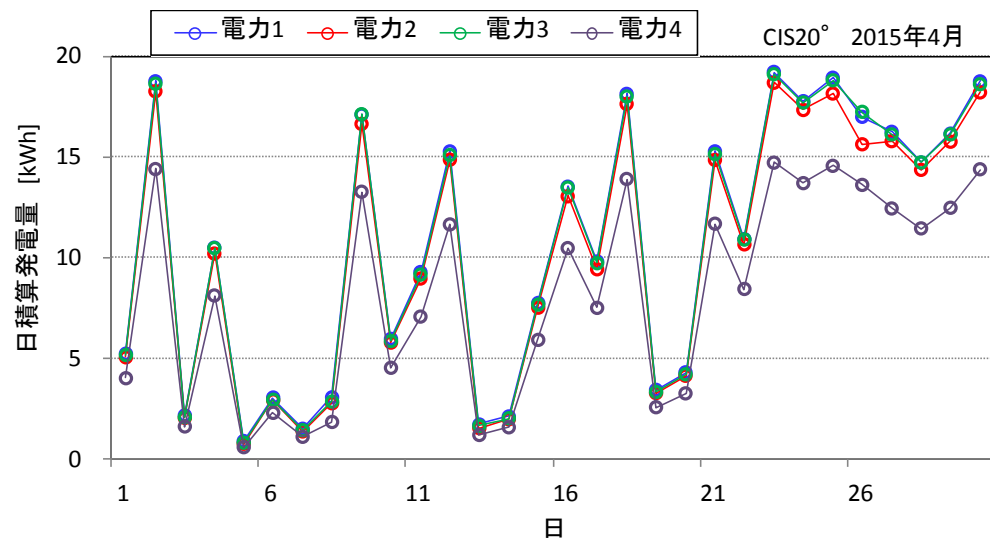
参考図 2-6 日積算日射量と日積算発電量の関係（角度検証エリア，多結晶）



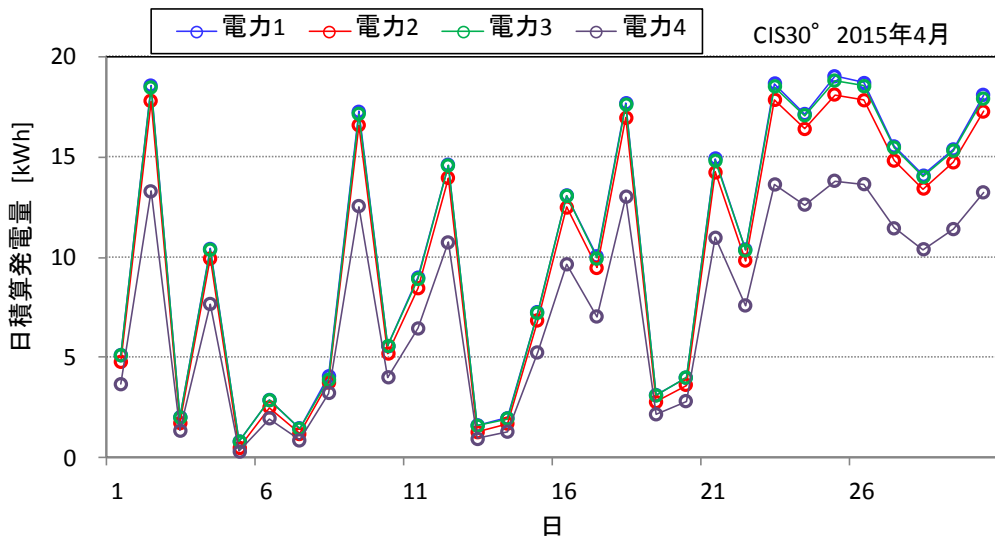
参考図 2-7 日積算ストリング発電量 (CIS, 傾斜角 0°)



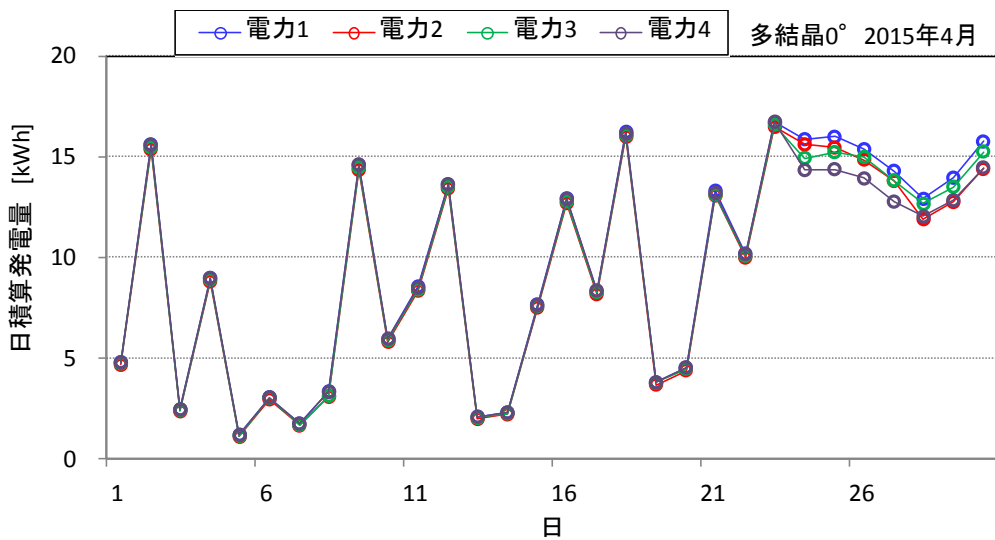
参考図 2-8 日積算ストリング発電量 (CIS, 傾斜角 10°)



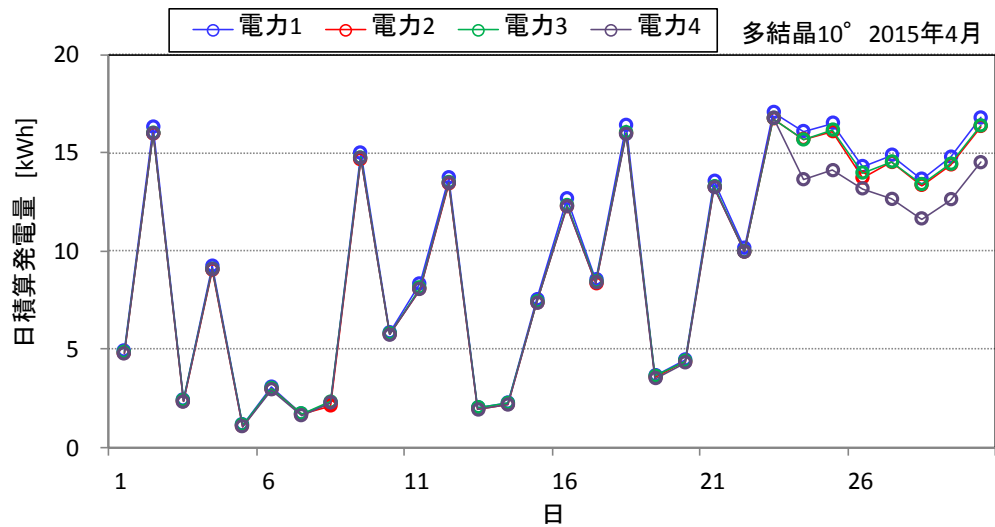
参考図 2-9 日積算ストリング発電量 (CIS, 傾斜角 20°)



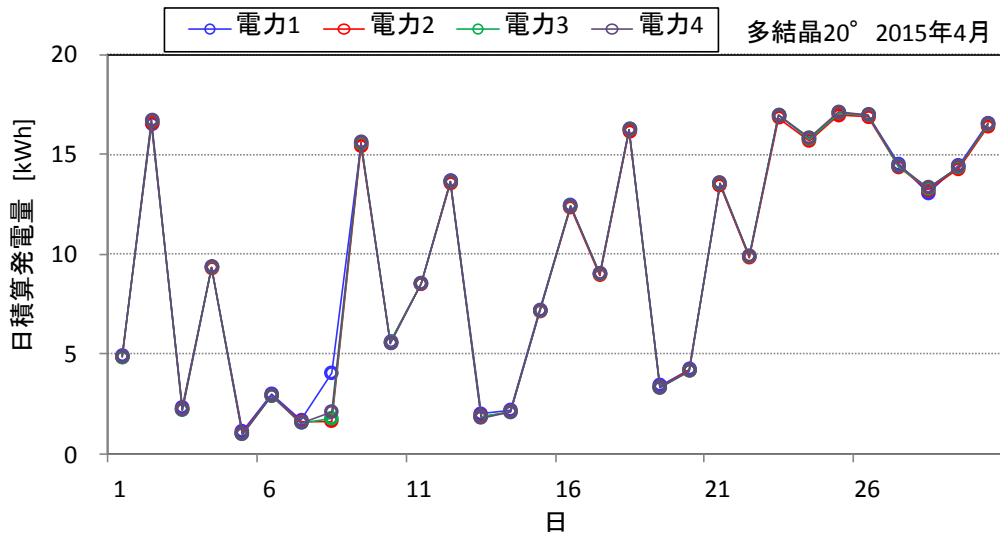
参考図 2-10 日積算ストリング発電量 (CIS, 傾斜角 30°)



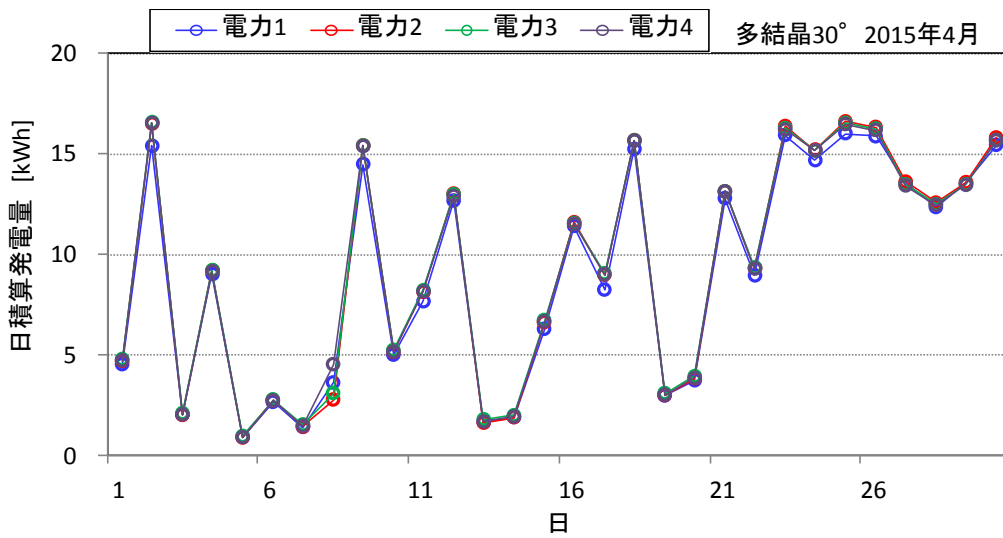
参考図 2-11 日積算ストリング発電量 (多結晶, 傾斜角 0°)



参考図 2-12 日積算ストリング発電量 (多結晶, 傾斜角 10°)

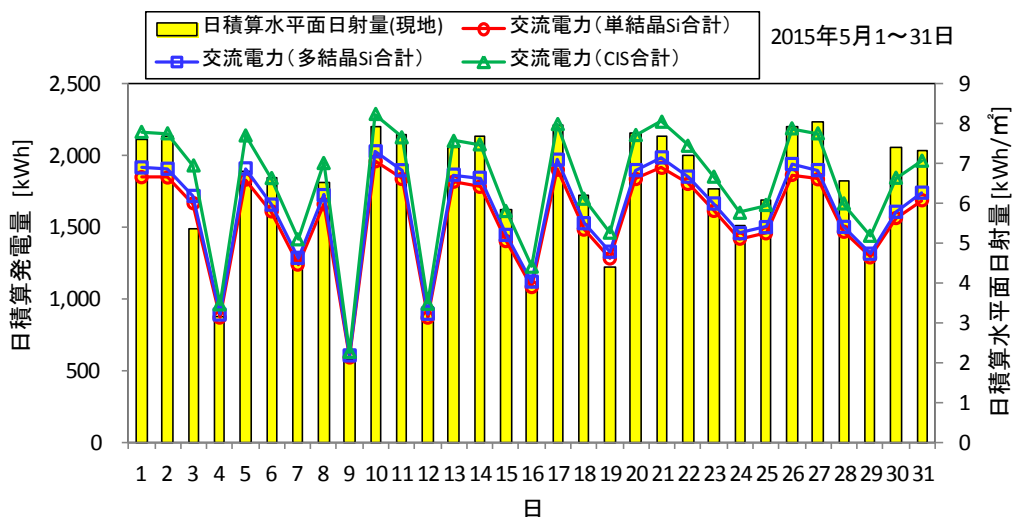


参考図 2-13 日積算ストリング発電量（多結晶，傾斜角 20°）

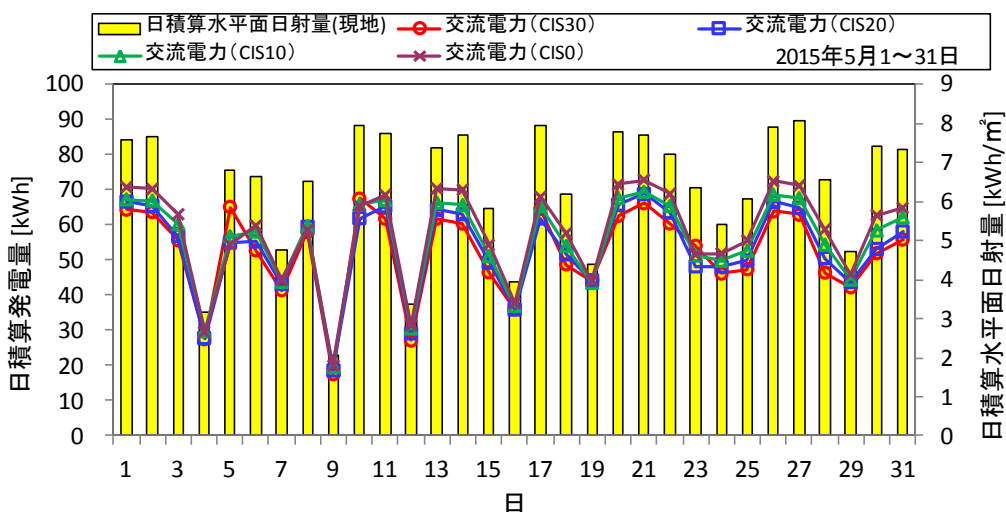


参考図 2-14 日積算ストリング発電量（多結晶，傾斜角 30°）

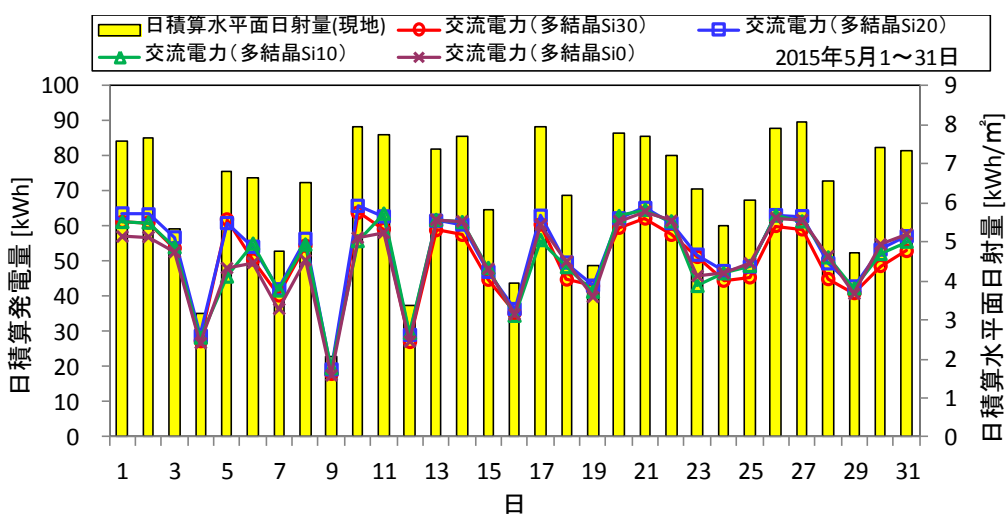
<参考データ：2015年5月>



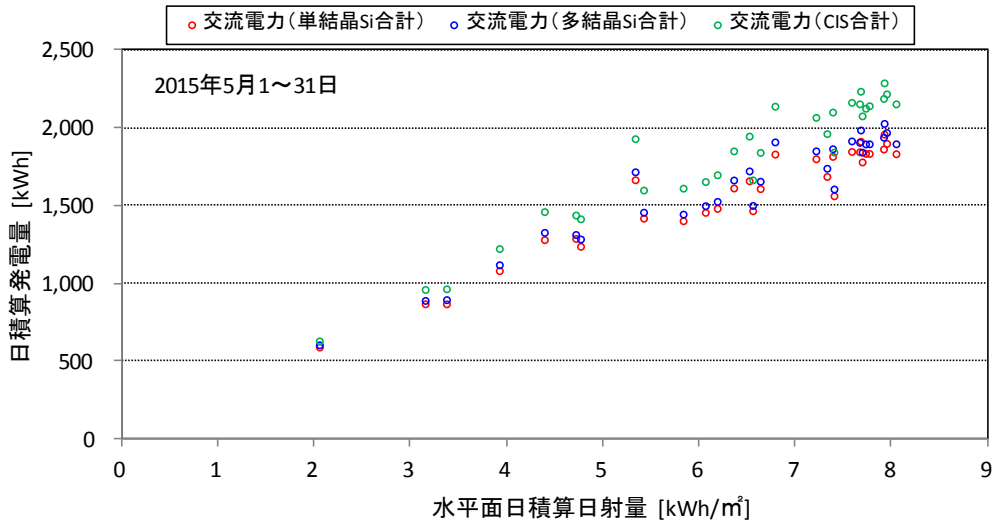
参考図 3-1 日積算発電量（一般エリア，全種類）



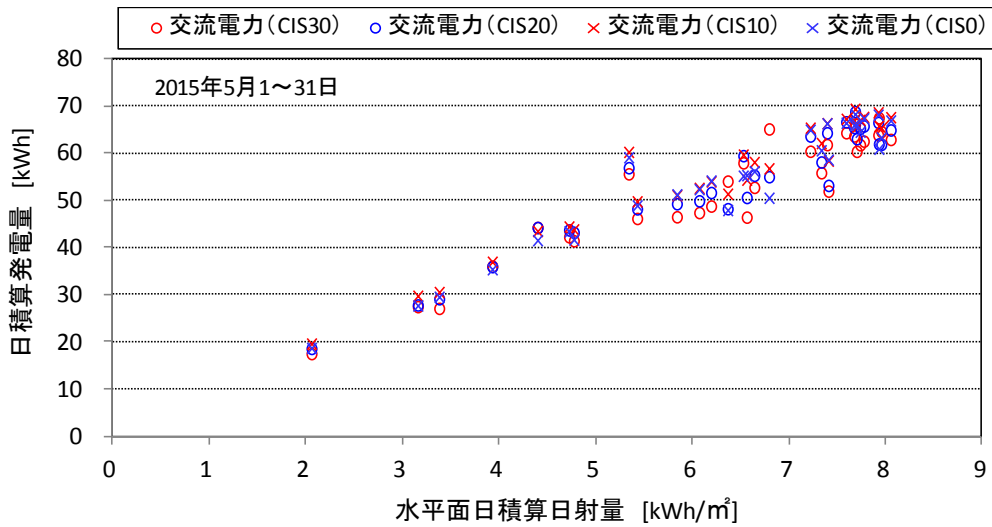
参考図 3-2 日積算発電量（角度検証エリア，CIS）



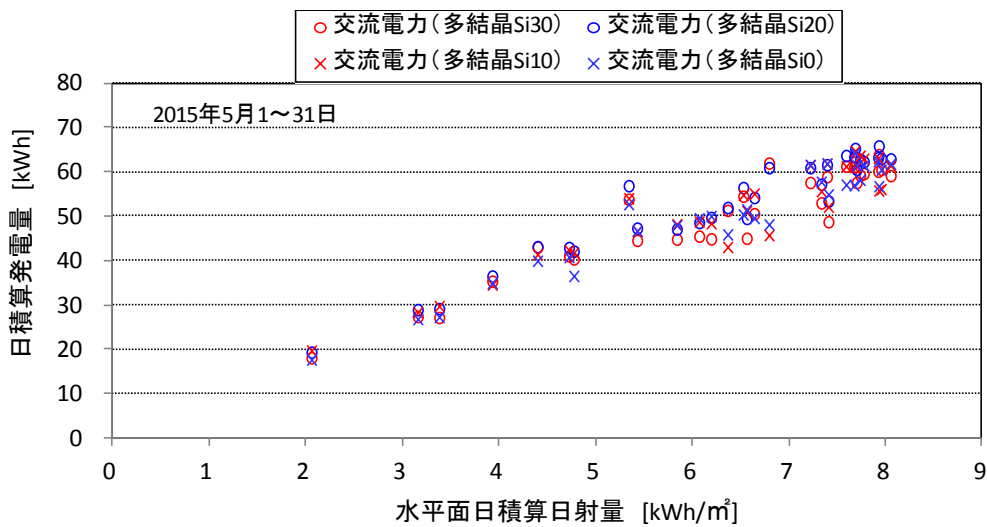
参考図 3-3 日積算発電量（角度検証エリア，多結晶）



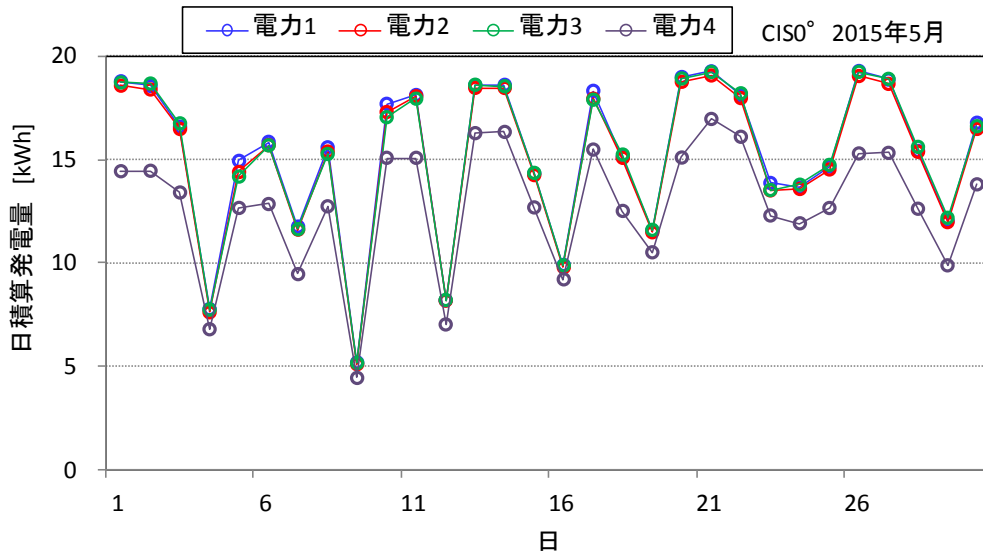
参考図 3-4 日積算日射量と日積算発電量の関係（一般エリア，全種類）



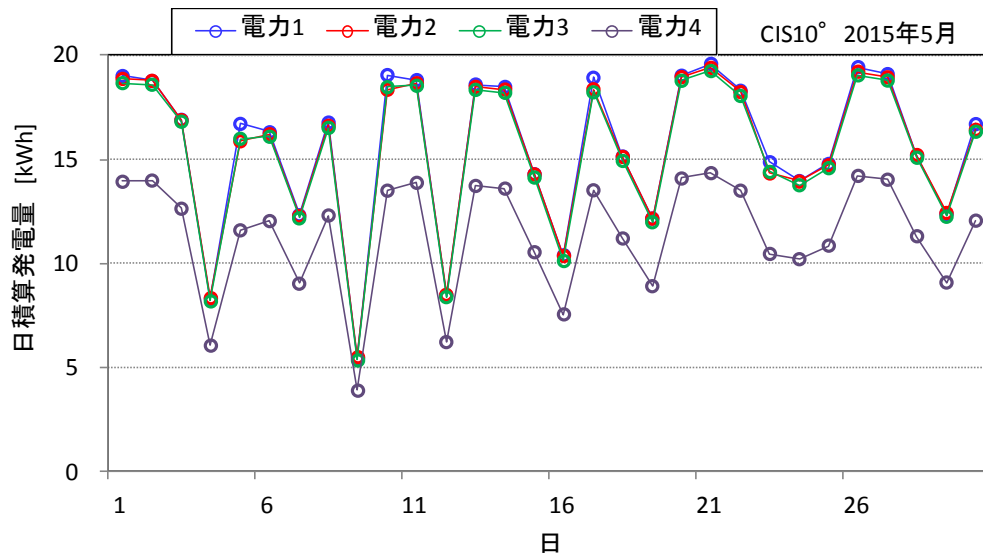
参考図 3-5 日積算日射量と日積算発電量の関係（角度検証エリア，CIS）



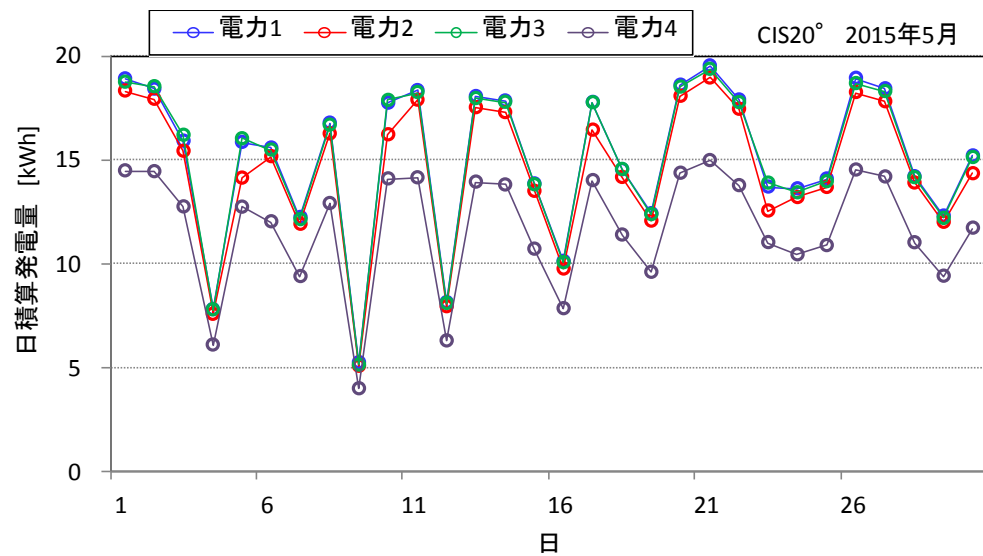
参考図 3-6 日積算日射量と日積算発電量の関係（角度検証エリア，多結晶）



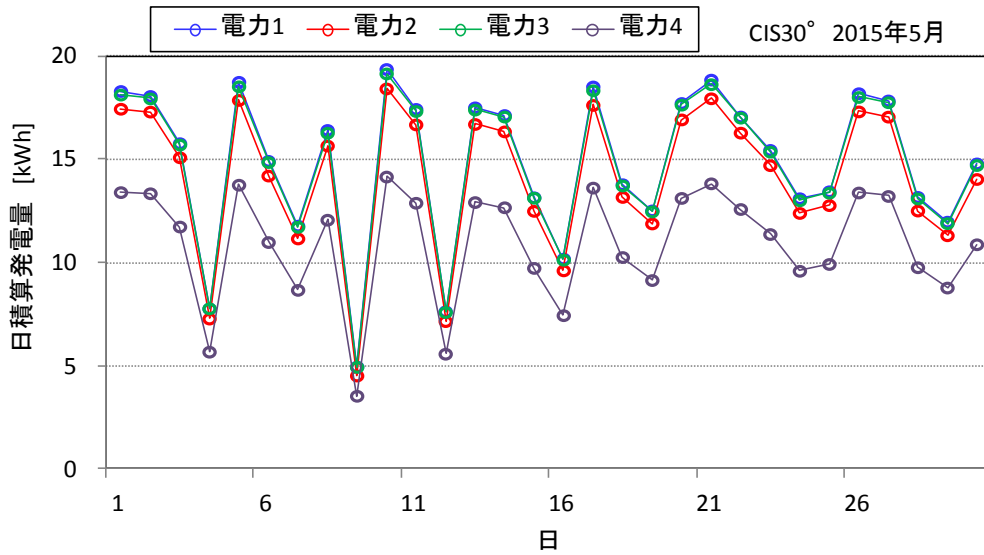
参考図 3-7 日積算ストリング発電量 (CIS, 傾斜角 0°)



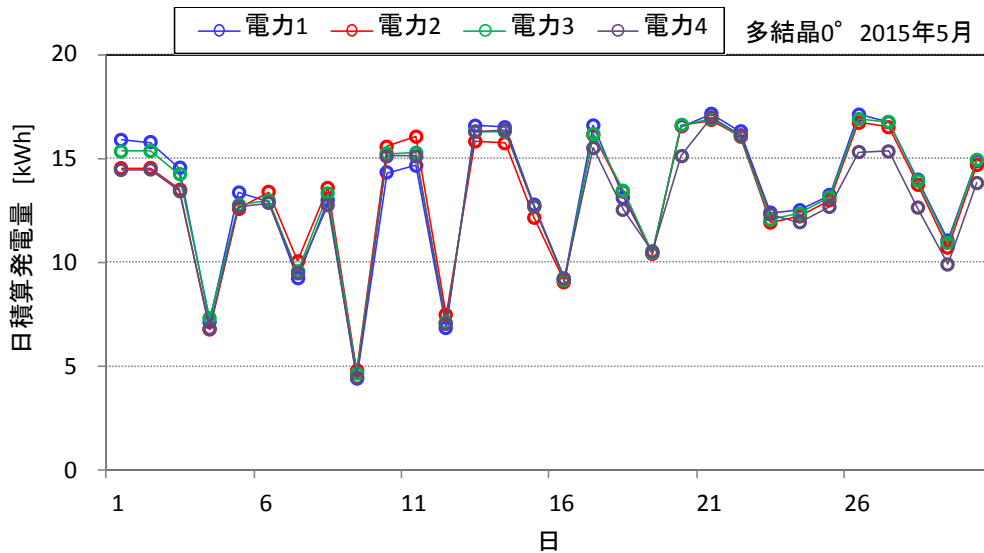
参考図 3-8 日積算ストリング発電量 (CIS, 傾斜角 10°)



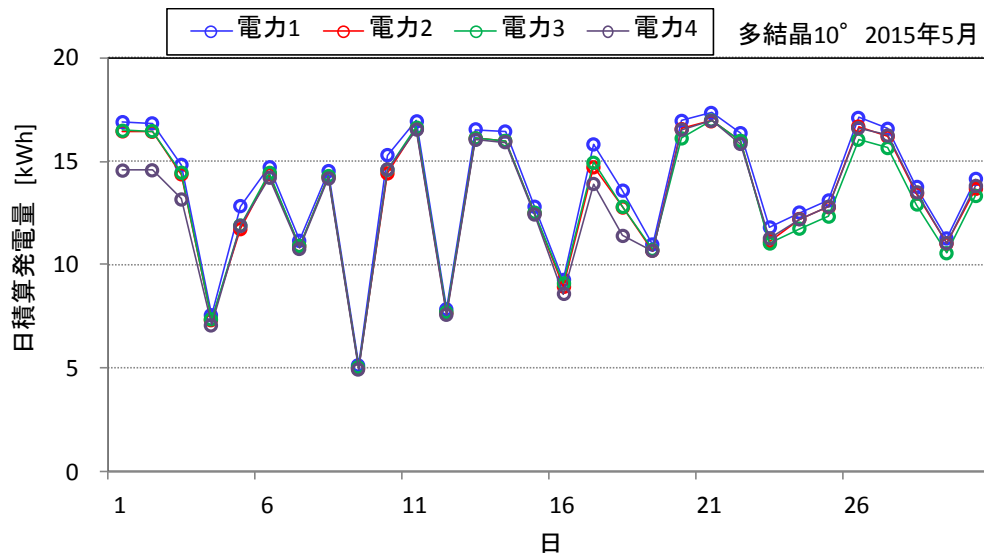
参考図 3-9 日積算ストリング発電量 (CIS, 傾斜角 20°)



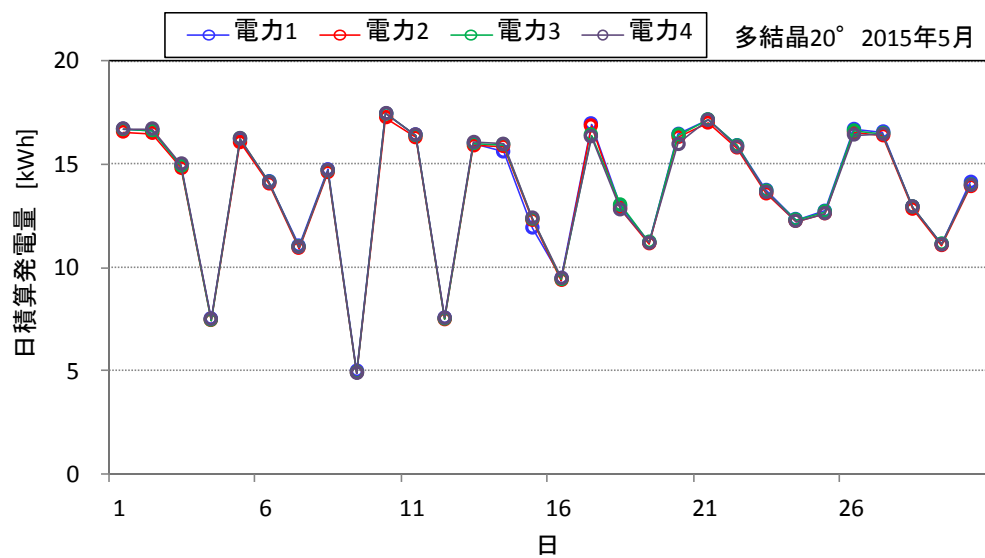
参考図 3-10 日積算ストリング発電量 (CIS, 傾斜角 30°)



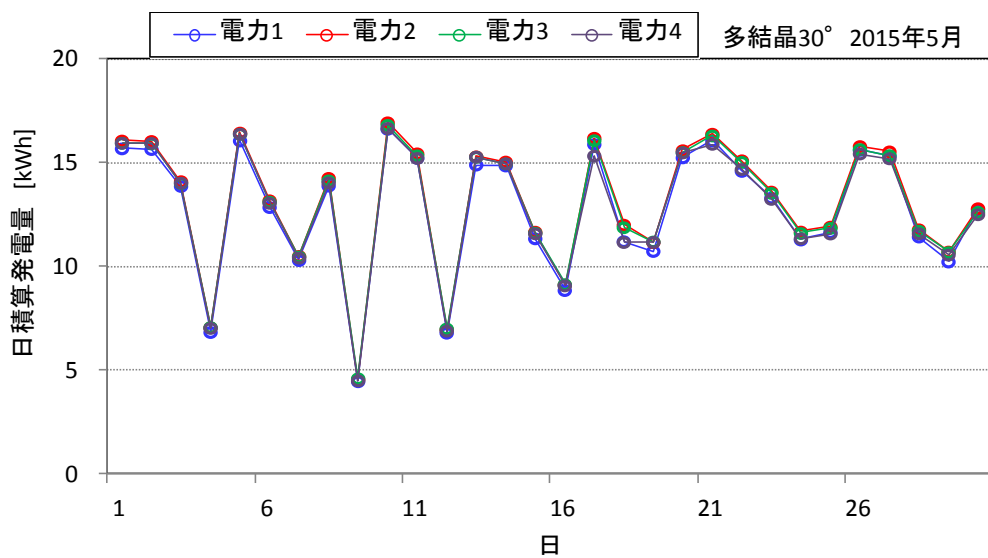
参考図 3-11 日積算ストリング発電量 (多結晶, 傾斜角 0°)



参考図 3-12 日積算ストリング発電量 (多結晶, 傾斜角 10°)

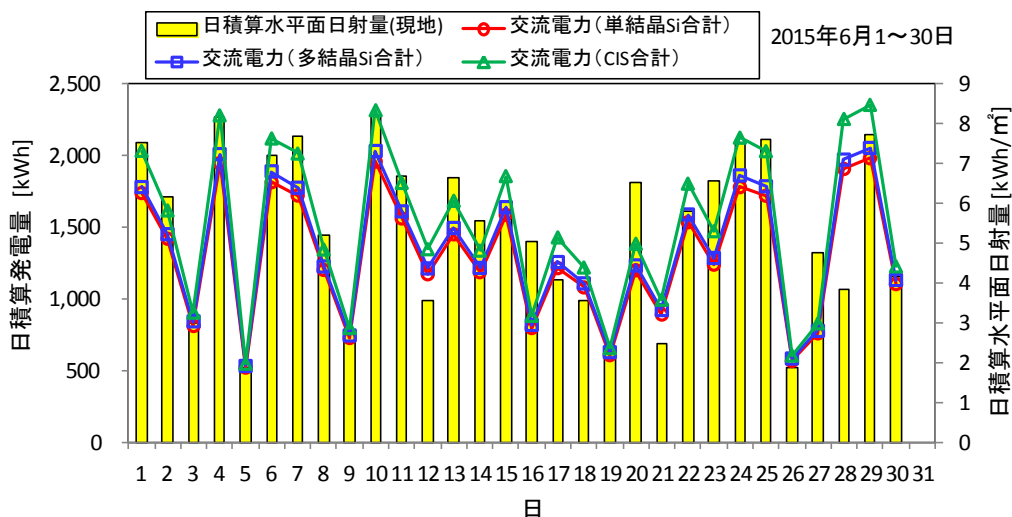


参考図 3-13 日積算ストリング発電量（多結晶，傾斜角 20°）

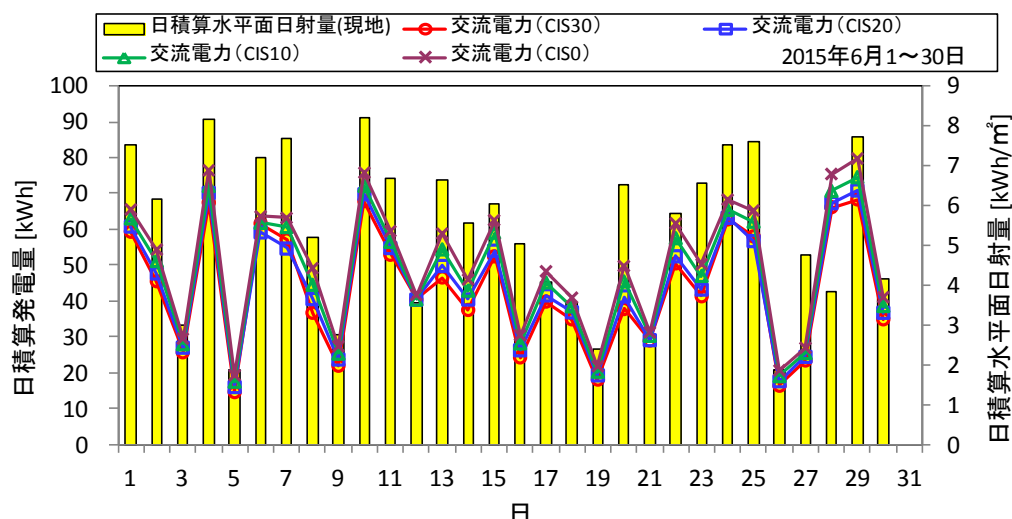


参考図 3-14 日積算ストリング発電量（多結晶，傾斜角 30°）

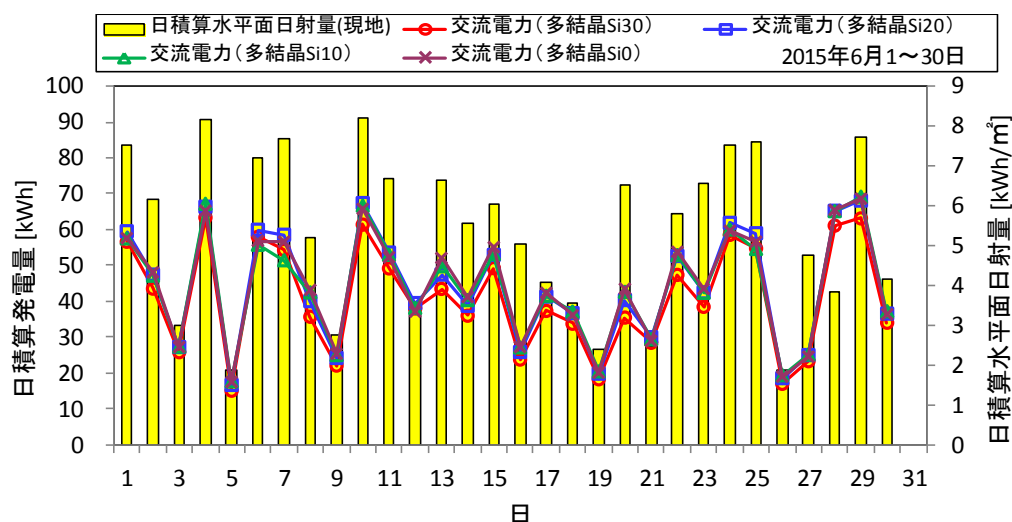
<参考データ：2015年6月>



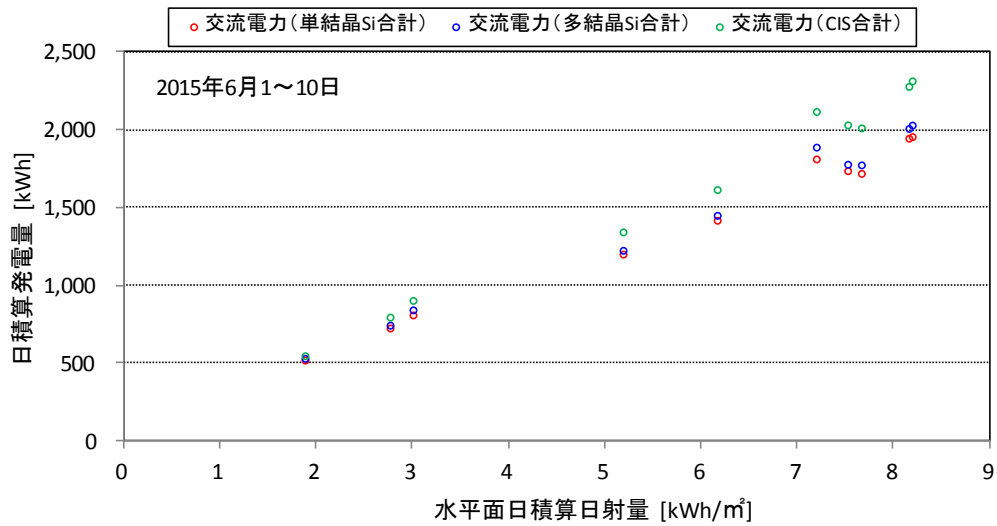
参考図 4-1 日積算発電量（一般エリア，全種類）



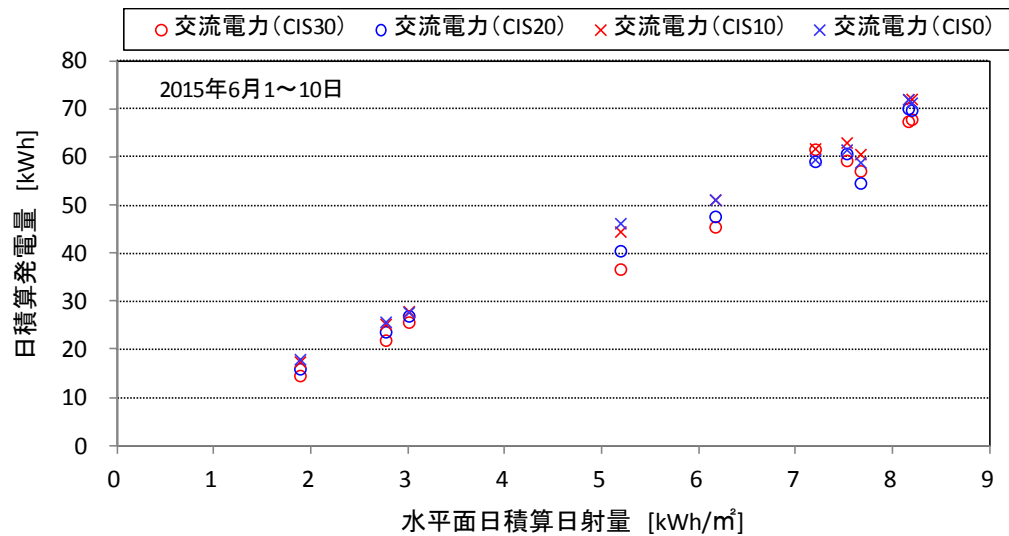
参考図 4-2 日積算発電量（角度検証エリア，CIS）



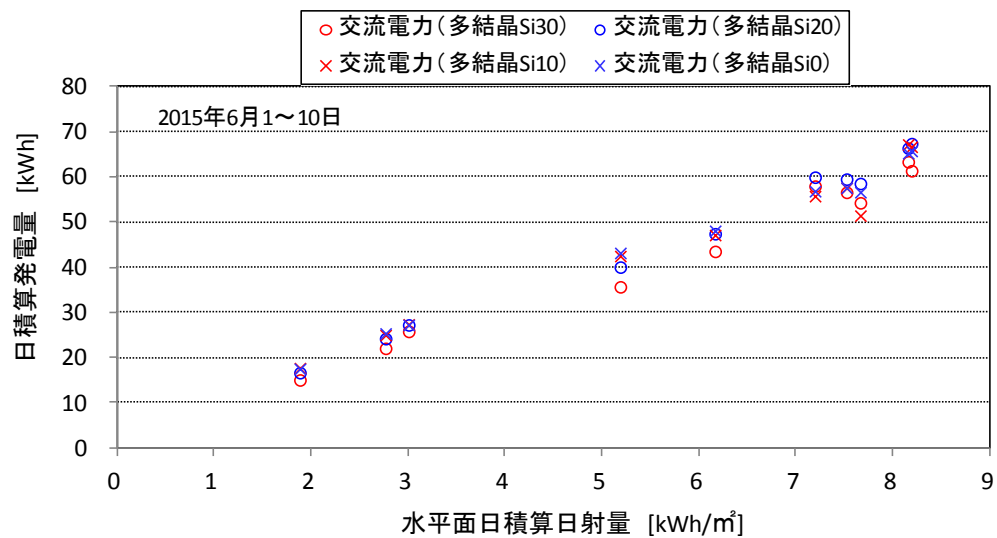
参考図 4-3 日積算発電量（角度検証エリア，多結晶）



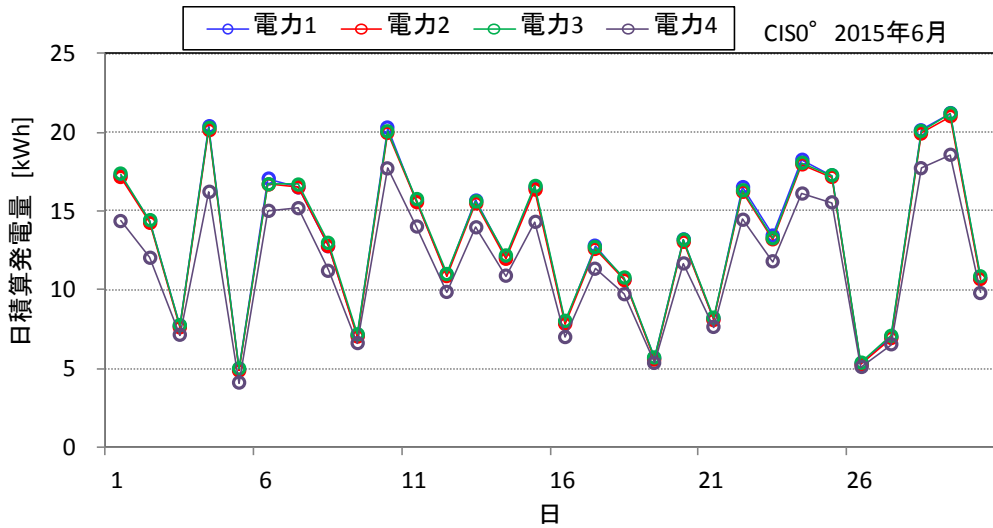
参考図 4-4 日積算日射量と日積算発電量の関係（一般エリア，全種類）



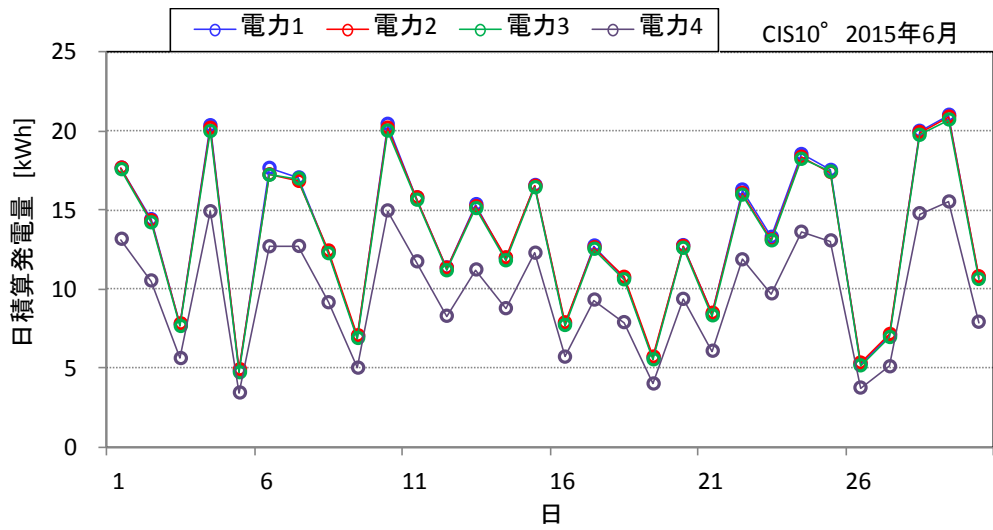
参考図 4-5 日積算日射量と日積算発電量の関係（角度検証エリア，CIS）



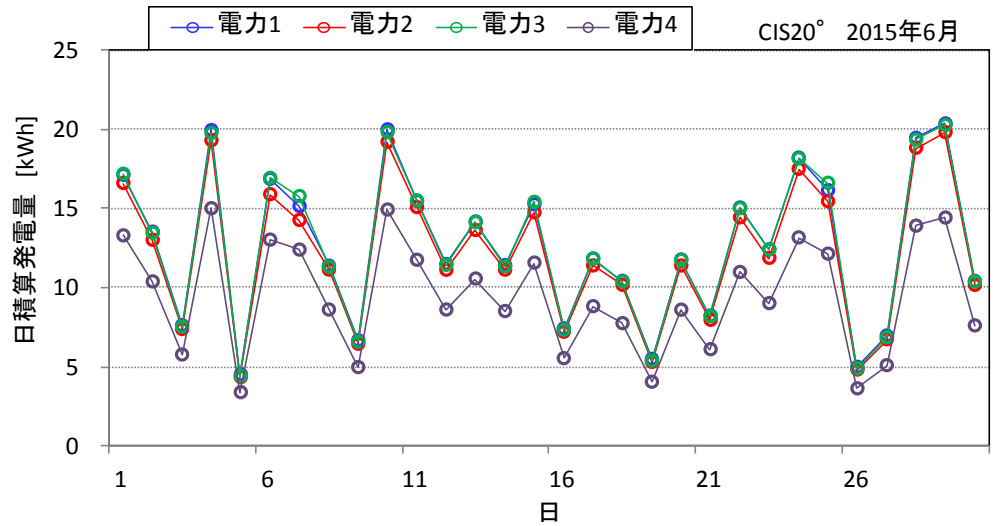
参考図 4-6 日積算日射量と日積算発電量の関係（角度検証エリア，多結晶）



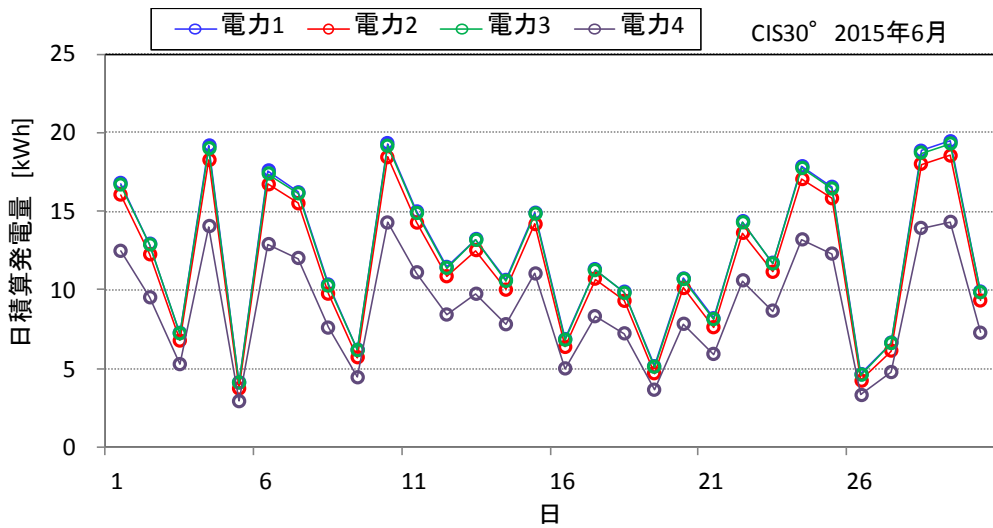
参考図 4-7 日積算ストリング発電量 (CIS, 傾斜角 0°)



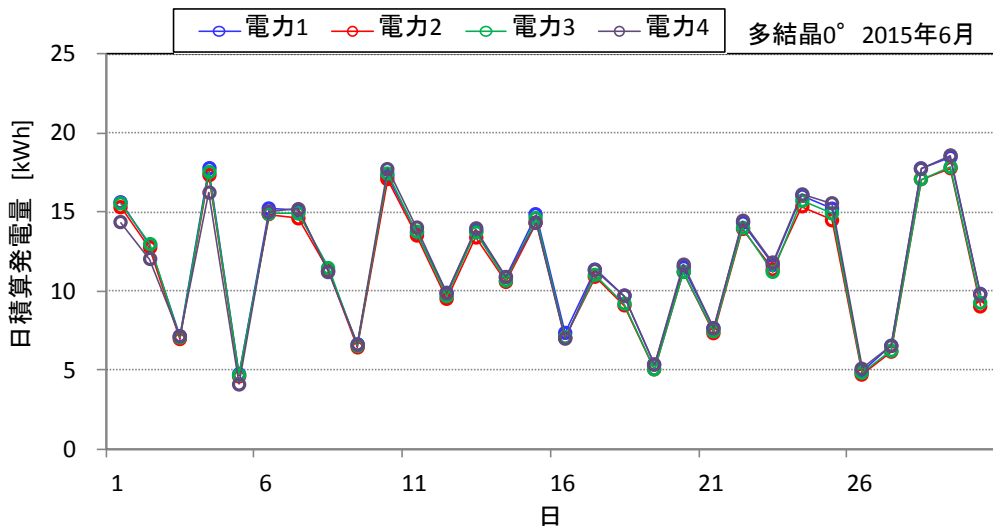
参考図 4-8 日積算ストリング発電量 (CIS, 傾斜角 10°)



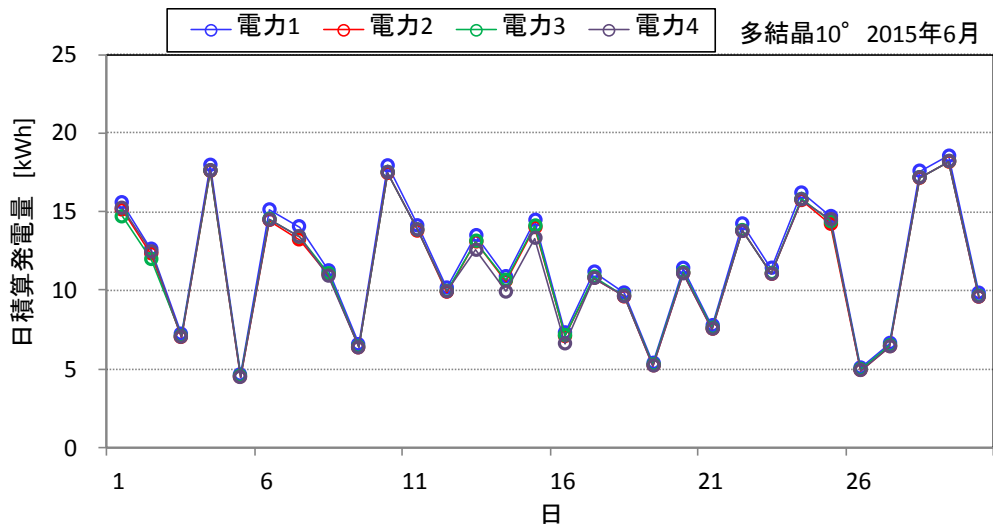
参考図 4-9 日積算ストリング発電量 (CIS, 傾斜角 20°)



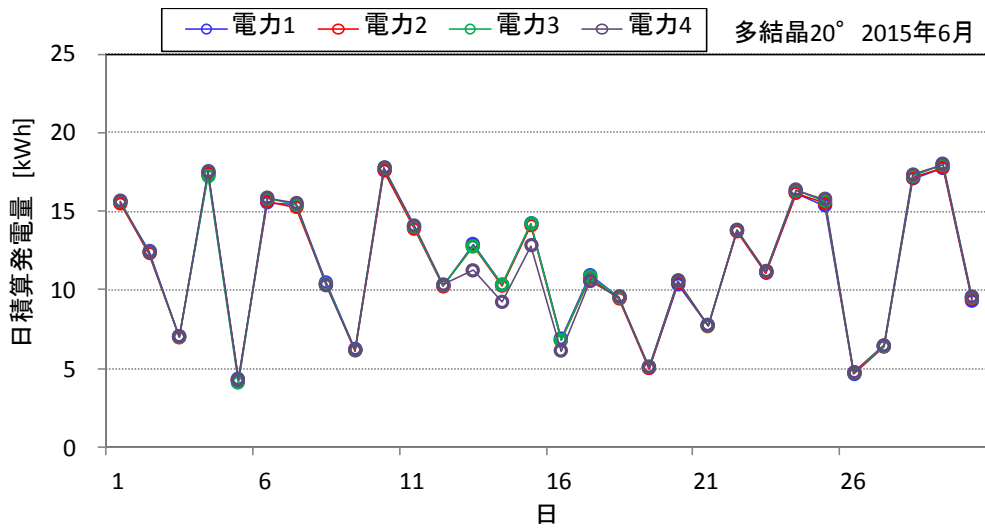
参考図 4-10 日積算ストリング発電量 (CIS, 傾斜角 30°)



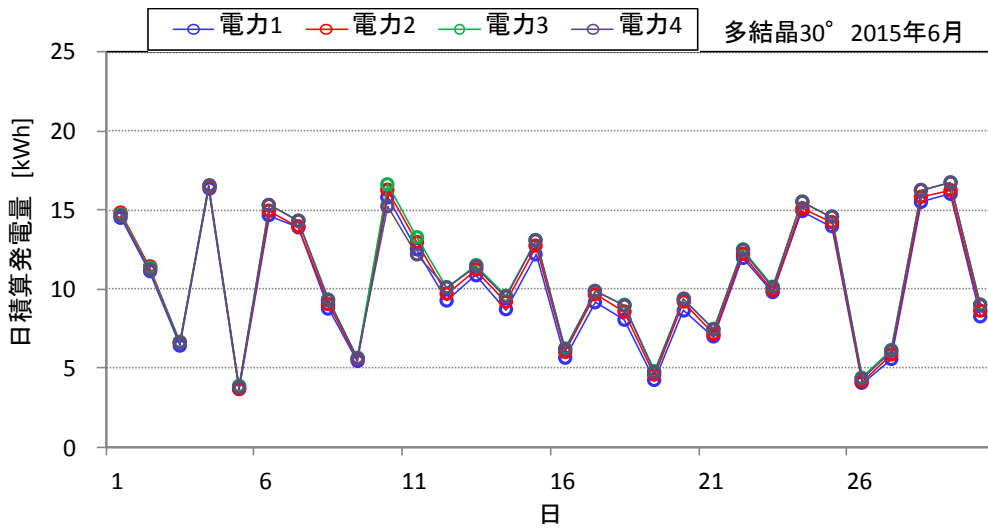
参考図 4-11 日積算ストリング発電量 (多結晶, 傾斜角 0°)



参考図 4-12 日積算ストリング発電量 (多結晶, 傾斜角 10°)



参考図 4-13 日積算ストリング発電量（多結晶，傾斜角 20°）



参考図 4-14 日積算ストリング発電量（多結晶，傾斜角 30°）