

エネルギー基本計画関連の検討について

2018年3月12日
資源エネルギー庁

「総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会」の開催と「エネルギー情勢懇談会」の設置

- ▶ 2014年に策定したエネルギー基本計画については、策定から3年が経過し、エネルギー政策基本法で定められている検討の時期にきている。このため、昨年8月9日に総合資源エネルギー調査会基本政策分科会を開催し、議論を開始。11月28日に第2回、12月26日に第3回、2月20日に第4回を開催。
- ▶ また、我が国は、パリ協定を踏まえ、「地球温暖化対策計画」において、地球温暖化対策と経済成長を両立させながら、長期的目標として2050年までに80%の温室効果ガスの排出削減を目指すこととしている。他方、この野心的な取組は従来の取組の延長では実現が困難であり、技術の革新や国際貢献での削減などが必要である。このため、幅広い意見を集約し、あらゆる選択肢の追求を視野に議論を行って頂くため、経済産業大臣主催の「エネルギー情勢懇談会」を新たに設置し、昨年8月30日に第1回を開催。その後、9月29日、11月13日、12月8日、1月31日、2月19日、2月27日と、これまでに7回開催。

総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 委員名簿

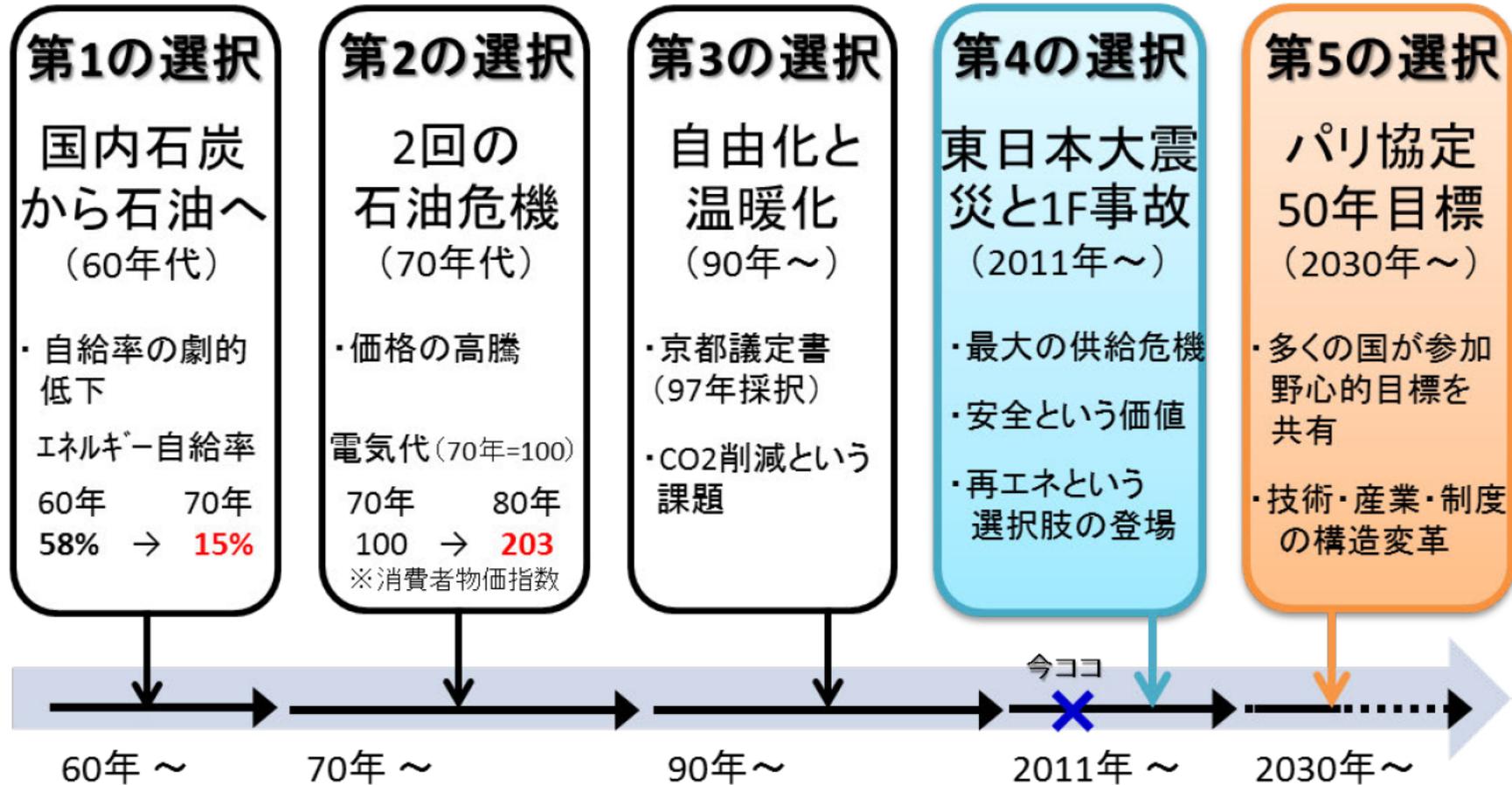
坂根 正弘	(株)小松製作所相談役
秋元 圭吾	(公財)地球環境産業技術研究機構システム研究グループリーダー
伊藤 麻美	日本電鍍工業(株)代表取締役
柏木 孝夫	東京工業大学特命教授
橘川 武郎	東京理科大学イノベーション研究科教授
工藤 禎子	(株)三井住友銀行常務執行役員
崎田 裕子	ジャーナリスト・環境カウンセラー
武田 洋子	(株)三菱総合研究所政策・経済研究センター副センター長 チーフエコノミスト
辰巳 菊子	(公社)日本消費生活アドバイザー・コンサルタント・相談員協会常任顧問
寺島 実郎	(一財)日本総合研究所会長
豊田 正和	(一財)日本エネルギー経済研究所理事長
中上 英俊	(株)住環境計画研究所代表取締役会長
西川 一誠	福井県知事
増田 寛也	野村総合研究所顧問 東京大学公共政策大学院客員教授
松村 敏弘	東京大学社会科学研究所教授
水本 伸子	(株)IHI常務執行役員 調達企画本部長
山内 弘隆	一橋大学大学院商学研究科教授
山口 彰	東京大学大学院工学系研究科教授

エネルギー情勢懇談会 委員名簿

飯島 彰己	三井物産株式会社代表取締役会長
枝廣 淳子	東京都市大学環境学部教授、有限会社イズ代表取締役
五神 真	東京大学総長
坂根 正弘	株式会社小松製作所相談役
白石 隆	独立行政法人日本貿易振興機構アジア経済研究所所長
中西 宏明	株式会社日立製作所取締役会長
船橋 洋一	一般財団法人アジア・パシフィック・イニシアティブ理事長
山崎 直子	宇宙飛行士

エネルギー政策のメガトレンド

エネルギー選択の流れ



エネルギー政策のメガトレンド

脱石炭

(国内炭→原油)

石油	10	→	70%
水力と石炭	90	→	30%

脱石油

(石油危機→石油価格高騰)

石油	70	→	40%
ガスと原子力	0	→	30%

脱炭素

(石油価格不透明、温暖化)

ゼロエミ20	(再エネ8 + 原子力11)
→30年24	(再エネ14 + 原子力10)
→さらに拡大 +	海外低炭素化も

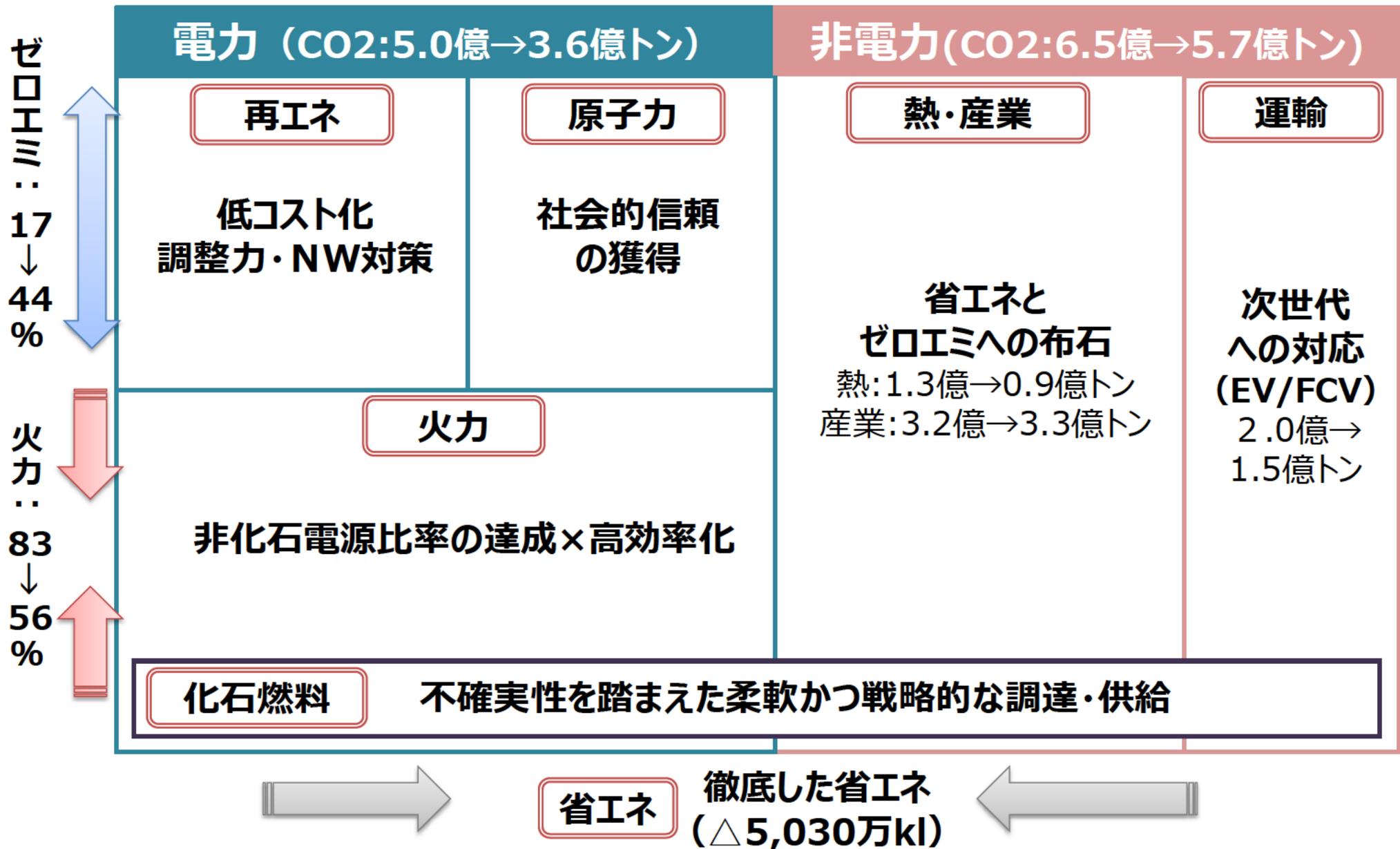
※ここでの脱〇〇は、依存度を低減していくという意味。

30年ミックスの進捗 ～着実に進展。他方で道半ば～

	震災前 (2010年度)	震災後 (2013年度)	足下 (2016年度:推計)	ミックス目標 (2030年度)	進捗状況	
取組指標	①ゼロエミ電源 比率	35% 再エネ10% 原子力25%	12% 再エネ11% 原子力1%	17% 再エネ15% 原子力2%	44% 再エネ22~24% 原子力22~20%	
	②省エネ (原油換算の 最終エネルギー消費)	3.8億kl 〔産業・業務: 2.4 家 庭: 0.6 運 輸: 0.8〕	3.6億kl 〔産業・業務: 2.3 家 庭: 0.5 運 輸: 0.8〕	3.5億kl 〔産業・業務: 2.2 家 庭: 0.5 運 輸: 0.8〕	3.3億kl 〔産業・業務: 2.3 家 庭: 0.4 運 輸: 0.6〕	
成果指標	③CO2排出量 (エネルギー起源)	11.4億トン	12.4億トン	11.4億トン	9.3億トン	
	④電力コスト (燃料費+ FIT買取費)	5.0兆円 燃料費: 5.0兆円 (原油価格84\$/bbl) FIT買取: 0兆円	9.8兆円 燃料費: 9.2兆円 (原油価格110\$/bbl) 〔数量要因+1.6兆円〕 〔価格要因+2.7兆円〕 FIT買取: 0.6兆円	6.3兆円 燃料費: 4.2兆円 (原油価格48\$/bbl) 〔数量要因▲0.9兆円〕 〔価格要因▲4.1兆円〕 FIT買取: 2.0兆円	9.2~9.5兆円 燃料費: 5.3兆円 (原油価格128\$/bbl) FIT買取: 3.7~4.0兆円	
	⑤エネルギー 自給率 (1次エネルギー全体)	20%	6%	8%	24%	

※2016年度は「2018年度までの日本の経済・エネルギー需給見通し」(日本エネルギー経済研究所)を基に推計した値
 ※2030年度の電力コストは系統安定化費用0.1兆円を含む

エネルギーミックス実現のための課題(2015年度→2030年度)



※ここでの「熱」は業務・家庭部門の非電力需要、「産業」は産業部門の非電力需要のことを指す

2030年から2050年に向けた長期的視点

2016年：CO₂ 11億トン

電力：5、運輸：2（乗1 + 貨1）、熱：1、産業：3（鉄2 + 石化1）、海外：0

2030年：CO₂ 9億トン（温室効果ガス26%削減）

電力：3.5、運輸：1.5、熱：1、産業：3、海外：0

⇒ 30年ミックス実現のための対策

- 火力：電力ゼロエミ化制度（ゼロエミ比率44%（高度化法） & 非化石市場、省エネ法）
- 原子力：社会的信頼の回復（安全性向上、防災、バックエンド）
- 再エネ：日本国内の高価格是正、調整力確保、NW



2050年：CO₂ 2億トン/▲10億トン^{*} （温室効果ガス 80%削減）

⇒ カーボンフリーに向けた総力戦

- 電力⇒ゼロエミ化
- 運輸と熱⇒電化・水素等
- 海外低炭素化



●政策の方向性

「自由化」から「自由化の下での課題対応（安全・環境・安定供給）」「産業競争力の強化（技術開発 & グローバル展開）」へ

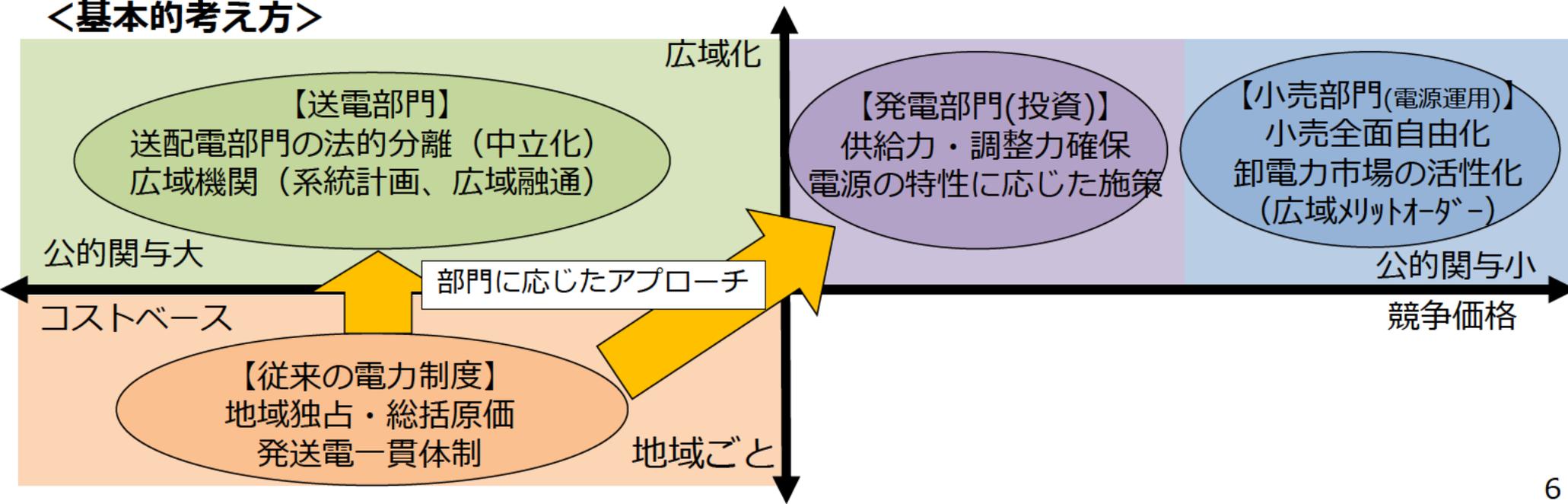
●対応するリスクの変質

・「安定供給リスク」（石油供給途絶、原発）から「中国リスク」、「中東の構造改革リスク」、「地経学リスク」（サプライチェーンリスク）へ

電力システム改革の考え方

- 震災前の電力システムは、発電・送電・小売が一体（垂直一貫）となった地域毎の電力会社が、コストベースで独占的に電力を供給。
- 一連の電力システム改革を通じて、
 - ①小売部門については自由化し、競争を通じたコストの抑制、サービスの多様化を図るとともに、需要家の選択肢を確保。
 - ②発電部門については、自由化する一方、供給力・調整力を確保する観点から、投資額が巨額で回収期間が長期にわたる、在庫が持てないといった電気事業の特性を踏まえ、予見性の向上が必要。
 - ③送配電部門は、全ての事業者が共同利用するという特性上、総括原価が残るが、公的関与の下発電・小売部門とは分離して中立化しつつ、広域的な連携等を促進。

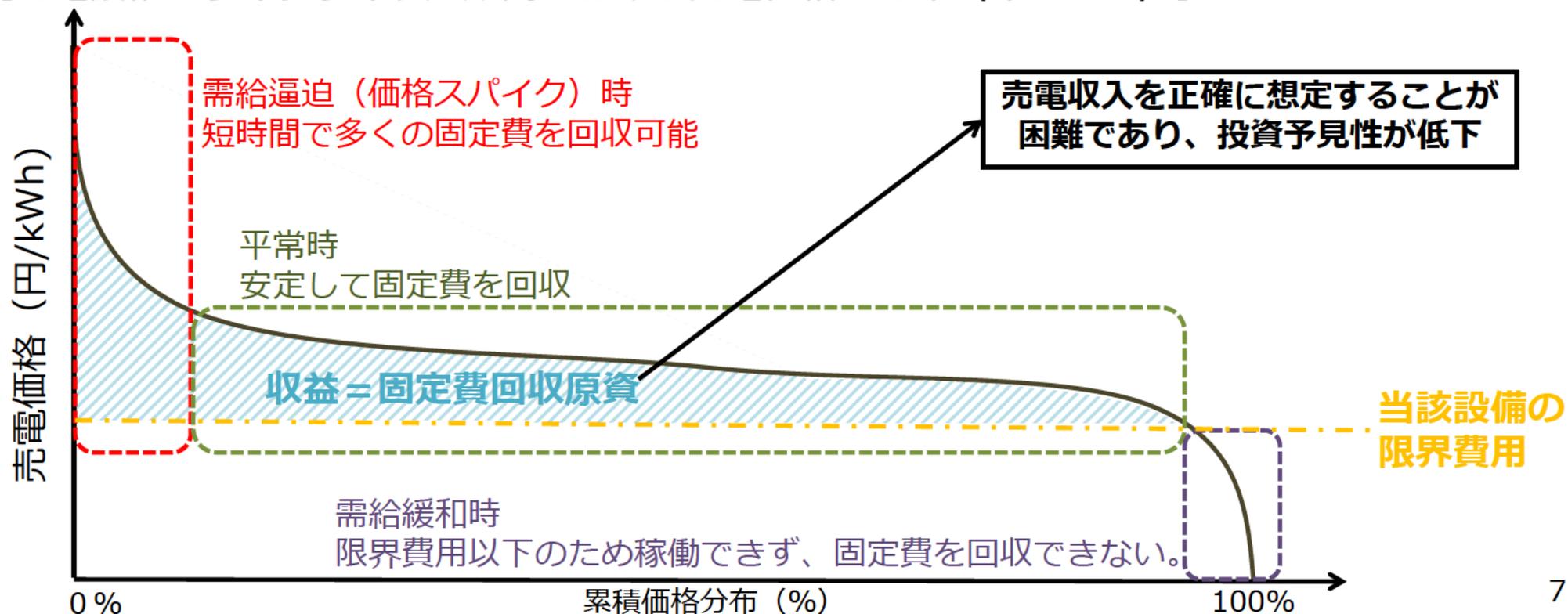
<基本的考え方>



自由化された環境下におけるライフサイクルでの電源投資回収

- 長期的にみれば、売電価格(= 卸電力市場の約定価格)の平均が高くなれば発電事業者の収益が増え、低くなると収益が少なくなる。
- このため、**長期的な売電価格を正確に予測できれば、理論上、卸電力市場のみでも発電投資回収の可否を見極めることは可能**。しかしながら、売電価格は天候や電源脱落等の不確定要素により大きく変動する需給状況を反映したものとなるため、**売電収入を正確に想定することは困難**。
- したがって、一般的に**多額の発電投資を回収するに際しての予見性は、自由化前よりも低下する**。

【発電設備のライフサイクル期間における売電価格の分布（イメージ）】



中長期的に必要な供給力を確保できないことによって生じる問題

- 投資回収の予見性低下に伴い、仮に今後発電投資が適切なタイミングで行われなかった場合、電源の新設・リプレース等が十分にされない状態で、既存発電所が閉鎖されていくこととなる。
- その結果、中長期的に供給力不足の問題が顕在化するが、電源開発には一定のリードタイムを要することから、**①需給が逼迫する期間にわたり、電気料金が高止まりする問題や、②再エネを更に導入した際の需給調整手段として、必要な調整電源を確保できない問題等が生じる懸念がある。**

【供給予備力及び市場価格の推移（イメージ）】

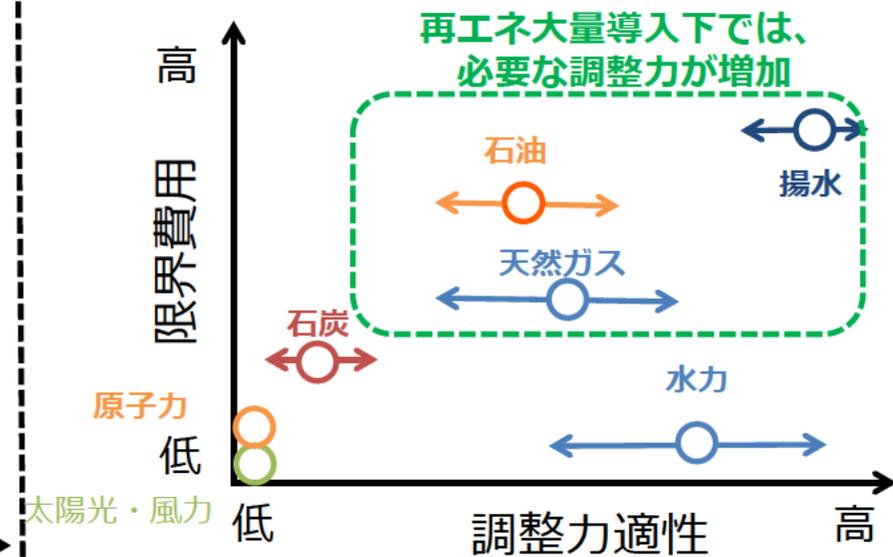
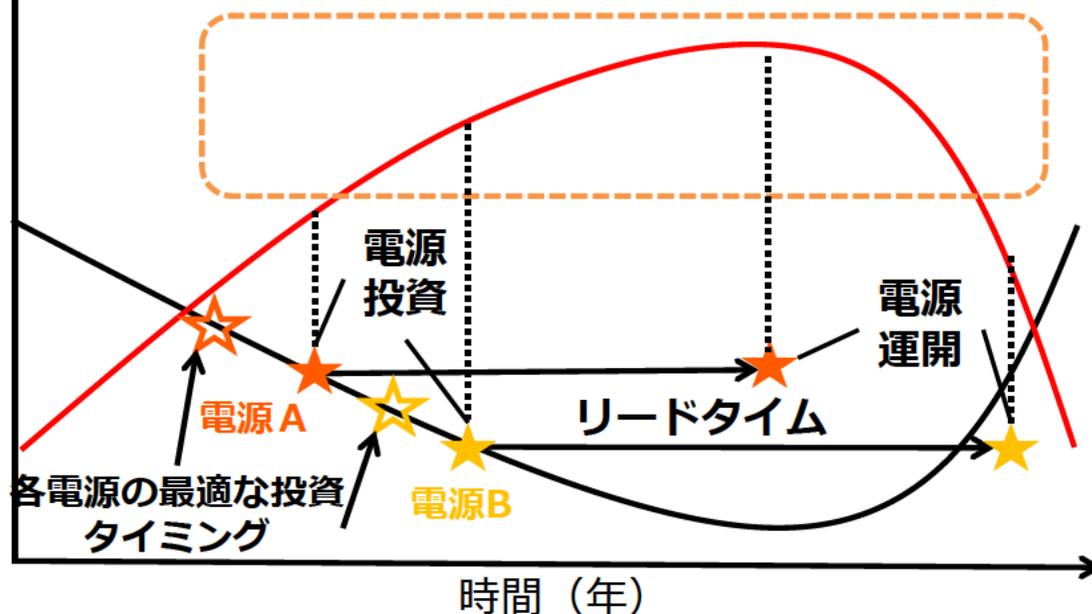
【各電源の限界費用と調整力適性（イメージ）】

※事業者が卸電力市場の中で十分な予見性を確保できず、電源投資を行うタイミングが最適な時期からずれた場合

①一度供給力不足に陥ると、需給逼迫期間において、市場価格が高止まり（量の問題）

②火力等の調整電源が確保できない場合には、再エネ比率拡大下で需給調整が困難に（質の問題）

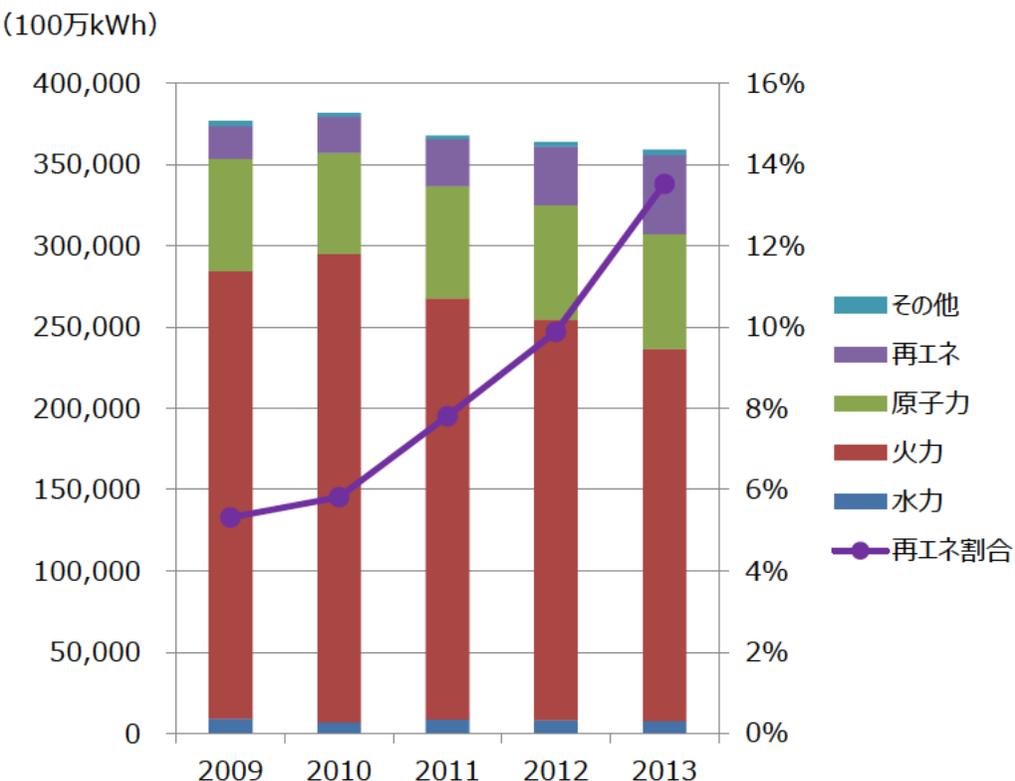
供給予備力（黒）、市場価格（赤）



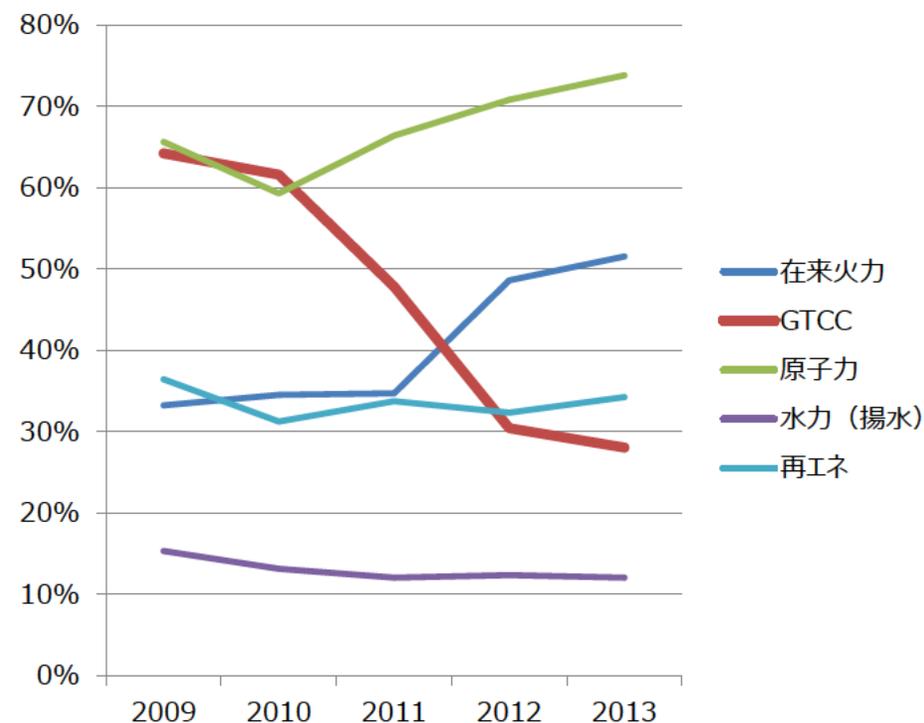
(参考) 海外の事例 (再エネの増加と火力発電所稼働率の低下)

- イギリスでは、再生可能エネルギーの導入拡大が進む一方で、ガス火力 (GTCC) の稼働率は大きく低下。(イギリスにおいては、2014年に容量市場を導入。)

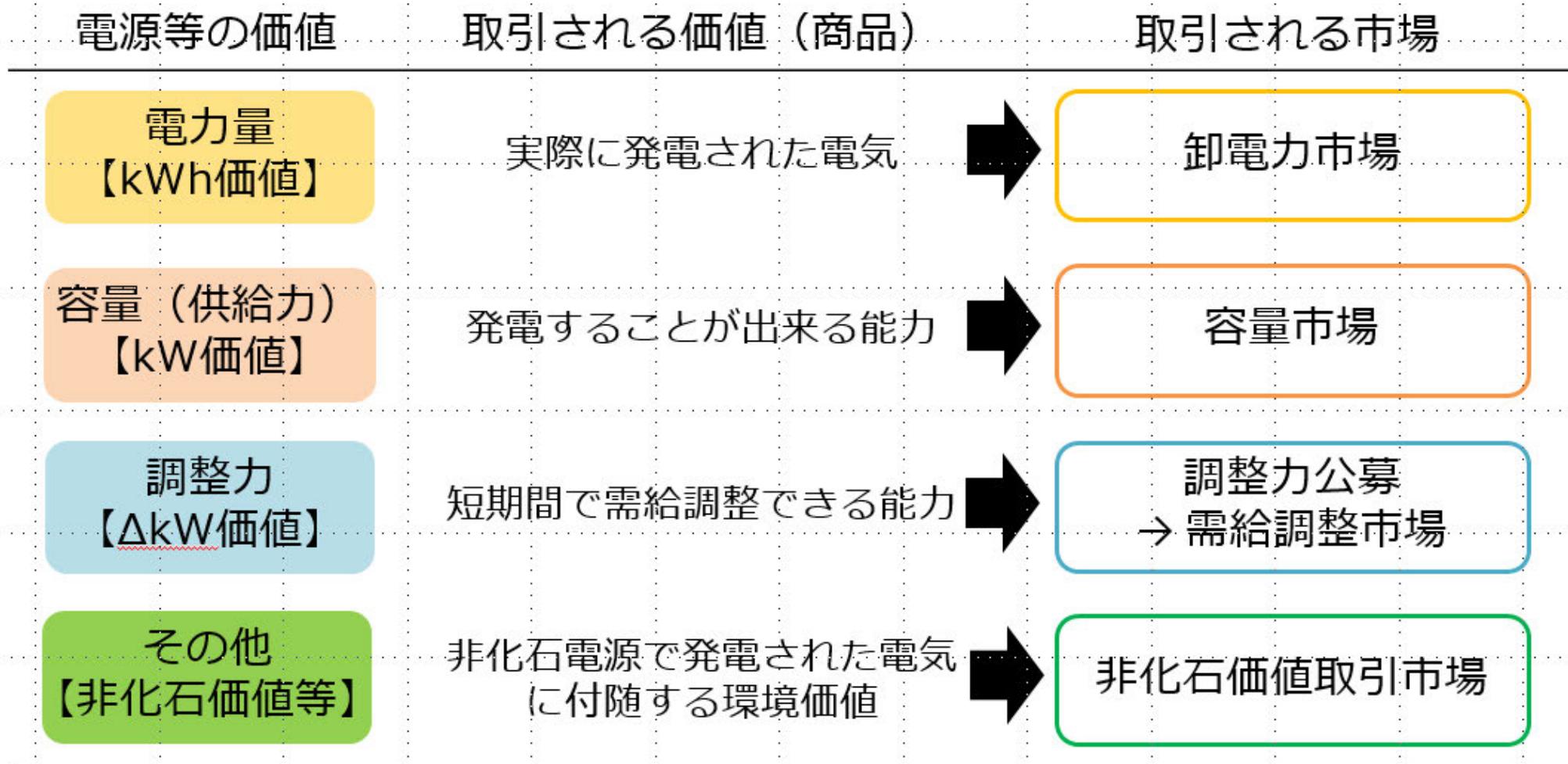
イギリスの総発電電力量と再エネ割合



イギリスの発電所設備利用率



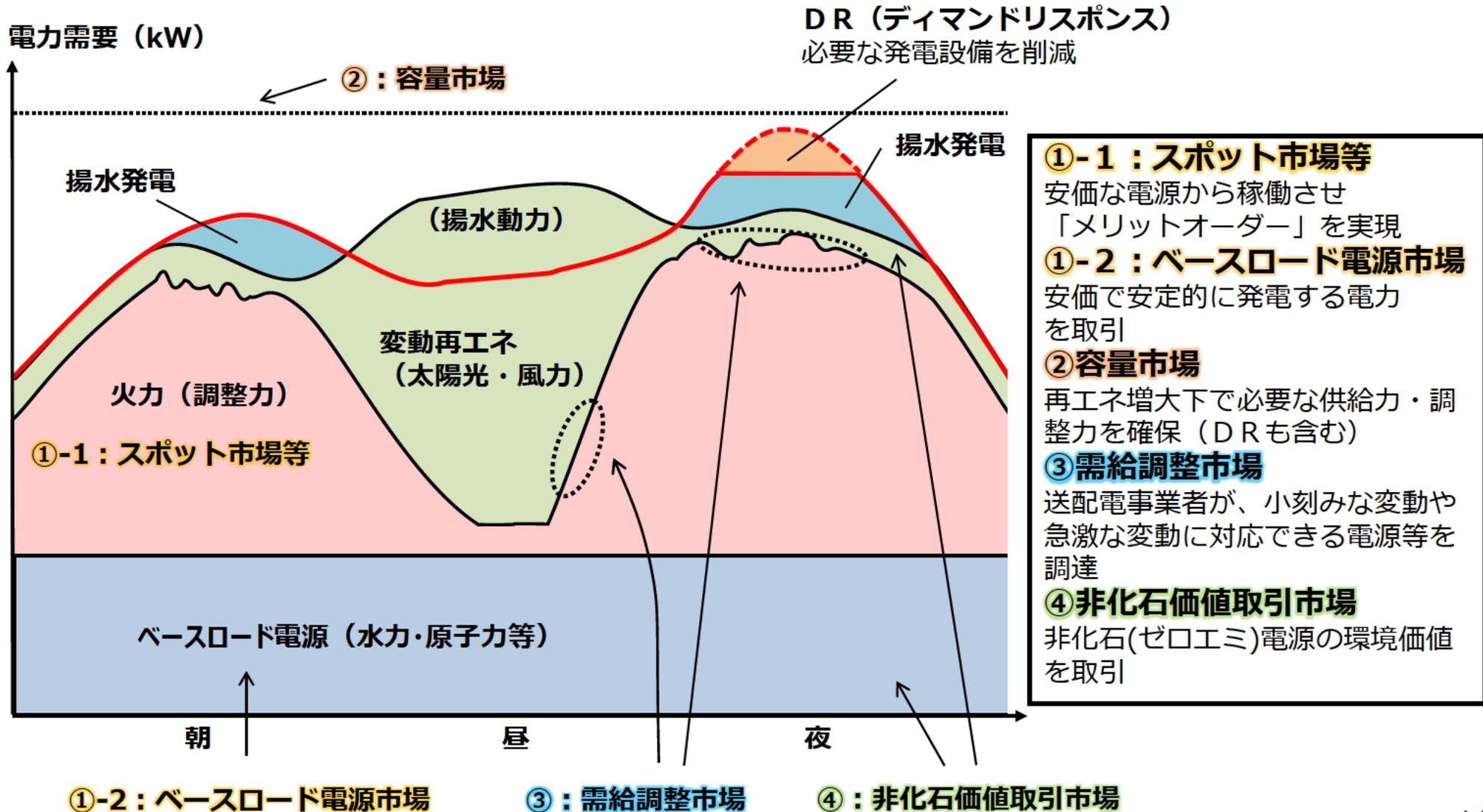
今後の市場整備の方向性について



(注) 上図は電源を想定しているが、ネガワット等は需要制御によって同等の価値を生み出すことが可能。
また、一つの市場において、複数の価値を取り扱う場合も考えられる。

一日の需給ロードカーブ（イメージ）

（赤線：実需要曲線、黒線：発電曲線）



電力ネットワーク（NW）コスト改革に係る3つの基本方針（概念図）

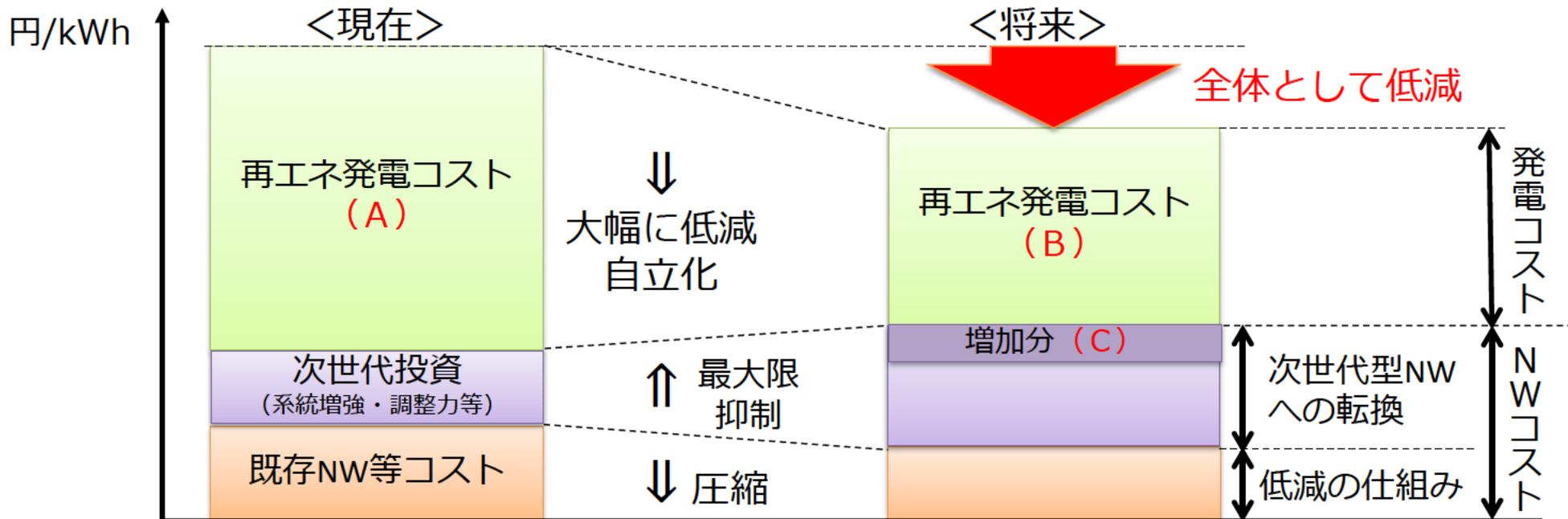
1. 既存NW等コストの
徹底削減

2. 次世代投資の確保
(系統増強・調整力等)

3. 発電側もNWコスト
最小化を追求する
仕組み

- 再エネ大量導入を実現する次世代NWへの転換
- 「発電+NW」の合計でみた再エネ導入コストの最小化

再エネ導入コスト： A（現在） > B + C（将来）



※日本版コネクト&マネージ等により、必要となるNW投資量を低減させることも必要 12

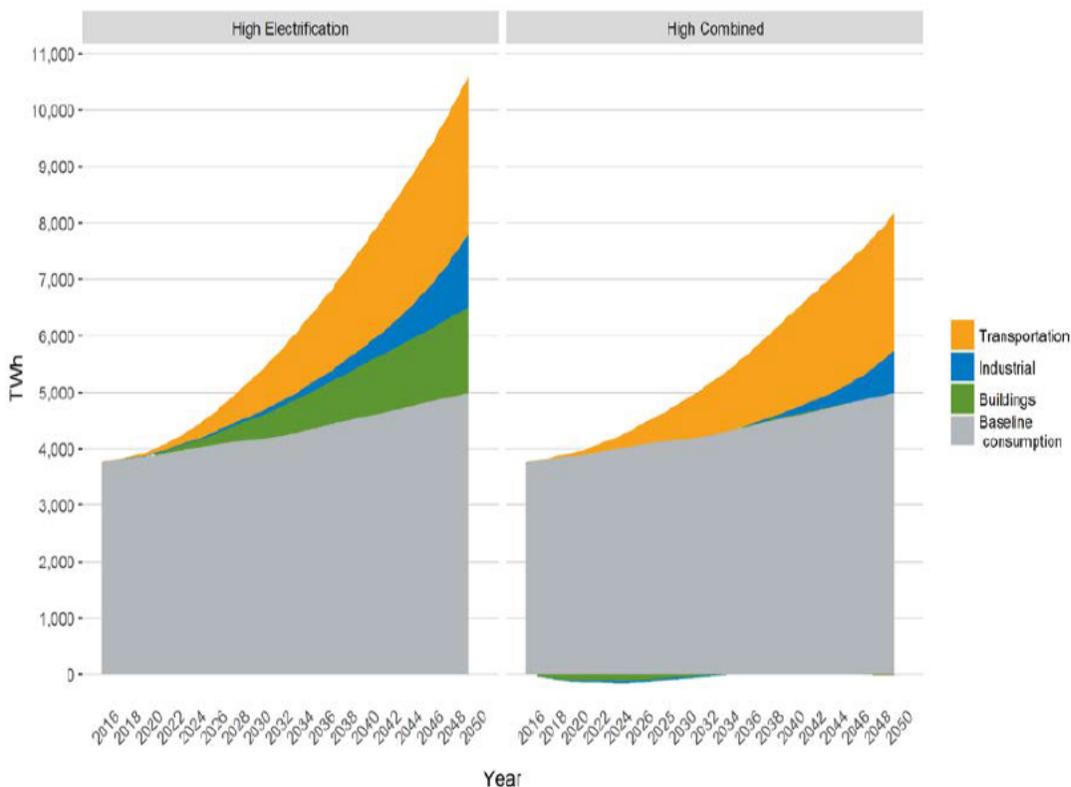
(参考) 再エネの進展に応じた電力NWの構造改革



(参考) 電化に伴う電力需要増・低炭素化の可能性

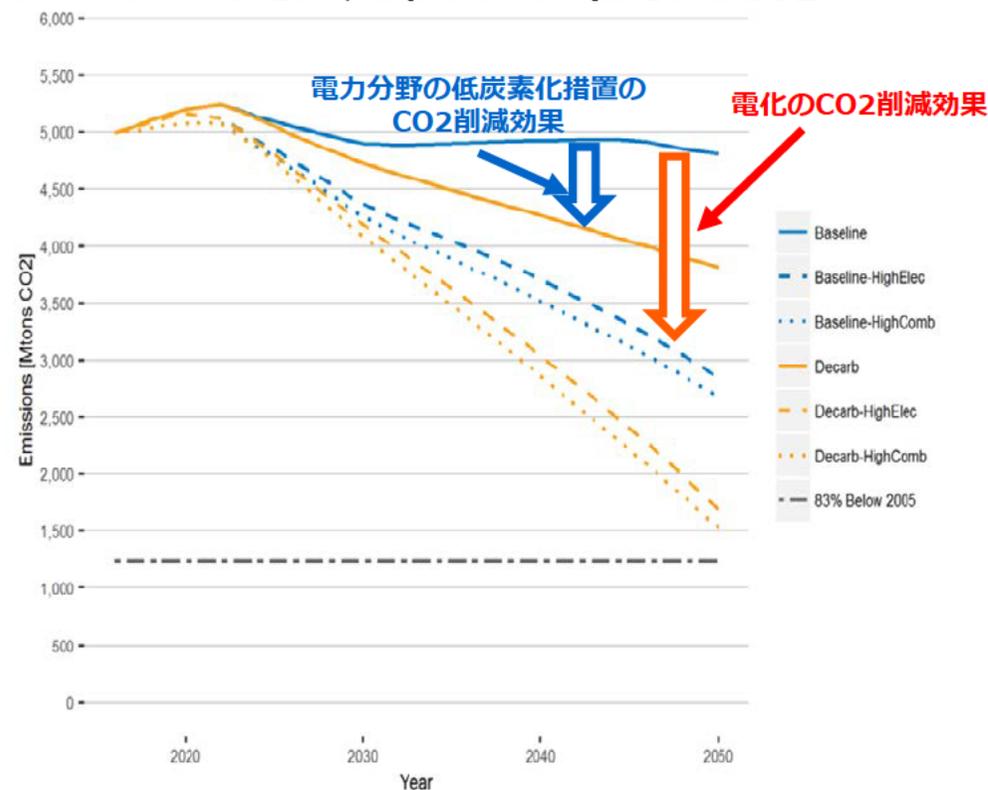
- 米国においては、運輸や業務部門を中心に電化が進展すると、省エネを進めても、2050年に向けて電力需要が増加していくという分析がなされている。
- この分析の中では、電化（ベースシナリオでも主として再エネで需要増を補てん）によるCO2削減効果は、電力分野における低炭素化措置を上回り、これらの合計により大幅なCO2削減が見込まれるとされている。

電化による電力需要増見通し



※左図は、電化による電力需要増見通し、右図は電化および省エネによる電力需要増見通し

電化・電力分野における低炭素化措置によるCO2削減効果



※「Decarbonization（電力分野における低炭素化措置）」は、電力分野のCO2排出量について、2050年に2005年比で83%削減のキャップをかける措置を仮定

火力発電の脱炭素化に向けて

- カーボンフリー社会を実現するためには、火力発電についても、脱炭素化に向けた取組が不可欠。
- 2030年に向けては、エネルギーミックス実現のため、省エネ法や高度化法による規制的措置を経産省・環境省合意の元に導入。今後、ミックスの実現をより確実なものとするための対応を強化。
- 2050年を視野に次世代火力（IGCC、IGFC）やCO₂回収貯留・有効利用技術（CCS、CCU）の早期実用化を含めたさらなる取組が必要。

<2030年に向けた取組>

①高度化法（販売電力の低炭素化）
2030年度 非化石比率44%

<u>火力発電比率 56%以下</u>
②省エネ法（発電効率の基準）
➤ <u>新設効率</u> ：最新鋭の高効率火力のみ
➤ <u>2030年度の全体平均効率</u> ：44.3%以上（石炭：41%、LNG：48%、石油：39%）

（LNG火力の活用を促し、） <u>石炭火力を火力全体の半分未満に抑える基準</u>

$56\% \times \frac{1}{2} \text{ 未満} = 26\% \text{ 以下}$

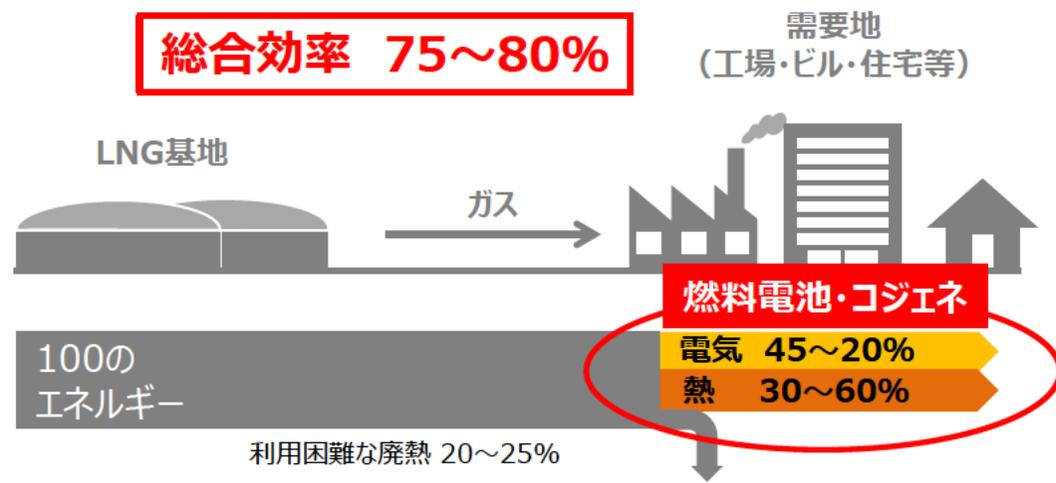
**エネルギーミックス（石炭26%、LNG27%、石油3%）、
国のCO₂削減目標（CO₂排出量2013年度比26%減）の実現を確保。**

よりクリーンなガス利用へのシフト

- 天然ガスはC O、SOx、N Ox排出量が最少の化石燃料。費用対効果が高い脱炭素化の実現手段として、既に、産業用・業務用コジェネ、家庭用燃料電池の導入、電化の技術障壁が高い産業部門の燃料転換、熱の面的利用といったガス利用が進展しつつある。
- 今後、これらの利用に加え、よりクリーンなガス利用の方法として、コジェネ・燃料電池の更なる高効率化（特に燃料電池はGTCCを超える発電効率60%超）、船舶等の運輸部門の燃料転換（バンカリング等）、再エネと一体の分散型エネルギーシステムへのコジェネ活用等が有望。
- 将来的なカーボンフリー社会においては、ガス自体の脱炭素化、再エネ変動のガスでの蓄電（P2G）の可能性。

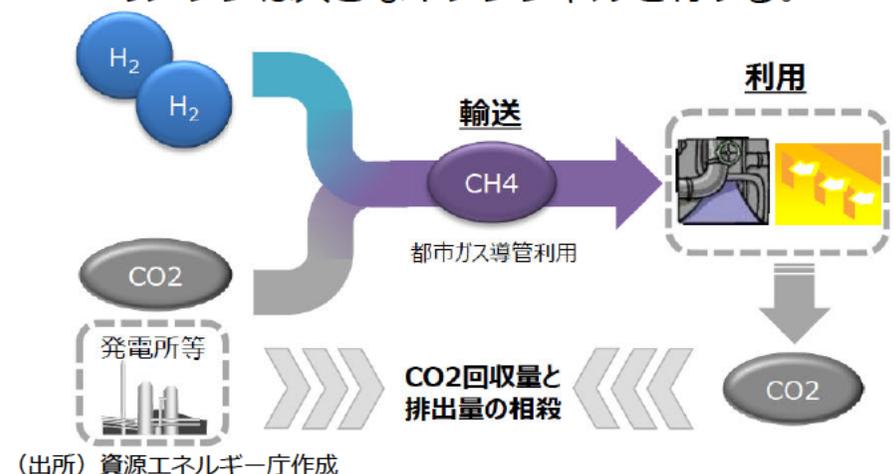
ガスの高効率利用例：産業用・業務用コジェネ、家庭用燃料電池

- ✓ 回収した廃熱を有効に活用することで、高い総合エネルギー効率の実現が可能。
- ✓ また、需要地に近い場所で発電を行うため、送電によるロスが少ない。
- ✓ 機器の更なる効率化が進められている。



ガス自体の脱炭素化、P2Gの技術例：メタネーション

- ✓ メタネーションは水素とCO₂から天然ガスの主成分（メタン）を合成する技術。
- ✓ CO₂フリー水素と、発電所等から排出されるCO₂を原料とした場合、ガス利用時と合成時のCO₂回収量が相殺される。
- ✓ 既存のエネルギー供給インフラの有効活用、熱利用の脱炭素化の観点から、エネルギーキャリアとしてのメタンは大きなポテンシャルを有する。



(参考) ガス利用に関する指摘

- 将来のカーボンフリー社会が実現するまでの間、ガスは主力エネルギー源である。その間の、再エネのパートナーとしてのガスの有用性について、エネルギー情勢懇談会でグローバル企業から指摘あり。
- また一部有識者は、費用対効果のある脱炭素化の指針として、安価な天然ガスの利用促進、運輸部門でのEV化及び水素・メタン等の低炭素燃料の活用、産業用熱供給の脱炭素化について指摘。

A major role for gas in energy transition

A lever to fight against climate change

-60%

Replace coal with gas to produce electricity reduces CO₂ emissions by 60%

An ideal « partner » for renewable energies

1 Hour

CCGT reach their full capacity in one hour, unlike several hours or days for nuclear or coal power plants.

A solution to improve air quality

-100%

Replace diesel with gas allows to reduce :

- 100% SOx emissions
- 90% NOx emissions
- 99% fine particles

A key role in the energy transition, replacing coal and oil, and essential in the future renewable energy mix.

How to decarbonize cost-effectively?



Fuel switch from coal to natural gas, with global access to cheap natural gas or low-carbon fuel (e.g., methanol)



Decarbonize grid by integrating renewables; reduce cost of nuclear energy; carbon capture utilization/seq



Decarbonize transportation via electrification and low-carbon fuels (H₂, CH₄, CH₃OH, zero-net carbon fuels)

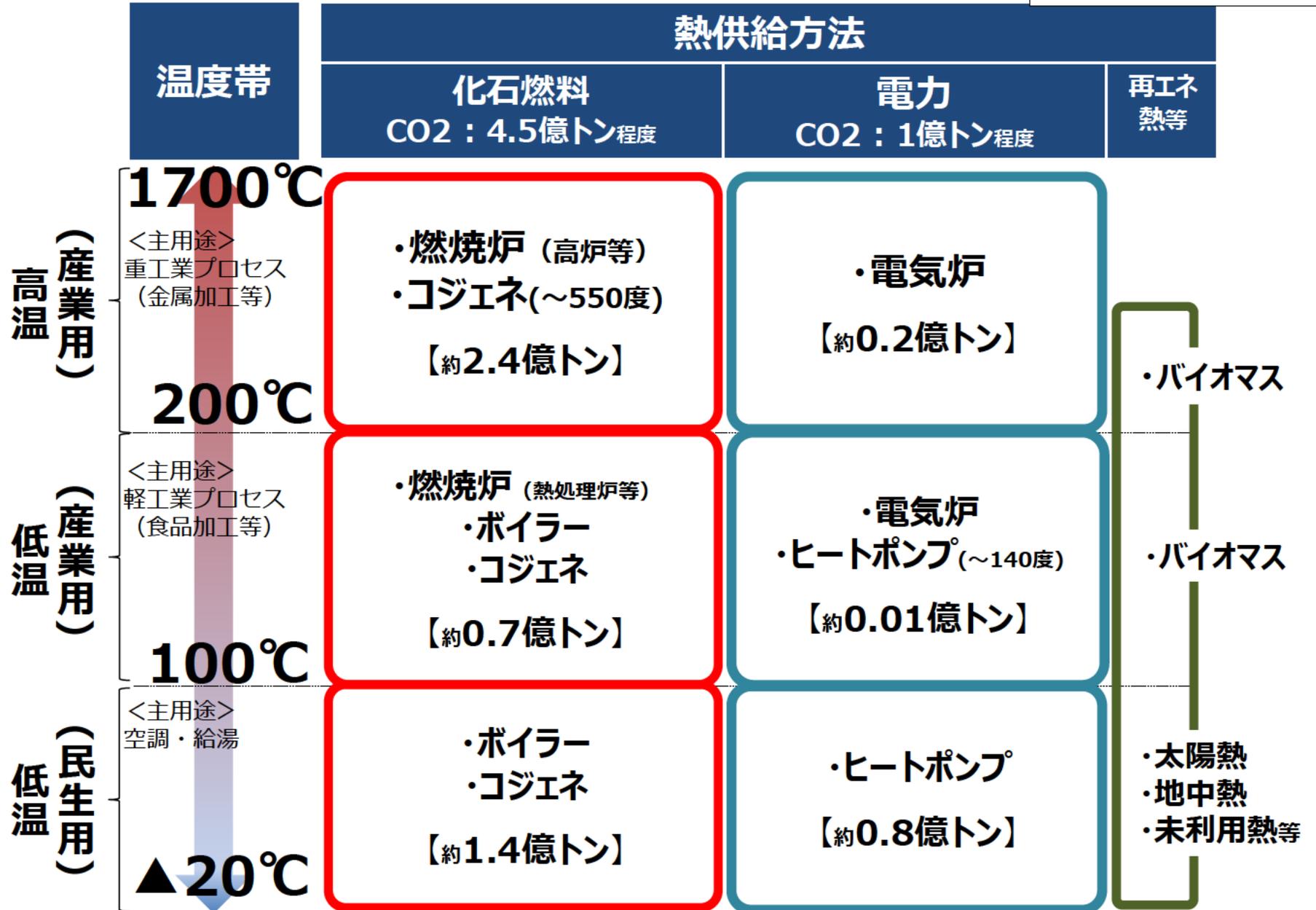


Find alternatives materials and decarbonize industrial heating for steel, concrete, petrochemicals, food.



Energy efficiency & conservation

(参考) 熱の主な供給方法



※CO2排出量は、約4千社へのアンケート結果や総合エネルギー統計等に基づく推計。

電源、ネットワーク、ガスのグローバル展開

- 再生可能エネルギー等の世界的な需要拡大の中、例えばENELやENGIEは、再エネ電源を始め、エネルギーシステム分野で、大規模にグローバル事業を展開。
- 日本が有する、高効率な電源や高い信頼性のネットワーク、高度なガスインフラ及びこれらに関する技術・ノウハウを、パッケージ展開も含め、グローバルに展開する好機。これにより、世界におけるグリーン成長の実現へ貢献する。

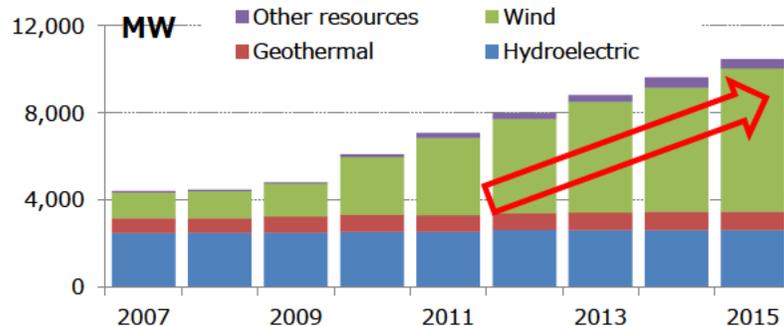
ENEL(Italy)

- イベリアや東欧、南米と幅広く事業展開。

✓イタリア : 30.8GW、イベリア : 23.5GW、
✓東欧 : 14.2GW、南米 : 17.6GW



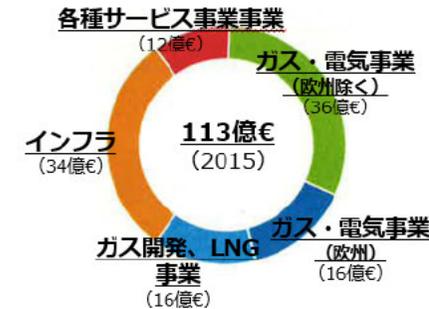
- 風力を中心に再エネポートフォリオを拡大。



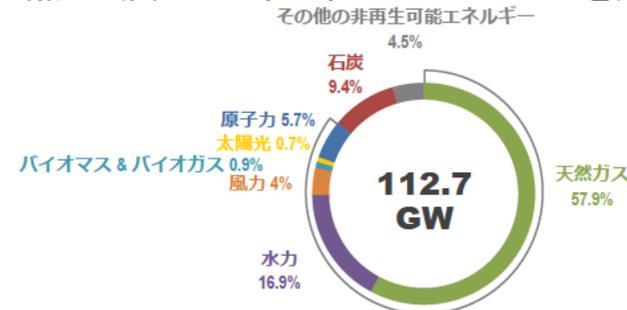
ENGIE(France)

- 世界で事業展開。電力・ガス事業、ガス開発、LNG事業等。

• 70か国で事業展開
• 世界15.3万人、全容量 : 112.7GW



- 天然ガス及び再エネを中心としたゼロエミ電源が約 84%。



世界における電力需要（総計／電源別）の拡大

2018年1月31日
第5回情勢懇談会事務局資料
(一部加工)

	2016年	2040年 (IEA見通し)			
		各国自主目標(日本は▲26%)水準※1		パリ協定目標達成水準※2	
		発電量	市場規模変化※3	発電量	市場規模変化※3
電力需要 (世界発電量)	24 兆kWh	39 兆kWh	+150 兆円	36 兆kWh	+120 兆円
再エネ	6 兆kWh	16 兆kWh	+100 兆円	23 兆kWh	+170 兆円
太陽光 風力	1兆kWh (太陽光:0.3 風力:1.0)	7兆kWh (太陽光:3.2 風力:4.3)	+60兆円	12兆kWh (太陽光:5.3 風力:7.0)	+120兆円
原子力	3 兆kWh	4 兆kWh	+10 兆円	5 兆kWh	+20 兆円
火力	16 兆kWh	20 兆kWh	+40 兆円	8 兆kWh	-80 兆円

※1 新政策シナリオ ※2 持続可能な発展シナリオ
※2 2016年⇒2040年の市場規模変化（市場規模は10円/kWhと想定して概算）

デジタル技術によるイノベーションの可能性 - 分散型、双方向、最適化-

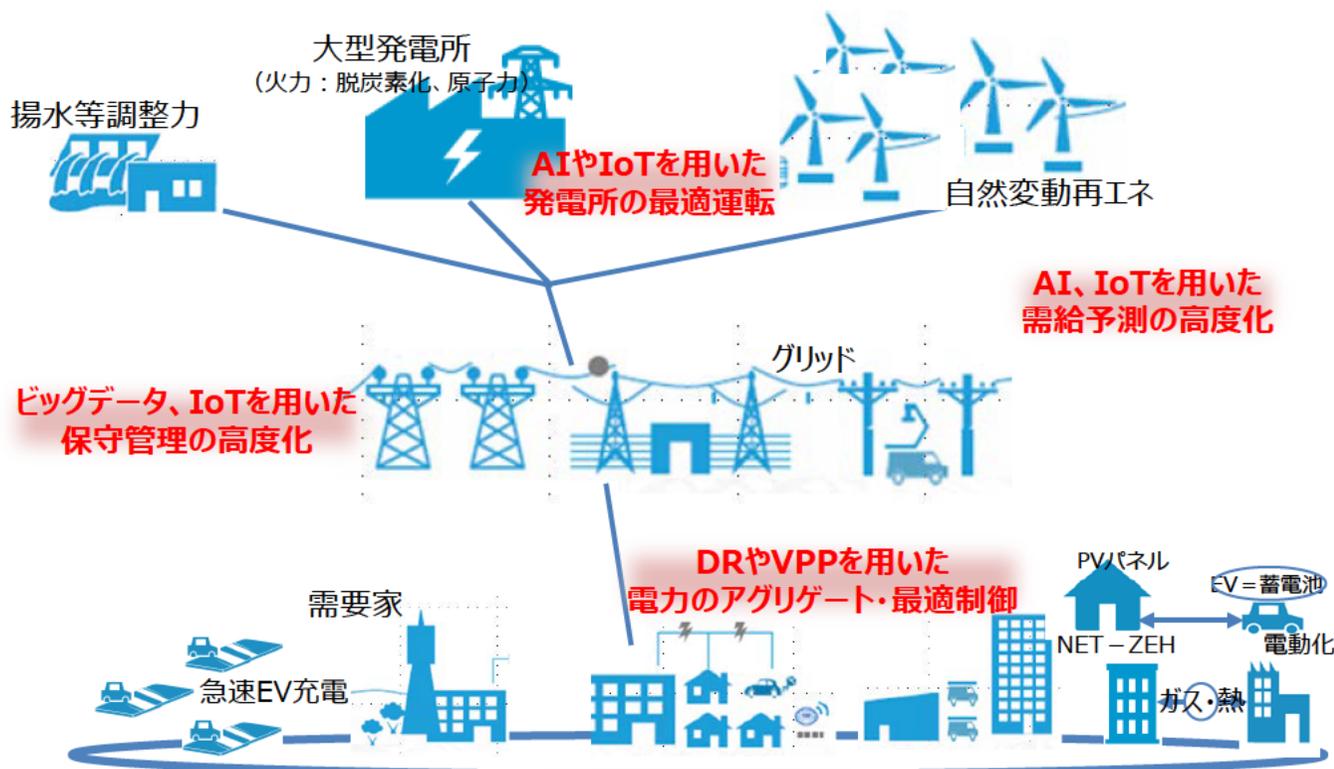
- デジタル化は、IoT、ロボット、人工知能(AI)、ビッグデータといった、社会の在り方に影響を及ぼす新たな技術の進展が予想される。
- エネルギー関連分野では、①AI、IoTを用いた需給予測の高度化や、②発電所運転の最適化、③デマンドレスポンスやVPPによる分散型の電力のアグリゲート・最適制御等、多様な可能性を秘める。
- 他方、デジタル化によりサイバー攻撃による脅威も高まり、サイバーセキュリティの一層の強化も重要。

これまで

将来の可能性

電気の流れは
上流から下流へ

電気の流れは
双方向へ



+

分散化

今後の検討の方向性（案）

- 将来のカーボンフリー社会実現に向け、エネルギーシステムについて、総力戦のための施策展開が必要である。
- ✓ 脱炭素化等を通じた将来のカーボンフリー社会の実現に向け、適切な電源・ネットワーク投資の確保が必要。諸外国の先行事例も参考に、自由化環境下においても地球温暖化対応やエネルギー安全保障などの政策目的がバランスよく確保されるよう、投資予見性の向上などの環境整備を行うことが求められる。
- ✓ 石炭・ガスについては、将来のカーボンフリー社会が実現するまでの間、主力エネルギー源であることから、火力発電の脱炭素化に向けた取組や、よりクリーンなガス利用へのシフトが求められる。
- ✓ 世界的な市場拡大の中、電源・ネットワーク・ガスインフラ及びこれらに関する技術・ノウハウについて、パッケージ化も含めた海外展開が求められる。
- ✓ 国内での再エネ拡大・電力・ガスシステム高度化や、分散型での最適化などを実現可能とするAI、IoTを始めとしたデジタル技術等のイノベーションが求められる。