



原子力発電： 日本経済の持続的発展に 不可欠なエネルギー

2015年4月14日（火）

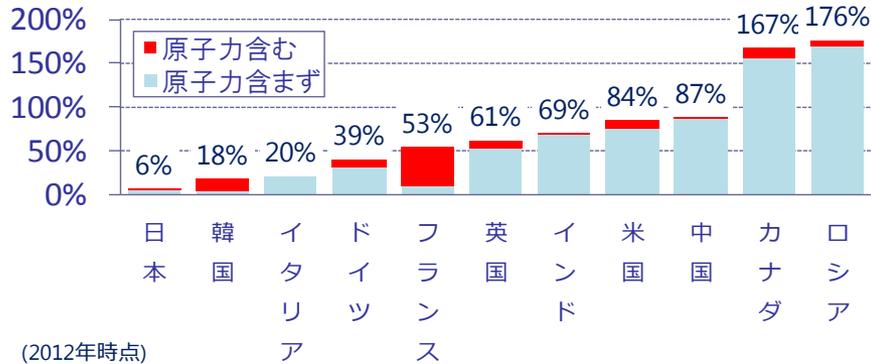
一般財団法人 日本エネルギー経済研究所
理事長 豊田正和

目次

1. エネルギー政策の基本的視点は、「3 E」から「3 E + S」へ
2. 「3 E + S」の視点から見ると完璧なエネルギーはない
3. 原子力ゼロの結果生じていること
4. 原子力の「S」は、大丈夫か
5. エネルギー・ミックスの判断には、「3 E + S」に加え
「M」が重要
6. 結論

1. エネルギー政策の基本的視点は、 「3E」から「3E+S」へ

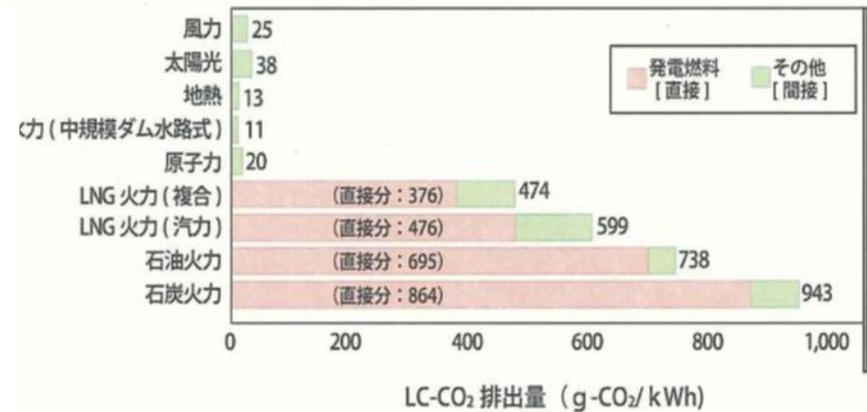
安全保障の視点 (Energy Security)



(2012年時点)

(出所) IEA "Energy Balances of OECD/Non-OECD countries, 2014"

温暖化の視点 (Environment)



(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

コストの視点 (Economic efficiency)

発電方式	発電コスト (2010年モデルプラント)	稼働年数	設備利用率
原子力	8.9~	40年	70%
石炭火力	9.5~ 9.7	40年	80%
LNG火力	10.7~11.1	40年	80%
石油火力	20.8~22.4	40年	80%
一般水力	10.6	40年	45%
風力(陸上)	9.9~17.3	20年 ^{*1}	20%
地熱	9.2~11.6	40年	80%
太陽光(住宅用)	33.4~38.3	20年 ^{*1}	12%

(出所) 内閣官房 国家戦略室 エネルギー・環境会議
コスト等検証委員会「コスト等検証委員会報告書」2011年12月

(※1: 風力(陸上)と太陽光(住宅用)は、稼働年数が20年となっている事に留意願いたい)

(※2: なお、2012 (H24) 年12月26日の閣議決定により、「国家戦略会議」は廃止され、
国家戦略会議の下部組織である「エネルギー・環境会議」も廃止された。)

+ 安全性の視点 (safety)

2. 「3 E + S」の視点から見ると完璧なエネルギーはない

まず**(0) 省エネルギー**： 安全保障、気候変動には良いが、**コスト的に限界**
次に、

(1) 化石燃料

- ① 石油 : 利便性はあるが、**安全保障、温暖化、コストに懸念**
- ② LNG : 石油と**同じ懸念**があるが、**安全保障、温暖化では、相対的に懸念小**
- ③ 石炭 : コスト、安全保障では有利だが、**温暖化の懸念大**

(2) 再生エネルギー

- ① 太陽光 : 安全保障、気候変動には良いが、**コストに、大きな懸念**
- ② 風力 : 安全保障、気候変動には良く、コストも相対的に懸念小。**立地制約中**
- ③ 地熱 : 安全保障、気候変動には良く、コストも相対的に懸念小。**立地制約大**

(3) 原子力 : 安全保障。気候変動、コストには良い。**安全面** の懸念あり

(4) その他

- 水素 : 安全保障、気候変動へは対応可能だが、**コスト未だ高し**

3. 原子力ゼロの結果生じていること

東日本大震災以降の状況

エネルギー
安定供給

Energy
Security

国民生活・
経済への影響

Economic
Efficiency

地球温暖化

Environment

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)

2. 燃料費の増加(火力発電増し増し費用)

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。

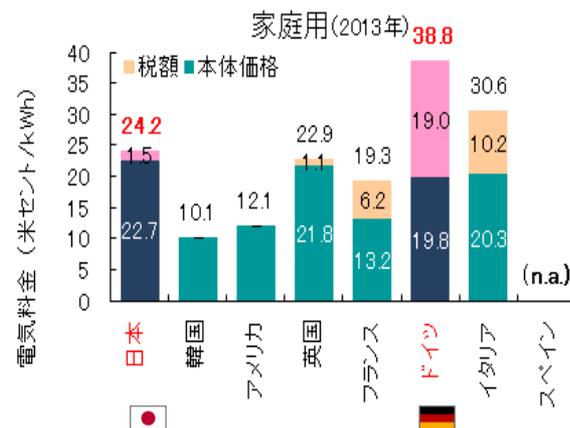
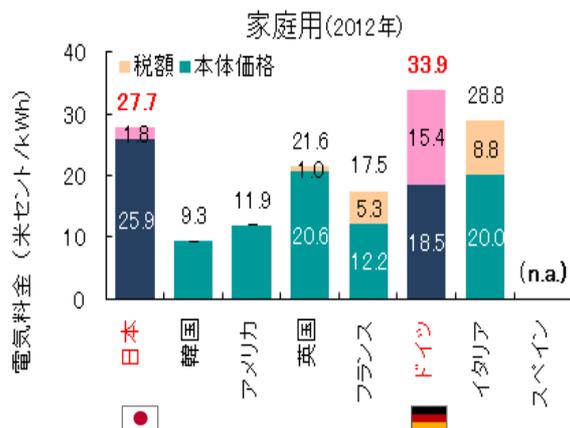
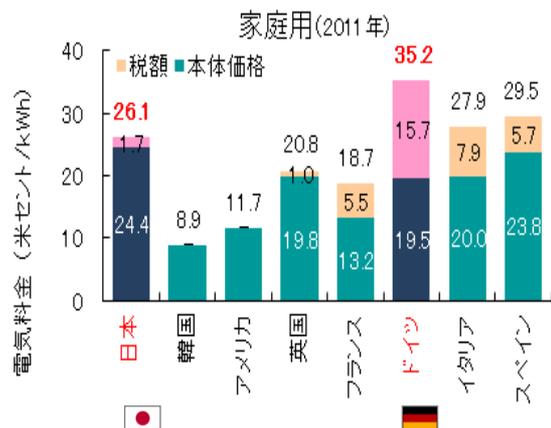
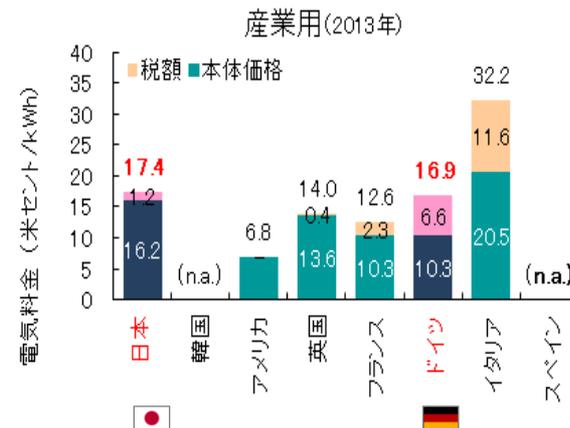
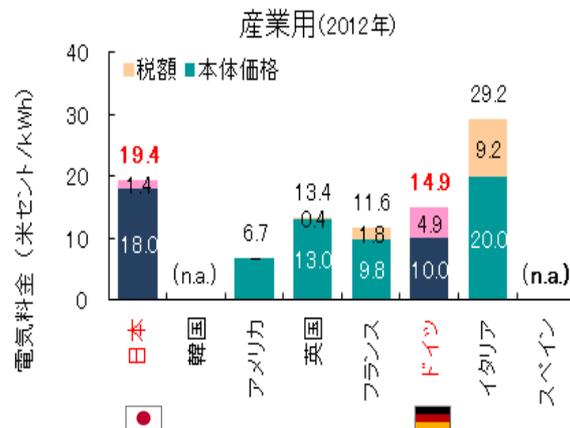
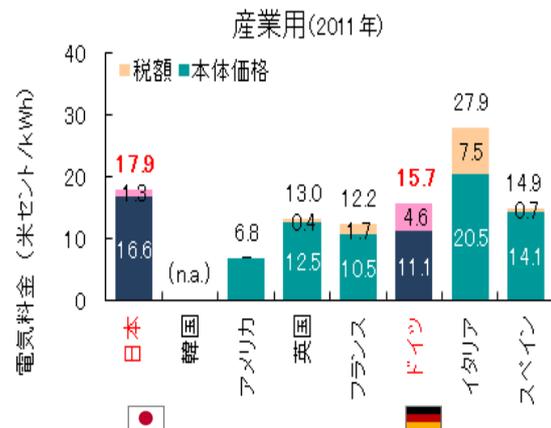
4. CO2排出量増加(2012年度)

- ・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)

+ 安全
Safety

+ マクロ経済
Macro economic
Impact

電気料金の国際比較 (2011~13年)



(注1) n.a. (当該データ掲載無し) は、【産業用】韓国2011~13年とスペイン2012,13年、【家庭用】スペイン2012,13年

(注2) 韓国、アメリカは本体価格と税額の内訳不明。

(注3) 端数処理の関係で合計が一致しない場合がある。

(出所) OECD/IEA 「ENERGY PRICES & TAXES, 2nd Quarter 2014」

国富の流出と経常収支

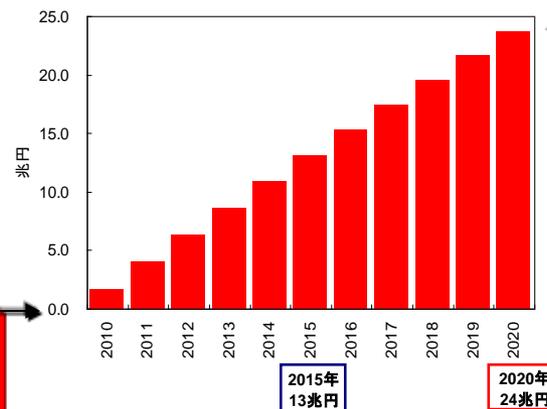
原子力発電の国富流出 累積削減効果額 (2012年9月時点での試算)

仮に、原子力発電が存在せず、その電力量を火力発電で代替してきたとすれば、1965年から2010年までの累積 (45年間) で約33兆円 (=火力燃料費 39兆円 - ウラン 5兆円) の追加負担を生じた可能性がある。

直近の将来においても、2010年の電源構成において原子力が占めていた部分を火力で代替すると想定すれば、2015年までに累積で13兆円、2020年までには24兆円の国富の流出が懸念される。

注：2030年に向かって再エネのさらなる進展が期待されるが、既にPVの3割が輸入品となっている。原子力代替としての再エネの導入を推し進める際には、安価な海外製品の輸入比率のさらなる高まりが、結果として国富の流出要因なることが懸念される。

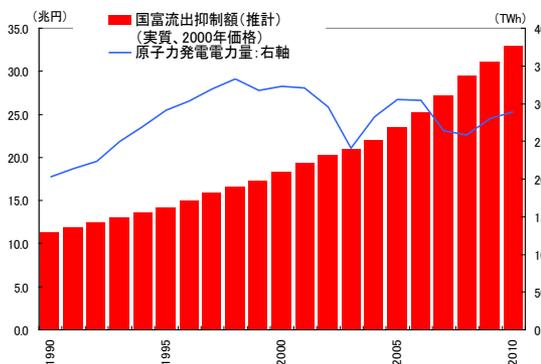
直近の将来推計(累計)



累積
約60兆円

10年間で14兆円増

過去の実績推計(累計)



累積
約33兆円

10年間で追加で24兆円増

4. 原子力の「S」は、大丈夫か : 事故調査委員会の指摘

I) 政府事故調

① 安全対策・防災対策

: 複合災害を視野に。新しい知見導入など

② 原子力発電の安全対策

: シビアアクシデント対策など

③ 原子力災害への態勢

: 原災時の危機管理体制など

④ 被害の防止・軽減策

: リスク広報、モニタリング、住民避難など

⑤ 国際的調和

: IAEA基準などとの調和

⑥ 関係機関の在り方

: **原子力安全機関の独立性**など

⑦ 継続的な原因究明

: 解明継続など

II) 国会事故調

① 規制当局への国会の監視

: 常設委員会の設置など

② 政府の危機管理体制の見直し

: オンサイトは第一義的に事業者の責任など

③ 被災住民への政府の対応

: 情報開示、汚染拡大防止など

④ 電気事業者の監視

: 事業者の規制当局への不当な圧力防止など

⑤ 新しい規制機関の要件

: **高い独立性、透明性、専門性と責任感**など

⑥ 原子力法規制の見直し

: 世界最新技術による見直し、バックフィットなど

⑦ 独立調査委員会の活用

: 国会に第三者委員会の設置など

国際標準の重要性

<IAEAによる10の基本安全原則>

原則 1 : 安全の一義的責任は許認可取得者にあり。

原則 2 : 政府は、**独立した規制機関**を含む安全のための効果的な枠組みの設置、維持に責任有す。

原則 3 : 安全に対するリーダーシップは、最高責任者層により実践。

原則 4 : 施設と活動の正当化は、便益が放射線リスクを上回るべき。

原則 5 : 最高レベルの安全を実現するよう防護の最適化。定期的再評価。

原則 6 : 個人のリスクは、所定の制限の範囲内に管理すべき。

原則 7 : 現在および将来の**人と環境を放射線リスクから防護**すべき。

原則 8 : 事故の影響の**防止と緩和**の主要な手段は「**深層防御**」。

安全裕度、多様性及び多重性を実現する設計、工学的施設の導入。

原則 9 : **緊急時の準備**と対応をあらかじめ確立すべき。

原則10 : 放射線リスクの低減のための防御対策は、**正当化、最適化**されるべき。

放射線の量の比較

放射性医学の視点から。。。。

	放射線の量
歯科用CT（レントゲン）1回当り	0.005 mSv
ブラジルナッツ※ 135g 当たりの含有量	
大西洋横断飛行	0.07 mSv
1人当たりの自然界からの放射線（年間・英国）	2.7 mSv
CTスキャン（全身）1回当たり	9 mSv
チェルノブイリ周辺住民600万人の1人当たり平均線量	10 mSv
喫煙者の年間被曝線量	13 mSv
乳癌のための放射線治療	50 Sv

(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) 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。)

5. エネルギー・ミックスの判断には、「3 E + S」に加え「M」が重要

5-1) 新エネルギー基本計画（第四次）における各エネルギーの位置づけ(一次エネルギー)

1. 一次エネルギー

- (1) **再生可能エネルギー** 安定供給面、コスト面で様々な課題が存在するが、温室効果ガスを排出せず、国内で生産できる...**有望かつ多様で、重要な低炭素の国産エネルギー源**である。
- (2) **原子力** 低炭素の準国産エネルギー源として、優れた安定供給性と効率性を有しており、...安全性の確保を大前提に、エネルギー需給構造の安定性に寄与する**重要なベースロード電源**である。
- (3) **石炭** 地政学的リスクが...低く、熱量当たりの単価も...安いことから、安定供給性や経済性に優れた**重要なベースロード電源**の燃料として再評価...環境負荷を低減しつつ活用していくエネルギー源である。
- (4) **天然ガス** 電源の4割超を占め、...ミドル電源の中心的な役割を果たし...天然ガスシフト（により）、...その役割を拡大していく**重要なエネルギー源**である。
- (5) **石油** 一次エネルギーの4割強を占めており、...地政学的リスクは最も大きい...可搬性が高く...備蓄も豊富...今後とも活用していく**重要なエネルギー源**である。
- (6) **LPガス** 温室効果ガスの排出が比較的 low、ミドル電源として活用可能であり、また最終需要者への供給体制及び備蓄制度が整備され、...緊急時にも貢献できる**分散型のクリーンなガス体のエネルギー源**である。

5. エネルギー・ミックスの判断には、「3 E + S」に加え「M」が重要

5-2) 新エネルギー基本計画（第四次）における各エネルギーの位置づけ(二次エネルギー)

2. 二次エネルギー

二次エネルギー構造において、引き続き中心的な役割を果たしていく...

(1) 電気：

電源構成は、...低廉で安定的なベースロード電源を国際的にも遜色のない水準で確保...、バランスのとれた電源構成の実現に注力していく必要がある。

(2) 熱利用：

コージェネレーション
や再生可能エネルギー熱等の利用促進

熱と電気を組み合わせて発生させるコージェネレーションは、...建築物や工場、住宅等の単体での利用に加え、周辺を含めた地域単位での利用を推進することで、コージェネレーションの導入拡大を図っていくことが必要である。

また、太陽熱、地中熱、雪氷熱、温泉熱、海水熱、河川熱...等の再生可能エネルギー熱をより効果的に活用し...熱が賦存する地域の特性を活かした利用の取組を進めていく

(3) 水素：

“水素社会”の実現

電気、熱に加え、水素が中心的役割...多様な技術開発や低コスト化を推進し...戦略的に制度やインフラの整備を進めていく

5. エネルギー・ミックスの判断には、「3 E + S」に加え「M」が重要

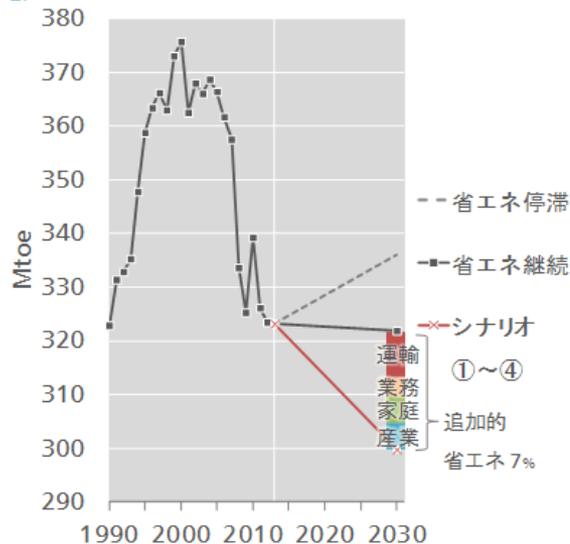
5-3) 省エネルギーは、多くの点で望ましいが、コストに限界アリ (エネ研の試算)

- 各部門における強力な対策の着実な推進により、7% (省エネ停滞からは11%)の追加的な省エネルギーの達成を想定

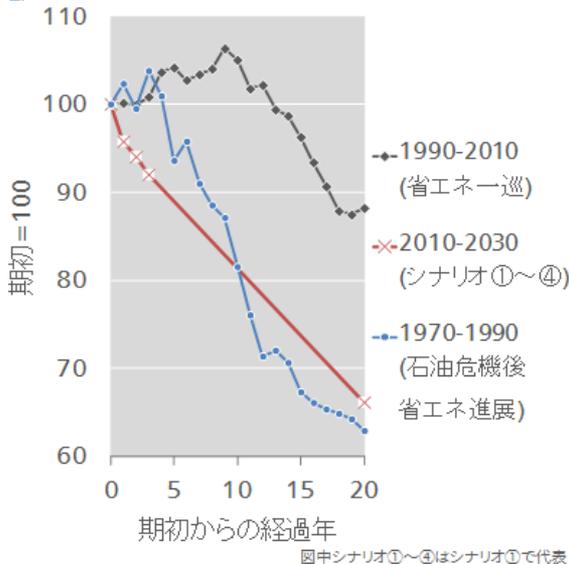
- エネルギー効率は最近20年の傾向から一転、石油危機後に比肩しうる強度で持続的に改善

- 2013～2030年に経済規模は30%拡大するが、追加的省電力を見込むことで、電力消費は7%増にとどまる(2010年比では2%増どまり)

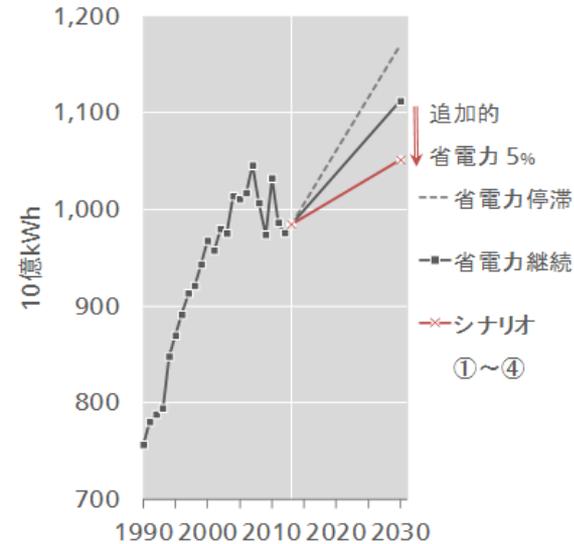
最終エネルギー消費



最終エネルギー消費のGDP原単位



電力最終消費



- <参考> IEA "World Energy Outlook 2014"の中心的シナリオであるNew Policies Scenarioでは、電力消費は2012～2030年に10%増

追加的省エネルギー対策の例 (エネ研の試算)

	現状	2030	
		追加的省エネ前	追加的省エネ後
産業	エネルギー効率	趨勢的に改善 ▶	最良技術普及率5割
家庭	家電効率 (保有ベース)	トップランナー遵守 現状比10%改善相当	現在最良が標準 現状比30%改善相当
	住宅断熱 (新築住宅)	5~6割が基準達成	全てが基準達成 ▶
	高効率給湯器 (世帯普及率)	2割	6割 ▶
	LED照明 (普及率)	15%	75% ▶
	HEMS エネルギーマネジメント (新築住宅普及率)	わずか	わずか ▶
業務	建築物性能 (新築建築物)	9割が基準達成	全てが基準達成 ▶
	LED照明 (普及率)	2%	30% ▶
	BEMS エネルギーマネジメント (新築建築物普及率)	6割	6割 大規模建築物は標準装備 ▶
運輸	次世代自動車 (新車販売比率)	17%	49% ▶
			84%

5. エネルギー・ミックスの判断には、「3 E + S」に加え「M」が重要

5-4) エネルギー・ミックス4つのケース (エネ研の仮定)

- 2030年の想定電源構成に応じ、4つのシナリオを設定
- 電力供給のみならず、エネルギー需給全般、経済、環境への影響を評価

シナリオと電源構成の大枠(2030)

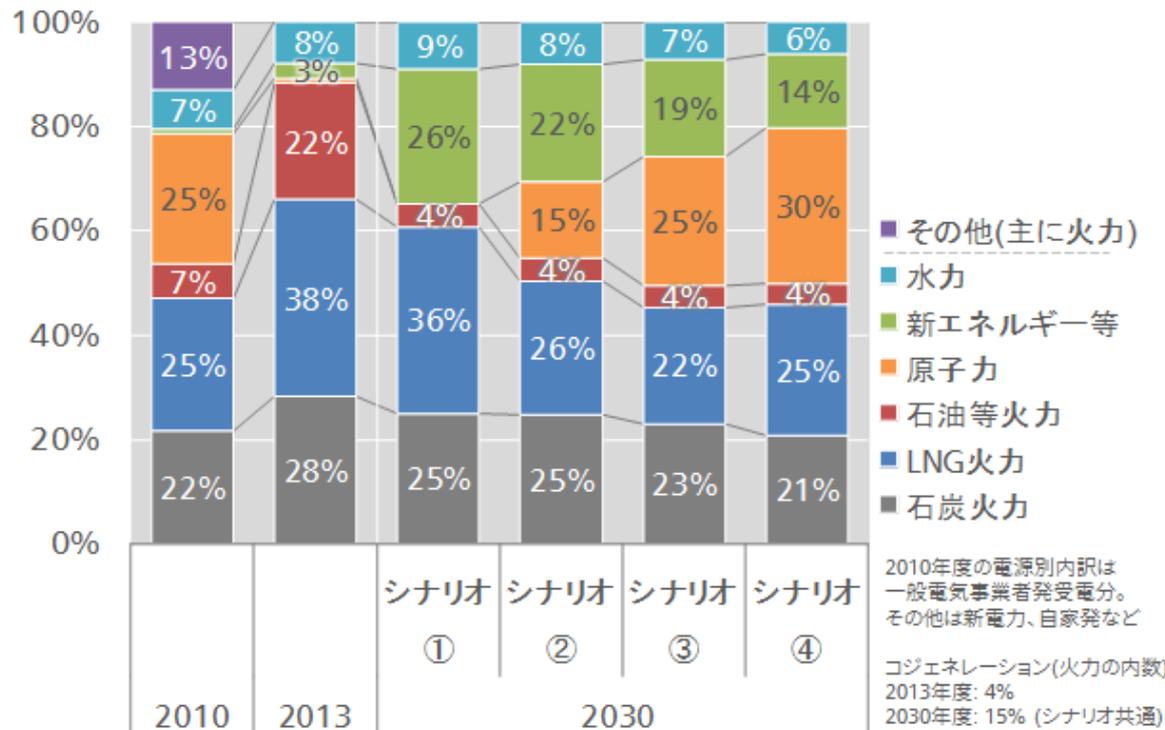
	シナリオ①	シナリオ②	シナリオ③	シナリオ④
再生可能エネルギー (うち不安定電源)	35% (17%)	30% (14%)	25% (10%)	20% (7%)
火力	65%	55%	50%	50%
原子力	0%	15%	25%	30%
総発電量(兆kWh)	1.1	1.2	1.2	1.2

いずれも概数
不安定電源は太陽光、風力
総発電量は電気事業者、自家発

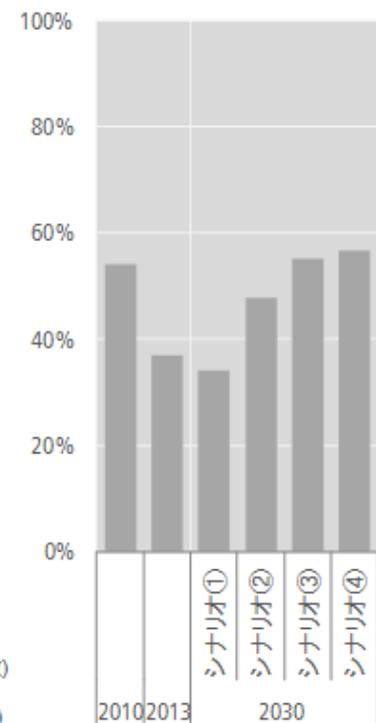
電源構成 (エネ研の試算)

- 震災後、9割まで上昇している火力発電比率は、いずれのシナリオでも2030年に向け低下。ただし、シナリオ①では2013年と同量程度LNG依存
- シナリオ①でのゼロエミッション電源比率は、2010年を下回る3分の1。一方、シナリオ③、④においては半分の電力がCO₂フリー

電源構成[電気事業者, 自家発]

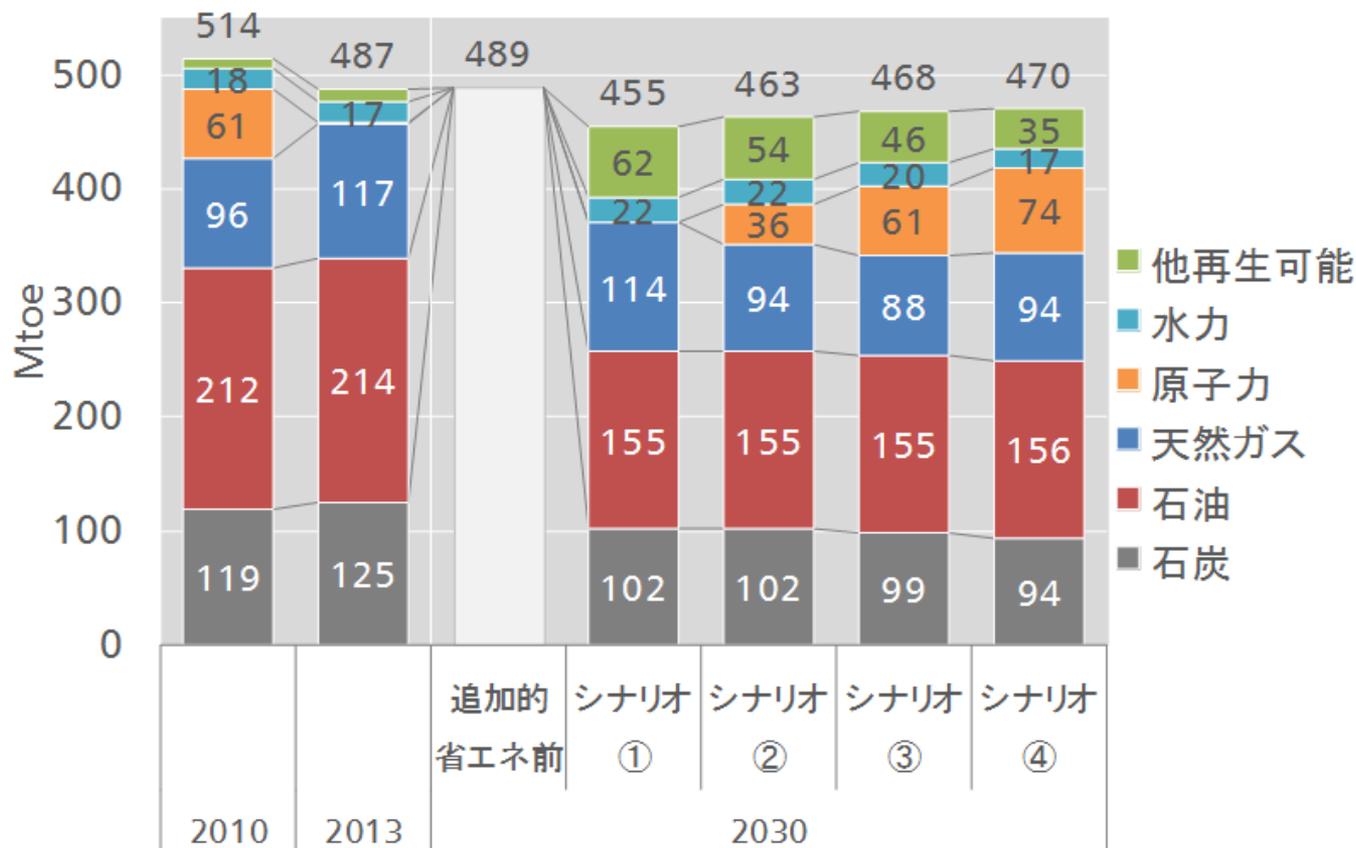


ベース電源比率



一次エネルギー国内構成 (エネ研の試算)

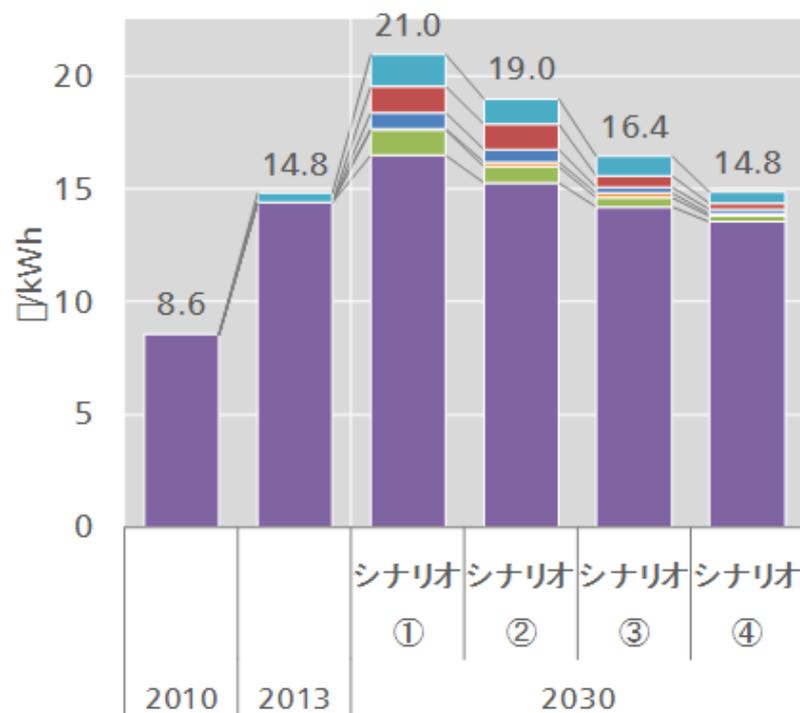
一次エネルギー国内供給



電力コスト (エネ研の試算)

- 発電コストが高い再生可能エネルギーが多いほど、平均発電コストが上昇するとともに、再生可能支援金や系統対策費用も増加する
- 電力コストは、シナリオ③で2013年比¥1.6/kWh上昇するのに対し、シナリオ①では4倍近い¥6.2/kWh上昇し、¥21.0/kWhに

発電関連コスト



計算の前提(2030)

化石燃料輸入価格[2013年実質]

- 石油: \$175/bbl [\$123/bbl]
- 天然ガス: \$1,035/t [\$844/t]
- 一般炭: \$194/t [\$158/t]

再生可能エネルギー関連

- 余剰電力は出力抑制と蓄電池で対応すると想定
- 火力バックアップコストは、設備利用率低下に伴う発電効率低下による投入燃料増加分
- 固定価格買取制度(FIT)が2030年まで継続されるものとする。ただし、太陽光および風力に関しては習熟効果によるシステム価格低下に伴う買取価格の低減も考慮

■ 再生可能支援金とは

再生エネルギー買取価格と再生エネルギー発電コストの差額を意味する
(=再生エネルギー買取価格-再生エネルギー発電コスト)。

2010、2013年度は一般電気事業者および卸電気事業者
2010~2013年度の電力料金の上昇幅は¥3.9/kWh

影響比較 (エネ研の試算)

- 経済・環境・安全保障、および実現に求められる要件などを総合的に考えると、目指すべき姿は**シナリオ③** (再生可能: 25%、火力: 50%、原子力: 25%)が最も近いと評価できる

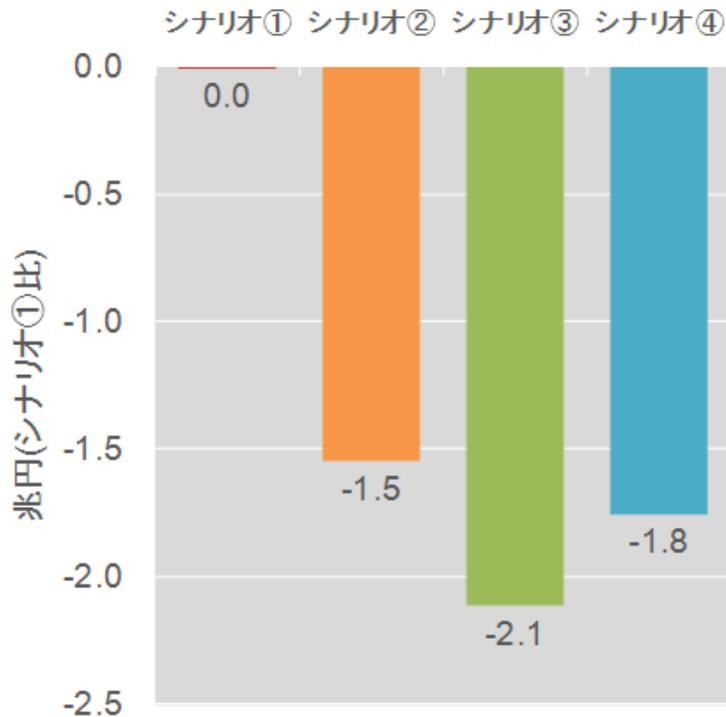
		2010	2013	2030			
				シナリオ①	シナリオ②	シナリオ③	シナリオ④
経済	発電関連コスト[円/kWh] (2013年度実質価格)	8.6 (8.3)	14.8 (14.8)	21.0 (17.1)	△19.0 (15.5)	◎16.4 (13.4)	◎14.8 (12.1)
	実質GDP [2005年価格兆円]	512	531	684	△690	◎693	◎694
	化石燃料輸入額[兆円]	17.8	28.1	33.7	△32.2	◎31.6	◎32.0
環境	エネルギー起源CO ₂ 排出[Mt] (2005年度比)	1,123 (-7%)	1,224 (2%)	959 (-20%)	△917 (-24%)	◎892 (-26%)	◎887 (-26%)
	電気事業者NO _x 排出[kt]	170	254	136	△122	◎110	◎106
安全保障	自給率	18%	7%	19%	△25%	◎28%	◎28%
	LNG輸入量[Mt]	70.6	87.7	84.4	◎69.7	◎65.3	△70.0
廃棄物	原子燃料累積使用量[ktU]	25	26	◎26	◎34	△37	39

2010年度、2013年度の発電関連コストは一般電気事業者および卸電気事業者
電気事業者NO_x排出は受電分を含まない

経済 ▶ 化石燃料輸入額, 貿易収支 (エネ研の試算)

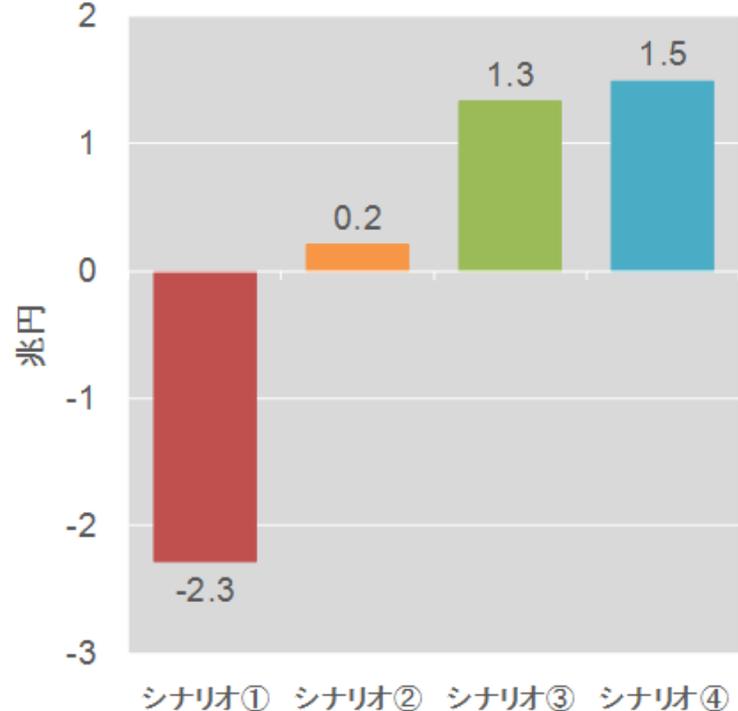
■ 化石燃料輸入額は、シナリオ③では、シナリオ①比2.1兆円節減。シナリオ①では、2030年にかけて6兆円増加し、34兆円に達する

化石燃料輸入額(2030)



■ シナリオ②~④では、化石燃料輸入の節減と輸出の拡大で、貿易赤字は解消

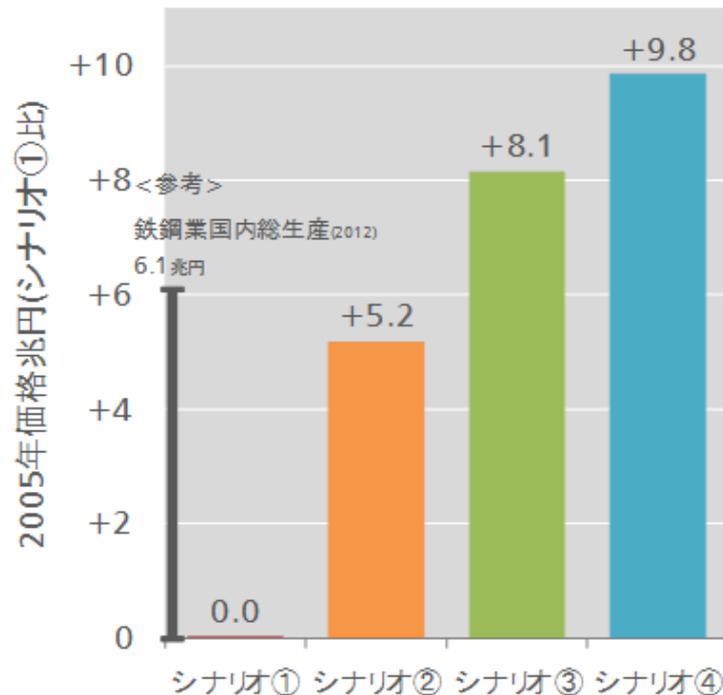
貿易収支(2030)



経済 ▷ 実質GDP, 雇用 (エネ研の試算)

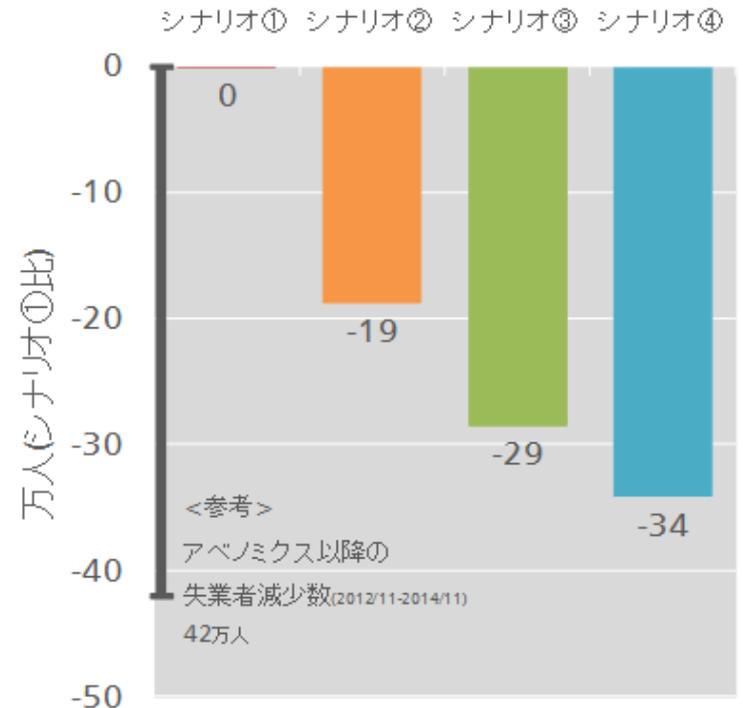
- エネルギー輸入支払い・電力価格の影響で、実質GDPは最大10兆円の差。シナリオ①では、シナリオ③での今後の成長分のうち5%が失われる

実質GDP (2030)



- 化石燃料輸入支払い額の増大と国際競争力の劣後は、マクロ経済を下押しするとともに、雇用情勢の悪化要因にも

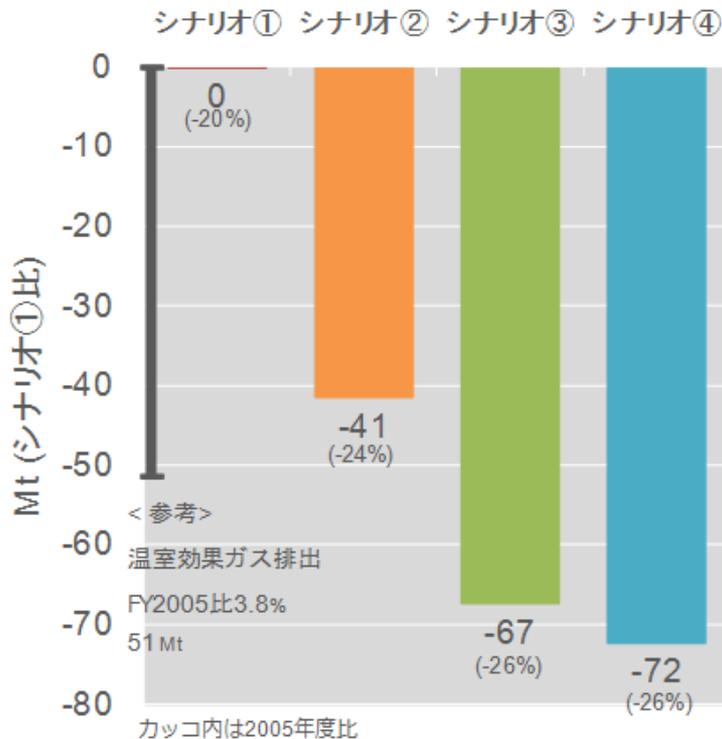
完全失業者数(2030)



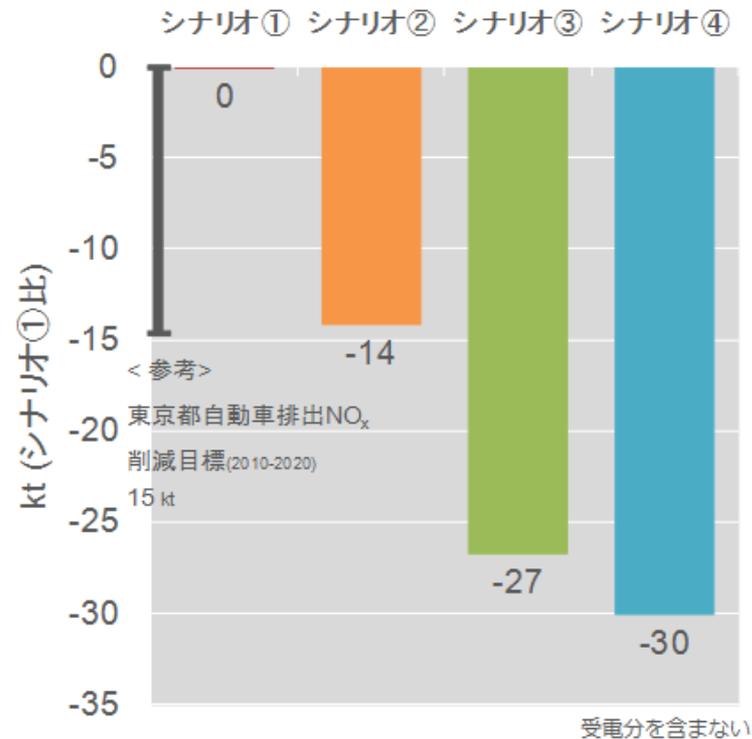
環境 ▶ 化石燃料輸入額, 貿易収支 (エネ研の試算)

- シナリオ③、④では、非火力発電シェアがいずれも50%であるが、石炭を低減するシナリオ④の方が、CO₂や大気汚染物質の排出が少ない
- シナリオ①で、上振れするCO₂対策として炭素税を賦課すれば、経済にはさらなる重荷

■ エネルギー起源CO₂排出(2030)



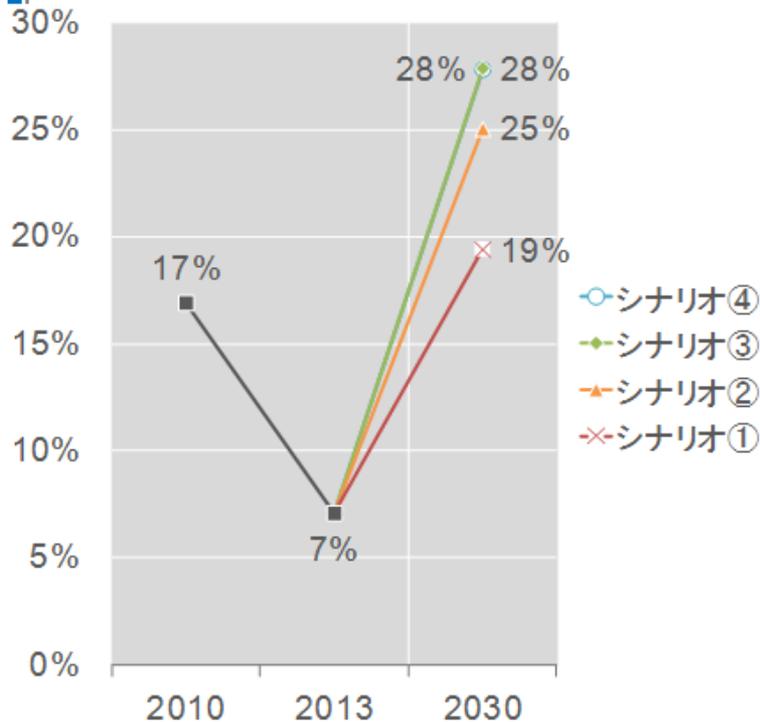
■ 電気事業者NO_x排出(2030)



安全保障 ▶ 自給率, LNG輸入量 (エネ研の試算)

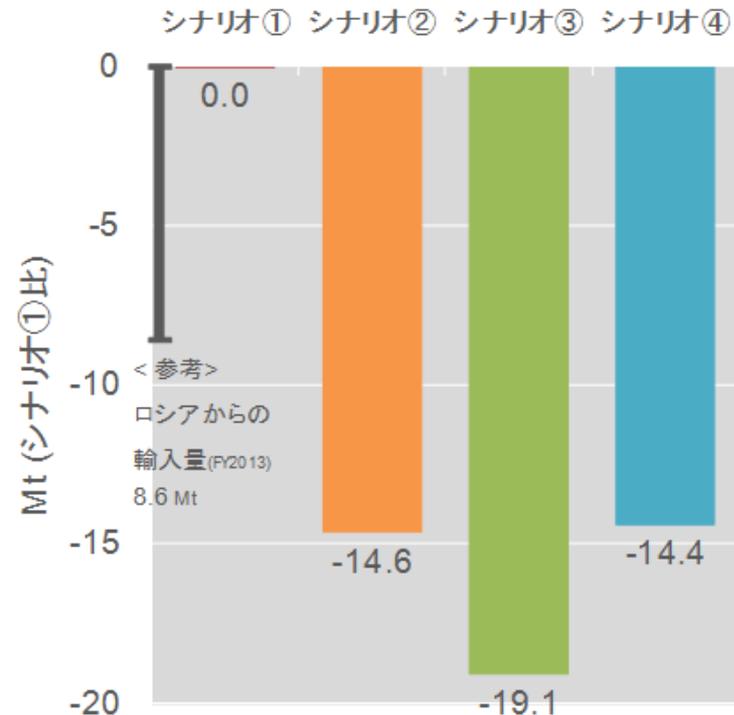
- 自給率も、(準)国産である再生可能と原子力の和が最大となるシナリオ③、④で最も改善

自給率



- いずれのシナリオでも火力発電への依存は現状より低減するため、LNG輸入量は減少。しかし、シナリオ①では震災前を14 Mt上回る

LNG輸入量



6. 結論：原子力は完璧ではないが、 「3 E + S + M」の観点から不可欠なエネルギー

1. エネルギー政策の基本的視点は、「3 E」から「3 E + S」の視点へ。
2. 「3 E + S」の視点から見ると、完璧なエネルギーはない。
3. 日本では、原子力ゼロの結果、「3 E + S」の要請には、応えられていない。
結果として、持続不能な状況にある
4. 原子力は、ゼロリスクではないが、国際標準に整合した規制制度の下では、リスクを許容レベルに抑えることは可能。無論、万が一への備えは必須。
5. 新しいエネルギー・ミックスの判断は、変数が多い連立方程式。
「3 E + S」に「M」（マクロ経済効果）を加える必要がある。
そうすると、電源構成で25%程度の原子力なしには、日本経済の発展は望みがたい。
6. 原子力は完璧ではないが、「3 E + S + M」の視点、特に「M」の視点から見ると、不可欠な要素。
すなわち、日本経済の持続的発展のために、不可欠なエネルギー。

ご清聴ありがとうございました。

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