

# 日本と世界の原子力発電を巡る最近の動向と 将来見通し

2017年9月5日

日本エネルギー経済研究所

戦略研究ユニット 原子力グループ マネージャー

村上 朋子



←東海村・東海第二原発前で手をつないで「鎖」をつくり、  
廃炉を訴える人々  
出所) 東京新聞、2017年8月27日

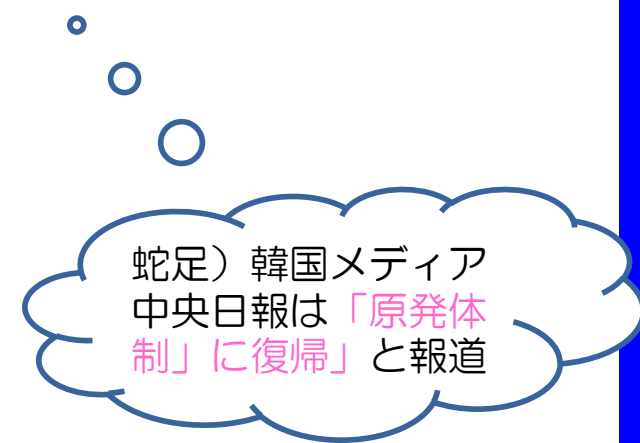
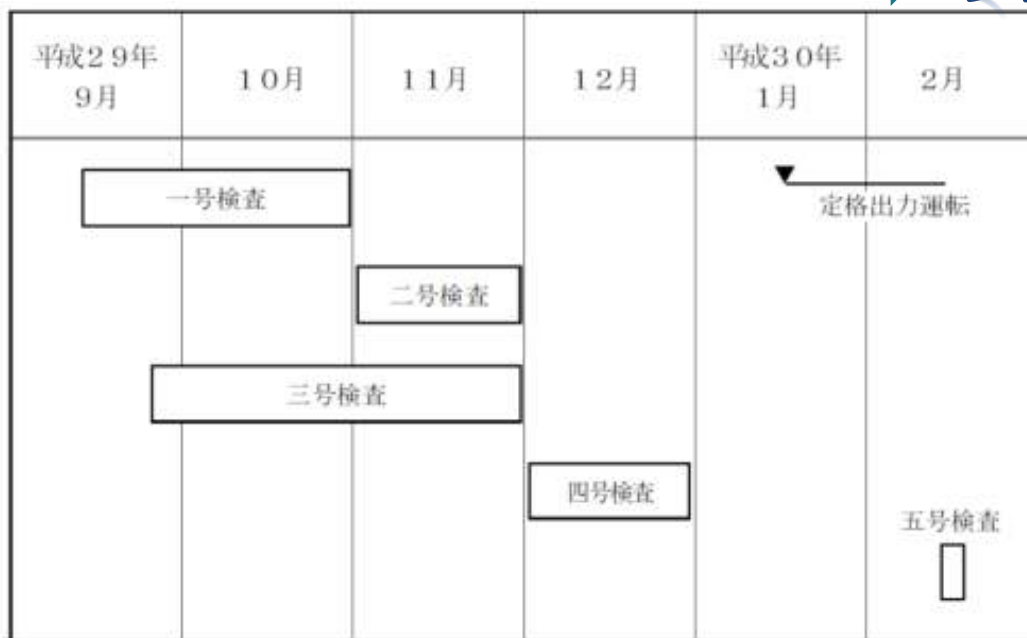
## 第1部 日本

長期化するモラトリアム、今や無くても困らない?!

# 最近のトピックス：大飯3、4号と玄海3号、工事計画認可取得

- 8月25日、関西電力・大飯3、4号機及び九州電力・玄海3号機は、原子力規制委員会より工事計画認可を取得。
  - これを受け、関西電力及び九州電力は8月28日、それぞれ各ユニットの使用前検査を原子力規制委員会へ申請。
- 再稼働が可能になるのは（予定）
- 大飯3号機／玄海3号機：2018年1月中旬
  - 大飯4号機：2018年3月中旬

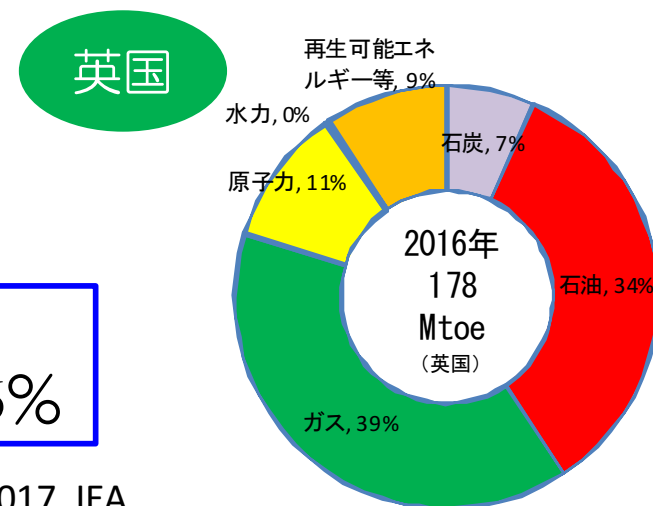
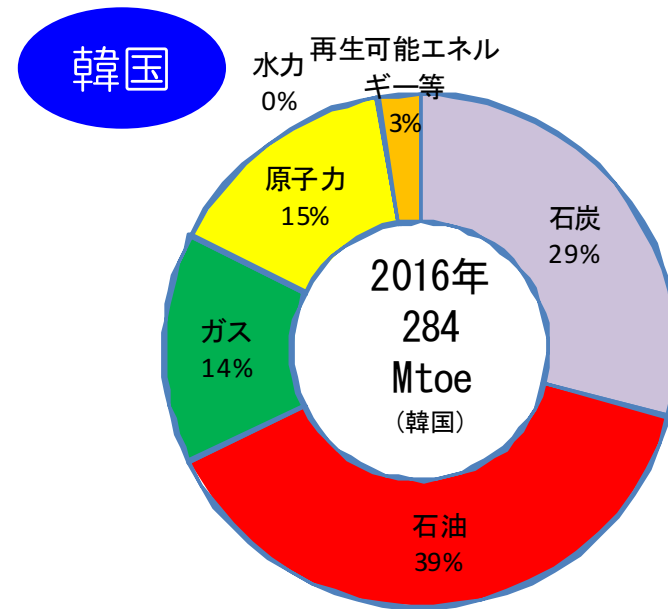
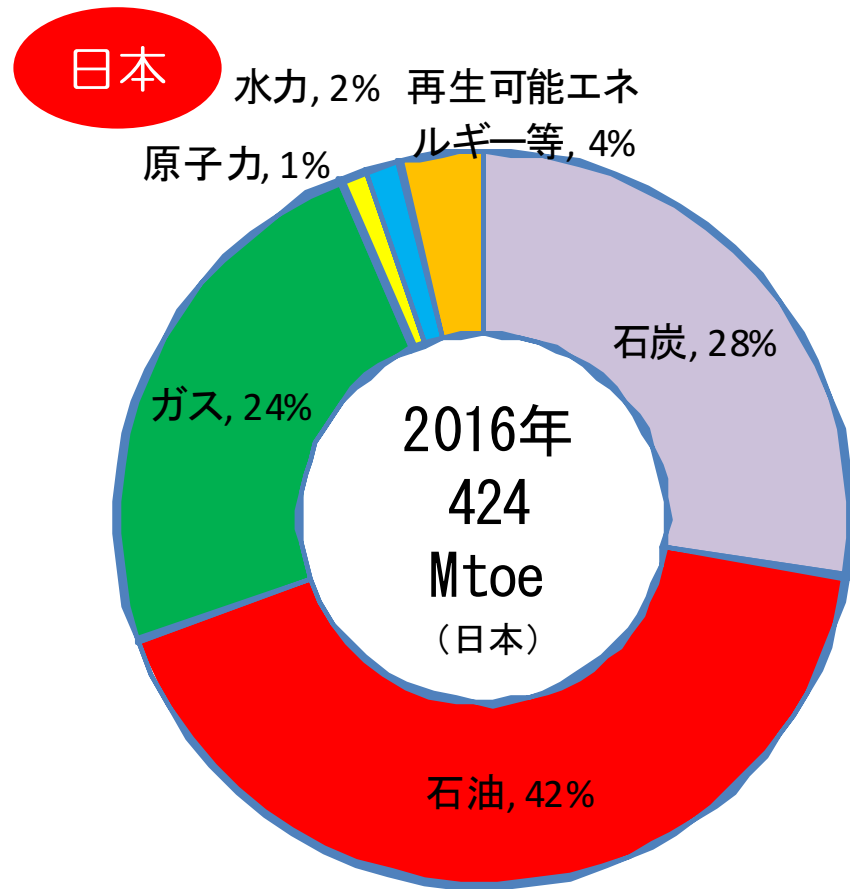
➡ 2017年度内の再稼働  
プラントが8基に



出所)  
 関西電力PR「大飯発電所3、4号機の新規制基準への適合性確認に係る使用前検査申請書等の提出について」  
 2017年8月28日、[http://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2017/pdf/0828\\_4j\\_01.pdf](http://www.kepco.co.jp/corporate/pr/2017/pdf/0828_4j_01.pdf)  
 九州電力PR「玄海原子力発電所3号機の新規制基準適合性を確認する使用前検査の申請を行いました」  
 2017年8月28日 <http://www.kyuden.co.jp/var/rev0/0083/7309/345ty6hj.pdf>  
 韓国経済新聞／中央日報日本語版、2017年8月30日 <http://japanese.joins.com/article/851/232851.html>

# はじめに：日本のエネルギー源を見る

- 一次エネルギー供給構成（2015年）



- （産油国でもないのに）石油に大きく依存
- 世界第5位のエネルギー消費量なのに自給率6%

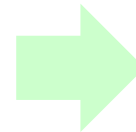
# 1. 日本のエネルギー政策における原子力の位置づけ

## (1) 2030年の政策目標とエネルギーミックス ①政策目標

安全性の確保を大前提として

### エネルギー自給率

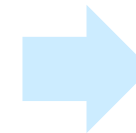
現在わずか6%  
(福島事故前の目標は20%程度)



25%程度に

### 電力コスト

福島事故後、産業用で約4割、  
家庭用で約2.5割上昇  
再エネ賦課金は2015年度1.3兆円  
(認定分が全て運転開始されれば2.2兆円)



現状よりも引き下  
げる

### 温暖化ガス排出量

火力発電増加により2013  
年度は過去最悪



先進国の中で遜色ない  
排出量レベルへ

(出所) 長期エネルギー需給見通し小委員会第10回 (2015年6月1日) 資料

# 1. 日本のエネルギー政策における原子力の位置づけ

## (1) 2030年の政策目標とエネルギーミックス ②改訂議論開始

- 2017年8月9日、経済産業省は総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 第1回会合を開き、政府の中長期的なエネルギー政策の指針となる「エネルギー基本計画」の見直しに向けた議論を開始した。

### <主な発言>



世耕経済産業省大臣

計画の骨格を変える段階ではない。震災から6年経過したこと、政策の成果などを踏まえて、2030年の目標のために何をしていくべきかを皆さんと議論していきたい。

橘川武郎 東京理科大学教授

今後も原発を使うなら、新增設や建て替えの議論もすべきだ。



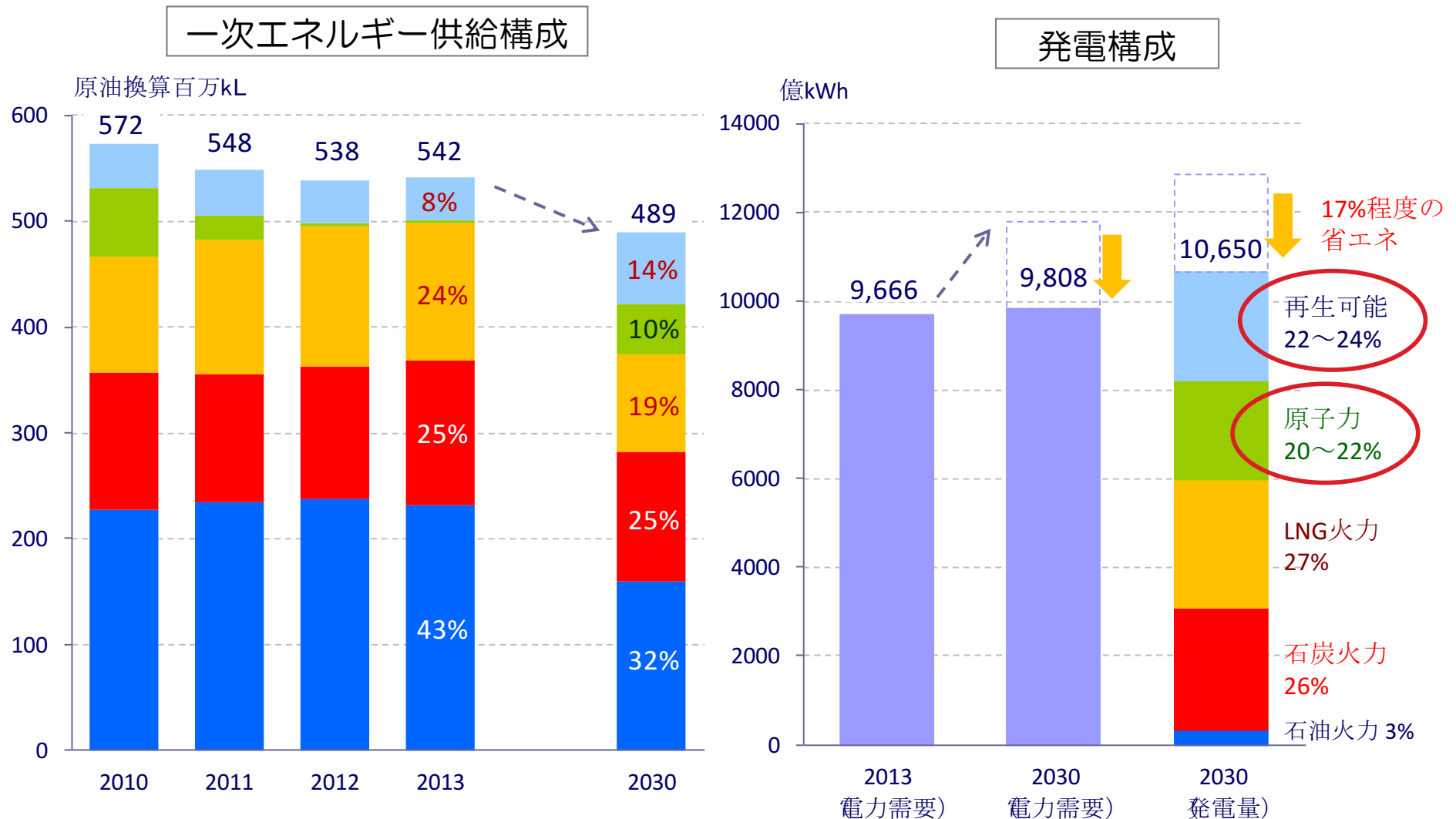
崎田裕子 ジャーナリスト・環境カウンセラー

原子力発電の継続は誰のためなのか。多くの国民は望んでいない。

# 1. 日本のエネルギー政策における原子力の位置づけ

## (1) 2030年の政策目標とエネルギーミックス ③現想定

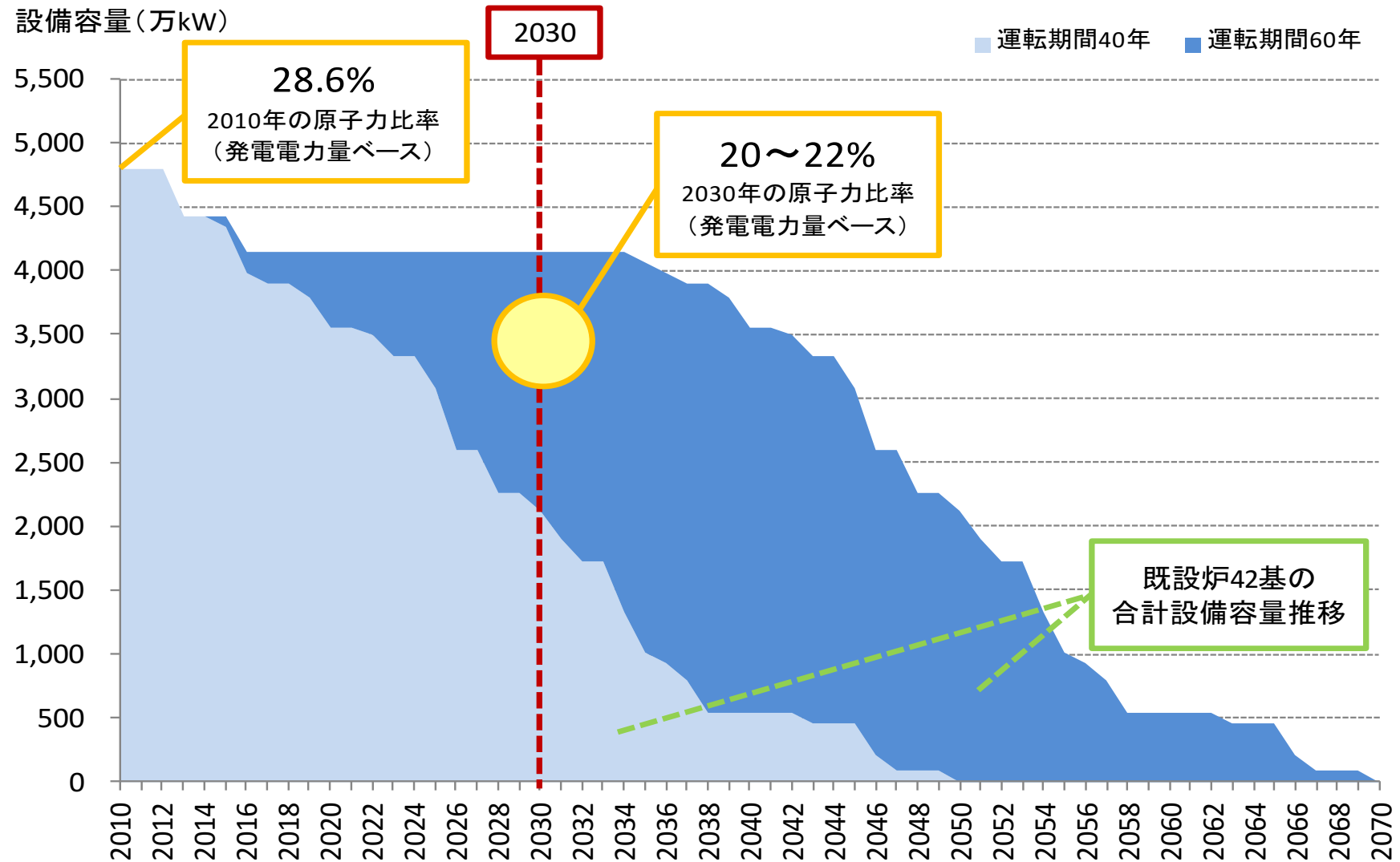
- 「エネルギー基本計画2014」に基づき、2030年のエネルギー需給構造の見通しと目標（あるべき姿）を2015年7月16日に決定



# 1. 日本のエネルギー政策における原子力の位置づけ

## (2) 目標実現に向けた課題 ①設備容量

- 既設炉の運転期間延長もしくはは新設が必要になる



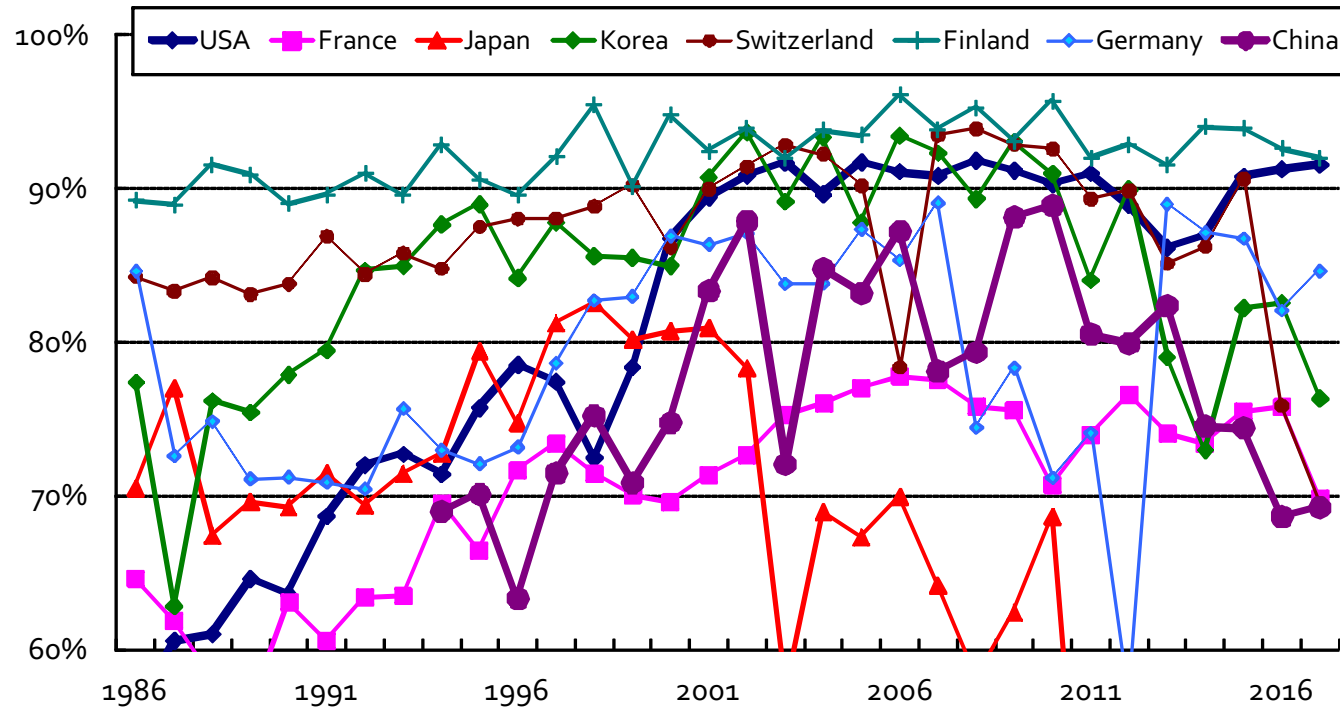


# 1. 日本のエネルギー政策における原子力の位置づけ

## (2) 目標実現に向けた課題 ②設備利用率

2007～2016年で平均設備利用率86%以上の国をピックアップ

→高設備利用率は西側先進国に限らず、炉型も様々



(出所) IAEA PRIS (Power Reactor Information System) より作成

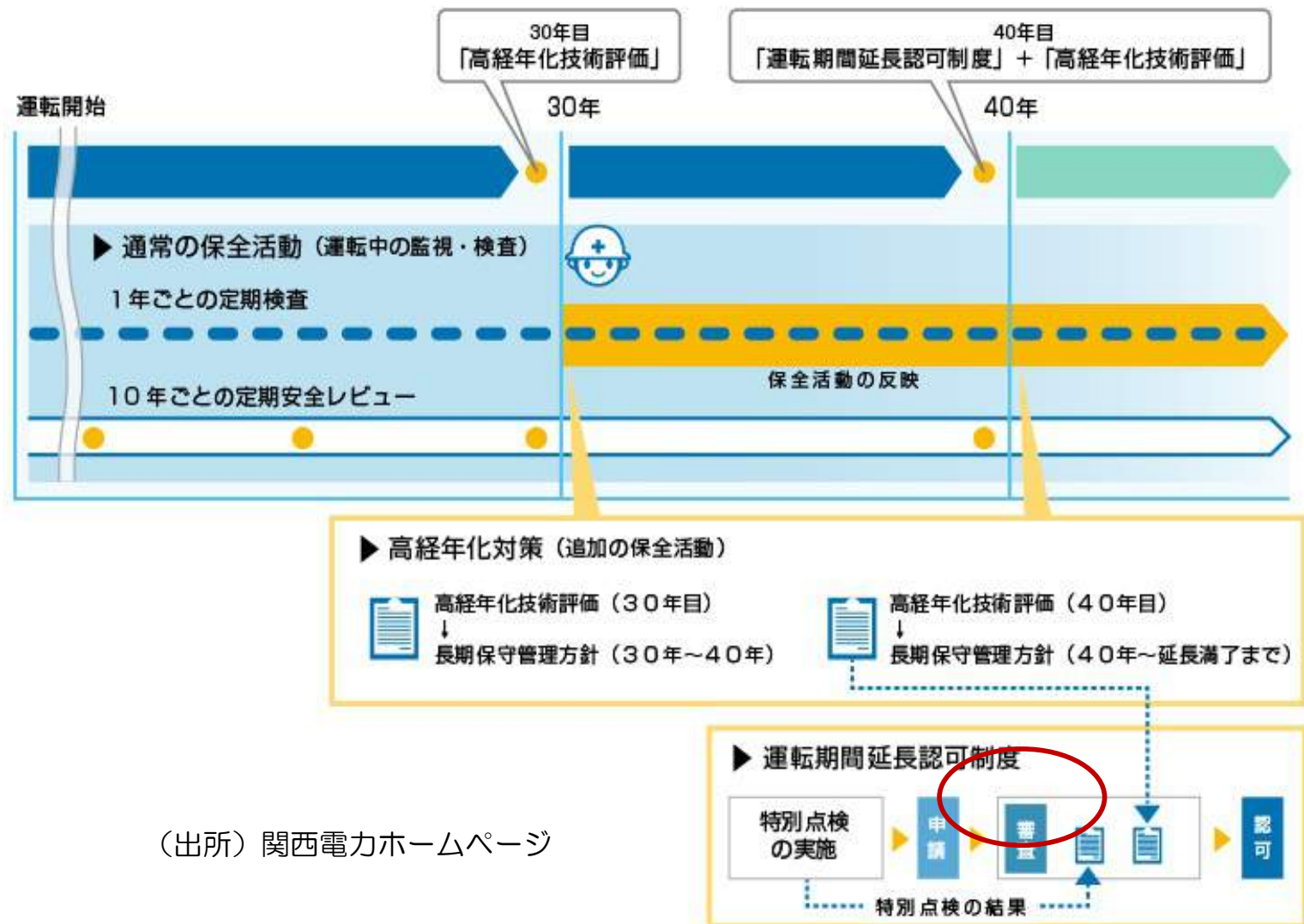
	米国	韓国	スイス	フィンランド	台湾	オランダ	スロベニア	スロバキア	ハンガリー
PWR (WH/Siemens/ABB)	✓	✓	✓		✓	✓	✓		
BWR (GE/Siemens/ABB)	✓		✓	✓	✓				
VVER				✓				✓	✓
その他		✓							

・・・日本は福島事故前からトップランキング圏外

# 1. 日本のエネルギー政策における原子力の位置づけ

## (2) 目標実現に向けた課題 ③ 運転期間延長認可制度

- 40年の運転期間満了までに認可を受けた場合、**1回に限り最大20年**運転期間を延長できる。
- これまで2発電所3基が運転期間延長認可を取得

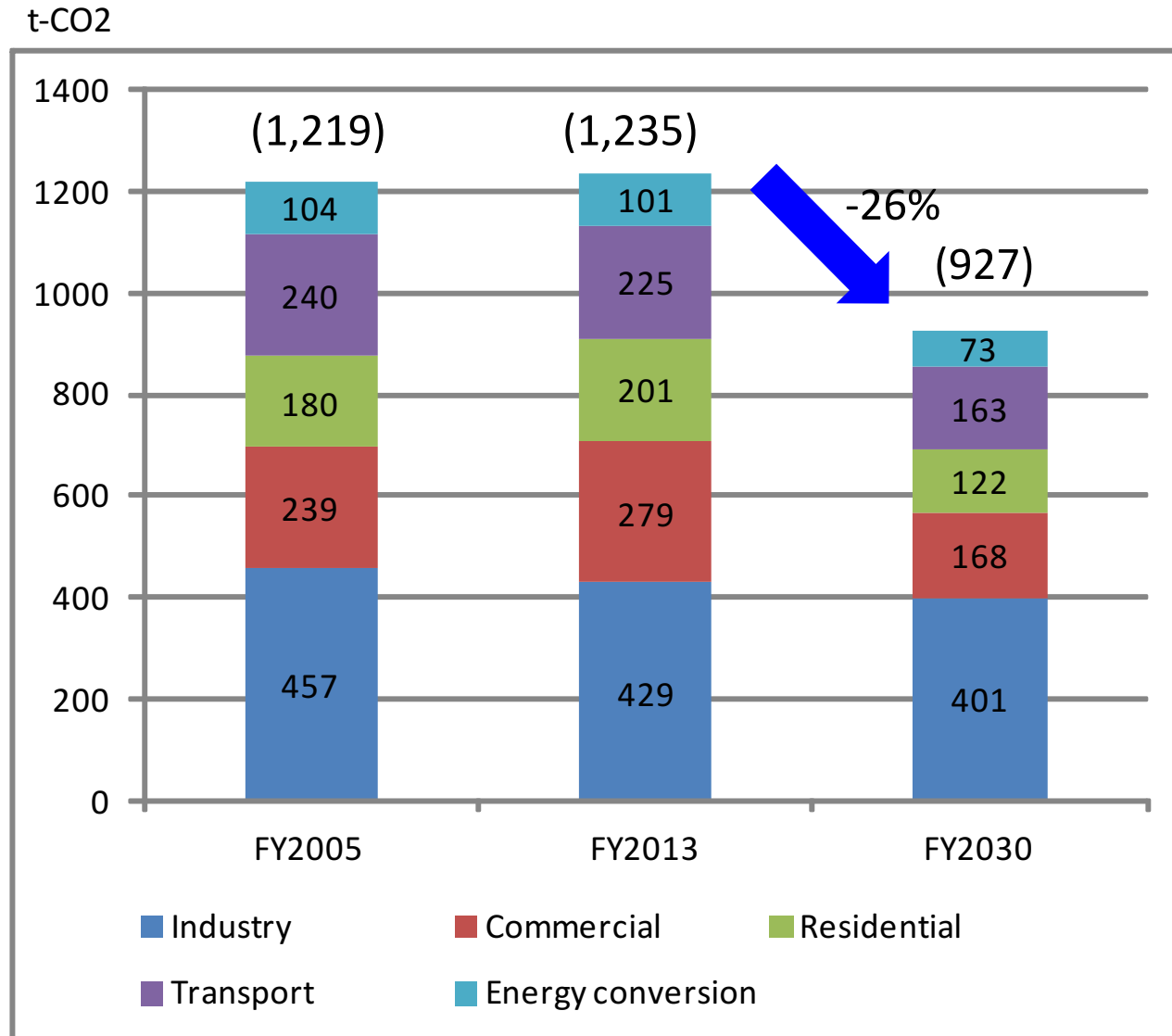


(出所) 関西電力ホームページ

# 1. 日本のエネルギー政策における原子力の位置づけ

## (2) 目標実現に向けた課題 ④CO<sub>2</sub>削減量

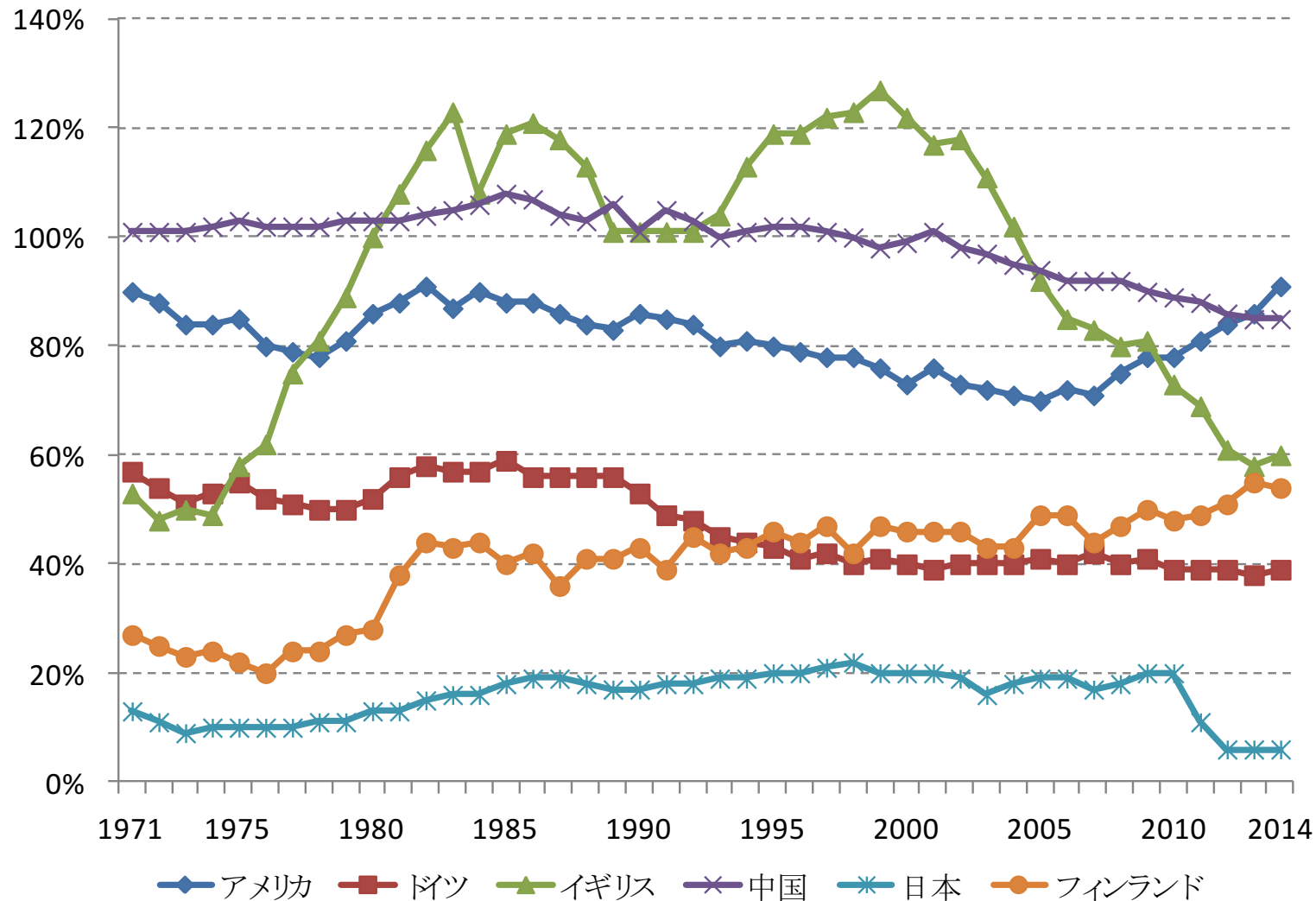
- 日本の約束草案 (INDC) 「2030年までに2013年比-26%」 (2005年比-25%)  
達成には、産業・運輸・業務の全ての部門で努力が必要。



## 2. 日本の「3E」を巡る状況

### (1) エネルギー安全保障 ①エネルギー自給率

- 日本のエネルギー自給率は2011年以降激減（6%@2014）  
注）過去最高は22%@1998年：原子力設備利用率83%←過去最高

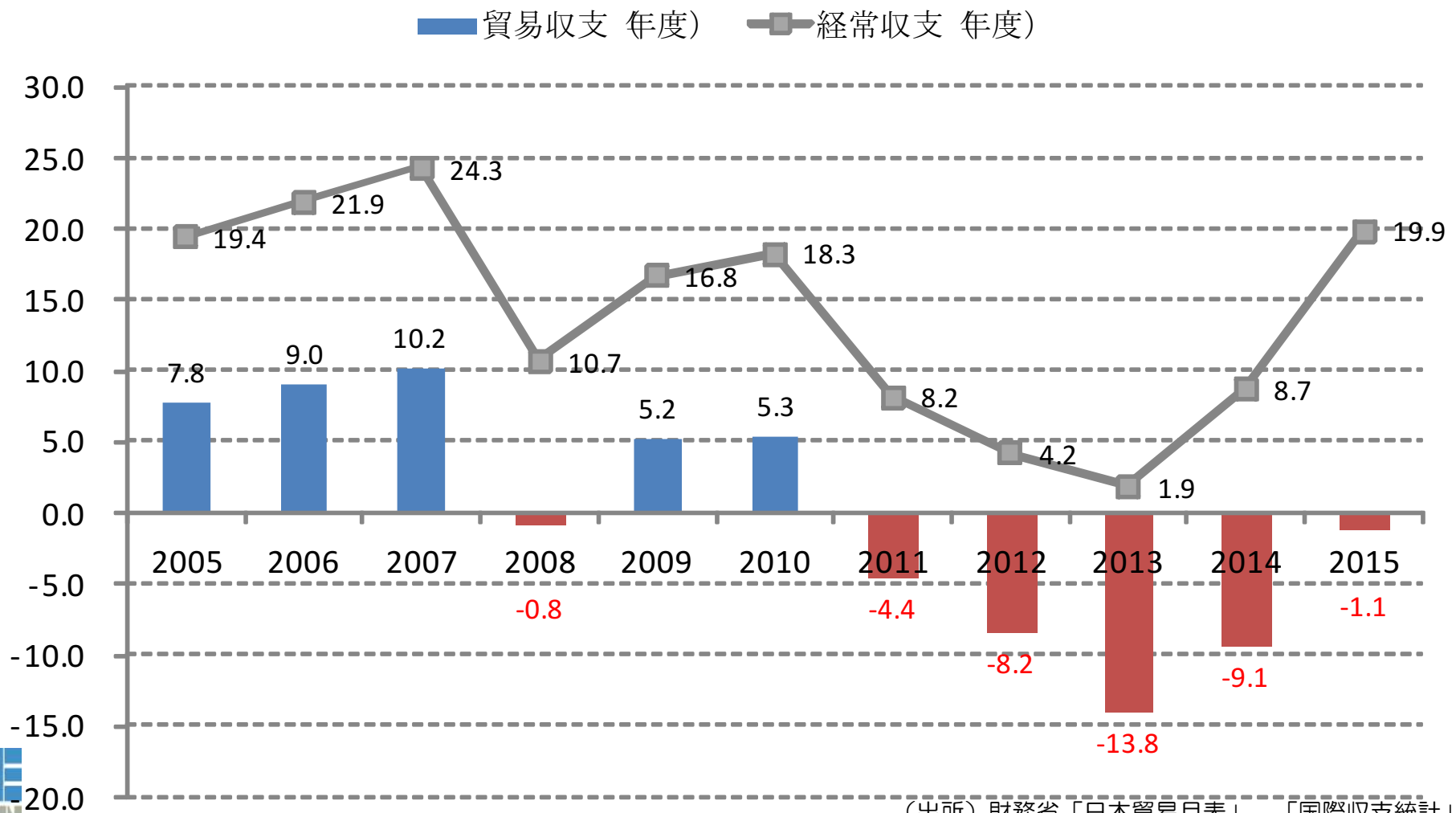


## 2. 日本の「3E」を巡る状況

### (1) エネルギー安全保障 ②貿易収支への悪影響

2011年以降、貿易収支は大きく悪化

- 要因：化石燃料の輸入量の増加、原油・LNGの市場価格の上昇、為替の円安方向への推移など
- 化石燃料の輸入額：約18兆円@2010年度→約25兆円@2014年度)

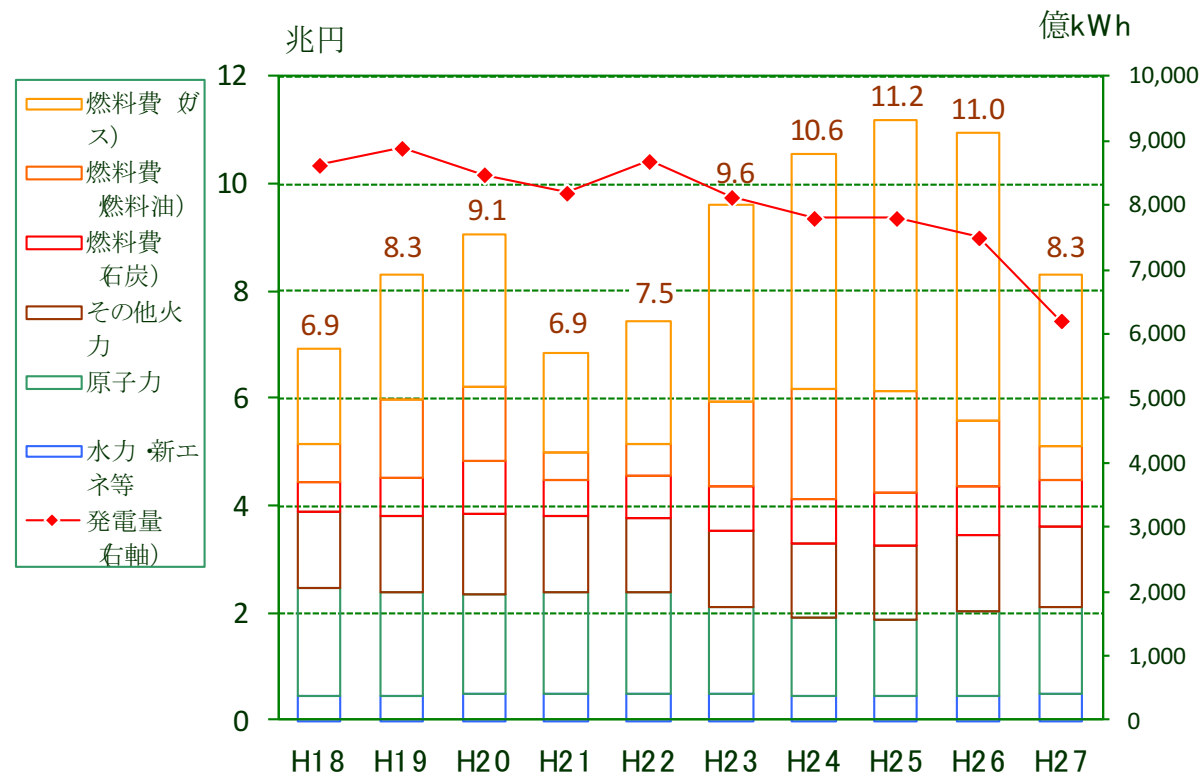


(出所) 財務省「日本貿易月表」、「国際収支統計」

## 2. 日本の「3E」を巡る状況

### (2) 経済性 ①増加する電気事業者の発電コスト

- 2014年度の発電単価（円/kWh）は2010年度の1.7倍に
- 原子力の代替電源（火力）発電費用増大の一方、発電していない原子力にも維持管理や安全対策等の費用が必要
- 2015年度は低原油価格で低下したが... 投資余力は確実に劣化



電気事業者（\*）の発電総費用の推移

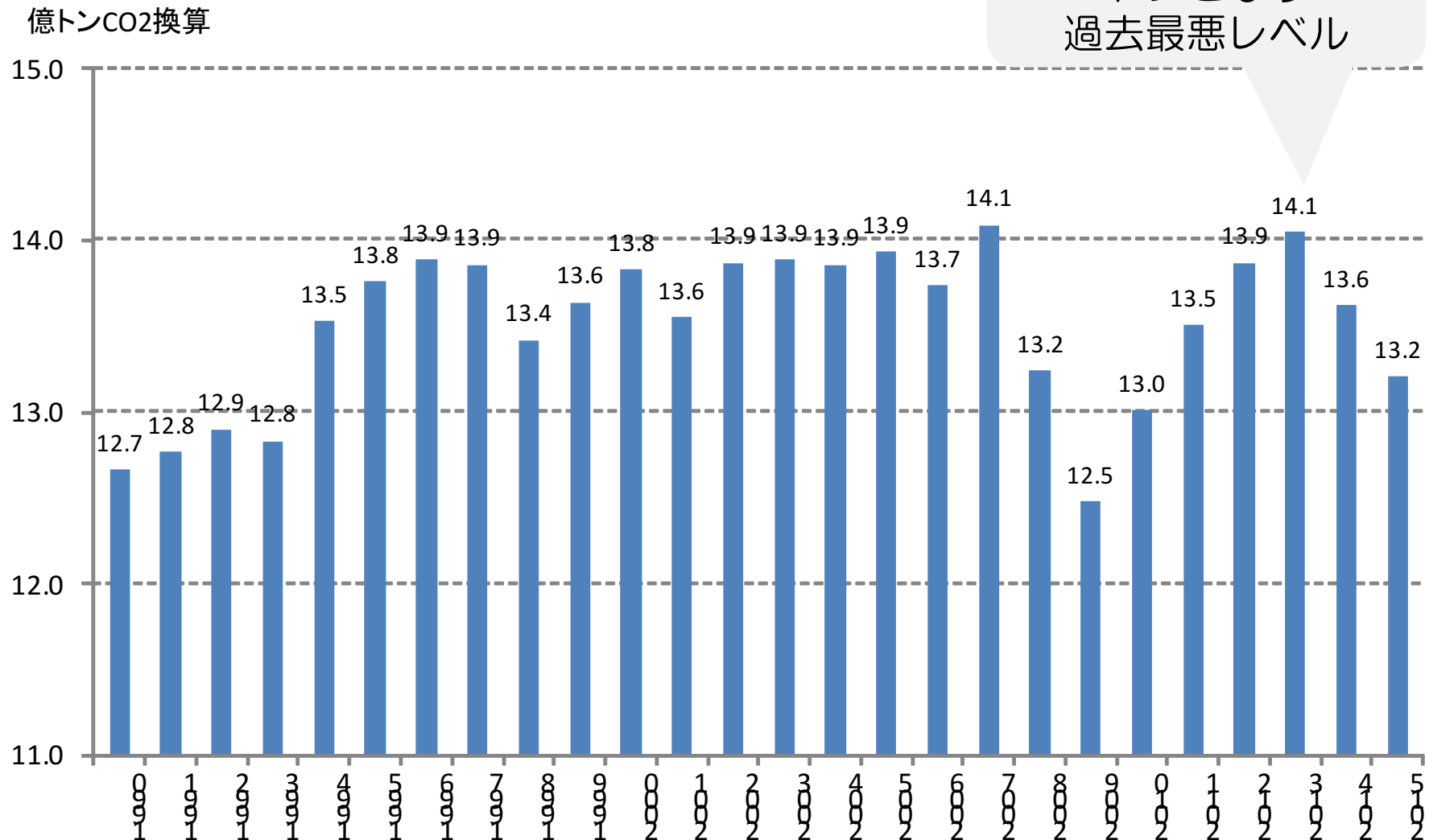
（\*）10電力及び電源開発・日本原子力発電  
出所）各社の有価証券報告書より（一財）日本エネルギー経済研究所作成

## 2. 日本の「3E」を巡る状況

### (3) 地球温暖化対策：温室効果ガスの排出量 削減幅わずか

- 2015年度の日本の温室効果ガス総排出量は13億2,500万トン  
(前年度比 -2.9%、2005年度比 -5.3%)

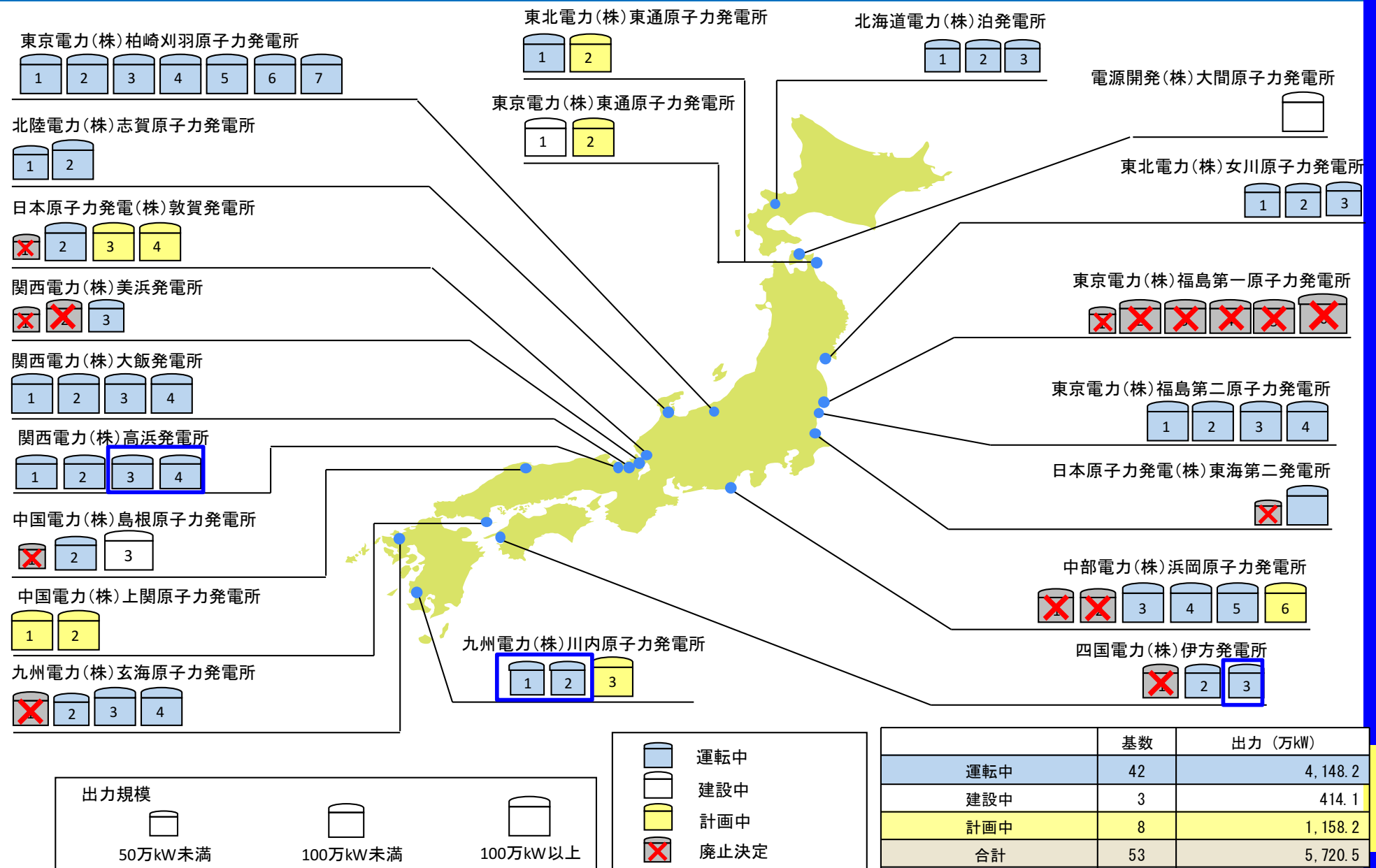
2013年度は14億800万  
トンとなり  
過去最悪レベル



(出所) 環境省、2015年度(平成27年度)温室効果ガス排出量

# 3. 既設原子力プラント状況

## (1) 運転中・建設中・計画中プラント一覧 (2017年8月)



(出所) 原子力・エネルギー図面集2017より作成

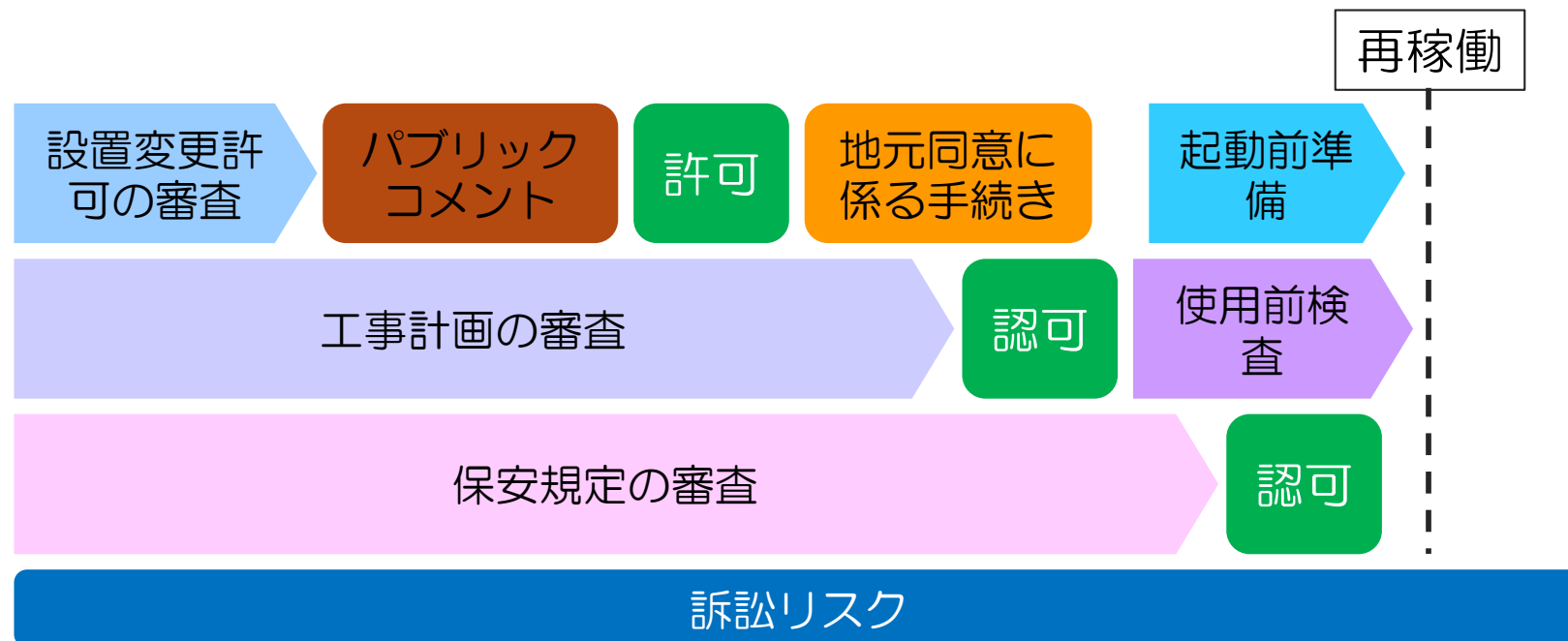
(注) 青四角で囲った炉は、新規規制基準施行後に営業運転を再開したもの



### 3. 既設原子力プラント状況

#### (2) 再稼働に向けたプロセス

1. 新規制基準への適合性審査：3つのプロセス（原子炉等規制法に規定）
    - 設置変更許可
    - 工事計画認可
    - 保安規定変更認可
  2. 立地自治体の同意：原子力安全協定（都道府県-市町村-電力会社の紳士協定）
- ✓ 訴訟リスク
- 事業者を相手取った運転差止訴訟（仮処分と本訴訟）
  - 国を相手取った設置変更許可取消訴訟



### 3. 既設原子力プラント状況

#### (3) 状況 ①認可済み 5基

ユニット	申請	発電開始	リードタイム (日)	事業者ヒアリング回数(*4)
川内1	7/8/2013	8/14/2015	767	802
川内2	7/8/2013	10/21/2015	835	
高浜 3	7/8/2013	2/1/2016 (*1/3)	938	553
高浜 4	7/8/2013	2/27/2016 (*2/3)	964	
伊方 3	7/8/2013	8/15/2016	1,134	498

(\*1)On March 9 2016, Kansai Electric shut down Takahama Unit 3 due to the injunction by Ohtsu District Court.

(\*2)The day Takahama 4 attained criticality. The next day, the reactor automatically scrammed.

(\*3)On March 28 2017, Osaka High Court accepted the arguments of Kansai Electric and lifted the injunction.

(\*4) "Hearing" = meetings between the Regulator (Nuclear Regulation Authority) and the utilities  
(as of July 2017)

### 3. 既設原子力プラント状況

#### (3) 状況 ②審査の最終段階／運転延長認可取得 7基

ユニット	申請	原子炉設置変更許可	リードタイム(日)	事業者ヒアリング回数(2017/4～)
玄海3/4	7/12/2013	1/18/2017	1,286	405(61)
大飯3/4	7/8/2013	5/24/2017	1,416	446(54)

More than 3 years!

ユニット	運転延長認可申請日	運転延長認可	リードタイム(日)	事業者ヒアリング回数
高浜1/2	3/17/2015	6/20/2016	461	233
美浜3	3/17/2015	11/16/2016	610	201

5+7=12

### 3. 既設原子力プラント状況

#### (3) 状況 ③審査中 13基

ユニット	申請	事業者ヒアリング回数 (2017/7以降)
泊 3	7/8/2013	374(0)
柏崎刈羽 6/7	9/27/2013	632(31)
島根 2	12/25/2013	190(0)
女川 2	12/27/2013	180(0)
浜岡4	2/14/2014	187(0) ●
東海第二	5/20/2014	260(72) ○
東通1	6/10/2014	- ○
泊1/2	7/8/2013	50(0)
志賀2	8/12/2014	-
浜岡3	6/16/2015	-
敦賀 2	11/5/2015	-
大間 (新設)	12/16/2014	-

あと何回かかるのやら...

12+13=25

### 3. 既設原子力プラント状況 (3) 状況

#### ③審査中 13基 事業者ヒアリング資料例（柏崎刈羽6/7）

- 5月12日「新規規制基準適合性審査に関する柏崎刈羽6/7号機の第570回事業者ヒアリング」において、東京電力から「重大事故等対策の有効性評価について」という資料（542P）等に基づき、記載内容の事実確認を行った。
- 規制庁より“本日のヒアリングを踏まえて対応していくよう指摘”。

こんな細かいことを  
今聞くか？

別紙-14

限界温度・圧力に対する評価対象部位の裕度について

原子炉格納容器バウンダリを構成する各設備に関して、重大事故時に放射性物質の閉じ込め機能を喪失する要因として、原子炉格納容器内の温度・圧力条件や原子炉格納容器本体の変形に伴い、構造健全性が失われる場合と、シール部の耐漏えい機能が失われる場合が想定される。

- ①原子炉格納容器本体（コンクリート部）  
曲げせん断破壊
- ②原子炉格納容器本体（ライナ部）  
延性破壊
- ③トップヘッドフランジ  
延性破壊、変形、高温劣化（シール部）
- ④ハッチ類（機器搬入用ハッチ等）  
延性破壊、変形、高温劣化（シール部）
- ⑤エアロック  
延性破壊、変形、高温劣化（シール部）
- ⑥配管貫通部
  - ・貫通配管  
延性破壊
  - ・スリーブ  
延性破壊
  - ・端板  
延性破壊
  - ・閉止板  
延性破壊
  - ・閉止フランジ  
延性破壊

### 3. 既設原子力プラント状況 (3) 状況

#### ③審査中 13基 審査会合資料例 (東海第二)

- 8月29日「第500回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合」において、日本原電より資料2-2-1「東海第二発電所 重大事故等対策の有効性評価／審査会合における指摘事項の回答」に基づき、これまでの指摘事項への回答を提出。

#### 2. 指摘事項の回答 (No.67)



##### (1) 指摘事項

東海第二の格納容器破損防止のマネジメントの特徴として、原子炉、格納容器及びペDESTALへの流量調整等、運転員操作が多いことから、操作を行うSA制御盤に持たせる機能や運転員の操作分担の考え方を整理して提示すること。また、具体的に、運転員の操作頻度、運転員にかかる負荷を整理し、操作に失敗した場合の影響や、その影響を防止するための対策について整理して提示すること。

##### (2) 回答

重大事故等対処設備の操作等を実施する制御盤は下記のとおり。 赤: 運転員Aが対応, 青: 運転員Bが対応

制御盤名称	監視, 制御及び操作を行う主な設備
高圧代替注水系制御盤	高圧代替注水系
常設代替高圧電源装置遠隔操作盤	常設代替交流電源設備
SA監視操作盤	低圧代替注水系(常設), 代替格納容器スプレイ冷却系(常設), 格納容器下部注水系(常設), 代替燃料プール注水系, 緊急用海水系, 代替循環冷却系, 格納容器圧力逃がし装置, 耐圧強化ベント系, 水素濃度及び酸素濃度監視設備, サプレッション・プールpH制御装置, 重要監視パラメータ及び重要代替監視パラメータ

運転員Aは主に原子炉側, 運転員Bは主に電源関係, 主制御盤での操作を担当し, 操作の流れは以下を想定。

- ① 事象発生直後のプラント状況の把握等(運転員A, 運転員B)
- ② 高圧代替注水系の起動(運転員A)／常設代替高圧電源装置の起動(運転員B)
- ③ SA監視操作盤を用いた操作・監視(運転員A)／その他の制御盤を用いた操作・監視(運転員B)

また, 炉心損傷後の並行操作となり得る操作について整理しその成立性(到達した操作から実施又は優先度の高い操作から順次実施する)と操作の成立性に問題ないことを確認。

保安規定に  
こう書くの  
か?

### 3. 既設原子力プラント状況

#### (3) 状況 ④未申請 17基

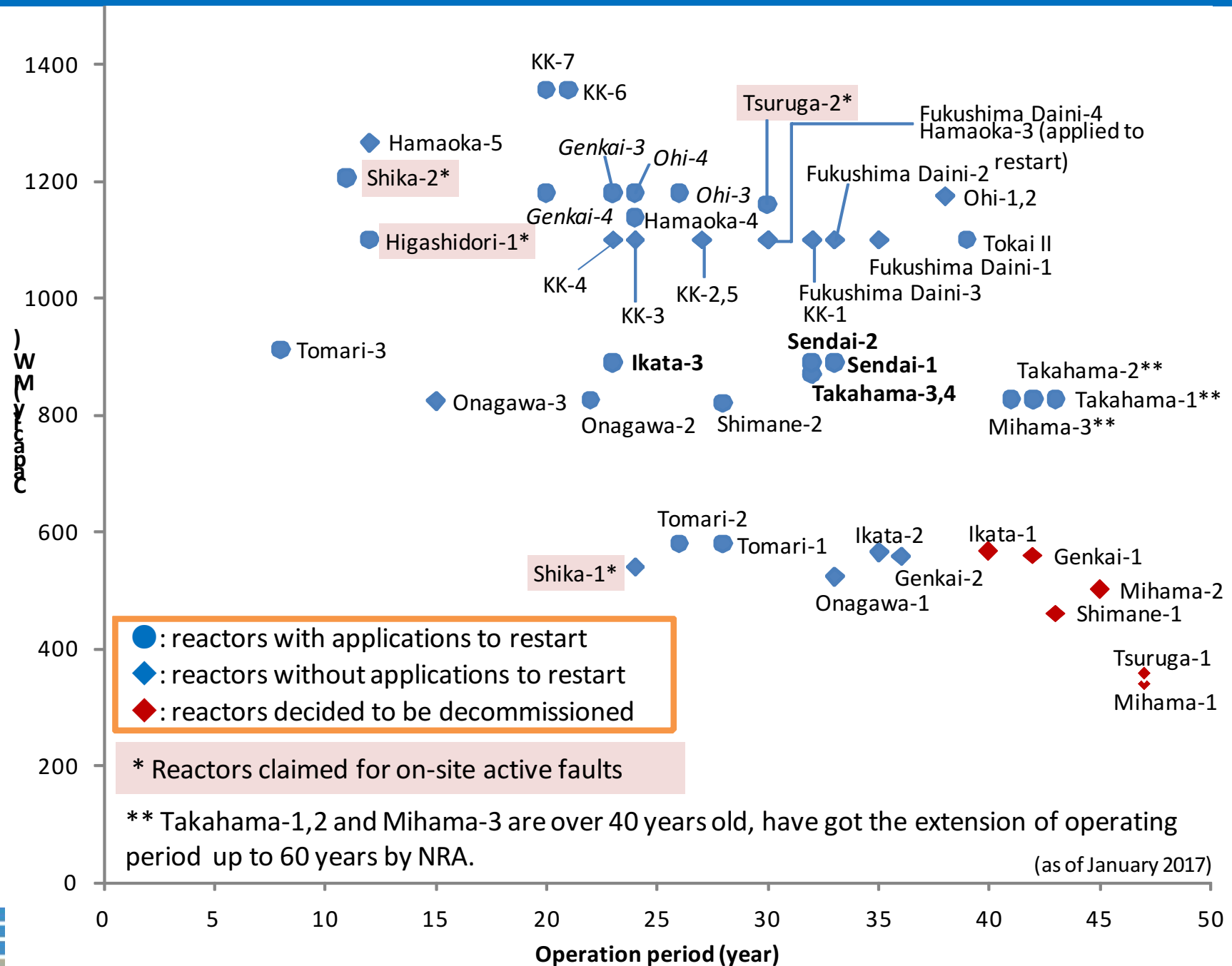
ユニット	営業運転開始	出力(MW)
大飯1/2	1979	1,175 X2
玄海2	1981	559
伊方2	1982	566
福島第二 1/2/3/4	1982-1987	1,100 X4
女川 1	1984	524
柏崎刈羽1/2/3/4/5	1985-1994	1,100 X5
志賀1	1993	540
女川 3	2002	824
浜岡 5	2005	1,380

TIME FOR DECISION MAKING ?

25+17=42

# 3. 既設原子カプラント状況

## (3) 状況 ⑤申請中 cf 未申請

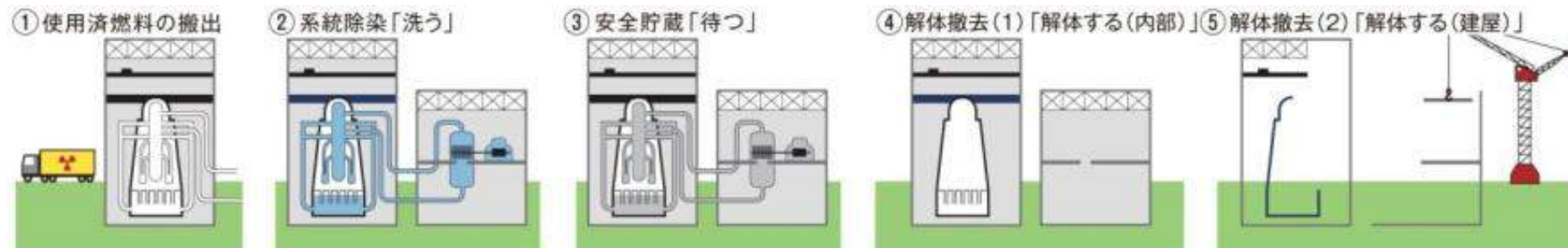




## 4. その他の原子力の諸課題

### (1) 廃止措置：日本の商業用原子炉の廃止措置の現状

- 東海発電所、浜岡1・2号機、敦賀1号機、美浜1・2号機、島根1号機、玄海1号機、伊方1号機が既に営業運転終了
- 廃止措置の3つのステップ
  - 「洗う」：発電所の配管や容器内に付着した放射性物質を化学薬品を使って除去
  - 「待つ」：適切な管理下で放射性物質の減少を待つ（5～10年程度）
  - 「解体する」：建屋内部の配管・容器の解体除去→建屋内部の放射性廃棄物の除去 →建屋解体



(出所) 日本原子力発電ホームページ、原子力・エネルギー図面集2016

商業炉として最初に廃止措置が決まった東海発電所でも原子炉領域解体まで20年。

廃止措置の工程は運転期間と同等、長期にわたる。

## 4. その他の原子力の諸課題

### (1) 廃止措置：引当金不足問題

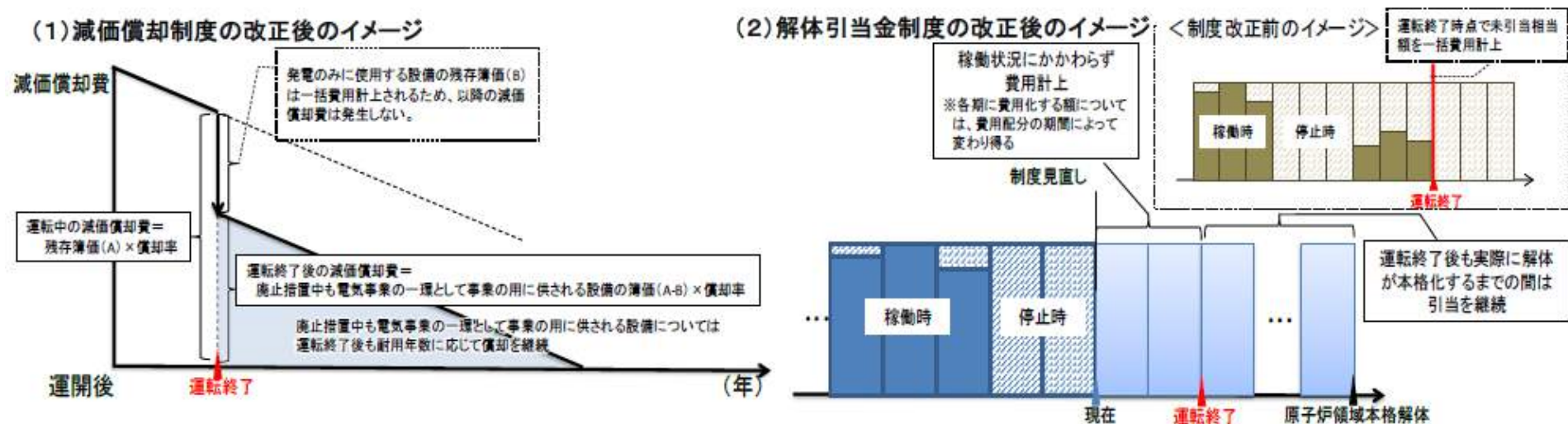
- 長期間の運転停止や想定外の早期運転終了で、本来は電気料金で回収可能だった費用が回収困難に → 2013年9月省令改正

#### 1. 発電所設備の減価償却

- 見直し前：運転終了を機に残存簿価を一括費用計上
- 見直し後：廃止措置中も電気事業の一環として「事業の用に供される設備」は運転終了後も減価償却費を料金原価に含めてよい。

#### 2. 解体引当金

- 見直し前：稼働実績に応じて廃炉費用を積み立て
- 見直し後：①定額法へ変更 ②運転期間40年＋安全貯蔵期間10年＝引当期間



(出所) 廃炉に係る会計制度検証ワーキンググループ

## 4. その他の原子力の諸課題

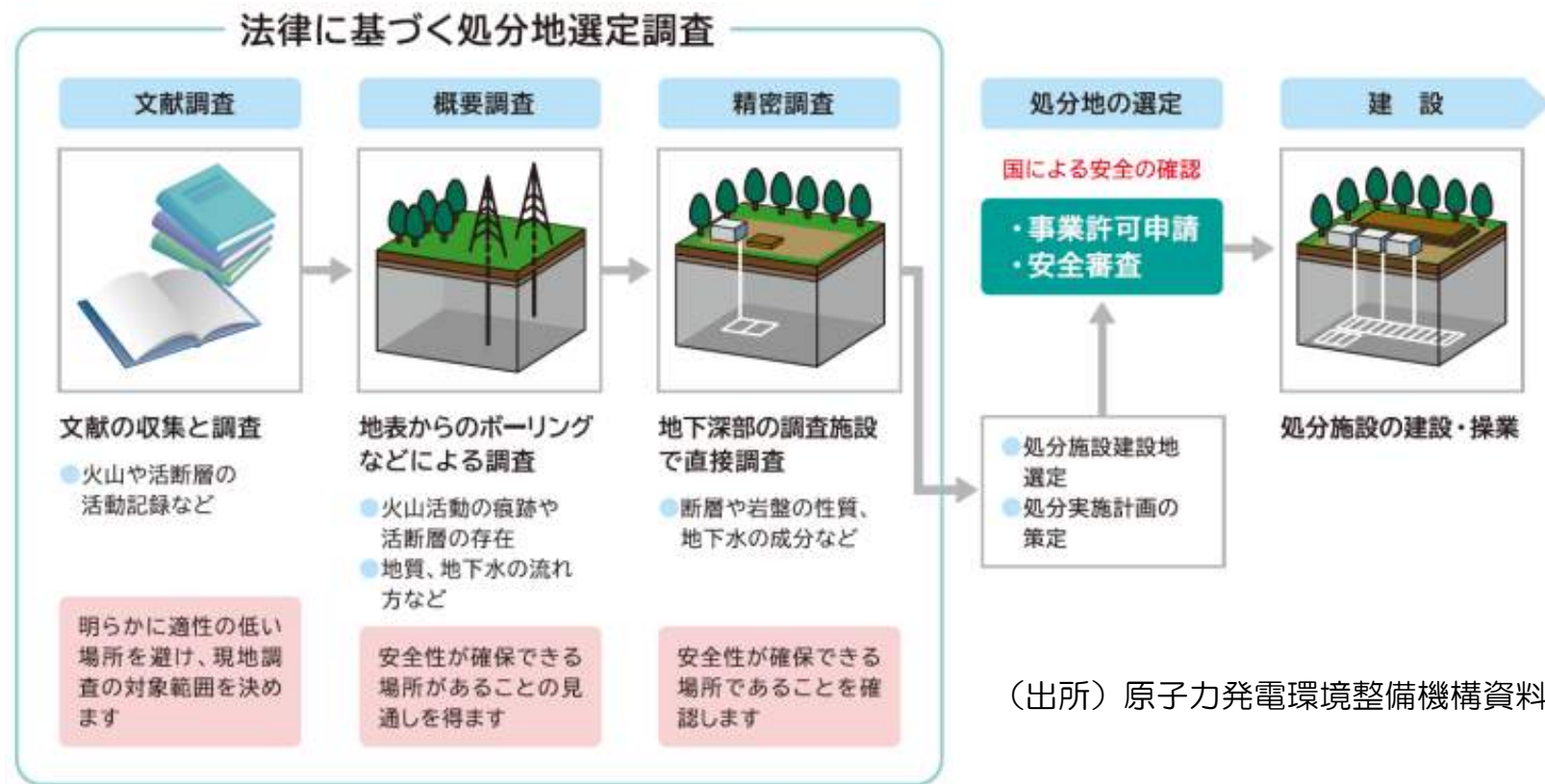
### (2) 高レベル放射性廃棄物処分 ①経緯

「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」施行（2000年6月）

- 基本方針及び最終処分計画を閣議決定（2000年9月）、NUMO（原子力発電環境整備機構）設立（2000年10月）
- 2002年から処分地選定調査を受け入れる自治体を公募 →進展せず

基本方針改定案の閣議決定（2015年5月）

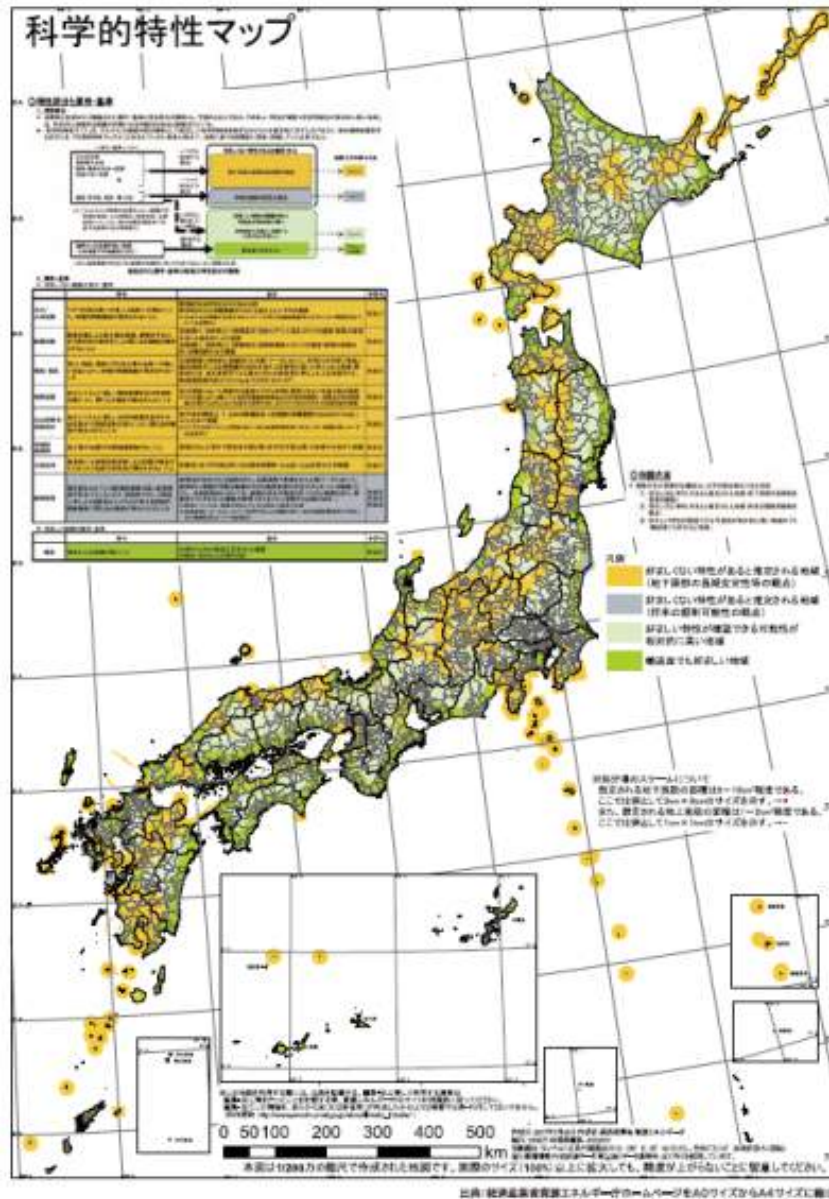
- 国が科学的特性マップを提示し、調査への協力を自治体に申し入れる。
- 地域の合意形成や持続的発展に対して支援を行う。



（出所）原子力発電環境整備機構資料

# 4. その他の原子力の諸課題 (2) 高レベル放射性廃棄物処分

## ②科学的特性マップ公表 (2017年7月)



### 科学的特性マップの提示

地下環境等の科学的特性に関するデータを整理し、広く国民に示す



全国データを活用



(個別地点毎のデータは利用せず一律に判断)

提示をきっかけに

### 全国・地域における対話の積み重ね

科学的特性マップ等を活用した全国各地での説明会



国民・地域の声を聴きながら更なる取組

- 地域毎のきめ細かな対話・地域の方々の学習支援
- 研究開発の充実
- 地域共生・地域支援に関する議論等

国民理解の深まり

調査を受け入れて頂ける地域が出てくれば

### 法律に基づく3段階の処分地選定調査

文献調査

概要調査

精密調査

地域の理解を得た上で NUMOが調査



個別地点毎に調査

安全性の確認

最終処分場所 (施設建設地) の選定

処分施設の建設

廃棄物の搬入・埋設

処分施設の閉鎖



日本も、海外を見習ってえ～、  
原子力に頼らない社会を目指すべきかと～、  
おもいますう～

.....???



## 第2部 世界

我々日本人が普段知らない世界で着々と変革進行中

## 5. 世界の原子力発電開発動向と見通し

### (1) 国別ランク2010→2017：中国の躍進と欧米主要国の停滞

- 世界31カ国で使われているが、トップ3カ国で世界の設備容量の半分以上
- 石炭やガスと違い「寡占化」された電源
- つまり、原子力利用を考えたこともない国が4分の3以上

2010年1月



2017年1月

1 US	105	104	11	9	1 アメリカ	▼	10,356	99	1,066	9
2 France	66	59	2	1	2 フランス		6,588	58	163	1
3 Japan	49	54	20	15	3 日本	▼	4,148	42	1,572	11
4 Russia	23	27	16	17	4 中国	▲	3,349	35	5,052	47
5 Germany	22	17	0	0	5 ロシア	▲	2,674	30	2,595	25
6 Korea	18	20	10	8	6 韓国	▲	2,312	25	1,292	9
7 Ukraine	14	15	2	2	7 カナダ	▲	1,427	19	0	0
8 Canada	13	18	0	0	8 ウクライナ		1,382	15	200	2
9 UK	12	19	0	0	9 ドイツ	▼	1,136	8	0	0
10 Sweden	9	10	0	0	10 イギリス	▼	1,036	15	326	2
11 China	9	11	38	36	11 スウェーデン		968	10	0	0
Others	15	8	22	0	12 スペイン		740	7	0	0
合計	356	377	120	116	その他		4,485	76	6,140	61
					合計		40,600	439	18,406	167

Source: "World nuclear power plants 2016", JAIF

原子力を開発・利用しているのはどんな国？

# 5. 世界の原子力発電開発動向と見通し

## (2) 原子力を利用しているのはこんな国々

	人口(万人) (2015年)		GDP(名目)(M\$) (2016年)		1次エネルギー供給(MTOE) (2015年)	
1	中国	138,393	米国	18,569,100	中国	3,051.50
2	インド	131,105	中国	11,218,281	米国	2,182.31
3	米国	32,177	日本	4,938,644	インド	824.74
4	インドネシア	25,756	ドイツ	3,466,639	ロシア	710.88
5	ブラジル	20,785	イギリス	2,629,188	日本	435.91
6	パキスタン	18,893	フランス	2,463,222	ドイツ	311.84
7	ナイジェリア	18,220	インド	2,256,397	ブラジル	303.24
8	バングラデシュ	16,100	イタリア	1,850,735	韓国	276.16
9	ロシア	14,346	ブラジル	1,798,622	カナダ	272.46
10	メキシコ	12,702	カナダ	1,529,224	フランス	245.70
11	日本	12,657	韓国	1,411,246	イラン	237.08
12	フィリピン	10,070	ロシア	1,280,731	インドネシア	225.51
13	エチオピア	9,939	オーストラリア	1,258,978	サウジアラビア	213.51
14	ベトナム	9,345	スペイン	1,232,597	メキシコ	187.33
15	エジプト	9,151	メキシコ	1,046,002	英国	180.01
16	ドイツ	8,069	インドネシア	932,448	イタリア	150.72
17	イラン	7,911	トルコ	857,429	南アフリカ	147.02
18	トルコ	7,867	オランダ	771,163	ナイジェリア	134.71
19	コンゴ	7,727	スイス	659,850	オーストラリア	130.60
20	タイ	6,796	サウジアラビア	639,617	トルコ	129.68

1次エネルギー供給：発電・  
転換部門で生じるロスまで  
を含めた、必要とされる全  
てのエネルギーの量



原子力発電  
利用国


10/20

15/20

14/20


## 5. 世界の原子力発電開発動向と見通し

### (3) 福島事故以降の諸外国の動向 (1/3)



原子力  
推進

- 中国：安全性確保を前提に積極的な開発方針を堅持。2020年には発電設備容量を5,800万kW、建設中の設備容量を3,000万kWを目指す。
- インド：クダンクラム3/4号機、ラジャスタン7/8号機、カクラパー3/4号機等を建設中
- ロシア：国内外での積極的な開発姿勢を継続、2030年までに11基の新設を予定
- フランス：2025年に原子力比率低減（75%→50%）、設備容量上限を63.2GWとする（エネルギー転換法）  
※仏は電力需要が増加しており、設備容量を現状維持とすることで原子力比率は低減する。容量の維持を明言。
- イギリス：既設炉代替として6地点で新設計画。低炭素電源として原子力を位置づけ、固定価格買取制度を導入
- アメリカ：2基が建設中。一方で電力需要の低迷や安価な天然ガス価格を背景に、閉鎖する既設炉も登場。しかし設備容量は維持する見通し。
- 韓国：設備容量に占める原子力比率を2035年までに29%に高める（2013年26%）
  - 2017年6月、文大統領が脱原子力宣言。7月、世論調査をする「公論化委員会」発足。その間新古里5,6号機建設準備工事中断



脱原子力

- スイス：2011年5月25日、2034年までに順次廃炉の方針を発表
- イタリア：2011年6月13日、国民投票の結果、原子力発電所の新規建設を無期限凍結
- ドイツ：2011年8月1日、第13次原子力法改正法施行（2022年までに原子力発電所を全て廃止）



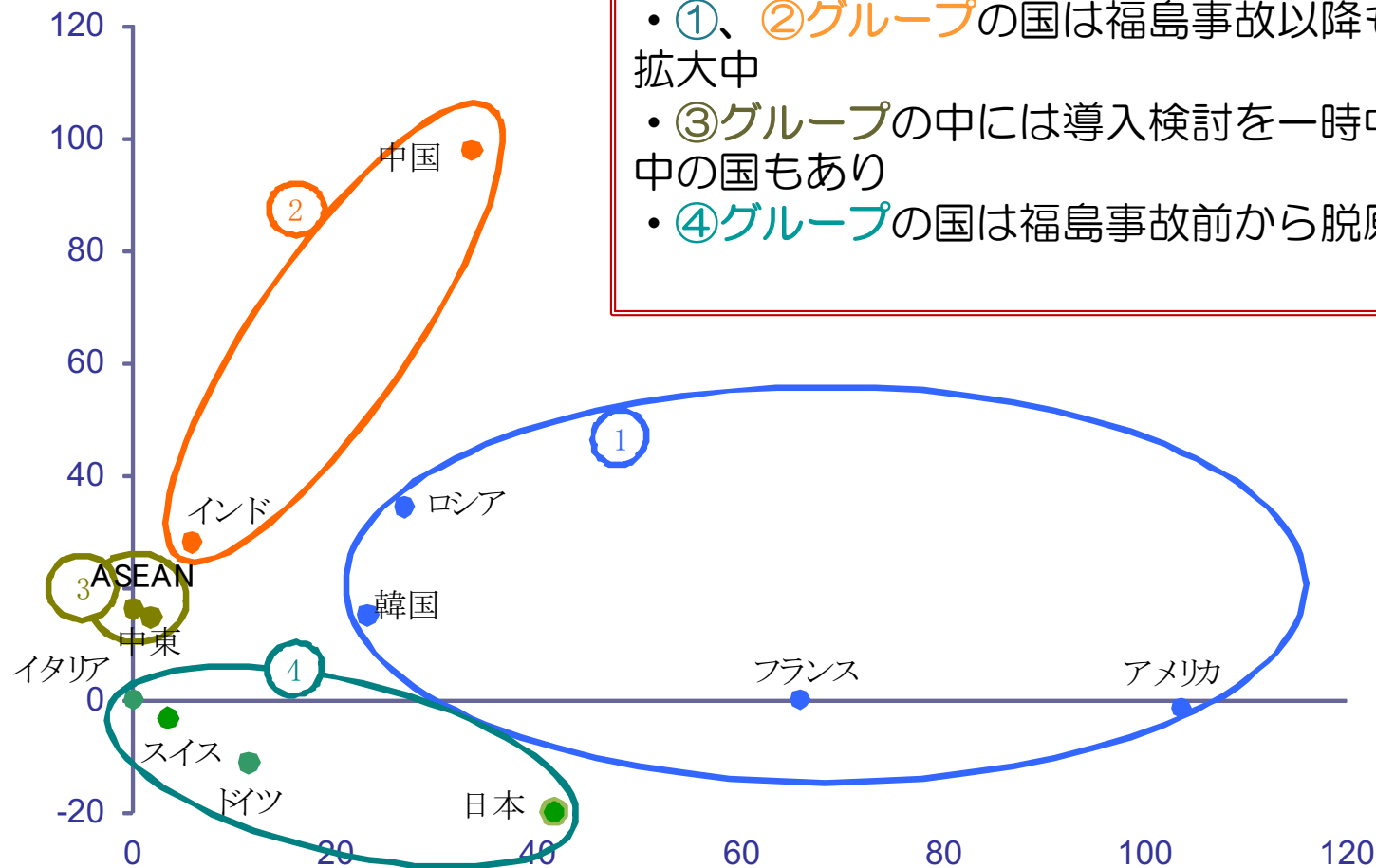
# 5. 世界の原子力発電開発動向と見通し

## (3) 福島事故以降の諸外国の動向 (2/3)

各国のエネルギー事情を反映した各国の原子力政策から動向をマッピング

- 増加傾向要因：急増するエネルギー需要、CO2排出量削減 など
- 減少傾向要因：事故を踏まえた政策転換、他電源との競争の結果 など

2016～2040年の  
設備容量増加分(GW)



• ①、②グループの国は福島事故以降も原子力利用継続・拡大中  
• ③グループの中には導入検討を一時中断中ないしは停滞中の国もあり  
• ④グループの国は福島事故前から脱原子力傾向にあり

2016年の設備容量(GW) (出所)

設備容量：日本原子力産業協会「世界の原子力発電開発の動向」  
設備容量増加分：「アジア/世界エネルギーアウトック」

## 5. 世界の原子力発電開発動向と見通し

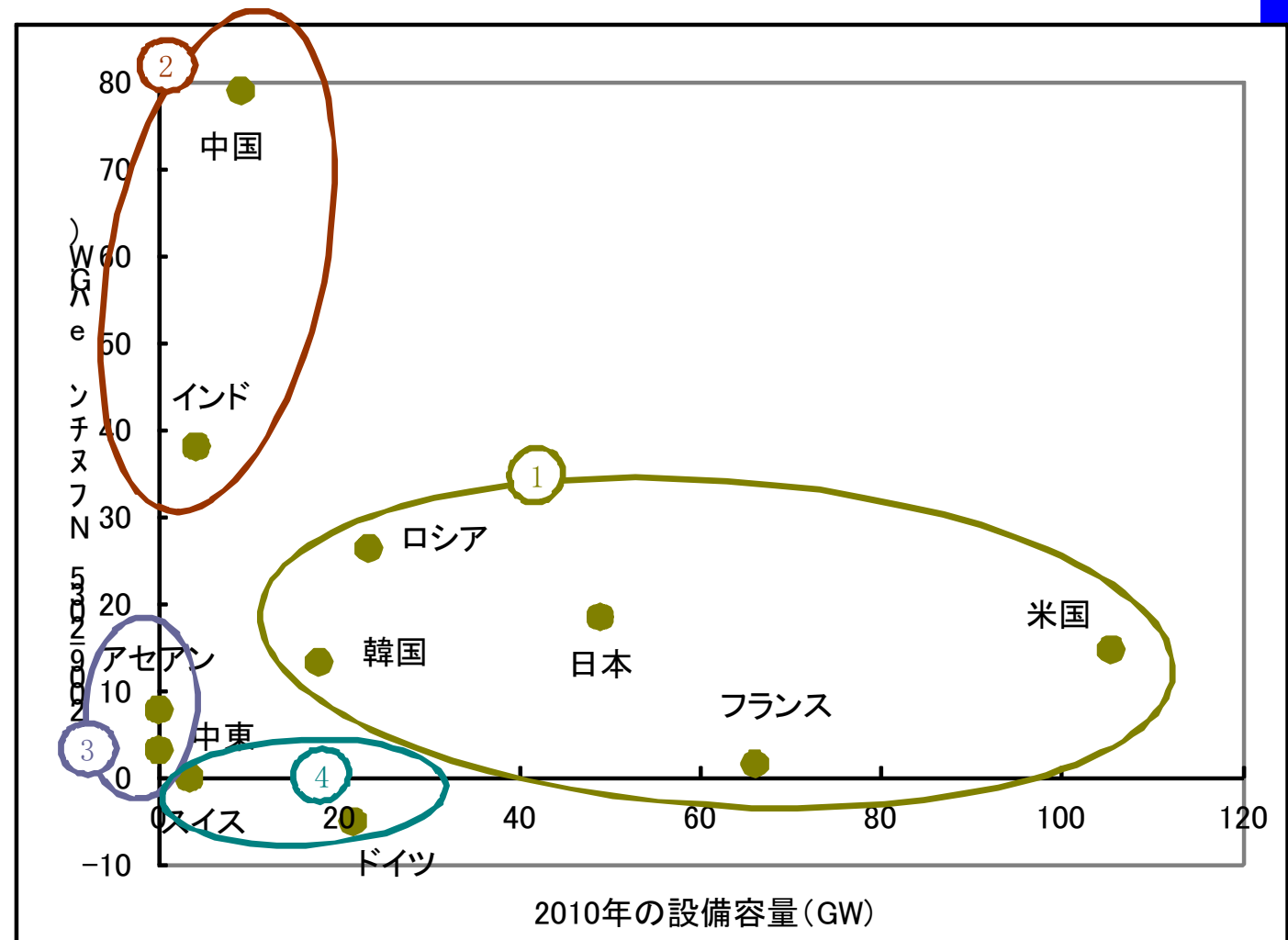
### (3) 福島事故以降の諸外国の動向 (3/3)

1. 原子力大国
2. 原子力拡大国
3. 原子力導入検討国
4. 脱原子力傾向国

福島事故を境目に  
変わったのは

...

日本だけ!



Source:

Capacity at 2010: "World nuclear power plants 2010", JAIF

Additional capacity from 2010 to 2035: "Asia/World Energy Outlook 2009", IEEJ

## 6. 国際原子力商戦レビュー2017

### (1) 中国の躍進 ①新興国及び英国に積極的に国際展開

- フランス・アメリカ・ロシア・日本からの技術導入後、国産化
- 2015年から先進国市場に参入、英仏に大接近。日本と競合へ

年月日	イベント
2016/8/3	中国核工業建設集団公司（CNEC）、 <b>インドネシア</b> で中国製の高温ガス実験炉開発の協力協定をインドネシア原子力庁（BATAN）と締結
2016/9/3	トルコの天然資源エネルギー省、原子力を含む3つのエネルギー分野における協力で中国と議定書を締結
2016/9/29	<b>英国</b> 政府とEDFおよび33.3%の出資を約束している中国広核集団有限公司（CGN）、ヒンクリーポイントCプロジェクトの最終的な契約・合意文書に調印
2016/11/8	中国と <b>ロシア</b> 、原子力の平和利用分野における戦略的な協力拡大で合意
2016/12/6	<b>カザトムプロム社</b> 、仏アレバ社および中国広核電力（CGNPC）の協力により傘下のウルバ冶金工場で燃料集合体製造工場の建設工事を開始すると発表
2017/1/19	<b>英国</b> 原子力安全規制局IONR、中国製原子炉UK HPR1000のGDA（標準設計審査）に着手
2017/3/16	<b>アブドラ</b> 国王原子力・再生可能エネルギー都市公団（KACARE）、高温ガス炉建設向け共同FS実施で中国核工業建設集団公司（CNEC）と協力協定を締結
2017/3/22	中国広核集団有限公司（CGN）、 <b>ケニア</b> の原子力導入計画に関連する人材育成協力を含む複数の協力協定をケニア原子力発電委員会と締結
2017/4/24	CGN、北京で原子力サプライチェーンの英中協力に関する国際ワークショップを開催
2017/5/17	中国核工業集団公司（CNNC）、 <b>アルゼンチン</b> 4基目の原子炉となる加圧重水炉と5基目となる同国初のPWR建設計画について、アルゼンチン国営原子力発電会社と一括請負契約に調印
2017/7/24	国家核電技術公司（SNPTC）、三門原子力発電所1号機（AP-1000、125万kW）の建設工事で、燃料装荷前の包括的安全検査を成功裏に完了と発表

## 6. 国際原子力商戦レビュー2017

### (1) 中国の躍進 ②燃料ビジネスでも導入国から供給国へ

- “Nuclear Fuel Industry Park”構想でフロントエンド施設を河北省に設置。
- 第2期工事として広東省にも計画中。
- 2030年には「世界最大の燃料供給国になる」との目標



出所) “Nuclear Fuel in China”, China Nuclear Fuel Corporation, June 2016, The World Nuclear Fuel Market 2016

成型加工のみならず濃縮・転換技術にも自信

- “1990年代より濃縮ウランを欧米や日本・韓国に供給”
- “その技術は国際水準を満足 (The enrichment and conversion service can meet with the international standard)”

・・・その自信はどこから？

## 6. 国際原子力商戦レビュー2017

### (2) ロシアの国際展開 ①先進国が進出しない地域狙い

- 原子炉及び核燃料サイクル技術で世界有数の水準。特にウラン濃縮では世界シェアの半分を有する他、アンガルスクに国際ウラン濃縮センター（IAEAの認定した国際ウラン備蓄バンク）を所有・運営。
- 主な技術導入先はCIS及び東欧、近年は中東・アフリカ・南米にも進出。

年月日	イベント
2017/1/19	ロシアとイラン原子力機関、原子力協カロードマップと建設準備作業文書に調印
2017/2/16	ザンビア・ロシア両国政府、ザンビアにおける原子力科学技術センター建設で合意
2017/2/27	ロシア、タジキスタン政府と原子力平和利用に向けた協力で合意
2017/3/8	ロシアの原子力産業専門教育機関、トルコ・アンカラ産業局と原子力技術の人材育成分野での協力で合意
2017/3/14	ロシア、「ケニア・エネルギー週間」において東アフリカ地方に原子力のメリットを説明
2017/3/23	ロシア、エジプトの主要大学を訪問し両国の原子力教育の発展で合意
2017/3/29	3月29日から31日まで南アフリカ・ヨハネスバーグで開催された「アフリカの原子力」（Nuclear Africa）にロシアも参加、事業概要を紹介
2017/4/20	使用済燃料の海上輸送などにおける国際協力を議論する会議をロシアが主導。ロシア企業他、ノルウェー・イタリア・スウェーデン等が参加
2017/4/23	ロシア、原子力先端技術に関するセミナーをパラグアイで開催
2017/6/20	ロシア、チェコのSkoda電力とアルメニア原子力発電所向けリプレース機器供給の契約締結
2017/6/29	ロシアとベトナム科学技術省、同国への原子力科学技術センター設立で合意
2017/7/20	ロシア、Power Gen Africaで同国の技術を紹介

## 6. 国際原子力商戦レビュー2017

### (2) ロシアの国際展開 ② “ユニークなビジネスモデル BOO”

- BOOは先進国がリスクを恐れて取らないアプローチ

Akkuyu NPP (Turkey)



Hanhikivi-1 NPP (Finland)



#### Main parameters:

- Power units: 4 x 1200 MW
- Reactor type: VVER-1200
- Site: Mersin province
- Project model: BOO
- Rosatom – majority shareholder of Project company (at least 50%+1) on the whole NPP lifecycle
- First NPP in Turkey
- March 2017 – application for construction license

#### Main parameters:

- Power units: 1 x 1200 MW
- Reactor type: VVER-1200
- Site: Puhayoki region
- Project model: BOO
- Rosatom holds 34% of Project company
- June 2015 – application for construction license

出所) “Rosatom international approach to NPP construction”, Boris Arseev, Rosatom  
KAIF Annual Conference, April 2017

新興国が歓迎するロシアのアピールポイントは何だろう？

## 6. 国際原子力商戦レビュー2017

### (3) プラントベンダー競争・協カマップ ①2007年

- 先進国のプラントベンダー同士が先進国と新興国とで競争
- ロシア国営Rosatomとは“住み分け”

	Areva	MHI	WH	東芝	GE	日立
150万kW超級	EPR オルキルト3号機(建設中) フラマンビル3号機(計画中) NRC-DC事前審査中	US-APWR NRC-DC事前審査中  APWR 敦賀3/4号機計画中			ESBWR NRC-DC取得見通し	
100万kW級	PWR 欧州・中国・韓国で多数運転中  2006年10月～ 共同開発	PWR 欧州・アジア等で多数運転中  ?		AP-1000 NRC-DC取得済み	2006年11月13日 戦略的提携発表  ABWR NRC-DC取得済み  ABWR/BWR 米国・日本・欧州で多数運転中	

# 6. 国際原子力商戦レビュー2017

## (3) プラントベンダー競争・協カマップ ②2017年

- 米国・フランス・ロシア・日本に加え、韓国次いで中国が参入
- 大型炉は先進国で、中型炉は新興国で競争中

	China (CNNC/CGN)	Areva-EDF	Mitsubishi Heavy Industries	Westinghouse	Toshiba	GE	Hitachi	Canada	Russia	Doosan Heavy Industries (South Korea)
Over 1.4 GW		EPR Under construction in Finland, France and China	Japanese 3.5+ PWR EU-APWR US-APWR	China	Japanese 3.5+ BWR	ESBWR Planned in the US JV in US and in Japan since April 2008				APR-1400 Under construction in UAE
1-1.3 GW	Hualong-1 Under construction in Pakistan PWR	ATMEA-1 Proposing to Czech, Turkey etc KERENA PWR		AP-1000 Under construction in the US, China	ABWR Construction suspended in Taiwan	ACR-1000		VVER-1200 AES-2006 (VVER-1000)		OPR-1000

Additional notes from the diagram:

- Agreement on cooperation June 2015 (between China and Areva-EDF)
- Hold 15% of stake July 2017 (pointing to ATMEA-1)
- China (vertical text in Westinghouse column)

東芝/WHの撤退で誰が漁夫の利を得るか



## 7. 海外原子力事業リスク

### (1) 東芝の海外原子力事業戦略180°転換



← 2006年2月

#### 1) 海外原子力事業のリスク遮断

マジョリティ売却等による非連結化を含め  
再編検討を加速

- 東芝グループ<sup>o</sup>におけるウェスチングハウス社の位置付けを見直し
- 戦略的選択肢を積極的に検討

2017年3月 →

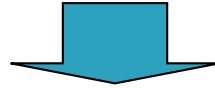
背景・要因は？ 事業環境や経営戦略との関係は？

「海外原子力事業リスク」に企業はどう向き合うべきか？

## 7. 海外原子力事業リスク

### (2) 原子力産業界の動向レビュー

- 世界では1960年代の原子力開発の初期に各国で原子力プラントメーカー・燃料メーカー・エンジニアリング会社が振興
- 1970年代からの需要低迷期に企業間で国境を越えた再編・集約化が進む



- 2000年代までに、経済性・信頼性とも優れたプラントコンセプトや設計ノウハウを有する数社に寡占化
  - General Electric (GE) (米国)
  - Westinghouse Electric (WH) (米国)
  - Areva (フランス)
  - 三菱・東芝・日立 (日本)

#### • • • 一方その間日本は • • •

- 1990年代までは毎年のように新規着工・営業運転開始がある成長市場
- 2000年代以降、新規着工が激減、その後の計画も不透明に



- 1基／年の新設ペースに応じた体制のプラントメーカーは事業縮小か、海外展開するかを選択を迫られる



2005年、ウェスチングハウスの入札に日本企業が競って応札

## 7. 海外原子力事業リスク

### (3) 日本のプラントメーカーの事情と決断とその後の行動

	事情	東芝によるWEC買収後の行動
東芝	2004年の世界の原子力発電所のうちPWRが264基（約6割）、BWRが92基（約2割）。米国内ではPWR:BWRの比率がおよそ2:1、建設中・計画中の軽水炉での比率は約5:1。WEC買収は生き残りのために「落とせば痛い星」として外せない案件。	2007年8月、カザフスタンの国営ウラン生産企業KazAtomPromがWEC株10%取得し資本参加。2010年5月には米国のウラン濃縮企業USECに1億ドル出資して濃縮ウラン供給権利取得するなど、プラント分野のみならず核燃料サイクル上流事業にも参入
日立	同上。ただし全社における原子力事業の比率は東芝より小さく、買収失敗による負の影響は小さい。	GEと日立は2007年7月、原子力事業部門を実質統合し、日米にそれぞれ現地会社を設立。日本会社は日立GE、米国会社はGE日立。 2008年4月には米国サンノゼにABWR拡販のための新事務所を設立。
三菱重工（MHI）	WEC製PWRの日本国内における永久使用权を有しているものの、海外のプラント受注にあたってはAP-1000等の技術使用权を有するWECとの協力が必要不可欠。 WECの設計技術力及びブランド力と自社の実機製造能力が有機的に結びつき、中国等海外新規案件の受注が有利になり、フランス・AREVA社と比肩する世界のPWRメーカーに成長する大きなチャンス。	2006年7月、US-APWR拡販のため米国に現地事務所を設立。2007年3月、米国電力からUS-APWR2基の受注内定獲得。 2006年10月、Arevaと提携に合意し東京で調印。2007年9月には新型軽水炉ATMEA開発に関してフランスにArevaとの合弁事務所を設立。2008年4月、燃料分野で協調することで合意。

## 7. 海外原子力事業リスク (3)どこで間違えた？

### ①米国原子力新設計画 2008年4月と2017年4月の比較

- “Nuclear Renaissance”ではなく“Nuclear Survival”だった！

企業名	立地候補地	炉型及び基数 2008年4月)	建設・運転一体認可 (COL) 受理	2017年4月	進捗/後退
Alternate Energy Holdings /Unistar	Owyhee County, ID	EPR	—	計画白紙	↓
Amarillo Power /Unistar	Vicinity of Amarillo, TX	EPR	—	計画白紙	↓
AmerenUE /Unistar	Callaway County, MO (Callaway)	EPR	—	検討中、炉型はSMRに	↓
Constellation /UniStar	Calvert County, MD (Calvert Cliffs)	EPR	March 2008	計画白紙	↓
Constellation /UniStar	Oswego County, NY (Nine Mile Point)	EPR	—	計画白紙	↓
Detroit Edison	Fermi, MI (Fermi)	Not yet determined	Nov-08	COL取得、炉型はESBWRに	↑
Dominion	Louisa County, VA (North Anna)	ESBWR (1)	November 2007	審査中	↑
Duke	Cherokee County, SC (William States Lee)	AP1000 (2)	December 2007	COL取得	↑
Duke	Davie County, NC	Not yet determined	Not yet determined	計画白紙	↓
Duke	Oconee County, SC (Oconee)	Not yet determined	Not yet determined	計画白紙	↓
Entergy	West Feliciana Parish, LA (River Bend)	ESBWR (1)	December 2008	計画白紙	↓
Entergy (NuStart )	Claiborne County, MS (Grand Gulf)	ESBWR (1)	February 2008	計画白紙	↓
Exelon	Clinton, IL (Clinton)	Not yet determined	Not yet determined	計画白紙	↓
Exelon	Victoria County, TX	ESBWR (2)	—	ESP、COL申請取り下げ	↓
Florida Power & Light	Miami-Dade County, FL (Turkey Point)	Not yet determined (2)	—	審査中、炉型はAP1000に	↑
Luminant	Glen Rose, TX (Comanche Peak)	APWR (2)	December 2008	中断中	↓
NRG Energy /STPNOC	Matagorda County, TX (South Texas Project)	ABWR (2)	September 2007	COL取得	↑
PPL Corp. /Unistar	Luzerne County, PA (Bell Bend)	EPR	December 2009	計画白紙	↓
Progress Energy	Wake County, NC (Harris)	AP1000 (2)	February 2008	中断中	↓
Progress Energy	Levy County, FL	AP1000 (2)	October 2008	計画白紙	↓
South Carolina Electric & Gas	Fairfield County, SC (V.C. Summer)	AP1000 (2)	March 2008	COL取得、建設中	↑
Southern Company	Burke County, GA (Vogtle)	AP1000 (2)	March 2008	COL取得、建設中	↑
TVA (NuStart )	Jackson County, AL (Bellefonte)	AP1000 (2)	October 2007	COL申請取り下げ	↓

# 7. 海外原子力事業リスク (3)どこで間違えた？

## ② 海外原子力事業からの実質撤退 背景

東芝の説明による工事遅延の理由

- 米国内で30年ぶりとなる新規建設
- 航空機衝突 (APC) 対策による設計変更・(福島事故を踏まえた) 追加安全対策の実施

最初からわかっていた

APC対策規制強化は2001年の同時多発テロ以来

東芝の説明による損失増大の理由

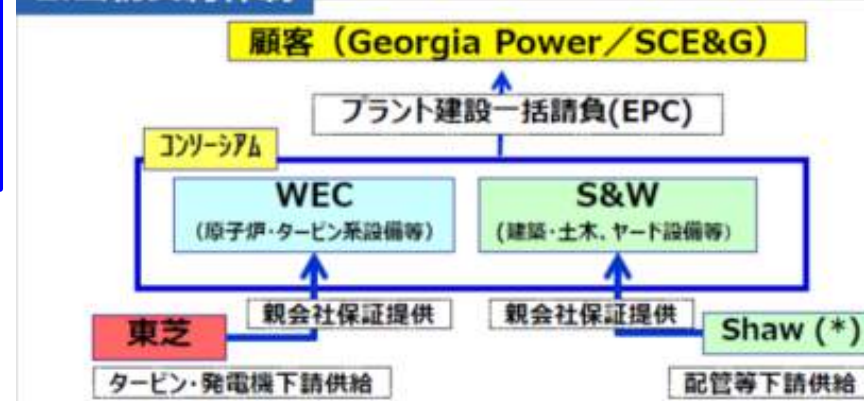
- 客先及びコンソーシアム(\*1)内でのコスト負担・納期変更の協議がまとまらず、客先とコンソーシアム間で訴訟に
- WECに契約上の追加コスト負担(\*2)が発生

WECの米国事業に東芝は親会社として口を出さない約束

(\*1) WECとS&W 右図参照

(\*2) 2017/6/10にボーグル3/4号機、7/28にサマー2/3号機についてそれぞれ米電力と合意

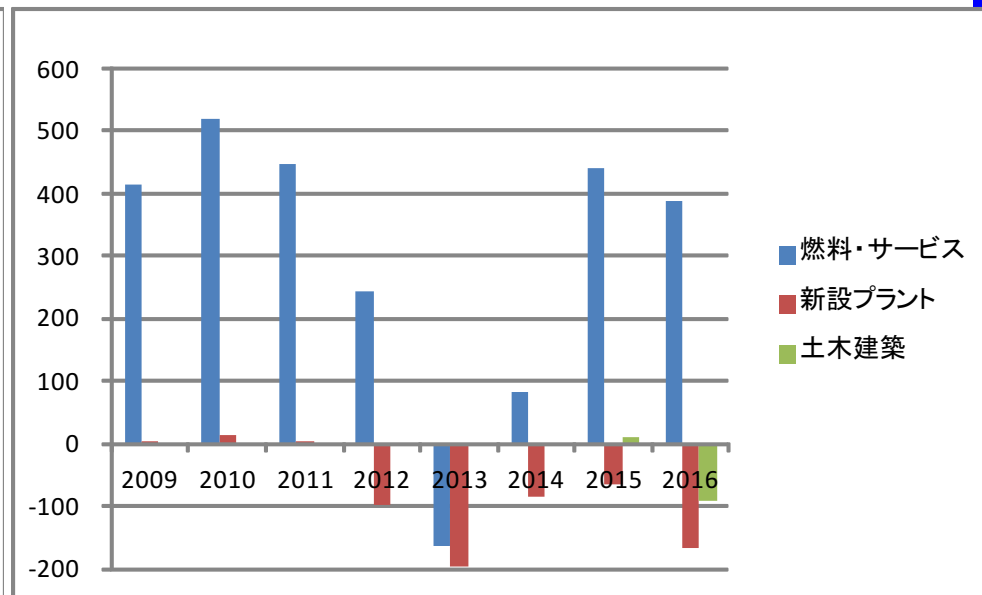
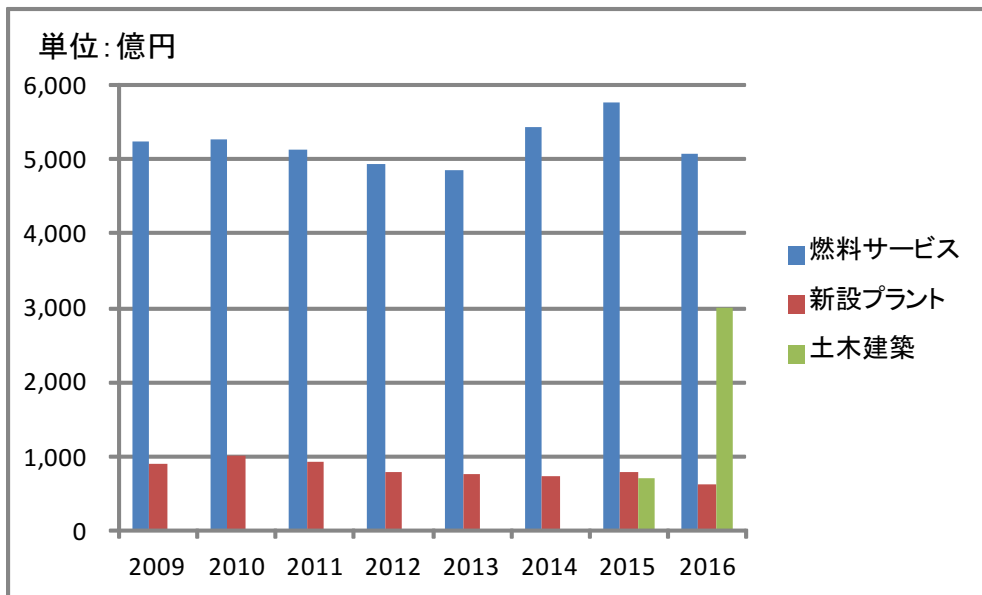
### 2. 当初契約体制



# 7. 海外原子力事業リスク (3)どこで間違えた？

## ③ 原子力事業の業績推移

- 売上高成長率は8年平均で5.5%、営業利益率は-11.3%



原子力事業の連結売上高

原子力事業の連結営業利益率

売上高成長率	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	8年平均
燃料・サービス		0.3%	-2.4%	-3.6%	-1.7%	11.8%	6.2%	-12.2%	-0.2%
新設プラント		12.6%	-6.8%	-15.5%	-3.8%	-2.1%	5.5%	-22.3%	-4.6%
土木建築								315.3%	
原子力事業 計		2.1%	-3.1%	-5.5%	-2.0%	9.9%	17.8%	19.2%	5.5%

営業利益率	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	8年平均
燃料・サービス	7.9%	9.9%	8.7%	4.9%	-3.3%	1.5%	7.7%	7.6%	5.6%
新設プラント	0.3%	1.4%	0.5%	-12.2%	-25.7%	-11.5%	-8.4%	-27.1%	-10.3%
土木建築							1.7%	-3.0%	
原子力事業 計	6.8%	8.5%	7.4%	2.6%	-6.4%	-0.1%	-28.7%	-80.7%	-11.3%

出所) 2017年2月14日、東芝発表資料「原子力事業の損失発生の概要と対応策」P20

GE流ビジネスモデルどころか、普通の原子力事業もならず

## 7. 海外原子力事業リスク

### (4) 総括

1. 東芝が海外原子力事業から撤退するに至った背景・要因
  - 世界（特に米国）の新設市場拡大予測の甘さ
  - 米国の許認可制度及び規制体系に関する認識の甘さ
  - 原子力のコスト競争力に関する見通しの甘さ
  - WEC社に対する親会社としてのガバナンス
2. 海外原子力事業リスクに企業はどう向き合うべきか
  - 自社の強みを踏まえた現実的な（保守的な）目標
  - コスト競争力や市場制度変更といった環境変化に対応可能な戦略オプション
  - 注目しやすい国、出かけやすい国、リスクの低い（ように見える）国・・・ばかりを追いかけていていいのか？（そこには誰でも行けるのに？）
3. 今後の国際原子力開発動向をどう予想し、どう備えるか
  - 日本が疲弊していく間にも新興国では刻々と認識・状況が変化
  - 開発中断中の国でも今後どう政情変化するかわからない
  - OECD諸国やEUでも個別の事情は千差万別

何を今更「海外原子力事業のリスク遮断」

Thank you for your attention  
Merci pour votre attention  
Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit  
Tack för er uppmärksamhet



Photo: 響灘風力発電所（福岡県北九州市）  
2017/8/4