

# 太陽光発電普及下におけるピークカット効果分析

## Effects of Highly Penetration of PV system for Electricity Supply Configuration

キーワード：太陽光発電、ピークカット、負荷率、kW 価値

今村 栄一、内山 洋司

これまで著者らは太陽光発電（PV）システムの普及拡大のための方策について検討を行ってきたが、PV 普及の拡大による影響についての分析はまだまだ十分に行われていない。本論文では電力需要の負荷率に着目し PV 普及の影響についてシュミレーション分析と最適分析により評価を行った。将来の負荷率については、人口分布やライフスタイルの変化など種々の社会条件により変化することも考えられるが、本論文では PV システム未導入時の負荷曲線を現状の相似拡大として取り扱うことで、PV システム導入が負荷率に与える影響を明らかにした。

シュミレーション分析の結果、PV が大量に導入された場合、年負荷は大きく改善されるものの、季節により日負荷率の改善効果に大きな違いが生じ、特に冬期では PV 導入により日負荷率の改善が見込めない事が明らかとなった。また、普及過程を考慮した負荷率への影響では PV 普及を加速する施策が実施された場合には普及過程の初期時期から冬期の負荷率の悪化が顕著となり、2005 年頃から急激に負荷率は悪化する。一方、中間期において急激に負荷率が改善されるもの、中間期の負荷率も、PV の普及が 12GWp を超える 2020 年頃から悪化に転じるため、年負荷率の改善傾向は鈍化するが、夏期の負荷率と年負荷率は評価期間中を通じて常に改善することができる事が明らかとなった。また、最大 3 日負荷に対する負荷率改善効果をもっとも期待できる PV 導入量は導入規模 15GWp 程度であることが明らかとなった。

- はじめに
- PV 導入によるピークカット効果
  - 1 分析の前提条件
  - 2 PV 導入による日負荷への影響
  - 3 PV 導入による負荷率への影響
  - 4 最大 3 日平均負荷に与える影響
- 普及過程における負荷率改善効果
  - 1 基本ケースにおける負荷率改善
  - 2 普及促進ケースにおける負荷率改善
- おわりに

## 1. はじめに

近年、地球環境問題の顕在化から、再生可能エネルギーを中心とした分散型電源システムの導入が期待されている。特に、運転に際して化石燃料を消費しない太陽光発電システムには大きな期待がよせられている。我が国においても、政府が 2010 年には 460 万 kW の太陽光発電（PV）システムを導入する目標を掲げており、普及に大きな期待が持たれている。

著者らはこれまでに PV システムについて

ミクロ・マクロ両面から検討 [1][2] を行い、我が国の PV システムの我が国における賦存量と普及拡大の可能性について分析を行った。一方、既存の電力供給利用システムにおいて、今後普及拡大する PV システムが各種電源とどのように協調できるのかについては分析はあまり行われていない。特に、電気事業において大きな課題である負荷率の改善に対して、各種分散型電源の導入が与える影響についての分析は行われていない。

本報告では、PV 導入による負荷率の改善効果について検討を行い、PV 普及による電

源計画への影響について年間と季節毎の負荷率がPV導入によってどのような影響を受けるかについてシミュレーション分析を行った。

## 2. PV導入によるピークカット効果

### 2.1 分析の前提条件

普及規模が達成できた場合にピークカットがどの程度行えるかについて予備的評価を行う。予備解析の前提条件として用いる将来のエネルギー需要は資源エネルギー庁（エネ庁）の予測値を用いた。エネ庁の予測では2010年における我が国におけるエネルギー需要は約1,000TWhと見込まれている。2010年以降のエネルギー需要の伸びについては不確定要素が大きい、エネ庁の予測を単純に外挿し、2030年で1,230TWhと想定した。また、将来の負荷率については、人口分布やライフスタイルの変化など種々の社会条件により変化することも考えられるが、本論文では、将来の負荷率を変化させる要因のうち、太陽光発電システムの導入による影響を明らかにする事を目的としている。したがって、PV導入が導入されない場合には将来の負荷率は変化しない（将来の負荷曲線は現状の相似拡大として取り扱う）ものとして、将来の日負荷曲線を想定した。また、日射データについては気象台のおかれている全国25地点のデー

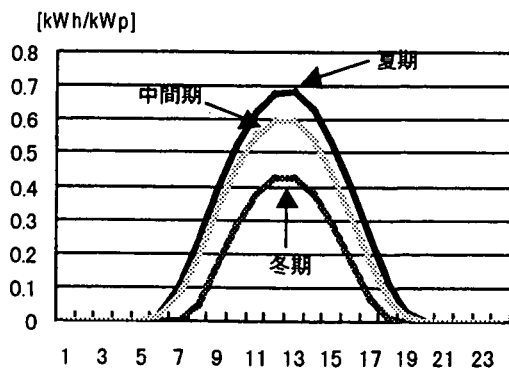


図1 時刻別PV平均発電量

タを地点毎に5ヶ年の平均を求め、さらに全国平均を求めて用いた（図1）。

### 2.2 PV導入による日負荷への影響

まず、PV導入により日負荷曲線がどのように変化するかについて検討を行う。著者らはこれまでにPV普及規模について分析を行ってきている。表1にはこれまでに行った普及規模の分析結果を引用する。PVシステムでもっとも大きなポテンシャルを持つのは低圧連系型のシステムとなり、全体の約60%を占める。10kWp<sup>(注1)</sup>以上のシステムを設置するために十分な用地ないし建物の大きさを持つ需要家でも、低圧電灯または低圧電力で料金契約をしている場合は多い。このような需要家が10kWp以上のシステムを設置するには高圧電力の契約と受電設備の設置が必要となるため、10kWp以下の低圧連携システムとなる。これら設置形態別のPVシステムのうち、負荷曲線に影響を与えるのは系統連系型のシステムであり、現実的に設置可能

表1 PVシステムの普及規模（出典：[1]）

設置形態	究極普及規模 [GWp]	最大普及規模 [GWp]
門灯・灯標	0.24 (0%)	0.01 (0%)
無線機等	0.23 (0%)	0.03 (0%)
農事用システム	59.18 (5%)	6.42 (14%)
低圧連系システム	248.48 (22%)	27.45 (59%)
高圧連系システム	740.16 (67%)	9.79 (21%)
独立型電源	57.35 (5%)	2.89 (6%)
合計	1,105.65	46.58

(注1) Wp:自然光の分光放射分布 (AM:エアマス-1.5) と呼ばれる光を1kW/m<sup>2</sup>入射したときに発電できる量。曇りの日など、日射条件が悪い場合などにもこの出力が得られるわけではない。

な最大普及規模<sup>(注2)</sup>は約37.2GWpとなる。

図2には2030年の最大3日日負荷曲線とその時点で系統連系型PVシステムの最大導入規模である37.2GWpのPVシステムが導入された場合の負荷曲線を示す。

夏期(7月~9月)には最大負荷は15時後に発生しているが、PV出力は13時前後に最大の電力を発生する。このため、13時前後

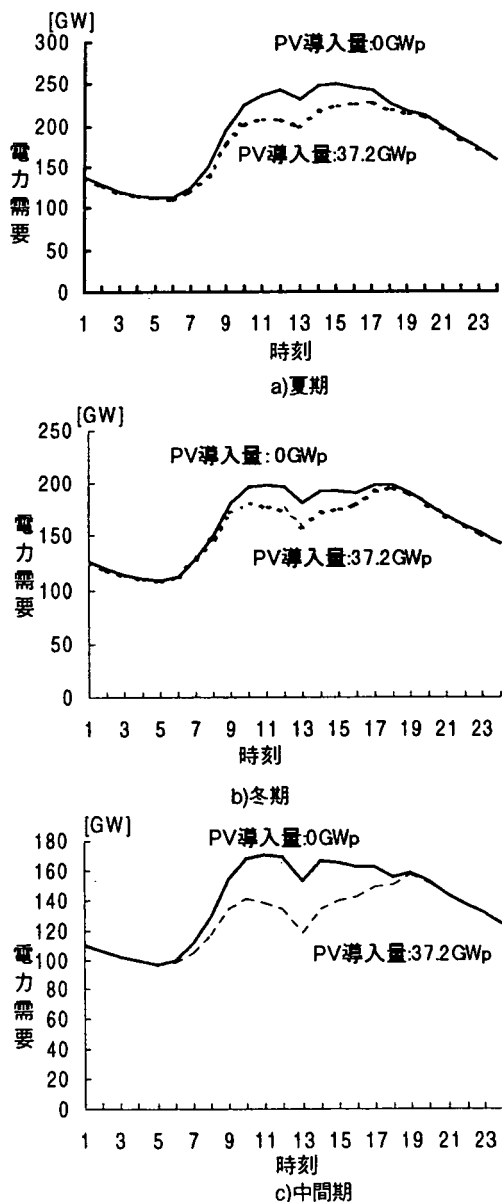


図2 PV導入による日負荷曲線への影響

(注2) 最大普及規模 (Maximum Potencial) とは立地制約を考慮した上で、設置できる最大のシステム量をさす。一方、究極普及規模 (Ultimate Potencial) とは立地上の制約を無視して設置できる最大のシステム量をさす。

の需要が大きく落ち込むとともに、PV発電量が比較的大きい15時前後の負荷も低下する。一方、17時前後には電力需要は240GW程度あるにもかかわらずPVによる発電はあまり期待できない。したがって、PVの出力が最大になる時刻と電力需要のピーク時刻の違いにより、系統連系型PVシステムの最大導入規模37.2GWpのPVシステムが導入された場合、日最大負荷発生時刻が15時から17時にシフトする。

一方、冬期(12月、1月、2月)の日負荷の特徴として、朝と夕刻に大きな負荷が発生し、13時ごろに需要が落ち込むものの、日中は比較的一定の負荷パターンを示す。つまり、冬期の負荷パターンは夏期ほど先鋭化していないほか、冬期には日負荷ピークが午前中の11時に発生している(199.0GW)。一方、PVは11時ごろから発電が大きく立ち上がり、夏期と同じく13時に最大となり、午前中の負荷を大きく減少する。しかしながら、夕刻の需要が最大となる18時頃(198.5GW)には、PV発電出力は0.03kWh/kWpとなり、PVによる発電はほとんど期待できない。このため、PVシステムが37.2GWp導入された場合、PVシステムの発電量が大きい13時ごろの負荷が大きく落ち込むとともに、電力需要のピークの11時台も需要が大きく減少するため、PVの大量導入により冬期の負荷曲線は先鋭化する。したがって、冬期においては、負荷特性は改善されず、むしろ悪化する。

中間期(3月~6月、10月、11月)におけるPVシステムによる発電が最大となる時刻は季節による違いはなく13時であるが、太陽高度の関係からわずかではあるが日射パターンが午前中にシフトする。一方、中間期における日負荷の特徴は、最大負荷が冬期と同じく11時に発生するが、午後は負荷が緩や

かに減少する傾向がある。また、中間期には夏期に比べてPVの平均発電量で13%程度、ピーク出力で17%程度減少するが、電力最大負荷は夏期に250GWであったものが、中間期には170GWとなり、32%減少する。このため、PVの導入による日負荷の低減効果は大きい。しかしながら、冬期と同じく、160GW程度の負荷のある18時前後の時間帯にPVが発電できる電力は極めて小さいため、37.2GWpのPVシステムが導入された場合には中間期の日ピークは11時から19時にシフトする。

### 2.3 PV導入による負荷率への影響

PVシステムの導入量と年負荷率の関係を需要規模毎に図3に示す。ここで、年間電力需要820TWhは1995年のデータであり、年間電力需要1000TWhはエネルギー庁の需要想定における需要を示す。また、年間電力需要1230TWhはエネルギー庁の需要想定を外挿して得られた2030年の需要における負荷率の変化を表す。

図3で示す年負荷率の変化からはPVの導入が年負荷率の改善に効果があることが示されている。つまり、夏期における良好な日射により夏期の需要が下がるため年負荷ピークが下げることができる。このため、PV導入は年負荷の平準化に貢献している。しかしながら、年間電力需要の差による影響は大き

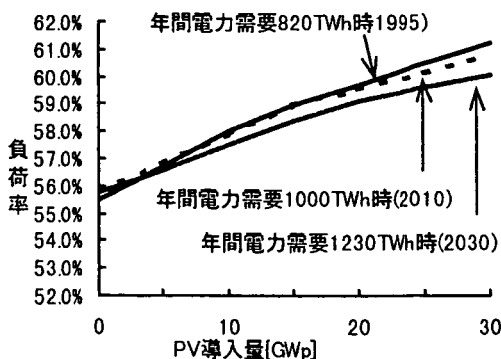


図3 PV導入による年負荷率への影響

くなく、30GWpのPV導入により年間需要820TWhの場合で年負荷率は62%まで改善するが、年間電力需要1230TWhの場合でも60%まで年負荷率は改善する。PV導入による効果として、PV導入規模が30GWpの場合ではPVシステムは年負荷率を4.5ポイント~6ポイント改善するkWh価値を持つといえる。

次に季節毎の平均需要と平均日射をもちいてPV導入が日負荷率にどのような影響を与えるかについて検討を行う。

季節毎の日負荷率を見るとPV導入による日負荷率の改善効果は年負荷率ほど単純に期待できない。まず、夏期においてはPVシステムの導入を促進することで、導入規模とともに負荷率は改善され(図4-b)、10GWp~15GWp程度で負荷率は最大となる。負荷率の改善効果が最大となる規模は年間需要が820TWhの場合に10GWp程度となり、需要が大きくなった場合には15GWp程度となる。年間電力需要820TWh時で74.9%から約1.9ポイント程度改善される。また、負荷率が最大となった導入規模以上にPV導入を行うと負荷率改善効果が緩やかに低下し、30GWp導入時には負荷率が最大の場合に比べて、0.1ポイントほど低下する。しかしながら、30GWpのPV導入であってもPVが導入されない場合に比べて、1.2ポイント程度の負荷率は改善される。

一方、冬期においては図4-b)に示すように電力需要の規模によらずPV導入により負荷率を改善する事はできない。PV導入量が30GWpとなった場合には、負荷率は約84%から約81%に低下し、最大で3ポイント程度悪化する。しかしながら、年間電力需要が1200TWhの程度の場合には負荷率の悪化は2ポイント程度にとどまるため、大量のPVシステムが導入された場合でも電力需要

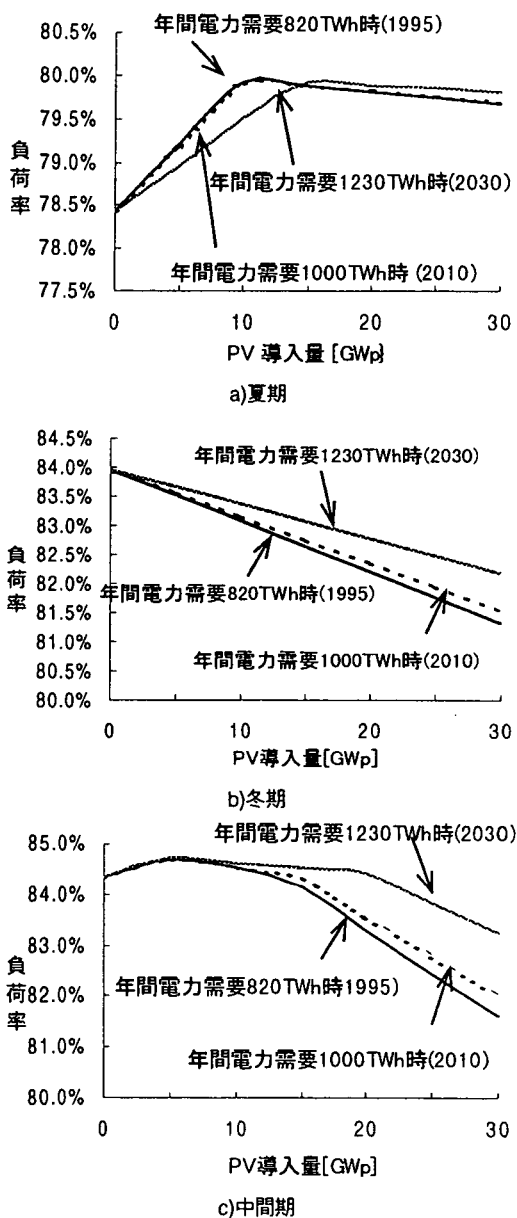


図4 PV導入による負荷率への影響  
(平均負荷に対する影響)

が伸びた場合には負荷率の悪化をある程度は抑制する事ができる。

中間期においては夏期と同様に PV 導入により日負荷率改善効果が見込めるが、PV の導入規模により負荷率は夏期以上に大きく変化する。図 4-c) では PV 導入量が 5GWp で日負荷率改善効果が最大となることが示されている。しかしながら、負荷率の改善は最大で 0.5 ポイント程度しか期待できない。ま

た、年間電力需要が 1000 TWh 以下の合には PV 導入量が 5GWp を超えたあたりから急激に負荷率がさがり、10GWp の PV 導入量で、PV 未導入時とほぼ同じ負荷率になる。また、PV 導入量 30GWp 時の負荷率は PV システムを導入しない場合よりも最大で 3.5 ポイント下回る。しかしながら、年間電力需要が伸びて 1230 TWh となった場合には PV 導入量が大きくなっても負荷率の落ち込みは大きくない。また、PV 導入が 5GWp~15 GWp では負荷率はあまり大きく変化しない傾向が生じる。また、20GWp 程度の PV 導入で負荷率は PV を導入しない場合とほぼ同じ負荷率となる。

#### 2. 4 最大 3 日平均負荷に与える影響

前節では季節中の平均電力需要、平均日射を用いて検討を行ったが、本説では最大 3 日平均負荷と日射を用いて PV 導入が負荷率にあたる影響について検討を行う。電力設備計画に際しては最大 3 日平均負荷を用いて決定することから、最大 3 日平均負荷を用いての検討は PV システムの kW 価値の判断基準として利用できる。ここで、年間電力需要については前節と同じように想定した。

最大 3 日平均負荷と日射を用いて検討した結果を図 5 に示す。平均負荷を用いた検討では PV 導入による負荷率改善効果は 1.5 ポイント程度であったが、夏期最大 3 日平均負荷に対する検討では負荷率は 74.9% から 76.8% となり、最大で 1.9 ポイント程度の改善が見込める。つまり、夏期の電源としては適切な規模の PV 導入には負荷率を 1.9 ポイントほど改善するだけの kW 価値があると考えられることができる。ただし、PV システムの導入がある程度以上になると負荷率の改善効果は頭打ちとなり、PV 導入量の増加とともに徐々に日負荷率が低下するといった傾向は最

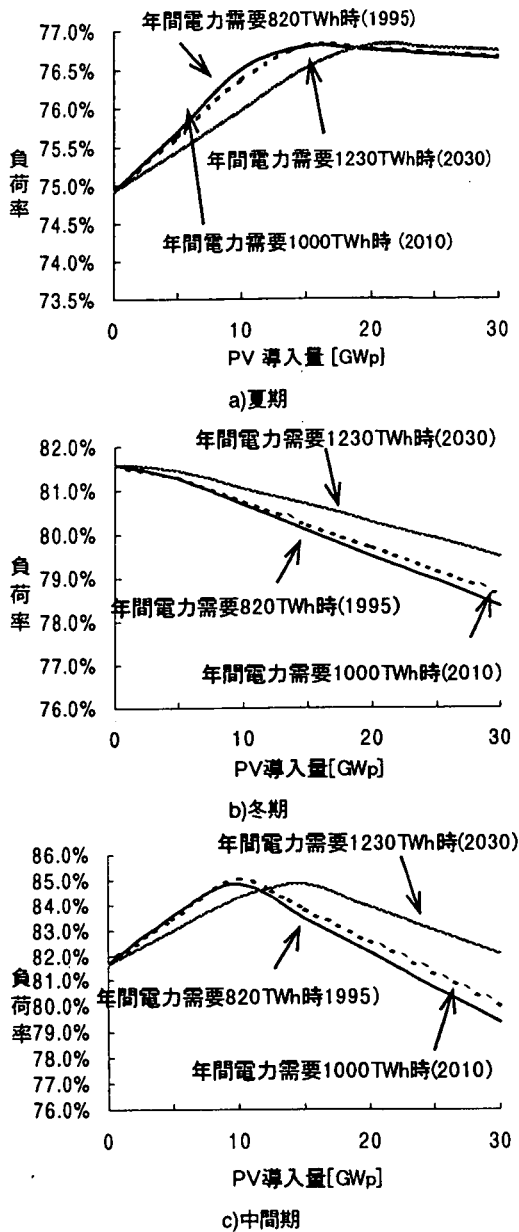


図5 PV導入による負荷率への影響  
(最大3日負荷に対する影響)

大3日負荷に対する検討においても平均負荷に対する検討においてもおおきな違いはない。ただし、負荷率改善効果をもっとも期待できるPV導入量については平均負荷に対する検討で導入規模10GWp程度で改善効果が最大となっていたが、最大3日負荷にたいする検討では導入規模15GWp程度と、5GWp程度大きくなっている。また、最大3日平均負荷を用いて検討した場合、平均負荷に対す

る検討よりも負荷率の改善が最大になる点以上にPVを導入した場合の負荷率の低下傾向は顕著に表れない。また、負荷率の点からのPV導入によるkW価値は15GWp~20GWp程度までは期待できるがそれ以上ではkWh価値のみとなると考えることができる。

一方、冬期においては平均負荷に対する検討と違いがなく、電力需要の規模によらず負荷率を改善する事はできない。また、PV導入量30GWpにおける負荷率の悪化も4ポイント悪化する点でも違いはない。したがって、PVシステムに冬期におけるkW価値を求めることは難しく、kWh価値のみを期待することしかできない。また、PV導入量が5GWp程度で負荷率悪化の傾向が変化するが、これはPV導入量5GWp程度で日ピーク発生時刻が11時から18時にシフトした事による。

最大3日平均負荷に対するPV導入の影響と平均負荷に対するPV導入影響でもっとも大きな違いが生じるのが中間期である。平均負荷に対する検討では電力需要規模が大きい場合にはPV導入が5GWp~15GWpであまり変化しない傾向があったが、中間期最大3日負荷では負荷率に対する影響は完全な凸型の傾向を示す。年間電力需要が1000TWh以下ではPV導入の規模が10GWp程度でもっとも大きな負荷率の改善が期待でき、日負荷率は3ポイントほど改善される。年間需要1200TWhのときには負荷率改善の効果が最大となるのは15GWp程度である。一方、年間電力需要が1000TWh以下では日負荷率の改善が期待できるのはPV導入量20GWp程度までで、PVシステムが30GWp程度導入されると日負荷率はPV未導入時に比べ2ポイント程度悪化する。しかしながら、年間需要が1200TWh程度あれば、30GWpのPV導入では負荷率が大きく悪化すること

もないが改選する効果も期待できない。また、年間需要が1200TWhであってもPVシステムが30GWp以上導入された場合には日負荷率は冬期と同じく単純に悪化する。

### 3. 普及過程における負荷率改善効果

前章では電力需要規模とPV導入規模との関係について検討を行った。一方、これまで著者らはPVシステムの導入規模・導入過程について分析を行い、種々の普及促進策の影響について評価を行っている<sup>[1]</sup>。本章では太陽光発電システムの普及過程が負荷率の改善にどのような影響を与えるかについて検討を行う。表2にはこれまでに行った普及分析を引用する。

引用した普及分析の結果からは基本ケースで2030年に5.3GWpの普及が見込めるほか、普及促進ケースでは2010年に現在の政府目標である4.6GWpには及ばないものの、新工法によるコスト低減と導入助成の上積みにより3.1GWpの普及が見込めることが明らかとなっている。ここでは表1に示す普及過程において負荷率がどのような影響を受けるかについて分析を行う。

#### 3.1 基本ケースにおける負荷率改善

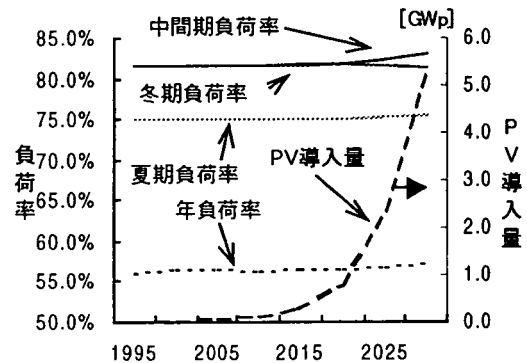
年間の導入助成額を40億年とした、基本ケースにおけるPVの普及にともなった負荷率の変化を図6-a)に示す。基本ケースではPVの普及拡大に伴い年負荷率がわずかではあるが改善し、2030年には1.5ポイント改善されることが示されている。前節における検討に示したように冬期の日負荷率はPV導入量によらず低下することが示されているが、PV普及の進展に伴う負荷率の低下傾向が顕著となるのはPV導入量が2GWpをこえる2025年頃からとなる。基本ケースにおける冬期の日負荷率は2030年に1.5ポイント低

下する。一方夏期と中間期ではPVの普及に伴い負荷率は改善され、2030年までに夏期で1.5ポイント、中間期で1ポイント改善される。また、年負荷率についてはPVの導入期後が1GWpの場合でも1ポイント程度の改善が見込める。PVの普及進展に伴う冬期の日負荷率の悪化を上回る夏期・中間期そして年間の負荷率は改善される。

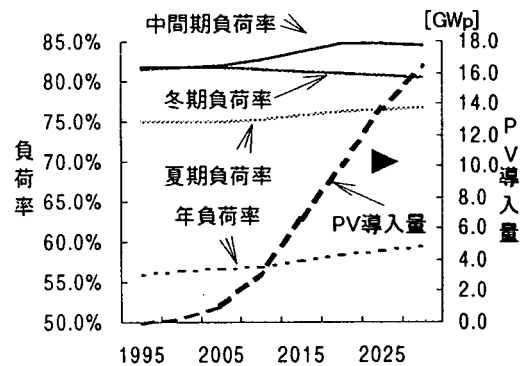
表2 太陽光発電システムの普及量(出典:[1])

	2000 [GWp]	2010 [GWp]	2020 [GWp]	2030 [GWp]
基本ケース	0.1	0.1	0.8	5.3
普及促進ケース	0.3	3.1	10.1	16.3

※基本ケース：補助金総額40億円/年  
普及促進ケース：補助金総額280億円/年  
家庭部門への助成率はどちらも50%



a)PV普及基本ケース



b)PV普及促進ケース

図6 PV普及過程における負荷率への影響

### 3. 2 普及促進ケースにおける負荷率改善

PVの普及を加速させるための施策として年間の導入助成額を280億円とした普及促進ケースにおけるPVの普及促進により負荷率がどのように変化するかを図6-b)に示す。PV普及を加速する施策が実施された場合(普及促進ケース)ではPV導入量が飛躍的に伸びるのにもない、早い時期から冬期の日負荷率の低下傾向が顕著となり、2030年までに日負荷率は3ポイント悪化する。一方、中間期においては急激に負荷率が改善され、PVの普及が12GWpを超える2020年頃に3ポイント改善した後、負荷率の改善傾向は鈍化する。夏期の負荷率と年負荷率は評価期間中を通じて常に改善する事ができ、2030年には年負荷率は3.5ポイント、夏期の日負荷率は1.8ポイント改善される。したがって、PV導入が加速した場合でも夏期と年間の負荷率に着目する限り、PVシステムの大量普及は負荷率の改善に効果があると言える。また、中間期においては2020年から負荷率の改善傾向が鈍化するものの16GWpの普及の見込める2030年の負荷率は1995年に比べて、夏期の負荷率改善を上回る3.1ポイントが見込めることからPVの普及進展は全体的に負荷率の改善に寄与するものと考えられることができる。

### 4. おわりに

本論文ではPV導入による負荷率の改善効果について検討を行い、PV普及による負荷率への影響について検討を行った。年間と季節毎の負荷率がPV導入によってどのような影響を受けるかについてシミュレーション分

析を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 長期的に見た場合、PVシステムの普及により年負荷率の改善が見込めるが、季節毎に見た場合には冬期における負荷率の改善は見込めないことが明らかとなった。
- 2) 最大3日負荷に対する負荷率改善効果をもっとも期待できるPV導入量は導入規模15GWp程度であることが明らかとなった。
- 3) また、15GWp以上のPVを導入した場合には負荷率改善効果が低下することから、PV導入によるkW価値は15GWp~20GWp程度までは期待できるがそれ以上ではkWh価値のみとなると考えることができる。
- 4) 今後の普及予測を加味して検討した場合にも同様の傾向が示され、2030年には3.4ポイントの年負荷率改善が期待できる。

今回の分析では単なるシュミレーション分析として評価を行ったが、今後、電力供給利用システムをより正確にあらわせるように動学的な手法を用いて分析を行う予定である。

#### 【参考文献】

- [1] 今村、内山、「太陽光発電システムの普及展望」、電力経済研究No36、1996年7月
- [2] 今村、浅野、「時刻別料金制下における住宅用太陽光発電システムの最適計画」、電力中央研究所報告Y93001、1994年3月

(いむら えいち  
うちま ようじ  
電力中央研究所 経済社会研究所)