

## 伊方発電所 3 号機について

○伊方発電所 3 号機の手続き状況 ..... 1

○四国電力との勉強会（H28. 5. 12）での主な確認事項

以下の問いに対する回答内容は、勉強会などを通じて得られた四国電力の回答です。

### ■熊本地震の影響

- 問① 熊本地震発生時に、伊方発電所ではどのような確認や点検を行ったのですか。 ..... 2
- 問② 熊本地震と同じような強さの地震が伊方発電所で起こった場合は大丈夫なのですか。 ..... 3
- 問③ 伊方発電所において、基準地震動 650 ガルに相当する揺れが、熊本地震のように繰り返し起こった場合は大丈夫なのでしょうか。 ..... 4

### ■地震対策

- 問④ 伊方発電所の地盤は壊れやすいという専門家もありますが、本当に堅固なものなのですか。 ... 5

### ■原子炉を止める対策

- 問⑤ これまで評価できていないと聞いていた基準地震動 650 ガルの揺れを受けた時の制御棒の挿入に要する時間はどのくらいですか。 ..... 6

### ■放射性物質を閉じ込める対策

- 問⑥ 今後設置予定とされていた特定重大事故等対処施設とはどのような施設で、いつごろ完成しますか。 ..... 7
- 問⑦ 電源対策として設置予定であった非常用外部電源受電設備と非常用ガスタービン発電機は設置されましたか。 ..... 8

### ■使用済燃料

- 問⑧ 伊方発電所 1 号機の廃炉の決定にともない、使用済燃料の扱いはどうなりますか。 ..... 9

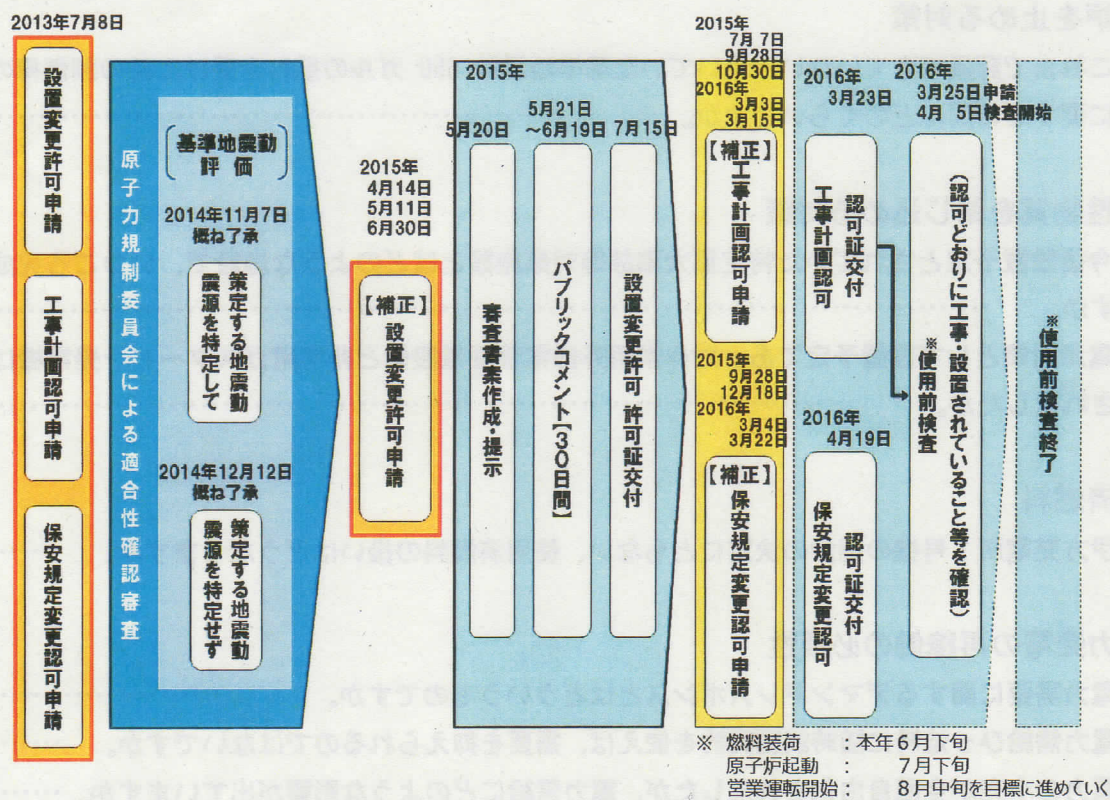
### ■原子力発電の再稼働の必要性

- 問⑨ 電力需要に関するデマンドレスポンスとはどういうものですか。 ..... 10
- 問⑩ 電力需給ひっ迫時に随時調整契約を使えば、需要を抑えられるのではないですか。 ..... 11
- 問⑪ 電力の小売が全面自由化されましたが、電力需給にどのような影響が出ていますか。 ..... 12

### ○伊方発電所3号機の手続き状況

|     |                        |                                        |
|-----|------------------------|----------------------------------------|
| H27 | 7. 15                  | 原子炉設置変更許可<br>(基準地震動などの基本的な設計内容についての許可) |
|     | 10. 26                 | 愛媛県知事が再稼働に同意                           |
| H28 | 3. 23                  | 工事計画認可<br>(安全対策工事などの詳細な設計内容についての認可)    |
|     | 3. 25                  | 使用前検査の申請                               |
|     | 4. 5                   | 使用前検査の開始                               |
|     | 4. 19                  | 保安規定変更認可<br>(運転管理ルールなどの内容についての認可)      |
|     | 6 月下旬<br>(四国電力の<br>目標) | 燃料装荷                                   |
|     | 7 月下旬<br>(四国電力の<br>目標) | 再稼働 (他原発では使用前検査の申請から 4～5 カ月)           |
|     | 8 月中旬<br>(四国電力の<br>目標) | 検査合格、営業運転開始                            |

※ 使用前検査中に再稼働して最終検査を行い、合格すれば営業運転となる。



[四国電力（株）提供資料]

## ○四国電力との勉強会（H28.5.12）での主な確認事項

### ■熊本地震の影響

問① 熊本地震発生時に、伊方発電所ではどのような確認や点検を行ったのですか。

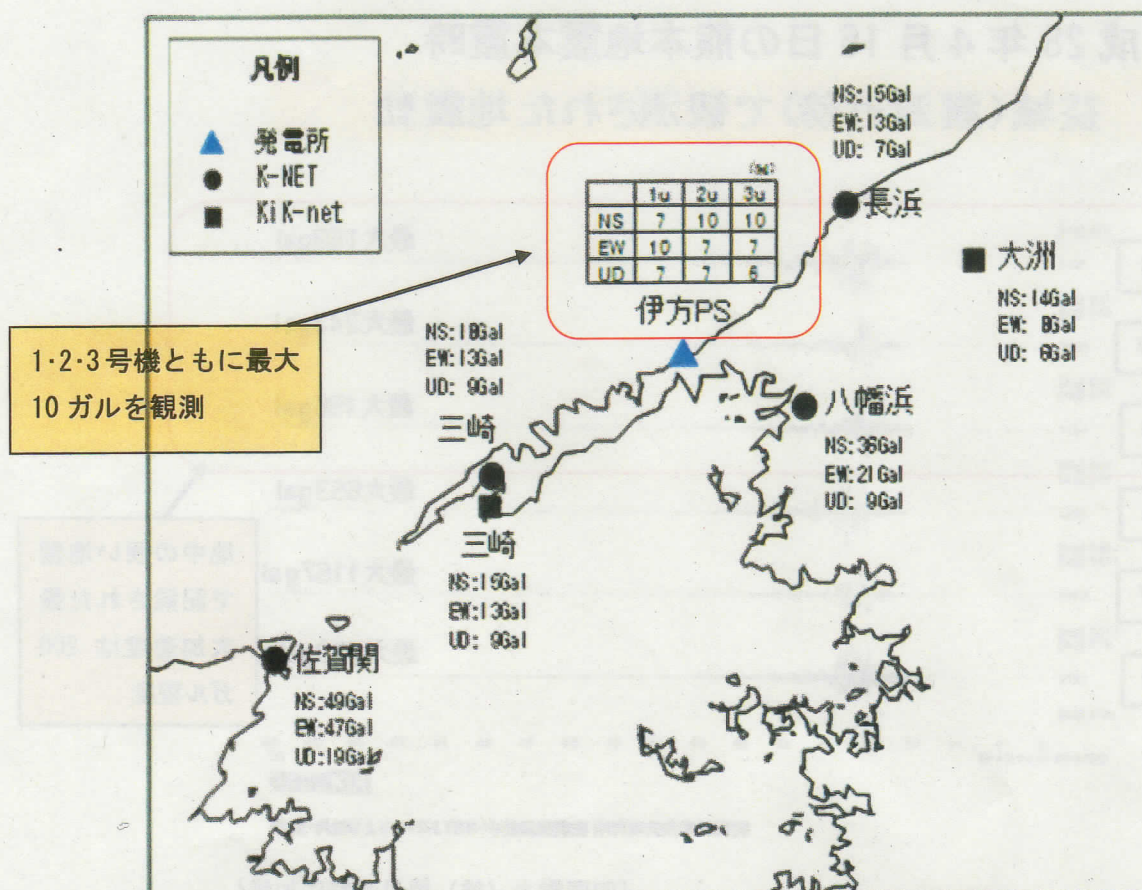
#### 【地震時の確認・点検】

四国電力では、伊方発電所で地震を感知した場合、観測された地震動の数値に応じた施設・設備の確認や点検を行っております。地震動の値が小さい場合は、タービン建屋など、一般産業施設や公共施設と同等の耐震性を備えている施設・設備についてのみ現場確認を行いますが、地震動の値が大きい場合は、より高い耐震性を備えている原子炉建屋などの施設・設備についても現場確認を行うこととしています。

平成 28 年（2016 年）熊本地震の 4 月 16 日の本震発生時には、伊方発電所 1・2・3 号機で観測された地震動は 10 ガル程度であったことから、中央制御室において設備の運転状況、系統の温度・圧力、放射線の状況などの確認を行うとともに、タービン建屋などの現場確認を行い、異常がないことを確認しました。

## 平成 28 年 4 月 16 日の熊本地震本震時

### 伊方周辺で観測された加速度分布(地表付近)



[四国電力（株）提供資料に加筆]

問② 熊本地震と同じような強さの地震が伊方発電所で起こった場合は大丈夫なのですか。

### 【熊本地震の最大加速度】

平成 28 年（2016 年）熊本地震の際、益城町で記録された最大加速度は、4 月 14 日の前震で 1580 ガル(※1)、4 月 16 日の本震で 1362 ガル(※1)でした。この加速度が計測された地震計が設置されていたのは、せん断波速度(※2)が 110m/秒の非常に軟弱な地盤（地表）でした。

一方、同じ観測点の地下 252m 地点（せん断波速度 2700m/秒の硬い岩盤）に設置されていた地震計で記録された最大加速度は、前震・本震いずれも 200 ガル程度でした。

このように、同じ地震でも軟弱な地盤の揺れと硬い岩盤の揺れは大きく異なります。

※1 南北(NS)方向、東西(EW)方向、上下(UD)方向の三成分の合成値

※2 せん断波速度：地震波のうち横波の速度。硬い地盤ほど数値が大きくなり、岩盤といえるのはせん断波速度が概ね 700m/秒以上の地盤。

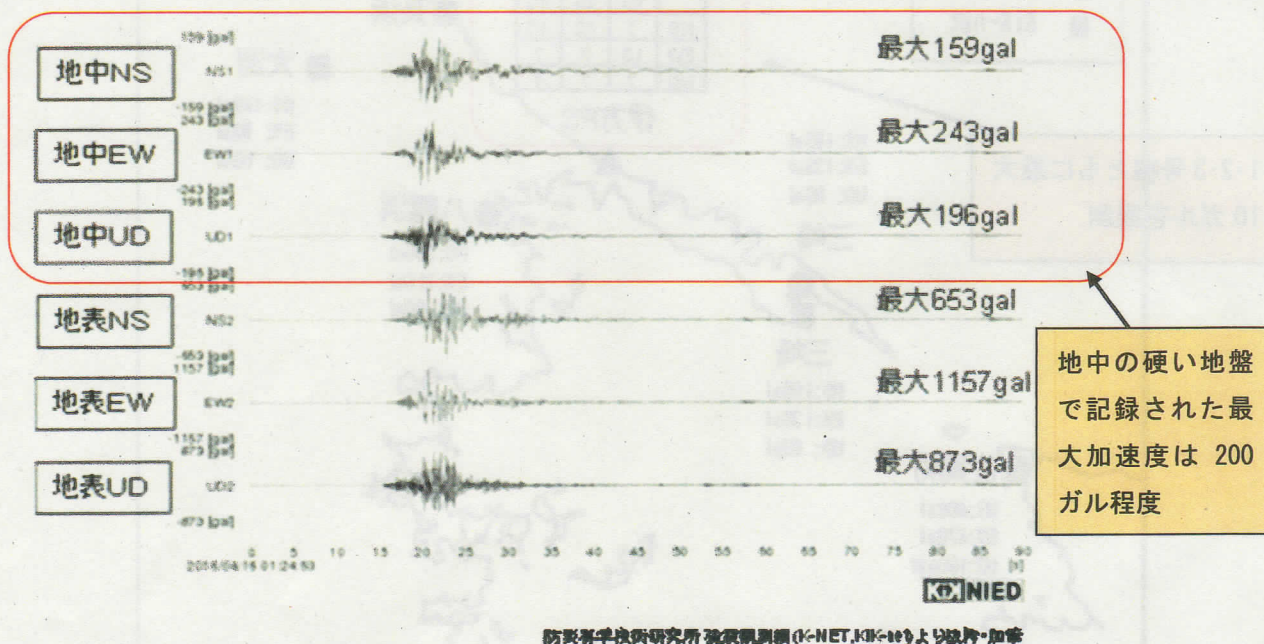
### 【伊方発電所で想定される最大加速度】

伊方発電所の原子炉建屋が設置されている地盤のせん断波速度は、2600m/秒であり、益城町の地下 252m の地盤と同程度であることから、仮に今回の地震と同じような規模の地震が伊方で起こったとすると、最大加速度は 200 ガル程度になると想定されます。

伊方発電所は、基準地震動 650 ガルに耐えられることが確認されていますので、熊本地震と同規模の地震に対しては十分な耐震性が確保できていると考えています。

## 平成 28 年 4 月 16 日の熊本地震本震時

### 益城(震源近傍)で観測された地震動



[四国電力（株）提供資料に加筆]

問③ 伊方発電所において、基準地震動 650 ガルに相当する揺れが、熊本地震のように繰り返し起こった場合は大丈夫なのでしょうか。

#### 【基準地震動】

原子力発電所の耐震設計において基準とする地震の揺れである基準地震動は、立地する敷地に大きな影響を与える様々な地震をリストアップした上で、地震断層の長さや断層面の傾斜角度などに関し、揺れが大きくなる厳しい条件を想定して地盤の揺れを評価し、策定しています。

伊方発電所の基準地震動も、厳しい条件を想定して地震の揺れを評価し、最大加速度 650 ガルの地震動をはじめ、11 の地震動を基準地震動として策定しています。

#### 【基準地震動の繰り返しの揺れに対する耐震性】

伊方発電所の基準地震動評価では、中央構造線断層帯について断層の長さや傾斜角度を揺れが大きくなる厳しい条件を想定したうえで、地下に蓄えられた大きなエネルギーのほとんどが放出されるところを想定しており、有識者によると一度エネルギーのほとんどが放出された後には基準地震動クラスの大地震の後に同等の大地震が続くことは考え難いと言われていることから、基準地震動が続くようなことは起こらないと考えております。

ただ、厳しい条件を想定して策定された基準地震動（650 ガル）で揺れたとしても、伊方発電所の安全上重要な施設・設備は、概ね弾性範囲内に留まる（※）ことを確認しているため、基準地震動に相当する揺れが繰り返し起こったとしても機能を喪失することはないと考えています。

※ 一部設備、部位については、基準地震動の揺れによって評価上は弾性範囲（揺れによる力が加わって形状が変化しても揺れが収まれば元の形状に戻る範囲）を超える力を受けるものがあり、弾性範囲を超えた場合、設備に歪（ひずみ）が残る可能性もありますが、設備が破壊に至るまでには十分余裕を持った設計を行っていることから、繰り返しの揺れが起こっても破壊に至ることはないと考えています。

#### 【概ね 1,000 ガルの揺れへの対応】

また、当社独自の取組として、これらの安全上重要な施設・設備については、基準地震動の 1.54 倍に当たる概ね 1,000 ガルの揺れに対しても耐震性が確保されることを確認しています。

概ね 1,000 ガルの揺れは非常に大きく、繰り返し起こるような揺れではないと考えられることから、この揺れが繰り返し起こる場合の評価はしていませんが、この揺れの後に小さな揺れが起こることは考えられます。ただし、この場合でも一度大きなエネルギーが放出されているため、基準地震動よりは小さな揺れになると考えています。

安全上重要な施設・設備については、概ね 1,000 ガルの揺れの後にこうした揺れが起こっても機能を喪失することはないと考えていますが、万が一、安全上重要な施設・設備が機能喪失した場合は、新規基準によりシビアアクシデント対策として追加した非常用発電機やポンプ車などの可搬設備等を使用し、炉心を冷却し、発電所外への放射性物質の拡散を防止・抑制することとしております。

## ■地震対策

問④ 伊方発電所の地盤は壊れやすいという専門家もありますが、本当に堅固なものなのですか。

### 【伊方発電所の地盤】

三波川変成帯に属している伊方発電所の地層は、1億年程度前に母岩である泥やマグマが地下深部で変成作用を受けてできた岩により構成されており、これが1千万年～2千万年前に地表に現れて以降、大きな構造運動を受けていないため、地質的には安定しています。

この地層には様々な岩がありますが、伊方発電所の基盤にあるのはせん断波速度（VS）2600m/秒の非常に硬い塊状の緑色片岩です。四国電力は2000mのボーリング調査を行うなどして堅固な岩盤が十分な広がりと深さをもっていると評価しており、原子力規制委員会でも確認されています。

### 【地震時に基礎岩盤に作用する荷重】

実際の地震時に伊方の基礎岩盤に作用する荷重の最大値を求めたところ、建物の自重に揺れの上下方向の荷重が加わるため、基準地震動 650 ガルの地震時で  $2 \text{ N/mm}^2$  程度の荷重がかかると評価しています。

伊方発電所建設時の平板載荷試験※において、基礎となっている岩に対し、この  $2 \text{ N/mm}^2$  を超える  $8 \text{ N/mm}^2$  程度の荷重を垂直方向と水平方向から加えても壊れないことを確認しております。

※平板載荷試験：基礎を設置する深さまで掘削を行い、基礎に見立てた小さな鋼板を置いて実際の建物の重量に見合う荷重をかけて沈下量を測定し、地盤が安全に支持する力を判定する試験。

## ■原子炉を止める対策

問⑤ これまで評価できていないと聞いていた基準地震動 650 ガルの揺れを受けた時の制御棒の挿入に要する時間はどのくらいですか。

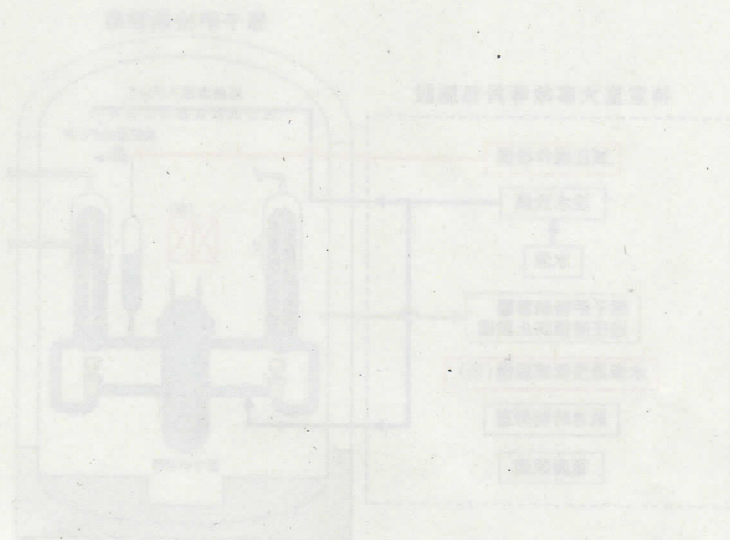
### 【650 ガルでの制御棒の挿入性】

原子力規制委員会の工事計画認可においては、制御棒を 2.5 秒以内に燃料の間に挿入させることが求められています。

基準地震動 650 ガルの揺れを受けた時、伊方発電所 3 号機の制御棒は、原子炉を止める信号の発信から制御棒挿入開始までに 0.3 秒、制御棒挿入開始から挿入までに 2.09 秒、合わせて 2.39 秒で挿入されると評価しており、評価基準値 2.5 秒以内に収まることが確認されています。

1560 MW

2.2秒+0.2秒



## ■放射性物質を閉じ込める対策

問⑥ 今後設置予定とされていた特定重大事故等対処施設とはどのような施設で、いつごろ完成しますか。

### 【特定重大事故等対処施設】

特定重大事故等対処施設は、新規規制基準において設置が要求されている施設であり、原子炉建屋等への故意による大型航空機の衝突やその他のテロリズムにより、原子炉を冷却する機能が喪失し炉心が著しく損傷する恐れがある場合、または炉心が損傷した場合に備えて、原子炉格納容器の破損を防止するための機能を有する施設であり、既設安全対策設備のバックアップ施設として原子炉から 100m 以上離れた場所に設置されるものです。

こうした信頼性を向上させるバックアップ施設については、新規規制基準の施行段階に必要なシビアアクシデント対策等に係る工事計画の認可から 5 年までに備えていることが求められています。

四国電力では、こうした特定重大事故等対処施設について、平成 28 年 1 月 14 日に原子炉設置変更許可申請を行っており、これらの施設は平成 31 年度までに完成予定です。

### <特定重大事故等対処施設の概要>

#### ○減圧操作設備

- ・緊急時制御室から既設の加圧器逃がし弁を動作させ、原子炉内を減圧操作する設備

#### ○注水設備（ポンプ、貯水槽）

- ・炉心注水及び格納容器スプレイを行うことにより、溶融炉心の冷却、原子炉格納容器の冷却、放射性物質の低減を図る設備

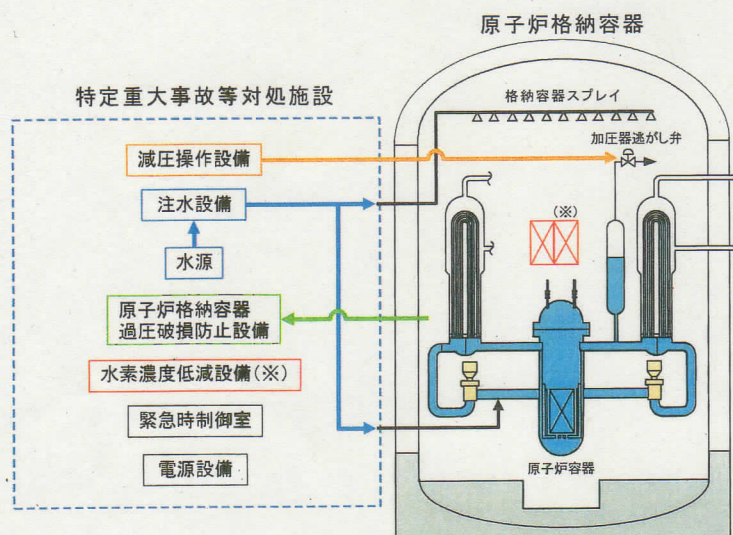
#### ○原子炉格納容器加圧破損防止設備（フィルタ付きベント設備）

- ・原子炉格納容器内の空気を大気へ放出し、内圧を低減させる設備（フィルタを通すことで、放射性物質の放出量を低減）

#### ○水素濃度低減設備（静的触媒式水素再結合装置）

#### ○緊急時制御室

#### ○電源設備（発電機）



[四国電力（株）提供資料]

問⑦ 電源対策として設置予定であった非常用外部電源受電設備と非常用ガスタービン発電機は設置されましたか。

#### 【電源喪失に対する対策（非常用電源の設置）】

原子力発電所を運転したり、停止時に原子炉等を安定的に冷却したりするためには、ポンプなどの動力用の電源や、計測制御装置を動かす電源を常に確保する必要があります。

伊方発電所では、万が一の事故に備え、これまでに、非常用電源対策として、非常用ディーゼル発電機（図中⑩）、大型の空冷式非常用発電装置・電源車（図中①）、蓄電池（図中②）、直流電源供給用の電源車（図中③）、非常用ディーゼル発電機（図中⑩）を号機間で相互に使用可能にするためのケーブル（図中④）、非常用ディーゼル発電機に燃料を供給する重油タンク（図中⑤）、非常用予備発電装置（図中⑥）、配電線（図中⑦）を整備し、バックアップ電源の多重化・多様化を図っています。

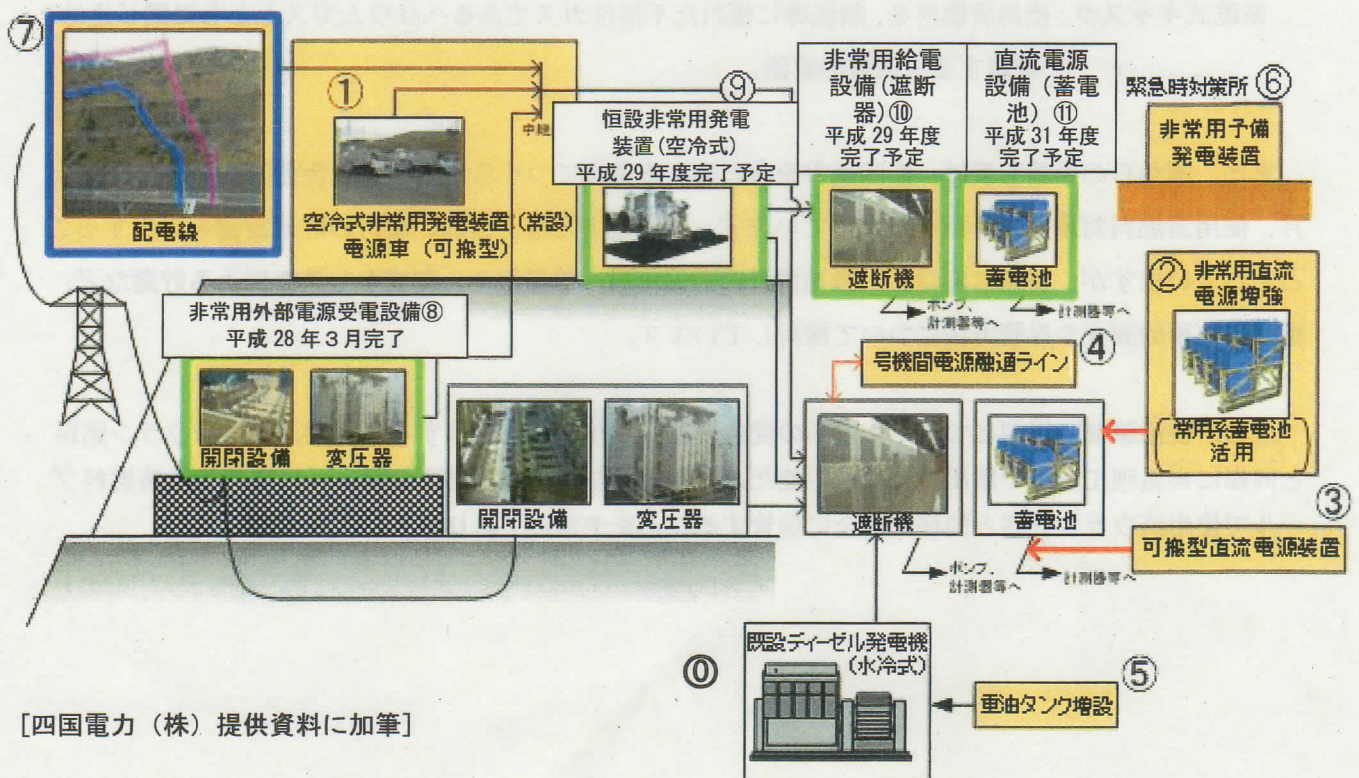
#### 【更なる電源確保に向けた追加対策】

新たに、津波および地震に対する外部電源の信頼性を向上させるため、非常用の外部電源受電設備（図中⑧）を平成 28 年 3 月に設置しました。受電設備は、敷地内の高所（標高 15m 以上）に設置されているため、津波等の影響が無く、事故時に既設の開閉設備、変圧器が使用できなくなった場合に、当該設備を使用し、所外から電気を受電するものです。

また、重大事故等対処施設の非常用電源設備として既に空冷式非常用発電装置（電源車）（図中①）を設置していますが、更なる信頼性向上対策（自主対策）として、敷地内の高所（標高 32m）に非常用ガスタービン発電機（図中⑨）と非常用給電設備（遮断器）（図中⑩）（※）の設置を予定しています。当初の計画では平成 27 年度に設置する予定でしたが、新規制基準に適合するよう耐震等の基準を見直すこととしたため、設置は平成 29 年度内の予定となりました。

※ 非常用ガスタービン発電機（図中⑨）とポンプ、計測器等をつなぐための遮断器

このほか、更なる信頼性向上の観点から、蓄電池（図中②）、直流電源供給用の電源車（図中③）のバックアップ電源として、新規制基準において設置が要求されている直流電源設備（蓄電池）（図中⑪）を平成 31 年度に設置する予定です。



[四国電力（株）提供資料に加筆]

## ■使用済燃料

問⑧ 伊方発電所1号機の廃炉の決定にともない、使用済燃料の扱いはどうなりますか。

### 【使用済燃料プールの状況】

伊方発電所の使用済燃料プールについて、1号機から3号機まですべての原子炉が稼働した際には8～9年で満杯になる状況でした。

平成28年5月に1号機を廃止したことに伴い、1号機の使用済燃料プールも廃止されることから、1号機の使用済核燃料及び今後使用予定であった核燃料を3号機の使用済燃料プールに移動することとしています。そのため、3号機の使用済燃料プールの貯蔵余裕が少なくなり、発電所の運転状況により変動するため貯蔵可能期間については今後精査する必要がありますが、3号機の再稼働とともに仮に2号機も同時に再稼働し、直ちに1号機の使用済燃料プールも廃止し、核燃料の再処理施設などへの搬出もないといった仮定を含む条件で単純に計算すれば6～7年で使用済燃料プールが満杯になる計算となりますが、現実的には今後これらの条件がすべて当てはまることはないことから、6～7年よりは長くなると考えております。

使用済核燃料については、青森県の六ヶ所再処理工場へ計画的に搬出することを基本に考えていますが、搬出するまでの間についても使用済燃料プールでしか保管できないわけではなく、乾式キャスク(※)に移し替えて保管することも検討しています。実際、日本原子力発電株式会社は、敷地内で一部の使用済核燃料を乾式キャスクにより保管しています。

※乾式キャスク：使用済燃料を、熱伝導に優れた不活性ガスであるヘリウムガスとともに閉じ込め、貯蔵する金属製の容器。

また、国からの要請を受け、四国電力を含む電気事業者でつくる電気事業連合会は、平成27年11月、使用済燃料対策推進計画を策定しています。四国電力では、当面、現行の貯蔵設備を活用することとしていますが、将来に向けて、敷地内外の貯蔵施設への搬出や、乾式キャスクによる貯蔵など、種々の技術的調査や保管方法について検討しています。

なお、使用済MOX燃料についても燃料の発熱量に応じた容器を設計することで、使用済ウラン燃料と同様に再処理工場への搬出や保管は可能だと考えておりますが、当面の間、3号機の使用済燃料プールで使用済ウラン燃料と同様に安全に保管することを予定しております。

## ■原子力発電の再稼働の必要性

問⑨ 電力需要に関するデマンドレスポンスとはどういうものですか。

### 【デマンドレスポンス】

デマンドレスポンスとは、電力の供給状況に応じて、電力需要を制御する方法のことです。

「電気料金型デマンドレスポンス」と「ネガワット取引」の大きく二つの種類に分けられます。

「電気料金型デマンドレスポンス」は、電気料金設定によって需要家の電力需要を制御しようとする方法です。例えば、1日の時間帯の中で、電力需要が大きくなる昼間の時間帯の電気料金を電力需要が小さくなる夜間の時間帯の電気料金より高く設定するといった方法があります。

「ネガワット取引」は、電力会社と需要家があらかじめ契約を交わし、その契約に基づき、電力会社からの要請に応じて需要家の電力需要を制御する方法で、次のような事例があります。

（ネガワットとは、負の消費電力という意味で、需要家の電力需要抑制を発電したことと同等とみなす考え方です。）

#### ○需給調整契約

電力需要の平準化を促進する契約のことで、計画調整契約と随時調整契約があります。

##### ①計画調整契約

需要家が夏季や冬季の電力需要のピーク期間中、電気の使用を、平日の昼間から夜間や休日などに計画的に振り替える契約のことで、需要家は、調整した電力実績に基づき、電気料金が割引かれます。

##### ②随時調整契約

電力需給のひっ迫時に、電力会社からの事前通告（即時、1～3時間前、前日等）によって需要家が電力の使用を抑制する契約のことで、需要家は、「発動の有無に関わらず毎月割引」及び「発動時の実施割引」により、電気料金が割引かれます。

#### ○節電アグリゲーターの活用

多数の需要家の電力使用状況を管理し、電力会社からの節電要請に応じ、一括して負荷調整の管理ができる事業者（アグリゲーター）を活用する方法です。

問⑩ 電力需給ひっ迫時に随時調整契約を使えば、需要を抑えられるのではないですか。

#### 【随時調整契約】

随時調整契約は、電力会社と需要家があらかじめ契約を交わし、その契約に基づき、電力需給のひっ迫時に、電力会社からの通告（即時、数時間前、前日等）によって需要家の電力の使用を抑制する契約です。

#### 【四国電力における随時調整契約状況】

随時調整契約は、電力需要の大きな大口需要家との間で行っており、四国電力が締結している契約の合計値は、約 40 万 kW 程度となります。（平成 28 年 4 月時点、需給検証小委員会資料を引用。）

具体的には、電力需給のひっ迫時に四国電力が通告した場合に送電を抑制することとなりますが、常に 40 万 kW 程度調整できるわけではなく、調整できる量は変わります。

例えば、電力需給のひっ迫する時が夜間であった場合、夜間に操業していない契約者の電力使用は抑制できませんし、昼間の場合でも同様です。

このように、調整できる量は契約者の操業状態等によって変わってくるため、電力需給のひっ迫時に必ずしも必要な需要量を抑制できるとは限りません。

また、随時調整契約により契約できる量は、契約対象が大口需要家に限られてくことや、定期的に、契約が更新され、その際には大口需要家の操業状況等により契約量も変わってくることから、確実に契約量を増やせるわけではないと考えております。

なお、電力需給のひっ迫時に期待できる調整量については、これまでに電力の安定供給に最大限に取り組んできた結果、随時調整契約による電力需要の抑制を行った実績はなく、また、実際の電力需給のひっ迫時に調整を求める段階になった時点で契約者の協力もいただきながら調整量を見込むことから、過去において調整可能な電力量を見込んだ実績もありません。このため、契約量約 40 万 kW のうち、どれくらい調整できるかについては、電力需給がひっ迫して調整が必要な段階にならなければ分かりませんが、そうした段階になれば、電力の安定供給のために可能な限りの調整を求めることとしております。

問⑪ 電力の小売が全面自由化されましたが、電力需給にどのような影響が出ていますか。

**【電力の小売全面自由化の影響】**

電力の小売自由化は、工場などの大口消費者については既に実現していましたが、平成 28 年 4 月 1 日から、家庭や商店などの小口消費者も電力会社が選べるようになり、電力の小売の全面自由化がスタートしました。

四国電力も首都圏や関西圏といった四国域外への小口消費者への電力の販売を開始しましたが、現状では四国の電力需給に影響を及ぼすほどの規模ではありません。例えば、4 月 1 日からの自由化により四国電力から他の電力へ切り替えた小口消費者の件数は、平成 28 年 4 月 30 日までで 2900 件程度となっております。対する四国電力の小口契約口数は 250 万件程度なので、割合にして 0.1 パーセント程度であり、四国域内の電力需給に与える影響はほとんどないと考えています。

また、四国域外への電力供給については、発電事業者の余剰電力などが取引されている卸電力取引所からの調達等を前提としており、必ずしも自社の供給力で賄うわけではなく、現状では四国内の電力供給に大きな影響を与えるとは考えておりません。