

真野善雄

差出人: [REDACTED]
送信日時: 平成 15年10月23日木曜日 18:10
宛先: 高島 賢二; 川原 修司; 花村 正樹; 保安院島村; 野田 智輝; 入佐伸夫; 名倉繁樹; 真野善雄
CC: [REDACTED] 東電 [REDACTED] 東電 [REDACTED] 関電 [REDACTED] 関電 [REDACTED]
[REDACTED] 原電 [REDACTED]
件名: 指針に係わる実質的課題と見解の修正版の送付について



実質的課題と見解
0031023.doc (61 KE) 各位

10月10日の打ち合わせに基づき修正した標記資料を送付申し上げます。
資料の状況は以下の通りです。
①3. 「安全上の要求事項」は2. 「地震時の安全確保」に含めました。
②12. 「スラブ内地震の考慮の仕方」は11. 「地震地体構造上想定する地震の評価方法」に含めました。
③17. 「応力解析法及び応力評価法」は削除しました。(いわゆるピン留め資料にならないので)
以上

[REDACTED]

品質保証 Gr. 次長 発電管理室 日本原子力発電

〒101-0053 東京都千代田区神田美土代町1番地1(美土代ビル)

Tel. [REDACTED] (直通) Fax. [REDACTED]

E-mail: [REDACTED]

平成15年10月23日

指針検討に係わる実質的課題と見解

項 目

1. 岩盤立地を要求事項としないこと
2. 地震時の安全確保
3. 耐震重要度分類の検討
4. 耐震重要度分類と安全重要度分類の関係
5. 設計用地震力の考え方
6. 活断層の評価期間
7. 活断層のセグメンテーション
8. 地質調査の高度化
9. 松田式(1975)の妥当性
10. 地震地体構造上想定する地震の評価方法
11. 位相特性の考え方
12. 地震動の不確定性への配慮
13. 震源を事前に特定できない地震の考え方
14. 静的地震力の取り扱い
15. 荷重の組合せの考え方
16. 許容限界、終局耐力の考え方

課 題	岩盤立地を要求事項としないこと
議論の要点	<p>岩盤は、一般的に重量構造物を支持するのに十分な耐力。 岩盤における地震動特性は比較的、解明容易。 原子炉施設の第四紀層地盤立地に関する研究が進展。</p>
見 解	<p>原子力発電所の立地多様化を目的として実施された「高耐震構造立地技術確証試験 第四紀層地盤立地技術方式に関する調査 (NUPEC)」、「原子力発電所の立地多様化技術 (土木学会)」により一定の条件を満たす第四紀洪積層の密な砂・れき・堆積層であれば第四紀層地盤立地は十分成立性があると判断。 地震動の評価技術も岩盤から第四紀層地盤への増幅を考慮した解析を実施することで評価可能。</p>
今後の検討方向	<p>第四紀立地では、杭基礎などの採用も考えられるため (中間貯蔵施設等)、基礎形式に応じて、従来、地震時に岩盤支持で求められていた安全機能 (地震時の支持力、滑り、沈下) と同等の安全機能を要求する。</p>
参 考	<p>「再処理施設安全審査指針」、「金属製乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵施設のための安全審査指針」には岩盤立地は要求されていない。</p>

課 題	地震時の安全確保
議論の要点	地震時の安全確保をどうとらえるか
見 解	<p>原子炉施設の安全確保の目的は、放射性物質に係る放射線障害の潜在的危険性を顕在化させないことである。</p> <p>敷地における限界的な地震動を仮定しても、周辺公衆に著しい放射線障害を与えないようにすることが原則である。しかしながら地震力は、全ての施設に同等に同時に作用する（以下、共通要因事象）という特性を踏まえ、限界的な地震動の発生を仮定しても、周辺公衆に著しい放射線障害を与えないように、原子炉災害を防止する観点から必要な安全上の機能を維持させることが現時点での方策と考える。</p> <p>この考え方に基づき限界的な地震動に対し安全上果たすべき機能は以下と考える。</p> <p>地震時に周辺公衆に著しい放射線障害を与えないようにするためには、地震力は、共通要因事象という特性を踏まえた上で、炉心及び使用済燃料内の大量の放射性物質を放出するような事態及びそのような事態に拡大・発展することを防止することである。そのためには以下の機能が必要である。</p> <p>①原子炉冷却を可能にするための、原子炉冷却材を保持する機能 ②地震発生時に緊急に原子炉の核反応を停止しかつその状態を維持する機能 ③原子炉停止後にも放出される崩壊熱を除去するための機能で、最終的には海水に熱を放出する機能までを含む ④冷却材喪失事故後相当長期間にわたり周辺公衆への放射性物質の放出を最終的に防止する機能 ⑤使用済燃料内の放射性物質の外部放出を防止するために、燃料の大量かつ著しい損傷を防止する機能</p> <p>まとめると以下のようなになる。</p> <p>①原子炉冷却材圧力バウンダリー機能 ②地震発生時に緊急かつ安全に原子炉を停止させる機能 ③原子炉停止後の最終除熱機能 ④原子炉格納容器バウンダリー機能 ⑤使用済燃料の大量かつ著しい損傷を防止する機能</p>
今後の検討方向	審査指針に記載すべき「地震時の安全確保」に関して要求する機能を明確にする。
参 考	

課 題	耐震重要度分類の検討
議論の要点	地震時の安全確保の考え方に立脚した耐震重要度分類の考え方の整理
見 解	<p>限界的な地震動に対して機能維持すべき「特に重要な安全機能」を有する施設を安全クラスとする。</p> <p>それ以外の施設をノンクラスとする。</p> <p>「特に重要な安全機能」とは、以下のとおりとする。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 原子炉冷却材圧力バウンダリー機能 ② 地震発生時に緊急かつ安全に原子炉を停止させ維持する機能 ③ 原子炉停止後の最終除熱機能 ④ 原子炉格納容器バウンダリー機能 ⑤ 使用済燃料の大量かつ著しい損傷を防止する機能 <p>ノンクラス施設については、民間規格の中で従来のA、B、Cに区分する。A、B、Cの各施設に対応する地震力も民間規格とする。</p>
今後の検討方向	<p>指針に記載すべき地震時の安全機能と耐震重要度分類の定義を検討する。具体的な耐震重要度の検討はJ E A Gにて行う。</p> <p>安全機能の重要度分類との関連及び安全重要度クラス1の一部の施設が耐震重要度分類ではノンクラスとなることの妥当性を検討する。</p>
参 考	

課 題	耐震重要度分類と安全重要度分類との関係
議論の要点	安全重要度分類と耐震設計上の重要度分類の明確化
見 解	<p>指針では耐震重要度分類において、「安全クラスの機能」と「ノンクラス」を規定する。</p> <p>ノンクラスの詳細はJ E A Gで規定する。安全クラスとJ E A Gで詳細化される耐震重要度分類全体は、地震力は、共通要因事象という特性を踏まえれば整合することを明確にする。</p>
今後の検討方向	安全上の機能に着目し安全重要度分類から共通要因事象を考慮した耐震重要度分類を検討する。詳細はJ E A Gにて検討する。
参 考	<p>現行の安全重要度分類と耐震重要度分類の対応関係を比較検討した。その結果、基本的には安全重要度分類のクラス1, 2, 3は各々耐震重要度のクラスA (Asを含む) B, Cと対応している。一方地震荷重が共通要因事象という特性を有していることを考慮して、必要に応じて耐震重要度を上げている。したがって地震時の安全性を確保する観点からは両分類に不整合は無いと判断できる。</p>

課 題	設計用地震力の考え方
議論の要点	指針で規定する地震力の位置付け
見 解	<p>地震時の安全確保の観点から地震動を規定する。</p> <p>これは、地震時において拡大性のある事故（炉心損傷）を起こさないため、耐震安全上特に重要な施設の安全機能の維持を評価するための限界的な地震動である。</p>
今後の検討 方向	
参 考	

課 題	活断層の評価期間
議論の要点	指針制定後、多数のトレンチ調査等が実施され活断層に関する知見が集積。S1については、工学的な見地から検討。
見 解	<p>国内の多数のトレンチ調査結果によっても、再来期間が5万年を超える活断層は存在しないことから、S2として考慮する活断層の評価期間を5万年としていることは妥当と判断。</p> <p>同トレンチ調査結果から、S1として考慮する活断層～S2として考慮する活断層の区分（1万年、活動度A級）について、厳密に境界を設定することは困難であっても、工学的には妥当と判断。</p> <p>これらについて、トレンチ調査結果に基づく活断層の再来期間の分布状況等を考慮した確率的検討によっても妥当であることを確認。</p>
今後の検討方向	5万年について変更する必要はないと認識。S1については、指針では規定せず、J E A Gで規定する方向。その際、現状の区分（A級、1万年）については工学的に妥当と判断。
参 考	

課 題	活断層のセグメンテーション
議論の要点	<p>活断層の連続については、「明確な証拠がない場合には安全側に考慮」とのポジション</p> <p>地震研究推進本部等の評価結果は原子力の評価を超える場合もあり、原子力の評価の妥当性を問われるケースがある。</p>
見 解	<p>断層の連続に関する評価は、断層の形態、性状などに関するデータの質・量に応じて合理的に検討されるべき。</p> <p>具体的には、断層の屈曲、分岐などの幾何学的要素、変位センス、変位速度などの地質構造的要素、古地震の破壊区間、活動間隔、最新活動時からの経過時間などの活動履歴に関する要素などによる評価が可能（土木学会新立地部会断層活動性分科会でとりまとめを実施：下記参照）。</p> <p>地震研究推進本部などによる検討結果についても、活断層としての定義の違い、ベースとなるデータの質、量などを吟味した上で、原子力として判断するべき。</p>
今後の検討方向	<p>セグメンテーションのルールを一般化することは困難であり、原則として個別断層（群）毎に評価。</p>
参 考	<p>平成 10 年度～平成 14 年度にかけて、土木学会新立地部会断層活動性分科会では糸魚川～静岡構造線をケーススタディとして、断層のセグメンテーションの考え方のとりまとめを実施。同成果は土木学会報告書として平成 15 年下期出版予定。</p>

課 題	地質調査の高度化
議論の要点	地質調査範囲の妥当性 鳥取県西部地震を踏まえた地質調査
見 解	<p>最低限考慮する地震動を考慮すれば、30km 範囲については、現行の J E A G 規定内容で問題はないと認識。</p> <p>地震動に大きく影響を与える可能性のある敷地近傍については、空中写真判読、地表踏査に加え、震源断層の存在の可能性を勘察し、反射探査、トレンチ調査等、鳥取県西部地震で実施した調査と同程度の調査を実施する必要があると認識。</p>
今後の検討方向	敷地近傍調査の範囲、調査内容については、今後 J E A G で検討。
参 考	

課 題	松田式(1975)の妥当性
議論の要点	松田式(1975)は古い M-L 関係式の最近の知見である、松田式(1998)、武村(1998)、Wells and Coppersmith(1994)との関係
見 解	<p>松田式(1975)は、測地学的なデータも活用して活断層長さLを決めているため、その活断層長さLは震源断層に対応すると考えられる。</p> <p>松田式(1975)は、武村(1998)、Wells and Coppersmith(1994)における同様な関係式との比較検討を実施した結果、日本国内あるいは世界中の地殻内地震に基づき導き出されている震源断層の長さ地震規模の関係と良く整合している。</p> <p>一方、最近の知見である松田式(1998)は、1回の地震で地表に表れる地震断層の長さとの関係を求めており、両者で断層長さの評価は異なっている。</p> <p>現行の地質調査法に従って評価された活断層は、地下の震源断層が繰り返し活動した結果を地表から確認しているもので、震源断層に対応する。</p> <p>よって、第一義的にLからMを求める場合は、松田式(1975)で支障ないと判断。</p>
今後の検討方向	地表地震断層と地殻内の震源断層との関連や、地表に断層が現れるメカニズムの解明や、過去の地震と活断層との関連について検討する必要がある。
参 考	活断層が敷地に近い場合は、別途、断層モデルによる地震動評価等の検討が必要。

課 題	地震地体構造上想定する地震の評価方法
議論の要点	<p>地震地体構造という概念が現在の地震学的に受け入れられるか 設計用地震を想定する上で想定される最大地震規模と発生位置に関する知見は重要</p> <p>基準地震動を策定するにあたって地震発生機構別（プレート境界地震、内陸地震、スラブ内地震等）による地震動評価手法をどのように評価すべきか。</p>
見 解	<p>① 現行指針では、地震地体構造上考慮する地震の上限規模を想定する際に、地震地体構造マップを参照するだけでなく、その元データである過去の地震、活断層に遡って検討が行われ、また、最新知見も適宜考慮している。</p> <p>② 地震地体構造の地震学上の位置づけはともかく、設計用地震を評価する上で想定される最大地震規模と発生位置に関する知見は重要</p> <p>③ 地震地体構造の今後の扱いについては、設計用地震動の設定における「震源を特定できる地震」の位置や規模の想定を、「過去の地震」および「活断層による地震」に基づき行う際に、関連知見の不足やデータベースの不十分さを補うために参照する関連研究成果の一つとして位置づけ</p> <p>④ 基準地震動を策定するにあたっては地震発生機構別（プレート境界地震、内陸地震、スラブ内地震等）に地震動特性が異なることに留意する。</p> <p>⑤ スラブ内地震については一般化できるほどデータ、知見が蓄積されていないが地域性を示すため、サイト毎の評価を基本とする。地震の想定は微小地震等に基づくスラブの形状、過去に発生したスラブ内地震を考慮する。地震観測記録が得られている場合はそれを基に標準的な地震動との差に留意した評価を行う。なお、地震観測記録が得られていない場合でも震度分布を参考に敷地に対する影響を評価可能。</p>
今後の検討方向	<p>今後の地震学の進展により、評価地点近傍で更に詳細な地震の発生機構等が解明できる可能性もある。このことを考慮し、地震地体構造上想定する地震の評価方法は機能性化しておく。</p> <p>また、「地震地体構造」なる言葉があたかも理学的見地から地震が想定できるとの誤解を与えているのであれば指針上の表現を工夫する必要がある。理学的知見には立脚しているが、耐震設計を実施する上で安全性を更に向上させるため地震工学的に想定しているものである。</p> <p>スラブ内地震の最大地震規模、震源特性、伝播特性について更に検討を進める。</p>
参 考	<p>現行指針に基づく地震地体構造の評価では、「表マップ(1980)」が多く用いられているが、その後のより細分化された「萩原マップ(1991)」および「垣見マップ(1994)」、「垣見マップ(2003)」との上限規模の比較からみても矛盾はない。よって、新しい「垣見マップ」も、基準地震動の策定に使用可能。</p>

課 題	位相特性の考え方
議論の要点	基準地震動の策定にあたり、位相特性を考慮するべきではないか。
見 解	<p>原子力施設は、厚い生体遮へい壁など有するため剛性が高く、実質的に弾性応答をする。弾性応答では、地震動強さは応答スペクトルに一对一で比例する。よって、基準地震動は設計用応答スペクトルのレベルを満足することが重要であり、位相による影響は小さい。</p> <p>なお、断層モデルによる地震動評価を実施した場合は、震源の特性を含んでいることから、位相特性を別途考慮する必要はなく、計算された地震動をそのまま用いることが可能。</p>
今後の検討方向	今後、岩盤立地によらない第四紀層立地や、免震構造等を導入する場合には、より塑性域に入った応答になることも予測されるため、位相特性を考慮した基準地震動について検討する必要がある。
参 考	

課 題	地震動の不確定性への配慮
議論の要点	<p>自然現象である地震動には不確定性が伴う 不確定性を保守的に考慮すると設計用地震動を超えることがありうる 設計では種々の耐震安全余裕が見込まれている</p>
見 解	<p>① 設計用地震の選定に当たって諸元を厳しめに設定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・敷地に影響のある過去の地震を選定し、被害記録を基に異論のある場合も考慮して諸元を設定 ・活断層長さの評価に当たって着実な地質学的証拠が得られない場合は保守的につなげて評価 ・地震調査から敷地で起きる可能性が低い地震も考慮し、更に無条件に直下地震を考慮 <p>② 地震動の策定に当たってバラツキに配慮</p> <ul style="list-style-type: none"> ・敷地で考慮する地震の地震動強さを全てカバーするように設計用地震動を策定 ・大崎スペクトルはバラツキにも配慮した設計用スペクトル <p>③ 地震応答解析、許容値等の保守性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地震応答解析モデルは実現象に対して概ね安全側であることを確認して設定 ・床応答スペクトルを周期領域に1割拡幅して使用 ・許容値も試験値に対して使用状態を考慮し安全側に設定 <p>④ 安全に係わるシステム、施設の構成を評価した地震 PSA によっても耐震安全性を確認</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地震 PSA では安全に係わるシステム、施設の構成を評価でき、地震動や耐力等の不確定性を考慮。 ・代表炉の地震 PSA 評価結果から CDF は 10^{-4} / 炉年以下である。
今後の検討方向	<p>耐震試験データの充実 限界状態設計法の原子力施設への適用 確率評価モデルの精緻化</p>
参 考	<p>電気協会 原子力発電耐震設計特別調査委員会にて原子力施設の総合耐震安全性を検討したところ、現状の設計を実施することにより標準的なプラントに対して中央値で少なくとも約2倍の裕度を確認</p>

課 題	震源を事前に特定できない地震の考え方
議論の要点	現行指針による直下地震の設定は間違っていたのか 震源を事前に特定できる地震と特定できない地震の区別
見 解	<p>① 原子炉設置の際には詳細な地震調査が実施され、同調査によって震源を特定できる地震は耐震設計上考慮される。</p> <p>② 現行指針による直下地震の位置づけについては、原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987 日本電気協会）に「直下地震は、原子炉施設の耐震設計条件の一つとして、実際に起きる地震との関連よりも、むしろごく近傍である程度の規模の地震が発生したと仮定しても安全性が保てるように耐震設計を行っておくべきであるとの観点から設定されている。」とある。</p> <p>③ ②から、現行の直下地震は、耐震設計上の歯止めの地震動を与えるため M6.5 の地震を仮想したものと理解できる。</p> <p>④ 今回、「震源を事前に特定できない地震の地震動」は、上記の考え方を発展させ、原子力施設の建設に当たって敷地周辺において実施される詳細な調査によっても震源を事前に特定できない地震に対して、震源近傍で得られた複数の観測記録のほぼ上限レベルを与えた地震動強さとしている。</p> <p>⑤ これは仮想の地震から地震動を与えるのではなく、耐震設計上の最低規定を意図して地震動強さを直接設定したものの。</p> <p>⑥ したがって、現行指針の考え方を踏まえ、最新の知見を取り入れ、発展させた高度化である。</p> <p>⑦ ここでいう「震源を事前に特定できない地震」は原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987 日本電気協会）等によって敷地周辺で実施される詳細な地質調査によっても震源と活断層を関連づけることが困難な内陸地殻内地震である。</p>
今後の検討方向	評価地点毎に地震発生様式などの地震学的知見に基づく評価の実施
参 考	<p>JNESの実施した震源を事前に特定できない地震の確率的検討によれば、上記の観測記録の上限レベルは 10^{-4}/年以下であることが示されている。</p> <p>ここでいう「震源を事前に特定できない地震」は、地震調査研究推進本部（2002）の「震源を予め特定しにくい地震（地表に痕跡を残さない地震）」のうち、グループ5：陸域のプレート内で発生する地震のうち震源を予め特定しにくい地震に属する。</p>

課 題	静的地震力の取扱い（一般建物の耐震設計との整合性）
議論の要点	静的地震力を適用することの可否
見 解	<p>最低規定としての地震力を与えるものとして静的地震力を用いる。</p> <p>また、地震被害との関連が明確な従来の静的地震力を、耐震設計の簡便性、建築基準法での取扱い*を考慮し、継続して適用する。</p> <p>耐震重要度分類に応じた係数及び必要保有水平耐力については従来との連続性を考慮して同じとする。</p> <p>*： 建築基準法改定において、設計者が構造設計方法を選択できるようになったが、現行の層せん断力による1次設計も認めている。</p>
今後の検討方向	静的地震力を用いることを審査指針に記載する。但し、指針で定義される限界的な地震動と静的地震力の位置付け及び取扱いについて検討する。
参 考	

課 題	荷重の組合せの考え方
議論の要点	地震荷重と他の事象による荷重の組合せの考え方
見 解	<p>地震荷重と他の事象による荷重の組合せの基本的な考え方は以下のように基本的に現行と同じ。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 原則として、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と地震荷重を組合せ、それらの組合せ荷重によって施設に発生する応力や変形等の評価を行う。 2) 地震によって引き起こされる事象（地震の従属事象）による荷重は地震荷重との組合せを考慮する。 3) 地震の発生いかんにかかわらず生ずる事象（地震とは独立事象）による荷重と地震荷重との組合せについては、双方の事象の発生頻度、当該事象による荷重の継続時間及び継時的変化を考慮して確率的に判断する。なお、他の荷重の組合せで代表できる場合は当該荷重との組合せ評価を省略することができる。
今後の検討方向	上記基本的な考え方を審査指針に記載し、具体的な荷重の組合せはJ E A Gにて行う。
参 考	

課 題	許容限界、終局耐力の考え方
議論の要点	許容限界の考え方は基本的に現行と同じ
見 解	<p>現行審査指針の考え方を踏襲し以下を基本とする。</p> <p>1) 建物・構築物、系統及び機器に要求される安全機能の性質は多様であるので、設計上の制限は、その安全機能の性質に応じた合理的なもの（応力・応力度、歪、変形など）を用いる。</p> <p>2) 動的安全機能の評価は、原則として試験・実験に基づく評価法を用いるものとする。</p>
今後の検討方向	<p>一部の設備についてはより合理的な条件での設計評価が可能となるよう研究が進行中であることから、これらの成果も取り入れられるような形で性能規定化されることが適当であると考えられる。</p> <p>許容限界の詳細はJ E A Gにて検討を行う。</p>
参 考	