

# 学生の皆さんと学ぶ 『日本のエネルギー問題』



2016年6月

一般財団法人

日本エネルギー経済研究所

理事長 豊田正和



# 目次

## 1. 私たちにとって エネルギーは、なぜ重要か？

4つのリスク

## 2. 国際エネルギー情勢は どのように変化しているのか？

新しいエネルギー基本計画（第四次）のポイント

## 3. エネルギー政策の視点は、 どのように進化・複雑化しているのか？

4つの方向

## 4. エネルギー情勢の変化に 立ち向かう方法とは何か？



# 1. 私たちにとって エネルギーは、なぜ重要か？



## 2. 4つのリスク 国際エネルギー情勢は どのように変化しているのか？

## 3. 新しいエネルギー基本計画（第四次）のポイント エネルギー政策の視点は、 どのように進化・複雑化しているのか？

## 4. 4つの方向 エネルギー情勢の変化に 立ち向かう方法とは何か？

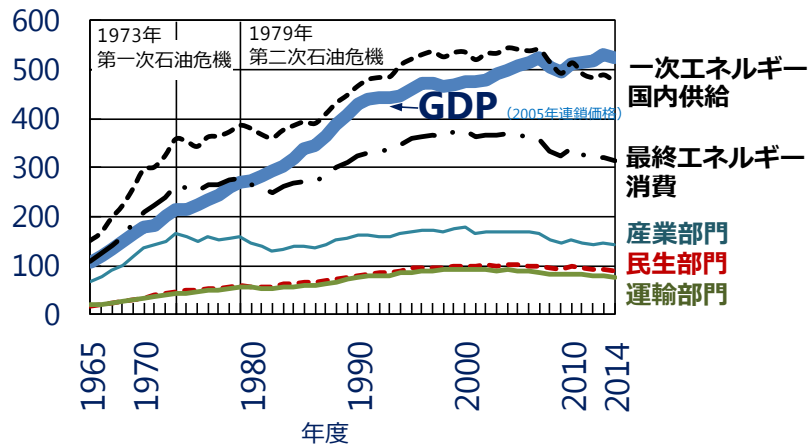


# 1. 私たちにとってエネルギーは、なぜ重要か？

## (1) 経済成長とエネルギー

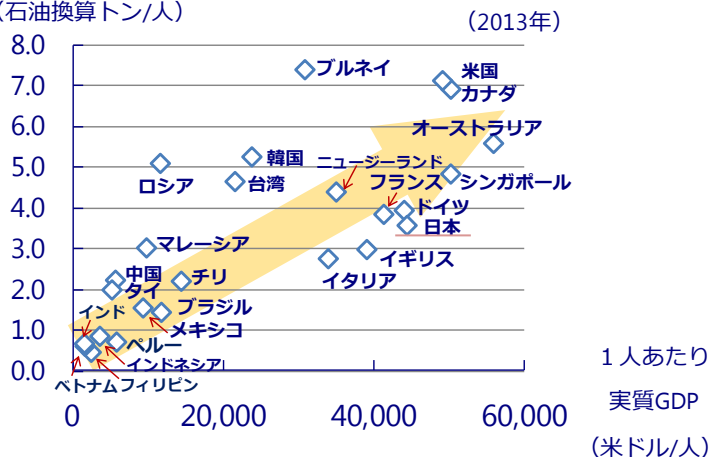
### ① エネルギー需要とGDP (日本の推移)

(兆円、石油換算百万トン)



### ② エネルギー需要とGDP (2013年国別比較)

1人あたりエネルギー消費  
(石油換算トン/人)



### エネルギー・フロー

#### 一次エネルギー

- ・国内生産
- ・輸入
- ・総供給
- ・輸出
- ・在庫変動
- ・国内供給

- ・原油
- ・石炭
- ・天然ガス
- ・原子力
- ・水力
- ・太陽光、風力、地熱ほか

#### エネルギー転換

エネルギー転換ロスを生じる

最終消費されるエネルギーを各種のエネルギーから作り出す工程

- ・発電部門 (事業者、自家発)
- ・石油精製
- ・都市ガス製造
- ・地域熱供給 …他

#### 最終エネルギー

エンドユーザーが実際に消費した分

- ・産業部門 (農林・水産、鉱業、建設、製造業)
- ・民生部門 (家庭・業務※1)
- ・運輸部門 (旅客・貨物)
- ・非エネルギー※2

- ・電力
- ・固体燃料 (石炭製品など)
- ・液体燃料 (ガソリンなど)
- ・気体燃料 (都市ガスなど)

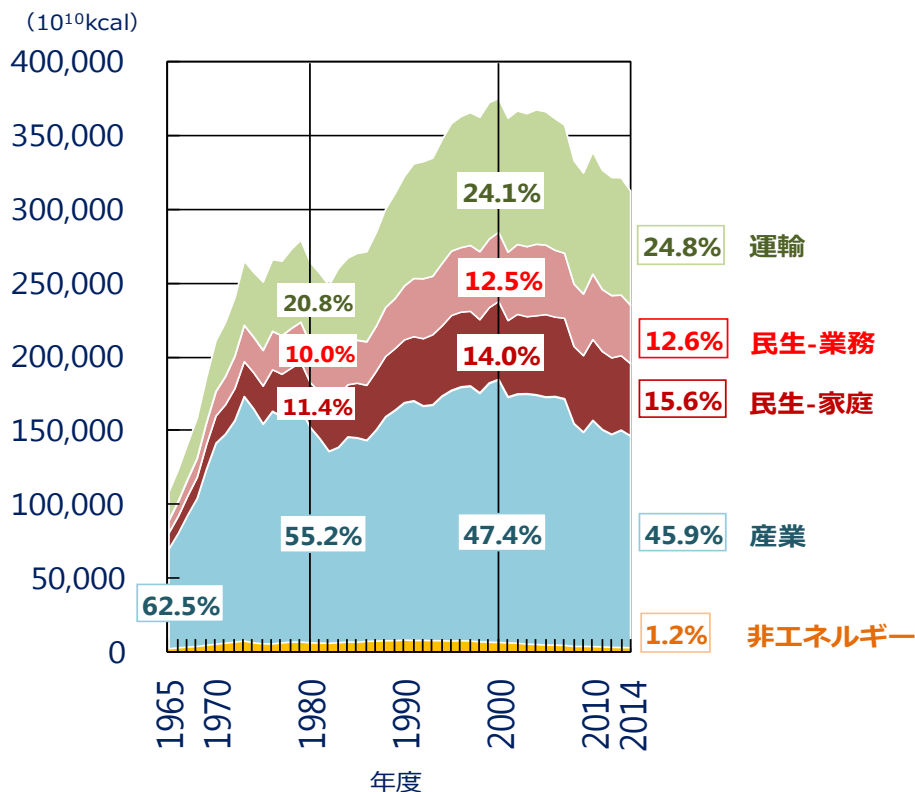
※1 業務とは、商店・事務所ビル・病院・学校・福祉施設のような、産業でもなく、交通用でもなく、家庭用でもない商業部門を指す。

※2 非エネルギーとは、燃料としての利用ではなく、機械油などの用途で用いる石油製品を指し、アスファルト、グリース、パラフィン、潤滑油が含まれる。



## 1. 私たちにとってエネルギーは、なぜ重要か？

### (2) 最終エネルギー消費 (部門別エネルギー需要の特徴)



- これまで産業部門はシェアを下げてきた。その一方で民生・運輸はシェアを伸ばしている。
- 今後の省エネの課題は、民生・運輸部門にある。

#### 部門別エネルギー需要の特徴

##### 産業部門

第1に最大のエネルギー需要部門。  
第2に経済・生産活動の影響を大きく受ける。  
第3に石油危機以降に省エネルギー・脱石油がもっとも進展した部門。

##### 民生-家庭部門

2度の石油危機を経て、その伸びは鈍化したものの人口の増加鈍化と減少、家電機器普及の飽和、家電機器の効率改善などから、堅調に推移している。

##### 民生-業務部門

産業構造のサービス化などにより堅調に増加してきたが、近年は減少に転じている。

##### 運輸部門

輸送需要の減少、自動車普及の飽和、そして自動車燃費の改善などから、1999年をピークに減少に転じている。

# 1. 私たちにとって エネルギーは、なぜ重要か？



## 2. **4つのリスク** 国際エネルギー情勢は どのように変化しているのか？



## 3. **新しいエネルギー基本計画（第四次）のポイント** エネルギー政策の視点は、 どのように進化・複雑化しているのか？

## 4. **4つの方向** エネルギー情勢の変化に 立ち向かう方法とは何か？



## 2. 国際エネルギー情勢が変わってきたというのは本当？ ： 4つのリスク

- ☑ リスク① シェール革命と急落した原油価格の行方
- ☑ リスク② 高まる地政学的不安定性
- ☑ リスク③ パリ合意で本格化する気候変動への対応
- ☑ リスク④ 原子力安全性の確保と再稼働のスピード

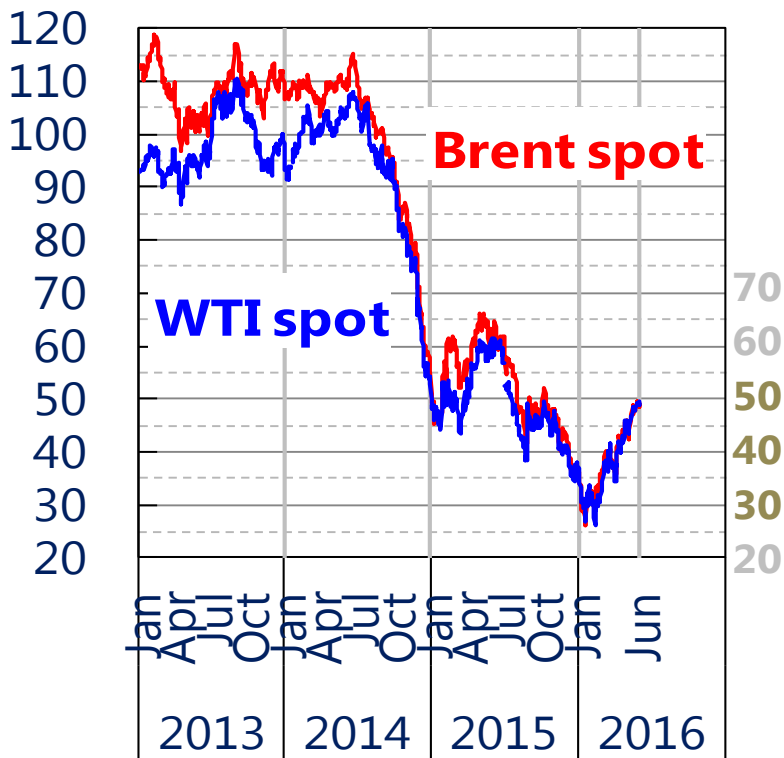


## 2. 国際エネルギー情勢が変わってきたというのは本当? : 4つのリスク

### リスク① シェール革命と急落した原油価格の行方

- 原油価格下落が続いた場合の中・長期的影響は?
- シェールオイル・ガス生産の break-even 価格は?

(US\$/bbl)



IMF推定 (2015年)	財政収支均衡価格 Fiscal Breakeven Oil Price (\$/bbl)
Saudi Arabia	105.6
Oman	94.7
Iraq	81.0
United Arab Emirates	72.6
Qatar	55.5
Kuwait	49.1

(出所) 米国エネルギー情報局 (EIA)

「Spot Prices for Crude Oil and Petroleum Products」より作成

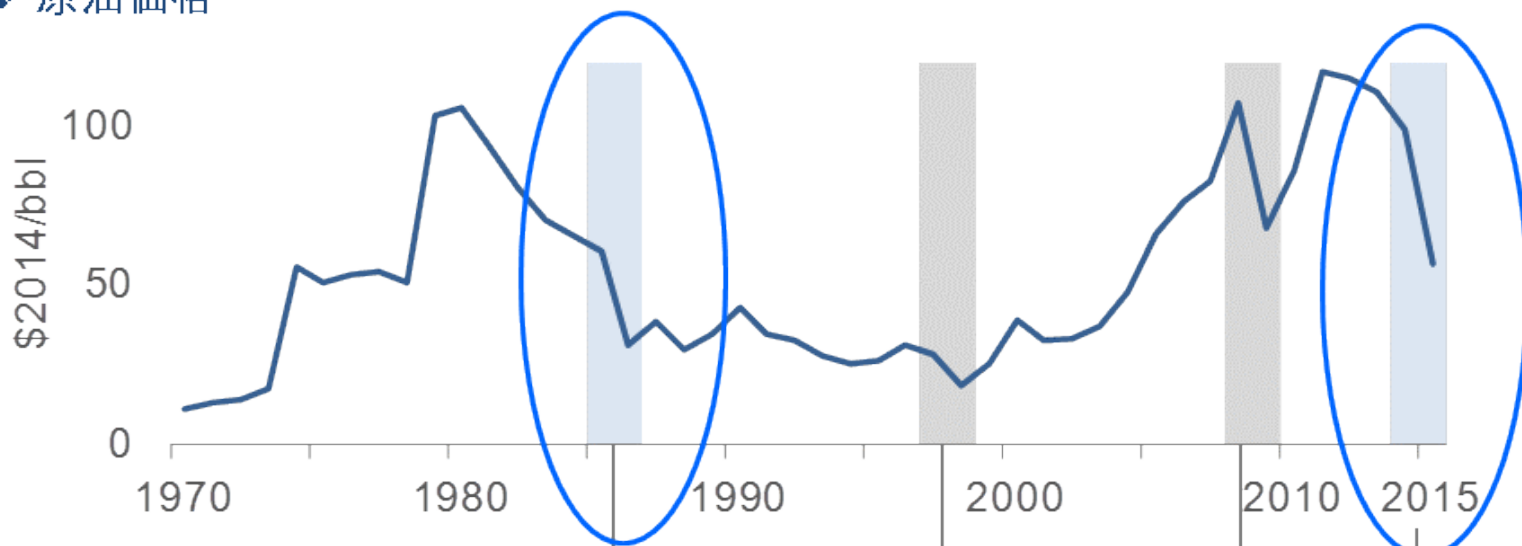
(出所) IMF, 2015年10月



# 「歴史は同じようには繰り返さないが、韻を踏む」

~ Mark Twain

## ❖ 原油価格



出所: BP

- 石油ショック後の高油価による需要減と非OPEC供給増
- OPEC内でのシェア争いの激化
- ネットバック価格方式による需給緩和

- アジア経済危機に伴う新興国における需要減少
- OPEC内での生産枠超過生産
- OPECの生産枠拡大による需給緩和

- リーマンショックによる世界的な需要の急減
- サウジアラビアを中心とする生産能力拡大

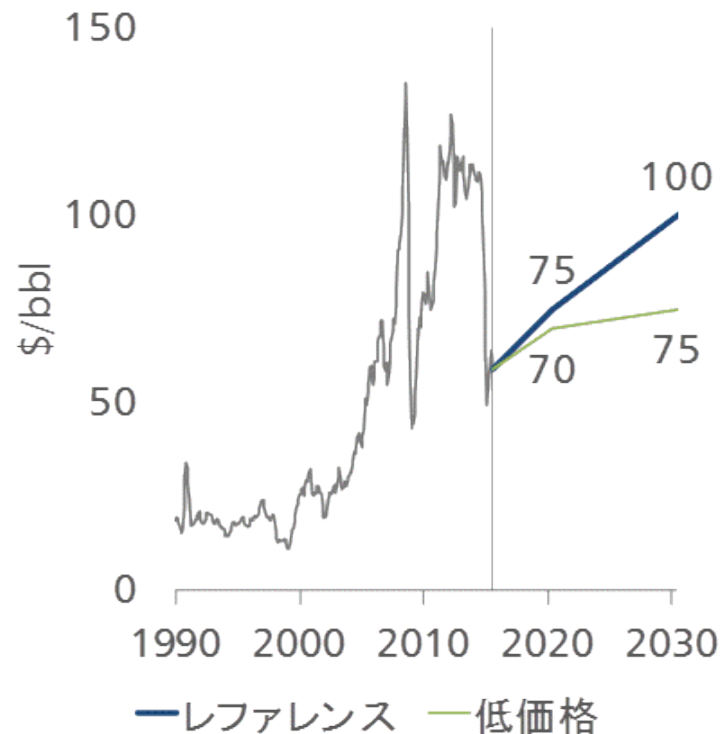
- 非OPEC供給の拡大
- OPECの増産
- 世界の需要減速

# エネ研の原油価格想定 (アジア/世界エネルギーアウトルック 2015)

## ❖ レファレンス/低価格ケースの背景

	レファレンス	低価格
需要	省エネルギー・運輸部門での燃料代替は趨勢的に進展	省エネルギーの進展 非化石燃料への代替が進展
在来型資源供給	各国でこれまでと同程度に進展	OPECやロシアなどの低コスト産油国間の増産合戦が続く OPECはカルテル組織としては実質的に崩壊
非在来型資源供給	米国では2020年代以降増産ペースは低下 他の国では少しずつ進展	米国、米国以外にも最高水準にまで進展

## ❖ 原油価格想定



「低価格ケース」では、生産・消費両面の要因で需給が緩和し、価格が低下する前提に立つ  
2030年の油価はレファレンス比25%安と想定



## 2. 国際エネルギー情勢が変わってきたというのは本当? : 4つのリスク リスク② 高まる地政学的不安定性

### ● イラク <7つの中東不安定要因の錯綜>

### ● ウクライナ <まかり通る国際法違反>

先行き不透明な中東和平問題

イラク戦争後のイラク内外情勢

イランの核開発合意を巡る国際関係の緊張

シェール革命の経済・政治的インパクト



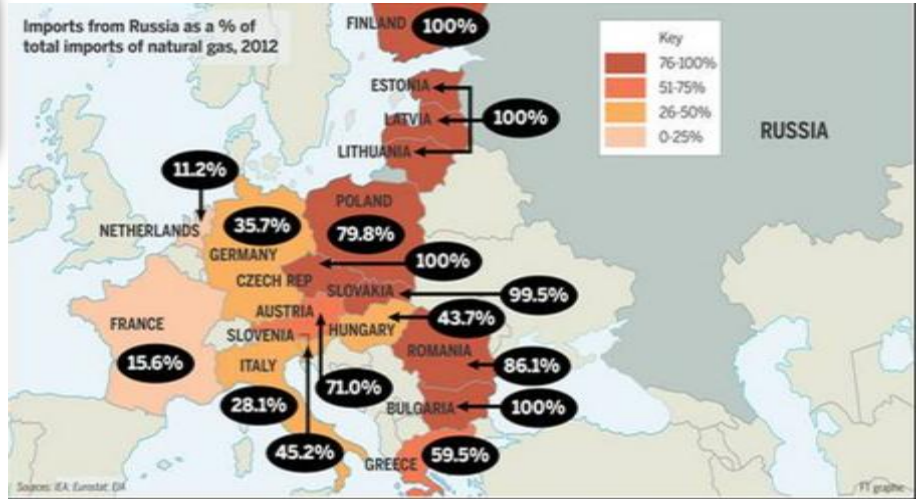
アラブイスラム社会に広がる米国への不満・反発

アラブの春による中東の現政権・体制を巡る不安定要因

石油施設に対するテロ活動の危険性

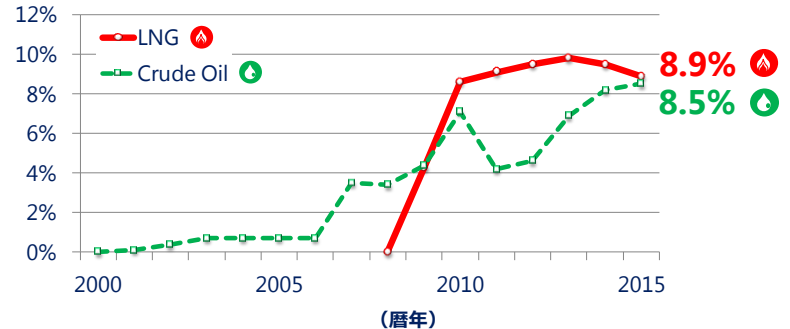
Source: Prepared by IEEJ

### 欧州各国の天然ガスロシア依存度



(出所) The Financial Times, April 4, 2014.

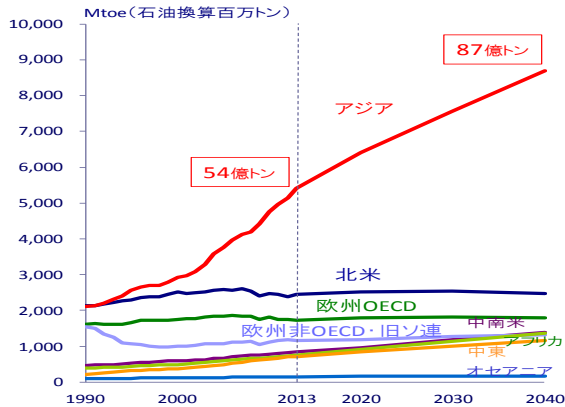
### <参考> 日本のロシア依存度



(出所) 資源・エネルギー統計年報 及び日本貿易月表より作成

# アジアでは？ : 資源獲得競争と「領有権紛争」 : 北朝鮮の挑発？

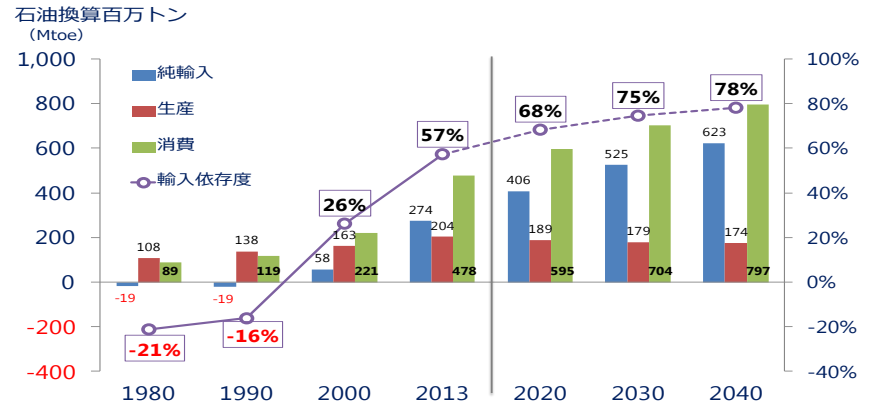
## ● 世界の地域別エネルギー需給見通し



世界計  
 2013年 136億トン  
 ↓  
 2040年 190億トン  
 (1.4倍増)

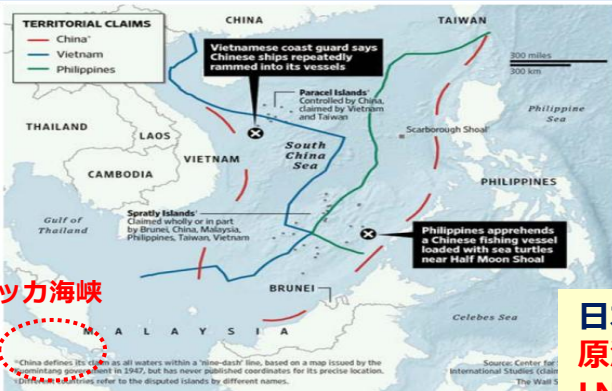
(出所) 日本エネルギー経済研究所「アジア/世界エネルギーアウトック 2015」2015年10月

## ● 中国の石油需給見通し



(出所) 日本エネルギー経済研究所「アジア/世界エネルギーアウトック 2015」2015年10月

## ● 南シナ海における領有権争い



マラッカ海峡

日本が輸入する  
**原油の9割、LNGの4割が**  
**マラッカ海峡を通過。**

(出所) The Wallstreet Journal, 2014年5月9日 (日本語版Web)

## ● 北朝鮮の挑発？

- ☢ 2006年10月 初の地下核実験
- ☢ 2009年5月 2回目の核実験
- 2011年12月 金正日 (キム ジョンイル) 死去、金正恩 (キム ジョンウン) が継承 (第3代最高指導者)
- ☢ 2013年2月 3回目の核実験
- 2016年
  - ☢ 1月6日 初の水爆実験に成功と発表 (韓国国防部では4回目核実験と推定)
  - ☢ 4月24日 潜水艦発射弾道ミサイル (SLBM) の発射実験に成功と発表

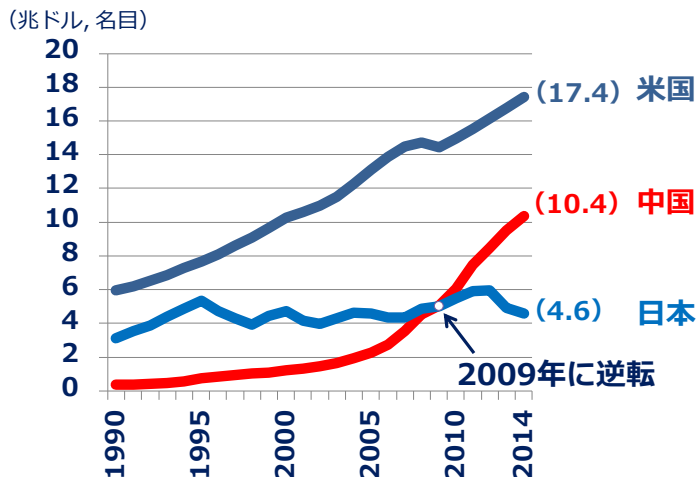


# 不安定の背景 ?

## 世界の警察官の役割を担えなくなった米国 / トランプ現象 ?

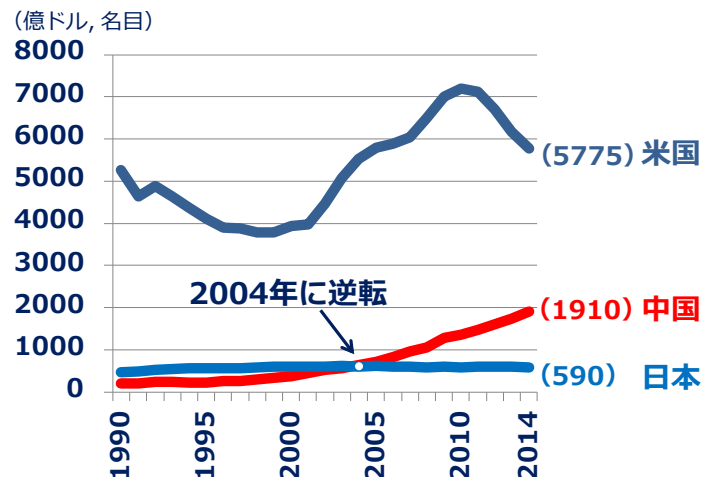
### ● 中国の台頭 <米国の地位の相対的低下>

#### ① GDPの相対関係 (米・中・日比較)



(出所) 世界銀行ホームページより作成

#### ② 軍事費の相対関係 (米・中・日比較)

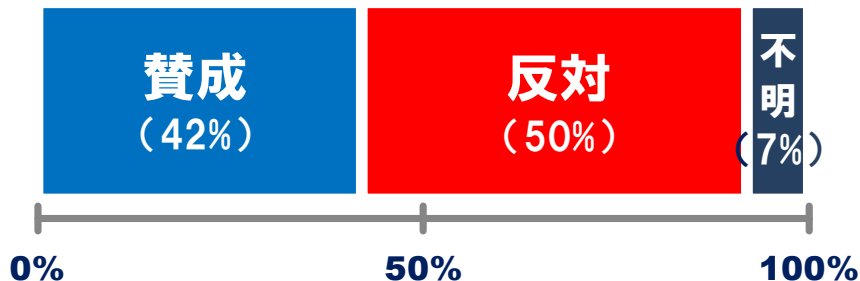


(出所) SIPRI Military Expenditure Databaseより作成

### ● イラク進攻・アフガン侵攻のつけ

<国民の厭戦気分>

米軍によるイラクへの  
軍事介入に対して



注) 端数処理のため、合計は100%にならない。

(出所) CBS News/New York Times調査 (2014年6月)より作成



## 2. 国際エネルギー情勢が変わってきたというのは本当? : 4つのリスク

### リスク③ パリ合意で本格化する気候変動への対応

#### ● 思い出したくない日本

<日本の化石燃料依存度は、94%へ (2012年) >

- ・・・エネルギー・ミックス策定の結果、  
温暖化対策を策定へ。

#### ● 張り切る米国・逃げられない中国

🇺🇸 <米国：シェール革命のお蔭で

火力のCO<sub>2</sub>排出量を3割減>

🇨🇳 <中国：石炭は、PM 2.5等 公害の源>

- ・・・APECにおける米中会談 (2014年11月)

#### ● 結果としての2030年目標

温室効果ガス削減目標 (詳細は p.31 : 各国の自主削減目標 参照 )

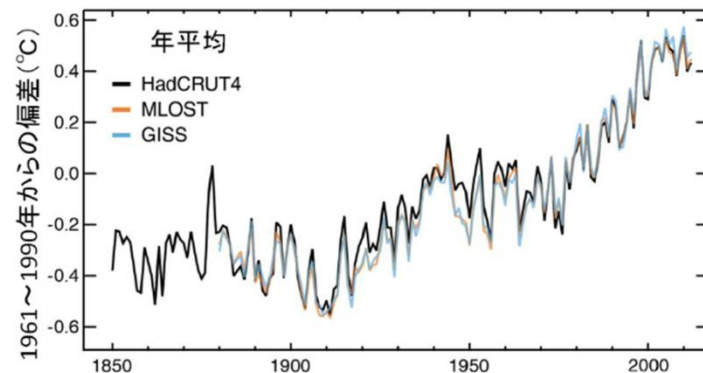
🇯🇵 <日本> 2030年度 ▲**26%** (13年度比) : 7/17提出済

🇺🇸 <米国> 2025年までに ▲**26-28%** (05年比)

🇪🇺 <EU> 2030年までに ▲**40%** (1990年比)

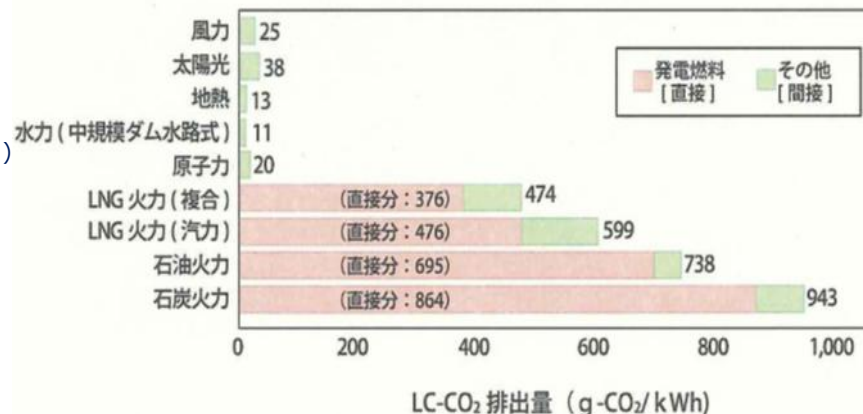
🇨🇳 <中国> 2030年前後にピークアウト、  
▲**60~65%** (05年比、GDP当たりCO<sub>2</sub>排出量)

#### 世界の地上気温の経年変化



(出所) 気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第5次評価報告書  
第1作業部会報告書政策決定者向け要約 (SPM) の概要 (速報版)、経済産業省記者発表資料、2013年9月27日

#### 温暖化の視点 (CO<sub>2</sub>排出量比較)



(出所) 一般財団法人 電力中央研究所  
「日本の発電技術のライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量評価」2010年7月



## 2. 国際エネルギー情勢が変わってきたというのは本当? : 4つのリスク

# リスク④ 原子力安全性の確保と再稼働のスピード

15

1. 現時点での使用可能な原子炉 : **42**基 (= 54 - 6<sup>福島廃炉</sup> - 6<sup>老朽廃炉</sup>)
2. 原子力規制委員会による審査・検査中の原子炉  
(運転延長申請中の3基含む: 高浜1/2号、美浜3号) : **22**基 (= 26<sup>申請</sup> - 4<sup>合格/再稼働</sup>)
3. 現時点で、**稼働中の原子炉** : **2**基 (川内1,2号機) 高浜3,4号機 運転停止中※
4. 規制委員会の新基準に適合するとされた原子炉 : **5**基

### ●①設置許可審査が認可されたのは、

九州電力	<b>川内</b> (鹿児島県 薩摩川内市)	⇒ 1号機: 2015年8月に <b>再稼働</b> ・試験稼働 (営業運転2015 <b>9/10</b> 開始)
		⇒ 2号機: 2015年10月に <b>再稼働</b> ・試験稼働 (営業運転2015 <b>11/17</b> 開始)
関西電力	<b>高浜</b> (福井県 高浜町)	⇒ 3号機: 2016年1月に <b>再稼働</b> ・試験稼働 (営業運転2016 <b>2/26</b> 開始) <span style="color: red;">運転停止中※</span>
		⇒ 4号機: 2016年2月に <b>再稼働</b> ・試験稼働 (検査中) <span style="color: red;">運転停止中※</span>
四国電力	<b>伊方</b> (愛媛県 伊方町)	⇒ 3号機 (①認可、③審査中) <span style="color: blue;">町と県の地元同意を取得済</span>

※再稼働後、地裁の運転停止を命じる仮処分決定(3/9付)により停止

その他 **21**基 (= 26 - 4<sup>川内2基</sup> - 1<sup>伊方</sup> - 4<sup>高浜2基</sup>) は、①設置許可を審査中。

新規制基準適合性に係る審査・検査～再稼働までの大まかな流れ (①～③の審査は同時並行的に行われる。)

①申請 → ①設置許可審査 (認可) → ②工事計画審査 (認可) → ③保安規定審査 (認可) → ④使用前検査 (合格)

その他 再稼働に向けては、電力会社と自治体との安全協定に基づく、地元の同意も求められる (立地市町村と、その市町村が属する都道府県)。 → ⑤再稼働 (営業運転開始は、電力会社が最終判断する)

# 原発再稼働の経済インパクト

	FY2010	FY2016				
		低位ケース	基準シナリオ	高位ケース	最高位ケース	
累計再稼働数 <sup>1</sup> (基)	[2015年度末]	..	[3]	[5]	[5]	..
	2016年度末	..	6	12	18	25
再稼働プラントの平均稼働月数(月)	..	8	7	6	..	
原子力発電量(10億kWh)	288.2	34.0	61.8	82.2	174.1	

	FY2010	FY2016 (FY2010との差)			
		低位ケース	基準シナリオ	高位ケース	最高位ケース
発電コスト <sup>2</sup> (¥/kWh)	(8.2)	+2.3	+2.1	+1.9	+1.1
化石燃料輸入総額(兆円)	18.1	-1.9	-2.1	-2.3	-3.0
石油	12.3	-2.0	-2.0	-2.1	-2.3
LNG	3.5	+0.4	+0.3	+0.2	-0.3
通関超過額(兆円)	5.3	-7.3	-7.1	-6.9	-6.3
実質GDP (2005年価格兆円)	512.7	+24.2	+24.4	+24.5	+25.0
国民総所得(兆円)	493.8	+41.1	+41.3	+41.4	+41.9
工 一次エネルギー国内供給					
ネ 石油(100万kL)	232.3	-27.1	-28.8	-30.1	-35.6
ル 天然ガス(LNG換算100万t)	73.3	+11.4	+8.4	+6.2	-3.7
ギ LNG輸入(100万t)	70.6	+11.9	+9.0	+6.8	-3.2
自給率	17.8%	-7.3p	-6.1p	-5.2p	-1.2p
環 エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出(Mt-CO <sub>2</sub> )	1,139	+6	-8	-18	-63
境 2013年度比	[-7.8%]	[-7.3%]	[-8.5%]	[-9.3%]	[-12.9%]

**基準シナリオ:** 2015年度は川内原子力発電所の2基に続き3基、2016年度は平均すると約2か月に1基のペースで再稼働

**低位ケース:** 2015年度は川内原子力発電所の2基に続き1基、2016年度は2015年度と同数の3基が再稼働

**高位ケース:** 一連の工程が効率化し、2016年度は平均約1か月に1基のペースで再稼働

**最高位ケース:** 規制基準適合性審査申請がされたプラントのうち25基が、設備利用率80%で稼働する仮想的なケース

1. 2010年末時点で発電中の原子力発電所数は39基  
2. 受電分、送配電費用などは含まず。2010年度実績は一般電気事業者10社平均。各社有価証券報告書より推計



# 1. 私たちにとって エネルギーは、なぜ重要か？

4つのリスク

# 2. 国際エネルギー情勢は どのように変化しているのか？

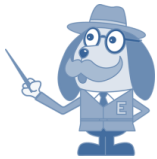


# 3. 新しいエネルギー基本計画（第四次）のポイント エネルギー政策の視点は、 どのように進化・複雑化しているのか？



4つの方向

# 4. エネルギー情勢の変化に 立ち向かう方法とは何か？



### 3. 新しいエネルギー基本計画（第四次）のポイント（2014年4月発表）

## 我が国のエネルギー需給構造が抱える課題（抜粋）

18

### 1. 我が国が抱える**構造的課題**

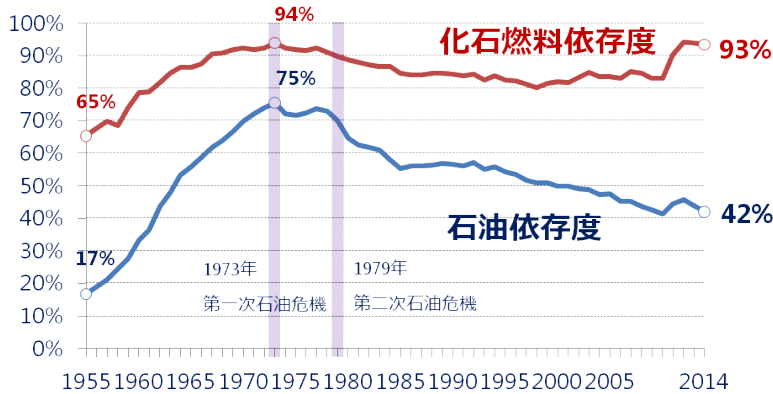
- (1) ...エネルギー**供給体制の根本的な脆弱性** → **(Energy Security)**
- (2) ...中長期的なエネルギー**需要構造の変化**
- (3) ...**資源価格の不安定化** → **(Economic Efficiency)**
- (4) ...**温室効果ガス排出量の増大** → **(Environment)**

### 2. ...**原子力発電所事故...顕在化してきた課題**

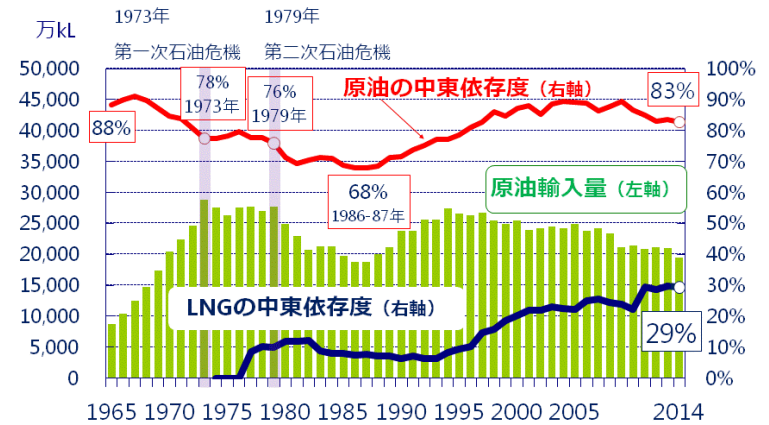
- (1) ...**原子力発電の安全性に対する懸念** → **(Safety)**
- (2) ...国富の流出、供給不安の拡大
- (3) ...マクロ経済・産業・家計（国民生活）への影響
- (4) ...温室効果ガス排出量の急増
- (5) ...電力融通、緊急時供給など、...欠陥の露呈
- (6) ...行政、事業者に対する信頼の低下
- (7) ...コージェネレーションの導入増...
- (8) ...地政学的構造変化
- (9) ...シェール革命の進展...
- (10) ...世界的な原子力の導入拡大

# 脆弱なエネルギー安全保障 (Energy Security)

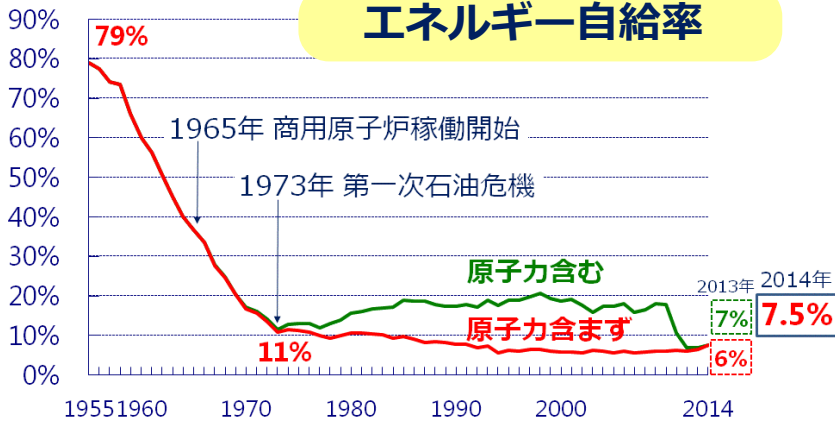
## 化石燃料依存度と石油依存度



## 原油輸入量と中東依存度

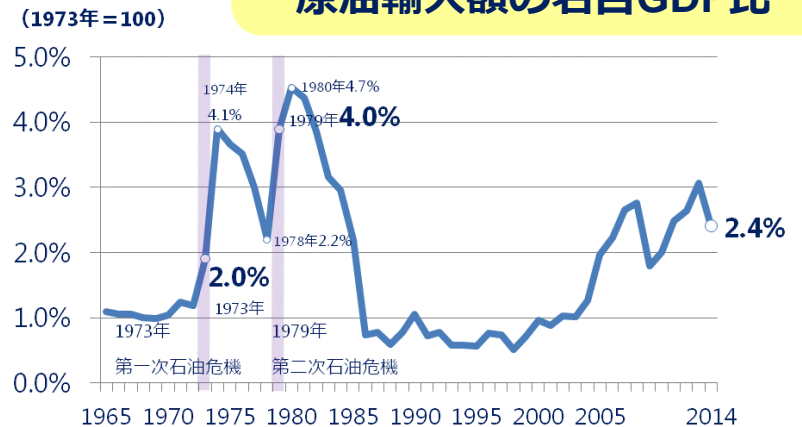


## エネルギー自給率



注) 2013年9月~2015年8月 全ての原子力発電所が停止。

## 原油輸入額の名目GDP比

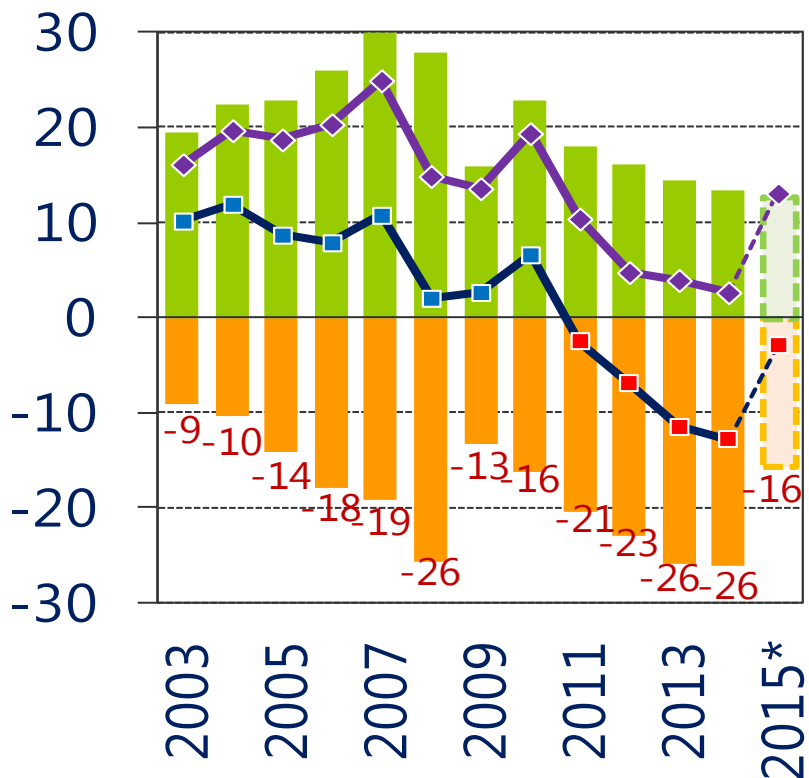


(出所) 日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」、国際エネルギー機関 (IEA) “Energy Balances of OECD Countries 2015”など

# 高コスト化：上昇する電気料金 (Economic Efficiency)

## 貿易収支と経常収支

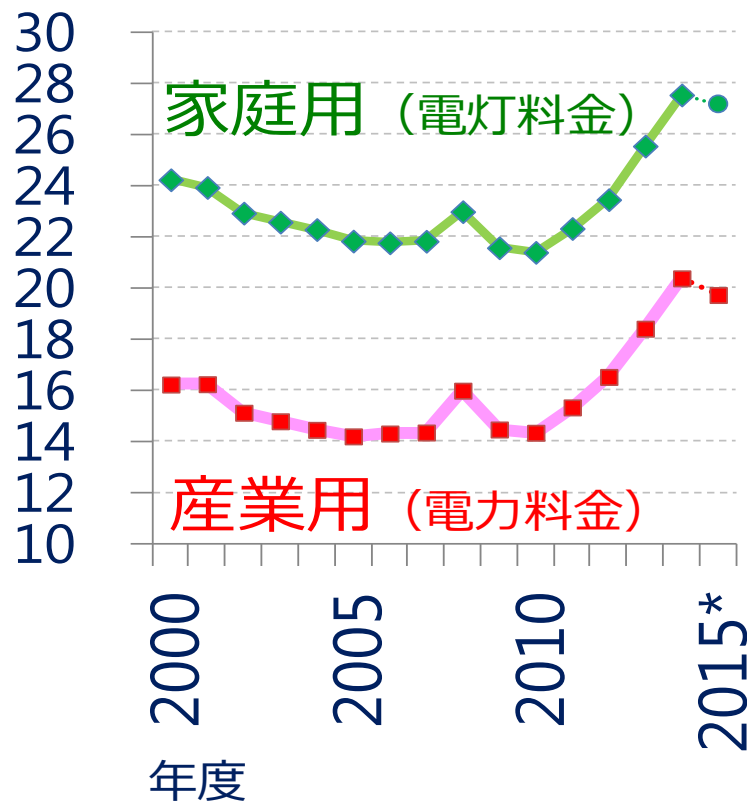
兆円



\* 2015 (暦年) は、  
貿易収支については11月まで、  
経常収支は第3四半期まで

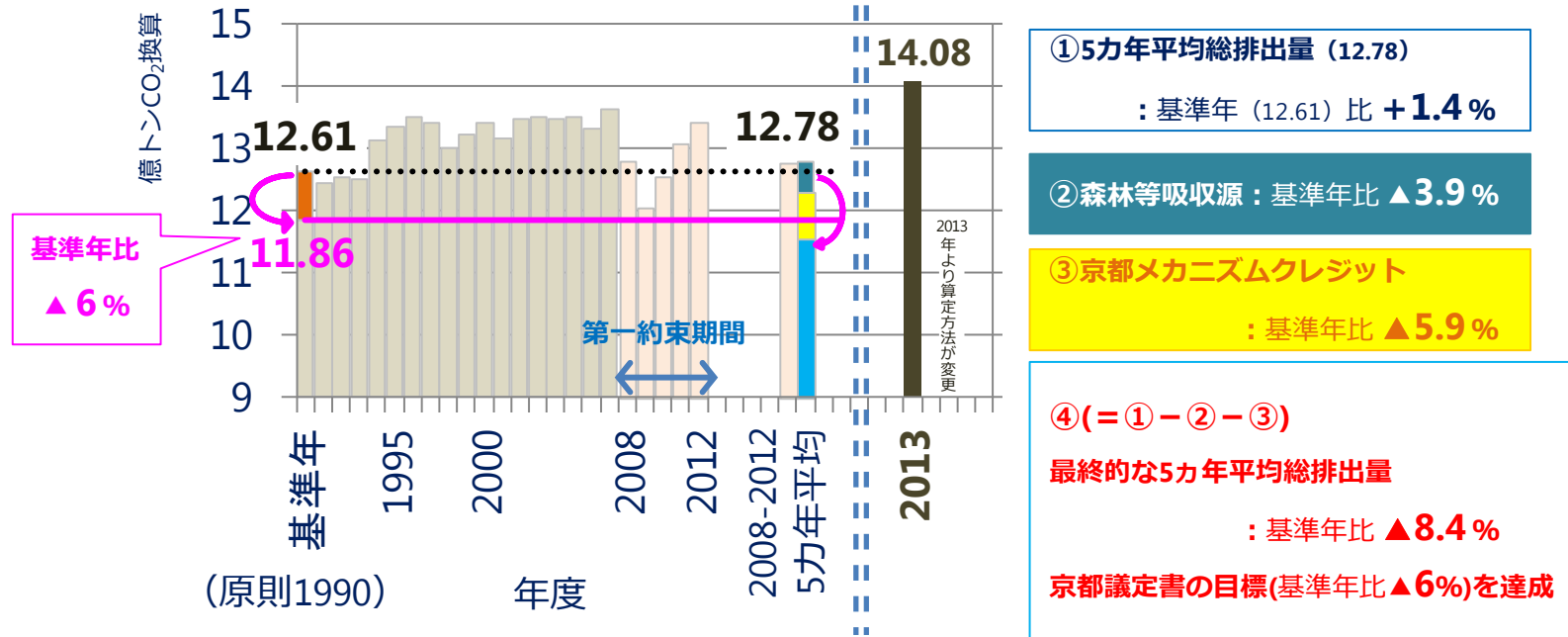
## 上昇する電気料金

円/kWh



\* 2015年度は、  
上半期 (2Q) まで

# 高GHG排出化：温室効果ガス排出量増大 (Environment)



- わが国は、**京都議定書の第一約束期間 (2008～12年)** の温室効果ガス排出量を京都議定書の規定による**基準年[1990]**と比べて、**目標6%削減**を達成するため、**森林吸収量 (3.9%削減)**と**京都メカニズムのクレジット (5.9%削減)**を加味し、**5カ年平均で 8.4%削減を達成した**。
- 京都メカニズム (5.9%削減) でのクレジット購入量は**、政府 9,749.3万トンと、民間事業者 (が政府口座に移転した2008～12年度合計数量) の約2億7,400万トンの合計で **約3億7,149.3万トン**。
- その取得総額は**、これまでの炭素市場での平均取引単価と、同期間の円/ドル 為替レートを元に **約5,900億円 (2008～12年の5年間) と推計される** (IEEJ推計)。

(出所) 地球温暖化対策推進本部※「京都議定書目標達成計画の進捗状況」2015年7月1日および 環境省 地球環境局 総務課 低炭素社会推進室「2012年度(平成24年度)の温室効果ガス排出量(確定値)について」2014年4月15日をもとに作成。  
※平成9年12月19日閣議決定により内閣に設置。本部長は内閣総理大臣。構成員はすべて国務大臣。

1. 私たちにとって  
エネルギーは、なぜ重要か？

4つのリスク  
2. 国際エネルギー情勢が  
変わってきたというのは本当？

新しいエネルギー基本計画（第四次）のポイント  
3. エネルギー政策の視点は、  
どのように進化・複雑化しているのか？



4つの方向  
4. エネルギー情勢の変化に  
立ち向かう方法とは何か？





## 4. エネルギー情勢の変化に立ち向かう方法とは何か？ ： 4つの方向

**戦略①** 省エネルギーの推進

**戦略②** エネルギーミックスの決定と対応

**戦略③** 温暖化ガス削減目標の決定と対応

**戦略④** 原子力の安全確保と着実な再稼働



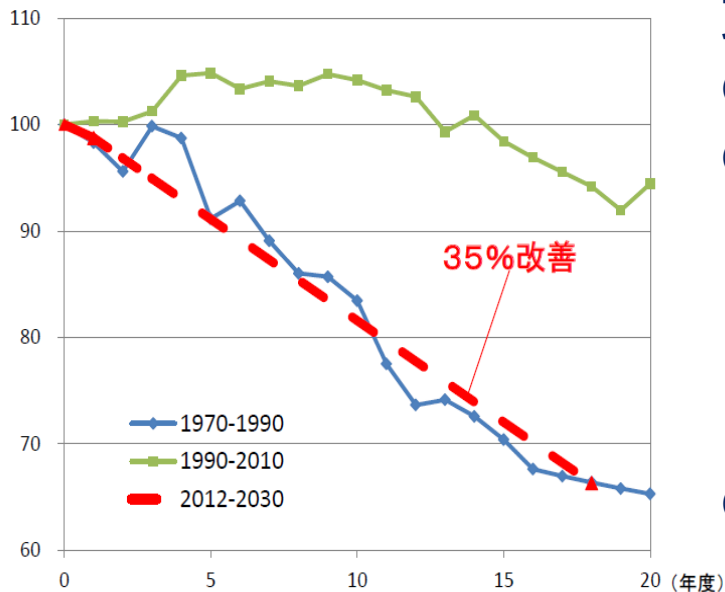
## 4. エネルギー情勢の変化に立ち向かう方法とは何か? : 4つの方向

### 戦略①省エネルギーの推進

#### : 野心的なエネルギー消費効率の改善

- 省エネルギー対策を徹底して進めた後のエネルギー需要の見通しは、最終エネルギー消費 326百万kL程度(対策前比▲13%)。
- これらの対策の積み上げにより、石油危機後並みの大幅なエネルギー効率改善を実現。

【エネルギー効率の改善】



エネルギー効率 = 最終エネルギー消費量 / 実質GDP

### 更なる省エネの3つのポイント

#### ① 製造設備の更新

#### ② ITの活用

a. F E M S ( Factory Energy Management System )

b. B E M S ( Building " )

c. H E M S ( Home " )

d. I T S ( Intelligent Transport Systems )

#### ③ 建築物の省エネ化





## 4. エネルギー情勢の変化に立ち向かう方法とは何か? : 4つの方向 戦略②エネルギーミックスの決定と対応

### 1. 長期エネルギー需給見通しの位置づけと基本方針

#### 1) 長期エネルギー需給見通しの位置づけ

⇒ エネルギー基本計画を踏まえ、エネルギー政策の基本的視点である、**安定供給、経済効率性、環境適合、安全性**（「3E+S」）について達成すべき政策目標を想定したうえで、施策を講じたときに実現されるであろう将来のエネルギー需給の見通しであり、あるべき姿を示すもの。今般は、**2030年の見通し**を策定。

#### 2) 策定の基本方針

- 1) **自給率**は震災前を上回る水準（概ね25%程度）
- 2) **電力コスト**は、現状よりも引き下げ
- 3) 欧米に遜色ない**温室効果ガス削減目標**。世界をリード  
⇒ 同時に、**原発依存度**は可能な限り低減

#### 3) 定期的な見直し

⇒ 少なくとも**三年毎**に行われるエネルギー基本計画の検討に合わせて、**必要に応じ見直す**

（2015年7月16日公表：経済産業省「長期エネルギー需給見通し（2015年7月）」）

# 電源別コスト比較

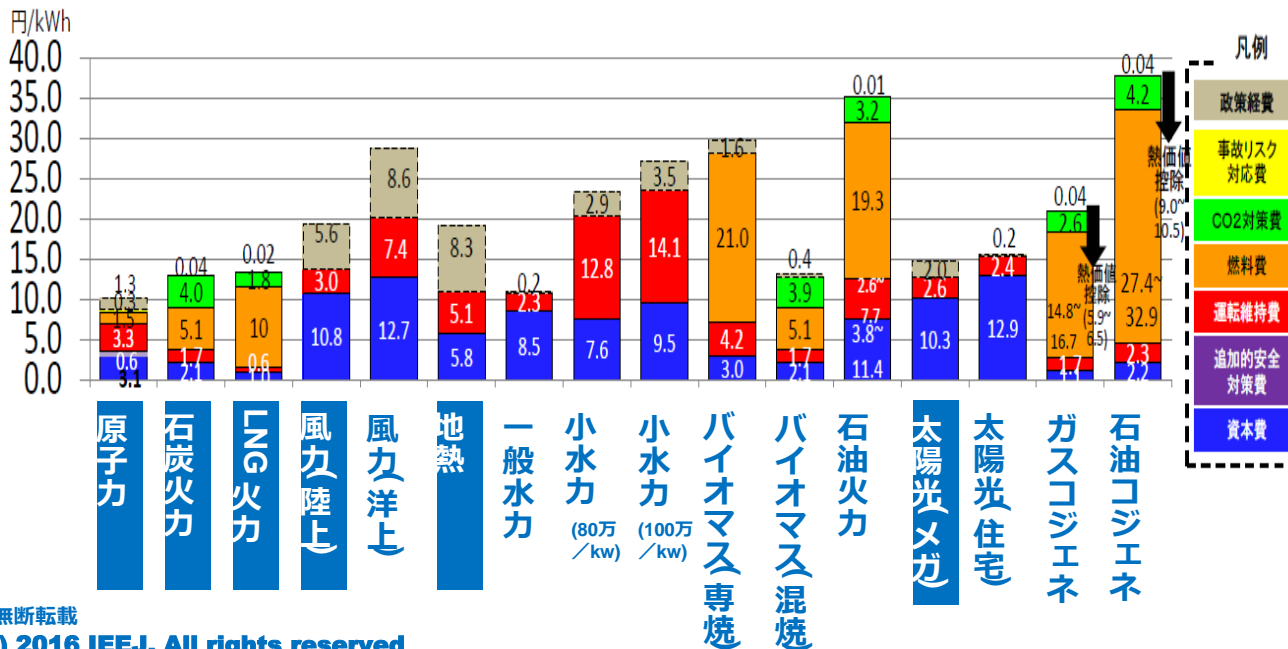
## 2030年モデルプラント試算結果概要、並びに感度分析の概要

電源	原子力	石炭火力	LNG火力	風力(陸上)	風力(洋上)	地熱	一般水力	小水力(80万円/kW)	小水力(100万円/kW)	バイオマス(専焼)	バイオマス(混焼)	石油火力	太陽光(メガ)	太陽光(住宅)	ガスコジェネ	石油コジェネ
設備利用率稼働年数	70% 40年	70% 40年	70% 40年	20~23% 20年	30% 20年	83% 40年	45% 40年	60% 40年	60% 40年	87% 40年	70% 40年	30~10% 40年	14% 30年	12% 30年	70% 30年	40% 30年
発電コスト(円/kWh)	10.3~ (8.8~)	12.9 (12.9)	13.4 (13.4)	13.6 ~21.5 (9.8 ~15.6)	30.3 ~34.7 (20.2 ~23.2)	16.8 (10.9)	11.0 (10.8)	23.3 (20.4)	27.1 (23.6)	29.7 (28.1)	13.2 (12.9)	28.9 ~41.7 (28.9~ 41.6)	12.7 ~15.6 (11.0~ 13.4)	12.5 ~16.4 (12.3~ 16.2)	14.4 ~15.6 (14.4~ 15.6)	27.1 ~31.1 (27.1~ 31.1)
2011コスト等検証委	8.9~	10.3	10.9	8.8~ 17.3	8.6~ 23.1	9.2~ 11.6	10.6	19.1 ~22.0	19.1 ~22.0	17.4 ~32.2	9.5 ~9.8	25.1~ 38.9	12.1~ 26.4	9.9~ 20.0	11.5	19.6

追加的安全対策費2倍	+0.6
廃止措置費用2倍	+0.1
事故廃炉・賠償費用等1兆円増	+0.04
再処理費用及びMOX燃料加工費用2倍	+0.6

燃料価格10%の変化に伴う影響(円/kWh)	石炭 約±0.4	LNG 約±0.9	石油 約±1.5
------------------------	-------------	--------------	-------------

※1 今後の政策努力により化石燃料の調達価格が下落する可能性あり。感度分析の結果は下記の通り。  
 ※2 2011年の設備利用率は、石炭:80%、LNG:80%、石油:50%、10%  
 ※3 ()内の数値は政策経費を除いた発電コスト



<自然変動電源(太陽光・風力)の導入拡大に伴う調整費用>  
 ※導入割合については、総発電電力量が1兆650億kWhの場合

自然変動電源の導入割合	再エネ全体の導入割合	調整費用
660億kWh(6%)程度	19~21%程度	年間3,000億円程度
930億kWh(9%)程度	22~24%程度	年間4,700億円程度
1240億kWh(12%)程度	25~27%程度	年間7,000億円程度

※太陽光・風力の導入に地域的な偏在が起こらず、地域的な需給のアンバランスが生じないなどの様々な前提を置いた上で算定。

(出所) 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 長期エネルギー需給見通し小委員会 第11回会合(2015年7月13日) 資料3「長期エネルギー需給見通し 関連資料」p.83.をもとに作成

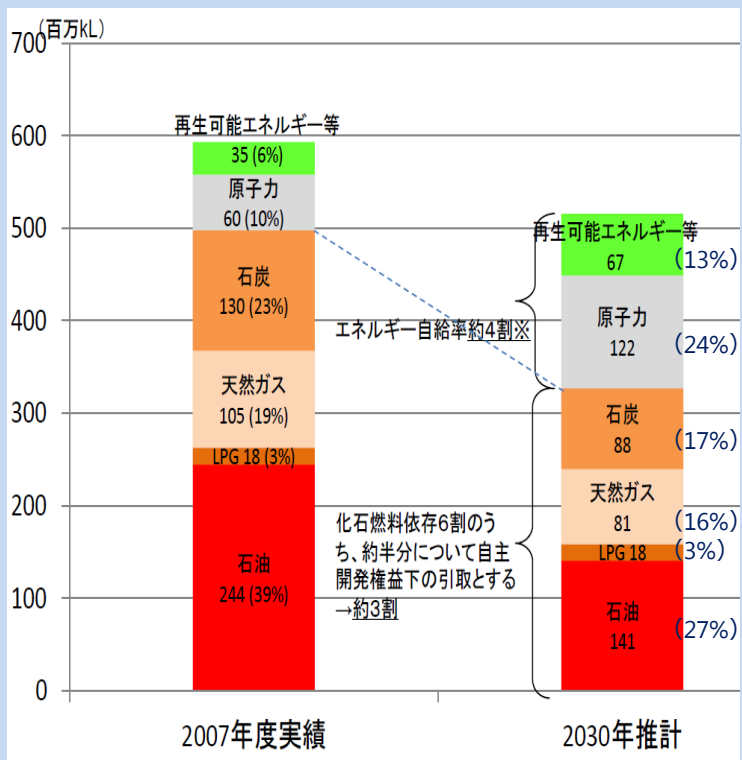


## 4. エネルギー情勢の変化に立ち向かう方法とは何か? : 4つの方向 戦略②エネルギーミックスの決定と対応

### 2. 2030年のエネルギー需給構造 <I> 一次エネルギー

#### <1> エネルギー需要、及び一次エネルギー供給構造

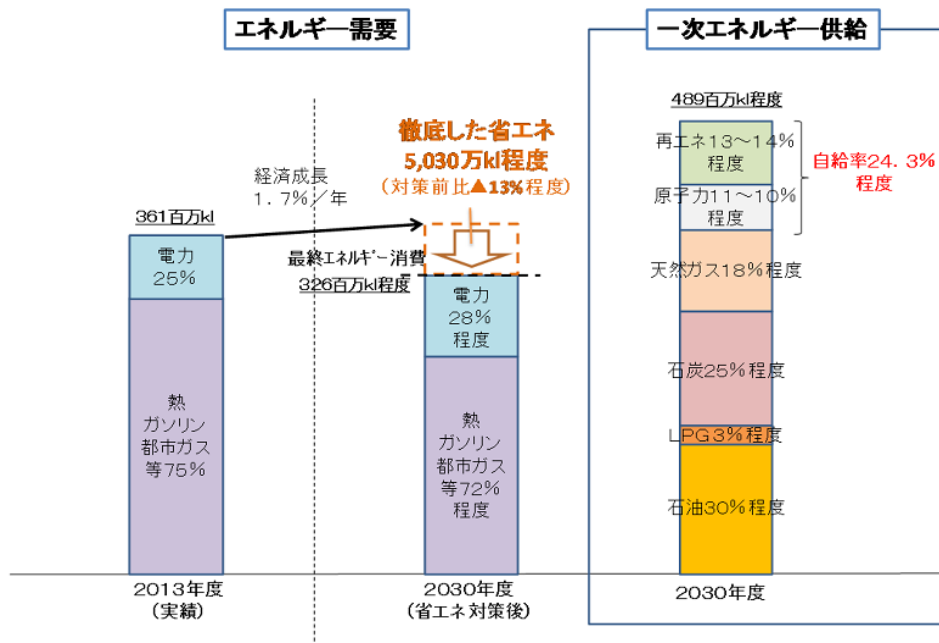
##### 「2030年のエネルギー需給の姿 (2010年6月)」



(出所) 総合資源エネルギー調査会 総合部会 (第2回会合)・基本計画委員会 (第4回会合) 合同会合「2030年のエネルギー需給の姿」  
2010年6月に加筆

##### 「長期エネルギー需給見通し (2015年7月)」

- 経済成長 (平均1.7%) 等によるエネルギー需要の増加を見込み中、徹底した省エネの推進により、石油危機後並みの効率改善 (20年間で35%)
- エネルギー自給率の改善 (2014年: 6%⇒2030年: 24.3%)
- エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量は、2013年比▲21.9%



(出所) 経済産業省「長期エネルギー需給見通し (2015年7月)」 p.5 (2015年7月16日公表)

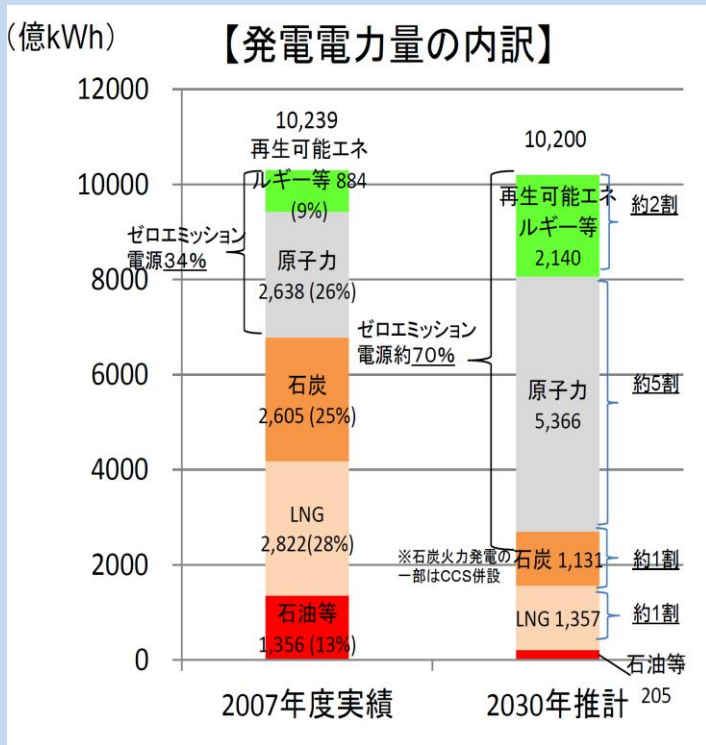


# 4. エネルギー情勢の変化に立ち向かう方法とは何か？：4つの方向 戦略②エネルギーミックスの決定と対応

## 2. 2030年のエネルギー需給構造 <II> 電源構成

### <2> 電源構成

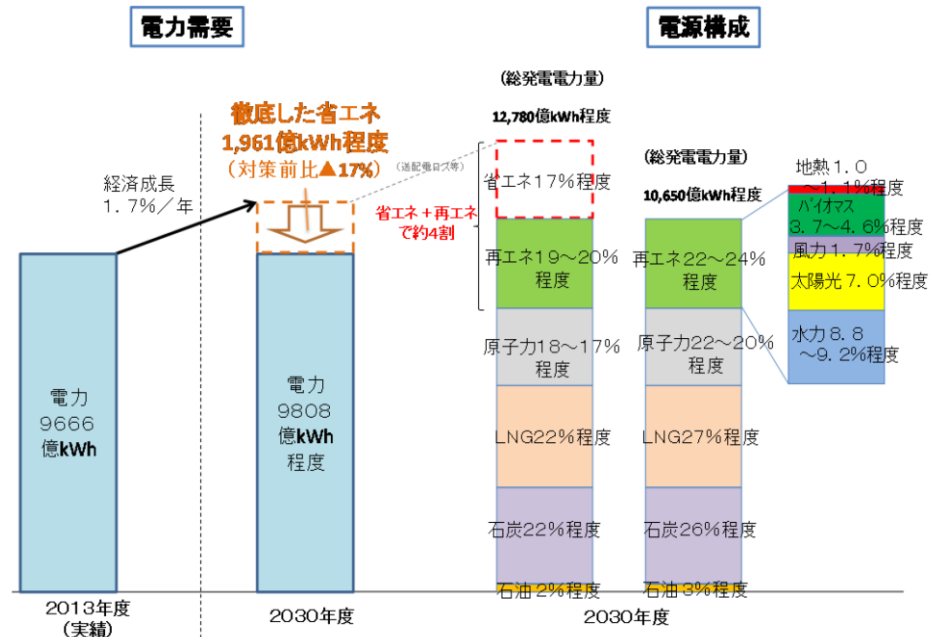
「2030年のエネルギー需給の姿 (2010年6月)」



(出所) 総合資源エネルギー調査会 総合部会 (第2回会合)・基本計画委員会 (第4回会合) 合同会合「2030年のエネルギー需給の姿」2010年6月ほか

「長期エネルギー需給見通し (2015年7月)」

- 徹底した省エネ (節電)、再生可能エネルギーの最大限の導入により **約4割**を賄い、**原発依存度を大きく低減 (3.11前：29%⇒22-20%)**
- ベースロード電源比率は **56%** (3.11前：63%)
- 現状より、電力コストは低減 (▲2-5%)



(出所) 経済産業省「長期エネルギー需給見通し (2015年7月)」p.7 (2015年7月16日公表)

# 再生可能エネルギーによる「代替」の意味

## 再生可能エネルギーの導入拡大の方策

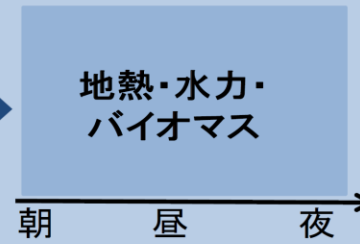
■ 安定供給、経済効率性及び環境適合を満たしながら再生可能エネルギーを最大限導入するためには、各電源の個性に合わせた導入(既存電源の置き換え)が必要。

- 自然条件によらず安定的な運用が可能な地熱・水力・バイオマスは、原子力を置き換える。
- 太陽光・風力(自然変動再エネ)は、調整電源としての火力を伴うため、原子力ではなく火力を置き換える。

### 地熱・水力・バイオマス

自然条件によらず安定的な運用が可能な再エネ

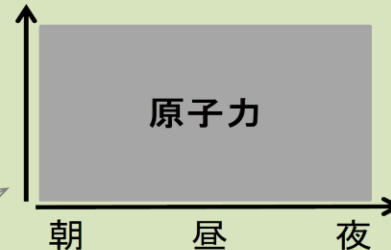
電力需要



自給率	=
CO2	=
コスト	△

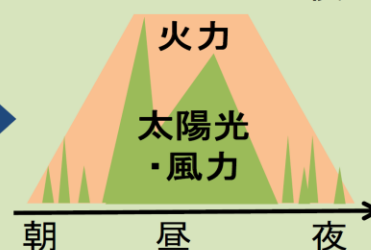
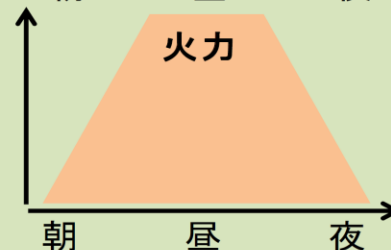
### 太陽光・風力

自然条件によって出力が大きく変動する再エネ(自然変動再エネ)



自給率	×
CO2	×
コスト	×

(注) 自然条件に応じて変動する太陽光・風力では、単独で原子力を代替できず、原子力を代替するためには調整火力が必要となるため、火力と共に原子力を代替していくケースを想定したもの。



自給率	○
CO2	○
コスト	△



## 4. エネルギー情勢の変化に立ち向かう方法とは何か？：4つの方向

### 戦略③ 温暖化ガス削減目標の決定と対応

#### 1. パリ合意での論点と結果

	パリ合意 (2015年)	京都議定書 (1997年)
<b>① 緩和 (GHGの削減)</b>		
a. <b>参加国</b>	INDC*提出 <b>188か国</b>	削減義務 <b>37か国</b> (米国批准せず)
b. <b>目標の設定</b>	ボトムアップ	トップダウン
c. <b>目標の遵守 (法的拘束力)</b>	無 (5年毎のレビュー)	有
d. <b>日本の二国間クレジット</b>	二国間クレジットは、パリ協定締約国会合によって採択されるガイダンスに一致する場合、利用できるが、当該ガイダンスは今後検討	使えるのは、 JI (Joint Implementation)、 CDM (Clean Development Mechanism) および国際排出量取引のみ
<b>② 適応・資金確保等</b>		
	資金確保は今後引き続き検討	資金について議定書では規定なし 2009年のコペンハーゲン合意で、 先進国が共同で2020年までに 年1000億ドルを調達する目標を約束
<b>③ 先進国と途上国の区分</b>		
	中国、インドも含めすべての国が責任を負う  (implemented to reflect equity and the principle of common but differentiated responsibilities and respective capabilities, in the light of different national circumstances)	先進国のみが 削減義務を負う






## 4. エネルギー情勢の変化に立ち向かう方法とは何か? : 4つの方向

### 戦略③ 温暖化ガス削減目標の決定と対応

#### 2. 各国の削減目標

	国	削減目標	基準年	目標年	削減対象	削減方法
1990年比	<b>EU</b>	<b>40%</b>	1990	2030	温室効果ガス (GHG)	排出量 (Absolute emissions)
	<b>New Zealand</b>	<b>30%</b>	1990	2030	GHG	Absolute emissions
2005年比	<b>United States</b>	<b>26~28%</b>	2005	<b>2025</b>	GHG including LULUCF	Absolute emissions
	<b>Australia</b>	<b>26~28%</b>	2005	2030	GHG including LULUCF	Absolute emissions
	<b>Singapore</b>	<b>36%</b>	2005	2030	GHG	GDP原単位比 (GDP intensity)
	<b>China</b>	<b>60~65%</b>	2005	2030	<b>CO<sub>2</sub></b>	GDP intensity
	<b>India</b>	<b>33~35%</b>	2005	2030	GHG	GDP intensity
2013年比	<b>Japan</b>	<b>26%</b>	2013	2030	GHG	Absolute emissions
BAU比	<b>S.Korea</b>	<b>37%</b>	BAU	2030	GHG excluding LULUCF	基準排出量比 (Reduction from BAU)
	<b>Indonesia</b>	<b>29% (無条件) 41% (条件付き)</b>	BAU	2030	GHG	Reduction from BAU
	<b>Philippines</b>	<b>70% (無条件)</b>	BAU	2030	GHG	Reduction from BAU
	<b>Thailand</b>	<b>20% (無条件) 25% (条件付き)</b>	BAU	2030	GHG excluding LULUCF	Reduction from BAU
	<b>Vietnam</b>	<b>8% (無条件) 25% (条件付き)</b>	BAU	2030	GHG	Reduction from BAU

# 主要国の約束草案の比較

	1990年比	2005年比	2013年比	GDP当たり 温室効果ガス排出量 (kg/GDP1ドル)	
				2012年 実績	2025・2030年 予測
<b>日本</b>  (審議会要綱案) (2030年)	▲18.0%	▲25.4%	▲ <b>26.0%</b>	0.28	0.16
<b>米国</b>  (2025年)	▲14~16%	▲ <b>26~28%</b>	▲18~21%	0.45	0.27~0.28
<b>EU</b>  (2030年)	▲ <b>40%</b>	▲35%	▲24%	0.31	0.17

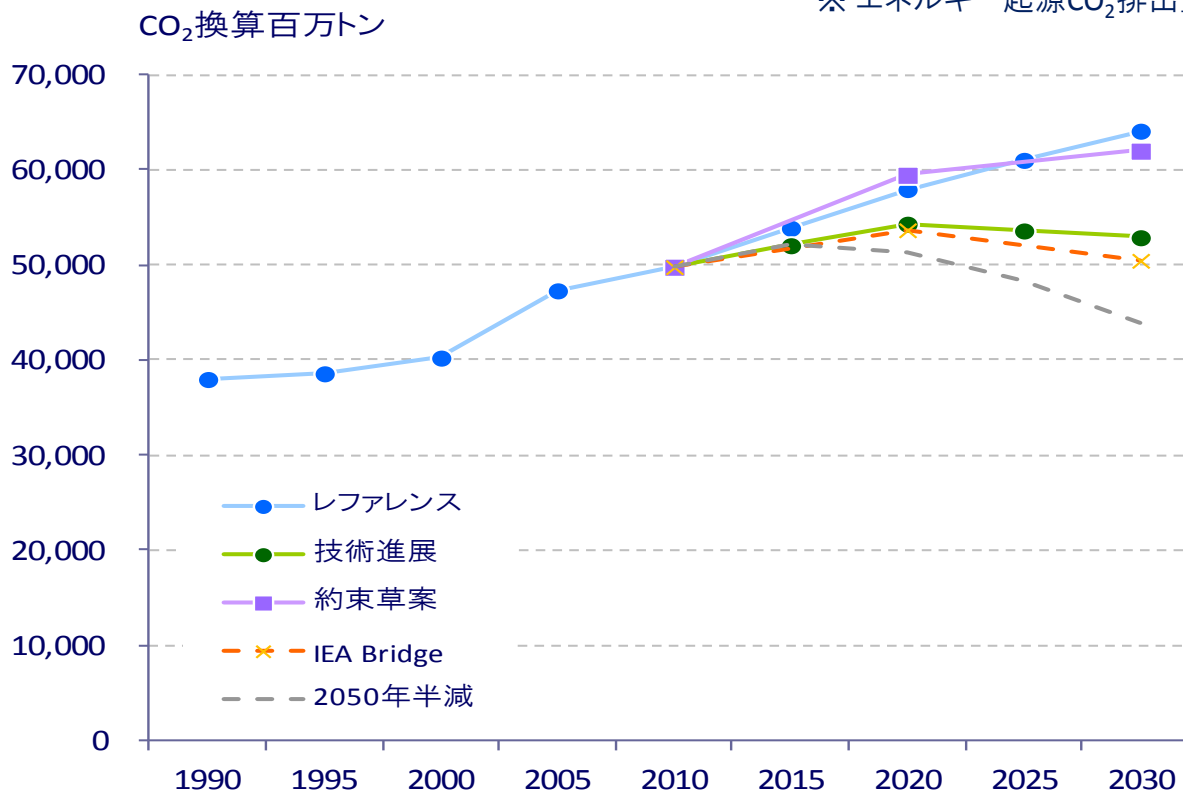
- ◆ **米国は2005年比の数値を、EUは1990年比の数値を削減目標として提出**  
 (2005→2025年比較) (1990→2030年比較)

(出所) 産業構造審議会産業技術環境分科会地球環境小委員会約束草案検討ワーキンググループ合同会合  
 第7回会合(2015年4月30日) 参考資料1「約束草案関連資料」p.3~4.をもとに作成



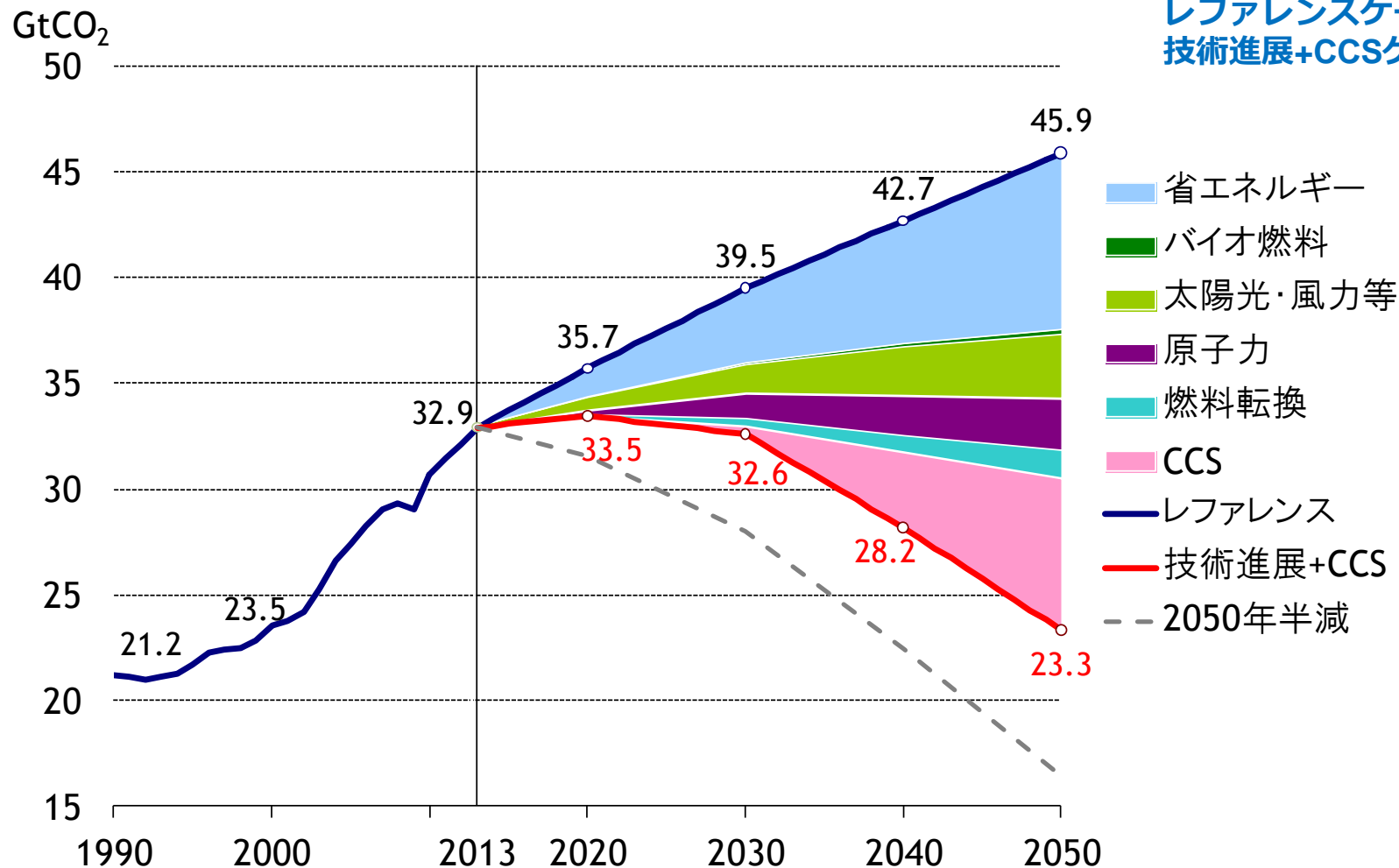
## 気候変動問題への対処

## ① INDCとレファレンス・技術進展ケースとの比較

※ エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量からGHGに換算して比較。

- ・主要国のINDCをもとに2030年の世界全体の排出水準を推計すると、**技術進展ケース（省エネ・低炭素化が最大限進む）**を大きく上回り、**レファレンスケース（過去のすう勢が継続）**に近いレベルになる。
- ・INDCによる目標の達成のみでは、世界半減シナリオはもとより技術進展ケースにも及ばない。

## 気候変動問題への対処

②CO<sub>2</sub>排出量（世界：対策による内訳）（エネ研の試算）レファレンスケース  
技術進展+CCSケース

## 気候変動問題への対処

## ③ 超長期の将来に向けた技術開発（例）

技術	概要と課題
<b>CO<sub>2</sub>フリー水素の製造</b>	二酸化炭素を発生させずに水素を製造し、利用する技術。原子力（高温ガス炉等）を用いて熱化学法により製造する方法や、再生可能エネルギー発電から電気分解を経て製造する方法、化石燃料の水蒸気改質とCCS（二酸化炭素回収・貯留）技術を組み合わせる方法などがある。技術的な可能性は確立しており、主にコスト面での課題が残る。
<b>二酸化炭素回収・活用</b> Carbon Capture and Utilisation: CCU	分離・回収した二酸化炭素を工業製品の原料として利用して、CO <sub>2</sub> を固定化する技術。現時点ではCO <sub>2</sub> の大規模処理が困難。
<b>人工光合成</b>	光化学プロセスにより、直接、水、CO <sub>2</sub> および太陽光から燃料や石油化学材料の代替物などの有機物を生産する技術。CCS付きバイオエネルギーと同様に、原理的にはCO <sub>2</sub> 排出量を負にすることができる。触媒物質の開発や、水素と酸素の分離コストが課題。
<b>次世代原子力</b>	高速炉、高温ガス炉、熔融塩炉や中小型炉といった、現在国際的に開発が進められている新たな原子力技術。
<b>核融合</b>	質量数の大きな元素（ウランやプルトニウム）の核分裂によるエネルギー放出を利用する従来の原子力技術とは異なり、水素やヘリウムといった質量数の小さな原子核の融合によって放出されるエネルギーを利用する技術。豊富な資源を利用することが可能となり、かつ高レベル放射性廃棄物としての使用済燃料が発生しない。
<b>宇宙太陽光</b> Space Solar Power System: SSPS	宇宙空間に大規模な太陽光発電装置を配置し、マイクロ波またはレーザーにより地上に送電して、電力として利用するシステム。地上と違い天候の影響を受けないため安定した発電が可能。宇宙空間への大量輸送技術およびそのコスト低減が課題。



## 4. エネルギー情勢の変化に立ち向かう方法とは何か？：4つの方向 戦略④原子力の安全確保と着実な再稼働

### 1. 原子力の安全性：「安全神話」から「許容レベルへの低減」

#### ● 技術は、OK！

<元々トップクラス>

⇒ 地震には耐えた。

⇒ 津波による“全電源喪失”が原因

米国等では、9.11以降、

“全電源喪失”対策は基準の一つ

#### ● 制度（独立性）は、今やOK！

<課題は、審査スピード>

#### ● 文化は、急速立ち上げへ

<2つの課題>

##### ① 事業者による自主的安全努力

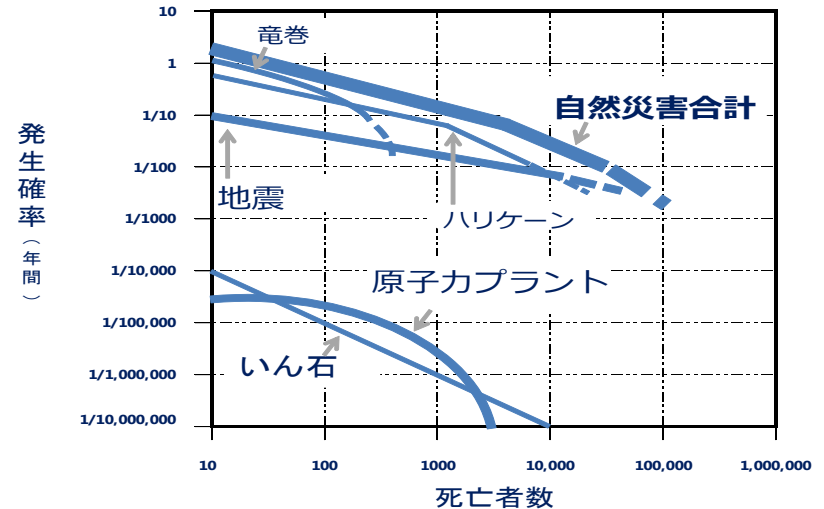
米国では、**NRC**（原子力規制委員会） vs **INPO**（原子力発電運転協会）※

##### ② 国民意識は、安全神話から、絶対危険へ

⇒あるべき姿は、リスクの「許容レベルへの低減」

※ 原子力リスク研究センター 設立（2014年10月、センター所長 Dr. George Apostolakis）

WASH-1400\* による原子力発電所100基と自然災害リスクの比較



（出所）米国原子力規制委員会（NRC：Nuclear Regulatory Commission）“Reactor safety study. An assessment of accident risks in U. S. commercial nuclear power plants.” 1975

\***WASH-1400**とは、米国原子力規制委員会（NRC）により1970年代初頭に実施された、原子力発電所への確率論的リスク評価（PRA）への適用性研究の成果として、1975年に発表された報告書。これにより、原子力発電所の事故リスクを確率論的に定量評価する手法の枠組みが確立された。

※ **NRC**：Nuclear Regulatory Commission  
**INPO**：Institute of Nuclear Power Operations

# 原子力規制機関の判断に係る主要国の司法の立場

			安全性に係るサブスタンス	規制基準策定・適合性審査に係る手続き
アメリカ			 規制機関 の判断を尊重	規制機関の手続き上の瑕疵 (かし) を審査
イギリス			 "	"
フランス			 "	"
ドイツ			 "	"
日本	(対象) 大飯原発3,4号、 高浜原発3,4号	福井地裁① (2015/4)	 <b>裁判所</b> が自ら判断 (新規制基準は緩やかに過ぎ合理性を欠く)	—
		福井地裁② (2015/12)	 規制機関 の判断を尊重 (規制委員会の判断に不合理な点はない)	規制機関の手続きに瑕疵は無いと判断
	高浜原発3,4号	大津地裁 (2016/3)	 <b>裁判所</b> が自ら判断 (新規制基準が「公共の安寧の基礎となると考えることをためらわざるを得ない」)	規制機関の手続き上の瑕疵についての指摘を通じてサブスタンスにまで踏み込んだものか
	川内原発1,2号	福岡高裁 (2016/4)	 規制機関 の判断を尊重 (規制委員会の判断に不合理な点はない)	規制機関の手続きに瑕疵は無いと判断

# 放射線の健康への影響は相対的なもの

放射線医学の視点から。。。。

	放射線の量	
歯科用CT（レントゲン）1回あたり	}	<b>0.005 mSv</b>
ブラジルナッツ※ 135g 当たりの含有量		
大西洋横断飛行	1往復	<b>0.07 mSv</b>
1人当たりの自然界からの放射線（年間・英国）	年間	<b>2.7 mSv</b>
CTスキャン（全身）1回あたり	1回あたり	<b>9 mSv</b>
チェルノブイリ周辺住民600万人の1人あたり平均線量	年間	<b>10 mSv</b>
喫煙者の年間被ばく線量	年間	<b>13 mSv</b>
(日本)避難指示解除に関する許容される被ばくの限度	年間	<b>20 mSv 以下</b>
乳癌のための放射線治療		<b>50 Sv</b>

（出所）インペリアル・カレッジ・ロンドン 分子病理学 ジェリー・トーマス教授「Communicating Health Risks from Nuclear Accidents」（第80回IEEJエネルギーセミナー 2015年3月12日講演資料）および、原子力規制委員会 第1回帰還に向けた安全・安心対策に関する検討チーム「別紙1 線量水準に関連した考え方」（2013年9月）等をもとに作成

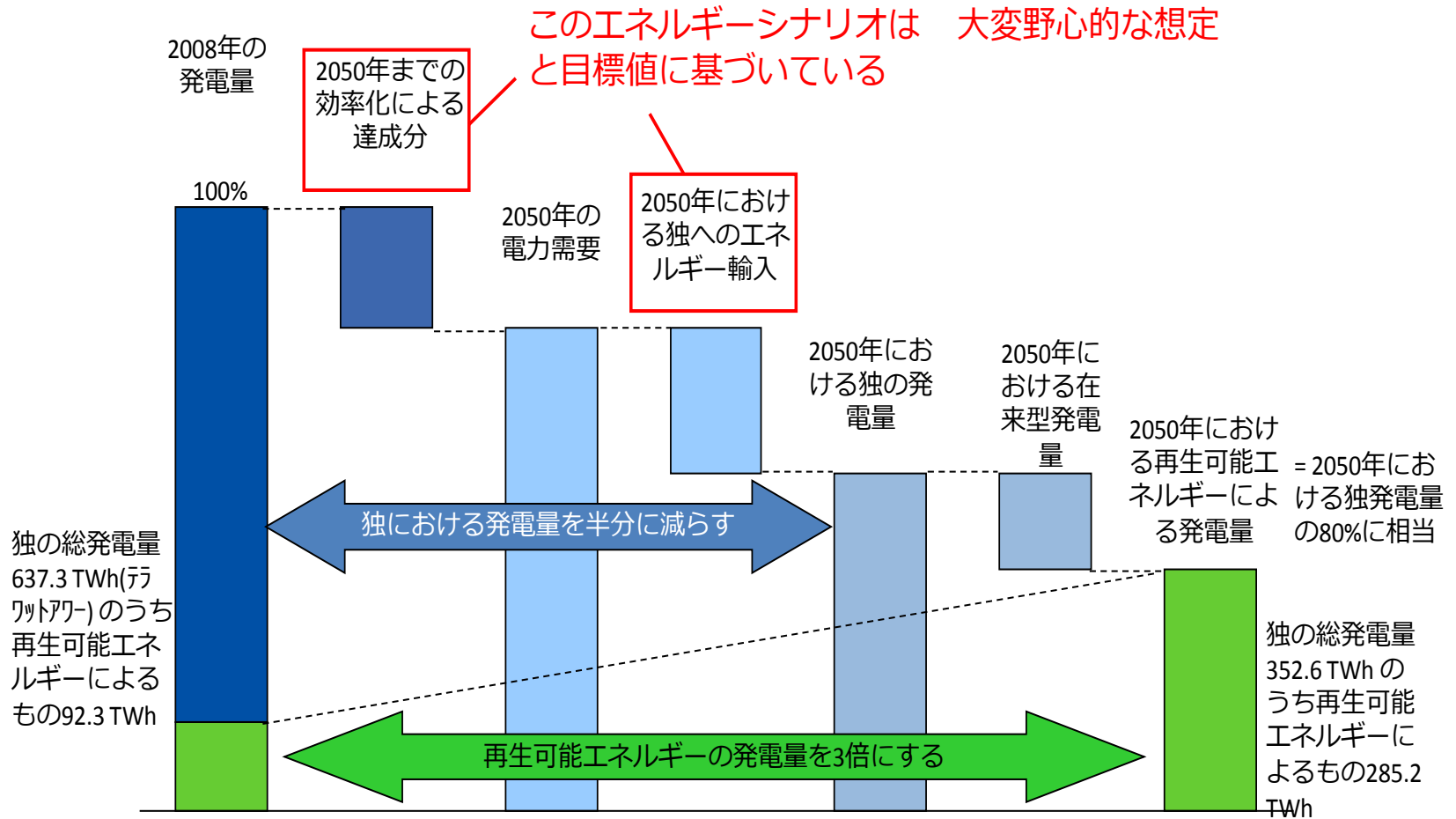
※ブラジルナッツとは、マカダミアナッツと同じくバターのように濃厚な味を持つ種子。抗酸化物質であるセレンの含有量が豊富で、1粒で一日のセレン摂取目安量を補う。過剰摂取により健康被害を生じる。



# 4. エネルギー情勢の変化に立ち向かう方法とは何か? : 4つの方向

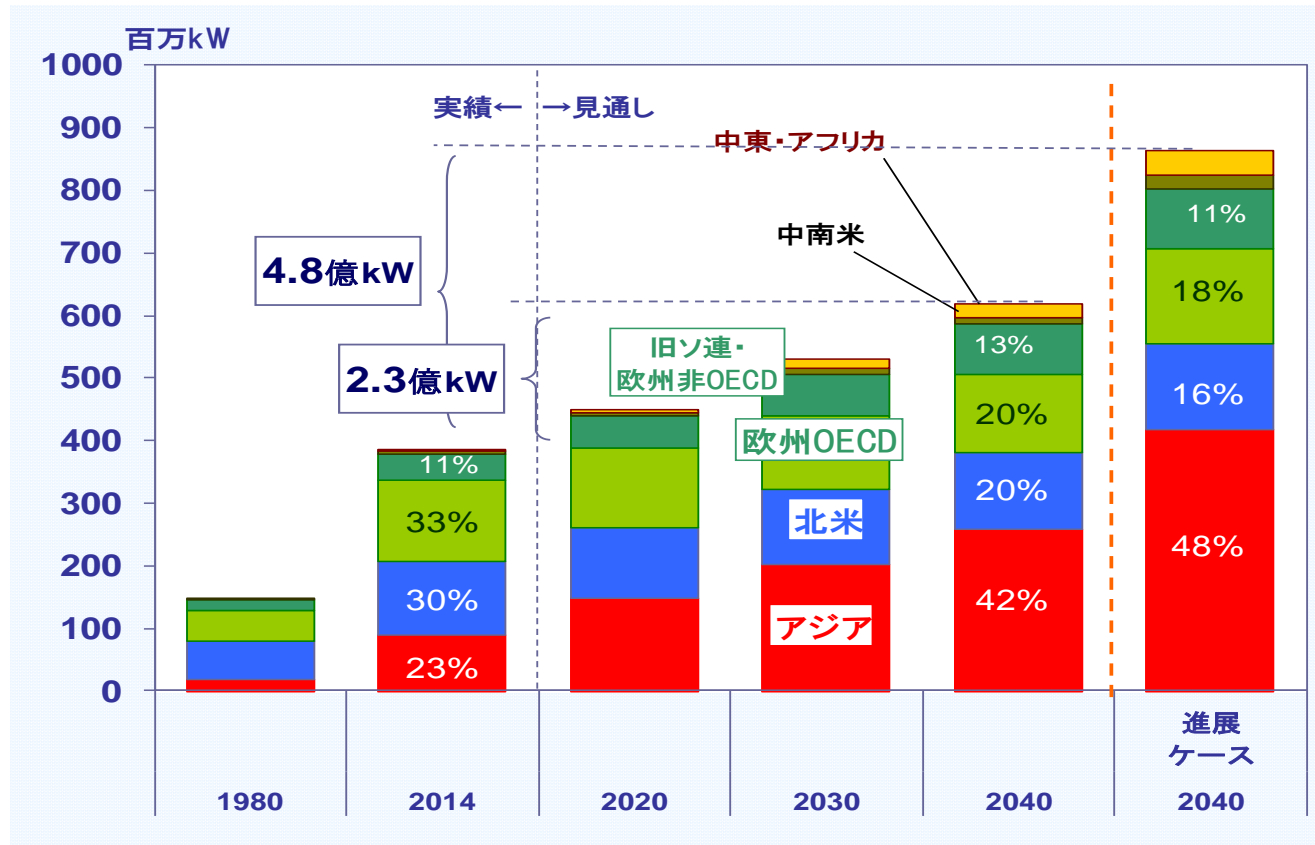
## 戦略④原子力の安全確保と着実な再稼働

### 2. ドイツの脱原発は、参考になるのか?



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

# アジアにおける原子力安全確保



## 世界

2014年

3億8,600万kW



2040年

レファレンス

6億1,800万kW  
(2億3,200万kW増)

技術進展

8億6,300万kW  
(4億7,600万kW増)

- 2040年にかけて世界の原子力設備容量はアジアを中心にレファレンスケースで2億3,200万kW、技術進展(原子力進展)ケースで4億7,600万kW増加する。特に技術進展ケースでは、2040年の設備容量の半分近くがアジアに集中する。



1. 私たちにとってエネルギーは、なぜ重要か？
2. 4つのリスク  
国際エネルギー情勢はどのように変化しているのか？
3. 新しいエネルギー基本計画（第四次）のポイント  
エネルギー政策の視点は、どのように進化・複雑化しているのか？
4. 4つの方向  
エネルギー情勢の変化に立ち向かう方法は何か？
5. **結論**





## 5. 結論

1. 日本を取り巻く 国際エネルギー情勢は、不安定性を高め、大転換期を迎えている。少なくとも、4つのリスクが高まっている。
2. 東日本大震災・大津波の後の、福島原発事故の対応途上の中で、政府は2014年4月新しい エネルギー基本計画（第四次） を取りまとめ国際的視点も踏まえ **「3 E + S」** を政策の方向性として打ち出した。  
これを受けて、少なくとも 4つの政策・戦略課題 がある。
3. ① 省エネ目標、② エネルギー・ミックス(数値目標)、③ 温暖化ガス削減目標は、2015年7月に策定。野心的ではあるが、バランスのとれたもの。その実現が課題。  
④ 原子力の安全性の確保、信頼の回復 は、道半ば。

これらの課題を乗り越えないと、経済成長や、生活水準の向上は困難である。

# ご清聴 ありがとうございます ございました



## エネルギーの 未来を描く



日本エネルギー経済研究所は、  
本年6月に創立50周年を迎えます。



米ペンシルバニア大学が毎年発表する  
「世界シンクタンクランキング2015」  
(2016年1月発表)の **エネルギー部門** において  
**日本エネルギー経済研究所は 世界第1位**に  
選ばれました。アジア地区では 2年連続で第1位の評価。

研究分野ごとの世界ランキングの中で、  
欧米以外の研究機関がトップになったのは初めて。  
(前回2014年版では、世界で第3位・アジアで第1位)。


“2015 Global Go To Think Tank  
Index Report” (Table 17, p.83)

[http://repository.upenn.edu/think\\_tanks/](http://repository.upenn.edu/think_tanks/)



日本エネルギー経済研究所のウェブサイト  
では、最先端のエネルギー・環境関連の  
研究成果を公開しています。

賛助企業・団体以外の方を  
対象とした  
**情報会員制度**(有料サービス)  
も用意しています

 会員限定の充実した  
情報にアクセスできます。



(ご案内 > 有料会員情報)

IEEJ Website

<http://eneken.ieej.or.jp/>

# 関連図書のご紹介

(お近くの書店、またはネット書店で  
お買い求めください。)



## 「図解 エネルギー・経済データの読み方 入門」

編集：日本エネルギー経済研究所  
計量分析ユニット  
単行本：365ページ (A5判)  
発売日：2011/10/12 (改訂3版)  
出版社：省エネルギーセンター  
価格：¥3,456 (税込)



## 「EDMC/エネルギー・経済統計要覧 2016」

編集：日本エネルギー経済研究所  
計量分析ユニット  
単行本：365ページ (A6判)  
発売日：2016/2/26 (第1版)  
出版社：省エネルギーセンター  
価格：¥2,592 (税込)



## 「エネルギーと新国際秩序」(共著)

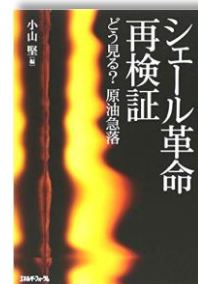
著者：豊田正和、森本敏、日本エネルギー経済研究所  
単行本：328ページ (四六判)  
発売日：2014/12/5  
出版社：エネルギーフォーラム  
価格：¥1,944 (税込)



民主党政権下の2012年、  
民間人として初めて  
防衛大臣を務めた  
森本敏 (もりもと・さとし)  
拓殖大学特任教授との  
共著

## 「シエール革命再検証」

編著：小山堅 (IEEJ 首席研究員)  
単行本：336ページ  
発売日：2015/5/1 (B6判)  
出版社：エネルギーフォーラム  
価格：¥1,994 (税込)



## 「国際エネルギー情勢と日本」

執筆者：小山堅、久谷一郎 (IEEJ)  
単行本：189ページ (新書判)  
発売日：2015/9/11  
出版社：エネルギーフォーラム  
価格：¥972 (税込)

