

日本が直面するエネルギー問題 と宇宙太陽発電

2014年11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

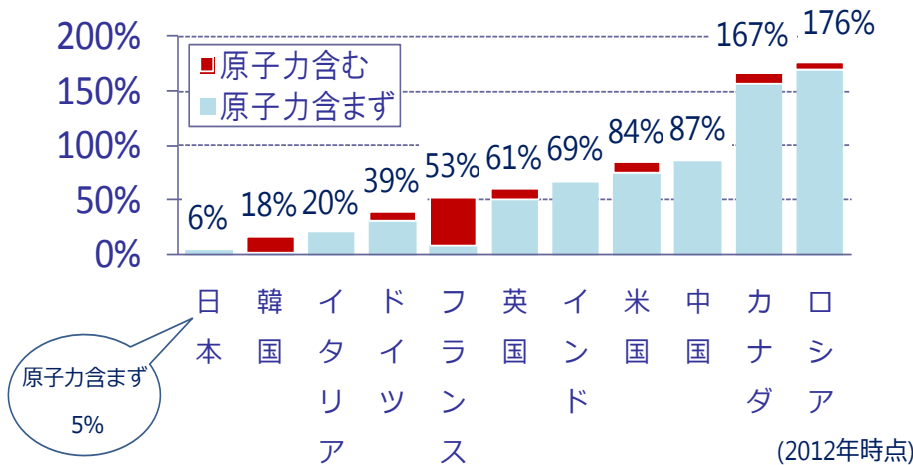
1. 日本は、エネルギー安全保障上、最も脆弱な国の一つ？
2. エネルギー安全保障脅かす 4 つ危機
3. 完璧なエネルギーはない
4. 残された課題
5. 宇宙太陽発電への期待
6. 結論

1. 日本は、エネルギー安全保障上、最も脆弱な国の一つ？

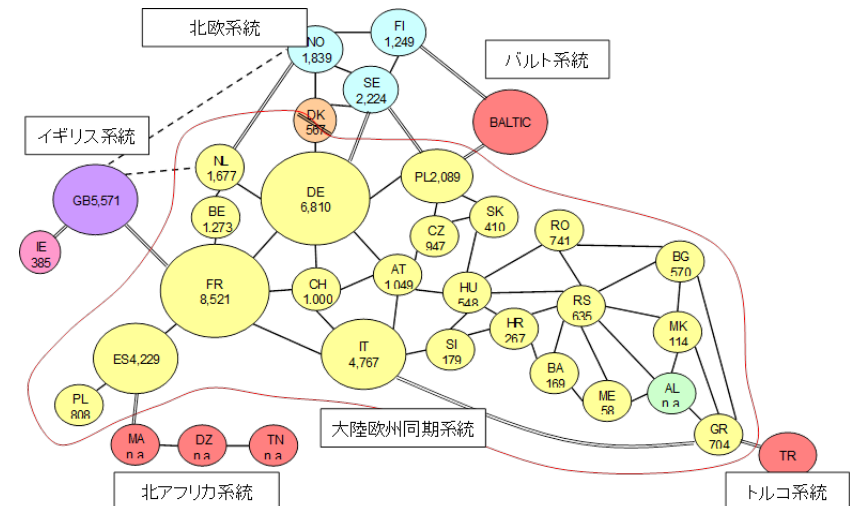
1) 国際的にも、際立つ脆弱性

- **エネルギーの安全保障**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」
- しかし、**日本は、エネルギー安全保障上、2つの視点で最も脆弱な国の一つ**
ア. エネルギーの自給率は、G8で最低レベル **(5%)** (2012年原子力含まず)
イ. EUのような、北東アジアネットワーク (送電網、パイプライン) の不存在。

主要国のエネルギー自給率 (2012年)



欧州の国際連系状況



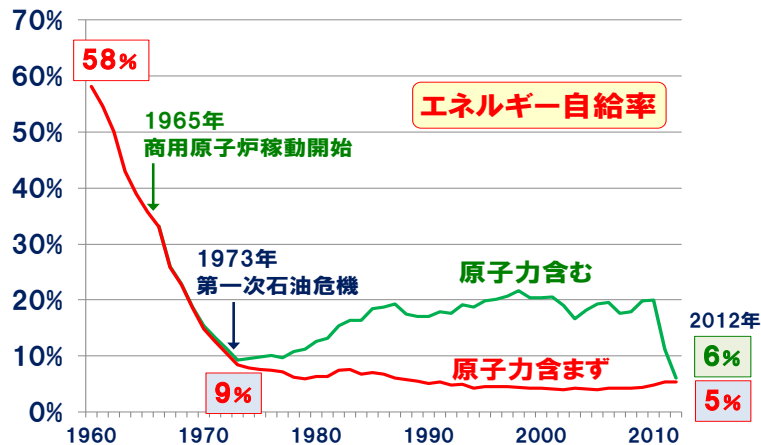
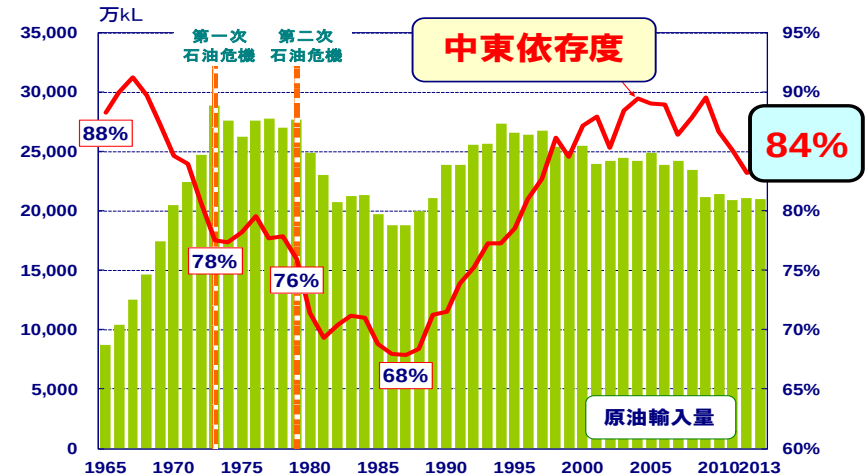
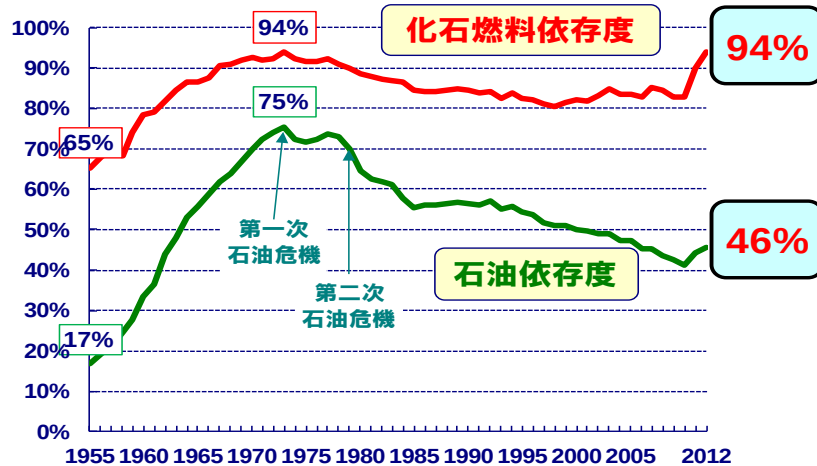
(出所) 国際エネルギー機関 (IEA)

"Energy Balances of OECD Countries 2014" および

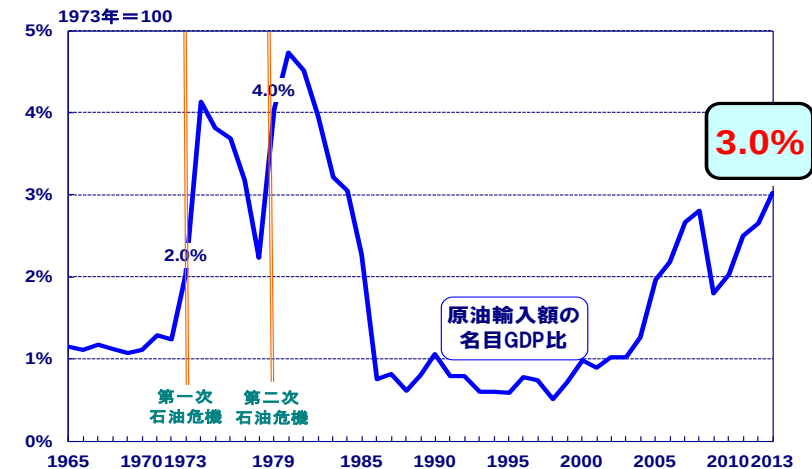
"Energy Balances of Non-OECD Countries 2014"

1. 日本は、エネルギー安全保障上、最も脆弱な国の一つ？

2) 改善不十分なエネルギー安全保障



注) 2013年9月より全ての原子力発電所が停止中。



(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 2013" など

2. エネルギー安全保障脅かす 4 つ危機

1) 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>

中東の不安定化

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

イラン核開発
問題を巡る国際
関係の緊張

シェール革命の
経済・政治的
インパクト



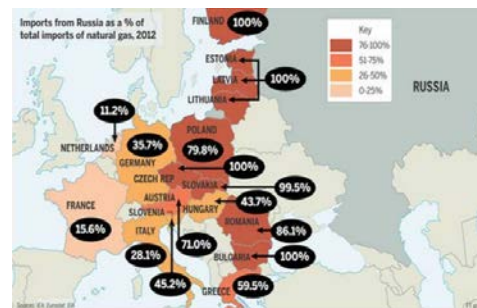
アラブイスラム社会
に広がる米国への
不満・反発

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

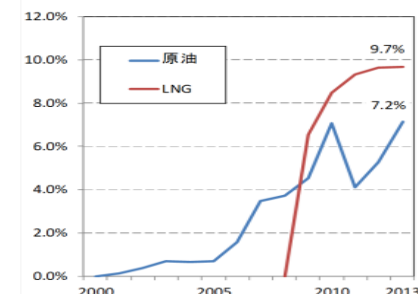
● ウクライナ <まかり通る国際法違反>

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

● 南シナ海 <グレーゾンへの進攻>

南シナ海における領有権争い



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

2. エネルギー安全保障脅かす 4 つ危機

2) シェール革命の光と陰

● 需給緩和は“光”

＜技術的開発可能量：＞

石油は 2 倍、天然ガスは 7 割増＞

シェール革命による技術的回収可能量の増加
(在来型 + 非在来型)

石油 (billion barrels)	在来型	非在来型	合計 資源量
OECD Americas	301	1887	2188
Middle East	1147	44	1190
E.Europe/Eurasia	425	650	1074
Latin America	251	557	809
Africa	339	40	379
Asia Oceania	156	93	249
OECD Europe	97	24	121
World	2715	3296	6010

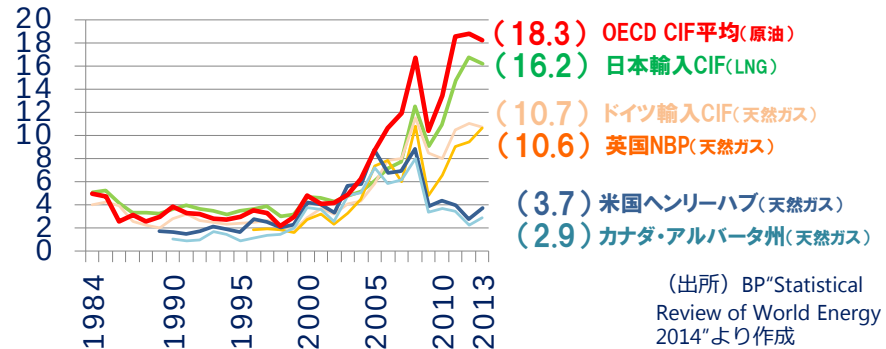
天然ガス (tcm = trillion cubic meters)	在来型	非在来型	合計 資源量
E.Europe/Eurasia	143	46	189
Asia-Pacific	43	95	138
Middle East	124	13	137
OECD Americas	46	65	111
Africa	52	49	101
Latin America	31	55	86
OECD Europe	25	19	45
World	465	342	806

(出所) IEA “World Energy Outlook 2014” より作成

● LNGの地域価格差は“陰”

＜アジアの価格は、米国価格の 4－6 倍＞

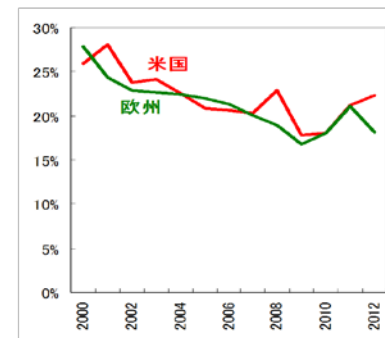
(USD/MBTU)



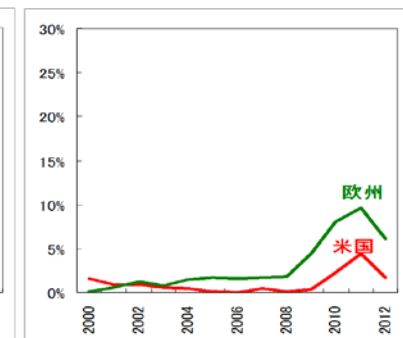
● 米国の中東離れも“陰”

＜米国は中東からエネルギー・インデペンデンス＞

① 石油輸入の中東依存度



② 天然ガス輸入の中東依存度



2. エネルギー安全保障脅かす4つ危機

3) 安全性の確保と国際標準

● 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、ようやくスタート

<2つの課題>

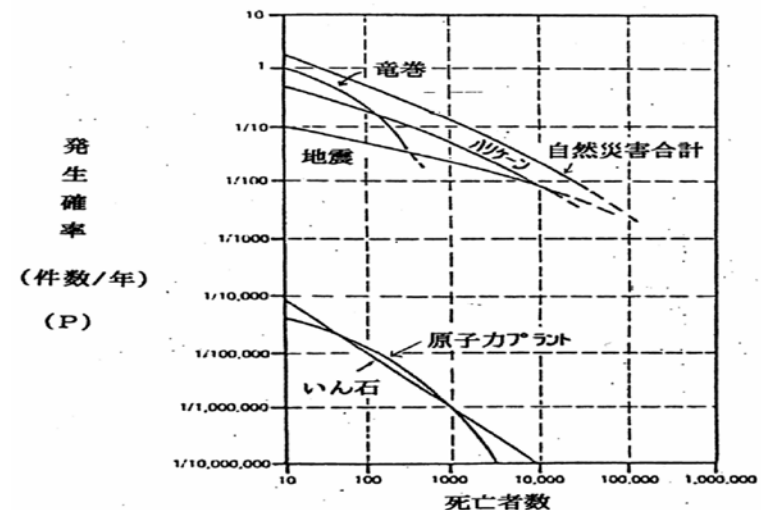
① 事業者による自主的安全努力

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」

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

2. エネルギー安全保障脅かす 4 つ危機

4) 気候変動: 内なる忘却・外なる真剣

● 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）>
しかし、そうはいかない。。。

● 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CO2排出量を3割減>

<中国：石炭は、PM 2.5等公害の源>

● 結果としての2020年目標

温室効果ガス削減目標

<日本> ▲3.8% （2005年比、暫定値）

<米国> ▲17% （2005年比）

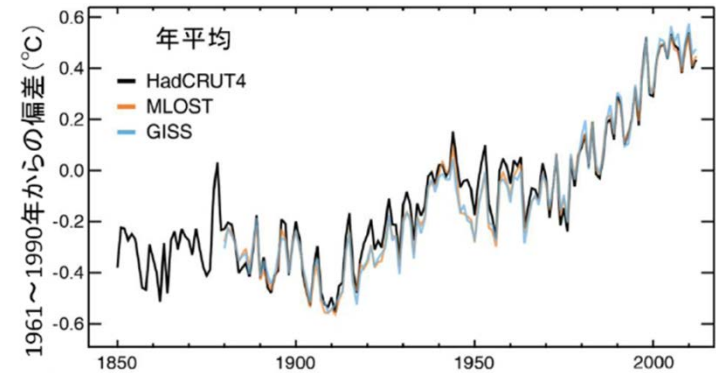
<中国> ▲40 ～ ▲45% （GDPあたり2005年比）

（注）2014年11月北京APECにおける米中合意。

米国は、2025年26-28%（2005年比）GHGを削減、

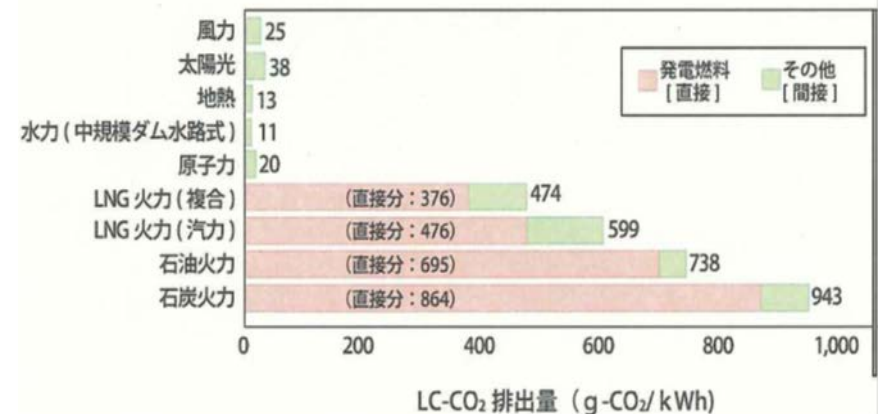
中国は、2030年ごろCO2排出量ピーク

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（CO2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CO2排出量評価」2010年7月

3. 完璧なエネルギーはない

1) 今や、求められるのは 「3E+S」 の視点

3つのEという基本的視点到安全（S）を追加

東日本大震災以降の状況

エネルギー
安定供給

Energy
Security

1. 化石燃料に対する依存度増加

- ・総発電電力量の約88%(2012年度)
 - 第一次石油ショック時(約76%)以上の水準。
- ※中東依存度:原油(83%)、天然ガス(29%)
- ・再生エネルギー導入比率 – 総発電電力量の約1.6%(水力除く)
(2012年度、固定価格買取制度による国民負担3,500億円/年)

国民生活・
経済への影響

Economic
Efficiency

2. 燃料費の増加(火力発電燃料増し費用)

約3.6兆円(1人あたり約3万円の負担、2013年度)

3. 電気料金の高騰

- ・震災前と比べ平均2割程度上昇(標準世帯電力料金)
- ・原発の再稼働がなければさらなる上昇の可能性。

地球温暖化

Environment

4. CO2排出量増加(2012年度)

- ・一般電気事業者のCO2排出量1.1億トン増加
(日本の排出量約9%分、2010年度比)

2

+ 安全
Safety

3. 完璧なエネルギーはない

2) 残念ながら、全てを満たすエネルギーはない

(1) 省エネルギー

- * エネルギー安全保障 ○
- * 経済性 ○～X (限度あり)
- * 環境への負荷 ○
- * 安全性 ○

(2) 化石燃料

- * エネルギー安全保障 (石油X、ガス△、石炭○)
- * 経済性 (石油X、ガス△、石炭○)
- * 環境への負荷 (石油△、ガス△、石炭X)
- * 安全性 ○?

(3) 再生エネルギー

- * エネルギー安全保障 ○
- * 経済性 X～△
- * 環境への負荷 ○
- * 安全性 ○

(4) 原子力

- * エネルギー安全保障 ○
- * 経済性 ○
- * 環境への負荷 ○
- * 安全性 △～X

3. 完璧なエネルギーはない

3) 新エネルギー基本計画（2014年4月）は、定性的位置づけに留まる

● エネルギー・ミックスは、今後の課題

＜定性的な基準から、定量的基準へ＞

- ✓ 再生可能エネルギー : 有望かつ多様で、重要な低炭素の国産エネルギー源
- ✓ 原子力 : 重要なベースロード電源
- ✓ 石炭 : 重要なベースロード電源
- ✓ 天然ガス : 重要なエネルギー源
- ✓ 石油 : 重要なエネルギー源
- ✓ LPガス : 分散型のクリーンなガス体のエネルギー源

（出所）経済産業省「エネルギー基本計画」2014年4月、pp.19-24.

● エネルギー・ミックスは、以下の状況を見て、速やかに示す。

- ア) 原子力の再稼働
- イ) 固定買取制度に基づく、再生可能エネルギーの導入
- ウ) 地球温暖化に関する国際的な議論

4. 残された課題

1) 原子力発電所再稼動ペースの影響（2015年度）

			FY2010 実績	FY2015				<参考> フル稼動
				<参考> 無稼動	低位	中位	高位	
累計再稼動数 ₁ (基)			[2014年度末]	—	[0]	[2]	[7]	[7]
			2015年度末	—	0	9	19	32
再稼動プラントの平均稼動月数(月)				—	—	7	9	7
原子力発電量(10億kWh)				288.2	0.0	42.2	124.3	162.0
								209.8

			FY2010 実績	FY2015 (FY2010との差)				<参考> フル稼動
				<参考> 無稼動	低位	中位	高位	
経済	発電コスト ₂ (¥/kWh)		8.2	+4.8	+4.1	+3.0	+2.5	+1.9
	LNG輸入(100万t)		70.6	+20.5	+18.2	+9.6	+6.3	-0.1
	化石燃料輸入総額(兆円)		18.1	+9.2	+8.6	+7.7	+7.2	+6.7
	通関超過額(兆円)		5.3	-13.9	-13.3	-12.6	-12.1	-11.7
	実質GDP (2005年価格兆円)		512.4	+29.6	+29.9	+30.4	+30.7	+31.0
	国民総所得(兆円)		493.5	+28.5	+29.0	+29.8	+30.2	+30.6
環境	エネルギー起源CO ₂ 排出(Mt-CO ₂)		1,123	+69	+48	+10	-9	-29
	2005年度比		-6.6%	-0.8%	-2.6%	-5.8%	-7.3%	-9.0%

輸入燃料費で
1.4兆円、
LNG輸入量で
1200万tの削減が
可能に

無稼動ケース<参考>: 2015年度末まで再稼動プラントがないとする仮想的なケース

低位ケース: 優先審査の完了が2014年度末まで遅れ、他プラントの再稼動もその後、半年程度毎となるケース

中位ケース: 川内原発は2014年秋口に、他の審査申請済プラントも現行体制や制約の下で順次再稼動するケース

高位ケース: 中位ケースに比べより効率的な審査が実施され、追加的な審査の申請もなされるケース

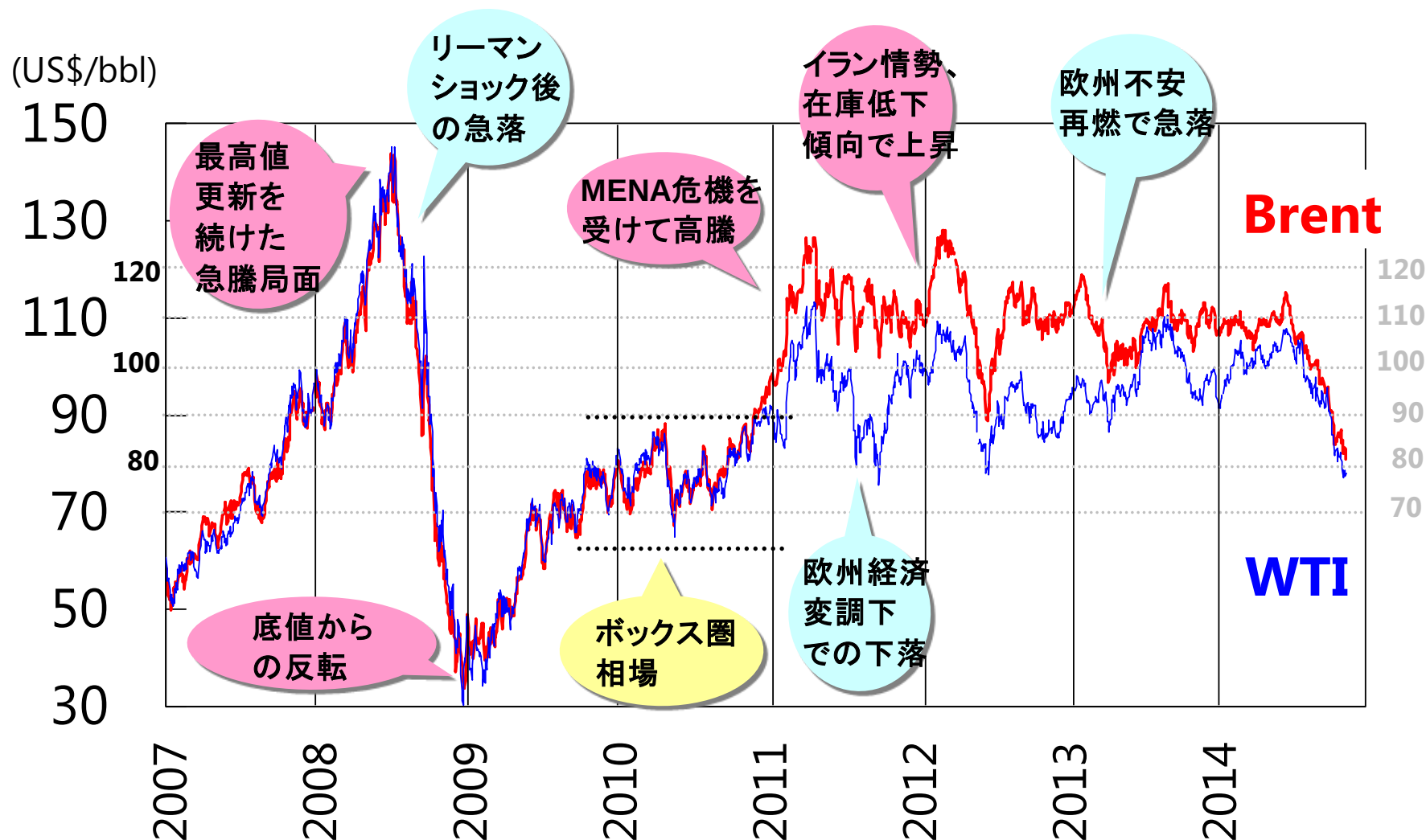
フル稼動ケース<参考>: 高位ケースの32基が年度を通じて設備利用率80%で稼働する仮想的なケース

出所: 日本エネルギー経済研究所、
「2015度我が国の経済・エネルギー
需給見通し」2014年7月

1. 2010年末時点で発電中の原子力発電所数は39基

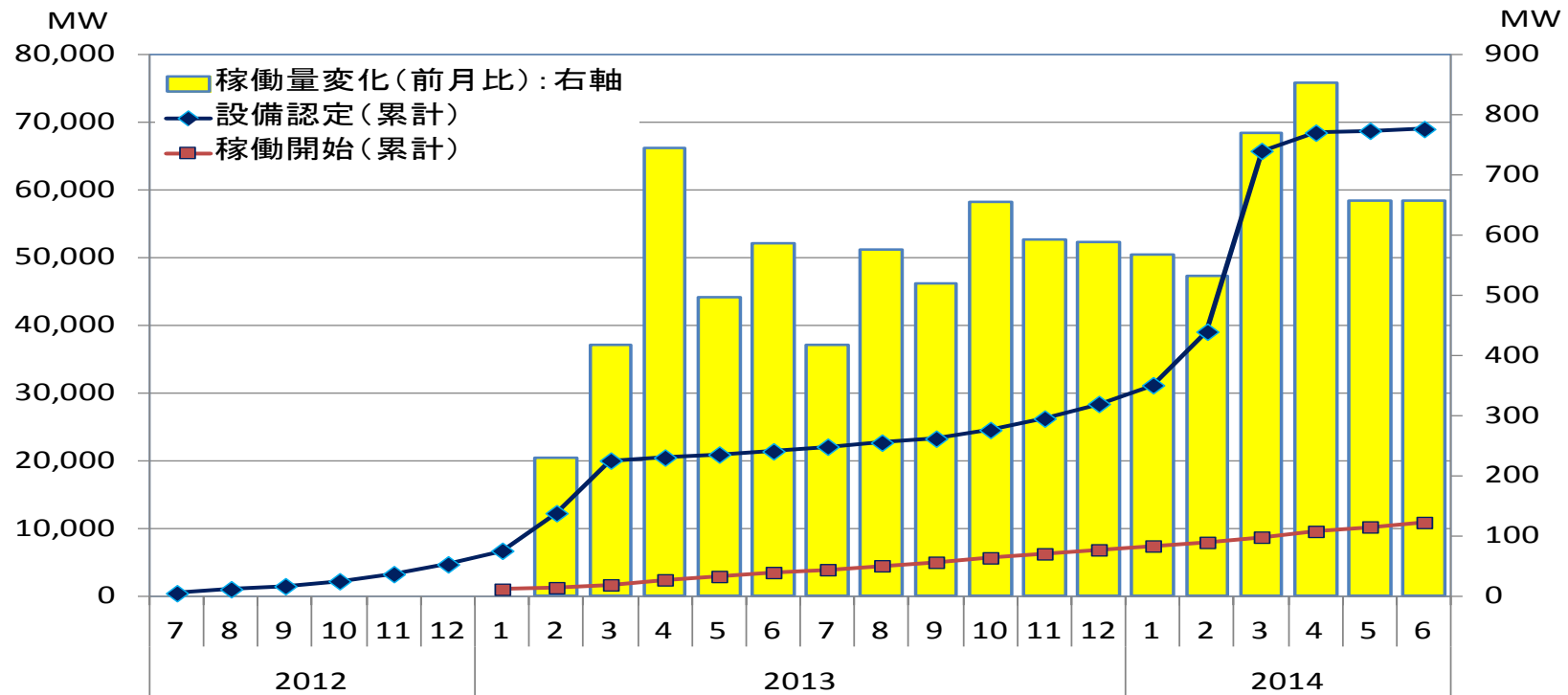
2. 2010年度実績は一般電気事業者10社平均。各社有価証券報告書より推計

高レベルで変動するエネルギー価格



4. 残された課題

2) 太陽光発電実績 <全国ベース>

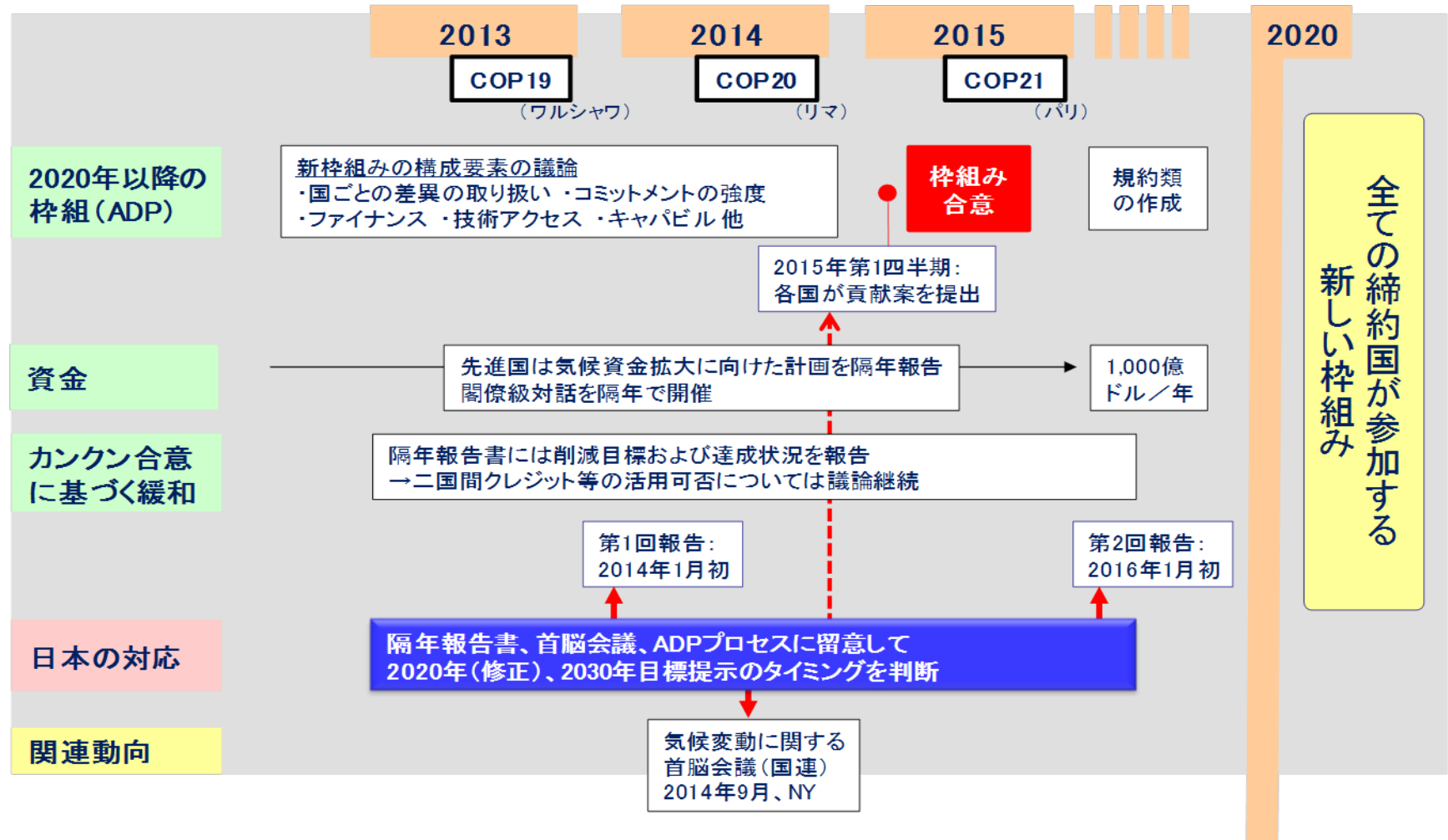


2014年6月末時点の導入・認定設備分(73GW)が稼働するだけでも、今後20年の消費者負担額は累積 48兆円規模にのぼる。
 これは ¥2.8/kWh -産業用などでは17%、家庭用では11%- の電力料金の値上げに相当

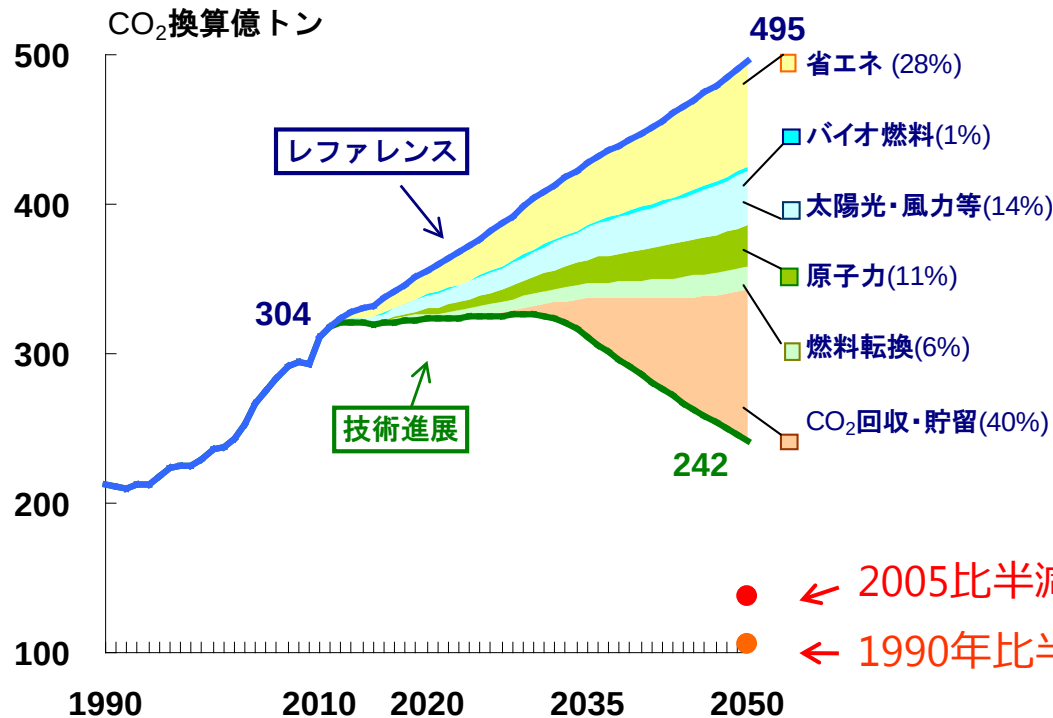
出所: 資源エネルギー庁「再生可能エネルギー発電設備の導入状況」各月版より作成

4. 残された課題

3) 気候変動： 気候温暖化交渉の進展



技術進展シナリオの貢献：CO₂排出量 (世界：対策による内訳)



2050年のCO₂削減量内訳

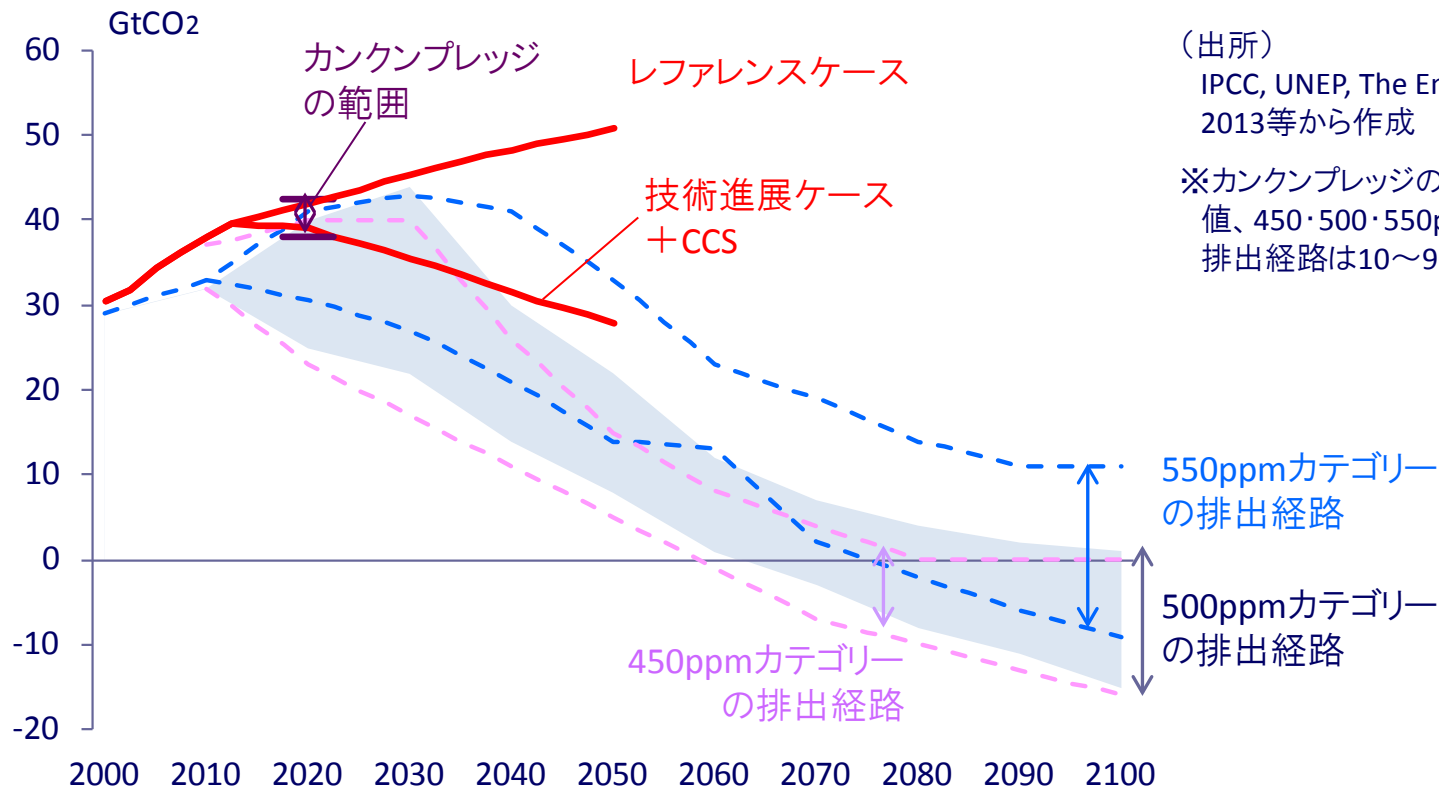
	億トン	比率
省エネ	71	28%
バイオ燃料	3	1%
太陽光・風力等	36	14%
原子力	27	11%
燃料転換	16	6%
CCS	100	40%
計	254	100%

● ← 2005比半減 (136億トン)

● ← 1990年比半減 (106億トン)

- 世界のCO₂排出量を現状水準比で半減するには、更に追加対策が必要であり、革新的技術開発、環境配慮型の都市開発など、更なる長期的対策が重要となる。
- ・・・＞革新的技術開発とは、宇宙太陽発電、人工光合成 (CCU) など。

CO₂排出経路による比較（ベースケースと技術進展ケース）



- ・ **技術進展ケースのCO₂排出経路**はカンクン・プレッジのほぼ下限に相当するが、2050年までのパスは500ppmカテゴリーの排出経路上限を超える。概ね550ppmカテゴリーに相当すると考えられる。

5. 宇宙太陽光発電への期待

1) 「3E+S」を満たしうるか？

(1) 宇宙太陽光発電の特徴

- * エネルギー安全保障 ○
- * 経済性 ランニングコスト ○？
建設コスト 今は、X？
- * 環境への負荷 ○
- * 安全性 ？

(2) 特に、

- * 再生エネルギーでも、天候に左右されない
- * ゼロカーボンゆえに、自然吸収を考えると、ネガティブ・カーボン
- * 課題は、．．． 発電所建設コスト

5. 宇宙太陽光発電への期待

2) 地上太陽光発電と宇宙太陽発電と比較すると...

地上太陽光発電システムと宇宙太陽発電システムの比較（100万kWのケース）

	地上太陽光発電	宇宙太陽発電
稼働率	12%（日本の場合）	約100%
太陽電池面積	山手線内の面積分（約58km ² ）	約10km ² （単結晶Siの場合、日本版SPSモデル）
経済性	現段階の発電コスト：27円/kWh（メガソーラーの場合）（※1） （注）2030年までに基幹電源並（約7円/kWh）に低減させると目標している（※1）	将来技術の発展によって、火力発電等と同レベル（8～9円/kWh）に下げることが期待できる
経済・雇用の波及効果	・経済波及効果：0.6兆円（※2） ・雇用効果：4万7千人（※2） （2013年度太陽電池モジュールの56%が輸入）	・経済波及効果：約7兆円 ・雇用効果：約38万人 （目下のところ日本の技術はトップクラス）
残されている課題	・コストの低減 （原子力：8.5～9.5円/kWh； 石炭火力：9.7円/kWh； 天然ガス火力：11.1円/kWh（※3）） ・系統安定化対策 （蓄電池の大量導入等）	・宇宙に大型構造物を低コストで建設 （衛星、ロケット等） ・無線エネルギー伝送技術 （高効率マイクロ波発生、アンテナ技術およびビーム制御、高効率マイクロ波は→電力変換技術レクテナ） ・焼き鳥問題 （生体や既存の電磁波環境への影響）

（※1）NEDO再生可能エネルギー技術白書（第2版）

（※2）100百万kWの場合、文部科学省の報告をもとに日本エネルギー経済研究所試算

（※3）コスト等検討委員会報告書、2010年モデル、割引率3%；

（参考文献）コスト等検討委員会報告書；文部科学省、「拡張産業関連表による再生可能エネルギー発電施設建設の経済・環境への波及効果分析＜概要＞」、2013年8月；篠原真毅（監修）／電子情報通信学会（編）、「現代電子情報通信選書「知識の森」宇宙太陽発電」、2012年7月

5. 結論

- (1) 日本のエネルギー問題は、福島原発事故以降「三重苦 から 四重苦」へ
特に、原発停止により、化石エネルギー依存度が、90% 近い。
安全保障上の問題に加え。エネルギー輸入コストが高く。貿易収支は悪化。
更に、地球温暖化対策上も論外の状況。
- (2) 日本を取り巻く エネルギー環境は、益々、不確実性を増している。
- (3) エネルギー貧困国日本には、完璧なエネルギーはない
- (4) 宇宙太陽光発電は、「3E+S」を満たしうる再生エネルギーの最大の切り札と
なりうるもの。 **課題は、発電所建設コスト？**
- (5) **宇宙の実用利用の一つの代表例として、大いに期待！**

ご清聴ありがとうございました。

IEEEJ Website > **<http://eneken.ieej.or.jp/>**