

日本のエネルギー政策 現状と課題 —日本の原子力に未来はあるか—

国際環境経済研究所 理事・主席研究員

21世紀政策研究所 研究副主幹

筑波大学客員教授

関西大学客員教授

竹内 純子

自由化と原子力

自由化と原子力はなぜ食い合わせが悪いのか

- ▶ 自由化されると、電気がいくらで売れるか、どれくらい売れるかが不確実になる。
 - ⇔ 総括原価制度は収益保証＋地域独占は売上・シェア保証
- ▶ 資金調達コストに影響（既設の原子力の安全対策投資、新設・建替えの際の建設コスト調達が困難に）
- ▶ 自由化すれば事業者は短期的な投資回収を目指し、大規模な設備投資を避ける傾向になる。中でも原子力は事業リスクが高いので、自然と脱原発が進む。
- ▶ 国として原子力を必要とするならば、適切な投資が行われる事業環境整備が必要。（非化石価値市場、容量市場は十分か？）

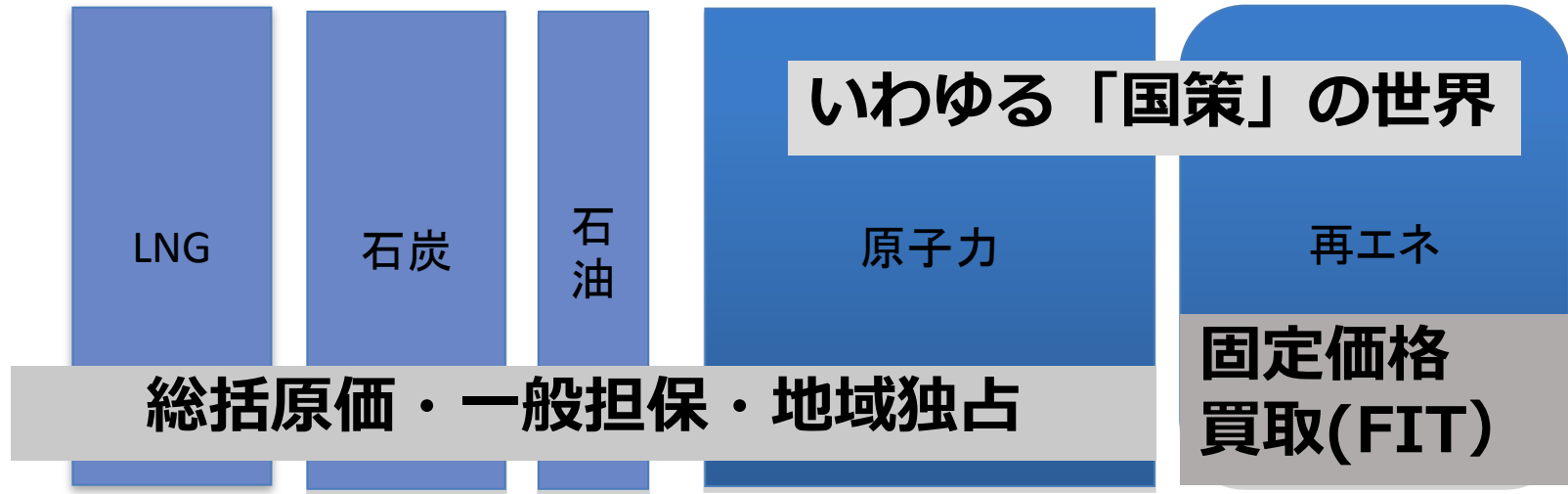
米国・英国は原子力事業環境整備の施策を導入。
わが国はこれを後回しにしてシステム改革を進めてきた。

ファイナンス確実

自由化前

(エネルギー安全保障・温暖化対策上必須)

(供給義務)

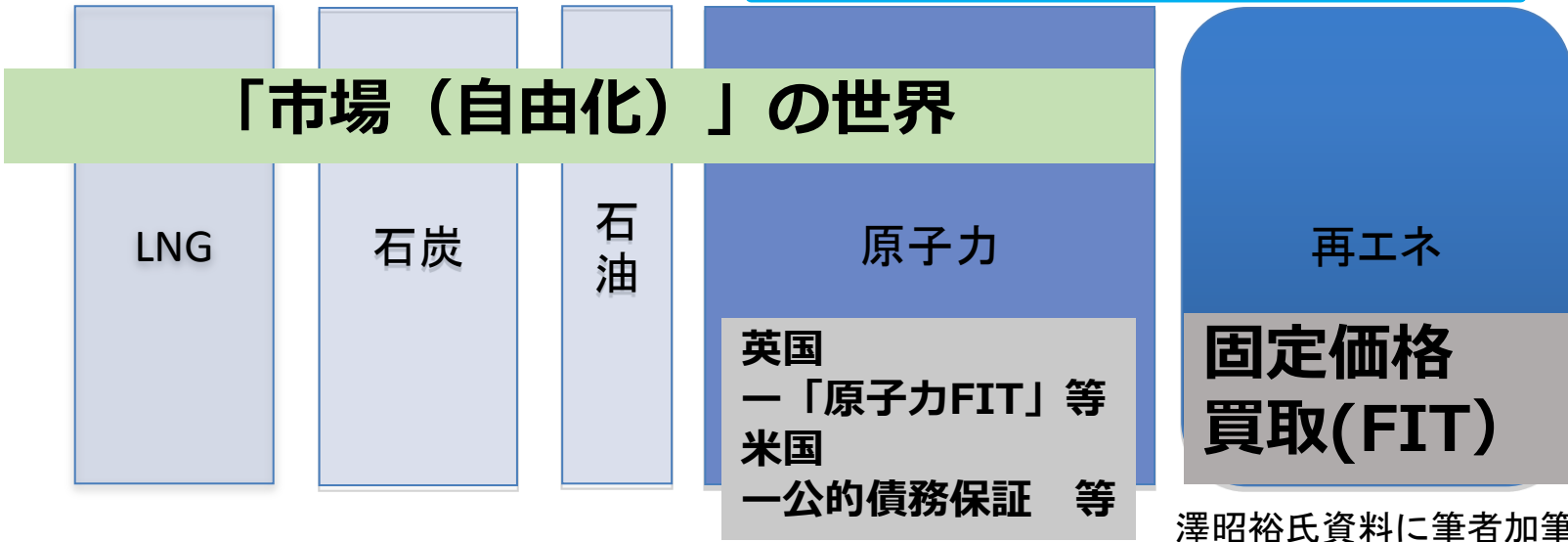


ファイナンス不確実

自由化後

- 再エネは変わらず「国策」の世界
- 事業者は短期的な投資回収を目指す
- 原子力も市場に委ねるのか

(市場需給調整)



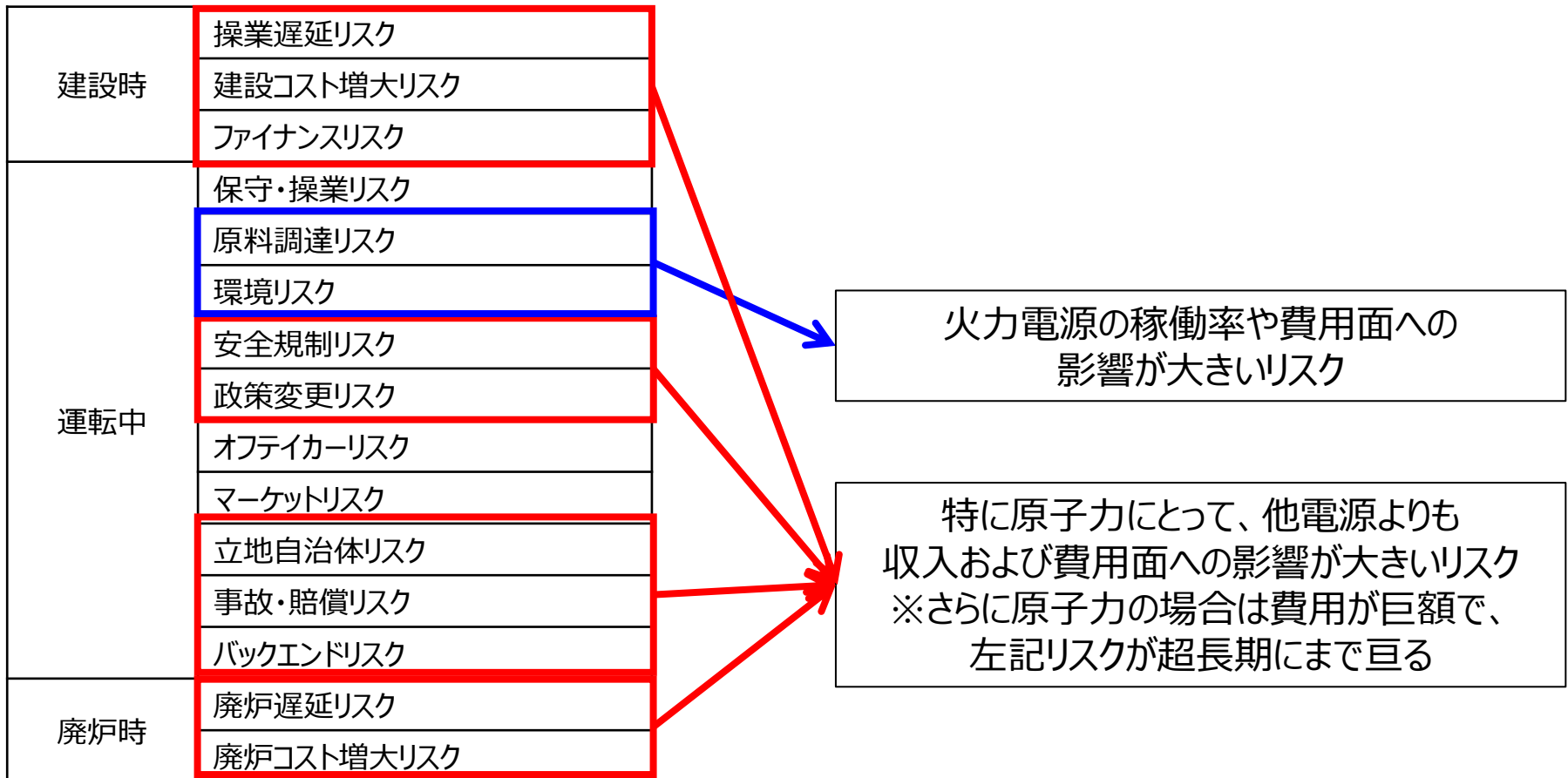
電源開発におけるリスクの一覧

- ▶ 火力は原料調達リスクの影響が大きいですが、調達の多様化及び燃料費調整制度等によって一定程度のヘッジは可能。原子力は事業の特殊性が強く、自由化市場において民間事業者が負いきれないリスクを有する。

<原子力事業の特殊性>

- ① 投資額が巨額／事業・投資回収が長期 ② 事故対応 ③ 事業者共同の核燃料サイクル事業

稼働率や費用面に影響を与えるリスク一覧



原発の電気は安いのか？

- コストだけで議論することのリスク。
- 原子力のコストを考えるときに、既設と新設とは議論を区別。既に減価償却が終わっているような原子力発電所の電気は安全対策投資とその後の稼働率にもよるが、非常に安価。(原発再稼働が進む西日本での電気料金引き下げ)
- どんな条件の下でも「これが最も安い」と言える電源は無い。新設の場合、条件次第で電源の価格は変動する。

2014年(平成26年)3月11日(火曜日) 11版 朝日新聞 26

3年 はこちら特報部

でももう一度確認

原発の電気は安くない

フクシマ忘れ 政財界「再稼働」大合唱中

「原子力規制委員会が新しい基準を定めたとしても、地元で再稼働を促している」と、安部首相は10日の記者会見で述べた。再稼働の是非は政府の責任だ。

「原子力規制委員会が新しい基準を定めたとしても、地元で再稼働を促している」と、安部首相は10日の記者会見で述べた。再稼働の是非は政府の責任だ。

「原子力規制委員会が新しい基準を定めたとしても、地元で再稼働を促している」と、安部首相は10日の記者会見で述べた。再稼働の是非は政府の責任だ。

朝日新聞 30. 5. 29

原発依存高め 値下げ

関西電、家庭向け4.03%

7月から

関西電力は28日、7月1日から電気料金を5.36%値下げすると発表した。内訳は家庭向けで平均4.03%、企業向けで平均5.94%。大飯原発3、4号機(福井県おおい町)の再稼働に伴うもので、岩根茂樹社長は記者会見で「他社に負けない電気料金に戻った」と自信を示した。ライバルの大阪ガスも電気料金の値下げの検討を始めた。

大ガス対応策検討

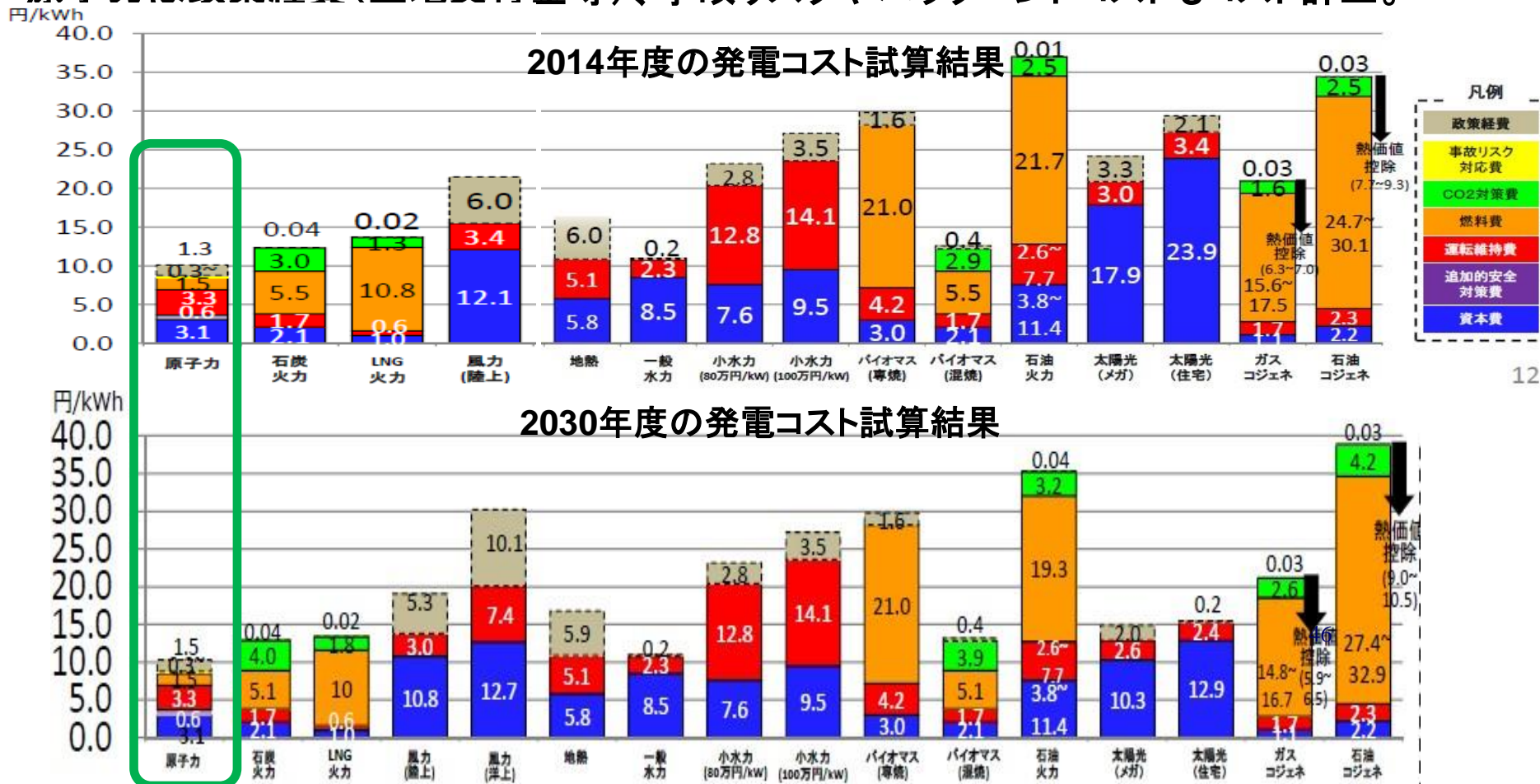
電気料金の内訳には、基本料金の部分で昨年8月に続本料金や使用量で決まる「電力量料金」と、再生可能エネルギーの普及拡大の名目で各家庭に上乗せされている賦課金、消費税がある。総額は6917円から6675円になり、242円(3.5%)安くなる。

関西電は2011年の東日本大震災後に原発を動かせなくなり、火力発電の燃料費が膨らんで13年と15年に値上げた。顧客離れと節電が進んだことで、17年度の販売電力量は7年連続のマイナス。ピーク時の10年度から2割以上減った。

岩根茂樹社長＝大阪市

わが国のコスト等検証委員会の試算

- ▶ 2014年度と2030年度に発電設備を作った場合の電源別発電コスト比較
- ▶ 再エネは、2014年時点では水力、地熱を除き、従来型電源(原子力、石炭、LNG)に比べてコストが高い
- ▶ 太陽光だけは2030年には大幅にコストが下がると見込まれている。
- ▶ 原子力は政策経費(立地交付金等)、事故リスクやバックエンドコストもコスト計上。



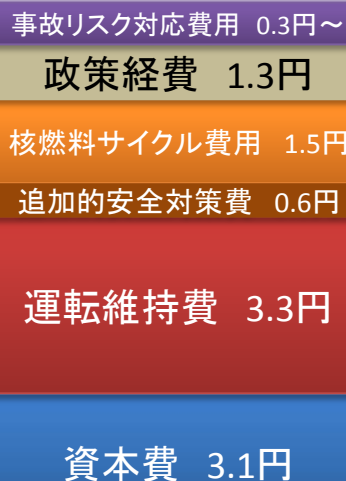
原子力発電のコスト試算

- ▶ 2014年モデルプラント 割引率3% 稼働率70% 10.1円~/kWh
 割引率5% 稼働率70% 11.1円~/kWh
 割引率5% 稼働率60% 12.5円~/kWh
- 9.9%
 23.7%

原子力発電コスト 10.1円~/kWh

社会的費用

発電原価



事故リスク対応費用(0.3円~/kWh)

- ・福島原発事故による事故対応費用を、約12.2兆円と想定し、出力規模等により約9.1兆円に補正。
- ・前回の共済方式を踏襲しつつ、追加安全対策の効果を反映し、4,000炉・年に設定。(ただし今後、追加的安全対策全体の効果が明らかになれば低減する可能性あり。)
- ・損害費用は増える可能性があるため、下限を提示。廃炉・賠償費用等が1兆円増えると0.04円/kWh増加。

政策経費(1.3円/kWh)

- ・立地交付金(約1,300億円/年)、もんじゅ等の研究開発費(約1,300億円/年)を含めた約3,450億円を反映。※2014年度予算ベース

核燃料サイクル費用(1.5円/kWh)

- ・使用済燃料の半分を20年貯蔵後に再処理し、残りの半分以上を45年貯蔵後に再処理するモデル。
- ・フロントエンド0.9円、バックエンド0.6円(再処理:0.5円、高レベル廃棄物:0.04円)を含む。

追加的安全対策費(0.6円/kWh)

- ・新規基準に基づく、追加的安全対策費を追加。モデルプラントとして計上すべき費用を精査し601億円を計上。(追加的安全対策の実施状況により増減の可能性あり。)

運転維持費(3.3円/kWh)

- ・人件費20.5億円/年、修繕費2.2%(建設費比例)、諸費84.4億円/年、業務分担費。

資本費(3.1円/kWh)

- ・建設費37万円/kW(4,400億円/1基)、固定資産税1.4%、廃止措置費用716億円を反映

※設備容量120万kw、稼働率70%、割引率3%、稼働年数40年のプラントを想定。

※稼働率は60%・70%・80%、割引率は、0・1・3・5%、稼働年数は40年・60年の複数ケースで試算

➤ それぞれの発電所を新設する場合、
条件次第で電源の価格は変動する。

IEA/OECD NEA

“Projected Costs of Generating Electricity 2015 Edition”

“there is no single technology that can be said
to be the cheapest under all circumstances”
どんな条件の下でも「これが最も安い」と言える単一の技術は無い。

“モデルプラント”方式による電源のコスト検証

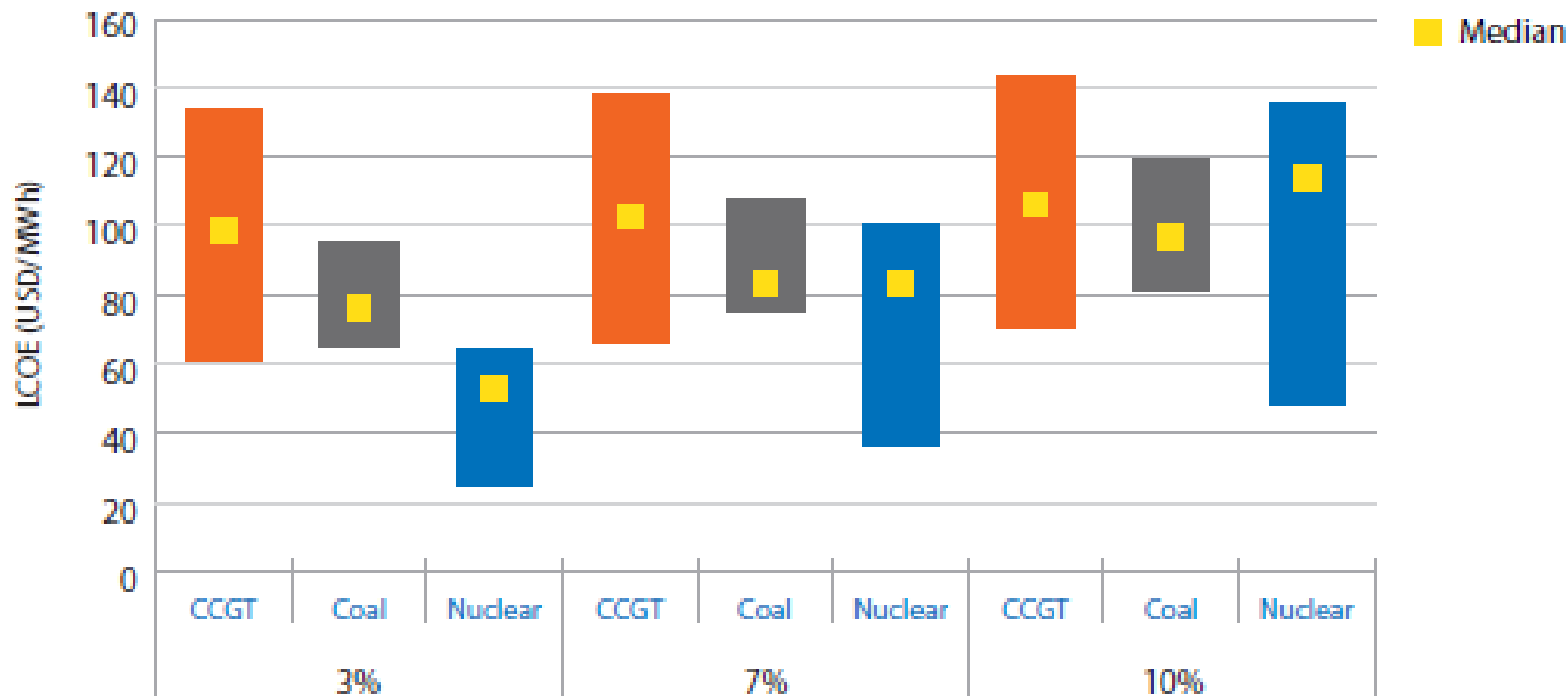
$$\text{円/kWh} = \frac{\text{資本費} + \text{運転維持費} + \text{燃料費} + \text{社会的費用}^*}{\text{発電電力量(kWh)}}$$

* 社会的費用: 事故リスク対応費(原子力のシビアアクシデント対応費)、政策経費、環境対策費(火力のCO2対策費用)を費用として認識。

海外での発電コスト検証 (OECD/ NEA・IEA)

- ベースロード電源3種 (CCGT、石炭、原子力) の発電単価を割引率を変えて提示。
- 割引率3%を確保できれば原子力は全ての国で最も低廉な電源となる。
- しかし、原子力はガスや石炭に比べ資本集約的であることから、割引率の上昇に伴いコストの増加幅が他の2つの電源よりも大きくなる。
- その結果、割引率7%では原子力の中央値は石炭とほぼ同じ、10%になると最も高くなってしまう。

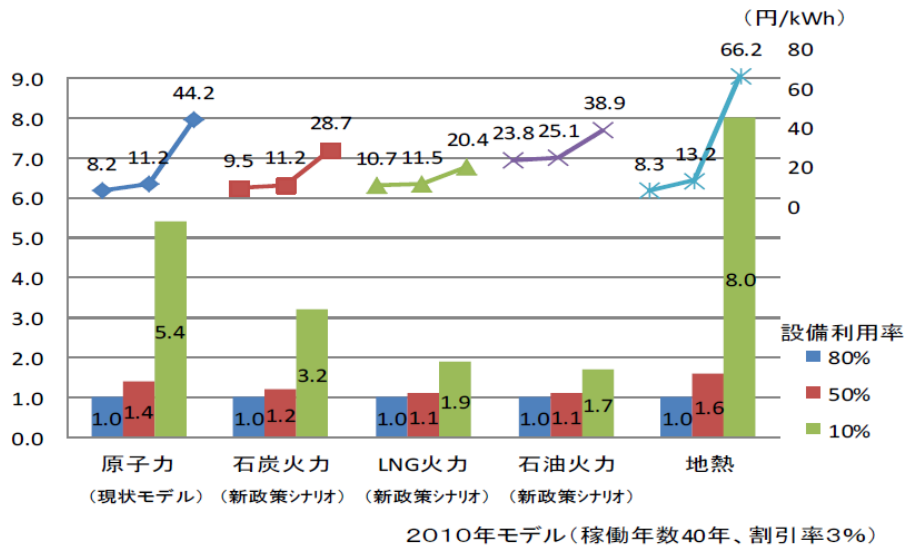
Figure ES.1: LCOE ranges for baseload technologies (at each discount rate)



電源別の設備利用率と価格上昇率の試算

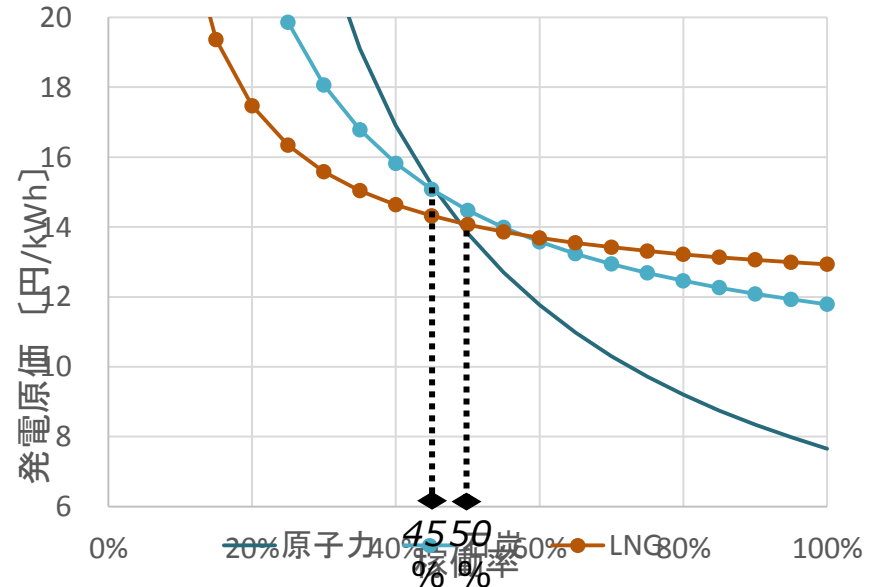
設備利用率ごとの発電コストと価格上昇率
(原子力・火力・地熱の比較 10,50,80%)

✓ 原子力・石炭・地熱は高い稼働率を確保できれば安価な電気を供給できる。
(ベース電源)



設備利用率ごとの発電コストと価格上昇率
(原子力・石炭・LNGの比較 2030年断面)

✓ 燃料価格の上昇が見込まれる2030年でも、原子力は稼働率45%で石炭に対して、50%でLNGに対して競争力あり。



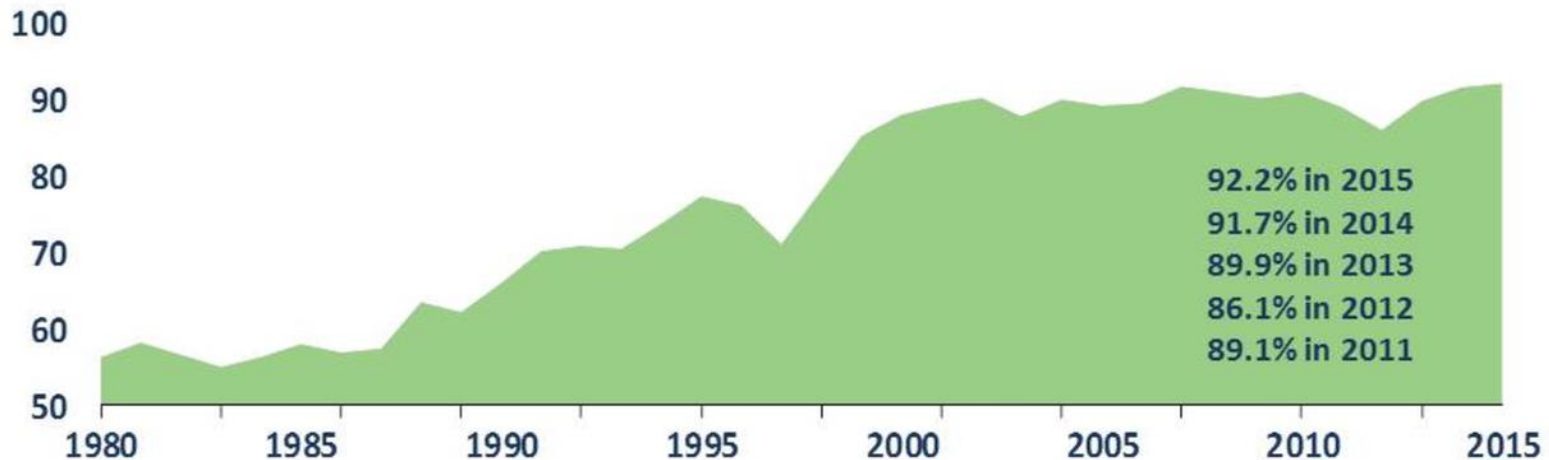
原子力発電所の稼働率

- わが国の原子力発電所の稼働率は、震災前から60～70%程度と低い状況。（米国は2000年代から90%を超える稼働率）
- トラブル発生率当の稼働率低下への影響は日本の方が大きく「一旦止まると長引く」傾向が認められる（戒能2009）

US Nuclear Capacity Factors

Sustained Reliability and Productivity

U.S. Nuclear Capacity Factor, Percent



原子力のプロジェクトファイナンス想定シナリオ

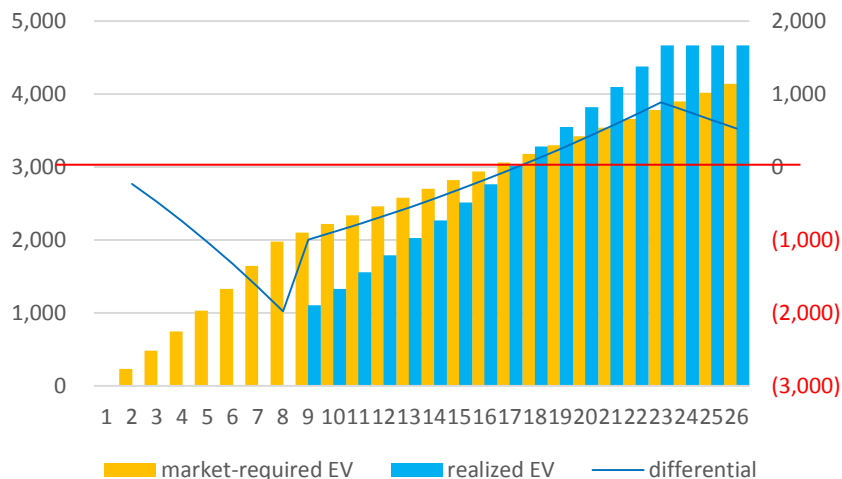
- 利用率80%、販売価格10.5円kWh
- 資本コスト E:8% / D:2%
- 出資: 18年目(運開後11年)で8%のリターン回収。その後も1000億円弱のupsideを期待。
- 貸付: 平均DSCR1.76と安定的返済が可能なレベル。

- **利用率60%**、販売価格10.5円kWh
- 資本コスト E:8% / D:2%
- 出資: 期間を通じて8%のリターンは実現不可能。(未達額1000~3000億円)
- 貸付: 平均DSCR1.04と、借入不能なレベル(何かがあれば即デフォルト)。

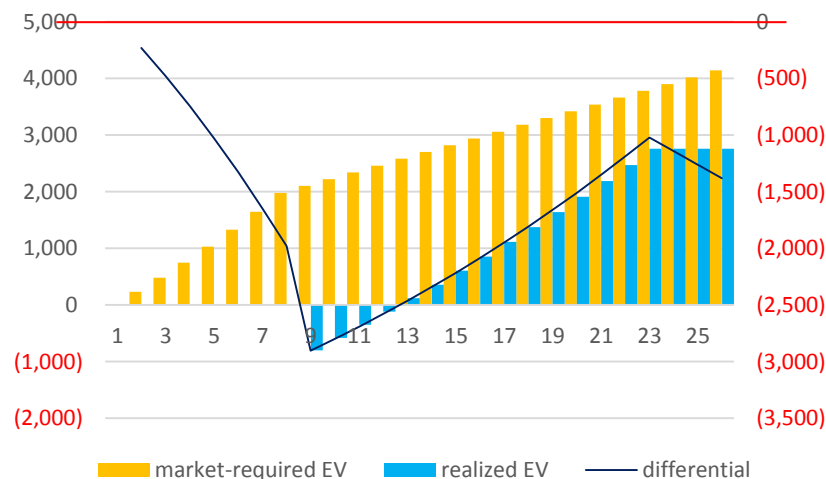
	前提条件
規模	5000億円、135万kW
期間	建設7年、借入償還15年(元利均等)
DEレシオ	E 30% / D 70%
資本コスト	E 8%, D 2%. (=全体で3.8%)
販売価格	¥10.5/kWh, 利用率80%
費用	固定費(委託修繕)330億円/y, 変動費¥1.5/kWh

	前提条件
規模	5000億円、135万kW
期間	建設7年、借入償還15年(元利均等)
DEレシオ	E 30% / D 70%
資本コスト	E 8%, D 2%. (=全体で3.8%)
販売価格	¥10.5/kWh, 利用率60%
費用	固定費(委託修繕)330億円/y, 変動費¥1.5/kWh

株式価値推移



株式価値推移



原子力のプロジェクトファイナンス想定シナリオ

- **建設ほぼ完了、運開延期(2年)。**
- 出資： 期間を通じて、8%のリターン実現は不可能。(未達額2000~4000億円)。
- 貸付： 最小DSCRは0.92→1.76 通常であれば、運開延長の段階で実質的にデフォルト。

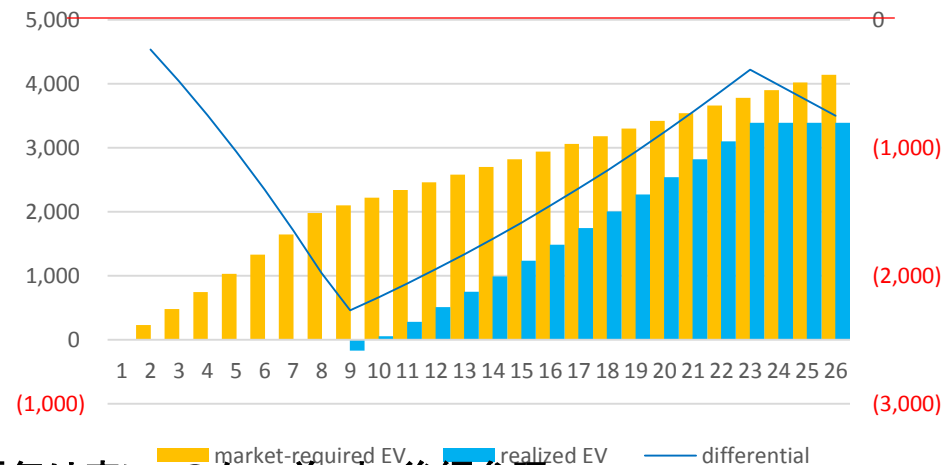
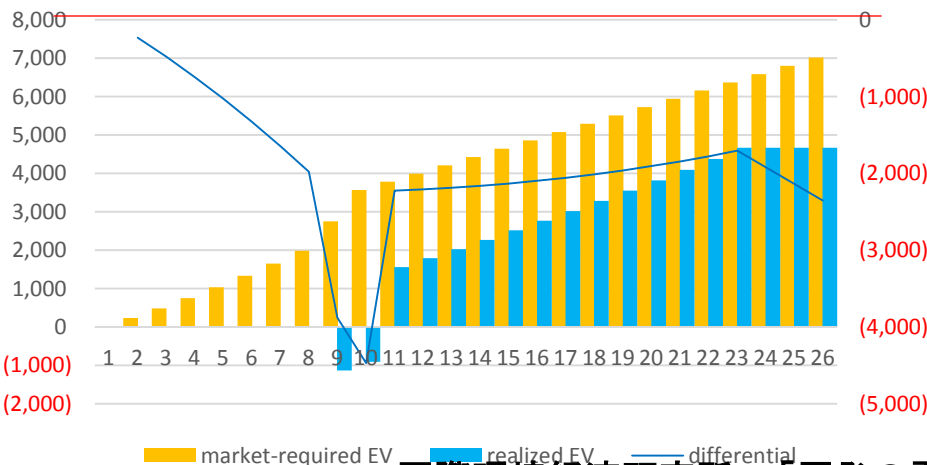
- **販売価格10.5→9円kWhに低下。**
- 出資： 期間を通じて、8%のリターン実現は不可能。(未達額500~2500億円)。
- 貸付： 平均DSCR1.28と償還確実性は危険なレベルへ低下。

	前提条件
規模	5000億円、135万kW
期間	建設9年 、借入償還15年(元利均等)
DEレシオ	E 30% / D 70% 2年の停止期間に各600億円前払い(実質出資)。
資本コスト	E 8%, D 2%. (=全体で3.8%)
販売価格	¥10.5/kWh, 利用率80%
費用	固定費(委託修繕)330億円/y, 変動費¥1.5/kWh

	前提条件
規模	5000億円、135万kW
期間	建設7年、借入償還15年(元利均等)
DEレシオ	E 30% / D 70%
資本コスト	E 8%, D 2%. (=全体で3.8%)
販売価格	¥9.0/kWh , 利用率80%
費用	固定費(委託修繕)330億円/y, 変動費¥1.5/kWh

株式価値推移

株式価値推移



原子力事業のリスク遮断を制度化するには何が必要か

(1) 社会からの理解の獲得

①原子力事業のコスト構造に関する理解

原子力は国民にとって安価な電力を供給できる「可能性を持つ」電源
・割引率を低く、稼働率を安定的に保つ制度設計が必要。

②原子力発電の経済性以外の価値に対する理解

原子力技術を保有していることの価値はエネルギー安全保障と環境性

- ・ " THE ROLE OF NUCLEAR POWER IN ENHANCING JAPAN'S ENERGY SECURITY"
原子力技術を保有することによる、エネルギー安全保障の経済価値試算
「原油価格の急騰をもたらすような事態が生じた場合、原子力発電所の価値はMWあたり1.54億円程度（日本の原子力発電所の建設コストの57.8%に相当）にまで上昇。」
- ・ ライフサイクルCO₂排出量は、原子力20g-co₂/kWh（石炭943、太陽光38）

③核燃料サイクル政策全体の方針明確化

「原子力問題のアキレス腱」と言われる核燃料サイクル政策について、これまでの政策方針の積み上げや歴史的背景、外交・安全保障関連の制約、政策転換に伴う政治的・経済的コスト等を踏まえて、今後とり得るオプションに理解を求める必要。

原子力事業のリスク遮断を制度化するには何が必要か

(2) 社会からの信頼の獲得

①安全対策の進捗

わが国の原子力安全が、東電福島原発事故に何を学んだのかを示す必要

- ・安全規制の合理化・実効化
- ・リスクコミュニケーション（深層防護の考え方）

②原子力防災・賠償制度の見直し

避難計画に対する不安・不信（わかりやすい分関心も不安も持ちやすい）

東電福島原発における賠償や除染の課題の洗い出しと整理

- ・商工業、農林漁業に関する風評被害収束の遅れ（算定方法）
- 放射線教育の必要

③福島復興・1F廃炉の着実な進展

東京電力の「新・新総特」の着実な実行

参考文献等

- OECD/NEA “Projected Costs of Generating Electricity 2015”
- 戒能2009 RIETI ディスカッションペーパー
「原子力発電所の稼働率・トラブル発生率に関する日米比較分析」
<http://www.rieti.go.jp/jp/publications/summary/09120006.html>
- 米国原子力エネルギー協会 (NEI; Nuclear Energy Institute) HP
<https://www.nei.org/Knowledge-Center/Nuclear-Statistics/US-Nuclear-Power-Plants/US-Nuclear-Capacity-Factors>
- 戒能2017 RIETI ディスカッションペーパー
「東京電力福島第一原子力発電所事故による農林水産品の風評被害と損害賠償に関する経済学的評価分析」
<http://www.rieti.go.jp/jp/publications/summary/17020008.html>
- 英国BEIS “ELECTRICITY GENERATION COSTS”
https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/566567/BEIS_Electricity_Generation_Cost_Report.pdf
- THE JAMES A. BAKER III INSTITUTE FOR PUBLIC POLICY OF RICE UNIVERSITY
DR. KENNETH B. MEDLOCK III , DR. PETER HARTLEY
“THE ROLE OF NUCLEAR POWER IN ENHANCING JAPAN’S ENERGY SECURITY “
<https://sites.hks.harvard.edu/hepg/Papers/Medlock.nuc.power.Japan.security.0304.pdf>

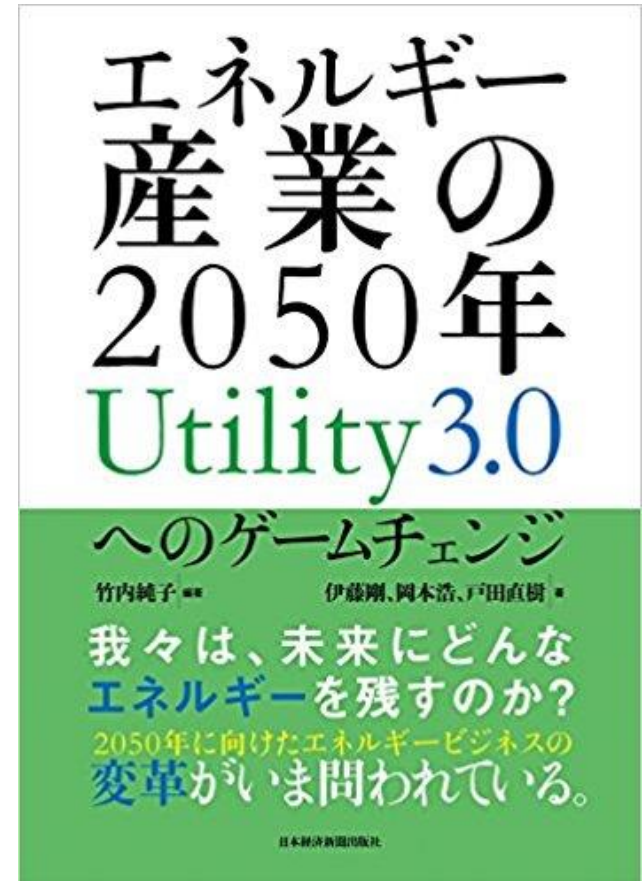
2050年の
日本のエネルギーを考える

2050年の日本のエネルギーを考える視点

- 温暖化政策はエネルギー政策。エネルギー政策は、社会の在り方の根幹。
- 2050年の社会像から考える。
- 人口減少等の社会課題を超え、第4次産業革命など新たな社会を創造していくには、潤沢で安定したエネルギーが必要になる。

エネルギーの変化トレンド

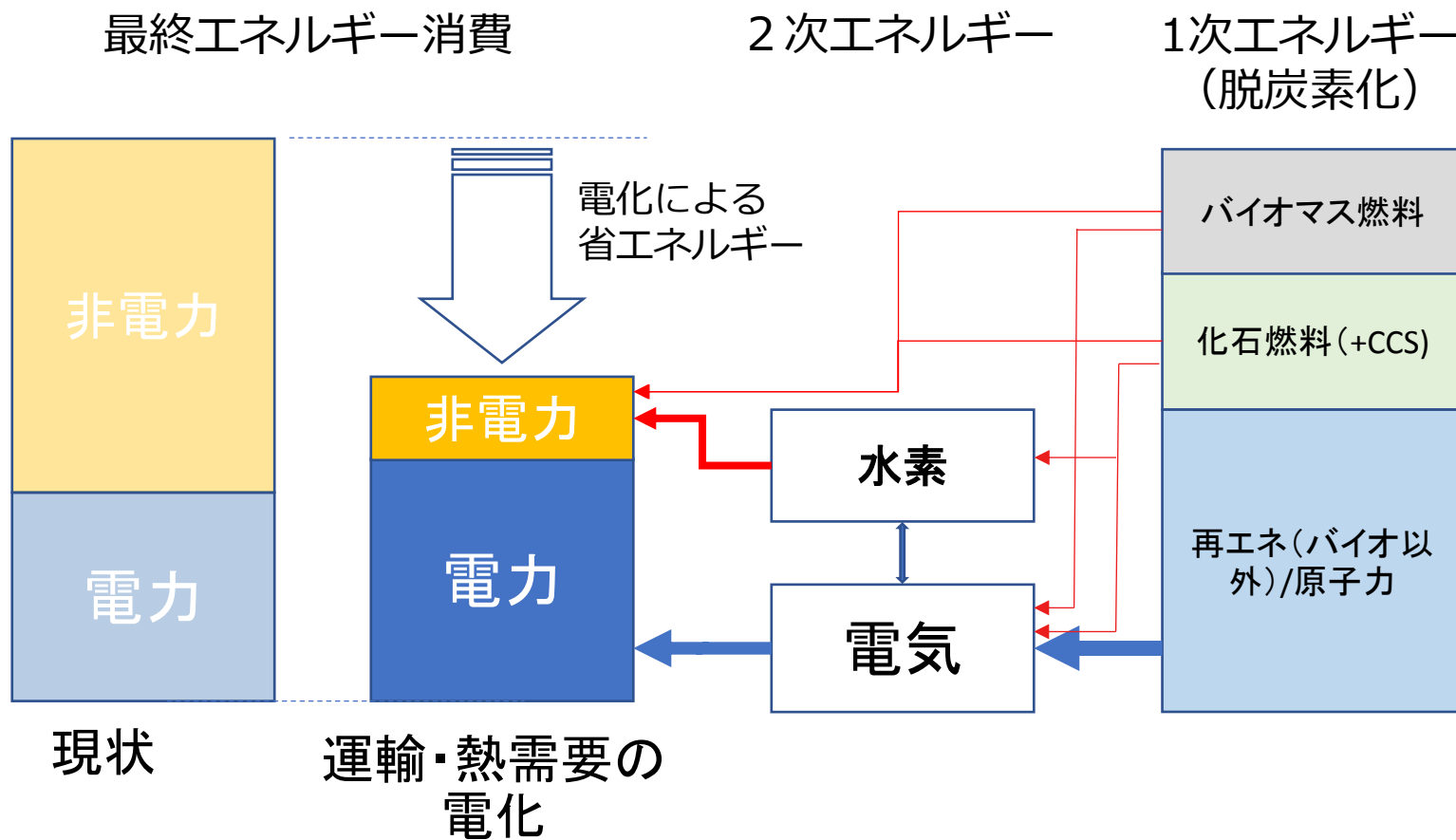
- ◆ Depopulation(人口減少)
- ◆ DeCarbonization(脱炭素化)
- ◆ Decentralization(分散化)
- ◆ Deregulation(自由化の修正)
- ◆ Digitalization(デジタル化)



2017年9月日本経済新聞出版社より発刊
竹内純子（編著）、伊藤剛、岡本浩、戸田直樹（著）

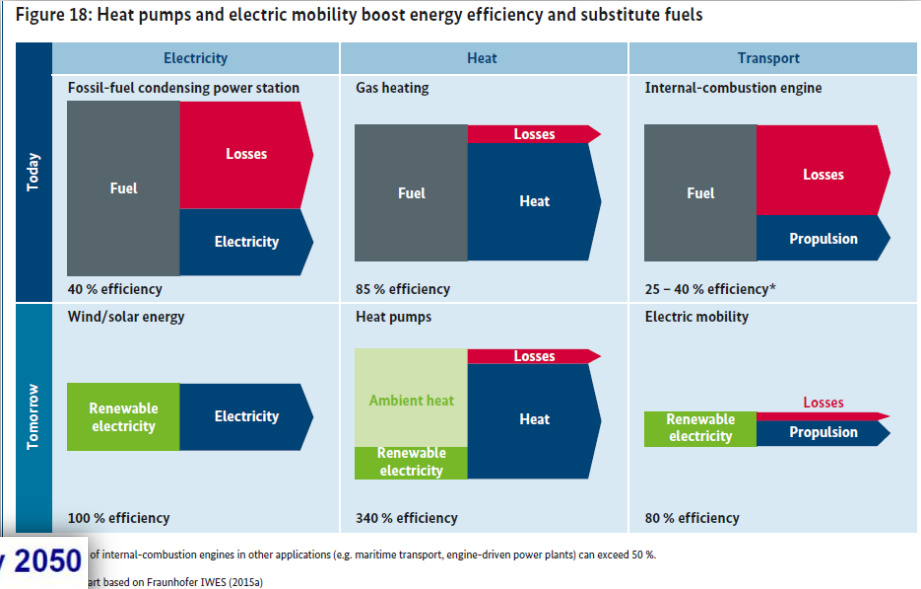
低炭素化のカギは2次エネルギーの活用

- ◆ 大幅な低炭素化に向けての技術的選択肢はそれほどない。
- ◆ 有効なのは、作り方次第でゼロエミッションでできる2次エネルギーの活用。
- ◆ 「**電源の低炭素化**」×「**需要の電化**」の掛け算

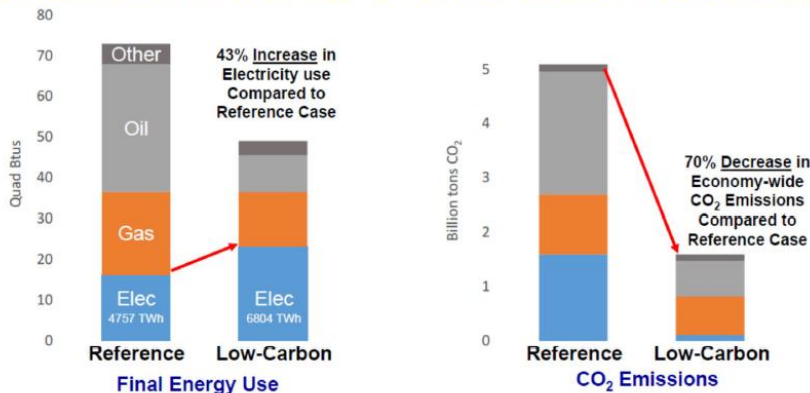


「電源の低炭素化」×「需要の電化」は世界の潮流

- ドイツ連邦政府(BMWi)
- An electricity market for Germany's energy transition (2015)



Illustrative U.S. Scenario of 70% Emission Reduction by 2050



Energy Efficiency, Clean Electricity and Electrification Key to Emission Reduction

(出典) EPRI, "Integrated Energy Network: Clean Energy Vision of the Future" (2016)

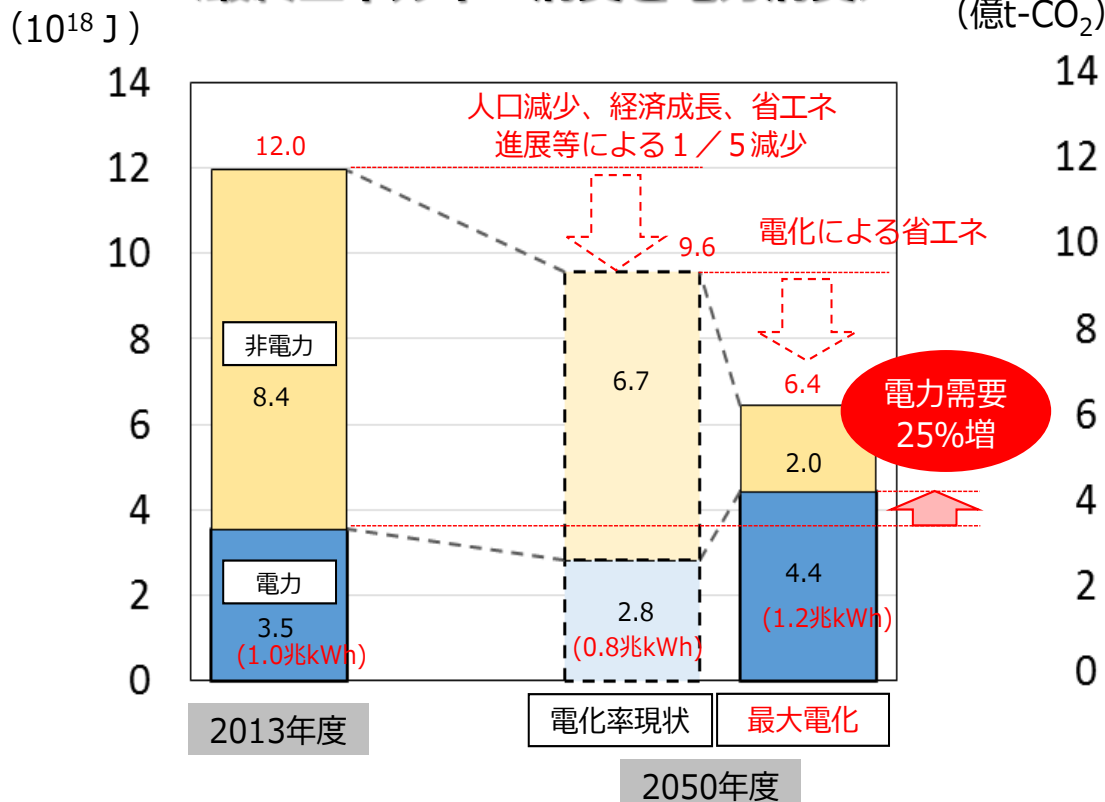
- EPRI
- Integrated Energy Network: Clean Energy Vision of the Future (2016)

- 再エネ電源の大幅な価格下落により、再エネ電源 + 需要側の電化（エレクトリフィケーション）が環境対策の本命として急浮上

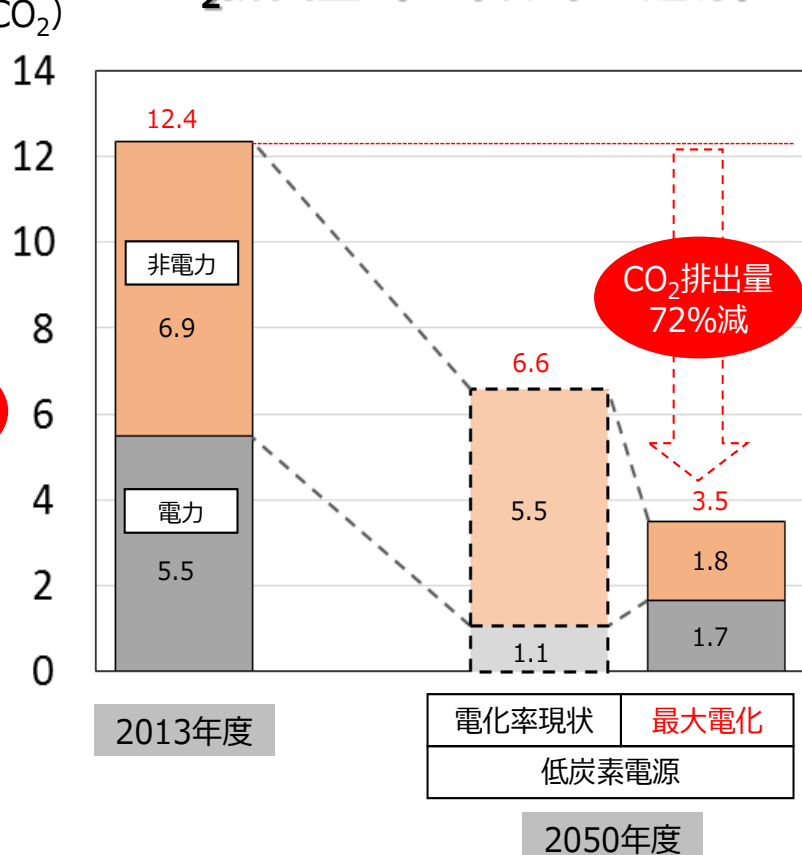
低炭素化のカギは2次エネルギーの活用

- 人口減少、経済成長鈍化、省エネ進展等で最終エネルギー消費は20%程度削減。
- 業務・家庭部門の100%電化、自動車の完全電動化等徹底した電化を見込むと、最終エネルギー消費は約5割減少、電力需要は約25%増加。
- この電力需要（2050年時点で約1.3兆kWh）を次頁に記載の電源構成で賄うと、**2013年度比CO2削減72%**を達成することができる。

<最終エネルギー消費と電力消費>

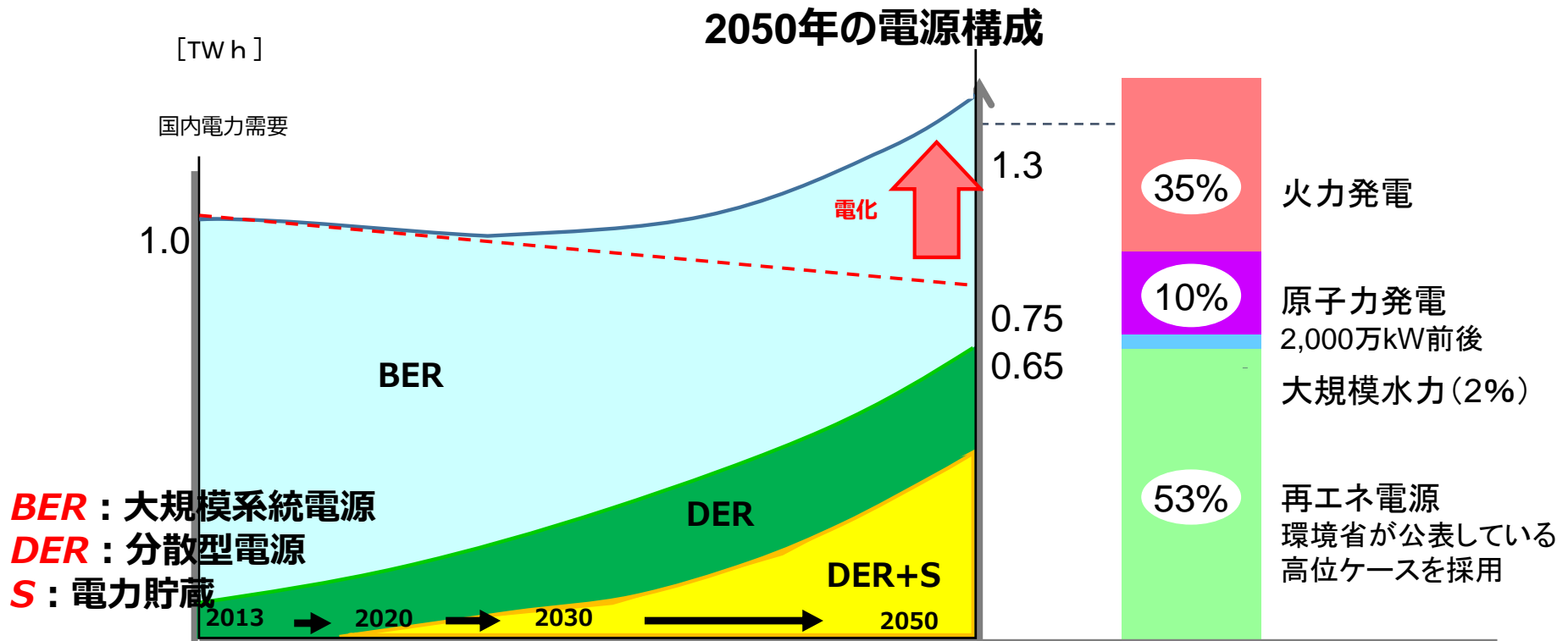


<CO₂排出量 (エネルギー起源)>



2050年▲80%に向けた絵姿

- ◆ 環境省報告※の再エネ導入量（7,339億kWh）を前提とし、これで賅えない分を火力と原子力で構成。
※環境省「平成26年度2050年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討報告書」における高位ケースの値
- ◆ 様々な制約要因を考慮し、CCS（CO2の回収・貯留技術）は考慮せず。
- ◆ 分散型電源(DER)と電力貯蔵(Storage)の指数関数的価格破壊 +カーボンプライス = 電気の競争力向上 → 電化（自然な帰結）



第5次エネルギー基本計画の概要

○再生可能エネルギー

系統制約の克服や調整力の確保等の対応を着実に進めた上で、コスト低減とFIT制度からの自立化を図る。エネルギーミックスの確実な実現を目指し、主力電源化への布石を打つ。

⇒2050年:経済的に自立した“主力電源化”を目指す

○原子力発電

可能な限り依存度は低減としつつも、長期的な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との位置付けは変わらず。原子力規制委員会により規制基準に適合すると認められた発電所の再稼働を進め、2030年のエネルギーミックスにおける電源構成比率の実現を目指し、必要な対応を着実に進める。

⇒2050年:可能な限り依存度低減。新設・建替えに言及せず。

「安全性・経済性・機動性に優れた炉の追求」 →誰が？

○火力発電

石炭火力は、安定供給性や経済性に優れた重要なベースロード電源との位置付けは変わらず。高効率化・次世代化を推進するとともに、非効率な石炭火力(超臨界圧以下)のフェードアウトに向けて取り組む。

⇒2050年:化石エネルギー源は脱炭素化が実現するまでの過渡期における主力

エネルギー基本計画に対する評価

- そもそも計画そのものに強制力は何もない。自由化した今特に、これを実行するには政策的措置が必要。
= 政府の“ビジョン”
- 相当の省エネ(オイルショックの時と同程度)を見込んでいる。産業部門はオイルショック以降省エネを進めてきており、今後は家庭や業務、運輸からの排出抑制が重要。“人々の生活”を管理できるのか？
- 再エネの大量導入に向けて必要なことは、①日本の再エネの高止まり問題、②送電線等ネットワークコストも含めた全体でのコスト低減。
- 原子力については、国の関与を強めることが必要。
しかし、その点において踏み込んだ表現は無い。

日本において原子力を健全に維持するために必要な検討

- 1) 原子力安全規制の合理化・実効化
- 2) 地元合意のあり方の見直し（含む最終処分地選定に関する手法）
- 3) 原子力訴訟制度のあり方
- 4) 原子力損害賠償法の改正
官民のリスク分担（無限責任の改正）や一般負担金制度の見直し
事故時のコミュニティ再建策の検討（福島復興の加速化）
- 5) （新設・リプレースを検討するのであれば）
電力自由化によって困難になる初期ファイナンス問題の解決策
- 6) 核燃料サイクル政策
官民の役割分担と費用回収の仕組みの構築
- 7) 原子力事業再編の検討
- 8) 原子力技術に関する研究・技術開発体制の再構築
- 9) 原子力関連インフラ輸出戦略の検討
- 10) 原子力人材の維持・育成策

ご清聴ありがとうございました

