

雲の広域的影響下にある日射環境の実像

吉野 純¹・Mustamin RAHIM²・原 規博³・安田 孝志⁴

¹正会員 岐阜大学助教 大学院工学研究科 (〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1)

E-mail: jyoshino@gifu-u.ac.jp

²岐阜大学 大学院工学研究科 (〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1)

E-mail: p3815003@edu.gifu-u.ac.jp

³(株)稲葉製作所 (〒484-0888 愛知県大山市大字羽黒新田字笹野 1)

⁴フェロー 岐阜大学教授 大学院工学研究科 (〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1)

E-mail: coyasuda@gifu-u.ac.jp

本研究は、太陽光発電が本格化する場合に必須となる日射量に関わる諸情報を日射環境として捉え、「局地気象予報」データベースを基にその実像の解明を試みたものである。本研究によって得られた太陽光発電による平均的な電力供給カーブを平均的な電力需要カーブとマッチングさせることにより、時間単位での電力需給の過不足評価が可能となる。一方、100km四方の日射量を空間平均としても時間平均のような平均カーブは得られず、太陽光発電の場合、蓄電や補助電源システムが不可欠となるが、その容量は過不足評価結果より算定可能である。

Key Words : Isolation environment, photovoltaic generation, regional weather forecast, micro grid

1. 緒言

2010 年 6 月に閣議決定されたエネルギー基本計画¹⁾においては、低炭素社会の実現に向けて 2030 年までに原子力・再生エネルギーの比率を 70%まで高めるとされていた。加えて、今回の東日本大震災によって原子力発電の脆弱性が露呈し、信頼性が大きく低下してしまった結果、太陽光発電への期待がバブル的に高まって来ている。しかし、太陽光発電のコストが今後期待通りに大幅に下がり、導入が本格化した場合、国土の 7 割が山岳である上に梅雨前線などが停滞し、全国平均で年間 1,700mm 近い降水のある我が国では、雲による日射量の変動性は無視できない問題となる。

太陽光発電の場合、発電可能量が気象条件によって場所毎に異なる上、発電量自体が気象条件に支配されて時々刻々と不確定的に変動する。これに対し、電力需要の方は気象条件と人間活動に支配され、やはり不確定的に変化するため、両者を時空間的にマッチングさせる技術が必要となる。そのような技術開発においては、まず日射量を限られた地点のみで捉えるのではなく、日射環境として幅広くシステム的に捉え、その実像を明らかにする必要がある。

具体的には、まず場所毎に異なる発電可能量を知る必要があるが、そのための日射量の賦存量評価において

は、細かな地形やそれに起因する雲の影響が重要となり、解像度の高い日射量の空間分布情報が必要となる。しかし、それ以上に本質的な問題として、太陽光発電では需要に応じて発電することが出来ないだけでなく、気象条件によって電力の供給量と需要量の両方が不確定的に変動するため、電力需給のミスマッチが恒常的に生じ、需給バランスの調整が極めて困難になることである。事実、現在のように発電を電力会社のみで需要量に応じて行っている状況でも、需要量の不確定性のために、1つの管内だけで 100 万 kWh 程度のミスマッチが生じている。

太陽光発電が今後本格化して行くためには、こうした需給ミスマッチの解消が必須課題となる。そのため、マイクログリッドなどによる需給調整の可能性が検討されているが、日射量自体に地域性があるため、その適用は特定地点・地域に留まっている²⁾。この問題の本質は雲の広域的影響下にある日射量の時空間的変動性であり、日射量を日射環境として捉え、その実像を解明・把握する必要がある。この実像把握があつて初めて、発電された電力を無駄なく需要にマッチさせることができる「ベストミックス」が可能となり、それに必要な蓄電池や燃料電池などの容量も具体的に明らかとなる。そのためには広域かつ高解像で、数年にわたる時間単位の日射量データが必須となる。しかし、NEDO のホームページで公開されている全国日射量マップは、全国 65ヶ所

(東海3県では1ヶ所のみ)のAMeDAS観測点での実測値を補完して1km格子データに変換したものであるため、地域性のある日射量の実像解明には適していない。

そこで本研究では、2km解像度で毎日行っている「局地気象予報」の結果を基に、高解像度でかつ長期間にわたる日射量の時空間分布特性を調べ、日射環境の実像解明を図る。さらにその結果を基に需給マッチングに不可欠となる日射量の時間的変動に対する平滑化の可能性について検討を行い、太陽光発電の本格化において重要となる需給マッチングの要件を明らかにする。

2. 岐阜大学「局地気象予報」

本研究で用いる日射量予測値およびそのデータベースは、2005年6月1日から運用が開始された岐阜大学独自の局地気象予報システム⁴⁾に基づいている。

この気象予報システムで用いられている領域気象モデルMM5³⁾(<http://www.mmm.ncar.edu/mm5/mm5-home.html>)による予測計算領域は、図-1に示す日本列島を囲む水平解像度18kmの領域1、中部から近畿に掛けての解像度6kmの領域2および岐阜・愛知両県を覆う解像度2kmの領域3から成っている。予測計算の条件は表-1に示す通りであり、領域2および1では雲解像計算を行っている。計算結果の精度については、既に気温や風速、降水量などの気象値に関しては実証済みである^{6),7),8)}。それゆえ、気温や降水量の予測精度が良好であるということは、雲やその結果としての日射量の計算精度も良好であることを意味している。

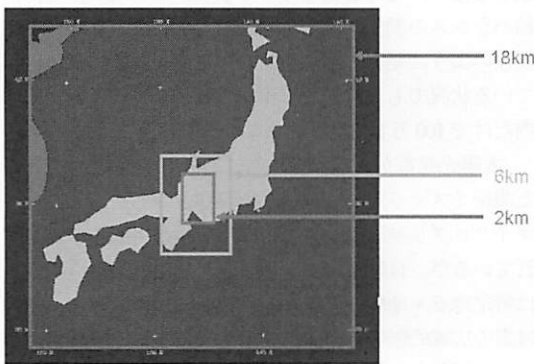


図-1 MM5 予測計算領域

3. 日射量と発電量の予測精度

(1) 日射量の予測精度

日射量は気象モデルMM5によって気温や降水量などと同時に大気の大気物理法則に従って計算され、これらの精度は共に雲の計算精度に支配されている。したがって、

気温の精度が良ければ日射量の精度も良好であると考え

	領域1	領域2	領域3
水平解像度	18km	6km	2km
鉛直層数	20 (上端100hPa)		
タイムステップ	54sec	18sec	6sec
予報時間	36時間		
初期値・境界値	気象庁RSM(3時間間隔, 20km格子)		
海面温度データ	NCEP daily SST (1° × 1° 格子)		
雲物理スキーム	Reisner graupel (Reisner et al.,1998)		
積雲パラメタリゼーション	Kain-Fritsch (Kain et al.,1993)	なし	なし
境界層スキーム	Eta (Janjic,1993)		
放射スキーム	Cloud radiation (Stephens,1984)		
地表面スキーム	Five-layer soil (Dudhia,1996)		

表-1 予測計算条件

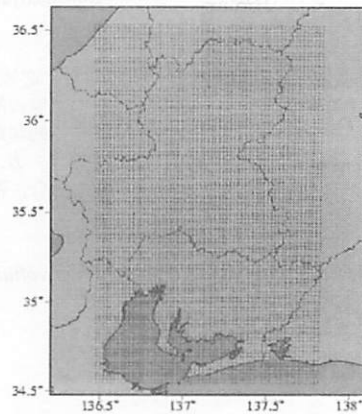


図-2 予報領域：面的描画予報領域

ることは物理学的に自然であるが、確認のため、気象庁によって精度保証された、信頼度の高い観測データとの比較によって精度検証を行う。そのため、東海3県の気象官署の中で唯一日射量観測を行っている名古屋気象台のデータと比較することにした。

図-3は、予測値と観測値の毎正時日射量の時系列比較を示したものである。ここでは、代表例として2009年8月の1ヶ月間のみを示しているが、他の年・月においても同様であり、予測値は全体的に観測値の時間変化によく対応していることがわかる。

図-4は、日平均した日射量の2009年6~8月の3ヶ月間における日変化について予測値と観測値を比較したものである。日によって予測値は観測値に対して過大になったり過小になったりしているが、1ヶ月を通して見ても予測値は観測値とほぼ対応した変化を示している。

このことをより明確にするため、2009年1~12月の各月毎の月平均日射量について比較したものが図-5である。月平均で見ると、時間単位や日単位の日射量に現れていた雲の影響が平均時間を長くすることによって消滅され、日射量予測値は観測値とよく一致するようになる。特に、7月および8月では完全に一致した結果とな

っている。

こうした平均操作の効果をより明瞭に示すものが、2006年から2009年の4年間で平均した月単位日射量を比較した図-6である。2009年1年間の月平均日射量を比較した図-5の月による日射量の差異はほぼ消え、いずれの月においても予測値は観測値とほとんど一致した結果となっている。したがって、月平均や年平均の日射量予測値をデータベースとして活用する場合であれば、そのまま観測値に代替できる精度を有していると考えて良い。

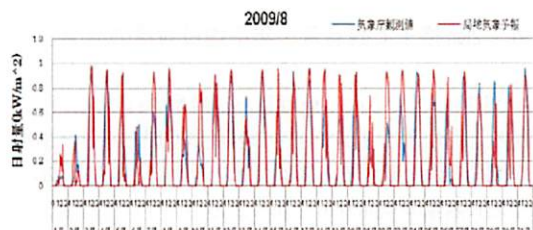


図-3 2009年毎正時日射量の時系列比較(名古屋)

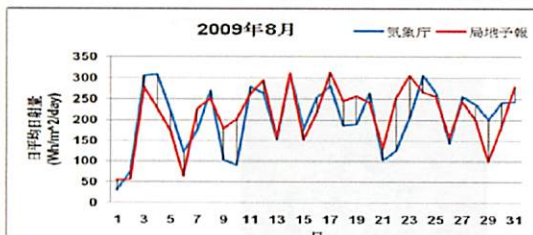
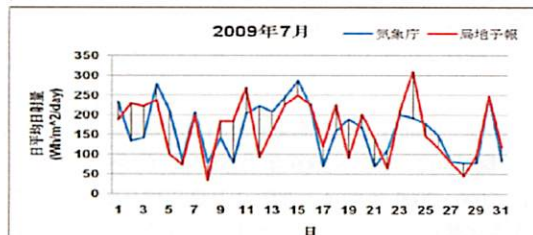
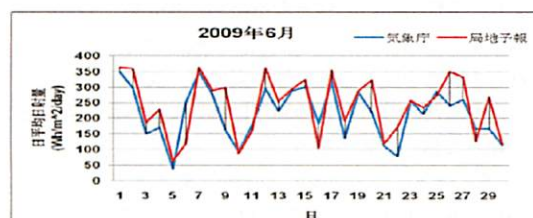


図-4 日平均日射量比較

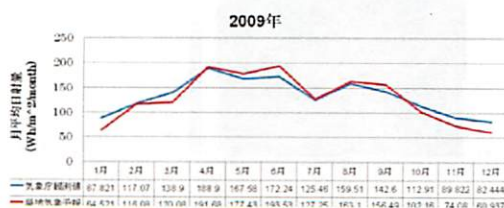


図-5 月平均日射量

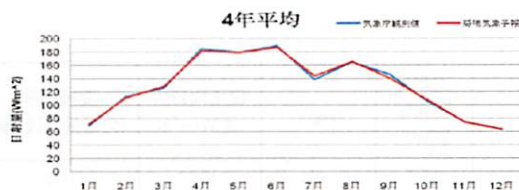


図-6 4年(2006~2009年)平均日射量

(2) 発電量の予測精度

太陽電池の発電量は、直達・散乱などの日射形態、日射光のスペクトル特性、パネル受光面に対する日射角、パネル温度などの様々な要因に支配されるため、その評価にはこれらの物理過程を踏まえた扱いが必要となる。しかしながら、2010年7月の実測発電量の時間変化と「局地気象予報」による予測日射量の時間変化を比較した図-7からわかるように、発電量は日射量に連動して変化している。

このことから、これらの要因による誤差の影響は小さく、日射量と発電量が大きく異なっている場合があるとすれば、それは雲の影響を受ける日射量の予測誤差に原因があると言える。それゆえ、各種要因による誤差は日射量誤差よりもはるかに小さく、その影響は無視できるレベルと見なし、直達と散乱を足し合わせた全天日射量（「局地気象予報」での日射量）を発電量に変換する係数にこれら各種要因の影響を全て集約した扱いを行う。その結果、

$$\text{発電量} = \text{変換係数} \times \text{日射量} \quad (1)$$

によって、発電量は変換係数の値と日射量がわかれば予測できることになる。

表-2は、岐阜大学図書館屋上に設置された太陽電池（定格出力40.8kw、パネル面積261m²）による2010年2月～9月における月間発電量(kwh)と「局地気象予報」による各月の日平均日射量(w/m²)、

$$\text{変換係数} = \frac{\text{月間発電量}}{\text{月平均日射量} \times \text{各月の日数}} \quad (2)$$

の値をそれぞれ示したものである。なお、表中の稼働率は定格発電量に対する発電率を意味している。稼働率は日射量に大きく支配されるため、2月と5月では2倍の差があるが、変換係数は最低となる6月の0.11と最高となる3月の0.16の比を取っても1.45に留まり、月による変化が比較的小さい。それゆえ、ここでは2月から9月までの8ヶ月間の平均値0.13を変換係数の値とすることにした。

図-8は、変換係数の値を0.13とした式(1)にパネル面積261m²を掛けて日射量予測値より求めた発電量と実測発電量との時間変化を比較したものである。ここでは、6月の最初の10日間の比較しか示していないが、式(1)

によって日射量予測値から発電量をほぼ予測できていることがわかる。

月	実測月 間発電 量(kWh)	稼働率 (%)	日平均日射 量(W/m ²)	変換効率 (発電量/日射量)
2	2,812	10	104.7	0.15
3	4,420	15	145.5	0.16
4	4,800	18	191.9	0.13
5	6,102	20	247.7	0.13
6	5,017	17	233.1	0.11
7	5,064	17	215.9	0.12
8	5,305	17	226.4	0.12
9	4,410	15	169.0	0.14

表-2 月間発電量、稼働率、変換効率等

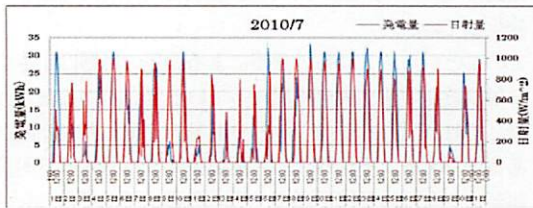


図-8 発電量実測値と日射量予測値の直接比較

図-9 は、6 月の日発電量の日変化について実測値と予測値を比較したものである。日単位の発電量の変化を 1 ヶ月にわたって見ると、発電量自体は大きく不規則に変動しているが、予測値は実測値によく対応していることがわかる。

さらに、これを月発電量について示した図-10 を見ると、日単位の変動が平滑化され、予測値は実測値と良く対応するようになり、月発電量の予測が十分に可能となっていることがわかる。

以上より、「局地気象予報」による日射量予測値を用いれば、変換係数の値を 0.13 とした式(1)によって発電量が容易に予測でき、その精度は月単位では極めて良好になると言える。

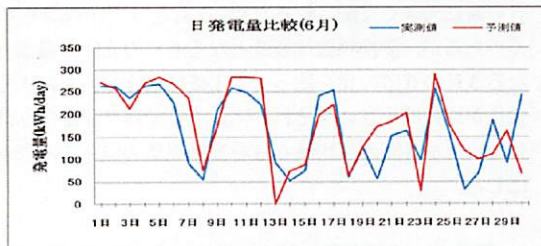


図-9 日発電量比較

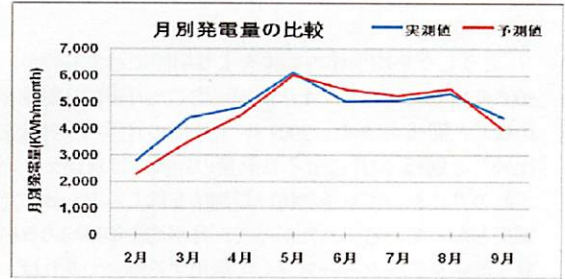


図-10 月別発電量の比較

4. 2km 格子で観る月・年平均日射量の空間分布

上述したように、発電量と日射量はほぼ比例関係にあると見なすことができ、日射量の空間分布と発電量の空間分布は一致すると考えてよい。したがって、2km 格子で日射量の空間分布を知ることができれば、木目細かく発電可能量評価を行えるようになる。平坦で雲の無い乾燥地帯であれば、日射量は太陽高度のみで一義的に決まり、空間分布は一樣となるため、2km 格子の分布情報は不要となる。しかしながら、一般には標高や地形、これらの影響を受ける地形性の雲によって日射量は様々に変化するため、日射量の利用においては空間分布を正しく知っておく必要がある。

そのため、ここでは「局地気象予報」を開始した 2005 年 6 月 1 日から 2009 年 12 月 31 日までの毎正時日射量データを用いて空間分布について検討を行う。図-11 は、岐阜・愛知両県を中心とした予報対象地域と標高分布を示す。北部は日本海側気候の影響を受ける山岳地帯であり、南部は太平洋側気候下の濃尾平野となっている。

図-12 は、2005～2009 年の 5 年間（1～5 月については 2006～2009 年の 4 年間）の月別平均日射量の空間分布を偶数月について比較したものである。それぞれ 4 年もしくは 5 年間で平均した日射量であるが、月毎にまた

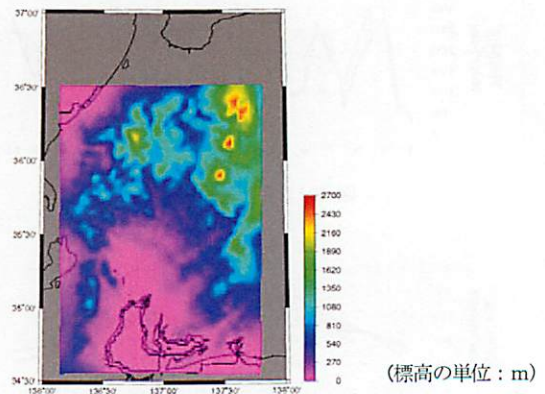


図-11 予報対象地域と標高分布

場所によって大きく変化することが明らかとなり、NEDOによって公表されている全国日射量マップ⁹⁾で示されるよりもはるかに細かな分布をしていることがわかる。それゆえ、太陽光や太陽熱を利用する場合、日射量は対象とする場所毎に、また季節によって大きく変化するため、この図に示されるような月単位での高解像度分布情報に基づいて正確に知る必要があると言える。特に6月の日射量の分布に標高の影響が明瞭に現れており、日射の吸収・散乱の基本量となるエアマスが小さくなる高山帯において、南部の平野部よりも日射量が大きくなっている。このため、同じ山岳地帯であっても尾根筋や平坦地において日射量が周囲に比べてより大きくなっている。このように、日射量は場所および月毎に異なるとの認識が必要である。ただし、冬季(11~3月)には日本海側の気候の影響が北部全域に及ぶようになり、日射量が減少し、北部と南部で日射量分布が明瞭に二分されるようになる。

こうした日射量の分布を賦存量評価に適した年平均で捉え、それが年によってどのように変化するかについて検討する。そのため、図-13に2006~2009年における年平均日射量の経年変化を示す。これから、年平均であっても年によって分布は変化し、1年間の結果だけで日射量の賦存量評価を行うことは、場所によっては過大あるいは過小評価につながる危険性があることがわかる。ただし、2006および2009年は南北差がほとんど無いほぼ一様な分布であり、山岳部での日射量が他よりも大きくなる程度の差異が見られるに留まっている。これらに対し、2007年および2009年の日射量の分布には南北差が見られ、日射量は全体に南部の方が多く、北部は標高が大きい山岳地帯を除いて全体に少なくなっている。

このように日射量分布は年平均であっても年によって変化するため、4年間で平均した分布に対する標高や地形、総観スケールでの気象などの日射量に及ぼす影響を明らかにするため、代表地点での日射量の比較を数值的に行う。図-14は、代表点として図中の6地点を選び、各地点での月平均日射量を5年平均(2005年は6~12月のみ)してその月別変化を示したものである。代表点のうち、岐阜、名古屋および豊田は標高100m以下で南部に位置し、それ以外は中部から北部の山岳地帯に位置し、八幡を除いて標高はいずれも500m前後に達している。これから、4~9月の夏季を中心とした期間で見れば、高山と河合の日射量が最大であり、最も南に位置する名古屋の日射量が最低となっている。これは、前述したように夏季に太平洋からの湿潤暖気の進入による雲の影響を受けやすい名古屋と逆に晴天が多い日本海側気候下の高山・河合との差異に標高差が加わったことによると考えられる。冬季には晴天日が日本海側で少なく太平洋側で多くなり、この関係が逆転するが、冬季の

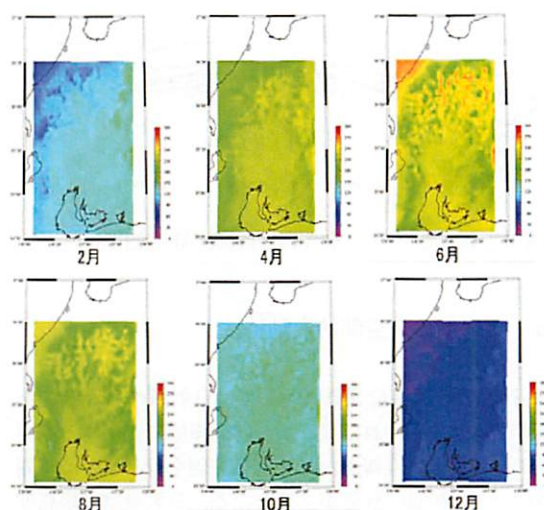


図-12 局地気象予報対象地域における5年間(2005~2009年)の月別平均日射量画像

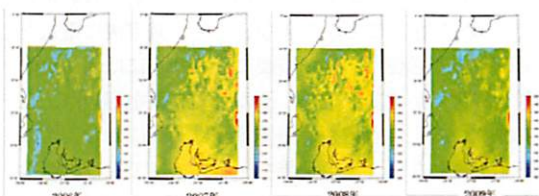


図-13 2006~2009年の各年平均日射量の空間分布

日射量は太陽高度の関係で快晴でも夏季の半分程度となり、年積算で考えると冬季の日射量の寄与は夏季の1/3程度まで低下するため、夏季の差に比べれば、日射量の絶対量が少ない冬季の差は小さい。その結果、3~9月の日射量によって年間を通じた地域差がほぼ決まることになる。このことは、同じ代表8地点での年平均日射量の経年変化を示した図-15からも明らかである。したがって、年単位での日射量賦存量を評価する場合、3~9月の日射量に着目すれば良く、この間に晴天が続く標高の高い地域が太陽光利用の適地と言える。

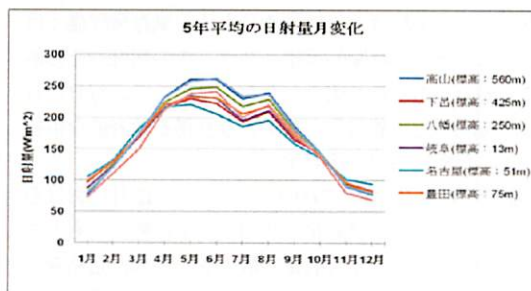


図-14 5年(2005~2009年)平均の月平均日射量月変化(2005年は1~5月を含まない)

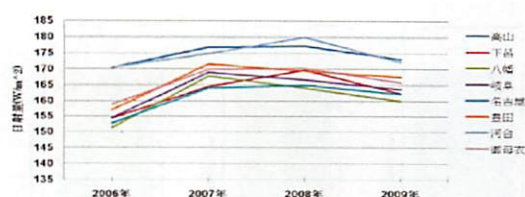


図-15 代表地点における年平均日射量の経年変化

5. 日射量の時空間的変動特性

日射量の賦存量評価に対しては日射量の積算値である年平均値を用いれば良いが、時間単位で変化する需要への適合度という観点から発電量評価を行う場合、時間単位での日射量の評価が必要となる。日射量は太陽高度と雲によって決まるため、予測できても日射量の時間変化を制御することはできず、需要に合わせた発電が不可能という利用上の欠陥を抱えている。しかも、日射量のままでは貯留することができないため、発電後に電気として貯留する必要があり、需要に合わせるには何らかの蓄電システムが必要となる。そのための蓄電容量は、互いに独立に変化する電力の需要量と供給量に対して常に過不足が生じないように調整できる大きさでなければならない。

電力需要量の時間変化を表す標準的な需要カーブは、図-16 に示されるように用途に応じて異なっているが、比較的滑らかに変化している。したがって、太陽光発電についても同じように滑らかな平均的供給カーブで発電できれば、蓄電池の充放電回数の低減や発電機による需給調整も容易となる。それゆえ、図-17 に示すように需要カーブと供給カーブの差が1日の間で均衡するのであれば、蓄電システムはそれに対応できる容量を持てば良いということになる。実際には、毎日の天気の変化のために発電量が供給カーブから外れる場合がある一方、電力消費量も需要カーブから外れる場合もあるため、それへの対応が必要となる。しかし、平均的な需要および供給カーブがわかれば、年単位や月単位の賦存量評価では明らかにできない時間的需給ミスマッチの状況やその解消に必要な蓄電容量が明らかとなる。そこで、毎日の日射量の時間変化に着目し、基準となり得る代表的な供給カーブの有無について検討する。

図-18 は、岐阜市の2009年6月および12月におけるそれぞれ1ヶ月間の日射量の時間変化を比較したものである。各時刻における日射量の最大値を連ねた包絡線は、快晴日の日射量の変化を表すと見なせる。包絡線より内側の日射量の時間変化は雲の影響を受けた非快晴時のものであり、包絡線との差は雲による遮蔽量を表すこととなる。日射量の時間変化が包絡線に一致する快晴日は、

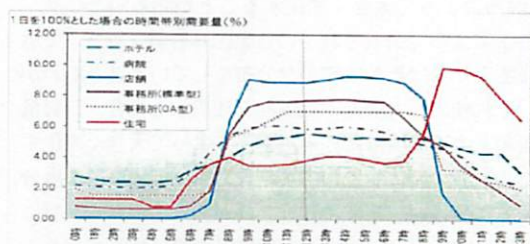


図-16 夏季における各用途別建築物の時間別電力需要変動（「都市ガスによるコージェネレーションシステム計画・設計と評価」より）

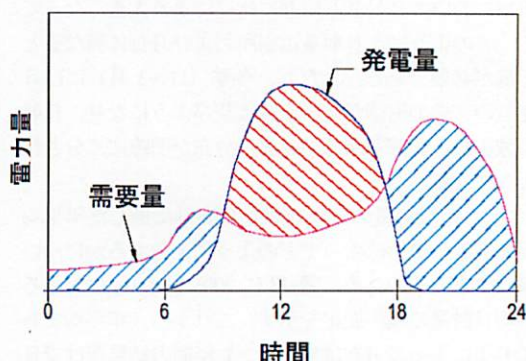


図-17 太陽電池による発電量と家庭での電力需要量の24時間変化

6月で3日、12月では2日間しかなく、ほとんど毎日不規則に変化する雲の影響が日射量に及んでいると言える。

このような雲の影響は、年間降水量が1,700mmに達す我が国では必然と言える。このため、我が国で太陽光発電を行う場合、こうした雲の影響評価が不可欠となる。雲の影響を完全なランダムノイズとして扱えるならば、平均操作によって日射量に顕れる不規則性を除去し、平均カーブを求めることが可能となる。

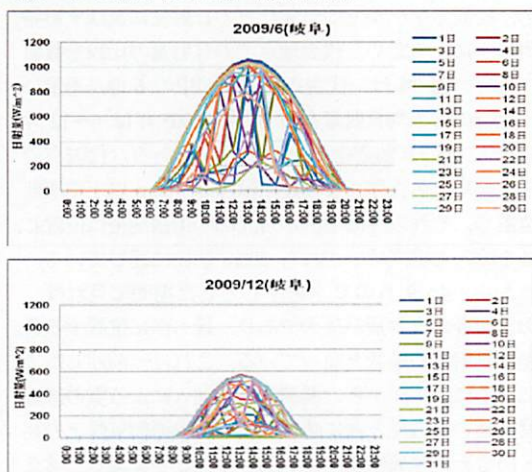


図-18 岐阜における6及び12月の1カ月間の日射量時間変化比較

図-19 は、岐阜および名古屋における各月の毎正時日射量を月平均して求めた月平均日射量 S_{mean} の時間変化を比較したものである。雲は大気の乱流・対流運動だけでなく、水の相変化や日射・放射に伴う熱輸送などに支配されて変化するが、平均操作によって日射量の時間変化についても前述の図-18 に示された不規則性が除去され、各月毎の快晴時の日射量カーブの相似形に近い日射量平均カーブが得られることがわかる。しかも、代表4地点での6月および12月の月平均日射量カーブを比較した図-20 からわかるように、日射量の南北差が正午前後の時間帯に現れているが、その部分を除けば平均日射量 S_{mean} カーブの場所による差異は小さく、特段の地域性は見られないと言って良い。ただし、この平均カーブは月単位での需要と供給の時間軸上でのマッチング評価や蓄電容量の算定には有効であるが、日射量に応じて時系列的に変化していく発電量を毎正時に実際に月平均することは不可能であり、この平均カーブは現実の電力の需給調整には何の意味もない。

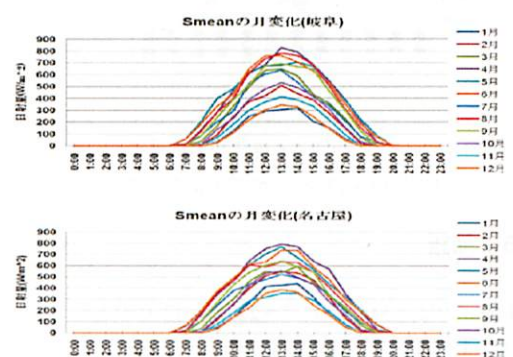


図-19 代表3地点における2009年各月の S_{mean} の時間変化比較

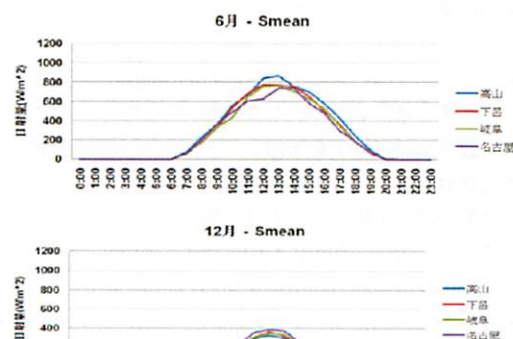


図-20 代表4地点における6月及び12月の S_{mean} の時間変化

したがって、現実の電力需要に対応するには、前述の図-18 に示される不規則な日射量の時間変化を空間平均によって図-19 の平均カーブ S_{mean} に近い日射量時間

変化に変換する必要がある。そのため、日射量の時間変化を空間平均したもの、時間平均で得られた平均カーブ S_{mean} と相似形になるかどうかについて検討を行う。具体的には、2009年6月2、4および6日の毎正時日射量に着目し、岐阜市を中心とした2km格子間隔で8、6、24、32、60および100km四方の同一時刻日射量を空間平均し、それによって得られる日射量の空間平均カーブについて検討した。図-21はその結果であり、6月2日は快晴日であったこともあり、空間平均の領域サイズに関係なく毎正時日射量は一致している。1点における日射量の時間変化と100km四方(50×50格子点)平均の日射量の時間変化が一致しているという事実は、100km程度の範囲では快晴時日射量は何処でもほぼ一定であることを示すものと言える。

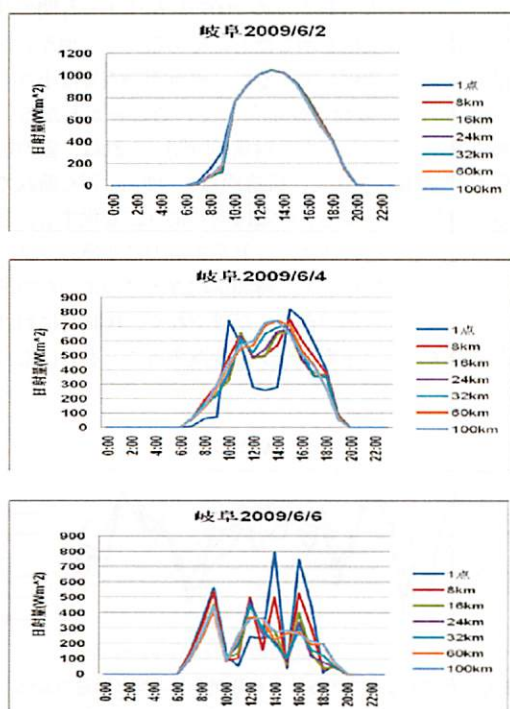


図-21 岐阜における2009年6月2、4、6日の日射量の時間平均

これに対し、6月4日および6日は共に雲の影響のために、空間平均の領域サイズによって日射量の時間変化(空間平均カーブ)が大きく変化している。6月4日の場合、空間平均の領域が広くなるとともに最大サイズの100km四方平均のものに収束し、しかも100km四方平均のカーブは前述の図-19 に示した時間平均カーブ S_{mean} に比較的近いものになっている。これに対しては、比較的空間スケールの小さな積雲が散在しているような気象条件が推測される。6月6日の場合も空間平均の領

域が広くなるに従って 100km 四方平均のものに収束する傾向にはあるが、それは時間平均カーブ S_{mean} と大きく異なったものとなっている。一方、これに対しては、比較的大きな空間スケールからなる低気圧性もしくは前線性の組織的な積乱雲群および層状性雲が通過していることが原因と推測される。

このように、日によっては日射量を 100km 四方で空間平均しても時間平均カーブ S_{mean} に一致するような平均カーブを得ることはできない。これは、雲の日射量への影響を 1 地点での時間変化と捉える場合についてはランダムノイズとして扱い、時間平均によってランダムネスを除去できるが、特定時刻における空間分布として捉える場合についてはランダムノイズとして扱うことができないことを示している。図-23 は、このことを明らかにするため、代表 6 地点での 2009 年 6 月 1 ヶ月間の日平均日射量の日変化を示したものである。どの地点の日射量も不規則に変化しているが、地点間の差異は小さく、ほぼ空間的に相似な日変化をしていることがわかる。100km 四方で平均しても日射量の時間、これは、雲の影響範囲が 100km を越え、直線距離で 120km 近く離れている高山と名古屋でも日射量は同じように変化することによっている。それゆえ、日射量を電力に変換し、グリッドによって平均化しても時間平均カーブのような標準カーブを得ることができないだけでなく、快晴時におけるような滑らかな発電カーブに変換することも日によっては難しい。

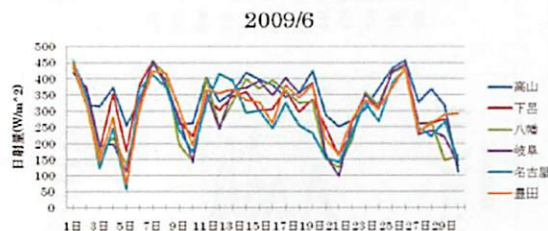
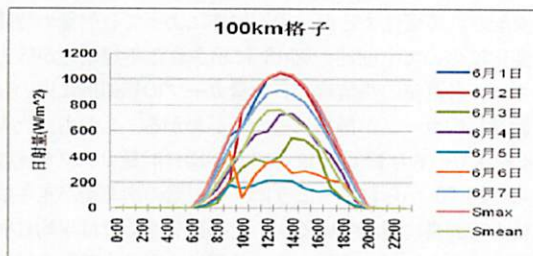


図-22 代表 6 地点での 6 月 1 ヶ月間の日平均日射量の変化

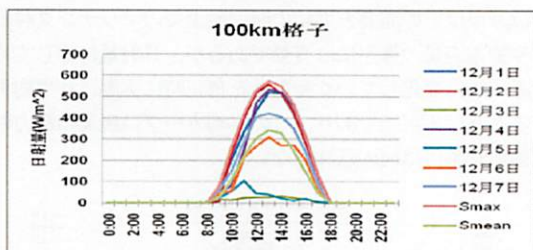
図-23 は、6 月および 12 月の最初の 1 週間における 100km 四方平均日射量の時間変化を快晴時および毎正時平均 (S_{max} および S_{mean}) との比較である。6 月および 12 月共に快晴時日射量にほぼ一致する日は 1 週間のうちに 1 日しかなく、毎正時空間平均日射量も毎日異なるため、日射量が S_{mean} に収束する傾向は見られない。

雲がそれぞれ固有の空間的秩序構造に基づく名称を持つことからすれば、このことは当然の結果と言える。また、日射量の時間変化は 100km 四方平均によってある程度は平滑化されるが、その度合いは日によって大きく異なり、 S_{mean} カーブ周りの変化にはなっていない。このため、空間平均によって時間平均のような標準カーブを得ることはできず、時間単位の細かな変動がある程

度平滑化できるに留まる。このように発電量が雲の影響で毎日大きく変化し、どのようにグリッドを組んでもその影響を除去することはできず、別電源が蓄電システム抜きに電力需要に合わせることは不可能と言える。



(a) 6 月



(b) 12 月

図-23 岐阜を中心とする 6 及び 12 月の最初の 1 週間における 100 km 四方平均の日射量カーブ

6. 結語

本研究では、2005 年 6 月～2009 年 12 月の 5 年間 (1～5 月は 4 年間) の「局地気象予報」データベースを用い、岐阜・愛知両県を対象に 2km 格子で日射量の時空間分布特性を調べ、日射環境システムの実像解明を試みた。その結果、下記のことが明らかとなった。

- ・このデータベースによる日射量の予測精度は良好であり、これを基に算定される発電量の予測値も実測値とほぼ一致し、「局地気象予報」データベースは発電量を含めた日射環境システムの実像解明に有効である。
- ・日射量は月平均で見ても月と場所によって大きく変化するため、太陽光利用においてはここで示したような木目細かい時空間的分布情報を用いる必要がある。
- ・夏季をはさんだ 4～9 月の間の月平均の日射量は、標高が高い日本海側気候帯の地域で最大となり、太平洋側気候下の名古屋で最小となる。一方、12～2 月の冬季には、日本海側気候の地域では晴天日が少なくなって日射量が減少するのに対し、太平洋側では逆に晴天日が多くなって日射量が増えるが、日射量の絶対量が夏季に比べて半減するため、年積算量への影響は小さい。その結果、2006～2009 年の 4 年間で見ても北部山岳地帯の高山・河

合の日射量が最大となり、年間で最小となる名古屋の年平均日射量を 20w/m^2 近く上回ることになる。

・日単位の日射量には不規則であっても総観スケールの雲の変化に対応した一定の周期性が認められるが、時間帯での日射量の変化にはランダムノイズとしての雲の影響が現れ、そうした周期性は見られない。

・毎正時日射量を月単位で平均することにより、ランダムノイズとしての雲の影響を除去でき、快晴時日射量の時間変化にほぼ相似した仮想的月別平均日射量カーブを得ることができる。さらに、このカーブに変換効率係数を掛けることにより、各地点、月毎の平均的な電力供給カーブを得ることができる。

・これを用用途別の標準電力需要カーブ（時間帯別電力需要変動）と比較することにより、時間単位での電力需給状況評価が可能となり、需給バランスに必要な蓄電池や補助電源の容量、系統電力などを定量的に評価できるようになる。

・不可逆的に変化する現実の日射量（発電量）に対しては、日射量の空間平均によってランダムノイズを除去して時間変化を平滑化し、需要カーブとのマッチングを図る必要があるが、 2km 格子間隔の日射量を 100km 四方（ 50×50 格子点）で平均しても気象条件によっては平滑化できず、時間平均の場合のような仮想的平均日射量カーブを得ることはできない。このため、マイクログリッドなどの太陽電池のネットワーク化によってランダムノイズの影響をある程度までは除去できるが、それだけで需要カーブとのマッチングを図ることは不可能である。このため、 100km 四方のような広域ネットワークを組んでも蓄電池や燃料電池などの補助電源は不可欠となる。

最後に、本研究の実施に当たり、快く太陽光発電量デ

ータの提供にご協力頂いた岐阜大学施設部の皆様に謝意を表したい。

参考文献

- 1) 資源エネルギー庁：最新のエネルギー基本計画，66p，2010.
- 2) 小原伸哉：数値気象情報による発電量予測を伴う太陽光発電-PEFC 複合マイクログリッドの運用計画，空調・衛生工学会論文集，No.154，31-40，2010.
- 3) 森野仁夫・山根俊博・下田英介：太陽光発電を大量導入したマイクログリッド構築と電力供給安定化技術の開発，建築学会学術講演梗概集，153-156，2010.
- 4) 深尾一仁・吉野純・田中章・小林智尚・安田孝志：リアルタイム局地気象予測システムの開発とその風力エネルギー量予測への応用，風力エネルギー協会誌，79 巻，pp.92-98，2006.
- 5) Dudhia,J:A nonhydrostatic version of the Pennstate-NCAR mesoscale model, Monthly Weather Review, Vol.121, 1493-1513, 1993.
- 6) Fukao,K, T.Ohsawa, S.Shimada and T.Yasuda:Database of local meteorological fields simulated with mesoscale model MM5 and its validation, Jour. of Global Environment Engineering, Vol.10, pp.129-136, 2004.
- 7) 橋本篤・大沢輝夫・安田孝志：複雑地形上のメソ気象モデル MM5 の風況計算精度と高解像度化の限界に関する検討，風工学会論文集，第 30 巻第 3 号，65-75，2005.
- 8) 吉野純・野村俊夫・片山純・木下佳則・安田孝志：メソ気象モデル MM5 によるピンポイント 24 時間降水量予測の精度について，水工学論文集，第 52 巻，325-330，2008.
- 9) NEDO 新エネルギー部：全国日射量平均値データマップ (MONSOLA05),

(2011.8.8 受付)

PICTURE OF INSOLATION ENVIRONMENT MADE UP ON THE DATA BASE OF THE 'REGIONAL WEATHER FORECAST'

Jun YOSHINO, Mustamin RAHIM, Norihiro HARA and Takashi YASUDA

In this study, various information of the amount of solar radiation indispensable to expansion of photovoltaic generation are captured as an insolation environment and then, intensive investigations is made to elucidate and make up its picture.

Time histories of electricity supplied with photovoltaic averaged for one month are found to yield to a standard curve at each month and location. The standard curve enables us to evaluate imbalance between supply and demand of electricity at every time. However, even if quantities of solar radiation at every hour are averaged over 100km around, they dose not necessarily yield to an averaged curve such as the standard curve obtained by temporal averaging. Therefore, systems of storage of electricity and auxiliary power are indispensable to photovoltaic generation, but their amount required to the systems can be estimated based on the evaluated results of imbalance between supply and demand.