

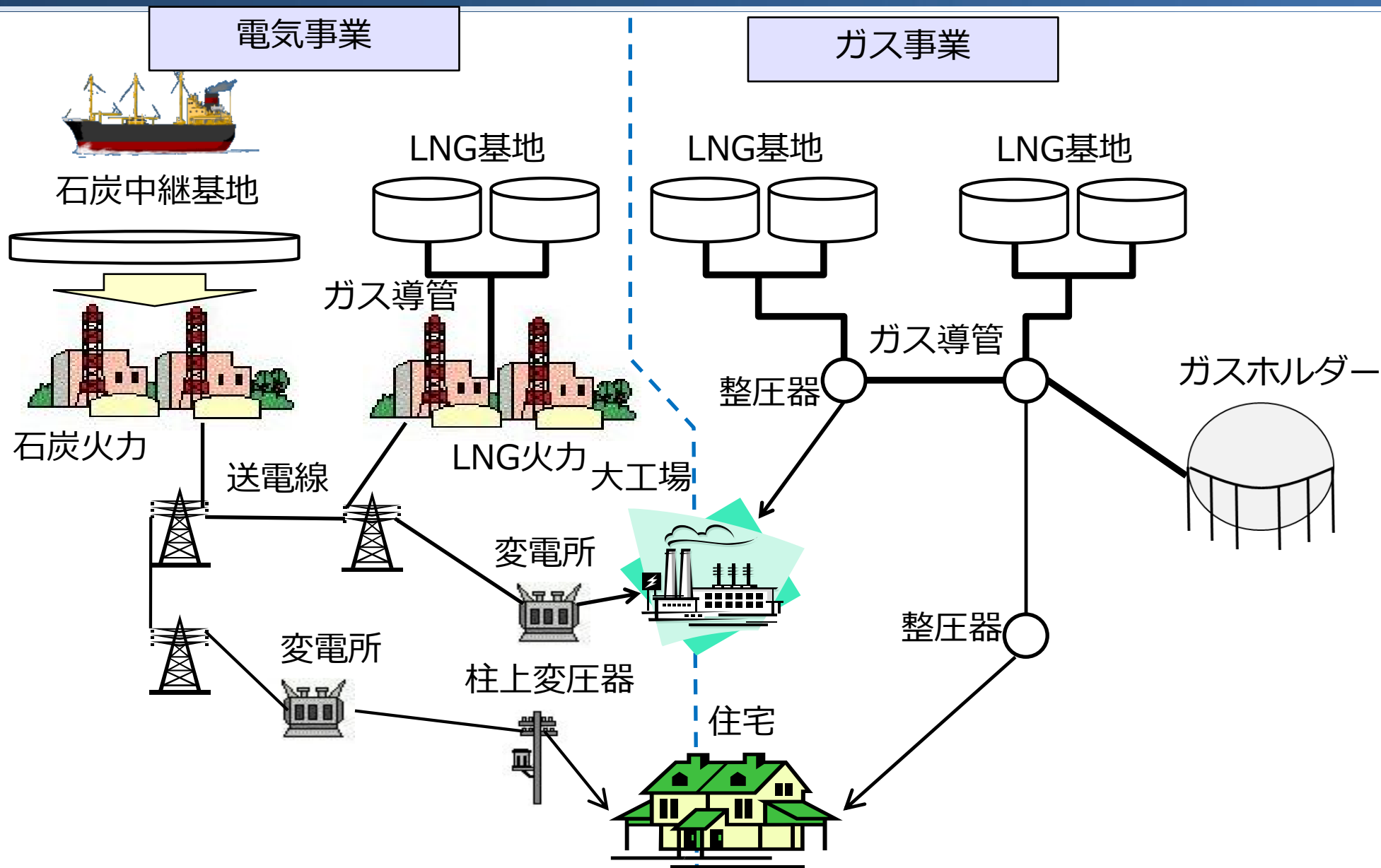
電気事業の現状と今後の課題

一般財団法人日本エネルギー経済研究所

総括研究主幹 小笠原潤一

1. はじめに

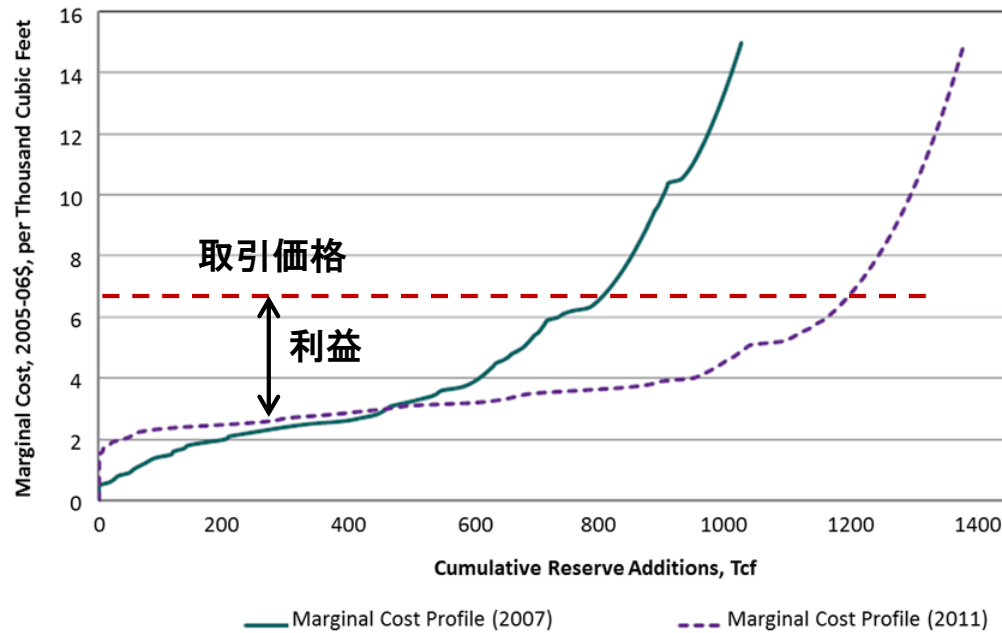
(1) 規制されていた電気事業・都市ガス事業



1. はじめに

(2) 独占の見直しと競争原理の導入

ガス限界生産費用曲線



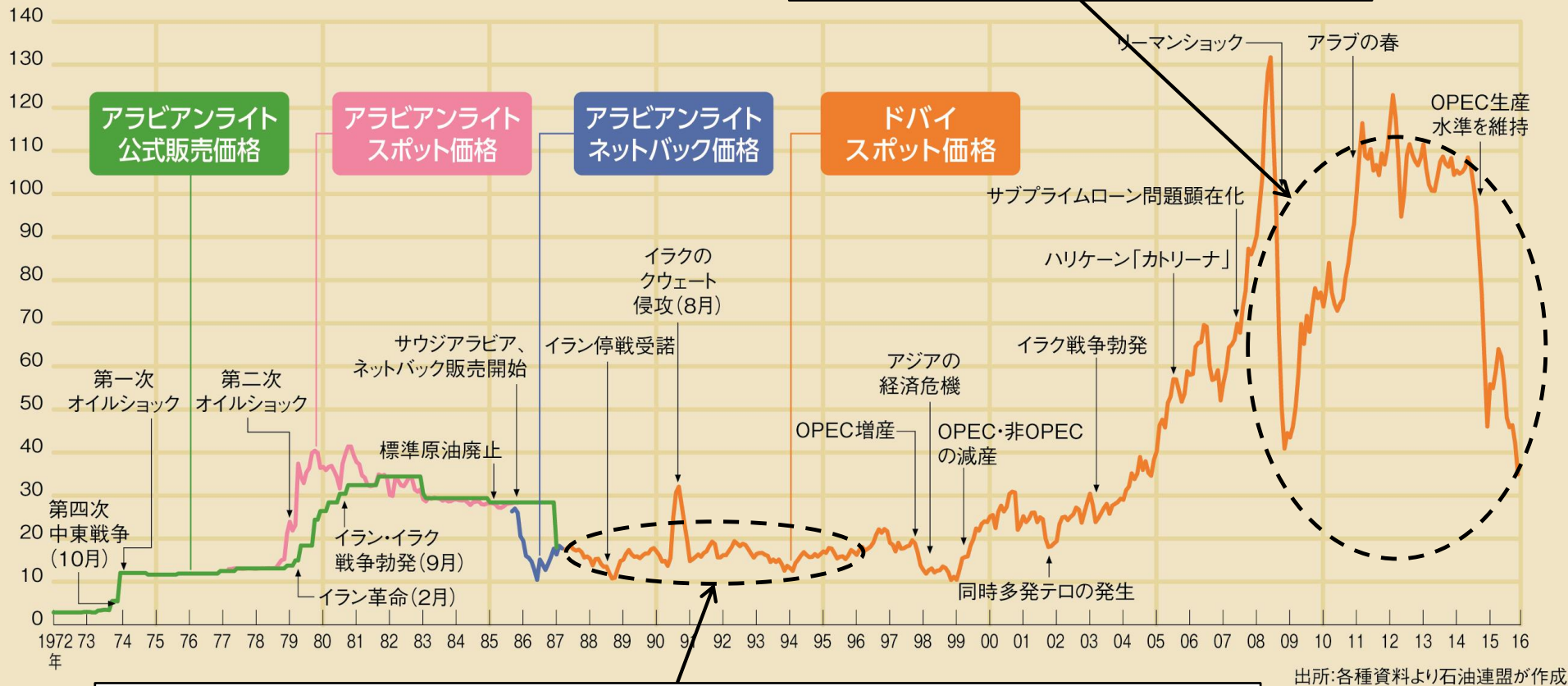
(出所) Rice World Gas Trade Model, Baker Institute and California Energy Commission (CEC), as cited in CEC, May 2012, “2012 Natural Gas Market Trends, In Support of the 2012 Integrated Energy Policy Report Update”, p. 33.

- 元々電気事業・ガス事業は新興ビジネスで自由競争だったが、設備形成産業であるため過当競争が生じ、自然独占性があるとして規制事業となった。
 - 特に第二次世界大戦後の経済復興に際して巨額の資金を要する発送電投資や導管網の形成を踏まえ、欧州を中心に国営独占事業体を選択する国が増加した（日本は地域独占を選択）。
 - しかし規制事業であることに伴う経営比効率化や石油を端緒とする国際エネルギー市場の形成により、電気事業・ガス事業でも競争原理が導入されるようになった。
- ※ 規制に基づく平均費用原理（総括原価方式）から競争に基づく限界費用原理へ

1. はじめに

(3) 原油価格の変遷

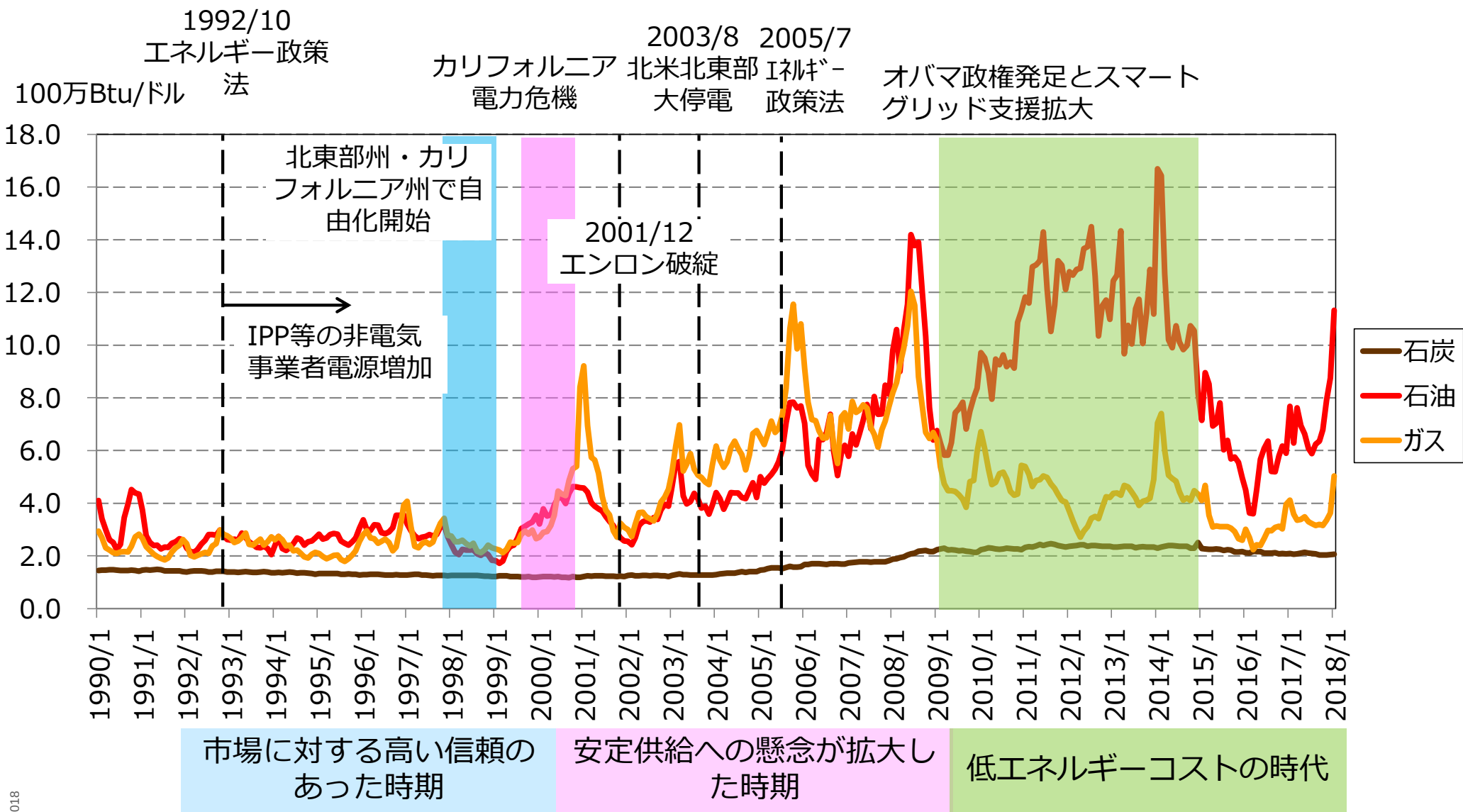
■原油価格の推移(月平均)



石油危機を経験後、原油の国際商品化が進展し、1990年代に歴史的な低エネルギー価格に。エネルギーは戦略的商品から、国際エネルギー市場で自由に調達できる商品になったという認識が広まる。

1. はじめに

(4) エネルギー価格と政策 ①米国：エネルギー価格と政策の変遷

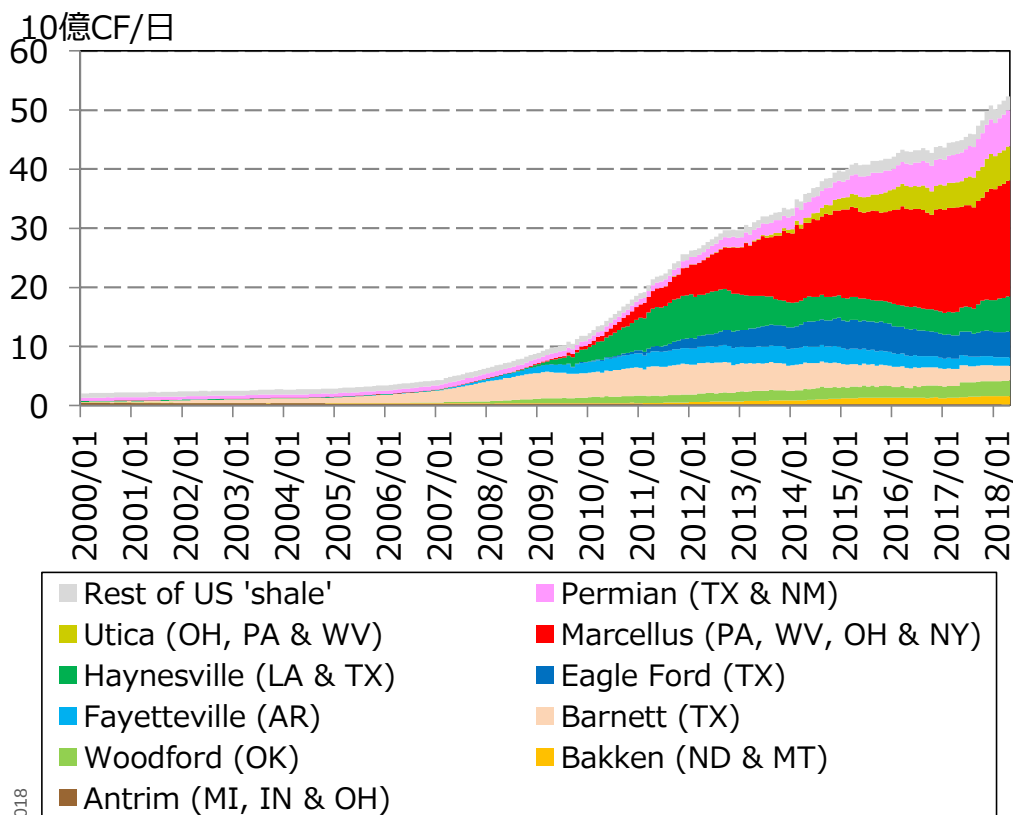


1. はじめに

(4) エネルギー価格と政策 ①米国：シェール増産

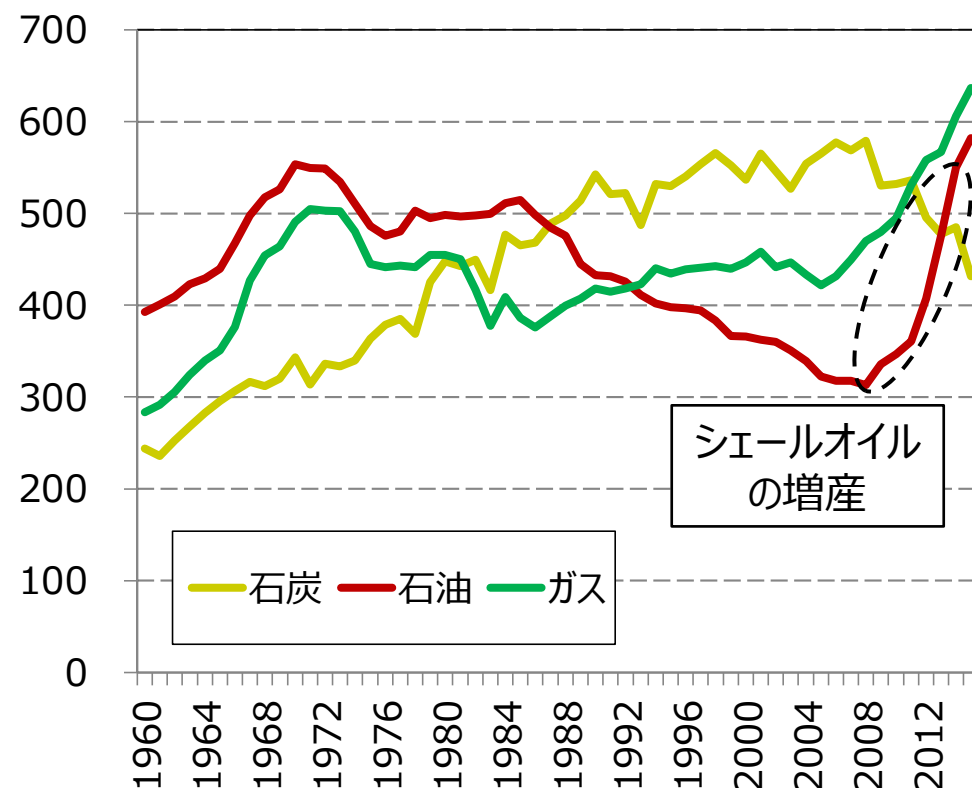
2000年代の一次エネルギー価格の高騰により、米国ではシェールオイル・ガスの増産が進展。特にシェールオイルの増産による原油生産増加は中国・インドの需要増に相当する規模で、米国の一次エネルギー輸入依存度低下に大きく貢献。

米国地域別シェールガス生産量の推移



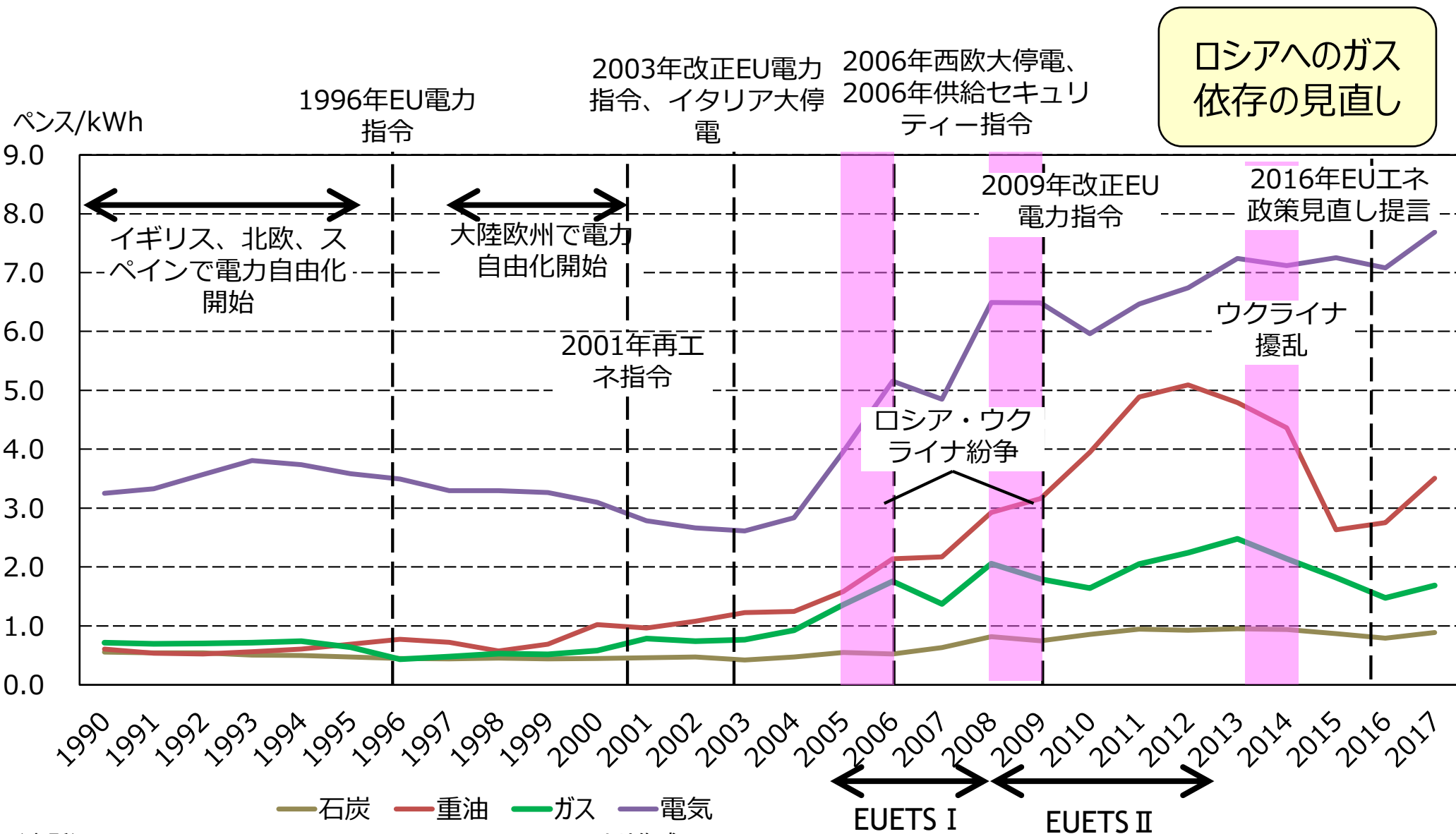
米国化石エネルギー国内生産

石油換算100万トン



1. はじめに

(4) エネルギー価格と政策 ②欧州：英国エネルギー価格と政策の変遷

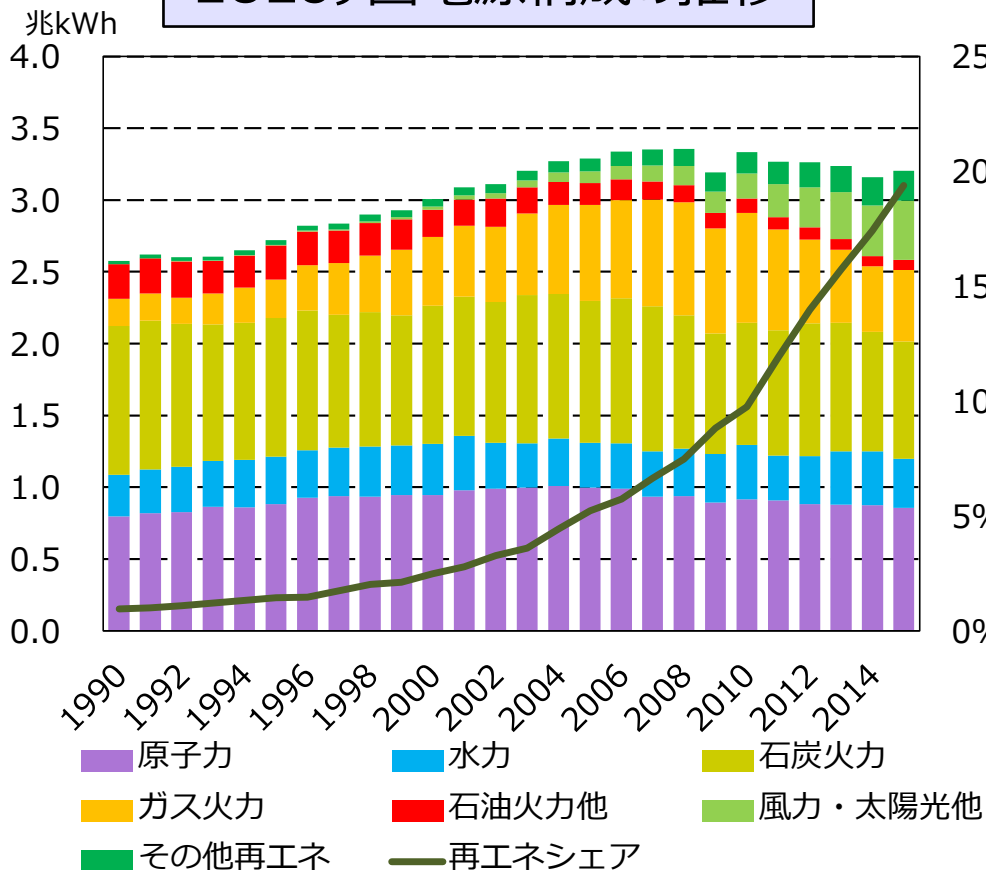


1. はじめに

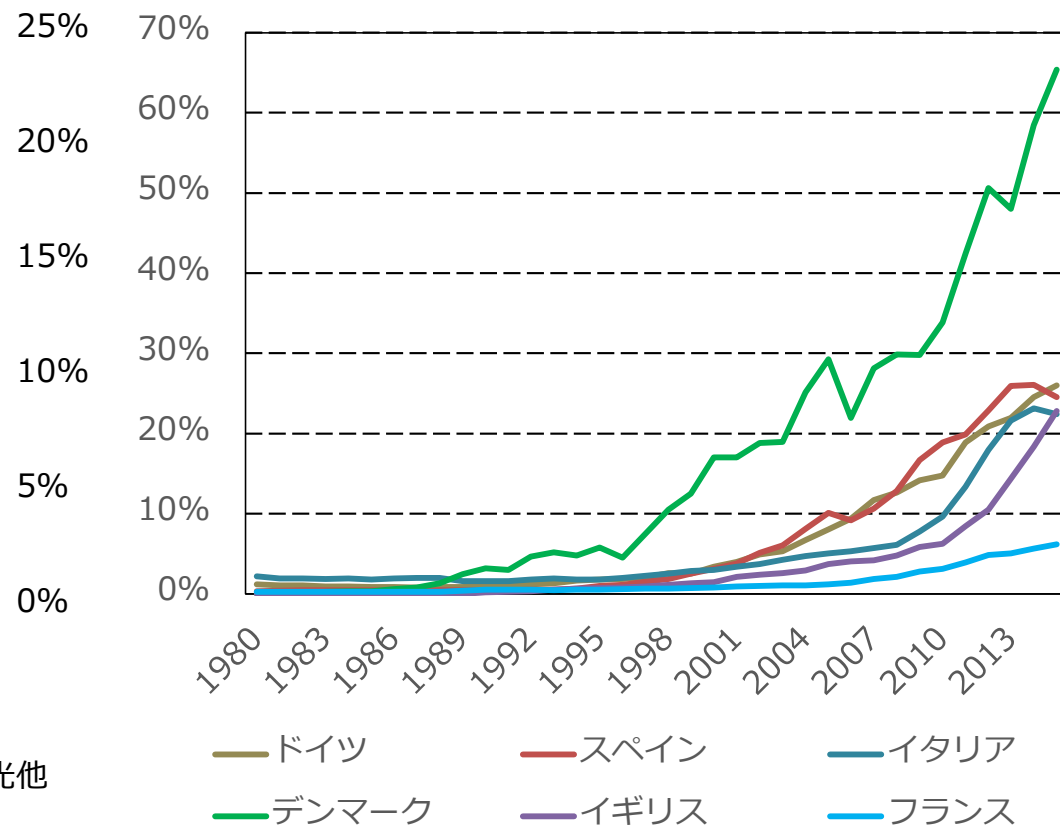
(4) エネルギー価格と政策 ②欧州：再生可能エネルギー発電導入拡大

欧州では再生可能エネルギー発電の導入促進を進めているが、2000年代の一次エネルギー価格の高騰やロシア＝ウクライナ紛争の勃発に伴って導入が加速化している。

EU28ヶ国電源構成の推移

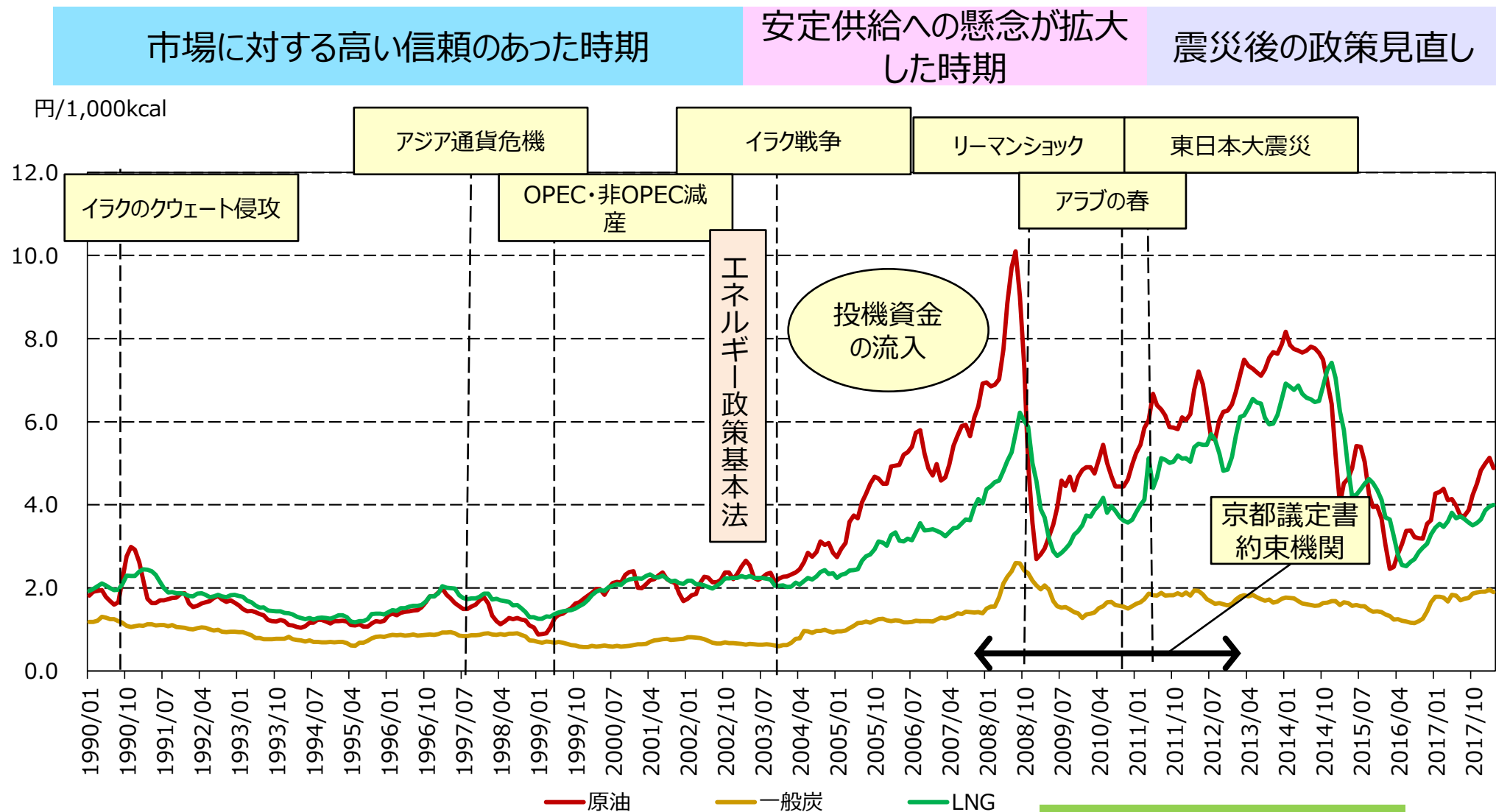


欧州主要国の再エネシェア



1. はじめに

(4) エネルギー価格と政策 ③日本：一次エネルギー輸入価格の推移



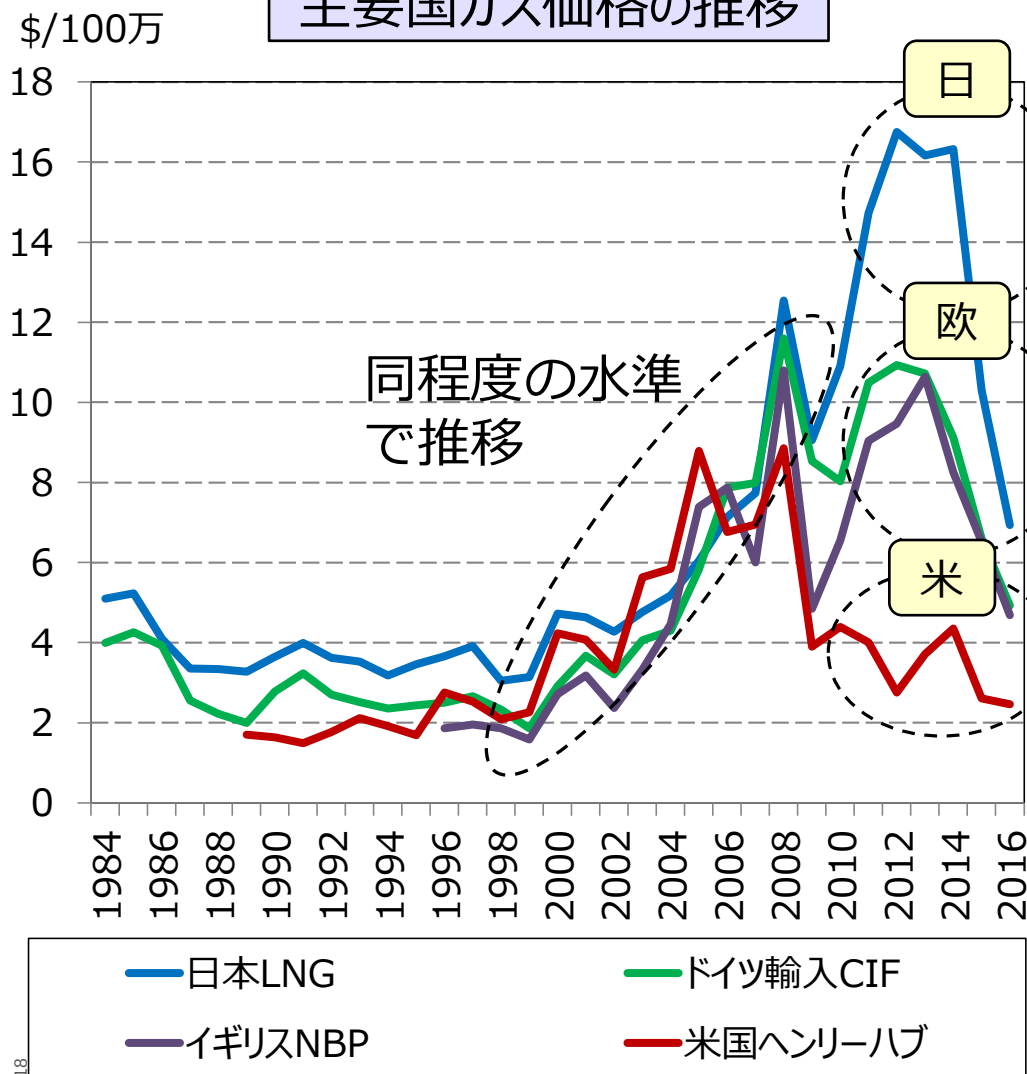
(出所) 日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット

温暖化対策の重要度
が高まった時期

1. はじめに

(4) エネルギー価格と政策 ③ガス価格とエネルギー政策

主要国ガス価格の推移



- 欧米では自由化を契機にガス取引価格の市場化が進展。需給により価格が形成されるようになった。
 - 一方で日本（及びアジア）はLNG依存度が高いこともあり、原油価格連動での価格形成が広く残っている。
 - 欧州ではロシア＝ウクライナ紛争を契機にロシアへのガス依存リスクが高まり、ガスシフトが見直されるように。
 - 米国ではシェール増産によるガス価格下落で、石炭からガスへのシフトが進展。
- ※ 日米欧でガス価格の水準及びエネルギー政策上の位置づけが異なるようになった。

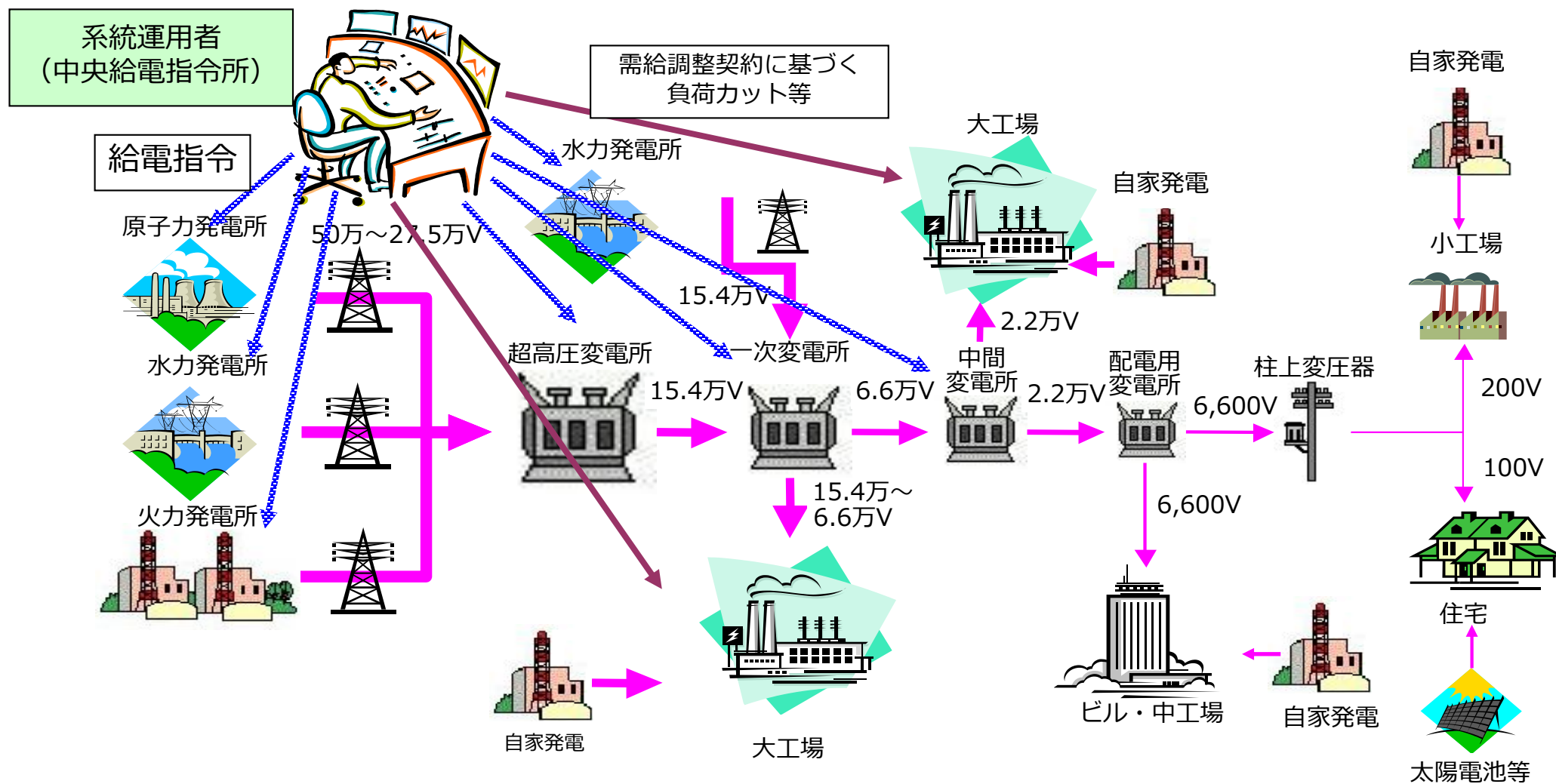
1. はじめに

(4) エネルギー価格と政策 ④まとめ

- 1990年代に原油の国際商品化・低価格化が進展し、エネルギーは国際市場で自由に調達できる商品になったという認識が広まり、自由化への取り組みが開始される。
- 2000年代に入り、カリフォルニア電力危機や北米北東部停電、イタリア停電、欧州西部大停電といった大停電やエネルギー価格の高騰を受け、自由化が見直される。
- その後、米国ではシェール増産によりエネルギー安定供給が改善したが、欧州ではロシアリスクの高まりにより再生可能エネルギーへの傾斜が始まる。ガスの位置づけ・価格が先進諸国間で乖離するようになり、エネルギー政策の共同歩調が終焉。
- 我が国は東日本大震災以降、福島第一原子力発電所事故を引き起こした電力業界の体質への反省から、欧州型の電力システム改革（再生可能エネルギー発電推進を主軸とする自由化政策）を事実上選択。

2. 電気事業とは

(1) 従来型供給体制



電気事業は発電と需要を送電、変電、配電設備で結びつけ、供給を行っている。
需要家の電力消費規模に応じて適正な電圧水準に電圧を変換して供給を実施。

2. 電気事業とは

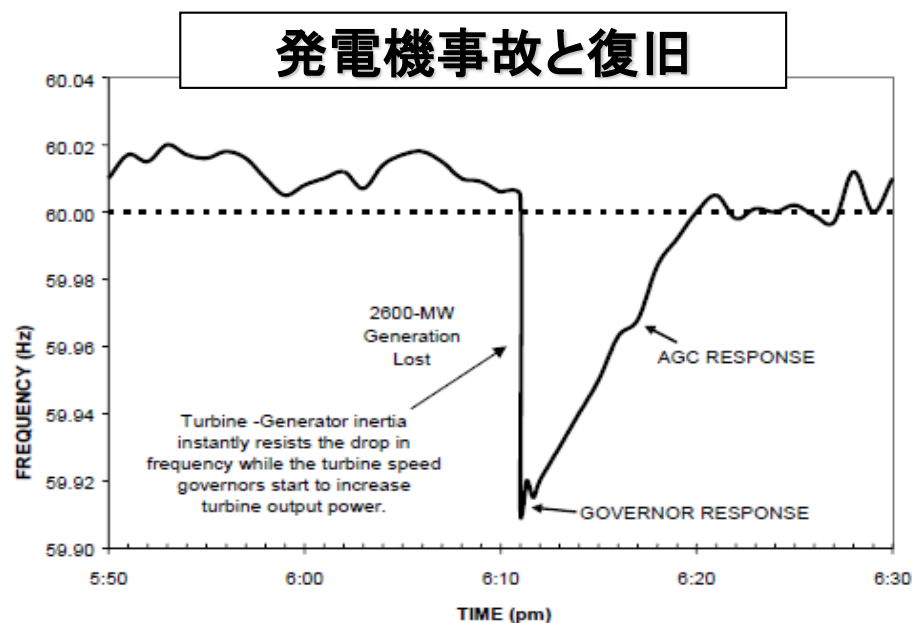
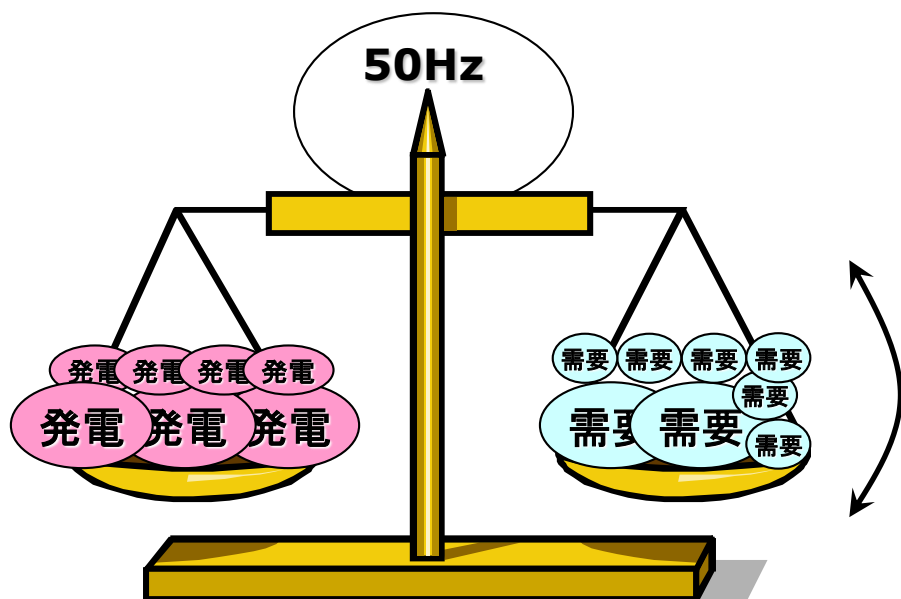
(2) 財の特殊性

- ネットワークを通じた供給
 - 送電線・配電線を通じて、発電所から需要家へ
 - 送電線・配電線の容量制約で、発電所全体の最適解通りの運転が出来ない場合も。
- 同時同量の原則
 - 瞬時瞬時で一定の需給バランス維持を達成する必要～周波数の維持
 - 一旦、需給バランスが崩れると広域的な停電が起きる可能性も
 - 短時間で稼働を変えられる電源とそれが困難な電源で価値に差が生まれる。
- 貯蔵の困難性
 - 在庫が困難。貯蔵ができてても非常に短期。（蓄電池、揚水発電が在庫機能を果たすがコスト高）（石油の備蓄等と大きく異なる。）
 - 「在庫」の代わりに「予備力」等に対応。
- 需要の季節・時間変動性
 - 需要が、季節・時間で大きく変動。（気象条件、経済情勢が影響）
 - 事業者全体での取引量の確定が困難。
- 設備形成産業
 - 発電設備と流通設備（送電、配電、変電）が必要で、発電所や送電線の建設には長期を要する場合も多い。

2. 電気事業とは

(3) 周波数の維持 ①概要

- 周波数は発電と需要のバランスで決まる。需要の変動に合わせて発電を制御することで、安定した周波数で電力供給を実施。
- 設備の事故等で周波数が低下した場合に備えて予備力（瞬時に応答可能な発電）を準備。

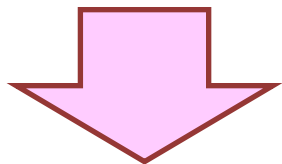


一定水準以上に周波数が低下すると、発電機が自動的に系統から分離される等、連鎖的な現象が生じて大停電に至ることも。(2003年の北米大停電等)

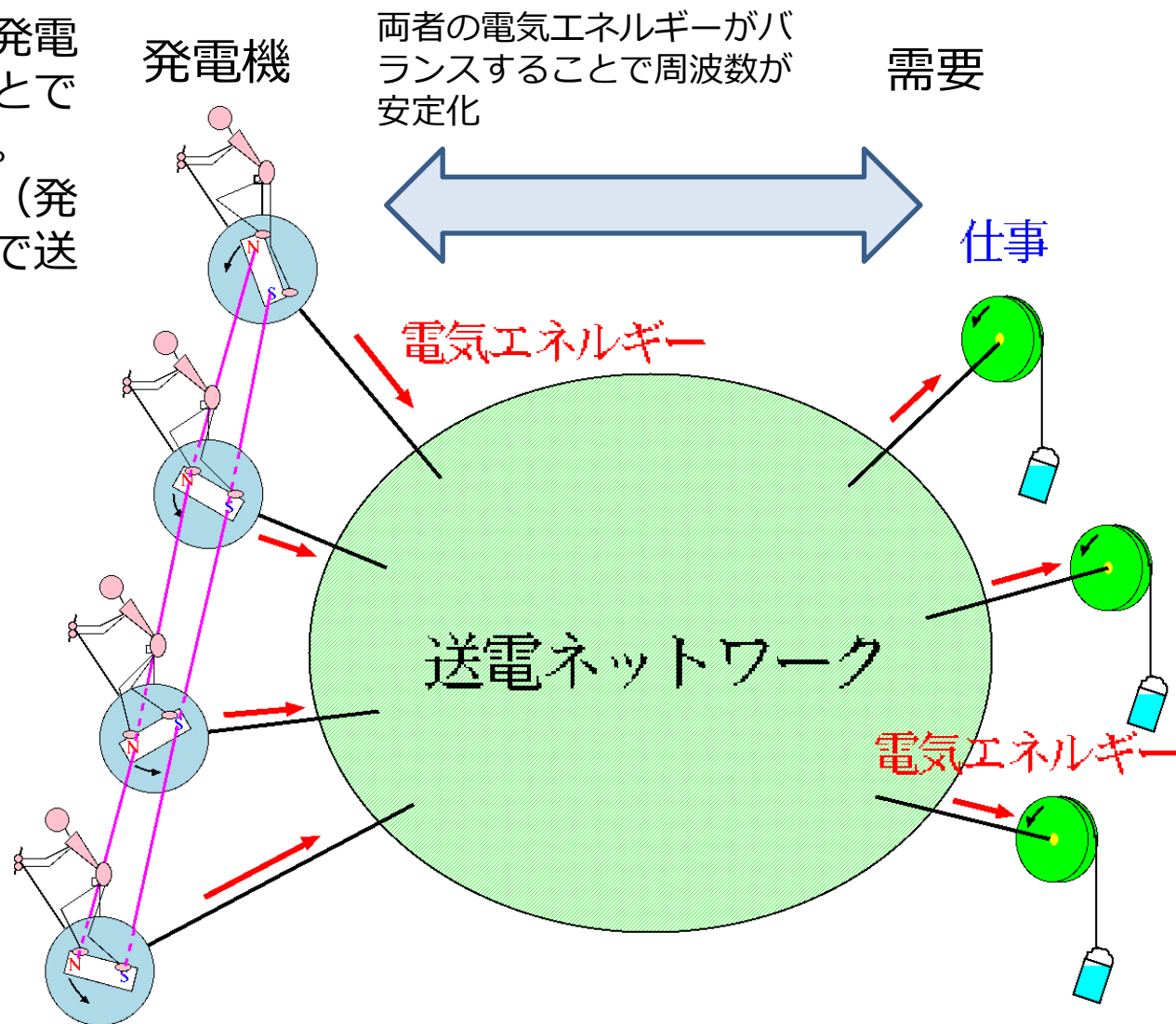
2. 電気事業とは

(3) 周波数の維持 ②同期発電機と周波数

従来型の火力発電所・水力発電所は発電機を回転させることで電気エネルギーを生み出す。全ての発電機が同じ周波数（発電機の回転数）で回ることによって送電が可能に。



風力発電や太陽光発電は回転型の発電でないため、少数の回転型発電機で系統を支える必要。小規模な事故やズレで全体が変動しやすくなる。



2. 電気事業とは

【参考】大陸欧州における時計の遅れ

[AP通信] 3月7日、欧州では職場や学校に遅刻した人たちが大勢いるかもしれない。だがそれには正当な理由がある。欧州大陸の電力供給網の周波数にかつてないような偏差が生じ、一部の時計が遅れるというトラブルが起きているのだ。

(中略)

欧州では電力周波数が50Hzに統一されている。セルビアとコソボの周辺でこの周波数に偏差が生じたことにより、1月半ば以降、交流電流の一定周波数を利用して作動する電気時計に6分ほどの遅れが生じるという影響が生じている。この問題は、水晶振動子を用いた時計には影響しない。影響が及ぶのは主に目覚まし機能付きラジオやオーブンの時計、暖房装置のタイマーなどだ。

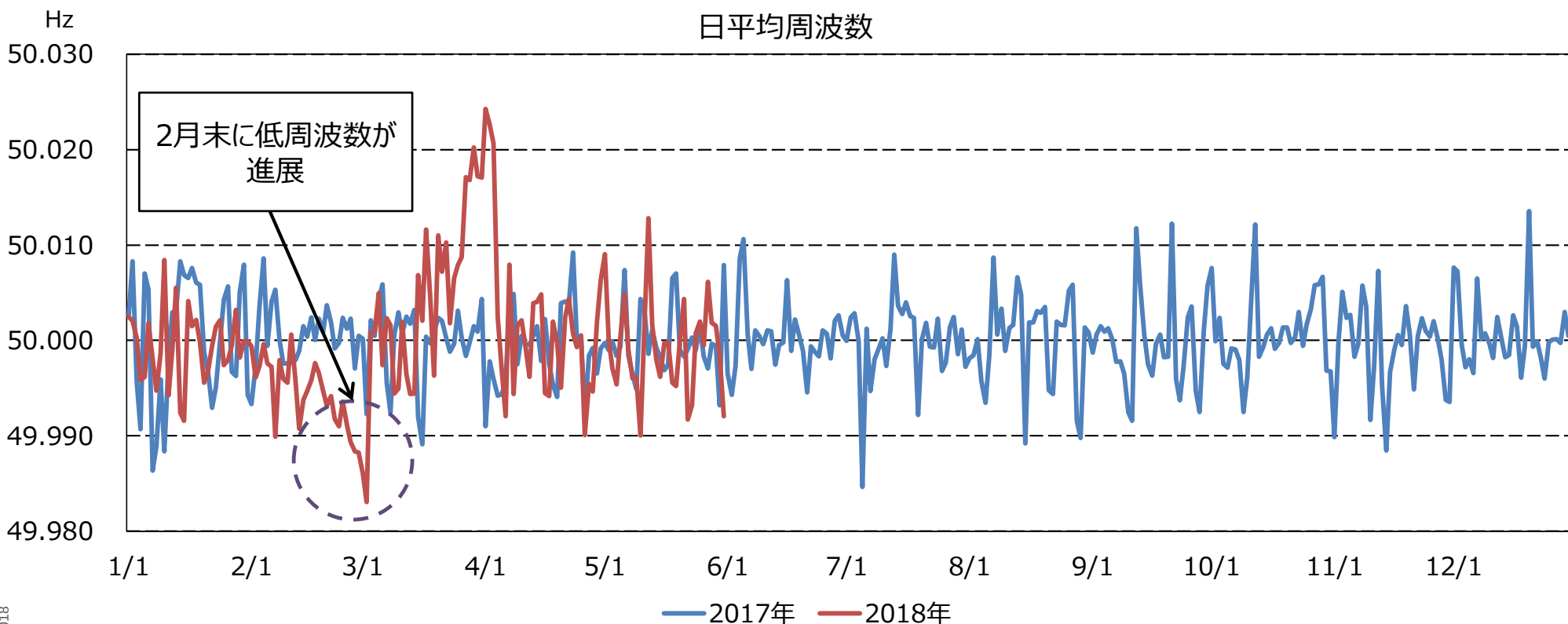
<https://www.oricon.co.jp/article/416396/>

(注) 日本のほとんどの時計には関係ありません。

2. 電気事業とは

【参考】2018年大陸欧州での時計の遅れ

- 公表されている大陸欧州の周波数データを整理すると、平均周波数は2月に低い日が多く、3月に高い日が多かった。2月1日から3月6日までの50Hzからの乖離の累積値から計算すると5.2分になり、2月期の周波数の継続的な低下が積み重なったものと考えられる。その後の高周波数は時刻の遅れを補正する行動だった可能性あり。
- 低周波数だった2月末には寒波が到来しており、コソボでのインバランスに加え、フランスで需給逼迫が発生していたことも影響していた可能性あり。

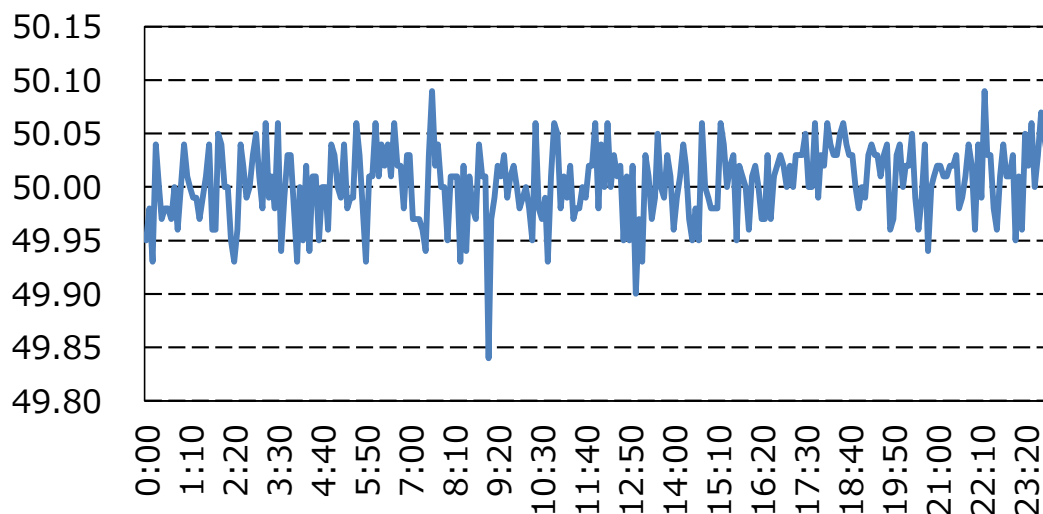


2. 電気事業とは

(3) 周波数の維持 ③制御目標と規模

- 大陸欧州では1,950万kWの需給ギャップで周波数が1Hz変動するとされており、19.5万kWの需給ギャップで周波数が0.01Hz低下する計算になる。大陸欧州全体の最大電力は4億kW程度。通常は ± 0.1 Hzの範囲内で周波数を収めるように運用を行うため、 ± 195 万kWの誤差に収める必要がある。米国東部では250万kWの需給ギャップで周波数が0.1Hz変動するとされている。最大電力の0.4%～0.5%程度の需給ギャップで周波数が0.1Hz変動する計算になる。
- 東日本の最大電力は7,000万kWそして西日本は8,600万kW程度なので、日本では東日本そして西日本でそれぞれ需給ギャップの誤差を欧米よりも小さく収める必要がある。

2017年6月5日東日本系統周波数

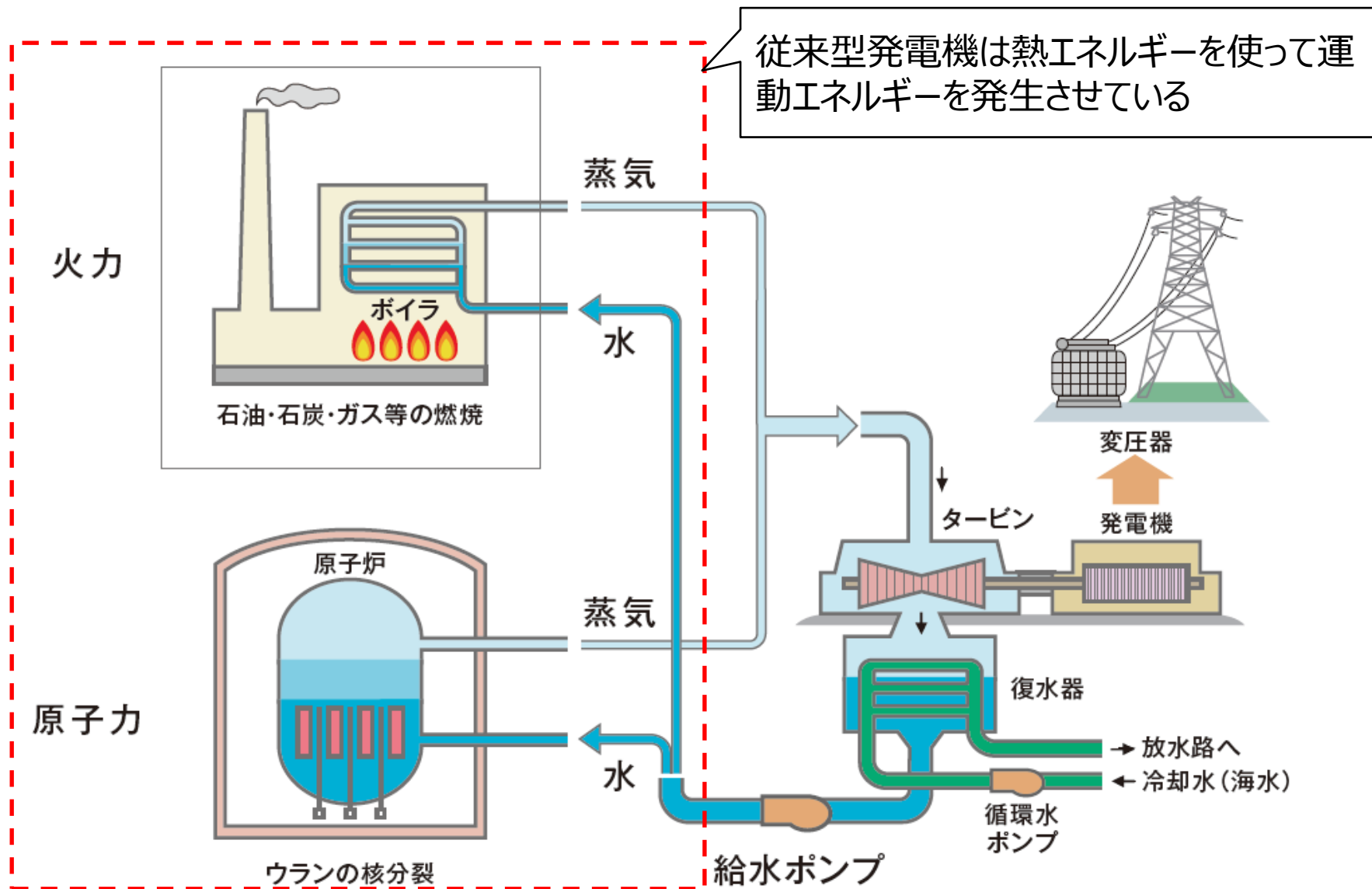


	標準周波数	平常時制御目標
大陸欧州	50Hz	± 0.1 Hz
イギリス	50Hz	± 0.2 Hz
北欧	50Hz	± 0.1 Hz
東日本	50Hz	± 0.2 Hz
西日本	60Hz	± 0.2 Hz

2. 電気事業とは

(4) 発電の原理 ①従来型発電

有限の資源を用いてエネルギーを抽出するため、持続可能性に課題あり



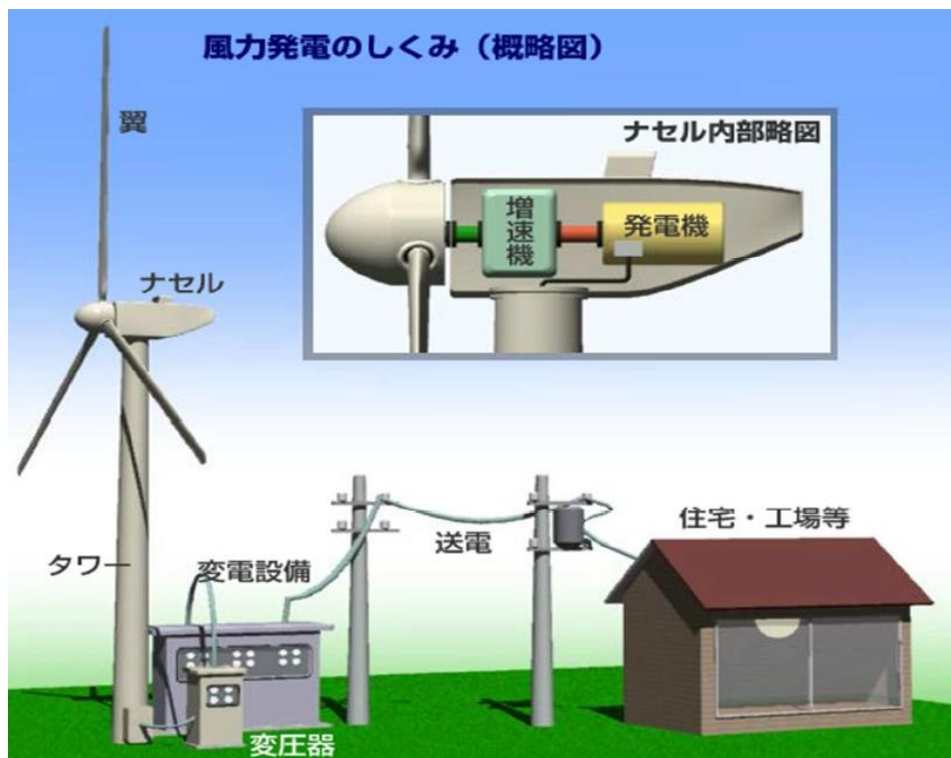
(出所) 電気事業連合会「原子力・エネルギー」図面集

2. 電気事業とは

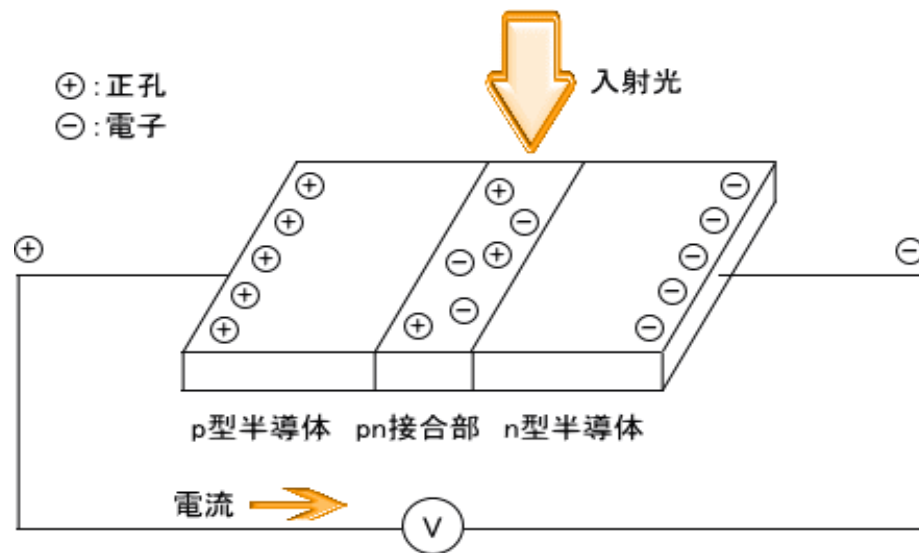
(4) 発電の原理 ②再生可能エネルギー発電

自然条件により発電量が決まるため、安定性に課題あり。近年、立地条件が整えば安価な電源に（広大で安価な土地がある中東や米国等で火力発電よりも安価に）。

風力発電



太陽光発電



- 光のエネルギーを使って、半導体の内部で、動きやすい電子（伝導電子）を新たに発生させる。
- 半導体のpn接合の性質を用いて、伝導電子がエネルギーを失わないうちに、一方向に集めて取り出す。

2. 電気事業とは

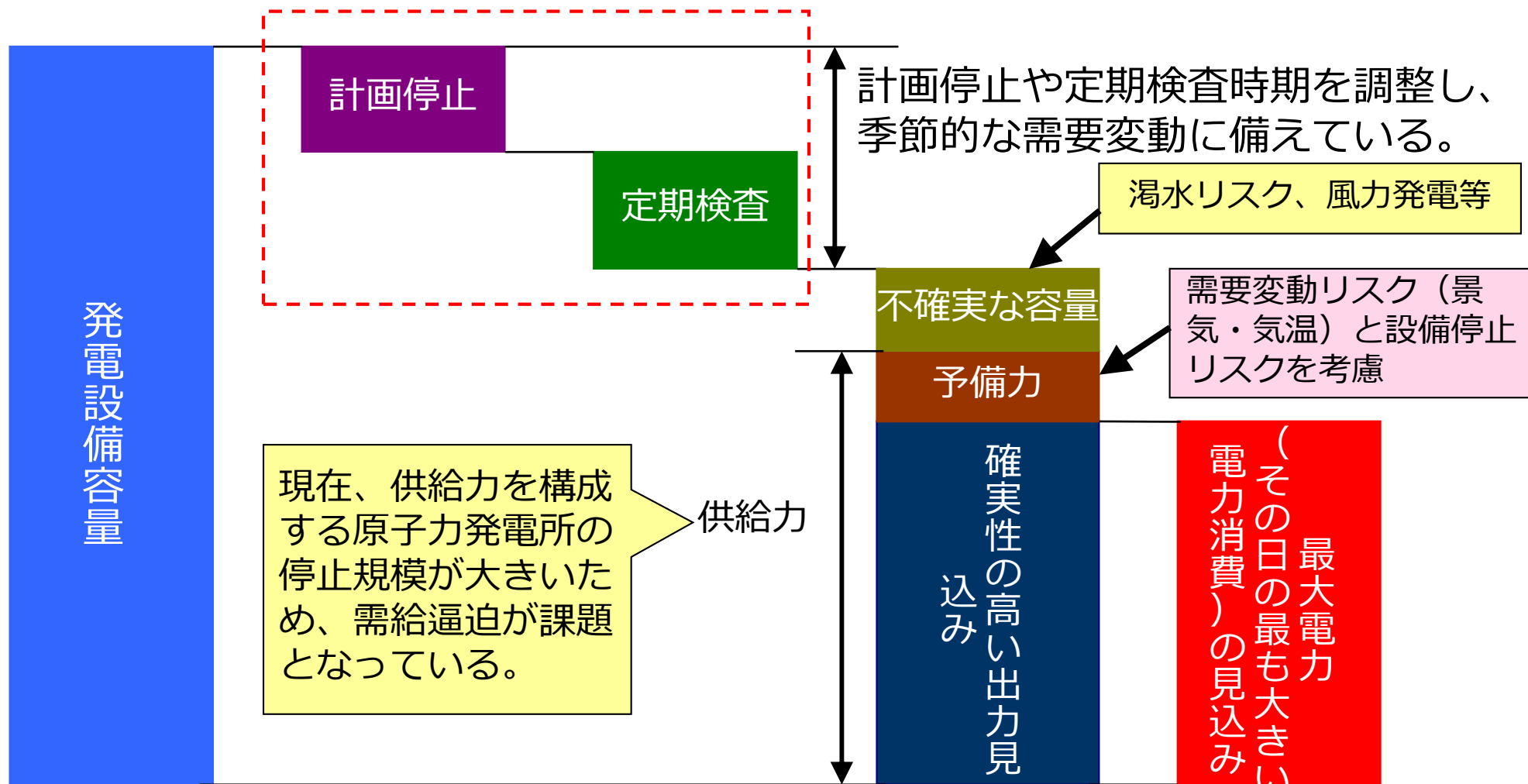
(4) 発電の原理

③発電の種類

発電方式	供給力	特性
揚水式水力	ピーク供給力	揚水式水力発電は、電力供給に余裕のある夜間に水を汲み上げ、昼間の需要のピーク時に発電する。電力需要の変動に容易に対応できるので、急激な需要の変動、ピーク需要への対応供給力として活用する。
調整池式・貯水池式水力	ピーク供給力	河川の流量をそれぞれ調整池、貯水池で調節し発電する。初期コストは高いが耐用期間平均で見ると、経済的で電力需要の変動にも対応できる。ピーク供給力として活用する。
石油火力	ピーク供給力	運転コストは比較的高いが、資本費が安く、電力需要の対応に優れている。ピーク供給力として活用する。
LNG、LPG、その他ガス	ミドル供給力	運転コストが易く、資本費の石炭火力より安い。電力需要の変動の対応に優れ、ミドル供給力として活用する。
石炭火力	ベースおよびミドル供給力	資本費は高いが、原子力に比べると電力需要の変動に対応でき、ベース供給力とミドル供給力の中間供給力として活用する。
原子力	ベース供給力	資本費は高いが、運転コストが安くベース供給力として活用する。
流れ込み式水力	ベース供給力	河川の流れや落差を利用して発電する。初期コストは高いが耐用期間平均で見ると経済的であり、ベース供給力として活用する。
風力発電等	その他	風や太陽光エネルギーなど自然エネルギーを利用して発電する。自然条件等により出力が大きく変動するため、供給力としての価値は低い。

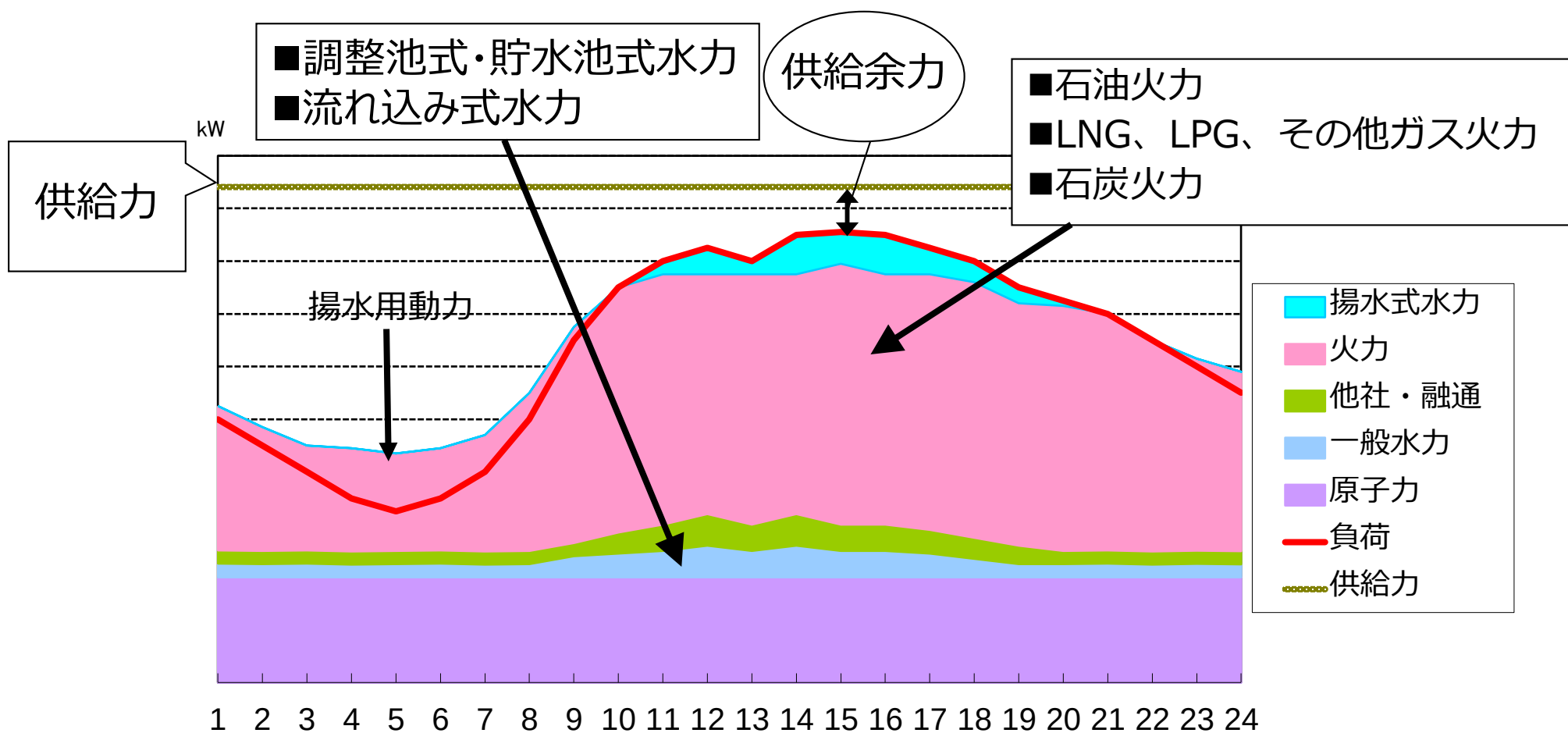
2. 電気事業とは

(5) 供給力の準備と運用①



2. 電気事業とは

(5) 供給力の準備と運用②



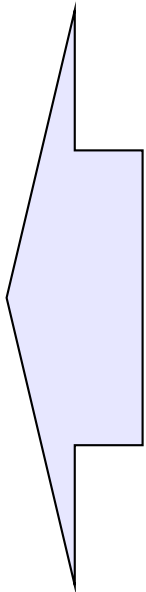
□ 電源の性質、経済性により、各電源の稼働パターンを決定している。

□ 自由化で電源の運用は卸電力市場取引へ移行

3. 電力自由化とは

(1) 考え方の変化

- 従来、電気事業には「自然独占性・規模の経済性」があることから地域独占が認められ、規制当局による事業・料金認可及び保安規制を通じて規制が課せられてきた。
 - ✓ 多くの国では国営・公営の形式が多く、経営の非効率さや低い供給品質が問題に
- 電力自由化とは、競争原理を導入することが可能な部門（発電部門、小売供給部門）への市場参入を自由化すること。
 - ✓ 送配電部門は「公共財」として市場参加者が利用するので、引き続き規制の対象となる。
 - ✓ 「自然独占性・規模の経済性」は喪失したか？



世界的に「電力自由化」が採用される傾向に

国営電力会社の民営化を通じた
体質改善、民間資本の活用
(日本の国鉄・日本電信電話公
社等の民営化に類似)

コンバインドサイクル・ガスター
ビンの登場 (小規模でも高効率)
(2000年代初頭まではガスは安
かった)

停電を契機とした体質改善圧力
(ロシア、ブラジル、中国、日
本の需給逼迫・停電)

IT革命の余波
(分散型電源・需要の直接制御を
通じた分散型システムの可能性)

3. 電力自由化とは

(2) アンバンドリングとは

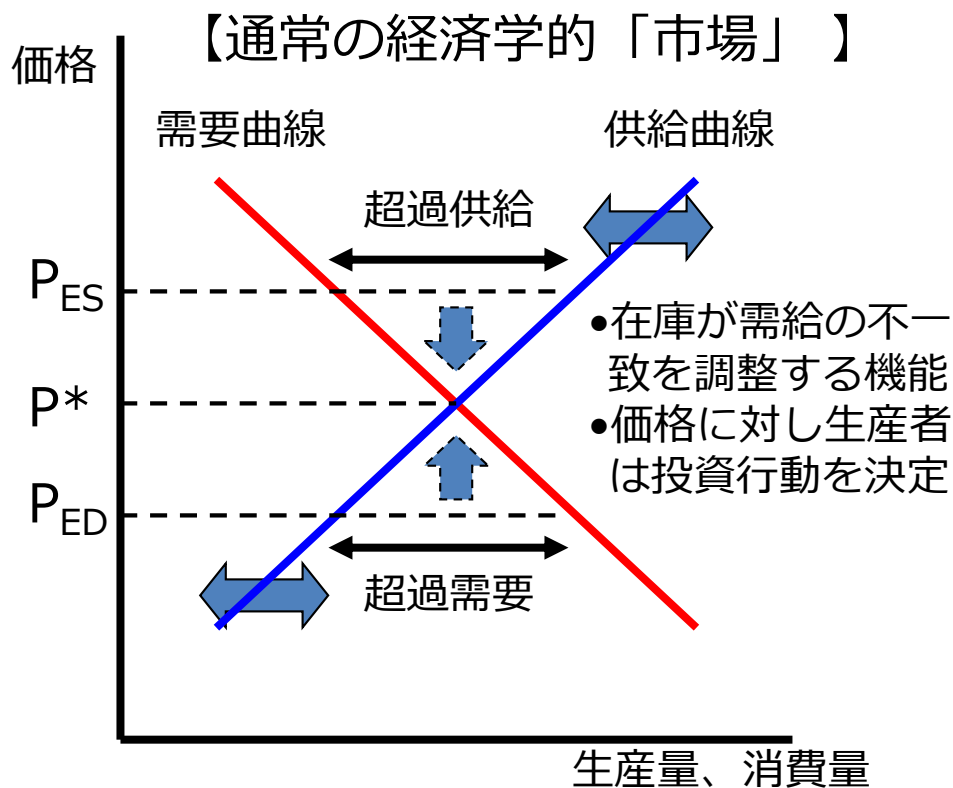
- 発電から小売まで一体で事業体であった電力会社を、規制部門である送配電とそれ以外に分けるのがアンバンドリング。
- 発電部門で卸電力取引所を設置して競争を促し、小売部門では卸市場から電気を調達して小売供給の競争を実施。

	特徴	自由化における位置付け
発電部門	● 資本集約型部門（発電所）	● 競争原理導入の対象 ● 卸電力取引所が設置されるケースが多い
送電部門	● 資本集約型部門（送変電設備） ● ネットワーク型 ● 他部門に優越する地位（系統運用機能）	● ネットワークを市場参加者が利用するため規制部門 ● 他部門に優越する地位を持つため独立性・公平性・透明性確保が課題に
配電部門	● 資本集約型部門（配変電設備） ● ネットワーク型	● ネットワークを市場参加者が利用するため規制部門
小売供給部門 （営業部門）	● 労働集約型部門（検針・料金回収等）	● 競争原理導入の対象

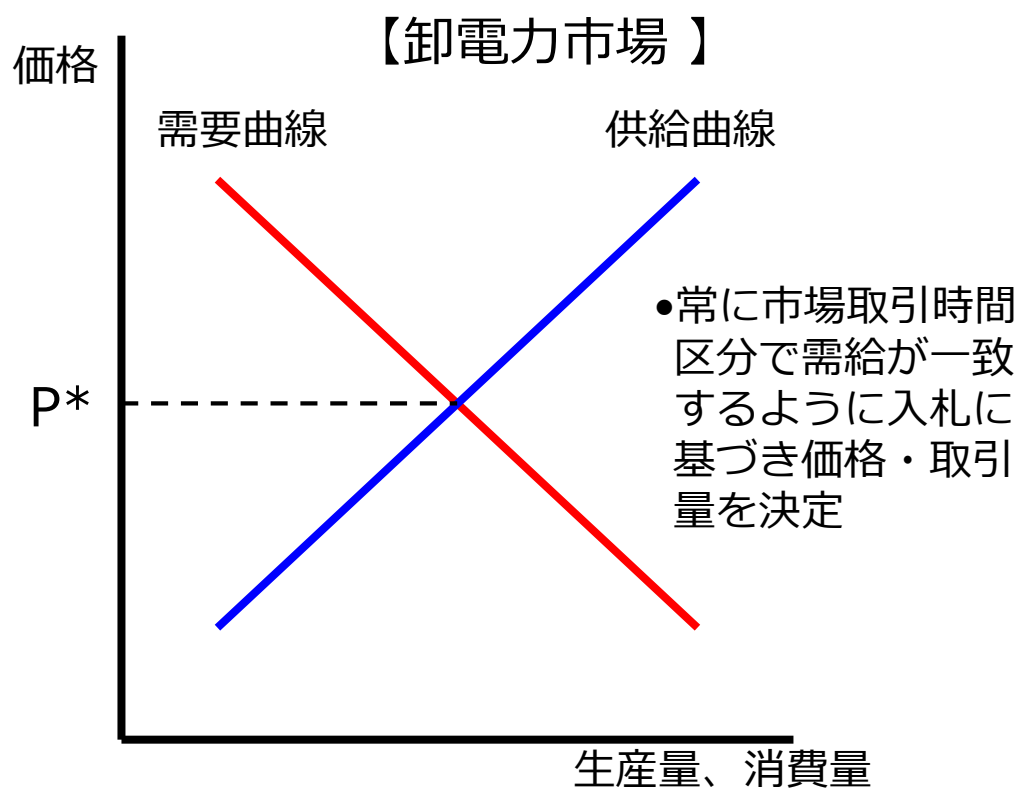
3. 電力自由化とは

(3) 電気事業における卸電力市場

- 「電気」の市場は、他の財と比較した場合、幾つかの特殊性がある。常に需給が一致するように取引を行うことができるため、ネットワーク制約が無ければ一物一価が実現できる。
- ある程度の取引量があれば適正価格を実現できる点で、株式市場等と大きく異なる。



価格は安定的



価格は不安定

3. 電力自由化とは

(4) 自由化の経緯①

① 1995年電気事業法改正

- IPP（卸供給事業者）の導入、選択約款の柔軟化、ヤードスティック査定の導入等

② 1999年電気事業法改正

- 小売部分自由化（2,000kW以上）、PPS（特定規模電気事業者）の導入、料金引下げ時の届出制の導入等

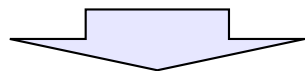
③ 2003年電気事業法改正

- 小売部分自由化範囲の拡大（2004/4より500kW以上、2005/4より50kW以上）、中立機関・電力取引所の設立、振替料金の廃止等

④ 2008年制度答申

- 小売全面自由化見送り、発電・卸電力市場の競争環境整備、同時同量・インバランス制度の見直し、託送供給料金制度の見直し、安定供給・環境適合を踏まえた見直し

「一般電気事業者」という枠組みを維持しながらの部分的な制度改革

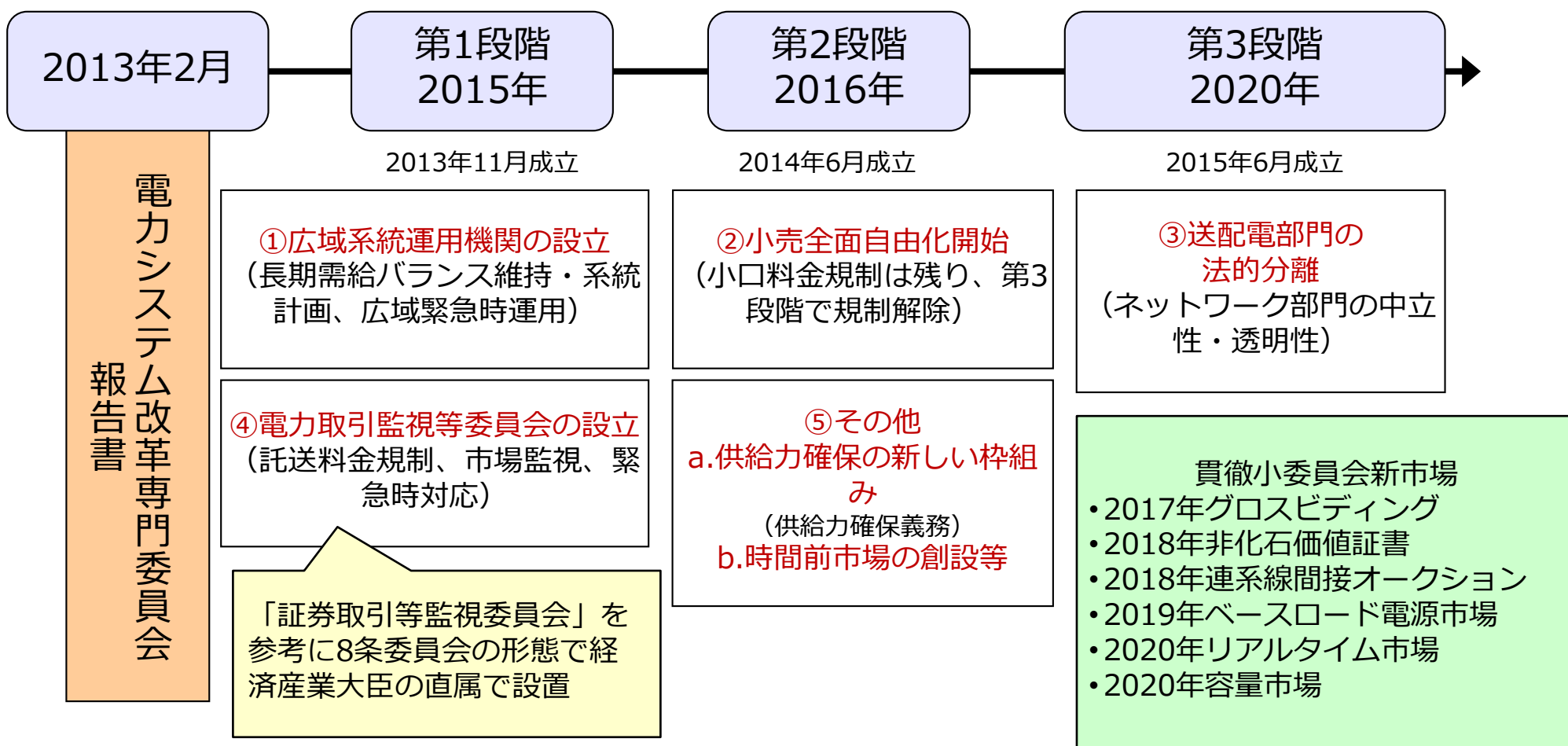


⑤ 2012年からの制度改革論議

- **小売全面自由化**、卸電力市場活性化、送電部門の広域性・中立性強化等。3段階でシステム改革を実施する。

全面自由化を選択したことで、抜本的な制度見直しに

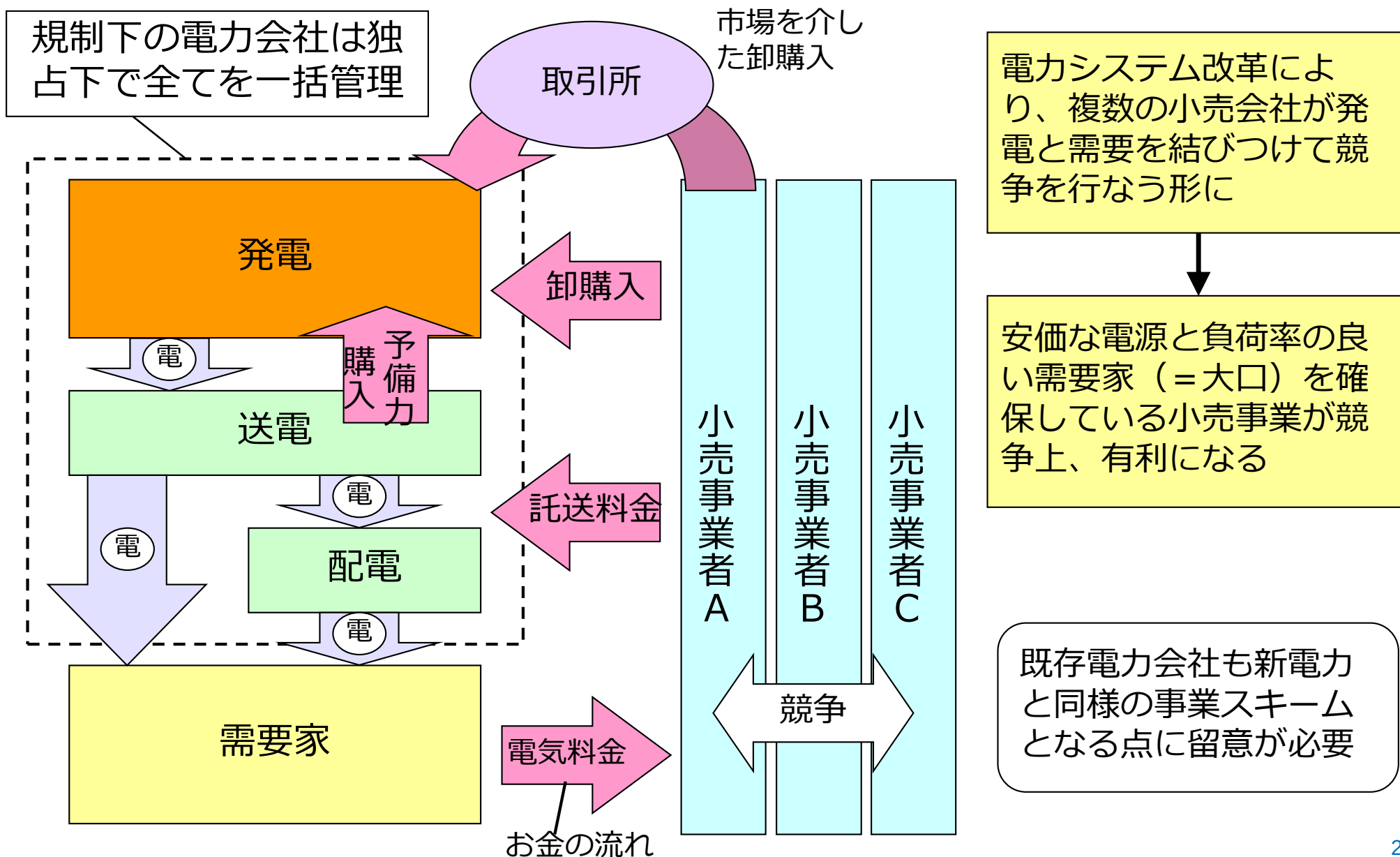
3. 電力自由化とは (4) 自由化の経緯②



原子力発電再稼働の遅延及び想定外の再生可能エネルギー発電導入拡大で、電力システム改革の見直しを実施。フランス型を目指していたものを方針転換し、kWh取引、kW取引、△kWh取引及び環境価値取引を分離する仕組みを選択。

3. 電力自由化とは

(5) 競争の形



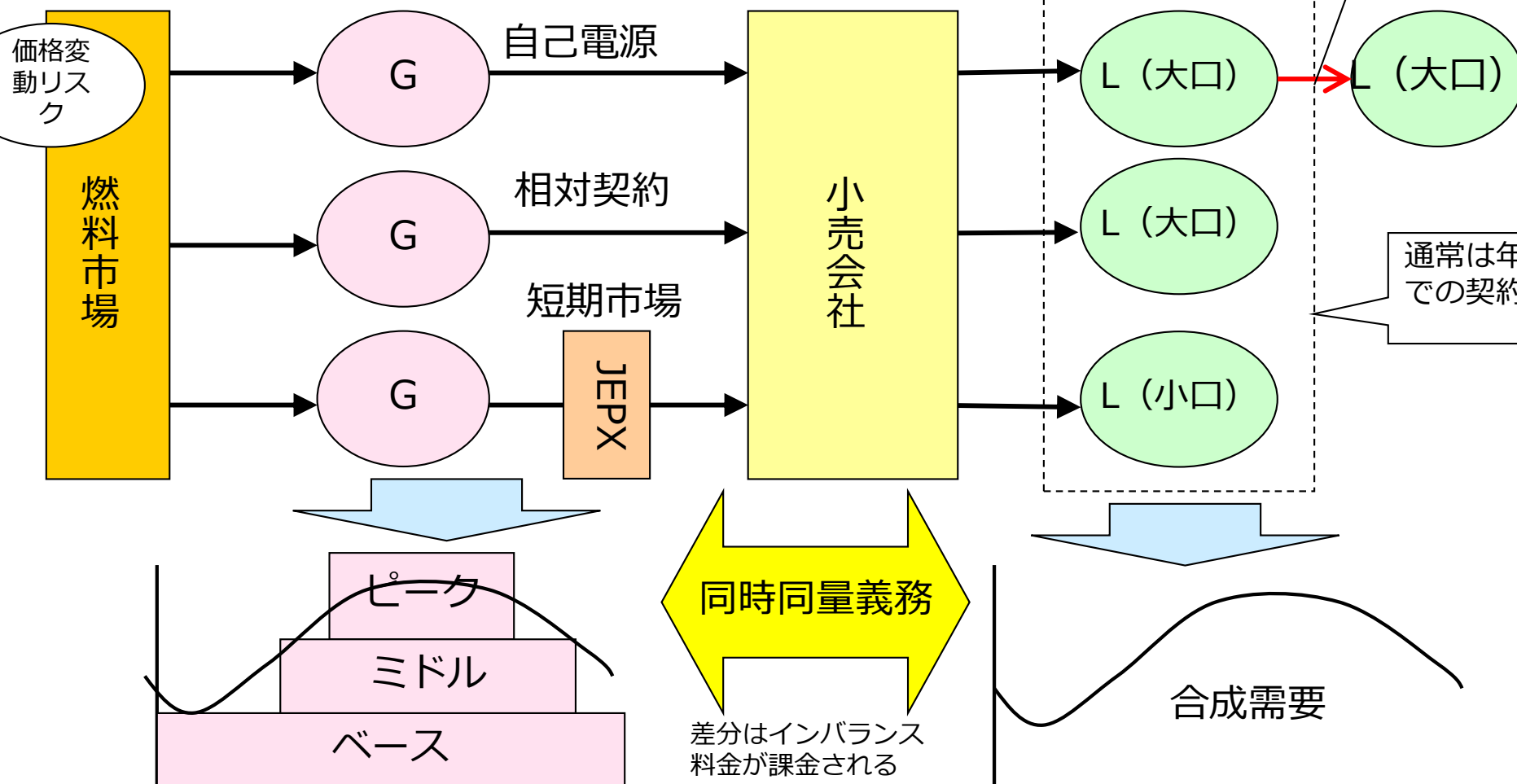
3. 電力自由化とは

(6) 小売会社の運用

小売会社は電気の調達と販売を管理する主体であり、同時同量義務を果たすことで、需要家へ電気を販売していると見なされる。

離脱リスク

通常は年単位
での契約



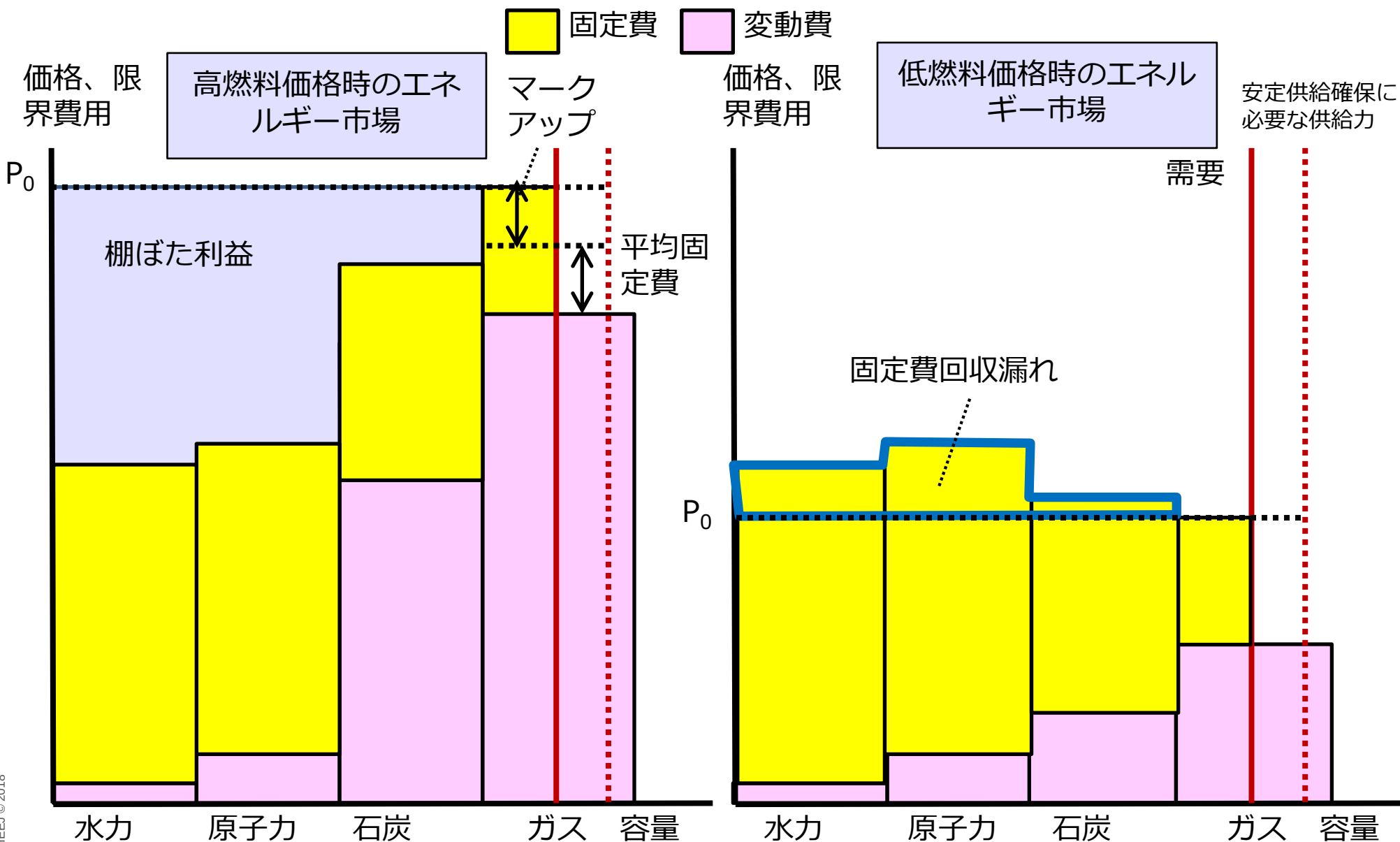
3. 電力自由化とは (7) 新しい市場

今回のシステム改革で多様な新たな市場及びプロセスを構築する予定。まだまだ詳細設計で検討すべき事項は多いが、これら設計は事業者の収益に大きな影響を与える。



3. 電力自由化とは

(8) 燃料価格と発電の収益性



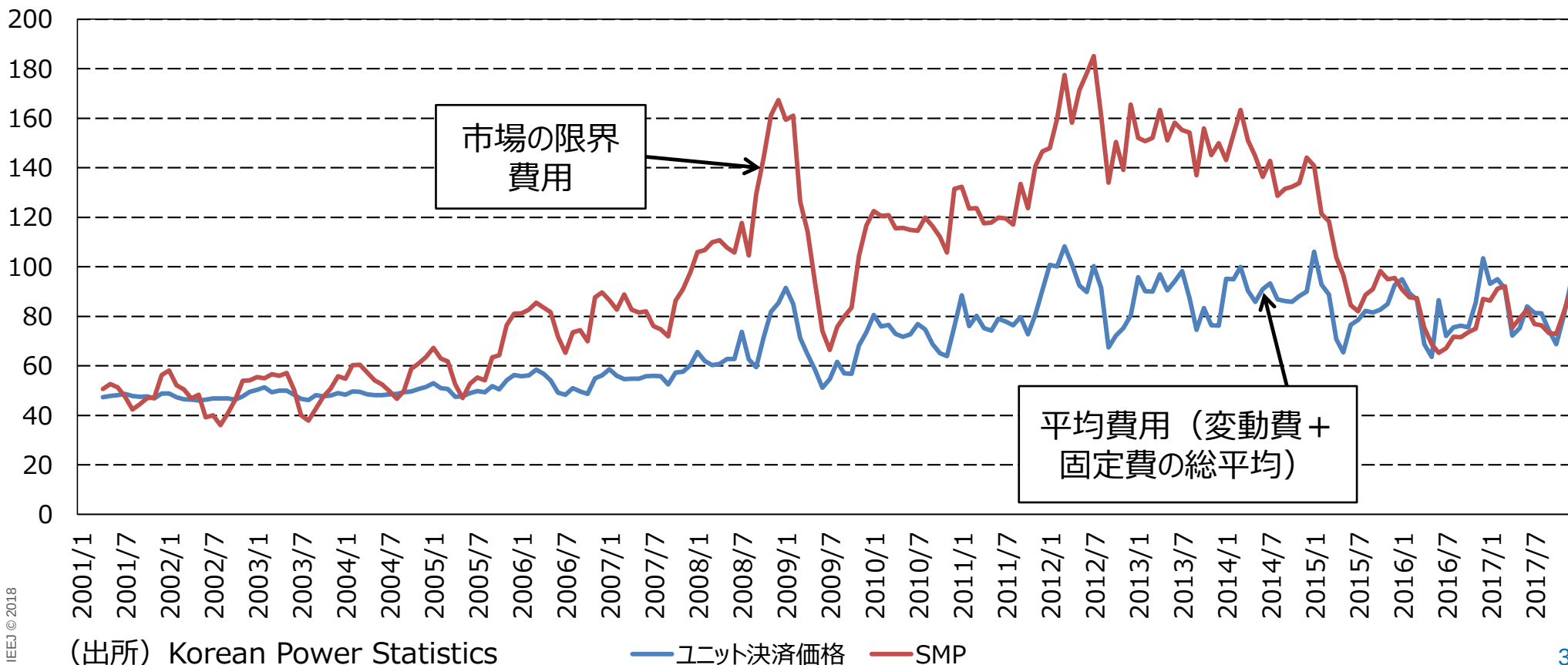
3. 電力自由化とは

【参考】韓国のコストプール

- 韓国は変動費を基に最小費用で発電を決め、固定費をユニット毎に評価して支払うコスト・プール制度を採用している。参考として市場の限界価格を公表しているが、大半の時期で平均費用<限界費用となっている。
- 韓国でも再エネ導入拡大に取り組み始めたが、最近は平均費用> 限界費用となる傾向。

韓国卸電力市場価格

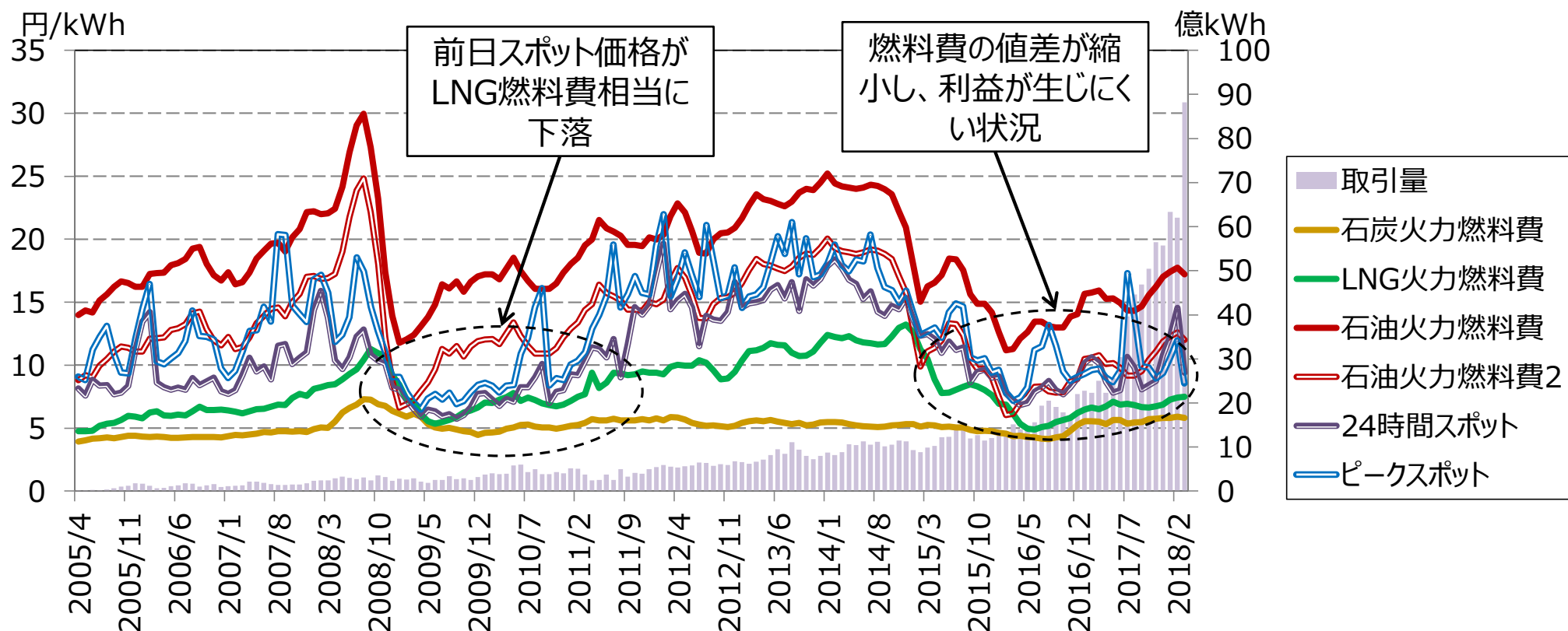
ウォン/kWh



3. 電力自由化とは

(9) 前日スポット価格の推移

日本卸電力取引所の前日スポット価格は石油火力燃料費と連動する傾向にあるが、石油価格の下落に伴い平均で10円/kWhを切る水準で推移している。低負荷期には石炭火力燃料費並みの価格水準になる地域も生じてきている。脱石油火力化も進展しており、LNG火力の変動費相当で前日スポット価格が形成されるようになって考えられる（LNG火力の固定費回収が困難化する恐れ）。



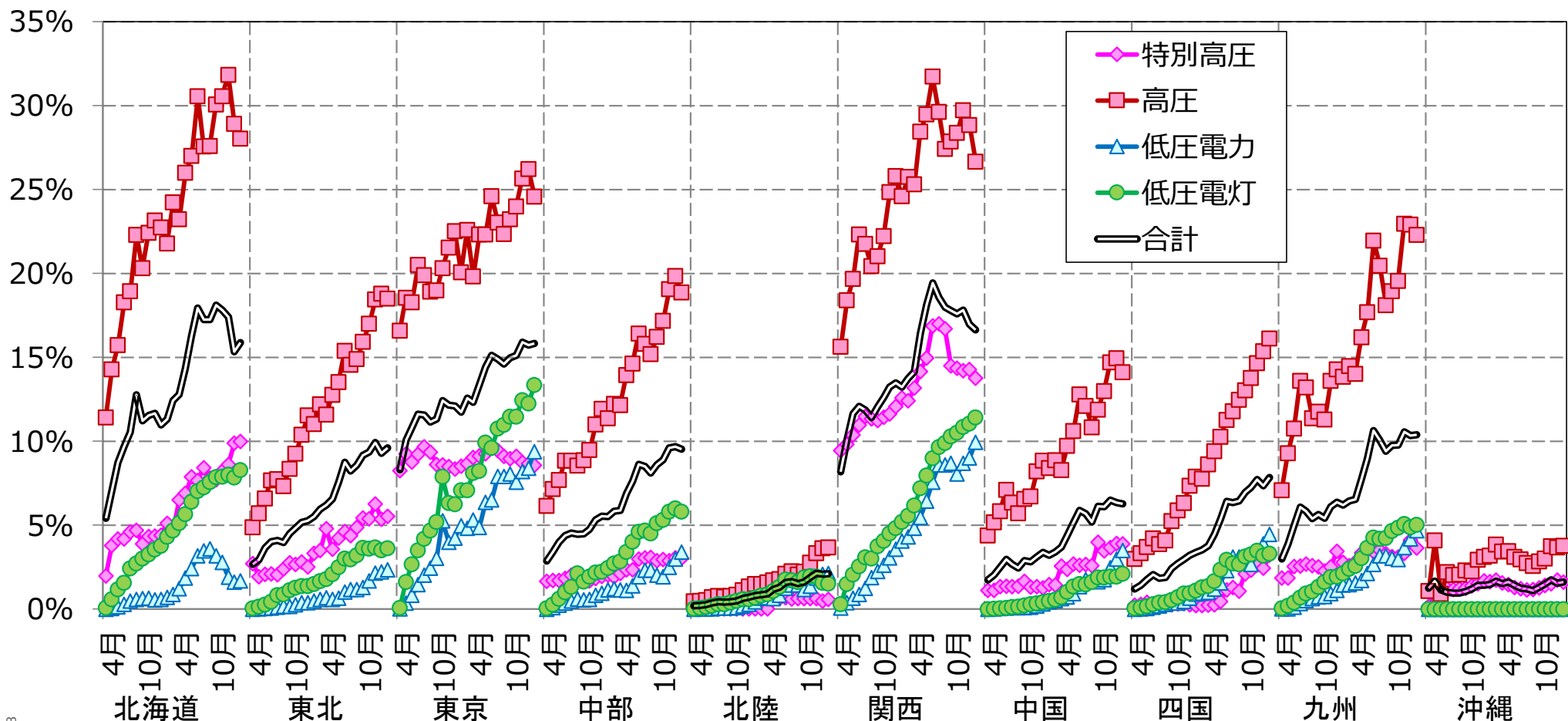
(注) 石炭火力は燃料費（発電効率40%）+運転維持費1.7円/kWhで算定、LNG火力は燃料費（発電効率50%）+運転維持費0.6円/kWhで算定、石油火力は燃料費（発電効率35%）+運転維持費5.15円/kWhで算定（石油火力燃料費2は燃料費のみ）

(出所) 燃料価格は日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット、スポット価格は日本卸電力取引所

3. 電力自由化とは

(10) 小売競争の状況 (2016年4月以降)

北海道、東京及び関西地域で離脱率が上昇しており、特に関西地域では全体の約2割に達しつつある。電気料金平均単価が燃料費の影響を受けにくくなっており、卸市場の市況や競争状態で料金が決まる傾向が強くなっていると考えられる。



4. 再生可能エネルギー

(1) 再生可能エネルギーとは

- エネルギーが補給され続け、化石資源のように枯渇しないエネルギー源
- 自然エネルギーを起源とする

エネルギー	利用方式による分類		
太陽エネルギー Solar Energy	太陽光発電 Solar Photovoltaic (PV) Power Generation		日本ではコスト高だが世界的にコスト低下中
	太陽熱発電 Concentrating Solar Power (CSP) Generation		
	太陽熱利用 Solar Heating (& Cooling) System		
風力エネルギー Wind Energy	風力発電 Wind Power Generation		
バイオマスエネルギー (バイオエネルギー) Biomass Energy (Bioenergy)	バイオマス発電 Biomass Power Generation	可燃性再生可能エネルギー・廃棄物 Combustible Renewables and Waste (CRW)	固体バイオマス Solid Biomass
	バイオマス熱利用 Biomass Thermal Use		液体バイオマス (バイオ燃料) Liquids from Biomass (Biofuels)
	バイオ燃料 Biofuels		バイオガス Biogas / 気体バイオマス Gas from Biomass
			一般廃棄物 (都市ゴミ) Municipal Waste (産業廃棄物 Industrial Waste)
地熱エネルギー Geothermal Energy	地熱発電 Geothermal Power Generation		既存でも十分に経済性のある場合が多い技術 (技術革新の余地小)
	地熱直接利用 Direct Use of Geothermal Energy		
水力エネルギー Hydropower Energy	水力発電 Hydropower Generation		
海洋エネルギー Tide / Wave / Ocean Energy	潮汐発電 Tidal Power Generation		技術開発の途上
	波力発電 Wave Power Generation		
	海流発電 Ocean (Marine) Current Power Generation		
	海洋温度差発電 Ocean Thermal Energy Conversion [OTEC]		

日本ではコスト高だが世界的にコスト低下中

既存でも十分に経済性のある場合が多い技術
(技術革新の余地小)

技術開発の途上

4. 再生可能エネルギー

(2) なぜ再生可能エネルギーか

- 化石エネルギーは有限であり、代替するエネルギーが必要
- 地球温暖化問題への対応（再生可能エネルギーはCO2フリー）
- 原子力発電等には大規模電源リスク（停止した場合の影響大）があるが、再生可能エネルギー発電は個々の設備容量が小さく、災害リスク等に強いのではないか
- 太陽光発電等、新しい産業育成・雇用拡大に繋がるのではないか（という期待）

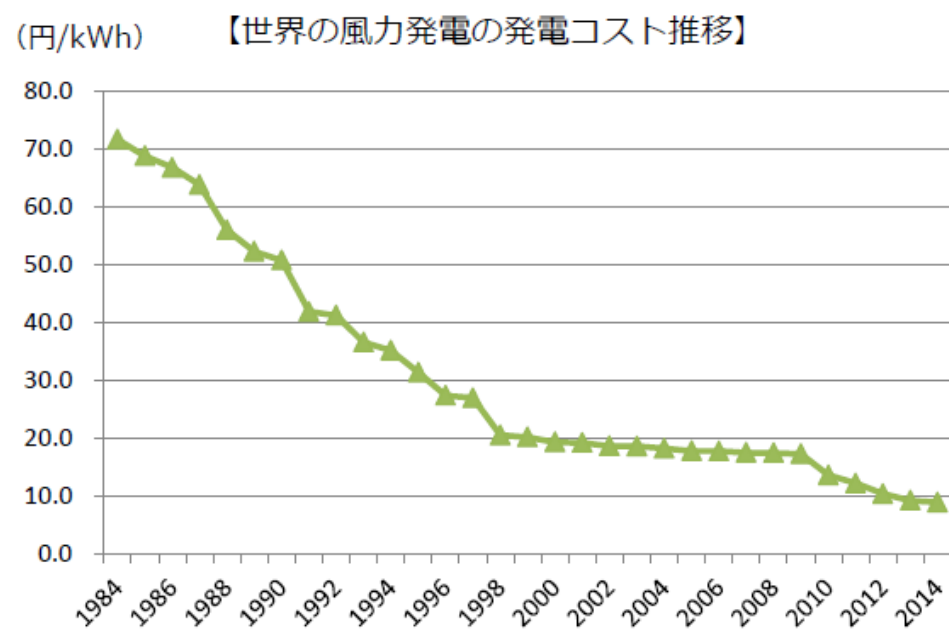
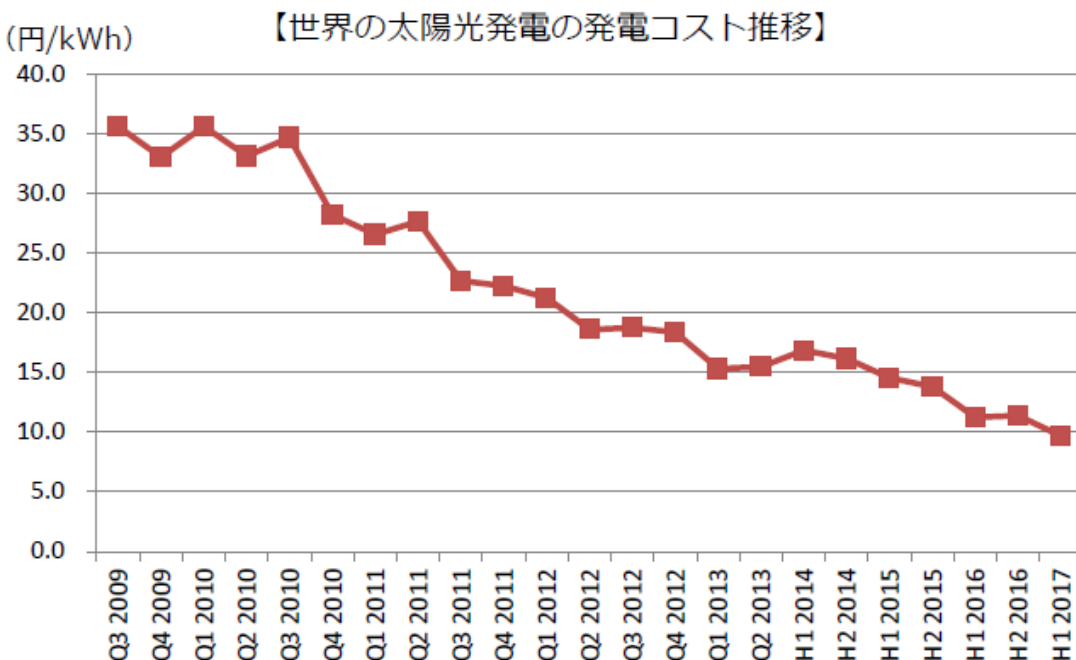
◀ 以上のような理由もあり、日本でも石油危機を契機に1970年代から開発・推進政策が採用されてきた。しかし、導入量は僅かに止まっていた。

- ※ 1986年チェルノブイリ原子力発電所事故により反原子力運動が活発化。しかし新規原子力発電所の建設の減少、2000年代以降の地球温暖化問題への注目の高まりから、**反原子力運動が再生可能エネルギー推進運動へ転換。（これが再生可能エネルギー政策を議論する際の制約に）**
- ※ しかし近年、太陽光発電の設置コストが土地の広く安い地域で急激に低下しており、思想にとらわれない新規参入の拡大で新しいトレンドへ。

4. 再生可能エネルギー

(3) PV・風力発電の発電コスト

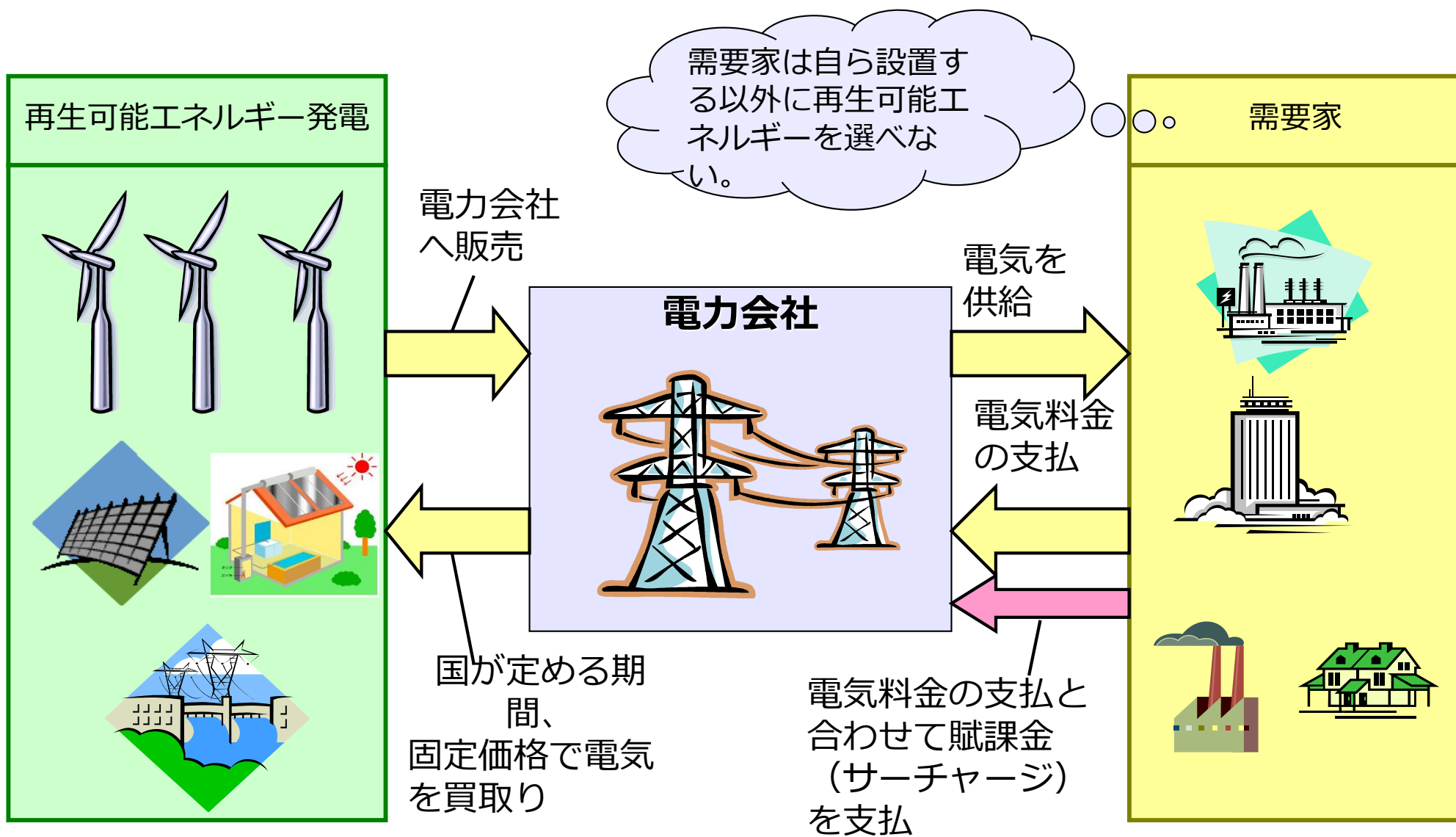
- 世界的に見るとPV・風力発電の発電コストは低減傾向にあり、10円/kWhを切る水準にまで到達している。電気料金に対する競争力だけでなく、事業用発電向けでも競争力が生じつつある。
- 自律的に運転ができない風力発電・太陽光発電が、自家消費・系統販売で拡大した場合、誰が系統安定化の費用を負担するかが今後の大きな課題。



(出所) 資源エネルギー庁「再生可能エネルギーの大量導入時代における政策課題について」(再生可能エネルギーの大量導入時代における政策課題に関する研究会)、2017年5月

4. 再生可能エネルギー

(4) 再生可能エネルギー発電の全量買取制度 (FIT制度)

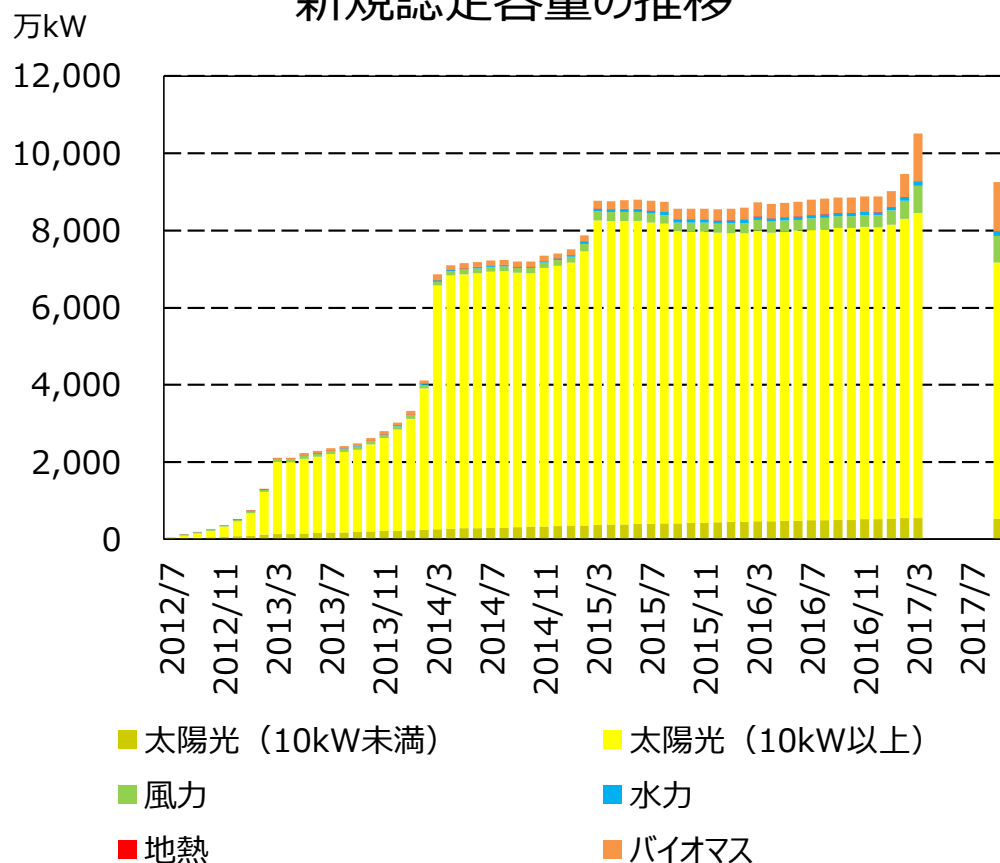


4. 再生可能エネルギー

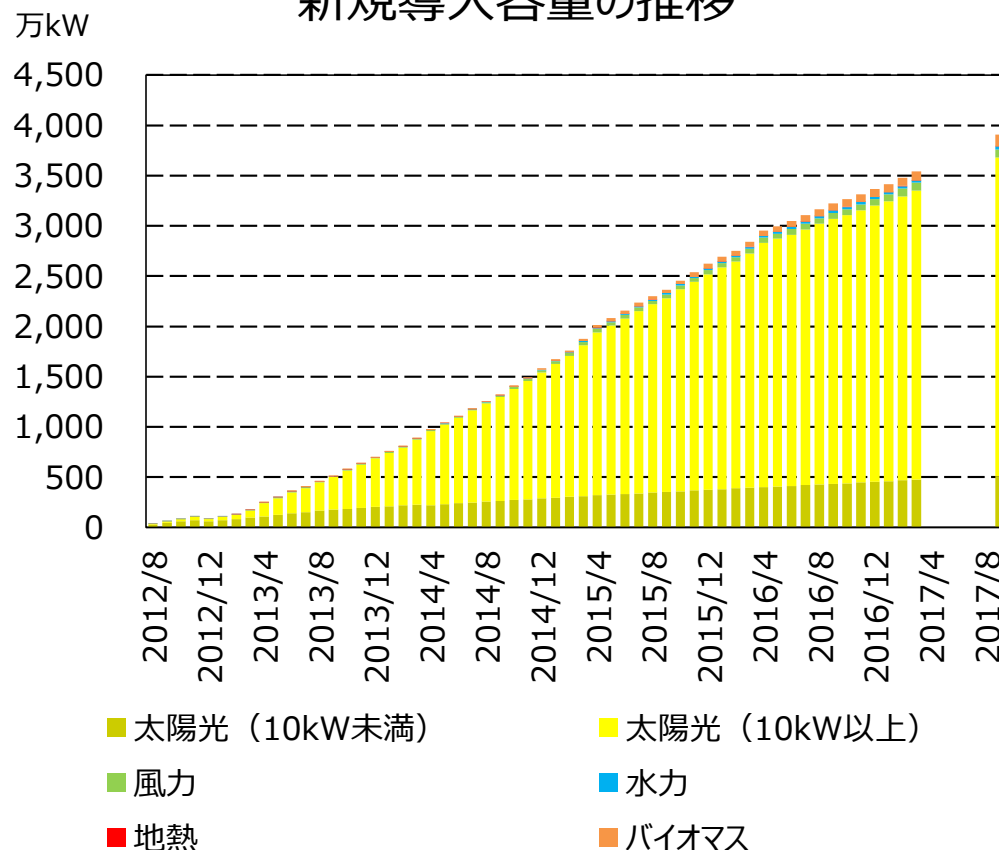
(5) FIT制度による設置状況 ①全国

- FIT法の改正により未稼働案件の見直しが行われたため、2017年4月～8月分は未公表であるが、導入容量は順調に拡大基調にある。従来は太陽光発電中心であったが、入札制度導入等もあり、バイオマス発電の新規認定が増加している。

新規認定容量の推移



新規導入容量の推移

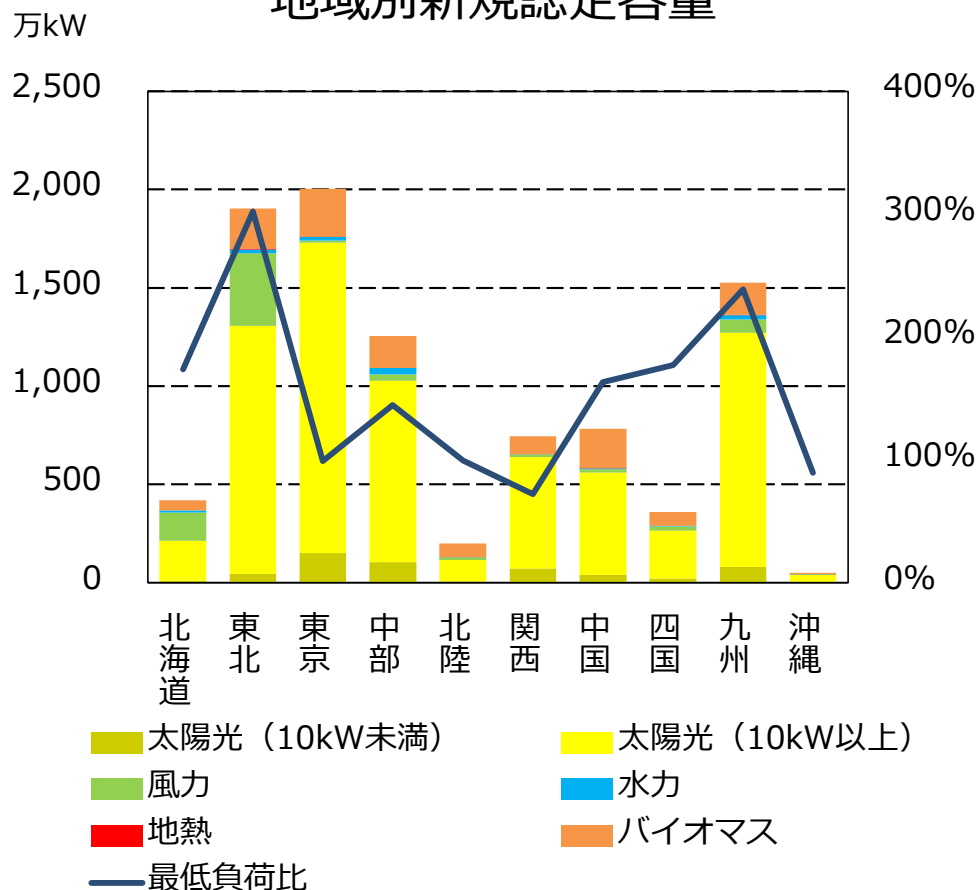


4. 再生可能エネルギー

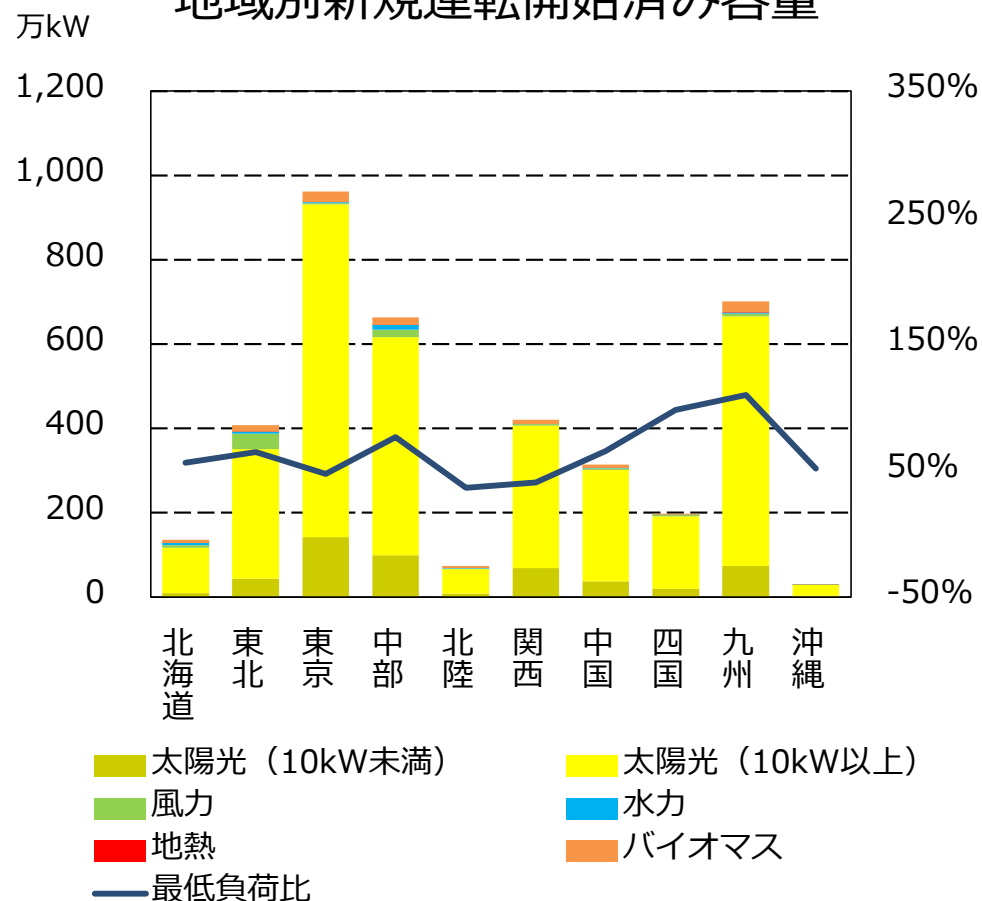
(5) FIT制度による設置状況 ②地域別導入状況 (2017年9月時点)

- FIT設備の導入には地域差が大きい。導入容量で最低負荷を上回っている地域は少ないが、認定容量では多くの地域で最低負荷を上回っている。

地域別新規認定容量



地域別新規運転開始済み容量

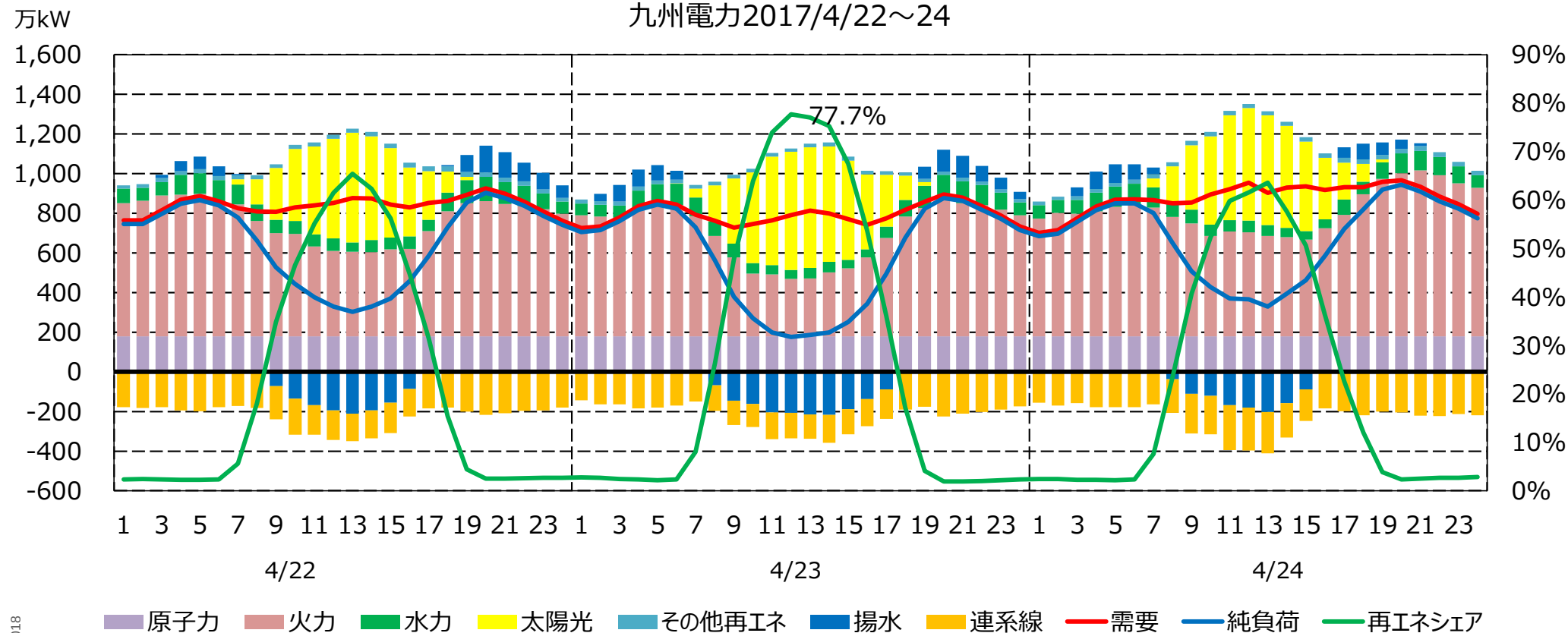


4. 再生可能エネルギー

(6) 純負荷のダックカーブ化

- 2017年4月23日に九州電力管内で再生可能エネルギー発電の割合は最高で需要の77.7%を記録した。当日は揚水による水の汲み上げと域外への電力輸出で供給過剰を回避。
- 純負荷（＝需要－再生可能エネルギー）がダックカーブ化（朝・夕の2度ピーク）が発生し、夕方に向かった急激な純負荷増加への対応が課題。

九州電力2017/4/22～24



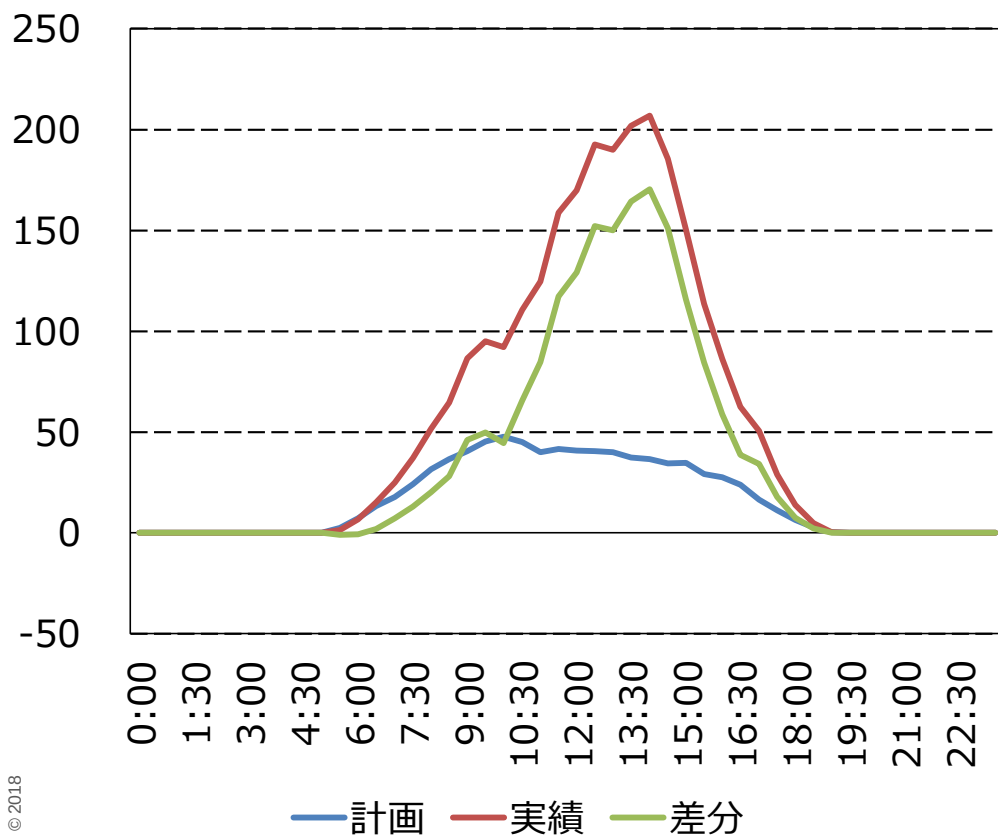
(出所) 九州電力「系統情報の公開」より作成

4. 再生可能エネルギー

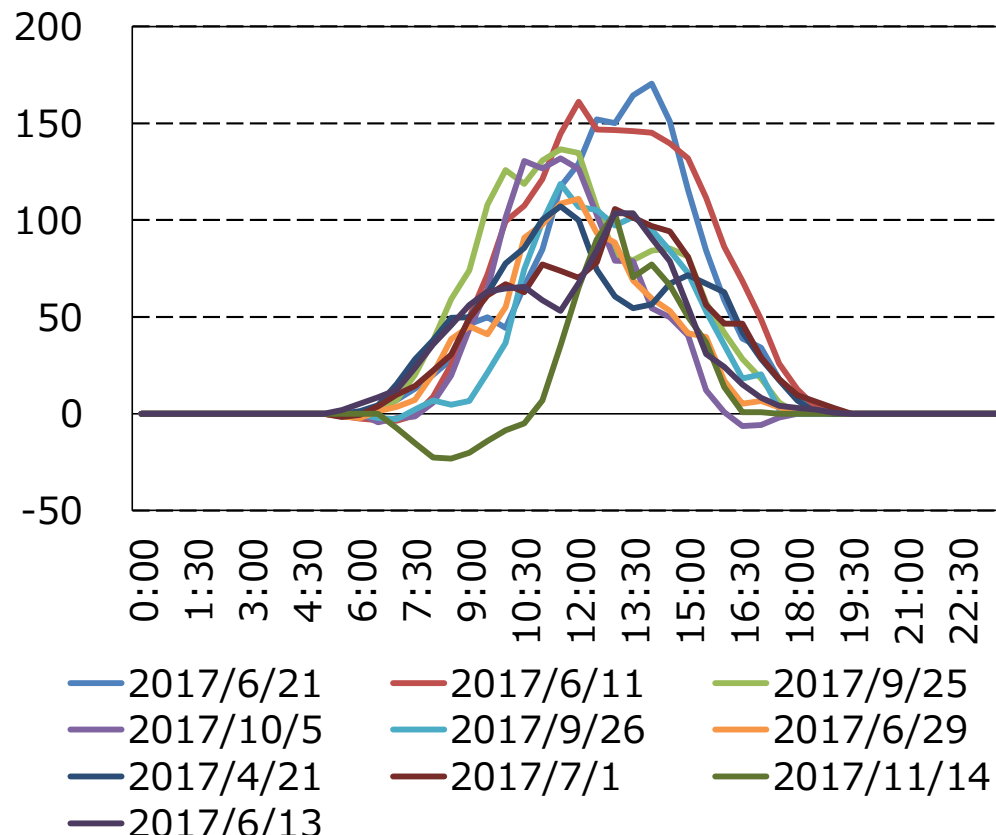
(7) 九州電力太陽光発電2017年度上げ方向誤差

- 太陽光発電は天気予報が外れた場合の影響が大きい。九州電力では2017年に予測誤差が最大で150万kW以上を記録した。当日に天気予報の外れが明らかになる場合があり、数時間で100万kW以上の供給力を追加投入したり、抑制する必要がある。
- なお多くの太陽光発電は常時監視対象ではないため、推計値で需給調整が行われている。

万kW 2017/6/21の太陽光発電計画値と実績値



万kW 2017年度予測誤差上位10日の時間別誤差

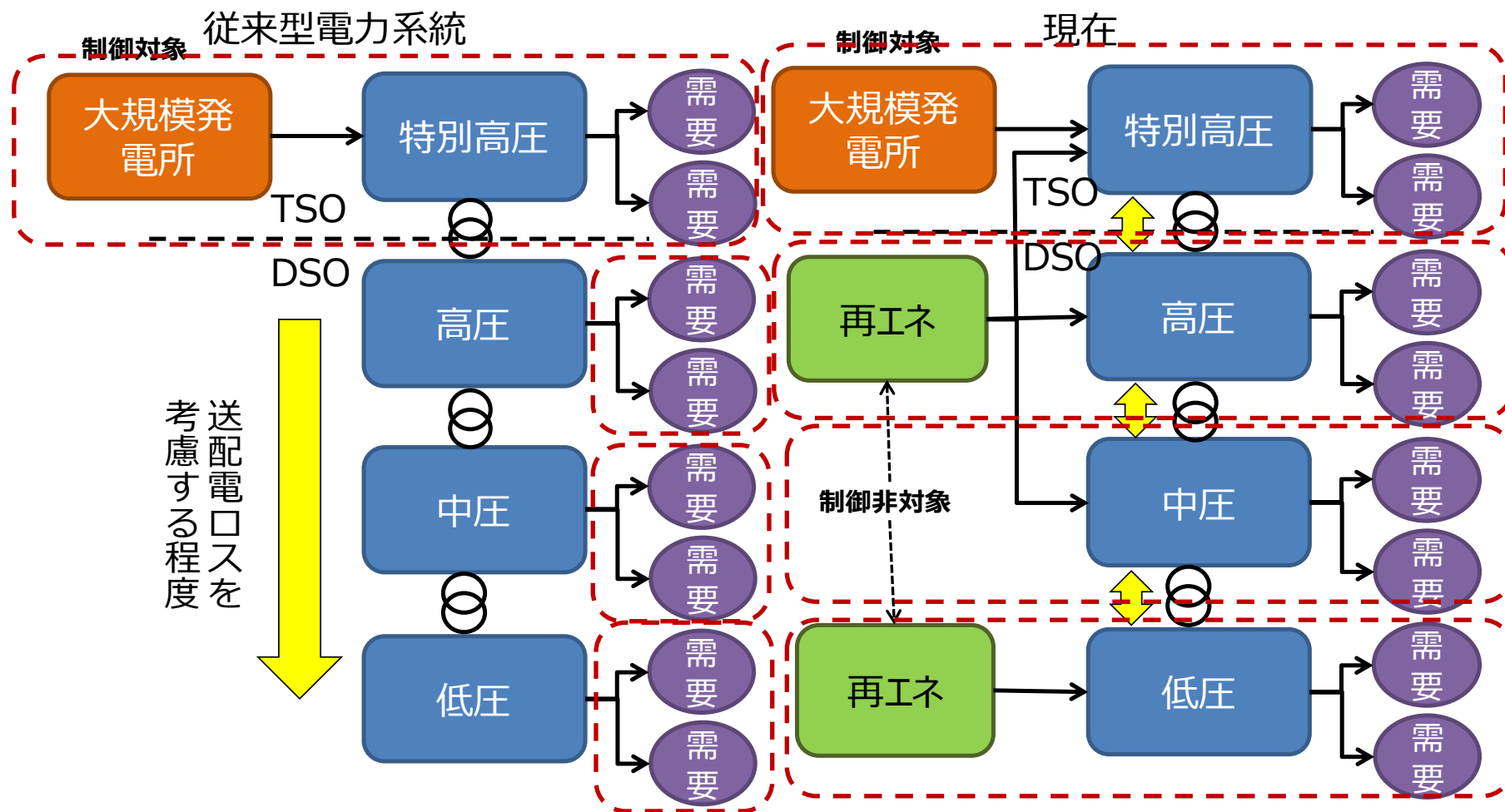


(出所) 九州電力「FIT特例(1) 電源(太陽光・風力)の想定値及び実績値」より作成

4. 再生可能エネルギー

(8) 連系する電圧と接続制約

- 従来は効率性の追求から大規模電源を開発して送電系統へ連系し、電圧を下げながら需要家へ電力を供給していた。
- 再生可能エネルギー発電はそれより下の電圧で連系するものが多く、変電所の容量不足による制限が発生している。



4. 再生可能エネルギー

(9) 接続容量増加に向けた取り組み

- 再生可能エネルギー発電の導入拡大で変電所等の容量不足で接続が困難となった地域が増えたことで、電源接続募集を行い増強費用の負担平準化を進めている。一方で早期に接続を希望する事業者もいることから、広域機関で日本型Connect and Manage (C&M) の検討を進めているところ。

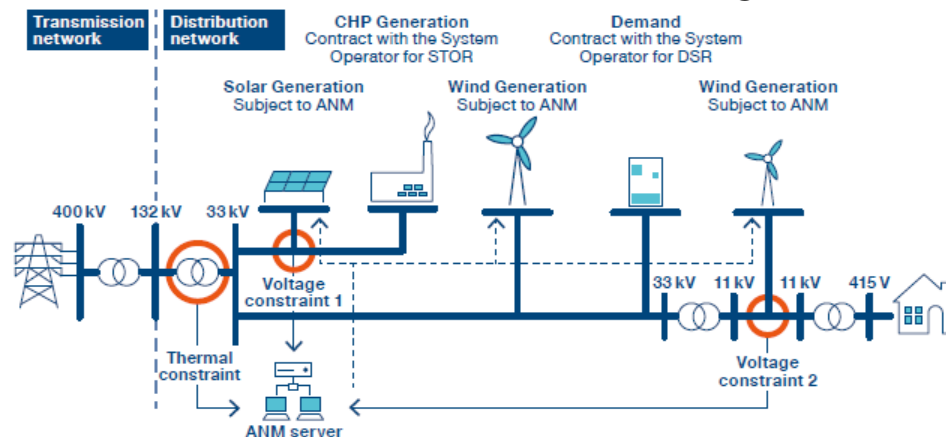
電源接続案件募集プロセス実施中地域

地域	主催者	募集対象
東北	広域機関 6件	福島県白河エリア、東北北部エリア、宮城県白石丸森エリア、福島県浜通り南部エリア、福島県沢上エリア、福島県会津エリア
	東北電力 4件	福島県南エリア、青森県八戸エリア、福島県矢吹石川エリア、新潟県村上エリア
東京	東京電力 3件	栃木県北部・中部エリア、山梨県北西部エリア、千葉県南部エリア
中部	広域機関	岐阜県北エリア
四国	広域機関	高知県東部エリア
九州	広域機関 13件	宮崎県都城エリア、宮崎県日向・一ツ瀬エリア、大分県速見エリア、大分県西大分エリア、大分県日田エリア、鹿児島県霧島エリア、鹿児島県大隅エリア、熊本県人吉エリア、熊本県御船・山都エリア、鹿児島県入来エリア、宮崎県紙屋エリア、福岡県北九州市若松響灘エリア、熊本県阿蘇・大津エリア

広域機関で検討中のC&M

- N-1 電制（N-1 故障時瞬時電源制限）：電力設備の単一故障発生時に出力抑制を行う条件で接続するもの
- ノンファーム型接続（平常時出力抑制条件付き電源接続）：N-1電制以外の要因でも出力抑制の可能性ありの条件で接続するもの

イギリスのActive Network Management



(注) 実施済みの地域はこの他に7件ある。

(出所) 電力広域的運営推進機関「発電設備等系統アクセス業務に係る情報の取りまとめ（平成29年7月～9月の受付・回答分）」、2017年11月

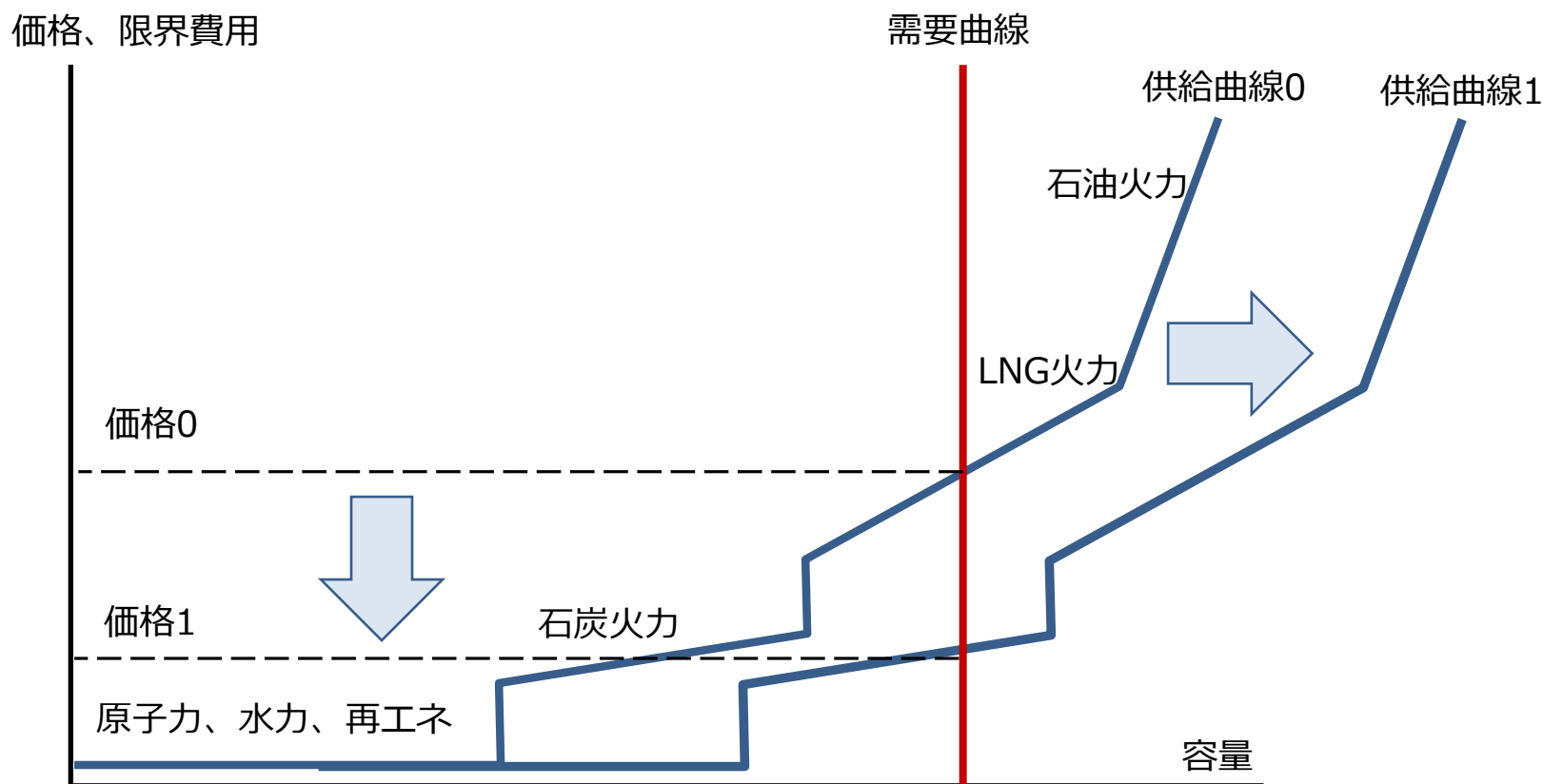
(注) 系統制約の発生がANMサーバーに送信され、再生設備の抑制で制約解消（分散型処理）

(出所) National Grid, "System Operability Framework", 2016年11月⁴⁴

5. 今後の課題

(1) 調整用LNG火力の確保

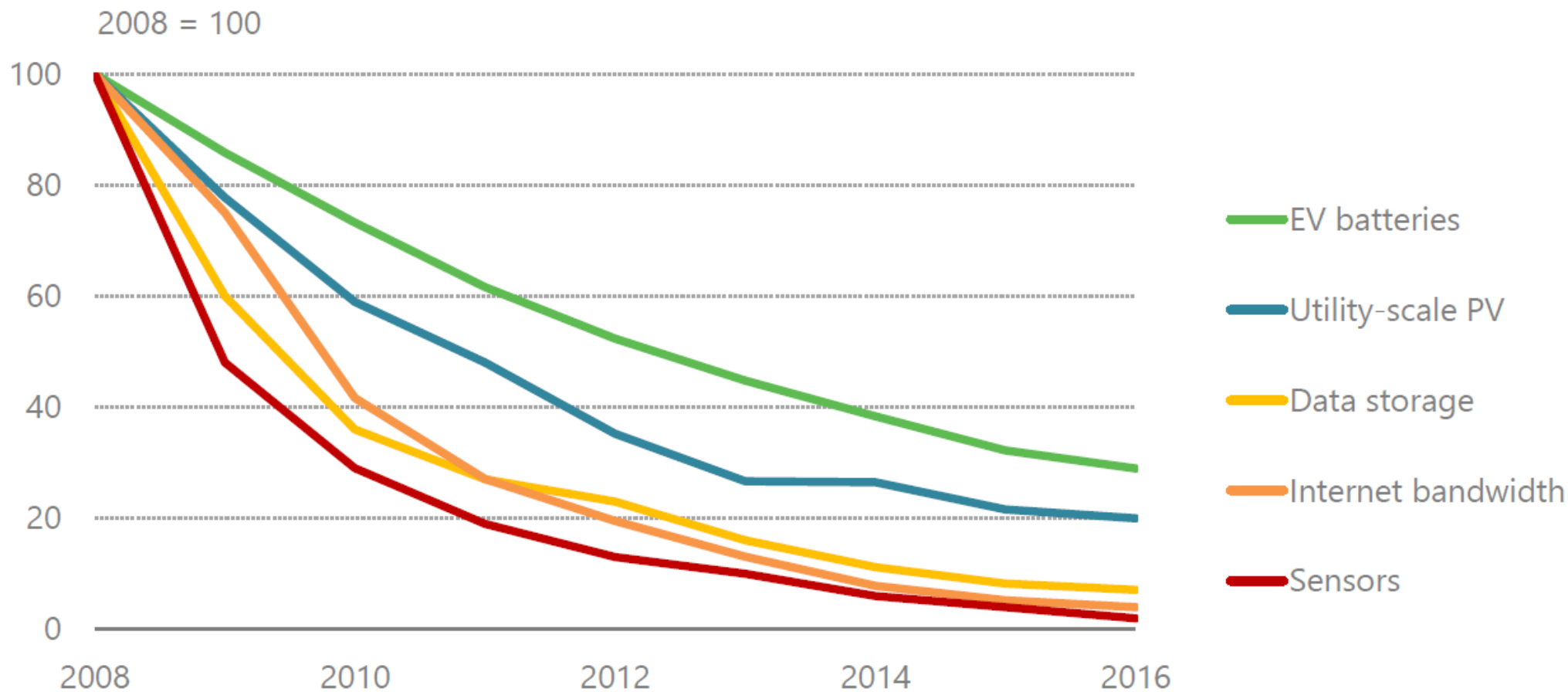
- FIT制度による再生可能エネルギー発電の急激な導入拡大で、供給過剰になりやすい。既存事業者は石油火力の廃止を進めている。
- 再生可能エネルギー発電導入拡大で純負荷の変動が激しくなり、調整能力の高いLNG火力発電がより必要になる見込み。しかし卸電力価格の低下により、新規LNG火力発電投資をしても固定費を回収できる見込みが低下。発電所の建設には時間を要するため、時間的整合性確保が課題。



5. 今後の課題

(2) デジタル化・分散化

- 近年、蓄電池や太陽光発電といった分散型供給力の価格が低下しているが、デジタル化の前提となるデータ保存、インターネット、センサー等の価格も大きく低下している。
- EV（電気自動車）・PV（太陽光発電）の活用や、IT（情報通信）技術の活用で電気事業のあり方の見直しが進む可能性。



(出所) IEA, "Digitalisation and Energy: a spotlight on industry"

5. 今後の課題

(3) 各供給力の特性

- 再生可能エネルギー発電が増加し、火力発電が減少した場合、火力発電が担っていた機能をいずれかの電源が代替する必要がある。これまで給電の補完として需要応答と蓄電池が期待されていたが、その他の機能の補完も重要。

	ガス火力	石炭火力	原子力	風力	太陽光	貯水式水力	流込式水力	需要応答	貯蔵
発電	●	●	●	●	●	●	●	N/A	N/A
給電	●	●	△	×	×	●	×	●	●
燃料制約	●	●	●	×	△	●	△	△	△
起動時間	●	×	×	N/A	N/A	●	N/A	●	●
応答率	●	△	×	N/A	N/A	●	N/A	●	●
慣性力	●	●	●	△	×	●	●	×	×
周波数応答	●	△	×	×	×	●	×	×	●
無効電力	●	●	●	△	△	●	△	N/A	N/A
最低負荷制約	●	△	×	N/A	N/A	●	N/A	●	●
ブラックスタート	●	N/A	N/A	×	×	●	●	N/A	△
貯蔵性	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	△	N/A	N/A	●
需要地近接性	●	△	△	△	●	×	×	●	●

補完

補完？

(注) ●：相対的に有利、△：中立、×：相対的に不利

(出所) Brattle Group, "Diversity of Reliability Attributes - A Key Component of the Modern Grid", 2017年5月

まとめ

- 従来は火力発電、原子力発電及び水力発電を中心とした大規模集中型電力システムが形成されて来た。規模の経済性があるとして、規制により事業が営まれて来た。
- しかしガスタービン技術の登場により、規模の経済性が失われたとして、発送電分離を中心とする電力自由化が推進されるようになった（ガスが安価でガス発電に競争力がある場合に有効）。
- 2000年代半ば移行、再生可能エネルギー発電への支援が強まり、欧州を中心に導入が進展、中国等で量産化されることで太陽光発電の低価格化が進行している。変動費の小さな電源が増えたことで電気の価値が低下し、火力発電等の大規模電源の新設が難しくなっている。
- 今後は火力発電・原子力発電が縮小していく中、火力発電が担っていた機能を何で代替するのか重要になっていく。デジタル化のコストが低下する中、こういった産業となっていくのか模索が続く状態にある。