

# 2030年における 電力エネルギー・ベストミックス 中間報告

2012年12月

公益社団法人 日本技術士会 電気電子部会  
電力エネルギー構想会議(PESC) 電力供給分科会  
〈Power Energy Study Committee〉

# 目次

1. 前文  
    検討の手順
2. ベストミックス概要説明
3. 再生可能エネルギーの問題点
  - 1) 太陽発電
  - 2) 風力発電
  - 3) 地熱発電
  - 4) 水力
  - 5) 潮力・海流・波力
  - 6) スマートグリッド・蓄電設備の必要性
4. 電源構成
5. 各電源コスト比較
6. エネルギーミックスの検討
  - 1) エネルギーベストミックスの検討方法
  - 2) 原子炉の廃炉・増設を仮想した2030年時点のエネルギーミックス
  - 3) 2007年現在のエネルギーミックス(ケース0)
  - 4) 震災前政府エネルギー基本計画(ケース1)
  - 5) 40年経過原子炉廃炉(ケース2)
  - 6) 原子力発電が0の場合(ケース3)
  - 7) 仮想ベストミックス(ケース4)
  - 8) 原子力発電が0の場合の発電量グラフ
  - 9) 仮想ベストミックスの1日の発電量グラフ
7. 発電電力量の各ケース比率
8. 現状での発電コスト・CO<sub>2</sub>排出量・電気料金を基準にした各ケースの割合
9. 発電量コスト、CO<sub>2</sub>排出量の計算根拠
10. 電気料金の予想
11. ベストミックス策定の判断基準

# 1. 前 文

2010年6月経済産業省で策定されたエネルギー基本政策は、東日本大震災後にその見直しが進行中である。

当電力エネルギー構想会議(PESC)では、どのような割合で各種電源を組み合わせることが有効かつ現実的であるかを検証し、**分かりやすく世間に発信する。**

これまでのエネルギー基本政策は、『温室効果ガス25%削減』を念頭に、CO<sub>2</sub>を排出しない原子力を増強し、2030年までに原子力発電所を14基新增設し、全発生電力量の53%を賄うというものであった。

本中間報告では、再生可能エネルギーの問題点を抽出しながら、**コストとCO<sub>2</sub> 排出量及び電気料金**を検証し、2030年時点での電力エネルギーベストミックスを策定したい。

# 検討の手順(中間報告)

電力エネルギーのベストミックスを策定するため、以下の手順で検討していくこととする。

【手順1】エネルギー(電源)は、火力・原子力・再生可能エネルギーの三種類で構成されていることを説明する。⇒現状の電力エネルギーミックス状況



【手順2】再生可能エネルギーの問題点を抽出する。



【手順3】電力エネルギーのベストミックスは、三種類のエネルギーを、ある尺度で評価・想定し検討を進める。(コージェネレーションは含まず)



【手順4】検討の基本として、再生可能エネルギー、原子力、火力の比率の比較検討のため数種類のケースを想定する。

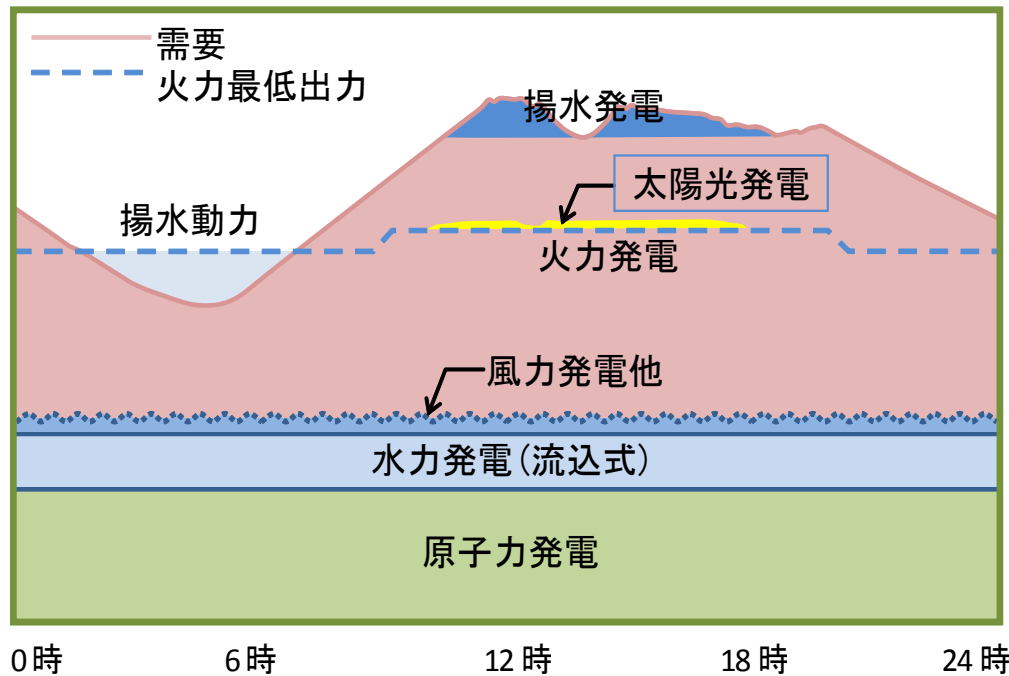


【手順5】各エネルギーのコスト、CO<sub>2</sub>排出量及び電気料金を算出し、エネルギーミックスの検討材料とする。

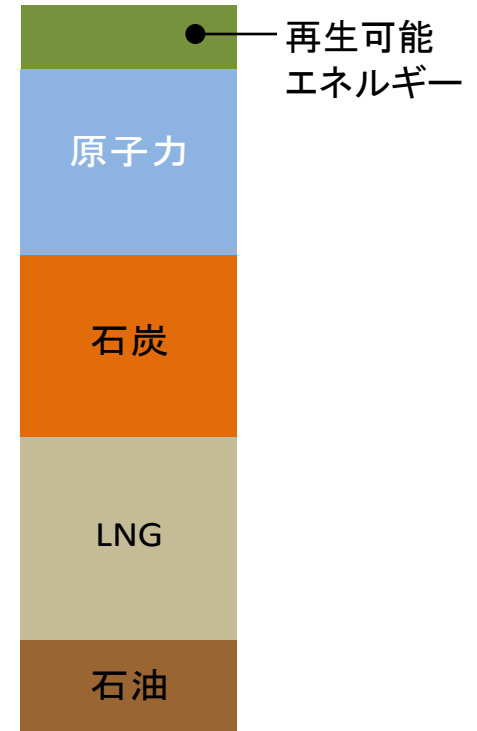


【手順6】電力ベストミックス策定の判断基準を検討する。  
今回の中間報告では、判断基準を検討する前段階までとする。

# 2. 電力エネルギーミックス概要説明



1日の発電電力量の推移図(夏季)



各電力エネルギーの発電電力量の比率棒グラフ

# 3. 再生可能エネルギーの問題点①

## 1) 太陽光発電-1



・コスト高 (2011.12.19政府エネルギー環境会議発表)

2010年 30.1～45.8円/kWh (ex.石炭火力 9.5円/kWh)

2030年 12.1～26.4円/kWh (ex.石炭火力 10.3円/kWh)

・低稼働率・出力不安定・劣化の進行

夜間発電不可・曇天発電大幅減:稼働率は12%程度

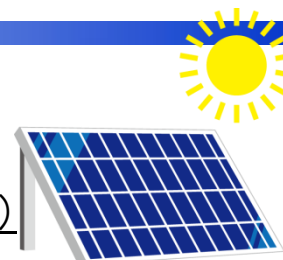
(経済産業省エネルギー・環境会議 H23. 12.19)

(パネルは年間0.5%程度の劣化がある)

# 3. 再生可能エネルギーの問題点①

## 1) 太陽光発電-2

・膨大な設置面積 実績 2,000kW⇒47,000m<sup>2</sup>(保守スペース含む)



太陽光発電で原子力1基分(100万kW)と同等の発電電力量(kWh)を得るには、583万kW分の太陽光発電パネルが必要となる。(稼働率考慮)

原子力の稼働率70%

\* (経済産業省エネルギー・環境会議 H23. 12.19)

太陽光発電の稼働率12%

この場合のパネル設置面積は、約137km<sup>2</sup>が必要となる。

\* 面積の参考: 東京23区621km<sup>2</sup>

参考

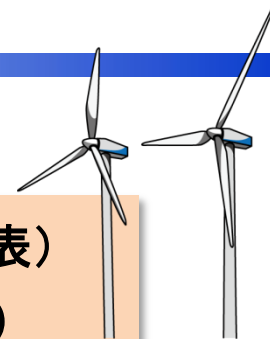
100万kWの出力を得るには約24km<sup>2</sup>の面積が必要

\* 面積の参考: 山手線内側面積65km<sup>2</sup>

5,300万kW分(NEDO目標)を得るには1272km<sup>2</sup>が必要

\* 面積の参考: 東京23区621km<sup>2</sup>

# 3. 再生可能エネルギーの問題点②



## 2) 風力発電-1

・コスト高(陸上) (2011.12.13政府エネルギー環境会議発表)

2010年 9.9~17.3円/kWh (ex. 石炭火力 9.5円/kWh)

2030年 8.8~17.3円/kWh (ex. 石炭火力 10.3円/kWh)

\* 海上の場合はさらに割高

・低稼働率・出力不安定 (荒天、無風時は発電不可)

稼働率は20%程度 (経済産業省エネルギー・環境会議 H23. 12.19)

・環境負荷

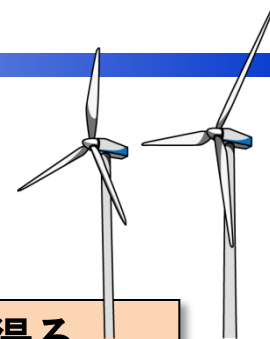
低周波騒音、バードストライク、輸送路による山林破壊、  
撤去後のコンクリート基礎残存(流用不可)

・自然災害

落雷、強風、津波(特に沿岸、洋上設置の場合)



# 3. 再生可能エネルギーの問題点②



## 2) 風力発電-2

- ・膨大な設置面積 同出力では太陽光発電の約3倍の面積が必要

風力発電で原子力1基分(100万kW)と同等の発電電力量(kWh)を得るには、出力350万kW分の風力発電が必要となる。(稼働率考慮)

原子力の稼働率70%(経産省)

風力発電の稼働率20%



この場合の風力発電設置面積は、約250km<sup>2</sup>が必要となる。  
\* 面積の参考: 東京23区621km<sup>2</sup>

参考

100万kWの出力を得るには約70km<sup>2</sup>の面積が必要  
\* 面積の参考: 山手線内側面積65km<sup>2</sup>

# 3. 再生可能エネルギーの問題点③

## 3) 地熱発電 (ポテンシャルは世界第3位ではあるが)

- ・建設箇所の問題  
国立公園内が多く建設箇所は限られる(規制緩和に期待)
- ・資源の枯渇  
近傍の温泉水枯渇が懸念
- ・有毒ガス対策が必要

## 4) 水力

- ・建設の問題  
新規開発箇所は小規模で限られている、浚渫が必要  
水利権取得に時間を要する
- ・環境負荷  
ダム建設による周辺地域の環境破壊、放流による下流への土砂被害

# 3. 再生可能エネルギーの問題点④

## 5) 海流・潮流・波力発電

- ・建設箇所の問題

国内には立地条件良好な箇所が少ない  
潮の干満差が諸外国に比較して小さい  
漁業権の問題

- ・機器の耐用年数

海水のため機器耐用年数は他の発電と比較してかなり短い  
貝対策が必要

- ・機器の開発状況

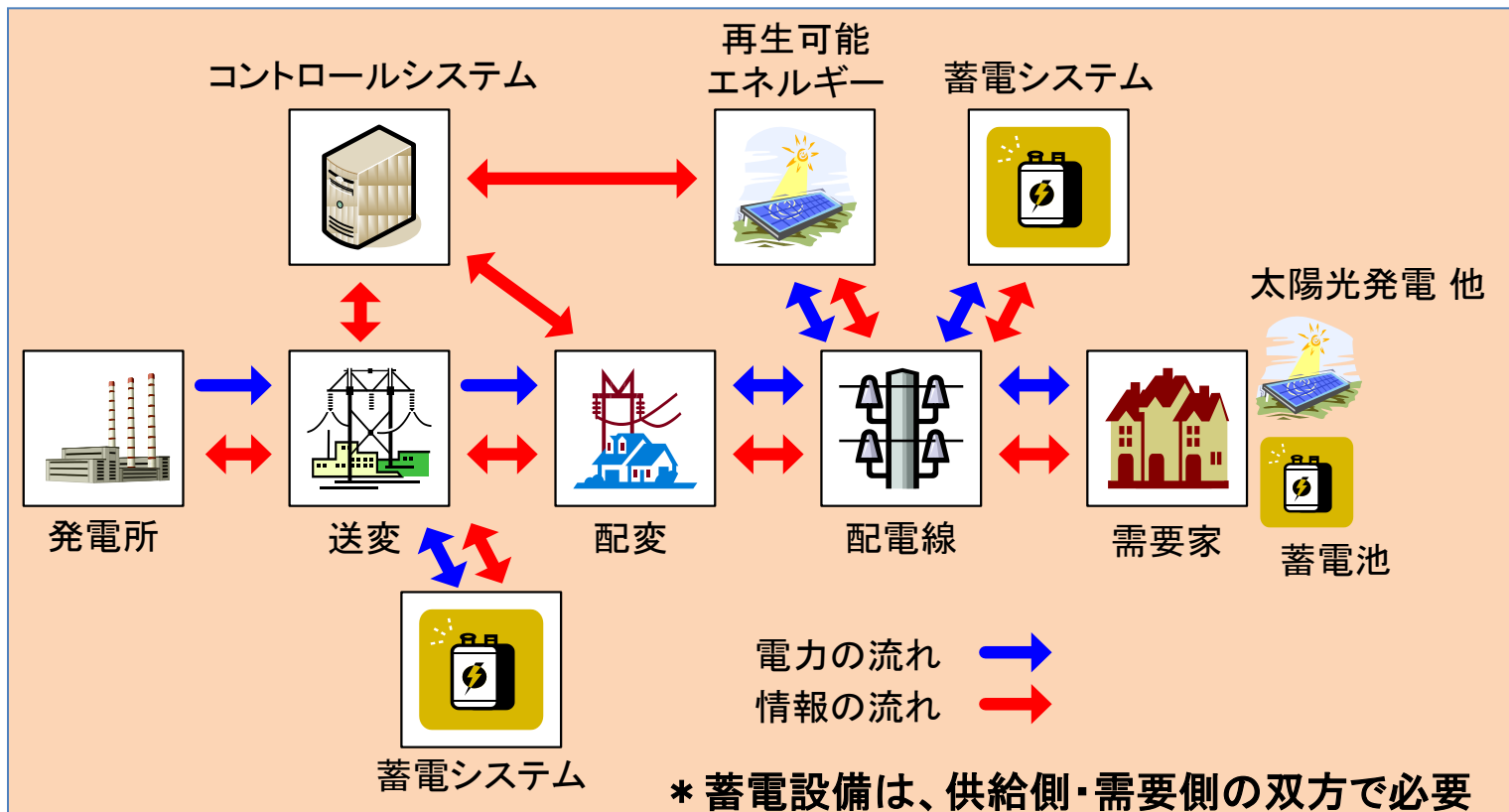
諸外国では実用段階に入っているが、国内では開発の途上

# 3. 再生可能エネルギーの問題点⑤

## 6) スマートグリッド・蓄電設備等の系統対策が必要

負荷変動の大きい再生可能エネルギーの導入規模を大きくする場合は、逆潮流抑制・周波数電圧変動対策・余剰電力対策として、スマートグリッドや蓄電設備の整備が必要となる。

### スマートグリッド・蓄電設備の概念図



# 3. 再生可能エネルギーの問題点⑤

負荷変動幅の大きな再生可能エネルギー導入に伴う系統対策コストは非常に大きい (総合資源エネルギー調査会基本問題委員会H24.4.26)

## ・スマートグリッド(系統対策)のコスト

電力エネルギーミックス比率とコスト		
原子力	再生可能エネルギー	コスト(系統対策)
25%	25%	6.8兆円
0%	35%	21.1兆円

\* 余剰電力対策は、出力抑制による調整費用で算出した。(蓄電池によらない場合)

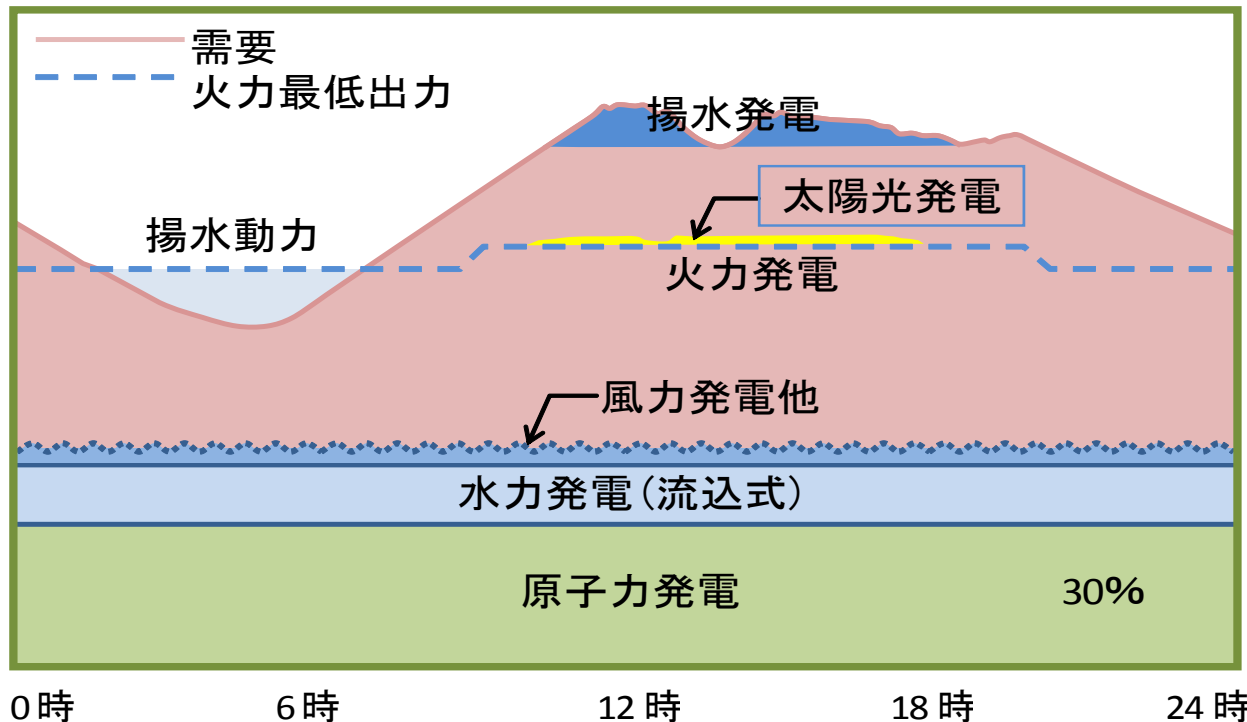
## ・蓄電設備のコスト

余剰電力対策すべてを蓄電池で実施した場合は、  
88.3兆円～110.6兆円

# 4. 電源構成①

1日の電力量の組合せで、電力エネルギーミックスを評価した。

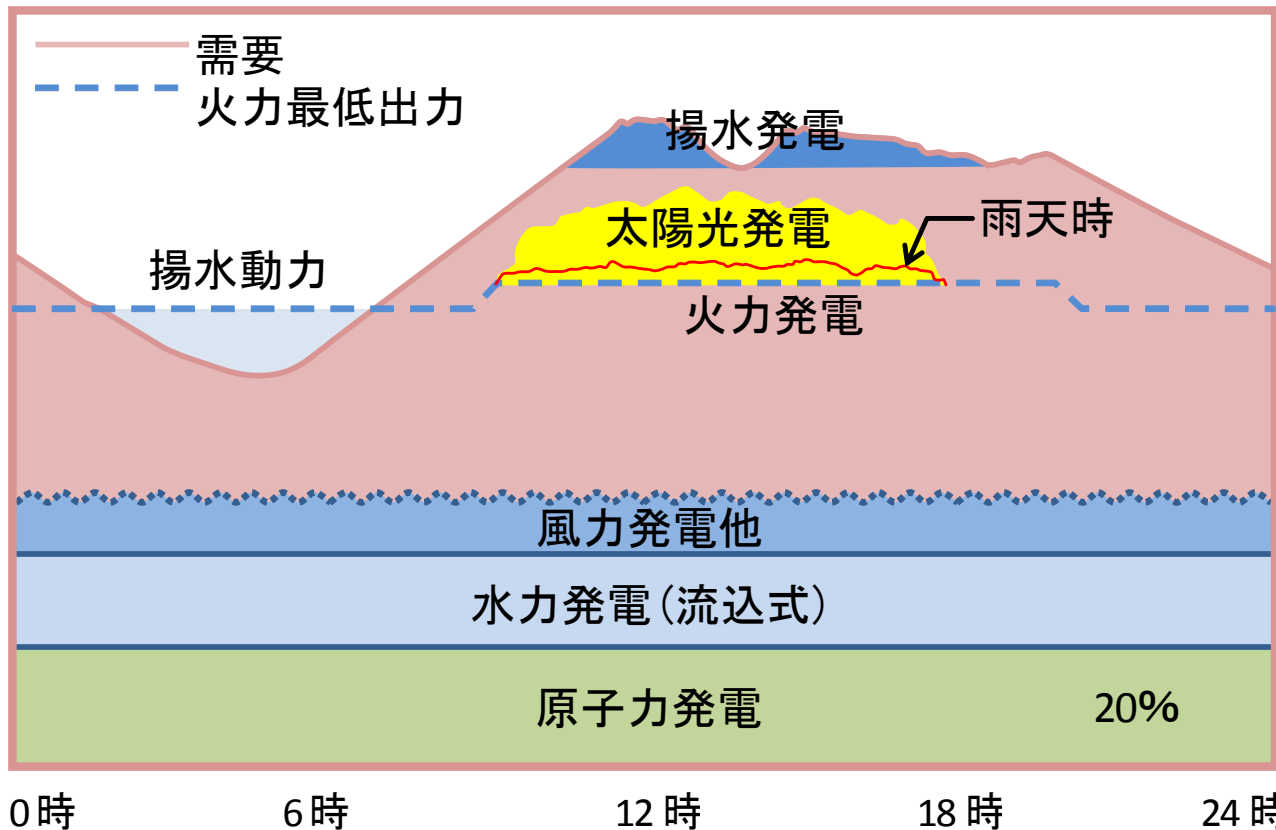
## 1) 現状: 2007年実績(夏期)



原子力は全発生電力量の約30%(26%)であった。水力以外の再生可能エネルギーの占める割合は僅かで、系統に与える影響は無視できた。

# 4. 電源構成②

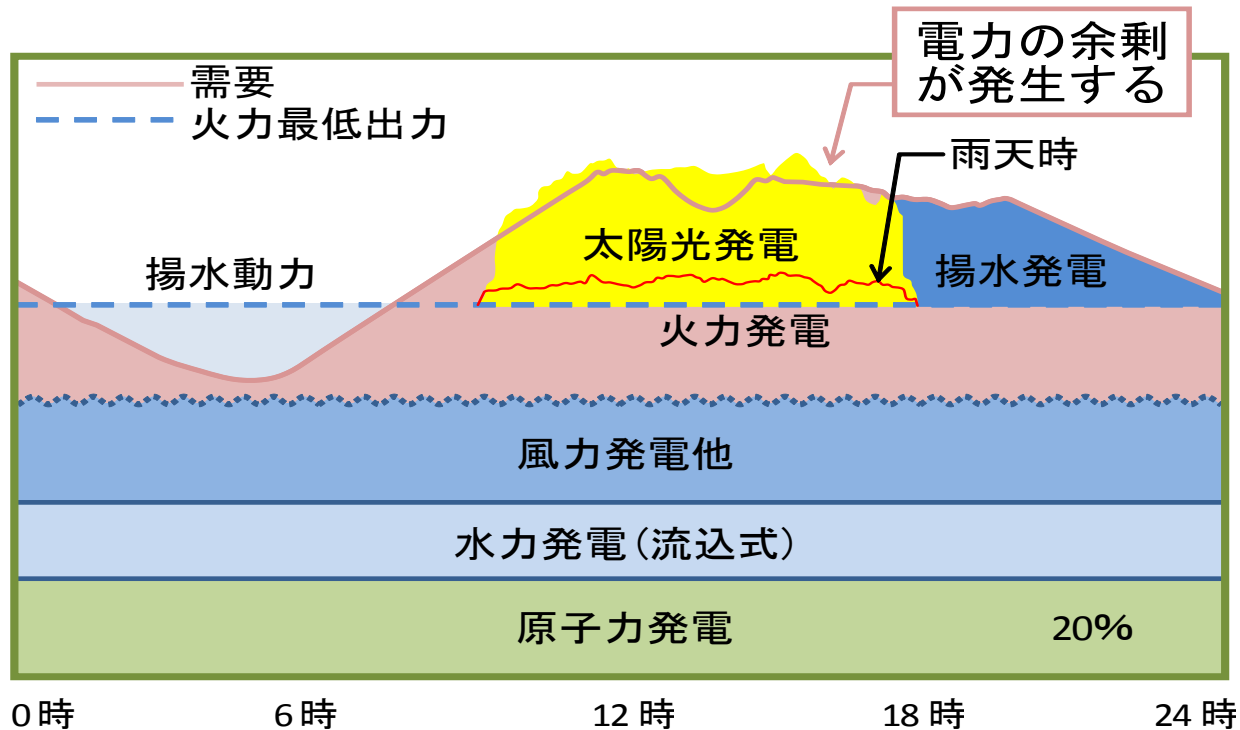
## 2) 仮想エネルギーベスト・ミックス案(夏期)



段階的に原子力への依存度を下げるとしても、20%まで下げるのが限度と想定した。原子力の発電量減少や化石燃料高騰を、再生可能エネルギーで補える上限値を検証する必要がある。

# 4. 電源構成③

## 3)再生可能エネルギー過剰状態(夏期)



再生可能エネルギーを過剰に導入した場合(できたとして)、電力の余剰が一時的に発生する可能性がある。そのため、逆潮流抑制及び周波数変動の対策として蓄電設備やスマートグリッドの整備が必要となる。

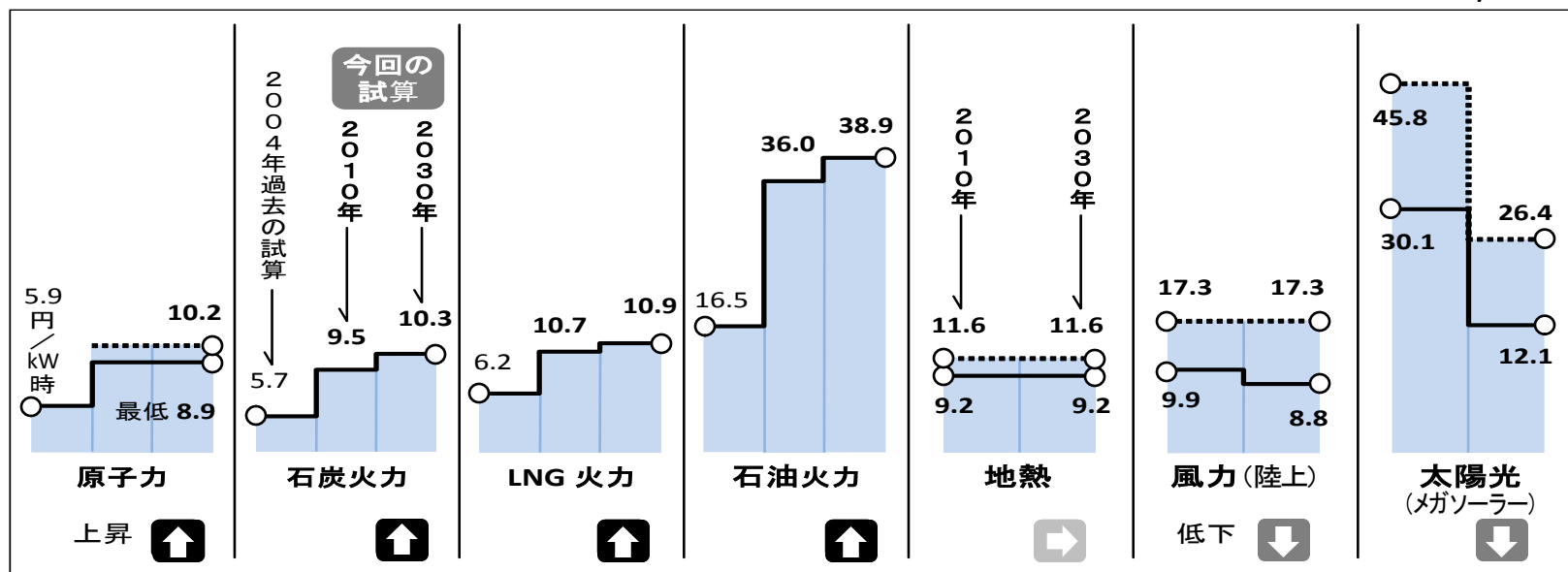


# 5. 各電源のコスト比較①

政府のエネルギー・環境会議で試算された各種電源の発電単価のうち石油火力は高騰するが、事故対策費用を見込んだ原子力の発電単価は石炭・LNG火力とほぼ同等となった。

(2011年12月19日 政府エネルギー・環境会議のコスト等検証委員会の試算)

単位: 円/kWh



(注)・原子力は事故費用5.8~20兆円で想定。

(事故費用1兆円増加する毎に発電単価0.1円上昇)

- ・風力と太陽光は立地条件などで幅が出る。
- ・本検証委員会のコストを基本にして検討する。

# 6. 電源エネルギーミックスの検討①

## 1) 電力エネルギーベストミックスの検討方法

原子力の出力で各ケースを想定し、電力エネルギーベストミックスの検討材料とする。

### ケース0 (原子力約30%)

既存の原子力稼働時の電力エネルギーミックス(2007年時点)

### ケース1 (原子力約53%)

震災前の政府エネルギー基本計画での原子力増設時電力エネルギーミックス

### ケース2 (原子力約15%)

40年経過した原子力を廃炉にして、増設がない場合の電力エネルギーミックス

### ケース3 (原子力0%)

原子力発電を0と想定した場合(極端な場合を想定)

### ケース4 (原子力約20、25、35%)

ケース1とケース2の中間の電力エネルギーミックス (ベストミックスに近似?)

# 6. 電源エネルギーミックスの検討②

## 2) 原子力の廃炉・増設を仮想した2030年の電力エネルギーミックスを検討

1. 既存の原子力総出力 4,947万kW 全54台  
〈全発電電力量の約30%を原子力で賅っている〉

2030年 震災前の政府エネルギー基本計画  
〈全発電電力量の53%を原子力で賅う〉

2030年までに**廃炉**の原子力総出力  
2,961.5万kW全36台(40年経年のもの)

2030年に経年40年炉を廃炉とした場合(増設なし)  
残存する原子力総出力:2,110.1万kW 全20台  
〈全発電電力量の約15%を原子力で賅う〉

原子力発電を0と想定した場合(極端な場合を想定)

2030年 ケース1とケース2の中間の発電電力量を原子力で賅う。(この間にベストミックスがあると想定)  
〈全発電電力量の約20、25、35%を原子力で賅う〉

ケース0

ケース1

ケース2

ケース3

ケース4

# 6. 電源エネルギーミックスの検討③

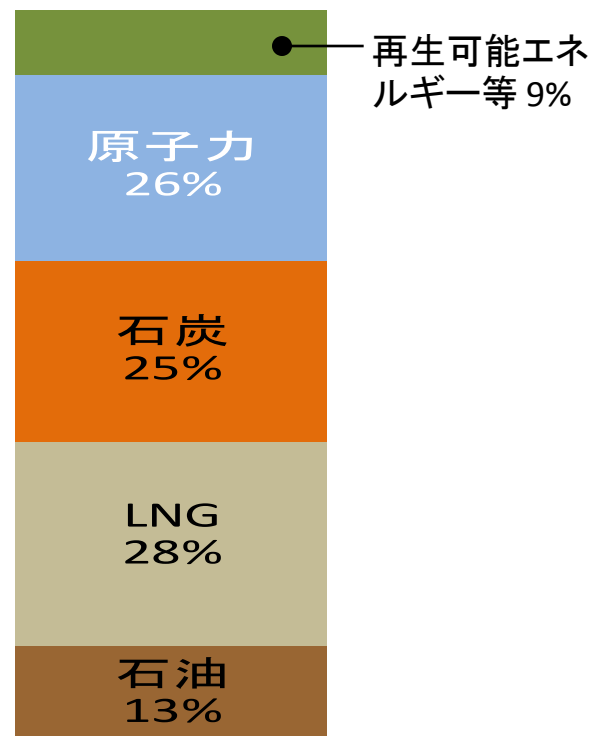
## 3) 2007年現在の電力エネルギーミックス(ケース0)

原子力:4,947万kW

2,638億kWh/年

現状の電力エネルギーミックスを基本に、比較検証し、ベストミックスを検討する。

計10,239億kWh/年



2007年実績＝現状と仮定した

# 6. 電源エネルギーミックスの検討④

## 4) 震災前基本計画時のミックス(ケース1)

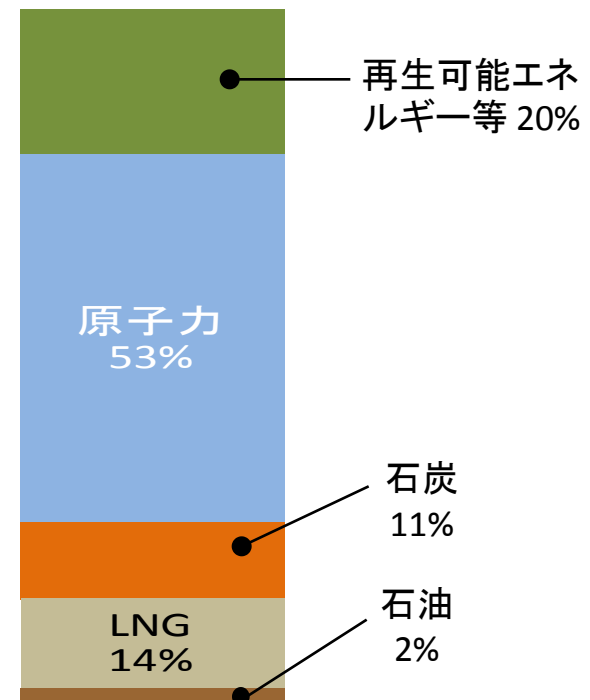
### 検討条件

2030年時点での発生電力量は、震災前の政府エネルギー基本政策の値を採用した。

### 低炭素社会実現をターゲット

化石燃料による発電を減少させて、原子力・再生可能エネルギーを増加させる計画であった。

計10,200億kWh/年



震災前政府エネルギー基本計画  
2030年ケース1

# 6. 電源エネルギーミックスの検討⑤

## 5) 40年経過原子力廃炉時のミックス(ケース2)

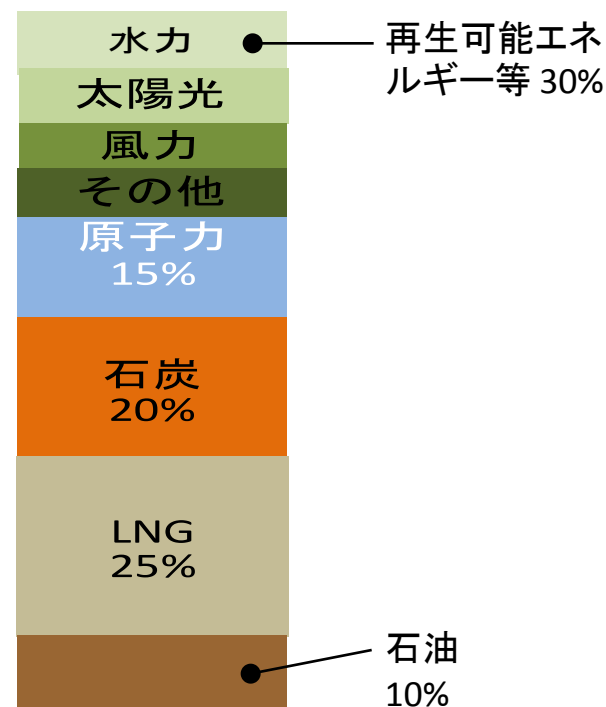
### 検討条件

2030年時点での発生電力量は、震災前の政府エネルギー基本政策の値を採用した。

### 減少する原子力の代替

再生可能エネルギーを大幅に増やし、火力は微減とした。

計10,200億kWh/年



2030年ケース2

# 6. 電源エネルギーミックスの検討⑥

## 6) 原子力発電が0の場合(ケース3)

### 検討条件

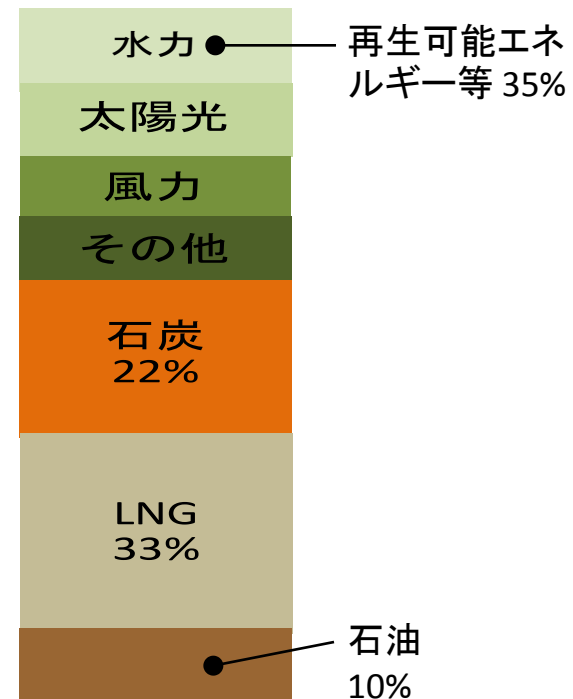
極端な例として原子力を0と想定してみた。

### 原子力の代替

ケース1に対して、火力は微増とし、再生可能エネルギーを大幅に増やさずしかない。

再生可能エネルギーで、発生電力量の40%を賅うのは、現実的ではない。

計10,200億kWh/年



2030年ケース3

# 6. 電源エネルギーミックスの検討⑦

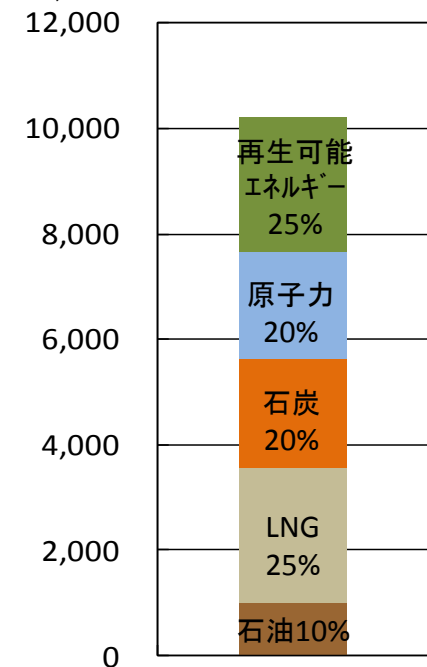
## 7) ケース1とケース2の中間(ケース4): 仮想ベストミックス

### 検討条件

2030年時点での全発生電力量は、震災前政府エネルギー基本政策の値を採用

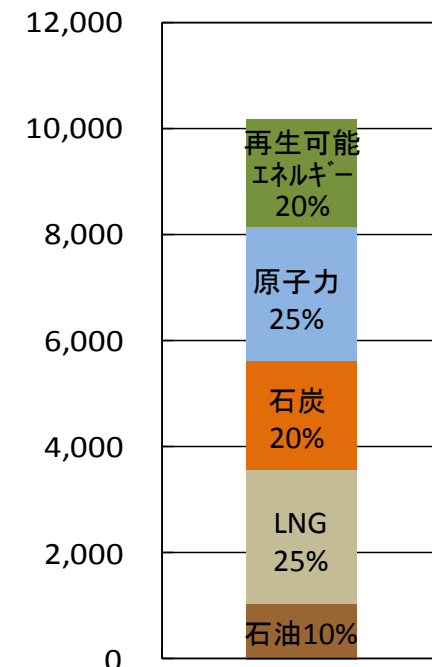
ケース4. 1  
原子力20%

(10,200億kW h/年)



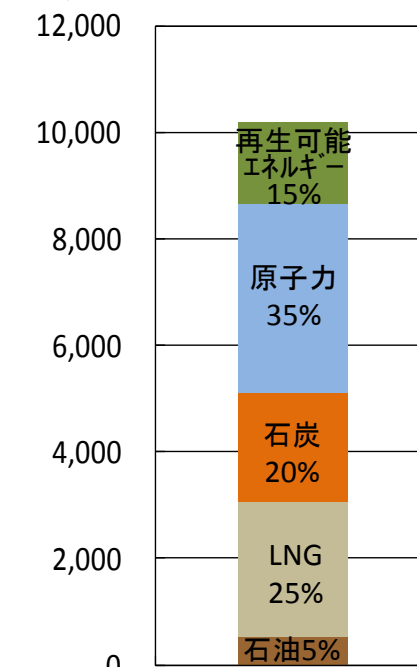
ケース4. 2  
原子力25%

(10,200億kW h/年)



ケース4. 3  
原子力35%

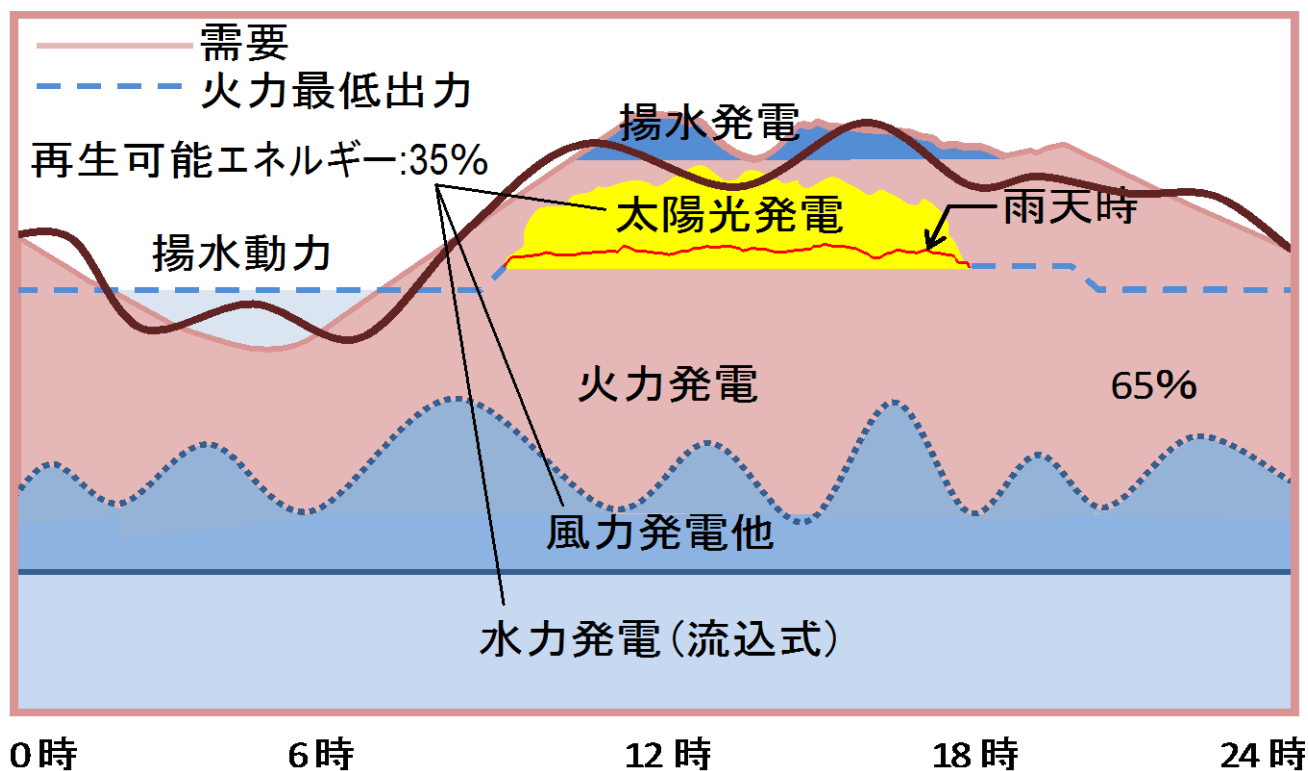
(10,200億kW h/年)





# 6. 電源エネルギーミックスの検討⑧

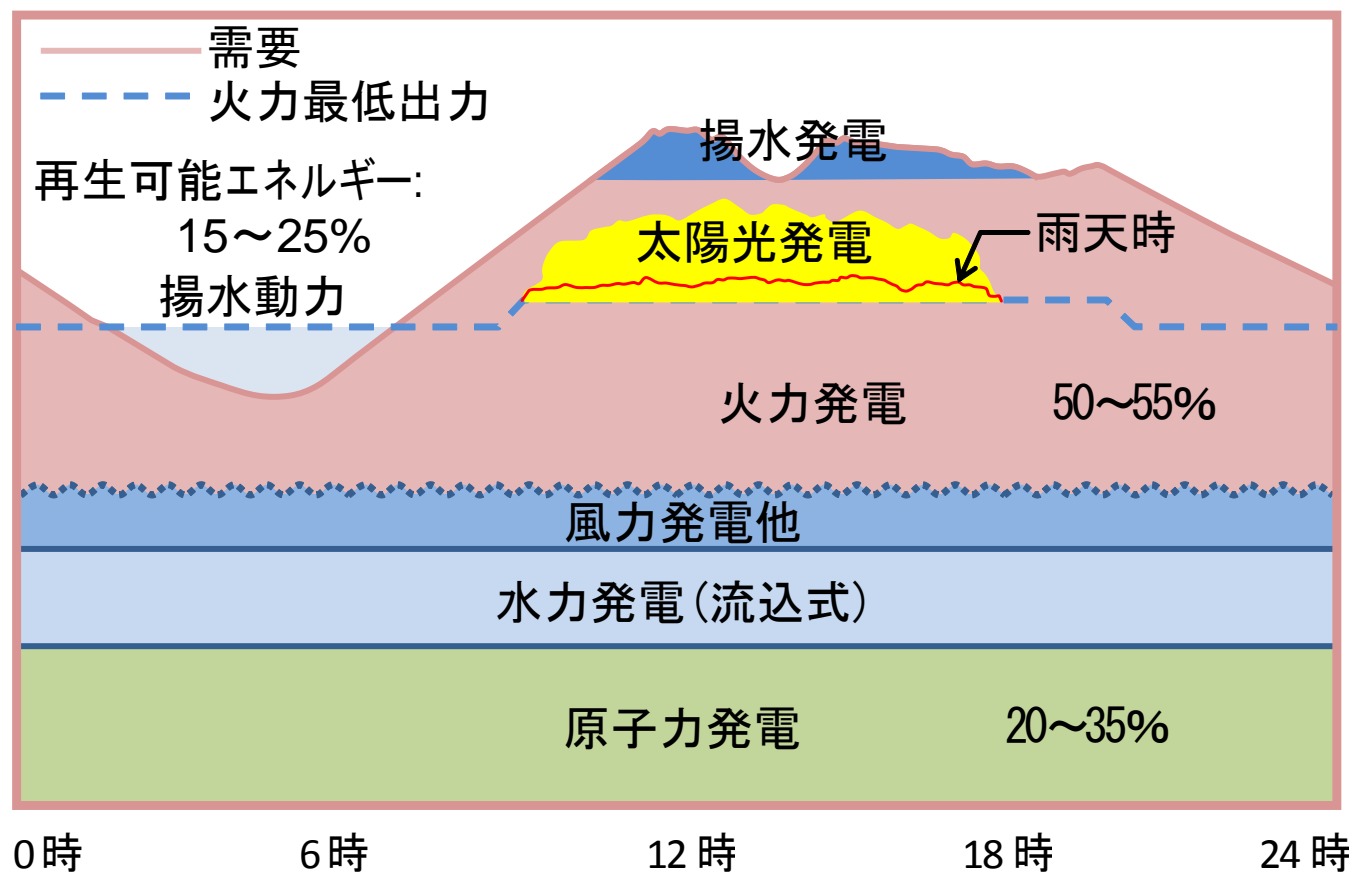
## 8) 原子力0の1日の発電量グラフ(ケース3)



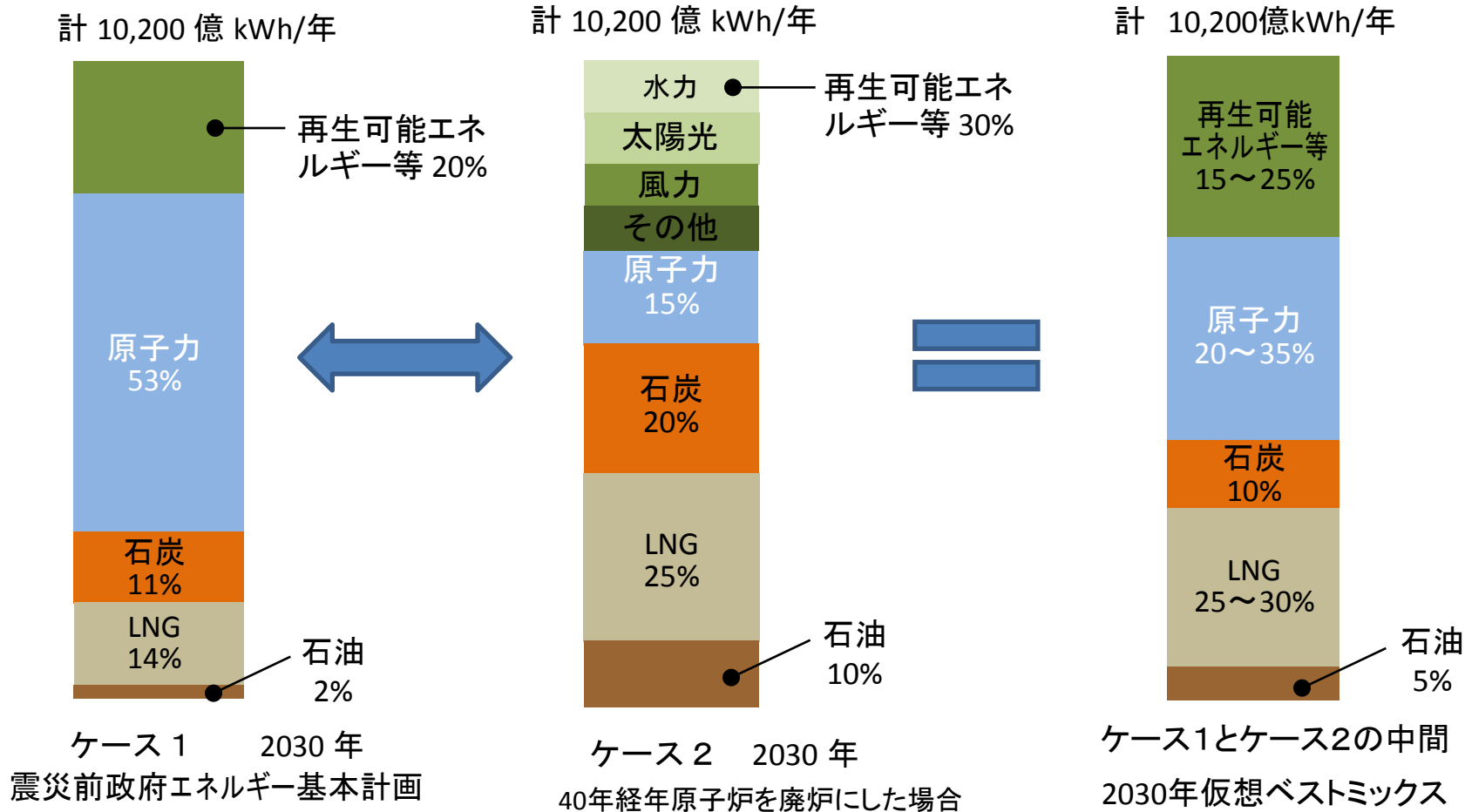
- ・火力発電所の出力調整が頻繁となり、需要曲線に追いつくのが困難
- ・逆潮流・周波数電圧変動を抑えきるには？  
⇒ コスト大幅増(系統対策・蓄電設備の大幅増強が必要)

# 6. 電源エネルギーミックスの検討⑨

## 9) 仮想ベストミックスの1日の発電量グラフ (ケース4)



# 7. 発電電力量の各ケース比率①

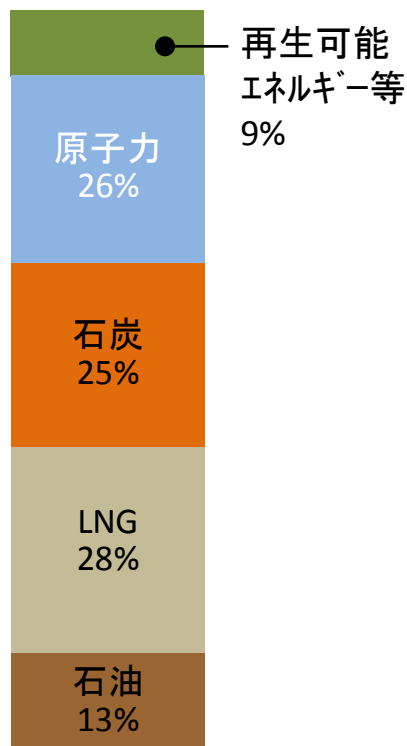


# 7. 発電電力量の各ケース比率②

## 発電電力量と設備容量での比較例

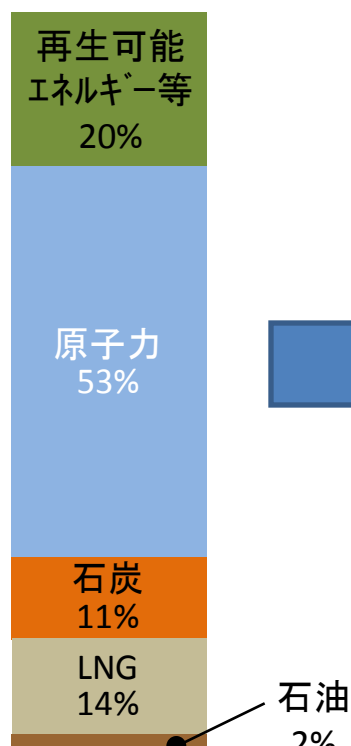
### 発電電力量

計10,239億kWh/年



2007年実績 = 現状と仮定した

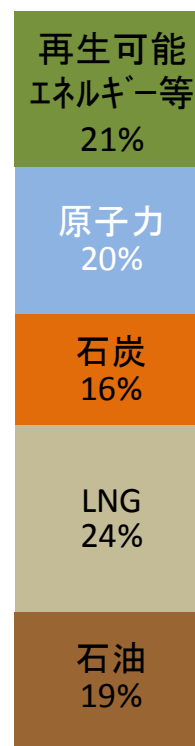
計10,200億kWh/年



2030年  
震災前政府エネルギー基本計画

### 設備容量

計24,161万kW



2007年度実績

計31,798万kW



2030年推計

## 8. 現状での発電コスト・CO<sub>2</sub>排出量・電気料金を基準にした各ケースの割合

### 各ケースの発電コスト、CO<sub>2</sub>排出量の比較表

ケース	現状 原子力 26	基本計画 原子力 53	40年廃炉 原子力 15	原子力 0	原子力 20	原子力 25	原子力 35
項目	ケース0	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4.1	ケース4.2	ケース4.3
原子力(%)	26.0%	53.0%	15.0%	0.0%	20.0%	25.0%	35.0%
石炭(%)	25.0%	11.0%	20.0%	22.0%	20.0%	20.0%	20.0%
LNG(%)	28.0%	14.0%	25.0%	33.0%	25.0%	25.0%	25.0%
石油(%)	13.0%	2.0%	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%	5.0%
再生可エネ(%)	9.0%	20.0%	30.0%	35.0%	25.0%	20.0%	15.0%
	現状(ケース0)に対する各ケースの割合						
発電コスト	100.0%	96.4%	129.5%	142.0%	119.9%	112.3%	95.9%
CO <sub>2</sub>	100.0%	41.3%	82.1%	94.6%	82.1%	82.2%	75.4%
総電気料金	100.0%	約53%	153～213%	188～254%	約133%	約100%	約67%
家庭電気料金	100.0%	約70%	140～185%	143～209%	約121%	約100%	約81%

# 9. 発電量コスト、CO<sub>2</sub>排出量の計算根拠

## 1) 発電量コストの計算根拠(コストに見込んだ項目)

- ①各発電単価(2011年12月 政府エネルギー・環境会議発表)
- ②原子力の発電コストに含まれる項目
  - ・単機120万kWの建設費約4,000億円
  - ・原子力廃炉費、追加的安全対策費、運転維持費
  - ・事故リスクコスト 5.8兆円
  - ・その他
- ④系統対策費(スマートグリッド、蓄電設備等導入費用)  
H24年4月総合資源エネルギー調査会発表のコストを、15年分と想定し  
単年度平均値として算出した。

## 2) CO<sub>2</sub>排出量の計算根拠(現状より排出量を減らすことを基本とした)

H17年資源エネルギー庁発表によるkWh当たりの排出量を基に計算した。



⇒他の要素(安全・環境・自給率・系統対策の限界等々)をベストミックスの判断基準に盛り込んで検討することが今後の課題

# 10. 電気料金の予想①

## 電気料金に関する経産省データ(H24年9月4日発表)

### 総電気料金(年間)

- ①2010年(原子力26%)の場合:15兆円(実績)
- ②2030年(原子力15%)の場合:23兆円~32兆円
- ③2030年(原子力0%)の場合:28.2兆円~38.1兆円

### 家庭の電気料金(月間)

- ①2010年(原子力26%)の場合:9,900円(実績)
- ②2030年(原子力15%)の場合:13,900円~  
18,300円
- ③2030年(原子力0%)の場合:14,130円~  
20,714円

上記データを基に、下表のように原子力依存度20%、25%、35%を想定した。

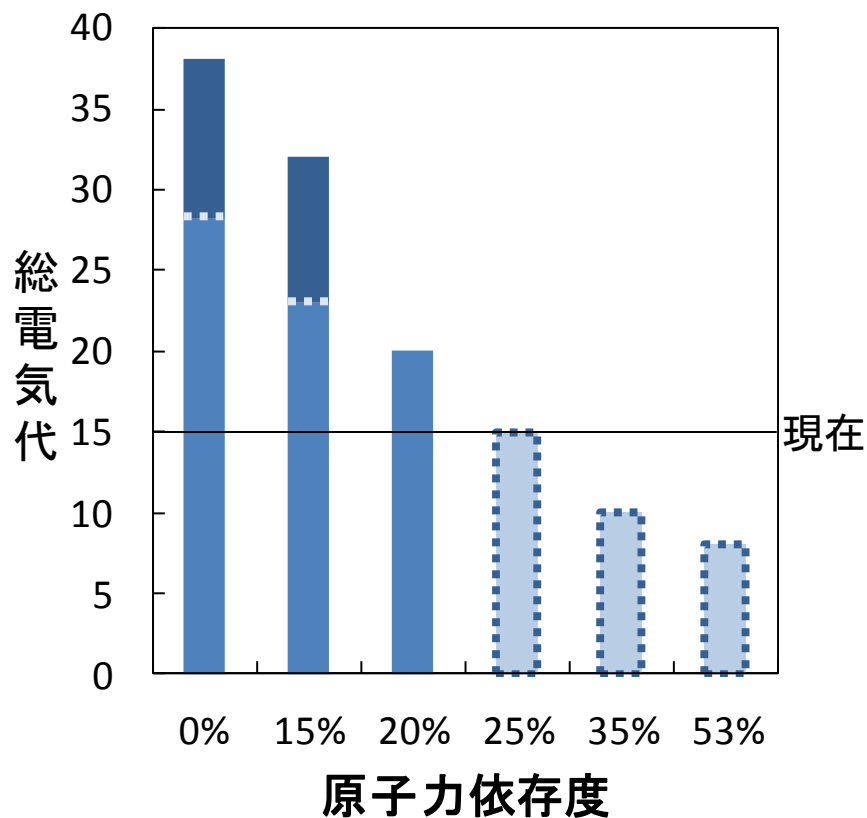
原子力依存度	総電気代 (年間)	家庭の電気料金 (月間)
2010年 (原子力26%)	15兆円	9,900円
2030年 (原子力15%)	23兆円~32兆円	13,900円~18,300円
2030年 (原子力0%)	28.2兆円~38.1兆円	14,130円~20,714円
2030年 (原子力20%)	約20兆円	約12,000円
2030年 (原子力25%)	約15兆円	約9,900円
2030年 (原子力35%)	約10兆円	約8,000円
2030年 (原子力53%)	約8兆円	約7,000円

} 予想値

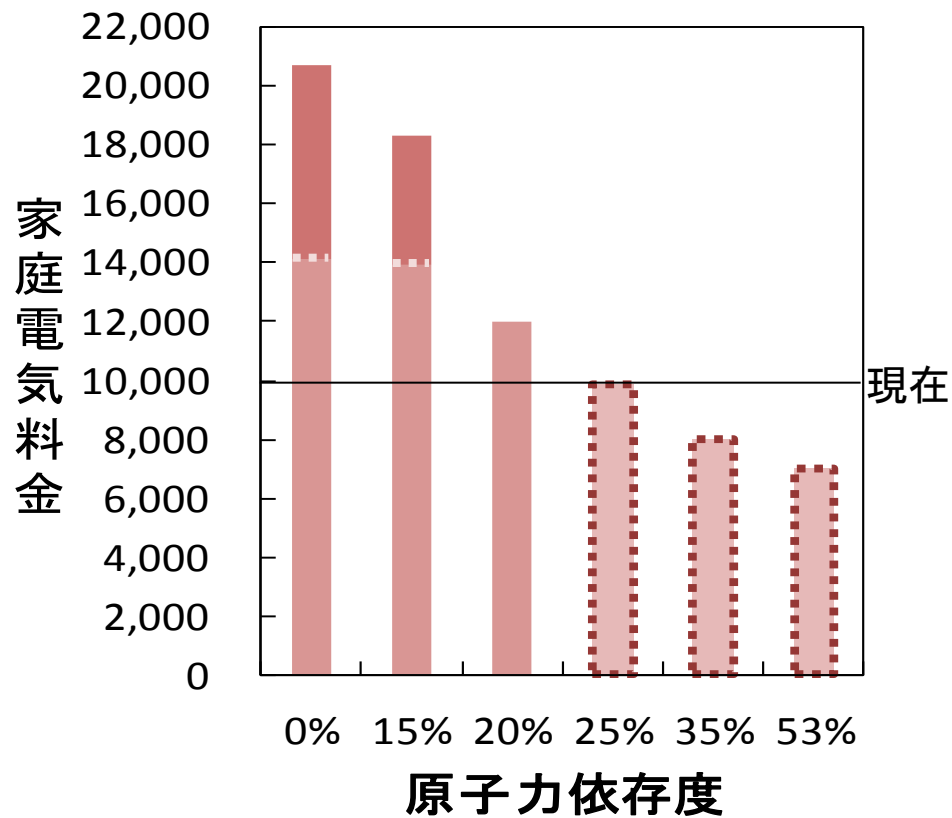
# 10. 電気料金の予想②

## 原子力発電への依存度と電気料金

(兆円/年)



(円/月)





# 11. ベストミックス策定の判断基準

ベストミックスを想定するに当たり、以下の項目を基準とし、総合的に判断する。

1. 発電量コスト
2. CO<sub>2</sub>排出量
3. 電気料金
4. 安全性
5. 環境負荷
6. 自給率 他

漠然としたものもあるが、評価方法を今後検討する。

⇒電力エネルギーベストミックスを検討する上での課題



上記項目を何らかの方法で数値化し、比較検討の上、ベストミックスを策定する。

# 2030年における 電力エネルギー・ベストミックス 中間報告