

「エネルギー・環境に関する選択肢」への補足解説

平成24年8月

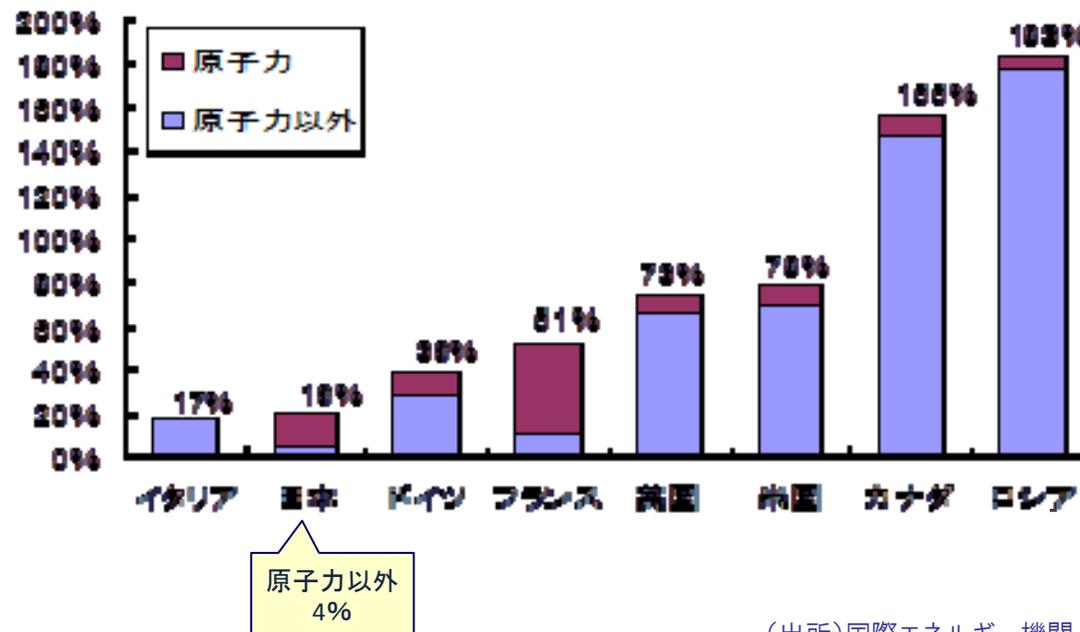
日本エネルギー経済研究所

豊田 正和

日本は、エネルギー安全保障上、極めて脆弱な国です

- エネルギー安全保障とは、
「ある国にとって、市民生活、経済産業活動のために、必要十分なエネルギーを合理的な価格で確保すること」です。
- 日本は、極端なエネルギー小国です。
エネルギーの自給率は、主要先進国(G8)で最低レベルです。

主要国先進国のエネルギー自給率(2010年)



(出所)国際エネルギー機関

エネルギー選択に必要な総合的視点(3E+S+M)

エネルギー小国である日本として、エネルギー・ミックスの選択に当たっては、以下のような視点から総合的な検討が必要です。

①エネルギーの安定供給の確保 (Energy security:E1)

資源小国の日本(エネルギー自給率4%)にとって、「エネルギー安全保障」は日々の生活、経済活動の根幹を支える最重要課題です。

②環境への適合 (Environment:E2)

温室効果ガスの約9割はエネルギーを起源とするCO₂です。地球温暖化対策とエネルギー政策は表裏一体であり、相互に整合的な取り組みが不可欠です。

③経済効率性 (Economic efficiency:E3)

生活の安定や産業競争力の確保のためには、安定かつ低価格でのエネルギーが必要です。

④安全性 (Safety:S)

エネルギーの供給・利用に際しては、その安全性を十分に考慮することが不可欠です。

⑤経済インパクト (Macro impact:M)

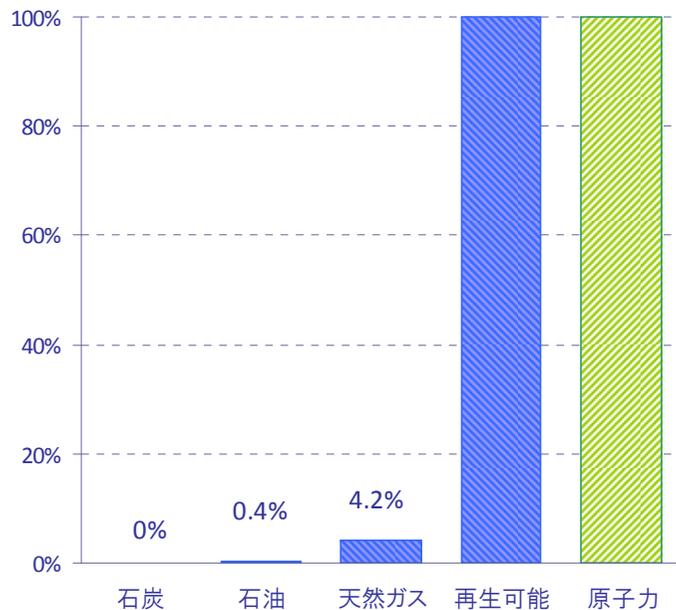
政策によっては、一部の国民生活や経済活動に負の影響を与えることがあります。できる限り小さな影響(電気代、GDPへの影響)に留める必要があります。

完璧なエネルギー源は存在しません(1)

それぞれのエネルギー源には、それぞれの特性があります。エネルギー小国の日本にとって、総合的視点(3E+S+M)から見ると、どんな面でも欠点を持たない、**完璧なエネルギー源は存在しません**。原子力は、後述の(s)を除けば、相対的に高く評価されます。

各電源の国産比率(準国産含む)(E1)

(注)原子力については、ウラン資源自体は輸入比率100%ですが、備蓄効果(ウラン購入から使用まで5~6年)等と考え、「準国産エネルギー」とした場合には(準)国産比率は100%となります。

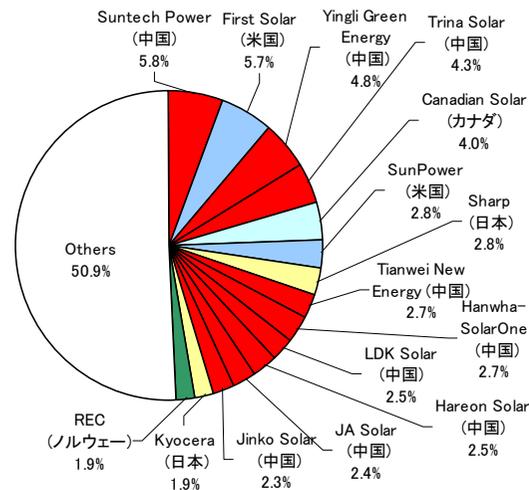


(出所)IEA統計

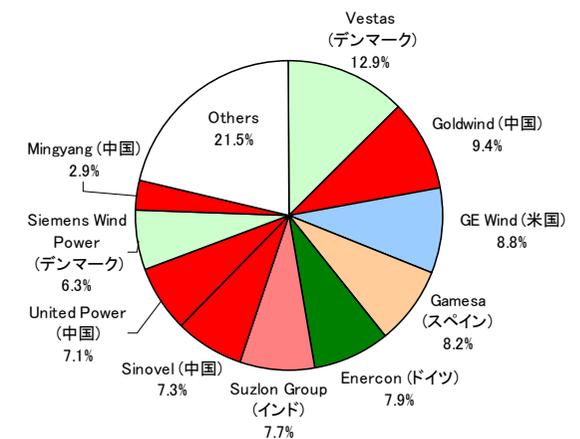
太陽光、風力における中国メーカーの位置づけ(2011年)

太陽光発電モジュールは、かつては日本メーカーが高いシェアを誇っていましたが、現在は中国のメーカーに大きくシェアを奪われています。風力発電機についても、欧米メーカーを中国が追い上げており、日本のシェアは2%程度です。日本でも中国メーカーのシェアが急増しています。

太陽光発電モジュール



風力発電設備



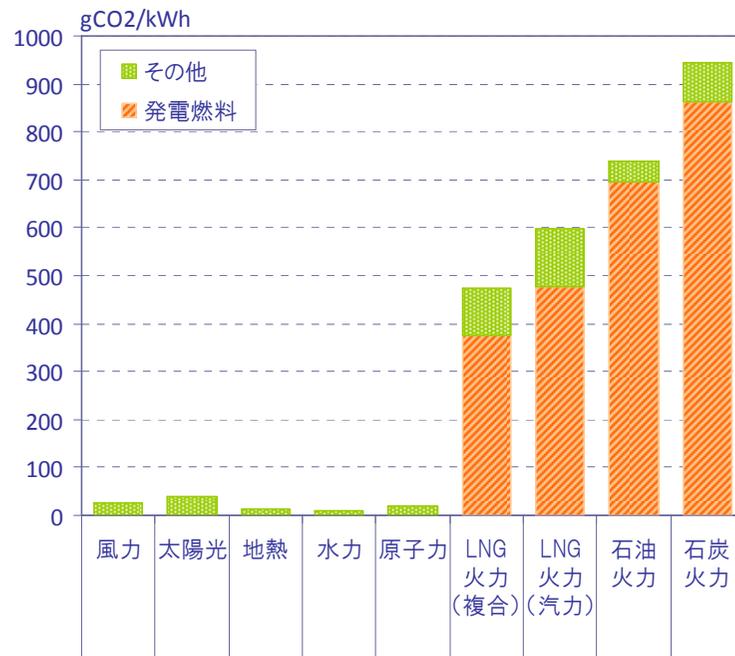
(出所)REN21"RENEWABLES 2012 GLOBAL STATUS REPORT"

完璧なエネルギー源は存在しません(2)

それぞれのエネルギー源には、それぞれの特性があります。総合的視点(3E+S+M)から見ると、どんな面でも欠点を持たない、**完璧なエネルギー源は存在しません**。原子力は、後述の(S)を除けば、相対的に高く評価されます。

各電源のCO₂排出原単位(E2)

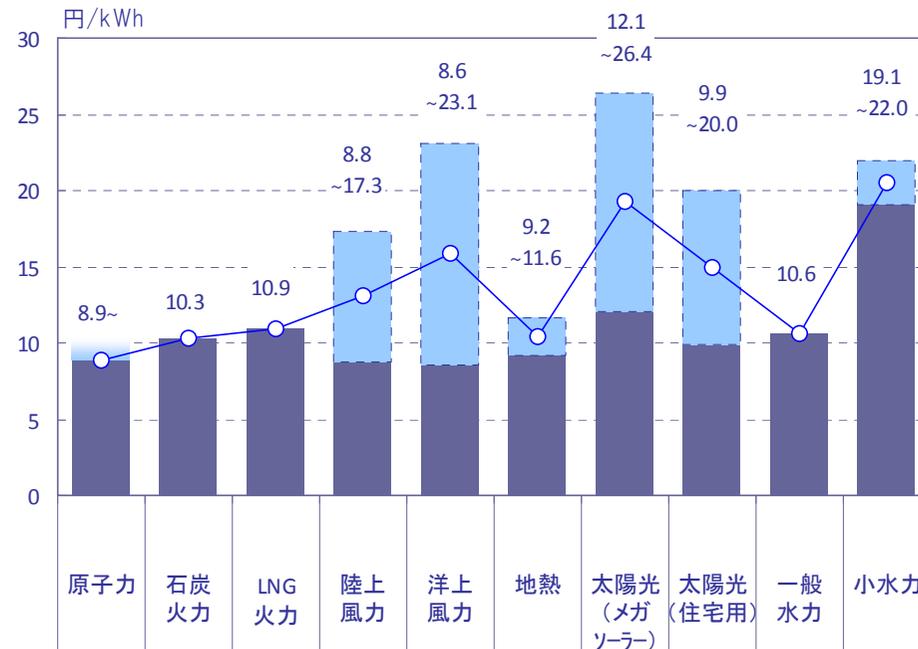
火力発電は、再生可能エネルギー、原子力に比べて数十倍のCO₂を排出します。



(出所)電力中央研究所

各電源の発電単価(E3)

期待されている太陽光は、火力発電・原子力発電に比べて5~8割程度高価です。



注)2030年時点の発電単価(上限・下限)。折れ線は中央値を結んだもの。

(出所)コスト等検証委員会報告書よりエネ研作成

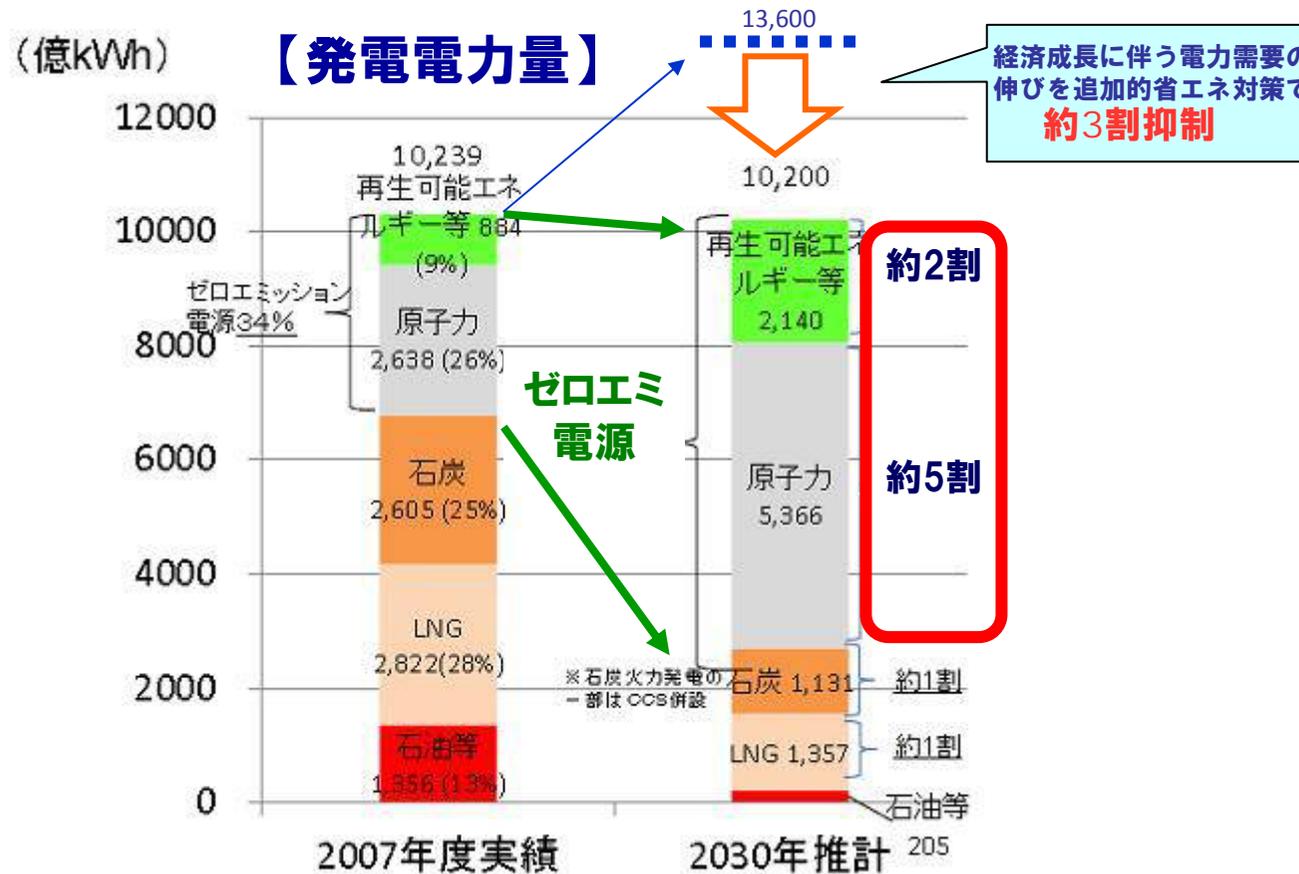
見直しの主な対象は「現行エネルギー基本計画」の電源構成です

現行計画の目標は、「エネルギー安全保障」と「地球温暖化」への対応の強化でした。

○準国産エネルギーたる**原子力14基の新增設**、設備利用率を60%→90%へ改善

○国産の再生可能エネルギーを2.4倍導入(水力以外は約15倍)

→ CO₂排出しない**ゼロエミッション電源比率(原子力と再生エネ)**を34%→70%に



現行計画見直しのため、3つ選択肢が提案されました

2030年における3つのシナリオ

※比率は発電電力量に占める割合で記載。
括弧内は震災前の2010年からの変化分。

6

	2010年	2030年				(参考) 現行 エネルギー 基本計画
		ゼロシナリオ		15シナリオ	20~25シナリオ	
		追加対策前	追加対策後			
原子力比率	26% <small>注1</small>	0% (▲25%)	0% (▲25%)	15% (▲10%)	20~25% (▲5~▲1%)	45%
再生可能 エネルギー比率	10%	30% (+20%)	35% (+25%)	30% (+20%)	30~25% (+20~+15%)	20%
化石燃料比率	63%	70% (+5%)	65% (現状程度)	55% (▲10%)	50% (▲15%)	35%
非化石電源 比率	37%	30% (▲5%)	35% (現状程度)	45% (+10%)	50% (+15%)	65%
発電電力量	1.1兆kWh	約1兆kWh (▲1割)	約1兆kWh (▲1割)	約1兆kWh (▲1割)	約1兆kWh (▲1割)	約1.2兆kWh
最終エネルギー 消費	3.9億kl	3.1億kl (▲72百万kl)	3.0億kl (▲85百万kl)	3.1億kl (▲72百万kl)	3.1億kl (▲72百万kl)	3.4億kl
温室効果ガス 排出量 <small>注2</small> (1990年比)	▲0.3%	▲16%	▲23% (▲21%)	▲23% (▲22%)	▲25% (▲25%)	(▲30%程度)

注1) 現行エネルギー基本計画における原発53%は大規模電源における比率(コジェネ・自家発電を除いたもの)である。

注2) 括弧内はエネルギー起源CO2のみの数字。

※ゼロシナリオの追加対策: 更なる省エネ+CO2削減対策+天然ガスシフト

出所: 国家戦略室「エネルギー環境会議」 7

エネルギーミックスの前に、省エネルギーが重要です

- 省エネルギーは、使用エネルギーを減らします。エネルギー・ミックスを議論する前に、積極的な推進が望まれます。
- 3つの選択肢は、原則、2010年比10%の省電力が前提です。省エネルギーにも限界があり、新技術の開発、機器・設備の更新には時間と費用が掛かる上、物理的制約も生じます。
- しかし、「ゼロシナリオ」の追加対策後(追加4%)のものは、一定の設備等の販売・使用禁止や、既存の住宅・ビルの使用制限など、無理な省エネを含めているように思われます。国民生活への障害に加え、製造業は生産活動を海外に移転せざるを得ない恐れが生じます。

「3つのシナリオの強力な対策」

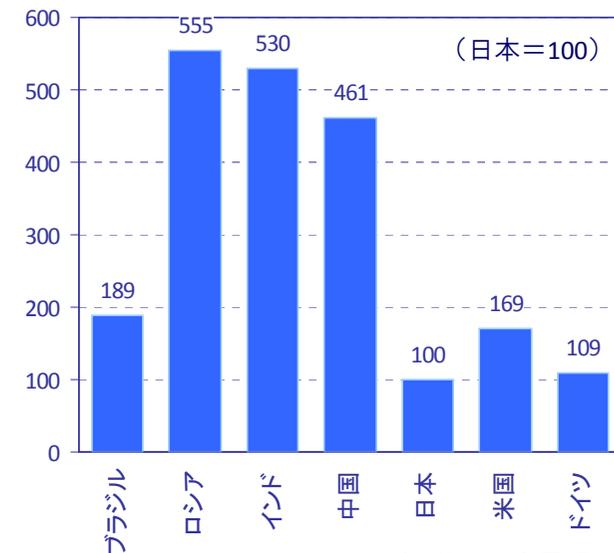
- ・ 設備更新の際に最高効率の機器を導入
- ・ 最新技術による更新を通じた火力発電効率の向上
- ・ 次世代自動車の導入支援(2030年の新車販売の7割が次世代車、2割が電気自動車)

「ゼロシナリオの更なる追加対策」

- ・ 低効率の設備・機器の**販売・使用禁止**
(重油ボイラー、ストーブなど)
- ・ 石炭火力発電所の稼働を**抑制**
- ・ 中心市街地へのガソリン車等の**乗り入れを制限**
- ・ 2030年の新車販売の**6割を電気自動車に**

主要国のエネルギー効率

※最終エネルギー消費÷名目GDP(2009年)



(出所)IEA、世界銀行

再生可能エネルギー発電の特徴は何でしょうか

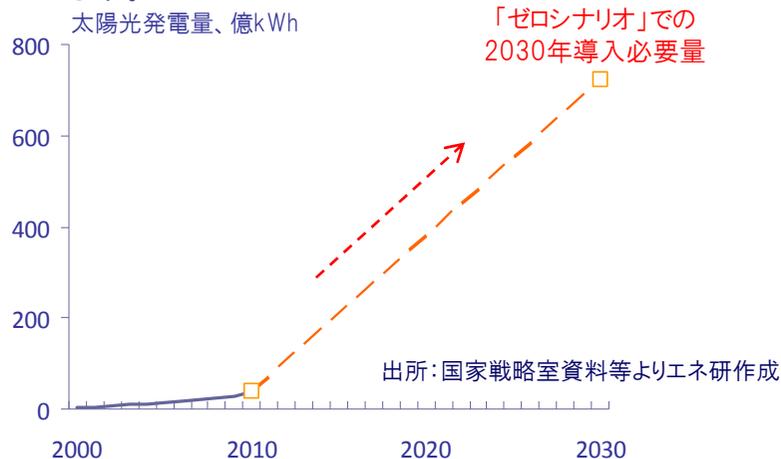
メリット

- 発電時に二酸化炭素を排出しません(E2)。
- 純国産資源であり、エネルギー自給率の向上に役立ちます(E1)。

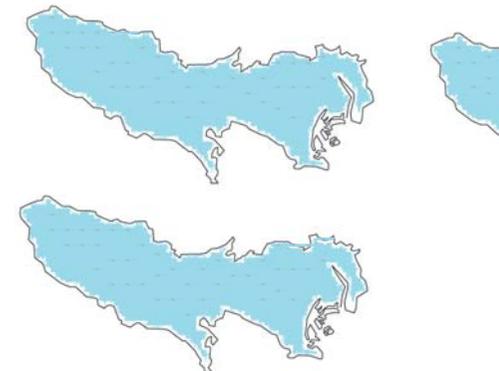
デメリット

- 期待されている太陽光は、火力発電・原子力発電に比べて**5～8割程度高価です**(コスト等検証委員会試算。2030年における上限・下限の中央値)。
- 太陽光・風力等はエネルギー密度が低く、**非常に広い土地が必要です**。
- 太陽光・風力等は出力の変動が大きいため、**安定的に電力を供給するためには送電能力の拡充など追加的な対策が必要となります(E3)**。

「15、20～25シナリオ」では、原則、今後18年間で一戸建ての2軒に1軒の割合で太陽光発電を設置する想定です。「ゼロシナリオ」では、更に、耐震性が弱い住宅200万戸にも改修して設置するとしています。



風力発電設備については、今後18年の間に東京都の約2.2倍に相当する敷地に敷きつめることが必要です。万一これらが実現できなかった場合には、その分、火力の焚き増しが必要になります。



原子力発電の特徴は何でしょうか

メリット

- 発電時に二酸化炭素を排出しません(E2)。
- 安全かつ安定的に運転すれば、立地費用・政策費用・廃炉費用・放射性廃棄物処分費用等を含んでも、他電源に比べて安価です(E3)。
- 一つの発電所で大量の電力供給が可能、資源量も豊富、備蓄効果(ウラン購入から使用まで5～6年)も大きく、準国産エネルギーとされます(E1)。

デメリット

- 福島第一原子力発電所事故の後、安全性の向上(s)が求められています。(18頁参照)
- 高レベル放射性廃棄物の適切な処分が必要です。(19頁参照)

原子力発電コストの内訳

	円/kWh
資本費	2.6
減価償却費	2.3
固定資産税	0.2
廃炉費用	0.10
運転維持費	3.3
燃料費(核燃料サイクル費用)	1.4
ウラン燃料	0.8
MOX燃料	0.07
再処理等	0.5
中間貯蔵	0.05
高レベル放射性廃棄物処分	0.04
社会的費用	1.6～
事故リスク対応費用※	0.5～
政策経費	1.1
発電コスト計	8.9～

※事故リスク対応費用は、1兆円増加することにより、発電コストは0.09円/kWh上昇します。

(出所)コスト等検証委員会報告書

火力発電の特徴は何でしょうか

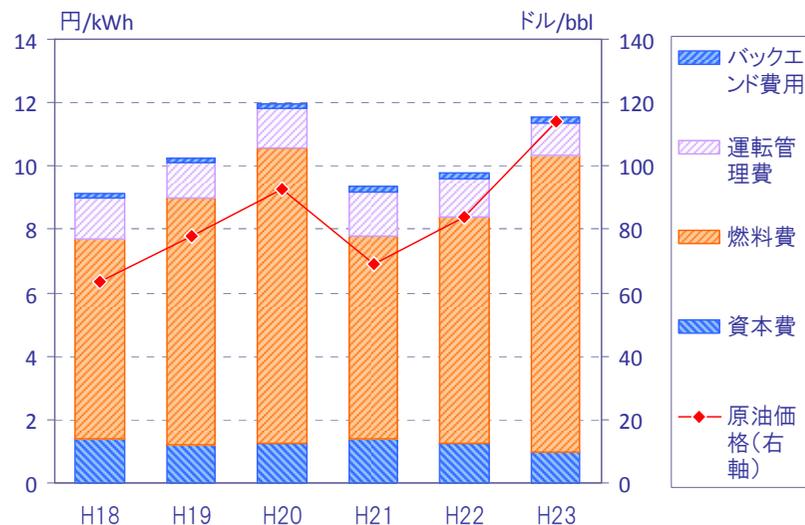
メリット

- 燃料調達さえできればベース電源、ミドル電源、ピーク電源等の用途に柔軟に対応できます。

デメリット

- ほぼ全量輸入で、中東等の地政学リスクに脆弱(E1)。また、発電コストの7~8割が燃料費であり、化石燃料価格の変動に大きく左右されます(E3)。
- 発電時に多量の二酸化炭素を排出するため、地球環境保全のためには、コストの高いCCS(二酸化炭素回収・貯留)のような追加的な対策を要します(E2、E3)。

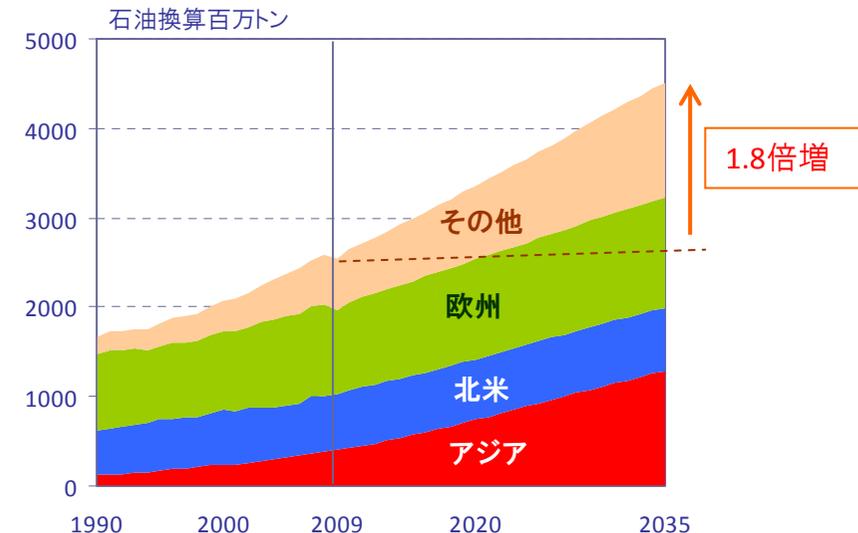
火力発電の発電コスト(平均)



(出所)有価証券報告書(電気事業者12社)

世界の天然ガス需要見通し

途上国を中心とした需要増加により、資源争奪が激化することが予想されます。



(出所)日本エネルギー経済研究所

3E+S+Mの観点から下記の指標に注目してください

○エネルギー政策の策定には、安全性(S)の確保を前提に、3E+Mの観点から、客観的・定量的に評価することが重要です。

○原子力比率が小さくなるにつれ、3Eが不十分となり、Mへの悪影響が増大します。

(注)比較基準を揃えるため、ゼロシナリオは無理な省エネ追加対策を行わないケース(基本問題委員会試算の選択肢1)を掲載。また、経済評価に不可欠な発電コストについて、コスト等検証委員会試算を使用した2研究機関の結果を採用。

		2010年	ゼロシナリオ	15シナリオ	20-25シナリオ
電源構成	原子力	26%	0%	15%	20-25%
	再生可能エネルギー	10%	35%	30%	30-25%
	火力	63%	65%	55%	50%
安全保障(E1)	電力自給率	37%	35%	45%	50%
	燃料輸入額	-	2010年比(17兆円) 0兆円/年	▲2兆円	▲2-3兆円
環境適合(E2)	エネルギー起源CO ₂	90年比+6%	▲15%	▲22%	▲25%
経済効率(E3)	電気料金	17円/kWh	2010年比 +18~20円	+15~17円	+13~15円
経済インパクト(M)	GDPの損失	-	12~31兆円	10~30兆円	8~28兆円
	家庭電気代	1.0万円/月	2.0万円	1.8万円	1.7~1.8万円

(参考)他の2機関の経済影響分析結果

○コスト等検証委員会の発電コストに関するデータを必ずしも十分に利用できず、各モデルで設定した値を利用した研究機関の試算結果は以下のとおり。

		2010年	ゼロシナリオ	15シナリオ	20-25シナリオ
経済効率(E3)	電気料金	17円/kWh	2010年比 +15~17円	+12円	+5~13円
	GDPの損失	-	6~12兆円	2~3兆円	2~10兆円
経済インパクト(M)	家庭電気代	1.0万円/月	1.4~1.9万円	1.4万円	1.2~1.4万円

出所:国家戦略室「エネルギー環境会議」、同HP資料、経済産業省総合資源エネルギー調査会基本問題委員会資料等よりエネ研作成

エネルギー安全保障についての補足解説(E1)

		2010年	ゼロシナリオ	15シナリオ	20-25シナリオ
安全保障(E)	一次エネ自給率	18%	22%	27%	29%
	燃料輸入額増減 2010年比(17兆円)	-	0兆円/年	▲2兆円	▲2-3兆円

○原子力の比率が下がるほど、エネルギーの自給率が低くなります。

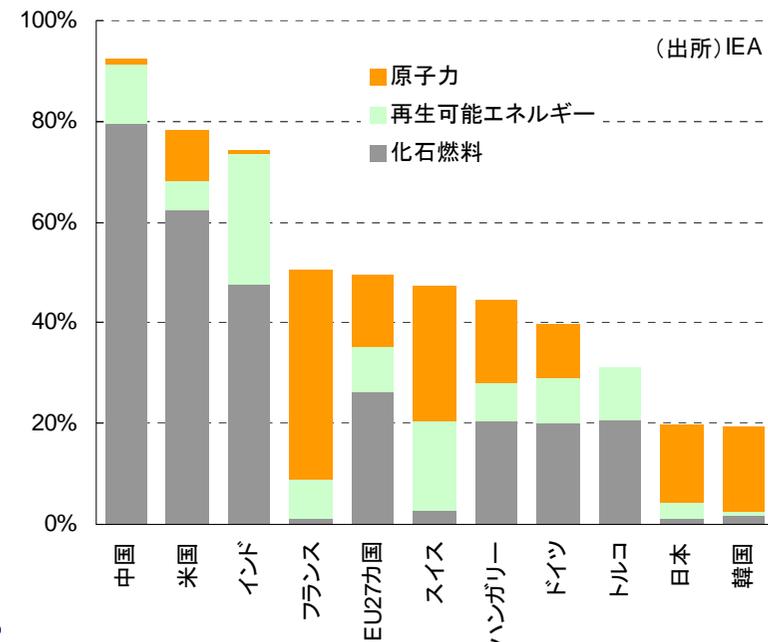
○日本の原子力を含む自給率は約20%、欧米先進国に比べても低い水準です。どの国でもエネルギー安全保障は最重要課題です。他国では、化石燃料の自給率が低い国ほど原子力依存が高くなっています。

○2010年の化石燃料の輸入金額は約17兆円でしたが、国際価格の上昇や原子力の停止等により、2011年は約22兆円に増加しました(31年ぶりに貿易赤字に転落した一因となりました)。

○輸入額の増加は国富の流出、日本経済の信用を低下させるので、できる限り抑制することが望ましくなります。

出所:国家戦略室「エネルギー環境会議」、同HP資料、経済産業省総合資源エネルギー調査会基本問題委員会資料等よりエネ研作成

主要国のエネルギー自給率(2009年)



(注)比較基準を揃えるため、ゼロシナリオは無理な省エネ追加対策を行わないケース(基本問題委員会試算の選択肢1)を掲載。また、コスト等検証委員会のコストを使用した2研究機関の結果を採用。

環境適合についての補足解説(E2)

	2010年	ゼロシナリオ	15シナリオ	20-25シナリオ
エネルギー起源CO ₂	90年比 +6%	▲16%	▲22%	▲25%

出所: 国家戦略室「エネルギー環境会議」、同HP資料、経済産業省総合資源エネルギー調査会基本問題委員会資料等よりエネ研作成

○温室効果ガスの排出量は1990年比16～25%減。原子力の比率が小さくなると削減度合いが小さくなります。

○ただし、どのシナリオを選択したとしても、その実現のためには、省エネルギーの進展、非化石燃料の導入促進など、より一層の国民努力が必要になります。

エネルギー起源CO₂排出量の推移



(注) 比較基準を揃えるため、ゼロシナリオは無理な省エネ追加対策を行わないケース(基本問題委員会試算の選択肢1)を掲載。

経済効率についての補足解説(E3)

	2010年	ゼロシナリオ	15シナリオ	20-25シナリオ
電気料金	17円/kWh	2010年比 +18~20円	+15~17円	+13~15円

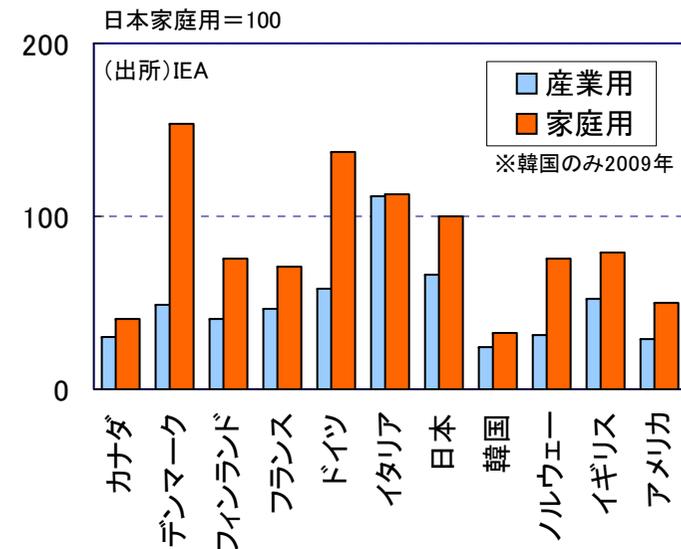
出所:国家戦略室「エネルギー環境会議」、同HP資料、経済産業省総合資源エネルギー調査会基本問題委員会資料等よりエネ研作成

○日本の**電気料金**は国際的に高い水準にあります(再生可能電力を推進しているデンマークやドイツの家庭用料金は日本より高い水準です)。なお、主要先進国では産業競争力の観点から、家庭用よりも産業用の価格が低い傾向にあります。

○コスト等検証委員会の発電コスト等を利用した研究機関の分析によれば、現在の電気料金は約17円/kWh(家庭、産業平均)です。ゼロシナリオでは、2.1~2.2倍上昇すると試算されています。15シナリオは1.9~2.0倍、20-25シナリオは1.8~1.9倍の上昇です。

○電気料金の上昇は、家計の負担に繋がります。また、**産業競争力が低下し、産業空洞化(所得、雇用の喪失)**が懸念されます。

主要国の電気料金(2010年)



(注)比較基準を揃えるため、ゼロシナリオは無理な省エネ追加対策を行わないケース(基本問題委員会試算の選択肢1)を掲載。また、コスト等検証委員会のコストを使用した2研究機関の結果を採用。

安全性についての補足解説(s)(1)

3つのステップを通じて、今回のような事故の再発リスクを合理的な低いレベルにすることは十分可能と考えられます。

①過酷事故対策、全電源喪失対策の充実・進化

対策済みのみ再稼働へ。

－緊急安全対策＋ストレステスト

－福島事故を教訓に30項目の安全対策

－安全規制フレームワークの恒常的進化及びバックフィット(新たな基準に照らした改善)

－「絶対の安全」はないとの認識のもと、危機管理のための非常事態対策を強化

②原子力安全規制機関の独立性の確保へ

－原子力推進機関からの独立・・・3条委員会設立へ

③国際協力による安全性の相互確認へ

－ストレステスト等の評価が国際基準に照らして適切であるか、IAEAによる調査の受入れ

－IAEAの安全基準強化への日本の貢献と、他国の専門家による相互評価・検証へ

－米国、フランス等諸外国と相互監視、最適事例を共有へ

安全性についての補足解説(s)(2)

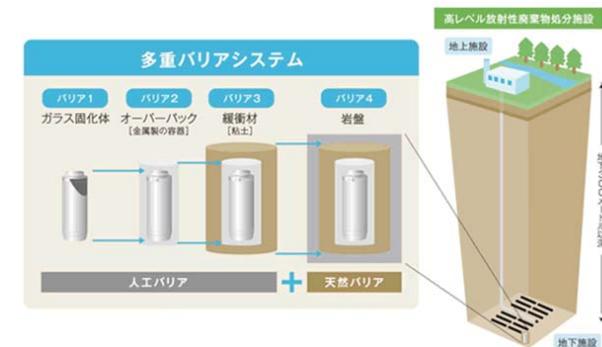
○高レベル放射性廃棄物の処分に際しては、安全で安定した処分方法の確立が重要です。

○人間が管理し続けることなく、かつ人間の生活環境に対して長期にわたって影響を及ぼさないようにするため、深層への地層処分を進めることが、国際的に共通の考え方となっています。

○我が国においても、地層処分を実施可能であることが確認されています。

高レベル放射性廃棄物は地下300メートル以深に埋設します。その安全性については、数十万年間にわたる人工バリア・天然バリアの挙動解析を含め、既に詳細な検討・評価がなされ、その結果も公開されています。

- ◎ わが国にも地層処分に適した地質環境が広く存在
- ◎ 処分施設を適切に設計・施工することが可能
- ◎ 地層処分の超長期的な安全性を予測的に評価・確認
- ◎ 仮に、放射性物質が将来、処分場から地下水中に漏れ出すことを想定した場合、地表面への放射線の影響が最も大きくなるのは約80万年後、その時の線量は年間0.000005ミリシーベルトと評価



(出所)経済産業省HP

○諸外国においては、すでに最終処分場の建設計画が進んでいます。

- ・フィンランドでは最終処分場建設地が選定され、地下455mまでの掘削作業が完了し、建設へ向けた作業が進んでいます。
- ・スウェーデンでは最終処分場建設地が選定され、その立地・建設許可については、OECDにより信頼性が確認されています。

経済インパクトについての補足解説(M)

○コスト等検証委員会の発電コスト等を利用した研究機関の分析によれば、原子力エネルギーが少ないほど(再生可能エネルギーが多いほど)、マクロ経済への負の影響が大きくなる傾向が見られます。

	2010年	ゼロシナリオ	15シナリオ	20-25シナリオ
実質GDPの損失 (自然体ケース比)	-	12~31兆円	10~30兆円	8~28兆円
家庭の電気代 (月当たり)	1.0万円	2.0万円	1.8万円	1.7~1.8万円

出所:国家戦略室「エネルギー環境会議」、同HP資料、経済産業省総合資源エネルギー調査会基本問題委員会資料等よりエネ研作成

○1人当たりのGDP(=所得)の損失は、ゼロシナリオで年間10~26万円になります。15シナリオは9~26万円、20-25シナリオは7~24万円です。

○現在の平均家庭の電気代は1ヶ月約1万円です。ゼロシナリオでは1.0万円(年間12万円)の追加負担と試算されています。15シナリオは年間10万円、20-25シナリオは同8~10万円の追加負担となります。

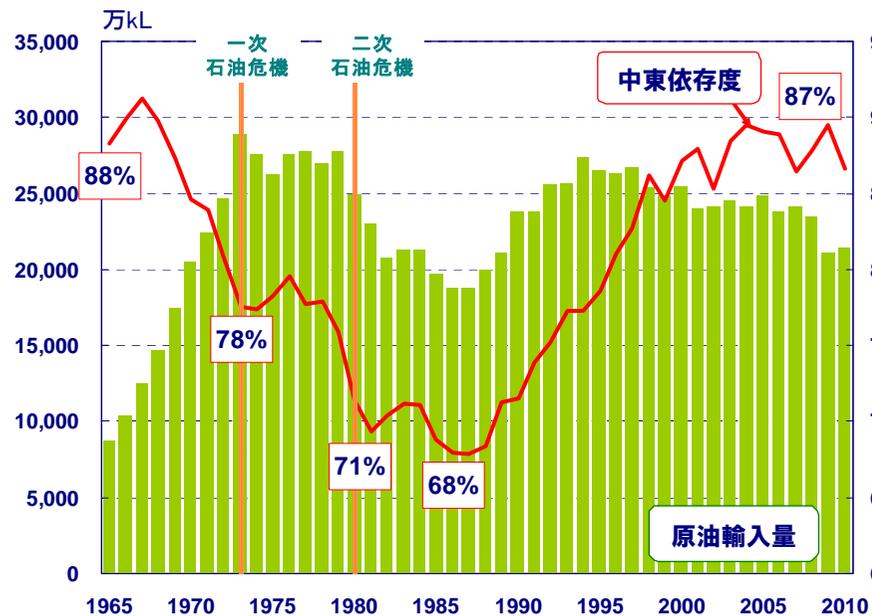
(注)比較基準を揃えるため、ゼロシナリオは無理な省エネ追加対策を行わないケース(基本問題委員会試算の選択肢1)を掲載。また、コスト等検証委員会のコストを使用した2研究機関の結果を採用。 19

国際的視点からの補足解説(1)

中東諸国の政治情勢

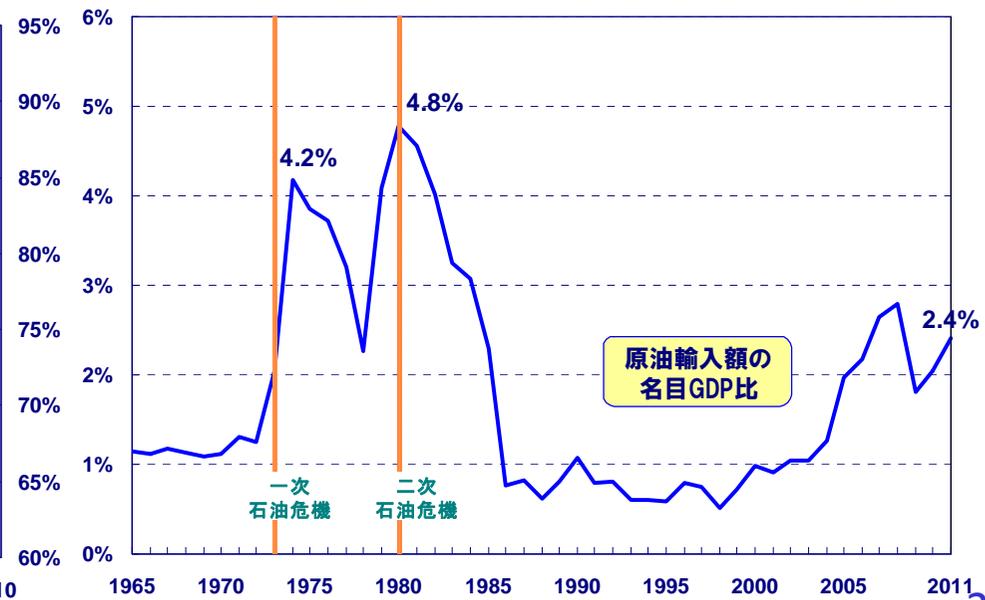
- 日本の原油輸入の中東依存度は近年急増しています。
- 一方、中東情勢はいわゆる「アラブの春」以降、不確実性を増しています。
「シリア、イラクにおいて継続する混乱」、「イラン制裁へのイラン側の反応」、
「イスラエルのイラン攻撃」等への対応は十分でしょうか。
- これまで日本は、石油備蓄と原子力を、地政学的リスクへの対応の二大柱としてきました。

原油輸入の中東依存度



(出所)EDMCエネルギー経済統計要覧

GDPに占める原油輸入金額の割合

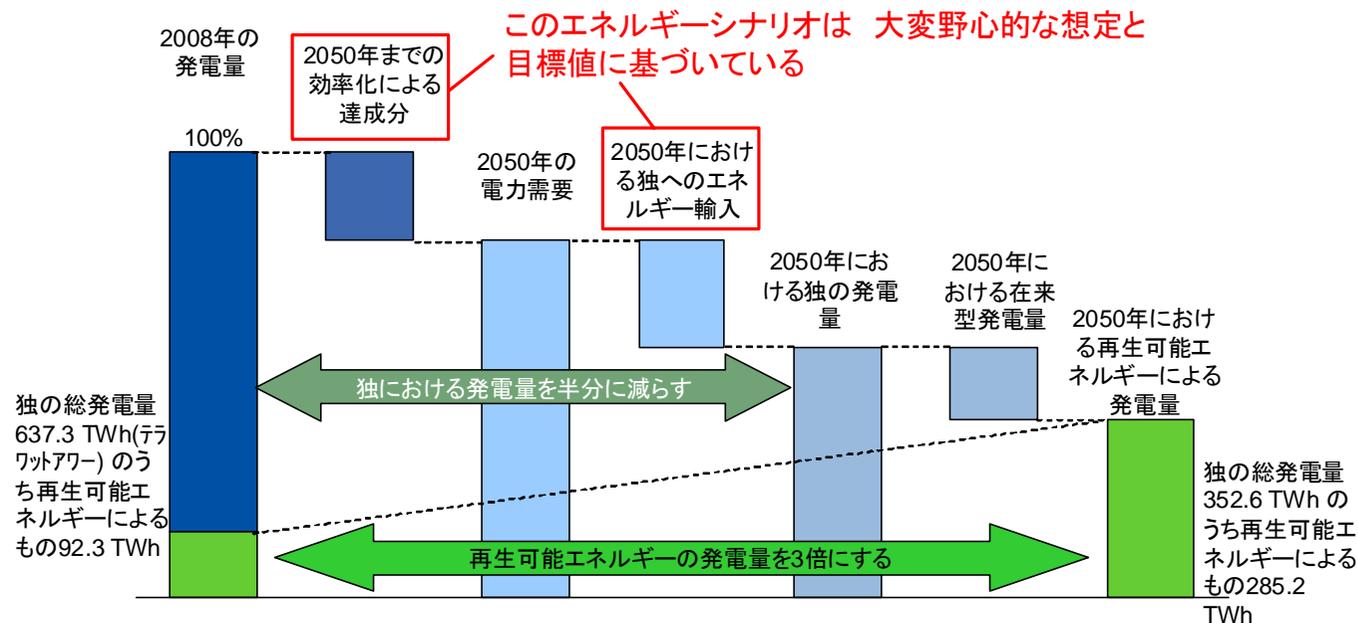


(出所)EDMCエネルギー経済統計要覧よりエネ研作成

国際的視点からの補足解説(2)

ドイツの状況との比較

- ドイツには、EU規模のネットワークがあります(ドイツの電力消費の10倍相当)。従って、不安定な再生エネルギーを吸収する力が大きいことが特徴です。また、ドイツの大手電力会社RWEによると、2050年にドイツは、30%程度を電力輸入に依存すると考えています。その輸入先は、フランス、チェコ等の原子力比率が高い諸国です。
- ドイツでは、再生エネルギーの拡大に伴い、近時、電気料金が高騰しています。このため、全量買い取り制度の買取価格の大幅な引き下げが進められています。またスペインでは買い取り制度が中断しています。



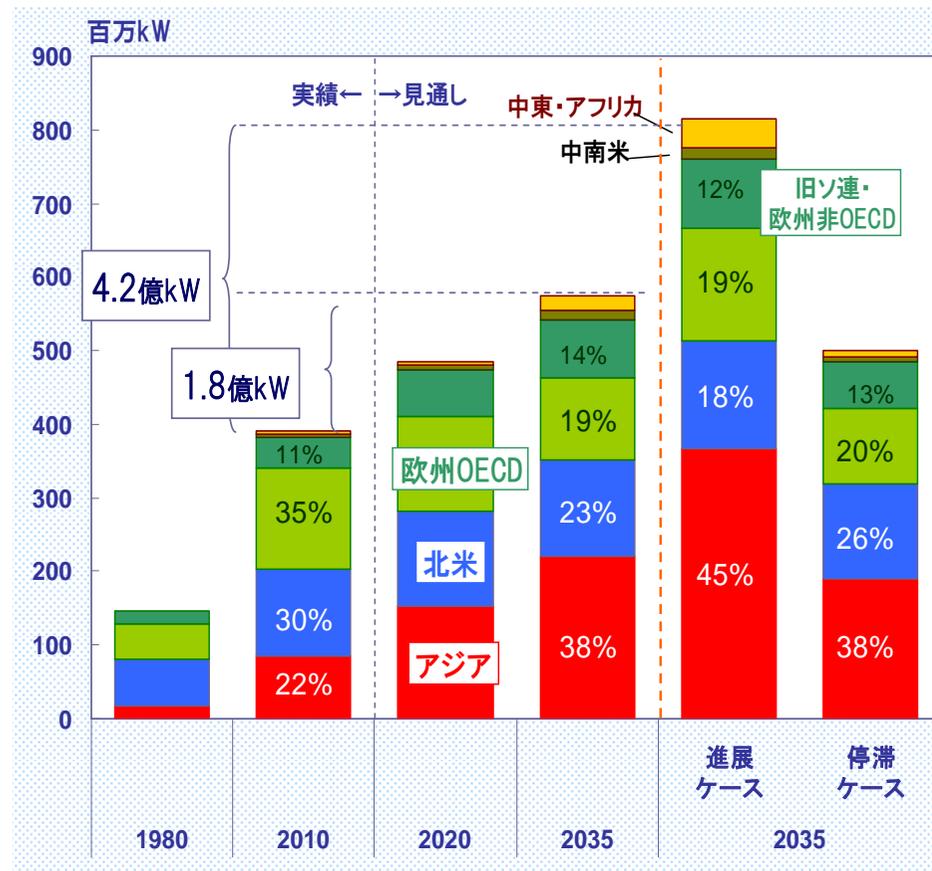
(出所) Bruttostromerzeugung gemäß Tabelle A I-7, Szenario II A, Energieszenarien EWI, GWS, Prognos

国際的視点からの補足解説(3)

世界の原子力発電の将来見通し

- 中国、インド等のアジア諸国を中心に、原子力発電は急増を続けています。
今後25年間にアジア(日本除く)で5~9倍(180~320基)に拡大すると見通されます。
このため、安全管理に関する日本からの技術移転が望まれています。

世界の原子力発電設備容量の見通し



まとめ

エネルギー政策は、**3E**(安定供給、環境適合、経済効率)+**S**(安全性)+**M**(経済インパクト)からの**総合的視点が不可欠**です。そのためには、客観的事実に基づく、定量的な分析、評価が必要になります。

エネルギー資源の多くを海外に依存している日本としては、**国際的視点も欠かせません**。中東問題や中国における燃料輸入の急拡大など、その動向を注視しつつ、日本の政策を考えていく必要があると思われれます。

「完璧なエネルギー源」は存在しません。各エネルギーのメリット・デメリットをよく理解し、そのメリットを最大限活かしたベストミックスを追求していく必要があります。**多様性とバランス**がキーワードではないでしょうか。

以上の視点から、私は、「20-25シナリオ」が適切と考えています。各シナリオの特徴をよく見定めて、**客観的かつ冷静な選択**をして頂きたいと思います。