

エネルギー供給WG(補足説明資料)

地球温暖化対策は、中長期的な気候変動被害を防ぐという観点から、全ての再生可能エネルギー等(風力、地熱、中小水力利用、バイオマス利用、コジェネなど)について、最大限の取組を講ずる必要があるが、ここでは特に質問・議論が多かった太陽光発電を中心に補足説明を行う。

【指摘事項①】

住宅用太陽光発電を2020年度までに約1,400万kW(約400万戸)に設置するという見通しは過大な見通しなのではないか。

【ポイント】

○ 従来の見通しは2020年に1,800万kW程度が住宅に普及するというもの。今回は、より精査を行い、2020年に1,400万kWと推計したもの。

[これまでの政府の計画]

○ 2009年6月に麻生総理大臣(当時)が「太陽光発電を現在の20倍にする、太陽光世界一プラン」を提唱。これを受けて「経済財政改革の基本方針2009」(2009年6月閣議決定)では、「2020年頃に再生可能エネルギーの対最終エネルギー消費比率を世界最高水準の20%程度へ、太陽光発電を20倍程度へ」という目標が示されている。

○ この目標を受けて作成された資源エネルギー庁の「長期エネルギー需給見通し(再計算)」(2009年8月)では、2005年に140万kWであった太陽光発電を2020年に2,800万kWにするという想定を掲げており、内訳として住宅に約7割、約530万戸(約1,800万kW)の普及を見込んでいた。

○ なお、資源エネルギー庁の調査によれば、太陽光発電が設置可能な一戸建ての数は1,200万戸と推計されており、設置済みの90万戸を差し引いても1,100万戸が今後設置可能な一戸建てと考えられることから、約400万戸に設置をすることは十分可能と考えられる。

[これまでの政府の計画](続き)

- また、電気事業連合会においてもホームページにおいて「太陽光との連系については、局所的な集中設置の場合を除き、**電力合計で1,000万kW*まで受け入れ可能**であることを、電気事業者は2008年5月に公表しています。(2009年1月 経産省の低炭素電力供給システム研究会)」と言及している。

※特異日の出力抑制を行えば、2,800万kWまで可能となる見通し。

[現時点での導入速度から想定される導入量とモデル分析による見通しとの比較]

- 2010年時点で、日本の太陽光発電の普及は約362万kWであり、このうちの約8割(**約290万kW**)が**住宅用**と見込まれる。
- 2011年の国内出荷量は太陽光発電協会によると、全体で**約130万kW(うち住宅用が110万kW)**となっている。
- 今後も現行の余剰買取制度と同程度の支援レベル(投資回収年数10年程度(事業IRR8%程度に相当))が継続され、2011年と同程度の導入がされた場合に見込まれる住宅への太陽光発電の導入量は**1,420万kW**(=290万kW+110万kW×10年+110万kW/4)であり、2020年度までに約1,400万kW(約400万戸)というモデル分析による見通しはそれと比べても妥当な値と考えている。

(参考)長期エネルギー需給見通し(再計算)(平成21年8月)における見通し

太陽光発電

長期エネルギー需給見通し(再計算)における想定

2020年に2005年の20倍程度まで拡大(設備容量)

約15百万tCO2 約8兆円

※系統安定化コストは含まない



類型:A

現時点における対策の進捗状況により下記の類型に分類
 類型A: 今後急速な普及が必要となるもの
 類型B: 過去数年で急速に普及が進んでいるが、更に加速度的な普及が必要なもの
 類型C: さらなる普及拡大を図る必要があるが、社会的・制度的な課題があるもの

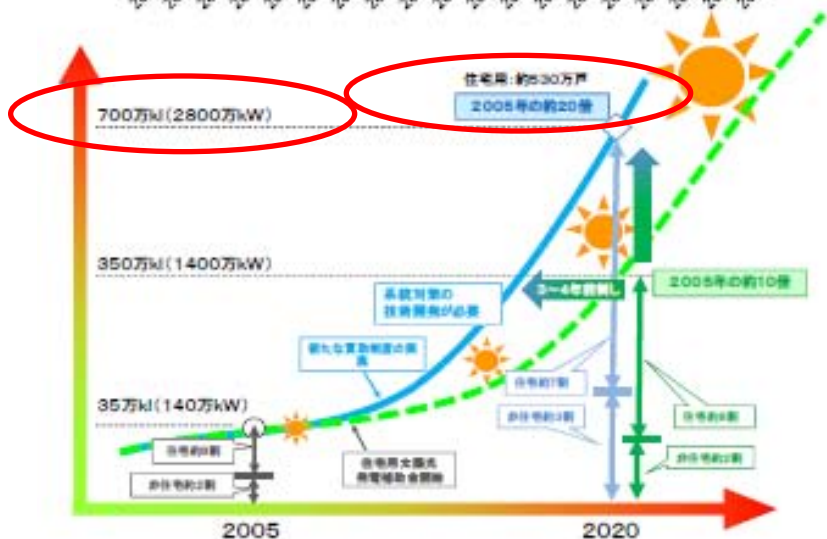
これまでの主な関連政策

- RPS法(電気事業者に新エネルギー等から発電される電気を一定割合以上利用することを義務づけるもので、2003年施行)
- 住宅用太陽光発電導入支援対策費補助金(住宅用太陽について、約7万円/kWを補助)(2009年度:200億円)
- 太陽光発電の新たな買取制度(太陽光発電の余剰電力を一定価格で10年間買い取る)
- 大規模電力供給用太陽光発電系統安定化実証試験(2009年度:20億円)

【課題】

- 加速度的な導入量の増加が必要
- 初期コストの低減
- 新たな買取制度の実施・運用
- 住宅用太陽光に対する補助金
- パネルの耐久性
- 導入量が増加するにつれ、日当たりが比較的悪いところに設置することになるなど、効率が低下
- 系統安定化対策が前提
- 発電効率の向上

※本資料は、モデル計算上の仮の前提を提示するもの

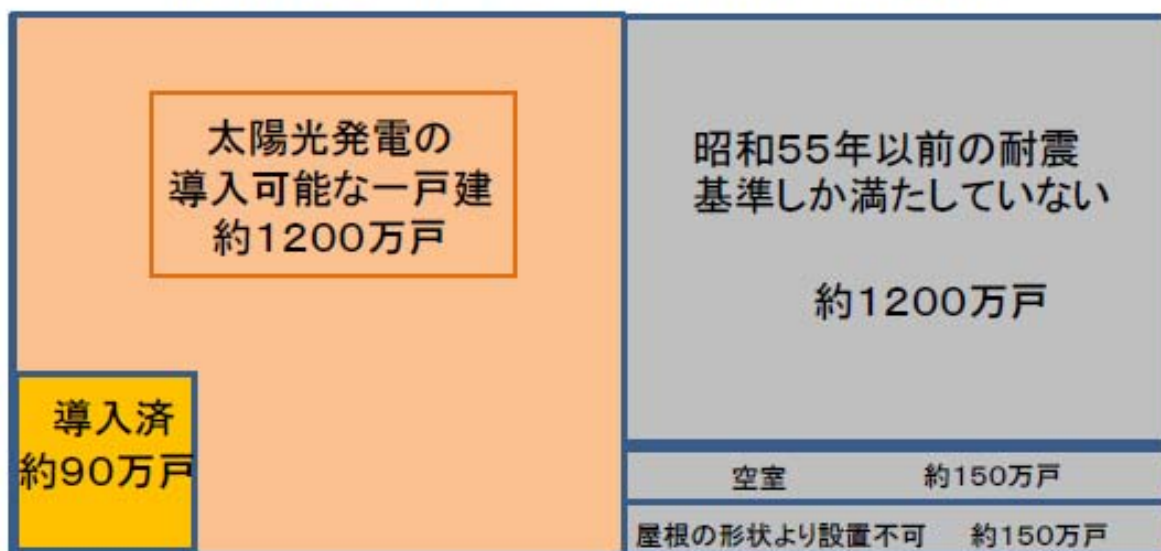


(参考)

一戸建てにおける太陽光発電導入のポテンシャル

- 我が国の足下の導入量は90万戸程度。2020年代のできるだけ早い時期に1,000万戸の導入を達成するためには、毎年度90万戸程度の導入が必要。このためには、一般の御家庭でも比較的導入がしやすい「屋根貸し」制度の導入等の工夫が必要ではないか。

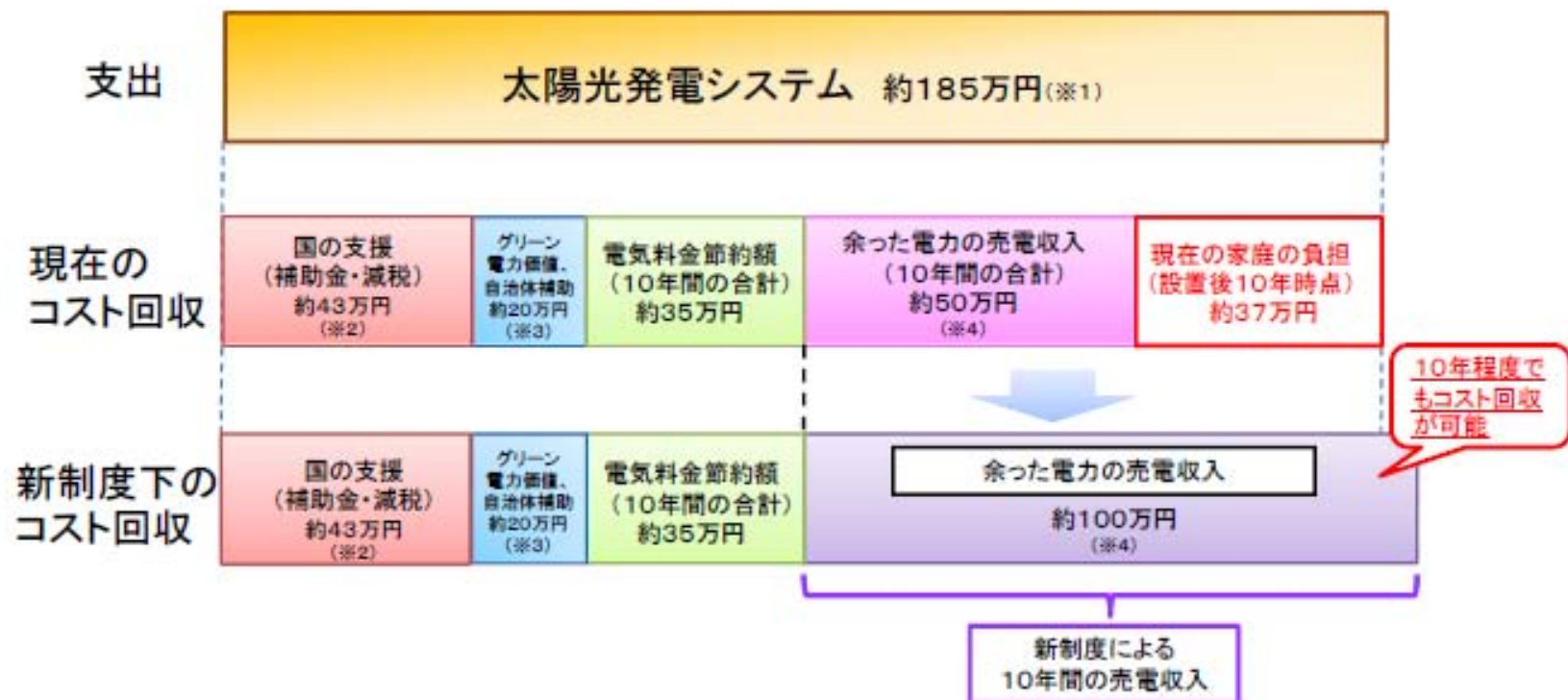
我が国の一戸建て総数:約2700万戸



日本全国に約2,700万戸ある1戸建てのうち、約1200万戸は昭和55年以前の耐震基準であるため、重い太陽光パネルを屋根に設置することが困難であると仮定。また、150万戸は空室であるため太陽光パネルが設置されないものと仮定。150万戸は屋根の形状(例えば急な角度の屋根)により設置困難であると仮定。こうした仮定の下で推計すると、日本全国で太陽光パネルを設置可能な一戸建ては約1200万戸。そのうち、現時点で90万戸に導入済み。

(出典)平成22年度新エネルギー等導入促進基礎調査事業<太陽光発電及び太陽熱利用の導入可能量に関する調査(委託先:みずほ情報総研)>より資源エネルギー庁作成

○**新築住宅**に3.5kWのシステムを設置した場合、標準的なケースでは10年程度で回収が可能。



※1 太陽光発電システム価格は平成21年1月～3月に受理した補助金申請実績に基づき試算。なお、システム設置に係る金利・メンテナンス費用や設置後に発生する修繕費等は考慮していない。

※2 補助金:1kWあたり7万円+住宅ローン減税(約19万円)

※3 グリーン電力価値売却収入(自家消費分)については、1kWhあたり約5円として試算。証書発行事業者との個別契約等が別途必要。

自治体補助の有無は自治体により異なるが、支援措置を講じている自治体(都道府県・市町村レベル)の補助額平均は1kWあたり約3.8万円(平成20年度)。(例)東京都では、平成21年4月から1kWあたり10万円の補助制度を実施。

※4 売電比率:平均6割、発電効率:約12%、売電単価:現状24円/kWh→新制度48円/kWhとして試算。

【指摘事項②】

太陽光発電の支援策の1つとして固定価格買取制度の検討結果を示しているが、諸外国の成功事例を引用しているだけであり、日本での適用可能性についての検討が不足しているのではないか。

【ポイント】

○ 今回の検討は、他国の固定価格買取制度の成功事例や失敗事例を踏まえつつ、我が国での太陽光発電が、施策の強度に応じて導入量がどれだけになるかについて、精査を行ったものである。

[固定価格買取制度の意義]

○ 固定価格買取制度は、太陽光発電のように現時点での価格は高いものの普及量に応じて価格低減が見込まれる設備については、

- ・買取価格・期間を示すことで事業・投資回収に関する予見可能性を高め、事業者や家庭の先行設置を促して普及拡大を進める
- ・普及量の増大に伴い価格が低減することで、更に普及が進むことを促すものである。

(仮に、固定価格買取制度のような支援制度がない場合には、現時点での価格が高いため、各主体が設置を先送りし、価格低減を待つことが最も合理的な判断となるが、各主体が合理的な判断をすることで、技術自体の価格は高止まりし続けることとなる。)

[今回試算において用いた太陽光発電の買取価格・期間について]

- 太陽光発電の買取価格・期間については、ある程度国によって状況が異なると考えられることから、
 - ・非住宅用の太陽光発電やメガソーラーでの事業IRRと新規導入量との関係式については、**日本と他国の長期金利の違いを考慮して補正**を行った、
 - ・事業IRRについてもどの程度の値になると持続的な普及が見込めなくなるかについての詳細な検討を**他国の実例に学んで検討**を行い、**事業IRRとして6～10%という値を用いて**太陽光発電の導入量をエネルギー供給WGとして試算した。
 - ・なお、IRRが10%を越える水準となると、単年度に想定を大きく越える普及拡大により、むしろ太陽光発電の普及拡大が阻害されるおそれがあり、**事業IRRを高くすれば高くするだけ普及が進むといった単純な想定は行っていない。**

- どの程度の支援水準になれば持続可能な普及が阻害されるおそれがあるかは実績から学ぶしかないものの、日本においては、非住宅用の太陽光発電、メガソーラーの市場が今まで検証可能な程の規模に成長していなかったことから、エネルギー供給WGでの検討においてはドイツの先行事例から学術的な検証結果を参照しつつ、事業IRRの設定を行ったものである。また、**住宅用太陽光発電については、我が国の実績から将来の普及見通しについての精査**を行った。

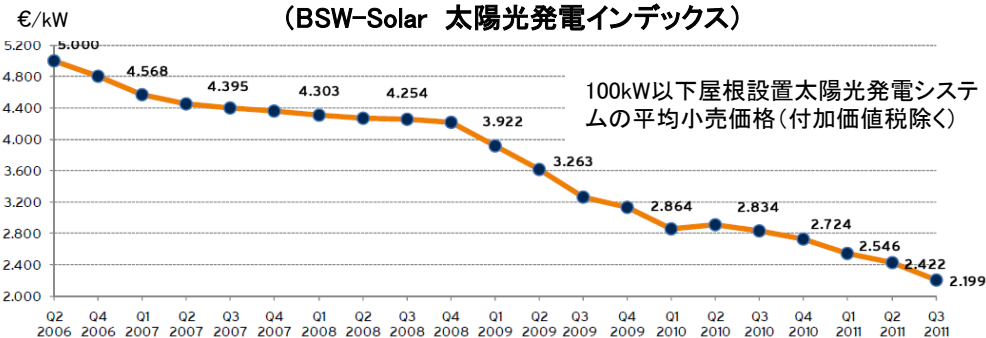
[ドイツにおいて買取価格引き下げの検討が行われていることについて]

- ドイツにおいては、普及量が1,700万kWを超え、システム価格についても日本の半額以下に低減していることから、**買取価格の機動的な見直し**が提案されること自体は、発電コストを勘案して買い取り価格を決めるという**固定価格買取制度の基本的考え方から当然**のことと考えている。
- ドイツは、システム価格を半減させるという目標（日本が太陽光の余剰買取制度を2009年に創設したときに目指していたのと同じ目標）を既に達成している状態となっており、太陽光発電の普及が進んでいない日本とは異なる状況にあることを踏まえて分析する必要がある。
- 我が国においても太陽光の余剰買取制度の導入・普及量の増加に伴って**住宅用太陽光の価格は年々低減**しており、買取価格の引き下げを機動的に行うことで持続的な普及の拡大を目指すことは我が国においても重要と考えている。
- なお、エネルギー供給WGの分析においても、**2020年頃には太陽光発電の価格が十分に下がり、固定価格買取制度の新規受付は終了**することが見込まれており、我が国においても**太陽光発電への優遇措置が年々縮小**されていくことが見込まれている。

参考(6)太陽光発電のコストの海外との比較(1/2)

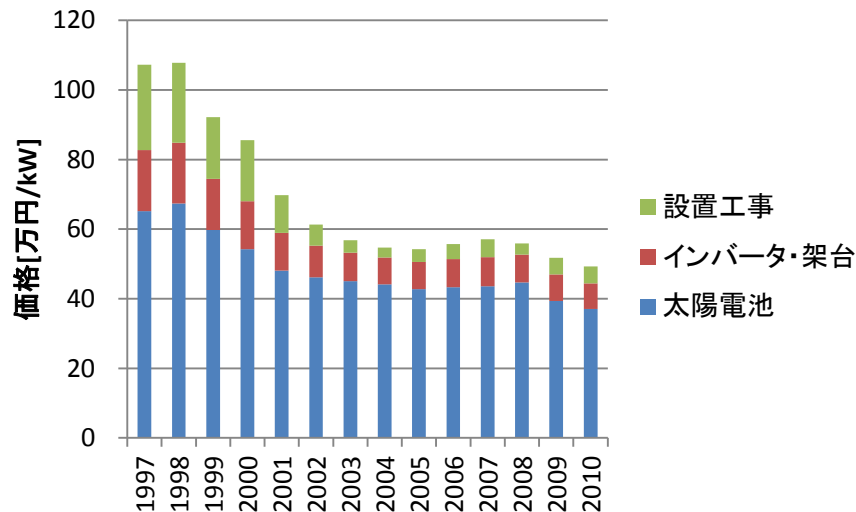
- 中国・台湾を中心とした太陽光発電生産設備への大規模な投資と、金融危機を受けた太陽光発電導入停滞により、2009年には太陽光発電システム価格が大幅下落した。
- ドイツでは2006年からの5年間で、太陽光発電システム価格が50%以上下落した。
- 日本でも、高止まりしていた太陽光発電システム価格が低下に転じた。

ドイツの太陽光発電システム価格
(BSW-Solar 太陽光発電インデックス)



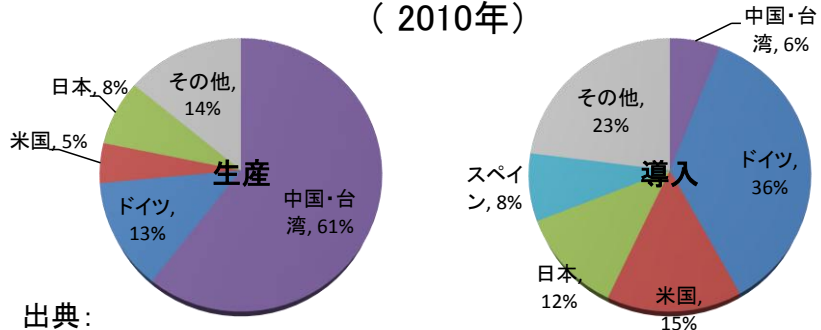
出典: BSW-Solar(ドイツ太陽光発電工業協会)資料

日本の太陽光発電システム価格



出典:「平成22年度太陽光発電システム等の普及動向に関する調査」(資源エネルギー庁, 2011)より作成

太陽電池セル生産国と太陽光発電システム導入国
(2010年)



出典:
<http://www.semi.org/en/node/38346?id=sgurow0811z>
http://www.solarserver.com/solarmagazin/solar-report_0707_e.html

出典: エネルギー供給WG参考資料より

ドイツの固定価格買取制度の現状(ドイツ環境省と経済技術省との共同プレスリリース)

- (1) 2012年2月24日ドイツ環境省及び経済技術省は、再生可能エネルギーの固定価格買取制度のうち、太陽光発電に関して改定案を発表。
- (2) 改定案については、今後、独連邦議会で審議される予定。

【改定案の主な内容】

- (1) 2012年3月9日から太陽光発電の買取価格を20～29%引き下げ。
- (2) 1万kW以上の太陽光発電は買取対象から除外。
- (3) 2012年5月から買取価格の改定頻度を半年毎から月ごとに変更。毎月0.15ユーロセント/kWh引き下げていくことを予告。
- (4) 2012年3月9日以降に系統に連系する設備については、買取対象電力量を年間発電量の85～90%に制限する。
また、現行制度においては500kW以下の太陽光発電設備については、屋内での自家消費分にも一定の額を支払う制度を導入していたが、2012年3月9日以降廃止(自家消費してもなお余った電気についての買取は引き続き継続)。
- (5) 年間設備設置目標から導入実績が逸脱した場合、環境省は経済技術省と合意の上で、買取価格の修正を図る省令を制定できる。

※2012年2月24日にドイツ連邦政府が発表した文書に基づき作成。

(参考)

導入見込量⑥ 再生可能エネルギー導入による便益

- 2020年時点での再生可能エネルギー導入がもたらす効果は以下のとおり(現時点で定量評価可能なもののみを示した)。

温室効果ガスの削減	2020年に2,900~8,000万t-CO ₂ の削減 ¹⁾ 2020年までの累積効果は3,200~8,000億円 (CO ₂ クレジット価格20~30\$/t-CO ₂ 、割引率3%で2010年価値換算)
エネルギー自給率の向上	2020年に少なくとも7~10%程度又はそれ以上 (省エネの進み具合によって変わり得る) ※直近年のエネルギー自給率は5%程度
化石燃料調達に伴う資金流出抑制効果	2020年に3,100~9,100億円/年 ※2010年の化石燃料輸入金額は約17兆円、GDP比で3.5%
産業の国際競争力の強化	2012~2020年平均で生産誘発額6~9兆円、粗付加価値額2~4兆円 ²⁾ (いずれも割引率3%で2010年価値換算) ※太陽光と風力について輸入比率を考慮した。また、国外への機器輸出入分、大規模火力における燃料投入減による負の影響を含む。
雇用の創出	2012~2020年平均で30~48万人 ※太陽光と風力について輸入比率を考慮した。また、国外への機器輸出入分、大規模火力における燃料投入減による負の影響を含む。

雇用創出効果等の定量的評価については、ドイツの事例等を単純に引用したものではなく、日本の産業連関表を用いて分析を実施

1) 直近年から増加した分の再生可能エネルギーが、火力発電や化石燃料起源の熱を代替した効果として試算した。

2) 生産誘発額、粗付加価値額及び雇用創出については、大規模火力で考慮した負の影響の他に、エネルギー価格上昇による他産業への影響、産業の海外移転等の影響が生じる可能性がある。

【指摘事項③】

再生可能エネルギーが大量に普及した際の系統への影響について、分析がされていないのではないか。

【ポイント】

- 再生可能エネルギーが大量に普及した際の系統への影響については、2030年時点までに想定される影響についての分析を定量的に行った。

[系統安定についての考え方]

- 太陽光を導入した場合の系統安定についての課題としては、
 - ・電力会社単位での課題として「周波数調整力の不足、余剰電力の発生」、
 - ・地区レベルの課題として「末端の配電網での電圧上昇」が挙げられる。
- 前者の課題については、2030年に太陽光発電を約1億kW、風力を約3,000万KW導入した際の系統への影響について定量的にモデル分析により評価を行い、大量の蓄電池を設置しなくても
 - ・ブロック単位での一体運用、
 - ・電気自動車やヒートポンプ式給湯等の活用による需要の能動化、
 - ・既存の揚水発電の活用
 - ・必要に応じた再生可能エネルギーの出力抑制により対応可能と考えられることを分析している。
- 後者の課題については、太陽光発電と風力発電を合わせた導入量に応じて2012年から2030年までに3～5兆円の系統対策費用が見込まれることを分析している。

エネルギー供給WG(補足説明資料2)

地球温暖化対策は、中長期的な気候変動被害を防ぐという観点から、全ての再生可能エネルギー等(風力、地熱、中小水力利用、バイオマス利用、コジェネなど)について、最大限の取組を講ずる必要があるが、ここでは質問・議論があった系統の安定性の検証を中心に補足説明を行う。

【指摘事項①】

再生可能エネルギーが大量に普及した際の系統への影響について、分析がされていないのではないか。

【ポイント】

○ 再生可能エネルギーが大量に普及した際の系統への影響については、2030年時点までに想定される影響についての分析を定量的に行った。

[系統安定についての考え方]

○ 太陽光を導入した場合の系統安定についての課題としては、

- ・電力会社単位での課題として「周波数調整力の不足、余剰電力の発生」、
- ・地区レベルの課題として「末端の配電網での電圧上昇」が挙げられる。

○ 前者の課題については、2030年に太陽光発電を約1億kW、風力を約3,000万KW導入した際の系統への影響について定量的にモデル分析により評価を行い、大量の蓄電池を設置しなくても

- ・ ブロック単位での一体運用（必要に応じ連系線を強化）、
- ・ 既存の揚水発電の活用
- ・ 電気自動車やヒートポンプ式給湯等の活用による需要の能動化（電力需要を電力供給の多い時間にシフト）、
- ・ 必要に応じた再生可能エネルギーの出力抑制

により対応可能と考えられることを分析している。

○ 後者の課題については、太陽光発電と風力発電を合わせた導入量に応じて2012年から2030年までに3～5兆円の系統対策費用が見込まれることを分析している。

電力需給調整⑤ 分析から得られる示唆・留意点

- モデルの考え方、パラメータ設定等、引き続きの検証が必要であるが、現時点で得られる示唆は以下のとおり。
 - 太陽光、風力の大量導入時の出力特性は、現時点では不確実性を伴う。
 - 系統影響評価および対策検討の精緻化のためには、**太陽光、風力の出力データ計測・解析**の進展が求められる。
 - 需給バランスおよび調整力の確保対策として、**連系線の活用による一体運用は大きなポテンシャル**を有する。
 - ただしこれを実現するためには、地域間連系線の容量制約、事故時の影響波及等の各種課題への対応が必要。
 - **需要の能動化、揚水発電の積極活用**により、**再生可能電源の出力抑制**の必要量を低減することが可能。
 - 能動化、出力抑制を実運用に活かすためには、需要家等の**受容性**を高めるとともに対策の**実効性**を高めることが重要。
 - そのためには、能動化や出力抑制のための必要技術や、需給制御に留まらない新サービスを付加した製品の開発・普及、関連制度の整備を進めることが求められる。
 - 系統側の対策として、**火力の調整力増強に向けた技術開発やより安価な系統連携線の技術開発**を実施することが必要。**供給力のある地域に工場、データセンター等の立地を促すような誘導施策の検討**も必要。
- なお、本分析の留意点は以下のとおり。
 - 調整力確保のために低出力で運転する火力発電機が増加すると、発電効率が低下し、燃料費やCO2排出は増加することとなる。これらの影響評価については今後の検討課題。
 - 揚水発電の積極活用を想定したが、実際には定期点検や貯水池容量、週間運用等を考慮する必要がある。
 - これらを考慮すると、揚水活用による需要創出量は下振れするため、再エネ出力抑制量は大きくなる可能性。
 - 系統制約として需給バランスおよび調整力に注目したが、実運用においては、電圧上昇、潮流変動、系統安定度等の制約も存在。
 - これらを考慮すると、再生可能電源の出力抑制の必要量は大きくなる可能性があり、制約を解消するためには系統対策が必要となる可能性。

1. はじめに:再生可能電源の大量導入に伴う課題(1/2)

再生可能電源の大量導入に伴う課題

- 再生可能電源のうち、特に太陽光発電や風力発電は**出力が自然条件に依存**しており、これらが既存の電力系統に**大規模に導入された場合、電力安定供給に影響が生じる可能性**が指摘されている。
- 主に風力を中心とした再生可能電源の大規模導入が進む欧州(ドイツ、スペイン等)においても、需給バランスを調整するための対応が徐々に必要となってきた。
 - ドイツでは、風力余剰出力の地域間融通、出力抑制等、スペインでは、再生可能エネルギーの出力常時把握・出力抑制等により対応の方向。

事象		概要	
局所的課題	平常時	電圧上昇	太陽光発電から配電系統への逆潮流の増大に伴い、配電電圧の管理(低圧101±6Vの調整)が困難となる。
		潮流変動	自然変動電源の出力変動により、潮流変動や潮流過負荷が生じる。
	事故時	単独運転	現行の単独運転検出方式では、複数の単独運転検出信号が相互干渉することにより、系統停電時の検出機能の動作遅れや不作動が発生する恐れがある。
大局的課題	平常時	周波数調整力の不足	自然変動電源の出力変動幅の拡大に伴うLFC容量不足(数分～20分程度の短周期変動に対する調整力の不足)が発生し、周波数変動量が拡大する。
		余剰電力の発生	火力発電の最低出力制約等により、下げ代不足(軽負荷時に計画的に供給力を絞る際の下げ方向の調整力の不足)が発生し、発電量が需要を上回り、周波数変動量が拡大する。
	事故時	系統擾乱の影響拡大	系統事故による瞬低発生時に分散型電源が一斉解列し、周波数低下幅が拡大する。
		系統安定度の低下	火力発電の稼働容量の低下に伴い、同期化力(他の発電機と同じ速度で回転し、状態を維持しようとする力)が低下する。

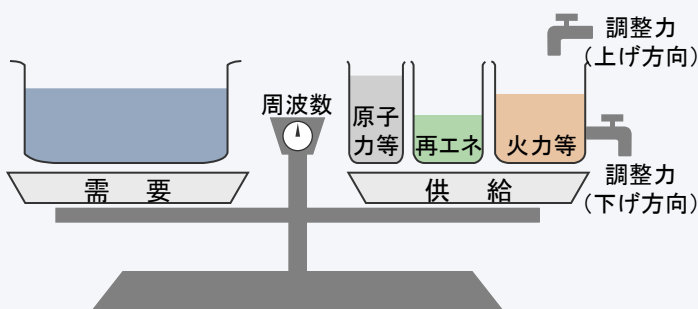
1. はじめに:再生可能電源の大量導入に伴う課題(2/2)

<平常時の大局的課題>

- 電力系統では、需要と供給のバランスが崩れると周波数に変化する。このため、常に需要と供給のバランスを維持するように系統は運用されている。
- 再生可能エネルギー電源の大量導入に伴い、数分～20分程度の短周期の変動に対する調整力不足、軽負荷時に供給力を絞る際の調整力不足といった、需給バランス維持の困難化が顕在化する恐れがある。

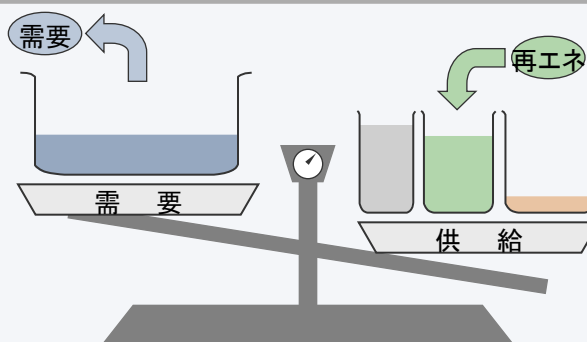
⇒1時間レベルでの需給バランスおよび短周期変動に対する調整力の両者を確保する必要がある。

需給バランス確保に基づく周波数調整



注) 調整力: 周波数調整を行うことのできる発電所の持つ、調整可能な容量。

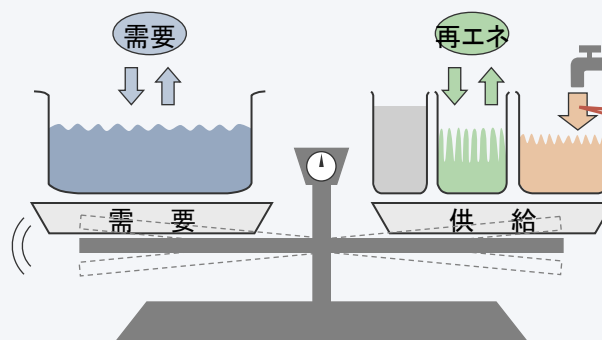
軽負荷時(需要:少、再生可能電源出力:大)時間帯における課題



供給力を絞る際の
下げ方向の
調整力の不足

⇒周波数上昇

需要および再生可能電源出力の短周期(数分～20分程度)変動に関する課題



需要・再エネ出力
の変動に対する
調整力の不足

⇒周波数変動

2. 系統シナリオ定量分析の全体像

- 再生可能エネルギーの導入に応じた電力系統の将来見通しを検討。再生可能エネルギーの導入制約および対策シナリオを、以下の点から定量的に評価。
 - 1) 系統対策なしで太陽光と風力がどこまで入るか
 - 2) 系統対策が必要となった場合、いかに安価な対策費用で導入を進められるか
- 主な特徴は以下のとおり。
 - ① **太陽光発電と風力発電**のいずれか一方ではなく、**両者が大規模に導入された状況**を想定。
 - ② 再生可能エネルギー導入や電源構成等の地域差を考慮するため、全国大ではなく**地域ブロック別**に分析。
 - ③ 1時間レベルでの**需給バランス**および時々刻々の変動に対する**調整力**の観点から、系統制約を分析。
(電圧上昇、潮流変動、系統安定度等の系統制約は検討の対象外)
 - ④ 系統運用が困難な局面では、PHV車、電気自動車等の充放電機能の活用やヒートポンプ給湯機等のマネジメントによる**需要の能動化、揚水発電の利用、再生可能電源の出力抑制の順に対策を実施することを想定**し、必要となる対策量を試算。

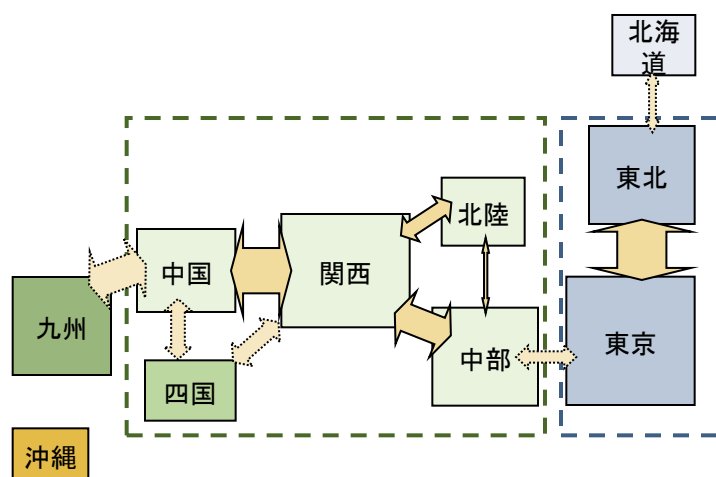


図 地域ブロック

※同一ブロック内では、**連系線を活用した一体的運用**を想定(ただし地域間連系線の容量制約は考慮しない)

電力需要、再生可能電源の発電量の見通し

- 電力需要・自然変動電源(太陽光、風力)出力の時刻パターンを想定
- 系統側から見た負荷(=自然変動電源出力を控除した需要)を推計

系統電源の運用: 火力発電の運用分析

- 一次配分: 1時間レベルでの需給バランス確保の観点から、火力発電の運用をモデル化(経済負荷配分)。
- 二次配分: 時々刻々の変動に対する調整力の確保状況を検証。必要に応じて、火力発電の出力抑制、ユニット追加により調整力を増強。

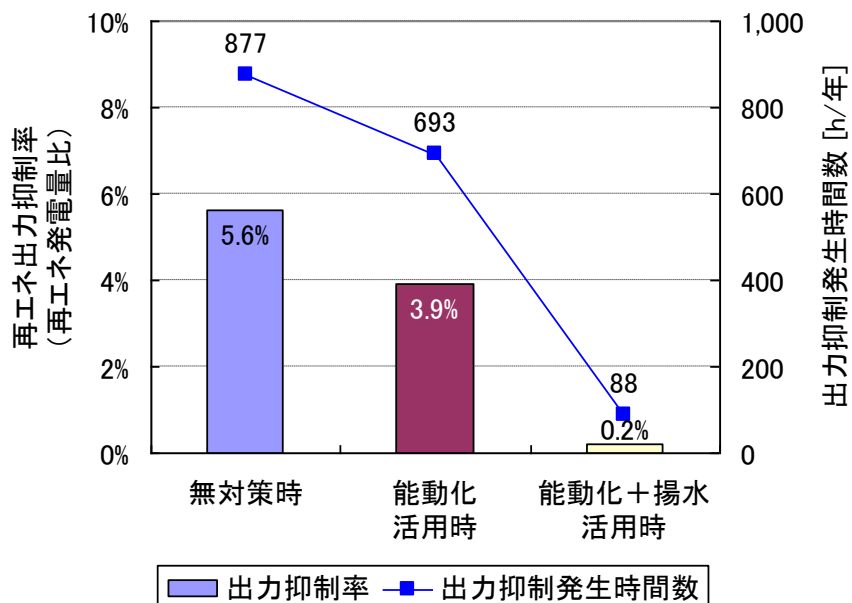
対策必要量の検証

- 火力発電の運用だけでは需給バランスおよび調整力が確保できない場合、系統負荷の平準化によりバランスを確保することを想定。
- 需要の能動化、揚水発電の利用、再生可能電源の出力抑制の必要量を試算。

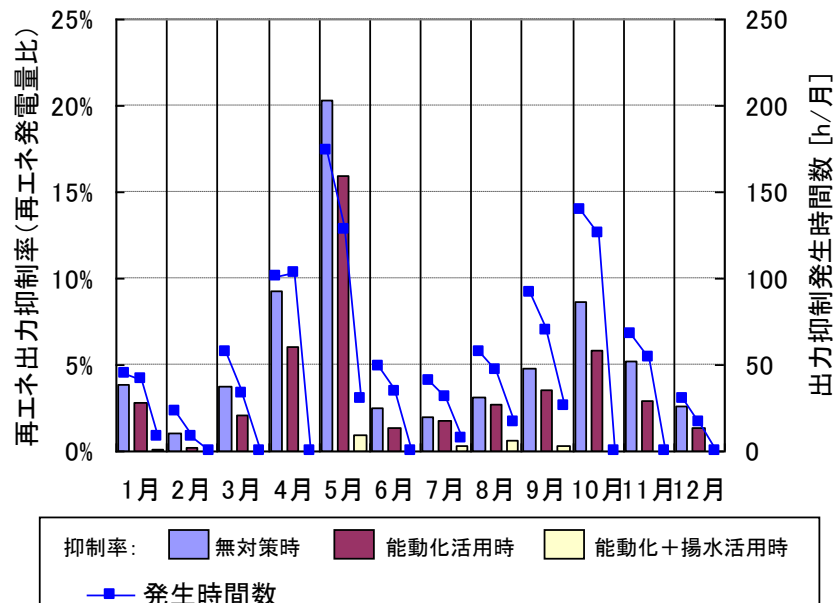
図 分析フローの概要

8. 分析1: 東日本 年間分析結果まとめ

- 本試算条件においては、系統運用が困難な局面が発生。
 - 特段の対策を講じない場合、再生可能電源の出力抑制が必要となるのは年間に900時間弱。出力抑制の必要量は、再生可能電源の年間発電量の約6%に相当。
 - これに対して、**需要の能動化、揚水発電の積極活用**を行うことにより、再生可能電源の**出力抑制率は約0.2%へと低減**。
- ⇒ 需要の能動化、揚水発電の積極活用は、需給バランスおよび調整力の確保対策として大きなポテンシャルを有する。



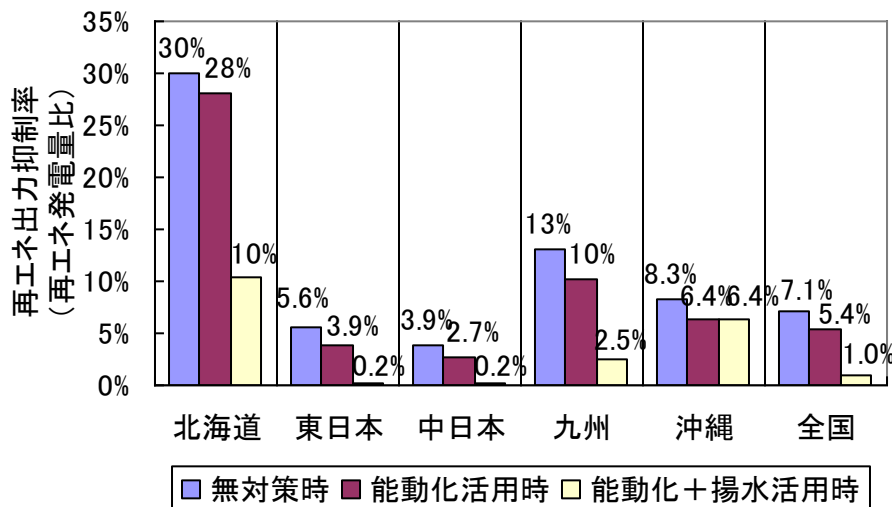
出力抑制の発生状況: 東日本・年間計
(再生可能電源導入量: 高位ケース)



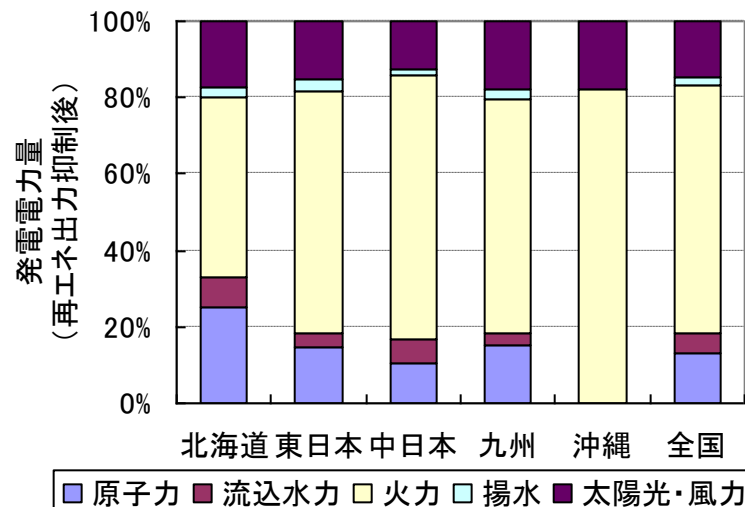
出力抑制の発生状況: 東日本・月別
(再生可能電源導入量: 高位ケース)

10. 分析2:地域別分析 基本ケース

- 全5地域(北海道、東日本、中日本、九州、沖縄)について分析を行い、全国大での系統影響を把握。
 - 全国平均では、特段の対策を講じない場合には再生可能電源の出力を約7%抑制する必要があるが、需要の能動化、揚水発電の積極活用により、**出力抑制量を5%以下に軽減**できる見込み。
 - 北海道、九州では、特段の対策を講じない場合には再生可能電源の出力をそれぞれ約30%、13%抑制する必要がある。対策実施により、九州では抑制量は約2%へと軽減されるが、北海道では出力抑制必要量は約10%となる見込みであり、**域内での需要拡大、系統の増強**または**他地域での風力発電の優先的な整備**等が必要と見込まれた。
 - 一方、東日本、中日本では、対策実施後の出力抑制必要量は1%未満にとどまる見込み。
- なお、需給調整の検証のための風力発電の地域別想定導入量は、導入ポテンシャル等を基に機械的な計算で設定したものであり、実際には地域の導入ポテンシャル及び系統設備容量を考慮して、より導入に有利な地点から導入が進むことが想定されることに留意が必要。



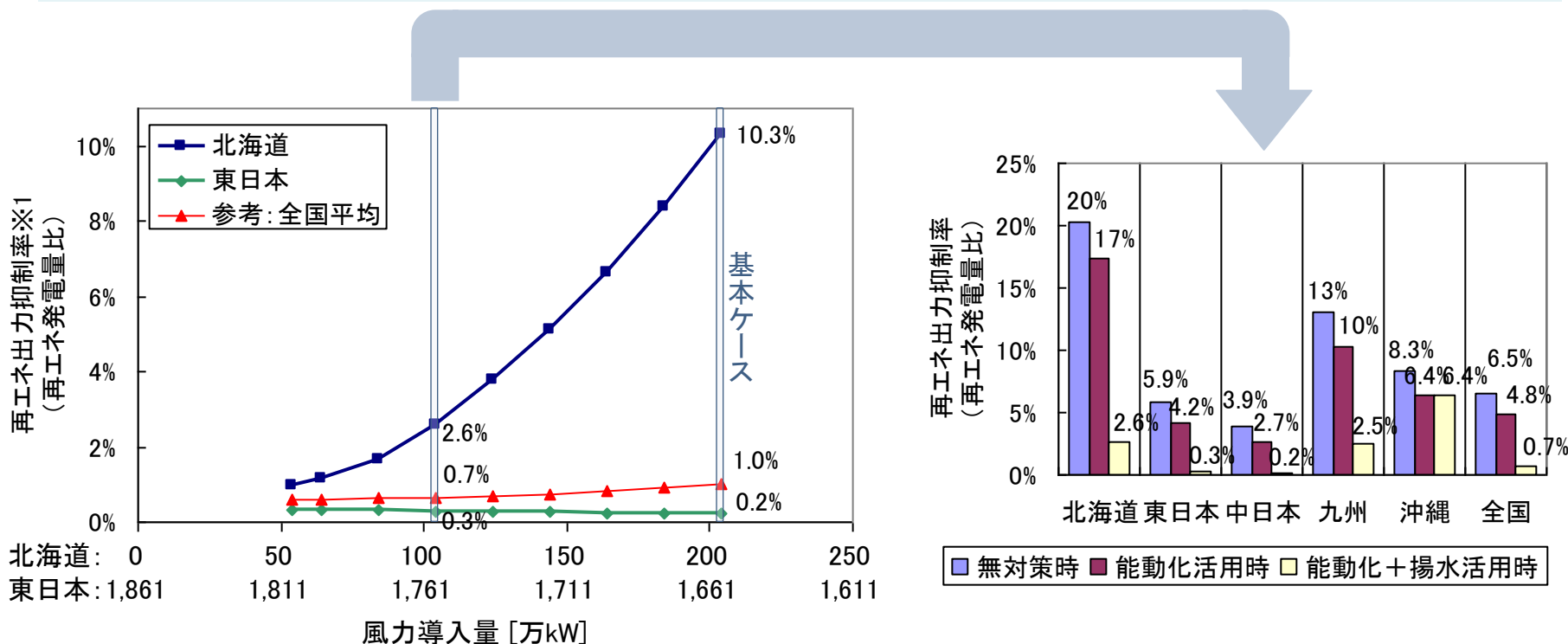
再生可能電源の出力抑制必要量
(再生可能電源導入量:高位ケース)



各種対策実施後における発電電力量構成
(再生可能電源導入量:高位ケース)

10. 分析2: 地域別分析 風力導入地域に関する感度分析

- 需給調整の検証のための風力の地域別想定導入量は、導入ポテンシャル等を基に機械的な計算で設定したものである。そこで、風力の導入地域の違いによる影響を検証するため、風力導入量の全国計は一定として、北海道と東日本との地域按分を変化させた分析を実施。
 - 北海道の導入量が約100万kW(東北約1,760万kW)の場合、北海道の出力抑制率は約2.6%へと低減するのに対して、東日本の出力抑制率は約0.3%と微増に留まる。その結果、全国平均の出力抑制率は約0.7%へと低減する見込み。



※1) 需要の能動化、揚水発電の積極活用を実施した上で必要となる、当該地域における出力抑制率

※2) 全国および他地域の風力導入量は基本設定と同値と設定(全国: 3,252万kW、中日本: 857万、九州: 493万kW、沖縄: 41万kW)

風力発電の導入地域の違いに応じた出力抑制必要量(再生可能電源導入量: 高位ケース)

電力需給調整⑥ 系統対策費用の試算結果

- 太陽光発電および風力発電の大量導入の実現に必要な系統対策費用を簡易試算。対策オプションの違いによる負担影響を把握するため、本需給調整分析の想定に基づくケースと、既往検討に基づくケースを設定し比較。
- **同一ブロック内での系統一体運用の実施、需要能動化、出力抑制の必要に応じた実施**を通じ、定置用蓄電池等の導入時期を更に導入が進んだ段階まで遅らせることにより、**系統対策費用を大幅に抑制**することが可能。

系統対策費用の試算条件

		既往検討に基づくケース	本分析に基づくケース
コンセプト		■ 太陽光、風力のそれぞれ一方のみの大規模導入を想定した2つの独立したシナリオ	■ 太陽光、風力の両者の大規模導入を想定し、対策の相乗効果等を考慮したシナリオ
シナリオ	太陽光	■ 次世代送配電ネットワーク研究会(資源エネルギー庁、2009年度)による「出力抑制+需要創出・活用+系統側蓄電池シナリオ」に対して、シナリオの継続延長、年次展開を想定	■ 同一ブロック内での系統一体運用の実施、需要能動化、出力抑制の必要に応じた実施 を通じ、定置用蓄電池の導入時期を後ろ倒し (自動車用市場の先行等による蓄電池価格の低減により、定置用蓄電池の導入に要する社会費用の抑制が期待される)
	風力	■ 日本風力発電協会・風力発電事業者懇話会による投資額試算(2009年)の既設連系線利用シナリオに対して、同シナリオの年次展開を想定	■ 系統シナリオ定量分析結果に基づき、2030年時点においては、左記ケースに対して 蓄電池、揚水新設を不要化する一方、電圧変動対策としてSVCを増強 。
費用項目	太陽光	■ 配電対策(柱上変圧器、配電系統用SVC)、 蓄電池 、太陽光発電・需要制御装置、火力調整運転	■ 配電対策(柱上変圧器、配電系統用SVC)、太陽光発電・需要制御装置、火力調整運転、 送電系統用SVC 、地域間連系線、気象予測等活用系統運用システム
	風力	■ 風力関連: 蓄電池 、地域間連系線、 揚水発電新規建設 、気象予測等活用系統運用システム	

系統対策費用の試算結果(2012~2030年)

	既往検討に基づくケース	本分析に基づくケース
低位	9.1兆円(4,800億円/年) うち蓄電池5.7兆円(3,010億円/年)	3.0兆円(1,600億円/年)
中位	17.2兆円(9,050億円/年) うち蓄電池11.9兆円(6,270億円/年)	4.5兆円(2,350億円/年)
高位	19.3兆円(10,170億円/年) うち蓄電池13.0兆円(6,850億円/年)	5.1兆円(2,690億円/年)

【指摘事項②】

太陽光発電や風力発電の変動を十分考慮した分析になっていないのではないか。

【ポイント】

○ 太陽光発電についても、風力発電についても現時点で得られる1時間単位の変動データを用いて分析を行っている。

[太陽光発電の変動データについて]

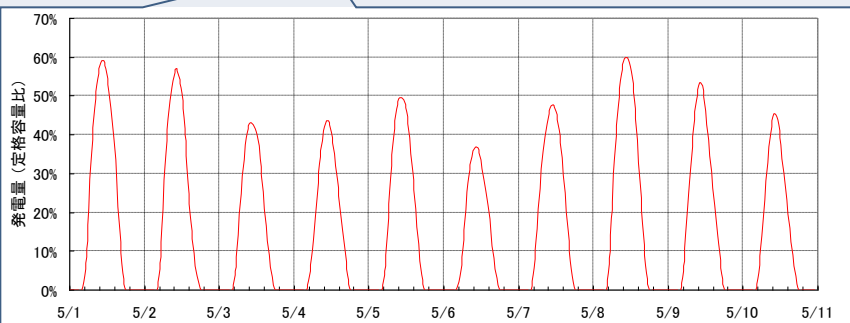
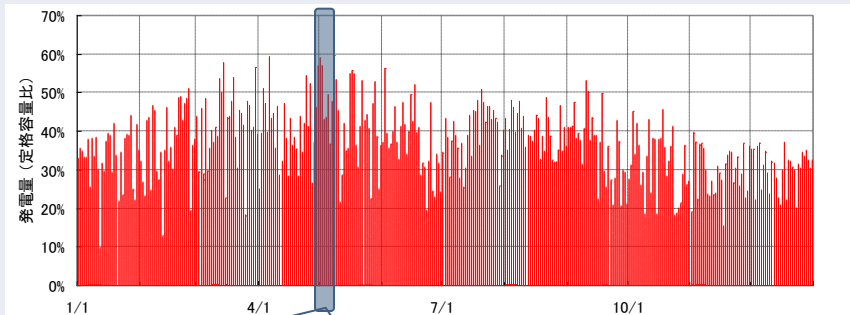
○ 約1,000地点の気象データ(実績値)から地域ブロック別の太陽光発電の変動データ(1時間単位で8,760時間)を作成しており、太陽光発電の変動を考慮したデータを用いて分析を行っている。

[風力発電の変動データについて]

○ 2010年全国43ウィンドファームの実績発電量にもとづき、地域ブロック別の風力発電の変動データ(1時間単位で8,760時間)を作成しており、風力発電の変動を考慮したデータを用いて分析を行っている。

4. 再生可能電源の発電量の見通し

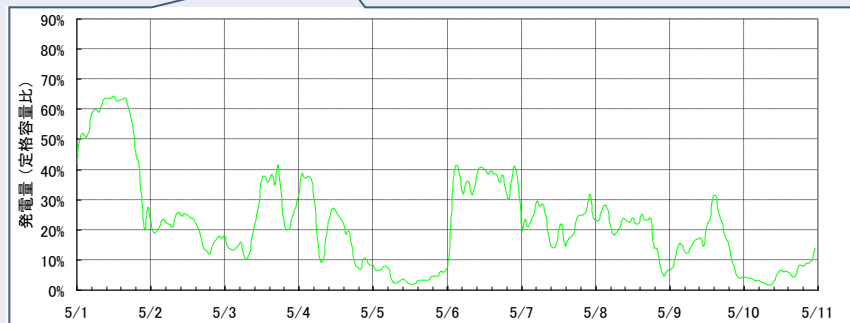
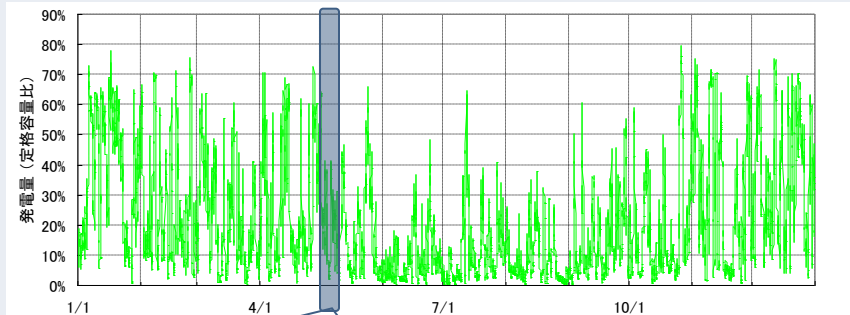
- 太陽光発電、風力発電のそれぞれについて、多地点分散設置による出力のならし効果を考慮し、**24時間365日**の出力パターンを設定。



注) 都道府県別出力推計値の加重平均(都道府県別の補助金累積交付容量ベース)

出典) 都道府県別出力推計値: 大関崇、Joao Fonseca、高島工、荻本和彦「太陽光発電システムの代表的な発電量データセットに関する検討」電気学会新エネルギー・環境/メタボリズム社会・環境システム合同研究会(2011年)

出力パターン: 太陽光発電(東日本)



注) 2010年全国43windファームの実績発電量にもとづき、将来の大規模導入時における均し効果を含めた電力システム別の風力合計発電量の想定

出典) 荻本和彦、池上貴志、片岡和人、齊藤哲夫「電力需給解析のための全国風力発電量データの収集と分析」電気学会全国大会(2012年)

出力パターン: 風力発電(東日本)



導入量見通しを設定し、将来の時刻別出力カーブを推計

【指摘事項③】

2030年の1日の需要カーブを十分に想定した分析になっていないのではないか。

【ポイント】

- 電気自動車やヒートポンプ式給湯等の活用による需要の能動化、
既存の揚水発電の活用

を想定し、2030年の需要カーブを想定した分析を行っている。

[電気自動車やヒートポンプ給湯について]

- 2030年時点の普及量の約3割(電気自動車は600万台の3割、ヒートポンプ給湯は1,430万台の3割)について、2010年時点の通常の運転パターン(夜間での使用)から、必要に応じ電力供給が電力需要を上回る時には運転されて電力需要が発生すると想定。

[既存の揚水発電について]

- 2010年時点で建設済み又は建設中の揚水発電所が必要に応じ電力供給が電力需要を上回る時には水がくみ上げられて電力需要が発生し、電力需要が電力供給を上回る時には発電がされる状態を想定。

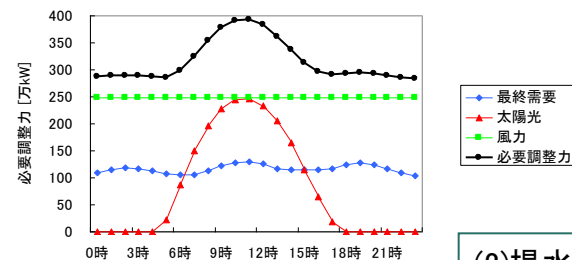
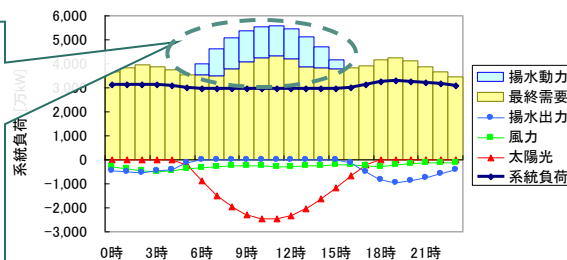
8. 分析1: 東日本 ボトム日(5月1日) 対策②揚水、対策③再エネ出力抑制

1時間レベルの需給バランス

調整力のバランス

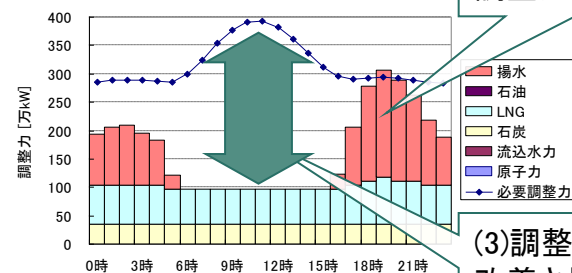
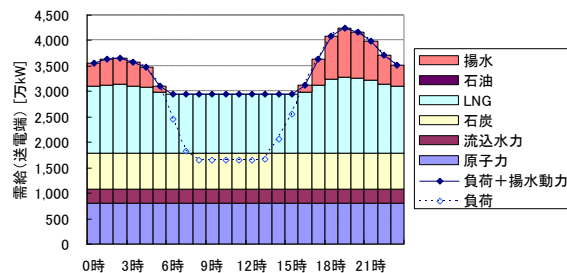
需要、自然変動
電源出力カーブ

(1)揚水の活用により、火力・原子力・一般水力への配分負荷を平準化



(2)揚水利用により、火力に求められる調整力は減少

一次配分:
経済配分
による需給
バランス調整

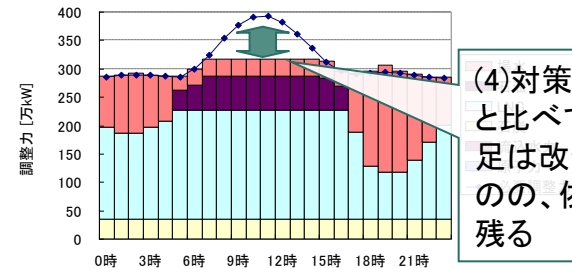
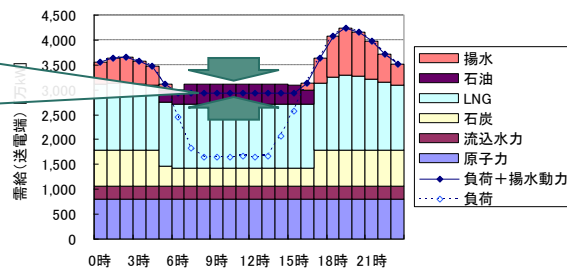


(3)調整力不足は改善されるものの、依然として残る

火力運用

二次配分:
電源追加
による調整
力の増強

(5)需給ギャップは改善されるものの、依然として残る



(4)対策③実施前と比べて調整力不足は改善されるものの、依然として残る

対策③「再生可能電源の出力抑制」: 需給ギャップを解消するように再生可能電源の出力を抑制 (5月1日の場合、出力抑制に伴い調整力不足も解消)

【指摘事項④】

地域間連系線の増強を十分考慮した分析になっていないのではないか。

【ポイント】

○ 地域間連系線については、必要に応じて増強するための費用について試算を行っている。

[地域間連系線について]

○ 地域間連系線の増強については、2030年までに1.9兆円の整備費用を見込んでいる。

電力需給調整⑦ 【参考】系統対策費用の内訳

系統対策費用の試算結果(2012～2030年)

		既往検討に基づくケース			本分析に基づくケース		
		低位	中位	高位	低位	中位	高位
太陽光	配電対策 (柱上変圧器、 配電系統用SVC)	0.6兆円 (320億円/年)	1.0兆円 (540億円/年)	1.1兆円 (560億円/年)	0.6兆円 (320億円/年)	1.0兆円 (540億円/年)	1.1兆円 (560億円/年)
	太陽光発電・ 需要制御装置	0.8兆円 (450億円/年)	1.4兆円 (750億円/年)	1.5兆円 (760億円/年)	0.8兆円 (450億円/年)	1.4兆円 (750億円/年)	1.5兆円 (760億円/年)
風力	送電系統用SVC	—	—	—	0.1兆円 (44億円/年)	0.1兆円 (61億円/年)	0.1兆円 (69億円/年)
共通	蓄電池	5.7兆円 (3,010億円/年)	11.9兆円 (6,270億円/年)	13.0兆円 (6,850億円/年)	—	—	—
	火力調整運転	0.3兆円 (150億円/年)	0.5兆円 (250億円/年)	0.5兆円 (260億円/年)	0.3兆円 (150億円/年)	0.5兆円 (250億円/年)	0.5兆円 (260億円/年)
	揚水発電 新設	0.4兆円 (230億円/年)	0.9兆円 (490億円/年)	1.3兆円 (710億円/年)	—	—	—
	地域間連系統 増強	1.2兆円 (620億円/年)	1.4兆円 (740億円/年)	1.9兆円 (1,020億円/年)	1.2兆円 (620億円/年)	1.4兆円 (740億円/年)	1.9兆円 (1,020億円/年)
	気象予測等活用 系統運用システム	0.03兆円 (16億円/年)	0.04兆円 (19億円/年)	0.04兆円 (21億円/年)	0.03兆円 (16億円/年)	0.04兆円 (19億円/年)	0.04兆円 (21億円/年)
合計		9.1兆円 (4,800億円/年)	17.2兆円 (9,050億円/年)	19.3兆円 (10,170億円/年)	3.0兆円 (1,600億円/年)	4.5兆円 (2,350億円/年)	5.1兆円 (2,690億円/年)

注)四捨五入の関係で必ずしも合計値と一致しない

エネルギー供給WG(補足説明資料3)

地球温暖化対策は、中長期的な気候変動被害を防ぐという観点から、全ての再生可能エネルギー等(風力、地熱、中小水力利用、バイオマス利用、コジェネなど)について、最大限の取組を講ずる必要があるが、ここでは質問・議論があった2030年の再エネ電力普及見通しについて補足説明を行う。

○太陽光発電について(比較)

総合資源エネルギー調査会 基本問題委員会試算 (総発電電力量1兆kWh)	太陽光発電 【上段：設備容量(万kW)】 合計(住宅、非住宅・メガソーラー) 【下段：発電電力量(億kWh)】 合計(住宅、非住宅・メガソーラー)		国立環境研究所AIMプロジェクトチーム試算 (エネ供給WG試算)
	基本問題委員会試算	国立環境研究所AIMプロジェクトチーム試算 (エネ供給WG試算)	
再エネ35%ケース (3,500億kWh)	5,340 (4,000、1,340) 561 (421、141)	10,060 (2,805、7,255) 1,058 (295、763)	高位ケース (3,441億kWh)
再エネ30%ケース (3,000億kWh)		9,500 (2,805、6,695) 999 (295、704)	中位ケース (2,988億kWh)
再エネ25%ケース (2,500億kWh)		6,591 (2,788、3,803) 693 (293、400)	低位ケース (2,259億kWh)
現行エネルギー基本計画 (2,318億kWh) (総発電電力量1.2兆kWh)	5,300 571		
2010年(実績) (1,145億kWh) (総発電電力量1.1兆kWh)		362 (288、74) 38 (30、8)	

○太陽光発電について(考察 1/2)

【ポイント】

- 国立環境研究所AIMプロジェクトチームにおける試算と総合資源エネルギー調査会基本問題委員会における試算の違いは非住宅・メガソーラーの導入見込量の違いと考えられる。
- 諸外国では、相対的に価格が安い非住宅・メガソーラーの普及が過半を占めており、我が国においても全量固定価格買取制度の導入により、非住宅・メガソーラー部門における普及が見込まれる。
- このため、エネルギー供給WGでは、住宅については2030年までに2,800万kW程度、非住宅・メガソーラーについては2030年までに3,800～7,300万kW程度の普及を見込んでいる。
- 従前のNEDOや環境省のポテンシャル調査においても非住宅・メガソーラーの導入ポテンシャルは1.5億kW程度が見込まれており、適切な支援制度等を前提とすれば将来的な普及拡大が十分に見込まれる。
- ドイツの太陽光発電システム価格は100kW以下屋根設置太陽光発電システムの平均小売価格(付加価値税除く)が2006年からの5年間で、太陽光発電システム価格が半額以下となっており、我が国においても普及を通じて価格の低減が見込まれる。

○太陽光発電について(考察 2/2)

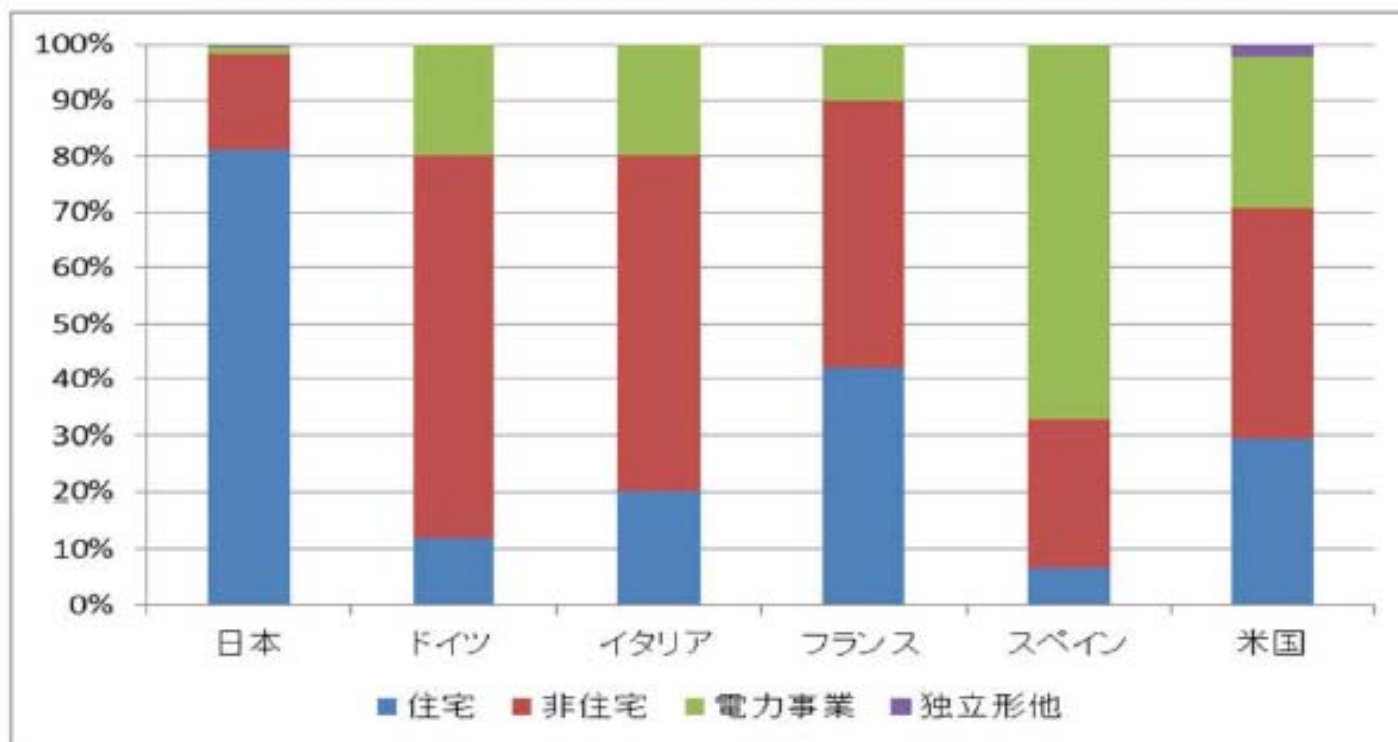
【ポイント】

- 電力系統に与える影響についても、電力需要が比較的多い日中に発電する太陽光発電の方が風力発電に比較して制御がし易く、現時点での系統安定化分析(前述の補足説明資料2)によれば、1億kW程度の太陽光発電の設置量増加を目指しても系統安定性の観点からは対応可能と分析されており、普及見通しとしては妥当なものと考えられる。
- なお、資源エネルギー庁の従前の検討(次世代送配電システム検討会第2ワーキンググループ最終報告書(平成22年11月))においても、「出力抑制の受忍限度となる上限値については、たとえば、電力需給上の特異日が14日又は30日として、4～8%の間で設定するのが一案であるが、発電事業の予測可能性に与える影響や、系統安定化対策全般の考え方を踏まえつつ設定することが適当である。」とされており、年末年始やゴールデンウィークにおける軽負荷期(再生可能エネルギーによる発電電力量が大きく、電力需要が小さい期間)における太陽光発電の出力抑制が一定程度見込まれていることから、特定日における出力抑制を前提とすれば導入量を大きく増加させることが可能である。
- また、太陽光発電協会によれば、非住宅・メガソーラーの設置に要する面積は32m²/kW程度とされており、3,800～7,300万kWの設置には12～23億m²(=1,200～2,300km²)程度の面積が必要となる。これは日本の面積(約37.8万km²)の0.3～0.6%に相当するが、設置される場所は、公共施設・工場等の屋根や壁面、生産活動に用いられていない未利用地(廃棄物処分場跡地等)であり、太陽光発電の設置により生産活動や日常生活が阻害されない場所に設置されるものであることから、山手線の内側の面積といった事例を用いて設置に要する面積を論ずることは適当ではないと考えられる。

(参考) 各国の太陽光発電市場に占める住宅用太陽光発電の割合

- 我が国の太陽光発電市場は、住宅用の占めるシェアが8割と住宅用に特化して発達。対する欧米の住宅用シェアは2割前後。
- メガソーラーの本格的導入拡大に加え、日本の特徴である住宅屋根の利用拡大も鍵。

太陽光発電の設置形態に関する国際比較 (2010年)



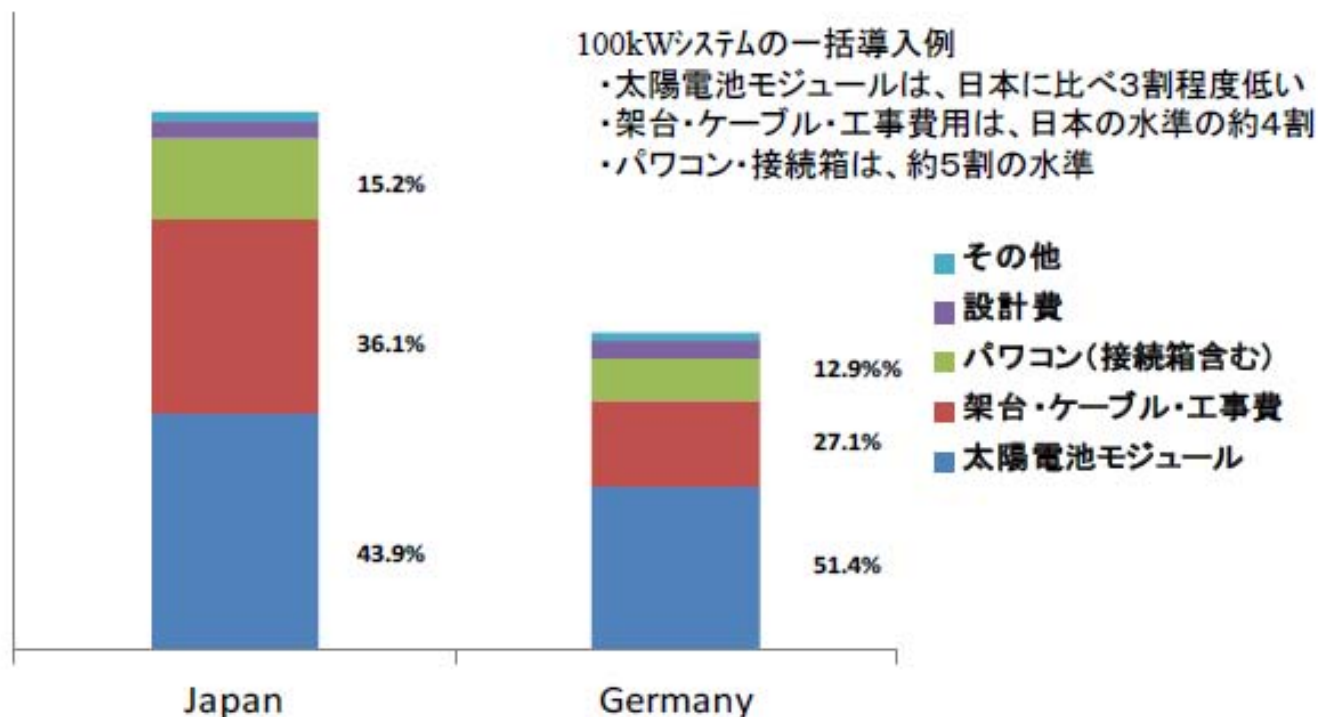
(出典)IEAや各国業界団体等の資料をもとに資源総合システム調べ

(注)・上記グラフは出力ベースで比較。

・上記グラフの作成に当たっては、住宅用については主として住宅の屋根に設置する小規模なもの、非住宅用については主として工場や商業施設の屋根等に設置する中規模なもの、電力事業については主として地上に設置する大規模なもの、独立型については系統に接続しない自家消費用の設備。

- 全国に80か所程度存在。補助金の存在を前提とした、CSR目的のものや実証ものが多く、今は、事業化段階への端境期。まだまだコストが高く、40～50万円/kW台が多い（海外では30万円を切る例も）。
- 中国等の参入により、世界的にパネルコストが急落。パネル産業のスマイルカーブ化が急速に進展。架台設置や補機類のコスト、インテグレーター的能力などが国際競争力上は重要なファクターに。

<日欧の太陽光発電のシステム価格の比較>



参考(1)太陽光発電導入のポテンシャル(1/2)

- NEDO PV2030においては、技術開発が前倒しで完成して2030年頃には大規模発電の実用化も大規模に実現した場合には、2030年段階においての導入量が20,180万kWとなると推定している。

太陽光発電の賦存量および導入ポテンシャル

(単位：MW)

設置場所	ケース1： 技術開発が産業界に任 された場合	ケース2： 技術開発とその実用化 が2030年頃まで本ロード マップにより実施さ れる場合（標準ケー ス）	ケース3： 技術開発が前倒しで完 成して、2030年頃には 大規模発電の実用化も 大規模に実現している 場合	潜在量
戸建住宅	37,100	45,400	53,100	101,000
集合住宅	8,200	16,500	22,100	106,000
公共施設	3,800	10,400	13,500	14,000
大型産業施設	5,100	10,200	53,100	291,000
道路・鉄道	0	14,800	16,400	55,000
民生業務	0	4,600	8,600	32,000
未利用地（水素製造等）	0	0	35,000	7,386,000
合計	54,200	101,900	201,800	7,984,000

潜在量：戸建住宅や集合住宅、公共施設、未利用地等々の設置場所で、物理的に設置可能な導入量

出典：2030年に向けた太陽光発電ロードマップ（PV2030）検討委員会報告書（2004年6月）、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー技術開発部 2030年に向けた太陽光発電ロードマップ（PV2030）検討委員会

著作権者：新エネルギー・産業技術総合開発機構

出典：NEDO「2030年頃までの技術発展を想定したときの国内導入可能量」H17

<http://www.nedo.go.jp/nedata/17fy/01/b/0001b008.html>

出典：平成21年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査 調査報告書（環境省，平成22年3月）

参考(2) 太陽光発電導入のポテンシャル(2/2)

- 環境省「平成22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」では、非住宅・メガソーラー用の導入ポテンシャルを精査し、14,900万kW程度が見込めるとした。
 - 導入ポテンシャル: エネルギーの採取・利用に関する種々の制約要因による設置の可否を考慮したエネルギー資源量。賦存量の内数。

		導入ポテンシャル[万kW]	2010年度実績[万kW]
非住宅・メガソーラー※1	公共用建築物（学校、市役所等）	2,300	28
	発電所、工場、倉庫等	2,900	19
	低・未利用地	2,700	11
	うち平坦な公共用地※2	(1,300)	
	耕作放棄地（森林化・原野化している等）	7,000	
合計		14,900	58

※1 平坦な公共用地:最終処分場・河川・港湾施設・都市公園・自然公園・海岸のレベル2(屋根20m²以上・南壁面・窓20m²以上に設置・多少の架台設置)での設置可能量。

※2 ここでは、「メガソーラー」は1MW以上、「非住宅」は30~1000kW規模の太陽光発電を想定。

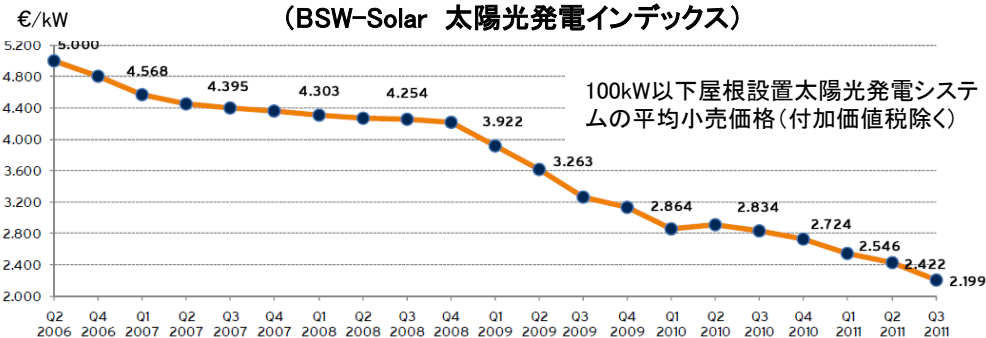
出典:

- 非住宅・メガソーラーのポテンシャルは「平成22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」(環境省, 2011)におけるレベル3のポテンシャル。面積あたり設置量は0.0667kW/m²と想定されている(変換効率改善は見込まれていない)。
- 導入実績は、各年の新規導入量(NEF資料、JPEA資料)から寿命20年として推計した値。非住宅の内訳は推計。

参考(6)太陽光発電のコストの海外との比較(1/2)

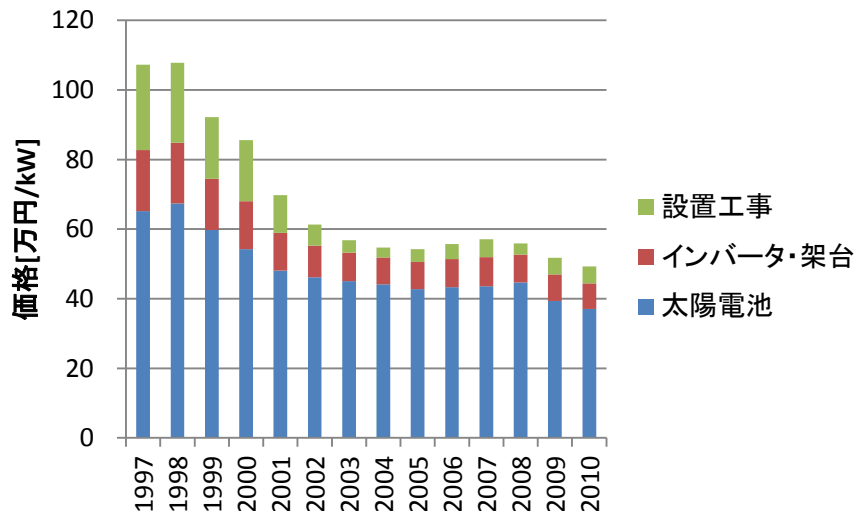
- 中国・台湾を中心とした太陽光発電生産設備への大規模な投資と、金融危機を受けた太陽光発電導入停滞により、2009年には太陽光発電システム価格が大幅下落した。
- ドイツでは2006年からの5年間で、太陽光発電システム価格が50%以上下落した。
- 日本でも、高止まりしていた太陽光発電システム価格が低下に転じた。

ドイツの太陽光発電システム価格 (BSW-Solar 太陽光発電インデックス)



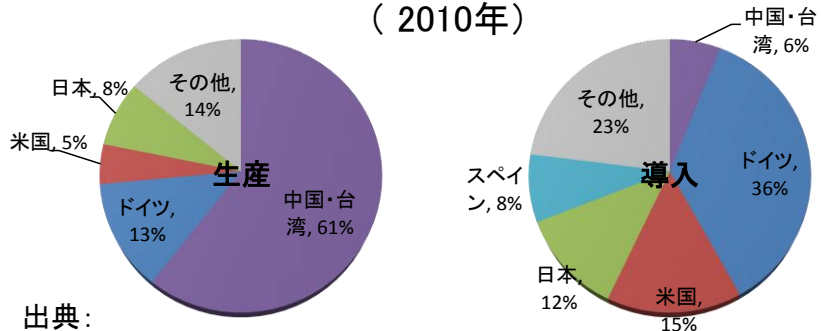
出典: BSW-Solar(ドイツ太陽光発電工業協会)資料

日本の太陽光発電システム価格



出典:「平成22年度太陽光発電システム等の普及動向に関する調査」(資源エネルギー庁, 2011)より作成

太陽電池セル生産国と太陽光発電システム導入国 (2010年)



出典:
<http://www.semi.org/en/node/38346?id=sgurow0811z>
http://www.solarserver.com/solarmagazin/solar-report_0707_e.html

出典: エネルギー供給WG資料及び参考資料より

○風力発電について(比較)

総合資源エネルギー調査会 基本問題委員会試算 (総発電電力量1兆kWh)	風力発電 【上段：設備容量(万kW)】 合計(陸上、洋上) 【下段：発電電力量(億kWh)】 合計(陸上、洋上)		国立環境研究所AIMプロジェクトチーム試算 (エネ供給WG試算)
	基本問題委員会試算	国立環境研究所AIMプロジェクトチーム試算 (エネ供給WG試算)	
再エネ35%ケース (3,500億kWh)	6,000 (5,143、857) 1,126 (901、225)	3,250 (2,370、880) 646 (415、231)	高位ケース (3,441億kWh)
再エネ30%ケース (3,000億kWh)	3,500 (3,000、500) 657 (526、131)	2,880 (2,170、710) 567 (380、187)	中位ケース (2,988億kWh)
再エネ25%ケース (2,500億kWh)	1,500 (1,286、124) 281 (225、56)	2,130 (1,620、510) 418 (284、134)	低位ケース (2,259億kWh)
現行エネルギー基本計画 (2,318億kWh) (総発電電力量1.2兆kWh)	1,000 (176)	—	—
2010年(実績) (1,145億kWh) (総発電電力量1.1兆kWh)	244 43		

○風力発電について(考察)

【ポイント】

- エネルギー供給WGでは、日本風力発電協会の試算を参考に2030年の導入見込量、中位・高位シナリオについては、東日本(東北及び東京電力)、西日本(東京、北陸、中部、関西、中国及び四国電力)の電力系統の一体運用を前提とした系統安定性に関する推計を行い、風車制御機能の有効活用(最大出力制限)、電力貯蔵設備(揚水発電)の活用などにより、既存の電力会社単位での運用で想定されている1,000万kWを超える普及が可能と想定している。
- 上記の想定で見込まれる2030年時点での最大限の導入見込量は3,250万kWとなっており、系統安定化分析の結果(前述の補足説明資料2)からも導入は可能と推計されている。
- なお、風力発電の下では農業などの生産活動が可能であり、人家等から離れた場所に設置することとなることから、山手線の内側の面積といった事例を用いて設置に要する面積を論ずることは適当ではないと考えられる。

4. 風力発電の導入見込量②【～2050年】

- 2030年及び2050年の導入見込量は、日本風力発電協会の試算を参考に、WGにおいてシナリオ別に以下のとおり設定。なお、**中位・高位シナリオについては、東日本(東北及び東京電力)、西日本(東京、北陸、中部、関西、中国及び四国電力)の電力系統の一体運用を前提**とした。また、2050年については、全国大での一体運用を前提とすれば更に導入量が拡大することが見込まれるが、今後の検討課題である。
- 対発電設備容量割合については、気象予測システムを活用した広域運用、風車制御機能の有効活用(最大出力制限)、電力貯蔵設備(揚水及び蓄電池)、調整電源の新增設(含む更新)などにより欧州並み(現在のスペイン)の運用を想定した。
- 対ポテンシャル開発率は、実際の現地調査結果あるいは社会的制約条件の変化などに伴い、現在の試算結果よりは低下する事が予想されるため、一定程度の上限を設けるとともに、日本全国で設置が進む姿を想定した。

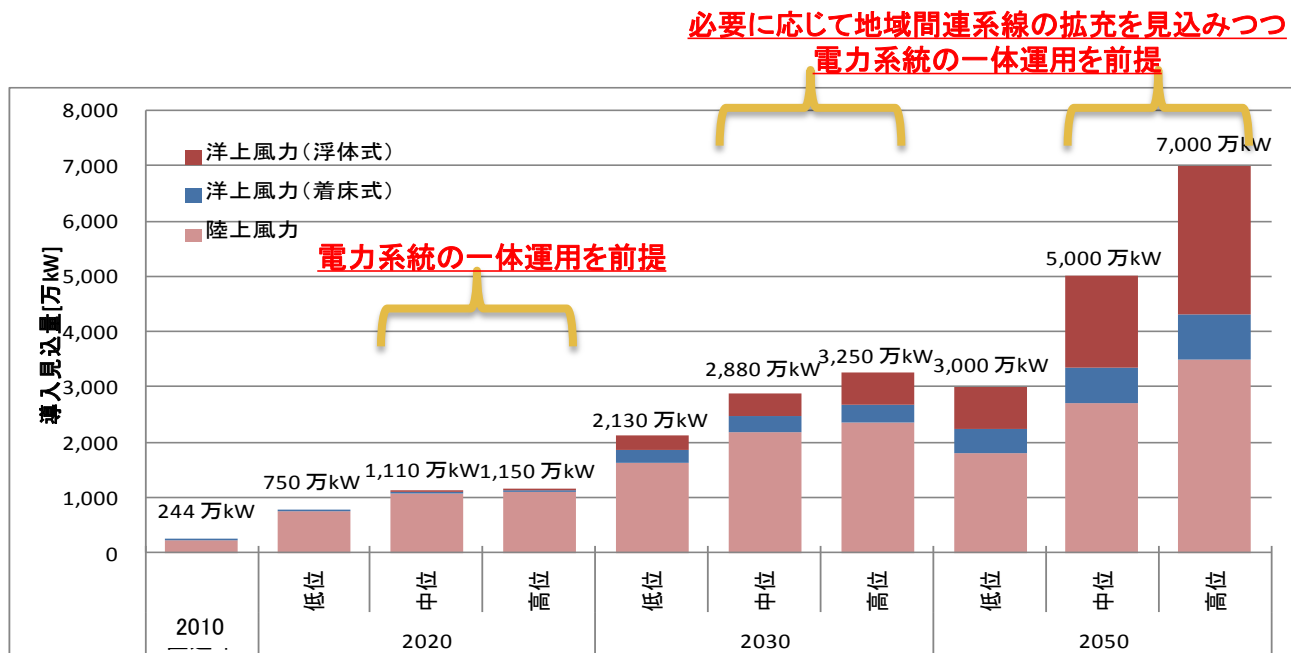
	対発電設備容量割合※1)
低位	40%以下
中位	40%以下
高位	50%以下

	対ポテンシャル開発率※2)	
	陸上風力	洋上風力
低位	33%以下	15%以下
中位	33%以下	15%以下
高位	50%以下	33%以下

※1)陸上風力の導入を優先するとして、陸上風力を加えた上での上限割合として設定。

※2)陸上6.5m/s及び洋上7.5m/s以上に対する開発率。

出典:エネルギー供給WG資料及び参考資料より



【参考1】風力発電の現状の電力系統への連系可能量

- 2010年時点の各電力会社エリア内における風力発電の連系可能量は下表に示すとおり。東京電力、中部電力、関西電力の3社は連系可能量を設定していないが、下表より、現在の風力発電の連系可能量は、一定条件のもと風力発電の連系を認める「解列枠」、「蓄電池枠」を含めて368.5万kW+αである。東京電力、中部電力、関西電力を除く各電力会社の連系可能量は発電設備容量のおよそ5%であることから、これら**3社の連系可能量を仮に発電設備容量の5%と設定するとαは約650万kWとなり、仮の連系可能量は約1,018万kW**である。

(連系可能量のうち、()内は発電設備容量に対する5%を想定した場合の数値である)

	連系可能量 (万kW)	公表年度	導入実績(万kW) 2010年3月	発電設備容量 (万kW)	連系可能量/ 発電設備容量	備考
北海道電力	36	2008	25.7	742	4.9%	内、解列枠5万kW
東北電力	118	2008	48.2	1655	7.1%	内、蓄電池枠33万kW
東京電力	(322)	-	24.4	6430	(5%)	
北陸電力	25	2008	9.4	796	3.1%	内、解列枠10万kW
中部電力	(163)	-	17.7	3263	(5%)	
関西電力	(165)	-	6.9	3306	(5%)	
中国電力	62	2008	25.1	1199	5.2%	
四国電力	25	2008	16.6	667	3.7%	内、解列枠5万kW
九州電力	100	2008	28.7	2002	5.0%	
沖縄電力	3	2008	1.4	192	1.6%	
合計	368.5+(650)		204.1	-	-	

解列枠：一般電気事業者の予めの指令により解列することを条件に系統への連系を認めるもの

蓄電池枠：蓄電池の併設を条件に系統への連系を認めるもの

※沖縄については、沖縄本土連系における連系可能量・既連系量を記載

※東北電力の連系可能量及び導入実績には、出力一定制御型の風力発電施設は含まない。

※連系可能量、導入実績：経済産業省 資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 電力基盤整備課 調べ

出典)「平成22年度新エネルギー等導入促進基礎調査事業(風力エネルギーの導入可能量に関する調査)調査報告書(平成23年2月28日、資源エネルギー庁)

注)上記に加えて、現時点では、北海道地域内及び東北地域内における導入拡大に向けた実証実験として、北海道20万kW、東北40万kWが追加されている。

(参考) ○風力発電と土地利用状況事例

布引高原(福島県郡山市)における農業と風力発電の共存事例

●農地の利用状況

- ・ 風車33基、65,980kW
- ・ 戦後開拓農地(畑) 約200ha
- ・ 風力発電のための転用面積 約1.5ha
- ・ 風車の下では、布引大根等の野菜栽培が、通常通り行われている。

●風力開発による農業へのメリット

- ① 地代収入
- ② 風車用地の管理受託による収入
- ③ 作業用道路の設置による農作業の利便性向上
- ④ 風車の観光資源化、観光施設整備によるメリット



(出所)日本風力発電協会(JWPA)資料等を基に作成。



このような事例も参考にしながら、農業と風力発電事業の共存共栄の実現を図っていく必要。

○地熱発電について(比較)

総合資源エネルギー調査会 基本問題委員会試算 (総発電電力量1兆kWh)	地熱発電 【上段：設備容量(万kW)】 【下段：発電電力量(億kWh)】		国立環境研究所AIMプロジェクトチーム試算 (エネ供給WG試算)
	基本問題委員会試算	国立環境研究所AIMプロジェクトチーム試算 (エネ供給WG試算)	
再エネ35%ケース (3,500億kWh)	550 385	221 135	高位ケース (3,441億kWh)
再エネ30%ケース (3,000億kWh)	360 252	208 128	中位ケース (2,988億kWh)
再エネ25%ケース (2,500億kWh)		199 122	低位ケース (2,259億kWh)
現行エネルギー基本計画 (2,318億kWh) (総発電電力量1.2兆kWh)	165 103	—	—
2010年(実績) (1,145億kWh) (総発電電力量1.1兆kWh)		53 26	

○地熱発電について(考察)

【ポイント】

- 地熱発電については、計画から稼働までの期間が火力発電並みに長いことから、エネルギー供給WGでは、開発動向が確認されている調査地点において地熱発電が稼働することを想定し、2030年の導入見込量としている。
- 上記の想定で見込まれる2030年時点での最大限の導入見込量は温泉発電等の普及も見込んで221万kWとなっている。
- 2030年に550万kWの稼働を目指すことは、概ね150℃以上の温度区分で導入ポテンシャルほぼ全量を開発することに相当するものと考えられる。

火力発電は計画から稼働までの期間が長い。

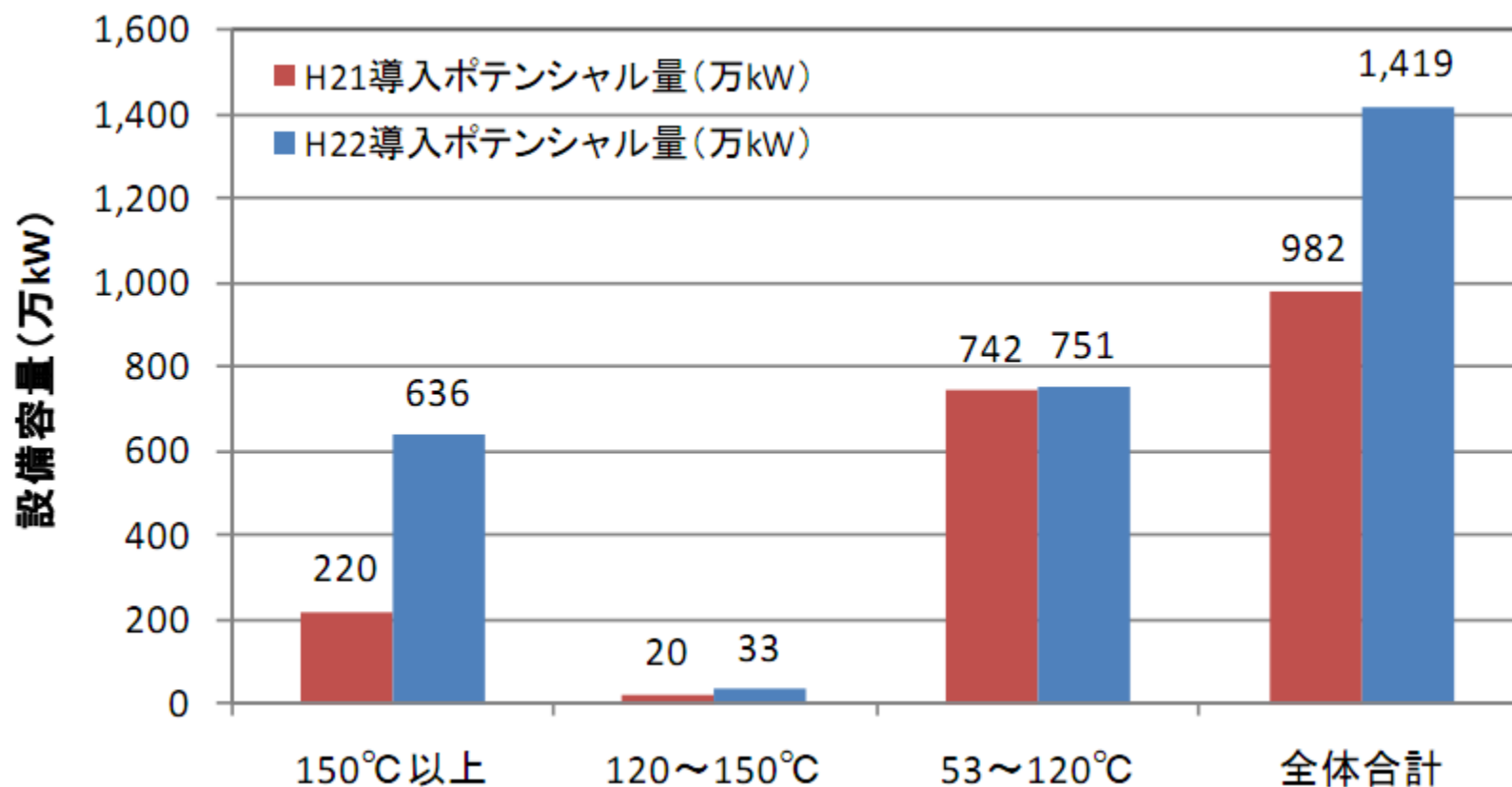
- コスト等検証委員会報告書(2011年12月)では、計画から稼働までの期間を10年程度としている。(直近7年間に稼働した発電所(サンプルプラント、4基)について、初号機の立地決定の表明から運転開始の年までの平均的な期間)

電源	計画～稼働の期間
原子力	20年程度
石炭火力	10年程度
LNG火力	10年程度
石油火力	10年程度
一般水力	5年程度
小水力	2～3年程度
ガスコジェネ	約1年
石油コジェネ	約10ヶ月
燃料電池	約2週間

電源	計画～稼働の期間
太陽光 (メガソーラー)	1年前後
太陽光 (住宅)	2～3ヶ月程度
地熱	9～13年程度
陸上風力	4～5年程度
洋上風力	—
バイオマス (木質専焼)	3～4年程度
バイオマス (木質混焼)	1年半程度

2. 地熱発電のポテンシャル

- 平成22年度の環境省ポテンシャル調査では、コントロール掘削を考慮して、国立・国定公園等の外縁部から1.5kmの範囲を開発可能としたため、**特に150℃以上の温度区分で導入ポテンシャルが大幅**に増加。
- 今年度は2050年の導入見込量として、まずこの150℃以上の温度区分のポテンシャル量を全量顕在化させることを想定。また、150℃以下の温度区分の顕在化の可能性も検討。



出典：平成22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書

○水力発電について(比較)

総合資源エネルギー調査会 基本問題委員会試算 (総発電電力量1兆kWh)	水力発電 【上段：設備容量(万kW)】 合計(大規模水力、中小水力) 【下段：発電電力量(億kWh)】 合計(大規模水力、中小水力)		国立環境研究所AIMプロジェクトチーム試算 (エネ供給WG試算)
	基本問題委員会試算	国立環境研究所AIMプロジェクトチーム試算 (エネ供給WG試算)	
再エネ35%ケース (3,500億kWh)	6,030 (揚水発電を含む) 1,174	2,763 (1,124、1,643) 1,069 (244、826)	高位ケース (3,441億kWh)
再エネ30%ケース (3,000億kWh)		2,452 (1,124、1,328) 904 (244、660)	中位ケース (2,988億kWh)
再エネ25%ケース (2,500億kWh)		2,136 (1,124、1,012) 738 (244、494)	低位ケース (2,259億kWh)
現行エネルギー基本計画 (2,318億kWh) (総発電電力量1.2兆kWh)	5,727 (揚水発電を含む) 1,139	—	—
2010年(実績) (1,145億kWh) (総発電電力量1.1兆kWh)	4,667 (揚水発電を含む) 894		

○水力発電について(考察)

【ポイント】

○第19回総合資源エネルギー調査会基本問題委員会(平成24年4月16日)の資料では揚水発電、大規模水力、中小水力の内訳が示されていないことから、現時点で考察を行うことは難しいが、原子力発電や火力発電の電力も含めて充放電する可能性があり、蓄電池と同様の役割を果たす揚水発電を再エネ電力として計上することは適当ではないと考えている。

(揚水発電を再エネ電力と定義するのであれば、蓄電池や蓄電池と同等の役割を果たすと期待されているエコカー(電気自動車、プラグインハイブリッド車)等も再エネ電力として計上する必要がある)。

○バイオマス発電について(比較)

総合資源エネルギー調査会 基本問題委員会試算 (総発電電力量1兆kWh)	バイオマス発電 【上段：設備容量(万kW)】 【下段：発電電力量(億kWh)】		国立環境研究所AIMプロ ジェクトチーム試算 (エネ供給WG試算)
	基本問題委員会試算	国立環境研究所AIMプロ ジェクトチーム試算 (エネ供給WG試算)	
再エネ35%ケース (3,500億kWh)	552 328	682 390	高位ケース (3,441億kWh)
再エネ30%ケース (3,000億kWh)		571 312	中位ケース (2,988億kWh)
再エネ25%ケース (2,500億kWh)		459 234	低位ケース (2,259億kWh)
現行エネルギー基本計画 (2,318億kWh) (総発電電力量1.2兆kWh)	— 328	—	—
2010年(実績) (1,145億kWh) (総発電電力量1.1兆kWh)		240 144	

○バイオマス発電について(考察)

【ポイント】

- バイオマス発電については、総合資源エネルギー調査会基本問題委員会における推計と国立環境研究所AIMプロジェクトチームにおける推計は発電電力量で見れば、中位ケース、高位ケースと概ね同程度の水準を想定していると考えられる。

○海洋エネルギー発電(波力発電、潮流・海流発電)について(比較)

総合資源エネルギー調査会 基本問題委員会試算 (総発電電力量1兆kWh)	海洋エネルギー発電 【上段：設備容量(万kW)】 合計(波力、潮流・海流) 【下段：発電電力量(億kWh)】 合計(波力、潮流・海流)		国立環境研究所AIMプロジェクトチーム試算 (エネ供給WG試算)
	基本問題委員会試算	国立環境研究所AIMプロジェクトチーム試算 (エネ供給WG試算)	
再エネ35%ケース (3,500億kWh)	—	349 (285、64) 142 (125、17)	高位ケース (3,441億kWh)
再エネ30%ケース (3,000億kWh)		207 (143、64) 79 (63、17)	中位ケース (2,988億kWh)
再エネ25%ケース (2,500億kWh)		150 (86、64) 54 (38、17)	低位ケース (2,259億kWh)
現行エネルギー基本計画 (2,318億kWh) (総発電電力量1.2兆kWh)	—	—	—
2010年(実績) (1,145億kWh) (総発電電力量1.1兆kWh)	—		—

○海洋エネルギー発電(波力発電、潮流・海流発電)について(考察)

【ポイント】

- 海洋エネルギー発電(波力発電、潮流・海流発電)については、NEDOが、平成23年度次世代海洋エネルギー発電技術研究開発事業において、海洋エネルギー発電システム実証研究を開始しており、技術開発目標として、2015年に40円/kWh、2020年に20円/kWhの達成を掲げている。
- これを踏まえ、エネルギー供給WGでは日本における海洋エネルギー発電(波力発電、潮流・海流発電)の専門家の助言、協力を受けつつ、2030年における普及見込量を推計している。
- 従来の日本海洋エネルギー資源利用推進機構(OEA-J)の普及見通しでは、波力発電、潮流・海流発電、海洋温度差発電が普及することが見込まれていたが、技術的な普及可能性を精査し(温度差を利用する発電としては地上の地熱発電の方が開発が比較優位であり、規模も大きく、温度差も大きいためより多くのエネルギーを得ることが可能)、波力発電と潮流・海流発電に絞って普及を見込んでいる。

参考(2) 既往調査における海洋エネルギーの導入見通し

- 日本海洋エネルギー資源利用推進機構(略称 OEA-J)は、2007年の「海洋基本法」および「海洋基本計画」の策定を受けて、2008年に「2050年までの海洋エネルギー資源利用のロードマップ」を策定している。
- 本ロードマップでは、2050年に想定される我が国のエネルギー使用量の10%以上にあたる、1400億kWhをまかなうことを目標とし、バックキャスト的に各年の導入量を設定している。
- 洋上風力、海洋温度差発電が先導し、2030年頃から波力発電、潮流・海流発電の導入が進むと想定されている。2050年の導入量は、波力発電200億kWh、潮流・海流発電200億kWh、海洋温度差発電400億kWhと見込まれている。

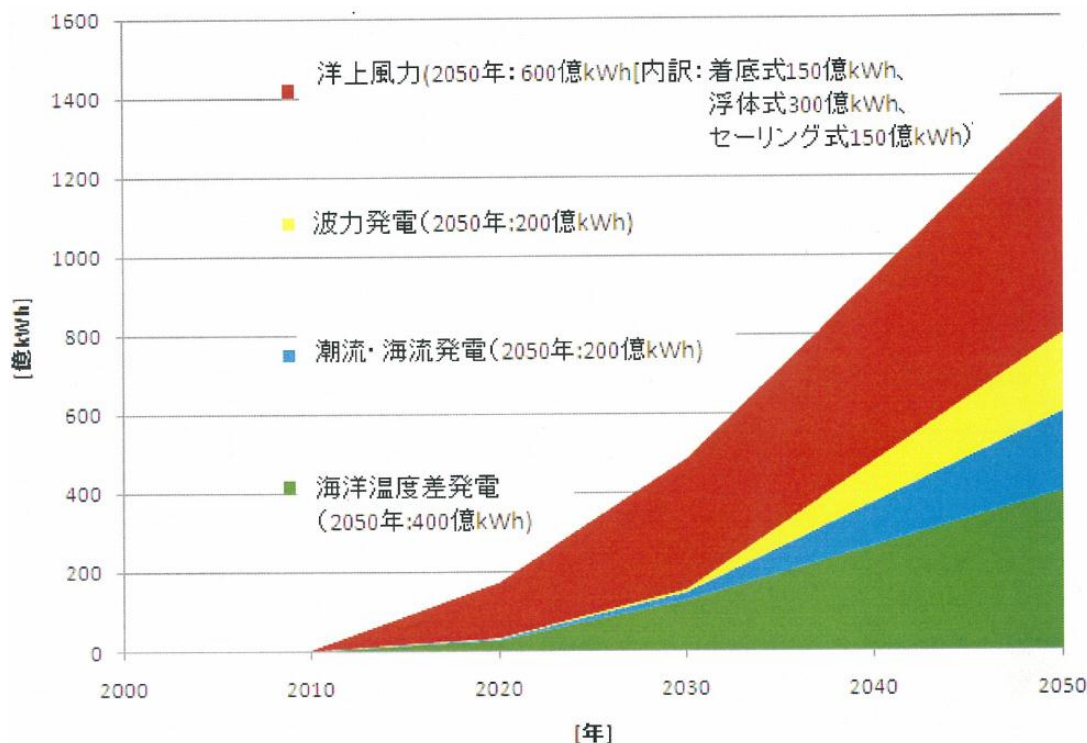


図 2050年に向けた海洋エネルギー開発ロードマップ

出典) 海洋エネルギー資源フォーラム資料(2008, 海洋エネルギー資源利用推進機構)

出典: エネルギー供給WG資料及び参考資料より

3. 海洋エネルギーの導入見込量⑥(まとめ)

- 波力発電、潮流発電を合わせた海洋エネルギー発電の導入見込みは、高位ケースで約1,400万kW、約580億kWh/年。
- 日本海洋エネルギー資源利用推進機構(OEA-J)の2050年見通しと比較すると、電源別内訳では波力が多い結果となっている。

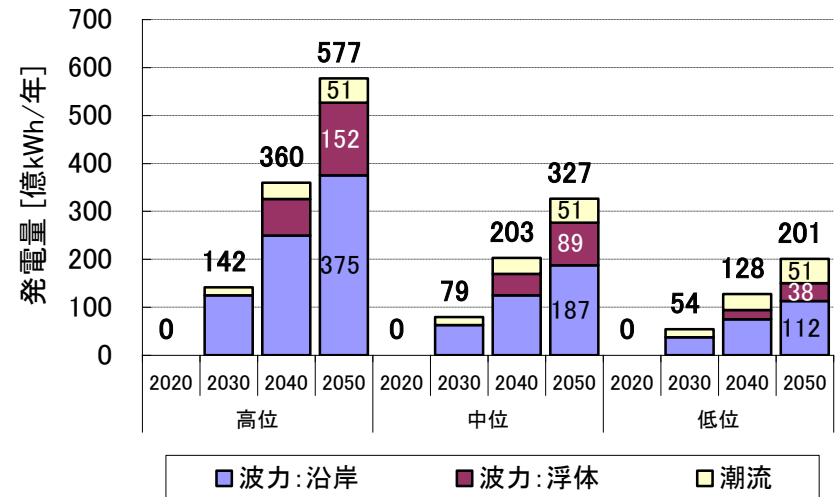
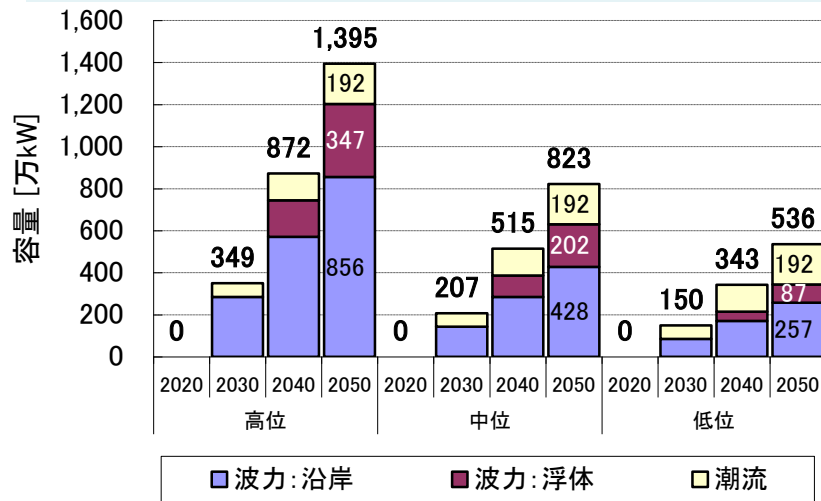


図 海洋エネルギーの導入見込量

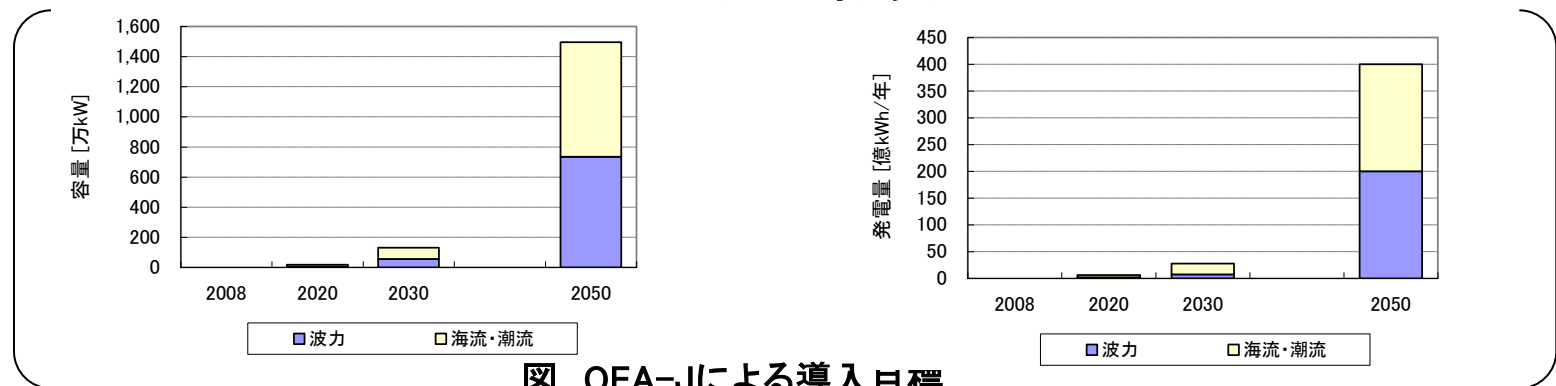


図 OEA-Jによる導入目標

参考(1) 海洋エネルギー技術の概要①(波力発電)

- 波力発電システムは主に以下の3種類に区分される。実用化されているものは少なく、多くが実証試験中。
 - ✓振動水柱型:装置内に空気室を設けて海面の上下動により生じる空気の振動流を用いて、空気タービンを回転させる。
 - ✓可動物体型:波のエネルギーを可動物体を介して機械的な運動エネルギーに変換し、それを動力源として油圧発生装置等のピストンを動かして発電する。
 - ✓越波型:波を貯水池等に越波させて貯留し、水面と海面との落差を利用して海に排水する際に、導水溝に設置した水車を回し発電する。
- 2008年9月に、ポルトガル沖において、可動物体型のPelamis波力発電装置を用いた、総出力2,250kW(750kW機×3基)の、世界初の商用プラントが運転開始。しかし数週間で故障が発生し、運転停止中。
- 米国のOcean Power Technologies社のPower Buoy(可動物体型)は、実証試験で予測計算どおりの出力を確認するなど、順調に進行中。
- 日本独自技術としては、ジャイロ式波力発電装置や、人工筋肉を用いたEPAM波力発電装置などは、従来の発電装置とは異なる原理を用いており、その実用化が期待される。

※NEDO再生可能エネルギー技術白書を元に取りまとめ。



図 Pelamis 波力発電装置

出典) Pelamis Wave Power Ltdホームページ



図 PB150 PowerBuoy
波力発電装置

出典) Pelamis Wave Power Ltdホームページ



図 ジャイロ式波力発電装置
(4号機:45kW機)

写真提供:(株)ジャイロダイナミクス

参考(1) 海洋エネルギー技術の概要②(潮流・海流発電)

- 潮流・海流発電は、海水の運動エネルギーを利用し、一般的には水車により回転エネルギーに変換させて発電する技術。
- 英国Marine Current Turbines社は、SeaGenプロジェクトにて、1.2MWの潮流発電の商用プラントを稼動中。また、RWE npower社と共同で2011～2012年に運用開始予定の10MW潮流発電プロジェクトを進行中。
- 米国ではニューヨークにおいて、Roosevelt Island Tidal Energy (RITE)プロジェクトと呼ばれる潮流発電プロジェクトが実施され、6基のプロペラ式潮流発電システム(発電出力200kW)により、電力供給が開始されている。最終的には10MW、8,000世帯分の電力供給を目指す。
- 日本においては、来島海峡、生月大橋において潮流発電、津軽海峡において海流発電の実証試験が実施されている。また、(財)エンジニアリング振興協会は、2MWの海流発電システムの事業化を目指し開発を進めている。

※NEDO再生可能エネルギー技術白書を元に取りまとめ。



図 SeaGenシステムイメージ

出典)“Oceans of Energy : Marine Renewable Energy Technologies” (2010, World Future Energy Summit, (Marine Current Turbines Ltd))



図 潮流発電システムイメージ

出典)川崎重工ウェブサイト

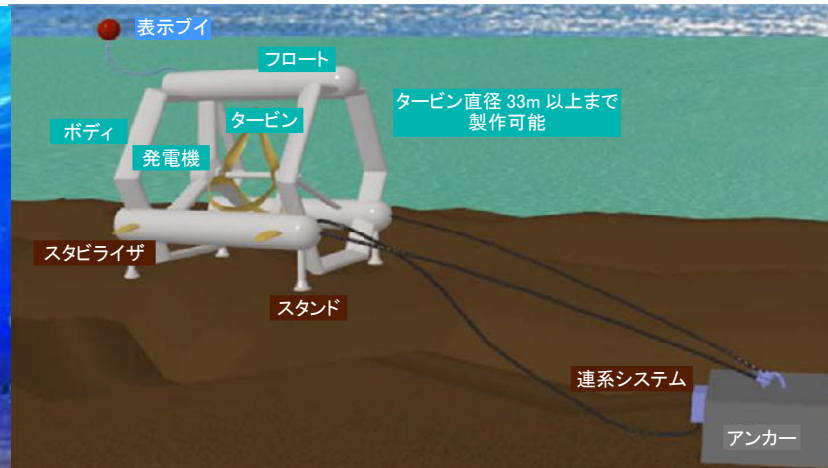


図 MW級海流発電システムイメージ

出典)「メガワット級海流発電システムの実用化に関するフィージビリティスタディ 報告書 一 要旨 一」(2009, (財)機械システム振興協会)より作成