



# 電気自動車がCO<sub>2</sub>削減に効果を 発揮するための電源構成

電力中央研究所 エネルギーイノベーション  
創発センター

研究参事 永田 豊

東京モーターショー・シンポジウム「運輸部門のゼロエミッション化」

2019年10月29日

 電力中央研究所

# 報告内容

---

1. 背景と目的
2. EV・PHVの動向とCO<sub>2</sub>削減に関して留意すべき点
3. 長期エネルギー需給見通しと原子力発電の現状
4. 数値シミュレーション
5. 結論と今後検討すべきこと

# 背景と目的

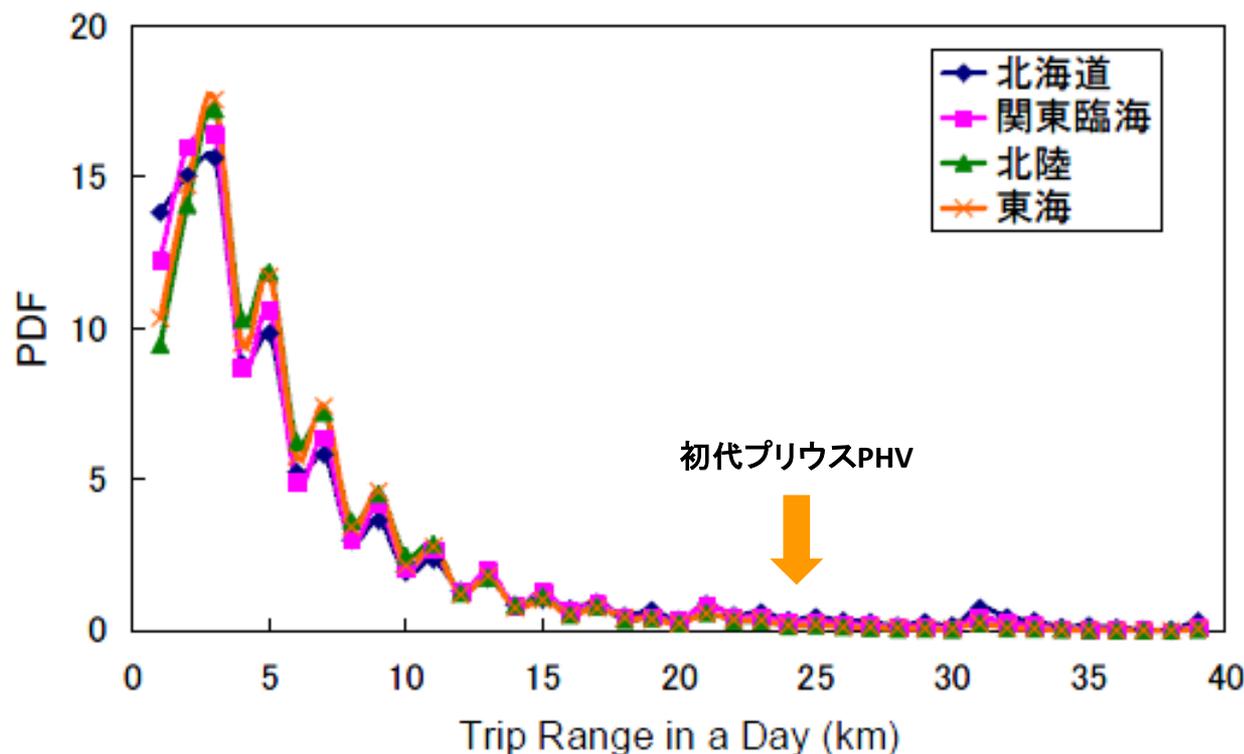
- ◆ 電気自動車 (EV) は、低CO<sub>2</sub>電源と組み合わせることでCO<sub>2</sub>削減に貢献すると考えられている。
- ◆ しかし、震災後に将来の原発依存度を引き上げることが困難になり、電力のCO<sub>2</sub>原単位をどこまで低下できるか不透明になっている。
- ◆ CO<sub>2</sub>原単位をEVがCO<sub>2</sub>削減に貢献しうる水準に抑制しつつ、コストやエネルギー安全保障の点でも許容しうるような将来の電源構成を数値シミュレーションにより探る。

# EV・PHVの動向

	車名(メーカー)	発売年月	航続距離(km) JC08(WTLC)	電費(Wh/km) JC08(WTLC)	電池容量 (kWh)
EV	アイミーブ(三菱)	2010年4月	164	118	16.0
	リーフ(日産)	2010年12月	228	114	24
		2015年12月	280	117	30
		2017年9月	400(322)	120(155)	40
		2019年1月	570(458)	125(161)	62
デミオEV(マツダ)	2012年10月 (リースのみ)	200	100	20	
PHV	プリウス(トヨタ)	2012年1月	26.4	114	4.4
		2017年2月	68.2	95	8.8
	アウトランダー (三菱)	2013年1月	60.2	169	12
		2018年8月	65.0(57.6)	180(214)	13.8
Golf GTE(VW)	2017年10月	45.0	188	8.7	

最も電費がよいEV・PHVの場合で約100Wh/km。なお、2018年に導入された新しい燃費基準であるWTLCモードでは、JC08モードと比べ、1割～2割程度航続距離や電費が悪化する(WTLCモードでもエアコンや電装品は消された状態)。

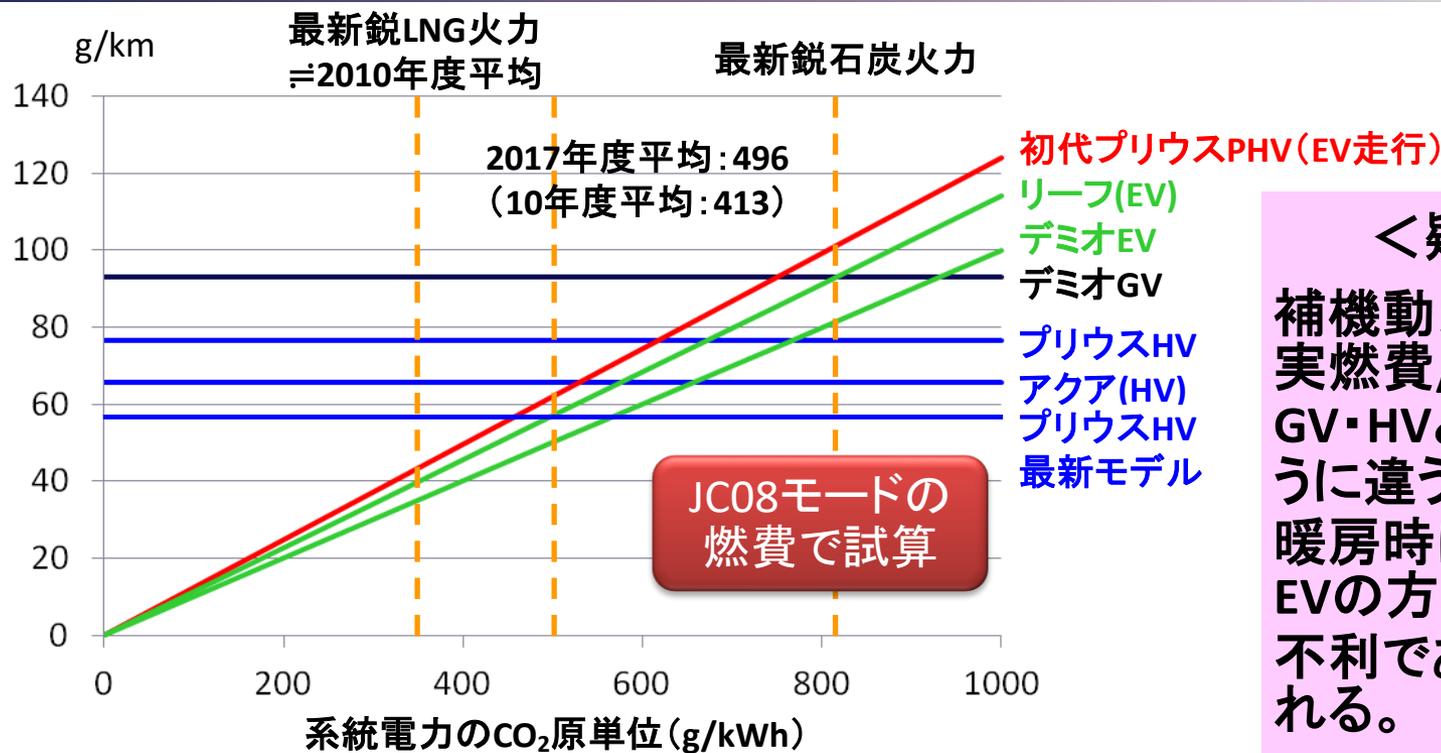
# 一日平均の走行距離



(出典: 近久武美「将来の各種自動車構成と低炭素社会に向けた最適化」(2009年5月) 自動車技術会春季大会「日本の将来自動車用パワートレンと燃料フォーラム」)

**都会や地方にかかわらず、初代プリウスPHVでもかなりの割合の走行をガソリンを消費しないEVモードで行うことが可能。**

# 走行時CO<sub>2</sub>排出量の比較



**<疑問点>**  
 補機動力を含めた実燃費/JC08燃費はGV・HVとEVでどのように違うか？  
 暖房時に関しては、EVの方が明らかに不利であると考えられる。

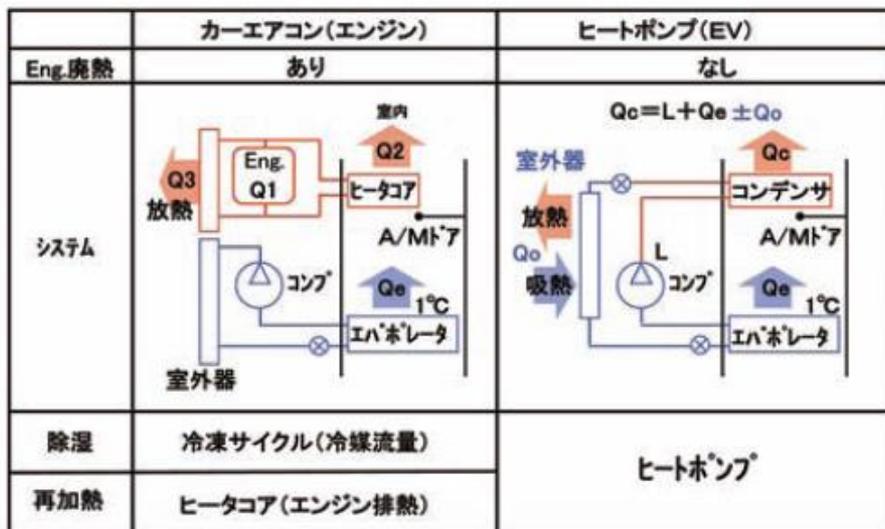
系統電力のCO<sub>2</sub>原単位が最新鋭の石炭火力相当であれば、EVのCO<sub>2</sub>排出はHVより多くなってしまいます。原子力発電が減少し、今後新設される大規模電源が石炭火力とLNG火力に限定されれば、その比率がEVのCO<sub>2</sub>削減にとって重要となる。

# エンジン車とEV用空調の違い

		特徴	
		ICV(エンジン車)	EV(電気自動車)
快適性確保	冷房	・エアコン(エンジン駆動) ベルト駆動コンプレッサ	・電動エアコン 電動コンプレッサ
	暖房	・エンジン廃熱利用 ヒータコア	・熱源を装備する必要 ヒートポンプ 電気ヒータ等
視認性確保 (防曇、除湿)		・エアコン+エンジン排熱を用いた除湿、防曇	・ヒートポンプや内外気2層ユニット等を用いた除湿、防曇
電池利用効率 (走行距離)		燃料のエネルギー密度が高く、さらに、暖房は排熱で賄うために暖房による燃費悪化は少ない	電池のエネルギー密度低く、暖房も電池を利用するため走行距離に影響が大きい ・空調機器の高効率化 ・熱負荷の低減

- 停止時にも空調を行うために電動コンプレッサなどの走行動力とは独立した動力が必要
- EVはエンジンがないので暖房しながら除湿するために熱源としてヒートポンプなどが必要
- 冬期の防曇のための外気導入による熱負荷増大を押さえるため、内外気2層ユニットなどが必要
- 冬期にエンジン廃熱以外の高効率な熱源が必要

EV用の空調にはヒートポンプが不可欠

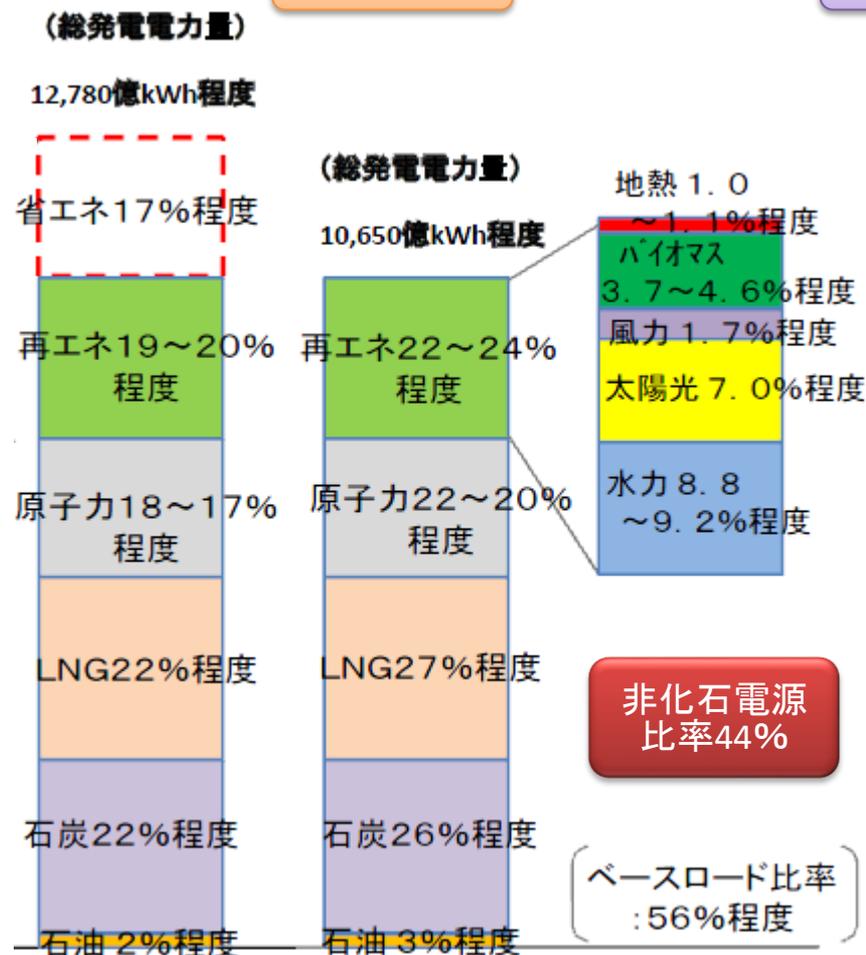


(出典: 萩原康正ほか「電気自動車用空調の特徴・動向について」  
<https://www.denso.com/jp/ja/innovation/technology/dtr/v16/12.pdf>

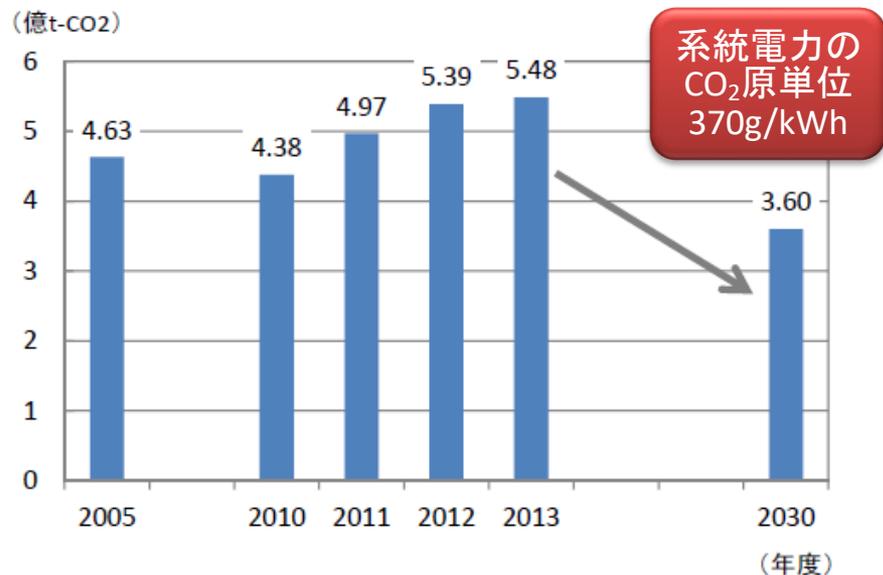
# 2030年の電源構成とCO<sub>2</sub>削減の政府目標

## 電源構成

## 電力由来エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量(億t-CO<sub>2</sub>)

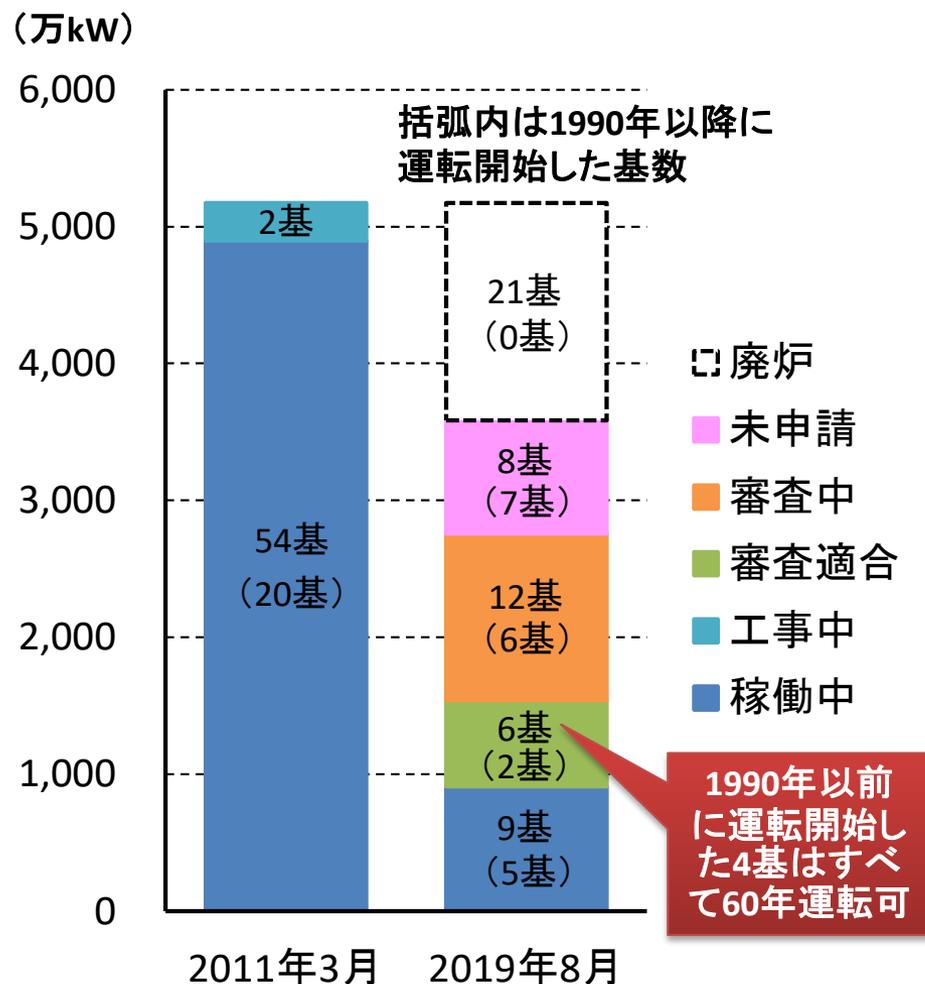


	2013年度	2030年度
CO <sub>2</sub> 排出量合計	5.48	3.60
05年排出量比	+18%	▲22%
13年排出量比	-	▲34%



総合資源エネルギー調査会資料2015年4月28日

# 原子力発電所の現状

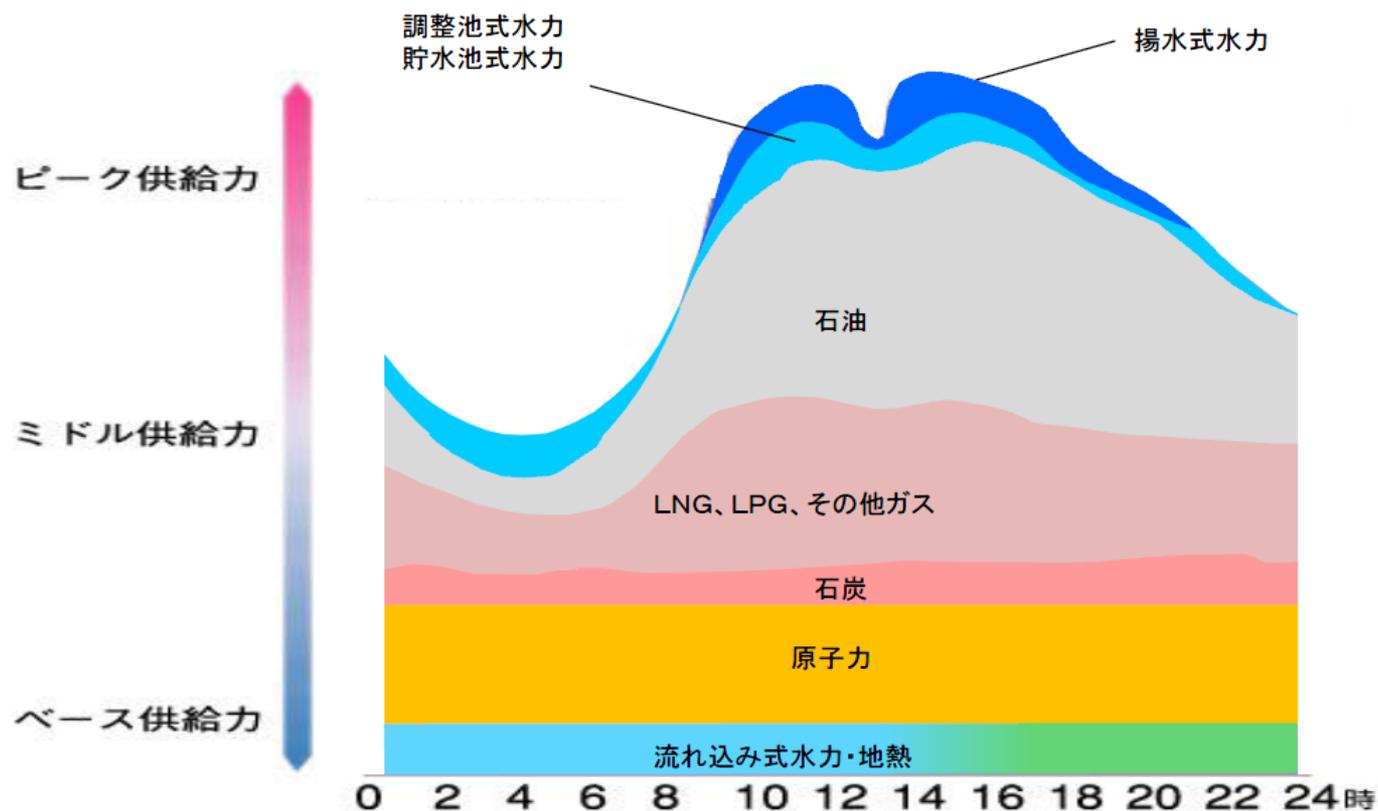


長期エネルギー需給見通しで想定した発電量を得るためには、約3,000万kWの容量が必要となる。しかし、稼働中・審査適合・審査中のもの27基を全部合計しても2,760万kWにしかない。

また、これらのうち、工事中2基と1990年以降に運転開始した13基、1990年以前に運転を開始したもので60年運転が認められた4基の合計では2,040万kWにとどまる。

※工事中には着工直後に震災を迎えた東京電力東通1号機を含まない

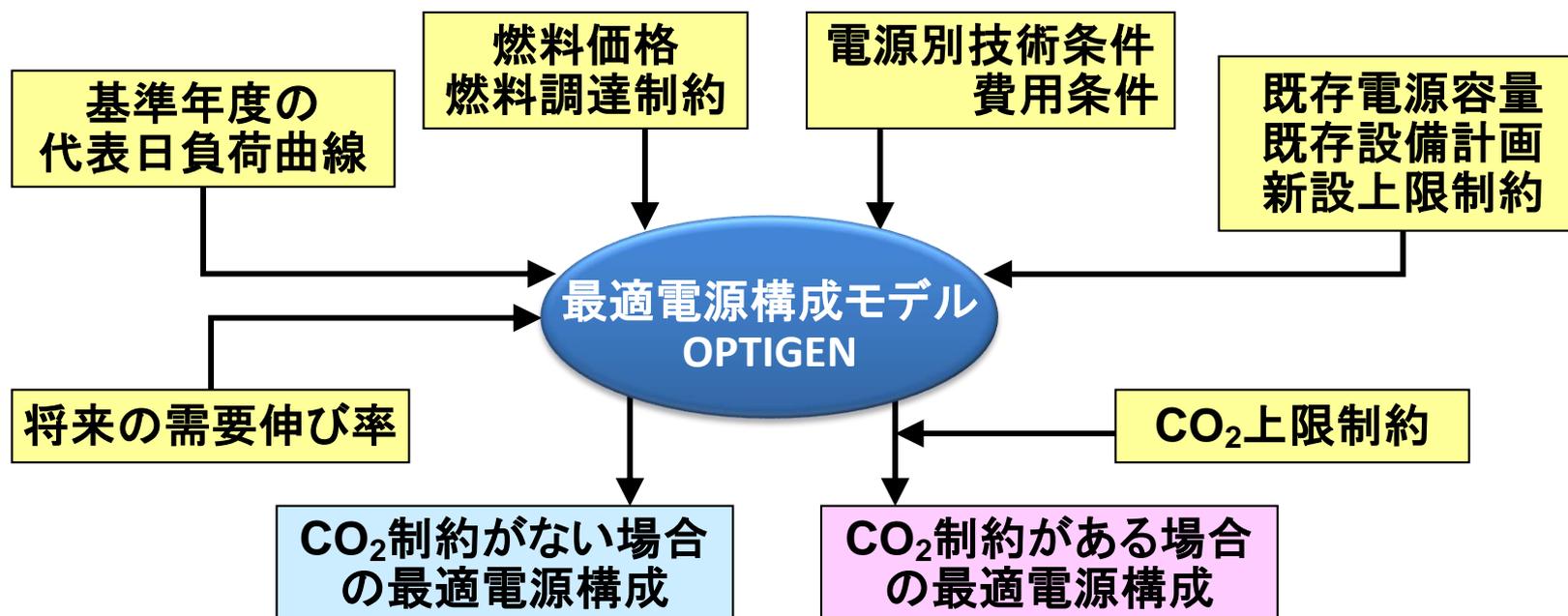
# 夏季ピーク時における電力供給イメージ



EVの充電がどの時間帯に行われるかで、CO<sub>2</sub>排出量は変わる。CO<sub>2</sub>原単位は昼間より夜間が低いですが、近年では、太陽光発電が増えている影響で、CO<sub>2</sub>原単位の昼夜間の差は縮小している。

# 最適電源構成モデルOPTIGEN

様々な外部条件に基づき、現在から将来に至るまでの電源開発と運用にかかる総費用の現在価値を最小化するような電源計画を求める数理モデル



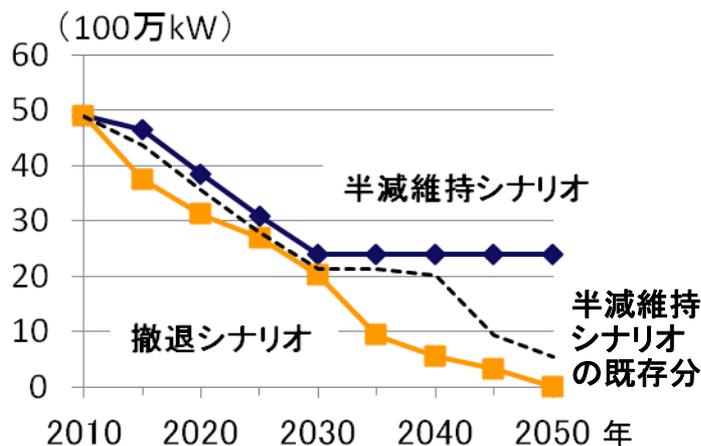
# 試算条件

項目	概要
コスト条件	コスト等検討小委員会報告に基づくが、CO <sub>2</sub> 対策費、政策経費、事故リスク対応費などは含めない(輸入燃料価格(含む諸経費)は若干安い新政策シナリオケースの方を用いる)
系統電力需要	2030年までは電中研展望結果中成長ケース(2013年4月)とし、その後は減少に転じ、徐々に減少率が拡大する
再生可能エネルギー導入量	2030年:太陽光発電2,740万kW、風力発電600万kW 2050年:太陽光発電5,300万kW、風力発電1,800万kW
天然ガス火力	LNG消費量は制約しないが、設備建設は年200万kWが上限
原子力発電	①半減維持ケース:2030年にかけて半減した水準を2050年まで維持する ②撤退ケース:新設なし+既存炉は運転開始後40年で停止

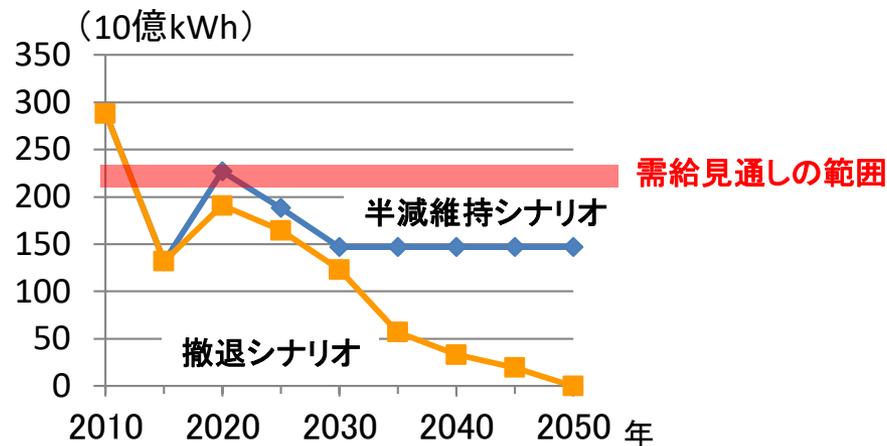
本試算における再生可能エネルギーの導入量は長期エネルギー需給見通しより大幅に少ないが、太陽光発電の稼働率は原子力の1/6、風力が1/3程度しかないので、発電電力量の差は原子力発電の設備容量で700万kW程度。

# 原発利用可能量の想定とケース設定

設備容量



発電電力量



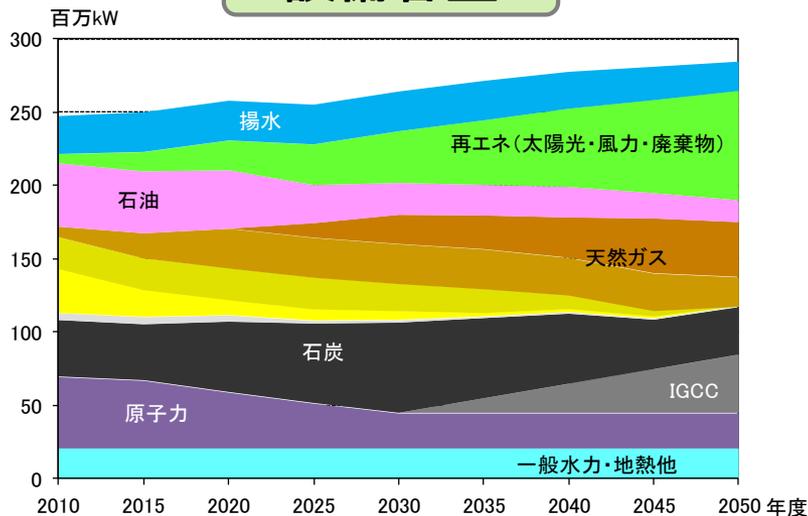
## ケース設定

EVがHVと比べて安定的にCO<sub>2</sub>削減となる得る水準

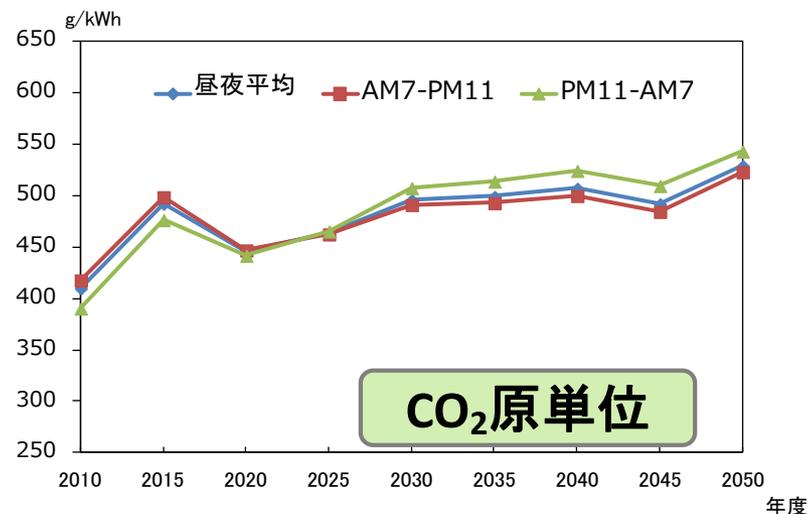
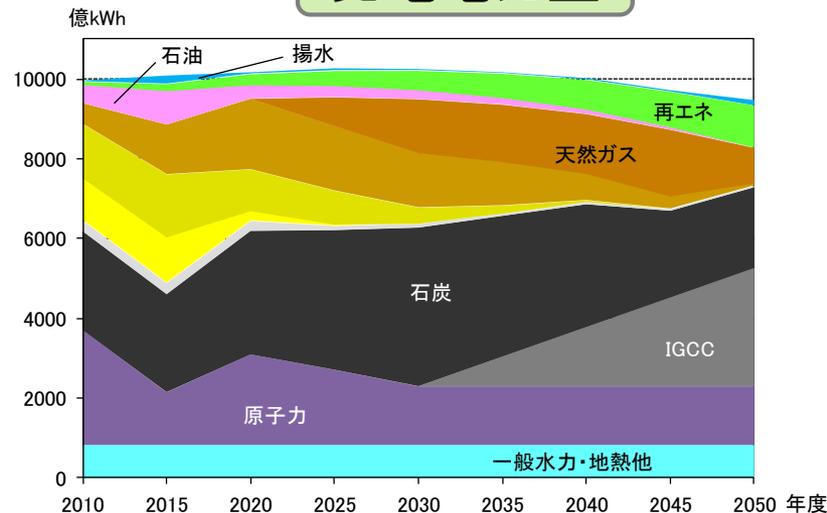
ケース名	①-1	②-1	①-2	②-2	①-3	②-3
原子力発電	半減維持	撤退	半減維持	撤退	半減維持	撤退
CO <sub>2</sub> 原単位制約	なし	なし	なし	なし	あり(400g/kWh)	
石炭火力新設	可	可	不可	不可	可	可

# ケース①-1

設備容量



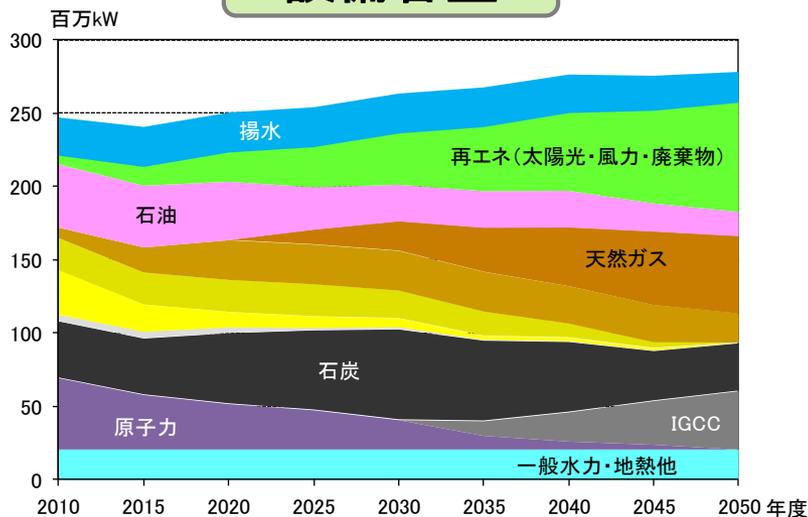
発電電力量



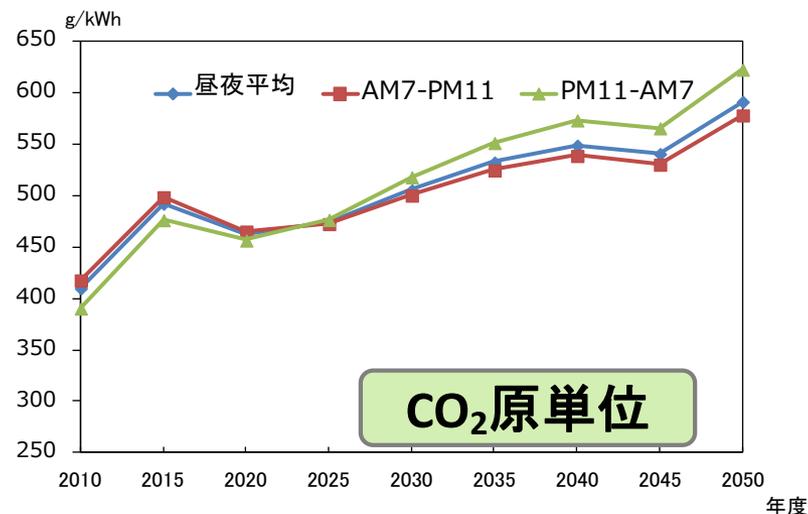
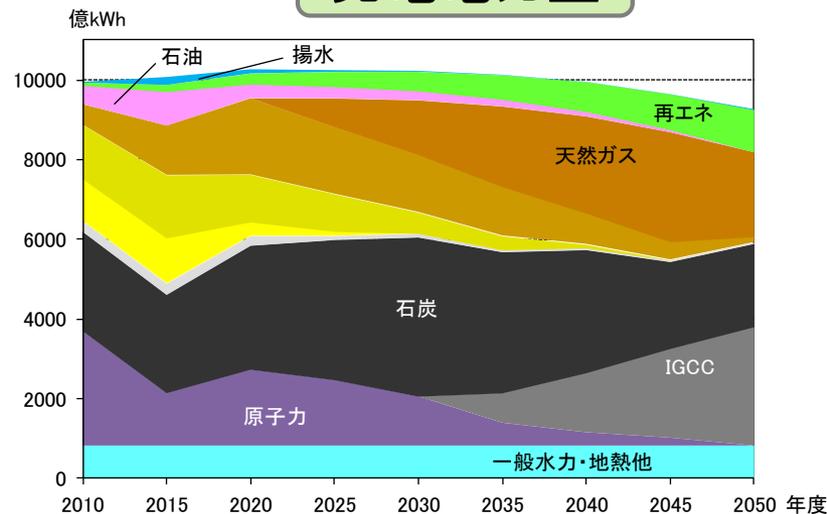
CO<sub>2</sub>制約がないため、原子力の穴埋めを安価な石炭火力とIGCC(石炭ガス化複合発電)で行う。このため、CO<sub>2</sub>原単位は上昇するうえ、石炭火力の割合が高い夜間の方が大きい。

# ケース②-1

設備容量



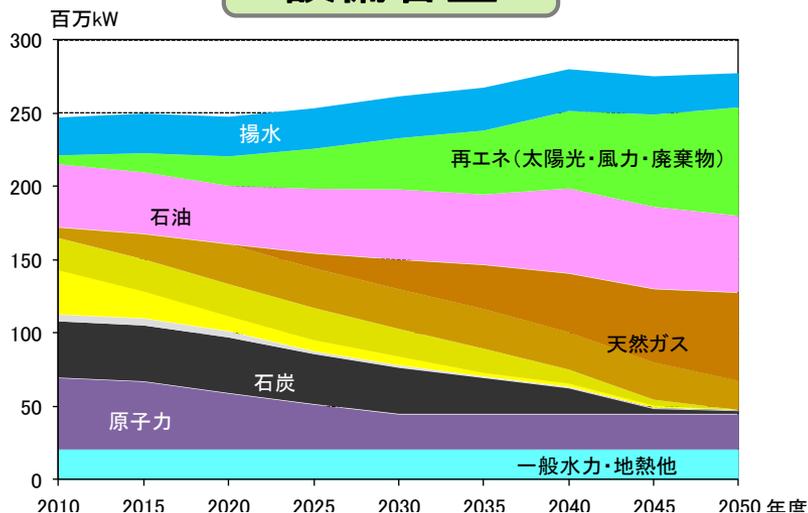
発電電力量



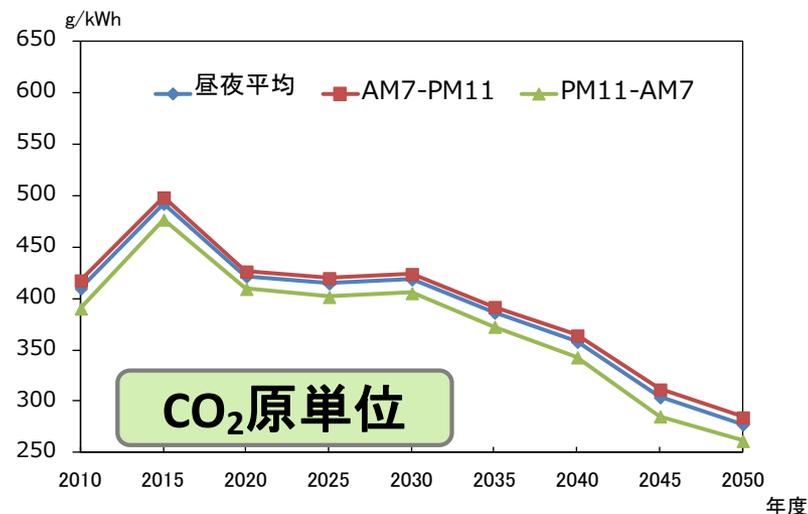
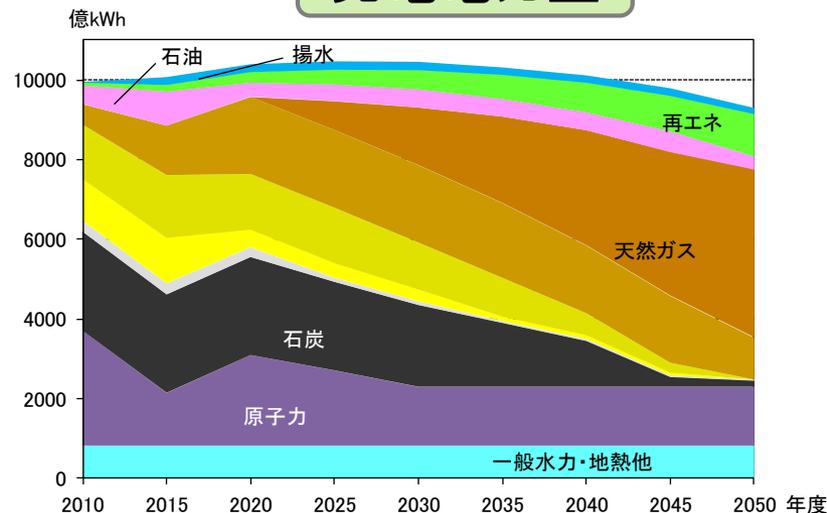
ケース①-1と比べ、原子力が少なくなった分、火力発電が増加するこのため、CO<sub>2</sub>原単位はいっそう上昇し、2035年以降の夜間は550g/kWh以上が常態化する。

# ケース①-2

設備容量



発電電力量

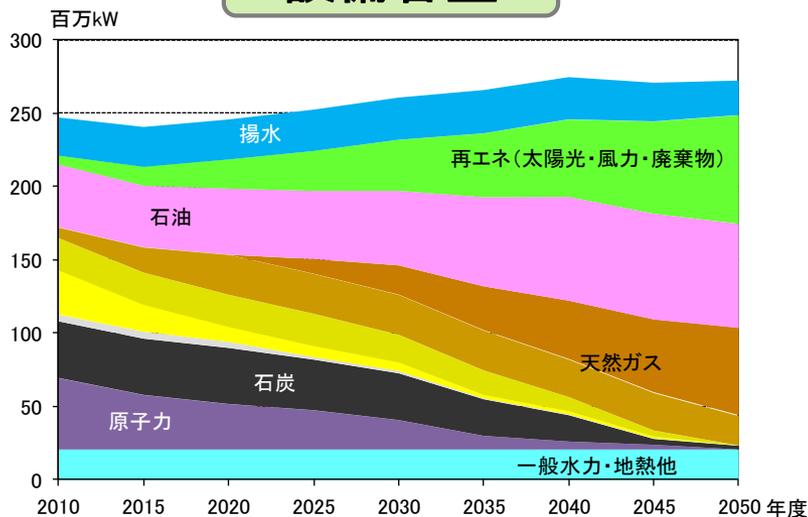


CO<sub>2</sub>原単位

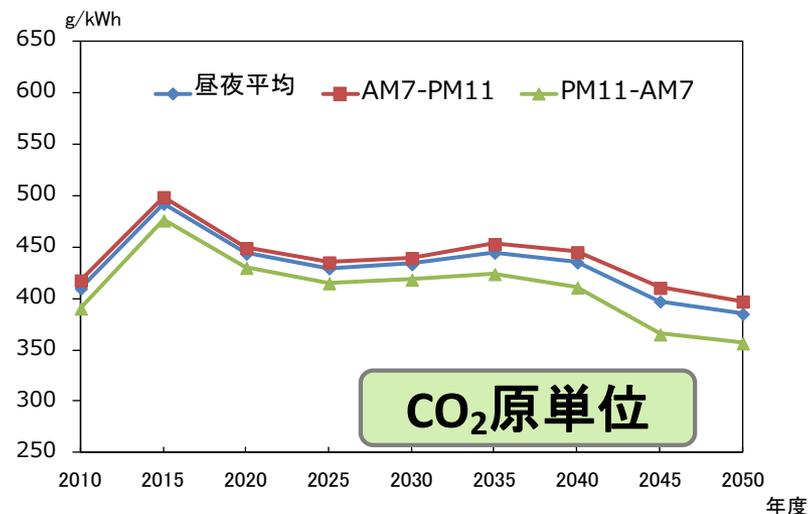
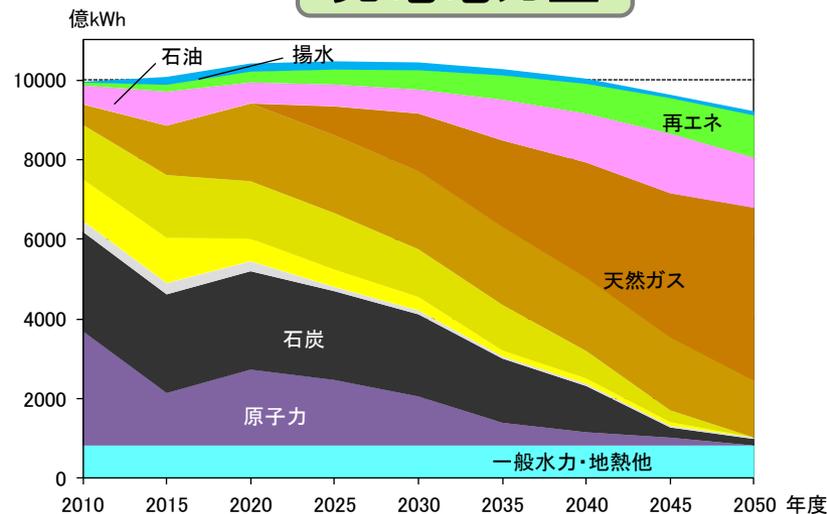
天然ガスへの依存度が急激に高まる。この結果、CO<sub>2</sub>原単位は大幅に低下する。

# ケース②-2

設備容量



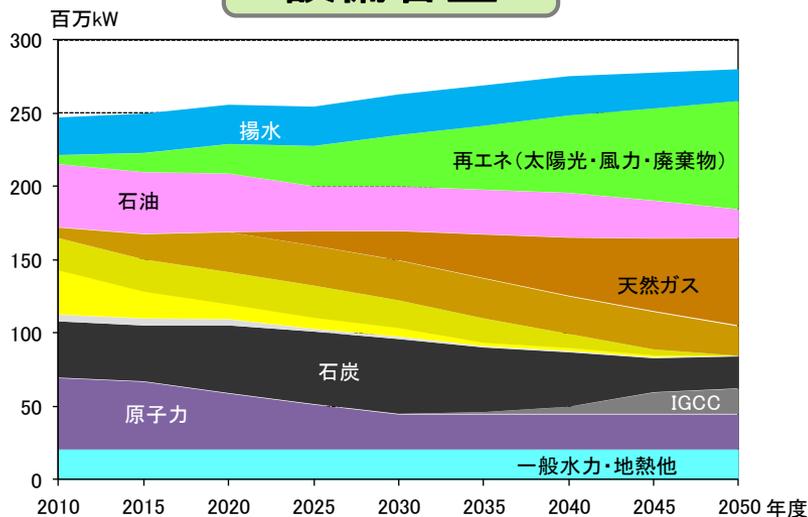
発電電力量



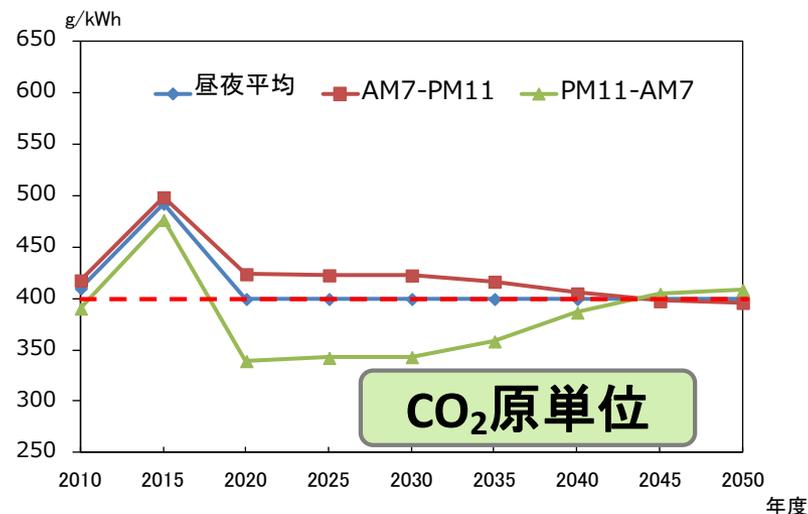
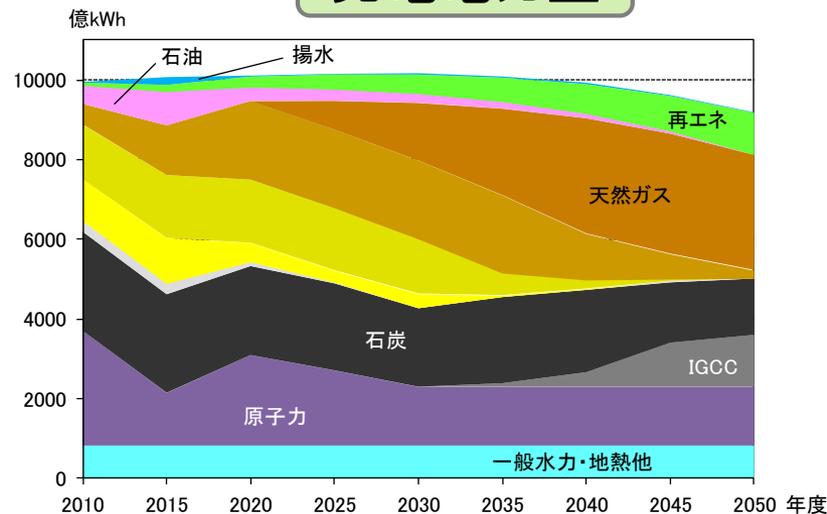
ケース①-2と比べ、原子力が少なくなった分、天然ガスと石油への依存度が高まる。CO<sub>2</sub>原単位は、2045年以降にならないと低下しない。

# ケース①—3

設備容量



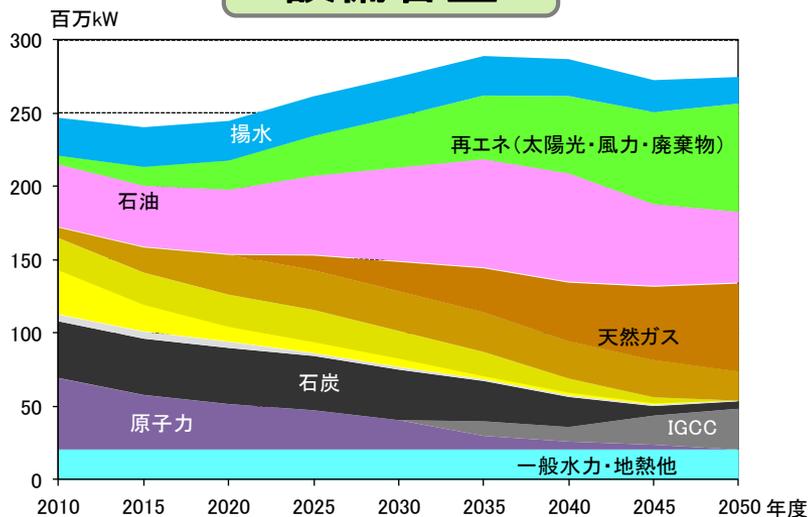
発電電力量



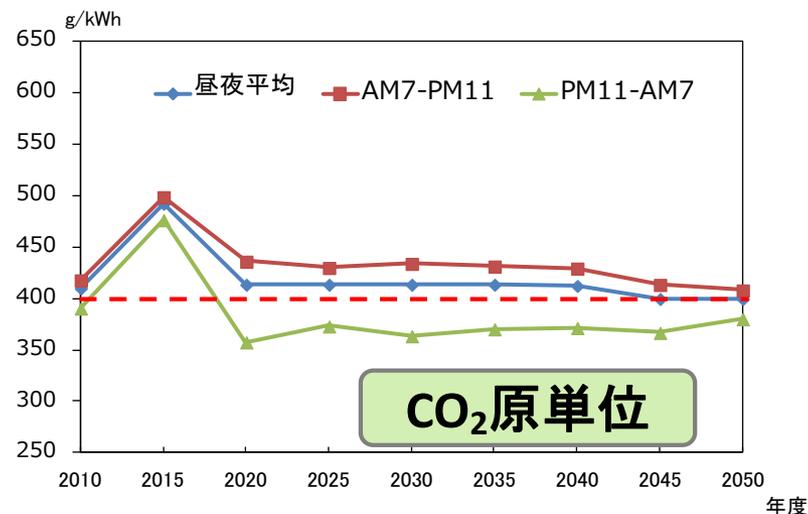
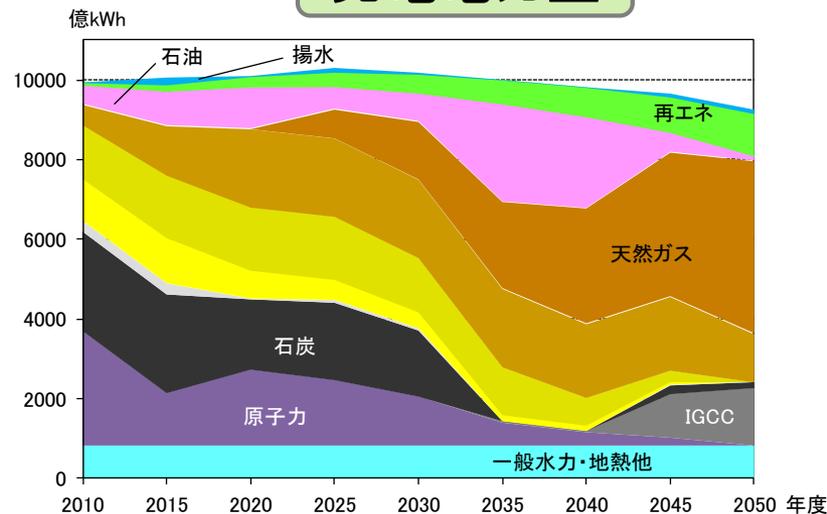
石炭→天然ガスへの燃料転換により、比較的無理のないCO<sub>2</sub>削減が行われる。特に、2040年までは夜間のCO<sub>2</sub>原単位が小さく、EVの深夜充電によるCO<sub>2</sub>削減が効果的となる。

# ケース②-3'

設備容量



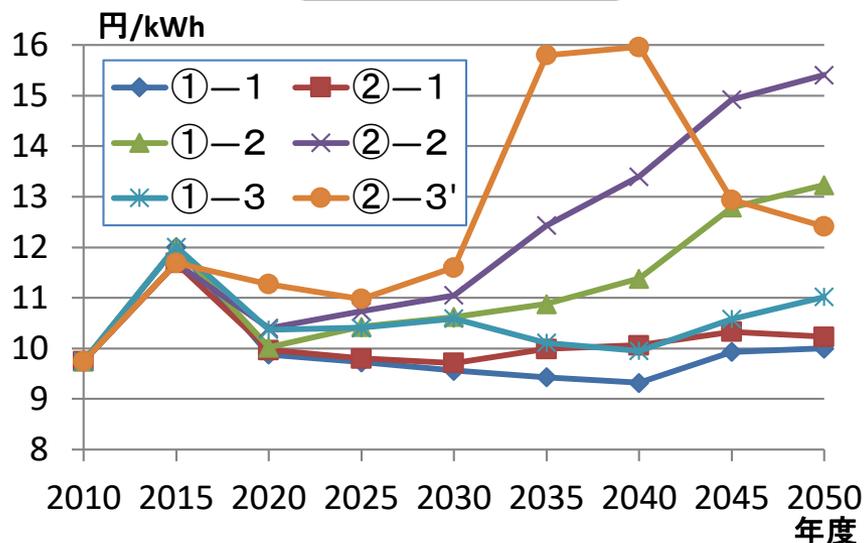
発電電力量



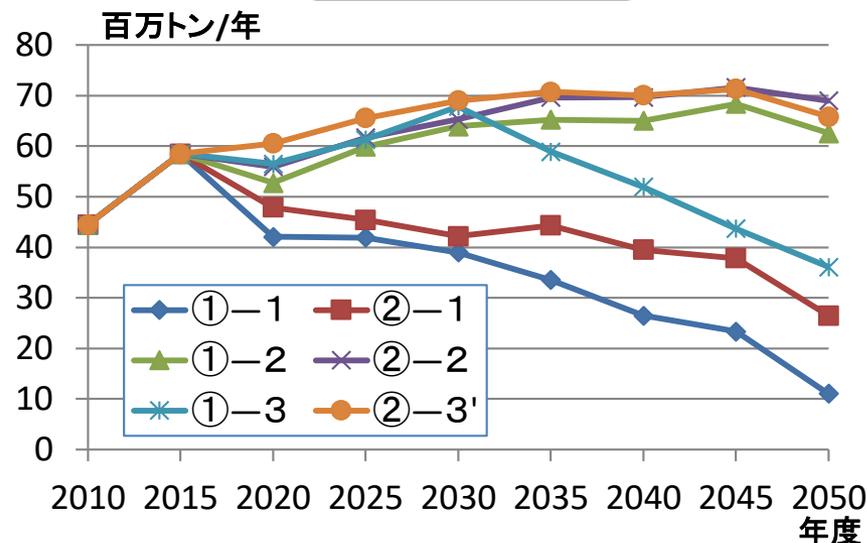
2040年以前は400g/kWhを満たす解を得られなかったため、上限制約を解がある414gまで緩めた。2035~40年はCO<sub>2</sub>削減のため、石炭火力を止めて石油火力を焚き増しする必要が生じる。

# 発電コストとLNG消費量のケース比較

発電コスト



LNG消費量



石炭火力の新設を禁止するケース①-2や②-2、および②-3'では発電コストが高騰するとともに、LNG消費量が高止まりする。一方、ケース①-3は、発電コストの上昇が、CO<sub>2</sub>制約がない場合と比べて小幅に抑えられているとともに、LNG消費量も長期的に減少傾向となる。

# 結果のまとめ

ケース	設定条件		評価指標		
	原子力 発電	CO <sub>2</sub> 制約 or 発電設備 制約	CO <sub>2</sub> 原単位	発電コスト	LNG消費量
①-1	半減維持	なし	×	○	○
②-1	撤退	なし	×	○	○
①-2	半減維持	石炭火力 禁止	○	△ → ×	×
②-2	撤退	石炭火力 禁止	△	△ → ×	×
①-3	半減維持	400g/kWh	△	○	△ → ○
②-3'	撤退	400g/kWh (一部414g)	△	× → △	×

試算したケースの中では、ケース①-3が総合的に最も優れていると思われる。

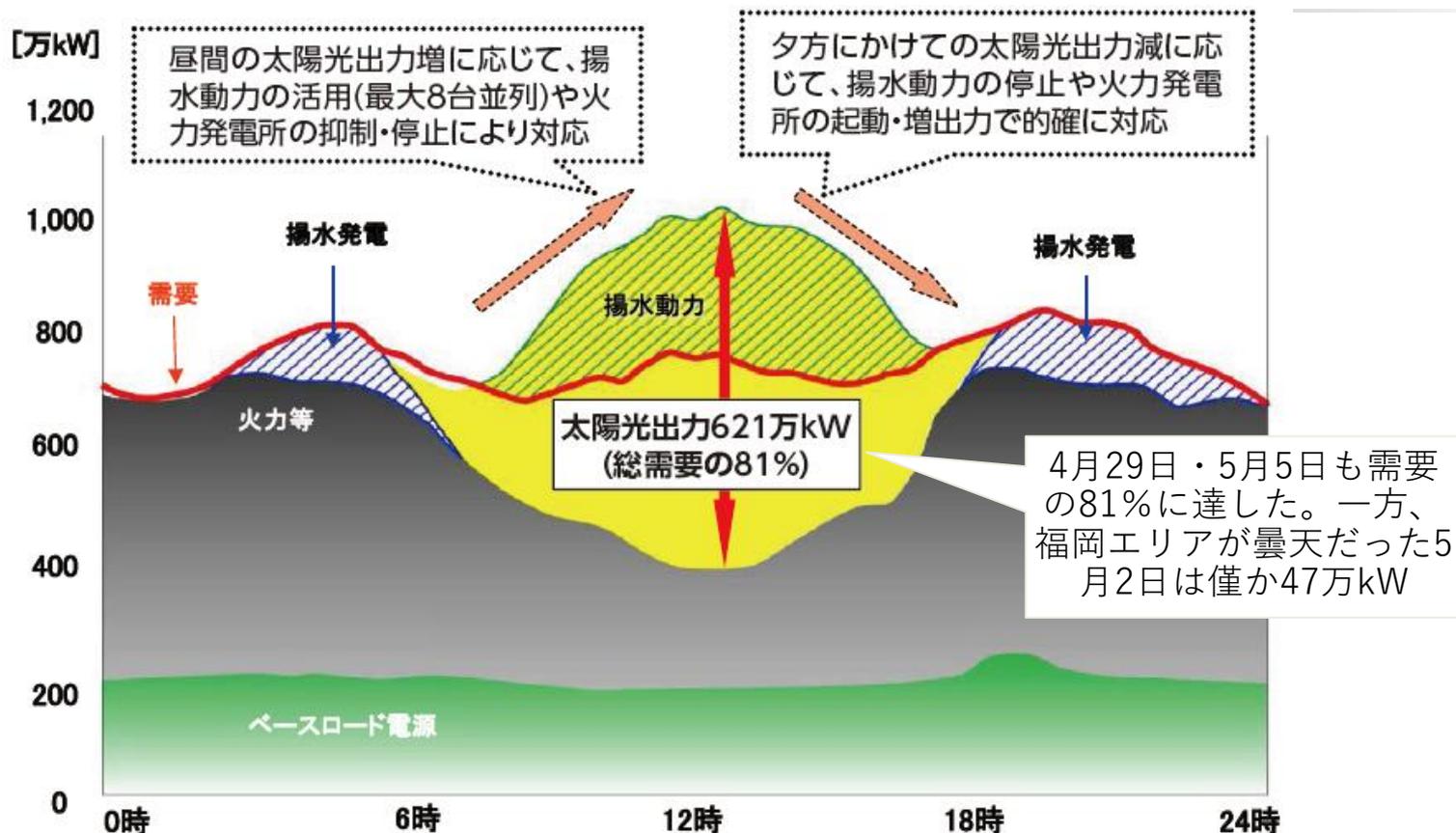
# 結 論

- ◆ LNG火力と非化石電源を組み合わせた電源構成では、EV (PHV) はHVと比べて確実にCO<sub>2</sub>を削減できる。
- ◆ しかし、この場合、コストやエネルギー安全保障の面で課題が生じる。このため、当面は石炭火力を一定量維持しつつ、長期エネルギー需給見通し並みのCO<sub>2</sub>原単位目標をクリアすることが重要である。
- ◆ より長期的には、2050年頃の大規模削減を可能とするため、非化石電源の割合を高め、CO<sub>2</sub>原単位を一層低減していくべきである(系統安定性のため、一定量の同期発電機などの回転機が必要)。

# 今後検討すべきこと

- ◆ EV (PHV) のカタログと実際の電費の違い、および補機動力影響の精査
- ◆ 太陽光発電の導入が進み、春季・秋季の昼間に大量の余剰電力が発生するとともに、従来電源の運用が困難になっている。EV (PHV) の充電は、従来のように深夜電力で行うのではなく、なるべく太陽光発電の余剰電力を利用すべき(料金面での誘導も含め)。
- ◆ EV (PHV) は、シェアリングや自動運転技術との親和性が高いと思われる。これらとの融合による、先進的なEV (PHV) の利用によるCO<sub>2</sub>の削減を目指すべき。

# (参考)2018年5月3日の九州の電力需給



九電グループ環境報告書2018

[http://www.kyuden.co.jp/environment\\_booklet\\_action-report18.html](http://www.kyuden.co.jp/environment_booklet_action-report18.html)

**太陽光発電の出力変動に対応するため、揚水発電による余剰電力の吸収や、火力発電の出力調整・起動停止が頻発している。**