

---

# 電気事業者としての 原子力利用の将来展望

2017年4月11日

電気事業者連合会

---

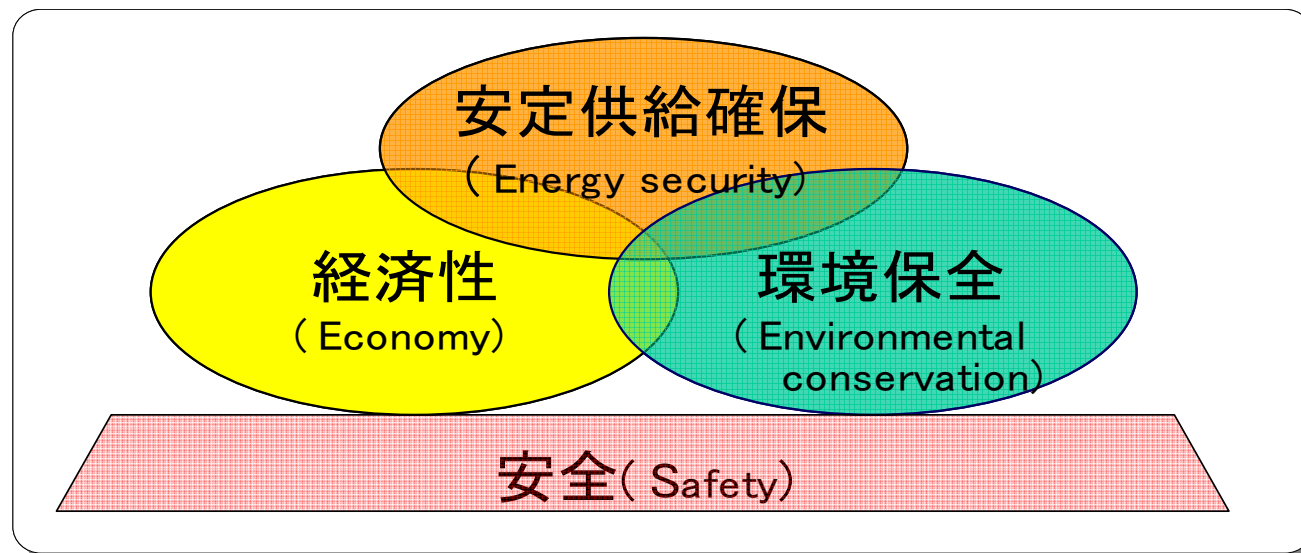
## 目次

1. エネルギーミックスの再構築
2. 原子力発電所の再稼働に向けて
3. 安全性向上の取組み
4. 原子燃料サイクルの推進
5. 世界の原子力発電動向
6. 将来の展望

# 1. エネルギーミックスの再構築

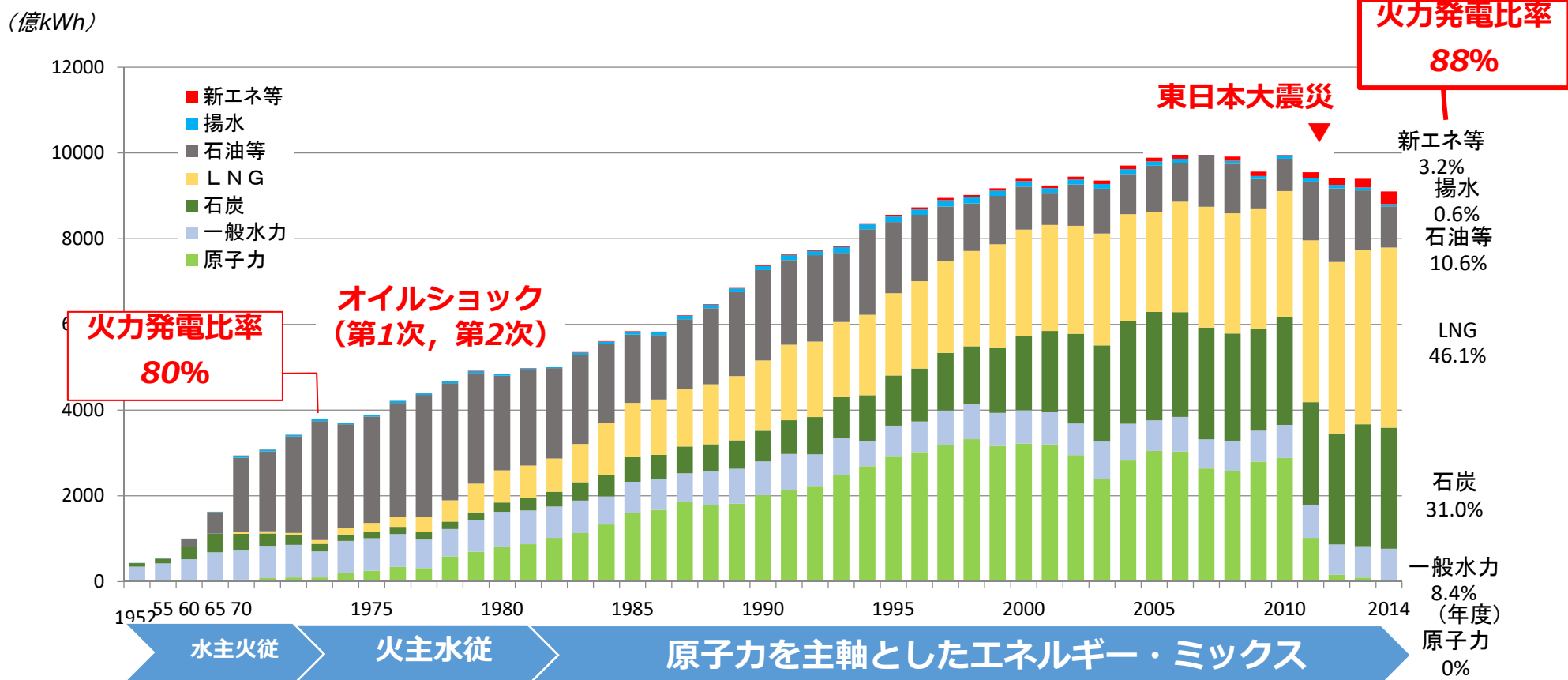
### 3 Eの構築に原子力は不可欠

- 資源に乏しい日本においては、「S + 3 E」の観点から、多様なエネルギー源を組み合わせることが必要です。
- 日本においては、これまで、特定のエネルギー源に依存することなく、バランスのとれたエネルギーミックスを実現してきました。
- エネルギー源の中でも、原子力は3 Eのすべての点において優れた特性を持っており、エネルギーミックスの一翼として欠かすことができない重要電源です。
- 震災以降、原子力の停止が長期化し、火力への過度な依存が続いていますが、原子力も含めて多様な選択肢を確保し、バランスのとれたエネルギーミックスを再構築する必要があります。



# 【安定供給確保】 日本の発電電力量構成比の推移

- オイルショックの反省を踏まえ、脆弱なエネルギーセキュリティの改善に向け電源構成を多様化してきた。
- 震災後原子力発電所の停止により火力発電比率は、2014年度には88%を超え、オイルショック時（1973年度：80%）を上回っている。



低廉・大量の供給力確保  
 ※一般電気事業者の合計（受電含む）

オイルショックを経た脱石油

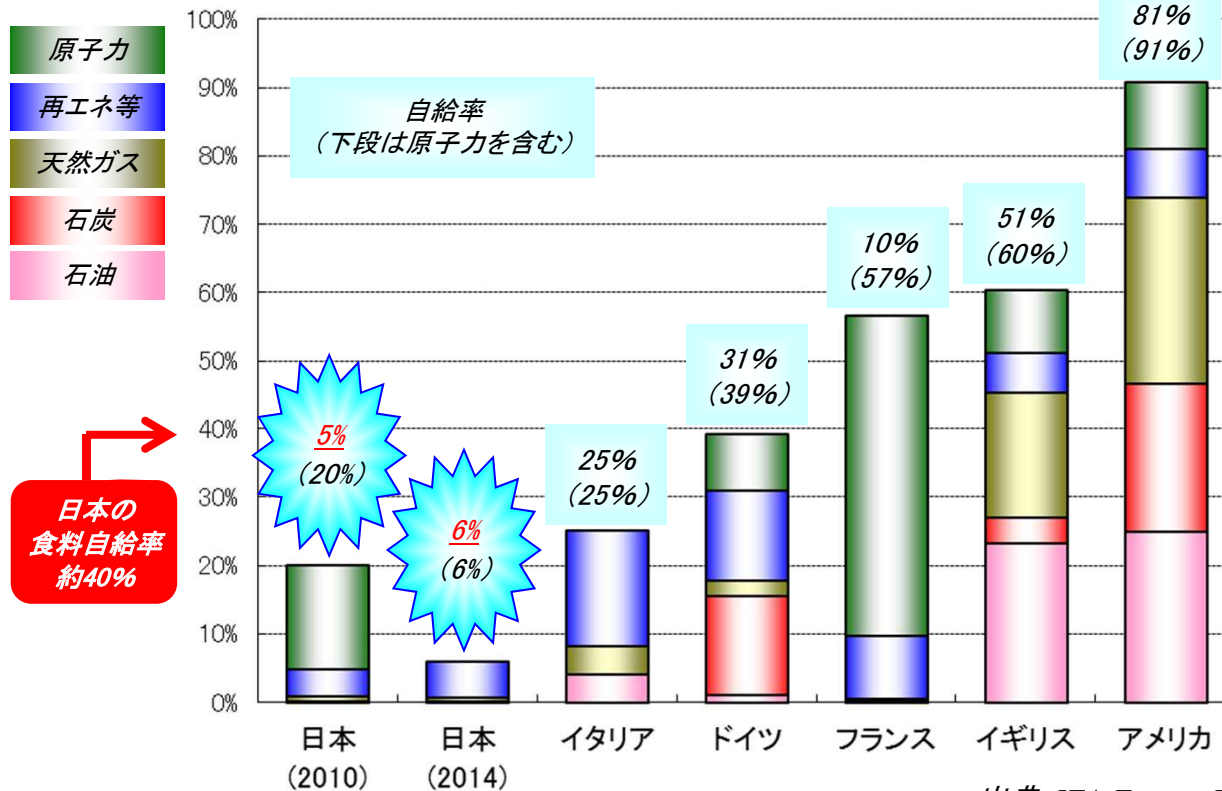
地球温暖化問題への対応

【出典】エネルギー白書2015（2014データは原子力・エネルギー図面集2016による）

# 【安定供給確保】各国のエネルギー自給率の比率

- ▶ 日本のエネルギー自給率はわずか6%で、エネルギーセキュリティ上、極めて脆弱な構造。
- ▶ 原子力は、高い備蓄効果を有しており、海外からのエネルギー供給が途絶した場合であっても、直ちに発電停止に至ることはなく、対策を講じる時間的猶予を確保。

【各国のエネルギー自給率】



【原子力の備蓄効果】

LNG	約14日
石油	約170日 (法定備蓄)
石炭	約30日
原子力	約2.7年程度

出典: 長期エネルギー需給見通し小委員会

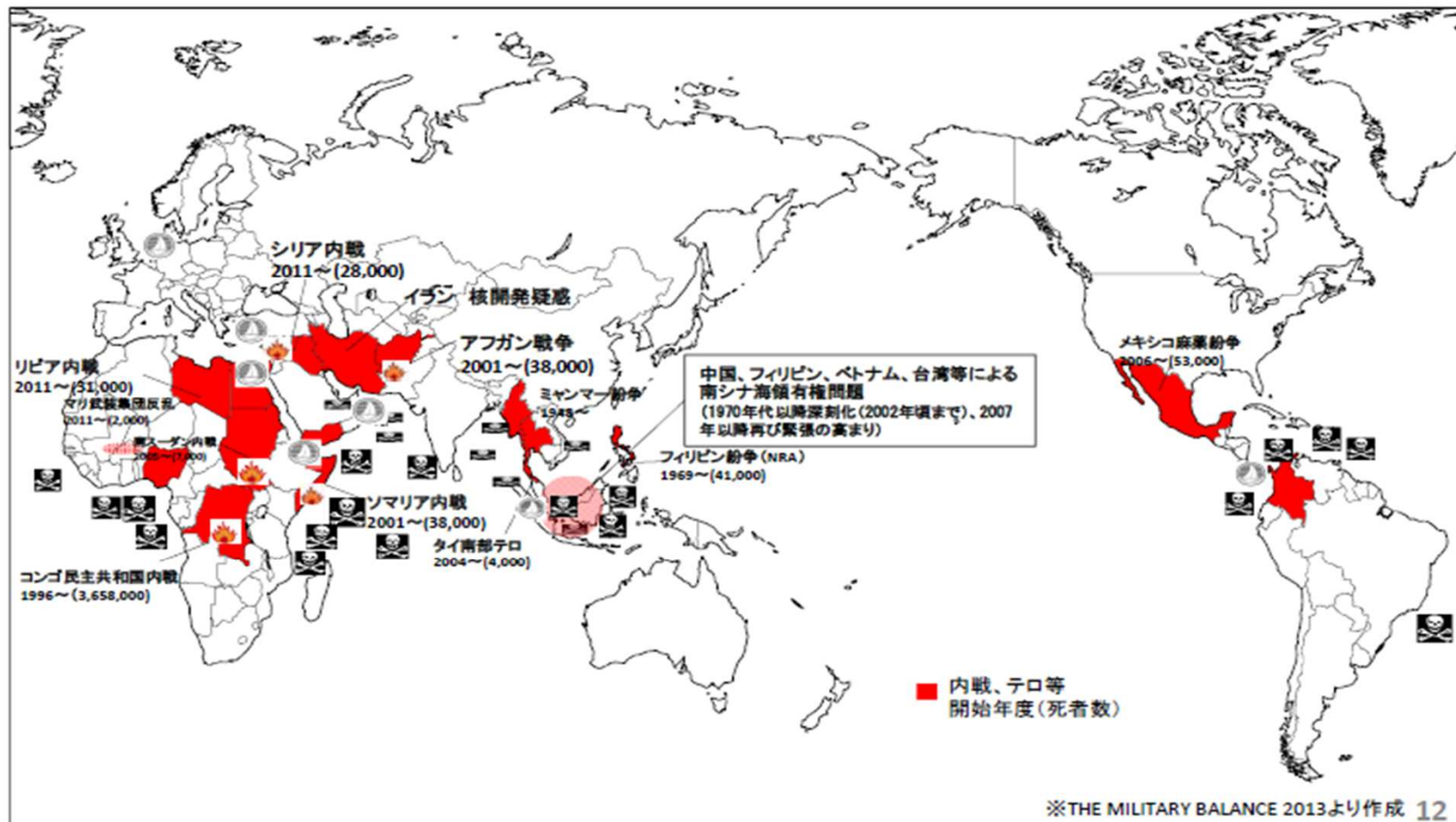
出典: IEA Energy Balances 2016 Edition

- ・端数処理の関係で合計が一致しない場合がある。
- ・数値は2014年実績

日本の食料自給率約40%

## 【安定供給確保】 資源調達を巡る地政学的リスク

- 震災以降、原子力の停止が長期化し、LNGをはじめとする火力の発電量が大幅増加。
- 原油の8割以上、LNGの約3割は中東に依存（特に、LNGの中東依存度は震災前の約2割から大幅に上昇）。ホルムズ海峡等で何らかの危機や封鎖が生じた場合には、調達が困難となるリスクがある。

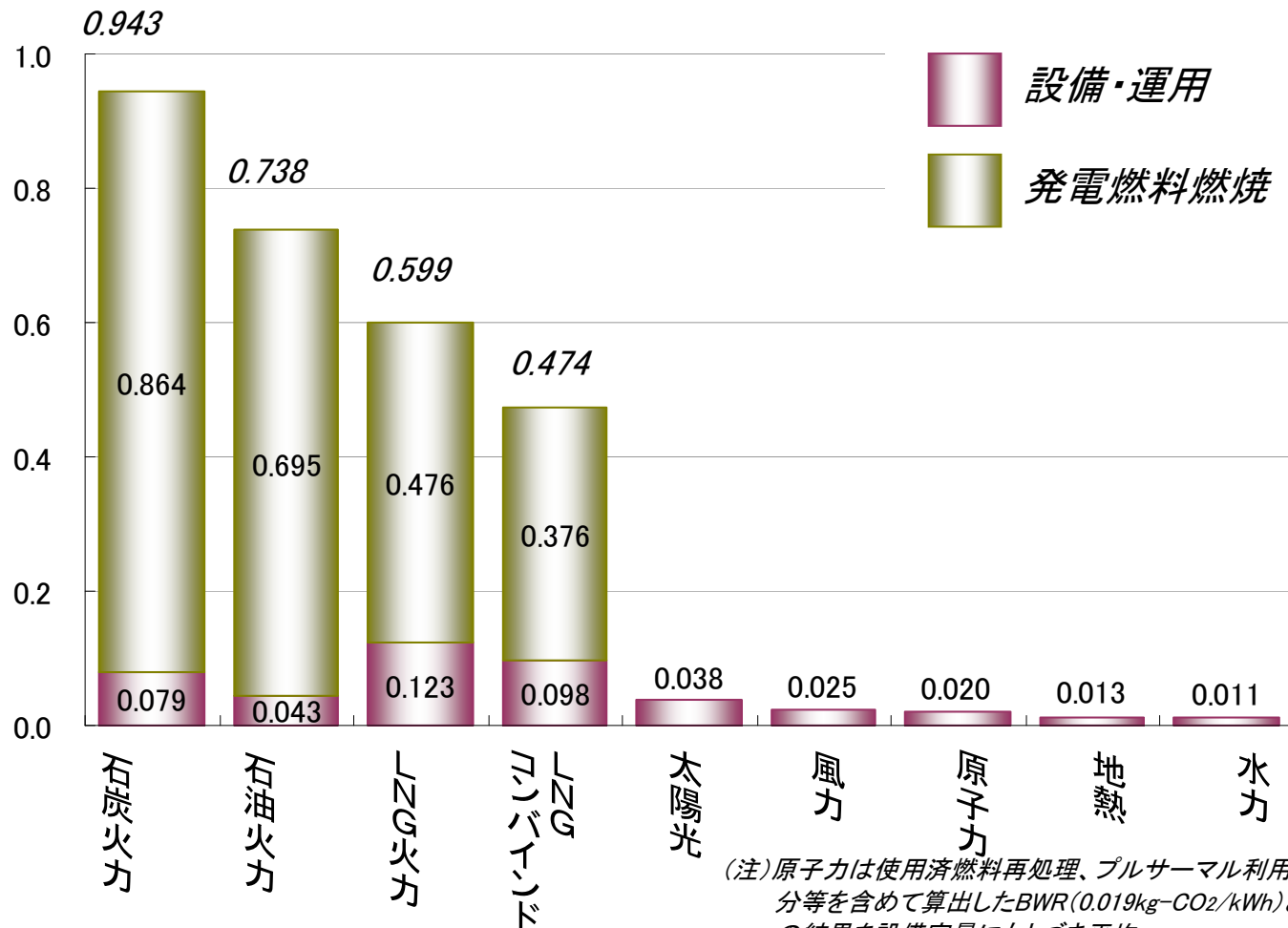


## 【環境保全】 電源別ライフサイクルCO<sub>2</sub>の比較

➤ 原子力は発電時にCO<sub>2</sub>を発生せず、地球温暖化対策として極めて有効な手段の一つ。

### 【電源別ライフサイクルCO<sub>2</sub>の比較】

kg-CO<sub>2</sub>/kWh(送電端)



(注) 原子力は使用済燃料再処理、プルサーマル利用、高レベル放射性廃棄物処分等を含めて算出したBWR(0.019kg-CO<sub>2</sub>/kWh)とPWR(0.021kg-CO<sub>2</sub>/kWh)の結果を設備容量にもとづき平均。

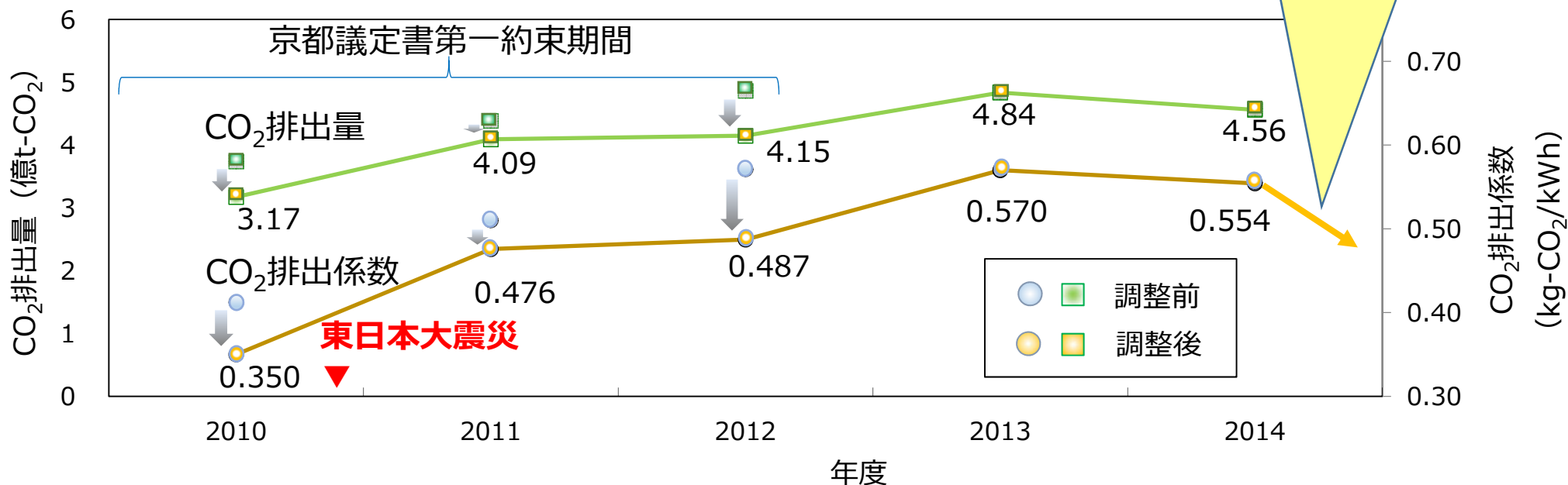
出典: 電力中央研究所報告書



## 【環境保全】 電気事業からのCO<sub>2</sub>排出量

➤ 原子力停止に伴い、化石燃料の消費量が激増し、CO<sub>2</sub>排出量は1億トン以上増加。

【CO<sub>2</sub>排出量および排出係数の推移】

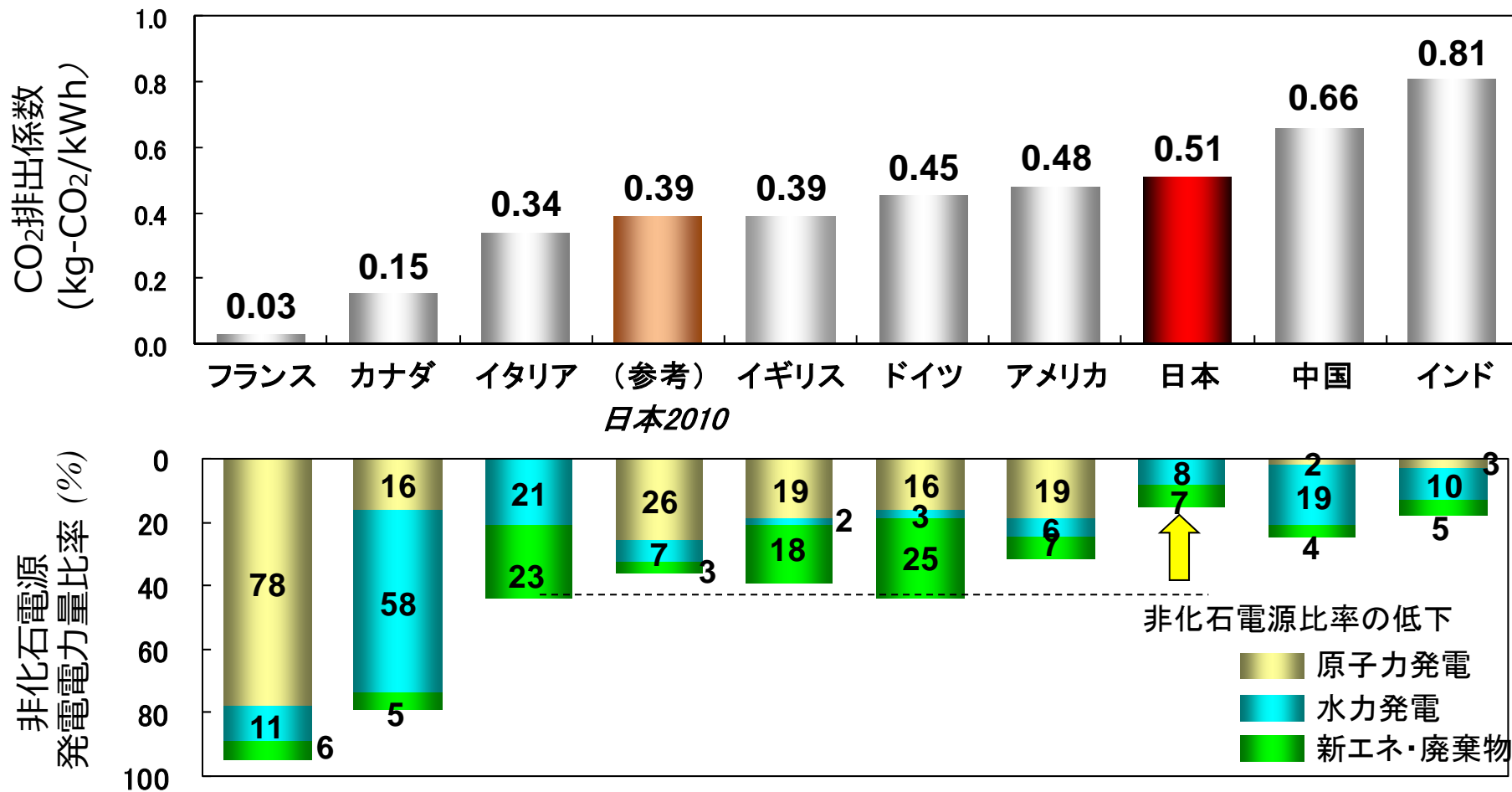


出典：電気事業における環境行動計画2015

\* 値については、「電気事業者ごとの実排出係数及び調整後排出係数の算出及び公表について」に定められた算出方法に基づき、京都メカニズムクレジット等や太陽光発電の余剰買取制度、再生可能エネルギーの固定価格買取制度に伴い調整したもの。なお、京都議定書第一約束期間(2008~2012年度)における値は、温対法で定められた方法により、5か年合計で約2.7億t-CO<sub>2</sub>のクレジットを反映。

# 【環境保全】 CO<sub>2</sub>排出係数の上昇

▶ 非化石電源比率の低下により、日本の電力におけるCO<sub>2</sub>排出係数は、海外との比較においても大きく後退。



\* 2014年の値  
 \* 出典: IEA Energy Balances 2016 Edition  
 \* 日本は自家用発電設備も含む \* CHPプラント(熱電併給)も含む

## 【環境保全】 温室効果ガス削減目標 (パリ協定における各国の約束草案)

- 日本は、エネルギーミックスを踏まえて、実現可能な**2030年度削減目標**として、**2013年度比 26%減**を提示

	1990年比	2005年比	2013年比
日本	▲18.0% (2030年)	▲25.4% (2030年)	<b>▲26.0%</b> <b>(2030年)</b>
米国	▲14~16% (2025年)	<b>▲26~28%</b> <b>(2025年)</b>	▲18~21% (2025年)
EU	<b>▲40%</b> <b>(2030年)</b>	▲35% (2030年)	▲24% (2030年)

※ 米国は2005年比の数字を、EUは1990年比の数字を削減目標として国連に提出

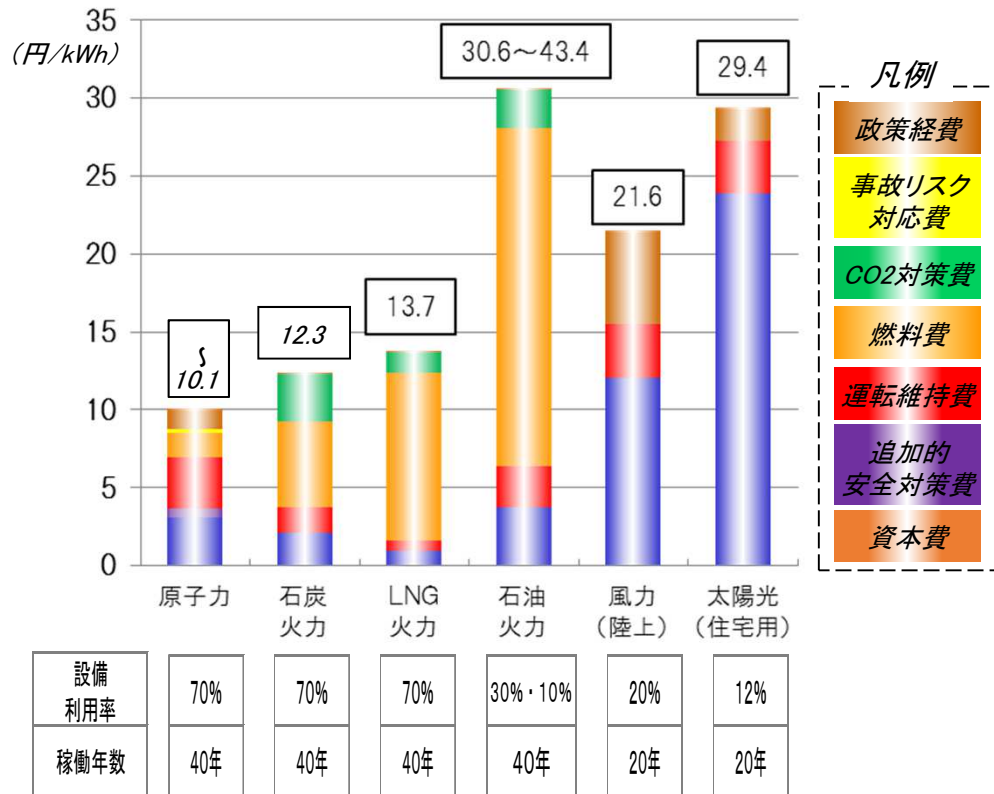
### 【CO<sub>2</sub>削減に向けた取組み】

- 安全確保を大前提とした原子力発電の活用
- 再生可能エネルギーの活用
- 火力発電設備の高効率化
- 低炭素社会に資する省エネ・省CO<sub>2</sub>サービスの提供

# 【経済性】各電源の1kWh当たりの発電コスト

- 原子力の発電コストは他の発電方法と比べても遜色ない水準。また、原子力は発電コストに占める燃料費の割合が小さいため、燃料価格変動の影響を受け難い。
- ウラン燃料はエネルギー密度が高く、一度原子炉に燃料を入れると、取替無しで1年間発電が可能。

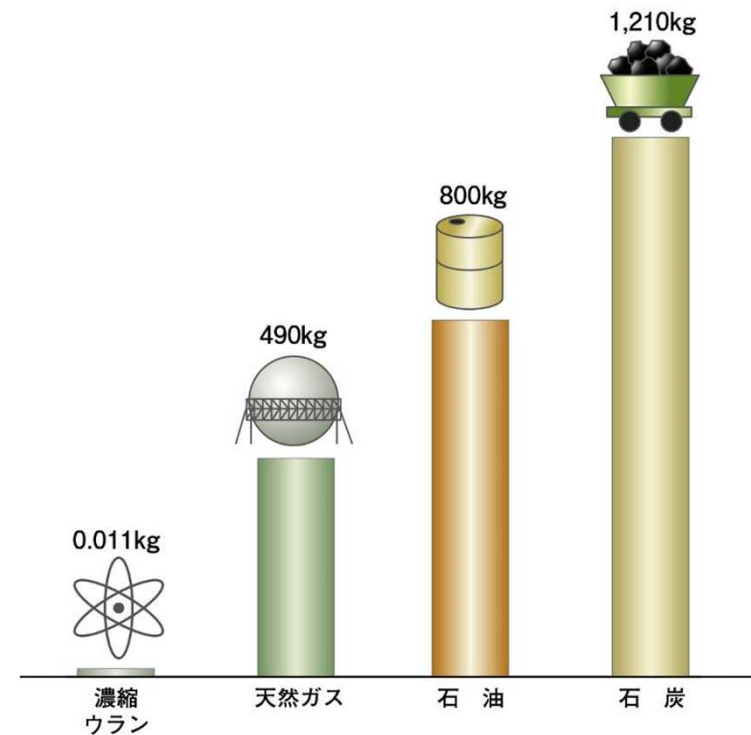
【各電源の1kWhあたりの発電コスト】



【コスト試算のポイント】

- ・追加的安全対策費用やCO2対策費用、原子力の事故リスク対応費用、政策経費等の社会的費用も加算。
- ・事故リスク対応費用は、最低でも0.3円/kWh。損害額が1兆円増加するたびに0.04円コストが上昇。10.1円/kWhはあくまで下限。

【一般家庭1年分の電気を発電するために必要な燃料】



(注)資源エネルギー庁「原子力2010」のデータをもとに、一般家庭の1ヶ月の使用電力量を300kWhとして算出

## 【経済性】 原子力発電所の運転停止による経済的影響

- ▶ 資源の少ない日本にとって、火力発電の焼き増しによるコスト増は、化石燃料の輸入増加により、**国富の流出**となる。

### 【日本全体への燃料費に対する影響】

震災前（2008～2010年度の平均）比で  
2016年度（推計）では、

**約1.3兆円/年**のコスト増

累計では、

**15.5兆円**のコスト増

≡

日本人1人あたり  
2016年度（推計）では、

**約1万円/年**の負担増

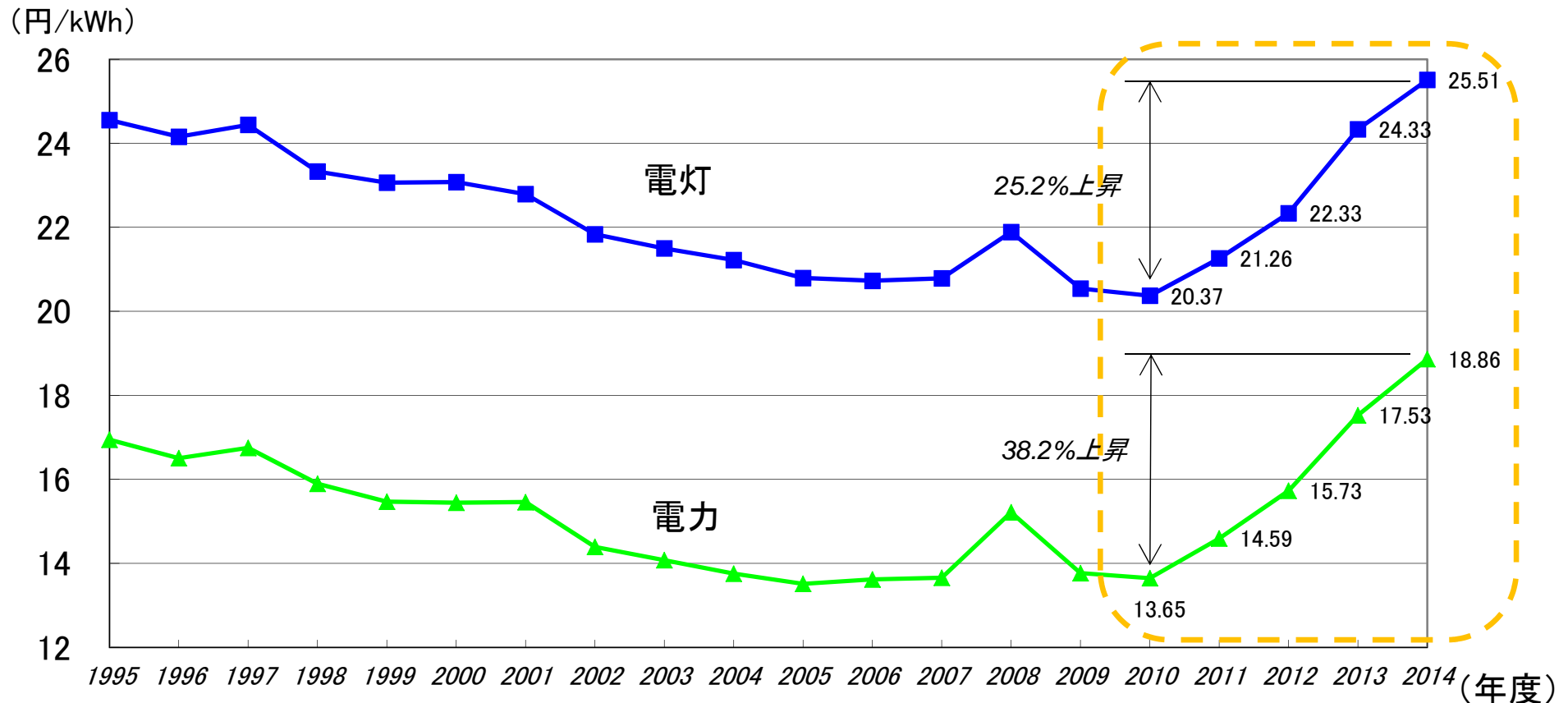
累計では、

**約12万円**の負担増

電力9社	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度
総コスト	14.6兆円	16.9兆円	18.1兆円	19.0兆円	19.3兆円	16.4兆円	16.2兆円
燃料費	3.6兆円	5.9兆円	7.0兆円	7.7兆円	7.2兆円	4.4兆円	4.2兆円
燃料費増	—	<b>+2.3兆円</b>	<b>+3.1兆円</b>	<b>+3.6兆円</b>	<b>+3.4兆円</b>	<b>+1.8兆円</b>	<b>+1.3兆円</b>
燃料費増が 総コストに 占める割合	—	13.6%	17.1%	18.9%	17.6%	10.9%	8.0%

## 【経済性】 電源構成の変化による電気料金の上昇

- 化石燃料依存度の増大、円安方向への推移等により、震災前に比べ、一般家庭部門（電灯料金）の平均単価は約2.5割、工場・オフィス等の産業用（電力料金）の平均単価は約4割上昇している。



(注) 電灯料金は、主に一般家庭部門における電気料金の平均単価で、電力料金は、各時点における自由化対象需要分を含み、主に工場、オフィスなどに対する電気料金の平均単価。平均単価は、電灯料収入、電力料収入をそれぞれ電灯、電力の販売電力量 (kWh) で除したもの。

(出典) 電気事業連合会「電力需要実績」、「電気事業便覧」を基に作成

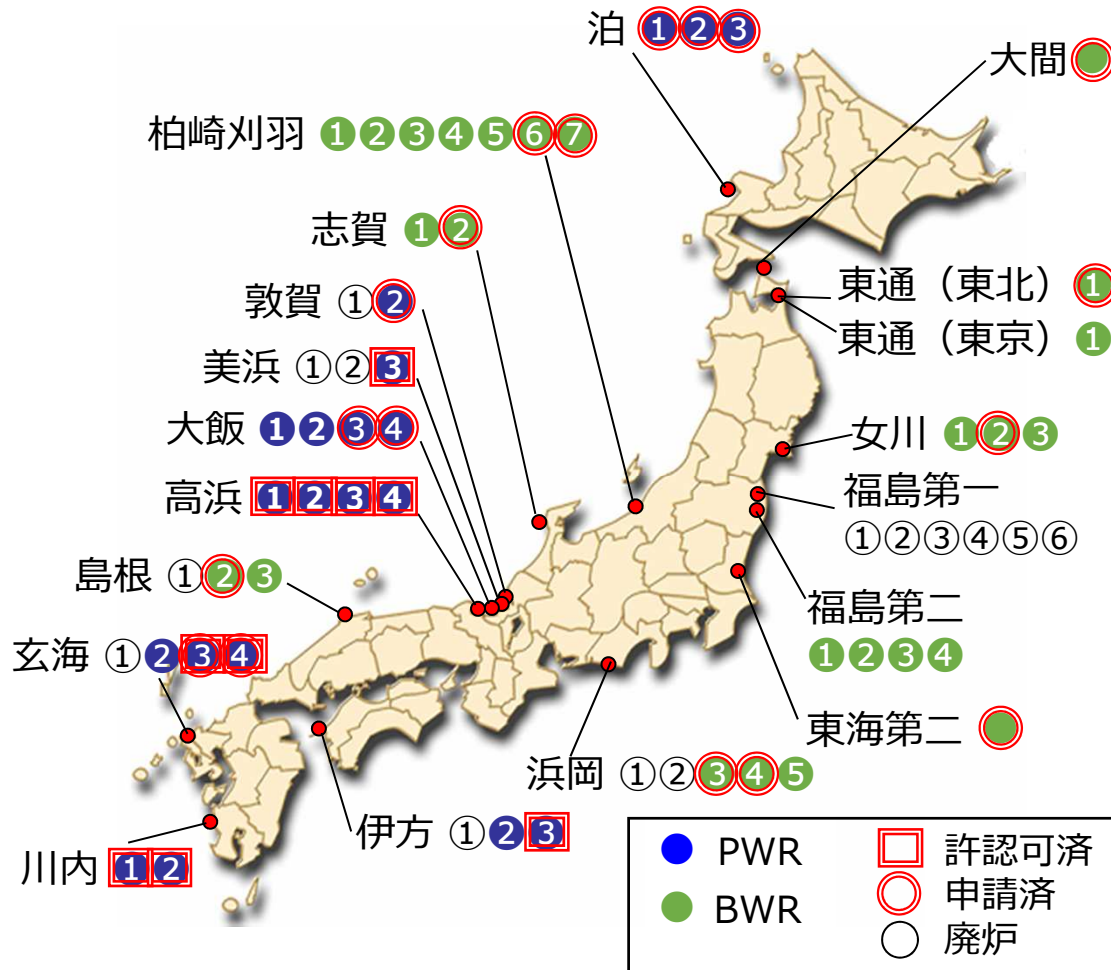
- 地元理解者からの不信感、理解活動の停滞
- 人材の枯渇  
将来の原子力ビジョンが見えなければ、原子力を志望する学生が減るなど、原子力事業者、メーカー、協力会社等において、人材、特に若手の原子力離れが継続。  
長期停止による運転・保守経験の不足
- 原子力関連メーカー（例：原子燃料製造メーカー等）における事業縮小  
原子力発電所の長期停止による工事量や燃料加工量の減少に伴い、工事会社や燃料成型加工メーカーでは経営的に苦境。
- 世界の原子力産業界における日本の位置づけの低迷  
原子力プラントメーカーを国内に有する国においては、現在も原子力発電を一定規模を維持

## 2. 原子力発電所の再稼働に向けて



# 再稼動に向けた審査の状況①

- 新規制基準適合性に係る申請を26基 (PWR:16基、BWR:10基) が実施
- うち10基 (PWR) が許認可済み

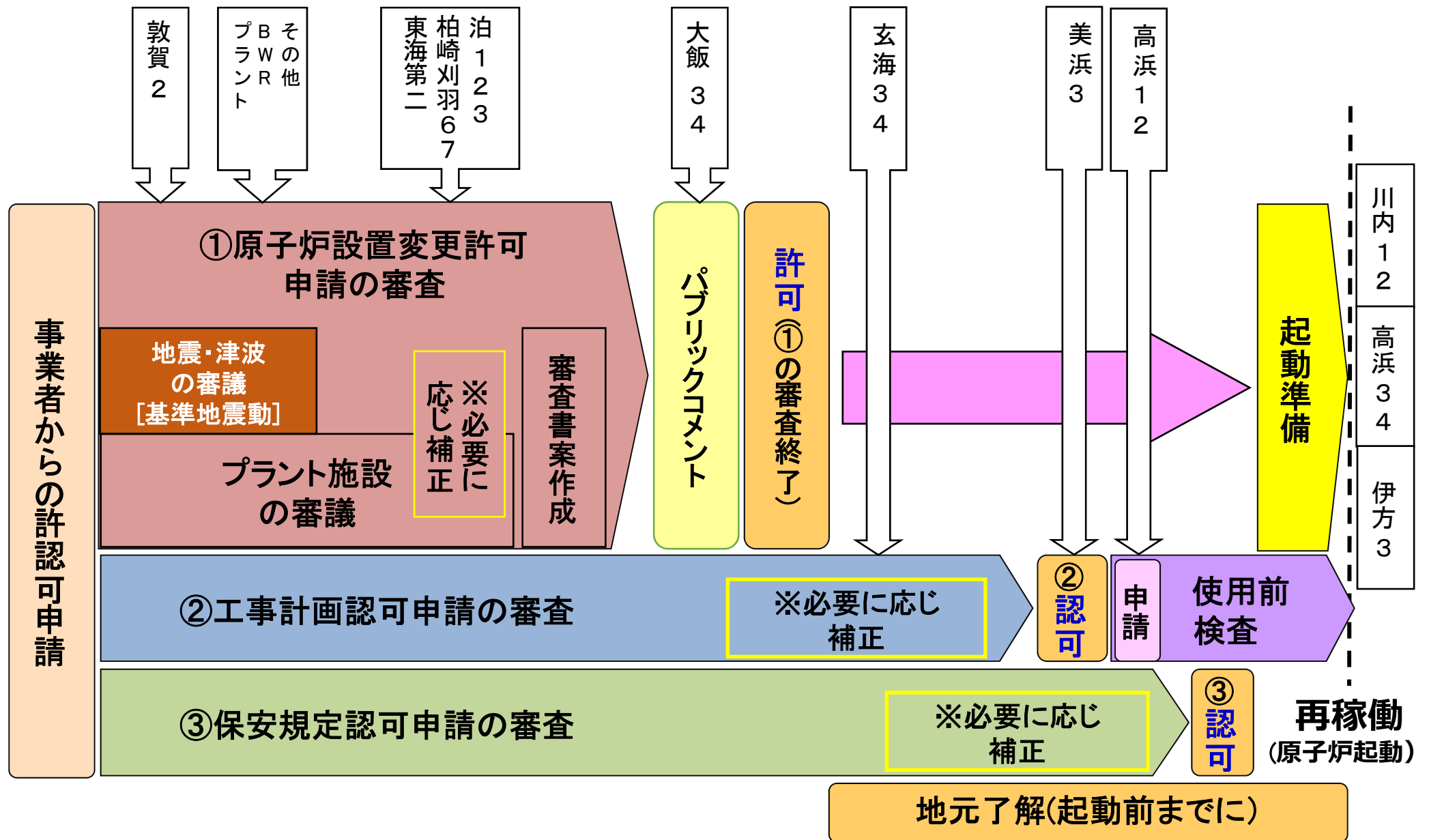


新規制基準 許認可状況	PWR(●)	BWR(●)	合計
許可済(□)	10基	0基	10基
申請済(○)	6基	10基	16基
未申請	4基	15基	19基
合計	20基	25基	45基

上記には建設中のプラント (3基) も含む

廃止ユニットの 状況	PWR	BWR	合計
廃炉 (○)	4基	10基	14基

# 再稼働に向けた審査の状況②



## 運転期間延長認可（40年超運転）に係る審査状況

- 関西電力(株)高浜1・2号機及び美浜3号機は、運転期間延長認可済み
- 後続プラントについても適切に対応していく。

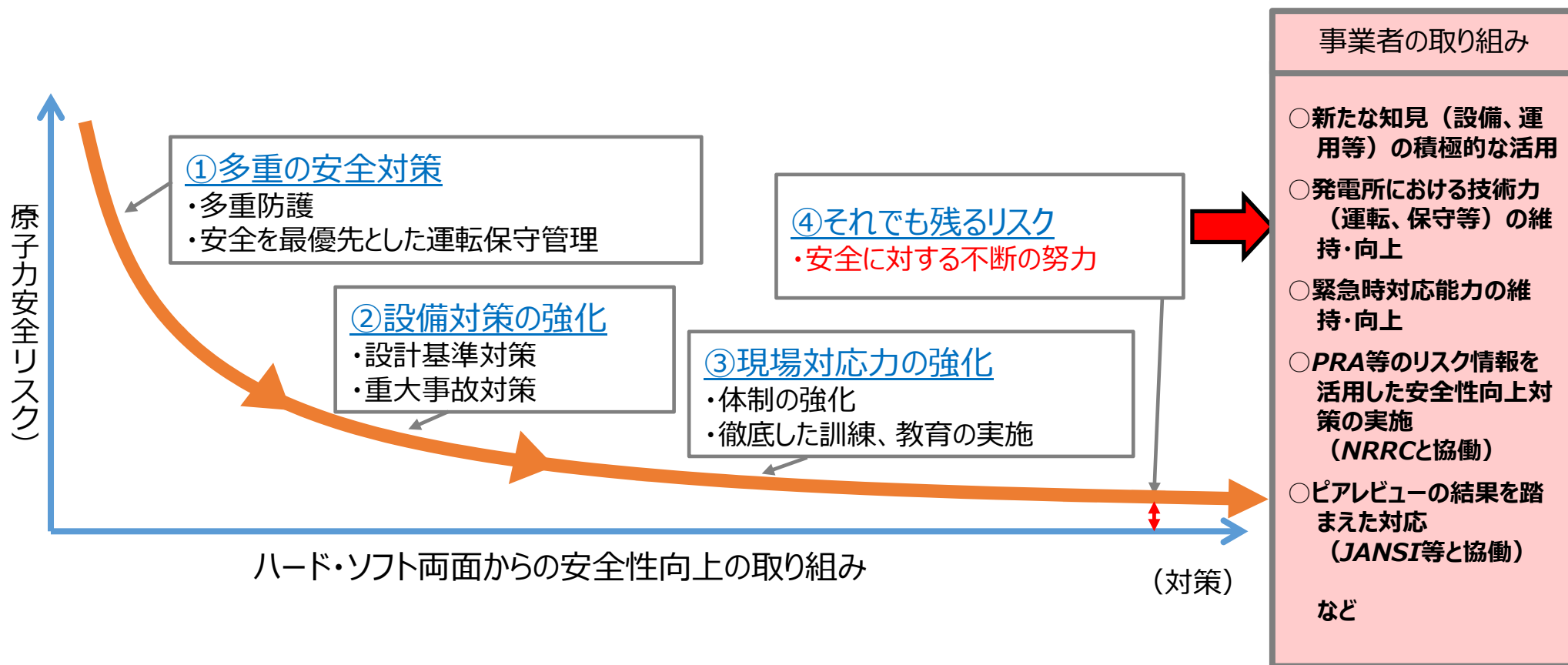
### ○運転期間延長認可済プラント

プラント	規制基準適合性審査申請日	運転期間延長認可申請日	設置変更許可	工事計画認可	運転期間延長認可	期限
高浜1号	2015/3/17	2015/4/30	2016/4/20	2016/6/10	2016/6/20	2016/7/7
高浜2号	同上	同上	同上	同上	同上	同上
美浜3号	同上	2015/11/26	2016/10/5	2016/10/26	2016/11/16	2016/11/30

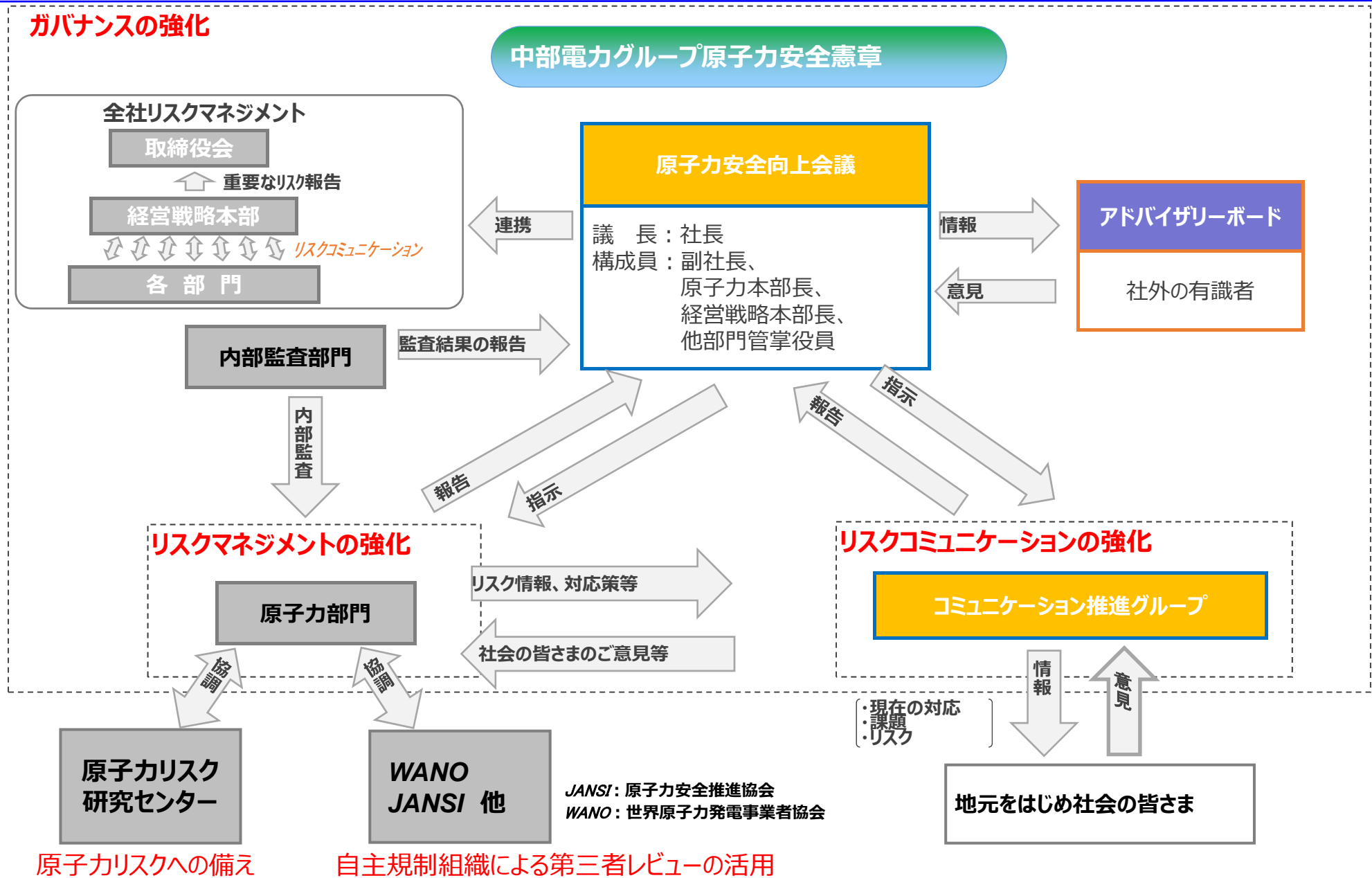
### 3. 安全性向上の取組み

## リスク低減に向けた安全性向上の取り組み

- 安全性向上対策や防災対策をおこない、原子力発電に係るリスクを極小化していく
- 常にリスクを低減させていく不断の努力が必要であり、それは事業者の使命である



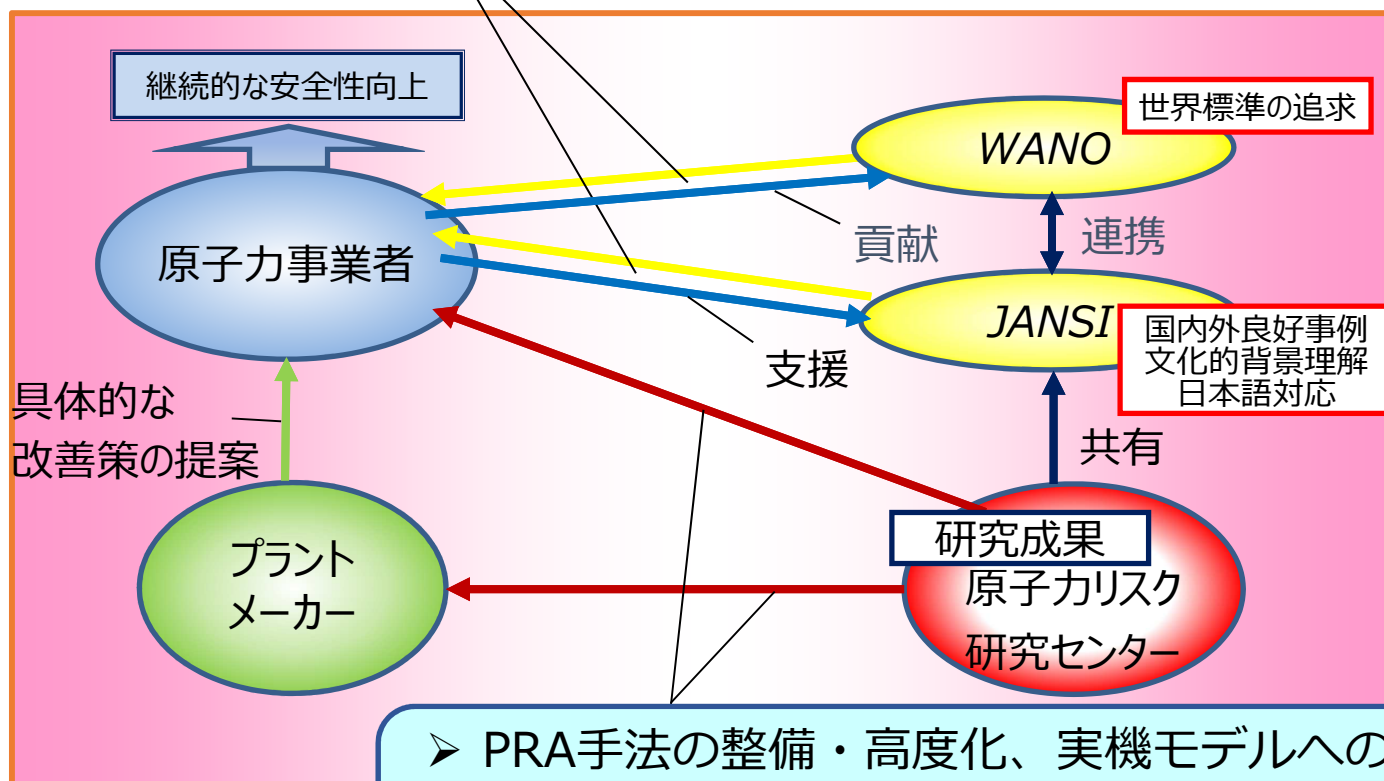
トップマネジメントによる原子力リスクに対するガバナンスの強化（中部電力の取り組み）



## 自主規制組織との連携

- 同業者が第三者的に発電所に入り、現場観察や所員への聞き取りを通じて、発電所の強み、弱みを抽出し、世界トップレベルの安全活動を牽引

### 自主規制組織（WANO、JANSI）との連携



- PRA手法の整備・高度化、実機モデルへの適用
- 改善策の有効性評価、安全対策の検討・判断への活用
- ROPへの活用

# 「対話の場」の充実 — 対話活動の全体像

- ▶ 発電所周辺の地域住民の方々を対象に、原子力に関する不安や疑問、関心に向き合う「訪問対話」や「発電所キャラバン」の活動に加え、自治会や女性団体等を対象に「意見交換会」等を実施。

## 意見交換会

各種団体を対象とした意見交換を継続的に実施するため、発電所の周辺自治会や女性団体等との意見交換会を企画・開催するとともに、行政主催の意見交換会に参加している。

### ・意見交換会への参加・実施

御前崎市・・・市主催。過去2回実施、下期1回計画中。  
自治会との共催。市内8地区中1地区実施。

牧之原市・・・市主催。今秋全4回実施。  
自治会との共催。市内10地区計画中。

掛川市・・・・自治会との共催。市内32地区計画中。

菊川市・・・・自治会との共催。市内11地区中7地区実施。

### ・女性層対象「しゃべり場」

(11月末実績)

女性に関心の高い内容の企画(アロマセラピー、ヨガ等)とともにエネルギーに関する情報提供を入り口に意見交換会を実施している。今年度7回実施。

(11月末実績)



意見交換会(御前崎市)



しゃべり場

## 訪問対話

御前崎市および周辺3市にお住まいの方を対象に、訪問対話を実施している。

訪問対象:約82,000戸  
(約1年で1巡。現在2巡目。)



## 発電所キャラバン

御前崎市および周辺3市において、ショッピングセンター等の集客施設にブースを設置し対話を実施している。

平成28年度実績(11月末時点):14か所15日間開催



## 発電所見学会

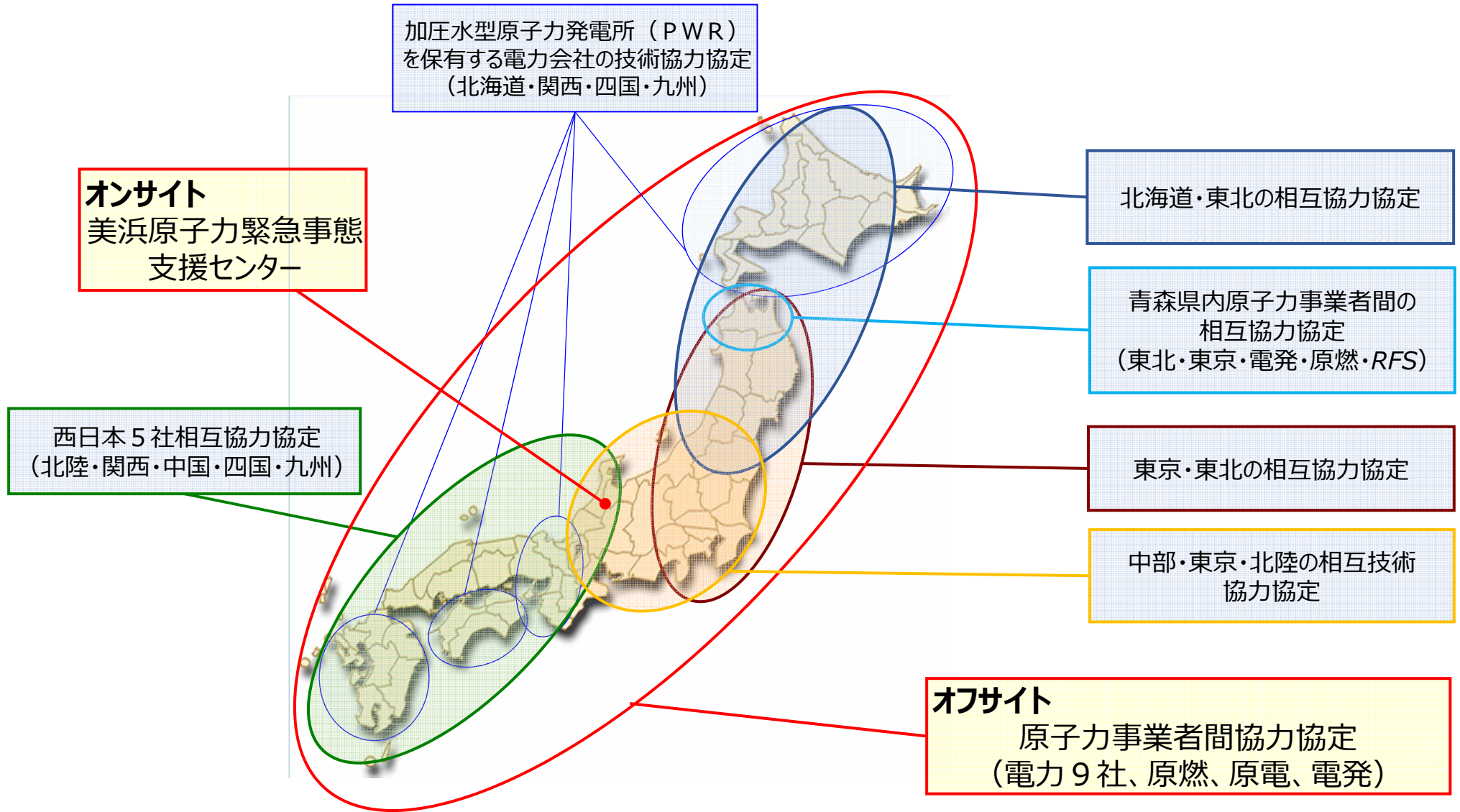
発電所の安全性向上に向けた取り組みを現地で直接ご覧いただいている。また、実際に発電所で働く従業員との対話の場を設けるなどのコミュニケーションにも努めている。

見学者人数:年間約32,000人(平成24年度~27年度平均)





# 他事業者の協力協定締結の状況



# 美浜原子力緊急事態支援センター（2016年12月17日運開）



ヘリポート（資機材空輸）



ロボット訓練（イメージ）

## 保有資機材



無線ヘリ（高所からの情報収集）



小型・大型無線重機  
（屋内外の瓦礫等の除去）



ロボットコントロール車



ヘリポート

調整池

事務所棟

予備屋外訓練フィールド

資機材保管庫・車庫棟

屋外訓練フィールド

調整池

美浜原子力緊急事態支援センター 全景（福井県美浜町）

## 原子力災害対策の更なる充実（事業者の取り組み（例））

- ▶ 原子力災害が発生した場合、最初にPAZ圏内(発災発電所から概ね5km圏内)に居住されている住民の避難が開始されるため、要支援者の方の避難に必要な輸送手段（バス、福祉車両、ヘリコプター、船舶）を、出来る限り提供。
- ▶ PAZ避難完了後は、PAZ避難向けに提供した輸送力を、UPZ圏内(発災発電所から概ね5~30km圏内)に居住されている住民の避難用に提供。

### 【バス】

- ・原子力発電所の従業員送迎用バスのうち10台を提供。
- ・運転手についても事業者より派遣。



### 【福祉車両】

- ・福祉車両（車椅子タイプ、ストレッチャータイプ）合計25台を提供。  
（自治体へ21台を貸与。4台を事業者本店へ配備。）
- ・運転手、補助者についても事業者より派遣。



### 【ヘリコプター・船舶】

- ・陸上の避難経路が分断された場合等は、ヘリコプター、船舶、それぞれ1台を提供。



## 4. 原子燃料サイクルの推進

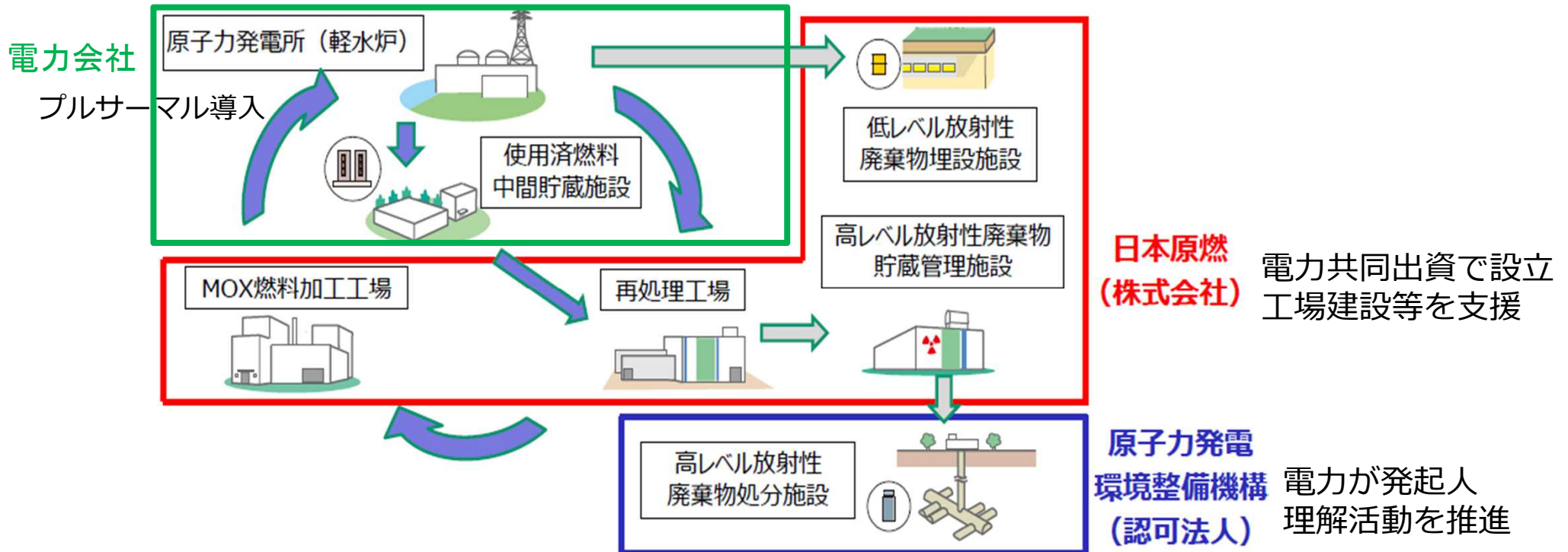
# 原子燃料サイクルのメリットと取組み

## <メリット>

- **エネルギーセキュリティを高める**  
資源有効利用により、エネルギーセキュリティを強化
- **高レベル放射性廃棄物を減少させる**  
再処理により、廃棄物量を減容や有害度低減に寄与
- **余剰プルトニウムを持たない**  
生成されたプルトニウムを、再び燃料として利用

## <取組み>

- **原燃サイクル施設の建設**  
共同出資により、日本原燃(株)を設立
- **高レベル廃棄物処分の推進**  
電力が発起人となり、NUMO設立
- **プルサーマルの推進**  
発電所でのプルサーマルの導入



# 原子燃料サイクル施設の建設・操業

- これまで30年にわたり、六ヶ所村をはじめ青森県の皆様のご理解とご協力の下、原子燃料サイクル施設の建設を推進。
- 今後も、地域の皆様のご理解とご協力を得て、着実に推進

## ウラン濃縮工場

1988年工事開始  
1992年創業開始



現状  
75tSWU/年規模で  
運転中



## 低レベル放射性廃棄物 埋設センター

1990年工事開始  
1992年操業開始



現状  
1号埋設14.9万本  
2号埋設14.7万本  
(2017年2月末)

## 高レベル放射性廃棄物 貯蔵管理センター

1992年工事開始  
1995年操業開始



現状  
受入本数1830本  
(2017年2月末)



## 使用済燃料受入れ・貯蔵施設

1988年工事開始  
1992年創業開始



現状  
累計受入量3,393tU  
現在貯蔵量2,968tU  
(2017年1月末)



## 再処理工場

1993年工事開始  
2018年竣工予定

最大処理能力  
800tU/年



## MOX燃料加工工場

2010年工事開始  
2019年竣工予定

最大加工能力  
130t-HM/年



## 六ヶ所再処理工場の状況

### ● 六ヶ所再処理工場の概要

- ・ 2006年3月から、実際の使用済燃料を用いた試験（アクティブ試験）を開始。
- ・ 使用済燃料からプルトニウム・ウランを抽出する主工程等の試験は順調に完了。
- ・ 高レベル廃液をガラス固化する設備の試験に時間を要していたが、2013年5月に事業者が行う全ての試験を終了。
- ・ 2014年1月に新規規制基準への適合性確認を原子力規制委員会に申請し審査を受けている。
- ・ 2018年上期のしゅん工を目指し、新規規制基準対応工事等を進めている。

### <実績>

- ・ 建設工事の総合進捗率 99.7%
- ・ 既に**425トン・ウランの使用済燃料**の再処理実施  
(BWR燃料219トン、PWR燃料206トン)
- ・ 回収した製品
  - ・ ウラン製品粉末 364トン・ウラン
  - ・ MOX製品粉末 6.7トン・HM※
  - ・ **ガラス固化体 346本**

※ Hf-メタルの略、ウランとプルトニウムの金属重量

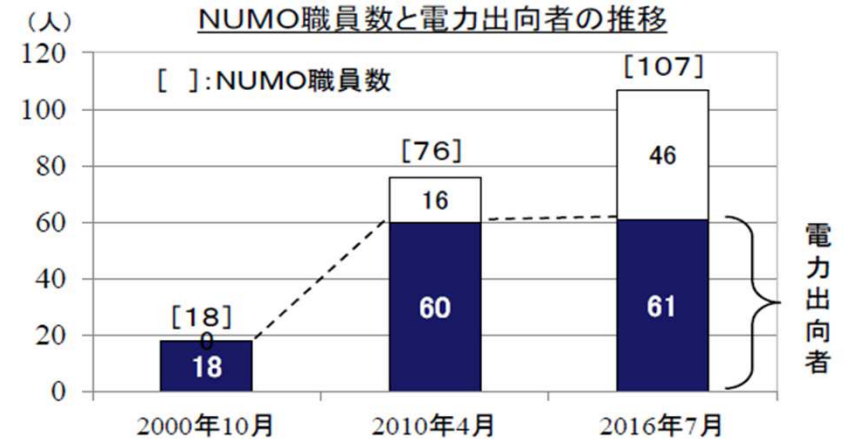


# 高レベル放射性廃棄物処分事業推進の取組み

○体制整備：「最終処分連絡協議会」（メンバー：電力各社の社長）を電事連内に設置

○NUMOの設立・支援

- ・2000年10月、電力9社および日本原子力発電などが発起人となり、NUMOを設立。
- ・NUMOの設立以降、電力各社からの人的支援を継続して実施



➤理解活動の展開：国・NUMOシンポジウムへの協力、対話活動の実施、広報ツール、PR施設展示物等を用いた理解活動を展開

○パンフレットの制作



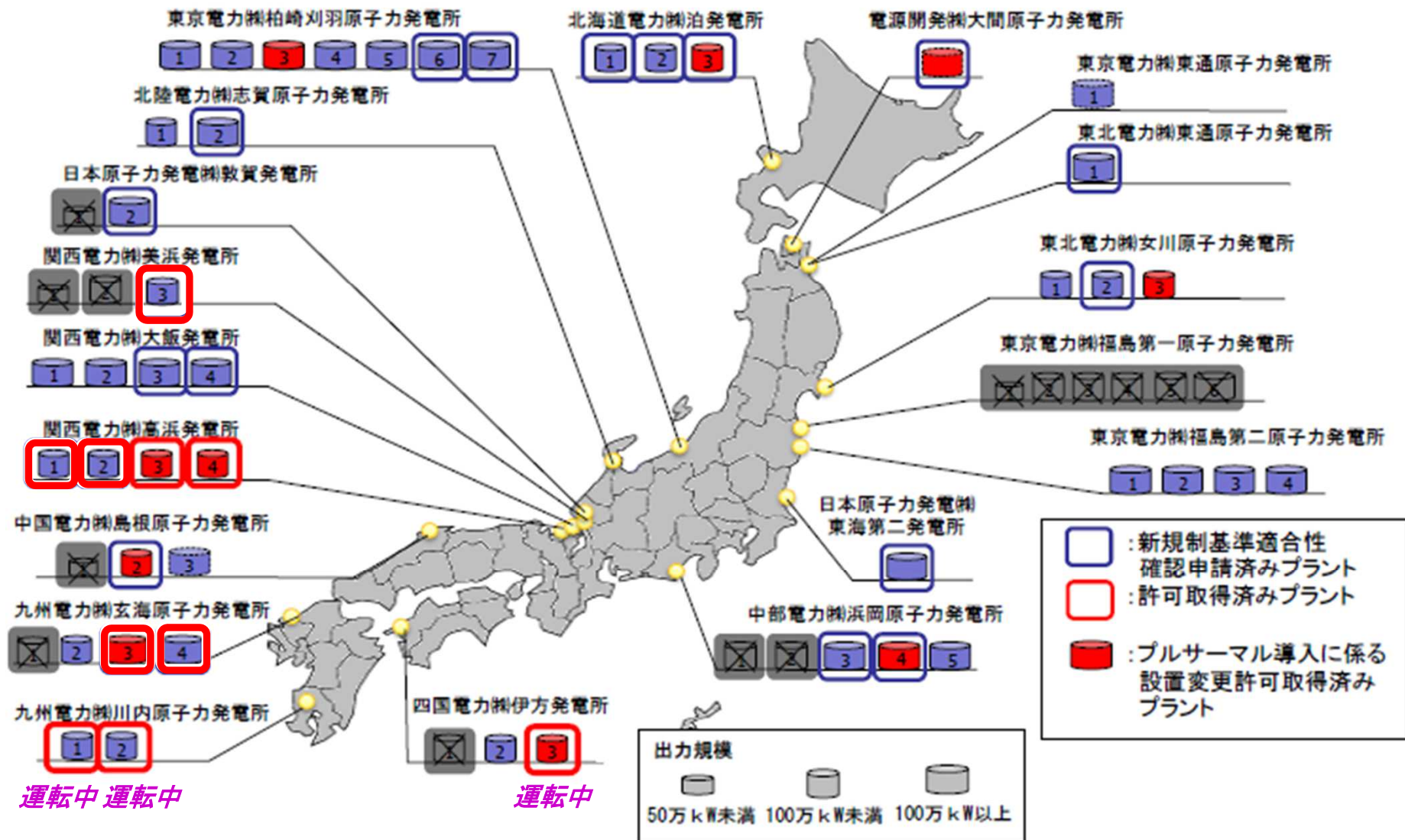
<展示先一例>





## 各社のプルサーマル計画の状況

- 電気事業者としては、「**利用目的のないプルトニウムを持たない**」という原則の下、プルトニウムの確実な利用のため、**16~18基の原子炉でのプルサーマル導入**を目指す。

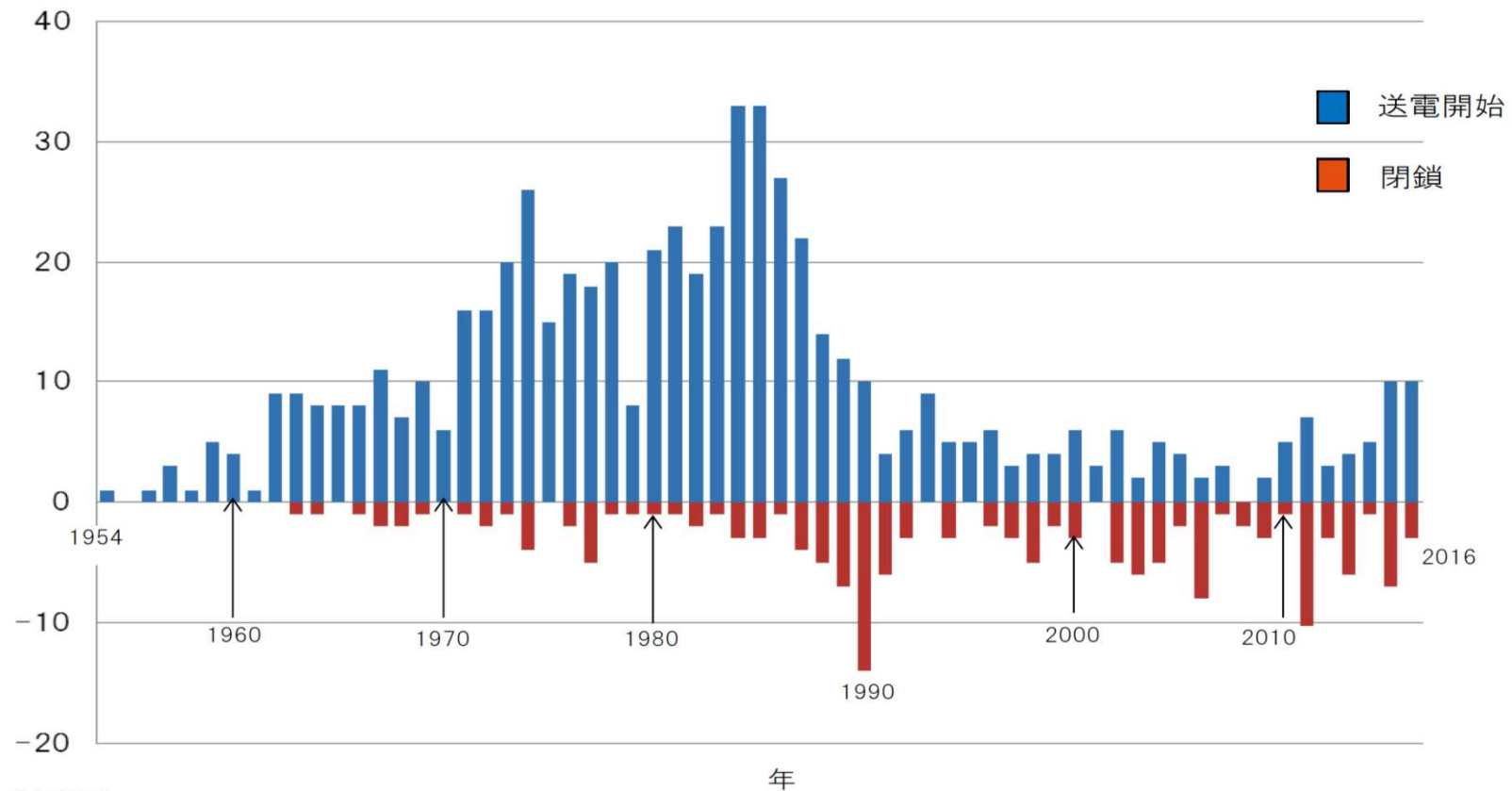


## 5. 世界の原子力発電動向

## 世界の商業炉の送電開始と廃炉の推移

- 世界の原子力発電は、1970年代より増加し、1980年代にピーク。1990年代からはほぼ横ばい状態。
- 原子力発電所の廃炉については、初期発電所の廃炉が1990年代より発生。
- 今後、1970年代より建設された発電所の閉鎖が増加する。

基数



【出典】 IAEA/PRIS

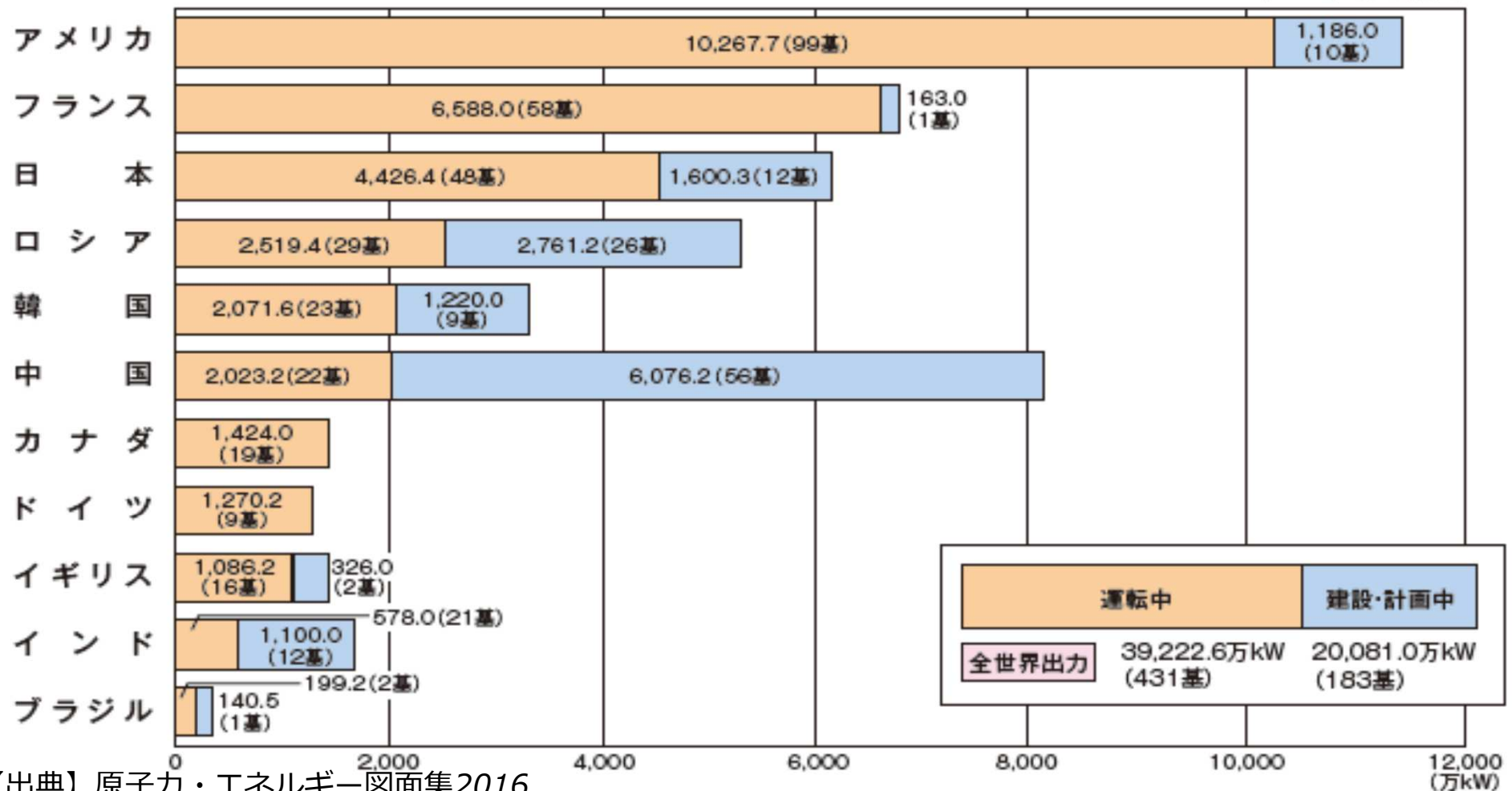
# 世界の原子力開発状況

➤ 中国、ロシア、インド、韓国、米国で増設計画。特に中国での新設計画は大きい。

➤ 日本も建設・計画中は12基※

※建設中：大間、東電東通1、島根3、準備中：東北東通2、東京東通2、浪江・小高、浜岡6、敦賀3,4、上関1,2、川内3

(2015年1月1日現在)



【出典】原子力・エネルギー図面集2016

## 6. 将来の展望

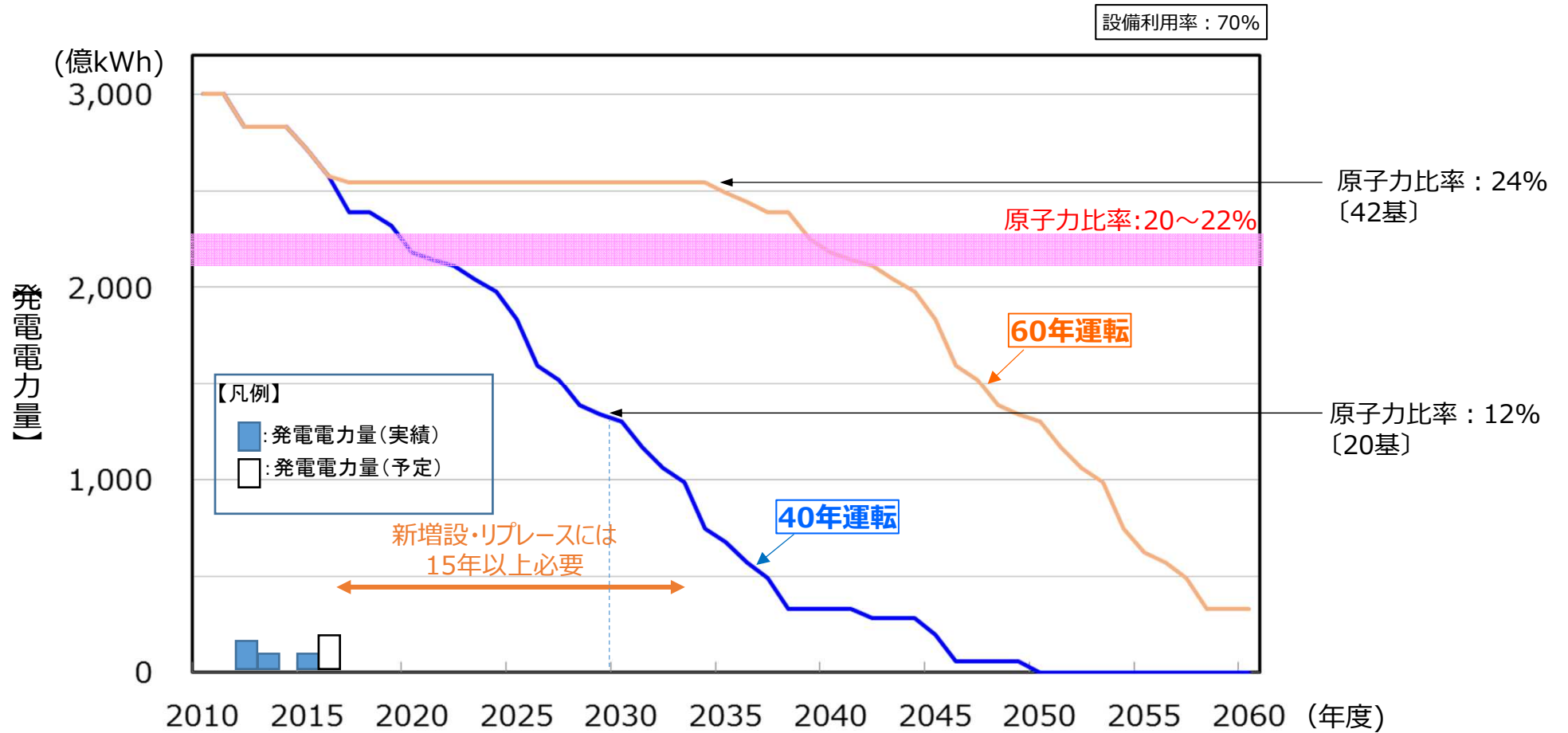
## 原子力発電の価値

- ◆ 震災以降、原子力発電所が長期停止し、火力発電を焚き増したことにより、発電電力量の約9割を火力に依存。
  - ▶ 安定供給確保に懸念 ⇒ 日本のエネルギー安全保障が極端に脆弱化
  - ▶ 環境問題として、温室効果ガス削減目標（パリ協定）達成のための方策が必要
  - ▶ 経済性として、化石燃料依存度の増大、円安方向への推移等による電気料金の上昇



- 資源に乏しい日本においては、「S + 3 E」の観点から多様なエネルギー源を組み合わせることが必要
- 3 Eの全ての点において優れた特性を持っている**原子力発電**はエネルギーミックスの一翼として欠かすことができない重要電源

# 原子力発電電力量の見通し



## 直面する課題

- ①再稼動
- ②稼働率の向上
- ③40年超運転
- ④新增設・リプレース

## 40年超運転への対応

---

既存発電所の有効活用の観点からも、運転継続を決めた発電所については確実に40年超運転を実施していく。なお、40年超運転審査における課題については、規制当局と技術的課題について継続的に議論していく。

### (申請可能時期)

- 申請可能時期が「運転期間の満了前1年以上1年3ヶ月以内」と限定されており、40年運転制限までの余裕が少ないため、申請期間を例えば満了前5年以内に見直すなどとすることにより、対策工事を運転期間満了前から計画的に進めることが可能となり、安全・確実な対策実施にも寄与する。

### (運転期間の定義)

- バックフィットを適切に実施するためには許認可手続き、対策工事を行う必要があり、相応の期間プラントを停止して対応しているが、停止期間における安全上重要な設備の劣化については技術的に問題ないと考えられることから、バックフィットを適切に実施するための審査・工事等に関する停止期間は、運転期間から除外する。



- 原子力発電を重要な電源として今後も長期的に利用していくためには、たゆまぬ安全性向上が大前提。
- その上で、先ずは既存発電所の確実な再稼動や40年超運転に取り組み、原子力発電を一定規模維持し、人材や技術力、サプライチェーン等の確保を図っていく。
- さらに、将来的には、新增設・リプレースに向けた取り組みを足下から進めていくことが必要であるため、既存炉設計への新たな技術的知見の反映や、いわゆる第4世代原子力システム\*の研究・開発を進める等、安全性、経済性、社会的受容性などをより高めたシステムの開発に産業界全体で取り組んでいくべき。

\*第4世代原子力システムが目指す特徴

- 持続可能性（燃料の効率的利用、廃棄物の最小化と管理）
- 安全性／信頼性（安全で信頼できる運転、炉心損傷の発生頻度が極めて低く炉心損傷程度も小さい、敷地外の緊急時対応不要）
- 経済性（他のエネルギー源に比して優位なライフサイクル・コスト）
- 核拡散抵抗性と核物質防護（軍事転用の魅力度が低く盗取困難、耐テロ性が高い）