

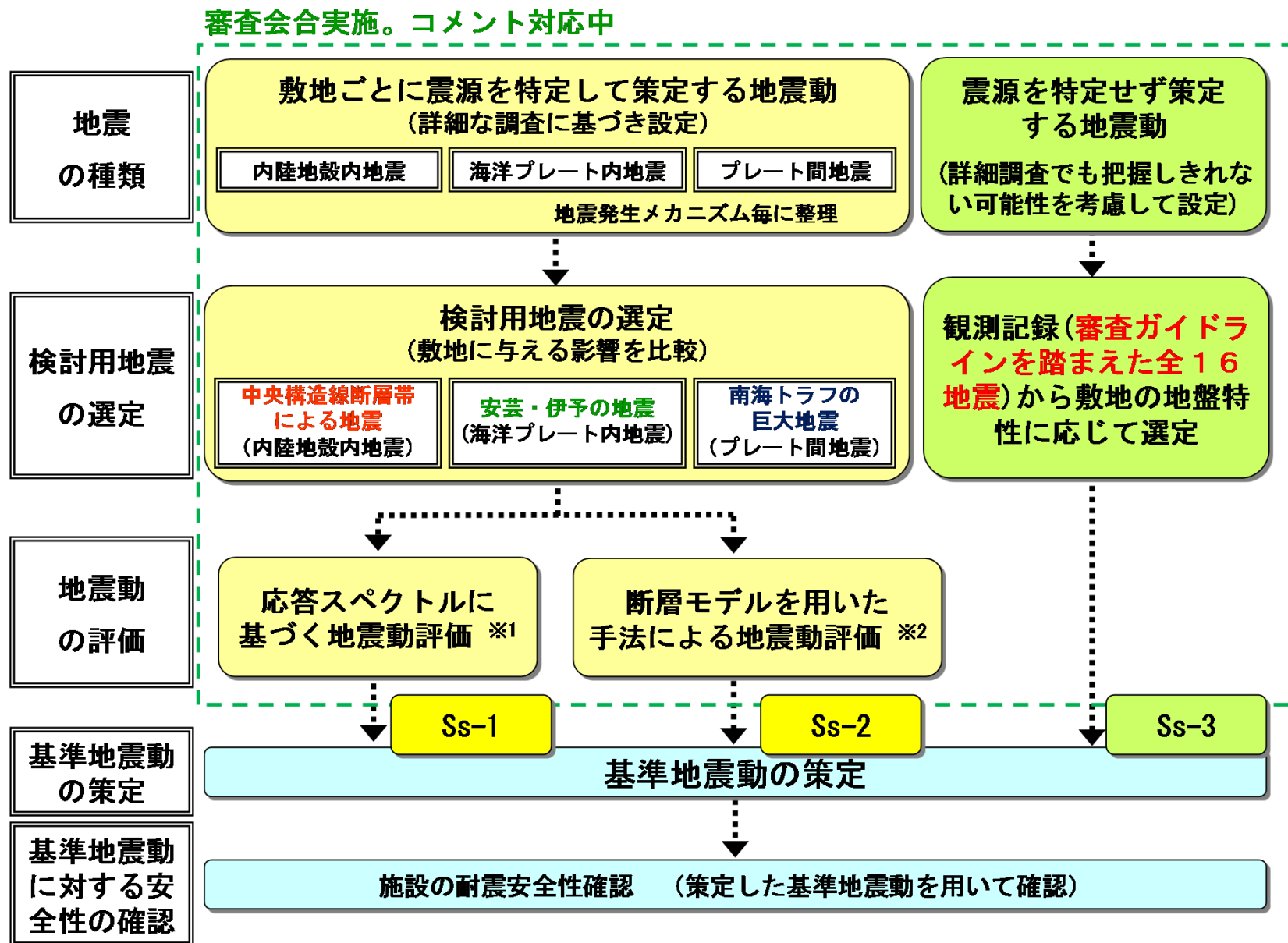
# 電力の安定供給に向けた取り組み

---

2014年11月5日  
四国電力株式会社

---

# 1. 伊方発電所 3号機の再稼働を巡る状況 ～基準地震動に係る審査の状況～

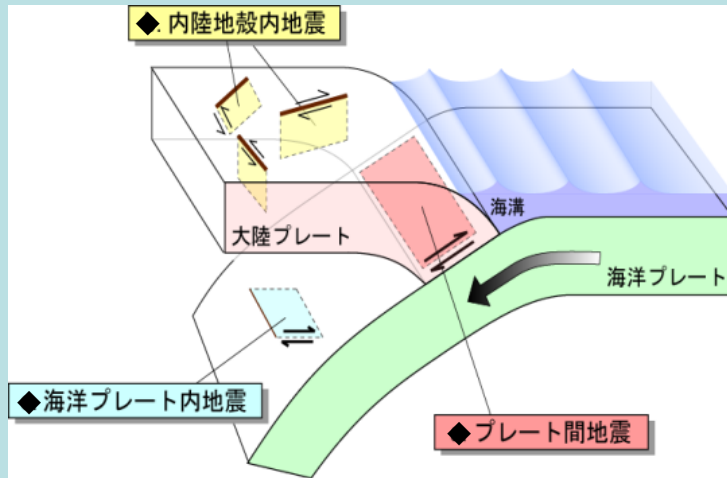


※1 応答スペクトルに基づく地震動評価:  
震源を一つの点と仮想し、震源からの距離と地震が伝播する地盤の地質から、特定の地点の揺れを評価する経験的な手法。

※2 断層モデルによる地震動評価:  
断層を面としてとらえ小領域に分割し、個々の小領域から発生する地震の波を重ね合わせて、特定の地点の揺れを評価する解析を用いた精緻な手法。

# 1-1. 地震動評価のフロー (2/2)

## 【「震源を特定して策定する地震動」評価の対象となる地震の種類】



- ◆「内陸地殻内地震」  
プレートのぶつかり合いで、大陸プレート内部の岩盤が壊れ、ずれることで生じる地震。
- ◆「海洋プレート内地震」  
沈み込む海洋プレート内部で発生する地震。
- ◆「プレート間地震」  
2つのプレートの境界面で発生するプレート境界地震。

### 海洋プレート内地震

1649年安芸・伊予の地震

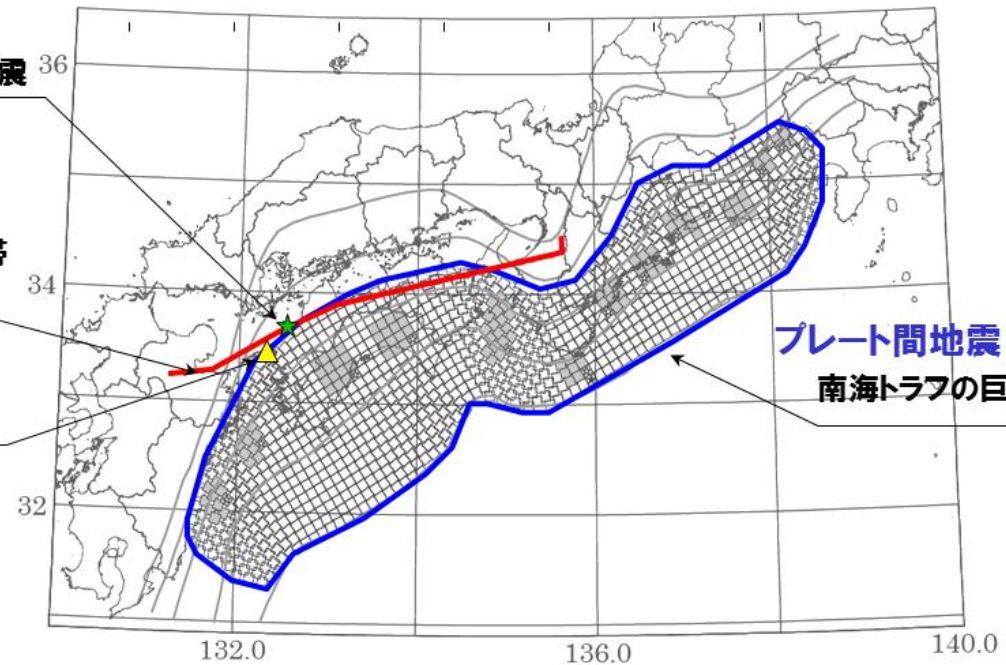
### 内陸地殻内地震

中央構造線断層帯  
(別府-万年山断層帯  
の連動を考慮)

伊方発電所

### プレート間地震

南海トラフの巨大地震



## 2014年5月以降の審査状況

- これまでの審査会合における指摘事項を踏まえて評価・解析を実施した結果、
  - 震源を特定して策定する地震動評価における基準地震動を650ガル（9月12日審査会合）
  - 震源を特定せず策定する地震動評価における基準地震動を620ガル（5月23日審査会合）に引き上げることを説明。
- 現在、審査会合における指摘事項を踏まえ、追加評価を実施中。

### ◇現在の基準地震動評価

		申請時点	9月12日 審査会合時点
震源を特定して策定する地震動評価	応答スペクトルによる評価	Ss-1 570ガル	<b>650ガル</b>
	断層モデルによる評価	Ss-2 413ガル	579ガル 478ガル 418ガル 362ガル
震源を特定せず策定する地震動評価		Ss-3 450ガル	620ガル

### ◇原子力規制委員会審査への対応状況

2014年5月23日 審査会合

- ・中央構造線断層帯 : 長さ480kmが連動するケースを基本として、不確かさを考慮して評価  
⇒570ガルに加え、新たに3つの地震動を設定
- ・留萌支庁南部地震 : 他プラントの状況も踏まえつつ、伊方地点の地盤特性も考慮し、地震動を620ガルと評価



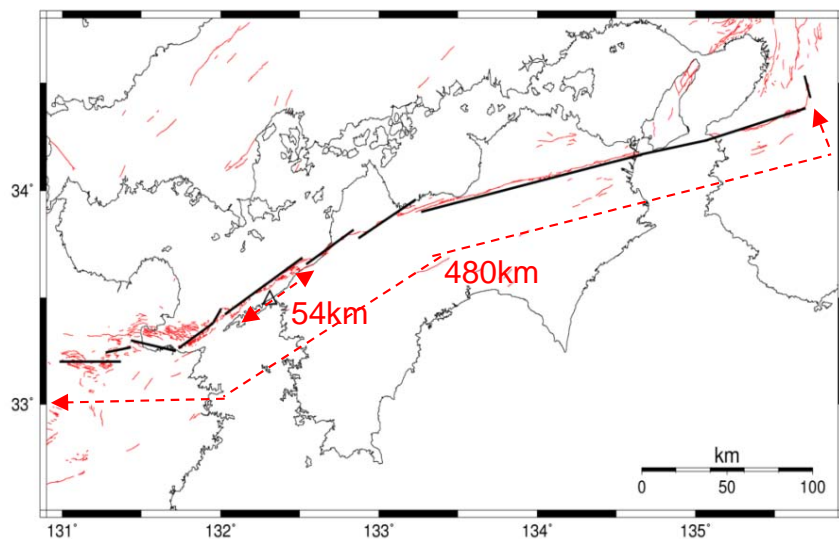
2014年9月12日 審査会合

- ・中央構造線断層帯 : 長さ54km等の部分破壊を考慮するとともに、断層破壊開始点についてより厳しいケースを用いて評価  
⇒基準地震動570ガルを650ガルに引き上げるとともに、新たに4つの地震動を設定



#### 【現時点で規制委員会から指摘されている事項】

- ・震源を特定して策定する地震動評価(中央構造線断層帯による地震)
  - ⇒長さ69kmを考慮した評価結果についても示すこと
  - ⇒前提条件設定のための関係式の適切性を説明すること
  - ⇒長さ54kmケースでの破壊伝播速度設定の妥当性を示すこと
- ・震源を特定せず策定する地震動評価
  - ⇒鳥取県西部地震を評価の対象外とすることの妥当性を示すこと



## 基準地震動の見直しに伴い先行的に実施する追加工事

- 審査対応と並行して、基準地震動の見直しに伴い必要となる追加工事を先行的に実施。

### 【緊急時対策所の追加設置】

- ・ 震源を特定せず策定する地震動評価において、基準地震動を620ガルと評価したことを受け、現行の緊急時対策所の建物基礎の一部において、新規制基準への適合が難しいことが判明。
- ・ 新たに緊急時対策所を追加設置することとし、2015年の年明けの早い時期の竣工を目指し、工事を実施中。

### 【耐震性向上工事】

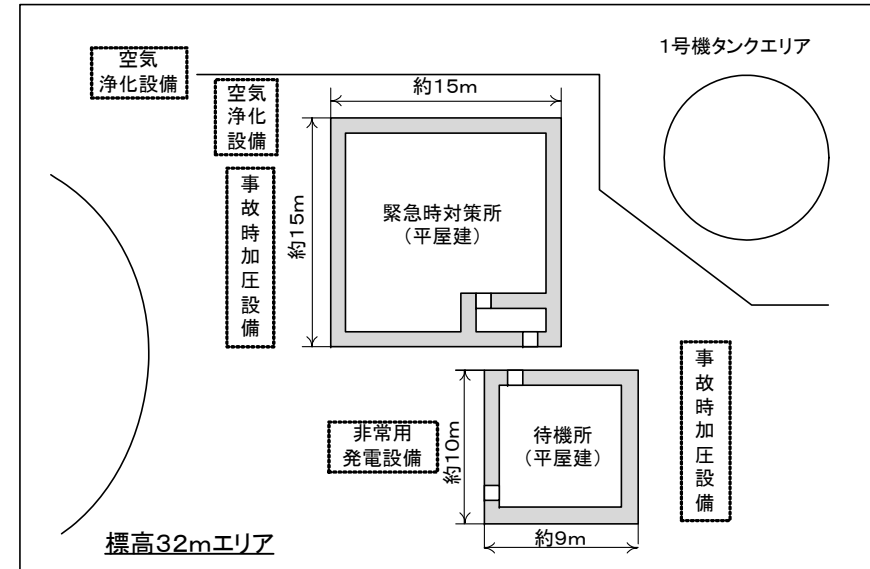
- ・ 伊方発電所では、安全上重要な設備※については、概ね1000ガル程度の地震に対して実力ベースで耐震性を有することを確認済み。
- ・ 震源を特定して策定する地震動評価において、基準地震動を650ガルに引き上げたことに伴い、地震により設備に加わる力が増加。
- ・ 一部の設備について、耐震性向上工事を実施予定。

※安全上重要な設備：

原子炉を「止める」、「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」といった安全上重要な機能を有する設備。

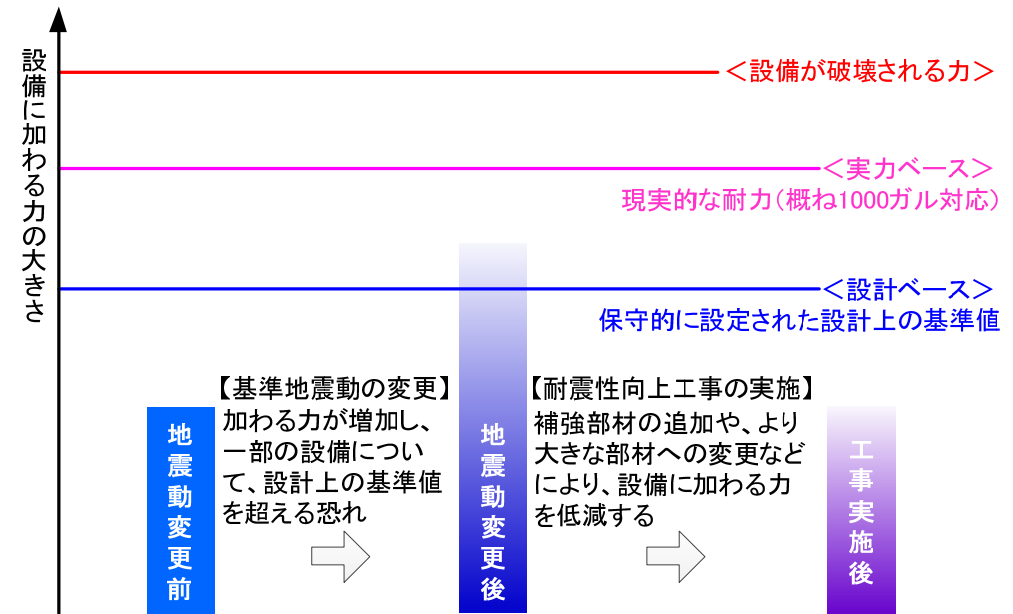
- ・ 「止める」…炉内構造物、制御棒
- ・ 「冷やす」…蒸気発生器、一次冷却材管、余熱除去ポンプ、余熱除去設備配管
- ・ 「閉じ込める」…原子炉容器、原子炉格納容器

## ◇追加設置する緊急時対策所



- ・ 延床面積：約270m<sup>2</sup>（待機所建屋含む）
- ・ 建屋構造：鉄筋コンクリート造平屋待機所建屋も同様）

## ◇耐震性向上工事の実施



## 震源を特定して策定する地震動評価

- 伊方発電所に影響を与えることが想定される地震は、中央構造線断層帯（内陸地殻内地震）による地震、海洋プレート内地震、およびプレート間地震。
- 適合性確認審査申請にあたり、これらを震源とする地震動評価をもとに、基準地震動570ガルを設定。
- 原子力規制委員会の審査会合において、様々な観点から、基準地震動の適切性の確認が進行中。

### ◇適合性確認申請時(2013年7月)の基準地震動評価

評価対象の地震	発電所敷地での最大加速度	基準地震動 (S <sub>s</sub> )
中央構造線断層帯による地震 (基本モデルの断層群の長さ：54km)	413ガル	570ガル
海洋プレート内地震 (安芸・伊予の地震：マグニチュード6.9)	238ガル	
プレート間地震 (南海トラフ地震：マグニチュード9.0)	133ガル	

### ◇原子力規制委員会審査への対応状況

2013年7月8日 申請時

- ・中央構造線断層帯：長さ54kmを基本モデルとして評価、不確かさを考慮して54kmより長い連動ケースも評価  
⇒基準地震動内に収まることを確認

2013年8月28日、10月30日 審査会合

- ・中央構造線断層帯：長さ480kmを基本モデルに採用して評価  
破壊伝播速度等の不確かさを考慮して評価
- ・海洋プレート内地震：直下最大規模をマグニチュード7.0と想定して評価  
⇒いずれも基準地震動内に収まることを確認

2014年2月12日 審査会合

- ・中央構造線断層帯：長さ480km基本ケースでより速い破壊伝播速度を用いて評価  
⇒基準地震動内に収まることを確認

2014年3月12日 審査会合

- ・海洋プレート内地震：不確かさを考慮して直下最大規模をマグニチュード7.2と想定して評価  
⇒基準地震動内に収まることを確認

2014年4月9日 審査会合

- 不確かさを考慮し、以下の前提を用いて地震動評価を行う方針を説明
- ・中央構造線断層帯：地殻部の硬さを表す諸元をより保守的に想定
  - ・海洋プレート内地震：水平方向の断層面を想定、マグニチュード7.4想定

## 震源を特定せず策定する地震動評価

- 原子力規制委員会が定める審査ガイドラインに示された16地震のうち、申請時点で選定している「震源を特定しない地震動」を下回る9地震、および伊方発電所が位置する地域や地層などと地域差がある2地震を対象外としたほか、観測記録の信頼性に課題があり、現時点において評価対象とできない4地震を除いた結果、2004年北海道留萌支庁南部地震を基準地震動の考慮の対象に選定。

### ◇審査ガイドラインに例示された16地震

No	地震名	規模 (マグニチュード)
1	2008年岩手・宮城内陸地震	6.9
2	2000年鳥取県西部地震	6.6
3	2011年長野県北部地震	6.2
4	1997年3月鹿児島県北西部地震	6.1
5	2003年宮城県北部地震	6.1
6	1996年宮城県北部(鬼首)地震	6.0
7	1997年5月鹿児島県北西部地震	6.0
8	1998年岩手県内陸北部地震	5.9
9	2011年静岡県東部地震	5.9
10	1997年山口県北部地震	5.8
11	2011年茨城県北部地震	5.8
12	2013年栃木県北部地震	5.8
13	2004北海道留萌支庁南部地震	5.7
14	2005年福岡県西方沖地震の最大余震	5.4
15	2012年茨城県北部地震	5.2
16	2011年和歌山県北部地震	5.0

### ◇原子力規制委員会審査への対応状況

2013年7月 申請時

- ・震源と活断層の関連付けが困難な過去の地震動を考慮
- ・過去の知見から震源を特定しない地震動450ガルを設定



- ・審査ガイドラインに対象となる16地震が例示
- ・16地震のうち留萌地震を評価対象に選定



2014年2月 審査会合

- ・留萌地震について、地表-41mまでの柔らかい地層を解析的に取り除き、地震動を585ガルと評価

1. 2

4~10. 14. 15

3. 11. 12. 16

13

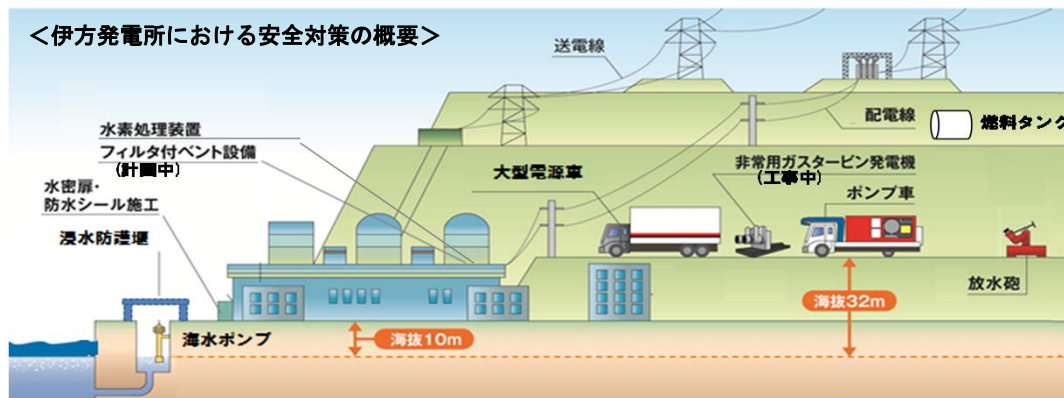
発電所が位置する地域と、地層などの地域差があり、対象外

申請時点で選定している「震源を特定しない地震動」を下回っているため、対象外

観測記録の信頼性に問題があり、今回の審査では、対象外

**考慮の対象**





## 地震・津波に備えて ～二度と重大事故を起こさないための取り組み

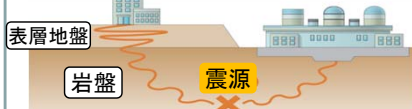
## 安定的に冷却するために ～重大事故への進展を防ぐための取り組み

### ○ 強固な岩盤上に直接建設

→軟らかい地盤上の建物に比べ、地震時の揺れは大幅に軽減。

岩盤上に建設した原子力発電所と表層地盤上の建物の揺れの伝わり方の違い

一般の建物 原子力発電所



平成26年3月14日の伊予灘を震源とする地震(伊方発電所周辺では震度5強～5弱を観測)

伊方町湊浦：約230ガルの揺れ



伊方1～3号機：45～56ガルの揺れ

※ガル：地震により地面や建物にかかる揺れの瞬間的な大きさを表す単位

### ○ 耐震性の確保

→安全上重要な設備が、震度7クラスの地震の揺れに耐えられることを確認。

→耐震性の余裕として、3号機の安全上重要な設備は概ね1,000ガルの揺れに対して、実力的に十分耐えられることを確認し、必要に応じ補強工事を実施。

→現在、中央構造線断層帯や南海トラフの巨大地震を想定の上、最大の揺れを再評価中。引き続き耐震性の向上に向けた対策に取り組む。



耐震対策前

耐震対策後

### ○ 「非常用電源」や「冷却水」の確保

原子炉を安定的に冷却するためには、冷却水を確保するとともに、注水するためのポンプやこれらの安全機器を動かす電源の確保が重要。

→既存の非常用ディーゼル発電機に加え、大型電源車の配備や配電線の敷設を行うとともに、現在、非常用ガスタービン発電機の設置工事を行うなど、電源のさらなる多重化・多様化を推進。

→電源を必要としないポンプ車などの複数配備やこれを動かすための燃料を保管するタンクを設置するなど、冷却手段のさらなる多重化・多様化を推進。



大型電源車



ポンプ車



燃料タンク

## 重大事故に備えて ～影響を最小限に食い止めるための取り組み

### ○ 格納容器の破損防止

→水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するため、水素を除去する水素処理装置を設置。

### ○ 放射性物質の拡散抑制

→原子炉格納容器が万一破損した際、破損箇所に放水し、発電所外への放射性物質の拡散を抑制するための放水砲を配備。



水素処理装置



放水砲

### ○ 万一に備えた浸水対策

→複数の津波が重なった場合においても、敷地高さ(海抜10m)を超えないと考えていますが、万一の事態にも浸水を防止するため、安全上重要な機器が設置されている建物の入口には水密扉を設置。

これにより、海抜約14m(敷地高さ+4m)までの水位上昇にも耐えることが可能。

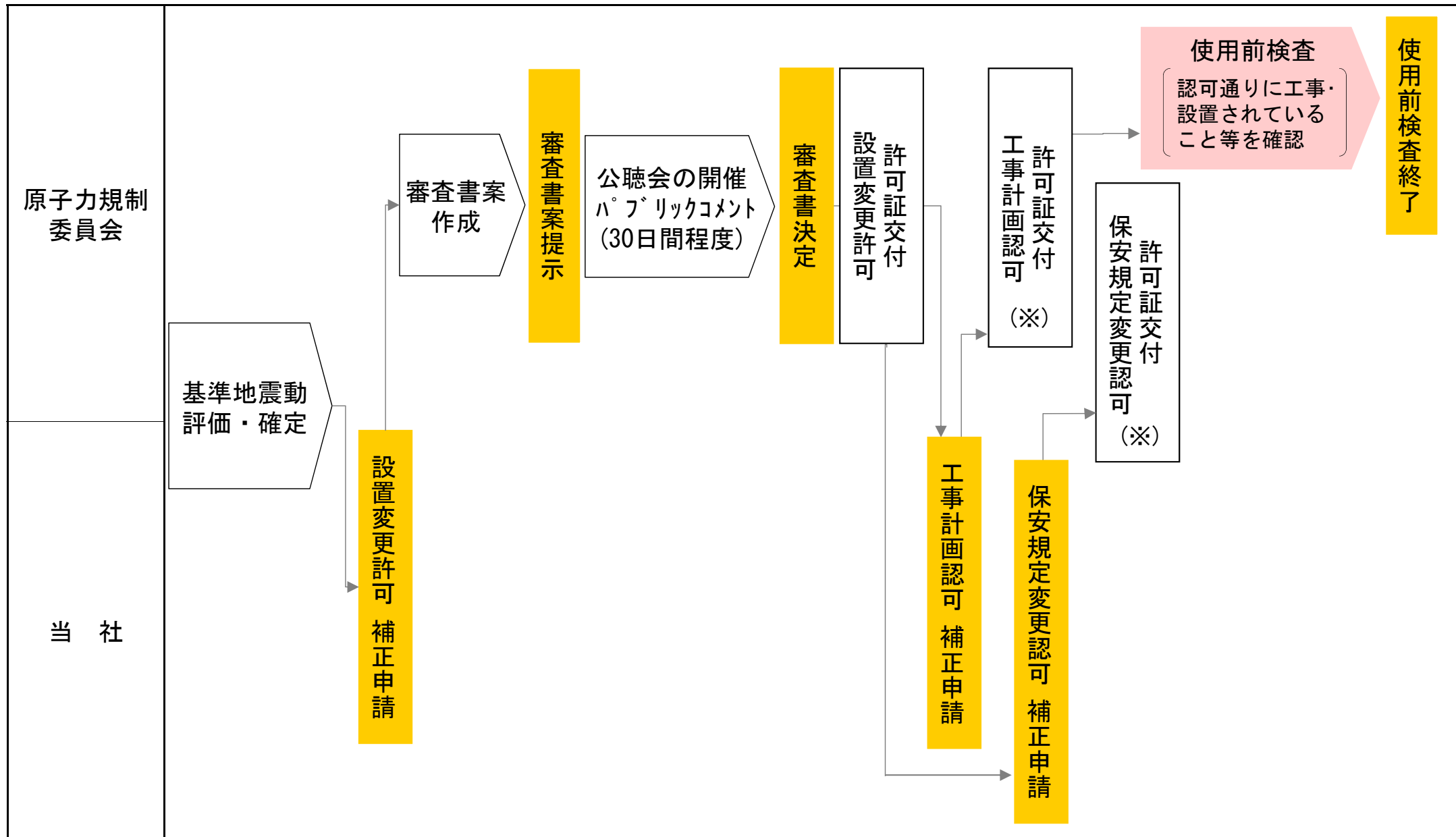


大型水密扉

# 【参考3】新規制基準への適合性確認に係る許認可と主な審査項目

適合性確認に係る許認可
<p>設置変更許可</p> <p>〔設備や体制等の基本設計・方針等を取りまとめたもの〕</p>
<p>工事計画認可</p> <p>〔原子炉施設の詳細な設計内容を取りまとめたもの〕</p>
<p>保安規定変更認可</p> <p>〔運転管理、手順、体制等を規定したもの〕</p>

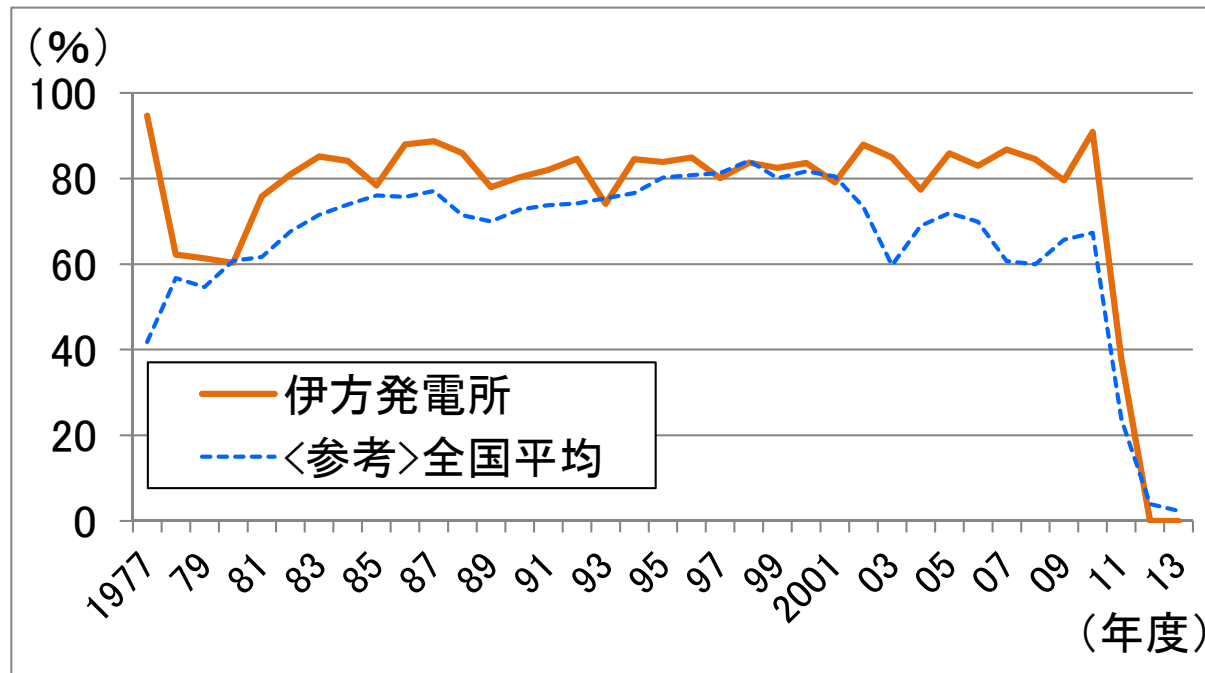
分類	主な審査項目		
プラント関係	重大事故対策	確率論的リスク評価	炉心損傷や格納容器破壊等の重大事故に関する定量的なリスク、および防止対策の有効性評価など
		有効性評価（炉心損傷防止）	
		有効性評価（格納容器破損防止）	
		有効性評価（使用済燃料プール、原子炉停止中）	
		解析コード	
	設計基準事故対策	緊急時対策所・制御室	新しく追加された自然災害に対する安全性対策とその有効性評価など
		内部溢水	
		内部火災	
		外部火災	
		竜巻（影響評価・対策）	
	工事計画	火山（対策）	新設の安全対策設備を含めた原子炉施設に対する評価
		耐震評価・強度評価	
保安規定	重大事故対策機器・設備の評価	運転管理、運転体制、手順などの規定（ソフト面）に関するもの	
	組織・体制		
	教育・訓練		
	LCO（運転上の制限）/ AOT（待機除外許容時間）		
地震・津波・火山関係	敷地内の破砕帯	重大事故対策の手順書（大規模損壊を含む）	発電所において発生を想定すべきとされる地震動に関するもの
		敷地内の破砕帯	
	地震動	敷地及び敷地周辺の地下構造	
		震源を特定して策定する地震動	
		震源を特定せず策定する地震動	
		基準地震動	
	津波	耐震設計方針	
		基準津波	
地盤・斜面の安定性	対津波設計方針		
	地盤・斜面の安定性		
火山	火山影響評価		



(※) 「工事計画認可」と「保安規定変更認可」が同時期になるか否かは状況による。

ユニット	出力(万kW)		経過年数(年)	運開時期
1号	56.6	202.2	37	1977. 9. 30
2号	56.6		32	1982. 3. 19
3号	89.0		19	1994. 12. 15

＜参考＞伊方発電所 設備利用率の推移



---

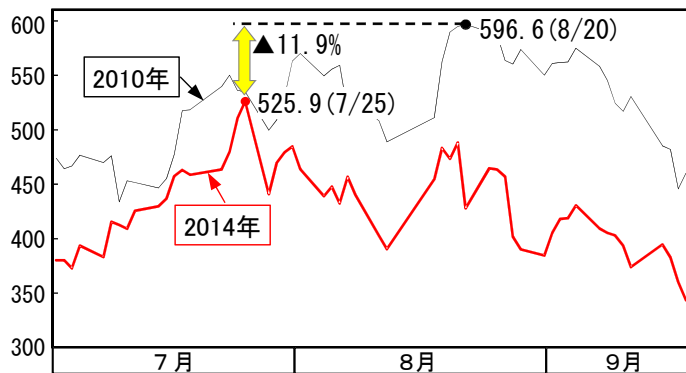
## 2. 電力需給の現状と今後の取り組み

## 今夏の電力需給実績

- 需要面では、8月以降の低気温や、お客さまによる節電への取り組みの定着により、最大電力は低水準で推移。
- 供給面では、伊方発電所が全号機停止するなか、追加的な需給対策の実施に加え、豊水により水力発電量が増加。
- その結果、最大電力発生日における電気使用率は92%にとどまるなど、期間を通じて安定した需給運用を実現。

### ◇最大電力の推移(お盆を除く平日)

(万kW)



2010年との差	▲71万kW
経済影響等	▲13万kW
気温影響等	▲16万kW
節電効果	▲42万kW (▲7%程度)

### ◇最大電力発生日(7月25日)における需給バランス

(発電端: 万kW)

最大電力 (A)	供給力 (B)	電気使用率 (A/B)
525.9	572.3	92%

### <参考> 四国地域の8月の月間降水量

(地域平均平年比)

降水量	374% <統計開始以来、最多>
-----	------------------

## 今冬の電力需給見通し (経済産業大臣へ10月1日提出)

- 伊方発電所3号機の早期再稼働の実現に全力を尽くす一方、並行して、再稼働できない場合に備え、様々な需給対策の実施により、一定水準の予備率を確保できる見通し。

### ◇原子力の再稼働がないとした場合の需給バランス

(発電端: 万kW)

	平年並み気温 (定着した節電効果を織込み)		厳寒気温※ (定着した節電効果を織込み)	
	1月	2月	1月	2月
最大電力 (A)	487		500	
供給力 (B)	525	527	525	527
予備力 (C=B-A)	38	40	25	27
予備率 (C/A*100)	7.9%	8.3%	5.1%	5.5%

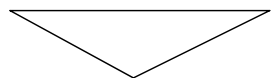
※ 2011年度冬季の気温相当

### 主な需給対策

- 伊方発電所の全号機停止が続くなか、電力の安定供給確保のため、需給両面において様々な対策を実施。
- しかし、「低廉かつ安定的な電力供給の確実な遂行」という当社の基本的使命を持続的に達成していくためには、安全の確保を大前提に、原子力を引き続き活用していくことが必要不可欠。

#### 【安定運用に向けた対策】

- ピーク需要期前における特別巡視点検（2014年夏季に実施）や計画停止による点検・手入れ
- ピーク需要期における巡視点検・機器の監視強化



異常の早期発見と  
トラブル発生の未然防止

#### 【追加対策】

- 火力発電所の定検繰延
- 火力発電所の増出力運転※
- 自家発電からの受電

	今夏(実績)	今冬(予定)
定検繰延	105万kW [橘湾:70、坂出4:35]	70万kW [橘湾:70(申請予定)]
増出力	3万kW [阿南3・4、坂出1・3・4]	3万kW [阿南3・4、坂出3・4]
自家発電受電	12万kW	12万kW

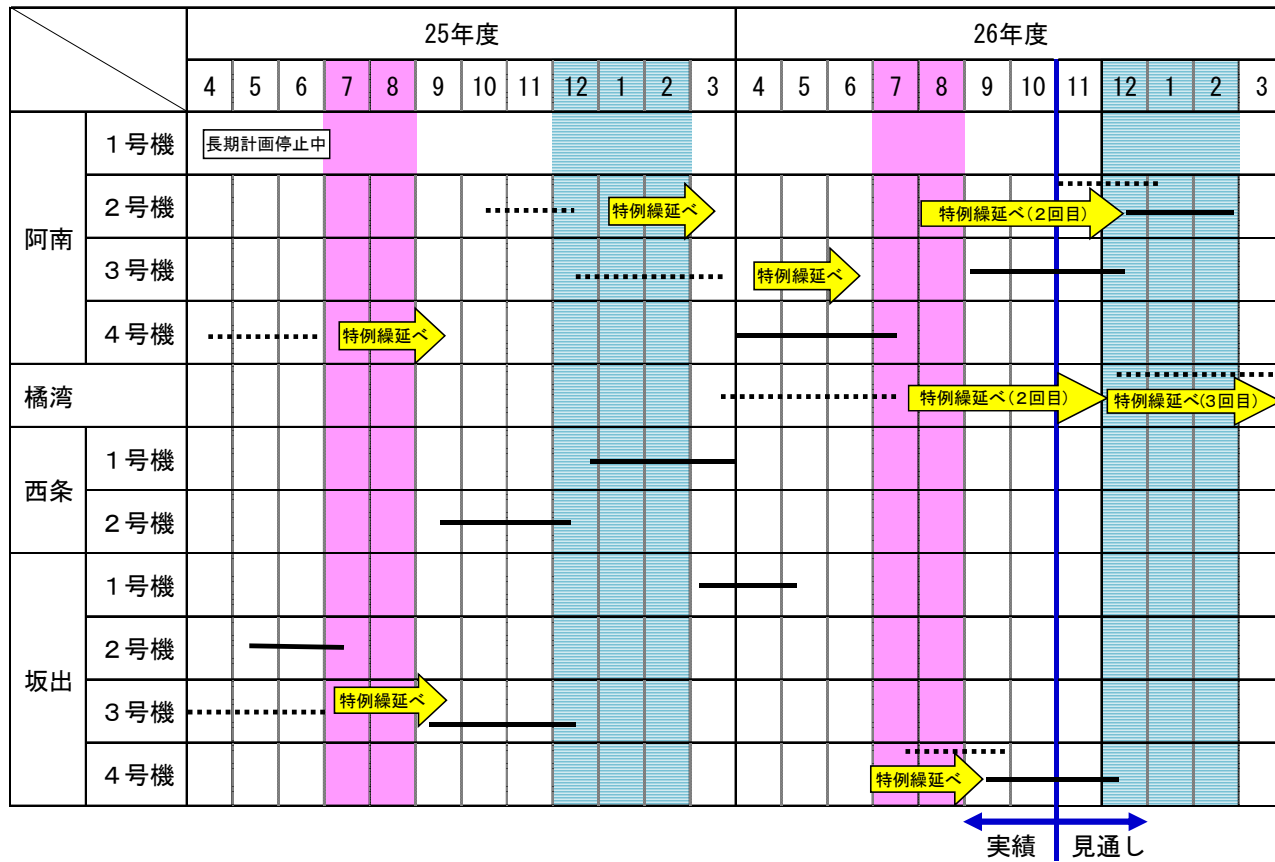
※設備の健全性が確認されたユニットにおいて、定格出力を超えた運転等を行うこと

#### 【その他】

- お客さまへの節電のお願い（検針票を活用したお願い、当社ホームページ上での節電方法の紹介や「でんき予報」の掲載）
- 夏季におけるピーク抑制への取り組み（ピークシフト型料金メニューなど）

## ◇ 火力発電所の定期検査状況

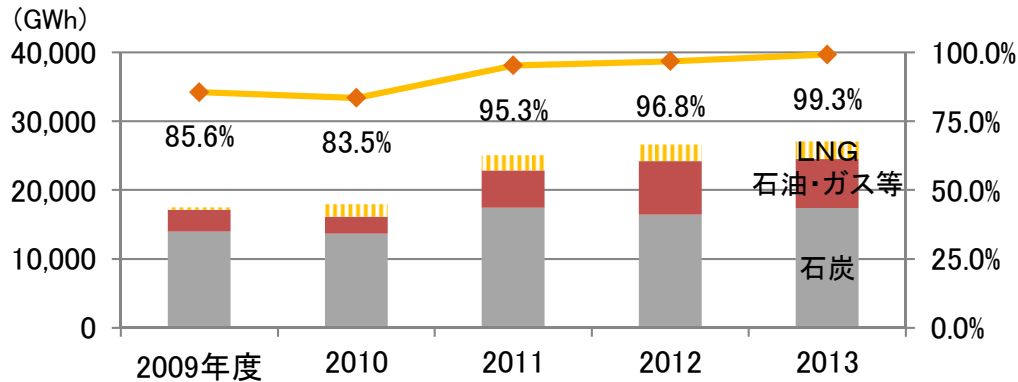
夏季(7月・8月) — 定期検査実施  
 冬季(12月～2月) ..... 当初予定



**特例繰延:**  
 今般の原子力発電所停止に伴う需給逼迫のため、法令で定めるインターバルで定期検査を実施できないことから、経済産業大臣に「定期事業者検査時期変更承諾申請書」を提出し、定期検査の実施時期を変更すること。

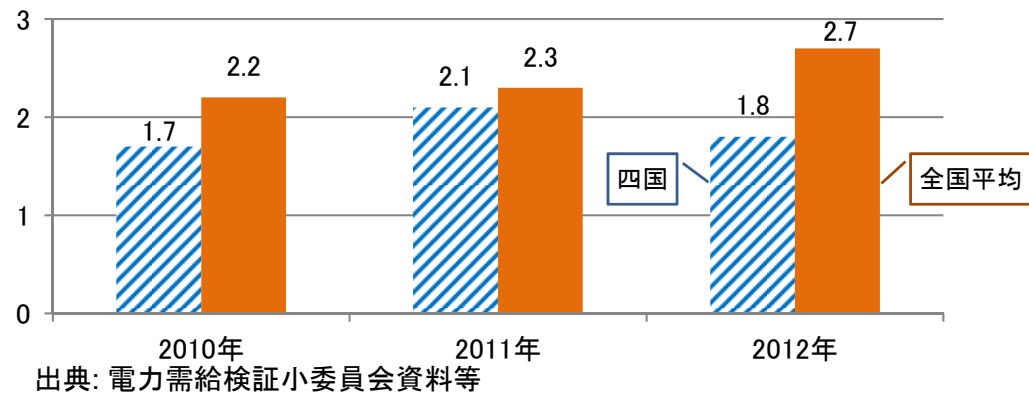
## ◇ 火力発電電力量および当社石炭火力設備利用率<sup>※1</sup>の推移

(※1 定検で停止した日数分は、計算にあたり除外)



## ◇ 火力プラントの計画外停止<sup>※2</sup>件数 (1ユニット当たりの停止件数)

(※2 突発的なトラブルや、計画になかった緊急補修など予期せぬ停止)

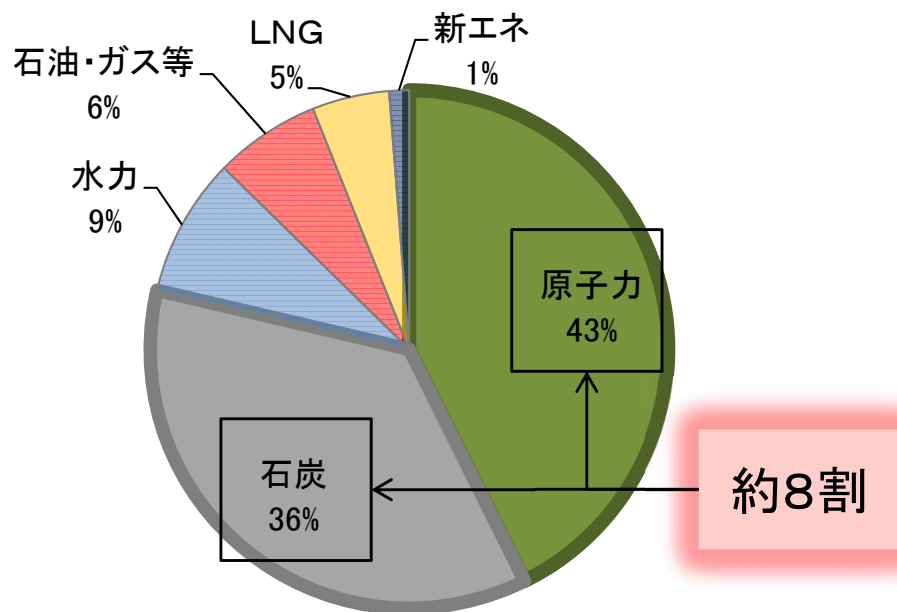




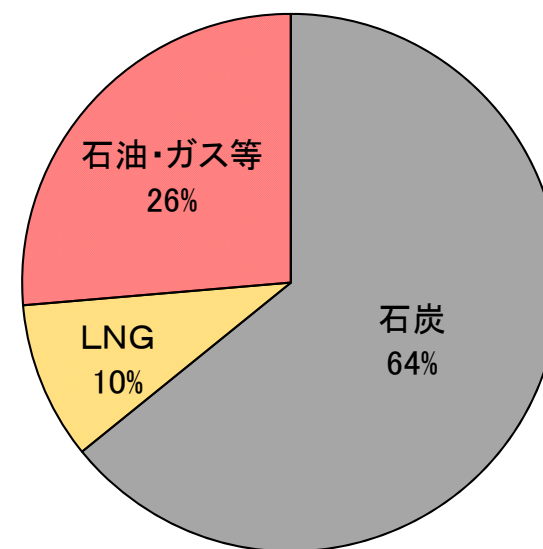
### 競争力のある電源の保有・活用

- 2011年の震災発生前までは、原子力・火力・水力をはじめとする電源のベストミックスの実現や、安定的・経済的な燃料調達に取り組んできた結果、ベース電源である原子力と石炭火力が、発電電力量全体の約8割と高水準で推移。
- 震災後は、伊方発電所の全号機停止が続くなかにも、石炭火力の高稼働により、安定供給を確保。
- 中長期的には、経済性の高い電源構成を十分に生かしていくとの基本的方向性のもと、伊方発電所全号機の活用を含めた対応策の実現を通じて、さらなる競争優位性を追求。

◇2010年度 発電電力量構成比



◇2013年度 火力発電電力量構成比



### 今後の電源開発

- 坂出發電所2号機のLNGコンバインドサイクルへのリプレース計画の遂行により、さらに経済性の高い電源構成の構築を目指す。

#### ◇ 坂出發電所へのLNG導入状況

	1号機	4号機	新2号機
運転開始年月	2010年8月	2010年3月 燃料転換	2016年8月 (予定)
定格出力	29.6万kW	35.0万kW	28.9万kW
発電方式	コンバインド サイクル発電	汽力発電	コンバインド サイクル発電
熱効率※1	約57%	約44%	約58%

※1 低位発熱量基準：燃料の発熱量から水分の蒸発量を予め差し引いた発熱量（低位発熱量）を基準に算定した発熱量



【坂出發電所新2号機の完成予想図】

- 中長期的な電源開発については、

- 将来の需給動向

- 既設ユニットの経年劣化状況、稼働状況、

- 維持管理コスト

- 燃料価格の動向

などを総合的に勘案しながら、既存設備のリプレース等を戦略的に検討し、一層の競争力強化に努める。

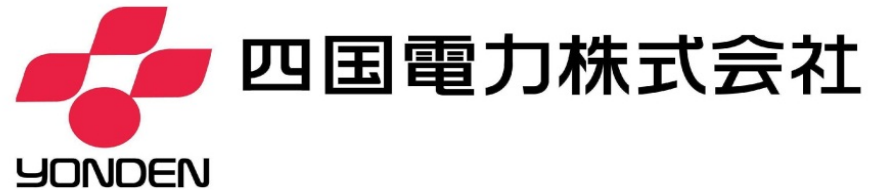
#### ◇ 火力発電設備の概要 (2014年11月5日時点)

発電所名	出力 (万kW)		経過年数 (年)	運開時期	燃料
坂出1号	29.6	144.6	4	2010. 8. 1	LNG
坂出2号	35.0		42	1972. 5. 19	石油
坂出3号	45.0		41	1973. 4. 7	石油
坂出4号	35.0		40	1974. 5. 31	LNG
阿南1号	※2 12.5	124.5	51	1963. 7. 29	石油
阿南2号	22.0		45	1969. 1. 10	石油
阿南3号	45.0		39	1975. 8. 20	石油
阿南4号	45.0		37	1976. 12. 17	石油
西条1号	15.6	40.6	49	1965. 11. 1	石炭
西条2号	25.0		44	1970. 6. 1	石炭
橋湾	70.0	70.0	14	2000. 6. 15	石炭

※2 阿南1号：2002年度より長期計画停止中

平均経過年数 約37年

しあわせのチカラになりたい。



おことわり

本資料に含まれている将来の予測に関する記述は、現時点で入手可能な情報に基づき、当社で判断したものであり、潜在的なリスクや不確実性が含まれています。

実際の業績等につきましては、様々な要素により、記載されている見通し等とは異なる場合があります。ことをご承知おきください。