

系統安定化対策のオプションについて

平成20年8月8日
資源エネルギー庁
電力・ガス事業部

太陽光発電の系統安定化策の背景

- 長期エネルギー需給見通しでは、2020年度、2030年度における新エネルギーの導入量を350万kl(1432万kW)及び1300万kl(5321万kW)(太陽光発電)、200万kl(491万kW)及び269万kl(661万kW)(風力発電)と想定(最大導入ケース)。
- 電気事業連合会は、全国で、風力発電では500万kW程度まで、太陽光発電についても、局所的な集中設置の場合を除いて、1,000万kW程度まで電力系統の安定性を損なうことなく連系可能と発表(本年5月)。
- 風力発電については、概ね系統安定化対策を講ずることなく導入可能と見込まれる一方、太陽光発電については電力系統の安定化対策が必要。
- 水力及び地熱発電は、安定的な出力を得られることから、系統に連系しても問題なし。

【新エネルギー導入促進】

(原油換算万kl)

	2005年度	2020年度		2030年度	
	実績	現状固定ケース・ 努力継続ケース	最大導入ケース	現状固定ケース・ 努力継続ケース	最大導入ケース
太陽光発電	35	140	350	669	1300
風力発電	44	164	200	243	269
廃棄物発電+バイオマス発電	252	476	393	338	494
バイオマス熱利用	142	290	330	300	423
その他※	687	663	763	596	716
合計	1160	1733	2036	2146	3202

※「その他」には、「太陽熱利用」、「廃棄物熱利用」、「未利用エネルギー」、「黒液・廃材等」が含まれる。

「黒液・廃材等」の導入量は、基本的にエネルギー需給モデルにおける紙パの生産水準に依存するため、モデル内で内生的に試算する。

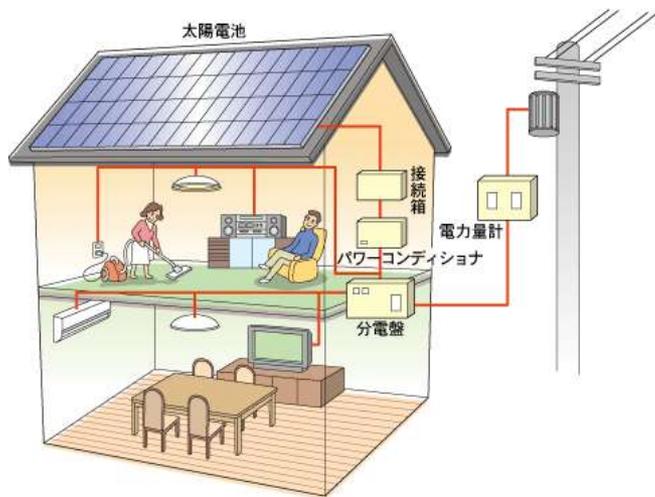
出典：長期エネルギー需給見通し(平成20年5月)

太陽光発電の導入の現状について

○平成19年度末現在、一般電気事業者は、全国で約40万件、約150万kWの太陽光発電設備から余剰電力買い取りを実施しており、平成19年度は約8億kWhの余剰電力を購入。
 (設備利用率約6%に相当) (平成19年度は約5万件、約18万kW、約1.5億kWhの増加)

※一般電気事業者は、新エネルギーの普及促進のための自主的取組として、平成4年に太陽光発電設備から発生する余剰電力を電力の販売価格相当で買い取る「余剰電力購入メニュー」を設定。

【住宅用太陽光発電の仕組み】



【住宅用太陽光発電からの主な余剰電力購入メニュー単価(例)】

(単位: 円/kWh)

	東京電力	関西電力	九州電力
従量電灯の場合	↓ 24.13 22.86 17.87	24.30	25.00
時間帯別電灯の場合	↓ 32.48 30.74 23.87	27.37	25.00

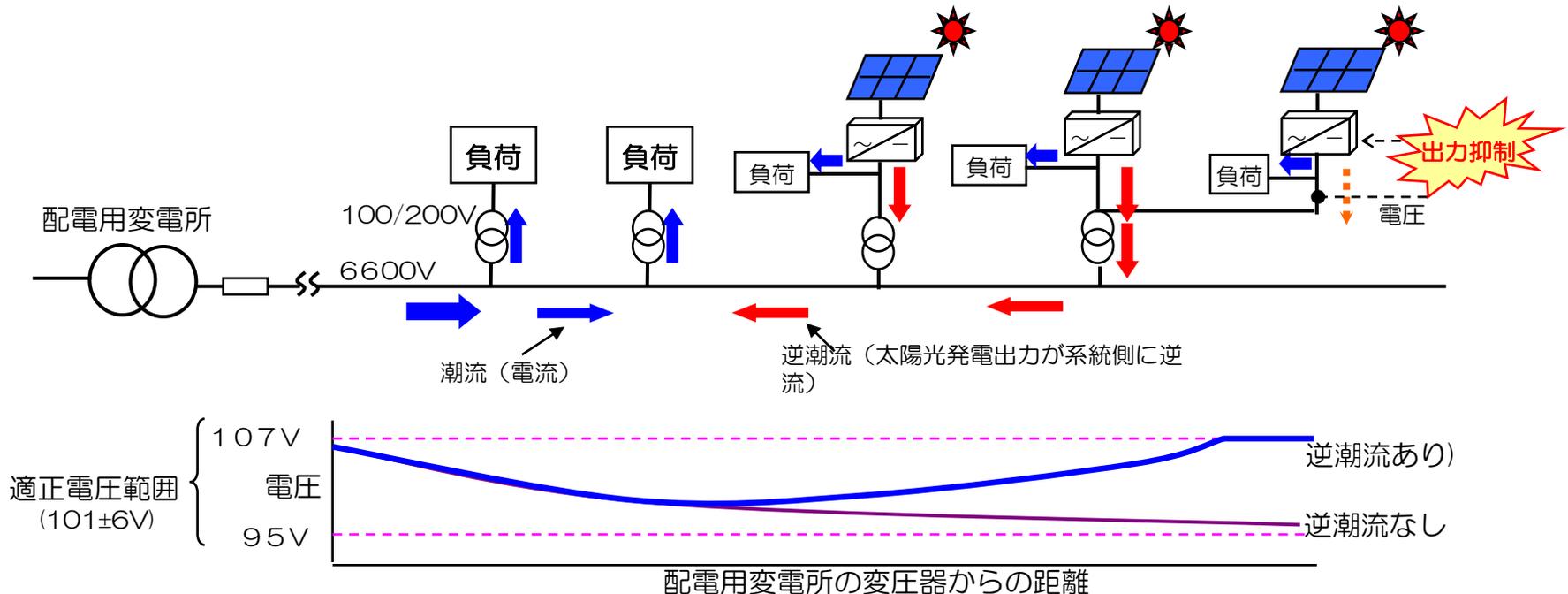
(注1) メニューは平成20年8月現在。単価には、消費税等相当額を含む。

(注2) 東京電力の場合、当該月の電気使用量の三段階区分にそって、上から順に購入単価を適用。

出典: 太陽光発電協会ホームページ

課題①：配電網の電圧上昇による逆潮流の困難化

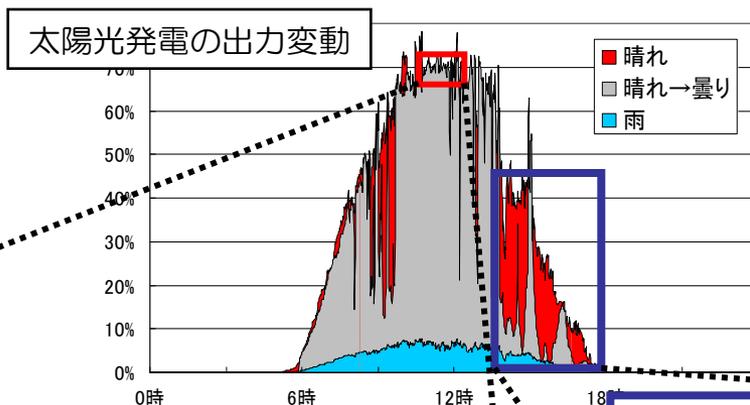
- 太陽光発電の出力が設置箇所の消費電力を上回り、系統に電力が逆流した場合、配電系統の電圧が上昇。
- 太陽光発電から逆潮流が生じることにより、連系点の電圧が電事法第26条に基づく適正値(101±6V)を逸脱しそうな場合、他の需要家の電圧を適正に維持するため、太陽光発電施設の設置者が逆潮流量を自動的に抑制(出力抑制)。
- このため、今後、太陽光パネル増加に伴い、配電系統への逆潮流が困難化する可能性があり、発電電力量が減少する可能性がある。



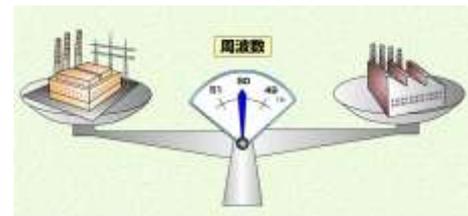
課題②：周波数調整力の不足

- 太陽光発電の出力は、天候などの影響で変動するため予測困難。
- 太陽光の導入量が拡大すると、その変動に対応する周波数調整力が不足するおそれ
 - (1) 電力需要の小刻みな変動(20分程度以内)に、太陽光出力の変動が加わることで、供給エリアごとに確保している調整力(LFC※1容量)が不足するおそれ。
 - (2) 天候の変化による太陽光出力の大幅な変動に備えて、バックアップ電源が必要。

※1: 電力需要の小刻みな変動(20分程度以内)に対しては中央給電指令所から火力・水力などの発電量を自動的に微調整して、周波数を維持する機能

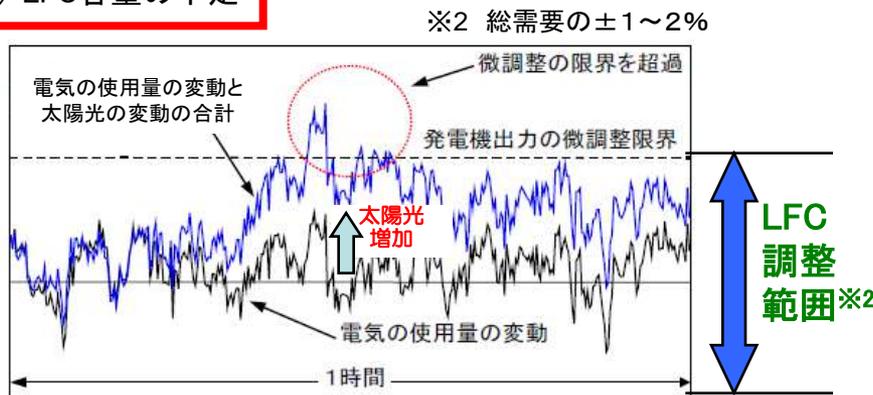


周波数は需要と供給のバランスが崩れると変動



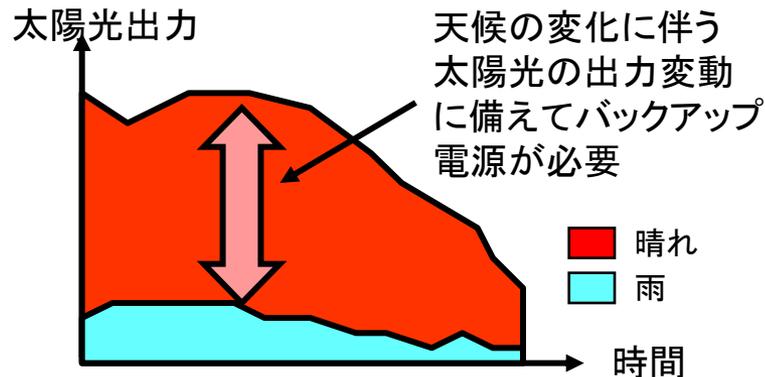
(1) LFC容量の不足

需要変動
(20分程度以内の成分)



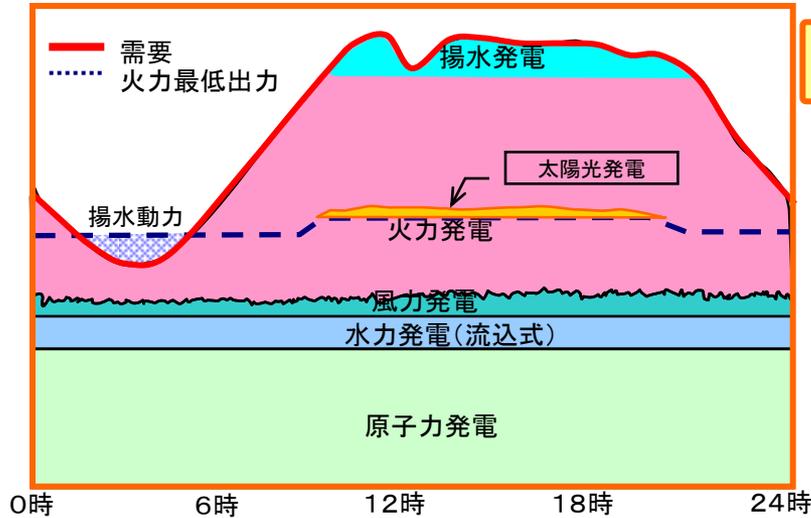
※2 総需要の±1~2%

(2) バックアップ電源が必要

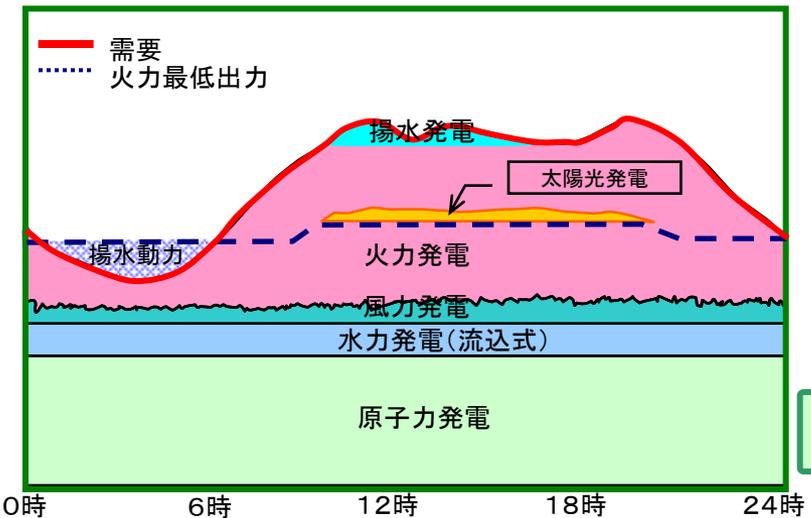
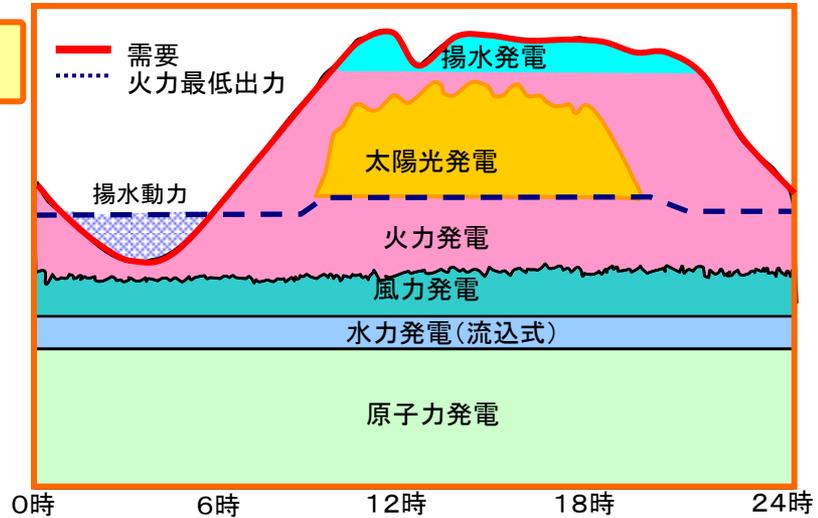


課題③：余剰電力の発生

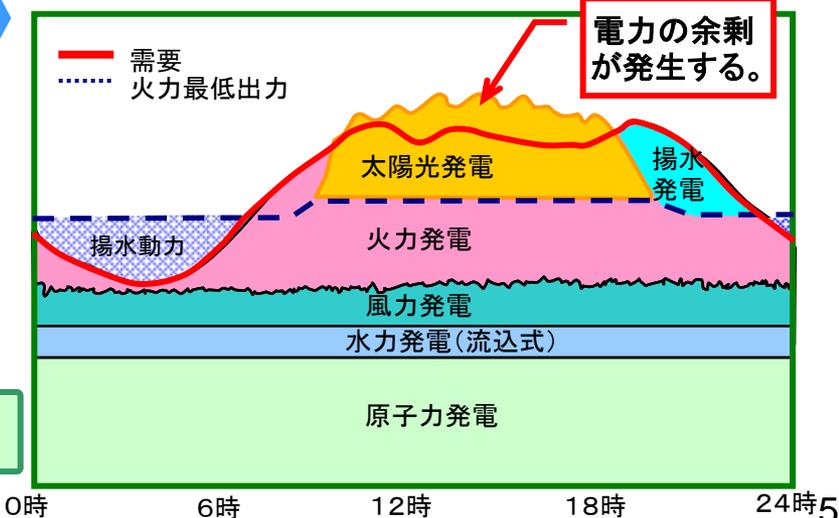
- 太陽光発電が増加すると、需要の少ない時期(軽負荷期)に、ベース供給力(原子力、水力、火力最低出力)等と太陽光による発電量が需要を上回り、電力の余剰が発生するおそれ。
- 太陽光発電が増加すると、系統側の電源設備・流通設備とも稼働率が低下し、電源・流通双方でコストアップが発生。



重負荷期



軽負荷期



太陽光
大量導入
ケース

電力の余剰
が発生する。

太陽光大量導入時の課題と系統安定化策

【課題】

- ①配電網の電圧上昇による逆潮流の困難化
- ②周波数調整力の不足
- ③余剰電力の発生(需給バランス)

系統安定化対策		上記課題への効果 (○:効果あり、-:関係なし、×:悪影響)		
		①	②	③
0	配電や系統対策は何も講じない+家庭での新規需要創出	-又は×	-	-
1	配電システムの強化(太線化、柱上変圧器の設置等)	○	× (逆潮流が増加)	× (逆潮流が増加)
2	蓄電池の設置(需要家側)	○	○	○
3	蓄電池の設置(系統側)	-	○	○
4	揚水発電の活用	-	○ (可変速)	○
5	火力等によるバックアップと調整	-	○	○
6	地域間連系線の活用	-	△	△

(基準)

オプション0：蓄電池の設置など何ら対策を講じない場合

- 長期需給見通しにおいては、1,000万kW程度以上の太陽光が導入されると、太陽光発電による出力変動を吸収するため、蓄電池の設置が必要としており、これに要する費用を約6兆円と試算(新エネルギー全体で約12兆円)。
- 逆潮による余剰電力については、既存の配電網によって逆潮可能な容量を上限として、容量を超えた分の余剰電力は活用しない(発電しない)という方法が考えられる。
- 需要家側で太陽光による発電電力を有効に活用する仕組み(新規の電力需要)ができれば、CO₂排出量を低減しつつ、電圧上昇・地域の電力余剰の問題が緩和。
- 逆潮による余剰電力分の発電量は減るものの、配電網の強化や蓄電池の設置、系統安定化等に係るコストは極小化。

【課題】

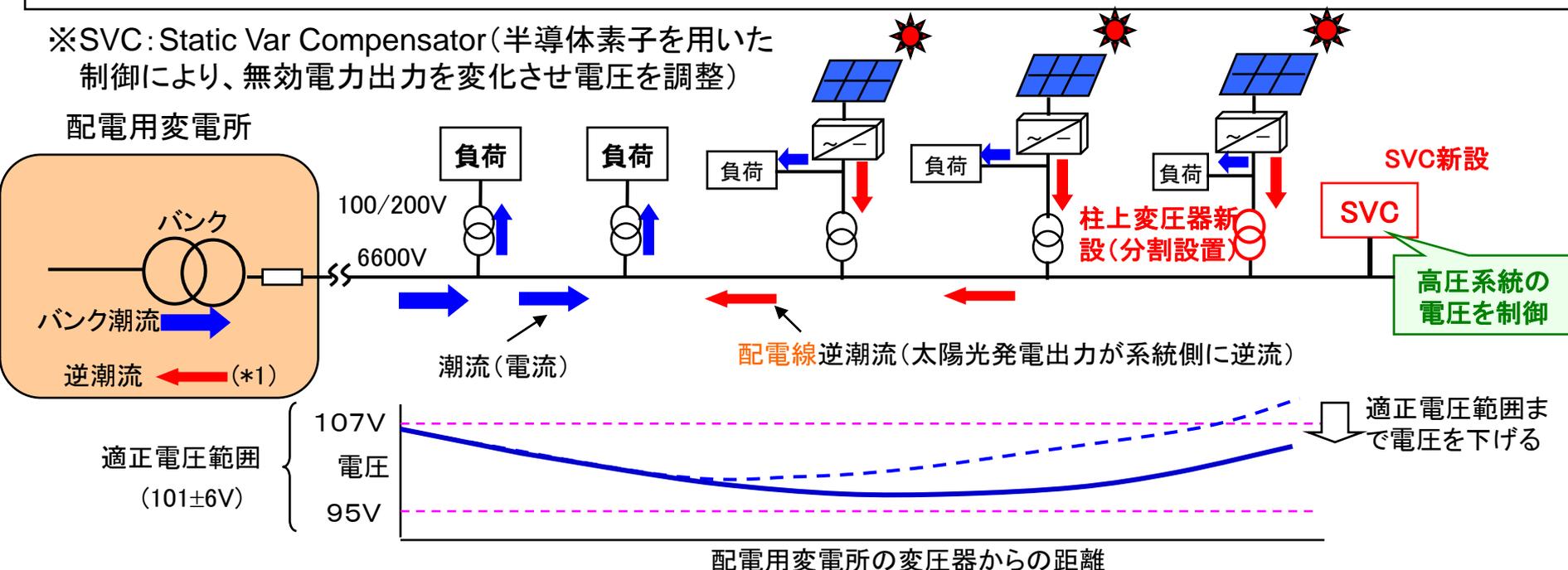
- 発電電力量(余剰電力買取量)が頭打ちとなる
- 地域(配電網の容量の違い等)によって、余剰電力の買取量に差が生じる
- 昼間に不在となる家庭の買取量が少なくなるおそれ
- 太陽光発電によるピーク時の需要削減効果があまり期待できない
- この場合でも、太陽光導入量増加に伴う需要変動に対する必要な調整力等の確保は必要。

オプション1: 配電システムの強化(太線化、変圧器の分割設置等)

○電圧上昇対策として、電圧調整装置(SVC※約1,500万円/1カ所)の設置や柱上変圧器(約20万円/1カ所)の分割設置、細い電線の太線化等により、配電網の強化を行った場合、逆潮流可能量が増える効果が期待される。

○広範な範囲で需要が大幅に増加する場合は、系統供給力の強化と併せて、6千V(6,600V)の配電システムを2万V(22,000V)化することも考えられる。

※SVC: Static Var Compensator(半導体素子を用いた制御により、無効電力出力を変化させ電圧を調整)



【課題】 (*1)配電系統あたりの太陽光の集中度合いによって変化。

- 配電システムの強化に伴う関連工事に係る費用(材料代や工事費用等)が発生
- 6千V受電の需要家設備を2万V受電の設備に変更するための費用等が発生
- 配電線逆潮流が大きくなり、配電用変電所の変圧器(バンク)潮流も逆潮流になる場合(*1)は、それに対応した設備対策等が必要

オプション2・3：蓄電池の設置（需要家側・系統側）

- 太陽光発電と原子力等のベース供給力の合計が需要を上回った場合、余剰電力を蓄電池に充電して対応することが考えられる。
- 長期需給見通しにおいては、太陽光発電設備が1,000万kWを超える場合には、7時間分の各種蓄電池を導入することを想定。この時の蓄電池に係る費用は、約6兆円と試算。

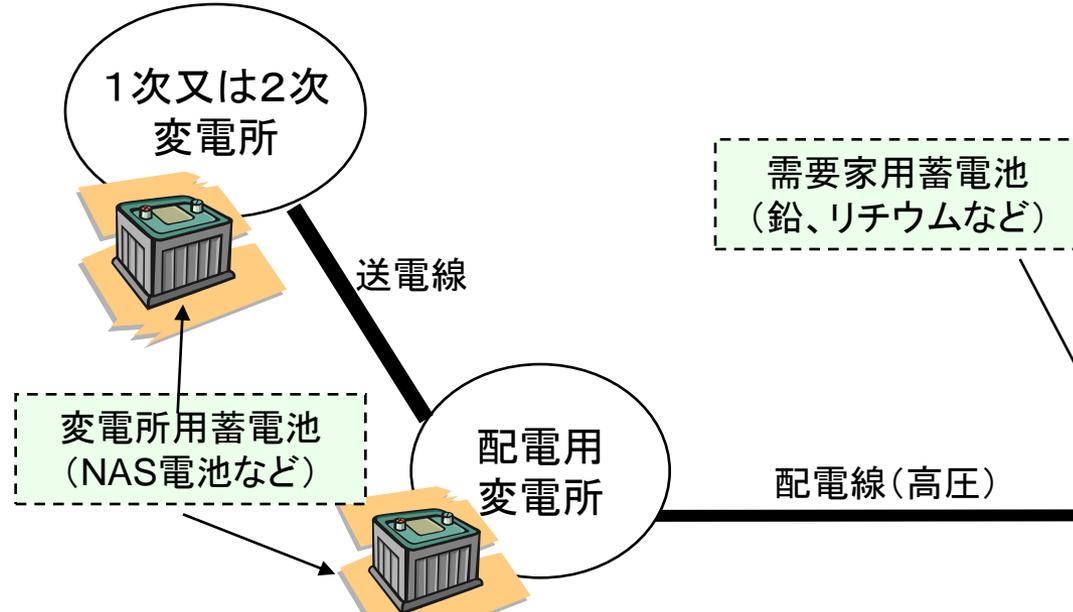
【蓄電池の種類とその特徴等】

蓄電池の種類	電池コスト	特徴
鉛蓄電池	5万円/kWh	○利用実績が豊富（信頼性が高い） ○メンテナンスが容易 ×寸法が大きく、重い（低いエネルギー密度）
リチウム蓄電池	40万円/kWh	○小型で高いエネルギー密度 ○大電流を放電可能 ×電池コストが高い ×大容量化に課題
NaS電池	2.5万円/kWh	○耐久性に優れ、電池コストが安い ○比較的高いエネルギー密度 ×高温の温度調整が必要 ×危険物としての扱い

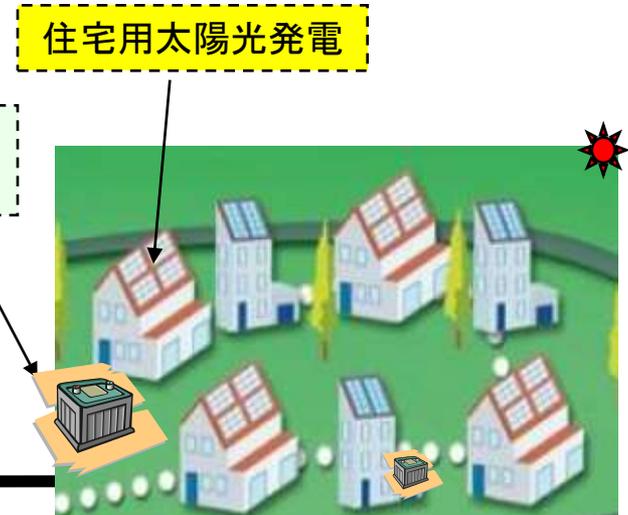
オプション2・3：蓄電池の設置（需要家側・系統側）

- 蓄電池の設置場所としては、需要家側（蓄電ステーション等）又は系統側（変電所等）に設置することが考えられる。
- 系統側で集中配置を行うことにより蓄電池の設置や維持・管理の効率化が期待。

<電気事業者が系統に設置する場合>



<需要家に設置する場合>



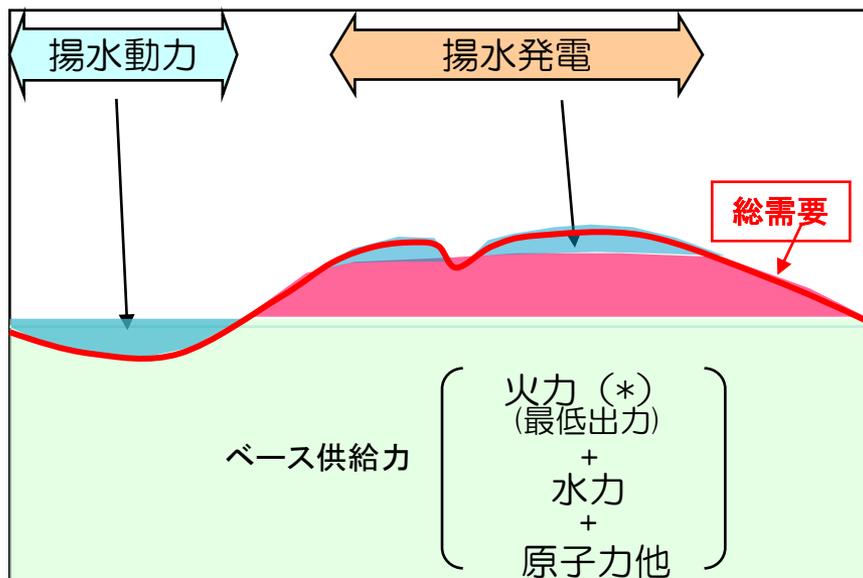
【需要家側・系統側 共通の課題】

- 充放電ロスによる追加費用が発生
- 蓄電池の保守・交換の費用が発生
- 蓄電池を設置するための十分なスペースの確保が必要（特に、都市部は課題）
- 特に需要の低い日（GWや正月休みなど）や更に太陽光の導入量が拡大した場合、1日を通じて余剰電力が発生し、蓄電池に貯蔵した電力分を夕刻以降に放電しきれなくなるため、太陽光の出力そのものを抑制する必要。

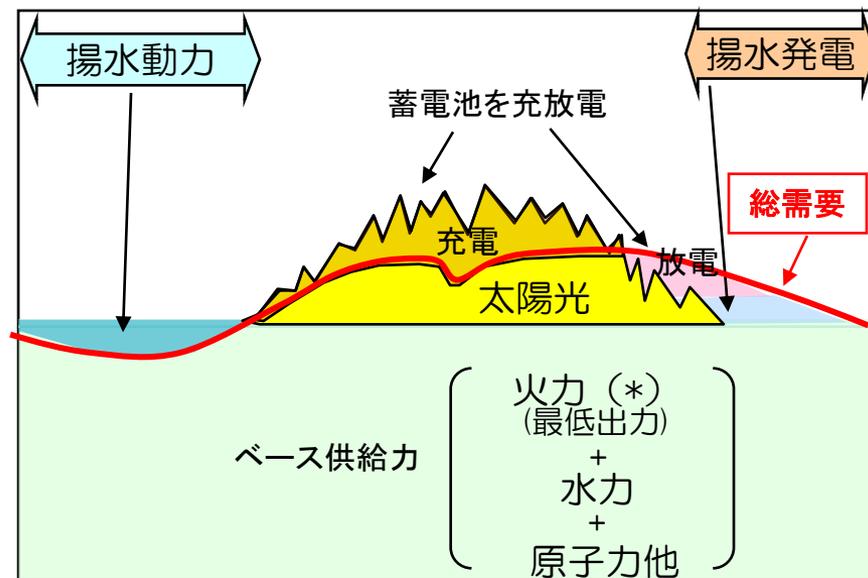
オプション2：蓄電池の設置（需要家側）

○蓄電池を需要家に設置し、昼間の太陽光による余剰電力を蓄電池に充電、余剰が解消される夕刻以降に放電することで、太陽光の導入可能量の拡大が可能。

太陽光なしの場合の需給運用



太陽光大量導入後（晴天日）



(*)LFC運転ができるなど運用上の最低出力

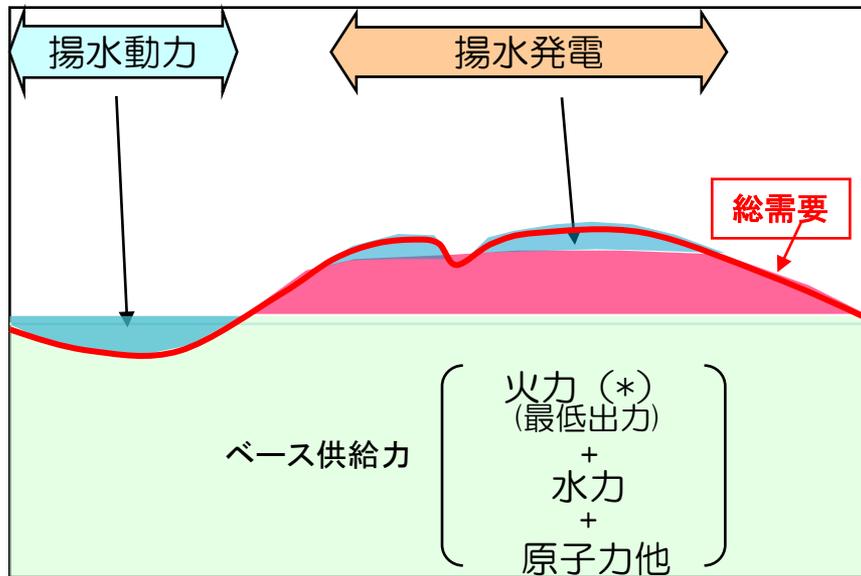
【課題】

- 需要家側・系統側の共通の課題は前ページのとおり。
- 需要家設置の蓄電池が系統全体から見て最適に制御されない場合、系統側で追加的に調整力を確保することが必要。
- 単独又は複数の需要家で蓄電池を管理する場合、蓄電池の保守・交換の実施等が課題。

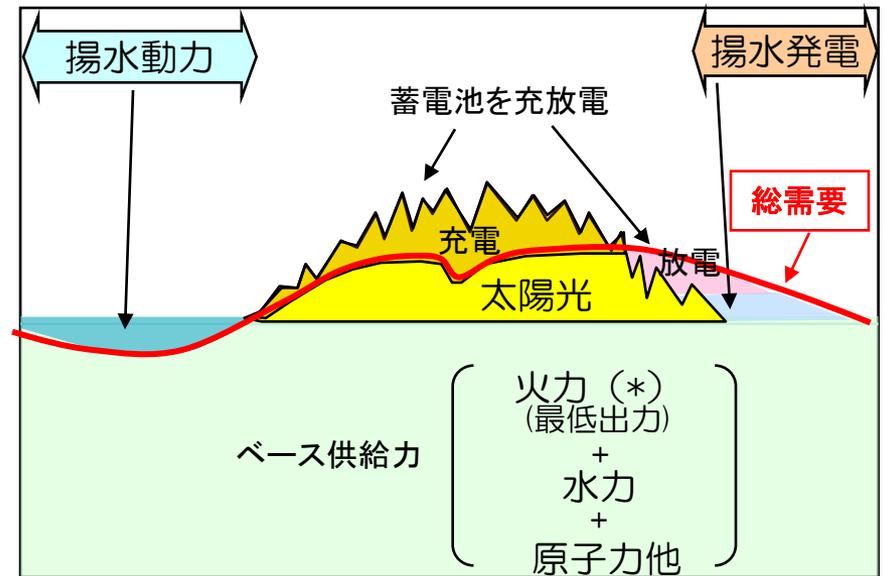
オプション3:蓄電池の設置(系統側)

○大容量蓄電池を系統側に設置し、太陽光とベース供給力の合計が需要を上回った場合の余剰電力を蓄電池に充電、余剰が解消される夕刻以降に放電することで、太陽光の導入可能量を拡大可能。

太陽光なしの場合の需給運用



太陽光大量導入後(晴天日)



(*)LFC運転ができるなど運用上の最低出力

【課題】

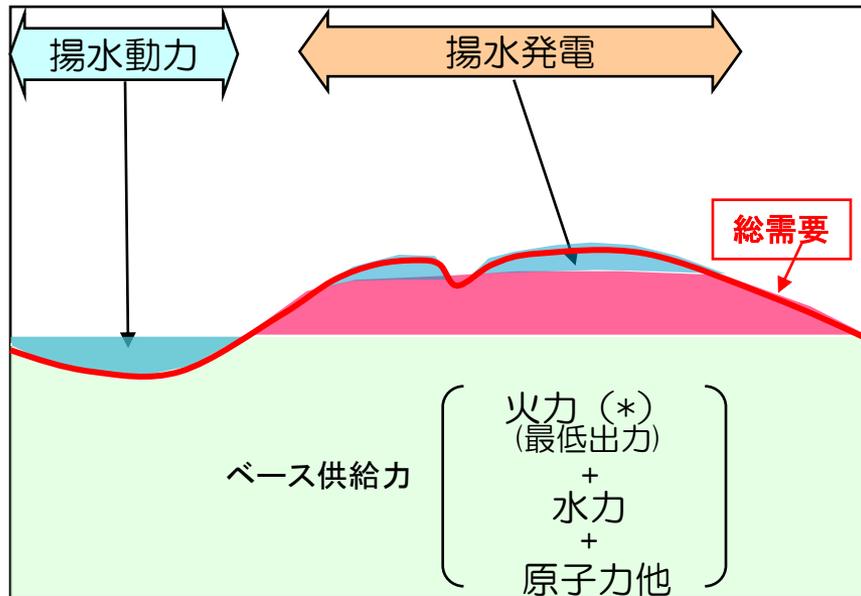
- 需要家側・系統側の共通の課題は2ページ前のお通り。
- 系統側で運用するために必要な設備投資等の対策が必要。

オプション4: 揚水発電の活用(新增設や可変速化)

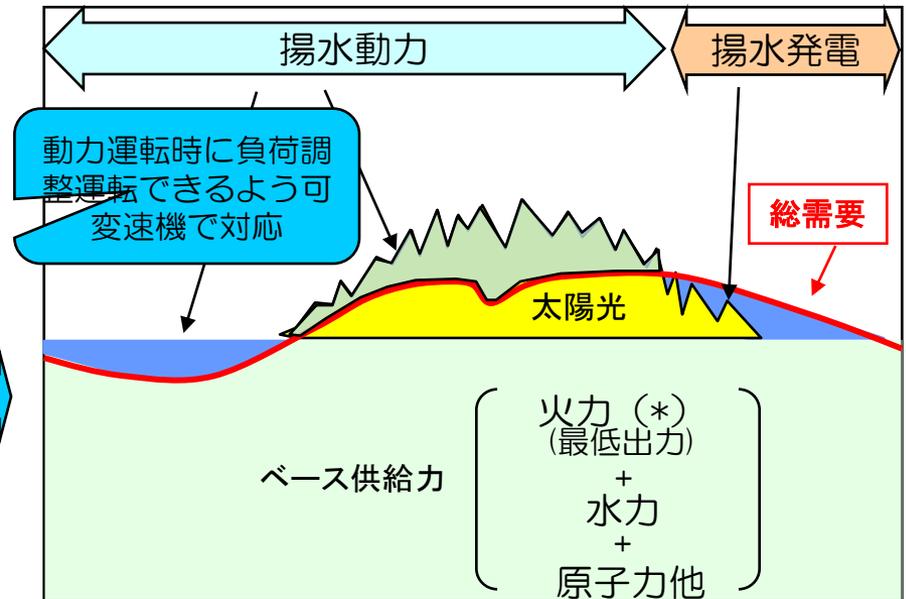
○太陽光発電とベース供給力が需要を上回った場合、余剰電力を揚水発電で吸収して対応することが考えられる。

○揚水機の新増設や動力運転時の動力負荷(揚水量)を調整できるような(負荷調整運転)にするため、可変速化等の対応が必要。

<太陽光なしの場合の需給運用(端境期)>



<太陽光大量導入後(晴天日)>



【課題】

- 揚水発電の立地の確保
- 調整力の増強のための設備投資や揚水ロスによる追加費用等が発生
- 特に需要の低い日(GWや正月休みなど)や更に太陽光の導入量が拡大した場合、1日を通じて余剰電力が発生し、上池に貯蔵した水(電力)分を夕刻以降に発電しきれなくなるため、太陽光の出力そのものを抑制する必要。

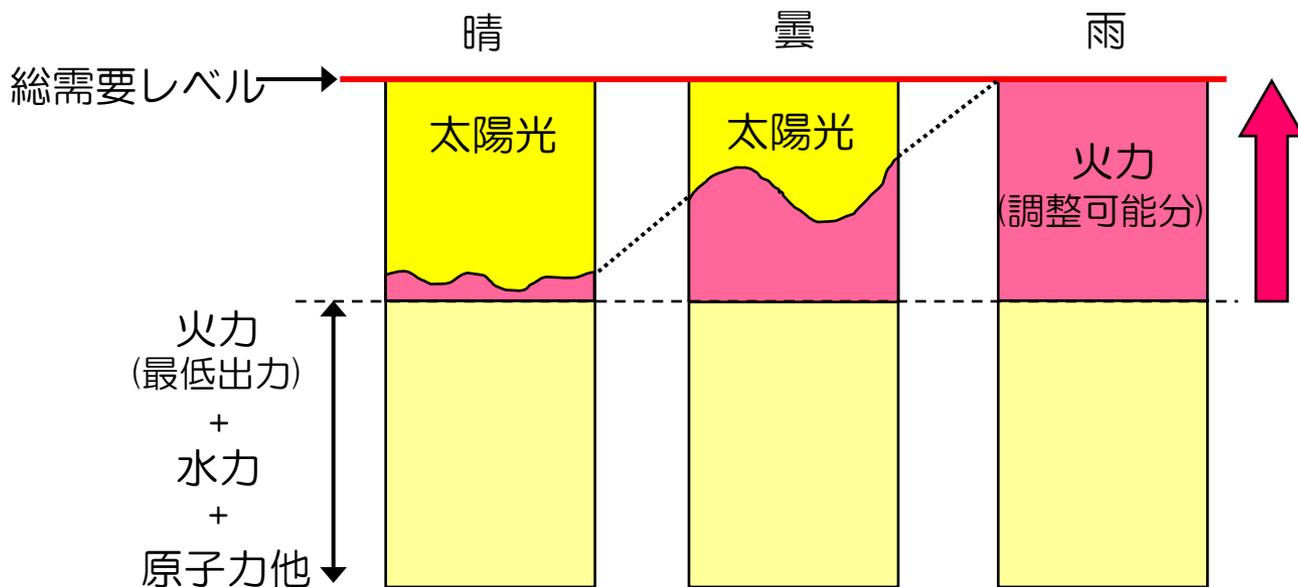
(*)LFC運転ができるなど運用上の最低出力

オプション5: 火力発電等によるバックアップと調整

- 太陽光は日照状況により出力が大きく変動するため、電力系統全体で太陽光発電(自家消費分を含む)をバックアップすることが必要。
- 具体的には、火力発電などを部分負荷運転で待機しておき、太陽光出力が低下した際には、火力発電などの出力を増加させて需給バランスを確保(火力発電等の十分な調整力が必要)。
- このため、太陽光発電の合計出力状況の把握も必要。

太陽光がなくても需要を賄えるだけの電源・流通設備を準備した上で、太陽光の増減に合わせて火力等を調整運転

系統電源・流通設備の稼働率が低下



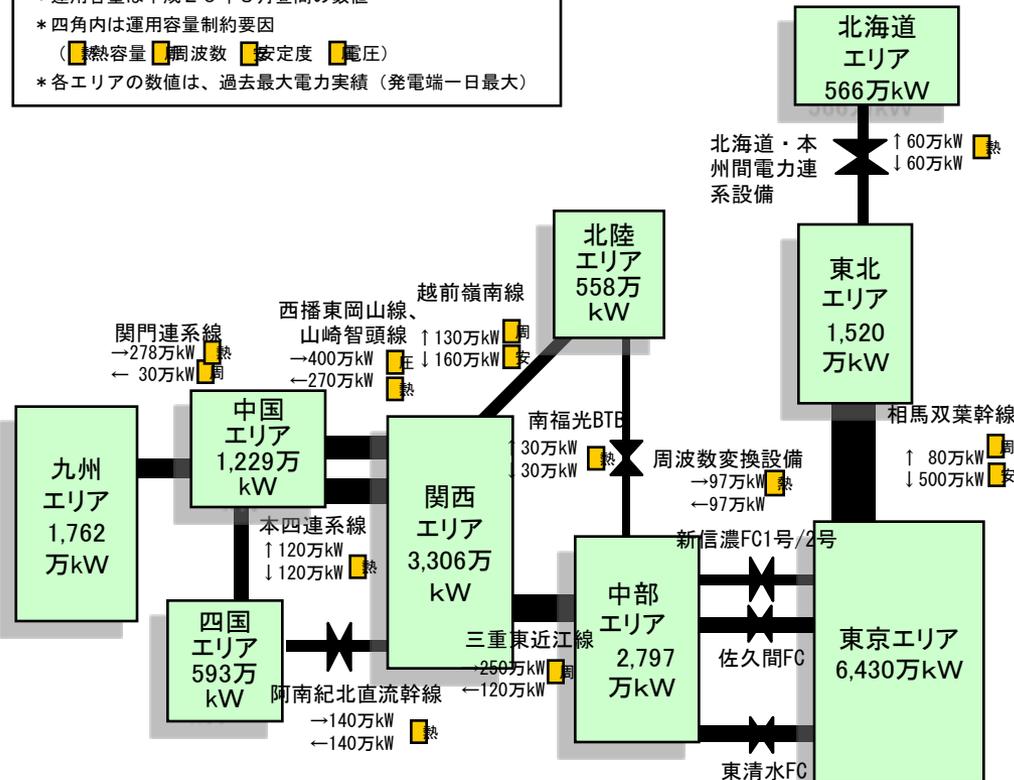
【課題】

- 十分な火力発電等の容量の確保。また、対応に必要な設備投資等が発生。
- 低出力で運転する火力発電機の増加によるCO2排出増
- 系統側の電源設備・流通設備とも稼働率が低下し、電源・流通双方でのコストアップが発生

オプション6：地域間連系線の活用

- 太陽光発電が特定の地域に偏在することなく普及する場合は、各エリアでの対応となる。
- しかしながら、特定のエリアに太陽光発電が偏在し、余剰電力が発生した場合は、連系線を活用し、他エリアに融通することが考えられる。
- 余剰電力が発生した場合、受電側に余力があれば、連系線を経由して他エリアに融通するのが、有効活用の一手段。

* 運用容量は平成20年8月昼間の数値
 * 四角内は運用容量制約要因
 (■熱容量 □周波数 ■安定度 ■電圧)
 * 各エリアの数値は、過去最大電力実績(発電端一日最大)



[凡例] ■: 直流設備

- 原子力及び水力がベース電源として、出力一定運転するのに加えて、太陽光が大量に導入された場合、太陽光の発電量が需要を上回り、余剰電力が発生する可能性。
- しかしながら、太陽光発電が特定の地域に偏在することなく普及する場合は、各エリアとも余剰電力が厳しくなるため、融通は困難となる。
- 太陽光の出力が最大となる時間帯は、どの電力会社もほぼ同等。また、電力余剰が発生する時期もどの会社も同等。

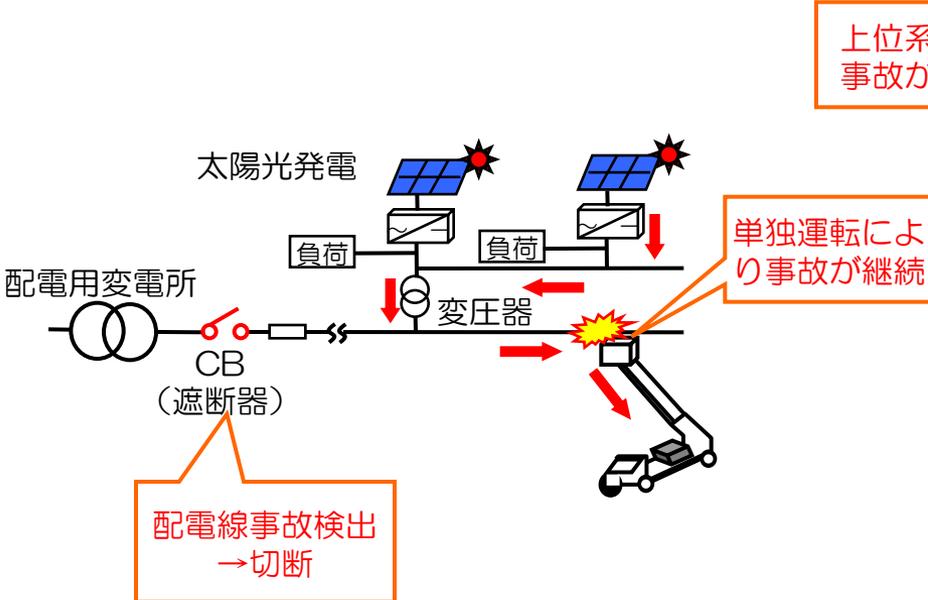
【課題】

- ・連系線活用のための設備投資(連系線・地内系統)が発生

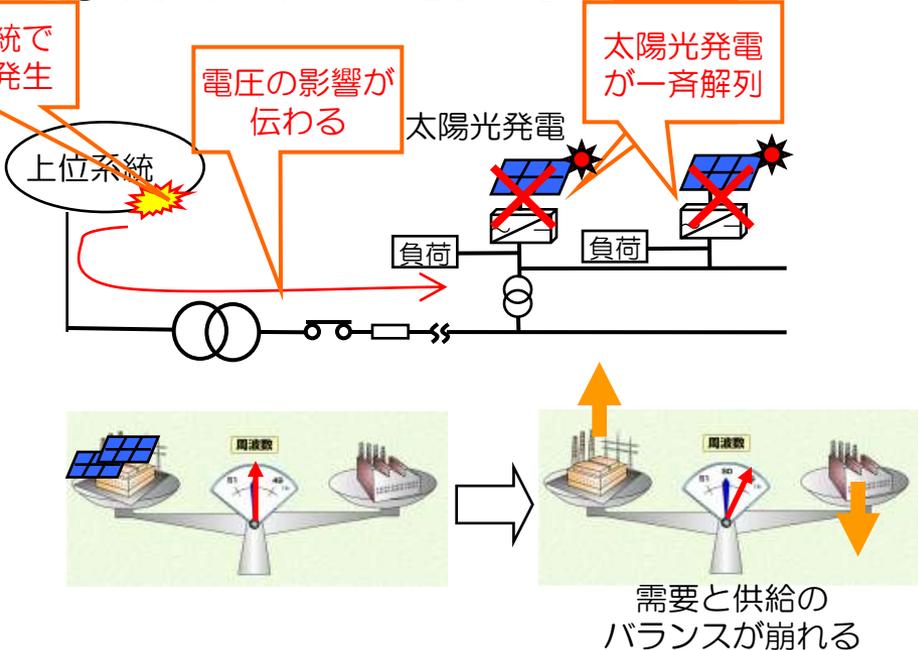
その他の課題：単独運転の防止と不要解列防止対策の実施

- 単独運転とは、事故や緊急停止などの場合、本来停止すべき系統に、太陽光発電等の分散電源の運転(単独運転)により通電が継続されること。
- 単独運転が継続された場合、公衆感電、機器損傷の発生、消防活動への影響、作業員の感電のおそれ。→現在は太陽光発電設置者に単独運転を検知して解列するリレーの設置が義務付けられている。
- 一方、本来解列すべきでない系統のじょう乱時に、単独運転防止装置が不要動作、あるいは瞬時電圧低下の影響を受け、太陽光発電が一斉解列し、需給バランス等が崩れるおそれ。

【①単独運転防止の必要性】



【②不要解列防止の必要性】



小委員会における検討

- 太陽光発電等の大量導入時に起こる諸課題への対応のため、系統安定化対策としてどのオプションを組み合わせるのが適切かを太陽光発電の導入段階等に応じてコスト面等からの検討を行う。
- その上で、系統安定化対策に要するコストを推定するとともに、導入に係るその他のコストも一定の仮定の下で推定することで総コストを整理し、それらのコストのついて、各々どのような負担とすることが適当が、各種料金による回収の在り方等も含めて具体的に検討する。