

## 近年の電力需要の変化と電力系統運用 The Future Problem of the Power System Operation under the Trend of Electricity Demand

近藤康彦, 小口治久  
Yasuhiko KONDO, Haruhisa Koguchi

国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
AIST : National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

我が国の年間電力需要は2007年に1兆kWh強となり1975年の需要の2.5倍に増加<sup>(1)</sup>した後、現在まではほぼ横ばいとなっている。また最大電力需要（ピーク需要）も2011年以降、10電力合計で2009年程度<sup>(1)</sup>に留まっている。Fig.1<sup>(2)</sup>に示すように、最大電力発生日における需要の最大と最小の差は1975年以降拡大している。このため各電力会社は予備力を含めピーク需要に対応出来る供給力、また瞬間的な最大需要時にも対応出来る送配電設備を保持してきた。

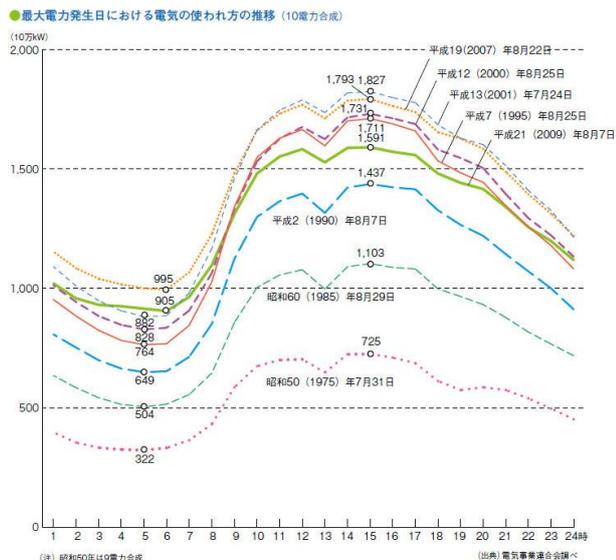


Fig.1 最大電力発生日における電気の使われ方の推移（※1975年は9社の合計）

1日の需要変動に対して系統電源は経済的に有利で、かつ変動に柔軟に対応出来るよう各種発電所をFig.2<sup>(3)</sup>に示すように運転をしている。需要が小さい深夜では、出力調整は難しいが経済的に有利な原子力、石炭火力、流れ込み式水力、地熱の各発電、および出力調整が容易なガス火力発電が主に供給を担っている。一方、需要が最大となる14時頃では、需要に追従するように先のガス火力発電や貯水池式水力発電等の出力を上昇させ、さらに負荷が大きくなる夏季・冬季などでは石油火力発電、また突発的な

需要増などには揚水発電が供給を行っている。電力需給は、一時的ではあっても供給量の不足は電圧低下や停電を、また供給の過不足は周波数を変動させるので、常に同時同量を維持する必要がある。このため緩やかな需要の変動はミドル供給力で、また急な需要の変動には貯水池式水力や揚水発電など瞬動可能なピーク供給力が用いられる。

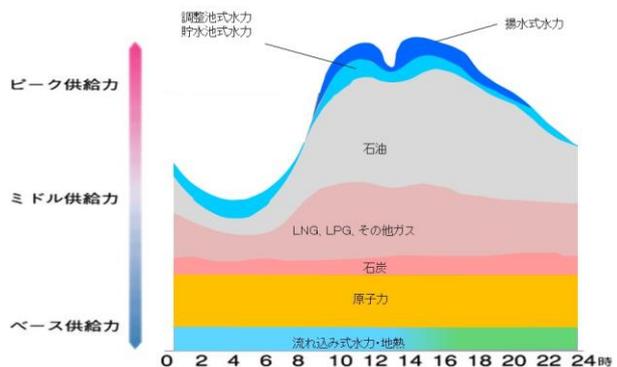


Fig.2 日負荷曲線と電力供給発電設備の関係  
※ 本図は概念図で、石油火力等は特定な地域を除き需要が大きい時期に運転している

次にFig.2に示した各発電設備、太陽光発電設備と風力発電設備について、需要変動への操作性と出力調整能力をTable1に示す。

Table1 各種発電設備の出力操作性

| 発電設備       | 出力操作性   | 出力調整幅   | 定格出力に対する出力変化率 | LFC※調整のための増出力制御性 |         |
|------------|---------|---------|---------------|------------------|---------|
|            |         |         |               | 可否               | 持続性     |
| 石炭火力(汽水)   | 出力可変    | 30~100% | 3~5%/min      | ○                | 数分~10数分 |
| ガス火力(GTCC) | 出力可変    | 20~100% | 7~10%/min     | ○                | 数分~10数分 |
| 原子力        | 稼働・停止のみ | —       | ×             | ×                | ×       |
| 貯水池式水力・揚水  | 出力可変    | ~100%   | 約100%/min     | ◎                | 8~10時間  |
| 太陽光        | ×       | —       | ×             | ×                | ×       |
| 風力         | ×       | —       | ×             | △                | 10秒程度   |
| 流れ込み式水力・地熱 | 稼働・停止のみ | —       | ×             | ×                | ×       |

※ Load Frequency Controlの略、周波数偏差を検出し短周期の負荷調整する出力指令信号

出力調整幅は各発電設備が出力を増減できる範囲であり、また出力変化率は増出力状態時の出力上昇速度を意味する。なお火力発電は停止状態から発電開始までには数時間以上を要するので、増出力を行うためには最低限の出力で運転している必要がある。例えばガスコンバインドサイクル発電は、20%以上の出力で運転していないと変動に対応することが出来ないことを意味する。

一方、貯水池式水力発電、揚水発電などは停止状態から瞬間稼働が可能であり、出力の変化も他の発電設備に比べ極めて速く需要変動への対応に優れている。

現下は原子力発電所が殆ど稼働しておらず火力発電が主力であるため、系統側の調整余力が高く、太陽光発電や風力発電が相当規模導入され出力変動するような状況が発生しても系統運用上への脅威は少ないと考えられる。

ただ最新のエネルギー基本計画（2014年4月）並びに長期エネルギー需給見通し（2015年7月）に示されるように、将来の電源構成においては原子力発電の運転を維持するとともに、太陽光発電を始めとする再生可能エネルギーによる発電設備容量の拡充を想定している。

この方針は、温室効果ガスである二酸化炭素の排出量を抑制さらには削減し、電力需要の潜在的増大と環境影響に対するリスクの低減という、一石二鳥的な効果が見込めるものと感覚的に受け入れられ易い。

しかしベース需要対応の原子力発電を維持しつつ、気象現象任せで出力変動する太陽光発電や風力発電を大規模導入することは、Fig2において需要に追従させる火力発電や貯水式水力発電等の発電電力量を減らして、太陽光発電や風力発電による発電電力量を増加させることになる。結果、調整力を低下させながら、調整量を増加させることになるので系統運用にとっては望ましい状況ではない。

ここで現状の火力、水力、原子力等の発電所を維持したまま、住宅太陽光発電を全世帯に取り付け、さらに家庭用電化製品を省エネ型にした場合の系統運用に関する検討例を紹介<sup>(4)</sup>する。

Table2は現在の系統運用範囲内で、2030年に①太陽光発電を導入しない、②戸建て住宅に太陽光発電を全国に61.9 GW設置する、③全ての戸建て住宅に太陽光発電を設置（=139 GW）する、④③の状態家電機器がトップランナー化しさらに2000万台のガスコジェネレーションを導入する、の4つのケースを想定した計算結

果である。なお太陽光発電は都道府県別の人口想定から戸建て住宅数と屋根面積を推計し、県庁所在地の日照データから発電時間と発電電力量を算出している。また解析では最も安価な電源構成と運用を求める最適化計算を行っているが、年間の太陽光発電の発電時間帯、1時間単位での発電電力量を事前に予測出来ることが前提となっている。

Table2 太陽光発電導入による系統運用結果

|   | 原子力              | 石炭              | LNG             | 石油             | 揚水             | 太陽光   |
|---|------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------|
| ① | 447.2<br>(100.0) | 239.6<br>(88.4) | 283.4<br>(62.2) | 76.2<br>(28.3) | 10.5<br>(4.3)  | 0     |
| ② | 446.7<br>(99.9)  | 235.6<br>(86.8) | 257.1<br>(56.4) | 58.8<br>(21.9) | 10.9<br>(4.5)  | 49.3  |
| ③ | 447.0<br>(100.0) | 226.0<br>(83.4) | 220.0<br>(48.3) | 43.2<br>(16.0) | 16.7<br>(6.9)  | 110.4 |
| ④ | 445.8<br>(99.7)  | 213.3<br>(78.6) | 187.2<br>(41.1) | 32.5<br>(12.1) | 30.3<br>(12.5) | 110.4 |

※ 上段は発電電力量(TWh)下段(括弧書き)は稼働率(%)を示す  
※ 所内率の関係等で合計は一致しない

①～③を比較すると、太陽光発電が大量に導入された場合、LNG火力発電の稼働率は77%に、また石油火力発電では57%に低下する。このような系統運用下で、太陽光発電の出力が低下する状況が発生すると、稼働している火力発電の出力増加など調整力が充分であるかは疑問で、揚水発電への依存度が増すと考えられる。

また熱電併給のコジェネレーションの普及や省エネルギーが進展する④では、石炭火力発電を含め稼働率がさらに低下し、量的な調整力不足と電気料金の高価格化が懸念される。

以上のようにこれからの基幹となる発電設備に求められるものは、単に出力調整が利くというだけでなく、短時間での起動・停止を含め変動する需要に追従できるシステムと考える。

#### 【参考文献】

- (1) 電気事業便覧平成26年版, p.62-63, 日本電気協会
- (2) 門多, 電力需給の現状と今夏の見通し, 太陽AGSエグゼクティブニュース102号(2011.8)より引用(原典: 電気事業連合会調べ)
- (3) 資料7 火力発電について, 資源エネルギー庁作成資料
- (4) 火力発電・水力発電による太陽光パネルの出力変動対策, 資源エネルギー庁作成資料を参考に作成
- (5) 近藤, 下田, 山口, 荻本, 池上, 家庭部門への太陽光発電設備大規模導入による系統電源への影響, エネルギー・経済・環境コンファレンス(2010.1)