

(案)

# 低炭素電力供給システムの 構築に向けて

低炭素電力供給システムに関する研究会報告書

(総論)

平成21年5月

低炭素電力供給システムに関する研究会

## 目 次

1 .	検討の背景 . . . . .	2
2 .	原子力発電について . . . . .	6
3 .	水力・地熱発電について . . . . .	7
4 .	火力発電について . . . . .	11
5 .	「スマートグリッド」による系統安定化対策について .	13
6 .	負荷平準化対策について . . . . .	18
7 .	まとめ . . . . .	20

## 1. 検討の背景

経済産業省においては、平成20年5月に「長期エネルギー需給見通し」を公表し、2020年及び2030年のエネルギー需給の見通しを示した。また、我が国が低炭素社会へ移行していくための道筋を示すため、「低炭素社会づくり行動計画」（平成20年7月閣議決定）が策定された。

その中では、発電時に温室効果ガスを排出しない原子力や太陽光発電等の「ゼロ・エミッション電源」の発電電力量に占める比率を2020年度に50%以上とすることが具体的な目標として掲げられている。エネルギー資源の枯渇問題や地球温暖化対策を中心とする環境問題への対応のため、我が国における温室効果ガス排出の約3割を占める電力分野において、中長期的に温室効果ガスの排出を大幅に削減する観点から「低炭素電力供給システム」に対する注目が高まっている。しかしながら、一口に「低炭素電力供給システム」といっても、これを電力の安定的かつ経済的な供給と両立させるために検討すべき課題は多い。

また、こうした課題には、大別して発電側の課題と電力系統・需要側の課題がある。前者の課題としては、今後の原子力や太陽光発電等の導入拡大、火力発電の将来的な在り方等が挙げられる。後者としては、出力が不安定な太陽光発電等のデメリットを克服するための系統安定化対策や需要反応を含む近時話題の「スマートグリッド」による対応が挙げられる。

### (1) 発電側の課題

ゼロ・エミッション電源の比率は、現状では電力量ベースで4割程度であり、これを50%以上にしていくためには、電気事業法に基づく供給計画に掲げられている原子力発電の建設を着実に進めていくとともに、再生可能エネルギーを加速的に導入することが必要となる。このうち、太陽光発電については、低炭素社会づくり行動計画において2020年度に現状の10倍、2030年度に現状の40倍とする目標が示されている。また、2009年4月に発表された「経済危機対策」においては、同年2月に導入が発表された太陽光発電の新たな買取制度を前提とし、太陽光発電を2020年度頃までに現状の20倍程度導入する目標が示されている。

こうした目標が達成されると、将来的には、ゼロ・エミッション電源の中核たる原子力発電や、水力・地熱発電、そして太陽光等の再生可能エネルギーによる発電の割合が上昇し、LNG火力、石炭火力、石油火力の発電電力量の比率は漸減することとなる。現在、原子力発電は出力一定で運転をしており、将来的に大量普及が見込まれる太陽光発電は出力が不安定という性質を有する。一方、電力需要は時々刻々の変化をしており、こうした電力需要の変化に対して、不安定な電源を含む供給力によって追従するためには、漸減する火力発電の負担が今よりも増すことが想定される。

## (2) 系統・需要側の課題

環境面での優れた特長を有する電源の導入を拡大しつつ、電力の安定的・経済的な供給を確保するためには、系統安定化対策や需要面での対策も重要になる。電気は瞬時瞬時に需要と供給をバランスさせることが必要であるが、蓄電池の充放電によって、電力需給の時間的なタイムラグをある程度解消することが可能である。性能の向上と低コスト化によって蓄電池への注目が高まっているが、充放電時に大きなロスがあること、蓄電池のコストや耐久性にはまだ解決すべき課題がある。また、需要面では我が国においては気象条件や生活様式、産業構造の特徴や相違等によって、諸外国と比べて季節ごとや時間ごとの電力需要の変化が大きい点に着目する必要がある。

これらの需要と供給の両面の変化に対応するためには、火力発電や水力発電の供給力による追従のみならず、電力系統や需要側の対応が必要である。具体的には太陽光発電等の大量導入時の系統安定化対策としては、柱上変圧器の分割設置や電圧調整装置（SVC）、蓄電池の充放電制御、面的に分散した太陽光発電の出力変化による潮流変化への対応などの多くの課題がある。また、需要面の課題としては、新たな需要の創出や将来的にはピーク電力の削減による電力供給の高効率化が期待できる需要制御（DSM）といった課題が挙げられる。

なお、原子力については、基本的には一定の出力で安定的な発電を行うことによって、そのメリットが発揮される。このメリットを活かしつつ、原子力の導入を拡大していくためには年末年始や春・秋、夜間等の軽負荷時間帯における需要創出やピークシフトも引き続き課題となる。

以上のように、太陽光等の再生可能エネルギーによる発電や原子力発電等の導入を拡大し、今後我が国に「低炭素電力供給システム」を実現するためには、個々の電源ごとの導入拡大に向けた発電側の課題に加えて、系統安定化対策等の系統・需要側の課題を含めて、電力供給システム全体に関する課題についても本格的に検討する必要がある。

## 長期エネルギー需給見通し上の電力需要

### 最大導入

	2020年度 (予測)		2030年度 (予測)	
	(億kWh)	(%)	(億kWh)	(%)
水力	848	8%	858	10%
一般	781	8%	781	9%
揚水	65	1%	75	1%
火力	4,813	48%	3,366	38%
石炭	2,008	20%	1,481	17%
LNG	2,013	20%	1,463	16%
石油等	560	6%	389	4%
地熱	33	0%	33	0%
原子力	4,374	44%	4,374	49%
新エネルギー	217	2%	312	4%
合計	10,050		8,908	

### 努力継続

	2020年度 (予測)		2030年度 (予測)	
	(億kWh)	(%)	(億kWh)	(%)
水力	866	8%	924	8%
一般	781	7%	781	7%
揚水	85	1%	143	1%
火力	5,609	51%	5,959	52%
石炭	2,395	22%	2,543	22%
LNG	2,497	23%	2,824	24%
石油等	683	6%	558	5%
地熱	33	0%	33	0%
原子力	4,374	40%	4,374	38%
新エネルギー	217	2%	312	3%
合計	11,066		11,569	

### 現状固定

	2020年度 (予測)		2030年度 (予測)	
	(億kWh)	(%)	(億kWh)	(%)
水力	896	7%	942	7%
一般	781	6%	781	5%
揚水	114	1%	161	1%
火力	7,228	57%	8,617	60%
石炭	3,064	24%	3,598	25%
LNG	3,409	27%	4,425	31%
石油等	722	6%	561	4%
地熱	33	0%	33	0%
原子力	4,374	34%	4,374	31%
新エネルギー	217	2%	312	2%
合計	12,715		14,245	

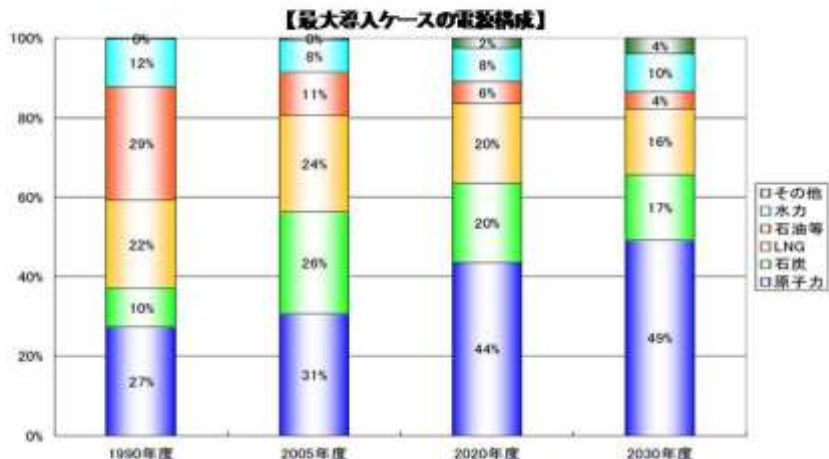
### 実績

	1990年度		2000年度		2005年度	
	(億kWh)	(%)	(億kWh)	(%)	(億kWh)	(%)
水力	881	12%	904	10%	813	8%
一般	788	11%	779	8%	714	7%
揚水	33	1%	125	1%	99	1%
火力	4,481	61%	5,249	58%	5,973	61%
石炭	719	10%	1,732	18%	2,529	26%
LNG	1,638	22%	2,478	26%	2,339	24%
石油等	2,108	29%	1,004	11%	1,072	11%
地熱	15	0%	33	0%	32	0%
原子力	2,014	27%	3,218	34%	3,048	31%
新エネルギー			23	0%	56	1%
その他					-44	0%
合計	7,376		9,399		9,845	

## 【長期エネルギー需給見通し「最大導入ケース」における原子力エネルギーの導入見通し】

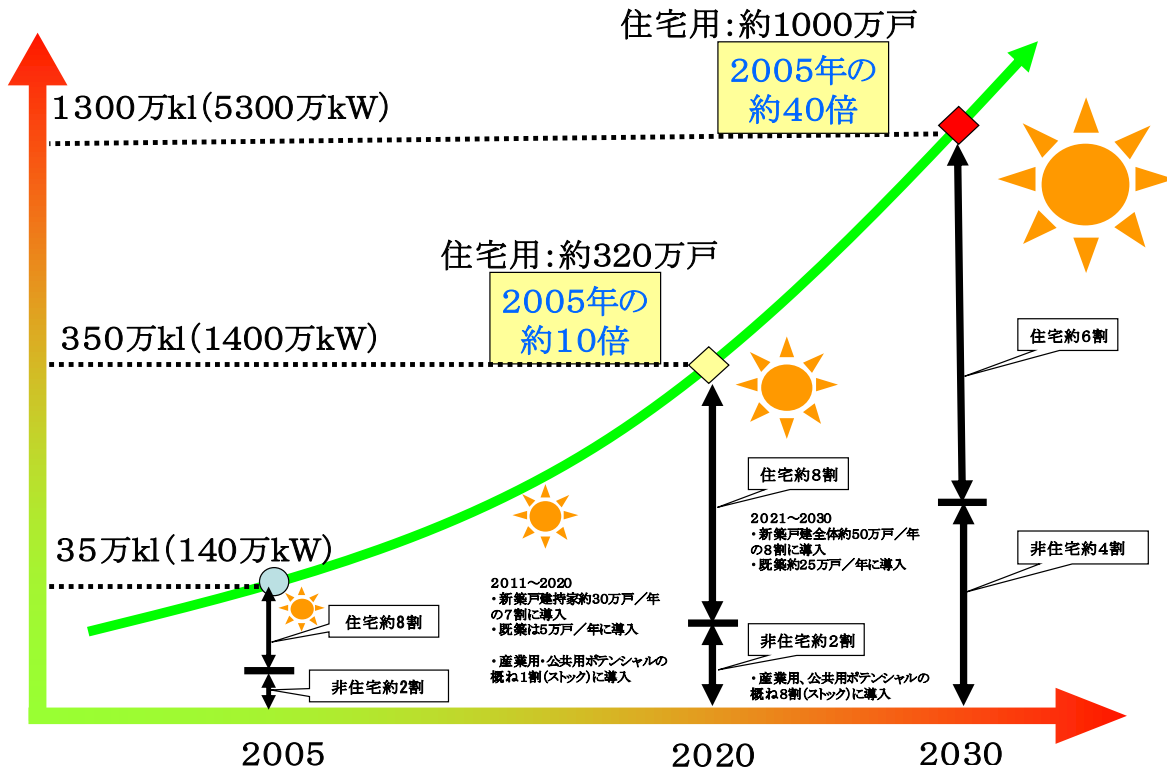
- 一次エネルギー供給に占める原子力比率 2020年度：18%  
2030年度：19%  
(参考) 2005年度：12% (実績値)
- 発電電力量に占める原子力比率 2020年度：44%  
2030年度：49%  
(参考) 2005年度：31% (実績値)

出典：長期エネルギー需給見通し(総合エネルギー調査会電力部会(平成20年3月))



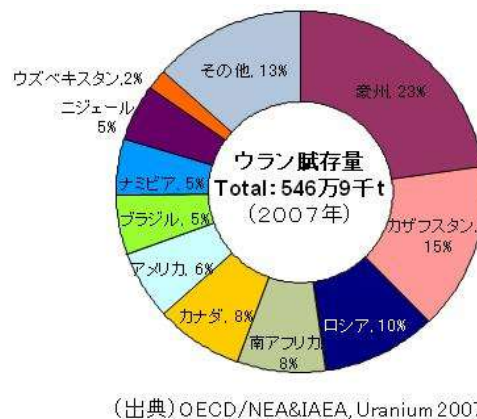
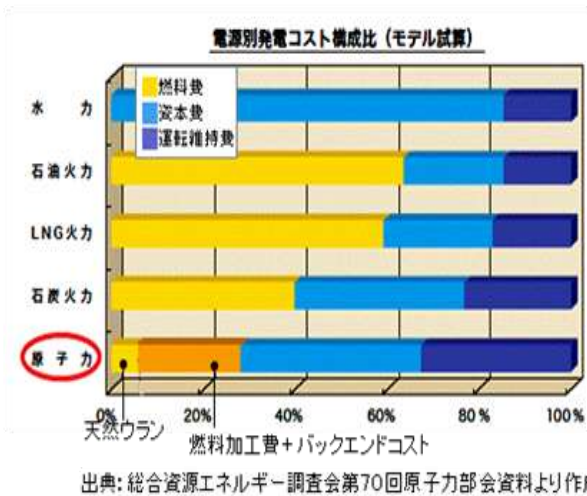
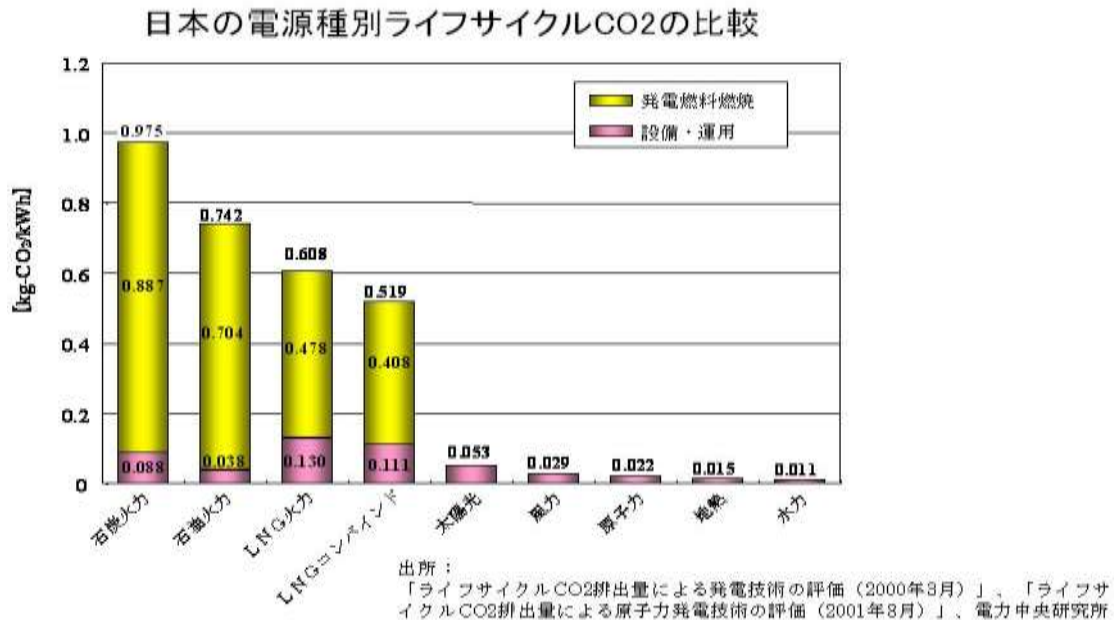
# 太陽光発電の導入シナリオ

<「長期エネルギー需給見通し」(平成20年5月)における最大導入ケース>



## 2. 原子力発電について

原子力発電は、発電過程で CO2 を排出せず、安定的に大量の電気を発生させる電源であり、我が国の地球温暖化対策の切り札として、今後とも大きな役割を果たすことが期待される。例えば、原子力発電所2基によって我が国の平均的な火力発電所を置き換えると、京都議定書の基準年である1990年度における我が国の CO2 排出量である12億3,700万トンの実に1%に相当する年間約1,200万トンもの CO2 の削減が可能となる。また、原子力は、燃料であるウランが石油と比較して特定の地域への偏在が少ないため供給安定性に優れている。更に発電コストに占める燃料費の割合が低いため、燃料価格の変動による影響が少なく、経済性にも優れた特色を有している。



2005年10月に閣議決定された「原子力政策大綱」においては、2030年以後も原子力発電が総発電電力量の30～40%程度以上を担うことが目標として掲げられている。平成21年度電力供給計画に示されている今後10年間のうちに運転開始を予定している原子力発電は9基であり、同計画において平成30年度の電源構成見込みでは40.1%が原子力となっている。また、2020年度を目途に「ゼロ・エミッション電源」を50%以上とする「低炭素社会づくり行動計画」の目標を達成するためには、こうした原子力発電の建設計画を着実に進めていくことが必要となる。

このため、電気事業者が着実な新增設・リプレースを進めるための環境整備が政策的に重要となっている。今後とも安全を大前提として、新增設・リプレースの円滑化や設備利用率の向上、出力向上の推進などの課題を克服するとともに、核燃料サイクルを確立していくことが必要である。一方、今後の電力供給システムを考える上では、需要側の電力負荷平準化の一層の推進や原子力発電所の出力を一時的に抑制して運転することについても検討を行うことが重要である。

### 3. 水力・地熱発電について

水力発電と地熱発電はともに純国産エネルギーとして、エネルギーの安定供給に大きな貢献をするとともに、発電時に二酸化炭素を排出しないゼロ・エミッション電源として、我が国における二酸化炭素の排出削減にも貢献している。また、湯水等の影響を除けば、水力発電と地熱発電の出力は天候に左右されず、安定しているという優れた特長を有している。

開発地点の制約はあるものの、低炭素電力供給システムにおいて、水力発電と地熱発電は重要な役割を果たすことが期待されるため、太陽光発電や風力発電と同様に今後とも水力発電と地熱発電についても、発電電力量を維持し、電源の開発を進める必要がある。

#### (1) 水力発電について

こうした観点から、経済産業省では、「水力発電に関する研究会」において2008年7月に中間報告をまとめ、電力供給における水力発電の位置づけや現状と課題、水力開発のポテンシャル、エネルギー供給、水利用及び地域共生の方向性について整理を行ったところである。

水力発電のうち、調整池式、貯水池式、揚水式の水力発電所は、非常に短時間で発電開始が可能であり、また、出力の変化速度も速いため、水系の運用制約に留意しつつ、需要の変化に素早く対応し、電力品質の安定化に貢献している。これらの水力発電所は、



出力調整やLFC調整、ガバナフリー運転が可能であり、特に可変速揚水には負荷調整能力もあることから、太陽光発電等の再生可能エネルギーが大量導入された場合の出力調整電源としての役割が期待される。

【水力発電所の方式の種類と調整能力】

概要	流込式	調整池式	貯水池式	揚水式		
	河川の自然流量をそのまま利用する発電方式	1日～1週間程度の負荷の変動に対応できる調整池を有し、ピーク時に発電する方式	季節的な河川の流量変化を大貯水池で調整し発電する方式	発電運転	揚水運転	
					可変速機	定速機
ガバナフリー運転	×	△	○	○	○	×
LFC調整能力	×	△	○	○	○	×
出力調整能力	×	○	○	○	○	×
出力調整幅	—	50程度～100%			70程度～100%	—
出力変化	—	1分程度（出力調整幅内の出力変化）			—	—
起動/停止	—	3～5分/1～2分			5～10分/1～2分	
主な役割	ベース供給力	ピーク供給力調整力	ピーク供給力調整力	ピーク供給力調整力予備力	揚水動力調整力	揚水動力調整力

また、揚水式発電所は、電力需要の小さいとき(夜間)の電気を利用して、下部調整池から上部調整池に揚水し、電力需要の大きいとき(昼間)に発電するものであり、電力を水の位置エネルギーとして蓄えることが可能である。このため、今後導入が進む太陽光発電からの余剰電力を昼間の揚水動力として活用し、「蓄電」という役割も考えられる。

このように水力発電は、低炭素社会を実現する上で必要不可欠な電源であり、我が国にある水力発電のポテンシャルを最大限に活用していくことが低炭素電力供給システムの構築を目指す上で重要である。

## (2)地熱発電について

また、経済産業省では2008年12月に「地熱発電に関する研究会」を設置して、地熱発電を巡る状況や、地熱発電の新たな可能性、開発促進のための方策等について検討を行ったところである。

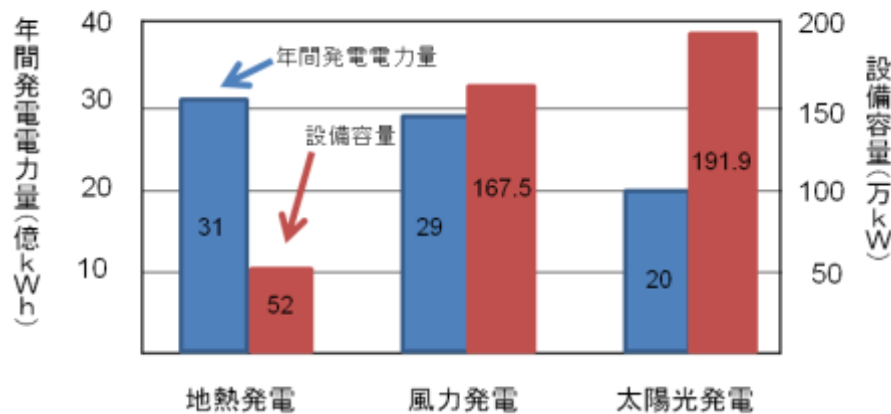
地熱発電は、年間を通じて出力が安定しており、設備利用率が高いという優れた特長がある。しかし、現在の発電電力量は約31億kWhであり、我が国の総発電電力量の約0.3%とその割合は非常に小さなものとなっている。一方で、地熱発電のポテンシャルとしては、国立公園の開発規制を受けずに開発できる資源量は約425万kW<sup>1</sup>との試算もあり、

<sup>1</sup> 平成20年12月「地熱発電に関する研究会」における産業技術総合研究所提出資料

現在の発電容量である約50万kW と比較すると今後の開発可能性は大きく残されている。

このように地熱発電は、ベース電源として利用することが可能な再生可能エネルギーとして、低炭素電力供給システムの一翼を担うポテンシャルを有していると言える。

2007年度年間発電電力量、設備認可出力の比較



地熱発電: 平成20年度電力供給計画の概要より2007年度推定実績(一般電気事業用)

風力発電: 167.5万kW(2007年度末・NEDOデータ)

年間発電電力量=設備容量(kW)×24(時間)×365(日)×設備利用率(風力20%)

RPS法認定を受けた風力発電設備容量は181.5万kW、RPS電気供給量27.4億kWh(平成19年度)

太陽光発電: 191.9万kW(2007年度末・太陽光発電協会等データ)

年間発電電力量=設備容量(kW)×24(時間)×365(日)×設備利用率(太陽光12%)

RPS法認定を受けた太陽光発電設備容量は143.2万kW、RPS電気供給量6.6億kWh(平成19年度)

### (3)水力発電及び地熱発電の課題

他方、水力発電及び地熱発電にはそれぞれ課題がある。水力発電については開発可能な新規地点が奥地化・小規模化し、開発コストが高くなり、開発期間が長期化している。また、河川法における手続き等の運用を明確化すべきこと等も課題である。地熱発電については、開発コストや開発リスクの高さ、地元温泉事業者等との調整の困難さ、自然公園法等の関係法令による諸規制等が課題となっている。

更には、RPS制度の対象となる水力発電については1000kW以下の流れ込み式水力及びダム式の従属発電に限定され、地熱については実質上バイナリー発電のみが対象となっている。RPS法の対象規模の拡大やこれら以外の発電方式による新規開発分をRPS制度の対象にすることができるか否かが今後の水力発電及び地熱発電の導入拡大に向けた大きな課題となっている。

今後、こうした課題を克服しつつ、補助金等によって経済性を改善した場合、仮に発電原価12円/kWhのものまで開発が可能とすると、水力・地熱発電それぞれ、132万kW(電力量53億kWh)、67万kW(41億kWh)の追加的開

発が可能となると試算される。今後、2020年度までにゼロ・エミッション電源の比率を50%以上とする目標や、再生可能エネルギーの比率を20%以上とするためには、経済性に優れた地点について、水力発電及び地熱発電の開発を推進することが必要である。

### 【水力発電の2020年度導入可能量の試算】

発電原価12円/kWhのものまで建設できるとすると

⇒ 132万kW 53億kWhの増加

発電原価15円/kWhのものまでとすると

⇒ 276万kW 110億kWhの増加

発電原価20円/kWhのものまでとすると

⇒ 615万kW 244億kWhの増加

※なお、試算は、包蔵水力調査の未開発地点について補助率20%、経費率8%として算出

### 【地熱発電の2020年度導入可能量の試算】

発電原価12円/kWhのものまで建設できるとすると

⇒ 67万kW 41億kWhの増加

発電原価15円/kWhのものまでとすると

⇒ 93万kW 57億kWhの増加

発電原価20円/kWhのものまでとすると

⇒ 113万kW 69億kWhの増加

※なお、地熱には、温泉発電等の増加分24万kW、15億kWhを含む。

また、地熱の発電電力量については、これまでの稼働率実績70%を用いて試算。

## 4. 火力発電について

### (1)火力発電の比率の低減と低炭素化

「低炭素電力供給システム」を構築するためには、以下に述べる火力発電の役割に留意しながら、発電時に二酸化炭素を排出しないゼロ・エミッション電源の割合を高めることが必要である。その結果として、将来的には火力発電の割合が低減していくこととなる。また、供給安定性と経済性を考慮しながら、火力発電全体としても低炭素化を図ることが重要である。このため、石炭ガス化複合発電（IGCC）や先進超々臨界圧発電（A-USC）などの技術開発等によって火力発電の熱効率の向上を図るほか、バイオマス資源を混焼することなどの施策が考えられる。

### (2)火力発電の役割

太陽光発電等の大量導入に伴う出力変動などへの対応のためには、今後とも、一定の火力発電を維持することが不可欠となる。総じて火力発電量の割合が下がる中で、火力発電による出力調整能力についてはこれまで以上にその必要性が高まることに十分留意することが必要である。

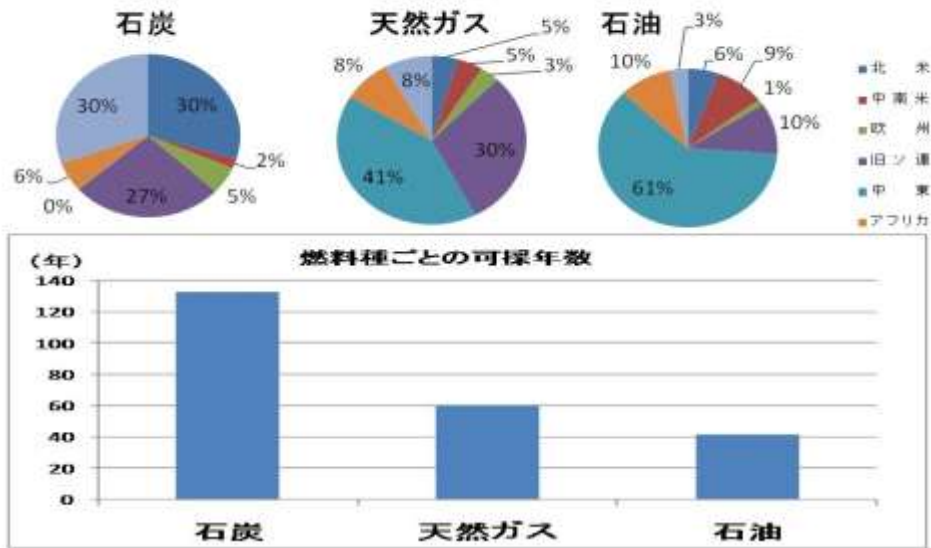
また、火力発電を構成する石炭火力、LNG火力、石油火力は、電力供給においてそれぞれ主にベース需要、ミドル需要、ピーク需要に対応しているが、例えば、ピーク電源たる石油火力には、大規模な発電所の停止や極端な猛暑・厳冬等の場合などの非常時には比較的長期にわたってバックアップ電源としての役割を担うといった面もある。

### (3)火力発電の課題

火力発電については、それぞれの電源の位置づけや燃料調達面の特徴、上記のような緊急時等における事情の変化なども考慮することが必要である。このため、「低炭素化」にのみ重点を置いた短絡的な議論に引きずられることなく、供給安定性、経済性、環境特性、運転特性などのメリット・デメリットを勘案しながら、それぞれの電源の役割に応じて、最適な電源構成の実現を図っていくことが引き続き重要である。

更に今後とも火力発電には、出力調整という重要な機能を維持するため、最新技術の導入にあたっては、発電開始までの立ち上げ時間が短いことや出力変化速度が速いこと、最低負荷が小さいことといった課題にも留意することが必要である。また、火力発電の多様な燃料種への対応について検討が必要であり、近年、新規投資が殆ど行われていない石油火力に関しては、自社の電源構成や燃料の調達環境を勘案した上で、設備の更新や排煙脱硫装置の整備などが今後の検討課題となる。

【資源の可採埋蔵量と可採年数、資源の地域別埋蔵量分布】



【電源ごとのメリット・デメリット】

電源種	メリット	デメリット
原子力	<ul style="list-style-type: none"> <li>ウラン資源が政情の安定した地域に賦存</li> <li>核燃料サイクルにより準国産エネルギーとして活用可能。</li> <li>発電過程でCO<sub>2</sub>を排出しない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>社会的受容性の問題など、将来の動向に不確実性がある</li> <li>共通原因により運転が制約される可能性がある</li> </ul>
L N G	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料の調達先が分散している。</li> <li>CO<sub>2</sub>の排出量が少ない。</li> <li>長期契約中心であり供給が安定。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料輸送費が高い</li> <li>インフラ整備が必要</li> <li>燃料調達が硬直的</li> <li>価格は高め</li> </ul>
石炭	<ul style="list-style-type: none"> <li>資源量が豊富。</li> <li>燃料の調達先が分散、安定している。</li> <li>他の化石燃料と比べ低価格で安定している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電過程でCO<sub>2</sub>の排出量が多い</li> </ul>
石油	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料貯蔵が容易。</li> <li>供給弾力性に優れる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>価格は高めであり、燃料価格の変動が大きい</li> </ul>
水力・地熱	<ul style="list-style-type: none"> <li>純国産の再生可能エネルギー</li> <li>発電過程でCO<sub>2</sub>を排出しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大幅な新規開発を見込むには限界</li> <li>経済性は劣位</li> </ul>
新エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電過程でCO<sub>2</sub>を排出しない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>出力が不安定</li> <li>経済性は劣位</li> </ul>

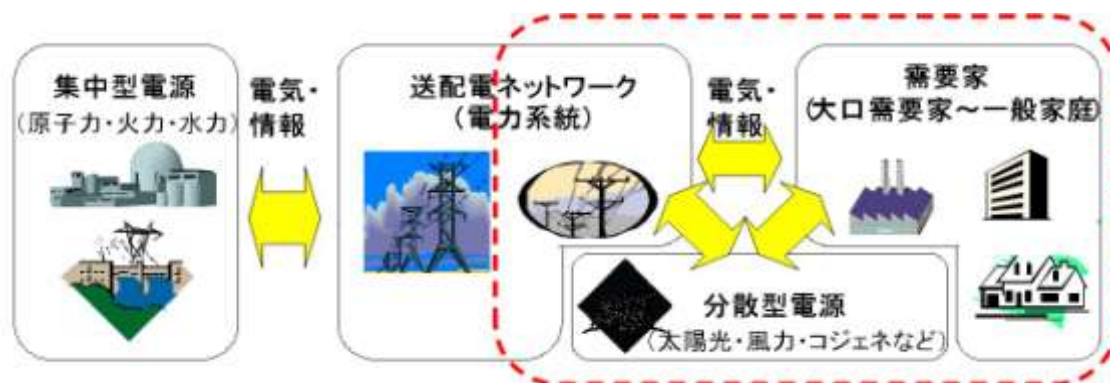
出典：資源エネルギー庁「電源開発の概要」

## 5. 「スマートグリッド」による系統安定化対策について

### (1)「スマートグリッド」とは

「低炭素電力供給システム」を実現するためには、これまでに述べた各種電源を駆使しながら、一方で需要家の行動も高効率かつ低炭素に誘導するシステムを作り上げることが求められる。近時、このことに関連して、「スマートグリッド」の概念が提唱されている。

【スマートグリッドの概念図】



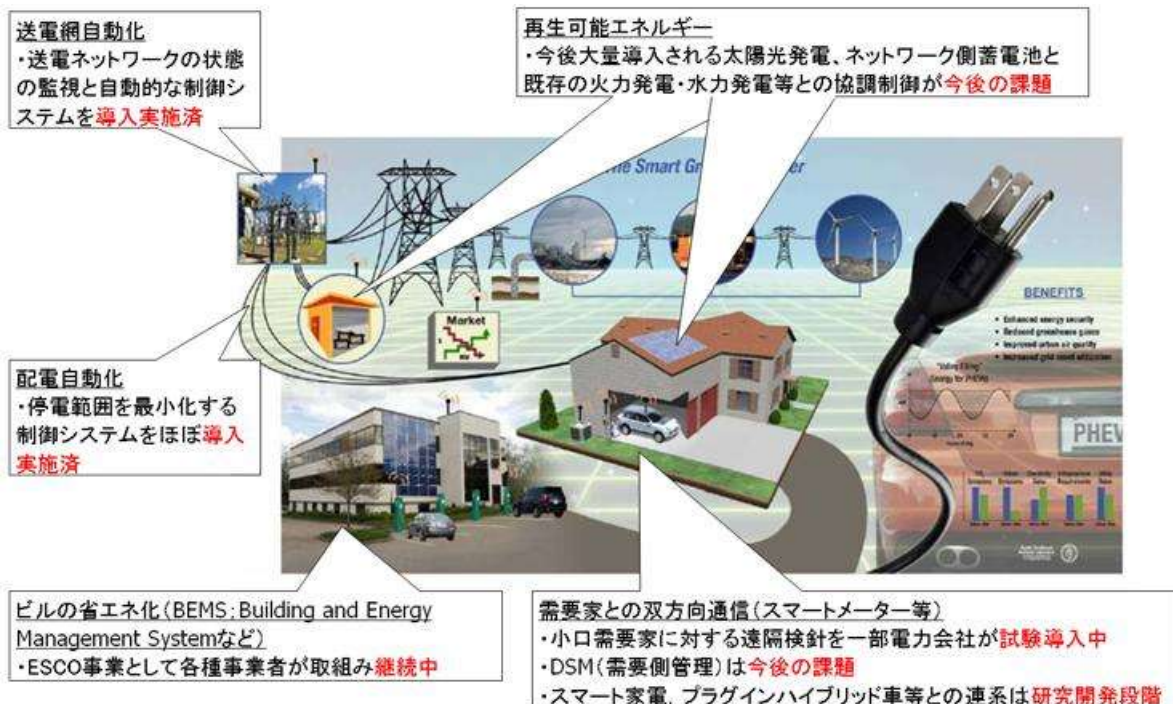
「スマートグリッド」とは、対象となる地域や目的により様々な概念を持つが、概ね「従来からの集中型電源と送電系統との一体運用に加え、情報通信技術の活用により、太陽光発電等の分散型電源や需要家の情報を統合・活用して、高効率、高品質、高信頼度の電力供給システムの実現を目指すもの」を指すと考えられる。

我が国では、送配電網の自動化については他国に先んじて取り組んだところであり、現時点では停電時間の少なさと高い電力品質を誇っていると言える。また、供給区域内の発電機の出力や、主要な需要家の電力需要、主要な送配電線に流れる電流値をPLC (Power Line communication) 等によって常時把握するなど、電力分野においてICT技術が一早く導入されている。

その一方で、太陽光発電等の再生可能エネルギーの大量導入に対応し、将来的には太陽光発電等の出力把握・予測が重要となる。また、太陽光発電や蓄電池、既設の火力・水力発電等との協調制御等については今後の課題であるとともに、ピーク電力の削減による発電コストの低減が期待されるDSM (Demand Side Management) による需要制御、電気自動車等との連系などについては未だ研究開発段階にある。

「低炭素電力供給システム」の構築に向けては、こうしたスマートグリッドの構築、すなわち電力供給システムの更なる高度化も大きな課題となる。

## 【我が国におけるスマートグリッドの構成技術の実施状況と今後の課題】



こうした課題は、決して遠い将来のことではなく、欧州の一部の国では風力発電の導入増によって、送電網の混雑が頻繁に発生し出力抑制も実施されているところであり、新たな送電投資が必要となりつつある。また、基幹送電網を含む送配電インフラが脆弱な米国では、オバマ政権が110億ドルのスマートグリッドを含む送配電投資について発表をしたところであり、各地でスマートグリッドに対する関心が高まっているところである。

我が国においても、出力の不安定な太陽光発電等の再生可能エネルギーを大量に導入する場合に備えた対策の実施や、供給力のみならず需要をコントロールすることによって発電設備や送配電設備の効率的かつ高品質で信頼度の高い電力供給システムを構築することの実現性や社会的受容性について検討することが求められる。このためには、電気の効率的な安定供給を確保しつつ、将来的には研究開発や実証試験などに取り組む必要がある。

### (2) 太陽光発電等の大量導入時の系統安定化対策について

スマートグリッドの定義やその内容が多岐に渡る中、再生可能エネルギーのうち太陽光発電については、近い将来、発電コストの大幅な低下や導入支援により、これが大量に導入される見通しが示されている。一方で太陽光発電等の新エネルギーについては天候によって出力が不安定となること等から、太陽光発電等の大量導入にあわせて系統安定化対策を講じることが必要となる。

本研究会では、今後の太陽光発電等の新エネルギーの大量導入に伴って必要となる系統安定化対策及びコスト負担の在り方については、電力系統への影響やその影響に対する対策、さらにはそれらの対策を組み合わせた具体的シナリオの策定や考え方の整理に専門的議論が相当程度必要とされた。

このため、本研究会の下に「新エネルギー大量導入に伴う系統安定化対策・コスト負担検討小委員会」を設置し、新エネルギーの大量導入に伴って必要となる系統安定化対策の時系列シナリオ及びコスト負担の在り方について具体的な検討を行った。

太陽光発電等の再生可能エネルギーの大量導入時における電力系統の主な課題としては以下の3つが挙げられる。

- 配電網の電圧上昇による逆潮流の困難化<sup>2</sup>
- 周波数調整力が不足する可能性<sup>3</sup>
- 余剰電力の発生（需給バランス）<sup>4</sup>

上記の課題に対する対策としては、複数のオプションを比較検討した結果、柱上変圧器の分割設置等による配電系統の強化や、需要家又は電力系統側における蓄電池の設置や揚水発電の活用による余剰電力対策が必要との結論を得た。太陽光発電の大量導入に伴う系統安定化のために必要となる設備投資面での対策は出力変動対策よりも余剰電力対策として導入される蓄電池や揚水発電等が支配的であることから、時系列シナリオとして、以下の3つを検討シナリオとして設定した。

- [Ⅰ] 需要家側に蓄電池を設置する場合
- [Ⅱ] 配電対策を行いつつ系統側に蓄電池を設置する場合
- [Ⅲ] 配電対策を行いつつ系統側で揚水発電及び蓄電池を設置する場合

各シナリオについて、一定の仮定の下でコスト試算を行ったところ、2030年度までの系統安定化対策費用として、総額で約4.6～6.7兆円と推計された<sup>5</sup>。

<sup>2</sup> 具体的には、太陽光発電の出力が設置箇所の消費電力を上回り、電力系統側に電力を逆潮流する場合、配電系統の電圧が上昇。連系点における電圧が電気事業法に基づく適正値を逸脱しそうな場合には、電圧を適正に維持するため、太陽光発電の出力を抑制し、逆潮流を抑える必要が生じる。

<sup>3</sup> 現在の電力系統においては、一般電気事業者が需給運用において適正な調整力（LFC容量）を確保することにより周波数を維持。太陽光発電については天候などの影響により出力が大幅に変動する可能性があることから、太陽光発電の導入量の大幅な拡大に伴い、LFC容量の不足等への対応が課題。

<sup>4</sup> 太陽光発電が大量に導入された場合、需要の少ない時期において、ベースの供給力と太陽光発電による発電量の合計が需要を上回る可能性があり、余剰電力が発生することとなる。なお、この課題については、需要の少ない軽負荷期において太陽光発電の出力を抑制することにより、軽減することが可能。また、電気自動車やヒートポンプ等の新規需要創出も余剰電力対策に有効である。

<sup>5</sup> 試算の前提条件や各シナリオの詳細及び試算結果等については、新エネルギーの大量導入に伴う系統安定化対策・コスト負担検討小委員会「今後の新エネルギーの大量導入に伴って必要となる系統安定化対策及びコスト負担の在り方について」（2009年1月9日）報告書参照

(<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/data/g90126aj.html>)



この対策費用の負担の在り方について、充放電・揚水ロス等の電源に係る費用まで系統利用者が負担することや主に家庭用太陽光発電の導入に伴う対策費用が自由化部門を含む全需要家の負担となることの是非、原因者を厳密に特定することの可否等の課題が存するところ、太陽光発電の大量導入による低炭素社会の実現に向け、こうした料金負担論のみならず、エネルギー間の競争環境に与える影響、公的支援の在り方・多寡も含め、今後あるべき負担論について検討を深めていくことが必要であるとの結論を得たところである。

### (3)「スマートグリッド」による太陽光発電等の大量導入に向けた当面の対応

太陽光発電等の再生可能エネルギーの大量導入に伴う電力系統の安定化対策については、2020年度において一定の出力抑制を行えば、特段の対策を講じない場合でも、太陽光発電は1300万kW程度導入可能との試算がある。余剰電力対策の観点からは、送配電ネットワークを含む電力供給システムで受け入れることが可能である。

しかし、これを上回る導入に対しては、周波数調整力等の面から現状の電力供給システムでは対応が困難な事態が生じ得る。また、太陽光発電にかかる補助制度や新たな買取制度によって、長期エネルギー需給見通しで示されている導入見通しが前倒しになることも想定される中、この壁を乗り越えるための研究開発やデータ蓄積等を重点的かつ集中的に推進する必要がある。

具体的には、太陽光発電等の再生可能エネルギーの大量導入による出力変動に対応するため、系統側に設置される蓄電池と火力発電所、水力発電所の組み合わせによる適切な制御を行うことが今後の課題となる。また、火力発電が減ることによって同期機が減少し、同期安定度が低下することへの対応や、局地的な気象の変化によって生じるこれまで想定されなかった潮流の変化にも対応できる系統安定化対策など幅広い対策が必要となる。

このため、官民が力を合わせて、これらの課題への対応のために、まず、太陽光発電の出力データの蓄積や分析、太陽光発電の出力予測システムの開発、頻繁な充放電に耐えうる高性能な蓄電池の開発といった要素技術の開発に積極的に取り組むべきである。

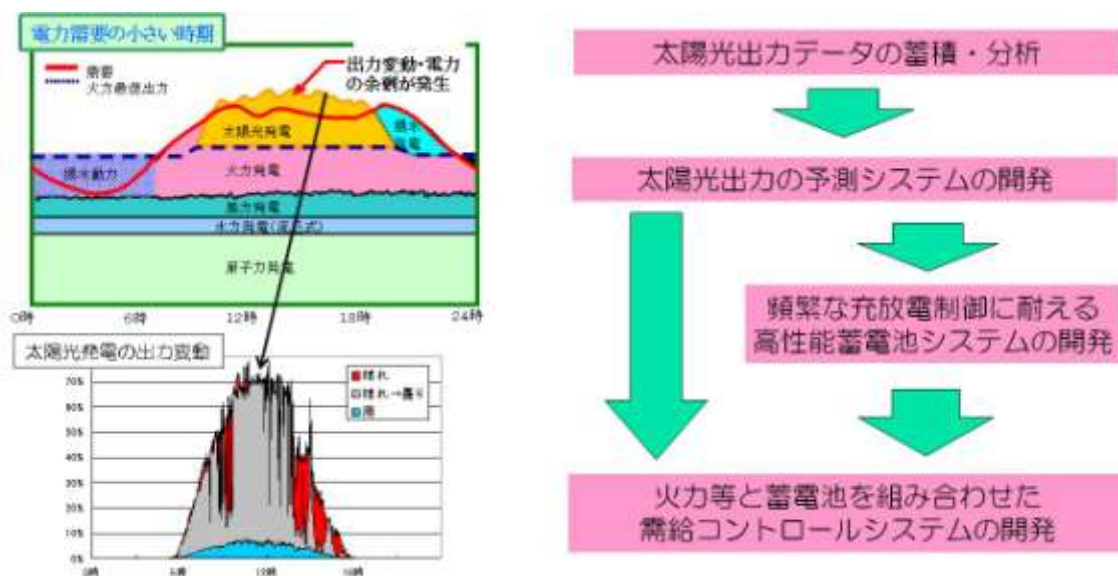
このため、具体的には21年度から日本全国300カ所程度で、太陽光発電の出力変動や平滑化効果等の実測データを元にした分析・評価や、太陽光発電の出力予測手法の開発等を行うこととしている。また、これまでの太田市や稚内市、北杜市などにおける大規模実証などの成果も活用して、今般の経済対策の一環として電気事業者の主要な電力系統に連系していない離島において太陽光発電と蓄電池等から

なるマイクログリッドの実証事業を実施し、2020年や2030年の太陽光発電の大量導入時の縮図を離島で先取りすることを検討中である。更に、模擬的な太陽光発電や風力発電、変電所、送電網等から構成される電力系統シミュレータを構築し、系統安定度への影響などを検証する予定である。

また、需要家サイドでも、DSMによる電力需要の制御などとともに、太陽光発電を最大限効率的に活用するため、蓄電池を含む新たなシステムの導入可能性についても課題であると考えられる。いわゆる「スマートメーター」<sup>6</sup>の導入を期待する意見が高まっている中、その費用対効果についての議論もなされているところであるが、今後、スマートメーターが本格的に導入される場合には、DSMの実現に向けた取組が更に推進されることが期待される。

こうした実証事業や技術開発等を通じて、純国産のエネルギーであり、環境面でも優れた特長を有する太陽光発電が導入された場合に最も重要なインフラとなりうる世界最先端の「スマートグリッド」を構築することを目指して、将来の太陽光発電の大量導入に向けた準備を官民一体となって進める必要がある。

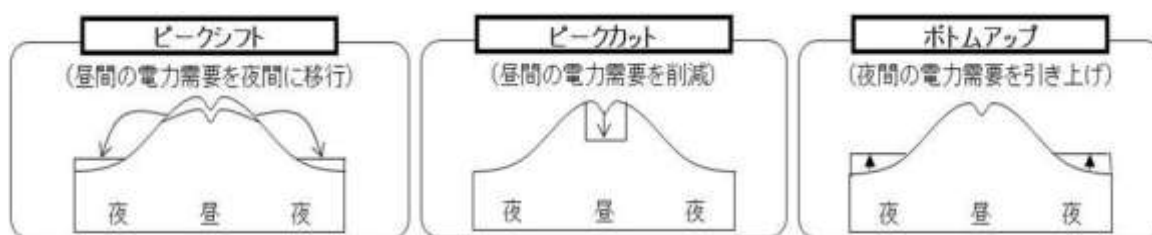
#### <系統安定化対策の概要>



<sup>6</sup> 「スマートメーター」の定義については様々であるが、「規制改革推進のための第3次答申」（「規制改革会議」平成20年12月22日）によると、「単なる電力計の電子化や機能の高度化以外に、それに付随して発生するメーター・事業者間における双方向通信の仕組みや、電力会社における業務改善、顧客サービスの多様化など、スマートメーター導入を契機としたあらゆる仕組みの変革のことを指す」とされている。

## 6. 負荷平準化対策について

一般的に、負荷平準化対策とは、電力負荷を需要の多い時期から需要の少ない時期に移行(ピークシフト)、需要の多い時期の電力需要を削減(ピークカット)、需要が少ない時期の電力需要を創出(ボトムアップ)することにより、最大需要電力の抑制等を図ることにより必要となる設備容量を減らすといった効率的な電源運用を図るものである。



【ピークシフト・ピークカット・ボトムアップのイメージ図】

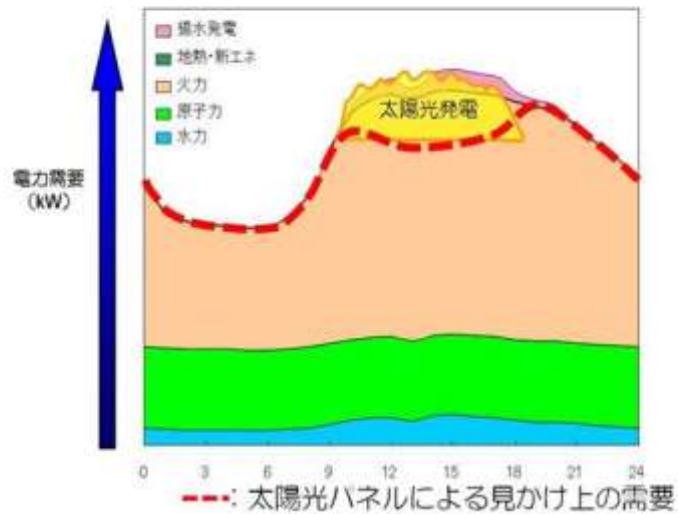
負荷平準化は、ピークの電力需要を抑制することで、電力需要増による供給力不足のリスクを軽減すること(電力の安定供給の確保)、ピーク需要に対応した設備投資の軽減(電力供給コストの低減)、夜間の電力需要創出によりベース電源が原子力発電である場合にはその導入余地の拡大や設備利用率の向上(原子力発電所の着実な推進による低炭素化)などの意義がある。

ピークカットは本来ピーク時の電力需要を削減するものであるが、太陽光発電によって電力系統側から見た電力需要が減るため、昼間、特に真昼に多く発電する太陽光発電は、晴天時には負荷平準化(ピークカット)に似た効果を持つ。

一方、点灯ピークの場合、あるいは曇りや雨天時の太陽光パネルが発電しないときには、この負荷平準化の効果は期待できない。ただし、曇りや雨天時には、ピークの電力需要が晴天時より低いため、晴天時のような大きなピークカット効果は求められない。このため、太陽光発電による負荷平準化の具体的な効果を予測することは困難ではあるが、電力系統側から見て、ある程度の負荷平準化と同様の効果も期待できると考えられる。

しかしながら、太陽光発電の大量導入時には、天候の変化等に備えて火力発電等によるバックアップ電源が必要となる。このため、太陽光発電による負荷平準化の効果がどれほどのものか明らかでない現状においては、負荷平準化の意義であるところの設備容量の削減による「電力の安定供給の確保」や「コストの低減」の定量的な評価は、困難である点には留意する必要がある。

【夏の晴天時の太陽光パネルによる負荷平準化効果(イメージ)】



電力負荷平準化により夜間電力需要が創出される等により、ベース電源が原子力発電である場合にはその導入余地の拡大や設備利用率の向上が図られる。また、電力負荷平準化効果の高いヒートポンプ蓄熱システムは、機器そのものの効率が高いことにより、CO2排出量削減に寄与する。

以上のことから、引き続き負荷平準化対策を推進することによって、電力の安定供給と低炭素化を図っていくことが重要である。

## 7. まとめ

本年1月に住宅用太陽光発電への補助金が開始され、今後、「新たな買取制度」が開始される予定となっている太陽光発電については、2030年度には2005年度末の約40倍に当たる5321万kWが導入される見通し（最大導入ケース）となっている。これは、現状の原子力発電の設備容量が4820万kWであることや、我が国の最大電力が1.8億kW程度であることと比較しても、非常に大きな導入量である。

電力系統における課題のうち、余剰電力の発生については、年末年始やゴールデンウィーク期間中などの需要の少ない軽負荷期において太陽光発電の出力を抑制することにより、軽減することが可能である。

また、太陽光発電の大量導入時における課題のうち、本研究会及び小委員会で十分な検討がなされなかった周波数変動対策については、今後、全国ベースでの太陽光発電のデータ取得に向けた実証試験等を通じて知見を高めながら、太陽光発電の大量導入時における電圧安定性や同期安定性の低下、出力予測の困難さ、蓄電池の充放電制御、潮流の把握及び予測といった課題への対応や、適切な系統安定化対策を講じるための様々な技術開発・実証実験などが必要である。

特に昨今、いわゆる「スマートグリッド」に対する注目が集まっているが、上述のような実証試験等を通じて、今後大量導入が予測される太陽光発電の導入環境を可能な限り早期に整備するためには産官学におけるあらゆる取組が必要であり、今後とも、我が国の電源構成や電力需給状況等に則して、適切な検討が行われるべきである。

本研究会で取り扱った検討テーマは、非常に多岐に渡るものであった。また、本研究会における分析の多くは、一定の前提の下に現時点での知見の下に分析されたものである。このため、今後の状況の変化等に対応して、更なる検討が行われることが必要である。低炭素電力供給システムの構築に向けた関係者の取組は緒についたばかりであり、今後、上記に掲げられた課題等への更なる検討が行われ、本研究会における検討結果が今後の低炭素社会における「低炭素電力供給システム」の構築に貢献することを期待する。