

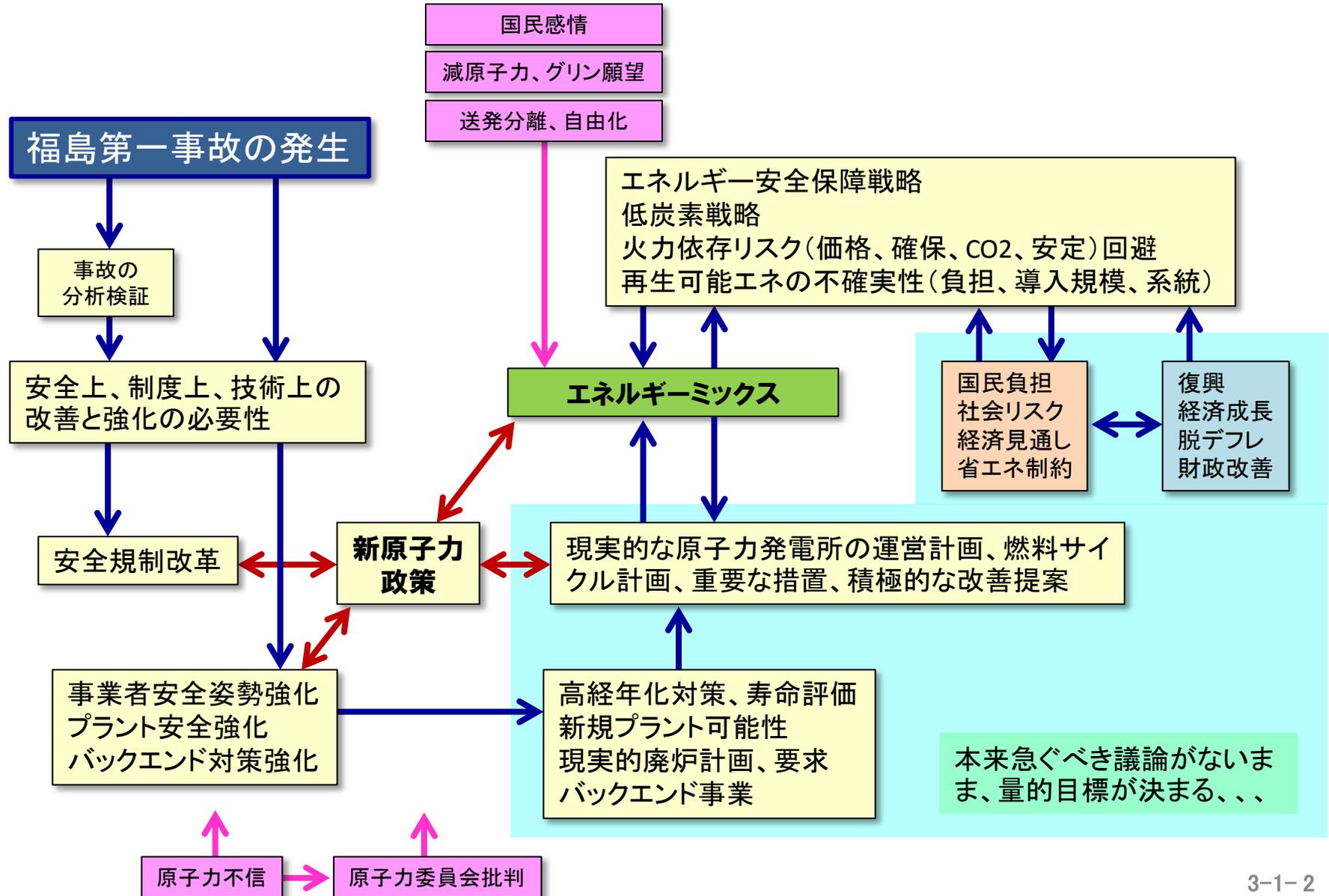
どうする日本のエネルギー

・・・原子力は欠かせない！

2012年8月4日

京都大学原子炉実験所
山名 元

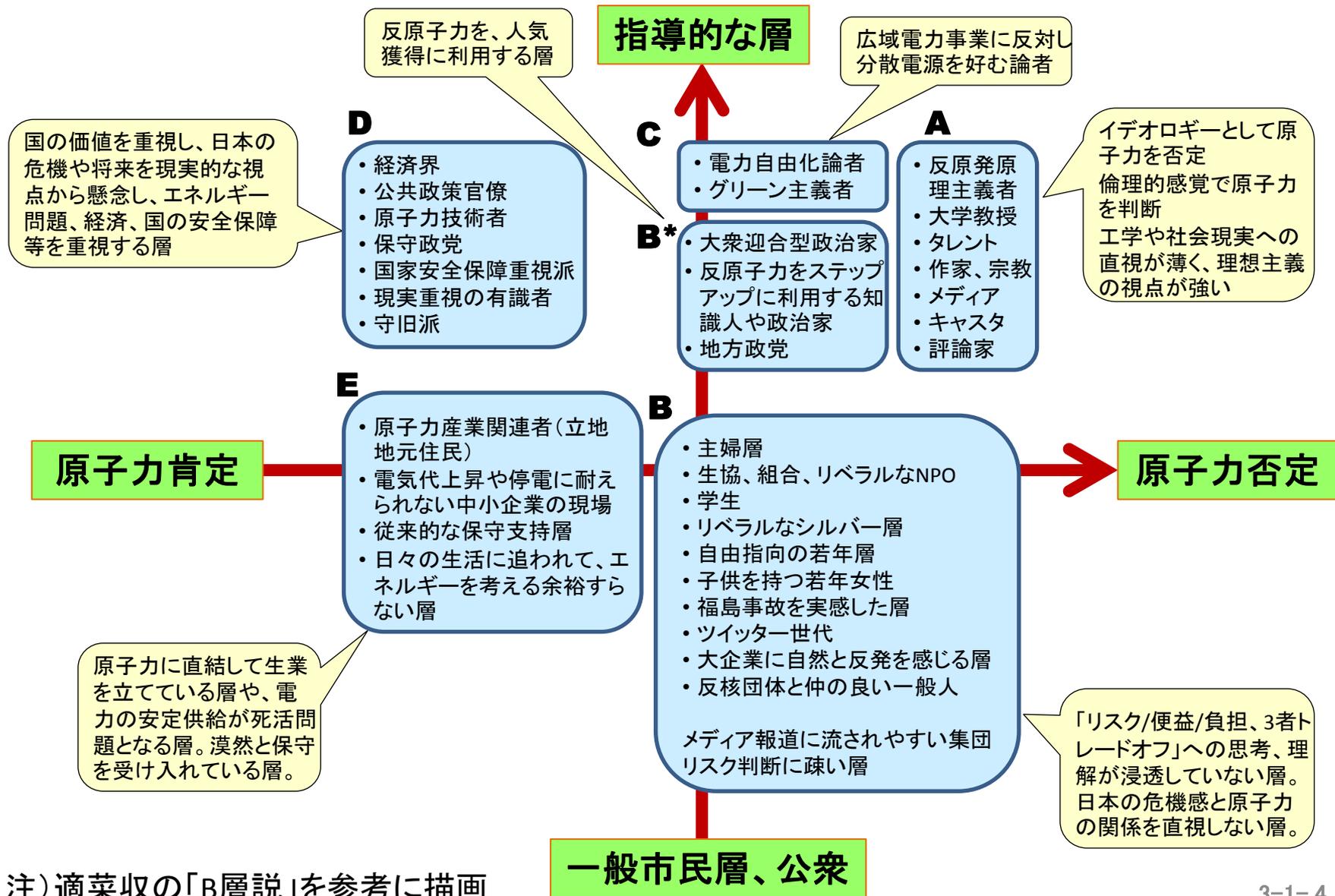
原子力政策審議に思う・・・



エネルギー選択肢(基本問題委)の問題

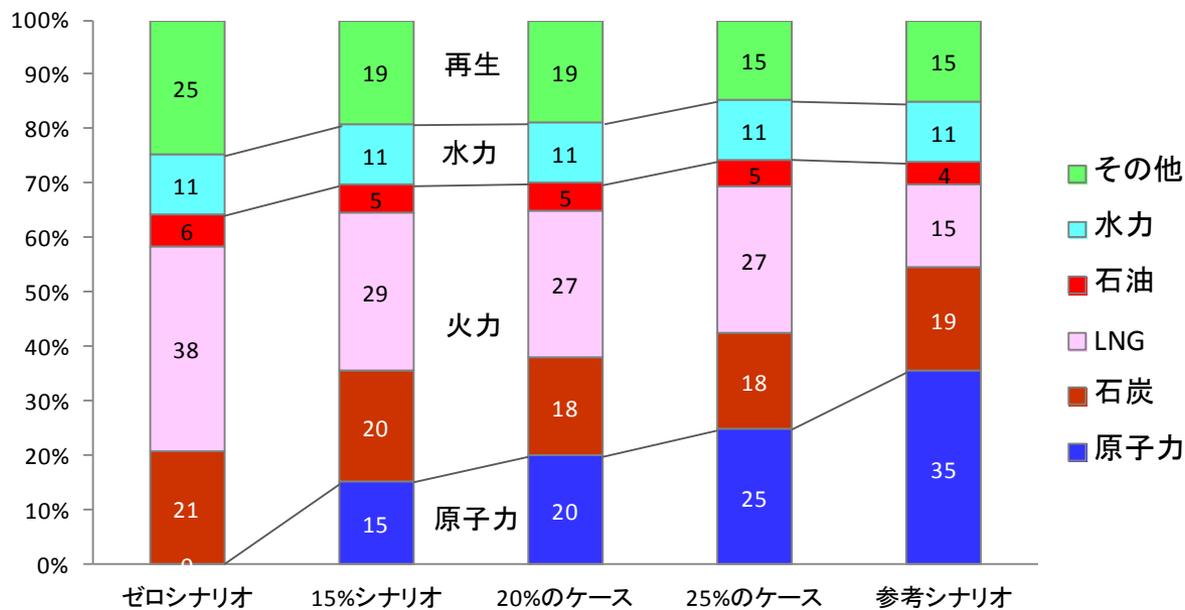
1. 2030年の断面の電源構成だけが議論されており、現実的な時間軸に沿ったビジョンが見えにくい
2. 如何なる電源に関しても、「リスク、社会便益、国民負担(コスト)」についての“社会合意”の熟成プロセスが不足
3. 「脱原子力主張」と「原子力を含めたベストミックス主張」の概念的論争となっており、構成案の実現性や目標実現失敗時の代替策の議論が不足
4. 原子力に内包される「エネルギー安全保障効果(コストでは表せない効果)」の評価が不足
5. 同様に、「減原子力」による影響、特に、マクロ分析ではカウントされない効果(エネルギー安全保障、経済への負のフィードバック等、外部効果)が評価されていない
6. 一年間の電力量(kWh)の議論だけがなされ、より短期での電力量バランス(kWh)や、電力需給(kW)の議論が不足
7. 化石燃料(特に天然ガス)の将来の価格上昇のリスク、化石燃料の供給リスクへの配慮が薄い(楽観し過ぎている)
8. 再生可能エネルギー発電の増強に必要な技術的措置、インフラ投資、制度的な仕組み等に関わる「不確実性」が不明確
9. 海外のエネルギー戦略分析や、海外での最新現状の戦略的な分析が不足
10. 「地球規模でのエネルギー利用の在り方」への配慮が不足

原子力世論の混乱(山名流の見方)

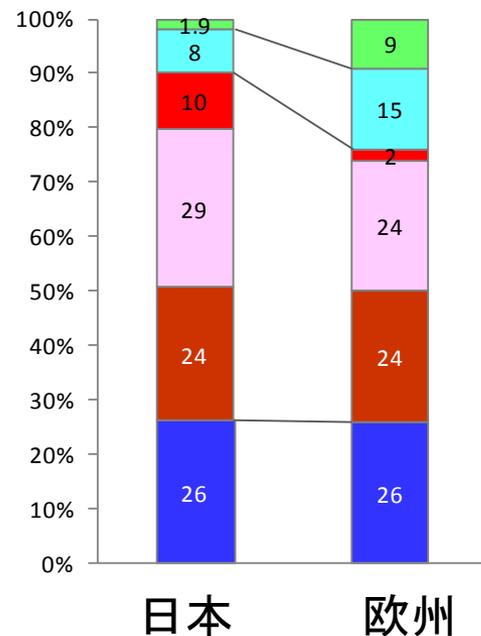


電源構成の選択肢について

2030年電源構成選択肢(審議中)

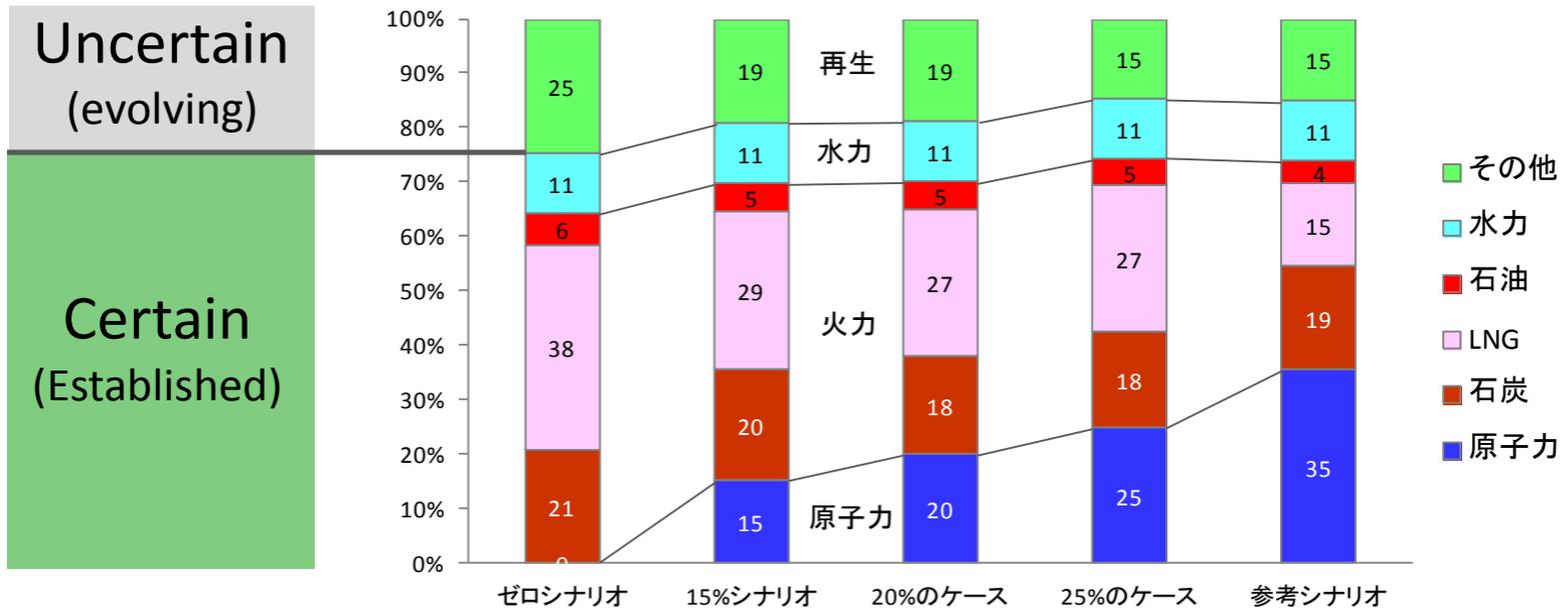


2010年 日、欧比較

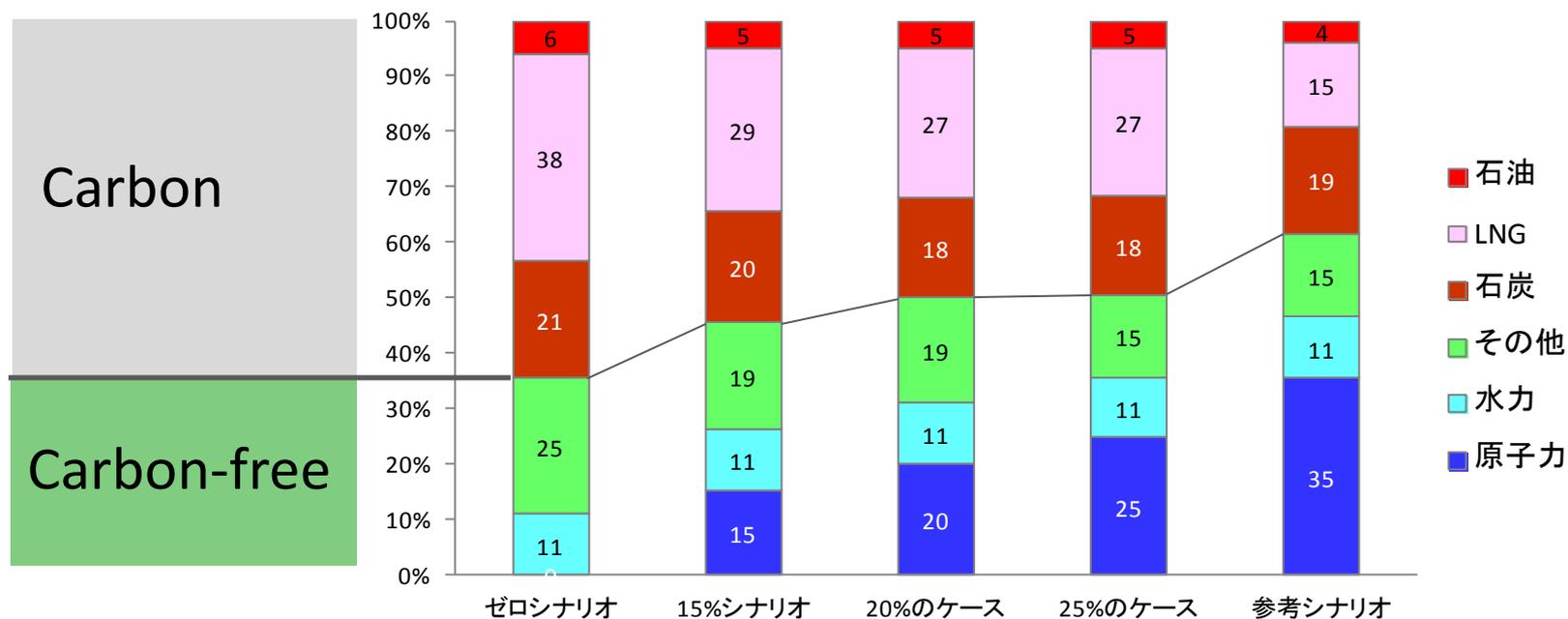


エネ経研、村上朋子氏の指摘により作成

2030年電源構成選択肢(審議中)

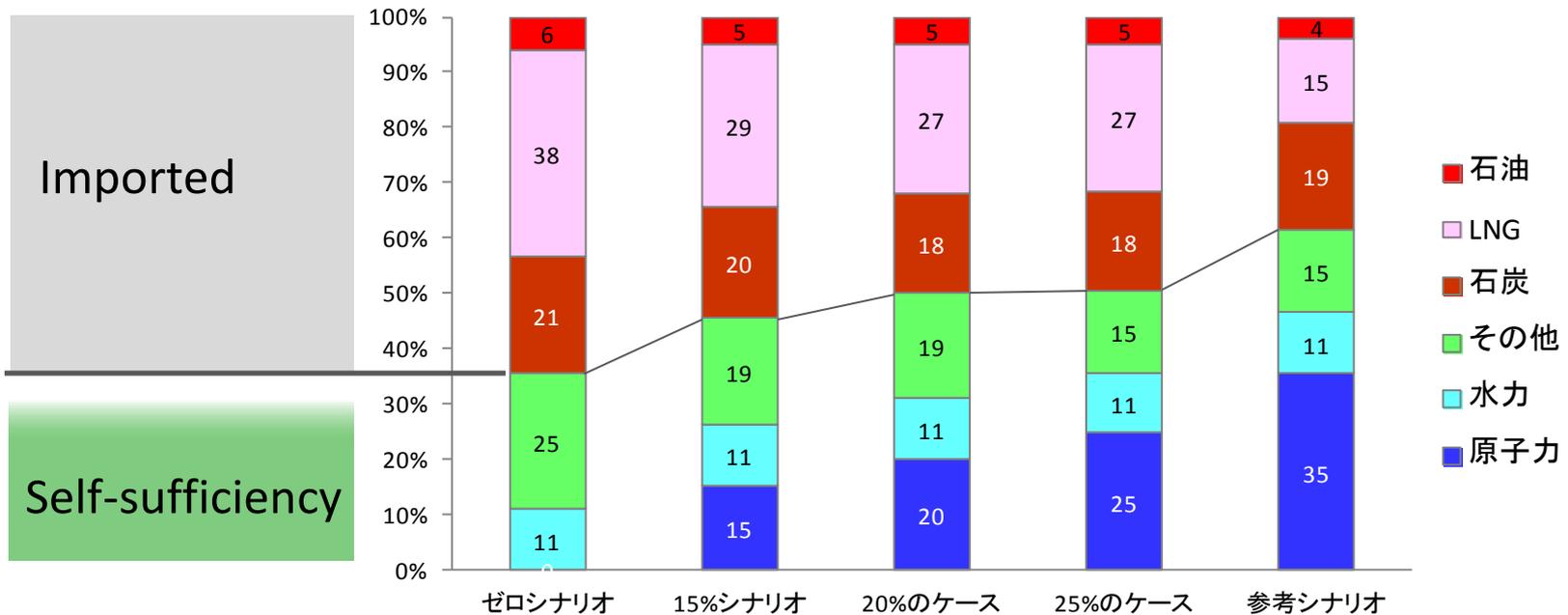


2030年電源構成選択肢(審議中)



電源構成の選択肢について

2030年電源構成選択肢(審議中)



エネルギー供給上のリスクと、原子力の「見えざる効果」

電力の安定供給に向けて想定すべき主要なリスク

- (1) 火力発電に伴う化石燃料の供給リスク(特に天然ガス)
- (2) 化石燃料のコスト上昇リスク
- (3) 火力発電のCO2排出に伴う長期的リスク
- (4) 発電プラントの老朽化等のプラントリスクの増加
- (5) 再生可能エネ発電の大量導入に伴うコスト負担増や導入可能量の不確実性
- (6) 再生可能エネ発電の大量導入による電力系統の脆弱性増加のリスク
- (7) 過度な省エネルギー要求による産業へのリスク

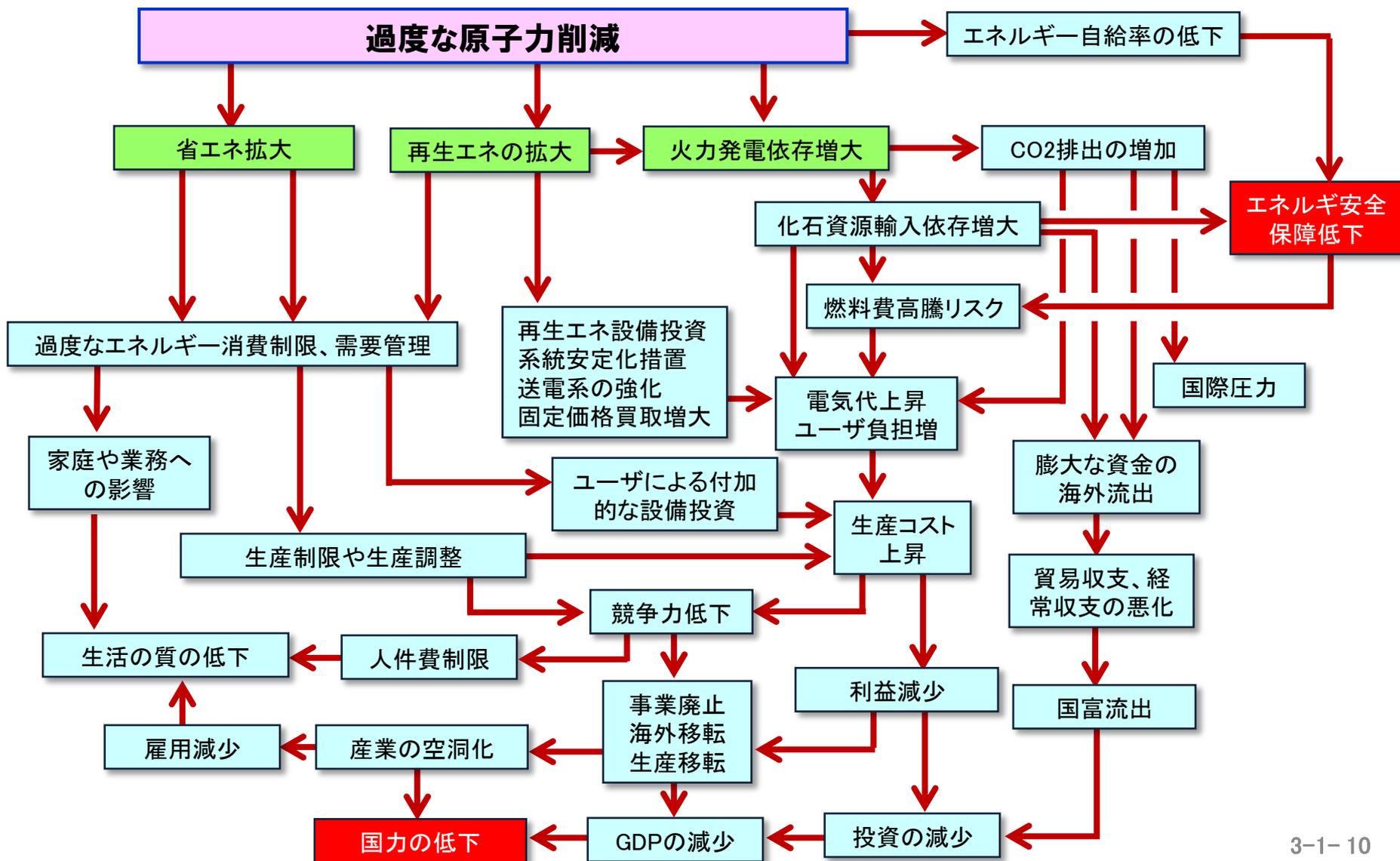
等を挙げる事が出来る。

更に、デフレという深刻な状況下で、今後の金融危機、財政問題、国際紛争等の、政治や経済情勢に関わる不確実性は、エネルギー資源の確保にも大きく影響を与え得る。

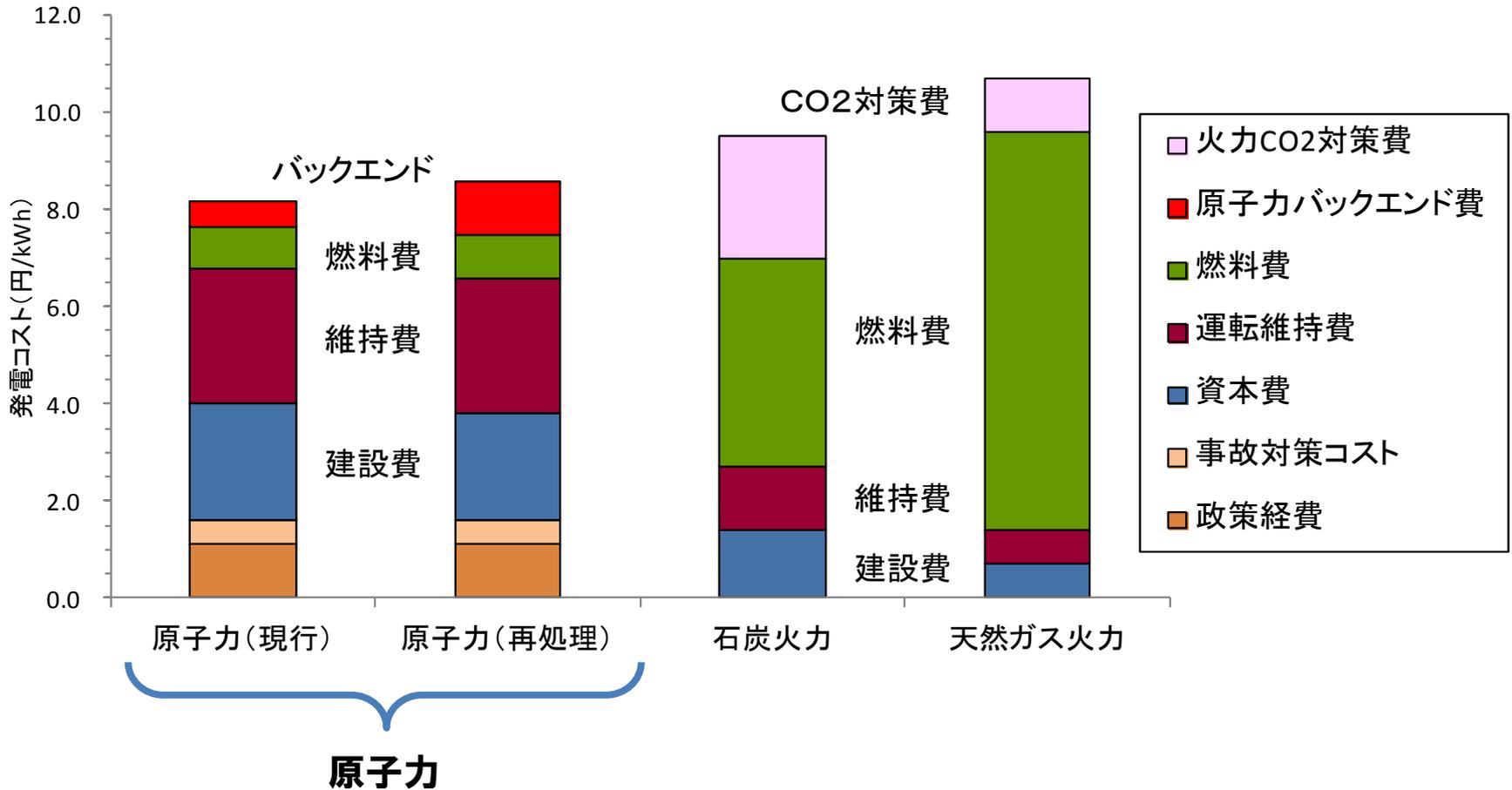
コストでは表わせない原子力による エネルギー安全保障効果

1. 非常に高い備蓄効果
2. 地政学リスクの低さ(政情の安定国からの燃料輸入)
3. シーレーン依存度の低さ
4. 二酸化炭素排出への国際圧力の低さ
5. 潜在埋蔵量の多さ(枯渇リスクの低さ)
6. 原子力保有による、他エネルギー資源獲得へのバーゲニングパワー
7. 原子力技術の保有による国際的優位性
8. 疑似的であれ「自国エネルギー源」の保有による“Energy Independence”の向上効果(自給率向上)

長期的な問題、脱原子力の影響



発電コスト比較に見る原子力の特徴

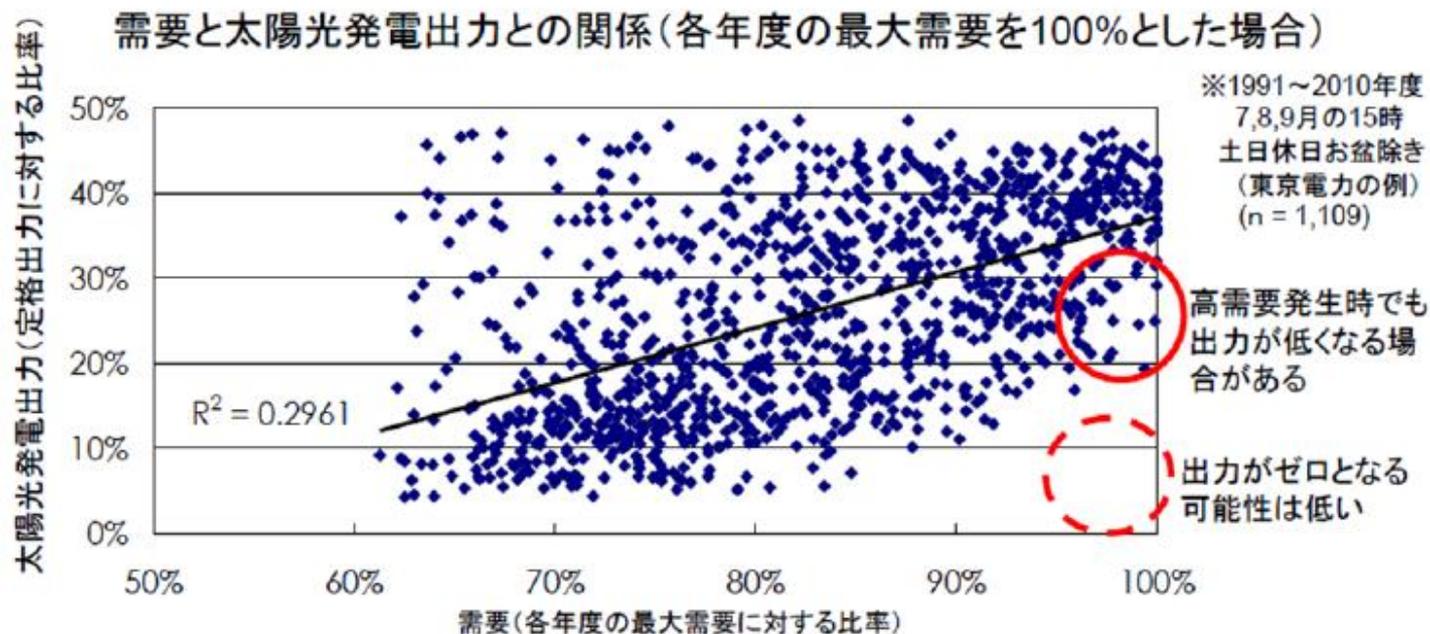


太陽光発電の供給特性

太陽光発電は

1. 出力を保証できない
2. 出力を予測出来ない
3. 短中期の変動を伴う
4. 需要に合わせて出力を調整しにくい

技術的課題や負担の状況を慎重に見極めながら進める必要がある。

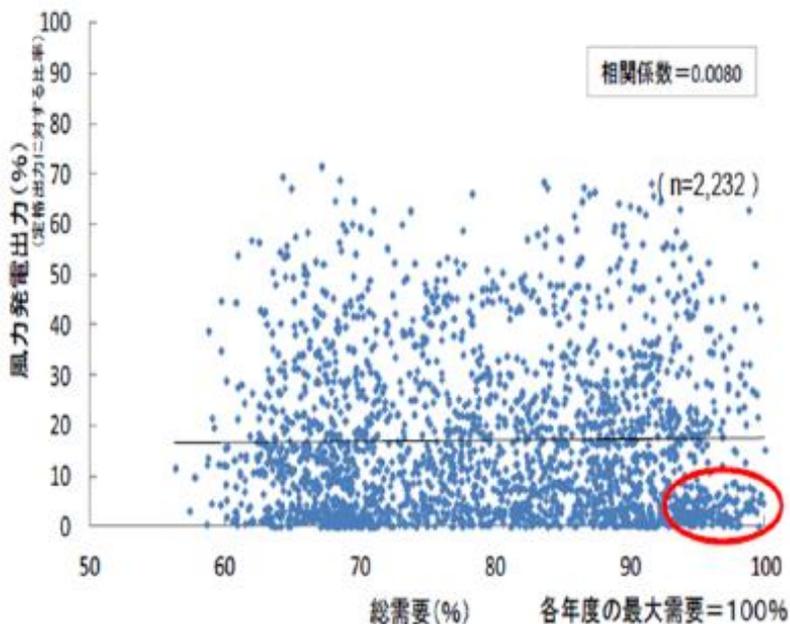


風力発電の供給特性

風力発電は、太陽光と同様に、「出力保証」「出力予測」「出力変動」「出力調整」に問題があるが、更に

1. 陸上風力発電の適地の飽和
2. 洋上風力発電の不確実性
3. 送電系統(連携)の強化のコスト

等の問題がある。技術的課題や負担の状況を慎重に見極めながら進める必要がある。

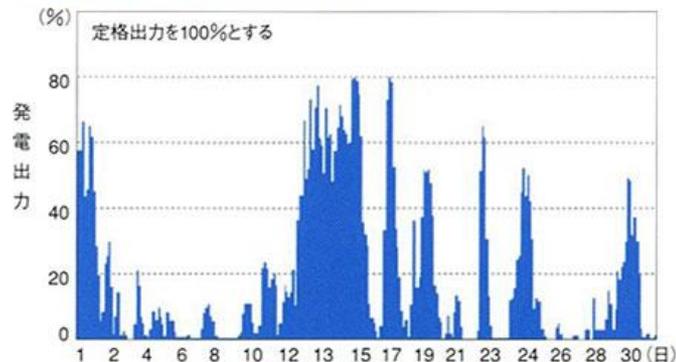


※代表例として
08年度～10年
度の特高連系風
力発電出力につ
いてデータ整理
したもの。

高需要発生時にも
極低出力が頻出

2008～2010年8月の需要相関

風力発電の出力変動例(月間)



再生可能エネルギー発電の増強について

再生可能エネルギー発電の設備容量が大きくなる場合の、系統上の技術課題

電力中央研究所、七原氏の指摘

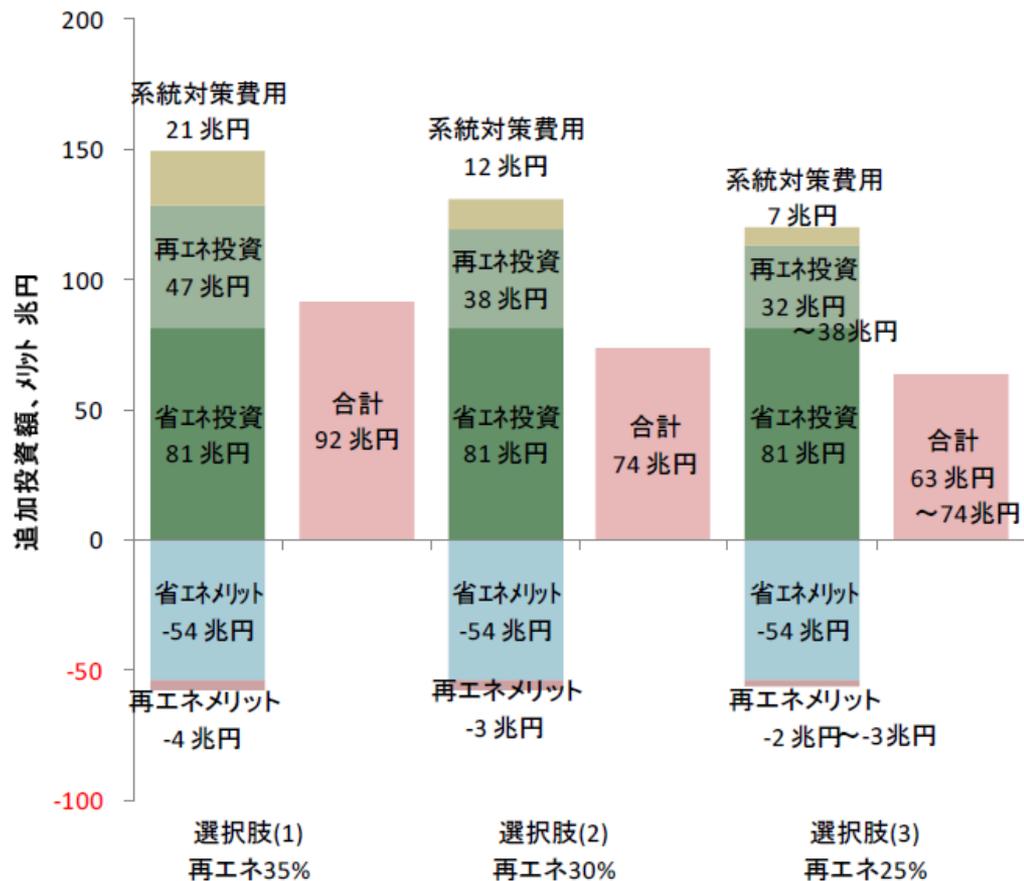
- ①系統上の影響(ローカル、全系統)があり得る
- ②送配電系統の安定化措置(蓄電池や周波数調整用他電源の維持)
- ③新規送配電線の設置(高額)
- ④好天候かつ低需要時の余剰電力対策(蓄電池や揚水発電設備)
- ⑤出力変動に対する調整電源(火力)の確保
- ⑥周波数変換装置の増設

	影響の内容	説明
ローカル影響	電圧変動	分散型電源の逆潮流等に起因
	保護協調	保護リレーの不検出
	単独運転	分散型電源からの負荷への供給継続
	短絡容量増大	分散型電源からの短絡電流に起因
	高調波、高周波	インバーターからの検出
	安定性	系統擾乱時における停止など
	その他	
全系影響	需給運用、制御	分散電源の出力変動に起因
	系統擾乱時の安定性	分散型電源の一斉脱落など
	バックアップ電源	分散型電源の出力の信頼性に関係
	設備計画への影響	需要想定の困難化
	その他	

等の問題が深刻となり、大きな設備投資が必要になると考えられている。
このインフラ投資の実現性が鍵。

再エネ投資と省エネ投資

(1) 省エネ・再エネの累積投資額および省エネメリット



フランス、ドイツ、日本のエネルギー状況比較(2008年)

2008年の諸量	日本	ドイツ	フランス
国内総生産(GDP)(2000USD)	4,892	2,095	2,854
一人当たり国内総生産(GDP)(2000USD)	38,313	44,259	44,499
二酸化炭素排出量(百万トン)	1,151	804	368
GDP当たりの二酸化炭素排出量(10万トン/億ドル)	0.24	0.22	0.13
人口あたりの二酸化炭素排出量(トン/人)	9.02	9.79	5.74
エネルギー自給率(%)	5	32	15
エネルギー自給率(原子力含)(%)	18	40	51
軍事費(億ドル)	463	468	657
GDP当たりの軍事費	0.9%	2.2%	2.3%
国内電力総消費(GWh)	1,082,014	525,549	526,862
発電量合計(GWh)	1,082,014	637,232	574,868
石炭	26.6%	45.6%	4.7%
石油	12.9%	1.5%	1.0%
天然ガス	26.2%	13.8%	3.8%
バイオマス	1.4%	3.1%	0.4%
廃棄物	0.7%	1.5%	0.7%
原子力	23.9%	23.3%	76.4%
水力	7.7%	4.2%	11.9%
地熱	0.3%	0.0%	0.0%
太陽光	0.2%	0.7%	0.0%
太陽熱	0.0%	0.0%	0.0%
風力	0.2%	6.4%	1.0%
潮力	0.0%	0.0%	0.1%
他	0.0%	0.0%	0.0%
輸入電力量(GWh)	0	41,670	10,683
輸出電力量(GWh)	0	-61,770	-58,689
電力消費中産業消費の割合	31.5%	46.1%	32.6%
電力消費中民生消費の割合	66.2%	49.1%	60.9%
GDP当たりの電力消費(GWh/10億ドル)	221	175	201
発電と熱生産による二酸化炭素排出量(百万トン)	436	441	83

ドイツと日本で同等は低

ドイツの高い自給率(石炭)

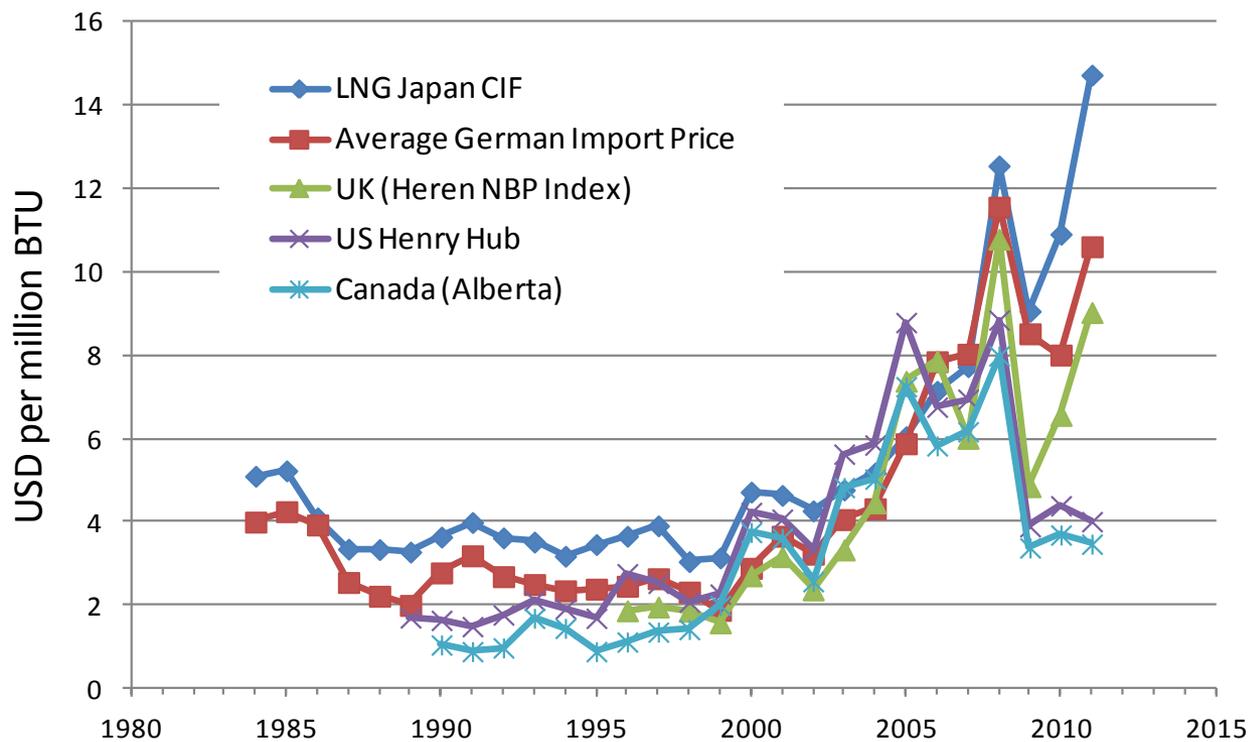
ドイツの基幹電源石炭火力
今後1000万kWの増設を計画

再生可割合: 日本は11%
ドイツは16%
ドイツにおけるFITの陰り

ドイツとフランスは電力輸出入
送電網による電力調整

ドイツと日本のCO₂排出は高

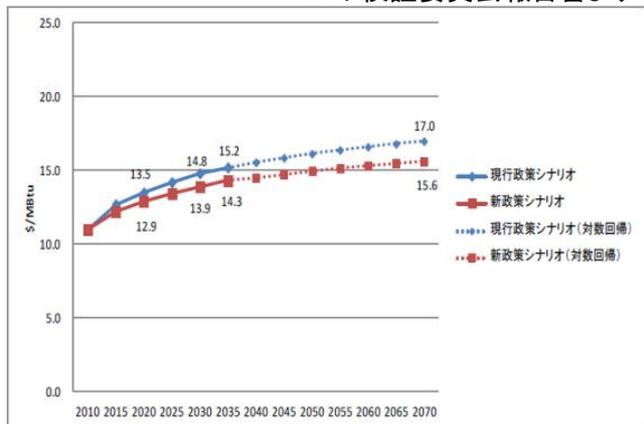
世界の天然ガス価格の推移



天然ガスへの依存について

コスト検証委員会で用いた価格予測カーブ(WE02011より)

コスト検証委員会報告書より

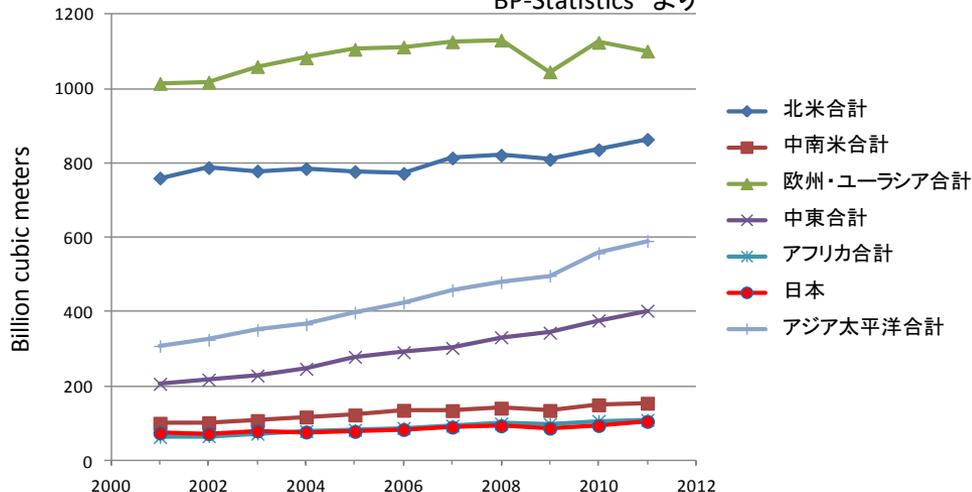


※発電コスト試算に際しては、初年度価格を2010年度平均CIF価格（\$584.37/t（\$11.3/MBtu））に単位換算し、次年度以降について上記のWE02011を基にした試算値の価格トレンドを適用。

(図 2.4) WE02011 を基にした天然ガス価格の試算値(\$/MBtu)

世界の天然ガス需要の推移(BP統計より)

BP-Statistics より

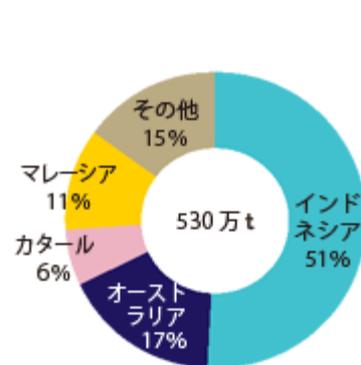


6月14日新聞報道より

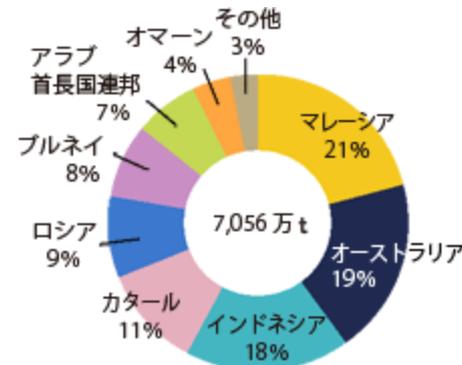
日本向け液化天然ガス(LNG)で最大輸出国であるインドネシアが米国などからLNGを輸入する見通しになった。経済成長に伴い国内でのエネルギー需要が急拡大しているためだ。

インドネシアの石油ガス規制当局、BPミガスのプリヨノ長官は13日までにインタビューに応じ、国内需要の高まりを受けLNGを輸入すると述べた。LNGを米国などから輸入することにより、消費国向け輸出を維持でき、高値で取引されているアジアの天然ガス市場で利益を上げられると説明した。

天然ガス輸入先(関西電力)



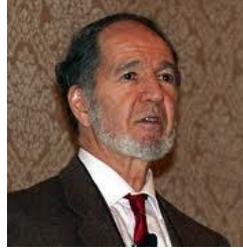
天然ガス輸入先(全国)



関西電力資料より

Prof. Jared Diamond

UCLA医学部教授、地理学教授を歴任。98年度ピューリツァ賞受賞。「銃・病原菌・鉄」の著者

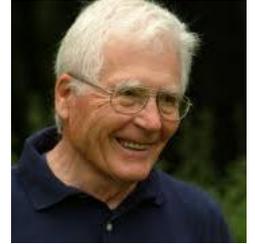


- ◆ 今の文明の環境、人口問題は12に分類出来る。
- ◆ ①自然破壊、②漁業資源枯渇、③種の多様性喪失、④土壌侵食、⑤化石燃料の枯渇、⑥水不足、⑦光合成で得られるエネルギーの限界、⑧科学物質汚染、⑨外来種の被害、⑩地球温暖化、⑪人口増、⑫一人当たり消費エネルギーの増加
- ◆ 決して福島の悲劇を軽んじるつもりはないが、原発事故もまた「リスクが過大評価されがちな事故」の典型。……原子力のかかえる問題は、石油や石炭を使い続けることで起きる問題に比べれば小さい。
- ◆ 社会を存続させる秘訣は「現実的であれ」ということ。
- ◆ 放射能の危険性と同時に、化石燃料の危険性も考えるべき。二酸化炭素による地球温暖化はすでに、大きな被害をもたらすサイクロンなどの熱帯低気圧を増やしている。放射性廃棄物は地下深くに封じ込められるが、放出された二酸化炭素は、200年間は空気中に留まる。

朝日新聞記事(2012,1,3)より引用

Prof. James Lovelock

ハーバード大、オクスフォード大教授など歴任。「ガイア仮説」の提唱者。

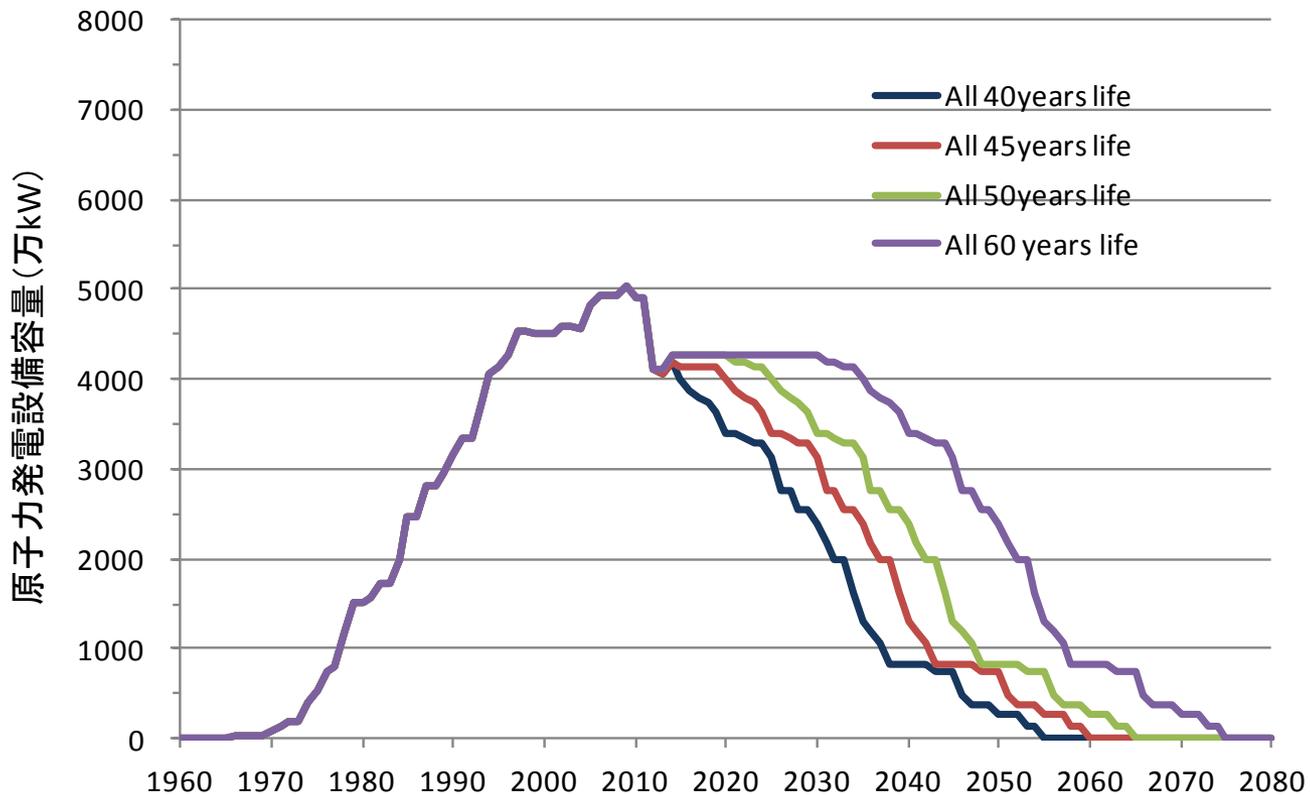


- ◆ 地球システム「ガイア」が、温暖化という正のフィードバックに捉われている。
- ◆ 取り得る対策は限られており、風力・太陽光・潮力・水力等の再生可能エネルギーが十分なエネルギーを、限られた時間内に供給することは、不可能である。
- ◆ 仮に、50年あるいはそれ以上の時間があれば、再生可能エネルギーを主エネルギーに出来るかもしれないが、化石燃料の消費による地球温暖化の問題は既に深刻で、今後、50年の時間余裕はない。
- ◆ 少量の再生可能エネルギーを利用しつつ、直ぐに利用可能で地球温暖化を起こさない原子力利用を進めるべきである。
- ◆ 天然ガスシフトは良いが、未燃焼の場合、二酸化炭素の25倍の温室効果をもたらすので、このリスクも考慮すべき。
- ◆ 原子力への反対意見は、グリーンロビーやメディアが提示する、放射能に対する“ハリウッド型の恐怖”に根ざしている。化学物質や放射能による発がんリスクを過剰に恐れる必要はない。

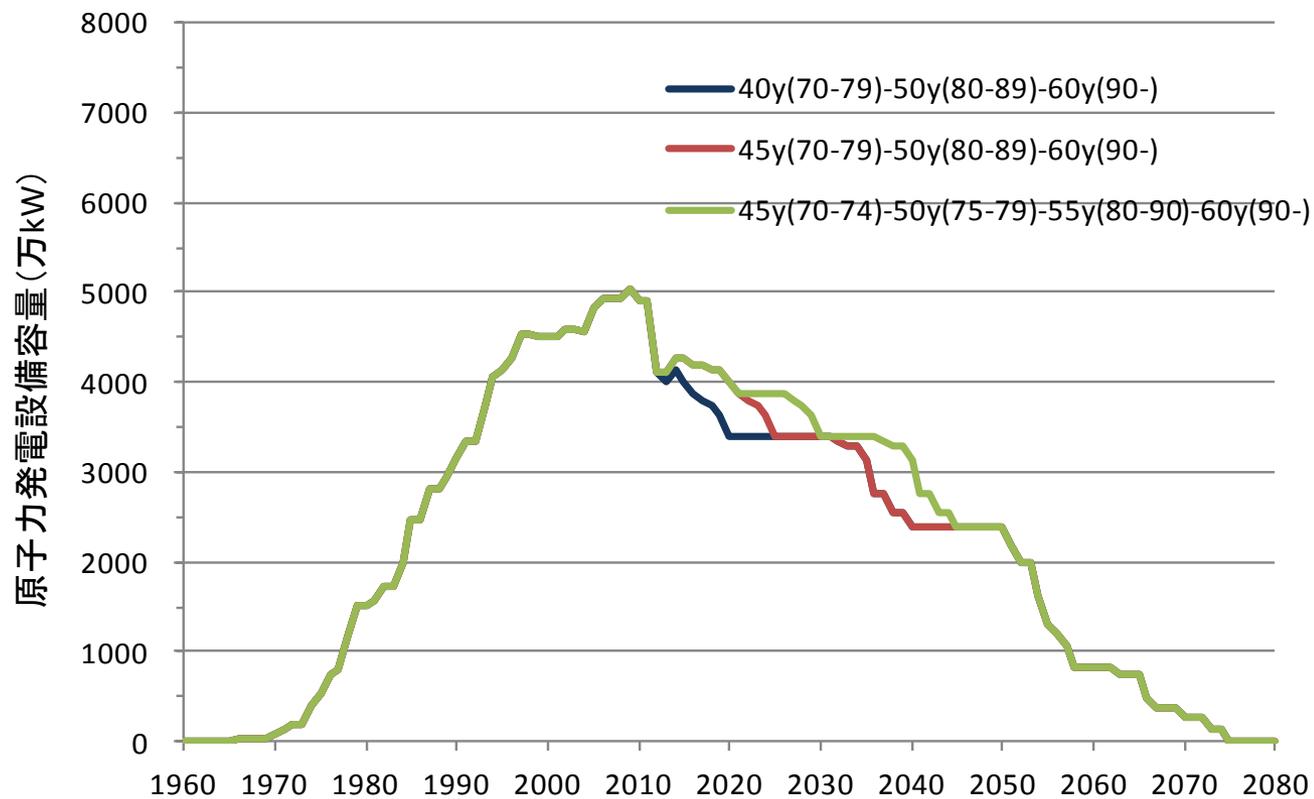
The Independent - 24 May 2004

注)参考:原文振前理事長 秋元勇巳氏による解説

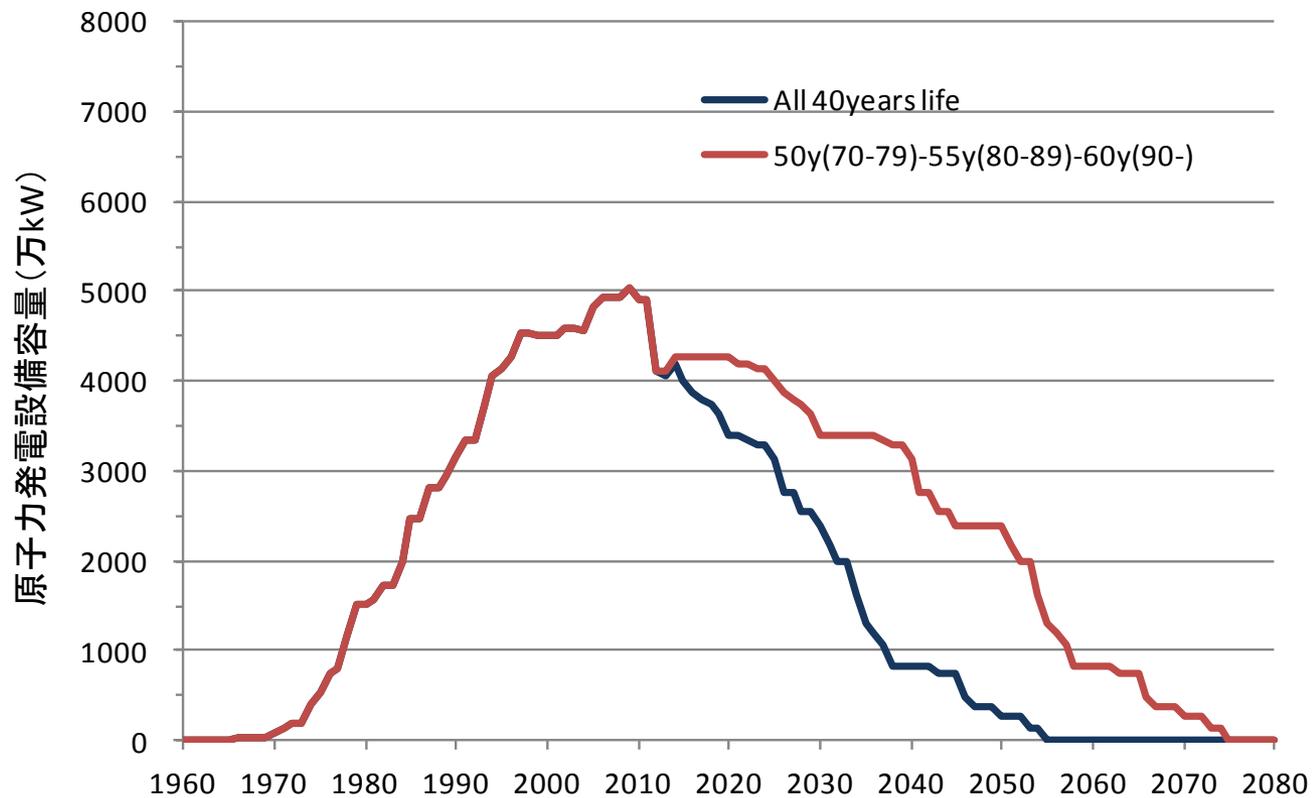
減原子力のシナリオの可能性



減原子力のシナリオの可能性



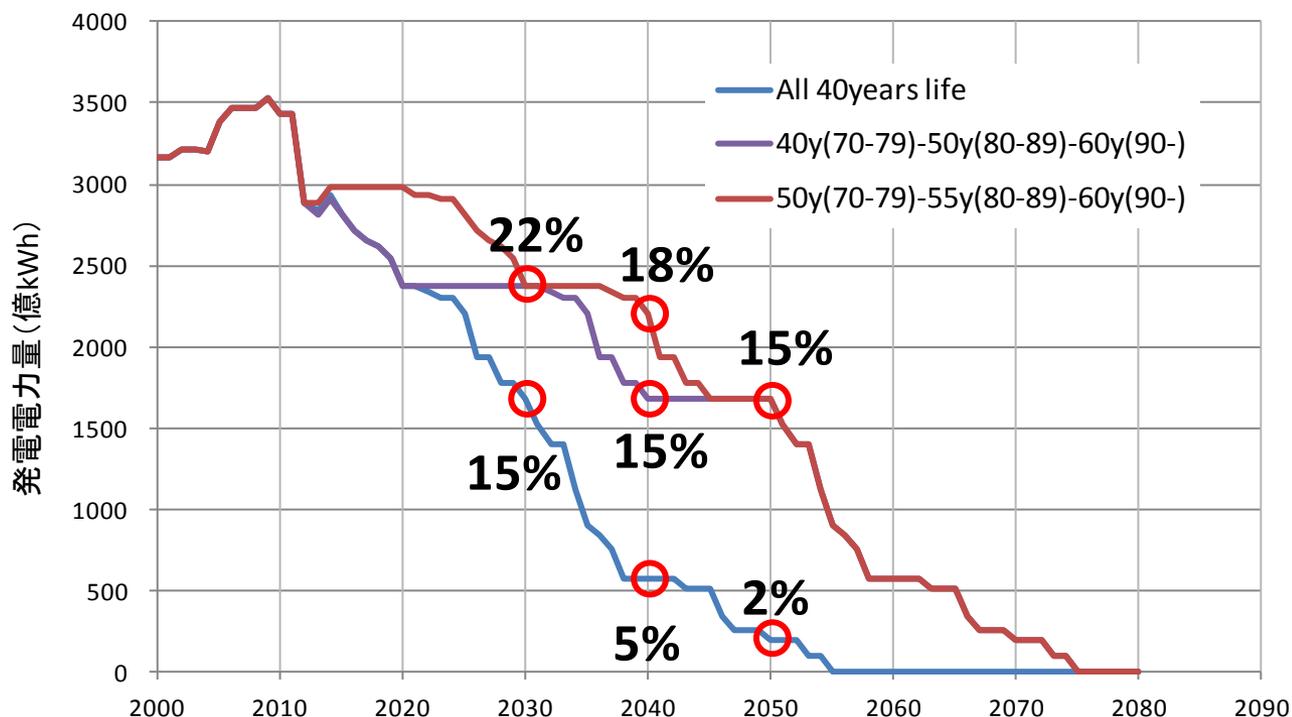
減原子力のシナリオの可能性



1兆kWhの発電総量(2030年)に対する原子力発電の割合

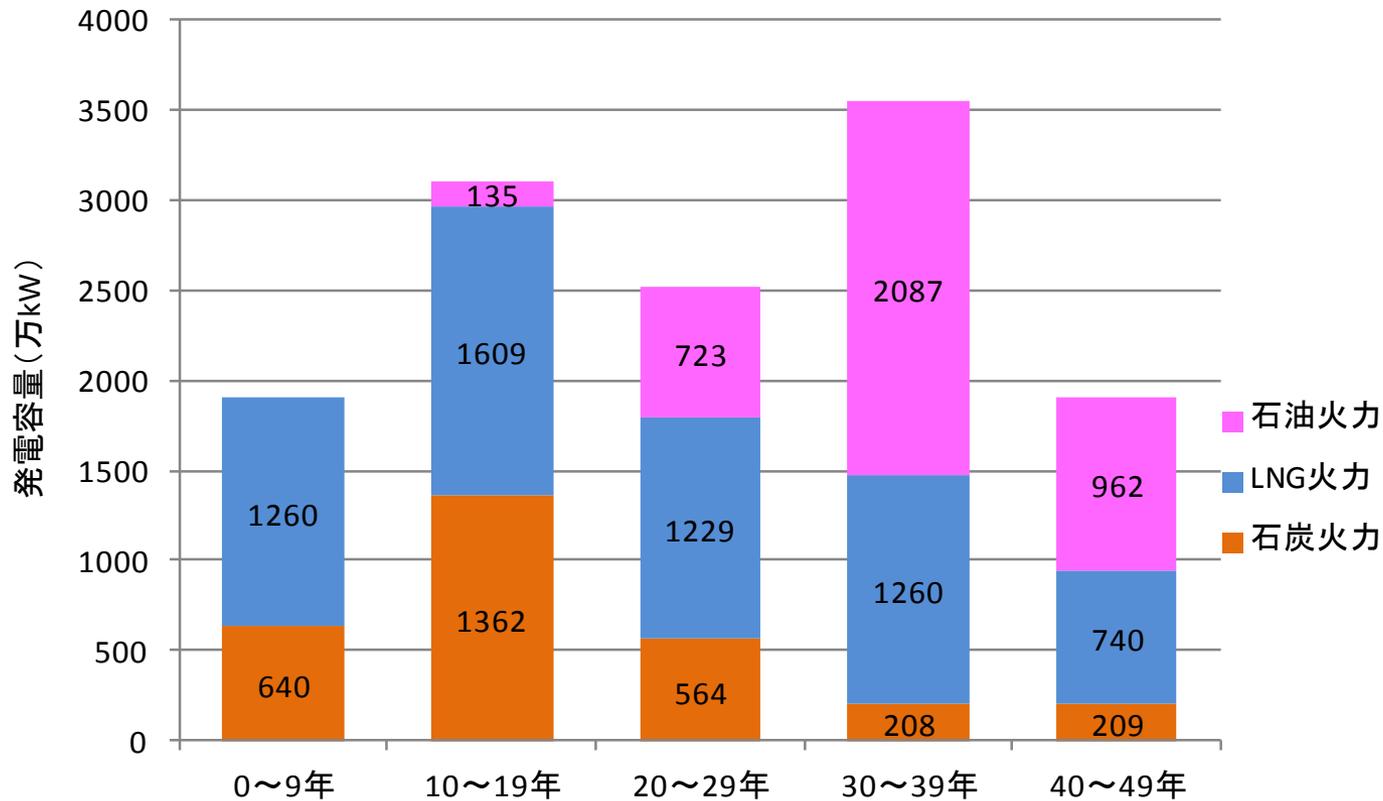
設備利用率を80%と仮定

年間 1.1兆kWhにおける原子力の発電量割合



全国の火力発電所の経年数(一般電気事業)

2030年までに、約5000万kW程度の火力発電所が廃止される可能性を想定する必要がある。
石油火力とガス火力のリプレースは優先課題。

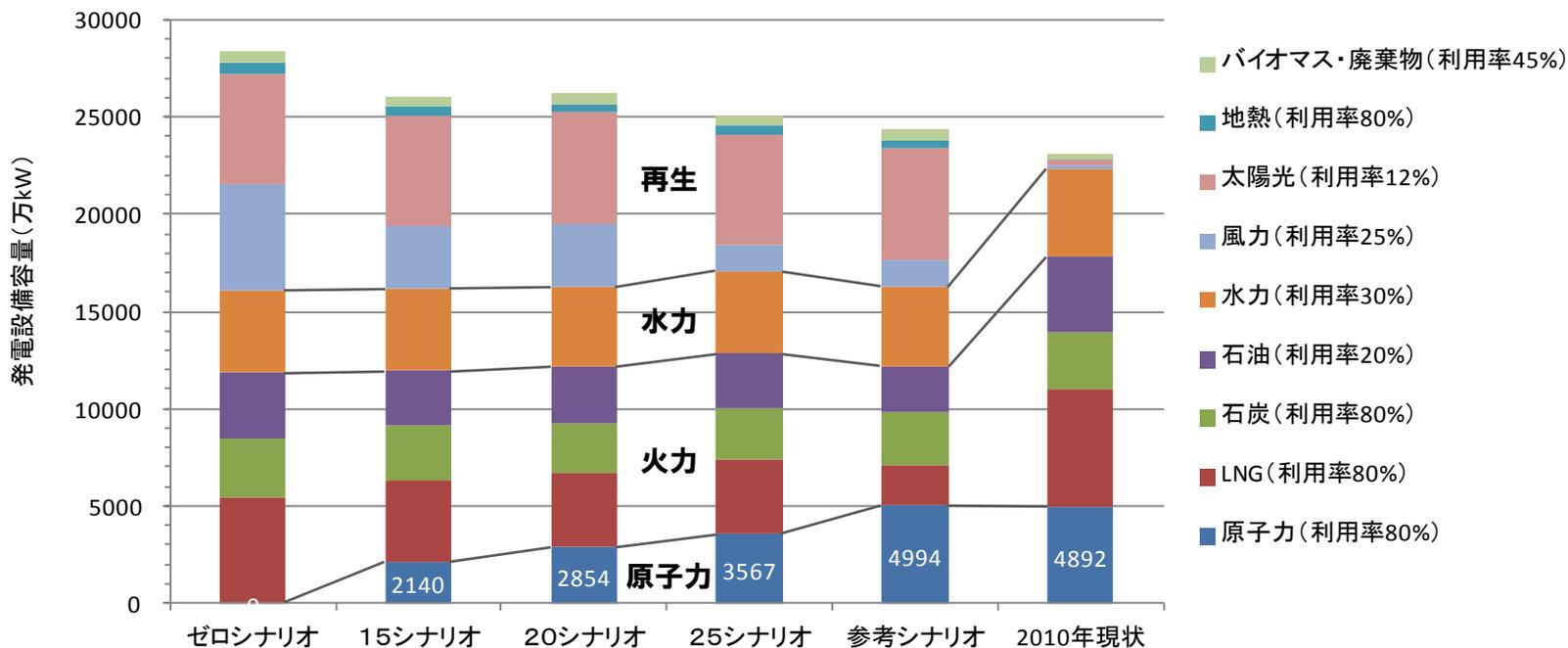


2030年における発電設備容量

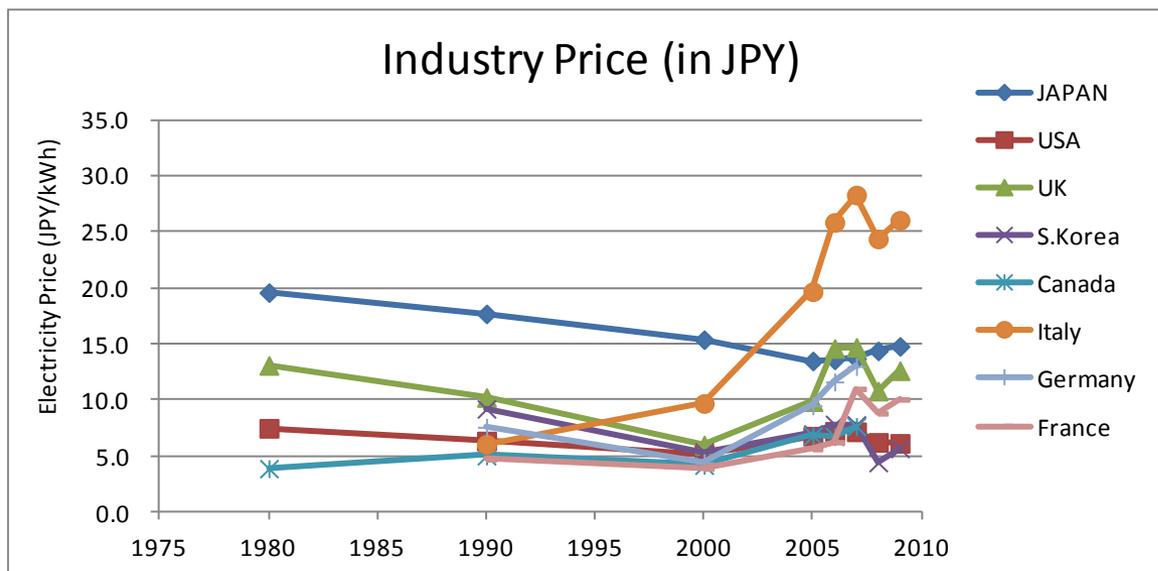
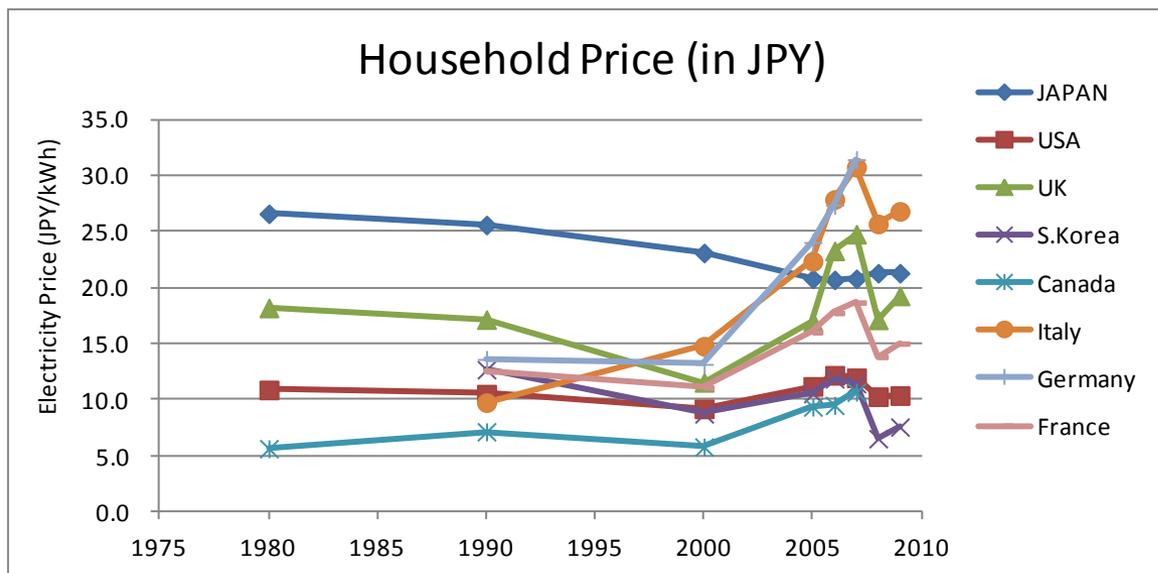
設備利用率を仮定した単純逆算による、各電源の設備容量を推測

ここ20年間で、原子力をゼロとして、発電設備の構成を極端に大きく変えることを目指すためには、①火力発電所のリプレース、②再生可能エネルギー発電規模の急増、③伴う送配電系の強化、が必要。

この「大変革」の達成に必要な「負担」や「社会的な変化」の速度が、社会の現実的な許容範囲にあるかどうか問われる。



電気料金の国際比較(JPYで規格化) 電気代上昇に耐えられるか

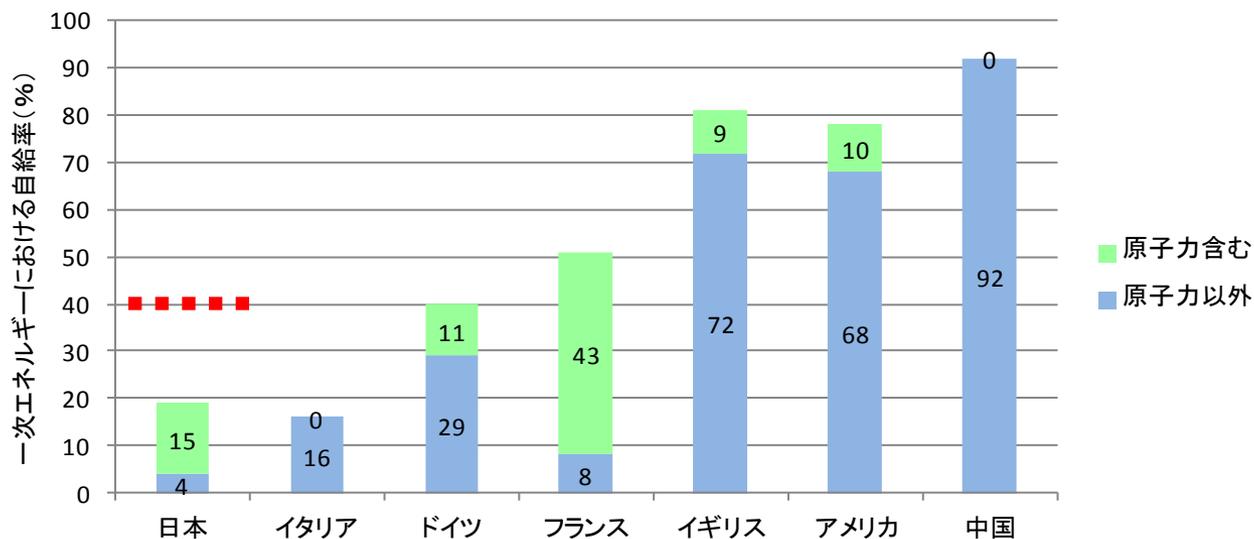


IEA Statistics
Electricity
INFORMATION 2010
より作成

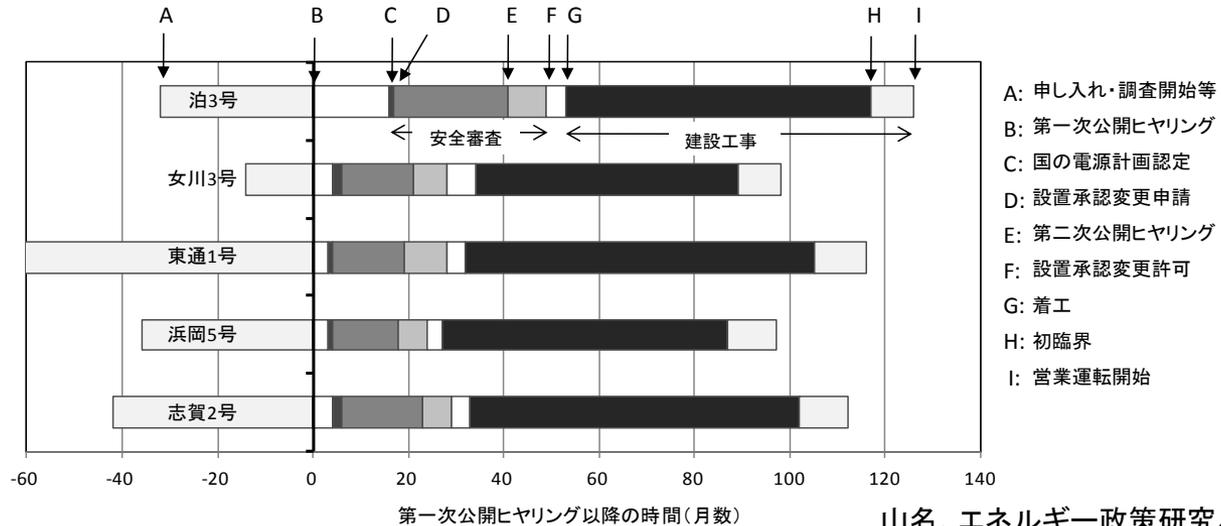
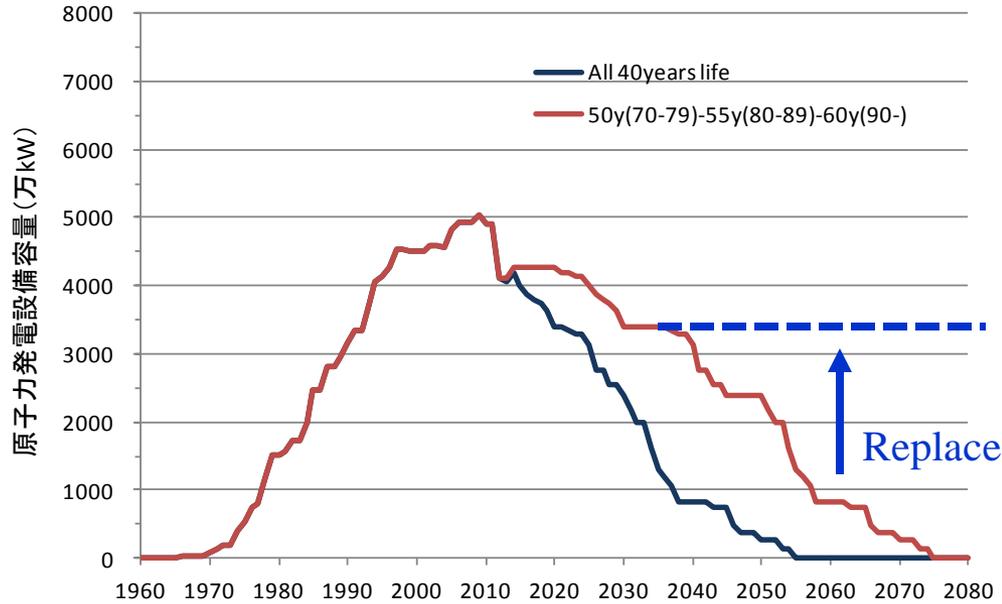
2030年選択肢のエネルギー自給率

		2010年	選択肢1	選択肢2	選択肢3	選択肢3	参考	現行計画
一次エネルギー供給(百万kl.OE)		569	472	474	474	474	474	517
原子力を含む	原子力・地熱・水力・バイオによる自給率	18%	11%	20%	22%	23%	23%	32%
	更に、風力太陽光を加えた自給率	18%	22%	28%	29%	29%	29%	37%
原子力を含む含まない	地熱・水力・バイオによる自給率	6%	11%	11%	10%	11%	11%	9%
	更に、風力太陽光を加えた自給率	7%	22%	19%	17%	17%	17%	13%

2009年実績による各国のエネルギー自給率



将来における軽水炉リプレースの可能性を否定するのは拙速



原子力の現状の問題は「技術不信」よりも「制度、組織不信」

原子力発電が社会に受け入れられるには、、、

- ①国の中長期的な方向性の中での役割と意義(必要性)
- ②技術的な安全性(安全性)
- ③実施主体や制度の機能とその信頼度(組織信頼)
- ④原子力安全に対する心理的受容(安心)

の「4点セット」が必要。

- ◆ 現在、③組織信頼、と、④安心、が失われた上で、原子力に対する嫌悪の風潮が定着しているが、この「否定の空気」を持ち続けることは、得策ではない。
- ◆ 組織信頼回復や規制行政の改革を加速して、冷静な国民判断を熟成させる時間を確保した上で、政治や行政が、4点セットを国民に提示して行く必要がある。
- ◆ 第三条委員会の設置は、③についての具体解であるが、その他についての大きな方向性がなかなか見えない。

原子力を排除しないで考える「日本再興」

