

伊方発電所の安全対策等に関する四国電力（株）との勉強会（第17回）

議事概要

はじめに四国電力から、資料「伊方発電所3号機の状況について」（以下「資料①」という）、に基づき説明。続いて、資料「平成28年熊本地震について」（以下「資料②」という）に基づき説明後、質疑応答。

※Q：高知県、高知市 A：四国電力

■安全対策について

<熊本地震発生時に行った確認・点検>

Q：今回の熊本地震の発生時に、伊方発電所ではどのような確認・点検等を行ったか。

A：観測された数値により対応を変えるようにしている。16日の本震で言えば1・2・3号機ともに10ガルを観測しているが、10ガルの場合は、中央制御室において様々な運転のパラメータ、設備の運転状況、システムの温度・圧力、放射線の状況といったものの確認を行う。放射線管理区域外、原子炉補助建屋外、ほとんどがタービン建屋になるが、運転員が周辺の付属建物・設備をパトロールして異常がないかを確認した。なぜ原子炉建屋のパトロールをしないかという点、これらは非常に耐震性が高い建物・設備なので、10ガル程度だとほとんど影響がないため、周辺設備の確認を行うという考え方である。観測値が大きくなってくれば原子炉建屋、補助建屋のパトロールが行われるが、今回はそこまでの揺れではなかった。

Q：実際に起こった地震での対応で、特に課題などが見えてきたという事はないか。

A：中央制御室、現場でのパトロールで特に異常がなかったため、現状の対応で問題ない。

<今回同様の地震動への耐震性>

Q：今回の熊本地震の本震において、最大加速度は「3成分合成1,362ガル・南北653ガル・東西1,157ガル・上下873ガル」と記録されている。この数値は表層地盤での数値と思われるが、同様の規模の地震が中央構造線上で起こった場合に、伊方発電所3号機は耐えることができるか。

A：今回の地震での1,000ガルを超える加速度というのは、表層の軟らかい地盤での話である。地盤のせん断波速度が700m/秒程度で岩盤といえるが、益城町の表層地盤のせん断波速度の記録は110m/秒であり、これは非常に軟弱な地盤といえる。それに対して伊方発電所の地盤のせん断波速度は2,600m/秒であり、通常の岩盤よりさらに固い硬岩である。地盤が軟らかいほど地震の加速度は大きくなるので、伊方発電所の地盤では1,000ガルなどはまず考えられないが、仮に同じような規模の地震が起こったとすると、益城町で1,362ガルを計測した地点の地下では最大加速度200ガル程度を記録しており、この地点のせん断波速度は伊方発電所の地盤と同程度の2,700m/秒である。このような数値（200ガル程度）が伊方でも想定されるが、伊方発電所では基準地震動として最大650ガルを設定しているため十分耐えることができるといえる。地盤条件によって地震動は非常に変化するため、地盤条件をしっかりと確認して議論・判断しなければならない。伊方発電所は非常に硬い岩盤上にあり、今回のようなマグニチュード7クラスの地震が起きても、現在の基準地震動650ガルの設定で耐震安全性は確保できていると考えている。

<繰り返しの地震動について>

Q：仮に中央構造線断層帯において、今回の熊本地震のように強い揺れが繰り返し起こった場合に、伊方発電所は耐えることができるか。

A：溜めていたエネルギーを全て放出した場合を想定して、基準地震動 650 ガルを設定している。この場合、再度揺れるためのエネルギーをためる時間は無いので、同じ規模の地震が起こるといのはまず考えられない。仮に今回の熊本地震と同じ規模の地震が起こったとした場合、基準地震動内の揺れであれば、施設・設備の弾性範囲内に収まる。若干の亀裂・変形があったとしても機能を守ることが第一であり、同じような地震動がもう一度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る。今回の熊本地震では、益城町地下の岩盤で 100 数十ガルから 200 数十ガル程度の加速度を記録した。この岩盤と伊方の岩盤の固さが同じくらいなので、同じ地震が伊方に起こったとしても基準地震動内に収まる。このため、同じような地震が繰り返したとしても伊方発電所には安全上重大な影響は出ないと考えている。

Q：基準地震動 650 ガルでの繰り返し来た場合、ほんとに大丈夫なのか。

また、概ね 1,000 ガルまでの自主的な対応をしているが、それについても同様か。

A：新規制基準の適合性の審査においては、そもそも繰り返しを想定しないような高い基準に基準地震動を設定する関係で、評価はしていない。

ただし、基準地震動が作用しても弾性範囲に入るような評価基準により適合性審査が行われているので、複数回の基準地震動が作用した場合にも、歪みが拡大して損壊に至ることはないと考えている。

1,000 ガル評価についても同様に、基準地震動に対しておおよそ 1.54 倍の加速度が作用した場合に設備の健全性が確保できるかという観点から確認している。この評価についても、通常考えられないような地震動に対して評価を行うという事で、複数回の評価は行っていない。

Q：繰り返しの想定はされていないが、1,000 ガルまでの対策はしているとのことであるが、仮に、1,000 ガルの揺れが複数回と起こったらどういう事になるのか。

A：1,000 ガルでの複数回の繰り返しは評価をしていないが、1,000 ガルを超えたらすぐ壊れるかというところではない。実際の破壊に至るまでにはある程度の裕度は持っている。

<停止後の再起動について>

Q：強い揺れにより原発が停止した場合、再起動にはどういった判断や条件などがあるか。

A：先ほど地震後の確認の話をしたが、この確認の結果次第となる。

設備に影響がなければ速やかに稼働する。大きい地震が来た場合、3号機だと 190 ガルの地震動を検出すると原子炉は緊急停止する。その後、現場をパトロール、設備のパラメータの確認等で状況を確認し、問題がなければ再稼働となるが、現実的には地震で緊急停止となるとかなり詳細な点検などが行われるため、すぐに立ち上げるという事にはならないと考えられる。

<追加安全対策>

Q：今回の熊本地震を受けて、自主的に行う追加の安全対策などはあるか。

A：現状の熊本地震の知見では、再評価が必要な状況ではない。今後、おそらく色々な研究機関、国等により地震の解析が行われると思う。その結果、何か反映すべき知見が得られれば我々の評価にも反映していくこととなる。

<伊方発電所の基礎地盤について>

Q：伊方発電所の岩盤についてだが、“伊方の岩盤は新鮮で堅硬・均質な一枚岩的岩質を有するものとは言えずむしろ脆弱であり原子炉設置には不適”と指摘する声があると聞いている。地盤に含まれる緑色片岩は割れやすいのではないかという指摘もあるようだが、岩盤は地震動に対して強度を保てるということはデータ等で検証しているのか。

A：地質的には西南日本外帯に属しており、その中の三波川変成帯にある。変成作用を受けた岩になるのだが、これは元々1億年程度前にできた岩と言われており、地下深部で母岩である泥やマグマが低温・高圧で変成作用を受けたものである。これらが地表に上がってきたもので、地表に現れたのも1千万年～2千万年前という古い時代であり、それ以降大きな構造運動を受けていない。このため、地質的に安定していると考えられる。三波川変成岩は変成を受けて脆いと指摘されることもあるがその中にも様々な岩があり、泥などでできたものは黒色片岩といい、地表付近に存在する場合は塩基性片岩と比べるとやや脆い場合もあるが、伊方発電所の基礎にあるのは塩基性片岩である緑色片岩、比較的塊状でありすべりが起きにくいということを確認している。その硬さは弾性波速度などの調査により、せん断波速度2,600m/秒というかなり硬い硬岩であると確認している。さらに、平成22年から2,3年かけて2,000mのオールコアのボーリングを行なった。また、ジャッキで岩を押してどこまで持つかの試験である平板載荷試験を建設時に行い、 8N/mm^2 程度まで壊れることなく弾性的な挙動をすることを確認している。なお、 8N/mm^2 というのは岩の壊れる値ではなくジャッキの限界値である。実際の地震の時に、伊方発電所の基礎岩盤には建物の自重に加え揺れの上下方向の荷重が加わることになるが、この時に作用する荷重の最大値をFEM解析で求めたところ 2N/mm^2 であった。設計上は、弾性的な挙動をすることが確認されている 8N/mm^2 で設計しているため、かなりの余裕があると考えている。

<地震動評価の手法、クリフエッジについて>

Q：基準地震動の評価にあたって、“再現震源モデル”や“原子力安全基盤機構(JNES)の断層モデル解析”という手法があると聞いていますが、これらの手法はそれぞれどういうもので、一般的に広く使われている手法なのか。

また、新規制基準対応後の3号機のクリフエッジは、いくらか。以前は、855ガルと聞いている。

A：“再現震源モデル”は専門用語としては聞かない。地震動評価でよく用いる“断層モデル解析”のことではないかと思う。

“断層モデル解析”の手法自体は強震動予測では一般的である。地震調査研究推進本部と京都大学の入倉先生が中心になり強震動予測レシピというものを作っているが、その中でも使われているような手法である。実際、地震調査研究推進本部の中でも、鳥取県西部地震や福岡県西方沖地震の観測記録を強震動予測レシピに基づいて断層モデル解析したところ、よく合致していることが確認されている。

“原子力安全基盤機構(JNES)の断層モデル解析”も不明であるが、思うに、原子力規制庁の「震源を特定せず策定する地震動」の審査の中においてどの様に評価するか議論になったもので、北海道の留萌にてM6.1で1,000ガル程度の記録が取られたという事で原子力安全基盤機構が断層モデル解析を使って再現解析を行っているのだが、そのことを指しているのではないかと思われる。

A：3号機のクリフエッジは、福島での原発事故を受けて、当時の原子力安全保安院が安全上重要な施設・設備において設計上の想定を超えるような事象が発生した場合に、どの程度の裕度があるかの調査を行う指示をしたことにより、実施されたものである。その後、新規制基準を受けて、現在の基準地震動に基づいた耐震評価を行うようになっている。

なお、新規制基準では安全性向上のための評価制度が導入されている。この評価制度では、再稼働後初めて行う施設の定期検査後6カ月以内に、国内外の科学的知見や技術などを調査したうえで、安全向上に資するような自主的な追加処置が必要かどうかの検討を行うこととされている。この評価制度では、施設の安全性についての評価も求められていて、ストレステストを参考にした安全裕度評価、基準地震動の何倍に耐えられるかの評価を行う事になっている。

Q：原子力安全基盤機構が行った、断層モデル解析を使って留萌での事例を再現解析した結果を教えてください。

A：原子力安全基盤機構が行った断層モデル解析についてだが、なぜ1,000ガルを超える地震動が留萌で発生したかを解析したものだったと記憶しているが、「ディレクティビティ効果」といい、破壊が進行する方向の地震動が大きくなるというもので、地震波が重なることで地震動が大きくなったのではないかという解析を行っていた。

<非常用電源設備の固定について>

Q：全ての非常用電源設備は基準地震動および概ね1,000ガルの地震動にも耐えられるSクラスの設備になっていると聞いていますが、これらは岩盤に直接固定されていると理解してよいのか。

A：岩盤にベースコンクリートを流し込み治具をつけ、その治具からスウィングというワイヤーのようなもので引っ張って固定したり、あるいは金具で固定したりという形になっている。岩盤に固定していると理解してもらって結構。

<緊急時対策所について>

Q：緊急時対策所では100人が活動すると聞いているが、これは3号機だけの体制だと思う。福島原発事故時にはかなりの人数で対応したと聞いており、それと比べて十分な体制となっているのか。

また、当初、緊急時対策所として利用する予定であった免震棟内の施設は、今後どのように利用する予定かお聞きしたい。

A：当初は、緊急時対策所を免震棟内に造っていたが、最新の基準地震動では基礎の杭にひびが入る可能性が出てきたため、新しく耐震性のある緊急時対策所を造った。基本的にはどちらも使えるものである。例えば、新しく建てた緊急対策所の近くに航空機が墜落して火災が発生し近づくことができないといった場合などは、元からある免震構造の対策所を使うこともできるた

め、状況に応じて使うことになる。

人数は 100 人程度収容できると発表しており、この人数で 3 号機の緊急的な対応はできる。福島では多くの人数が必要であったが、伊方では事故以降様々な対策を実行しているため、そこまでの人数は必要ないと評価しており、原子力規制委員会での審査でも許可がおりている。

<制御棒挿入、挿入遅れについて>

Q：以前 570 ガルで挿入時間の評価をしていると聞いているが、現在の 650 ガルではどうなのか。また、すぐには挿入されず、想定されている 2～3 秒を過ぎて挿入されたとした場合、どういった問題があるか。

A：規定では 2.5 秒以内で挿入される必要があるが、我々の評価では、最大でも 2.39 秒以内で挿入されるため、規定時間内であると言える。

これは机上での話であるが、実際に、香川県の多度津にある大型振動台において、モックアップの燃料集合体を使い加振実験も行っており、基準地震動を大きく超える地震動でも挿入されることを確認している。

Q：実際の加振実験でも基準地震動を大きく超える地震動でも挿入されることが確認されたとのことだが、650 ガルの何倍程度の数値か。

A：現在の基準地震動である 650 ガルでは行っておらず、10 年程度前の実験ではあるが、当時の 473 ガルの 3 倍程度の揺れまで揺らして確認している。

<1 号機廃炉に伴う使用済燃料について>

Q：1 号機の廃炉に伴い、使用済燃料を 3 号機に移すと報道があったが、ピットの容量にどのような影響がありますか。

A：3 号機の燃料ピットの残容量は減ることとなる。全部勘案すると、貯蔵できる余裕は残り 380 体となる。

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るが、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る。ただし、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いる。

Q：乾式貯蔵施設の検討状況はどうなっていますか。

A：基本的には敷地内外の貯蔵施設に搬出する。搬出後は乾式キャスクという方式にて保管を行うとしており、これについて技術的な検討を行うことになっている。実際、乾式キャスクは日本原電や東海発電所にて使われており、技術的には可能である。どこに貯蔵するか、いつ頃持っていくのかというところは発表できる段階ではない。

Q：乾式キャスクに入れることのできるの、一定冷却した後になるのか。すぐ入れられるのか。

A：まだはっきりしたことは言えないが、使用済燃料ピットで 3～5 年冷却した後六ヶ所村に搬出するという事は行われているので、実際にはもっと保管してからとはなるであろうが、3～5 年冷却すればキャスクへ入れることはできるということである。

Q：説明の話は、ウラン燃料でのことかと思うが、MOX 燃料の場合はどうか。

A：これもはっきりしたことは言えないが、MOX 燃料は取り出した直後においては、ウラン燃料よりも熱量は少ない。しかし、その後はウラン燃料よりも3～5倍程度熱を出すということなので、ある程度長期間冷却させる必要がある。この点については、燃料をキャスクの中に入れて後に放熱をさせるような設計にて対応もできる。ただ、これを受け入れて再処理する側ができるまでは発電所の燃料ピットの中で保管という事になる。

<地震動の連動、基準地震動の設定場所について>

Q：大分から紀伊半島まで連動して地震が起こるとするのは、同時にと考えてもよいか。

また、650 ガルというのは地表面でのものと考えてよいか。

A：破壊の伝播は破壊開始点から同心円上を伝わっていくと仮定しており、同時ではなく時間差がある。

基準地震動 650 ガルは、解放基盤表面という仮想の地表面を想定している。伊方発電所の場合は、標高 10m に解放基盤表面を設定しており、その地点のせん断波速度は 2,600m/秒である。

■再稼働の必要性

<デマンドレスポンス>

Q：突発的な電力需給ひっ迫時の対応を可能とするデマンドレスポンスには、計画調整契約や随時調整契約などがあると聞くが、どの様なもので、どの程度実績があるのか。

A：まず、電力需要をピーク時から休日に移行させるなど、計画的に需要を下げる計画調整契約がある。その他に、夏季の需給ひっ迫時のために契約している夏季ピーク電力調整契約、節電のアグリゲーターを活用して需要を抑制するという随時調整契約といったものがある。

計画調整契約については、18 万 KW 程度である。

随時調整契約は大口の顧客との契約であるが、40 万 KW 程度。ただ、随時調整契約の契約量の内、どれだけ使用しているかはその時々で異なる。電力ひっ迫時にはその時の電力使用量から保安電力を残して抑制するという事になる。どれだけ抑制できるかは、その時々で異なるので計画に織り込むことは難しい。

Q：質問した主旨としては、調整ができるのであれば供給に余裕を生むことはできないだろうかということである。その辺りの説明をお願いしたい。

A：随時調整契約を使うことを、計画段階に織り込むことで供給力を増やすことができるのではないかという事については難しい。

また、実運用段階において言うと、日々の需給というのは電源の入り方・気象状況等により変わってくる。概ね 1℃当たり 20 万 KW 程度変動するのだが、気象庁の予想においても 2℃～3℃ ずれることもあるため需要の想定は難しい。最近では太陽光発電が増えてきており、設備の最大供給量としては 170 万 KW 程度ある。太陽が照っている時は 140～150 万 KW 程度の出力があるのだが、曇ると半分、雨なら 0 というように大きく変化するため、供給力の予想は難しい。待機させている火力発電により、太陽光での出力が減った時にはその分を調整するといった対応を行っている。随時調整契約というのは、ひっ迫時にバサッと切る（電力を遮断する）こととな

るため、顧客に迷惑をかけることにもなり、火力発電による調整や気象の予測などを考慮してなお足りない時に発動するという事になる。随時調整契約の発動を前提に話を進めるのは難しい。

Q：確認だが、随時調整契約は事前通告により、保安電力を残して電力を落とすことができることにはなっているのか。

A：そのとおり。

Q：例えば、40万KWの契約があった場合、保安電力はどのくらい残してとなるのか。

A：その時の需給の状態によるため、個々の契約ごとにどれだけというのは答えることはできない。

Q：契約上はそれだけあるが、例えば、100の契約があつて実際50しかなかったとしたら。

A：その時々によって、予めこれだけあるというように想定するのが難しいという事。日によって時間によって全然違う。顧客によって、景気が悪い場合減るかもしれないし、よかったら増えるかもしれないし、我々がそこまで想定してKWを決めるというのは難しいということ。

Q：夜間だったら通常は稼働していないので、切れないというような状況にもなりえるということか。

A：そのとおり。逆に夜間操業していて、昼間していないという企業もある。

Q：ひっ迫するのが事前に分からないので、前もつての対応はできないということか。

A：その時に本当にひっ迫したら、最終手段として契約を発動することはありえるが、前もつて計画して決めておくというのは難しい。

<他電力からの受電、自家発電の設備利用率>

Q：電源開発の橘湾発電所から契約に基づき受電しているが、四国電力の電力需給ひっ迫時に特例的に契約以上の融通を受けることは可能か。

また、自家発電の設備利用率を上げることで需給ひっ迫時に十分な予備力を確保することは可能か。

A：他社からの供給量は契約で決まっていて、それ以上に臨時的な扱いで受けるというのは難しい。緊急時には全国から供給を受けるという事は考えられるが、四国においては、橘湾発電所から臨時的に供給を受けることは現状できない。

自家発電については、事業者の事業をまかなうために作られたものであって、その余力を受電しているもの。事業者の操業・点検等の状態で受け入れ可能な量は変わってくるため、最低限受電可能と思われる量を供給力として計上している。

設備利用率を上げるという事になると、kWではなくkWhの話。利用率を上げたところで、供給力kWを上げるということに直接結びつくとは限らない。

<電力自由化の影響>

Q：電力自由化により電力の需給状況にどのような影響が出ているか。

首都圏や関西圏に売電しているが、四国以外に売るほど電力が余っているなら、原発がなくても供給力が十分であるということではないか。

A：自由化が家庭用にまで広がってきたという事だが、現状では四国の需給に影響を及ぼす程度で

はない。

首都圏や関西圏への販売については、供給力には様々な手当ての方法があり、四国域の供給力を使うのではない。例えば、市場から電気を手当てして、それを販売していくという方法もあり、現在検討をしている。その量は、現状四国の供給力に影響を与えるという状況には至っていない。

需要が減退していく中で、販路の拡大は重要なことと考えており、原子力というものは資源の少ない日本ではS+3Eという考えの中で、安定供給を前提にバランスよく達成するために一定活用していくと考えている。

Q：影響がある程度出ているとのことだが、%などはわかるか。

A：スイッチングにより、概数であるが、4月15日現在で、約2,300件程度の離脱（低圧のスイッチング件数）となっており、全契約件数約250万件の約0.1%程度である。域外への販売については経営戦略上、答えることはできない。

<2015年度の需給状況>

Q：2015年夏季・冬季に需給状況がひっ迫したような事例はあったか。

A：2015年度の夏季・冬季で言えば、使用率90%を超える日は夏季で10日程度であった。

しかし、安定供給に支障をきたす予備率3%を切る事例は無かった。

夏季ピークは8月7日、92%程度。冬季ピークは1月19日、89%程度。

ただ、夏季・冬季ではなかったが、9月下旬の休日に気温の高い日があり、このとき他社より電力の供給を受けた。

<1号機廃炉後の対応>

Q：1号機の廃炉後の使用済燃料プールの容量について教えてほしい。

A：さきほど、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3号機の使用済燃料プールは6～7年でいっぱいになると伝えたが、2号機はすぐに動くというようなことはまずないと考えられるので6～7年でいっぱいという事にはならない。現在、乾式キャスクの技術的な見通し、廃棄場所の見通しをたてるように活動している。六ヶ所村の操業が始まれば、そちらに搬出するというになる。こういったことにより、プールの余裕を確保していく。

Q：1号機の非常用ディーゼル発電機2機は、3号機の非常用電源として引き続き使える状態を維持するという理解でよいか。また、1、2号機の使用済燃料プールの耐震性はどうなっているか。

A：1号機のディーゼル発電機の利用は現在検討中。

また、1、2号機の使用済燃料プールやその冷却装置の耐震性については、650ガルへの対策はできていない。ただ、570ガルまではバックチェックを行っており、また余裕を持って設計しているので、570ガルを超えたら即座に壊れるという事は無い。今後検討していくことになる。

<1号機の代替電源>

Q：1号機の代替電源は何になるのか。

A：火力発電の新規は考えていない。

坂出發電所2号機、西条發電所1号機のリプレースを進めていく。

再生エネルギーは最大限活用していく考えである。再生エネルギーは接続可能量において「30日等制御枠」があり、国のワーキングで毎年見直すとなっている。今連携している分と将来連携するとして契約している分が、接続可能量を超えている場合は30日の抑制をすることになるが、国の議論では、見直しの前提として、抑制を緩和する方向で検討している。

太陽光であれば257万KWが接続可能量であるが、接続分と接続申し込み分を合わせるとこれを超えて増えてきている。超えた分の契約は、無制限の抑制となることを前提に接続の条件とされている状況である。

一方、風力については65万KWが接続可能量だが、それまでに達していない。

<排出係数>

Q：国の地球温暖化対策で、電気のCO₂排出係数を0.37まで落とすことが求められているが、四国電力としてどのように対応するのか。

A：2030年までに排出係数を0.37以下にというのは、新電力を含めた全体での話である。

当社としては、原子力の再稼働、天然ガスの導入、再生エネルギーの拡大などを合わせて、なんとか0.37に近づけるように考えている。

国レベルで言えば、電力会社、電源開発などにより「電気事業低炭素社会協議会」の場でCO₂を削減する取組を進めていく。

<環境アセスメントの短縮、リプレース計画>

Q：火力発電所の更新には7～8年程度の期間が必要と聞いているが、現在、環境アセスメント期間の短縮が進められており、より期間を短くすることができるのではないか。

また、現在、坂出發電所2号機と西条發電所1号機のリプレースが計画されているが、次の火力発電所のリプレースの計画はあるか。

A：環境アセスメントを1年強短縮できないかという制度運用はまさに動き始めたところ。

状況を織り込めるような段階になってはいない。

次のリプレースに関しては、原子力の再稼働に伴う需給の安定の状況や、需要の状況、経済性、環境政策などを総合的に勘案して検討していく。